Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΟΥΓΙΟΥΜΖΕΛΗ
ΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ



ΣΤΟΙΧΕΙΑ
ΦΥΣΙΚΗΣ III

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ - ΑΘΗΝΑ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ III

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ε 2 φΕΙ

Θ. Γ. ΚΟΥΓΙΟΥΜΖΕΛΗ
ΤΑΚΤΙΚΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΜΕΤΣΟΒΙΟΥ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Σ. Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ
ΔΡΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΟΥ ΤΟΥ Ε. Μ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

Κουγιουμτζής (Θ. Γ.) - Περιστεράκης (Σ. Γ.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ • ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ
ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΠΡΟΣ ΧΡΗΣΙΝ
ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΩΝ ΛΥΚΕΙΩΝ, ΤΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΧΟΛΩΝ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΔΙΑ ΤΑΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΑΠΟΚΤΗΣΙΝ
ΤΟΥ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΑΠΟΛΥΤΗΡΙΟΥ

ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟΝ ΥΠΟ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

ΕΚΔΟΣΙΣ ΠΕΜΠΤΗ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΗΣ ΒΟΥΛΗΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ
ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
ΟΔΟΣ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ 56-ΑΘΗΝΑΙ
1964

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ : ΓΡΑΦΙΚΑΙ ΤΕΧΝΑΙ Ι. ΜΑΚΡΗ

Ἀπαγορεύεται ἡ ἀνατύπωσις τοῦ παρόντος συγγράμματος,
ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει, ἄνευ ἐγγράφου ἀδείας τῶν συγγραφέων.

COPYRIGHT BY TH. G. KOUYOUMZELIS AND S. G. PERISTERAKIS

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Μὲ ὅλως ἰδιαιτέραν ἱκανοποίησιν παρουσιάζομεν τὴν πέμπτην ἔκδοσιν τοῦ Ι΄ τόμου τῶν «Στοιχείων Φυσικῆς», ὁλοκληροῦντες οὕτως ἓν βιβλίον προοριζόμενον διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Γυμνασίων καὶ τῶν Τεχνικῶν Σχολῶν, ὡς ἐπίσης καὶ διὰ τοὺς ἀποφοίτους τῆς Μέσης Ἐκπαιδεύσεως, οἵτινες προτίθενται νὰ προσέλθουν δι' εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις εἰς τὰς παρ' ἡμῖν Ἀνωτάτας Σχολάς.

Ἡ κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη ραγδαία ἐξέλιξις τῆς Φυσικῆς Ἐπιστήμης ἐπιβάλλει τὴν ὑπὸ νέον πρῖσμα ἐξέτασιν πολλῶν θεμάτων τῆς διδακτέας ὕλης, τὴν περικοπὴν ἄλλων, ἅτινα δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς στερούμενα πλέον πρακτικῆς σημασίας, διὰ τὴν ἑρμηνείαν θεμελιωδῶν νόμων τῆς Φυσικῆς, καὶ τέλος τὸν πλουτισμὸν τῆς ὕλης διὰ γνώσεων ἀπαραιτήτων εἰς ἕνα ὁπωσδήποτε γενικῆς μορφώσεως σημερινὸν ἄνθρωπον.

Ὑπὸ τὸ πνεῦμα ἀκριβῶς αὐτὸ καθοδηγούμενοι, ἐκρίναμεν σκόπιμον, ὅπως εἰσαγάγωμεν τὸ ἤδη ἐπικρατῆσαν εἰς ὅλας σχεδὸν τὰς προηγμένας χώρας, εἰς πολλὰς δὲ νομοθετικῶς ἐπιβληθέν, καὶ ἤδη εὐρέως χρησιμοποιούμενον εἰς τὸν Ἠλεκτρισμόν, μετρικὸν σύστημα μονάδων, τὸ καλούμενον ὀρθολογισμένον σύστημα *MKSA-Giorgi*, ἐκ παραλλήλου μὲ τὸ γνωστὸν σύστημα *CGS*, δίδοντες πρὸς τοῦτο εἰς τὰ διάφορα θέματα τοὺς ἀντιστοίχους τύπους, τοὺς ἐκφράζοντας τὰς διαφόρους σχέσεις τῶν φυσικῶν μεγεθῶν εἰς τὰ δύο αὐτὰ συστήματα.

Ἀλλ' ἐκτὸς τούτου, ὡρισμένα κεφάλαια τοῦ ἀνὰ χεῖρας βιβλίου ἔτυχον ὅλως ἰδιαιτέρας ἐπεξεργασίας καὶ προσοχῆς, ὡς ἐπὶ παραδείγματι τὰ περὶ Μαγνητισμοῦ, Ἠλεκτρομαγνητισμοῦ καὶ Ἐναλλασσομένων Ρευμάτων, τὰ ὁποῖα καὶ παρουσιάζονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε νὰ δύναται ὁ ἀναγνώστης νὰ εἰσέλθῃ κάπως λεπτομερέστερον εἰς τὴν ὑφὴν τῶν ὑπὸ μελέτην θεμάτων καὶ νὰ δυνηθῇ νὰ κατανοήσῃ ταῦτα. Τὸ βιβλίον ὁλοκληροῦται τέλος διὰ τῆς προσθήκης στοιχειωδῶν γνώσεων ἐκ τῆς Ἀτομικῆς καὶ Πυρηνικῆς Φυσικῆς, αἵτινες ἀποτελοῦν ἐπιτομὴν τοῦ βιβλίου μας «Στοιχεῖα Πυρηνικῆς Φυσικῆς», εἰς τὸ ὁποῖον καὶ παραπέμπομεν ἐκείνους ἐκ τῶν ἀναγνωστῶν, οἵτινες θὰ ἐπεθύμουν ἐκτενεστέραν ἔκθεσιν τῶν σχετικῶν θεμάτων.

Ἐν τούτοις, ὁ ὄγκος τοῦ βιβλίου δὲν ὀφείλεται εἰς τὰς πολλὰς προσθήκας καὶ ἐπεκτάσεις, ὡς ἐκ πρώτης ὄψεως θὰ συνεπέραινεν ἀδόκιμός τις μελετητής. Εἰς τὴν αὔξησιν τῶν σελίδων συνετέλεσε κατὰ πολὺ ὁ πλοῦτος τῶν ἐπιτυχῶν σχημάτων, ἅτινα συμβάλλουν κατὰ μέγα μέρος εἰς τὸν σκοπὸν τοῦ βιβλίου, δηλ. τὴν κατανόησιν τῶν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκτεθειμένων στοιχειωδῶν φυσικῶν ἀρχῶν, καὶ τὰ εἰς τὸ τέλος ἑκάστου κεφαλαίου ἢ ἀμέσως κάτωθεν μιᾶς ἀναπτυχθείσης σπουδαίας ἀρχῆς ἢ σχέσεως παρατιθέμενα ἀριθμητικὰ παραδείγματα, ἐκλεγέντα μὲ ἰδιαιτέραν προσοχὴν καὶ σκοποῦντα ὅπως ἐμπεδώσουν τὰς ἤδη ἀποκτηθείσας θεωρητικὰς γνώσεις. Τὰ ἀριθμητικὰ ταῦτα παραδείγματα ἀποτελοῦν ὑποδειγματικὰς λύσεις ἀσκήσεων, λελυμένων εἰς τὰ δύο μετρικὰ συστήματα μετὰ συγκριτικῆς τῶν εὑρεθέντων ἀποτελεσμάτων.

Ὡς ἐγένετο καὶ διὰ τοὺς δύο προηγουμένους τόμους τοῦ παρόντος βιβλίου, κατεβλήθη προσπάθεια ὅπως ἡ ὅλη διάρθρωσις τῆς ὕλης συντελεσθῇ ἐπὶ τῇ βάσει συστάσεων καὶ πορισμάτων ξένων Εἰδικῶν Ἐπιτροπῶν καὶ Συνεδρίων διὰ τὸν ἐκσυγχρονισμὸν τῆς διδασκαλίας τῆς Φυσικῆς, ἐνῷ ἐπιπροσθέτως, εἰς τὴν τελικὴν διαμόρφωσιν, ἐβάρυνε καὶ ἡ προσωπικὴ ἡμῶν μακρὰ συγγραφικὴ πεῖρα καὶ κατεβλήθη ἐπὶ πλέον ἰδιαιτέρα φροντὶς διὰ τὴν προσαρμογὴν τῆς ὕλης εἰς τὴν Ἑλληνικὴν πραγματικότητα.

Ἐξ ἄλλου, διὰ τὴν πληρεστέραν ἀφομοίωσιν τῆς ὕλης ὑπὸ τῶν μαθητῶν, ὡς καὶ διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς κρίσεώς των, προσετέθησαν εἰς τὸ τέλος ἑκάστου κεφαλαίου ἐρωτήσεις καὶ προβλήματα ἄνευ τῆς λύσεως αὐτῶν, εἰς τὰ ὁποῖα, ὅμως, δίδονται τὰ ἀποτελέσματα. Ἐφιστῶμεν καὶ ἐκ τῆς θέσεως ταύτης τὴν προσοχὴν τῶν μαθητῶν ἐπὶ τῆς σπουδαιότητος τῶν ἐρωτήσεων, λόγῳ τοῦ τρόπου κατὰ τὸν ὁποῖον αὗται διατυπώνονται· τὴν δὲ ὑποδειγματικὴν λύσιν τῶν προβλημάτων τοῦ παρόντος τόμου εὑρίσκει ὁ ἀναγνώστης εἰς ἰδιαίτερον βιβλίον ὑπὸ τὸν τίτλον: Σ. Περιστεράκη «Ἀσκήσεις Φυσικῆς», Τόμος ΙΙ.

Ἡ κατανομὴ τῆς ὕλης γίνεται εἰς τρία μέρη. Οὕτως, ἡ ἐκτύπωσις διὰ μεγάλων στοιχείων ἀποτελεῖ τὸ μέρος ἐκεῖνο εἰς τὸ ὁποῖον ἐκτίθενται αἱ ἀρχαὶ καὶ αἱ βάσεις τῆς Φυσικῆς, γνώσεις αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀπαραίτητοι διὰ πάντα μαθητήν. Ἡ ἐκτύπωσις διὰ μικροτέρων στοιχείων ἀποτελεῖ τὸ μέρος τῆς ὕλης ὅπου περιγράφονται συσκευαί, δίδονται περισσότεραι ἐξηγήσεις διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ κειμένου, ὡς καὶ ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαὶ τῶν τύπων, ἀποδείξεις αὐτῶν, ὑπολογισμοὶ καὶ διάφορα ζητήματα καὶ προβλήματα, ὥστε νὰ ἐμπεδοῦται ἡ γνῶσις των. Τέλος, αἱ δι' ἀστερίσκου σημειούμεναι παράγραφοι ἀποτελοῦν τὸ μέρος τῆς ὕλης, τὸ ὁποῖον ἀναφέρεται μὲν εἰς οὐσιώδη τῆς Φυσικῆς θέματα, δύναται ὅμως νὰ παραλείπεται ἄνευ βλάβης τῆς συνοχῆς τῶν ἐννοιῶν, ἰδίως ὅταν ὁ χρόνος δὲν συγχωρῇ εἰς τὴν μελέτην αὐτῶν.

Περαίνοντες, ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς τοὺς προλόγους διδακτικῶν βιβλίων, ἀναλόγων πρὸς τὸ εἰδικόν μας, ἐξακολουθεῖ σκοπίμως ἡ ἀναγραφὴ χαρακτηρισμῶν καὶ κριτικῶν παρατηρήσεων, δι' ἄλλα βιβλία Φυσικῆς, ἀντὶ τῆς—κατὰ τὴν γνώμην μας—ὀρθῆς ὁδοῦ τῆς δημοσιεύσεως κριτικῆς εἰς ἐπιστημονικὸν περιοδικόν, ἀπὸ τὰς στήλας τοῦ ὁποίου θὰ ἠδύνατό τις νὰ ἀπαντήσῃ. Ἡμεῖς θεωροῦμεν ὡς μὴ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συμβιβαζομένην πρὸς τὸν σκοπὸν ἑνὸς προλόγου διδακτικοῦ βιβλίου τὴν ἐνέργειαν ταύτην, παραιτούμεθα πάσης τυχὸν ἀναλόγου εὐκόλου κριτικῆς ἄλλων κειμένων, καὶ προτρέπομεν τοὺς εἰς τὸ εἶδος τῆς προλογικῆς κριτικῆς ἀσχολουμένους νὰ εἰσηγοῦνται τὰς τυχὸν ἀπόψεις των εἰς τὸ ἁρμόδιον Ἐκπαιδευτικὸν Συμβούλιον τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας, προσφέροντες οὕτω θετικὰς ὑπηρεσίας πρὸς τὴν ἐκπαίδευσιν καὶ οὐχὶ νὰ ἀπασχολοῦν τοὺς μαθητὰς μὲ θέματα μὴ τυγχάνοντα τῆς ἁρμοδιότητός των.

Ἐκφράζομεν τὰς εὐχαριστίας μας εἰς τοὺς συναδέλφους Φυσικοὺς κυρίους Γεώργ. Βραχιολᾶν, Θεόδ. Δεληγιάννην, Χριστ. Μηλιαροκατερινάκην, Βασ. Σουρβῖνον, Σωτ. Τσαντήλαν, Εὐάγγ. Χρύσου, διὰ τὴν συνεργασίαν κατὰ τὴν συγγραφὴν καὶ διόρθωσιν τῶν δοκιμίων.

Τοὺς συντελέσαντας εἰς τὴν ἀρτίαν ἐμφάνισιν τοῦ βιβλίου μας, τὸν καλλιτέχνην σχεδιαστὴν κ. Γιάννην Πικρόν, τοὺς διευθυντὰς τοῦ τυπογραφείου κυρίους Φ. Κωνσταντινίδην καὶ Κ. Μιχαλᾶν ὡς καὶ τὸν τσιγκογράφον κ. Ἰ. Μαγκοῦζον, εὐχαριστοῦμεν θερμῶς καὶ ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης.

Ἐπίσης ἐκφράζομεν τὰς εὐχαριστίας μας εἰς τὴν κυρίαν Ἡρὼ Ἰωαννίδη διὰ τὴν ἐπιμέλειαν τῶν δοκιμίων.

Παραδίδοντες τὸ βιβλίον τοῦτο εἰς τὴν δημοσιότητα, θέλομεν νὰ πιστεύωμεν ὅτι θὰ συντελέσῃ εἰς τὴν ἐξύψωσιν τοῦ ἐπιπέδου τῶν γνώσεων τῶν μαθητῶν καὶ σπουδαστῶν εἰς τὴν Φυσικήν· ἐὰν δὲ τοῦτο ἤθελεν ἐπιτευχθῆ, θὰ ἀπετέλει δι' ἡμᾶς μεγίστην ἠθικὴν ἱκανοποίησιν.

Ἀθῆναι, Ὀκτώβριος 1962

Θ. Γ. ΚΟΥΓΙΟΥΜΖΕΛΗΣ
Σ. Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΙΝΑΞ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Α' — Μαγνῆται. Μαγνητικὸν πεδίον. Γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον.

Γενικὰ σ. 13. Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνῆται σ. 14. Πόλοι μαγνήτου σ. 15. Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων σ. 17. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαφῆς καὶ μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς σ. 18. Ποσότης μαγνητισμοῦ σ. 20. Νόμος τοῦ Coulomb (Κουλὸμπ) σ. 21. Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ σ. 22. Μαγνητικὸν πεδίον σ. 24. Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου σ. 24. Μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ σ. 25. Μαγνητικὸν φάσμα σ. 27. Ὁμογενὲς καὶ ἀνομογενὲς μαγνητικὸν πεδίον σ. 29. Πυκνότης μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν σ. 30. Μαγνητικὴ ροὴ σ. 30. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως σ. 33. Τρόποι ἀπομαγνητίσεως σ. 34. Σημεῖον κόρου σ. 34. Διατήρησις μαγνητῶν. Πρόσκαιροι καὶ μόνιμοι μαγνῆται σ. 35. Μαγνητικὴ θωράκισις σ. 35. Μοριακοὶ ἢ στοιχειώδεις μαγνῆται σ. 36. Ὑποθέσεις ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ μαγνητισμοῦ σ. 37. Χρῆσις τῶν μονίμων μαγνητῶν σ. 40. Γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον σ. 40. Πυξὶς ἀποκλίσεως σ. 43. Μαγνητικὴ ἔγκλισις. Πυξὶς ἐγκλίσεως σ. 45. Ἔντασις τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου σ. 46. Μαγνητικοὶ χάρται σ. 46. Ναυτικὴ πυξὶς σ. 49. Ἀστατικὸν σύστημα σ. 51. Τὸ ὡρολόγιον ὡς πυξὶς σ. 51. Μαγνητομετρία. Μαγνητόμετρα σ. 52. Ἐρωτήσεις σ. 53. Προβλήματα σ. 55.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Β' — Στατικὸς ἠλεκτρισμός. Θεωρία τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Εἰσαγωγὴ σ. 56. Θεμελιώδη ἠλεκτρικὰ φαινόμενα. Ἠλέκτρισις. Ἠλεκτρικὸν φορτίον σ. 57. Εἴδη ἠλεκτρικῶν φορτίων. Ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμὲς σ. 58. Νόμος τοῦ Coulomb σ. 60. Συστήματα μονάδων ἐν χρήσει εἰς τὸν Ἠλεκτρισμὸν σ. 63. Ἠλεκτροσκόπια σ. 66. Ἀγωγοὶ καὶ μονωταὶ σ. 67. Φύσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ἠλεκτρονικὴ θεωρία σ. 69. Στατικὸς καὶ δυναμικὸς ἠλεκτρισμὸς σ. 74. Ἠλεκτροστατικὴ σειρὰ σ. 74. Ἠλεκτρικὸν πεδίον σ. 75. Ἔντασις ἠλεκτρικοῦ πεδίου σ. 75. Ἠλεκτρικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ σ. 77. Πυκνότης ἠλεκτρικῶν δυναμικῶν γραμμῶν σ. 82. Ἠλεκτρικὴ δυναμικὴ ροὴ σ. 83. Νόμος τῆς ἠλεκτρικῆς ροῆς σ. 84. Δυναμικὸν σ. 85. Διαφορὰ δυναμικοῦ σ. 86. Δυναμικὸν τῆς Γῆς σ. 87. Κατανομὴ ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν σ. 88. Ἠλεκτρικὴ θωράκισις σ. 90. Ἐπιφανειακὴ πυκνότης ἠλεκτρικοῦ πεδίου σ. 90. Ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι σ. 93. Μορφαὶ ἠλεκτρικῶν πεδίων σ. 94. Ἠλέκτρισις δι' ἁπλῆς ἐπαφῆς σ. 97. Ἠλέκτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς σ. 97. Φόρτισις ἠλεκτροσκοπίου σ. 99. Χωρητικότης ἀγωγοῦ σ. 102. Πυκνωταὶ σ. 104. Χωρητικότης πυκνωτοῦ σ. 105. Διηλεκτρικὴ σταθερὰ σ. 106. Διηλεκτρικὴ ἀντοχὴ σ. 108. Πόλωσις τοῦ διηλεκτρικοῦ σ. 108. Τύποι πυκνωτῶν σ. 110. Ἐνέργεια φορτισμένου πυκνωτοῦ σ. 113. Σύνδεσις πυκνωτῶν σ. 114. Ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta σ. 118. Μηχανὴ Wimshurst σ. 119. Μηχανὴ Van de Graaff σ. 120. Ἐρωτήσεις σ. 122. Προβλήματα σ. 123.

Γ' — Συνεχὲς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἠλεκτρικὸν ρεῦμα σ. 127. Πηγαὶ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 127. Ἀναγνώρισις τοῦ εἴδους τῶν πόλων σ. 129. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα σ. 129. Φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 130. Ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 131. Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 133. Φορτίον μεταφερόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος σ. 135. Ἀμπερόμετρα σ. 136. Πυκνότης ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 137. Ἠλεκτρικὴ τάσις σ. 137. Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις σ. 139. Βολτόμετρα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σ. 140. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ σ. 141. Νόμος τοῦ Ohm σ. 142. Σπουδὴ τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως σ. 145. Ἀγωγιμότης καὶ εἰδικὴ ἀγωγιμότης σ. 148. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας σ. 148. Θερμόμετρα ἀντιστάσεως σ. 151. Ὑπεραγωγιμότης σ. 151. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως σ. 151. Κύτταρον σεληνίου σ. 151. Πτῶσις τάσεως σ. 151. Ἠλεκτρικὸν κύκλωμα σ. 153. Διακόπται σ. 154. Κανόνες τοῦ Kirchhoff σ. 156. Σύνδεσις ἀντιστάσεων σ. 158. Τύποι ἀντιστάσεων σ. 161. Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἠλεκτρικῆς πηγῆς σ. 164. Τρόποι συνδέσεως ἠλεκτρικῶν πηγῶν σ. 165. Ὑπολογισμὸς τῆς ΗΕΔ καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως μικτῆς συνδέσεως σ. 168. Νόμος τοῦ Joule σ. 170. Ἰσχὺς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 172. Βραχυκύκλωμα σ. 175. Ἀσφάλειαι σ. 177. Ἐφαρμογαὶ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 180. Κίνδυνοι ζωῆς ἐκ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 183. Ἐρωτήσεις σ. 187. Προβλήματα σ. 189.

Δ′ — Ἠλεκτρομαγνητισμός.

Πείραμα τοῦ Oersted σ. 194. Διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος σ. 195. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων σ. 197. Σωληνοειδὲς σ. 197. Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν μακροῦ σωληνοειδοῦς ἐν τῷ κενῷ σ. 199. Νόμος τῶν Biot-Savart σ. 202. Μορφαὶ μαγνητικῶν πεδίων σ. 205. Ἠλεκτρομαγνήτης σ. 210. Μαγνήτισις. Μαγνητικὴ ἐπιδεκτικότης σ. 213. Μαγνητικὴ ἐπαγωγή. Μαγνητικὴ διαπερατότης σ. 213. Κατάταξις τῶν ὑλικῶν σ. 217. Μαγνητικὴ ὑστέρησις σ. 219. Γενικὴ διατύπωσις τοῦ νόμου τοῦ Coulomb σ. 221. Φύσις τοῦ μαγνητισμοῦ σ. 221. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας ἐπὶ τοῦ μαγνητισμοῦ σ. 223. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος σ. 224. Δυνάμεις ἀναπτυσσόμεναι μεταξὺ παραλλήλων ρευματοφόρων ἀγωγῶν σ. 227. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ κινουμένου ἠλεκτρικοῦ φορτίου σ. 231. Ἐρωτήσεις σ. 232. Προβλήματα σ. 233.

Ε′ — Ἠλεκτρομαγνητικὴ ἐπαγωγή.

Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς σ. 234. Ἑρμηνεία τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς σ. 239. Ἠλεκτρονικὴ ἑρμηνεία τῆς ἐπαγωγῆς σ. 240. Ὑπολογισμὸς τῆς ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς. Νόμος τῆς ἐπαγωγῆς σ. 241. Τρόποι μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς σ. 243. Ἔντασις ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἠλεκτρικὸν φορτίον ἐξ ἐπαγωγῆς σ. 243. Κανὼν τοῦ Lenz σ. 245. Ρεύματα Foucault σ. 246. Ἀμοιβαία ἐπαγωγὴ σ. 247. Αὐτεπαγωγὴ σ. 248. Ἀποτελέσματα τῆς αὐτεπαγωγῆς σ. 249. Ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου σ. 252. Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff σ. 253. Ἐρωτήσεις σ. 257. Προβλήματα σ. 258.

ΣΤ′ — Ἐναλλασσόμενα ρεύματα.

Θεμελιώδεις ἔννοιαι σ. 258. Περίοδος καὶ συχνότης ἐναλλασσομένου ρεύματος σ. 260. Ἐναλλασσομένη τάσις σ. 260. Σπουδὴ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος σ. 265. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις σ. 266. Πειραματικὴ εὕρεσις τῆς καμπύλης ἐναλλασσομένου ρεύματος. Παλμογράφος μετὰ βρόχου σ. 267. Γραφικὴ παράστασις καὶ πρόσθεσις ἐναλλασσομένων μεγεθῶν σ. 268. Φάσις καὶ διαφορὰ φάσεως σ. 272. Ἔργον καὶ ἰσχὺς ἐναλλασσομένου ρεύματος σ. 274. Ὁ νόμος τοῦ Ohm εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα σ. 283. Συντονισμὸς σ. 288. Πολυφασικὰ ρεύματα σ. 291. Διανομὴ τριφασικοῦ ρεύματος σ. 294. Μετασχηματισταὶ σ. 296. Ἰδιότητες καὶ διαφοραὶ συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος σ. 301. Διαφοραὶ μεταξὺ μετασχηματιστοῦ καὶ ἐπαγωγικοῦ πηνίου σ. 301. Ἐρωτήσεις σ. 302. Προβλήματα σ. 303.

Ζ′ — Ὄργανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων. Μέτρησις ἐντάσεως ρεύματος, τάσεως, ἰσχύος καὶ ἀντιστάσεως.

Γενικὰ σ. 305. Γαλβανόμετρα σ. 305. Ἀμπερόμετρα σ. 306. Βολτόμετρα σ. 306. Ὄργανα μὲ περιοχὰς μετρήσεων σ. 308. Ἠλεκτρομαγνητικὰ ὄργανα σ. 310. Πολύμετρα σ. 314. Θερμικὰ ὄργανα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σ. 314. Βαλλιστικὸν γαλβανόμετρον σ. 315. Πυξὶς τῶν ἐφαπτομένων σ. 315. Ἠλεκτροδυναμόμετρα σ. 317. Μέτρησις τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος. Βατόμετρα σ. 318. Μετρηταὶ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. σ. 318. Μέτρησις ἀντιστάσεων σ. 321. Ἐρωτήσεις σ. 323. Προβλήματα σ. 323.

Η′ — Ἠλεκτρικαὶ μηχαναί. Παραγωγὴ καὶ μεταβίβασις ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Γενικὰ περὶ ἠλεκτρικῶν μηχανῶν σ. 326. Γεννήτριαι ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 326. Ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος σ. 328. Διέγερσις γεννητριῶν σ. 329. Ἀπώλειαι καὶ ἀπόδοσις γεννητρίας σ. 331. Μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανὴ σ. 331. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος σ. 331. Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις κινητῆρος σ. 332. Ἀπόδοσις κινητῆρος σ. 333. Γεννήτριαι σ. 333. Ἠλεκτρικοὶ κινητῆρες σ. 335. Μετατροπὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς συνεχὲς σ. 336. Σταθμοὶ παραγωγῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας σ. 337. Μειονεκτήματα συνεχοῦς ρεύματος σ. 339. Ἠλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἐγκατάστασις σ. 342. Ἐρωτήσεις σ. 343. Προβλήματα σ. 343.

Θ′ — Ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῶν στερεῶν.

Γενικὰ σ. 344. Ἠλεκτρονικὴ ἀγωγιμότης τῶν στερεῶν σ. 345. Τροχὸς τοῦ Barlow σ. 345. Ὑπολογισμὸς τῆς ταχύτητος κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων μετάλλου σ. 346. Ἡμιαγωγοὶ σ. 347. Ξηροὶ ἀνορθωταὶ σ. 348. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον σ. 350. Φαινόμενον Peltier σ. 351. Πιεζοηλεκτρισμός. Ἠλεκτροσυστολὴ σ. 352. Ἐρωτήσεις σ. 353.

Ι′ — Ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῶν ὑγρῶν.

Ἠλεκτρολύται σ. 354. Μηχανισμὸς τῆς ἠλεκτρολυτικῆς ἀγωγιμότητος σ. 354. Σπουδὴ τῆς ἠλεκτρολύσεως σ. 356. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων σ. 360. Ὁρισμοὶ σ. 361. Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως σ. 362. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως σ. 365. Φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 368. Σπουδὴ τῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων σ. 369. Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις στοιχείου σ. 370. Διάφοροι τύποι ἠλεκτρικῶν στοιχείων σ. 371. Συσσωρευταὶ σ. 375. Συσσωρευτὴς Edison σ. 378. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη συσσωρευτῶν σ. 379. Ἐρωτήσεις σ. 380. Προβλήματα σ. 381.

ΙΑ′ — Ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων.

Ἰονισμὸς τῶν ἀερίων σ. 383. Μὴ αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης σ. 385. Αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης σ. 386. Μορφαὶ αὐτοτελῶν ἐκκενώσεων σ. 388. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως αἴγλης σ. 389. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως τόξου σ. 392. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες σ. 394. Διαυλικαὶ ἀκτῖνες σ. 399. Φασματογράφος μαζῶν σ. 400. Ἀκτῖνες Röntgen σ. 401. Ἀτμόσφαιρα. Φυσικὴ διαίρεσις ταύτης σ. 408. Τὸ γήϊνον ἠλεκτρικὸν πεδίον σ. 409. Ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῆς ἀτμοσφαίρας σ. 412. Ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σ. 412. Ἀλεξικέραυνα σ. 414. Πολικὸν σέλας σ. 415. Ἐρωτήσεις σ. 416. Προβλήματα σ. 417.

ΙΒ′ — Ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης ἐν τῷ κενῷ.

Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων. Φαινόμενον Edison σ. 418. Σωλὴν Braun. Καθοδικὸς παλμογράφος σ. 420. Δίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία σ. 422. Ἀνόρθωσις διὰ διόδου λυχνίας σ. 424. Τρίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία σ. 425. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον σ. 428. Φωτοκύτταρα σ. 431. Φωτοστοιχεῖον σ. 432. Ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον σ. 435. Ἐρωτήσεις σ. 439.

ΙΓ′ — Ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

Ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις σ. 439. Σύγκρισις μηχανικῶν καὶ ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων σ. 442. Σύζευξις καὶ συντονισμός. Ἐξηναγκασμένη ταλάντωσις κυκλώματος Thomson σ. 443. Ἀμείωτοι καὶ ἀποσβεννύμεναι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις σ. 444. Παραγωγὴ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σ. 445. Παραγωγὴ ἀμειώτων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων σ. 446. Ἐπιδερμικὸν φαινόμενον σ. 447. Ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος (Tesla) σ. 448. Κλειστὰ καὶ ἀνοικτὰ κυκλώματα ταλαντώσεων σ. 449. Ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα κατὰ μῆκος συρμάτων. Διάταξις Lecher σ. 454. Χαρακτηριστικὰ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων σ. 456. Διαφοραὶ μεταξὺ φωτεινῶν κυμάτων καὶ ἠλεκτρομαγνητικῶν σ. 458. Ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ Maxwell σ. 458. Ἠλεκτρομαγνητικὸν φάσμα σ. 460. Ἐρωτήσεις σ. 461. Προβλήματα σ. 462.

ΙΔ΄ — Τηλεπικοινωνία.

Τηλέγραφος σ. 462. Τηλέτυπον σ. 464. Μικρόφωνον σ. 465. Ἀκουστικὸν σ. 467. Τηλέφωνον σ. 468. Μεγάφωνον σ. 471. Ἐνισχυτὴς σ. 471. Ὁμιλῶν κινηματογράφος σ. 472. Ἀναπαραγωγὸς ἤχου σ. 474. Μαγνητόφωνον σ. 474. Διαμόρφωσις καὶ φώρασις σ. 476. Πομπὸς σ. 479. Δέκται σ. 480. Κρυσταλλοτρίοδος σ. 482. Διάδοσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων σ. 484. Τηλεόρασις σ. 485. Τηλεφωτογραφία σ. 489. Ραδιοεντοπιστὴς σ. 490. Ραδιοαστρονομία σ. 491. Διαφοραὶ μεταξὺ ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ραδιοφώνου καὶ τηλεοράσεως σ. 492. Ἠλεκτρικὰ κύματα τηλεπικοινωνιῶν σ. 493. Ἐρωτήσεις σ. 493.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΙΕ΄ — Ἀτομικὴ Φυσική.

Ἱστορικὴ ἀναδρομὴ σ. 494. Ἀτομικὴ Φυσικὴ σ. 495. Θεωρία τῶν κβάντων σ. 496. Δομὴ τοῦ ἀτόμου σ. 498. Σταθεραὶ τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς σ. 502. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου σ. 505. Ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου σ. 508. Διέγερσις καὶ ἰονισμὸς τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου σ. 509. Περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων σ. 512. Ἐρωτήσεις σ. 513. Προβλήματα σ. 513.

ΙΣΤ΄ — Πυρηνικὴ Φυσική.

Δομὴ τοῦ πυρῆνος. Ἰσότοπα σ. 516. Κατηγορίαι πυρήνων σ. 517. Ἡ φυσικὴ ραδιενέργεια σ. 518. Φύσις τῶν πυρηνικῶν ἀκτινοβολιῶν σ. 521. Μέση διάρκεια ζωῆς τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων σ. 524. Ἡμιζωή. Μέση ζωὴ σ. 525. Αἱ οἰκογένειαι τῶν φυσικῶν ραδιενεργῶν στοιχείων σ. 526. Μεταβολαὶ τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων κατὰ τὴν ἐκπομπὴν α, β ἢ γ σ. 529. Ἀνιχνεύσεις καὶ μετρήσεις ἀκτινοβολιῶν. Ἀλληλεπίδρασις ἀκτινοβολιῶν καὶ ὑλικῶν σωμάτων σ. 530. Βιολογικὴ δρᾶσις τῶν ἀκτινοβολιῶν σ. 538. Πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις σ. 539. Τεχνητὴ ραδιενέργεια σ. 540. Ποζιτρόνιον. Δίδυμος γένεσις σ. 542. Ἐπιταχυντικαὶ διατάξεις σ. 543. Σχάσις τῶν πυρήνων σ. 547. Μᾶζα καὶ ἐνέργεια σ. 548. Σχάσις τοῦ οὐρανίου —235 σ. 550. Ἁλυσωτὴ ἀντίδρασις σ. 551. Πυρηνικοὶ ἀντιδραστῆρες σ. 552. Βόμβα οὐρανίου σ. 554. Σύντηξις σ. 555. Ἡ βόμβα ὑδρογόνου σ. 556. Κοσμικαὶ ἀκτῖνες σ. 558. Τὰ στοιχειώδη σωματίδια σ. 559. Ἐρωτήσεις σ. 560. Προβλήματα σ. 561.

ΣΥΝΤΟΜΟΣ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ σ. 563
ΒΡΑΒΕΙΑ NOBEL ΦΥΣΙΚΗΣ σ. 569
ΣΥΜΒΟΛΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ σ. 572
ΦΥΣΙΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΑΙ σ. 573
ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ σ. 574
ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΝ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ σ. 575
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ ΠΕΡΙ ΤΟΝ ΠΥΡΗΝΑ σ. 576
ΠΙΝΑΞ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΤΙΝΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ σ. 578
ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ σ. 579

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΙ ΔΙΑΣΗΜΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ

CHARLES AUGUSTIN COULOMB (1736 - 1806) σελ. 21.
CARL FRIEDRICH GAUSS (1777 - 1855) σελ. 40.
ANDRÉ MARIE AMPÈRE (1775 - 1836) σελ. 134.
GEORG SIMON OHM (1787 - 1850) σελ. 142.
JAMES PRESCOTT JOULE (1818 - 1889) σελ. 170.
JAMES WATT (1736 - 1819) σελ. 174.
THOMAS ALVA EDISON (1847 - 1931) σελ. 181.
HANS CHRISTIAN OERSTED (1777 - 1851) σελ. 196.
WILHELM WEBER (1804 - 1891) σελ. 215.
PIERRE-SIMON DE LAPLACE (1749 - 1827) σελ. 225.
MICHAEL FARADAY (1791 - 1867) σελ. 235.
ALESSANDRO VOLTA (1745 - 1827) σελ. 370.
ROBERT A. MILLIKAN (1868 - 1953) σελ. 398.
WILHELM CONRAD RÖNTGEN (1845-1923) σελ. 402.
HEINRICH HERTZ (1857 - 1894) σελ. 450.
JAMES MAXWELL (1831 - 1879) σελ. 459.
ALEXANDER BELL (1847-1922) σελ. 468.
ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ Ο ΑΒΔΗΡΙΤΗΣ (470 - 360 π.Χ.) σελ. 494.
MAX PLANCK (1858 - 1947) σελ. 497.
NIELS BOHR (1885-1962) σελ. 507.
HENRI BECQUEREL (1852 - 1908) σελ. 519.
MARIE CURIE (1867-1934) σελ. 520.
ERNEST RUTHERFORD (1871 - 1937) σελ. 522.
IRÈNE JOLIOT-CURIE (1897 - 1956) σελ. 541
FRÉDÉRIC JOLIOT (1900 - 1958) σελ. 541.
ALBERT EINSTEIN (1879 - 1955) σελ. 549.
OTTO HAHN (ἐγενν. 1879) σελ. 550.
ENRICO FERMI (1901 - 1954) σελ. 552.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

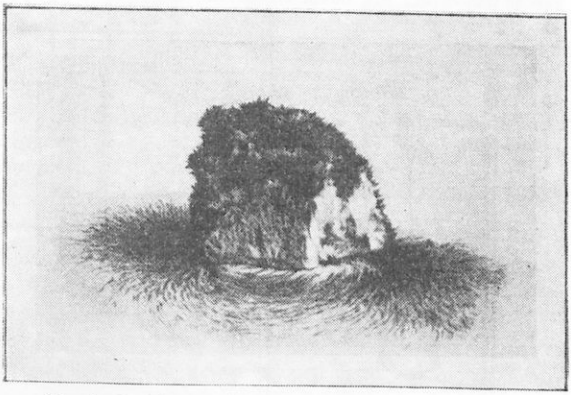
ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΜΑΓΝΗΤΑΙ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΓΗΙΝΟΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

Ι. ΜΑΓΝΗΤΑΙ

1. Γενικά. Αἱ πρῶται γνώσεις ἐπὶ τοῦ μαγνητισμοῦ ἀνάγονται εἰς τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2500 περίπου ἐτῶν, ὅτε παρετηρήθη ὅτι ὡρισμένον ὀρυκτὸν τοῦ σιδήρου ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἕλκῃ τεμάχια σιδήρου, ὄχι ὅμως καὶ τεμάχια ξύλου ἢ χαλκοῦ. Τὸ ὀρυκτὸν τοῦτο εἶναι ἀνώτερον ὀξείδιον τοῦ σιδήρου, ἔχον τὸν χημικὸν τύπον Fe_3O_4, ἐπειδὴ δὲ εὑρίσκεται ἐν ἀφθονίᾳ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς πόλεως Μαγνησίας τῆς Μικρᾶς Ἀσίας, ἐδόθη εἰς αὐτὸ τὸ ὄνομα **μαγνῆτις λίθος.**



Σχ. 1. Φυσικὸς μαγνήτης συγκρατῶν ρινίσματα σιδήρου.

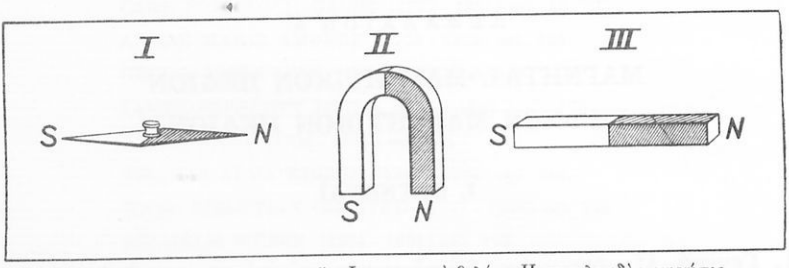
Σήμερον τὸ ὀρυκτὸν τοῦτο εἶναι γνωστὸν ὑπὸ τὸ ὄνομα **φυσικὸς μαγνήτης** (σχ. 1), ἐνῷ ἡ ὀρυκτολογική του ὀνομασία εἶναι **μαγνητίτης.** Ὁ μαγνητίτης ἀνευρίσκεται καὶ εἰς ἄλλους τόπους, ὡς εἰς τὴν Ἀμερικήν, τὴν Ρωσίαν, τὴν Ἰαπωνίαν, τὴν Νορβηγίαν καὶ τὴν Σουηδίαν.

Ἐξ ἄλλου ὁ σίδηρος δὲν εἶναι τὸ μόνον σῶμα, τὸ ὁποῖον ἕλκει ὁ μαγνήτης, ἀλλὰ ὑπάρχουν καὶ ἄλλα, ὡς π.χ. τὸ κοβάλτιον, τὸ νικέλιον καὶ κράματα αὐτῶν, τὰ ὁποῖα δεικνύουν τὴν ἰδιότητα ταύτην. Ἐν γένει τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἕλκονται ὑπὸ τοῦ μαγνήτου, ἐκλήθησαν **μαγνητικὰ σώματα.**

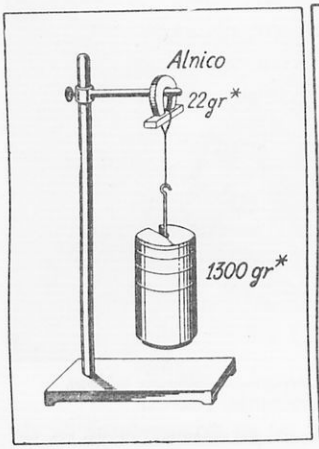
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν **μαγνητισμόν,** ἀφ' ἑνὸς μὲν τὴν ἰδιότητα τοῦ μαγνήτου νὰ ἕλκῃ τεμάχια σιδήρου, ἀφ' ἑτέρου δὲ τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον ἀσχολεῖται μὲ τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τοῦ μαγνητισμοῦ. Αἱ ἐφαρμογαὶ τοῦ μαγνητισμοῦ, ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς τὰ εἰδικὰ κεφάλαια, εἶναι πολλαὶ καὶ μεγίστης σπουδαιότητος.

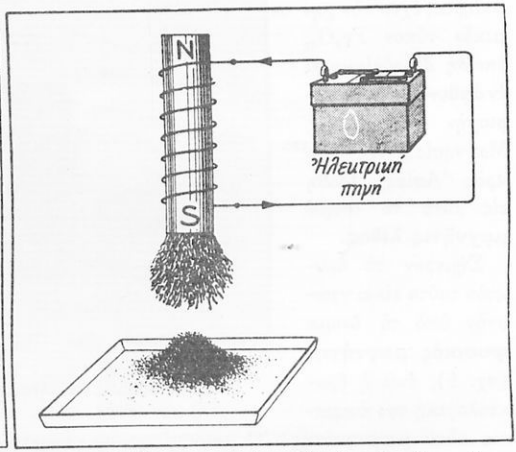
2. Φυσικοὶ καὶ τεχνητοὶ μαγνῆται. Οἱ μαγνῆται οἱ κατασκευαζόμενοι ἐξ αὐτοῦ τούτου τοῦ μαγνητικοῦ ὀξειδίου τοῦ σιδήρου Fe_3O_4 καλοῦνται **φυσικοὶ μαγνῆται.** Ἐκτὸς ὅμως τῶν φυσικῶν μαγνητῶν δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν διὰ τῆς τεχνικῆς μαγνήτας, ὅτε οὗτοι καλοῦνται **τεχνητοὶ μαγνῆται.** Οὕτως, ἐὰν μικρὰ χαλυβδίνη βελόνη προστριβῇ ἐπὶ φυσικοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη καθίσταται μαγνήτης. Ἐν γένει δὲ καλοῦμεν σήμερον **τεχνητοὺς μαγνήτας** τεμάχια χάλυβος



Σχ. 2. Τύποι τεχνητῶν μαγνητῶν: I, μαγνητικὴ βελόνη. II, πεταλοειδὴς μαγνήτης. III, ραβδόμορφος μαγνήτης.



Σχ. 3. Ὁ πεταλοειδὴς μαγνήτης Alnico συγκρατεῖ βάρος 60 φορὰς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἰδικόν του.



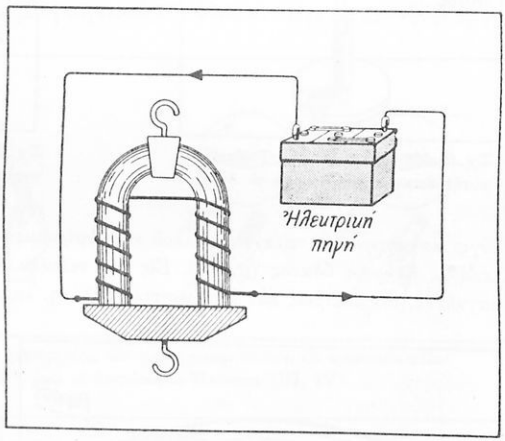
Σχ. 4. Ἠλεκτρομαγνήτης. Εἰς τὸν σιδηροῦν πυρῆνα περιελίσσεται σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς τὰ ὁποῖα ἔχομεν μεταδώσει τεχνητῶς τὴν ἰδιότητα τοῦ μαγνητισμοῦ. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδομεν συνήθως μίαν τῶν εἰς τὸ σχῆμα 2 εἰκονιζομένων μορφῶν.

Σήμερον, ἐκτὸς τοῦ χάλυβος, πρὸς κατασκευὴν μονίμων ἰσχυρῶν μαγνητῶν μικρᾶς μάζης, χρησιμοποιοῦν ἄλλα εἰδικὰ κράματα μετάλλων, ὡς π.χ. τὸ κρᾶμα Alnico (Ἀλνίκο) ἀποτελούμενον ἐξ ἀργιλίου (Al), νικελίου (Ni), κοβαλτίου (Co) ὡς καὶ χαλκοῦ καὶ σιδήρου. Τὸ σχῆμα 3 δεικνύει μόνιμον μαγνήτην ἀπὸ Alnico, ἡ δὲ φέρουσα δύναμις (δηλαδὴ ἡ ἑλκτικὴ ἱκανότης) εἰς αὐτὸν εἶναι τόσον μεγάλη, ὥστε τοιοῦτος μαγνήτης, ὁ ὁποῖος ζυγίζει π.χ. μόλις 22 gr*, δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρος 1300 gr*.

Οἱ τεχνητοὶ μαγνῆται εἶναι μόνιμοι μαγνῆται, δυνάμεθα ὅμως νὰ πραγματοποιήσωμεν καὶ παροδικοὺς μαγνήτας. Οὕτως, ἐὰν λάβωμεν ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (ὄχι χάλυβος) καὶ περιτυλίξωμεν περὶ αὐτὴν μονωμένον ἀγωγὸν σύρμα (π.χ. σύρμα κωδώνων), εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματισθοῦν ὀλίγαι σπεῖραι, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 4 ἢ εἰς τὸ σχῆμα 5 καὶ συνδέσωμεν τὰ ἄκρα τῆς περιελίξεως πρὸς τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς στήλης, τότε παρατηροῦμεν ὅτι, λόγῳ τῆς διόδου τοῦ ρεύματος, ὁ μαλακὸς σίδηρος μαγνητίζεται καὶ δύναται ἐπομένως νὰ ἕλκῃ τεμάχια σιδήρου. Ἐὰν ὅμως διακόψωμεν τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος, ὁ μαλακὸς σίδηρος ἀποβάλλει σχεδὸν ὅλον τὸν μαγνητισμόν του. Ὁ μαγνήτης οὗτος δὲν ἀποτελεῖ μόνιμον, ἀλλὰ παροδικὸν μαγνήτην, ὁ ὁποῖος συνηθέστερον καλεῖται **ἠλεκτρομαγνήτης.**



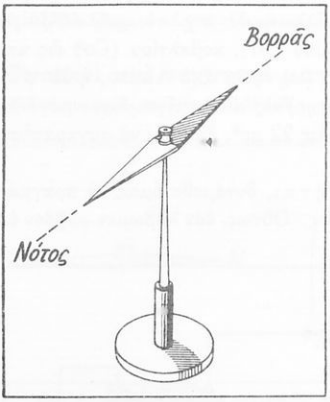
Σχ. 5. Πεταλοειδὴς ἠλεκτρομαγνήτης.

Ἐὰν ἐκτελέσωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ ράβδον χαλυβδίνην, παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σύρματος ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, μαγνητίζεται καὶ ἡ χαλυβδίνη ράβδος, ἀλλ' ἐὰν διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, ὁ χάλυψ ἐξακολουθεῖ νὰ διατηρῇ τὸν μαγνητισμόν του καὶ ἐπομένως βλέπομεν ὅτι, διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, κατωρθώσαμεν νὰ κατασκευάσωμεν μόνιμον μαγνήτην.

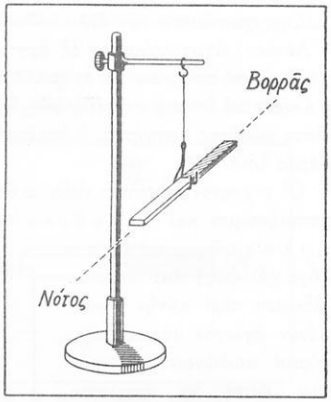
3. Πόλοι μαγνήτου. Ἐὰν στηρίξωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην εἰς τὴν κορυφὴν κατακορύφου αἰχμηροῦ στελέχους, εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται ἐλευθέρως (σχ. 6), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ὅταν αὕτη ἠρεμήσῃ, προσανατολίζεται πρὸς ὡρισμένην πάντοτε διεύθυνσιν, ἀνεξάρτητον τῆς ἀρχικῆς αὐτῆς θέσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν ἐὰν ἀντὶ μαγνητικῆς βελόνης ἐξαρτήσωμεν ραβδόμορφον μαγνήτην, στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 7) ἢ ἐὰν τοποθετήσωμεν τὸν ἐν

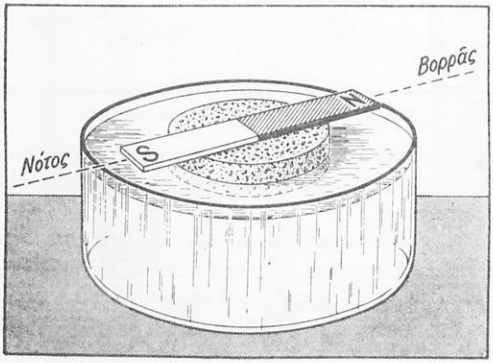


Σχ. 6. Μαγνητικὴ βελόνη. Τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς δεικνύει τὸν Βορρᾶν τὸ δὲ ἄλλο τὸν Νότον.



Σχ. 7. Ραβδόμορφος μαγνήτης, στρεπτὸς περὶ κατακόρυφον ἄξονα, προσανατολίζεται ὡς καὶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη.

λόγῳ μαγνήτην ἐπὶ τεμαχίου φελλοῦ καὶ ἀφήσωμεν τὴν διάταξιν νὰ ἐπιπλεύσῃ ἐπὶ λεκάνης πλήρους ὕδατος (σχ. 8). Εἰς τὴν τελικὴν θέσιν ἰσορροπίας ὁ ραβδόμορφος μαγνήτης, ὡς ἀκριβῶς καὶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη, λαμβάνει ὡρισμένην πάντοτε διεύθυνσιν καὶ εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἄξων αὐτοῦ νὰ συμπίπτῃ, κατὰ προσέγγισιν, μὲ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.



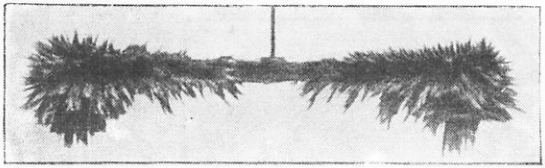
Σχ. 8. Μαγνήτης, ἐπιπλέων ἐπὶ τεμαχίου φελλοῦ, ἰσορροπεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

Τὸ ἄκρον τοῦ μαγνήτου τὸ ἐστραμμένον πρὸς Βορρᾶν καλεῖται **βόρειος πόλος** αὐτοῦ καὶ σημειοῦται διεθνῶς διὰ τοῦ γράμματος N (ἀπὸ τὴν λέξιν North = Βορρᾶς), τὸ δὲ ἐστραμμένον πρὸς Νότον καλεῖται **νότιος πόλος** τοῦ μαγνήτου καὶ σημειοῦται διεθνῶς διὰ τοῦ γράμματος S (ἀπὸ τὴν λέξιν South = Νότος).

Ἐξ ἄλλου ἐὰν ἐξαρτήσωμεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 9, βυθίσωμεν δὲ αὐτὴν εἰς σωρὸν ρινισμάτων σιδήρου, ὥστε νὰ καλυφθῇ τελείως, καὶ ἀκολούθως ἀνασύρωμεν αὐτὴν ἐκ νέου, βλέπομεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

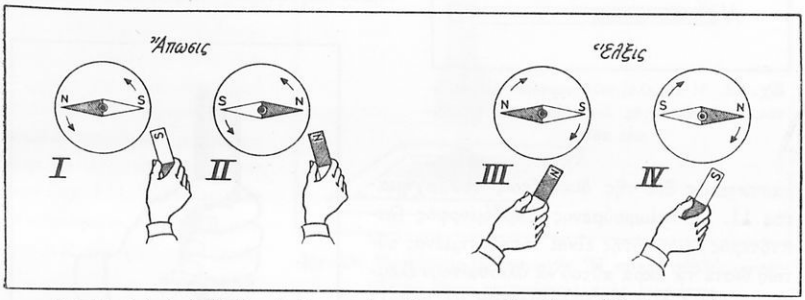
σιδήρου προσκολλῶνται ἐν ἀφθονίᾳ εἰς τὰς περιοχὰς τοῦ μαγνήτου τὰς εὑρισκομένας εἰς τὰ ἄκρα τῆς ράβδου, δηλαδὴ τοὺς πόλους αὐτῆς, ἐνῷ, μεταξὺ τῶν πόλων,



Σχ. 9. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτου προσκολλῶνται ἐν ἀφθονίᾳ ρινίσματα σιδήρου.

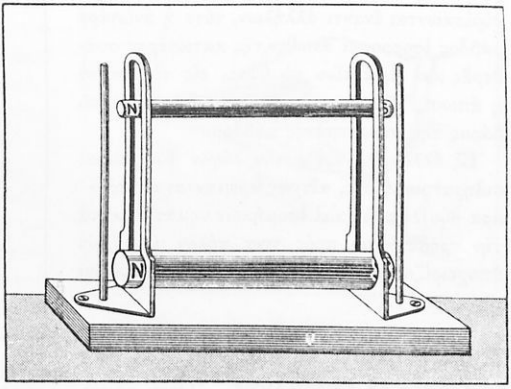
παρεμβάλλεται μία περιοχὴ ἐπὶ τῆς ὁποίας δὲν προσκολλῶνται ρινίσματα καὶ ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν καλουμένην ο ὐ δ ε τ έ ρ α ν ζ ώ ν η ν τοῦ μαγνήτου.

4. Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων. Ἐὰν ὡς μαγνήτην χρη-



Σχ. 10. Διὰ τὴν ἐπίδειξιν τῆς ἐπενεργείας τῶν μαγνητικῶν πόλων. Οἱ ὁμώνυμοι πόλοι ἀπωθοῦνται (I, II), ἐνῷ οἱ ἑτερώνυμοι ἕλκονται (III, IV).

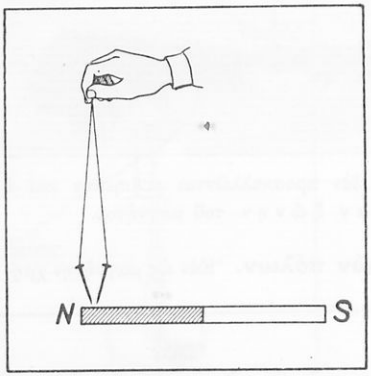
σιμοποιήσωμεν μαγνητικὴν βελόνην, στηριγμένην ἐπὶ ἀκίδος ἐκ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς, εἰς τρόπον ὥστε νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 10), καὶ εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον ἑτέρου μαγνήτου, τὸν ὁποῖον κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρός, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ πόλος οὗτος ἀπωθεῖ τὸν ὁμώνυμον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Τὸ αὐτὸ



Σχ. 11. Λόγῳ τῆς ἀπώσεως τῶν ὁμωνύμων πόλων, ὁ ἄνω μαγνήτης παραμένει αἰωρούμενος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπίσης παρατηροῦμεν, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἐὰν ὅμως εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον τοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ἕλξιν, τὸ αὐτὸ δὲ συμβαίνει, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν :

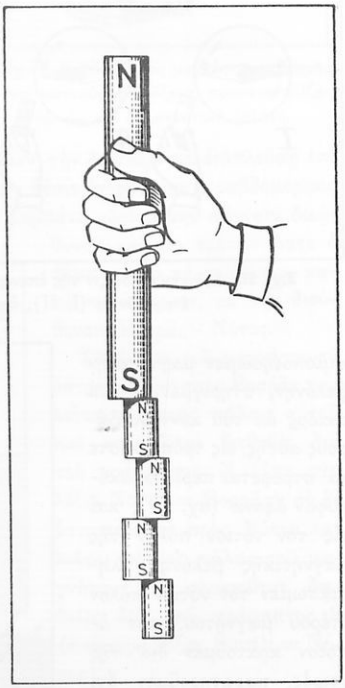


Σχ. 12. Αἱ κεφαλαὶ τῶν καρφίων ἀπωθοῦνται, διότι εἰς αὐτὰς ἀναπτύσσονται ὁμώνυμοι πόλοι.

Ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνῷ ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἕλκονται.

Τὴν ἰδιότητα τῆς ἀπώσεως τῶν ὁμωνύμων μαγνητικῶν πόλων δεικνύομεν παραστατικῶς διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 11. Ὁ αἰωρούμενος ραβδόμορφος (λεπτότερος) μαγνήτης εἶναι τοποθετημένος οὕτως ὥστε τὰ ἄκρα αὐτοῦ νὰ ὀλισθαίνουν ἐλευθέρως ἐντὸς τῶν προστατευτικῶν μὴ μεταλλικῶν αὐλάκων τῶν δύο συγκρατητικῶν πλευρικῶν πλαισίων. Ὅταν οἱ ὁμώνυμοι πόλοι εὑρίσκωνται ἐναντι ἀλλήλων, τότε ἡ ἀνωτέρα ράβδος ἰσορροπεῖ ἄνωθεν τῆς κατωτέρας σταθερᾶς καὶ εἰς ἐκεῖνο τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἄπωσις τῶν δύο μαγνητῶν ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος τῆς αἰωρουμένης ράβδου.

Ἐξ ἄλλου διὰ τὸν αὐτὸν λόγον δύο μικραὶ σιδηραῖ καρφίδες, αἵτινες κρέμανται εἰς τὰ ἄκρα δύο λεπτῶν καὶ ἰσομήκων νημάτων κατὰ τὴν προσέγγισιν πρός τινα πόλον μαγνήτου ἀποχωρίζονται καὶ ἀποκλίνουν, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 12.

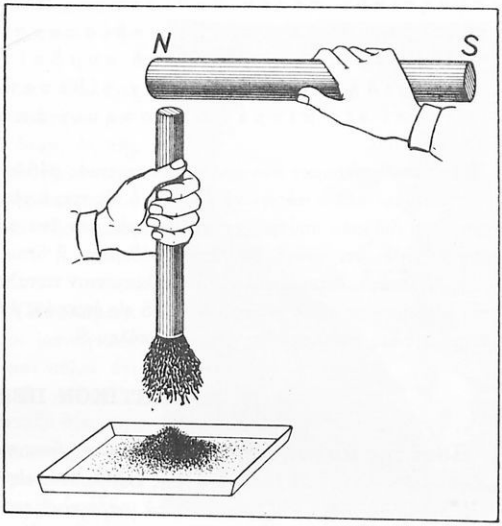


Σχ. 13. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαφῆς. Τὰ τεμάχια τοῦ σιδήρου συγκρατοῦνται λόγῳ τῆς ἐπ' αὐτῶν ἐναλλὰξ ἀναπτύξεως ἑτερωνύμων πόλων.

5. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαφῆς καὶ μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς. Ὅταν τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τίθεται εἰς ἐπαφὴν ἢ

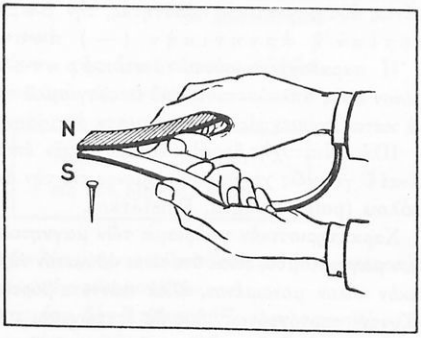
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πλησίον τοῦ πόλου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ σίδηρος καθίσταται μαγνήτης, ἐὰν ὅμως ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, ὁ σίδηρος χάνει σχεδὸν ὅλον τὸν μαγνητισμόν του. Οὕτως, ἐὰν εἰς τὸν πόλον μαγνήτου θέσωμεν εἰς ἐπαφὴν ἢ πλησιάσωμεν τεμάχιον μετάλλου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο συγκρατεῖται ὑπὸ τοῦ μαγνήτου καὶ ταυτοχρόνως δύναται νὰ συγκρατήσῃ ἕτερον τεμάχιον, τὸ ὁποῖον καθίσταται ἐπίσης τέλειος μαγνήτης, δυνάμενον ὁμοίως νὰ συγκρατήσῃ καὶ τρίτον τεμάχιον κ.ο.κ. Τοιουτοτρόπως δυνάμεθα, κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον, νὰ ἐξαρτήσωμεν πολλὰ τεμάχια μετάλλου καὶ νὰ σχηματίσωμεν ἅλυσον (σχ. 13). Ἐὰν ὅμως ἀποσπάσωμεν ἀπὸ τὸν μαγνήτην τὸ πρῶτον τεμάχιον μετάλλου, ὅλη ἡ ἅλυσος διαλύεται ἀφ' ἑαυτῆς.



Σχ. 14. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἡ σιδηρᾶ ῥάβδος μαγνητίζεται λόγῳ γειτνιάσεως πρὸς μαγνήτην.

Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται ὅταν μαγνήτης ἐπιδράσῃ ἐπὶ χάλυβος, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ μαγνήτισις δὲν εἶναι παροδική, ἀλλὰ διατηρεῖται, ἐν μέρει τοὐλάχιστον, καὶ ὅταν ἀπομακρυνθῇ ὁ ἐπιδράσας μαγνήτης. Ἐπὶ τῆς ἰδιότητος δὲ ταύτης τοῦ χάλυβος στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τῶν τεχνητῶν μαγνητῶν.



Σχ. 15. Ἀμοιβαία ἐξουδετέρωσις τῶν πόλων. Οἱ πόλοι ἑνὸς μαγνήτου εἶναι ἴσης ἰσχύος.

Ἐφ' ὅσον ὁ μαλακὸς σίδηρος μαγνητίζεται δι' ἐπαφῆς, ὁμιλοῦμεν περὶ μαγνητίσεως **ἐξ ἐπαφῆς.** Ἐὰν ἡ μαγνήτισις αὐτοῦ συντελεσθῇ διὰ προσεγγίσεως πρός τινα μαγνήτην (σχ. 14) ὁμιλοῦμεν περὶ μαγνητίσεως **ἐξ ἐπιδράσεως,** ἢ συνηθέστερον, **ἐξ ἐπαγωγῆς.**

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ἐὰν μαγνητισμένην ῥά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βδον NS θέσωμεν εἰς ἐπαφὴν πρὸς ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ δευτέρα αὕτη ράβδος καθίσταται μαγνήτης, τὸ δὲ ἄκρον αὐτῆς τὸ εὑρισκόμενον εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸν μαγνητικὸν πόλον καθίσταται ἑτερώνυμος πόλος, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτῆς καθίσταται ὁμώνυμος πρὸς τὸν ἐπιδρῶντα πόλον. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ ὅταν ἡ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ράβδος δὲν τίθεται εἰς ἐπαφήν, ἀλλ' εὑρίσκεται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἑνὸς πόλου τοῦ μαγνήτου.

Ἐὰν τοποθετήσωμεν δύο ὁμοίας μαγνητικὰς ράβδους κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ ἑτερώνυμοι πόλοι αὐτῶν νὰ κεῖνται ὁ εἷς παρὰ τὸν ἄλλον, καὶ πλησιάσωμεν τὸ ἓν ἄκρον τοῦ διδύμου τούτου μαγνήτου πρὸς τὸν ἕνα τῶν πόλων μαγνητικῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο δὲν ἀσκεῖ οὐδεμίαν, ἢ ὅλως ἀνεπαίσθητον ἐπενέργειαν ἐπ' αὐτῆς. Τὸ αὐτὸ δεικνύεται μὲ τὸν εὔκαμπτον πεταλοειδῆ μαγνήτην (σχ. 15) ὅπου, ὅταν φέρωμεν τοὺς δύο πόλους N καὶ S εἰς ἐπαφήν, ἀποσπᾶται τὸ καρφίον, τὸ ὁποῖον προηγουμένως συνεκρατεῖτο ὑπὸ τοῦ πόλου S.

II. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

6. Ποσότης μαγνητισμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν μαγνητικῆς ράβδου εἴδομεν ἀνωτέρω ὅτι ἡ ἑλκτικὴ δύναμις αὐτῆς ἐκδηλοῦται εἰς τὴν περιοχὴν τῶν πόλων της.

Αἱ δυνάμεις αἱ ἐμφανιζόμεναι εἰς τὰ μαγνητικὰ φαινόμενα ὑπολογίζονται εὐκόλως, ἐὰν παραδεχθῶμεν αὐθαιρέτως τὸν χωρισμὸν τοῦ ἑνὸς πόλου ἀπὸ τοῦ ἑτέρου, ὁπότε ἀγόμεθα εἰς τὴν ὕπαρξιν ἑνὸς φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὁποῖον θὰ ὀνομάζωμεν **ποσότητα μαγνητισμοῦ** (σύμβολον m). Ἐπειδὴ δὲ ὑφίστανται δύο πόλοι, θὰ ἔχωμεν ἑπομένως δύο μαγνητικὰς ποσότητας, τὴν βορείαν ἢ θετικὴν (+) καὶ τὴν νοτίαν ἢ ἀρνητικὴν (—) ποσότητα μαγνητισμοῦ.

Ἡ παραδοχὴ τοιούτου ἀνυπάρκτου φυσικοῦ μεγέθους γίνεται μόνον πρὸς ἁπλούστευσιν τοῦ ὑπολογισμοῦ τῶν φαινομένων τοῦ μαγνητισμοῦ, χωρὶς νὰ καταλήγωμεν εἰς συμπεράσματα ἀντιφάσκοντα πρὸς τὴν ἐμπειρίαν.

Πλέον ἐπιτυχὴς ὅρος[1] τοῦ παρ' ἡμῖν ἐπικρατήσαντος «ποσότης μαγνητισμοῦ» εἶναι ὁ γενικῶς χρησιμοποιούμενος εἰς τὴν διεθνῆ βιβλιογραφίαν **μαγνητικὴ ρώμη πόλου** (pole strength, Polstärke).

Χαρακτηριστικὸν γνώρισμα τῶν μαγνητικῶν πόλων καὶ ἑπομένως τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, εἶναι ὅτι εἶναι ἀδύνατον νὰ ἔχωμεν ἕνα βόρειον ἢ ἕνα νότιον μαγνητικὸν πόλον μονωμένον, ἀλλὰ πάντοτε βόρειος καὶ νότιος μαγνητικὸς πόλος ἐμφανίζονται ταυτοχρόνως, δύο δὲ ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι, εὑρισκόμενοι εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων, λέγομεν ὅτι ἀποτελοῦν **μαγνητικὸν δίπολον.** Ἓν τοιοῦτον μαγνητικὸν δίπολον πραγματοποιοῦμεν διὰ μαγνητίσεως λεπτῆς χαλυβδίνης βελόνης, ὅτε εἰς τὰ ἄκρα αὐτῆς ἐμφανίζονται ἀντίθετοι πόλοι, ἴσης ὅμως μαγνητικῆς ποσότητος.

1. Ἡ παλαιοτέρα ὀνομασία μαγνητικὴ μᾶζα δέον νὰ ἀποφεύγεται ὡς ἀδόκιμος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Στοιχειῶδες μαγνητικὸν δίπολον ἀποτελεῖ π.χ. μία μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη.

Δύο ὁμώνυμοι πόλοι εἴδομεν ὅτι ἀπωθοῦνται, ἐνῷ δύο ἑτερώνυμοι πόλοι ὅτι ἕλκονται. Δύο δὲ πόλοι λέγομεν ὅτι ἔχουν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, ὅταν ἐπενεργοῦν ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως καὶ ἕκαστος χωριστά, ἐπὶ ἑτέρου μαγνητικοῦ πόλου, μετὰ τῆς αὐτῆς δυνάμεως.

Εἷς μαγνητικὸς πόλος λέγομεν ὅτι ἔχει διπλασίαν, τριπλασίαν κ.ο.κ. ποσότητα μαγνητισμοῦ ἀπὸ ἕτερον πόλον, ὅταν, ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως, ἡ δύναμις μὲ τὴν ὁποίαν ἐπενεργῇ ὁ πρῶτος ἐπὶ ἑτέρου τρίτου πόλου εἶναι διπλασία, τριπλασία κ.ο.κ. τῆς δυνάμεως τοῦ δευτέρου.



CHARLES AUGUSTIN COULOMB
(1736 - 1806)
Γάλλος Μηχανικός, ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεύνας αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ καὶ τοῦ Μαγνητισμοῦ.

7. Νόμος τοῦ Coulomb (Κουλόμπ).

Εἴδομεν ἀνωτέρω, ὅτι ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνῷ ἑτερώνυμοι πόλοι ὅτι ἕλκονται. Ὁ νόμος τοῦ Coulomb καθορίζει τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην μεταξὺ δύο σημειωδῶν πόλων, ἐχόντων μαγνητικὰς ποσότητας m_1 καὶ m_2 καὶ εὑρισκομένων εἰς ἀπόστασιν r ἀπ' ἀλλήλων, διατυποῦται δὲ ὡς ἑξῆς:

Ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη ἀμοιβαίως μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων, ἔχει διεύθυνσιν τὴν ἑνοῦσαν αὐτοὺς εὐθεῖαν, εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

Ὁ νόμος οὗτος διατυποῦται ἀναλυτικῶς ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$\mathcal{F} = k \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	Νόμος τοῦ Coulomb εἰς τὸν Μαγνητισμὸν	(1)

ὅπου $\mathcal{F}$ ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη μεταξὺ τῶν δύο μαγνητικῶν πόλων καὶ k συντελεστὴς ὅστις, διὰ τὸν κενὸν χῶρον, ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῶν μονάδων.

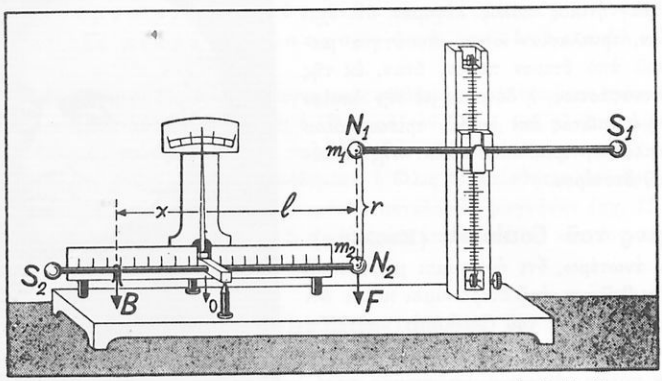
Ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb προκύπτει ὅτι, ἐὰν διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κλπ. ἡ ἀπόστασις μεταξὺ δύο μαγνητικῶν ποσοτήτων, ἡ δύναμις ἐλξεως ἢ ἀπώσεως αὐτῶν καθίσταται τέσσαρας, ἐννέα κλπ. φορὰς μικροτέρα.

***8. Ἐπαλήθευσις τοῦ νόμου τοῦ Coulomb διὰ τοῦ μαγνητικοῦ ζυγοῦ.** Μίαν ἀπ' εὐθείας ἐπαλήθευσιν τοῦ νόμου τοῦ Coulomb, τῆς μεταβολῆς δηλαδὴ τῆς μεταξὺ δύο μαγνητικῶν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πόλων ἀσκουμένης δυνάμεως ἀντιστρόφως ἀναλόγως πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν πόλων, ἐπιτυγχάνομεν διὰ τῆς χρήσεως τοῦ μαγνητικοῦ ζυγοῦ, ὅστις εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 16.

Ραβδόμορφος μαγνήτης N_1S_1, ἔχων σφαιρικοὺς πόλους, τοποθετεῖται ἀκλονήτως εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε ὁ εἷς τῶν πόλων αὐτοῦ (N_1) νὰ ἀπέχῃ ἀπόστασιν r (μετρουμένην ἀπὸ τὰ κέντρα τῶν σφαιρῶν, εἰς τὰ ὁποῖα ὑποτίθενται ὡς συγκεντρωμένοι οἱ πόλοι) ἀπὸ τοῦ ὁμωνύμου πόλου (N_2) ὁμοίου μαγνήτου N_2S_2, ἰσορροποῦντος ὁριζοντίως.



Σχ. 16. Μαγνητικὸς ζυγός. Διάταξις διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Coulomb.

Ἡ μεταξὺ τῶν δύο πόλων N_1 καὶ N_2 ἄπωσις F, δημιουργεῖ ροπὴν $F \cdot l$, ὡς πρὸς τὸ σημεῖον στηρίξεως O, (ὅπου l τὸ ἥμισυ τοῦ μήκους τοῦ μαγνήτου N_2S_2), ἥτις ἀποκλίνει τὸν μαγνήτην N_2S_2 ἐκ τῆς ὁριζοντίας αὐτοῦ θέσεως.

Πρὸς ἀποκατάστασιν τῆς ἰσορροπίας τοποθετοῦμεν ἱππέα B (μάζης m γραμμαρίων), εἰς ἀπόστασίν τινα x ἐπὶ τῆς ἑτέρας πλευρᾶς τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου, εἰς τρόπον ὥστε νὰ παράγεται ροπὴ ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν προηγουμένην καὶ μέτρου $mg \cdot x$. Ἑπομένως θὰ ἔχωμεν :

$$F \cdot l = mg \cdot x$$

Ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb ἐξ ἄλλου εἶναι :

$$F = \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

συνεπῶς :

$$\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \cdot l = mg \cdot x, \quad \text{ἐνῷ} \quad r^2 x = \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot l}{mg} = \text{σταθερόν},$$

διότι τὸ β' μέλος τῆς τελευταίας ἰσότητος περιέχει σταθερὰς μόνον ποσότητας. Ἤτοι :

$$r^2 \cdot x = \text{σταθερόν}.$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης ἐξάγεται ὅτι, ἐφ' ὅσον ἡ ἀπόστασις r μεταβάλλεται, πρέπει ἡ ποσότης $r^2 \cdot x$ νὰ παραμένῃ σταθερά, πρὸς ἐπαλήθευσιν τοῦ νόμου.

9. Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ. Εἰς τὸ σύστημα C.G.S. ἔχομεν ὁρίσει ὡς μονάδα μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον (cm) καὶ ὡς μονάδα δυνάμεως τὴν δύνην (dyn).

Ἤδη θὰ καθορίσωμεν τὴν μονάδα τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ. Ἔχομεν τὴν εὐχέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φειαν νὰ ὁρίσωμεν τὴν μονάδα ποσότητος μαγνητισμοῦ ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ καταστῇ $k = 1$, καὶ νὰ ἀπαλλάξωμεν τὸν τύπον (1) τῆς § 7 ἀπὸ τοῦ συντελεστοῦ τούτου. Πρὸς τοῦτο ὁρίζομεν τὴν μονάδα τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον :

Πόλος μαγνητικὸς ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ ἴσην πρὸς τὴν μονάδα, ὅταν, εὑρισκόμενος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἄλλου πόλου ἴσης ποσότητος μαγνητισμοῦ, ἐπενεργῇ ἐπ' αὐτοῦ μὲ δύναμιν μιᾶς δύνης (1 dyn), ἐφ' ὅσον μεταξὺ τῶν πόλων ὑπάρχει κενόν.

Οὕτως ὁ τύπος (1) τῆς § 7, ὁ παρέχων τὴν ἀναλυτικὴν ἔκφρασιν τοῦ νόμου τοῦ Coulomb, ἐὰν ληφθῇ πρὸς τούτοις $m_1 = m_2 = m$, δύναται νὰ γραφῇ :

$$F = \frac{m^2}{r^2}$$

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου, λαμβάνομεν $m = r\sqrt{F}$ καὶ κατὰ συνέπειαν εὑρίσκομεν ὡς διαστάσεις τῆς μαγνητικῆς ποσότητος:

$$[\,m\,] = \left[\, L^{3/2} \cdot M^{1/2} \cdot T^{-1} \,\right]$$

Ἡ ὡς ἄνω ὁρισθεῖσα μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ καλεῖται **μαγνητικὴ ἢ ἠλεκτρομαγνητικὴ μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ** (1 HMM — ποσότητος μαγνητισμοῦ) καὶ ἀποτελεῖ τὴν βάσιν ἑνὸς νέου μετρικοῦ συστήματος μονάδων, τὸ ὁποῖον ἐντάσσεται εἰς τὸ ἀπόλυτον σύστημα μονάδων C.G.S. καὶ ὀνομάζεται **μαγνητικὸν ἢ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων.** Τοῦτο θὰ γνωρίσωμεν λεπτομερέστερον βραδύτερον.

Παρατήρησις. Εἰς τὴν ἀνωτέρω ἐξίσωσιν τῶν διαστάσεων τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ παρατηροῦμεν, διὰ πρώτην φοράν, ὅτι ἔχομεν διαστάσεις, ἤτοι ἐκθέτας τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, κλασματικοὺς ἀριθμοὺς καὶ συγκεκριμένως διὰ τὸ μῆκος 3/2 καὶ τὴν μᾶζαν 1/2. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τῆς μορφῆς τοῦ τύπου τοῦ Coulomb, τὸν ὁποῖον ἐχρησιμοποιήσαμεν διὰ νὰ ὁρίσωμεν τὸ νέον φυσικὸν μέγεθος τῆς ποσότητος τοῦ μαγνητισμοῦ καὶ εἰς τὸν ὁποῖον ἡ δύναμις καὶ τὸ μῆκος εἶναι ἤδη ἐκ τῆς Μηχανικῆς ὡρισμένα. Ἡ βαθυτέρα δηλαδὴ αἰτιολογία ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι ἠθελήσαμεν νὰ παρουσιάσωμεν τὸ νέον φυσικὸν μέγεθος ὡς παράγωγον ἐκ τῶν ἤδη γνωστῶν μεγεθῶν τῆς Μηχανικῆς καὶ τοῦτο εἶναι βεβαίως κατ' ἀρχὴν δυνατόν. Ἀλλ' ἐπειδή, ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς ἄλλο κεφάλαιον, τὰ νέα μαγνητικὰ μεγέθη, ὡς καὶ τὰ ἠλεκτρικά, τὰ ὁποῖα θὰ γνωρίσωμεν ἐν συνεχείᾳ, εἶναι ἐντελῶς διαφορετικῆς ὑφῆς φυσικὰ μεγέθη, δυνάμεθα νὰ ὁρίσωμεν ταῦτα, ἐπὶ τὸ ἁπλούστερον, δι' εἰσαγωγῆς ἑνὸς ἀκόμη καταλλήλου θεμελιώδους μεγέθους. Τὸ τοιοῦτον ἐπιτυγχάνει τὸ **σύστημα MKSA - Giorgi,** τὸ ὁποῖον θὰ γνωρίσωμεν βραδύτερον, καὶ τὸ ὁποῖον ἐκτὸς τῶν τριῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, μήκους, μάζης καὶ χρόνου (mètre, kilogramme, seconde), προσλαμβάνει ἐν ἀκόμη ἠλεκτρικὸν μέγεθος (Ampère) καὶ ἐπιτυγχάνει οὕτω νὰ ἐκφράσῃ παραστατικώτερον τὰ νέα φυσικὰ μεγέθη, αἱ δὲ ἐξισώσεις διαστάσεων περιλαμβάνουν πλέον ἀκεραίους ἐκθέτας.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται βόρειος μαγνητικὸς πόλος ποσότητος 1 C.G.S., εὑρισκόμενος εἰς τὸν ἀέρα εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ βορείου πόλου ποσότητος 100 C.G.S.

Λύσις : Ἐκ τοῦ τύπου τοῦ Coulomb $F = m_1 m_2 / r^2$, θέτοντες $m_1 = 1$, $m_2 = 100$ C.G.S. καὶ $r = 10$ cm, εὑρίσκομεν:

$$F = \frac{1 \cdot 100}{10^2} = 1 \text{ dyn.}$$

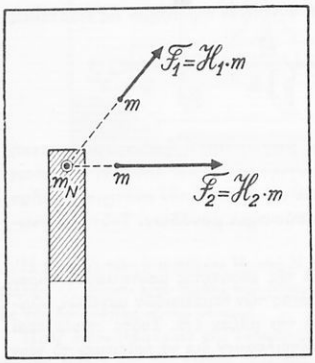
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

10. Μαγνητικὸν πεδίον. Ἕκαστος μαγνήτης ἀσκεῖ τὴν ἐπίδρασίν του εἰς ἕνα ἀρκούντως αἰσθητὸν ὄγκον τοῦ περιβάλλοντος αὐτὸν χώρου.

Τοῦτο καθίσταται ἀντιληπτὸν διὰ τῆς τοποθετήσεως μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης διαδοχικῶς εἰς διάφορα σημεῖα ἐγγὺς τοῦ περιβάλλοντος τὸν μαγνήτην χώρου μετὰ ταυτοχρόνου παρατηρήσεως τῆς ἀντιδράσεως τῆς βελόνης. Οὕτω πιστοποιεῖται ἀπόκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς θέσεως ἰσορροπίας αὐτῆς. Κατὰ συνέπειαν εἰς τὸν πλησίον τοῦ μαγνήτου χῶρον ἀσκοῦνται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

Οὕτω, **καλεῖται μαγνητικὸν πεδίον, περιοχὴ τοῦ χώρου εἰς οἱονδήποτε σημεῖον τῆς ὁποίας φερομένη μαγνητική τις ποσότης (πόλος) ὑφίσταται ἐπενέργειαν δυνάμεως.**

11. Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐὰν εἴς τι σημεῖον μαγνητικοῦ πεδίου τοποθετήσωμεν πόλον φέροντα ποσότητα μαγνητισμοῦ m, θὰ ἀσκηθῇ ἐπ' αὐτοῦ δύναμις $\mathcal{F}$ ὑπὸ τοῦ πεδίου, ἡ ὁποία θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ m (σχ. 17). Ἤτοι θὰ ἔχωμεν :



Σχ. 17. Εἰς δύο διαφόρους θέσεις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐπὶ τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ m, ἀσκοῦνται αἱ δυνάμεις $\mathcal{F}_1$ καὶ $\mathcal{F}_2$.

$$\mathcal{F} = \mathcal{H} \cdot m \qquad (1)$$

Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας $\mathcal{H}$ καλεῖται **ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου** εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον, τὸ δὲ μέτρον αὐτοῦ ὁρίζεται, ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως, ὡς τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως $\mathcal{F}$, τῆς ἀσκουμένης ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ m, διὰ τῆς ποσότητος ταύτης. Ἑπομένως εἶναι :

$$\text{Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου } \mathcal{H} = \frac{\mathcal{F}}{m} \qquad (2)$$

Ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος, τοῦ ὁποίου ἡ διεύθυνσις συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, ὡς φορὰ δὲ αὐτῆς λαμβάνεται συμβατικῶς ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως τῆς ἀσκουμένης ὑπὸ τοῦ πεδίου ἐπὶ τῆς βορείας ποσότητος μαγνητισμοῦ.

Ὡς ἐκ τῆς ἐξισώσεως (2) φαίνεται, ἡ ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου εἴς τι σημεῖον αὐτοῦ εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φερομένης εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον μαγνητικῆς ποσότητος, διότι αὕτη εἶναι ἡ δύναμις ἀνὰ μονάδα μαγνητικῆς ποσότητος. Λαμβάνοντες δὲ ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν κατὰ συνθήκην θεωρουμένην φορὰν ταύτης εὐκόλως ἐννοοῦμεν ὅτι :

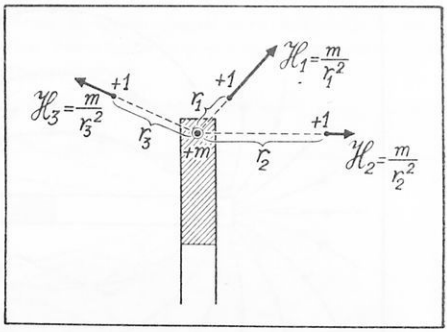
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ἔντασις μαγνητικοῦ τινος πεδίου εἰς τι σημεῖον αὐτοῦ ἰσοῦται πρὸς τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην ὑπὸ τοῦ πεδίου ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς βορείας ποσότητος μαγνητισμοῦ, φερομένης εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον.

Πολλάκις ὁμιλοῦντες περὶ φορᾶς ἢ διευθύνσεως πεδίου ἐννοοῦμεν ἁπλῶς τὴν φορὰν τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ ἢ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως ἀντιστοίχως.

Διὰ συγκρίσεως τῆς σχέσεως (2) πρὸς τὴν σχέσιν (1) τῆς § 7, ἔπεται ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ ὀφειλομένου εἰς ποσότητα μαγνητισμοῦ m, εἰς ἀπόστασιν r ἀπ' αὐτῆς (σχ. 18), δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\mathcal{H} = \frac{m}{r^2} \qquad (3)$$



Σχ. 18. Ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἰς τι σημεῖον αὐτοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ πόλου μαγνητικῆς ποσότητος m.

Ἠλεκτρομαγνητικὴ μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐκ τῆς ἀνωτέρω ἐξισώσεως (2) ὁρίζεται ἡ μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου. Οὕτως, εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα C. G. S. **λαμβάνεται ὡς μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου, ἡ ἔντασις ἐκείνου τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπὶ τῆς μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ (1 HMM - ποσότητος μαγνητισμοῦ) ἀσκεῖ δύναμιν ἴσην πρὸς μίαν δύνην. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται 1 Oersted (Ἔρστεντ, 1 Oe)**, πρὸς τιμὴν τοῦ Δανοῦ Φυσικοῦ Hans Oersted.

Παλαιότερον ἡ μονὰς αὕτη ἐκαλεῖτο **Gauss (Γκάους)**, ἀλλὰ σήμερον ἡ τελευταία αὐτὴ ὀνομασία χρησιμοποιεῖται, ὡς θὰ ἴδωμεν, διὰ τὴν μονάδα μετρήσεως τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς (βλ. κεφ. Δ', Ἠλεκτρομαγνητισμός).

Ἀμφότεραι αἱ μονάδες τείνουν τελευταίως νὰ παραμερισθοῦν πρὸ τῶν διὰ ἠλεκτρικῶν μονάδων καὶ μεθόδων διατυπουμένων καὶ μετρουμένων μαγνητικῶν μεγεθῶν (βλ. κεφ. Δ', Ἠλεκτρομαγνητισμός).

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 12 cm ἀπὸ βορείου πόλου ποσότητος μαγνητισμοῦ 6 C.G.S.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον:

$$H = \frac{m}{r^2}$$

τὰ δεδομένα m = 6 C.G.S. καὶ r = 12 cm, εὑρίσκομεν:

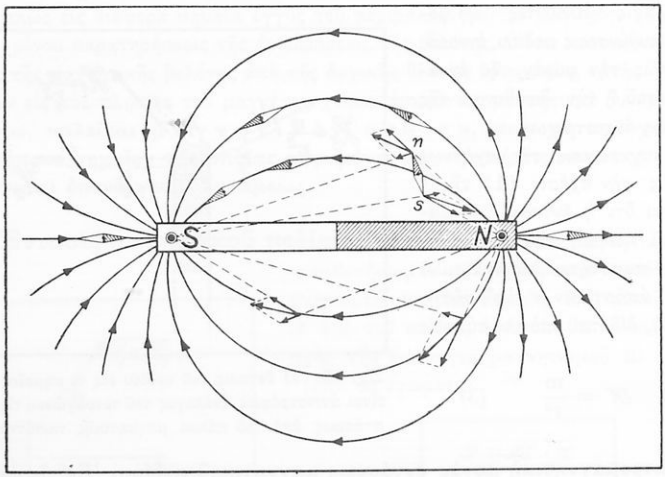
$$H = 0{,}042 \text{ Oersted.}$$

12. Μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.

Ἐὰν ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σχηματιζομένου περὶ εὐθύγραμμον ραβδόμορφον μαγνήτην (σχ. 19) φέρωμεν

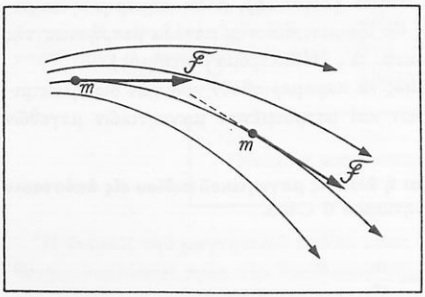
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μικρὰν εὐαίσθητον μαγνητικὴν βελόνην, στρεπτὴν περὶ ἄξονα, καὶ μετακινῶμεν ταύτην πέριξ τοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι προσανατολίζεται ἑκάστοτε πρὸς ὡρισμέ-



Σχ. 19. Μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ πέριξ ραβδομόρφου μαγνήτου. Ἐπὶ ἑκάστου τῶν πόλων μαγνητικῆς βελόνης ἀσκοῦνται δυνάμεις ὑπὸ τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου.

νην κατεύθυνσιν. Ἐὰν δὲ ἐπὶ φύλλου χάρτου χαράξωμεν τὰς διευθύνσεις, κατὰ τὰς ὁποίας ἰσορροπεῖ ὁ ἄξων τῆς βελόνης, διὰ μέγα ἀριθμὸν θέσεων, θὰ ἴδωμεν ὅτι σχηματίζονται καμπύλαι γραμμαί, ἐκκινοῦσαι ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου καὶ καταλήγουσαι εἰς τὸν ἄλλον, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ** ἢ ἁπλῶς **μαγνητικαὶ γραμμαὶ** καὶ διὰ τὰς ὁποίας δεχόμεθα συμβατικῶς ὅτι ἔχουν φορὰν ἐκ τοῦ βορείου πόλου πρὸς τὸν νότιον.



Σχ. 20. Ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως συμπίπτει, εἰς πᾶν σημεῖον, μετὰ τῆς ἐφαπτομένης τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.

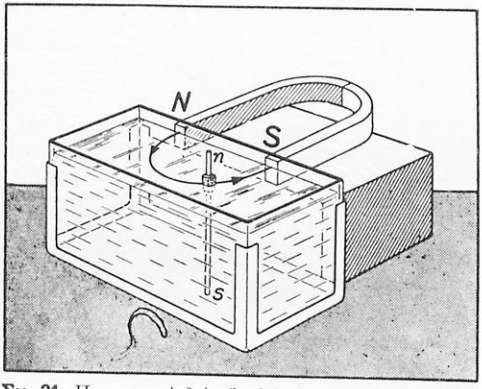
Ἑπομένως θεωροῦμεν ὅτι αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἐκ τοῦ βορείου πόλου καὶ ἀπολήγουν εἰς τὸν νότιον, δεικνύουν δὲ τοιουτοτρόπως τὴν φορὰν καὶ παριστοῦν συγχρόνως τὴν τροχιὰν κατὰ τὴν ὁποίαν θὰ ἐκινεῖτο βόρειος ἐλεύθερος μαγνητικὸς πόλος ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς δυνάμεως τοῦ πεδίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ἐφαπτομένη τέλος εἷς τι σημεῖον μαγνητικῆς δυναμικῆς τινος γραμμῆς συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως, τῆς ἀσκουμένης ὑπὸ τοῦ πεδίου εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον (σχ. 20).

Τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ὑπὸ μονίμων μαγνητικῶν πόλων, καλεῖται μαγνητοστατικὸν πεδίον, αἱ δὲ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ αὐτοῦ θεωροῦνται ὡς κλεισταί, ἤτοι ὡς μὴ ἔχουσαι οὔτε ἀρχὴν οὔτε τέλος. Τοῦτο ἄλλως τε εἶναι ἀπόρροια τοῦ ἀδυνάτου τῆς ὑπάρξεως μονωμένων ἀπ' ἀλλήλων ποσοτήτων μαγνητισμοῦ.

Τὴν ἰδιότητα ἑνὸς βορείου ἐλευθέρου πόλου νὰ μετατοπίζεται κατὰ μῆκος μαγνητικῆς δυναμικῆς γραμμῆς δεικνύομεν διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος. Ἐντὸς ὑαλίνου λεκάνης (σχ. 21) θέτομεν ὕδωρ, πλευρικῶς δὲ πρὸς αὐτὴν ἕνα πεταλοειδῆ μαγνήτην. Ἀκολούθως μαγνητίζομεν λεπτὸν χαλύβδινον στέλεχος, τὸ ὁποῖον στηρίζομεν ἐπὶ τεμαχίου φελλοῦ, εἰς τρόπον ὥστε ὁ βόρειος πόλος νὰ ὑπερέχῃ ὀλίγον τοῦ φελλοῦ.



Σχ. 21. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπίδειξιν τῆς μετατοπίσεως μαγνητικοῦ πόλου κατὰ μῆκος δυναμικῆς γραμμῆς.

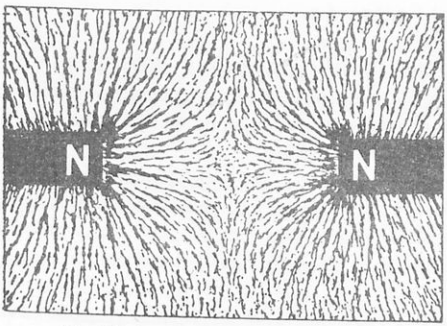
Ἐὰν ὁ μαγνήτης τοποθετηθῇ ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἰσορροπεῖ κατακορύφως μὲ τὸν βόρειον πόλον πρὸς τὰ ἄνω. Ἐὰν ἀφεθῇ ὁ μαγνήτης ἐλεύθερος, βλέπομεν ὅτι οὗτος μετατοπίζεται ἀκολουθῶν ὡς τροχιὰν μαγνητικὴν γραμμήν.

13. Μαγνητικὸν φάσμα. Δυνάμεθα νὰ αἰσθητοποιήσωμεν τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Τοποθετοῦμεν ἐπὶ τραπέζης εὐθύγραμμον ραβδόμορφον μαγνήτην καὶ ἐπ' αὐτοῦ στηρίζομεν ὁριζοντίως τεμάχιον σκληροῦ χαρτονίου ἢ ὑαλίνην πλάκα, διασκορπίζοντες ἐπ' αὐτῆς ρινίσματα σιδήρου. Ἐὰν ἀναταράξωμεν ὀλίγον τὰ ρινίσματα, δι' ἐλαφρῶν π.χ. κτυπημάτων διὰ τοῦ δακτύλου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου, τότε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατάσσονται εἰς σχηματισμόν, δεικνυόμενον ὑπὸ τοῦ σχήματος 22, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ, ὡς λέγομεν, **μαγνητικὸν φάσμα.** Ἡ διάταξις τῶν ρινισμάτων, κατὰ τὸν ὑπὸ τοῦ σχήματος τούτου δεικνυόμενον σχηματισμόν, ἐξηγεῖται ὡς ἀκολούθως.

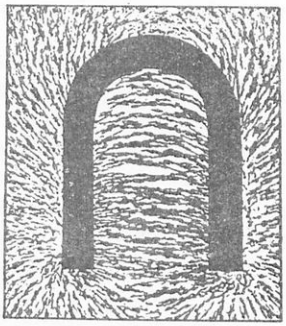
Ἕκαστον τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου μαγνητίζεται ἐξ ἐπαγωγῆς καὶ συμπεριφέρεται ὡς μικροτάτη μαγνητικὴ βελόνη, οὕτω δὲ προσανατολίζεται, ὡς προηγουμένως ἐλέχθη. Ἐπειδὴ ὅμως τὰ ρινίσματα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μαγνητισθοῦν, εἰ μὴ μόνον ὅταν εὑρίσκωνται εἰς ἰσχυρὸν μαγνητικὸν πεδίον, παρουσιάζουν δὲ ἐξ ἄλλου πολὺ μικροτέραν εὐκινησίαν ἀπὸ μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὁποία εἶναι ἐξηρτημένη, ὥστε νὰ περιστρέφεται περὶ ἄξονα, ἡ μέθοδος αὕτη δὲν δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τεμάχιον σιδήρου (σχ. 26) παρατηροῦμεν παραμόρφωσιν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διέρχωνται περισσότεραι διὰ τοῦ σιδήρου.



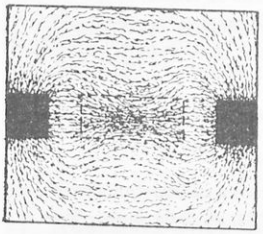
Σχ. 24. Μαγνητικὸν φάσμα μεταξὺ δύο ὁμωνύμων πόλων.



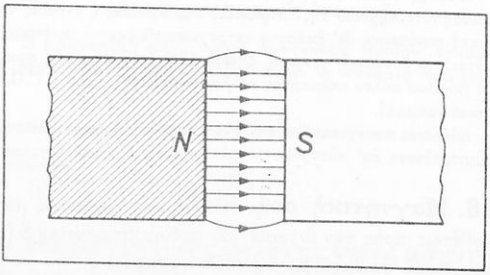
Σχ. 25. Φάσμα πεταλοειδοῦς μαγνήτου.

14. Ὁμογενὲς καὶ ἀνομοιογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον καλεῖται ὁμογενὲς ὅταν, εἰς ὅλην τὴν ἔκτασιν αὐτοῦ, τὸ διάνυσμα τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου διατηρῇ τὴν ἰδίαν ἀριθμητικὴν τιμήν, διεύθυνσιν καὶ φοράν.

Τὸ ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον παριστᾶται γραφικῶς ὑπὸ μαγνητικῶν γραμμῶν,



Σχ. 26. Τὸ παρεμβαλλόμενον σιδηροῦν τεμάχιον συλλέγει τὰς δυναμικὰς γραμμάς.



Σχ. 27. Ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι καὶ ἰσαπέχουσαι εὐθεῖαι.

αἱ ὁποῖαι εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι καὶ εἰς ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ πεδίου δεικνύουν τὴν ἰδίαν πυκνότητα, ἐπομένως ἀπέχουν ἐξ ἴσου μεταξύ των (σχ. 27).

Οὕτως, ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον εἶναι τὸ σχηματιζόμενον εἰς τὸ διάκενον μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων καὶ ἐπιπέδων πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου, οἵτινες εὑρίσκονται εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν καὶ εἶναι μεταξύ των παράλληλοι. Εἰς τὸν ὑπόλοιπον χῶρον τὸ πεδίον δὲν εἶναι ὁμογενές.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἓν μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις δὲν διατηρεῖ σταθερὰν τιμήν, διεύθυνσιν καὶ φοράν, ἐντὸς τοῦ χώρου τοῦ πεδίου, ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀπὸ σημείου εἰς σημεῖον, καλεῖται **ἀνομοιογενές.**

15. Πυκνότης μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Καλοῦμεν πυκνότητα μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, εἴς τι σημεῖον τοῦ πεδίου, τὸν ἀριθμὸν τῶν γραμμῶν τῶν διερχομένων καθέτως δι' ἐπιφανείας 1 cm², τεθείσης εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον τοῦ πεδίου.

Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν μαγνητικῶν φασμάτων, ὡς π.χ. τοῦ εἰκονιζομένου εἰς τὸ σχῆμα 22, βλέπομεν ὅτι πλησίον τῶν πόλων, ὅπου ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι μεγάλη καὶ ἡ πυκνότης τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν εἶναι μεγάλη, ἐνῷ εἰς μεγαλυτέραν ἀπόστασιν, ὅπου ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι μικροτέρα καὶ ἡ πυκνότης τῶν γραμμῶν εἶναι μικροτέρα.

Ἐὰν δὲ κατόπιν συμφωνίας δεχθῶμεν νὰ χαράσσωνται αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, εἰς ἓν σημεῖον τοῦ πεδίου, ὅπου ἡ ἔντασις αὐτοῦ εἶναι 1 Oersted νὰ διέρχεται δι' ἐπιφανείας 1 cm², τεθείσης καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου, μία μαγνητικὴ γραμμή, εἶναι φανερὸν ὅτι ὁ ἀριθμός, ὁ ἐκφράζων τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς Oersted, θὰ εἶναι ὁ αὐτὸς πρὸς τὸν ἀριθμὸν τὸν ἐκφράζοντα τὴν πυκνότητα τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν τῶν ἐκπορευομένων ἀπὸ βορείου μαγνητικοῦ πόλου, ποσότητος μαγνητισμοῦ ἴσης πρὸς 1 C.G.S.

Λύσις. Θεωροῦμεν σφαῖραν ἀκτῖνος 1 cm, περιβάλλουσαν τὸν πόλον. Ἐπειδὴ $H = m/r^2$, ἐπὶ οἱουδήποτε σημείου τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου θὰ ἰσοῦται πρὸς 1 Oersted. Κατὰ συνέπειαν, δι' ἑκάστου τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας θὰ διέρχεται μία δυναμικὴ γραμμή, ἐπειδὴ δὲ ἡ ἐπιφάνεια τῆς σφαίρας ἰσοῦται πρὸς 4π cm², ἕπεται ὅτι ἐκ βορείου πόλου ποσότητος μαγνητισμοῦ ἴσης πρὸς 1 C.G.S. ἐκπορεύονται 4π μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.

Εὐκόλως συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπρόκειτο περὶ βορείου πόλου μαγνητικῆς ποσότητος m C.G.S., θὰ ἐξεπορεύοντο ἀπ' αὐτοῦ $4\pi \cdot m$ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.

16. Μαγνητικὴ ροή. Ἐὰν ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοποθετήσωμεν καθέτως πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου ἐπιφάνειαν S (σχ. 28), αὕτη θὰ διαπερᾶται ὑπὸ συνολικοῦ ἀριθμοῦ μαγνητικῶν γραμμῶν :

$$\boxed{\Phi = \mathcal{H} \cdot S} \qquad (1)$$

ὅπου $\mathcal{H}$ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Τὸ μέγεθος Φ, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀριθμητικὸν γινόμενον τῶν ποσοτήτων $\mathcal{H}$ καὶ S, καλεῖται μαγνητικὴ ροή.

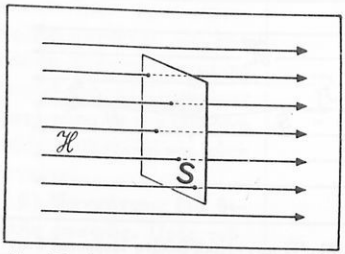
Εἰς τὴν περίπτωσιν καθ' ἣν αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ δὲν διέρχονται καθέτως διὰ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας, ἀλλ' ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου $\mathcal{H}$ σχηματίζει γωνίαν α πρὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

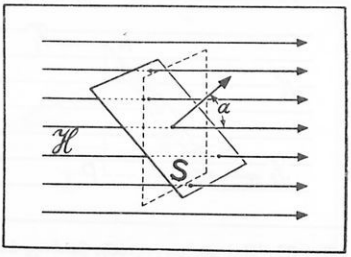
τὴν κάθετον ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν, ἀγομένη ἀπὸ τὴν περιοχὴν ἐξόδου τῆς ροῆς ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας (σχ. 29), τότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ θὰ ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$\text{Μαγνητικὴ ροὴ} \quad \Phi = \mathcal{H} \cdot S \cdot \text{συν}\, \alpha \qquad (2)$$

Σήμερον ὁρίζεται διεθνῶς ἡ μαγνητικὴ ροὴ βάσει ἑνὸς ἄλλου διανυσματικοῦ μεγέθους, τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς $\mathcal{B}$, ἡ ὁποία λαμβάνει ὑπ' ὄψιν καὶ τὸ



Σχ. 28. Δι' ἐπιφανείας S, καθέτου ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου, διέρχεται μαγνητικὴ ροή: $\Phi = \mathcal{H} \cdot S$.



Σχ. 29. Δι' ἐπιφανείας S, σχηματιζούσης γωνίαν α πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου, διέρχεται μαγνητικὴ δυναμικὴ ροή: $\Phi = \mathcal{H} \cdot S \cdot \text{συν}\, \alpha$.

ὑλικὸν ὅπερ διαπερᾶται ὑπὸ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν. Κατόπιν τούτου θὰ ἐξετάσωμεν τὸ φαινόμενον λεπτομερῶς εἰς τὸ κεφάλαιον Δ', τοῦ Ἠλεκτρομαγνητισμοῦ, ὅπου καὶ θὰ ὁρίσωμεν ἐπακριβῶς τὴν μονάδα 1 **Maxwell** (Μάξγουελ) τῆς μαγνητικῆς ροῆς, στηριζόμενοι εἰς τὴν μονάδα 1 **Gauss** τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἡ μαγνητικὴ ροή, ἐντὸς ὁμογενοῦς πεδίου ἐγκαρσίας τομῆς 16 cm², εἶναι 168 000 μαγνητικαὶ γραμμαί. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Λύσις. Ἐκ τοῦ τύπου : $\Phi = H \cdot S$ λαμβάνομεν $H = \Phi/S$ καὶ δι' ἀντικαταστάσεως εὑρίσκομεν:

$$\underline{H} = \frac{168\,000}{16} = \underline{10\,500}\ \underline{\text{Oersted.}}$$

17. Δυνάμεις ἀσκούμεναι ἐπὶ μαγνητικῆς βελόνης ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐὰν φέρωμεν ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου μαγνητικὴν βελόνην, στρεπτὴν περὶ ἄξονα, τότε θὰ ἀσκηθοῦν ἐπ' αὐτῆς δυνάμεις ὑπὸ τοῦ πεδίου. Πράγματι, ἐπὶ τοῦ βορείου πόλου τῆς βελόνης θὰ ἀσκηθῇ δύναμις $\mathcal{F}_1$ (σχ. 30), ἴση πρός :

$$\mathcal{F}_1 = \mathcal{H} \cdot m_N$$

ὅπου m_N ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ τοῦ βορείου πόλου τῆς βελόνης. Ἡ δύναμις αὕτη, συμφώνως πρὸς τὰ ἐκτεθέντα (§ 11), εἶναι παράλληλος καὶ ὁμόρροπος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου.

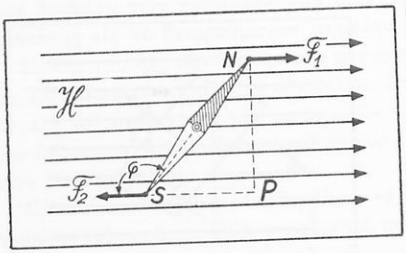
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁμοίως ἐπὶ τοῦ νοτίου πόλου τῆς βελόνης ἀσκεῖται δύναμις $\mathcal{F}_2$ ἴση πρός :

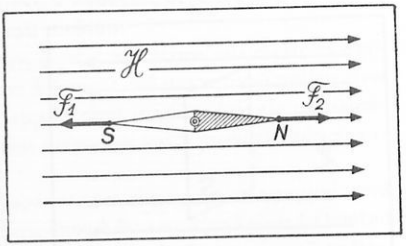
$$\mathcal{F}_2 = \mathcal{H} \cdot m_S$$

ὅπου m_S ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ τοῦ νοτίου πόλου.

Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι παράλληλος καὶ ἀντίρροπος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου, ἐπειδὴ δὲ αἱ μαγνητικαὶ ποσότητες τῶν δύο πόλων εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσαι, αἱ ἐπὶ τῶν πόλων ἀσκούμεναι ὑπὸ τοῦ πεδίου δυνάμεις εἶναι ἴσαι κατὰ τὸ μέτρον καὶ



Σχ. 30. Ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀσκεῖται ὑπὸ τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ζεῦγος δυνάμεων.



Σχ. 31. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἰσορροπεῖ ὅταν καταστῇ παράλληλος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου.

ἔχουν ἀντιθέτους φοράς. Κατὰ συνέπειαν ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀσκεῖται ζεῦγος δυνάμεων ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ὁποίου ἡ βελόνη στρέφεται διὰ νὰ ἰσορροπήσῃ τελικῶς ὅταν ὁ ἄξων αὐτῆς καταστῇ παράλληλος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου (σχ. 31), θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν μηδενίζεται ἡ ροπὴ τοῦ ζεύγους.

Ἐὰν ἡ μαγνητικὴ βελόνη εὑρίσκεται ἐντὸς ἀνομοιογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, τότε, ἐπειδὴ ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι διάφορος εἰς τὴν θέσιν τοῦ βορείου καὶ νοτίου πόλου αὐτῆς, ἔπεται ὅτι ἐπὶ τῆς βελόνης ἀσκεῖται μία μηχανικὴ ροπὴ καὶ μία συνισταμένη δύναμις. Ἐξ αὐτῶν ἡ μὲν μηχανικὴ ροπὴ τείνει νὰ προσανατολίσῃ τὴν βελόνην ἐντὸς τοῦ πεδίου, ἡ δὲ δύναμις νὰ τὴν μετακινήσῃ. Ὅταν δὲ ἡ βελόνη προσανατολισθῇ τότε ἡ δύναμις τείνει νὰ τὴν μεταφέρῃ πρὸς θέσεις μὲ μεγαλυτέραν ἔντασιν πεδίου.

***18. Ὑπολογισμὸς τῆς ροπῆς τοῦ ζεύγους.** Ἡ ροπὴ M τοῦ ζεύγους τῶν ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης (βλ. σχ. 30) ὑπὸ τοῦ πεδίου ἀσκουμένων δυνάμεων θὰ ἰσοῦται πρός :

$$M = F \cdot (NP) \qquad (1)$$

ὅπου $F_1 = F_2 = F$ καὶ NP ἡ κάθετος ἀπόστασις τῶν δυνάμεων $\mathcal{F}_1$ καὶ $\mathcal{F}_2$. Ἐπειδὴ δὲ $F = m \cdot H$, ὅπου $m_N = m_S = m$ καὶ $(NP) = l \cdot \text{ημφ}$, ὅπου l τὸ μῆκος τῆς βελόνης καὶ φ ἡ γωνία τοῦ ἄξονος αὐτῆς μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου, ἡ (1) λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$M = m \cdot l \cdot H \cdot \text{ημ}\varphi \qquad (2)$$

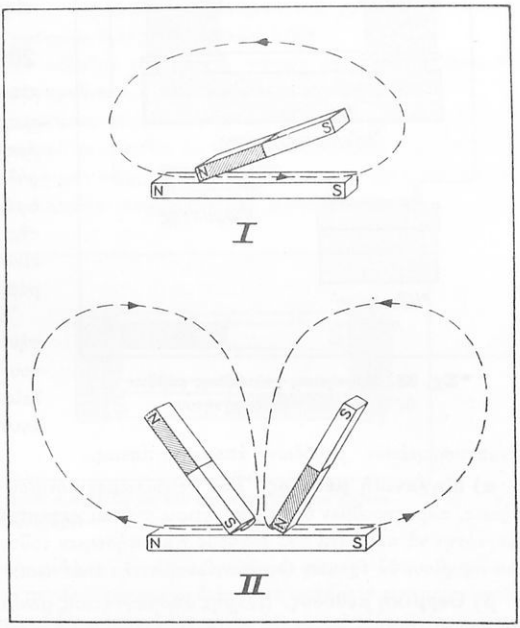
Τὸ γινόμενον $m \cdot l = M^*$, τὸ ὁποῖον εἶναι σταθερὸν καὶ χαρακτηριστικὸν δι' ἕκαστον μαγνήτην, καλεῖται **μαγνητικὴ ροπὴ τοῦ μαγνήτου,** ἐκφράζεται δὲ εἰς dyn · cm/Oersted (εἰς τὸ σύστημα C.G.S.).

Πράγματι, ἐνῷ δὲν ἔχομεν γνῶσιν τῆς οὐσίας τοῦ μεγέθους m, ἀλλ' οὔτε τὸ μῆκος l δυνάμεθα ἐπακριβῶς νὰ ὑπολογίσωμεν, ἐν τούτοις ἡ μαγνητικὴ ροπὴ M^*, οὖσα τὸ γινόμενον αὐτῶν, μετρεῖται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ μαγνητομέτρων (βλ. § 37) καὶ κατὰ συνέπειαν εἶναι τὸ κύριον μέγεθος τὸ χαρακτηρίζον ἕνα μαγνήτην.

19. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως. α) Μαγνήτισις δι' ἁπλῆς ἐπαφῆς. Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην ἐπὶ τῆς ὑπὸ μαγνήτισιν ράβδου ἐφάπτεται ὑπὸ κλίσιν ὁ βόρειος πόλος μαγνήτου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 32, Ι. Ἀκολούθως μετακινοῦμεν προστρίβοντες τὸν μαγνήτην, ὡς δεικνύεται διὰ τῆς ἐστιγμένης γραμμῆς (ὡς νὰ κτενίζωμεν ἴνας), οὕτω δὲ ἡ χαλυβδίνη ράβδος καθίσταται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.



Σχ. 32. Μαγνήτισις σιδηρᾶς ράβδου διὰ προστριβῆς. Κατὰ μῆκος τῆς ράβδου σύρεται ἐπανειλημμένως τὸ αὐτὸ ἄκρον τοῦ μαγνήτου καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν πάντοτε φοράν: Ι δι' ἑνὸς μαγνήτου, ΙΙ διὰ δύο συγχρόνως μαγνητῶν.

β) Μαγνήτισις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν δύο μονίμους μαγνήτας, τοὺς ὁποίους τοποθετοῦμεν ἐπὶ τῆς ὑπὸ μαγνήτισιν ράβδου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 32, ΙΙ, καὶ ἀκολούθως μετατοπίζομεν τοὺς μαγνήτας πολλάκις, ὡς δεικνύεται διὰ τῶν ἐστιγμένων γραμμῶν.

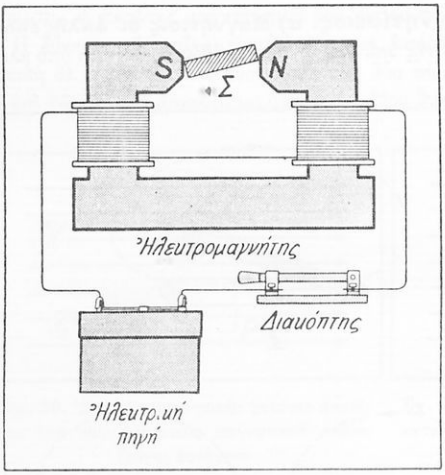
Εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις ὁ προστρίβων μαγνήτης δὲν ἀποβάλλει μέρος τοῦ ἰδίου αὐτοῦ μαγνητισμοῦ κατὰ τὴν προστριβήν, διότι τὸ ἔργον τῆς μαγνητίσεως καταβάλλεται ὑφ' ἡμῶν.

γ) Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς. Ὡς καὶ ἀνωτέρω ἀνεφέρθη, ἐὰν ράβδος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου τεθῇ εἰς τὴν γειτονίαν ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου (βλ. σχ. 14), ὁ μαλακὸς σίδηρος καθίσταται παροδικὸς μαγνήτης. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγή,** ὁ δὲ τρόπος μαγνητίσεως μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.

δ) Μαγνήτισις δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Διὰ τῶν ἀνωτέρω περιγραφομένων μεθόδων δὲν εἶναι δυνατὴ ἡ κατασκευὴ ἰσχυρῶν μαγνητῶν, ὡς οἱ συνήθως χρησιμοποιούμενοι εἰς τὰ ἐργαστήρια. Ἰσχυροὺς μαγνήτας, μὲ μεγάλην τιμὴν φερούσης δυνάμεως, κατασκευάζομεν διὰ τῆς τοποθετήσεως χαλυβδίνων ράβδων ἐντὸς πηνίων, διαρρεομένων ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ αὐτὸ δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τοποθετοῦντες τὴν πρὸς μαγνήτισιν χαλυβδίνην ράβδον Σ μεταξὺ τῶν πόλων ἰσχυροῦ ἠλεκτρομαγνήτου καὶ διαβιβάζοντες ἀκολούθως δι' αὐτοῦ ρεῦμα (σχ. 33). Διακόπτοντες μετ' ὀλίγον τὴν παροχὴν τοῦ ρεύματος, διαπιστώνομεν ὅτι ἡ χαλυβδίνη ράβδος κατέστη μόνιμος μαγνήτης.



Σχ. 33. Μαγνήτισις χαλυβδίνης ράβδου δι' ἰσχυροῦ ἠλεκτρομαγνήτου.

20. Τρόποι ἀπομαγνητίσεως. Ὡς ἤδη ἀνεφέρθη, μία μαγνητισμένη χαλυβδίνη ράβδος ἀποβάλλει βαθμιαίως, σὺν τῇ παρόδῳ τοῦ χρόνου, τὸν μαγνητισμόν της. Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς αὐτοαπομαγνητίσεως εἶναι περισσότερον ἔντονον εἰς ράβδους ἐκ μαλακοῦ χάλυβος.

Ἐὰν θέλωμεν νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν μαγνήτισιν μονίμου μαγνήτου ἢ νὰ ἀπομαγνητίσωμεν τελείως τοῦτον, δυνάμεθα νὰ ἀκολουθήσωμεν μίαν τῶν κατωτέρω ἀναπτυσσομένων μεθόδων ἀπομαγνητίσεως.

α) Μηχανικὴ μέθοδος. Ἐὰν ὑποβάλωμεν μόνιμον μαγνήτην εἰς μηχανικὰς δονήσεις, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνήτισις τούτου καταστρέφεται. Ἐάν, ὅθεν, ἀφήσωμεν μαγνήτην νὰ πέσῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἢ κτυπήσωμεν τοῦτον ἐπὶ σκληροῦ ἀντικειμένου ἢ διὰ σφυρίου, θὰ ἔχωμεν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐλάττωσιν τῆς μαγνητίσεώς του.

β) Θερμικὴ μέθοδος. Πλήρης ἀπομαγνήτισις μονίμου μαγνήτου δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ διὰ θερμάνσεως τούτου μέχρις ἐρυθροπυρώσεως. Μετὰ τὴν ψῦξιν τοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὅλος ὁ μαγνητισμὸς αὐτοῦ ἔχει ἐξαφανισθῇ.

γ) Ἠλεκτρικὴ μέθοδος. Ἡ πλέον συνήθης καὶ ἱκανοποιητικὴ μέθοδος ἀπομαγνητίσεως μονίμου μαγνήτου συνίσταται εἰς τὴν τοποθέτησιν τούτου ἐντὸς πηνίου (σωληνοειδοῦς), διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Διὰ συνεχοῦς ἀντιστροφῆς τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, καὶ συγχρόνως διὰ συνεχοῦς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως τούτου μέχρι τῆς τιμῆς μηδέν, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ μαγνήτης, μετὰ τὴν ἐξαγωγήν του ἐκ τοῦ σωληνοειδοῦς, ἔχει πλήρως ἀπομαγνητισθῇ.

21. Σημεῖον κόρου. Μὲ οἱονδήποτε τρόπον μαγνητίσεως καὶ ἂν ἐργαζώμεθα παρατηροῦμεν, ὅτι πέραν ἑνὸς ὁρίου εἶναι ἀδύνατον νὰ αὐξηθῇ ὁ παραμένων μαγνητισμὸς τοῦ μαγνητιζομένου σώματος. Τὸ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **σημεῖον κόρου** τοῦ μαγνήτου. Ἐνίοτε κατὰ τὴν μαγνήτισιν τοῦ χάλυβος δυνάμεθα νὰ ὑπερβῶμεν τὸ ση-

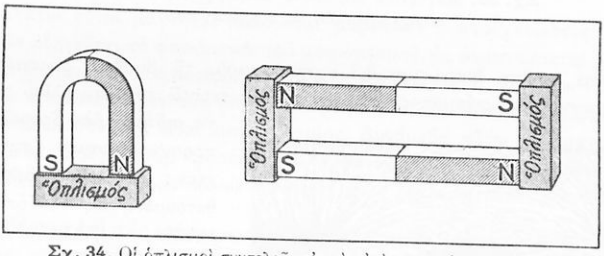
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μεῖον κόρου, ἀλλὰ προσκαίρως. Πράγματι δι' ἀπομακρύνσεως τοῦ μαγνητίζοντος μέσου, ὁ μαγνήτης ἐπανέρχεται μετ' ὀλίγον εἰς τὸ σημεῖον κόρου.

22. Διατήρησις μαγνητῶν. Πρόσκαιροι καὶ μόνιμοι μαγνῆται. Διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ἐξαφάνισις τῶν μαγνητικῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα, τὸ ὁποῖον εἶναι κλάσμα τοῦ δευτερολέπτου, ἐνῷ δι' ὡρισμένους χάλυβας (περιέχοντας κοβάλτιον, βολφράμιον καὶ χρώμιον) ἡ ἐξαφάνισις τῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα πολλῶν ἐτῶν.

Οἱ μαγνῆται, οἵτινες μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου χάνουν σχετικῶς ταχέως τὸν μαγνητισμόν των, ὀνομάζονται **παροδικοὶ ἢ πρόσκαιροι μαγνῆται.**

Σχεδὸν ὅλοι οἱ πρόσκαιροι μαγνῆται, οἵτινες χάνουν ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος τὸ πλεῖστον τοῦ μαγνητισμοῦ των, εὐθὺς ὡς παύσῃ νὰ ἐπενεργῇ ἡ μαγνητίζουσα αἰτία, παραμένουν ἐλαφρότατα μαγνητισμένοι δι' ἐν μακρότερον χρονικὸν διάστημα. Ἡ μικρὰ αὕτη μαγνήτισις καλεῖται **παραμένουσα μαγνήτισις.**



Σχ. 34. Οἱ ὁπλισμοὶ συντελοῦν εἰς τὴν ἐπὶ περισσότερον χρόνον διατήρησιν τῶν μονίμων μαγνητῶν.

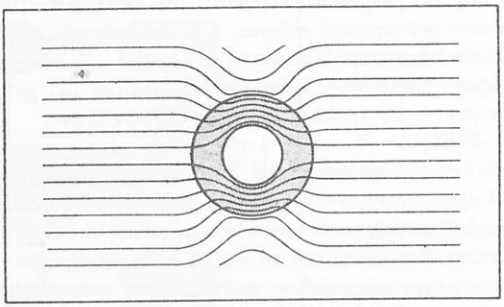
Ἀντιθέτως πρὸς τὸν μαλακὸν σίδηρον, ὁ χάλυψ, μολονότι μαγνητίζεται δυσκόλως, παραμένει μαγνητισμένος ἐπὶ μεγάλον χρονικὸν διάστημα μετὰ τὴν μαγνήτισίν του. Οἱ μαγνῆται αὐτοῦ τοῦ εἴδους, οἱ κατασκευαζόμενοι ἐκ χάλυβος ἢ εἰδικῶν κραμάτων, ὀνομάζονται **μόνιμοι μαγνῆται.**

Πρὸς παρεμπόδισιν τῆς ἀπομαγνητίσεως μονίμων μαγνητῶν, τοποθετοῦνται οὗτοι, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 34, εἰς τρόπον ὥστε ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νὰ εὑρίσκωνται ἔναντι ἀλλήλων, πρὸς τούτοις δὲ τοποθετοῦνται ἐν ἐπαφῇ τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ὁ π λ ι σ μ ο ί.

***23. Μαγνητικὴ θωράκισις.** Ἐὰν ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου εἰσαγάγωμεν τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, τοῦτο προκαλεῖ παραμόρφωσιν τῆς διανομῆς τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου, διότι αὗται ἐπιδιώκουν νὰ διέλθουν κατὰ προτίμησιν διὰ μέσου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος παρουσιάζει εὐκολώτερον δρόμον διὰ τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς ἢ ὁ ἀήρ. Ἕνεκα τοῦ αὐτοῦ λόγου, ἐὰν ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου εἰσαγάγωμεν δακτύλιον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 35), πάλιν παρατηροῦμεν παραμόρφωσιν τῆς διανομῆς τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου,

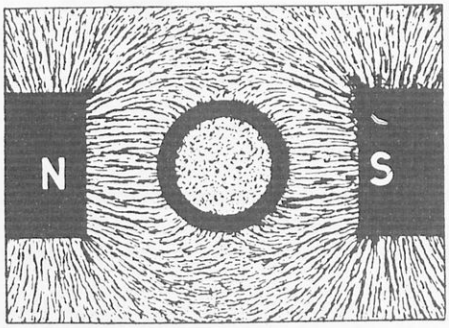
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διότι αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ προτιμοῦν νὰ διέρχωνται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ σιδηροῦ δακτυλίου, ἐνῷ ὁ ὑπ' αὐτοῦ περικλειόμενος χῶρος εἶναι οὕτως ἐλεύθερος μαγνητικοῦ πεδίου.



Σχ. 35. Μαγνητικὴ θωράκισις. Διαμόρφωσις τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν εἰς τὸν δακτύλιον.

Πράγματι, τοῦτο δεικνύομεν διὰ σχηματισμοῦ, τῇ βοηθείᾳ ρινισμάτων σιδήρου, τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος, ὅπου ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ δακτυλίου τὰ ρινίσματα σιδήρου δὲν δεικνύουν οὐδένα προσανατολισμὸν (σχ. 36). Ἐπίσης μαγνητικὴ βελόνη, τοποθετουμένη εἰς τὸν ὑπὸ τοῦ δακτυλίου περικλειόμενον χῶρον, οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ ἐξωτερικοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.



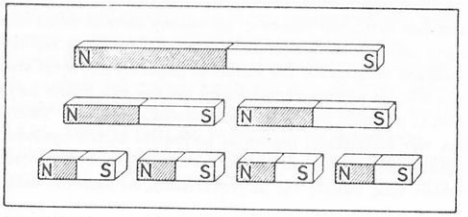
Σχ. 36. Μαγνητικὴ θωράκισις. Τὸ φάσμα δεικνύει ὅτι εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ δακτυλίου δὲν ὑφίσταται μαγνητικὸν πεδίον.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ἐκμεταλλευόμεθα ὁσάκις θέλομεν νὰ προστατεύσωμεν ὄργανα εὐαίσθητα ἀπὸ τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικῶν πεδίων, ὁπότε περιβάλλομεν αὐτὰ διὰ θώρακος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

24. Μοριακοὶ ἢ στοιχειώδεις μαγνῆται. Ἐὰν λάβωμεν ἐπιμήκη χαλυβδίνην ράβδον καὶ μαγνητίσωμεν αὐτήν, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὰ ἄκρα αὐτῆς ἐμφανίζονται δύο ἑτερώνυμοι πόλοι, N καὶ S. Ἐὰν θραύσωμεν τὴν ράβδον εἰς τὸ μέσον καὶ ἀποχωρίσωμεν τὰ δύο τεμάχια, τότε δὲν ἀπομονοῦται εἷς μόνον πόλος εἰς ἕκαστον τῶν τεμαχίων, ἀλλὰ παρατηροῦμεν, ὅτι ἕκαστον τῶν τεμαχίων ἐμφανίζεται ὡς τέλειος μαγνήτης μὲ δύο ἑτερωνύμους πόλους (σχ. 37). Ἐὰν θραύσωμεν ἕκαστον τῶν δύο τεμαχίων εἰς δύο μέρη, καὶ πάλιν ἕκαστον τῶν προκυπτόντων τεμαχίων εἶναι τέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λειος μαγνήτης. Ἐὰν κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἐξακολουθοῦμεν νὰ ὑποδιαιροῦμεν τὴν μαγνητικὴν ράβδον εἰς μικρότερα τεμάχια, πάντοτε ἀνευρίσκομεν, ὅτι ἕκαστον τῶν προκυπτόντων τεμαχίων ἀποτελεῖ τέλειον μαγνήτην.



Σχ. 37. Τεμαχισμὸς μαγνητικῆς ράβδου. Ἕκαστον προκύπτον τεμάχιον καθίσταται τέλειος μαγνήτης.

Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι, τὰ ἐλάχιστα τεμάχια ἀπὸ τὰ ὁποῖα ἀποτελεῖται ἡ ράβδος, δηλαδὴ τὰ μόρια ἢ τὰ ἄτομα, εἶναι μαγνῆται μὲ βόρειον καὶ νότιον πόλον καὶ μάλιστα μὲ ἴσας ποσότητας βορείου καὶ νοτίου μαγνητισμοῦ. Εἰς τὴν τελευταίαν δὲ ταύτην παραδοχὴν ἀγόμεθα ἐκ τῆς παρατηρήσεως ὅτι, εἰς τοὺς δύο πόλους οἱουδήποτε μαγνήτου, περιέχονται ἴσα ποσὰ ἑτερωνύμων μαγνητισμῶν.

Οἱ μικρότατοι οὗτοι μαγνῆται καλοῦνται **μοριακοὶ** ἢ **στοιχειώδεις μαγνῆται** καὶ δι' αὐτῶν ἐξηγεῖται τὸ φαινόμενον τοῦ μαγνητισμοῦ, ὡς ἀναπτύσσεται κατωτέρω.

Μολονότι λοιπὸν ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος ἀποδεικνύεται ὅτι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἕνα πόλον μαγνήτου, ἐν τούτοις ἡ παραδοχὴ ἑνὸς μονωμένου πόλου συνήθως εἶναι λίαν χρήσιμος. Δυνάμεθα οὕτω νὰ πραγματοποιήσωμεν τοιοῦτον κατὰ μεγάλην προσέγγισιν, λαμβάνοντες μαγνήτην λεπτὸν καὶ μακρόν, ὁπότε ἡ ἐπίδρασις τοῦ ἑτέρου πόλου ἐξασθενεῖ πολὺ λόγῳ τῆς ἀποστάσεως.

***25. Ὑποθέσεις ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ μαγνητισμοῦ.** Ἡ πρώτη σοβαρὰ προσπάθεια πρὸς ἑρμηνείαν τοῦ φαινομένου τοῦ μαγνητισμοῦ ἐγένετο κατὰ τὸν 18ον αἰῶνα, ὁπότε ἐπροτάθησαν διάφοροι θεωρίαι περὶ ρευστῶν πρὸς ἑρμηνείαν διαφόρων φυσικῶν φαινομένων.

Πρῶτος ὁ Coulomb διετύπωσε μίαν τοιαύτην θεωρίαν περὶ ὑπάρξεως δύο μαγνητικῶν ρευστῶν, βορείου καὶ νοτίου, τὰ ὁποῖα εἶχον ἀντίθετα χαρακτηριστικὰ καὶ εὑρίσκοντο ἐντὸς ἑνὸς ὑλικοῦ, πάντοτε εἰς ἴσας ποσότητας. Ἐὰν τὰ δύο ταῦτα μαγνητικὰ ρευστὰ εὑρίσκοντο ἰσοκατανεμημένα ἐντὸς ὑλικοῦ τινος, τοῦτο δὲν παρουσίαζε μαγνητικὰ φαινόμενα, ἀλλ' ἐὰν ἐχωρίζοντο ἐν ἕκαστον εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὑλικοῦ τούτου, τότε τὸ σῶμα μετεβάλετο εἰς μαγνήτην μὲ δύο ἴσους καὶ ἀντιθέτους πόλους, ὀνομασίαν τὴν ὁποίαν ἐχρησιμοποίησεν πρῶτος ὁ Petrus Peregrinus (1269).

Ὁ Franz Aepinus (1724 - 1802) διετύπωσεν παρομοίαν πρὸς τὸν Coulomb θεωρίαν, περὶ ἑνὸς ὅμως ρευστοῦ. Ἡ θεωρία αὕτη ἀπέδιδε τὸν μαγνητισμὸν εἰς τὴν συγκέντρωσιν τοῦ ρευστοῦ τούτου εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σώματος, δημιουργουμένου τοιουτοτρόπως ἐλλείμματος εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον.

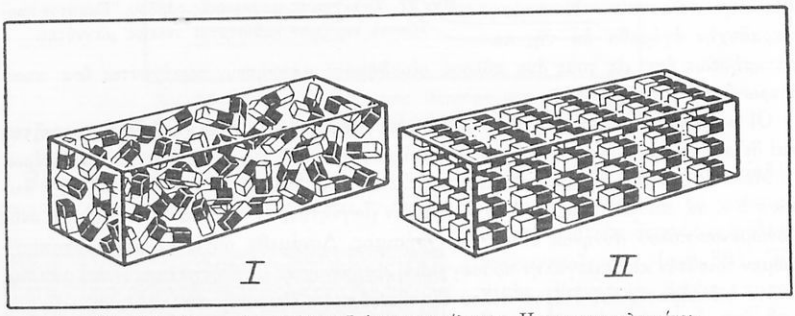
Αἱ περὶ ρευστῶν θεωρίαι παρέσχον κατ' ἀρχὰς χρησιμότητά τινα, συνήντησαν ὅμως δυσχερείας εἰς τὴν ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου κατὰ τὸ ὁποῖον, ὅταν θραύσωμεν μαγνήτην, ἐμφανίζονται ἴσοι καὶ ἀντίθετοι πόλοι εἰς τὸ σημεῖον τομῆς. Λόγῳ αὐτοῦ ἀκριβῶς τοῦ φαινομένου καθὼς καὶ ἄλλων μὴ δυναμένων νὰ τύχουν ἑρμηνείας διὰ τῶν περὶ ρευστῶν θεωριῶν, αἱ θεωρίαι αὗται ἐγκατελείφθησαν περὶ τὰ μέσα τοῦ 19ου αἰῶνος.

Μετὰ τὴν περὶ μαγνητικοῦ ρευστοῦ θεωρίαν, εἰσήχθη, κατὰ τὸ 1852, πρὸς ἑρμηνείαν τῶν μαγνητικῶν φαινομένων, ἡ **μοριακὴ θεωρία** ὑπὸ τοῦ Wilhelm Weber (Βέμπερ, 1804 - 1891), ἐπεκταθεῖσα καὶ συμπληρωθεῖσα βραδύτερον (1890) ὑπὸ τοῦ James Ewing (Ἔβιγκ, 1855 - 1935).

Ἡ μοριακὴ θεωρία ἐκκινεῖ ἐκ τῆς σπουδῆς τοῦ φαινομένου κατὰ τὸ ὁποῖον ἕκαστον θραῦσμα μα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γνήτου ἀποτελεῖ νέον τέλειον μαγνήτην καὶ καταλήγει εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι, τὰ μόρια τῆς ὕλης τῶν διαφόρων μαγνητικῶν σωμάτων, εἶναι τέλειοι μαγνῆται, ἀσχέτως ἂν τὸ σῶμα μακροσκοπικῶς δὲν συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης. Οἱ μικροσκοπικοὶ αὐτοὶ μαγνῆται, τοὺς ὁποίους καλοῦμεν συνήθως **μοριακοὺς μαγνήτας,** ὅταν τὸ σῶμα δὲν εἶναι μαγνητισμένον, εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένοι ἐντὸς τοῦ σώματος, εἰς τρόπον ὥστε οἱ πόλοι τῶν μοριακῶν μαγνητῶν νὰ ἐξουδετεροῦνται κατὰ μέσον ὅρον ἀμοιβαίως, ὡς τοῦτο δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 38, Ι, τὸ ὁποῖον παριστᾷ ράβδον μαλακοῦ σιδήρου εἰς τὴν ὁποίαν οἱ μοριακοὶ μαγνῆται εἶναι ἀτάκτως τοποθετημένοι. Ἐὰν ὅμως εἰς τὴν σιδηρᾶν ράβδον πλησιάσωμεν τὸν ἕνα τῶν πόλων μαγνήτου, π.χ. τὸν βόρειον, παρατηροῦμεν ὅτι ὅλοι οἱ μοριακοὶ μαγνῆται προσανατολίζονται κατὰ κανονικοὺς στίχους (σχ. 38, ΙΙ). Οὕτως οἱ πόλοι τῶν ἐνδιαμέσων μοριακῶν μαγνητῶν ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως, εἰς τὰ ἄκρα δὲ τῆς ράβδου ὑφίστανται εἰς τὸ ἓν μὲν βόρειοι πόλοι μοριακῶν μαγνητῶν, εἰς τὸ ἕτερον δὲ νότιοι, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς μαγνητισθείσης ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ράβδου.



Σχ. 38. Μοριακοὶ μαγνῆται: Ι ἀπροσανατόλιστοι, ΙΙ προσανατολισμένοι.

Οὕτω, βλέπομεν ὅτι ἡ μοριακὴ θεωρία τοῦ μαγνητισμοῦ προβλέπει διὰ ποῖον λόγον ἡ μαγνητικὴ ἰδιότης μαγνητισμένης ράβδου ἐκδηλοῦται μόνον κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῆς, ὡς καὶ διὰ ποῖον λόγον ὁ εἷς τῶν πόλων εἶναι νότιος καὶ ὁ ἕτερος βόρειος.

Ἐφ' ὅσον ὁ προσανατολισμὸς τῶν μοριακῶν μαγνητῶν δὲν εἶναι τέλειος, ἀλλὰ μερικός, τότε καὶ ἡ ράβδος εἶναι μερικῶς μαγνητισμένη, ἐὰν δὲ ὅλοι οἱ μοριακοὶ μαγνῆται ἔχουν ὑποστῆ ὁλικὸν προσανατολισμόν, λέγομεν ὅτι ἡ ράβδος εὑρίσκεται εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ **μαγνητικοῦ κόρου.**

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, τότε ἡ ράβδος ἀπομαγνητίζεται σχεδὸν τελείως, δηλαδὴ οἱ μοριακοὶ μαγνῆται χάνουν ἀμέσως τὸν προσανατολισμόν των. Ἐὰν ὅμως ἀντὶ ράβδου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου χρησιμοποιήσωμεν ράβδον ἐκ χάλυβος, αὕτη διὰ τῆς προσεγγίσεως τοῦ μαγνήτου μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως, ἀλλὰ διατηρεῖ τὸν μαγνητισμόν της καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ μαγνήτου.

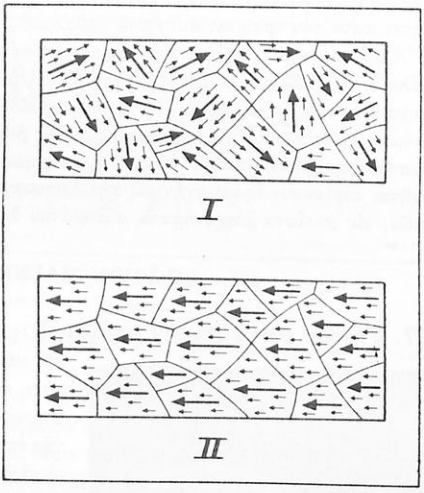
Ἡ διάφορος αὕτη συμπεριφορὰ μαλακοῦ σιδήρου καὶ χάλυβος ἐξηγεῖται, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν μοριακῶν μαγνητῶν, ὡς ἑξῆς. Εἰς τὸν μαλακὸν σίδηρον, οἱ μοριακοὶ μαγνῆται συνέχονται μεταξύ των πολὺ χαλαρῶς, εἰς τρόπον ὥστε εὐκόλως δυνάμεθα νὰ προσανατολίσωμεν αὐτοὺς καὶ ἐπομένως νὰ μαγνητίσωμεν τὸν σίδηρον. Λόγῳ ὅμως τῆς μικρᾶς συνοχῆς τῶν μοριακῶν μαγνητῶν, ἀρκεῖ ἐλαφροτάτη διατάραξις τῆς σιδηρᾶς ράβδου, ὅπως οὗτοι ἀπολέσουν τὸν προσανατολισμόν των, οὕτω δὲ βλέπομεν ὅτι μόλις ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, λόγῳ τῆς διαταράξεως τῆς προκαλουμένης ἐπὶ τῆς σιδηρᾶς ράβδου ἐκ τῆς μετακινήσεως αὐτῆς, ἐπέρχεται καταστροφὴ τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν μοριακῶν μαγνητῶν καὶ ἀπομαγνήτισις τοῦ σιδήρου. Προκειμένου ὅμως περὶ τοῦ χάλυβος, οἱ μοριακοὶ μαγνῆται συνέχονται μεταξύ των ἰσχυρῶς, καὶ ὡς ἐκ τούτου ἐπιτυγχάνεται δυσκολώτερον ὁ προσανατολισμὸς αὐτῶν, ἤτοι δυσκολώτερον μαγνητίζεται ὁ χάλυψ. Ὅταν ὅμως οὗτος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μαγνητισθῇ, διατηρεῖ τὸν μαγνητισμόν του, καὶ ἀπαιτεῖται μεγάλη προσπάθεια πρὸς ἀπομαγνήτισιν αὐτοῦ. Πράγματι, ὡς ἀνεφέρθη καὶ ἀνωτέρω, δυνάμεθα διὰ μηχανικῶν ἢ θερμικῶν μεθόδων νὰ ἀπομαγνητίσωμεν, ἐν μέρει ἢ ἐν ὅλῳ, μαγνητικὴν ράβδον (βλ. § 20). Τοῦτο συμβαίνει διότι, διὰ τῆς θερμάνσεως π.χ., καθιστῶμεν ζωηροτέραν τὴν κίνησιν τῶν μορίων, καὶ ἐπομένως τῶν μοριακῶν μαγνητῶν, ἡ ὁποία ὑφίστατο προγενεστέρως ἐντὸς τῆς μάζης αὐτῶν, ἐκ δὲ τῆς ζωηρότητος τῶν κινήσεων τούτων τῶν μοριακῶν μαγνητῶν ἐπέρχεται καταστροφὴ τοῦ προσανατολισμοῦ αὐτῶν.

Ἡ ὡς ἄνω θεωρία τῶν μοριακῶν μαγνητῶν τοῦ Ewing, μολονότι ἐξηγεῖ ἱκανοποιητικῶς ὡρισμένα μαγνητικὰ φαινόμενα, ἀπεδείχθη μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου ἀνεπαρκὴς πρὸς ἐξήγησιν ἄλλων μαγνητικῶν φαινομένων, μεταγενεστέρως ἀνακαλυφθέντων, καὶ δι' αὐτὸ ἐτροποποιήθη καὶ ἐπεξετάθη τὸ 1907 ὑπὸ τοῦ Pierre Weiss (Βάϊς, 1865 - 1940) ὡς καὶ ὑπὸ ἄλλων ἐρευνητῶν.

Κατὰ τὸν Weiss οἱ μοριακοὶ μαγνῆται δὲν εἶναι τὰ μόρια, αὐτὰ καθ' ἑαυτά, ἀλλὰ συγκροτήματα μορίων διαμέτρου περίπου τῆς τάξεως τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ ἑκατοστομέτρου. Τὰ μοριακὰ αὐτὰ συγκροτήματα ὀφείλουν τὸν μαγνητισμόν των εἰς τὰ μόρια, τὰ ὁποῖα καὶ ἀποτελοῦν τοὺς στοιχειώδεις μαγνήτας. Εἰς ὑλικὰ ὡς ὁ σίδηρος, ὁ χάλυψ κλπ., οἱ στοιχειώδεις μαγνῆται, οἵτινες ἀποτελοῦν δοθὲν συγκρότημα, διευθύνονται πρὸς σταθερὰν διεύθυνσιν, τοῦ ὅλου συγκροτήματος δρῶντος, τοιουτοτρόπως, ὡς μοριακοῦ μαγνήτου (σχ. 39).



Σχ. 39. Στοιχειώδη μαγνητικὰ συγκροτήματα κατὰ Weiss: I ἀπροσανατόλιστα, II προσανατολισμένα.

Ἀπόδειξιν τῆς ὑπάρξεως τῶν συγκροτημάτων τούτων ἀποτελεῖ τὸ **φαινόμενον Barkhausen** (Μπαρκχάουζεν), κατὰ τὸ ὁποῖον ὅταν τεμάχια σιδήρου ἢ χάλυβος μαγνητισθοῦν ἀποτόμως, τῇ βοηθείᾳ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, δυνάμεθα, διὰ τῆς χρήσεως καταλλήλου ἐνισχυτικῆς διατάξεως, νὰ ἀκούσωμεν μίαν σειρὰν ἤχων (κλίκ). Οἱ ἤχοι οὗτοι δύνανται κάλλιστα νὰ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἀπότομον διευθέτησιν τῶν μοριακῶν συγκροτημάτων. Ἀλλ' ἐκτὸς τούτου παρετηρήθη ὅτι, κατὰ τὴν μαγνήτισιν ἑνὸς δείγματος, ἐπέρχεται ἐλαφρὰ μεταβολὴ εἰς τὰς διαστάσεις αὐτοῦ, ὡς ἀποτέλεσμα ἐσωτερικῶν τάσεων συνεπαγομένων τὴν διευθέτησιν τῶν μοριακῶν συγκροτημάτων.

Ἐνδιαφέρει ἀκόμη νὰ σημειωθῇ, ὅτι τὰ μόρια ὡρισμένων ἄλλων ὑλικῶν, ὡς π.χ. τοῦ ἀργύρου, εἶναι στοιχειώδεις μαγνῆται, χωρὶς ἐν τούτοις τὸ ὑλικὸν νὰ ἐμφανίζῃ μαγνητικὰς ἰδιότητας. Τοῦτο εἶναι ἀπόρροια τοῦ ὅτι τὰ μόρια τοῦ ὑλικοῦ δὲν εἶναι διανεμημένα κατὰ κανονικὸν τρόπον εἰς ἕκαστον συγκρότημα.

Ἀπὸ τὴν ἐν συντόμῳ ἔκθεσιν τῶν περὶ ρευστοῦ καὶ μοριακῶν μαγνητῶν θεωριῶν διὰ τὴν ἑρμηνείαν τῶν μαγνητικῶν φαινομένων, φαίνεται ὅτι αἱ θεωρίαι αὗται ἀρχικῶς οὐδένα συσχετισμὸν ἐπεχείρουν μεταξὺ μαγνητικῶν καὶ ἠλεκτρικῶν φαινομένων. Τοῦτο συνέβαινε μέχρι τοῦ 1819, ὁπότε παρετηρήθη ὑπὸ τοῦ Δανοῦ ἐπιστήμονος Oersted ἡ ἐπίδρασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ μαγνητικῆς βελόνης (βλ. κεφ. Δ', Ἠλεκτρομαγνητισμός).

Ἀκολούθως, ἐπὶ τῇ βάσει παρατηρήσεων καὶ ἄλλων ἐρευνητῶν ὡς ὁ Faraday (Φάραντεϋ), καὶ ὁ Henry (Ἄνρύ), κατεδείχθη ὅτι ὑφίσταται στενωτάτη σχέσις μεταξὺ μαγνητικῶν φαινομένων καὶ τῶν φαινομένων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἐρευνῶν τούτων, ὡς καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν νεωτέρων θεωριῶν ὅσον ἀφορᾷ τὴν δομὴν τοῦ ὑλικοῦ ἀτόμου, διετυπώθησαν αἱ νεώτεραι ὑποθέσεις καὶ θεωρίαι ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τοῦ μαγνητισμοῦ (βλ. κεφ. Δ', 'Ηλεκτρομαγνητισμός).

26. Χρῆσις τῶν μονίμων μαγνητῶν. 'Εκτὸς τῆς χρησιμοποιήσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης διὰ τὴν κατασκευὴν πυξίδων, οἱ μόνιμοι μαγνῆται χρησιμοποιοῦνται καὶ εἰς πλείστας ἄλλας ἐφαρμογάς, ὡς π.χ. εἰς τὰς μαγνητοηλεκτρικὰς μηχανὰς (magneto), αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ποδήλατα, εἰς τὴν κατασκευὴν τηλεφωνικῶν δεκτῶν, εἰς διάφορα ὄργανα μετρήσεων ἠλεκτρισμοῦ (ἀμπερόμετρα κλπ.), μεγάφωνα μονίμου μαγνήτου κλπ.

'Επίσης χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ἰατρικὴν διὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν ἀπὸ διαφόρων μερῶν τοῦ σώματος τεμαχίων σιδήρου, ὡς π.χ. ὑπὸ τῶν ὀφθαλμιάτρων διὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ θραυσμάτων χάλυβος ἢ σιδήρου, τὰ ὁποῖα ἔχουν εἰσχωρήσει κατὰ τὸν τραυματισμὸν τοῦ ὀφθαλμοῦ.

'Αλλὰ ἀσυγκρίτως μεγαλυτέρας χρήσεως τυγχάνουν, ὡς θὰ ἴδωμεν καὶ εἰς ἄλλα κεφάλαια τοῦ βιβλίου, οἱ ἠλεκτρομαγνῆται. Οὕτω τὸ σύνολον σχεδὸν τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν, τῶν ὑπαρχουσῶν εἰς τὰ παντὸς εἴδους ἐργοστάσια παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καθὼς καὶ εἰς τὰς παντὸς εἴδους βιομηχανίας καὶ ἐν γένει τεχνικὰς ἐγκαταστάσεις, χρησιμοποιοῦν εὐρέως ἠλεκτρομαγνήτας. 'Εκτὸς τούτου οἱ ἠλεκτρομαγνῆται εὑρίσκουν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν λειτουργίαν τῶν ἠλεκτρικῶν κωδώνων τῶν οἰκιῶν, εἰς πλεῖστα μηχανήματα αὐτομάτου λειτουργίας κλπ.

ΙΙΙ. ΓΗΪΝΟΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

27. Γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον. "Οταν ἐξαρτῶμεν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη προσανατολίζεται καθ' ὡρισμένην διεύθυνσιν. Τὸ γεγονὸς τοῦτο δεικνύει ὅτι, πλησίον τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ἢ γενικώτερον, ὁ περὶ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς χῶρος ἀποτελεῖ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον,** ἡ δὲ Γῆ δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ πρὸς πελώριον μαγνήτην. Τὸ πεδίον τοῦτο εἶναι λίαν ἀσθενές, ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ μελετηθῇ διὰ μαγνητικοῦ φάσματος μὲ τὴν βοήθειαν ρινισμάτων σιδήρου, δύναται ὅμως νὰ μελετηθῇ διὰ μικρᾶς μα-

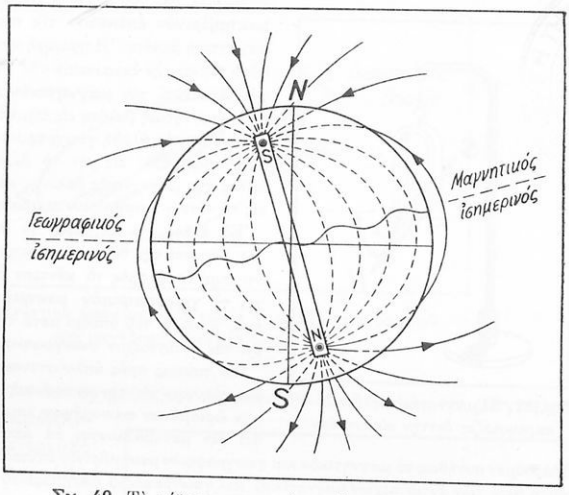


CARL FRIEDRICH GAUSS (1777 - 1855)

Γερμανὸς Μαθηματικός, 'Αστρονόμος καὶ Φυσικός, ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεύνας αὐτοῦ εἰς τὰ Μαθηματικὰ καὶ διὰ τὴν συμβολήν του εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ γηΐνου μαγνητισμοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γνητικῆς βελόνης (ἢ πυξίδος). Οὕτως, ἐὰν θελήσωμεν νὰ χαράξωμεν τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς μὲ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης, βλέπομεν ὅτι αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι, δηλαδὴ εἰς τὸν περιωρισμένον χῶρον ὅπου ἐκτελοῦμεν τὸ πείραμα τὸ γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενὲς καὶ ἐπομένως ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου διατηρεῖται σταθερὰ εἰς τὴν θεωρουμένην περιοχήν.



Σχ. 40. Τὸ γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον. Ἡ Γῆ συμπεριφέρεται ὡς εἷς τεράστιος μαγνήτης.

Πράγματι, ὅμως, τὸ γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον, ἐν τῷ συνόλῳ του ἐξεταζόμενον, δὲν εἶναι ὁμογενές, ἀλλὰ δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ πρὸς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τὸ πραγματοποιούμενον ὑπὸ παμμεγίστου ραβδομόρφου εὐθέος μαγνήτου, παρουσιάζοντος δύο πόλους, ἕνα βόρειον καὶ ἕνα νότιον (σχ. 40).

Ὁ εἷς τῶν μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εὑρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου γεωγραφικοῦ πόλου αὐτῆς, ἤτοι εἰς πλάτος 71⁰ βόρειον καὶ μῆκος 96⁰ δυτικὸν περίπου, ἤτοι εἰς τὸ βόρειον μέρος τοῦ Καναδᾶ (καὶ εἰς θέσιν ὀνομαζομένην Boothia Felix).

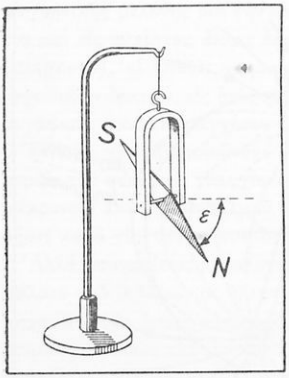
Ὁ ἕτερος μαγνητικὸς πόλος τῆς Γῆς εὑρίσκεται πλησίον τοῦ νοτίου γεωγραφικοῦ πόλου, ἤτοι εἰς πλάτος 72⁰ 30′ νότιον καὶ μῆκος 156⁰ ἀνατολικὸν περίπου, ἤτοι εἰς τὴν Γῆν τῆς Βικτωρίας. Ἐπομένως βλέπομεν, ὅτι οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς δὲν συμπίπτουν πρὸς τοὺς γεωγραφικοὺς πόλους αὐτῆς, τοὺς καθοριζομένους ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς. Πρὸς τούτοις, ἡ θέσις τῶν μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς δὲν παραμένει ἐν τῷ χρόνῳ ἀμετάβλητος. Ἐξ ἄλλου ὁ βόρειος πόλος τῆς Γῆς, θεωρουμένης ὡς μαγνήτου, δὲν κεῖται πρὸς τὸ μέρος τοῦ βορείου γεωγραφικοῦ πόλου, ἀλλὰ πρὸς τὸν νότιον γεωγραφικὸν πόλον, τοῦτο δὲ συνάγεται ἐκ τῆς φορᾶς τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου.

28. Μαγνητικὸς καὶ γεωγραφικὸς μεσημβρινός. Ἐὰν ἐξαρτήσωμεν μαγνητικὴν βελόνην ἐκ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς διὰ νήματος, ὥστε νὰ παρουσιάζῃ διττὴν εὐκινησίαν, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 41, δηλαδὴ νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται ταυτοχρόνως περὶ ὁριζόντιον καὶ περὶ κατακόρυφον ἄξονα, τότε αὕτη, τοποθετουμένη εἰς οἱανδήποτε περιοχὴν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Θὰ προσανατολίζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ὁ ἄξων αὐτῆς νὰ δεικνύῃ τὴν διεύθυνσιν $\mathcal{H}_\gamma$ τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὴν θεωρουμένην θέσιν (σχ. 42).

Πᾶν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τῆς μεγάλης διαγωνίου τῆς μαγνητικῆς βελόνης, εὑρισκομένης ἐν ἰσορροπίᾳ, καὶ τοῦ κέντρου τῆς Γῆς, καλεῖται **μαγνητικὸν μεσημβρινὸν ἐπίπεδον** τῆς περιοχῆς ὅπου εὑρίσκεται ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Ἡ γραμμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ τέμνει τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, εἰς τὴν ἐν λόγῳ περιοχήν, ἀποτελεῖ τὸν **μαγνητικὸν μεσημβρινὸν** τοῦ τόπου.

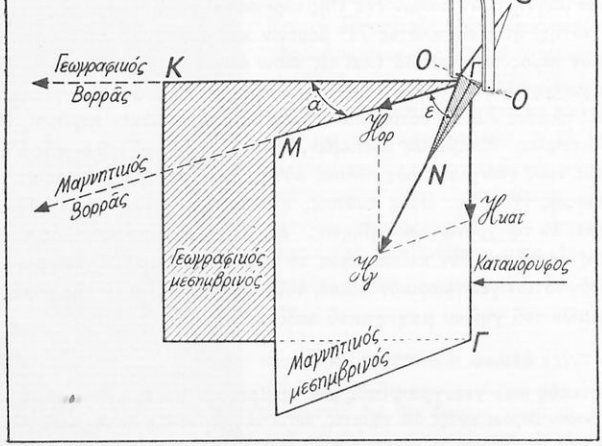


Σχ. 41. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη N - S παρουσιάζει διττὴν εὐκινησίαν.

Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας της δὲν δεικνύει οὔτε τὸν ἀληθῆ γεωγραφικὸν βορρᾶν, οὔτε διατίθεται ὁριζοντίως, ἀλλ' εἰς μὲν τὸ βόρειον ἡμισφαίριον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης κεῖται ὑπὸ τὸν ὁρίζοντα, ἐνῷ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον συμβαίνει τὸ ἀντίθετον.

Ἐξ ἄλλου, τὸ ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ ἄξονος τῆς Γῆς καὶ τῆς θέσεως παρατηρήσεως, ἡ ὁποία δεχόμεθα, ὅτι συμπίπτει πρὸς τὸ κέντρον βάρους τῆς βελόνης, παρέχει τὸ **γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν ἐπίπεδον** τοῦ τόπου, ἡ τομὴ τοῦ ὁποίου μετὰ τῆς γηΐνης ἐπιφανείας παρέχει τὸν ἀντίστοιχον **γεωγραφικὸν μεσημβρινόν.**

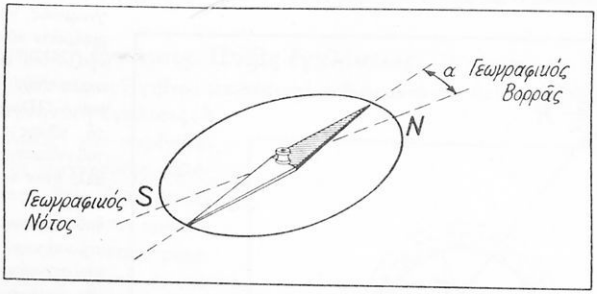
Ἐν τούτοις πρὸς ἁπλούστευσιν τῶν πραγμάτων καὶ πρὸς διευκόλυνσιν εἰς τὴν κατασκευὴν σχημάτων καὶ τὴν μελέτην ὡρισμένων φαινομένων, λαμβανομένου ἐξ ἄλλου ὑπ' ὄψιν ὅτι δὲν μεταβάλλονται τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων. θεωροῦμεν συνήθως τὸ μαγνητικὸν καὶ γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν ἐπίπεδον ἑνὸς τόπου, ὡς ἐὰν ἐπρόκειτο περὶ τῶν ἀντιστοίχων μαγνητικοῦ καὶ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ ἰδίου τόπου (σχ. 42).



Σχ. 42. Σχέσεις τῶν μαγνητικῶν καὶ γεωγραφικῶν στοιχείων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

29. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις. Πυξὶς ἀποκλίσεως. Ὁ γεωγραφικὸς καὶ ὁ μαγνητικὸς μεσημβρινὸς ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ τόπου παρατηρήσεως δὲν συμπίπτουν,

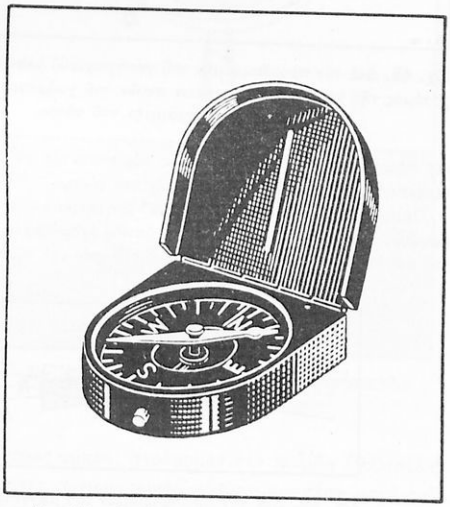


Σχ. 43. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις. Ἡ γωνία α μεταξὺ γεωγραφικοῦ καὶ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ.

ἡ δὲ δίεδρος γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν τὰ ἐπίπεδα αὐτῶν, καλεῖται **μαγνητικὴ ἀπόκλισις** ἢ ἁπλῶς **ἀπόκλισις** τοῦ τόπου καὶ μετρεῖται ὑπὸ τῆς ἐπιπέδου γωνίας α (σχ. 43).

Ἐὰν τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ κεῖται πρὸς ἀνατολὰς τοῦ γεωγραφικοῦ, τότε ἡ ἀπόκλισις καλεῖται **ἀνατολική,** ἐὰν δὲ κεῖται πρὸς δυσμὰς καλεῖται **δυτική.**

Τὴν γωνίαν ἀποκλίσεως εἰς ἕκαστον τόπον παρέχει ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα εἰς ὁριζόντιον ἐπίπεδον τοῦ τύπου τούτου εἶναι ὅλαι αἱ συνήθεις πυξίδες, τῶν ὁποίων ὁ βαθμολογημένος δίσκος κεῖται ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου (σχ. 44).

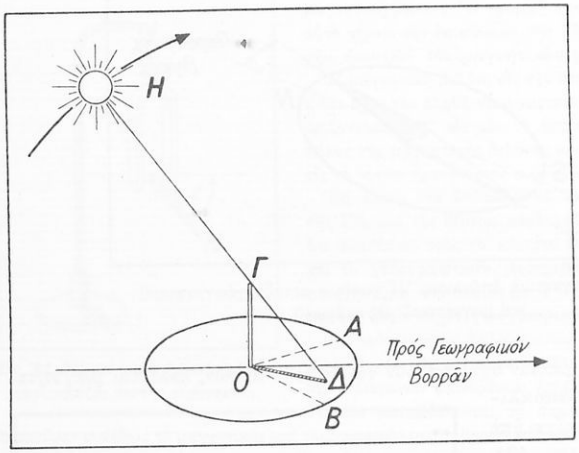


Σχ. 44. Συνήθης μαγνητικὴ πυξὶς ἀποκλίσεως (Ἀποκλισιόμετρον).

***30. Προσδιορισμὸς τῆς γωνίας ἀποκλίσεως.** Ὁ προσδιορισμὸς τῆς γωνίας ἀποκλίσεως εἰς ἕνα τόπον προϋποθέτει χάραξιν τῶν διευθύνσεων γεωγραφικοῦ καὶ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου καὶ ἀκολούθως μέτρησιν τῆς γωνίας αὐτῶν. Μία πρόχειρος χάραξις τῆς διευθύνσεως τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ ἐπιτυγχάνεται διὰ τοῦ γνώμονος, δι' ἑνὸς δηλαδὴ σκιεροῦ στύλου, στε-

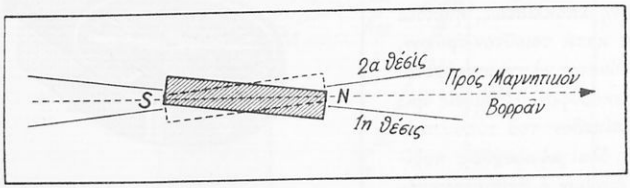
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρεωμένου κατακορύφως ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου καὶ ἐκτεθειμένου εἰς τὰς ἡλιακὰς ἀκτίνας, κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Μετὰ τὴν ἀνατολὴν τοῦ Ἡλίου καὶ ἐνῷ ἀκόμη οὗτος ἐξακολουθεῖ ἀνερχόμενος εἰς τὸν Οὐρανόν, χαράσσομεν τὴν διεύθυνσιν τῆς σκιᾶς τοῦ γνώμονος καὶ ἀκολούθως μὲ κέντρον τὴν βάσιν αὐτοῦ Ο καὶ ἀκτῖνα ἴσην πρὸς τὸ κατ' ἐκείνην τὴν στιγμὴν μῆκος τῆς σκιᾶς ΟΑ τοῦ γνώμονος, γράφομεν περιφέρειαν κύκλου ἐπὶ τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου τῆς σκιᾶς (σχ. 45). Ἐφ' ὅσον ὁ Ἥλιος ἀνέρχεται, τὸ μῆκος τῆς σκιᾶς τοῦ γνώμονος ἐλαττοῦται, ἀλλ' ὅταν ἀρχίσῃ νὰ κατέρχεται ὁ Ἥλιος ἡ σκιὰ τοῦ γνώμονος ἐπιμηκύνεται καὶ κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν τὸ ἄκρον αὐτῆς εὑρίσκεται καὶ πάλιν ἐπὶ τῆς περιφερείας, ὁπότε χαράσσομεν τὴν νέαν διεύθυνσιν τῆς σκιᾶς ΟΒ. Ἡ διχοτόμος τῆς γωνίας ΑΟΒ (μεσημβρινὴ γραμμὴ) παρέχει τὴν διεύθυνσιν τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου, διότι ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν βραχυτέραν σκιὰν τοῦ γνώμονος, ἤτοι εἰς θέσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ Ἥλιος εὑρίσκετο εἰς τὸ μέγιστον αὐτοῦ ὕψος καὶ διήρχετο κατὰ συνέπειαν ἐκ τοῦ οὐρανίου μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.



Σχ. 45. Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ διχοτόμος τῆς γωνίας δύο ἰσομήκων σκιῶν τοῦ γνώμονος καθορίζει τὴν μεσημβρινὴν γραμμὴν τοῦ τόπου.

Πρὸς ἐπίτευξιν τῆς διευθύνσεως τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ ἐξαρτῶμεν ραβδόμορφον μαγνήτην ἀκριβῶς ἄνωθεν τοῦ χάρτου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐχαράξαμεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ σημειώνομεν ἐπ' αὐτοῦ τὴν διεύθυνσιν ἐπὶ τῆς ὁποίας θὰ ἰσορροπήσῃ οὗτος.



Σχ. 46. Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ διχοτόμος τῆς γωνίας τῆς ὁριζομένης ἀπὸ τὰς δύο θέσεις ἰσορροπίας τοῦ μαγνήτου καθορίζει τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν.

Ἀλλ' αὕτη δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ληφθῇ ἀπ' εὐθείας ὡς διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, λόγῳ τῆς ἀβεβαιότητος ὡς πρὸς τὴν θέσιν τῶν πόλων ἐπὶ τοῦ μαγνήτου, οἵτινες πιθανὸν νὰ μὴ κεῖνται ἐπὶ τοῦ γεωμετρικοῦ ἄξονος τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου. Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὸ σφάλμα, ἀναστρέφομεν τὸν μαγνήτην, δηλαδὴ φέρομεν αὐτὸν ἀπὸ τὴν ἀντίθετόν του ὄψιν, σημειοῦντες ἐκ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

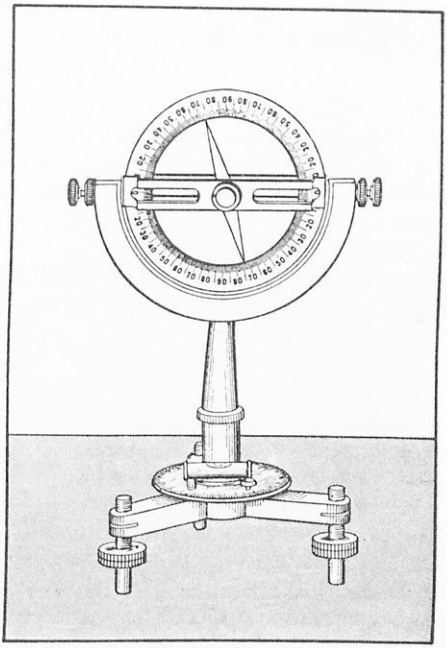
νέου τὴν νέαν διεύθυνσιν ἐπὶ τῆς ὁποίας οὗτος ἰσορροπεῖ. Ἡ διχοτομοῦσα τὰς δύο αὐτὰς διευθύνσεις, συμπίπτει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου (σχ. 46).

Τέλος, προεκτείνοντες τὰς οὕτω χαραχθείσας δύο διευθύνσεις μέχρι τιμήσεως αὐτῶν, μετροῦμεν τὴν μεταξύ των γωνίαν, ἥτις ἐκφράζει τὴν τιμὴν τῆς ἀποκλίσεως εἰς τὸν τόπον τοῦ πειράματος.

31. Μαγνητικὴ ἔγκλισις. Πυξὶς ἐγκλίσεως. Ἡ γωνία ε, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ διεύθυνσις τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου μετὰ τῆς ὁριζοντίας διευθύνσεως, καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (ἢ ἁπλῶς **ἔγκλισις**) καὶ παρέχεται αὕτη ὑπὸ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐγκλίσεως, ἥτοι βελόνης ἐξηρτημένης κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ ὁριζόντιον ἄξονα ἐν κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ (βλ. σχ. 41).

Ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ ὅταν τὸ διάνυσμα $\mathcal{H}_\gamma$ τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου, ἐπομένως καὶ ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, κεῖται κάτωθεν τῆς ὁριζοντίας διευθύνσεως (ὡς εἰς σχ. 42), ἐνῷ εἶναι ἀρνητικὴ εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν.

Ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις μετρεῖται διὰ τῆς πυξίδος ἐγκλίσεως (σχ. 47), ἥτις ἀποτελεῖται ἐκ κατακορύφου γωνιομετρικοῦ κύκλου, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εὑρίσκεται μαγνητικὴ βελόνη δυναμένη νὰ περιστρέφεται, ἐν κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ, περὶ ὁριζόντιον ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου αὐτῆς.



Σχ. 47. Μαγνητικὴ πυξὶς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐγκλίσεως (Ἐγκλισιόμετρον).

Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς γωνίας ἐγκλίσεως τόπου, στρέφομεν τὴν πυξίδα ἐγκλίσεως μέχρις ὅτου τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατακορύφου γωνιομετρικοῦ κύκλου συμπέσῃ μετὰ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου, ὁπότε ἡ γωνία ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῆς διευθύνσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης μετὰ τῆς ὁριζοντίας διαμέτρου τοῦ γωνιομετρικοῦ κύκλου, εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἐγκλίσεως.

Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος ἐμφαίνεται, διὰ στροφῆς τοῦ κατακορύφου γωνιομετρικοῦ κύκλου, μετὰ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, κατὰ 90^0, δυνάμεθα νὰ μετατρέψωμεν τὴν πυξίδα ἐγκλίσεως εἰς πυξίδα ἀποκλίσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

32. Ἔντασις τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου. Ὁριζοντία καὶ κατακόρυφος συνιστῶσα. Ἡ ἔντασις τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου $\mathcal{H}_\gamma$ δύναται νὰ ἀναλυθῇ, ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, εἰς δύο συνιστώσας. Ἐξ αὐτῶν ἡ μία εἶναι ὁριζοντία, ἤτοι εἶναι ἡ προβολὴ τῆς $\mathcal{H}_\gamma$ ἐπὶ τῆς ὁριζοντίας διευθύνσεως καὶ καλεῖται **ὁριζόντιος συνιστῶσα** ($\mathcal{H}_{ορ}$) καὶ ἡ ἄλλη κατακόρυφος, ἤτοι κάθετος πρὸς τὴν προηγουμένην, καὶ καλεῖται **κατακόρυφος συνιστῶσα** ($\mathcal{H}_{κατ}$). Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος 42 εὐκόλως δεικνύεται, ἐὰν ε ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις, ἔχομεν :

$$\mathcal{H}_{ορ} = \mathcal{H}_\gamma \cdot \text{συν}\, \varepsilon \quad \text{καὶ} \quad \mathcal{H}_{κατ} = \mathcal{H}_\gamma \cdot \text{ημ}\, \varepsilon$$

Ἐξ ἄλλου ὡς ἐκ τοῦ ἰδίου σχήματος ἐξάγεται εἶναι :

$$\mathcal{H}^2_\gamma = \mathcal{H}^2_{ορ} + \mathcal{H}^2_{κατ}$$

Ἡ ὁριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου καθορίζεται διὰ μετρήσεων μὲ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **μαγνητόμετρα.**

Ἡ ἀπόκλισις, ἡ ἔγκλισις καὶ ἡ ὁριζοντία συνιστῶσα καλοῦνται στοιχεῖα τοῦ γηΐνου μαγνητισμοῦ ἑνὸς τόπου καὶ χρησιμεύουν διὰ τὸν πλήρη καθορισμὸν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου. Οὕτως, ἡ ἀπόκλισις παρέχει τὴν θέσιν τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸν γεωγραφικόν. Ἡ σχέσις $\mathcal{H}_{ορ} = \mathcal{H}_\gamma \cdot \text{συν}\, \varepsilon$, καθορίζει τὴν τιμὴν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου, ἤτοι τὴν τιμὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου, ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐγκλίσεως καὶ τῆς ὁριζοντίας συνιστώσης, ἤτοι :

$$\mathcal{H}_\gamma = \frac{\mathcal{H}_{ορ}}{\text{συν}\, \varepsilon}$$

Γενικῶς ἡ ἔντασις τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πολὺ μικρά, ἤτοι κλάσμα τοῦ Oersted εἰς τρόπον ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ προσανατολίσῃ ρινίσματα σιδήρου.

Αἱ τιμαὶ τῶν $\mathcal{H}_\gamma$, α καὶ ε μεταβάλλονται μετὰ τοῦ τόπου, ἐνῷ ἐξ ἄλλου αἱ τιμαὶ τῶν α καὶ ε εἶναι μεταβληταὶ μετὰ τοῦ χρόνου.[1]

Εἰς τὰς Ἀθήνας, συμφώνως πρὸς τὰς τελευταίας μετρήσεις τοῦ Μαγνητικοῦ Σταθμοῦ Πεντέλης τοῦ Ἰνστιτούτου Γεωλογίας καὶ Ἐρευνῶν Ὑπεδάφους (Ἀπρίλιος 1962), αἱ τιμαὶ τῶν στοιχείων τοῦ γηΐνου πεδίου εἶναι αἱ ἑξῆς : Ἀπόκλισις $0^0\ 59'$ ἀνατολική. Ἔγκλισις 54^0. Ὁριζοντία συνιστῶσα 0,26 225 Oersted. Κατακόρυφος συνιστῶσα 0,36 085 Oersted.

***33. Μαγνητικοὶ χάρται.** Ἐπὶ τῇ βάσει μαγνητικῶν μετρήσεων κατασκευάζονται μαγνητικοὶ χάρται. Διακρίνομεν **χάρτην ἰσοκλινῶν,** καλούμενον οὕτω, διότι αἱ ἐν αὐτῷ εἰκονιζόμεναι γραμμαὶ (ἰσοκλινεῖς γραμμαὶ) περιλαμβάνουν τοὺς τόπους, εἰς τοὺς ὁποίους ἡ ἔγκλισις ἔχει τὴν αὐτὴν τιμήν. Αἱ ἰσοκλινεῖς εἶναι καμπύλαι γραμμαὶ περιβάλλουσαι τὴν γηΐνην σφαῖραν ἐν εἴδει παραλλήλων κύκλων.

Ἡ ἰσοκλινὴς καμπύλη μὲ ἔγκλισιν μηδὲν ὀνομάζεται **μαγνητικὸς ἰσημερινός,** διήκει δὲ ἄλλοτε βορείως καὶ ἄλλοτε νοτίως τοῦ γεωγραφικοῦ ἰσημερινοῦ.

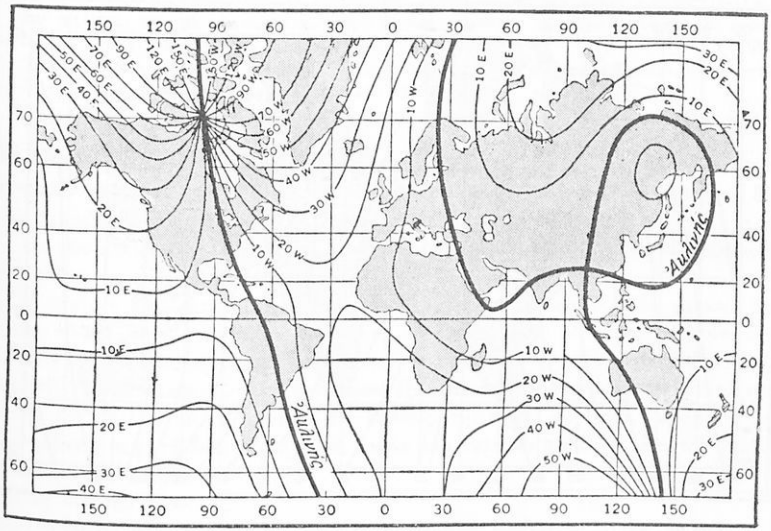
Ἕτερος χάρτης καλεῖται **χάρτης ἀποκλίσεων,** διότι αἱ ἐν αὐτῷ σημειούμεναι γραμμαὶ διέρχονται διὰ τῶν τόπων, ὅπου ἡ ἀπόκλισις ἔχει τὴν ἰδίαν τιμήν, καλοῦνται δὲ αἱ γραμμαὶ αὗται ἰσογώνιοι γραμμαὶ (σχ. 48).

1. Αἱ τιμαὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου ἐκφράζονται εἰσέτι, δι' ἱστορικοὺς λόγους, ὑπό τινων συγγραφέων, καὶ εἰς μονάδας Gauss.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὑπάρχουν σήμερον ἐπὶ τῆς γηΐνης σφαίρας συνολικῶς τρεῖς ἰσογώνιοι καμπύλαι μὲ τὴν τιμὴν μηδέν. Αὗται ἑνώνουν τοὺς τόπους εἰς τοὺς ὁποίους εἶναι μηδενικὴ ἡ ἀπόκλισις, καὶ χωρίζουν τὰς περιοχὰς δυτικῆς καὶ ἀνατολικῆς ἀποκλίσεως, ὀνομάζονται δὲ **ἀκλινεῖς καμπύλαι (ἀγωνικαί).**

Ἐὰν προσέτι ἑνώσωμεν διὰ γραμμῶν τοὺς τόπους, εἰς τοὺς ὁποίους ἡ ὁριζοντία συνιστῶσα τοῦ



Σχ. 48. Μαγνητικὸς χάρτης ἀποκλίσεως. Αἱ καμπύλαι συνδέουν τόπους ἔχοντας τὴν ἰδίαν ἀπόκλισιν. Αἱ ἀκλινεῖς παρουσιάζουν ἀπόκλισιν μηδὲν καὶ χωρίζουν περιοχὰς δυτικῆς καὶ ἀνατολικῆς ἀποκλίσεως.

γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου διατηρεῖ τὰς αὐτὰς τιμάς θὰ λάβωμεν καμπύλας, αἵτινες καλοῦνται **ἰσοδύναμοι.** Οἱ οὕτω κατασκευαζόμενοι χάρται ὀνομάζονται **χάρται ἰσοδυνάμων.**

Τέλος, ἐὰν διατρέχωμεν τὴν γηΐνην ἐπιφάνειαν, ἀκολουθοῦντες ἑκάστοτε μίαν σταθερὰν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης, χαράσσωμεν δὲ ἐπὶ χάρτου τὴν πορείαν μας, λαμβάνομεν γραμμάς, αἵτινες εἶναι αἱ ὁριζόντιοι προβολαὶ τῶν δυναμικῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ γηΐνου πεδίου καὶ ἀποτελοῦν τοὺς **μαγνητικοὺς μεσημβρινούς** (σχ. 49).

Ἐὰν γνωρίζωμεν τὰ τρία μαγνητικὰ στοιχεῖα δι' ἱκανὸν ἀριθμὸν σημείων τῆς Γῆς, εἶναι δυνατόν, ὡς ἀπέδειξεν ὁ Gauss, νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ τιμαὶ αὐτῶν δι' ὅλους τοὺς ἄλλους τόπους.

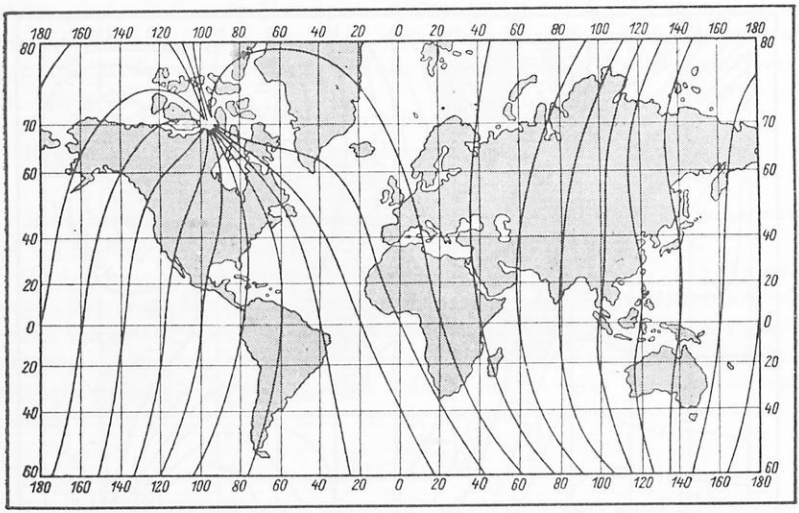
Ὁ Gauss ἐπέτυχεν, ἐξ ἄλλου, διὰ τοῦ τρόπου τούτου νὰ ὑπολογίσῃ τὴν θέσιν τῶν μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς καὶ ἡ θέσις μὲν τοῦ βορείου μαγνητικοῦ πόλου ἦτο γνωστὴ καὶ πρὸ αὐτοῦ ἐνῷ ἡ θέσις τοῦ νοτίου πόλου καθωρίσθη κατὰ τὸ ἔτος 1841 καὶ εὑρέθη ὅτι κεῖται πλησίον τῆς θέσεως τῆς προσδιορισθείσης ὑπὸ τοῦ Gauss.

Τέλος, ἐκ τῆς διευθύνσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ ἐκ τῆς τιμῆς τῆς ἀποκλίσεως προσδιορίζεται ὁ γεωγραφικὸς βορρᾶς.

Οἱ ἀνωτέρω ἀναφερθέντες μαγνητικοὶ χάρται παρουσιάζουν τὸ μειονέκτημα, ὅτι χρήζουν συνεχῶν διορθώσεων, διότι γενικῶς τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑπόκεινται εἰς μεταβολάς. Πράγματι τὸ γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον παρουσιάζει ἀσθενεῖς ἡμερησίας καὶ ἐτησίας διακυμάνσεις. Ἐκτὸς τούτων παρατηρεῖται καὶ μία πολὺ βραδεῖα κύμανσις, περιόδου 960 ἐτῶν περίπου, καλουμένη **αἰωνία κύ-**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μανσις, λόγῳ τῆς ὁποίας ἡ ἀπόκλισις τόπου μεταβάλλεται ἀπὸ δυτικὴ εἰς ἀνατολικὴν καὶ ταναπαλιν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς μίαν βραδεῖαν περιστροφὴν τῶν μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς περὶ τοὺς γεωγραφικοὺς πόλους αὐτῆς, ἐπὶ κύκλων ἀκτῖνος 17° περίπου. Οὕτως, ἡ πρό τινων ἐτῶν δυτικὴ ἀπόκλισις ἐν Ἑλλάδι διῆλθεν ἤδη διὰ τῆς τιμῆς μηδὲν κατὰ τὸ 1949 καὶ μετεβλήθη εἰς ἀνατολικήν.



Σχ. 49. Χάρτης μαγνητικῶν μεσημβρινῶν. Ἡ μορφὴ αὐτῶν ὀφείλεται εἰς τὸν τρόπον κατασκευῆς τοῦ χάρτου.

Εἰς τὰ ἰδικά μας πλάτη τὸ εὖρος τῶν ἡμερησίων κανονικῶν μεταβολῶν ἀνέρχεται περίπου εἰς 6′ - 8′ διὰ τὴν ἀπόκλισιν. Ἡ ἐτησία (αἰωνία) μεταβολὴ ἀνέρχεται περίπου εἰς 4′ - 5′ ἀνατολικῶς (θετικὴ) διὰ τὴν ἀπόκλισιν.

Περὶ τῶν αἰτίων τῶν μεταβαλλόντων τὰ στοιχεῖα τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου ἐλάχιστα μᾶς εἶναι γνωστά. Βέβαιον εἶναι ἐν τούτοις, ὅτι κατὰ ἕνα μέρος αἱ κανονικαὶ μεταβολαὶ εὑρίσκονται εἰς συσχετισμὸν πρὸς ἡλιακὰ φαινόμενα. Ἐπὶ παραδείγματι παρουσιάζουν τὴν αὐτὴν περίοδον τῶν 11,1 ἐτῶν τῆς συχνότητος τῶν ἡλιακῶν κηλίδων, αἱ ὁποῖαι ἐξ ἄλλου συνδέονται πρὸς τὸ φαινόμενον τοῦ **πολικοῦ σέλαος,** ἡ ἐμφάνισις τοῦ ὁποίου παρουσιάζει τὴν αὐτὴν ὁμοίως περίοδον.

Ἀλλ' ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω μεταβολῶν, αἵτινες διέπονται ὑπὸ μιᾶς κανονικότητος, παρατηροῦνται καὶ ἀκανόνιστοι μαγνητικαὶ διαταράξεις, ἐμφανιζόμεναι ἀποτόμως καὶ αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **μαγνητικαὶ καταιγίδες.**

Αὗται ὀφείλονται εἰς ἐξωγήϊνα αἴτια καὶ κυρίως εἰς τὰς αἰφνιδίας ἐκρήξεις μεγάλων ἡλιακῶν κηλίδων. Τότε ἐκπέμπεται ἀποτόμως εἰς τὸ διάστημα μέγας ἀριθμὸς ἠλεκτρονίων, πολλὰ τῶν ὁποίων φθάνοντα κατὰ κύματα ἐγγὺς τῆς Γῆς, μετὰ πάροδον χρόνου μιᾶς ἢ δύο ἡμερῶν ἀπὸ τῆς ἐκρήξεως, προκαλοῦν, πιθανῶς, λόγῳ τῆς ἀποτόμου αὐξήσεώς των, ἐπαγωγικὰ ρεύματα (βλ. κεφ. ΣΤ', Ἐπαγωγὴ) ἐπὶ τοῦ πλανήτου μας, ἀποτέλεσμα τῶν ὁποίων εἶναι αἱ μαγνητικαὶ καταιγίδες, ἐξελισσόμεναι ὡς ἀκολούθως : Ὀλίγον μετὰ τὴν ἔναρξιν αὐτῶν ἀνυψοῦνται ἀποτόμως τὰ γήϊνα μαγνητικὰ στοιχεῖα, ὕστερον αἱ τιμαὶ αὐτῶν ὑφίστανται βαθμιαίαν πτῶσιν μέχρι πολὺ χαμηλῶν ἀρνητικῶν τιμῶν καὶ τέλος μετὰ πάροδον, κατὰ μέσον ὅρον 20 ὡρῶν, σημειώνουν ἐκ νέου ἄνοδον πρὸς τὰς κανονικὰς τιμάς, τὰς ὁποίας ἐνίοτε μετὰ παρέλευσιν δύο ἡμερῶν δὲν ἔχουν πλήρως ἀποκτήσει.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Αἱ μαγνητικαὶ καταιγίδες εἶναι περισσότερον ἔντονοι εἰς τὸ σκοτεινὸν ἡμισφαίριον καὶ λαμβάνουν τὴν μεγίστην αὐτῶν τιμὴν εἰς τοὺς πόλους. Εἰς τὰ ἰδικά μας πλάτη κατὰ τὰς καταιγίδας αἱ μεταβολαὶ τῆς ἀποκλίσεως φθάνουν μέχρι 1^0.

Τὰ αἴτια ἐν τούτοις εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλουν τὴν γένεσίν των αἱ μαγνητικαὶ δυνάμεις τῆς Γῆς εἶναι ἀσαφῆ. Δι' ὑπολογισμοῦ, ἐκ τῶν δεδομένων τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπως ἤδη εἶχε πράξει ὁ Gauss, διὰ τὴν μαγνητικὴν ροπὴν τῆς γηΐνης σφαίρας λαμβάνομεν τὴν τιμήν: $8{,}4 \cdot 10^{25}$ C.G.S.

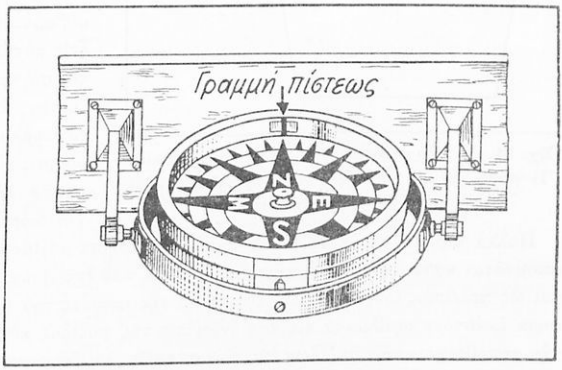
Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν μὲ τὴν τιμὴν ταύτην μαγνητικὸν κορεσμὸν χαλυβδίνης σφαίρας, θὰ ἔπρεπε νὰ ἔχῃ αὕτη διάμετρον 243 km, ἤτοι τὸ $^1/_{25}$ τῆς γηΐνης ἀκτῖνος.

Τέλος, πρέπει νὰ ἀναφερθῇ ὅτι καὶ ὁ Ἥλιος περιβάλλεται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου, ἡ μαγνητικὴ ροπὴ δὲ τῆς ἡλιακῆς σφαίρας ἀνέρχεται εἰς: $17 \cdot 10^{32}$ C.G.S.

34. Ναυτικὴ πυξίς. Σπουδαιοτάτη ἐφαρμογὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἡ χρησιμοποίησις αὐτῆς πρὸς κατασκευὴν τῶν πυξίδων, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν διὰ τὸν προσανατολισμὸν πεζοπόρων, ἀεροπόρων καὶ ναυτιλλομένων.

Ἐκ τῶν πυξίδων τούτων, περιγράφομεν τὴν **ναυτικὴν πυξίδα,** ὅλαι δὲ αἱ ἄλλαι ἐν χρήσει μαγνητικαὶ πυξίδες ἀποτελοῦν μικρὰν παραλλαγὴν αὐτῆς.

Ἡ ναυτικὴ πυξὶς ἀποτελεῖται ἐκ τῆς θήκης, ἤτοι μεταλλικοῦ ἐκ χαλκοῦ δοχείου, τὸ ὁποῖον ἐξαρτᾶται διὰ συστήματος Cardano, ὥστε νὰ διατηρῇ πάντοτε ὁριζοντίαν θέσιν, ἀνεξαρτήτως τοῦ κλυδωνισμοῦ τοῦ πλοίου, ἐνῷ κατὰ τὸν πυθμένα αὐτῆς ἑρματίζεται καταλλήλως, πρὸς καλυτέραν ἐξασφάλισιν τῆς κατακορύφου διατάξεως αὐτῆς (σχ. 50). Ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς βάσεως τῆς θήκης ἐκφεύγει, κατακορύφως, ἄξων, ὅστις πρὸς τὰ ἄνω ἀπολήγει εἰς ἀκίδα ἀπὸ σκληρὸν μέταλλον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τοποθετεῖται, στηριζομένη διὰ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς, ἡ μαγνητικὴ βελόνη (ἢ σύστημα πολλῶν μικρῶν μαγνητῶν).



Σχ. 50. Ναυτικὴ πυξὶς ἐξηρτημένη διὰ συστήματος Cardano.

Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἶναι προσηρμοσμένη κατὰ τὴν διάμετρον τοῦ γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἔχουν σημειωθῇ τὰ κύρια ὡς καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ ὁρίζοντος, ὁ γωνιομετρικὸς δὲ οὗτος κύκλος καλεῖται **ἀνεμολόγιον.**

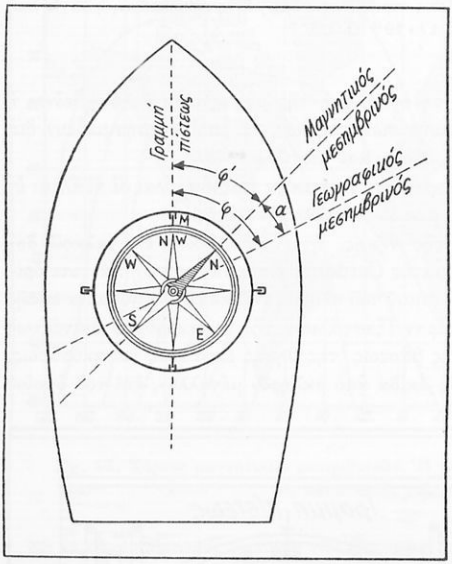
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ ναυτικὴ πυξὶς χρησιμοποιεῖ μαγνητικὴν βελόνην ἀποκλίσεως. Αἱ ἐνδείξεις τῆς πυξίδος εἰς τὴν περίπτωσιν ναυτικῶν ὑπολογισμῶν διορθοῦνται ὡς πρὸς τὴν ἀπόκλισιν.

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται γραμμὴ συμπίπτουσα πρὸς τὸν διαμήκη

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποία καλεῖται **γραμμὴ πίστεως.** Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται καὶ ἡ γραμμὴ πίστεως στρέφεται μετ' αὐτοῦ· ἀλλ' ἡ βελόνη καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν.

Διὰ νὰ καθορισθῇ ἡ πορεία ἑνὸς σκάφους, καθορίζεται πρῶτον ἐπὶ ναυτικοῦ χάρτου ἡ γωνία φ μεταξὺ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς διευθύνσεως, τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ἀκολουθήσῃ τὸ πλοῖον. Ἡ γωνία αὕτη διορθοῦται κατὰ τὴν γωνίαν ἀποκλίσεως α, καθοριζομένης οὕτω μιᾶς νέας γωνίας φ', ἥτις σχηματίζεται ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς γραμμῆς πίστεως τοῦ πλοίου. Ἀκολούθως διὰ τοῦ πηδαλίου στρέφεται τὸ σκάφος μέχρις ὅτου ἡ γραμμὴ πίστεως αὐτοῦ σχηματίσῃ μετὰ τοῦ βορρᾶ τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος τὴν καθορισθεῖσαν γωνίαν φ', ἥτις παραμένουσα πλέον σταθερὰ ρυθμίζει τὴν περαιτέρω πορείαν τοῦ σκάφους (σχ. 51).



Σχ. 51. Διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς πορείας τοῦ πλοίου. Ἡ γωνία γραμμῆς πίστεως—γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ διορθοῦται κατὰ τὴν ἀπόκλισιν.

Εἶναι φανερὸν ὅτι μᾶζαι ἀπὸ σίδηρον ἢ χάλυβα, εὑρισκόμεναι πλησίον τῆς πυξίδος, προκαλοῦν σοβαρὰ σφάλματα εἰς τὰς ἐνδείξεις αὐτάς. Ἐξ ἄλλου, ἐπειδὴ ὅλα τὰ σύγχρονα πλοῖα κατασκευάζονται ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ὑλικά, τὰ σφάλματα, τὰ ὁποῖα ὑπεισέρχονται, εἶναι σημαντικὰ καὶ πρέπει νὰ λαμβάνεται πρόνοια διὰ τὴν διόρθωσιν αὐτῶν.

Πολλὰ σιδηρᾶ πλοῖα ἐξ ἄλλου ἔχουν ἀποκτήσει μόνιμον μαγνητισμόν, ὁ ὁποῖος ἀποκτᾶται κατὰ τὴν ναυπήγησιν τοῦ πλοίου, καὶ ἐπομένως τὸ πλοῖον συμπεριφέρεται ὡς πελώριος μαγνήτης καὶ ἀναλόγως τῆς πορείας τοῦ πλοίου προκαλοῦνται διάφορα ἑκάστοτε σφάλματα εἰς τὰς ἐνδείξεις τῆς πυξίδος αὐτοῦ. Ἕνεκα τούτου, κατὰ τὴν τοποθέτησιν τῶν πυξίδων ἐπὶ τῶν σκαφῶν, λαμβάνεται πρόνοια διὰ τὴν διόρθωσιν τῶν σφαλμάτων τούτων. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὰ σύγχρονα ἀεροσκάφη, ἐνῷ εἰς τὰ ὑποβρύχια λόγῳ τοῦ θώρακός των ἡ πυξὶς δὲν λειτουργεῖ.

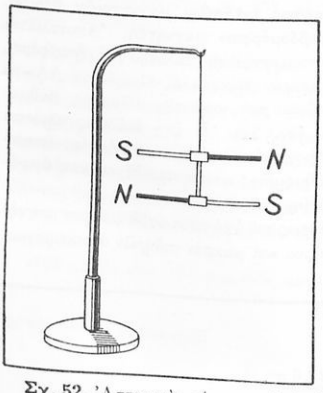
Τὰ λόγῳ ἀσταθείας τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου, ὡς καὶ τοῦ παραμένοντος μαγνητισμοῦ τῶν σκαφῶν ὑπεισερχόμενα σφάλματα καὶ αἱ ἀναγκαῖαι διὰ τοῦτο διορθώσεις κατὰ τὴν χρῆσιν τῆς μαγνητικῆς πυξίδος, ἀποφεύγονται τῇ βοηθείᾳ τῶν καλουμένων **γυροσκοπικῶν πυξίδων,** διὰ τὰς ὁποίας ἐξ ἄλλου δὲν χρειάζεται διόρθωσις λόγῳ ἀποκλίσεως. Αἱ πυξίδες αὗται, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία στηρίζεται εἰς τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

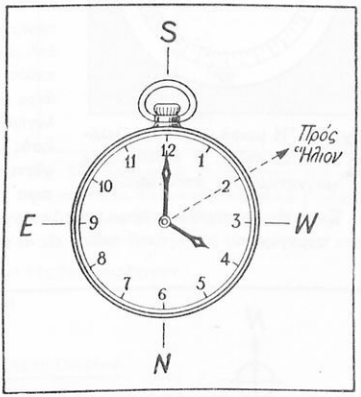
ἀρχὴν τοῦ γυροσκοπίου εἶναι λεπτοὶ μηχανισμοὶ καὶ χρησιμοποιοῦνται παραλλήλως πρὸς τὰς μαγνητικὰς πυξίδας (βλ. Στοιχεῖα Φυσικῆς, Τόμος Ι).

***35. Ἀστατικὸν σύστημα.** Θεωροῦμεν σύστημα ἐκ δύο μαγνητικῶν βελονῶν, τῶν αὐτῶν διαστάσεων καὶ τῆς ἰδίας μαγνητίσεως, συνδεδεμένων ἀκλονήτως πρὸς ἀλλήλας, ὡς τὸ σχῆμα 52 δεικνύει, εἰς τρόπον ὥστε οἱ ἑτερώνυμοι πόλοι νὰ ὑπέρκεινται ἀλλήλων. Λόγῳ τῆς εἰδικῆς ταύτης διατάξεως, ἡ ὑπὸ τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου ἀσκουμένη δύναμις ἐπὶ τῆς μιᾶς τῶν βελονῶν, ἡ τείνουσα νὰ προσανατολίσῃ ταύτην πρὸς τὸν γήϊνον μαγνητικὸν μεσημβρινόν, ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἴσης καὶ ἀντιθέτου πρὸς αὐτὴν δυνάμεως, τῆς ἀσκουμένης, διὰ τὸν αὐτὸν λόγον, ἐπὶ τῆς ἄλλης βελόνης. Τὸ οὕτως ἀποτελούμενον σύστημα καλεῖται **ἀστατικόν,** τὸ δὲ φαινόμενον ἀ σ τ α σ ί α. Ἐὰν ἡ ἀστασία εἶναι ὁλικὴ τὸ σύστημα παραμένει ἀπροσανατόλιστον καὶ ἰσορροπεῖ πρὸς οἱανδήποτε διεύθυνσιν.

Τὸ ἀστατικὸν σύστημα εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν εἰδικῶν εὐαισθήτων ὀργάνων ὡς τὸ κατοπτρικὸν γαλβανόμετρον κλπ.



Σχ. 52. Ἀστατικὸν σύστημα. Διάταξις χρησιμοποιουμένη εἰς τὴν κατασκευὴν εὐαισθήτων ὀργάνων.



Σχ. 53. Προσανατολισμὸς τῇ βοηθείᾳ ὡρολογίου.

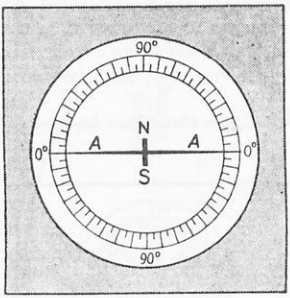
***36. Τὸ ὡρολόγιον ὡς πυξίς.** Κατὰ τὴν μεσημβρίαν, ἤτοι περὶ τὴν 12ην ὥραν, ὁ Ἥλιος εὑρίσκεται πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ νότου. Ἐφ' ὅσον ἔχομεν ἡλιοφάνειαν δυνάμεθα νὰ προσανατολισθῶμεν τῇ βοηθείᾳ τοῦ ὡρολογίου μας, χρησιμοποιοῦντες αὐτὸ ὡς πυξίδα, λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὰ ἀκόλουθα : Ἐὰν κατὰ τὴν 12ην μεσημβρινὴν ὥραν κατευθύνωμεν τὸν μικρὸν δείκτην τοῦ ὡρολογίου (ὡροδείκτην) πρὸς τὸν Ἥλιον, τότε οἱ ἀριθμοὶ 12, 3, 6, 9 τοῦ δίσκου θὰ δεικνύουν τὰ κύρια σημεῖα τοῦ ὁρίζοντος S, W, N, E (Νότος, Δύσις, Βορρᾶς, Ἀνατολή).

Ὁ Ἥλιος διατρέχει τὸν πλήρη κύκλον τῆς ἡμερησίας φαινομένης αὐτοῦ κινήσεως εἰς 24 ὥρας. Κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ χρόνου τούτου, ὁ μικρὸς δείκτης τοῦ ὡρολογίου πραγματοποιεῖ δύο πλήρεις περιστροφάς. Κατὰ συνέπειαν, εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, ὁ Ἥλιος διαγράφει τόξον ἡμισείας γωνίας ἐκείνου, τὸ ὁποῖον διαγράφει τὸ ἄκρον τοῦ μικροῦ δείκτου. Οὕτως, ἐὰν ἔχωμεν 4ην ἀπογευματινήν, εἴχομεν δὲ σταθεροποιήσει τὸ ὡρολόγιόν μας ὅτε κατὰ τὴν 12ην ὥραν ὁ μικρὸς δείκτης ἐδείκνυε τὴν διεύθυνσιν τοῦ Ἡλίου, θὰ πρέπει τὸ ἄστρον τῆς ἡμέρας νὰ εὑρίσκεται εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀριθμοῦ 2 τοῦ δίσκου (σχ. 53), ἤτοι ἐπὶ τῆς διχοτόμου τῆς γωνίας τῶν 12 καὶ 4, ἐνῷ οἱ ἀριθμοὶ 12, 3, 6, 9 θὰ δίδουν καὶ πάλιν τὰ τέσσαρα κύρια σημεῖα τοῦ ὁρίζοντος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Κατὰ συνέπειαν, τὸ ὡρολόγιόν μας δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ὡς πυξὶς ἐάν, διχοτομοῦντες τὴν γωνίαν τοῦ μικροῦ δείκτου καὶ τῆς 12ης, κατευθύνωμεν τὴν διχοτόμον πρὸς τὴν κατεύθυνσιν τοῦ Ἡλίου, ὁπότε οἱ ἀριθμοὶ 12, 3, 6, 9 δεικνύουν τὰ τέσσαρα κύρια σημεῖα τοῦ ὁρίζοντος καὶ μὲ τὴν σειρὰν S, W, N, E (Νότος, Δύσις, Βορρᾶς, Ἀνατολή).

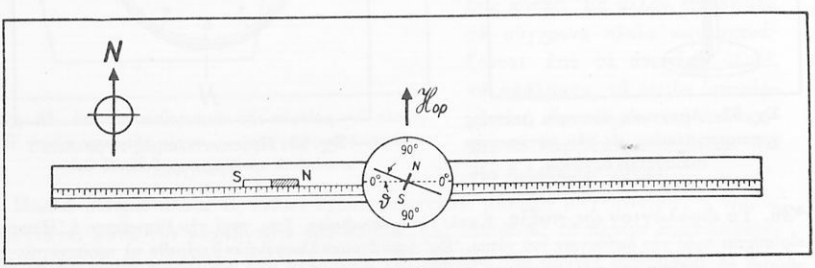
***37. Μαγνητομετρία. Μαγνητόμετρα.** Ὁ κλάδος τοῦ μαγνητισμοῦ ὁ ἀσχολούμενος μὲ μετρήσεις ἢ συγκρίσεις ἐντάσεων μαγνητικῶν πεδίων, καθὼς καὶ μαγνητικῶν ποσοτήτων μαγνητικῶν πόλων, καλεῖται **μαγνητομετρία,** τὰ δὲ πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρησιμοποιούμενα ὄργανα ὀνομάζονται **μαγνητόμετρα** καὶ εἶναι κυρίως δύο εἰδῶν: μαγνητόμετρα ἀποκλίσεως καὶ μαγνητόμετρα ταλαντώσεων. Περιγράφομεν κατωτέρω ἓν μαγνητόμετρον ἀποκλίσεως, ἀναφέροντες καὶ τὸν τρόπον χρησιμοποιήσεως αὐτοῦ.



Σχ. 54. Ἡ μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη N - S ἀποτελεῖ τὸ κύριον μέρος μαγνητομέτρου ἀποκλίσεως.

Τὸ μαγνητόμετρον ἀποκλίσεως εἶναι κατάλληλον διὰ μετρήσεις ἐντάσεων μαγνητικῶν πεδίων, προερχομένων ὑπὸ ραβδομόρφων μαγνητῶν. Ἀποτελεῖται ἀπὸ μικρὰν εὐαίσθητον μαγνητικὴν βελόνην NS, ἥτις φέρει, καθέτως ἐπ' αὐτῆς, μακρὸν δείκτην ἐξ ἀλουμινίου ΑΑ, τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου κινοῦνται πρὸ κυκλικῆς κλίμακος, βαθμολογημένης εἰς μοίρας (σχ. 54). Ἡ ὅλη διάταξις κλείεται ἐντὸς ὁρειχαλκίνης θήκης, εἰς τὴν βάσιν τῆς ὁποίας στερεοῦται ἀκλονήτως ἠριθμημένος κανὼν προεξέχων κατ' ἀμφότερα τὰ ἄκρα αὐτοῦ (σχ. 55).

Κατὰ τὴν χρῆσιν τοῦ ὀργάνου, πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς ἐντάσεως τοῦ ὑπό τινος ραβδομόρφου μαγνήτου παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἴς τι σημεῖον τοῦ χώρου καὶ μακρὰν σιδηρῶν ἀντικειμένων,



Σχ. 55. Πλήρης διάταξις μαγνητομέτρου ἀποκλίσεως μετὰ μαγνήτου.

τοποθετεῖται ὁ μαγνήτης ἐπὶ ἑνὸς σκέλους τοῦ κανόνος καὶ ἡ ὅλη διάταξις διατάσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τοῦ μαγνήτου παραγομένου πεδίου $\mathcal{H}$ εἰς τὸ ἐν λόγῳ σημεῖον, νὰ εἶναι κάθετος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου $\mathcal{H}_{ορ}$, ἐνῷ ἡ μαγνητικὴ βελόνη τοῦ ὀργάνου εὑρίσκεται εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ σημεῖον. Τότε αἱ δυνάμεις αἱ δρῶσαι ἐπὶ τῶν πόλων τῆς βελόνης, ποσοτήτων μαγνητισμοῦ m, ἐνεργοῦν ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 56.

Ὁ ὑπολογισμὸς καθίσταται εὐχερὴς εἰς σημεῖα εὑρισκόμενα ἐπὶ τοῦ μαγνητικοῦ ἄξονος τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου, ἤτοι ἐπὶ τῆς εὐθείας τῆς ἑνούσης τοὺς πόλους, ὁπότε ὁ μαγνήτης τοποθετεῖται παραλλήλως πρὸς τὴν κλίμακα τοῦ κανόνος, ἢ ἐπὶ σημείων τοῦ χώρου κειμένων ἐπὶ τοῦ ἰσημερινοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνήτου (μεσοκαθέτου ἐπιπέδου ἐπὶ τὴν ἑνοῦσαν τοὺς πόλους εὐθεῖαν), ὁπότε ὁ μαγνήτης τοποθετεῖται καθέτως πρὸς τὴν κλίμακα τοῦ κανόνος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

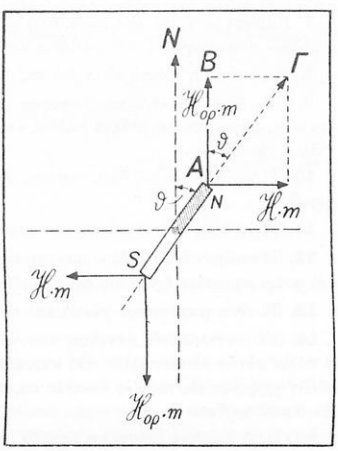
Ἡ βελόνη θὰ ἰσορροπήσῃ ἐπὶ τῆς συνισταμένης διευθύνσεως ΑΓ, σχηματίζουσα γωνίαν θ μετὰ τοῦ μεσημβρινοῦ, τὴν ὁποίαν ἀναγινώσκομεν ἐπὶ τῆς κυκλικῆς κλίμακος, ἐπὶ τῆς ὁποίας κινεῖται ὁ ἐξ ἀλουμινίου δείκτης, τοιαύτην ὥστε :

$$\varepsilon\varphi\,\theta = \frac{(B\Gamma)}{(AB)} = \frac{H \cdot m}{H_{op} \cdot m} = \frac{H}{H_{op}}$$

ἐξ ἧς προκύπτει :

$$H = H_{op} \cdot \varepsilon\varphi\,\theta \qquad (1)$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) συνάγεται ὅτι, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν ὁριζόντιον συνιστῶσαν (π.χ. ἐκ τινος χάρτου ἰσοδυνάμων) τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τὴν γωνίαν θ, ἐκ τοῦ μαγνητομέτρου, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ὀφειλομένου εἰς τὸν μαγνήτην, εἴς τι σημεῖον τοῦ πεδίου.



Σχ. 56. Ἰσορροπία τῆς βελόνης τοῦ μαγνητομέτρου. Τὰ μαγνητικὰ πεδία Γῆς καὶ μαγνήτου εἶναι κάθετα μεταξύ των.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ραβδόμορφος μαγνήτης τοποθετημένος ὁριζοντίως ἐπὶ τραπέζης καὶ καθέτως πρὸς τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν τόπου, εἰς τὸν ὁποῖον $H_{op} = 0{,}18$ Oersted, προκαλεῖ εἰς τινα μικρὰν εὐαίσθητον μαγνητικὴν βελόνην, εὑρισκομένην ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ μαγνήτου, ἀπόκλισιν 6^0. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου τοῦ μαγνήτου εἰς τὸ ἐν λόγῳ σημεῖον.

Λύσις. Ὡς εἶναι ἤδη γνωστόν, κατὰ τὴν ἰσορροπίαν τῆς βελόνης ἔχομεν :

$$H = H_{op} \cdot \varepsilon\varphi\,\theta$$

ἐκ τῆς ὁποίας εὑρίσκομεν :

$$H = 0{,}18 \cdot 0{,}105 = 0{,}0189 \text{ Oersted}$$

Ἐὰν ὑπολογίσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου εἰς τι σημεῖον τοῦ ἰσημερινοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνήτου, ἀπέχον τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν, ὡς καὶ τὸ προηγούμενον, ἀπὸ τοῦ μέσου τοῦ μαγνήτου, θὰ εὕρωμεν ὅτι αὕτη ἔχει ἡμισείαν τιμὴν ἀπὸ τὴν πρώτην.

ΖΗΤΗΜΑΤΑ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Ὑπάρχει διαφορὰ μεταξὺ χάλυβος καὶ μαλακοῦ σιδήρου ἀπὸ ἀπόψεως μαγνητικῆς συμπεριφορᾶς καὶ ἂν ναί, ποία.

2. Διὰ ποίων μεθόδων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν μαγνήτην καὶ διὰ ποίων νὰ ἀπομαγνητίσωμεν μαγνητισθὲν μεταλλικὸν ἀντικείμενον.

3. Τί ἐννοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου «παραμένουσα μαγνήτισις».

4. Ἐξηγήσατε διατί κατὰ τὴν μαγνήτισιν μετάλλου τινὸς δὲν δυνάμεθα νὰ ὑπερβῶμεν τὸ σημεῖον κόρου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

5. Διατί τοποθετοῦμεν ὁπλισμοὺς ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κατὰ τὴν ἀποθήκευσιν τῶν μονίμων μαγνητῶν.

6. Ποῖον φαινόμενον μᾶς ἄγει εἰς τὴν παραδοχὴν τῶν μοριακῶν μαγνητῶν.

7. Περιγράψατε τὴν μοριακὴν θεωρίαν τῶν μαγνητῶν καὶ ἐξηγήσατε ἐπὶ τῇ βάσει αὐτῆς τὴν διάφορον συμπεριφορὰν τοῦ χάλυβος καὶ τοῦ μαλακοῦ σιδήρου.

8. Ποία εἶναι ἡ πιθανὴ αἰτία διὰ τὰς μαγνητικὰς ἰδιότητας τοῦ σιδήρου, νικελίου καὶ κοβαλτίου.

9. Πῶς δυνάμεθα νὰ ἐξακριβώσωμεν, χρησιμοποιοῦντες πρὸς τοῦτο μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην, ἐὰν εἶναι μαγνητισμένη σιδηρᾶ ράβδος καὶ ἐν καταφατικῇ περιπτώσει πῶς θὰ προσδιορίσωμεν τοὺς πόλους τῆς ράβδου.

10. Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ποσότης μαγνητισμοῦ καὶ διατί ἤχθημεν εἰς τὴν παραδοχὴν τοιούτου μεγέθους.

11. Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων μαγνητικὸν πεδίον καὶ ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου.

12. Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί, ποίας ἰδιότητας παρουσιάζουν αὗται καὶ ποίαν σημασίαν ἔχουν εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

13. Τί εἶναι μαγνητικὸν φάσμα καὶ πῶς δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν τοῦτο.

14. Δύο πεταλοειδεῖς μαγνῆται τοποθετοῦνται καθέτως κάτωθεν φύλλου χάρτου οὕτως ὥστε οἱ πόλοι αὐτῶν νὰ ἀποτελοῦν τὰς κορυφὰς τετραγώνου. Νὰ παρασταθῇ τὸ φάσμα τῶν δυναμικῶν αὐτῶν γραμμῶν εἰς τὰς δύο δυνατὰς περιπτώσεις. (Νὰ ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ δὲν διασταυροῦνται).

15. Ποία διαφορὰ ὑφίσταται μεταξὺ τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως τῆς Γῆς (βάρος) καὶ τῆς μαγνητικῆς δυνάμεως τῆς διδομένης ὑπὸ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb.

16. Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μαγνητικὴ ροὴ καὶ τί πυκνότης ροῆς.

17. Τί εἶναι ἡ μαγνητικὴ θωράκισις καὶ πότε χρησιμοποιεῖται αὕτη.

18. Πῶς θὰ προσδιορίσετε τὸν βόρειον καὶ νότιον πόλον ἑνὸς μαγνήτου ἐπὶ τοῦ ὁποίου δὲν σημειοῦται ἡ πολικότης, ἐὰν διαθέτετε : α) ἕνα ἄλλον μόνιμον μαγνήτην γνωστῆς πολικότητος, β) μίαν μαγνητικὴν βελόνην.

19. Ἔχομεν τρεῖς ὁμοίας χαλυβδίνας ράβδους ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία μόνον εἶναι μαγνητισμένη. Πῶς δύναται νὰ ἀνευρεθῇ αὕτη.

20. Ἐξηγήσατε διατί ἕκαστον ἄκρον σιδηρᾶς ράβδου ἕλκει ἕκαστον ἄκρον μαγνητικῆς βελόνης.

21. Ἐὰν βυθίσωμεν μαγνητικὴν ράβδον ἐντὸς κυτίου καρφίδων, ἐξάγοντες αὐτὴν παρατηροῦμεν μιὰν ἄλυσιν καρφίδων προσκεκολλημένην εἰς τὸ ἄκρον τῆς ράβδου. Ἐὰν ἀκολούθως ἀπομακρύνωμεν τὴν καρφίδα, ἥτις ἅπτεται τῆς ράβδου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἄλυσις καταστρέφεται. Διατί συμβαίνει τοῦτο.

22. Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ βορείου μαγνητικοῦ καὶ γεωγραφικοῦ πόλου. Ποία μεταξὺ νοτίου μαγνητικοῦ καὶ γεωγραφικοῦ πόλου.

23. Ποίαν κατεύθυνσιν πρέπει νὰ ἀκολουθήσετε ἀπὸ τὸν βόρειον γεωγραφικὸν πόλον διὰ νὰ φθάσετε εἰς τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον.

24. Πῶς ὑπολογίζεται ἡ ὁριζοντία καὶ πῶς ἡ κατακόρυφος συνιστῶσα τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου.

25. Ποῖον ἁπλοῦν τέχνασμα θὰ ἐχρησιμοποιούσατε διὰ νὰ διαπιστώσετε ὅτι ἐφθάσατε εἰς ἕνα μαγνητικὸν πόλον τῆς Γῆς.

26. Εἰς τί ὀφείλεται ἡ ἀπόκλισις.

27. Εἰς τί ὀφείλεται ἡ ἔγκλισις.

28. Πῶς μεταβάλλεται ἡ ἔγκλισις μετὰ τοῦ γεωγραφικοῦ πλάτους.

29. Ὑπάρχει περίπτωσις κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μαγνητικὴ βελόνη δεικνύει ἀπ' εὐθείας τὴν διεύθυνσιν N-S καὶ ἂν ναὶ εἰς ποίους τόπους.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Β' Προβλήματα

1. Δύο σημειακαὶ μαγνητικαὶ ποσότητες $m_1 = 50$ μονάδες C.G.S. καὶ $m_2 = 100$ μονάδες C.G.S. εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 10 cm μεταξύ των. Νὰ εὑρεθῇ ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη δύναμις ὅταν αὗται εὑρίσκωνται ἐν τῷ κενῷ. ('Απ. F = 50 dyn.)

2. Δύο ὅμοιαι μαγνητικαὶ ποσότητες ἀπέχουν ἡ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην κατὰ 10 cm καὶ ἀπωθοῦνται, εἰς τὸν ἀέρα, μετὰ δυνάμεως 400 dyn. Πόση ἡ τιμὴ ἑκάστης μαγνητικῆς ποσότητος.
('Απ. m = 200 μονάδες C.G.S.)

3. Δύο ἴσαι μαγνητικαὶ ποσότητες, ἑκάστη τῶν ὁποίων εἶναι 500 μονάδες C.G.S., ἕλκονται εἰς τὸ κενὸν μετὰ δυνάμεως 2500 dyn. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὑρίσκονται αὗται μεταξύ των.
('Απ. r = 10 cm.)

4. Δύο ὅμοιοι πόλοι ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως 2500 dyn, ὅταν εὑρίσκωνται εἰς ἀπόστασιν 8 cm. Ποία εἶναι ἡ μαγνητικὴ ποσότης ἑκάστου πόλου εἰς τὸ κενόν. ('Απ. 400 μονάδες C.G.S.)

5. Δύο πόλοι εὐθυγράμμου μαγνήτου μήκους 20 cm, ἔχουν μαγνητικὰς ποσότητας ἴσας πρὸς 42 μονάδας C.G.S. Κατὰ τὴν προέκτασιν τοῦ ἄξονος τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου εὑρίσκεται ἕτερος βόρειος πόλος, τοῦ ὁποίου ἡ μαγνητικὴ ποσότης εἶναι ἴση πρὸς 75 μονάδας C.G.S. Ποία εἶναι ἡ τιμὴ τῆς ἀσκουμένης δυνάμεως ὑπὸ τοῦ μαγνήτου ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου εἰς τὸ κενόν. ('Απ. F = 28 dyn.)

6. Μαγνήτης μήκους 6 cm, ἔχων εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ πόλους μαγνητικῶν ποσοτήτων 20 μονάδων C.G.S., ἐξαρτᾶται ὁριζοντίως καὶ ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου μὲ ὅμοιον μαγνήτην, κείμενον κάτωθεν αὐτοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν 8 cm ἀπ' αὐτοῦ. Ὑπολογίσατε τὴν κατακόρυφον δύναμιν, ἥτις ἀναπτύσσεται μεταξὺ τῶν δύο μαγνητῶν. ('Απ. F = 6 dyn.)

7. Ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ δημιουργουμένου πεδίου εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπὸ πόλου, ὑποτιθεμένου σημειακοῦ, τοῦ ὁποίου ἡ μαγνητικὴ ποσότης εἶναι 450 μονάδες C.G.S.
('Απ. H = 2 Oersted.)

8. Εὐθύγραμμος μαγνήτης τοῦ ὁποίου οἱ δύο πόλοι ἀπέχουν κατὰ 20 cm, ἔχει μαγνητικὴν ροπὴν 520 μονάδες C.G.S. Ποία ἡ μαγνητικὴ ποσότης ἑκάστου πόλου τοῦ μαγνήτου τούτου.
('Απ. m = 26 μονάδες C.G.S.)

9. Μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη περιστρέφεται εἰς ὁριζόντιον ἐπίπεδον περὶ σημεῖον Ο. Ἐπὶ τῆς καθέτου διευθύνσεως αὐτῆς OH_{op} καὶ εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας αὐτῆς τοποθετεῖται μαγνητισμένη ράβδος, παρατηρεῖται δὲ τότε, ὅτι ἡ βελόνη στρέφεται κατὰ γωνίαν 30°. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ δημιουργουμένου πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Ο, ἀπὸ τὴν ράβδον. ('Οριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου $H_{op} = 0{,}2$ Oersted.) ('Απ. H = 0,115 Oersted.)

10. Ὁ ἄξων μαγνητικῆς βελόνης στρεπτῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα, κρατεῖται εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίζῃ γωνίαν 30° πρὸς τὴν διεύθυνσιν μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H = 500 Oersted. Ἡ μαγνητικὴ ροπὴ τῆς βελόνης εἶναι ἴση πρὸς 100 μονάδας C.G.S. Ποία ἡ ἀσκουμένη ροπὴ ἐπὶ τῆς βελόνης κατὰ τὴν στιγμὴν ὅπου θὰ παύσῃ νὰ κρατῆται ἀκίνητος. ('Απ. 25 000 dyn. · cm.)

11. Δύο μαγνῆται, τῶν ὁποίων αἱ μαγνητικαὶ ροπαὶ εἶναι ἴσαι, εἶναι συνδεδεμένοι σταθερῶς εἰς τὰ κέντρα των, ὥστε οἱ ἄξονές των νὰ ἀποτελοῦν ὀρθὴν γωνίαν καὶ τὸ σύστημα τοῦτο στηρίζεται ἐπὶ φελλοῦ ἐπιπλέοντος εἰς τὸ ὕδωρ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις ἰσορροπίας τοῦ συστήματος ἐν σχέσει μὲ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. ('Απ. θ = 45°.)

12. Μαγνητικὴ βελόνη μήκους $l = 10$ cm εἶναι στρεπτὴ περὶ ὁριζόντιον ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς. Ἵνα ἐπαναφέρωμεν αὐτὴν εἰς τὴν ὁριζοντίαν αὐτῆς θέσιν, εὑρισκομένην εἰς τὸ γήϊνον μαγνητικὸν πεδίον, πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς ἀπόστασιν r = 2 cm ἀπὸ τοῦ νοτίου πόλου αὐτῆς φορτίον 50 mgr*. Γνωστοῦ ὄντος, ὅτι τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς ἔχει ἔντασιν 0,467 Oersted καὶ ὅτι ἡ ἔγκλισις τῆς βελόνης εἶναι 66°, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μαγνητικὴ ποσότης ἑκάστου πόλου τῆς βελόνης. ('Απ. m = 35 μονάδες C.G.S.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΣΤΑΤΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ
ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

38. Εἰσαγωγή. Ἐντὸς τῶν τελευταίων ἑβδομήκοντα ἐτῶν, ὁ Ἠλεκτρισμὸς ἐγνώρισε τεραστίαν ἀνάπτυξιν. Ἡ ἐκμετάλλευσις τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ὑπὸ τοῦ ἀνθρώπου κατέστη συνήθης καὶ ἀναγκαία, ἡ δὲ συμβολὴ αὐτῆς εἰς τὴν Τεχνικὴν καὶ τὴν ἐν γένει πρόοδον τῆς ἀνθρωπότητος ἀπέβη κολοσσιαίας σημασίας.

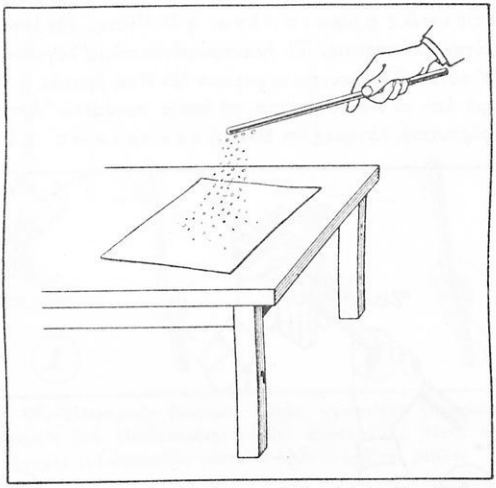
Πράγματι, ἀνὰ πᾶσαν ἡμέραν, ἀνὰ πᾶσαν ὥραν χρησιμοποιοῦμεν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ποικιλοτρόπως. Φωτίζομεν τὸ δωμάτιόν μας δι' ἠλεκτρικοῦ λαμπτῆρος, θερμαίνομεν τὰς αἰθούσας μας δι' ἠλεκτρικῆς θερμάστρας, μαγειρεύομεν μὲ ἠλεκτρικὴν κουζίναν, σιδερώνομεν μὲ ἠλεκτρικὸν σίδερον, χρησιμοποιοῦμεν ἠλεκτρικοὺς κώδωνας, μεταχειριζόμεθα τὸ τηλέφωνον, ταξιδεύομεν μὲ ἠλεκτρικοὺς σιδηροδρόμους ἢ ἠλεκτροκίνητα λεωφορεῖα, εἰς τὰ ἐργοστάσια ἐγκαθιστῶμεν ἠλεκτροκινητῆρας, ἤτοι δι' ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας λειτουργούσας μηχανάς, ψυχαγωγούμεθα διὰ τοῦ ραδιοφώνου καὶ τῆς τηλεοράσεως, λαμβάνοντες οὕτω γνῶσιν διὰ τῆς ἀκοῆς καὶ τῆς ὁράσεως περιστατικῶν διαδραματιζομένων πολὺ μακρὰν ἡμῶν, ἀνερχόμεθα τοὺς ὀρόφους μιᾶς συγχρόνου πολυκατοικίας διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἀνελκυστῆρος κλπ. Καὶ ὅλα ταῦτα χάρις εἰς τὸν Ἠλεκτρισμόν. Θὰ ἦτο δὲ πολὺ δύσκολον νὰ ἀπαριθμηθοῦν αἱ πρόοδοι τοῦ αἰῶνος μας, αἱ ὀφειλόμεναι εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο, ἐνῷ ἐξ ἄλλου εὑρισκόμεθα σήμερον ἐν μέσῳ μιᾶς ἐκπληκτικῆς ἀναπτύξεως, τῆς ὁποίας ἀδυνατοῦμεν καὶ μὲ τὴν φαντασίαν ἀκόμη νὰ προΐδωμεν τὰ αὐριανὰ ἐπιτεύγματα.

Ἕκαστος ἐξ ἡμῶν θὰ ἔχῃ βεβαίως χρησιμοποιήσει πολλάκις τὰς λέξεις ἠλεκτρισμός, ἠλεκτρισμένος, βόλτ, ἀμπέρ, κιλοβάτ καὶ ἀκόμη θὰ ἔχῃ ἀκούσει νὰ γίνεται λόγος διὰ συνεχὲς ἢ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, διὰ μετασχηματιστάς, ἀνορθωτὰς κλπ. καὶ ὅμως ἐὰν ἐκαλεῖτο νὰ δώσῃ σαφῆ κάπως ἐξήγησιν ἑνὸς τῶν ἀνωτέρω ὅρων θὰ εὑρίσκετο εἰς δυσχερῆ θέσιν.

Διὰ τῆς μελέτης καὶ σπουδῆς τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ, τοῦ σημαντικοῦ τούτου κεφαλαίου τῆς Φυσικῆς, ὄχι μόνον θὰ μάθωμεν τὴν ἀκριβῆ σημασίαν αὐτῶν καὶ ἄλλων ἀκόμη ὅρων καὶ ἐννοιῶν, ἀλλὰ θὰ γνωρίσωμεν καὶ τοὺς θεμελιώδεις νόμους, οἵτινες διέπουν τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

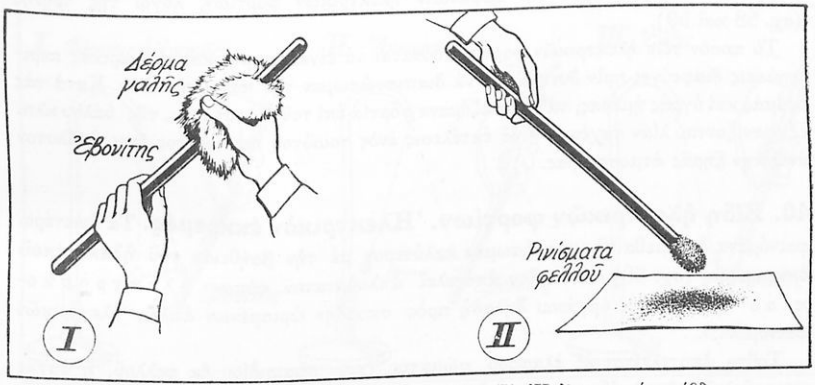
39. Θεμελιώδη ηλεκτρικὰ φαινόμενα. Ἠλέκτρισις. Ἠλεκτρικὸν φορτίον. Κατὰ τὸ 600 π.Χ., ὁ **Θαλῆς ὁ Μιλήσιος,** παρετήρησεν ὅτι, τὸ ἤλεκτρον (κοινῶς κεχριμπάρι), τριβόμενον διὰ ξηροῦ ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ἰδιότητα νὰ ἕλκῃ μικρὰ τεμάχια χάρτου, ὡς καὶ ἄλλα ἐλαφρὰ ἀντικείμενα, ὅπως τρίχας, πτίλα κλπ. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρατηροῦμεν ἐπίσης, ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα (σχ. 57), τρίβοντες ἐβονίτην, ἀδάμαντα, θεῖον, ὕαλον, ἱσπανικὸν κηρὸν (κοινῶς βουλοκέρι) κλπ.



Σχ. 57. Ράβδος ἐβονίτου, τριβεῖσα διὰ ξηροῦ μαλλίνου ὑφάσματος, ἕλκει λεπτὰ τεμάχια χάρτου.

Τὴν ἰδιότητα τῆς ἕλξεως ἐλαφρῶν ἀντικειμένων ἀποκτᾷ καὶ κτένιον, μετὰ τοῦ ὁποίου ἐκτενίσαμεν τὰς τρίχας τῆς κεφαλῆς μας, χωρὶς νὰ βρέξωμεν αὐτὰς κατά τινα ψυχρὰν καὶ μικρᾶς ὑγρασίας ἡμέραν.

Ὁ Ἄγγλος ἰατρὸς **W. Gilbert** (Τζίλμπερτ), εἰς τὸ ἔργον του «De Magnete» (1600), περιέγραψε πρῶτος ἐκτὸς τῶν μαγνητικῶν καὶ τὰ ἁπλούστατα ἐκ τῶν θεμελιωδῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων, ὀνομάσας τὴν ἀναφαινομένην ἑλκτικὴν δύναμιν, κατὰ τὴν τριβὴν τῶν ἀνωτέρω ἀναφερομένων σωμάτων, «vis electrica», ἤτοι ἠλεκτρικὴν

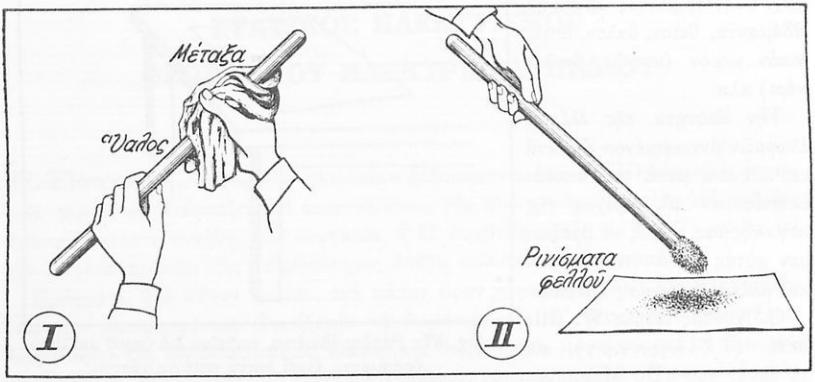


Σχ. 58. Ἠλέκτρισις ράβδου ἐβονίτου διὰ τριβῆς (Ι). Ἡ ἠλεκτρισμένη ράβδος ἕλκει ἐλαφρὰ ρινίσματα φελλοῦ (ΙΙ).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δύναμιν, ἐκ τῆς ἑλληνικῆς λέξεως ἤ λ ε κ τ ρ ο ν. Ἔκτοτε καθιερώθη ὁ ὅρος **ἠλεκτρισμὸς** καὶ εἰσήχθη εἰς ὅλας τὰς πολιτισμένας γλώσσας.

Τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα ἀποκτοῦν, ὡς ἀνωτέρω ἐλέχθη, τὴν ἰδιότητα νὰ ἕλκουν ἐλαφρὰ ἀντικείμενα, λέγομεν ὅτι εἶναι ἠ λ ε κ τ ρ ι σ μ έ ν α ἢ ἄλλως ὅτι εἶναι ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ῶ ς φ ο ρ τ ι σ μ έ ν α, ἡ δὲ ἰδιότης τὴν ὁποίαν ἀποκτοῦν διὰ τῆς τριβῆς καλεῖται **ἠλέκτρισις.** Τὸ ἠλεκτρισμένον σῶμα λέγομεν ὅτι φέρει **ἠλεκτρικὰ φορτία** ἐπ' αὐτοῦ. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον δὲν εἶναι ὁρατόν, ἡ δὲ παρουσία του καθίσταται φανερὰ ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα, τὰ ὁποῖα προκαλεῖ. Ἀντικείμενον μὴ φορτισμένον, ἤτοι ἀφόρτιστον, λέγομεν ὅτι εἶναι ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ῶ ς ο ὐ δ έ τ ε ρ ο ν.



Σχ. 59. Ἠλέκτρισις ράβδου ἐξ ὑάλου διὰ τριβῆς (Ι). Ἡ ἠλεκτρισμένη ράβδος ἕλκει ρινίσματα φελλοῦ (ΙΙ).

Γενικῶς, ὅταν σῶμα ἐξ οἱουδήποτε ὑλικοῦ τρίβεται μεθ' ἑτέρου, διαφόρου ὑλικοῦ, δυνάμεθα νὰ ἀναμένωμεν τὴν ἐμφάνισιν ἠλεκτρικῶν φορτίων, λόγῳ τῆς τριβῆς (σχ. 58 καὶ 59).

Τὸ ποσὸν τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων δύναται νὰ εἶναι μικρὸν καὶ εἰς μερικὰς περιπτώσεις διαφεύγει πρὶν δυνηθῶμεν νὰ διαπιστώσωμεν τὴν παρουσίαν του. Κατὰ τὰς θερμὰς καὶ ὑγρὰς ἡμέρας, τὰ ἐμφανιζόμενα φορτία ἐπὶ τοῦ καουτσούκ, τῆς ὑάλου κλπ. ἐξαφανίζονται λίαν ταχέως, ἡ δὲ ἐκτέλεσις ἑνὸς τοιούτου πειράματος ἔχει ἀπόλυτον ἀνάγκην ξηρᾶς ἀτμοσφαίρας.

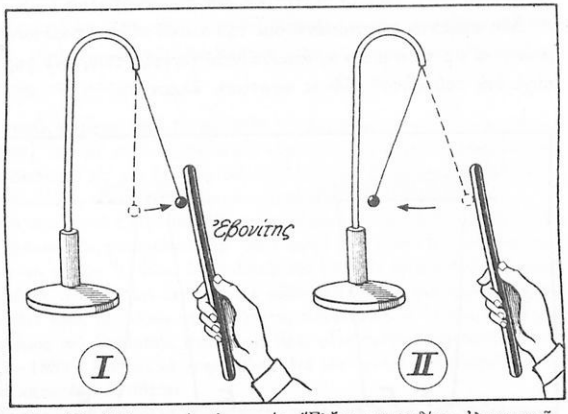
40. Εἴδη ἠλεκτρικῶν φορτίων. Ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές. Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν καλύτερον μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ **ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς** (σχ. 60), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ ἁπλούστατον τύπον ἠ λ ε κ τ ρ ο σ κ ο π ί ο υ (βλ. § 45), ὀργάνου δηλαδὴ πρὸς σπουδὴν ὡρισμένων ἁπλῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων.

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ἐλαφροῦ σώματος (π.χ. σφαιριδίου ἐκ φελλοῦ, ἢ ψύχας κουφοξυλιᾶς κλπ.), ἐξηρτημένου διὰ μεταξίνου νήματος. Ἐὰν πλησιάσωμεν πρὸς τὸ σφαιρίδιον ράβδον ἐβονίτου, τὴν ὁποίαν ἔχομεν φορτίσει διὰ τριβῆς μετὰ μαλλίνου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑφάσματος ἢ δέρματος γαλῆς, παρατηροῦμεν ὅτι κατ' ἀρχὰς τὸ σφαιρίδιον ἕλκεται ὑπὸ τῆς ράβδου (Ι), ἐὰν δὲ ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν πρὸς αὐτὴν ἀπωθεῖται (ΙΙ).

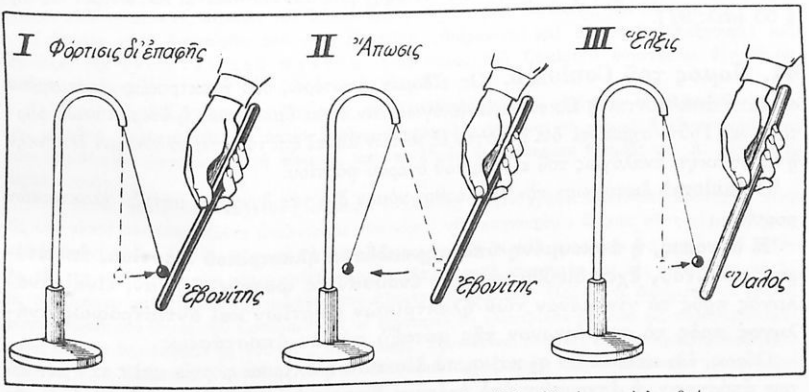
Τὸ φαινόμενον τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἑρμηνεύσωμεν ὡς ἑξῆς : Ἡ ἠλεκτρισμένη ράβδος ἐβονίτου ἕλκει, διὰ λόγους τοὺς ὁποίους θὰ ἐξηγήσωμεν κατωτέρω, τὸ σφαιρίδιον. Ὅταν τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ράβδου, μερικὰ φορτία ἐξ αὐτῆς μεταβιβάζονται εἰς τὸ σφαιρίδιον, τὸ ὁποῖον οὕτω καθίσταται φορτισμένον ὡς καὶ ἡ ράβδος. Τοῦτο ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐμφάνισιν ἀπωστικῆς δυνάμεως, μεταξὺ σφαιριδίου καὶ ράβδου, μὲ ἀποτέλεσμα τὸν ἀποχωρισμὸν αὐτῶν.



Σχ. 60. Ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές. Ἕλξις σφαιριδίου ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς ὑπὸ ἠλεκτρισμένης ράβδου ἐβονίτου (Ι). Μετὰ τὴν ἐπαφὴν τοῦ σφαιριδίου τοῦτο ἀπωθεῖται ὑπὸ τῆς ράβδου.

Ἐὰν εἰς τὸ οὕτως ἠλεκτρισθὲν σφαιρίδιον πλησιάσωμεν ράβδον ἐξ ὑάλου (σχ. 61), τὴν ὁποίαν, ὡς καὶ τὴν ἐξ ἐβονίτου ράβδον, ἔχομεν φορτίσει διὰ τριβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον ἕλκεται ὑπ' αὐτῆς, ἐνῷ, ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, τοῦτο ἀπωθεῖται ὑπὸ τοῦ ἐβονίτου.

Τὸ γεγονὸς αὐτὸ μᾶς ἀναγκάζει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ὑπάρχουν δύο διάφορα εἴδη ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Οὕτω, τὰ ἐμφανιζόμενα ἐπὶ τῆς ὑάλου φορτία, ὅταν αὕτη τρίβεται

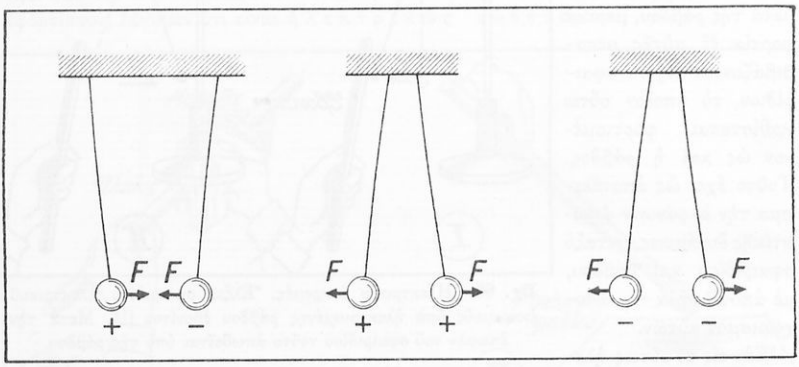


Σχ. 61. Τὸ σφαιρίδιον, φορτισθὲν δι' ἐπαφῆς πρὸς ράβδον ἐβονίτου καὶ ἀπωθούμενον ἀκολούθως ὑπ' αὐτῆς, ἕλκεται ἐν συνεχείᾳ ὑπὸ ἠλεκτρισμένης ὑαλίνης ράβδου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ μεταξίνου (ἢ μαλλίνου) ὑφάσματος, ὀνομάζομεν **θετικὰ φορτία,** ἐνῷ τὰ ἐμφανιζόμενα ἐπὶ τοῦ ἐβονίτου, ὅταν οὗτος τρίβεται διὰ δέρματος γαλῆς (ἢ μαλλίνου ὑφάσματος), ὀνομάζομεν **ἀρνητικὰ φορτία.** Τὰ θετικὰ φορτία δηλώνομεν διὰ τοῦ συμβόλου (+), ἐνῷ τὰ ἀρνητικὰ διὰ τοῦ συμβόλου (—).

Δύο σώματα φορτισμένα διὰ τοῦ αὐτοῦ εἴδους φορτίων, ἤ, ὡς λέγομεν, ὁμωνύμως φορτισμένα, ἀπωθοῦνται μεταξύ των, ἐνῷ φορτισμένα ἑτερωνύμως, ἤτοι οὐχὶ διὰ τοῦ αὐτοῦ εἴδους φορτίων, ἕλκονται.



Σχ. 62. Διπλοῦν ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές. Ἕλξις ἑτερωνύμων καὶ ἄπωσις ὁμωνύμων φορτίων.

Τὰς ἀμοιβαίας ἐπενεργείας δυνάμεθα νὰ δείξωμεν ἐπίσης καὶ διὰ διπλοῦ ἐκκρεμοῦς, ὡς εὐκόλως κατανοεῖται ἐκ τοῦ σχήματος 62.

Ἐπίσης τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι, ἐν ἠλεκτρισμένον σῶμα, θετικῶς ἢ ἀρνητικῶς φορτισμένον, ἕλκει ἓν μὴ ἠλεκτρισμένον. Ἡ ἐξήγησις τούτου δίδεται κατωτέρω εἰς τὴν § 66 (σελ. 97).

41. Νόμος τοῦ Coulomb. Ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, δύο ἠλεκτρικῶς φορτισμένα σώματα ἀπωθοῦνται ἢ ἕλκονται, ἀναλόγως, ἐὰν εἶναι ὁμωνύμως ἢ ἑτερωνύμως φορτισμένα. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἕκαστον ἐξ αὐτῶν ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ ἑτέρου δύναμιν ἑλκτικὴν ἢ ἀπωστικήν, ἀναλόγως τοῦ εἴδους τοῦ ἑτέρου φορτίου.

Ὁ **Coulomb** διετύπωσε τὸν ἀκόλουθον νόμον διὰ τὰς δυνάμεις μεταξὺ ἠλεκτρικῶν φορτίων :

Ἡ δύναμις, ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ σημειώδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἐπὶ ἑτέρου τοιούτου, ἔχει διεύθυνσιν τὴν ἑνοῦσαν τὰ φορτία εὐθεῖαν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς μεταξὺ αὐτῶν ἀποστάσεως.

Οὕτως, ἐὰν καλέσωμεν q_1 καὶ q_2 τὰ δύο αὐτὰ ἠλεκτρικὰ φορτία καὶ r τὴν μεταξύ των ἀπόστασιν, ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ ἑκάστου δύναμις ἐπὶ τοῦ ἑτέρου, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$\mathcal{F} = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$	Νόμος τοῦ Coulomb εἰς τὸν 'Ηλεκτρισμὸν

(1)

ὅπου k σταθερὰ ἐξαρτωμένη μόνον ἀπὸ τὰς μονάδας, ὅταν τὰ φορτία εὑρίσκωνται ἐν τῷ κενῷ, ἐνῷ, ὅταν ταῦτα εὑρίσκωνται εἰς οἱονδήποτε ὑλικὸν μέσον, ἡ σταθερὰ αὕτη ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ μέσου.

***42. Παρατηρήσεις ἐπὶ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb.** Ὁ ἀνωτέρω νόμος, ἀνακαλυφθεὶς ὑπὸ τοῦ Coulomb (1736 - 1806), ἀνήκει εἰς τοὺς βασικοὺς νόμους τοῦ Στατικοῦ 'Ηλεκτρισμοῦ καὶ παρουσιάζει μεγάλην σπουδαιότητα εἰς τὴν ἐν γένει διδασκαλίαν τοῦ 'Ηλεκτρισμοῦ. 'Ιδιαιτέραν σημασίαν ἐμφανίζουν ἐν προκειμένῳ αἱ ἀκόλουθοι παρατηρήσεις :

α) Διὰ τῆς ἀνακαλύψεως τοῦ νόμου τοῦ Coulomb, ἐδημιουργήθησαν αἱ προϋποθέσεις διὰ μίαν ἐπιστημονικὴν θεώρησιν τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων, ἐφ' ὅσον καθίστατο πλέον δυνατὴ μία ποσοτικὴ συσχέτισις τῶν φαινομένων αὐτῶν. Ὁ ἴδιος ὁ Coulomb δὲν ἠδυνήθη νὰ ἀποδείξῃ ἐπακριβῶς τὸν ὑπ' αὐτοῦ ἀνακαλυφθέντα νόμον, διότι δὲν κατεῖχε οὐδὲν μέτρον δι' ἠλεκτρικὰ φορτία, ἀλλ' ἐστηρίχθη εἰς μίαν ἀναλογίαν πρὸς τὸν νόμον τῆς βαρύτητος τοῦ Νεύτωνος. Πρέπει ἐξ ἄλλου νὰ τονισθῇ τὸ γεγονὸς ὅτι, ὁ νόμος τοῦ Coulomb, συμφώνως πρὸς μίαν σκέψιν, ἐκφρασθεῖσαν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Gauss (1777 - 1855), δύναται νὰ χρησιμεύσῃ διὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς μονάδος τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ὅπως καὶ κατωτέρω ἐκτίθεται.

β) Ὁ νόμος τοῦ Coulomb παρουσιάζει πολλὰς ὁμοιότητας πρὸς τὸν νόμον τῆς παγκοσμίου ἕλξεως τοῦ Νεύτωνος, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι, ἐνῷ ἡ βαρύτης εἶναι μόνον ἑλκτικὴ δύναμις, ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη μεταξὺ δύο ἠλεκτρικῶν φορτίων δύναται νὰ εἶναι εἴτε ἑλκτική, εἴτε ἀπωστική, ἀναλόγως τοῦ εἴδους αὐτῶν. 'Εν τούτοις ἡ ἀναλυτικὴ διατύπωσις εἶναι ἡ ἰδία καὶ εἰς τοὺς δύο νόμους, εἰς τρόπον ὥστε ἡ Μηχανικὴ τοῦ σημείου τοῦ Νεύτωνος νὰ δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς τὸν 'Ηλεκτρισμόν, ἀναπτυσσομένης οὕτω μιᾶς ἠλεκτροστατικῆς τῶν σημειακῶν φορτίων.

γ) Ὁ νόμος τοῦ Coulomb ἀναφέρεται εἰς δυνάμεις, τὰς ὁποίας ἀσκοῦν ἐπ' ἀλλήλων δύο φορτία, εὑρισκόμενα εἰς οἱασδήποτε ἀποστάσεις. Κατὰ συνέπειαν ὁ Coulomb εἶναι ὁ εἰσηγητὴς τῆς θεωρίας τῆς μακρόθεν δράσεως εἰς τὸν 'Ηλεκτρισμόν. Μολονότι δέ, μὲ βάσιν τὴν θεωρίαν ταύτην, ἐξηγεῖται ἐν πλήθος φαινομένων, δὲν εἶναι ἐν τούτοις ἱκανοποιητικὴ μία τοιαύτη μακρόθεν δρᾶσις. Διὰ τοῦτο, μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου, ἀντικατεστάθη διὰ τῆς παραστάσεως ἑνὸς χώρου, ἀπὸ σημείου εἰς σημεῖον τοῦ ὁποίου δρᾷ συνεχῶς, ἄνευ διακοπῆς, μία δύναμις.

'Η θεωρία αὕτη ἀνεπτύχθη ἀπὸ τοὺς Faraday (Φάραντεϋ) καὶ Maxwell (Μάξγουελ) καὶ ἀποτελεῖ τὴν θεωρίαν τοῦ πεδίου, ὁ δὲ νόμος τοῦ Coulomb δύναται νὰ ἐξαχθῇ ὡς ἀπόρροια ταύτης.

δ) Ὁ νόμος τοῦ Coulomb συνδέει πρὸς τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον εἶναι ἕνα νέον φυσικὸν μέγεθος, ἄλλα μεγέθη, τὰ ὁποῖα ἢ εἶναι θεμελιώδη, ὡς εἶναι τὸ μῆκος, ἢ εἶναι παράγωγα τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, ὡς ἡ δύναμις, καὶ τὰ ὁποῖα ἐγνωρίσαμεν ἤδη εἰς τὸν Α' τόμον τοῦ βιβλίου τούτου.

'Αλλ' ἐκτὸς τούτου ὑπεισέρχεται ἡ σταθερὰ ἀναλογίας k, ἥτις χρήζει ἰδιαιτέρας προσοχῆς. 'Ενῷ εἰς τὸν τύπον τὸν ἐκφράζοντα ἀναλυτικῶς τὸν νόμον τῆς παγκοσμίου ἕλξεως αὕτη εἶναι πλήρως καθωρισμένη, διότι ἤδη ἡ μᾶζα καὶ τὸ μῆκος ἔχουν ὁρισθῇ ἐκ τῶν προτέρων ὡς θεμελιώδη μεγέθη, εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ νόμου τοῦ Coulomb αὕτη ἐξαρτᾷ τὴν τιμὴν καὶ τὰς διαστάσεις αὐτῆς ἐκ τοῦ τρόπου καθορισμοῦ τῆς μονάδος τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Πράγματι, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν νόμον τοῦ Coulomb διὰ νὰ ὁρίσωμεν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον ὡς παράγωγον μέγεθος ἐκ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν τῆς Μηχανικῆς. Τοῦτο εἶναι δυνατὸν εἰς τὴν πρᾶξιν, θεωρουμένου τοῦ k ὡς ἀδιαστάτου μεγέθους, ὁπότε θὰ ἔχωμεν ὡς ἐξίσωσιν τῶν διαστάσεων τοῦ φορτίου τὴν σχέσιν :

$$[\, q \,] = [\, L^{3/2} \cdot M^{1/2} \cdot T^{-1} \,]$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ εἰς τὸ σύστημα C.G.S. τὸ φορτίον θὰ ἐκφράζεται εἰς $cm^{3/2}\,gr^{1/2}\,sec^{-1}$ (βλ. § 9, σελ. 23).

Μὲ βάσιν τὰ ἀνωτέρω εἶναι δυνατὸν ἐν συνεχείᾳ νὰ ὁρισθοῦν ὅλα τὰ ὑπόλοιπα ἠλεκτρικὰ μεγέθη, ὡς παράγωγα τῶν θεμελιωδῶν μηχανικῶν μεγεθῶν, μήκους, μάζης καὶ χρόνου. Ἔχει ἐν τούτοις ἀποδειχθῆ ὅτι, εἰς συσχετισμὸς τῶν ἠλεκτρικῶν μεγεθῶν πρὸς τὰ μηχανικὰ μεγέθη, εἶναι δυνατὸν νὰ προκύψῃ ὄχι μόνον διὰ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb ἀλλὰ καὶ δι' ἄλλου τρόπου.

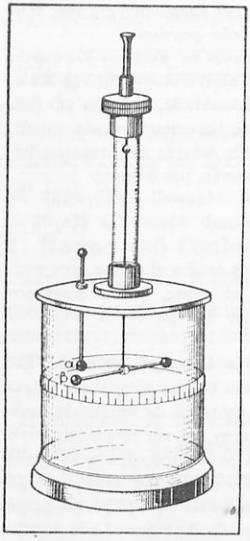
Διὰ χρησιμοποιήσεως ὅμως τῶν δύο αὐτῶν μεθόδων εὑρίσκονται διάφοροι διαστάσεις, διὰ τὰ αὐτὰ ἠλεκτρικὰ μεγέθη. Ἐκ τούτου καὶ ἄλλων ἀκόμη αἰτίων, ἐσχηματίσθη ἡ ἀντίληψις ὅτι, τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ τὰ ἐξ αὐτοῦ κατὰ συνέπειαν παράγωγα ἠλεκτρικὰ μεγέθη, εἶναι διαφόρου ὑφῆς φυσικαὶ ὀντότητες, αἵτινες δὲν εἶναι νοητὸν νὰ παράγωνται ἐκ τῶν τριῶν μόνον μηχανικῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν. Θὰ εἴμεθα συνεπῶς περισσότερον σύμφωνοι πρὸς τὰ φυσικὰ δεδομένα, ἐάν, τὸ ἤδη ὑπάρχον σύστημα τῶν τριῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, μήκους, μάζης καὶ χρόνου, πλουτίσωμεν μὲ ἓν ἀκόμη (ἠλεκτρικὸν) μέγεθος, ὡς τέταρτον θεμελιῶδες μέγεθος.

Ἡ ἐκλογὴ τοῦ καταλλήλου αὐτοῦ ἠλεκτρικοῦ μεγέθους δύναται νὰ γίνῃ αὐθαιρέτως, ἀναλόγως τῶν ἑκάστοτε εἰδικῶν συνθηκῶν ἢ ἀπαιτήσεων. Οὕτω, τῇ προσθήκῃ ὡς τετάρτου θεμελιώδους μεγέθους τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου Q εἰς τὸ σύστημα MKS, σχηματίζομεν τὸ νέον μετρικὸν σύστημα μονάδων MKSQ.

Συνηθέστερον ὅμως ὡς τέταρτον θεμελιῶδες μέγεθος λαμβάνεται ἡ ἔντασις ρεύματος εἰς A (Ampère), τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸ οἰκεῖον κεφάλαιον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. κεφ. Γ', Συνεχὲς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα), καὶ τοιουτοτρόπως σχηματίζεται τὸ σύστημα MKSA, τὸ ὁποῖον ἐκτίθεται ἀκολούθως (βλ. § 44).

*43. Ζυγὸς στρέψεως τοῦ Coulomb.

Εἶναι φανερὸν ὅτι, ἡ σπουδὴ τῶν δυνάμεων τῶν ἀσκουμένων μεταξὺ ἠλεκτρικῶς φορτισμένων σωμάτων, προϋποθέτει, κατ' ἀρχήν, ὅτι τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι συγκεντρωμένα εἰς λίαν μικρὸν χῶρον, ὥστε νὰ ἀποτελοῦν σημειώδη φορτία.



Σχ. 63. Ζυγὸς στρέψεως τοῦ Coulomb.

Ἐν τούτοις ἡ πραγματοποίησις σημειωδῶν φορτίων εἶναι ἀκατόρθωτος πρακτικῶς καὶ ὡς ἐκ τούτου ἀρκούμεθα νὰ σπουδάζωμεν τὰς δυνάμεις μεταξὺ σφαιρικῶν ἢ ἄλλου σχήματος ἀγωγῶν, αἱ διαστάσεις τῶν ὁποίων εἶναι μικραί, ἐν σχέσει πρὸς τὰς ἀποστάσεις αὐτῶν.

Αἱ δυνάμεις, αἱ ἀσκούμεναι μεταξὺ τοιούτων φορτισμένων σωμάτων, σπουδάζονται μὲ τὴν βοήθειαν καταλλήλων εὐπαθῶν δυναμομέτρων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται εἰδικώτερον ζυγοὶ στρέψεως, εἰς τὴν κατηγορίαν δὲ ταύτην καταλέγεται ὁ περίφημος ἀπὸ ἱστορικῆς ἀπόψεως **ζυγὸς στρέψεως τοῦ Coulomb**, μὲ τὸν ὁποῖον διὰ πρώτην φορὰν ὁ Coulomb ἐσπούδασε τὰς δυνάμεις τὰς ἀσκουμένας μεταξὺ ἠλεκτρικῶν φορτίων.

Τὰ στοιχεῖα ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ὁ ζυγὸς στρέψεως τοῦ Coulomb ἔχουν ἐν συντομίᾳ ὡς ἀκολούθως. Ἐπὶ λεπτῆς ράβδου, ἐξηρτημένης ἐκ τοῦ μέσου αὐτῆς διὰ λεπτοῦ νήματος, προσαρμόζεται εἰς τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς μεταλλικὴ σφαῖρα β, ἐνῶ κατὰ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτῆς προσαρμόζεται ἑτέρα σφαῖρα, ἡ ὁποία χρησιμεύει ἁπλῶς ὡς ἀντίβαρον, ἵνα ἡ ράβδος τηρῆται εἰς ὁριζοντίαν θέσιν (σχ. 63).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

'Απέναντι τῆς σφαίρας β τοποθετεῖται μονίμως ἑτέρα σφαῖρα α, εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν d ἀπ' αὐτῆς.

"Οταν μεταδώσωμεν εἰς τὴν σφαῖραν α φορτίον q_1 καὶ εἰς τὴν β φορτίον q_2, ἐὰν μὲν τὰ φορτία εἶναι ὁμόσημα αἱ δύο σφαῖραι θὰ ἀπωθοῦνται, ἐὰν δὲ εἶναι ἑτερόσημα θὰ ἕλκωνται, ἑπομένως ἡ ἀπόστασις αὐτῶν d θὰ μεταβληθῇ.

Διὰ στροφῆς τοῦ κομβίου, τοῦ μηχανισμοῦ ἐξαρτήσεως τῆς σφαίρας, ὑποβάλλομεν τὸ νῆμα ἐξαρτήσεως εἰς στρέψιν, ὁπότε ἡ ἐλαστικότης τοῦ νήματος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς ἀποστάσεως d, ρυθμίζομεν δὲ τὴν στρέψιν τοῦ νήματος διὰ τοῦ κομβίου, εἰς τρόπον ὥστε καὶ ὅταν αἱ σφαῖραι εἶναι φορτισμέναι ἡ ἀπόστασις d νὰ παραμένῃ ἀμετάβλητος.

'Επειδὴ ἐκ προγενεστέρας βαθμολογίας, μὲ τὴν βοήθειαν μηχανικῶν δυνάμεων, ἔχει βαθμολογηθῇ τὸ δυναμόμετρον ὥστε, διὰ στρέψεως τοῦ κομβίου κατὰ ὡρισμένην γωνίαν, νὰ δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντιστοιχοῦσαν δύναμιν στρέψεως τοῦ νήματος, καθίσταται δυνατὴ κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον ἡ μέτρησις τῆς δυνάμεως τῆς ἀσκουμένης μεταξὺ τῶν δύο θεωρουμένων φορτίων.

44. Συστήματα μονάδων ἐν χρήσει εἰς τὸν 'Ηλεκτρισμόν. Εἰς τὸν 'Ηλεκτρισμὸν χρησιμοποιοῦνται κυρίως τὰ ἑξῆς συστήματα μονάδων: 1) τὸ 'Ηλεκτροστατικὸν σύστημα, 2) τὸ 'Ηλεκτρομαγνητικὸν σύστημα καὶ 3) τὸ 'Ορθολογισμένον σύστημα MKSA - Giorgi.

1. 'Ηλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων (ΗΣΣ). 'Εὰν εἰς τὸν τύπον (1) τῆς παραγράφου 41 (βλ. σελ. 61) θέσωμεν τὴν δύναμιν καὶ τὴν ἀπόστασιν εἰς μονάδας τοῦ συστήματος C.G.S., ἤτοι εἰς δύνας καὶ ἑκατοστόμετρα, λάβωμεν δὲ τὴν σταθερὰν $k = 1$, διὰ τὸ κενὸν καὶ κατὰ προσέγγισιν καὶ διὰ τὸν ἀέρα, τότε δυνάμεθα νὰ ὁρίσωμεν τὴν μονάδα τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **ἠλεκτροστατικὴν μονάδα φορτίου (1 ΗΣΜ-φορτίου).**

Αὕτη ὁρίζεται βάσει τοῦ νόμου τοῦ Coulomb, ὡς τὸ σημειῶδες φορτίον τὸ ὁποῖον εὑρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἴσου, σημειώδους ἐπίσης φορτίου καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ, ἀσκεῖ ἐπ' αὐτοῦ δύναμιν ἴσην πρὸς μίαν δύνην.

2. 'Ηλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων (ΗΜΣ). Τοῦτο χρησιμοποιεῖ, ὡς καὶ τὸ ἠλεκτροστατικόν, τὰς μονάδας τοῦ συστήματος C.G.S. τῆς Μηχανικῆς καὶ διὰ τὸ ὁποῖον ἐγένετο ἤδη λόγος εἰς τὸ περὶ Μαγνητισμοῦ κεφάλαιον (βλ. § 9). 'Επ' αὐτοῦ θὰ ἐπανέλθωμεν καὶ εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. κεφ. Δ', 'Ηλεκτρομαγνητισμός).

'Εκ τῶν ἀνωτέρω ἕπεται ὅτι τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα καὶ τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα, εἶναι συστήματα ἐνσωματωμένα εἰς τὸ ἀπόλυτον σύστημα μονάδων C. G. S.

3. 'Ορθολογισμένον σύστημα MKSA - Giorgi. Εἰς τοῦτο ὑπάγονται ὅλαι αἱ εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιούμεναι μονάδες, αἱ ὁποῖαι ὅμως, δι' ὡρισμένων σχέσεων συνδέονται πρὸς τὰς ἀντιστοίχους τοῦ ἠλεκτροστατικοῦ καὶ ἠλεκτρομαγνητικοῦ συστήματος C.G.S.

Βασικὴ μονὰς τοῦ συστήματος εἶναι τὸ **1 Coulomb (1 Cb),** πρακτικὴ μονὰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φορτίου, ἴση πρός :

$$1 \text{ Coulomb } (1 \text{ Cb}) = 3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ - φορτίου}$$

Αἱ πρακτικαὶ μονάδες, ἐν συνδυασμῷ πρὸς ὀρθολογισμένον τρόπον γραφῆς τῶν τύπων καὶ μὲ τὴν προσθήκην ἑνὸς ἀκόμη θεμελιώδους μεγέθους, τῆς ἐντάσεως ρεύματος εἰς Ampère (βλ. κεφάλαιον Γ'), εἰς τὰ τρία εἴδη γνωστὰ ἐκ τῆς Μηχανικῆς θεμελιώδη φυσικὰ μεγέθη τοῦ συστήματος MKS, δικαιολογοῦν τὴν ὀνομασίαν ὀ ρ θ ο λ ο γ ι σ μ έ ν ο ν σ ύ σ τ η μ α M K S A - G i o r g i εἰς τὸν 'Ηλεκτρισμόν.

Πράγματι, τὸ σύστημα τοῦτο καλεῖται ὀ ρ θ ο λ ο γ ι σ μ έ ν ο ν, διότι π.χ. εἰς τοὺς τύπους αὐτοῦ τοὺς ἰσχύοντας δι' ὁμογενὲς πεδίον, δὲν ἐμφανίζεται ὁ ἀριθμὸς π, ὁ ὁποῖος ἄλλωστε εἰς παρομοίαν περίπτωσιν δὲν ἐκπληροῖ οὐδεμίαν φυσικὴν ἀναγκαιότητα, ἀλλὰ παρουσιάζεται εἰς τύπους ἔχοντας ἄμεσον σχέσιν μὲ σφαιρικὴν ἢ κυλινδρικὴν συμμετρίαν, περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας εἰσάγεται ἀναγκαίως ὑπὸ τῆς γεωμετρίας τοῦ προβλήματος.

Τὸ ἀνωτέρω μετρικὸν σύστημα μονάδων, τοῦ ὁποίου ἡ χρῆσις ὀσημέραι ἐπεκτείνεται, ἐπροτάθη τὸ 1901 ὑπὸ τοῦ ἰταλοῦ καθηγητοῦ **Giorgi (Τζιόρτζι)**, ἀποσκοποῦντος εἰς τὴν καθιέρωσιν συστήματος ἀνταποκρινομένου εἰς τὰς ἀπαιτήσεις τῆς Γεωμετρίας ἀφ' ἑνὸς καὶ τῆς Κινηματικῆς, τῆς Μηχανικῆς, τοῦ 'Ηλεκτρισμοῦ καὶ τοῦ Μαγνητισμοῦ ἀφ' ἑτέρου. Δι' ἐπεκτάσεως δὲ τοῦ συστήματος αὐτοῦ δι' εἰσαγωγῆς δύο ἐπὶ πλέον θεμελιωδῶν μεγεθῶν, ἤτοι τοῦ β ά θ μ ο ῦ θ ε ρ μ ο μ ε τ ρ ι κ ῆ ς κ λ ί μ α κ ο ς K e l v i n, ὡς μονάδος διὰ τὴν θερμοκρασίαν καὶ τοῦ κ η ρ ί ο υ, ὡς μονάδος ἰσχύος φωτεινῆς πηγῆς, ἐπιτυγχάνεται πλήρης παραστατικὴ ἔκφρασις τῶν διαφόρων φυσικῶν μεγεθῶν εἰς ὅλην τὴν ἔκτασιν τῆς Φυσικῆς, ἐνῷ ἐξ ἄλλου αἱ ἀπαιτήσεις τῆς Γεωμετρίας εἶναι συμβιβασταὶ πρὸς τὰ δημιουργούμενα προβλήματα διὰ τῆς ὀρθολογιστικῆς γραφῆς τῶν τύπων.

Κατόπιν πολλῶν συζητήσεων, ἀντιρρήσεων καὶ ἐνδοιασμῶν, τὸ σύστημα ἤρχισε νὰ ἐπιβάλλεται κυρίως διὰ τῆς ὅλως ἐξαιρετικῆς ἀναπτύξεως, τὴν ὁποίαν ἔλαβε τοῦτο, κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ τελευταίου πολέμου, εἰς τὰς 'Ηνωμένας Πολιτείας τῆς 'Αμερικῆς, ὑπὸ τῶν τεχνικῶν τῶν ὑπερβραχέων κυμάτων, λόγῳ τῶν κατὰ πολὺ ἁπλουστέρων μορφῶν, τὰς ὁποίας λαμβάνουν ὡρισμέναι ἐξισώσεις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων (ἐξισώσεις τοῦ Maxwell) διὰ τῆς χρήσεως τῶν μονάδων τοῦ ὀρθολογισμένου συστήματος.

Τέλος, τὸ ἔτος 1946 τὸ «Διεθνὲς Γραφεῖον Μέτρων καὶ Σταθμῶν» ἀπεφάσισε, δεχθὲν προηγουμένας γνωμοδοτήσεις, τὴν εἰσαγωγὴν τοῦ ἐν λόγῳ ὀρθολογισμένου συστήματος MKSA—Giorgi, εἰς διάφορα δὲ κράτη ἔχει ἤδη εἰσαχθῆ τοῦτο νομοθετικῶς.

* Εἰς τὸ σύστημα MKSA - Giorgi, ὡς μονὰς δυνάμεως λαμβάνεται ἡ 1 Newton $= 10^5$ dyn, μονὰς φορτίου τὸ 1 Coulomb καὶ μήκους τὸ 1 μέτρον. Κατὰ συνέπειαν, ὁ τύπος (1) τοῦ νόμου τοῦ Coulomb (σελ. 61), τῇ βοηθείᾳ τοῦ ὁποίου ὡρίσθη ἡ ΗΣΜ - φορτίου, δίδει :

$$10^{-5} \text{ Nt} = k \cdot \frac{\left(\frac{1 \text{ Cb}}{3 \cdot 10^9}\right)^2}{(10^{-2} \text{ m})^2} \qquad \text{ἐκ τοῦ ὁποίου :} \qquad k = 9 \cdot 10^9 \ \frac{\text{Nt} \cdot \text{m}^2}{\text{Cb}^2}$$

'Επειδὴ ὅμως εἰς τὸ ἐν λόγῳ σύστημα ἡ ὀρθολογισμένη γραφὴ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς κατωτέρω σχέσεως, εἰς τὴν ὁποίαν διακρίνεται ἡ σφαιρικὴ ($4\pi r^2$) κατανομὴ περὶ φορτισμένον σημεῖον:

$$F = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

ὅπου ε_0 σταθερὰ καλουμένη δ ι η λ ε κ τ ρ ι κ ὴ σ τ α θ ε ρ ὰ κ ε ν ο ῦ (ἀ π ό λ υ τ ο ς), ἔπεται ὅτι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$k = 1/4\pi\varepsilon_0$, ἐξ ἧς :

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{Cb^2}{Nt \cdot m^2} = 8{,}85 \cdot 15^{-12} \frac{Cb^2}{Joule \cdot m}$$

Εἰς τὸ Ἠλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων εἶναι προφανῶς :

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi}$$

καθ' ὅσον $k = 1$.

Τὰ ἀνωτέρω ἰσχύουν διὰ τὸ κενόν. Ἐὰν μεταξὺ τῶν φορτίων παρεμβάλλεται ὑλικὸν δ ι η λ ε κ τ ρ ι κ ῆ ς σ τ α θ ε ρ ᾶ ς ε (σχετικὴ ε) ὁ τύπος λαμβάνει τὴν γενικωτέραν αὐτοῦ μορφήν :

$$\mathcal{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1 Δύο ἠλεκτρικὰ φορτία, ἴσα πρὸς 1 Coulomb ἕκαστον, εὑρίσκονται ἐντὸς τοῦ κενοῦ εἰς ἀπόστασιν 1 km ἀπ' ἀλλήλων. Ποία ἡ τιμὴ τῆς δυνάμεως μετὰ τῆς ὁποίας ἕλκονται ἢ ἀπωθοῦνται.

Λύσις. α) Εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

ἐπειδὴ $q_1 = q_2 = 1$ Coulomb $= 3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ - φορτίου καὶ $r = 1$ km $= 10^5$ cm, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$\underline{F} = \frac{3 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^9}{(10^5)^2} \text{ dyn} = \underline{9 \cdot 10^8 \text{ dyn} = 900 \text{ kgr*, περίπου.}}$$

β) Εἰς τὸ σύστημα MKSA. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

ὅπου : $q_1 = q_2 = 1$ Cb, $r = 1$ km $= 10^3$ m καὶ $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{Cb^2}{Joule \cdot m}$

δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$\underline{F} = \frac{1}{4 \cdot 3{,}14 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{1 \cdot 1}{(10^3)^2} = \frac{10^6}{111} = \underline{9000 \text{ Newton, περίπου.}}$$

Π α ρ α τ ή ρ η σ ι ς. Ἐπειδὴ 9000 Newton $= 9000 \cdot 10^5$ dyn $= 9 \cdot 10^8$ dyn ἔπεται, ὅτι τὰ ἀποτελέσματα τὰ εὑρεθέντα εἰς τὰ δύο συστήματα εἶναι ἰσοδύναμα.

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Ἡ ἀνωτέρω εὑρεθεῖσα, κολοσσιαία ἐν προκειμένῳ δύναμις, ὀφείλεται εἰς τὴν ὑπερβολικῶς μεγάλην τιμὴν τῆς μονάδος Coulomb. Κατὰ τὰς συνήθεις ἠλεκτρίσεις τῶν σωμάτων τὰ ὑπεισερχόμενα ἠλεκτρικὰ φορτία ἐκφράζουν ἐν πολὺ μικρὸν κλάσμα τῆς ἀνωτέρω μονάδος.

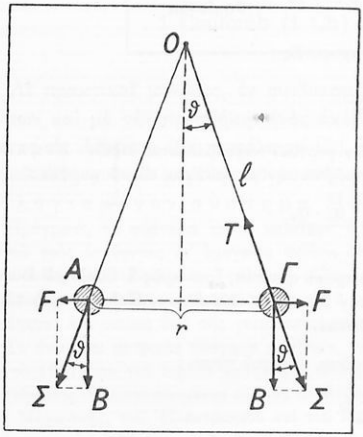
2. Δύο μικραὶ σφαῖραι, εὑρισκόμεναι ἐντὸς τοῦ πεδίου βαρύτητος, καὶ ἔχουσαι μάζας ἴσας πρὸς 0,1 gr ἑκάστη, εἶναι προσδεδεμέναι εἰς τὰ ἄκρα δύο νημάτων, μήκους $l = 25$ cm, τὰ ὁποῖα προσδένονται εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον Ο. Αἱ σφαῖραι φορτίζονται μὲ ἴσα ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ὁπότε ἀπομακρύνονται ἀλλήλων μέχρις ἀποστάσεως $r = 5$ cm. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ φορτίον ἑκάστης τῶν δύο σφαιρῶν.

Λύσις. Κατὰ τὸν τύπον τοῦ Coulomb, εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, ἡ δύναμις τῆς μεταξὺ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν δύο σφαιριδίων ἀπώσεως διδομένη ὑπὸ τῆς σχέσεως : $\mathcal{F} = q_1 \cdot q_2/r^2$, λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$F = \frac{q^2}{r^2}$$



Σχ. 64. Αἱ δυνάμεις αἱ ἀναπτυσσόμεναι μεταξὺ τῶν ἠλεκτρισμένων σφαιρῶν.

ὅπου $q_1 = q_2 = q$. Πλὴν τῆς F ἐπὶ ἑκάστου τῶν σφαιριδίων ἐνεργεῖ τὸ βάρος B αὐτοῦ καὶ ἡ ἀντίδρασις τοῦ νήματος T. Διὰ νὰ ἔχωμεν ἐπομένως ἰσορροπίαν, θὰ πρέπει ἡ συνισταμένη Σ, τῶν F καὶ B, νὰ εἶναι ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν ἀντίδρασιν τοῦ νήματος καὶ κατὰ συνέπειαν νὰ κεῖται ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῆς εὐθείας, τὴν ὁποίαν σχηματίζει τὸ τεταμένον νῆμα (σχ. 64).

Ἐπομένως, ὡς ἐκ τοῦ σχήματος φαίνεται, θὰ εἶναι :

$$F = B \cdot \varepsilon\varphi\,\theta = m \cdot g \cdot \varepsilon\varphi\,\theta$$

Ἐπειδὴ δὲ διὰ μικρὰς γωνίας δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θέσωμεν ἀντὶ τῆς ἐφαπτομένης τὸ ἡμίτονον, θὰ ἔχωμεν, καθότι $\eta\mu\,\theta = r/2l$, τελικῶς :

$$\frac{q^2}{r^2} = m \cdot g \cdot \frac{r}{2\,l} \quad \text{ἢ} \quad q = r\sqrt{\frac{m \cdot g \cdot r}{2\,l}}$$

Ἐξ οὗ :

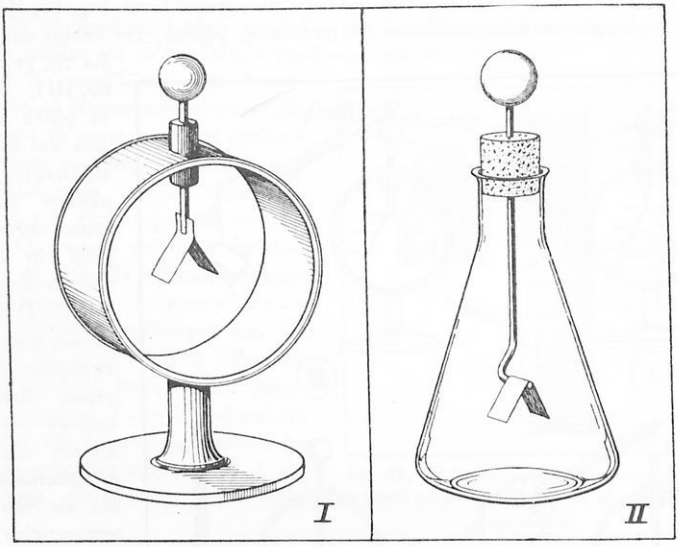
$$q = 15{,}6 \text{ ΗΣΜ - φορτίου} = 5{,}2 \cdot 10^{-9} \text{ Cb}$$

45. Ἠλεκτροσκόπια. Διὰ τὴν σπουδὴν ὡρισμένων ἠλεκτρικῶν φαινομένων χρησιμοποιοῦμεν τὸ ἠλεκτροσκόπιον. Ἁπλούστατον τύπον ἠλεκτροσκοπίου ἀποτελεῖ τὸ ἤδη περιγραφὲν (βλ. § 40) ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές, τὸ ὁποῖον ὅμως δὲν ἀποτελεῖ εὐαίσθητον διάταξιν.

Λίαν εὔχρηστον ἠλεκτροσκόπιον εἶναι τὸ εἰκονιζόμενον εἰς τὸ σχῆμα 65 ἠλεκτροσκόπιον μὲ κινητὰ φύλλα. Τοῦτο ἀποτελεῖται κατ' ἀρχὴν ἐκ μεταλλίνου περιβλήματος, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ἓν μετάλλινον στέλεχος μονωμένον ἀπὸ τὸ μετάλλινον περίβλημα. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ στελέχους κρέμανται δύο ἐλαφρὰ μετάλλινα φύλλα (π.χ. ἐξ ἀργιλίου), τὰ ὁποῖα, ἐφ' ὅσον ἐπὶ τοῦ στελέχους δὲν ἔχουν τεθῆ ἠλεκτρικὰ φορτία, ἐφάπτονται μεταξύ των. Ἐὰν ἐπὶ τοῦ ἄλλου ἄκρου τοῦ μεταλλίνου στελέχους, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ καταλήγῃ καὶ εἰς μεταλλίνην σφαῖραν ἢ δίσκον, θέσωμεν ἠλεκτρικὰ φορτία, π.χ. φέροντες εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτοῦ φορτισμένην διὰ τριβῆς ὑαλίνην ράβδον, θὰ παρατηρήσωμεν ἀπόκλισιν τῶν φύλλων, ἥτις εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον περισσότερα εἶναι καὶ τὰ ἐπιτεθέντα ἐπὶ τοῦ μεταλλίνου στελέχους φορτία.

Ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων ἐξηγεῖται ἐκ τῆς ἀπώσεως τῶν ὁμωνύμων φορτίων, τὰ ὁποῖα συγκεντροῦνται ἐπὶ τῶν φύλλων, εὐθὺς ὡς ἐγγίσωμεν τὸ στέλεχος διὰ φορτισμένου σώματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 65. (Ι) Ἠλεκτροσκόπιον διὰ φύλλων ἀργιλίου.
(ΙΙ) Ἁπλῆ πραγματοποίησις ἠλεκτροσκοπίου διὰ φύλλων.

46. Ἐκφόρτισις ἠλεκτροσκοπίου. Κατὰ τὰς ἐργασίας διὰ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, εἶναι ἀναγκαῖον ὅπως, πρὸ ἑκάστης νέας χρήσεως αὐτοῦ, εἶναι τοῦτο πλήρως ἐκφορτισμένον.

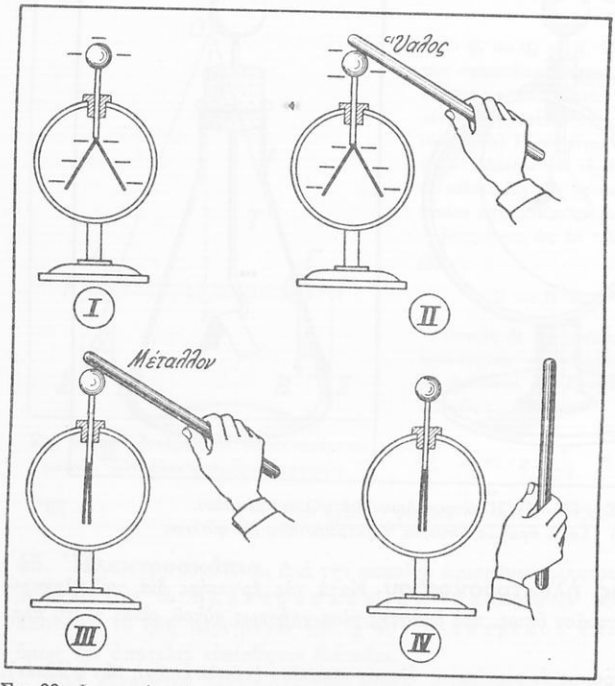
Ὁ ἁπλούστερος τρόπος ἐκφορτίσεως ἠλεκτροσκοπίου (τελεία ἐπαφὴ τῶν φύλλων), εἶναι νὰ ἐγγίσωμεν τὸ στέλεχος αὐτοῦ διὰ τοῦ δακτύλου μας ἢ δι' ἑνὸς σύρματος ἢ μεταλλικῆς ράβδου, κρατουμένης διὰ τῆς χειρός. Ἐὰν τὸ ὄργανον ἔχῃ μετάλλινον περίβλημα, καλὸν εἶναι νὰ ἐγγίσωμεν ἀμφότερα, στέλεχος καὶ περίβλημα συγχρόνως. Ὑπὸ ὡρισμένας συνθήκας, δυνατὸν νὰ ἀπαιτηθῇ νὰ ἐγγίσωμεν διὰ τῆς ἑτέρας χειρός, συγχρόνως, σωλῆνα ὕδατος. Λέγομεν τότε ὅτι, κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, π ρ ο σ γ ε ι ώ ν ο μ ε ν (ἢ γ ε ι ώ ν ο μ ε ν) τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Ὅταν τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου εἶναι μικρόν, δὲν εἶναι ἀνάγκη νὰ κάμωμεν ἀπ' εὐθείας σύνδεσιν αὐτοῦ πρὸς τὴν Γῆν, διότι τότε τὸ σῶμα μας δύναται νὰ δρᾷ ὡς Γῆ (ὡς σῶμα δηλαδὴ μεγάλης ἠλεκτρικῆς χωρητικότητος).

47. Ἀγωγοὶ καὶ μονωταί. Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἰς ἄλλα σώματα δύνανται νὰ μετακινοῦνται καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν αὐτῶν, ἐνῷ εἰς ἄλλα παραμένουν ἀκίνητα εἰς τὴν ἀρχικήν των θέσιν.

Θεωρήσωμεν τὸ φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον τοῦ σχήματος 66, Ι καὶ φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ μεταλλίνου στελέχους αὐτοῦ ὑαλίνην ράβδον ἀφόρτιστον, ὁπότε

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων δὲν μεταβάλλεται (σχ. 66, II). Ἐὰν ὅμως ἐγγίσωμεν τὸ ἠλεκτροσκόπιον διὰ μεταλλίνης ράβδου, τὴν ὁποίαν κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρὸς (σχ. 66, III), ἀμέσως τὰ φύλλα συγκλίνουν καὶ ἔρχονται εἰς ἐπαφήν, παραμένοντα εἰς τὴν θέσιν ταύτην καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ράβδου (σχ. 66, IV). Προφανῶς, ἡ μεταλλίνη ράβδος δρᾷ διαφόρως ἀπὸ τὴν ὑαλίνην· ἐπιτρέπει δηλαδὴ αὕτη εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία ἐκ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου νὰ διέλθουν δι' αὐτῆς εἰς τὸ σῶμα τοῦ πειραματιστοῦ, ἐνῷ ἡ ὑαλίνη ἐμποδίζει τὴν μετακίνησιν ταύτην. Κάθε ὑλικόν, ὡς ἡ μεταλλίνη ράβδος, τὸ ὁποῖον ἐπιτρέπει εἰς τὰ φορτία νὰ μετακινοῦνται ἐλευθέρως διὰ μέσου αὐτοῦ ὀνομάζεται ἠλεκτρικὸς **ἀγωγός**, ἡ δὲ ἰδιότης τῶν σωμάτων κατὰ τὴν ὁποίαν ταῦτα ἀφίνουν νὰ διέρχεται δι' αὐτῶν ἠλεκτρισμὸς καλεῖται **ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης.**



Σχ. 66. Φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον (I). Δι' ἐπαφῆς τῆς ὑαλίνης ράβδου μετὰ τῆς σφαίρας τοῦ ὀργάνου ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων αὐξάνει ἐπηρεάζεται (II), ἐνῷ δι' ἐπαφῆς μετὰ μεταλλίνης ράβδου ταῦτα πίπτουν (III), παραμένοντα ἐν ἐπαφῇ καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς μεταλλίνης ράβδου (IV).

Κάθε ὑλικόν, ὡς ἡ ὑαλίνη ράβδος, τὸ ὁποῖον δὲν ἐπιτρέπει εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τὴν ἐλευθέραν μετακίνησιν δι' αὐτοῦ, ὀνομάζεται ἠλεκτρικὸς **μονωτής**.

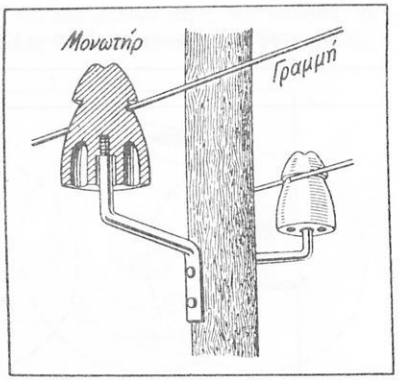
Οἱ μονωταὶ εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ (σχ. 67).

Εἰς τὰ ἠλεκτροσκόπια τοῦ σχήματος 65, ἡ σφαῖρα, ἡ ράβδος καὶ τὰ φύλλα, εἶναι ὅλα καλοὶ ἀγωγοί, δυναμένων οὕτω τῶν φορτίων νὰ μετακινοῦνται ἐλευθέρως ἀπὸ τὴν σφαῖραν εἰς τὰ φύλλα καὶ ἀντιστρόφως. Ἡ ράβδος εἶναι **μονωμένη** ἀπὸ τὸ μετάλλινον περίβλημα τῇ βοηθείᾳ πώματος ἐξ ἠλέκτρου, θείου, καουτσούκ ἢ ἄλλου μονωτικοῦ ὑλικοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐπειδὴ τὰ ὑλικὰ αὐτὰ εἶναι κακοὶ ἀγωγοί, ἐμποδίζουν τὴν μετακίνησιν φορτίων ἀπὸ τὴν ράβδον εἰς τὸ μετάλλινον περίβλημα καὶ ἀντιστρόφως.

Ὅταν τὸ περιβάλλον εἶναι θερμὸν καὶ ὑγρόν, τὸ ἠλεκτροσκόπιον συχνὰ χάνει ταχέως τὸ φορτίον του. Ἡ ἀπώλεια τοῦ φορτίου συνήθως προκαλεῖται ἀπὸ τὸν σχηματισμὸν λεπτοῦ στρώματος ὑγρασίας ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ μονωτοῦ. Τὸ στρῶμα τοῦτο, ἂν καὶ εἶναι πτωχὸς ἀγωγός, ἐν τούτοις ἐπιτρέπει εἰς τὰ φορτία νὰ διαρρεύσουν δι' αὐτοῦ πολὺ εὐκολώτερον ἀπὸ ὅτι ὅταν δὲν θὰ ὑπῆρχε τοῦτο. Οὕτω, τὸ φορτίον ἐκφεύγει ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος. Τοῦτο ἐξηγεῖ καὶ τὴν δυσκολίαν τῆς ἐμφανίσεως φορτίου ἐπὶ ἑνὸς σώματος διὰ τριβῆς, ὅταν ἡ περιβάλλουσα ἀτμόσφαιρα εἶναι πολὺ ὑγρά.



Σχ. 67. Τὰ σύρματα γραμμῶν διανομῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος στηρίζονται εἰς μονωτὰς ἐκ πορσελάνης.

Τὸ ἀνθρώπινον σῶμα εἶναι ἕνας μέτριος (καλὸς) ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Τὰ ὑλικὰ ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐμφανίζονται φορτία διὰ τριβῆς καὶ τὰ ὁποῖα διατηροῦν τὰ φορτία των ἐπ' ἀρκετόν, εἶναι ὅλα καλοὶ μονωταί. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον δὲν ἐκφορτίζομεν αὐτὰ πλήρως ὅταν τὰ ἐγγίζωμεν διὰ τῶν χειρῶν μας, ἐνῷ ἀντιθέτως δυνάμεθα νὰ ἐκφορτίσωμεν ἕνα φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον.

Γενικῶς τὰ ἀέρια εἶναι καλοὶ μονωταί. Ἐκ τῶν ὑγρῶν ἄλλα εἶναι καλοὶ μονωταὶ καὶ ἄλλα κακοί. Ἐκ τῶν στερεῶν, πολλὰ εἶναι καλοὶ μονωταί, ἐνῷ ἄλλα, ἰδιαιτέρως τὰ μέταλλα, εἶναι πολὺ καλοὶ ἀγωγοί. Ὁ καλύτερος ἀγωγὸς ἀπὸ τὰ μέταλλα εἶναι ὁ ἄργυρος καὶ ἀκολουθοῦν ὁ χαλκός, ὁ χρυσός, τὸ ἀργίλιον κ.ἄ., ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ μὲ τοὺς ἀγωγοὺς τῆς θερμότητος.

48. Φύσις τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ. Ἠλεκτρονικὴ θεωρία. α) Ὑπατομικὰ σωματίδια. Εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν ἐδέχοντο, ὅτι ἡ ὕλη ἀπετελεῖτο ἐκ μορίων καὶ ἀτόμων. Μία ἐκ τῶν σπουδαιοτάτων κατακτήσεων τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἶναι ἡ ἀνακάλυψις ὅτι τὸ ἄτομον συνίσταται ἀπὸ ἀκόμη μικρότερα σωματίδια, τὰ ὁποῖα γενικῶς ἐκλήθησαν ὑπατομικὰ σωματίδια.

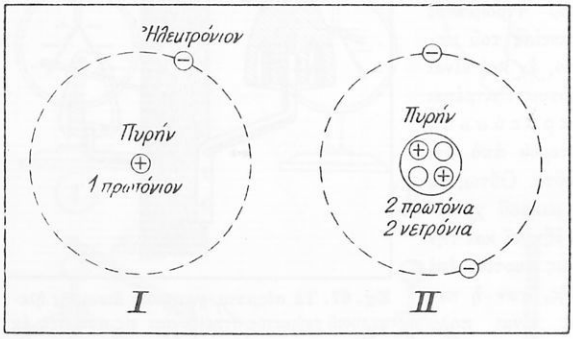
Ἡ ἔρευνα ἐν γένει κατέδειξεν ὅτι ἕκαστον ἄτομον συγκροτεῖται ἐκ τριῶν ὑπατομικῶν σωματιδίων, ἤτοι τοῦ **ἠλεκτρονίου,** τοῦ **πρωτονίου** καὶ τοῦ **νετρονίου** (σχ. 68).

Τὸ **ἠλεκτρόνιον** εἶναι σωματίδιον φορτισμένον μὲ τὸ ἐλάχιστον ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον (e), τὸ ὁποῖον εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρχῃ ἐλεύθερον. Μικρότερον φορτίον ἀπὸ τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου δὲν ὑπάρχει εἰς τὴν φύσιν, ἀλλ' οἱονδήποτε ἄλλο θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν φορτίον εἶναι ἀκέραιον πολλαπλάσιον τοῦ φορτίου τοῦ ἠλεκτρο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νίου, όπερ ὀνομάζεται διὰ τοῦτο **στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον** ἢ **ἠλεκτρικὸν κβάντον.** Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι τὸ :

Στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον $e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ Cb $= 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ - φορτίου



Σχ. 68. Συγκρότησις τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου (I) καὶ τοῦ ἀτόμου τοῦ ἡλίου (II). (Αἱ τροχιαὶ τῶν ἠλεκτρονίων, χάριν ἁπλότητος, παριστῶνται κυκλικαί).

Εἰς τὸ ἠλεκτρόνιον ἀποδίδομεν καὶ μᾶζαν, ἡ ὁποία εἶναι ἴση πρός :

$m = 9{,}108 \cdot 10^{-28}$ gr

Τὸ **πρωτόνιον** εἶναι σωματίδιον, τὸ ὁποῖον ἔχει μᾶζαν κατὰ πολὺ μεγαλυτέραν τῆς τοῦ ἠλεκτρονίου (1836 φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶζαν ἠρεμίας τοῦ ἠλεκτρονίου), ἤτοι :

$m = 1{,}67 \cdot 10^{-24}$ gr

φέρει δὲ θετικὸν φορτίον, ἴσον ἀπολύτως πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ παρουσιάζει μίαν ἐξαιρετικῶς μεγάλην πυκνότητα τῆς μάζης του.

Τὸ **νετρόνιον** εἶναι σωματίδιον ἔχον μᾶζαν ἴσην περίπου πρὸς τὴν τοῦ πρωτονίου, ἀλλὰ στερεῖται ἠλεκτρικοῦ φορτίου.

β) Δομὴ τοῦ ἀτόμου. Κατὰ τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις τὸ ὑλικὸν ἄτομον ἀποτελεῖται ἐκ **πυρῆνος,** ὁ ὁποῖος συνίσταται ἐκ πρωτονίων καὶ νετρονίων καὶ ἐπομένως ὁ πυρὴν εἶναι θετικῶς φορτισμένος. Πέριξ τοῦ πυρῆνος καὶ ἐπὶ προδιαγεγραμμένων τροχιῶν, εὑρισκομένων εἰς σημαντικῶς μεγάλας ἀποστάσεις ἀπὸ τοῦ πυρῆνος, δεχόμεθα ὅτι περιφέρονται τὰ ἠλεκτρόνια.

Αἱ ἀποστάσεις τῶν περιστρεφομένων ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα ἑνὸς ἀτόμου εἶναι περίπου 100 000 φορὰς μεγαλύτεραι ἀπὸ τὴν διάμετρον τοῦ πρωτονίου. Τὸ ἄτομον λοιπὸν περιλαμβάνει ἕνα χῶρον κενὸν κατὰ τὸ μέγιστον αὐτοῦ μέρος.

Τὸ συνολικὸν ἀρνητικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρονίων ἐξουδετερώνει τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος καὶ τοιουτοτρόπως τὸ ἄτομον ἐμφανίζεται εἰς τὸν ἔξω κόσμον, εἰς κανονικὴν κατάστασιν, ὡς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

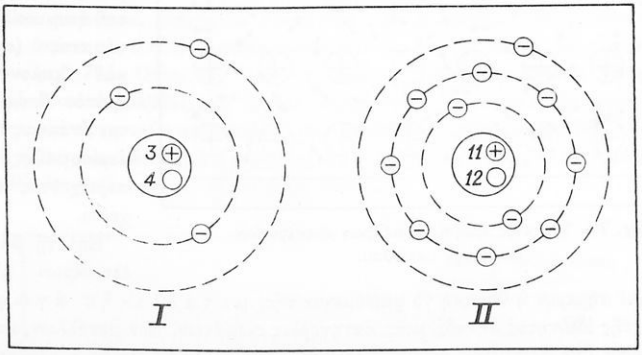
Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ἐὰν ἄτομον περιλαμβάνῃ Z ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ θετικοῦ πυρῆνος του, τὸ συνολικὸν ἀρνητικὸν φορτίον αὐτῶν εἶναι $-Ze$ καὶ τὸ συνολικὸν θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι $+Ze$.

Ὁ ἀριθμὸς Z καλεῖται **ἀτομικὸς ἀριθμὸς** τοῦ στοιχείου καὶ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τάξεως τῶν στοιχείων, ὅταν κατατάσσωμεν αὐτὰ κατ' αὔξοντα ἀριθμὸν ἀτομικῶν βαρῶν. Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς εἶναι διὰ τὸ ὑδρογόνον 1, διὰ τὸ ἥλιον 2 κ.ο.κ.

Οὕτω π.χ. τὸ ἄτομον τοῦ λιθίου περιέχει 3 ἠλεκτρόνια καὶ ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς αὐτοῦ εἶναι 3, τὰ δὲ ἠλεκτρόνια διατίθενται ἐπὶ δύο φλοιῶν πέριξ τοῦ πυρῆνος· τὸ νάτριον περιέχει 11 ἠλεκτρόνια καὶ ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς αὐτοῦ εἶναι 11 (σχ. 69).



Σχ. 69. Ἄτομον λιθίου (I) καὶ ἄτομον νατρίου (II).

γ) Ἰόντα. Ὅταν ἓν ἄτομον χάσῃ ἓν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια, τότε καταστρέφεται ἡ ἰσορροπία τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων, τὸ ἄτομον ἐμφανίζεται οὕτω θετικῶς φορτισμένον καὶ λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ **θετικὸν ἰόν**[1].

Ὅταν ἀντιθέτως τὸ ἄτομον προσλαμβάνῃ ἓν ἢ περισσότερα ἐπὶ πλέον ἠλεκτρόνια, πάλιν καταστρέφεται ἡ ἰσορροπία τῶν φορτίων καὶ τὸ ἄτομον ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς φορτισμένον, ὅτε ἀποτελεῖ **ἀρνητικὸν ἰόν.**

Οὕτως, ὅταν τὰ ἄτομα τοῦ ὑδρογόνου ἢ τοῦ νατρίου χάσουν ἓν ἠλεκτρόνιον, τότε καθίστανται θετικὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα παριστῶμεν διὰ τῶν συμβόλων H^+ καὶ Na^+. Ἐὰν τοὐναντίον ἓν ἄτομον χλωρίου προσλάβῃ ἓν ἐπὶ πλέον ἠλεκτρόνιον, καθίσταται ἀρνητικὸν ἰὸν καὶ παριστᾶται διὰ τοῦ συμβόλου Cl^-.

Ἓν ἄτομον χαλκοῦ δύναται νὰ χάσῃ δύο ἠλεκτρόνια, ὅτε πάλιν καθίσταται θετικὸν ἰὸν καὶ παριστᾶται διὰ τοῦ συμβόλου Cu^{++}.

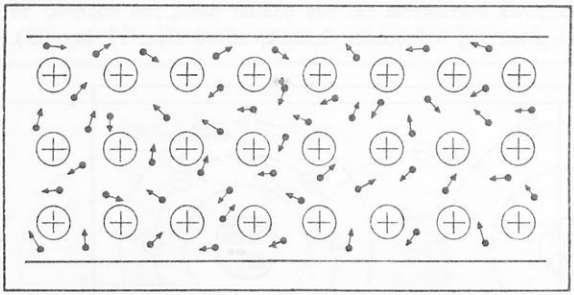
Γενικώτερον ὅμως διὰ τοῦ ὅρου ἰὸν νοοῦμεν φορτισμένον ἄτομον ἢ φορτισμένον σύμπλεγμα ἀτόμων, ὡς ἐπὶ παραδείγματι NO_3^-, SO_4^{--} κλπ.

δ) Ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Εἰς ὡρισμένην κατηγορίαν σωμάτων, ὡς π.χ. εἰς τὰ μέταλλα, ὅλα τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ περιφερόμενα περὶ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου, δὲν εἶναι στερεῶς συνδεδεμένα πρὸς τὸ συγκρότημα τοῦ ἀτόμου, ἀλλ' ἓν τοὐλάχιστον ἐξ αὐτῶν εἶναι χαλαρῶς συνδεδεμένον, καλεῖται δὲ τοῦτο ἐλεύθερον ἠλεκτρόνιον (ἢ ἠλεκτρόνιον σθένους). Οὕτως, εἰς ἓν γραμμομόριον χαλκοῦ (δηλαδὴ εἰς 63 gr χαλκοῦ) γνωρίζομεν ὅτι περιέχονται $6 \cdot 10^{23}$ ἄτομα χαλκοῦ καί, ἐὰν δεχθῶμεν, ὅτι εἰς τὸ

1. Ἡ λέξις ἰόν, μετοχὴ τοῦ ρήματος εἶμι σημαίνει τὸ μετακινούμενον, τὸ προχωροῦν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

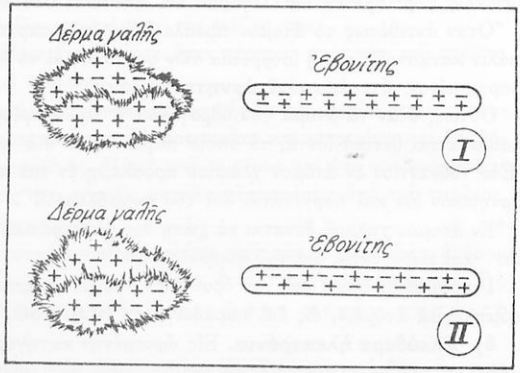
ἄτομον τοῦ χαλκοῦ ἀντιστοιχεῖ ἓν ἐλεύθερον ἠλεκτρόνιον, εἰς τὴν ἀνωτέρω ποσότητα τοῦ χαλκοῦ θὰ ὑπάρχουν ἐπίσης $6 \cdot 10^{23}$ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Τὰ ἠλεκτρόνια ταῦτα κινοῦνται ἀτάκτως ἐντὸς τῆς μάζης τῶν μετάλλων διὰ μέσου τῶν διακένων τοῦ ἀτομικοῦ συγκροτήματος (σχ. 70), καθ' ὅμοιον σχεδὸν τρόπον ὅπως κινοῦνται ἀτάκτως τὰ μόρια ἀερίου μάζης ἐντὸς τοῦ περιέχοντος αὐτὰ δοχείου.



Σχ. 70. Ἄτακτος κίνησις ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἐντὸς τοῦ μετάλλου.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἐξηγεῖ σήμερον ἡ Φυσικὴ τὸ φαινόμενον τῆς μεταλλικῆς ἀγωγιμότητος, τῆς ἰδιότητος δηλαδὴ μιᾶς κατηγορίας σωμάτων, τῶν μετάλλων, κατὰ τὴν ὁποίαν ταῦτα, ὑπὸ ὡρισμένας προϋποθέσεις, ἐπιτρέπουν εἰς τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια νὰ κινοῦνται προσανατολιζόμενα ἐντὸς τῆς μάζης αὐτῶν, σχηματίζοντα οὕτω τὸ καλούμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἡ ταχύτης τῶν ἀποτελούντων τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἠλεκτρονίων εἶναι διὰ τὰ συνήθη ρεύματα τῆς τάξεως τῶν ὀλίγων δεκάδων cm ἀνὰ ὥραν (π.χ. ἡ ὁρικὴ ταχύτης ἠλεκτρονίων διὰ τὸν χαλκὸν εἶναι 27 cm ἀνὰ ὥραν ($= 74 \cdot 10^{-4}$ cm/sec).



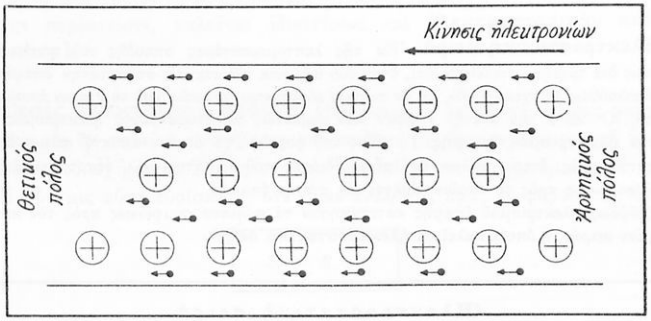
Σχ. 71. Κατανομὴ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων. Πρὸ τῆς τριβῆς τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία εἶναι ἴσα (I). Μετὰ ταύτην εἰς τὸ δέρμα πλεονάζουν τὰ θετικὰ εἰς δὲ τὴν ἐξ ἐβονίτου ράβδον τὰ ἀρνητικά.

ε) Ἑρμηνεία τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐπὶ σώματος. Ἐὰν κατὰ ἕνα οἱονδήποτε τρόπον προκαλέσωμεν διατάραξιν τῆς ἰσορροπίας μεταξὺ τοῦ ἀρνητικοῦ φορτίου τῶν ἠλεκτρονίων καὶ τοῦ θετικοῦ φορτίου τῶν πυρήνων, εἴτε δι' ἀφαιρέσεως ἠλεκτρονίων, εἴτε διὰ προσθήκης ἠλεκτρονίων, τότε τὸ ἄτομον καὶ ἐπομένως τὸ σῶμα ἠλεκτρίζεται, δηλαδὴ ἐκδηλοῦται εἰς τὸν ἔξω κόσμον ὡς φέρον ἠλεκτρικὸν φορτίον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐφ' ὅσον ἐκ τοῦ σώματος ἀφαιροῦνται ἠλεκτρόνια, τὸ σῶμα ἀποκτᾷ θετικὸν φορτίον, ἐὰν ὅμως προστίθενται ἔξωθεν, τὸ σῶμα ἀποκτᾷ ἀρνητικὸν φορτίον.

Τῇ βοηθείᾳ τῆς ἠλεκτρονικῆς θεωρίας δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν τὴν ἐμφάνισιν ἠλεκτρικοῦ φορτίου εἰς τὴν ράβδον ἐξ ἐβονίτου π.χ. ὅταν τρίβωμεν ταύτην διὰ δέρματος γαλῆς. Οὕτω, κατὰ τὰ ἀνωτέρω, διὰ τῆς τριβῆς τῶν δύο ἀρχικῶς ἠλεκτρικῶς οὐδετέρων σωμάτων, ἐπέρχεται διατάραξις τῆς ἰσορροπίας τῶν ἠλεκτρονίων τῶν ἀτόμων, ὁπότε μερικὰ ἠλεκτρόνια μεταφέρονται ἐκ τῆς δορᾶς εἰς τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου (σχ. 71). Οὕτω δέ, ὅταν τὰ σώματα ταῦτα ἀκολούθως ἀποχωρισθοῦν, ἡ μὲν ἐξ ἐβονίτου ράβδος, ὡς ἔχουσα περισσότερα ἠλεκτρόνια τῶν κανονικῶν, ἐμφανίζεται ὡς ἀρνητικῶς φορτισμένη, ἐνῷ ἀντιθέτως εἰς τὴν δορὰν θὰ ὑπάρχουν ὀλιγώτερα ἠλεκτρόνια, ἀπὸ ὅσα πρέπει νὰ ὑπάρχουν ἵνα αὕτη εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδετέρα, ὁπότε θὰ ἐμφανίζεται ὡς φορτισμένη θετικῶς.



Σχ. 72. Προσανατολισμένη κίνησις ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἐντὸς ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐπειδὴ ὁ ἐβονίτης ἐπέκτησεν ἀρνητικὸν φορτίον, λόγῳ τῆς μεταβάσεως ἠλεκτρονίων εἰς αὐτὸν ἐκ τῆς δορᾶς, ἔπεται ὅτι τὸ ἀρνητικὸν φορτίον αὐτοῦ θὰ εἶναι ἀπολύτως ἴσον πρὸς τὸ θετικὸν φορτίον τῆς δορᾶς. Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ἕνα διαχωρισμὸν τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φορτίζουν κατὰ τὸ αὐτὸ ποσὸν ἀλλ' ἀντιθέτως τὰ δύο σώματα. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, τὸ ὁποῖον εἶναι γενικόν, ἀποτελεῖ τὴν **ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου.**

Ὅταν ἐξ ἄλλου τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὴν ἐξ ἐβονίτου ράβδον, τότε τοῦτο λαμβάνει ἐξ αὐτῆς ἠλεκτρόνια, φορτίζεται ἑπομένως καὶ αὐτὸ ἀρνητικῶς καὶ ἀκολούθως, ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου, ἀπωθεῖται ὑπὸ τῆς ράβδου.

Ἐπίσης, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω, δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν τὴν συμπεριφορὰν τῶν καλῶν καὶ κακῶν ἀγωγῶν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Οὕτως, εἰς τοὺς καλοὺς ἀγωγοὺς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὑπάρχει ἡ εὐχέρεια τῆς κινήσεως ἐντὸς αὐτῶν, τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων, ὅταν ὑφίστανται αἱ κατάλληλοι πρὸς τοῦτο συνθῆκαι (σχ. 72), ἐνῷ εἰς τοὺς κακοὺς ἀγωγοὺς δὲν ὑφίσταται ἡ δυνατότης αὕτη. Εἰς περιπτώσεις τινὰς ἐνδέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χεται νὰ παρατηρηθῇ εἰς τοὺς κακοὺς ἀγωγοὺς μόνον μετατόπισις τῶν ἠλεκτρονίων ἐκ τῆς κανονικῆς των θέσεως.

49. Στατικὸς καὶ δυναμικὸς Ἠλεκτρισμός. Τὰ φαινόμενα τῶν ἠλεκτρικῶν ἐπενεργειῶν, τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται μεταξὺ σωμάτων εἰς τὰ ὁποῖα τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εὑρίσκονται ἐν ἠρεμίᾳ, ἀποτελοῦν τὸ ἀντικείμενον σπουδῆς τοῦ στατικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐνῷ τὰ φαινόμενα, τὰ παρατηρούμενα ὅταν τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εὑρίσκωνται ἐν κινήσει, ὡς π.χ. εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀποτελοῦν τὸ ἀντικείμενον τῆς σπουδῆς τοῦ δυναμικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις, εἴτε δηλαδὴ τὰ φορτία εὑρίσκονται ἐν ἠρεμίᾳ, εἴτε τὰ φορτία εὑρίσκονται ἐν κινήσει, οὐδεμία διαφορὰ ὑπάρχει ὡς πρὸς τὴν φύσιν τῶν φορτίων καὶ κατ' οὐσίαν οὐδεμία διαφορὰ ὑπάρχει ἀπὸ τῆς ἀπόψεως αὐτῆς μεταξὺ στατικοῦ καὶ δυναμικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ δὲ διάκρισις αὕτη γίνεται συνήθως διὰ λόγους καθαρῶς διδακτικῆς σκοπιμότητος.

***50. Ἠλεκτροστατικὴ σειρά.** Ἐκ τῆς λεπτομερεστέρας σπουδῆς τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρίσεως διὰ τριβῆς κατεδείχθη ὅτι, ὅταν δύο σώματα τίθενται εἰς στενωτάτην ἐπαφὴν μεταξύ των καὶ ἀκολούθως ἀποχωρισθοῦν, τὸ ἓν τούτων εὑρίσκεται θετικῶς καὶ τὸ ἕτερον ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον. Ὁ κατὰ τὴν στενὴν ἐπαφὴν τῶν σωμάτων ἀναπτυσσόμενος ἠλεκτρισμὸς καλεῖται εἰδικώτερον **ἠλεκτρισμὸς ἐπαφῆς.** Τὸ εἶδος τοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ σῶμα, διὰ στενῆς ἐπαφῆς αὐτοῦ πρὸς ἕτερον σῶμα, δὲν εἶναι ἰδιότης τοῦ σώματος, ἀλλ' ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ σώματος πρὸς τὸ ὁποῖον τίθεται εἰς στενὴν ἐπαφήν.

Ἀπὸ ἀπόψεως ἠλεκτρισμοῦ ἐπαφῆς κατετάγησαν τὰ σώματα συμφώνως πρὸς τὸν κάτωθι πίνακα εἰς μίαν σειράν, ἡ ὁποία καλεῖται **ἠλεκτροστατικὴ σειρά.**

Ἠλεκτροστατικὴ σειρὰ		
Ὕαλος	Al, Mn, Zn, Cd	Sb, Pd, C, Te]
Μαλλὶ	Βάμβαξ	Ἐλαστικὸν
Δέρμα γαλῆς	Παραφίνη	Θεῖον
Ca, Mg, Pb	Ἐβονίτης	Pt, Au
Μέταξα	[Co, Ni, Cu, Sn, As, Bi,	

Ἐκ δύο σωμάτων τῆς σειρᾶς, τὰ ὁποῖα τίθενται εἰς στενὴν ἐπαφὴν καὶ ἀκολούθως ἀποχωρίζονται, τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον προηγεῖται ἐν τῇ σειρᾷ ἠλεκτρίζεται θετικῶς καὶ τὸ ἑπόμενον ἀρνητικῶς. Ἡ ὡς ἄνω συμπεριφορὰ τῶν σωμάτων ἀπὸ ἀπόψεως ἠλεκτρισμοῦ ἐπαφῆς δὲν εἶναι ἀπόλυτος, διότι ἐκ διαφόρων αἰτίων, ὡς π.χ. τῆς φύσεως τῆς ἐπιφανείας, ὑγρασίας κλπ., δύναται νὰ προκληθῇ ἐλαφρὰ ἀλλοίωσις εἰς τὴν κατάταξιν τῶν σωμάτων. Πρὸς τούτοις ἡ ὡς ἄνω παρατιθεμένη σειρὰ ἀποτελεῖ μερικὴν κατάταξιν, τοιαῦται δὲ σειραὶ εἶναι ἀρκεταὶ γνωσταί, πλήρης ὅμως κατάταξις ὅλων τῶν σωμάτων δὲν ἔχει πραγματοποιηθῇ.

Τὸ μέγεθος τοῦ ἀναπτυσσομένου φορτίου, λόγῳ στενῆς ἐπαφῆς μεταξὺ δύο σωμάτων, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν εἰς τὴν ἠλεκτροστατικὴν σειράν. Οὕτω, δύο οὐσίαι ἀπέχουσαι περισσότερον ἀπ' ἀλλήλων ἐντὸς τῆς σειρᾶς δεικνύουν ἐντονώτερα ἀποτελέσματα ἀπὸ δύο ἄλλας οὐσίας ἀπεχούσας ὀλιγώτερον ἐν τῇ σειρᾷ, ἐφ' ὅσον ὅλαι αἱ ἄλλαι συνθῆκαι παραμένουν αἱ αὐταί.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

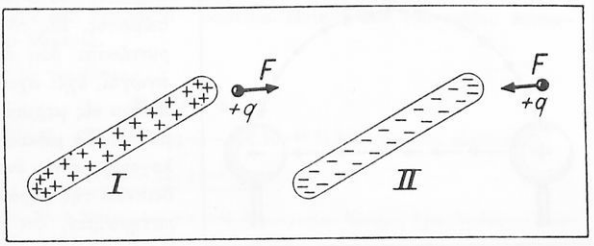
51. Ἠλεκτρικὸν πεδίον. Εἴδομεν ὅτι ἐὰν πλησιάσωμεν ἐν φορτισμένον σῶμα, π.χ. ὑαλίνην ράβδον, εἰς ἓν ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμές, θὰ ἀσκηθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία δύναμις, ἡ ὁποία εἶναι φανερόν, ὅτι ὀφείλεται εἰς τὴν παρουσίαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ φορτισμένου σώματος. Ὁμοίως, ἂν πλησιάσωμεν φορτισμένον σῶμα εἰς ἄλλο ἢ εἰς ἄλλα φορτισμένα σώματα, τότε μεταξὺ τῶν σωμάτων τούτων ἀσκοῦνται δυνάμεις. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι ὁ χῶρος ὁ ὁποῖος περιβάλλει τὸ φορτίον τοῦ σώματος ἀπέκτησε τὴν ἰδιότητα νὰ ἀσκῇ δύναμιν ἐπὶ παντὸς ἄλλου φορτίου εὑρισκομένου ἐντὸς αὐτοῦ.

Ὀνομάζομεν ἠλεκτρικὸν πεδίον περιοχὴν τοῦ χώρου, εἰς οἱονδήποτε σημεῖον τῆς ὁποίας φερομένη ἠλεκτρική τις ποσότης (φορτίον) ὑφίσταται ἐπενέργειαν δυνάμεως.

Ἐφ' ὅσον τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον δημιουργεῖται ὑπὸ ἠρεμούντων φορτίων, ὡς εἰς τὴν θεωρουμένην περίπτωσιν, καλεῖται ἰδιαιτέρως καὶ **ἠλεκτροστατικὸν πεδίον** ἢ **πεδίον Coulomb.**

52. Ἔντασις ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Θεωρήσωμεν ὅτι τὸ σημειῶδες φορτίον q, εὑρισκόμενον εἰς ἓν σημεῖον τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἡ φορτισμένη ράβδος τοῦ σχήματος 73, ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως $\mathcal{F}$ ὑπὸ τοῦ πεδίου. Ἡ δύναμις αὕτη εὑρίσκεται ὅτι εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ φορτίον q, ἤτοι :

$$\mathcal{F} = \mathcal{E} \cdot q \qquad (1)$$



Σχ. 73. Τὸ εἰς θετικὸν φορτίον ὀφειλόμενον ἠλεκτρικὸν πεδίον ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ θετικοῦ φορτίου q ἀπωστικὴν δύναμιν $\mathcal{F}$ (I), τὸ δὲ εἰς ἀρνητικὸν φορτίον ὀφειλόμενον πεδίον, δύναμιν $\mathcal{F}$ ἑλκτικὴν (II).

Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας $\mathcal{E}$ ὀνομάζεται **ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου** εἰς τὸ ἐν λόγῳ σημεῖον ὁρίζεται δὲ ἐκ τῆς σχέσεως (1) ὡς τὸ πηλίκον τῆς ἀσκουμένης δυνάμεως $\mathcal{F}$ ἐπὶ τοῦ φορτίου q, διὰ τοῦ φορτίου τούτου, ἤτοι εἶναι :

$$\text{Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου } \mathcal{E} = \frac{\mathcal{F}}{q} \qquad (2)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐξ ἄλλου διὰ συνδυασμοῦ τοῦ τύπου (2) μετὰ τῆς ἀναλυτικῆς ἐκφράσεως τοῦ νόμου τοῦ Coulomb προκύπτει διὰ τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου, τοῦ ὀφειλομένου εἰς φορτίον q καὶ εἰς ἀπόστασιν r ἀπ' αὐτοῦ, εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα ἡ σχέσις :

$$\mathscr{E} = \frac{q}{r^2} \qquad (3)$$

καὶ εἰς τὸ σύστημα MKSA ἡ ἔκφρασις :

$$\mathscr{E} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_o} \cdot \frac{q}{r^2} \qquad (4)$$

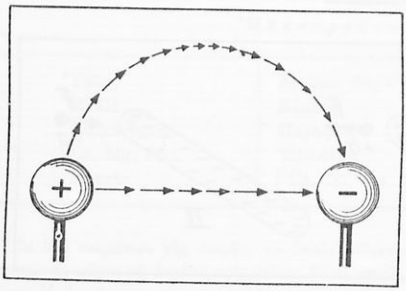
Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου εἶναι μέγεθος διανυσματικόν, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν μὲ τὴν δύναμιν, φορὰν δὲ συμβατικῶς τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως τῆς ἀσκουμένης ὑπὸ τοῦ πεδίου ἐπὶ θετικοῦ φορτίου.

Δύο ἴσα ἀπολύτως ἀλλ' ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία, ὑφίστανται εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον ἠλεκτρικοῦ πεδίου τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεων, ἐχουσῶν τὴν αὐτὴν ἀριθμητικὴν τιμήν, ἀλλ' ἀντίθετον φοράν.

Ἐξ ἄλλου, συμφώνως πρὸς τὸν τύπον (1), ἓν φορτίον q ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, θὰ ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν μεγάλης δυνάμεως εἰς σημεῖα μεγάλης ἐντάσεως, ἐνῷ εἰς σημεῖα μικρᾶς ἐντάσεως θὰ ἀσκῆται ἐπ' αὐτοῦ μικρὰ δύναμις.

Ἐὰν εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἠλεκτρικοῦ τινος πεδίου ἡ ἔντασις διατηρῇ τὴν αὐτὴν ἀριθμητικὴν τιμήν, διεύθυνσιν καὶ φοράν, τότε τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ὀνομάζεται **ὁμογενὲς πεδίον**, ἐὰν ὄχι, ὀνομάζεται **ἀνομοιογενὲς πεδίον.**

Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τοῦ ὀφειλομένου εἰς θετικῶς φορτισμένον σῶμα, ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ σώματος πρὸς τὸν περιβάλλοντα τοῦτο χῶρον. Πράγματι, ἂν πλησιάσωμεν πρὸς τὸ σῶμα ἓν θετικὸν φορτίον, τοῦτο θὰ ἀπωθῆται ὑπὸ τοῦ σώματος. Εἰς τὸ σχῆμα 74, ὅπου παριστῶνται δύο ἀντιθέτως φορτισμένοι ἀγωγοί, ἔχει σχεδιασθῆ ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἰς μερικὰ σημεῖα ὑπὸ μορφὴν βελῶν. Τὸ μῆκος τῶν βελῶν εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἔντασιν, ἐνῷ ἡ φορά των δεικνύει τὴν φορὰν τῆς ἐντάσεως. Παρατηροῦμεν, ὅτι πλησίον ἑκάστου σώματος τὸ πεδίον ἔχει μεγάλην ἔντασιν, αὕτη δὲ διευθύνεται καθέτως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν. Εἰς τὰ ἄλλα σημεῖα ἡ ἔντασις δύναται νὰ μὴ διευθύνεται πρὸς κανένα ἀπὸ τὰ φορτισμένα σώματα, ἀλλὰ πάντοτε θὰ εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν ἐντάσεων, τὰς ὁποίας τὰ δύο φορτία παράγουν εἰς τὰ ἐν λόγῳ σημεῖα.



Σχ. 74. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου δὲν διατηρεῖ σταθερὰν τιμὴν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν φορτισμένων σφαιρῶν χῶρον.

Μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ μονὰς μετρήσεως τῆς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα ὀνομάζεται **ἠλεκτροστατικὴ μονὰς**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου (1 ΗΣΜ — ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου) καὶ ὁρίζεται ἐκ τῆς σχέσεως (2) τῆς σελίδος 75, ὡς ἡ ἔντασις ἐκείνου τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἀσκεῖ ἐπὶ τῆς ΗΣΜ-φορτίου, δύναμιν ἴσην πρὸς 1 dyn, ἤτοι:

$$1\ \text{ΗΣΜ - ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου} = \frac{1\ \text{dyn}}{1\ \text{ΗΣΜ - φορτίου}}$$

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου δὲν χρησιμοποιεῖται.

Ἐκ τοῦ τύπου (2), ὁρίζεται καὶ ἡ πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ὡς ἡ ἔντασις ἐκείνου τοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπὶ τῆς πρακτικῆς μονάδος φορτίου 1 Cb ἀσκεῖ δύναμιν 1 Νιοῦτον (1Nt).

Ἡ μονὰς αὕτη ὅμως δὲν εἶναι πρόσφορος διὰ τὴν μέτρησιν ἐντάσεων ἠλεκτρικῶν πεδίων. Διὰ τοῦτο, χρησιμοποιεῖται ἡ μονὰς 1 Volt/m (βόλτ ἀνὰ μέτρον), τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν βραδύτερον (βλ. § 64) καὶ ἡ ὁποία εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς ταύτην.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Μικρὰ σφαῖρα, φέρουσα ἠλεκτρικὸν φορτίον +15 ΗΣΜ - φορτίου, φέρεται εἰς ἓν σημεῖον ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ὑφισταμένη τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεως 240 dyn. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸν τύπον:

$$E = \frac{F}{q}$$

τὰ δεδομένα $F = 240$ dyn καὶ $q = 15$ ΗΣΜ - φορτίου καὶ εὑρίσκομεν:

$$\underline{E = 16\ \text{dyn / ΗΣΜ - φορτίου}}$$

$$\underline{E = 16\ \text{ΗΣΜ—ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου}}$$

2. Ἠλεκτρόνιον, τὸ ὁποῖον φέρει φορτίον — 4,8 · 10⁻¹⁰ ΗΣΜ - φορτίου, τίθεται ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐντάσεως 500 dyn/ΗΣΜ - φορτίου. Ποία ἡ ὑπὸ τοῦ πεδίου ἀσκουμένη ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρονίου δύναμις.

Λύσις: Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον:

$$F = E \cdot q$$

τὰ δεδομένα $E = 500$ dyn/ΗΣΜ - φορτίου καὶ $q = -4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ - φορτίου, εὑρίσκομεν:

$$\underline{F = -24 \cdot 10^{-8}\ \text{dyn}}$$

Τὸ σημεῖον (—) σημαίνει ὅτι ἡ ἀσκουμένη ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρονίου δύναμις ἔχει ἀντίθετον διεύθυνσιν ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

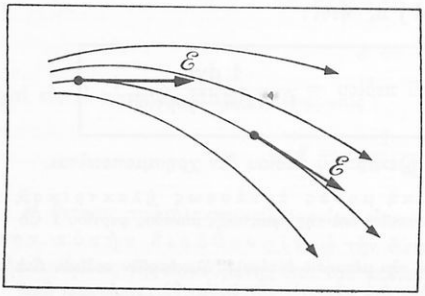
53. Ἠλεκτρικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.

Διὰ τὴν ἀπεικόνισιν ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου χρησιμοποιοῦμεν — ὡς καὶ διὰ τὸ μαγνητικὸν πεδίον — τὰς δυναμικὰς γραμμάς.

Ὁρίζομεν ὡς δυναμικὴν γραμμὴν ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου πᾶσαν νοητὴν γραμμήν, εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ὁποίας, ἡ ἐφαπτομένη συμπίπτει μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου (σχ. 75).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

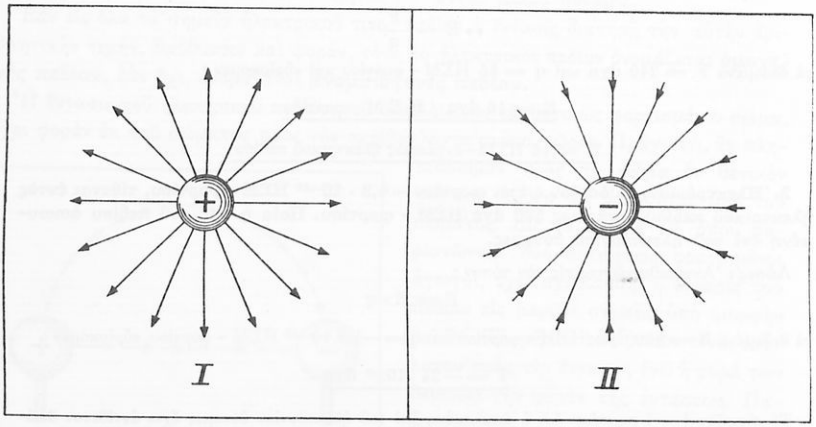
Δεδομένου ὅτι, γενικῶς, ἡ διεύθυνσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἤτοι ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως αὐτοῦ, ποικίλλει ἀπὸ σημείου εἰς σημεῖον, αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συνήθως καμπύλαι.



Σχ. 75. Ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς εἰς ὅλα τὰ σημεῖα αὐτῆς.

Τὸ σχῆμα 76 δεικνύει τὰς δυναμικὰς γραμμὰς πέριξ ἑνὸς θετικοῦ ἢ ἑνὸς ἀρνητικοῦ φορτίου, ἐνῷ τὸ σχῆμα 77 πέριξ δύο ἴσων ἑτερωνύμων φορτίων καὶ πέριξ δύο ἴσων θετικῶν φορτίων. Ἡ διεύθυνσις τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου, εἰς πᾶν σημεῖον ἑκάστου σχήματος, ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τῆς διερχομένης διὰ τοῦ σημείου. Τὰ βέλη ἐπὶ τῶν γραμμῶν δεικνύουν τὴν φορὰν πρὸς τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ ἀχθοῦν αἱ ἐφαπτόμεναι.

Κάθε δυναμικὴ γραμμὴ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι μία συνεχὴς γραμμὴ ἐκκινοῦσα ἀπὸ ἓν θετικὸν φορτίον καὶ καταλήγουσα π ά ν τ ο τ ε εἰς ἀρνητικόν. Ἑπομένως πα-



Σχ. 76. Διάταξις τῶν δυναμικῶν γραμμῶν πέριξ σημειακῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων. Ι θετικοῦ, ΙΙ ἀρνητικοῦ φορτίου.

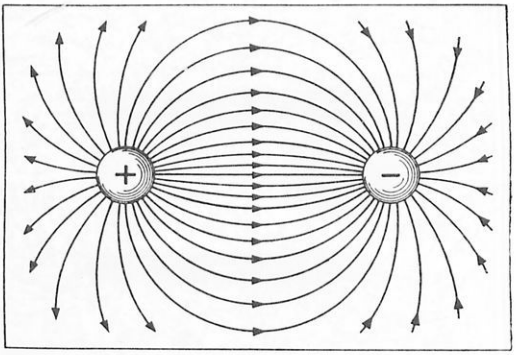
ριστοῦν αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τὰς τροχιάς, τὰς ὁποίας θὰ διέγραφον θετικὰ φορτία κινούμενα ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς δυνάμεως τοῦ πεδίου.

Ὅσάκις διὰ σαφήνειαν ὁμιλοῦμεν περὶ «μονωμένου» φορτίου καὶ χαράσσομεν τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου αὐτοῦ, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 76, τοῦτο ἁπλῶς σημαίνει ὅτι τὰ φορτία ἐπὶ τῶν ὁποίων καταλήγουν αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εὑρίσκονται εἰς με-

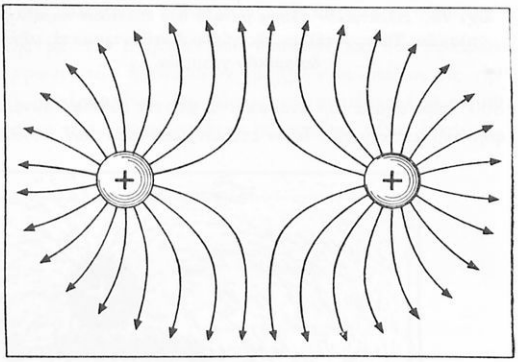
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γάλας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ ὑπ' ὄψιν φορτίον. Ἐὰν τὸ φορτισμένον σῶμα π.χ. τοῦ σχήματος 76 εἶναι μία μικρὰ σφαῖρα, ἡ ὁποία κρέμαται διὰ νήματος ἀπὸ τὴν ὀροφὴν τῆς αἰθούσης, τὰ ἀρνητικὰ φορτία, εἰς τὰ ὁποῖα καταλήγουν αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ αὐτῆς, θὰ εὑρίσκωνται ἐπὶ τῶν τοίχων, τοῦ δαπέδου, τῆς ὀροφῆς ἢ ἐπὶ ἄλλων ἀντικειμένων ἐντὸς τῆς αἰθούσης.

Εἰς ἕκαστον σημεῖον τὸ πεδίον δύναται νὰ ἔχῃ μόνον μίαν διεύθυνσιν. Ὅθεν μόνον μία δυναμικὴ γραμμὴ δύναται νὰ διέλθῃ δι' ἑκάστου σημείου τοῦ πεδίου. Δηλαδὴ αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ δὲν τέμνονται ποτέ.



I



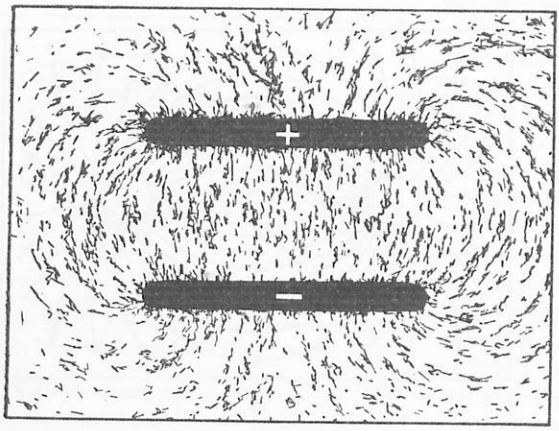
II

Σχ. 77. Διάταξις δυναμικῶν γραμμῶν περὶ δύο σημειακὰ φορτία: I ἑτερώνυμα, II ὁμώνυμα.

Πειραματικὴ διάταξις. Τὴν διαμόρφωσιν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἠλεκτρικοῦ πεδίου δυνάμεθα νὰ δείξωμεν πειραματικῶς διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως. Ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς προσκολλῶμεν δύο παραλλήλους ταινίας ἐκ φύλλου κασσιτέρου καὶ συνδέομεν ταύτας πρός τινα ἠλεκτρικὴν πηγήν, ὁπότε ἡ μία τῶν ταινιῶν λαμβάνει θετικὸν ἡ δὲ ἄλλη ἀρνητικὸν φορτίον. Ἀκολούθως ἐπὶ τῆς ὑαλίνης πλακὸς διασκορπίζομεν κρυστάλλια γύψου (ἢ ἄλλης μονωτικῆς οὐσίας, ὡς ἐπὶ παραδείγματι κινίνης, ἢ ἀκόμη ρινίσματα ξηροῦ ξύλου μαονίου κλπ.), κτυπῶμεν δὲ ἐλαφρῶς τὴν ὑαλίνην πλάκα, ὁπότε τὰ διασκορπισθέντα κρυστάλλια λαμβάνουν κατάλληλον προσανατολισμὸν καὶ διατίθενται οὕτως ὥστε νὰ σχηματίζουν γραμμάς, ἐκκινούσας ἐκ τῆς μιᾶς καὶ καταληγούσας εἰς τὴν ἄλλην πλάκα. Οὕτω, προκύπτει ἡ εἰκὼν τοῦ σχήματος 78, ἥτις ἀποτελεῖ μορφὴν **ἠλεκτρικοῦ φάσματος,** τὸ ὁποῖον ἐξωτερικῶς προσομοιάζει πρὸς τὸ μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων μαγνητικὸν φάσμα.

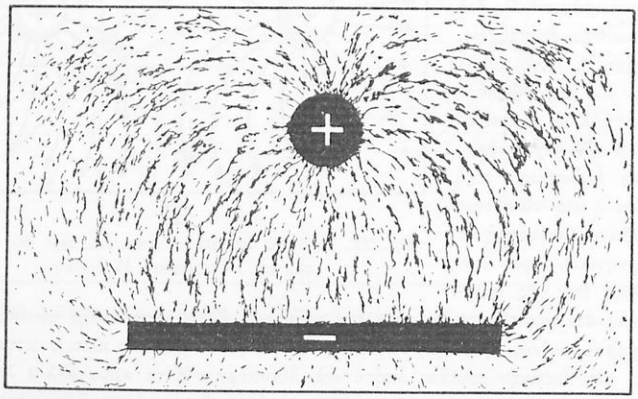
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Αὐτονόητον, ὅτι αἱ μεταλλικαὶ ταινίαι δὲν εἶναι ἀπαραίτητον νὰ εἶναι παράλληλοι. Δυνατὸν νὰ παρουσιάζουν κλίσιν μεταξύ των, ὁπότε ὅμως θὰ εἶναι παρηλλαγμένη ἡ μορφὴ τοῦ φάσματος. Ἐὰν ἡ μία τῶν ταινιῶν ἀντικατασταθῇ διὰ μικρᾶς κυκλικῆς πλακὸς θὰ λάβωμεν τὸ φάσμα τοῦ σχήματος 79.



Σχ. 78. Ἠλεκτρικὸν φάσμα μεταξὺ δύο ἐπιπέδων παραλλήλων πλακῶν. Τὰ κρυστάλλια τῆς γύψου διατίθενται κατὰ μῆκος δυναμικῶν γραμμῶν.

Εἰς ἣν περίπτωσιν καὶ αἱ δύο μεταλλικαὶ ταινία ἀντικατασταθοῦν διὰ μικρῶν κυκλικῶν μεταλλικῶν πλακῶν, θὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς ὑαλίνης πλακὸς τὸ φάσμα τοῦ σχήματος 80, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς φάσμα δύο ἴσων ἑτερωνύμων φορτίων. Διὰ στροφῆς τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχήματος κατὰ 360^0 περὶ ἄξονα τὴν ἑνοῦσαν τὰ φορτία εὐθεῖαν δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν τὴν μορφὴν τοῦ μεταξὺ τῶν ἴσων ἑτερωνύμων φορτίων πεδίου εἰς τὸν χῶρον.



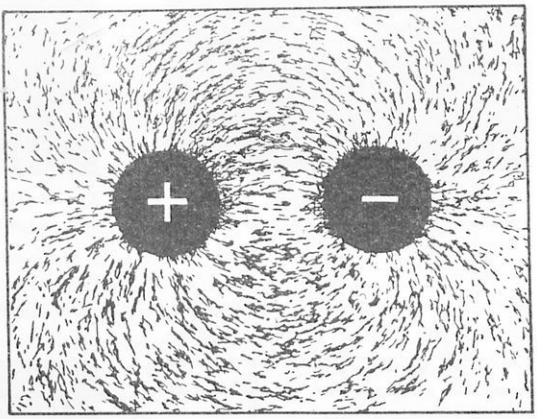
Σχ. 79. Ἠλεκτρικὸν φάσμα μεταξὺ μιᾶς μικρᾶς κυκλικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου πλακός.

Τὸ σχῆμα 81, τέλος, δεικνύει τὰς δυναμικὰς γραμμὰς μεταξὺ τῆς κεραίας τοῦ ἀσυρμάτου ἑνὸς πλοίου καὶ τοῦ ὑπολοίπου σκάφους.

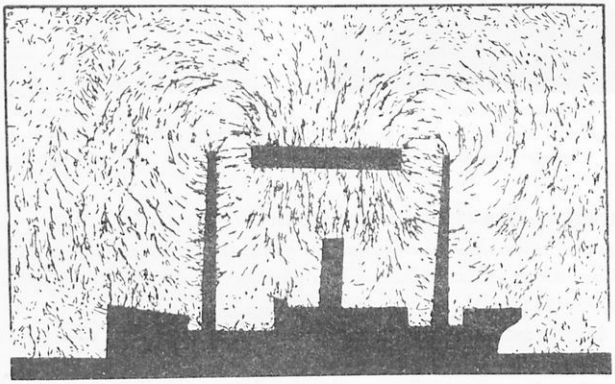
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τῆς προσεκτικῆς μελέτης τῶν διαφόρων φασμάτων βλέπομεν ὅτι εἰς θέσεις ὅπου τὸ πεδίον εἶναι ἐντονώτερον αἱ ἠλεκτρικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι πυκνότεραι.

Ἐπίσης δυνάμεθα νὰ καταστήσωμεν, τρόπον τινά, ὁρατὰς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς καὶ διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως. Ὅταν ἐπὶ μικρᾶς μεταλλικῆς καὶ μονωμένης σφαίρας προσαρμόσωμεν καταλλήλως θύσανον ἐκ λωρίδων χάρτου καὶ ἀκολούθως φορτίσωμεν τὴν σφαῖραν, βλέπομεν ὅτι αἱ λωρίδες χάρτου διατίθενται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δεικνύουν τὴν διαμόρφωσιν τῶν ἠλεκτρικῶν γραμμῶν (σχ. 82). Ἐπίσης μὲ τὴν βοήθειαν δύο θυσάνων καὶ δύο σφαιρῶν δεικνύομεν (σχ. 83) τὴν διαμόρφωσιν τῶν ἠλεκτρικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν αἱ σφαῖραι εἶναι ὁμωνύμως φορτισμέναι, ἐνῷ εἰς τὸ σχῆμα 84 δεικνύεται ἡ διαμόρφωσις τῶν γραμμῶν, ὅταν αἱ σφαῖραι εἶναι ἑτερωνύμως φορτισμέναι.



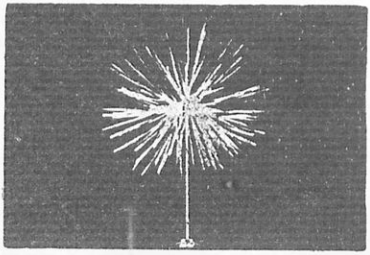
Σχ. 80. Ἠλεκτρικὸν φάσμα μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων φορτίων.



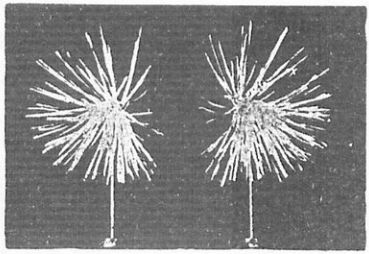
Σχ. 81. Ἠλεκτρικὸν φάσμα μεταξὺ τῆς κεραίας ἀσυρμάτου καὶ πλοίου.

Ἐντυπωσιακῶς δυνάμεθα νὰ ἐπιδείξωμεν ἐπίσης τὴν πορείαν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἰς τὴν περίπτωσιν μαθητοῦ, ἱσταμένου ἐπὶ μονωτικοῦ στηρίγματος καὶ ἐφαπτο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

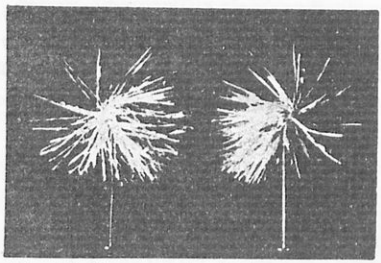


Σχ. 82. Πειραματική επίδειξις δυναμικών γραμμών με θύσανον εκ χάρτου εις ένα αγωγόν.



Σχ. 83. Πειραματική επίδειξις δυναμικών γραμμών μεταξύ δύο όμωνύμως φορτισμένων αγωγών.

μένου διά της χειρός της σφαίρας ηλεκτρικής γεννητρίας ύψηλής τάσεως (π.χ. 100 kV, βλ. § 82), οπότε αί τρίχες της κεφαλής του μαθητού διατάσσονται κατά δυναμικάς γραμμάς και ανορθούνται εν είδη θυσάνου (σχ. 85).



Σχ. 84. Πειραματική επίδειξις δυναμικών γραμμών μεταξύ δύο ετερωνύμως φορτισμένων αγωγών.



Σχ. 85. Αί ανορθωμέναι τρίχες της κεφαλής του μαθητού δεικνύουν την πορείαν των δυναμικών γραμμών.

54. Πυκνότης ηλεκτρικών δυναμικών γραμμών. Όταν παριστώμεν το ηλεκτρικόν πεδίον διά των δυναμικών γραμμών, σύρομεν ταύτας κατά τοιούτον τρόπον, ώστε αύται να εκφράζουν και το μέγεθος της εντάσεως του πεδίου μαζί με την διεύθυνσιν αύτης.

Τούτο επιτυγχάνομεν χαράσσοντες τας δυναμικάς γραμμάς εις τοιαύτας μεταξύ των αποστάσεις, ώστε ὁ ἀριθμὸς τῶν διερχομένων διὰ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, καθέτως τεθείσης πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου εἰς κάθε σημεῖον αὐτοῦ, νὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου.

Τὸν ἀριθμὸν τῶν ηλεκτρικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἵτινες διέρχονται

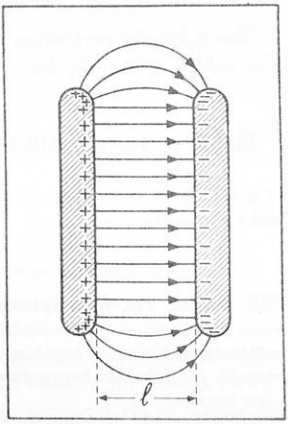
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, τεθείσης καθέτως πρὸς αὐτάς, καλοῦμεν πυκνότητα ἠλεκτρικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

Ἐὰν συμφωνήσωμεν νὰ χαράσσωμεν τὰς ἠλεκτρικὰς γραμμὰς ὥστε, ἐὰν εἴς τι σημεῖον ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα, νὰ διέρχεται διὰ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας μία ἠλεκτρικὴ δυναμικὴ γραμμή, τότε ὁ ἀριθμὸς ὁ ἐκφράζων τὴν πυκνότητα τῶν ἠλεκτρικῶν δυναμικῶν γραμμῶν θὰ ἐκφράζῃ συγχρόνως καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὴν θεωρουμένην περιοχήν.

Εἰς περιοχὴν ὅπου ἡ ἔντασις εἶναι μεγάλη, ὡς μεταξὺ τῶν ἑτερωνύμων φορτίων τοῦ σχήματος 77, I, αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εὑρίσκονται πολὺ πλησίον, ἤτοι παρουσιάζουν μεγάλην πυκνότητα, ἐνῷ εἰς τὴν περιοχὴν ὅπου ἡ ἔντασις εἶναι μικρά, ὡς μεταξὺ τῶν δύο θετικῶν φορτίων τοῦ σχήματος 77, II, αἱ γραμμαὶ παρουσιάζουν μεγάλην ἀραίωσιν.

Κατὰ τὰ ἀνωτέρω εἰς τὸ ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίον αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ θὰ εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι καὶ ἰσαπέχουσαι μεταξύ των, ὡς ἐπὶ παραδείγματι εἰς τὸ πεδίον τὸ δημιουργούμενον μεταξὺ δύο ἐπιπέδων μεταλλίνων παραλλήλων πλακῶν, φορτισμένων δι' ἴσων ἀλλ' ἀντιθέτων φορτίων (σχ. 86).

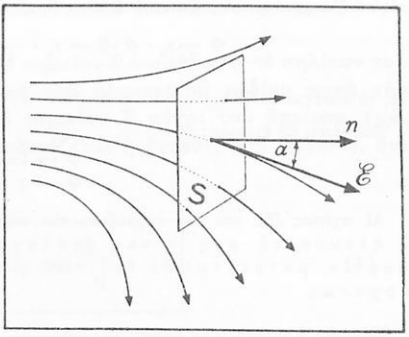


Σχ. 86. Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον μεταξὺ δύο ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων πλακῶν εἶναι ὁμογενές.

55. Ἠλεκτρικὴ δυναμικὴ ροή. Φαντασθῶμεν ὅτι, ἐντὸς ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $\mathcal{E}$, τοποθετοῦμεν καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν S. Ἡ οὕτω τοποθετημένη ἐπιφάνεια διαπερᾶται ὑπὸ ὡρισμένου ἀριθμοῦ ἠλεκτρικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

Τὸ σύνολον τῶν ἠλεκτρικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι διαπεροῦν καθέτως ἐπιφάνειαν S, τοποθετημένην ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, καλεῖται ἠλεκτρικὴ δυναμικὴ ροὴ Φ διὰ μέσου τῆς ἐπιφανείας S.

Ἐπειδὴ ἡ μονὰς τῆς ἐπιφανείας διαπερᾶται ὑπὸ Ε δυναμικῶν γραμμῶν, ἡ ἠλεκτρικὴ δυναμικὴ ροὴ θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου $\mathcal{E}$ μετὰ τῆς ἐπιφανείας S.



Σχ. 87. Ἡ ἠλεκτρικὴ ροὴ διὰ τῆς ἐπιφανείας S γίνεται μεγίστη ὅταν διαπερᾶται καθέτως ὑπὸ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὕτως, εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, θὰ ἔχωμεν :

$$\boxed{\text{Ἠλεκτρικὴ ροὴ } \Phi = \mathcal{E} \cdot S} \qquad (1)$$

Ἐὰν ἡ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας S κάθετος n σχηματίζῃ γωνίαν α μετὰ τῆς ἐντάσεως $\mathcal{E}$ τοῦ πεδίου, ἡ διὰ τῆς ἐπιφανείας διερχομένη δυναμικὴ ροὴ θὰ ἰσοῦται πρός :

$$\Phi = \mathcal{E} \cdot S \cdot \text{συν } \alpha \qquad (2)$$

Εἰς δὲ τὸ σύστημα MKSA θὰ ἔχωμεν ἀντιστοίχως :

$$\Phi = \varepsilon_0 \cdot \mathcal{E} \cdot S \qquad (3)$$

καί :

$$\Phi = \varepsilon_0 \cdot \mathcal{E} \cdot S \cdot \text{συν } \alpha \qquad (4)$$

***56. Νόμος τῆς ἠλεκτρικῆς ροῆς.** Ἐὰν θεωρήσωμεν σημειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον q, τοῦτο δημιουργεῖ εἰς τὸν περιβάλλοντα αὐτὸ χῶρον, ἠλεκτρικὸν πεδίον ἀκτινικῶς συμμετρικόν, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις $\mathcal{E}$ ἐκφράζει συμβολικῶς εἰς ἕκαστον σημεῖον τοῦ πεδίου τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τῶν διερχομένων καθέτως διὰ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, τεθείσης εἰς τὸ ἐν λόγῳ σημεῖον.

Ἐὰν ἀκολούθως φαντασθῶμεν σφαῖραν, ἀκτῖνος r, εἰς τὸ κέντρον τῆς ὁποίας εὑρίσκεται τὸ φορτίον q, τότε εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου θὰ εἶναι ἴση πρός :

$$\mathcal{E} = \frac{q}{r^2} \qquad (1) \qquad \text{ἢ} \qquad \mathcal{E} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \qquad (2)$$

Δεδομένου ὅτι ἡ σφαιρικὴ ἐπιφάνεια S ἰσοῦται πρὸς $S = 4\pi \cdot r^2$, ἡ διὰ τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας διερχομένη ἠλεκτρικὴ ροὴ εἶναι ἴση πρός :

$$\Phi = \mathcal{E} \cdot S = \frac{q}{r^2} \cdot 4\pi \cdot r^2 = 4\pi \cdot q \qquad (3)$$

εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, ἤ :

$$\Phi = \varepsilon_0 \cdot \mathcal{E} \cdot S = \varepsilon_0 \cdot \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot 4\pi \cdot r^2 = q \qquad (4)$$

εἰς τὸ σύστημα MKSA.

Ἑπομένως θὰ ἔχωμεν :

$$\Phi = 4\pi \cdot q \qquad \text{(C.G.S)} \qquad (5)$$

ἢ

$$\Phi = q \qquad \text{(MKSA)} \qquad (6)$$

Αἱ σχέσεις (5) καὶ (6) ἐκφράζουν τὸν **νόμον τῆς ἠλεκτρικῆς ροῆς** κατὰ τὸν ὁποῖον ἡ ἠλεκτρικὴ ροὴ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰ παράγοντα αὐτὴν φορτία, μετρεῖται δὲ διὰ τῶν μονάδων τοῦ φορτίου ἐξ οὗ προέρχεται.

***Μονὰς ἠλεκτρικῆς ροῆς.** Ἐκ τοῦ τύπου $\Phi = \mathcal{E} \cdot S$ ὁρίζεται ἡ μονὰς ἠλεκτρικῆς ροῆς. Οὕτως, εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, αὕτη ὁρίζεται ὡς ἐκείνη ἡ ἠλεκτρικὴ ροή, ἥτις διέρχεται δι' ἐπιφανείας 1 cm^2, καθέτως τοποθετημένης ἐπὶ τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου, ἐντάσεως ἴσης

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πρὸς τὴν ΗΣΜ—ἐντάσεως πεδίου, ἤτοι :

1 ΗΣΜ — ἠλεκτρικῆς ροῆς = 1 ΗΣΜ — ἐντάσεως πεδίου · 1 cm²

Ἐξ ἄλλου ἐπειδή :

$$\mathcal{E} = \frac{q}{r^2}$$

ἔπεται ὅτι :

$$\Phi = \frac{q}{r^2} \cdot S$$

Ἐπειδὴ δέ :

$$\left[S \right] = \left[r^2 \right]$$

συνάγεται ὅτι, ἡ ἠλεκτρικὴ ροὴ ἔχει τὴν ἰδίαν πρὸς τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον ἐξίσωσιν διαστάσεων, διὰ τοῦτο δύναται νὰ μετρῆται καὶ μὲ τὰς αὐτὰς πρὸς ἐκεῖνο μονάδας.

Εἰς τὸ σύστημα MKSA (πρακτικὸν) ἡ ἠλεκτρικὴ ροὴ μετρεῖται εἰς Coulomb, εἶναι δέ :

$$1 \text{ Coulomb} = 12\pi \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ — ἠλεκτρικῆς ροῆς.}$$

57. Δυναμικόν. Ὡς γνωρίζομεν ἐκ τῆς Μηχανικῆς, σῶμα βάρους Β εὑρισκόμενον εἰς ὕψος h ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν $E_{\delta\upsilon\nu} = B \cdot h$, ὡς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, αὕτη δὲ ὀφείλεται εἰς τὸ πεδίον βαρύτητος, δηλαδὴ τὸ πεδίον ἕλξεως τῆς Γῆς.

Κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὰ σώματα ἐντὸς τοῦ πεδίου βαρύτητος, καὶ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τιθέμενα εἰς τὰ διάφορα σημεῖα ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἀποκτοῦν ἠλεκτρικὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἀφοῦ, ὡς εἴδομεν, ἐπὶ τῶν φορτίων ἀσκοῦνται δυνάμεις ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ὡς ἐπὶ τῶν ὑλικῶν σωμάτων ἀσκοῦνται δυνάμεις ὑπὸ τοῦ πεδίου βαρύτητος. Κατὰ ταῦτα εἰς τὰ διάφορα σημεῖα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, λέγομεν ὅτι ὑφίσταται ἠλεκτρικὸν δυναμικὸν ἢ ἐν συντομίᾳ **δυναμικόν.**

Τὸ δυναμικὸν εἰς ἓν σημεῖον ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου δύναται αὐστηρότερον νὰ ὁρισθῇ ὡς ἑξῆς :

Δυναμικὸν U_Σ τοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Σ ὀνομάζομεν τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου $A_{\Sigma,\infty}$, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου q ἀπὸ τοῦ σημείου Σ μέχρι τοῦ ἀπείρου (μέχρι σημείου δηλαδὴ εἰς τὸ ὁποῖον μηδενίζεται ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου), διὰ τοῦ φορτίου q. Ἤτοι εἶναι :

$$\text{Δυναμικὸν } U_\Sigma = \frac{A_{\Sigma,\infty}}{q} \qquad (1)$$

Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι δυναμικὸν εἶναι τὸ μέτρον τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας ἀνὰ θετικὴν μονάδα φορτίου. Τὸ δυναμικὸν εἶναι μονόμετρον μέγεθος, δύναται δὲ νὰ χρησιμεύσῃ διὰ τὴν περιγραφὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐν ἀντικείμενον ἐντὸς τοῦ πεδίου βαρύτητος τῆς Γῆς πίπτει ἐὰν ἀφεθῇ ἐλεύθερον, δηλαδὴ τοῦτο κινεῖται ἀπὸ ἓν σημεῖον εἰς ἄλλο μικροτέρας δυναμικῆς ἐνεργείας. Εἰς τὴν περίπτωσιν ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου τὰ **θετικὰ φορτία**, ἐὰν εἶναι ἐλεύθερα νὰ κινηθοῦν, μετατίθενται ἀπὸ ἓν σημεῖον εἰς ἄλλο μικροτέρου δυναμικοῦ, ἐνῷ τὰ ἀρνητικὰ φορτία ἀντιθέτως μετακινοῦνται πρὸς σημεῖα μεγαλυτέρου δυναμικοῦ. Ἑπομένως τὰ ἠλεκτρόνια κινοῦνται ἀπὸ μικρότερα δυναμικὰ πρὸς ὑψηλότερα δυναμικά.

58. Διαφορὰ δυναμικοῦ. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων 2 καὶ 1 καλεῖται ἡ διαφορὰ $U_2 - U_1$ τῶν δυναμικῶν τῶν δύο σημείων.

Αὕτη ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου $A_{2,1}$ τοῦ παραγομένου κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου q ἀπὸ τὸ σημεῖον 2 εἰς τὸ σημεῖον 1, διὰ τοῦ φορτίου q.

Ἤτοι εἶναι :

$$\text{Διαφορὰ δυναμικοῦ} = \frac{\text{ἔργον ἀπὸ 2 εἰς 1}}{\text{φορτίον}} \quad \text{ἢ} \quad U_{2,1} = \frac{A_{2,1}}{q} \tag{1}$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) ἐπίσης λαμβάνομεν :

$$A_{2,1} = q \cdot U_{2,1} \tag{2}$$

Ἤτοι, κατὰ τὴν μετακίνησιν φορτίου q μεταξὺ δύο σημείων ἐχόντων διαφορὰν δυναμικοῦ $U_{2,1}$ παράγεται ἔργον ἴσον πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ μετακινουμένου φορτίου ἐπὶ τὴν ὑφισταμένην μεταξὺ τῶν δύο σημείων διαφορὰν δυναμικοῦ.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ὀνομάζεται καὶ (**ἠλεκτρικὴ**) **τάσις.**

Μονάδες τάσεως. Ἐὰν εἰς τὴν σχέσιν (1) θέσωμεν $A_{2,1} = 1$ erg καὶ $q = 1$ ΗΣΜ-φορτίου, ὁρίζομεν τὴν μονάδα τάσεως εἰς τὸ **ἠλεκροστατικὸν σύστημα μονάδων.** Κατὰ ταῦτα :

1 ἠλεκτροστατικὴ μονὰς τάσεως (1 ΗΣΜ-τάσεως) εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων, ἐκ τοῦ ἑνὸς τῶν ὁποίων ἐὰν μεταφερθῇ εἰς τὸ ἄλλο φορτίον 1 ΗΣΜ-φορτίου, παράγεται ἢ δαπανᾶται ἔργον ἴσον πρὸς 1 erg.

Ἡ μονὰς τάσεως εἰς τὸ **σύστημα MKSA** (πρακτικὸν) καλεῖται **1 Volt (1V)**, ὁρίζεται δὲ αὕτη ὡς **ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων ἐκ τοῦ ἑνὸς τῶν ὁποίων ἐὰν μεταφερθῇ εἰς τὸ ἄλλο φορτίον 1 Coulomb, παράγεται ἢ δαπανᾶται ἔργον ἴσον πρὸς 1 Joule.** Ἤτοι εἶναι :

$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ Coulomb}}$$

Μεταξὺ τῶν μονάδων 1 Volt καὶ 1 ΗΣΜ-τάσεως ὑφίσταται ἡ σχέσις :

$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ Cb}} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ΗΣΜ-φορτίου}} = \frac{1 \text{ erg}}{300 \text{ ΗΣΜ-φορτίου}} = \frac{1}{300} \text{ ΗΣΜ-τάσεως}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἤτοι :

$$1\ \text{Volt} = \frac{1}{300}\ \text{ΗΣΜ-τάσεως}$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἐὰν ἀπαιτῆται ἔργον 25 Joule διὰ τὴν μετακίνησιν φορτίου 0,1 Cb μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, ποία ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_{A,B}$, μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

Λύσις: Εἰς τὸ σύστημα MKSA (πρακτικόν) Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον :

$$U_{A,B} = \frac{A}{q} \qquad (1)$$

τὰ δεδομένα $A = 25$ Joule καὶ $q = 0{,}1$ Cb εὑρίσκομεν :

$$U_{A,B} = 250\ \text{Volt} \qquad (2)$$

Εἰς ΗΣΜ - τάσεως εὑρίσκομεν ὅτι :

$$\underline{U_{A,B}} = \frac{250}{300} = \underline{0{,}83\ \text{ΗΣΜ - τάσεως.}}$$

59. Δυναμικὸν τῆς Γῆς. Ἐκ τῶν προηγουμένων ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ὅταν εὑρίσκεται εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ δημιουργοῦντος τὸ φορτίον πεδίου, ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν μηδέν. Πράγματι, ἐδέχθημεν ὅτι εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν μηδενίζεται τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον καὶ κατὰ συνέπειαν δὲν ὑφίσταται καμμία ἐπίδρασις ἐπὶ τῆς ἐκεῖ εὑρισκομένης μονάδος τοῦ θετικοῦ φορτίου, δυναμένης νὰ μετακινῆται ἄνευ παραγωγῆς ἢ δαπάνης ἔργου τινός.

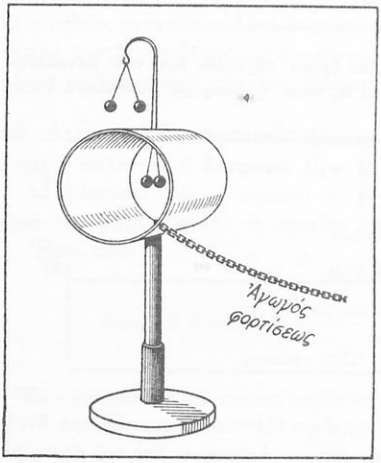
Πρακτικῶς, ἡ ἔννοια τοῦ ἀπείρου σημαίνει ἀρκετὰ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἠλεκτρικῶς φορτισμένου σώματος, ὥστε ἡ ἐκεῖ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου νὰ θεωρηθῇ ἀμελητέα. Ἐν τούτοις ἡ παραδοχὴ αὕτη δὲν δικαιολογεῖται εἰς τὴν πραγματικότητα, διότι πιθανὸν εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν νὰ ὑπάρχουν ἄλλα φορτία, τὰ ὁποῖα νὰ δημιουργοῦν ἠλεκτρικὸν πεδίον. Ἐπειδὴ δὲ ἕνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου δὲν γνωρίζομεν τὴν θέσιν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὁποίαν πράγματι καὶ μετὰ βεβαιότητος νὰ ἀποδώσωμεν δυναμικὸν μηδέν, ὁρίζομεν αὐτὴν αὐθαιρέτως, καί, συνήθως, εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς δεχόμεθα τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς ὡς ἔχουσαν δυναμικὸν μηδέν.

Ἡ αὐθαιρεσία αὕτη ὅμως δὲν ἔχει οὐσιώδη σημασίαν, διότι εἰς ὅλας τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὑπεισέρχονται μόνον τάσεις, δηλαδὴ διαφοραὶ δυναμικοῦ καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόλυτος τιμὴ τοῦ δυναμικοῦ, δηλαδὴ ἡ τιμή του ἐν σχέσει πρὸς περιοχὴν τοῦ χώρου ὅπου τὸ δυναμικὸν εἶναι πράγματι μηδέν, εἶναι ἄνευ σημασίας.

Λόγῳ τῆς καλῆς σχετικῶς ἀγωγιμότητος τῶν τοιχωμάτων τῶν οἰκοδομῶν, ταῦτα ἔχουν τὸ δυναμικὸν τῆς Γῆς, κυρίως ὅμως αἱ σωληνώσεις ὑδρεύσεως θεωροῦνται ὡς ἱκανοποιητικαὶ προσγειώσεις. Σῶμα θετικῶς ἠλεκτρισμένον λέγομεν ὅτι δημιουργεῖ πεδίον μὲ θετικὸν δυναμικὸν ἐν σχέσει πρὸς τὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ἐνῷ σῶμα ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον λέγομεν ὅτι δημιουργεῖ πεδίον μὲ ἀρνητικὸν δυναμικὸν ὡς πρὸς τὴν Γῆν, ἡ ὁποία θὰ θεωρῆται τότε ὡς θετικῶς φορτισμένον σῶμα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

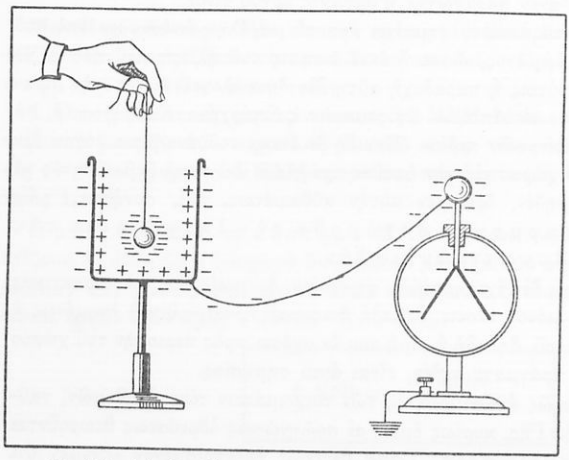
60. Κατανομὴ ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν. Θεωρήσωμεν κοῖλον μετάλλινον σωλῆνα στηριζόμενον ἐπὶ μονωτικῆς βάσεως (σχ. 88). Δύο ἠλεκτρικὰ ἐκκρεμῆ κρέμανται ἐξ ἀγκίστρου εὑρισκομένου εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου, ἐνῷ δύο ἄλλα κρέμανται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ. Ἐὰν φορτίσωμεν τὸν ἀγωγόν, τότε τὰ ἠλεκτρικὰ ἐκκρεμῆ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν τοῦ κυλίνδρου ἀποκλίνουν, ἐνῷ δὲν συμβαίνει τὸ αὐτὸ καὶ μὲ τὰ εἰς τὸ ἐσωτερικόν. Τοῦτο σημαίνει ὅτι εἰς τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ δὲν ὑπάρχουν φορτία, ἐνῷ ὑφίστανται τοιαῦτα εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ.



Σχ. 88. Τὰ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ ἐν ἐπαφῇ σφαιρίδια τοῦ ἐκκρεμοῦς δεικνύουν ὅτι ἐντὸς αὐτοῦ δὲν ὑφίστανται ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἡ κατανομὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν δύναται νὰ δειχθῇ ἐπίσης καὶ διὰ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday, ὁ ὁποῖος ἔλαβε τὸ ὄνομα αὐτὸ ἐκ τοῦ πρώτου ἐκτελέσαντος τὸ πείραμα.

Μεταλλικὸς κύλινδρος μονωμένος (σχ. 89) εἶναι συνδεδεμένος ἐξωτερικῶς πρὸς ἠλεκτροσκόπιον. Ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ εἰσάγομεν μικρὰν μεταλλικὴν σφαῖραν (δοκιμαστικὸν ἀγωγὸν) ἠλεκτρισμένην ἀρνητικῶς. Τότε τὸ ἠλεκτροσκόπιον δεικνύει ὡρισμένην ἀπόκλισιν, ἡ ὁποία παραμένει ἀμετάβλητος ὁπωσδήποτε καὶ ἂν μετακινήσωμεν τὴν σφαῖραν ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, ἔστω καὶ ἂν ἀκόμη τεθῇ αὕτη εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν ὅμως ἡ σφαῖρα, χωρὶς νὰ τεθῇ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ἀγωγοῦ, ἀπομακρυνθῇ



Σχ. 89. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ πειράματος τοῦ Faraday.

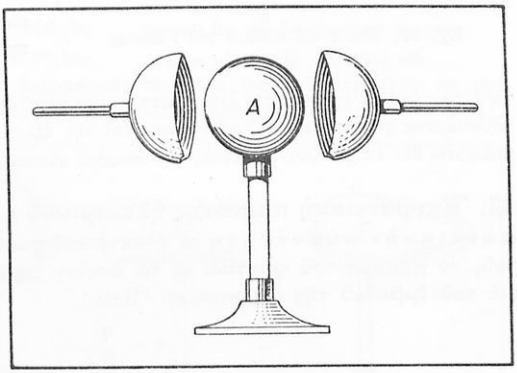
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξ αὐτοῦ, τότε ἡ ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου μηδενίζεται. Ἐὰν ἐξ ἄλλου ἡ σφαῖρα, ἐφ' ὅσον εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, τεθῇ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἀκολούθως ἀπομακρυνθῇ, τότε τόσον ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ ὅσον καὶ ἡ σφαῖρα ἀποβάλλουν τὸ φορτίον των, ἐνῷ ἡ ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου παραμένει ἀμετάβλητος.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι ἡ ἀρνητικῶς φορτισμένη σφαῖρα τεθῇ ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, εἰς τὴν εἰς τὸ σχῆμα ὑποδεικνυομένην θέσιν, τότε ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τοῦ τοιχώματος τοῦ κυλίνδρου ἀπωθοῦνται πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν. Οὕτως, ὡς ἔχουσα αὕτη περίσσειαν ἠλεκτρονίων, ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς φορτισμένη, ἐνῷ ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια, ὡς ἔχουσα ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων, ἐμφανίζεται θετικῶς ἠλεκτρισμένη. Ἐὰν ὅμως ἡ σφαῖρα ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ κυλίνδρου, ὅλον τὸ ἀρνητικὸν φορτίον ἐγκαταλείπει τὴν σφαῖραν καὶ ἐξουδετερώνει τὸ ἴσον θετικὸν φορτίον τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας. Ἡ διατήρησις ὅμως σταθερᾶς τῆς ἀποκλίσεως τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ὅταν ἡ σφαῖρα ἀπομακρύνεται, δεικνύει ὅτι ἀφ' ἑνὸς μὲν δὲν λαμβάνει χώραν ἀνακατανομὴ τοῦ ἀρνητικοῦ φορτίου πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὅτι τὸ ἀρνητικὸν φορτίον τῆς σφαίρας εἶναι πράγματι ἴσον πρὸς τὸ θετικὸν φορτίον τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου.

Ὅταν στατικὰ φορτία ἀναπτύσσωνται ἐπὶ κακοῦ ἀγωγοῦ, ὡς π.χ. ἐβονίτου, ὑάλου κλπ., τὰ φορτία ταῦτα παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν θέσιν των, ὅπου ἀρχικῶς ἐνεφανίσθησαν. Ὅταν ὅμως σῶμα ἀγωγόν, ὡς π.χ. χαλκός, ἄργυρος κλπ., ἀποκτᾷ φορτίον καθ' οἱονδήποτε τρόπον, τοῦτο διαχέεται ταχύτατα ἐφ' ὅλης τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος διὰ τοῦ κυλίνδρου τοῦ Faraday δεικνύεται ὅτι, ὅταν ἐπὶ ἀγωγοῦ μεταδίδωμεν ἠλεκτρικὸν φορτίον, εἴτε πλήρης εἶναι ὁ ἀγωγὸς εἴτε κοῖλος, τὸ φορτίον ἐντοπίζεται καθ' ὁλοκληρίαν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ.



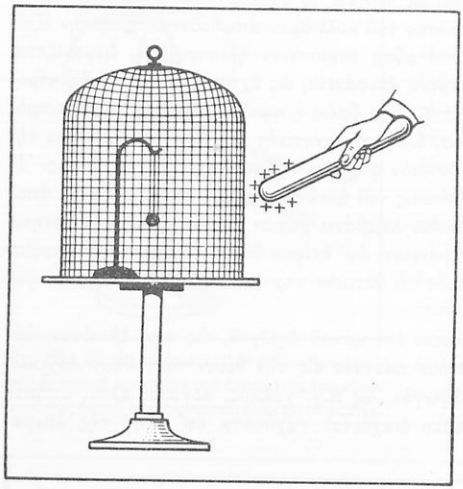
Σχ. 90. Τὰ δύο μεταλλικὰ ἡμισφαίρια ἀπάγουν τὸ ὁλικὸν φορτίον τῆς σφαίρας, μετὰ τὴν πρὸς ταύτην διὰ καλύψεως ἐπαφήν των.

Τοῦτο δεικνύεται καὶ ἐκ τοῦ ἀκολούθου πειράματος. Μεταλλικὴ σφαῖρα Α μονωμένη (σχ. 90) ἠλεκτρίζεται ἰσχυρῶς. Ἀκολούθως δύο ἡμισφαίρια ἐκ μετάλλου ἀφόρτιστα καὶ ἐφωδιασμένα μὲ μονωτικὰς λαβὰς φέρονται πλησίον τῆς σφαίρας Α, ὥστε νὰ περιβάλλουν αὐτὴν τελείως. Ἐὰν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τῶν ἡμισφαιρίων ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὴν σφαῖραν, τότε τὸ συνολικὸν φορτίον τῆς σφαίρας μεταβιβάζεται πρὸς τὰ ἡμισφαίρια. Πράγματι, ἐὰν μετὰ τὴν ἐπαφὴν ἀπομακρύνωμεν τὰ ἡμισφαίρια, ἡ σφαῖρα Α εὑρίσκεται ἄνευ φορτίου, ἐνῷ τὰ δύο ἡμισφαίρια εἶναι φορτισμένα.

***61. Ἠλεκτρικὴ θωράκισις.** Τὴν μὴ ὕπαρξιν ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν κοίλων ἀγωγῶν, δυνάμεθα νὰ ἐπιδείξωμεν καὶ διὰ τοῦ κλωβοῦ τοῦ Faraday, δηλαδὴ ἑνὸς κλωβοῦ ἐκ μεταλλίνου πλέγματος. Ἐὰν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ τοποθετηθῇ ἠλεκτρικὸν ἐκκρεμὲς καὶ πλησιάσωμεν πρὸς τὸν κλωβόν, ἐκ τῶν ἔξω, φορτισμένην ράβδον, δὲν παρατηροῦμεν ἀπόκλισιν τοῦ ἐκκρεμοῦς (σχ. 91).



Σχ. 91. Ἐντὸς τοῦ κλωβοῦ τοῦ Faraday δὲν ὑφίσταται ἠλεκτρικὸν πεδίον.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ἐκμεταλλευόμεθα διὰ τὴν ἠλεκτρικὴν θωράκισιν ἑνὸς χώρου, ἔχει δὲ σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν προστασίαν ὀργάνων, π.χ. ἠλεκτροσκοπίων, ἢ καὶ διαφόρων ἄλλων ὀργάνων ἢ σωμάτων ἀπὸ τῆς ἐπενεργείας ἐξωτερικῶν ἠλεκτρικῶν πεδίων εὑρισκομένων εἰς γειτονικὴν περιοχήν.

Διὰ τὴν προστασίαν, τὰ ὄργανα ἢ τὰ σώματα ἐγκλείονται ἐντὸς μεταλλικῶν κλωβῶν, ὅτε τὰ ἐξ ἐπιδράσεως ἀναπτυσσόμενα φορτία περιορίζονται μόνον ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ κλωβοῦ καὶ οὕτω δὲν ἐπηρεάζουν τὰ ἐντὸς τοῦ κλωβοῦ εὑρισκόμενα σώματα.

62. Ἐπιφανειακὴ πυκνότης ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Καλοῦμεν ἐπιφανειακὴν πυκνότητα σ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐπὶ φορτισμένου ἀγωγοῦ, τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου q, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἐπὶ ἐπιφανείας S, διὰ τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς ἐπιφανείας. Ἤτοι :

$$\sigma = \frac{q}{S} \qquad (1)$$

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) ὁρίζονται αἱ μονάδες μετρήσεως τῆς ἐπιφανειακῆς πυκνότητος φορτίου. Οὕτως εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα ὡς μονὰς ἐπιφανειακῆς πυκνότητος λαμβάνεται :

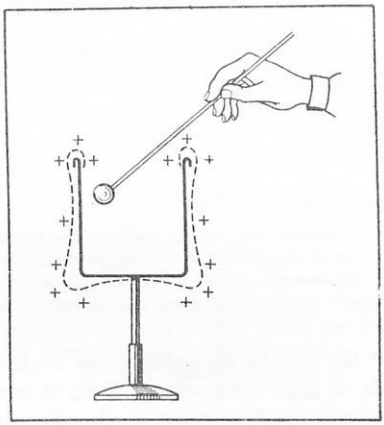
$$1\ \text{ΗΣΜ - ἐπιφανειακῆς πυκνότητος} = \frac{1\ \text{ΗΣΜ - φορτίου}}{\text{cm}^2}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς δὲ τὸ σύστημα MKSA (πρακτικόν) :

$$\frac{1\ \text{Cb}}{\text{m}^2}$$

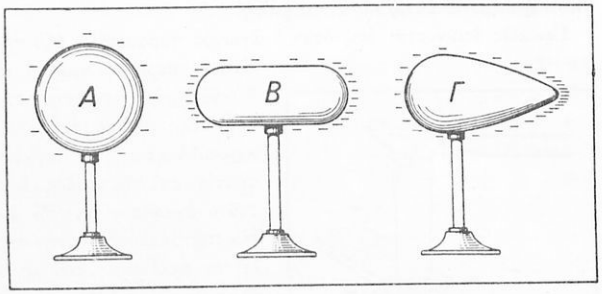
Τὴν ἐπιφανειακὴν πυκνότητα φορτίου δυνάμεθα νὰ σπουδάσωμεν διὰ τοῦ δοκιμαστικοῦ ἀγωγοῦ (ἢ ἄλλως καλουμένου δοκιμαστικοῦ ἐπιπέδου) ἀποτελουμένου ἐκ μικρᾶς μονωμένης σφαίρας ἢ ἐκ μικροῦ μεταλλικοῦ δίσκου (σχ. 92).



Σχ. 92. Προσδιορισμὸς τῆς κατανομῆς τοῦ φορτίου διὰ τοῦ δοκιμαστικοῦ ἀγωγοῦ.

Ἐὰν ὁ δοκιμαστικὸς ἀγωγὸς τεθῇ εἰς ἐπαφὴν πρός τινα περιοχὴν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, προσλαμβάνει ἐξ αὐτῆς φορτίον, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν μὲ τὴν βοήθειαν ἠλεκτροσκοπίου καταλλήλως βαθμολογημένου. Εἶναι φανερὸν ὅτι, ὅσον μεγαλύτερον φορτίον ἀποκομίζει ὁ δοκιμαστικὸς ἀγωγὸς ἐκ τῆς περιοχῆς τοῦ ἀγωγοῦ πρὸς τὴν ὁποίαν τίθεται εἰς ἐπαφήν, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου καὶ ἐπομένως τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐπιφανειακὴ πυκνότης φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἐκ πειραματικῶν ἐρευνῶν κατεδείχθη ὅτι ἡ διανομὴ τοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἀγωγοῦ, καὶ ἐπομένως ἡ ἐπιφανειακὴ πυκνότης φορτίου, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μορφῆς τοῦ ἀγωγοῦ. Οὕτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 93,Α), πλήρους ἢ κοίλου, τὸ φορτίον συγκεντροῦται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἡ δὲ διανομὴ τοῦ φορτίου εἶναι ὁμοιόμορφος, ἤτοι ἡ ἐπιφανειακὴ πυκνότης φορτίου εἶναι ἡ ἰδία εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ.



Σχ. 93. Ἡ κατανομὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἐὰν ἑπομένως τὸ ὁλικὸν ἐπιφανειακὸν φορτίον σφαίρας, ἀκτῖνος r, ἰσοῦται πρὸς q, ἡ ἐπιφανειακὴ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πυκνότης φορτίου τῆς σφαίρας θὰ εἶναι ἴση πρός :

$$\sigma = \frac{q}{4\pi r^2} \tag{2}$$

Ἐξ ἄλλου κατὰ τὸν νόμον τῆς ἠλεκτρικῆς ροῆς εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα ἔχομεν :

$$\Phi = 4\pi q \quad \text{καὶ} \quad \Phi = \mathcal{E} \cdot S, \qquad \text{ἐξ ὧν :} \quad \mathcal{E} = \frac{4\pi q}{S} = 4\pi\sigma$$

Εἰς δὲ τὸ σύστημα MKSA λαμβάνομεν :

$$\Phi = q \quad \text{καὶ} \quad \Phi = \varepsilon_0 \cdot \mathcal{E} \cdot S, \quad \text{ἐξ ὧν :} \quad \varepsilon_0 \mathcal{E} = \frac{q}{S} = \sigma$$

ἤτοι :

$$\mathcal{E} = 4\pi\sigma \tag{3}$$

εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, καί :

$$\varepsilon_0 \cdot \mathcal{E} = \sigma \tag{4}$$

εἰς τὸ σύστημα MKSA.

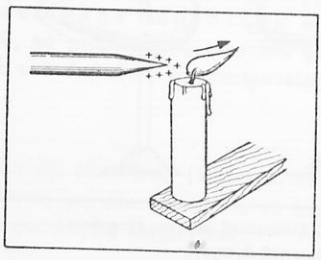
Αἱ σχέσεις (3) καὶ (4) συνδέουν τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου εἴς τι σημεῖον τῆς ἐπιφανείας ἀγωγοῦ μετὰ τῆς εἰς αὐτὸ κρατούσης ἐπιφανειακῆς πυκνότητος φορτίου.

Γενικώτερον, αἱ σχέσεις (3) καὶ (4) ἰσχύουν δι' ἠλεκτρικὸν πεδίον καὶ τὸ ὑπ' αὐτοῦ περιβαλλόμενον ἠλεκτρικὸν φορτίον, εἴτε τὸ φορτίον παράγει τὸ πεδίον, εἴτε ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ὑπὸ τοῦ πεδίου.

Εἰς ἀγωγὸν ὡς εἰς τὸ σχῆμα 93, Β ἡ ἐπιφανειακὴ πυκνότης εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, ἐνῷ εἰς τὸ μέσον ἡ πυκνότης εἶναι μικρά. Τέλος, εἰς τὸν ἀγωγὸν 93, Γ, ὁ ὁποῖος παρουσιάζει ὀξὺ σημεῖον, ἡ πυκνότης φορτίου ἔχει μεγίστην τιμὴν εἰς τὸ ὀξὺ σημεῖον.

Οὕτω, δι' ἐξερευνήσεως διὰ τοῦ δοκιμαστικοῦ ἀγωγοῦ τῆς διανομῆς τοῦ φορτίου, εὑρίσκομεν ὅτι : **α) εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ἐξερευνωμένου ἀγωγοῦ δὲν ὑφίσταται φορτίον, β) ὅλον τὸ φορτίον εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, γ) ἡ πυκνότης τοῦ φορτίου εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰς περιοχὰς ὅπου ἡ καμπυλότης εἶναι μεγάλη.**

Γενικῶς δεικνύεται ὅτι, ὅταν ὁ ἀγωγὸς παρουσιάζῃ ὀξὺ σημεῖον, ὡς π.χ. ἀκίδα, εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον δεικνύει τὴν μεγίστην πυκνότητα, διότι τὸ ἄκρον τῆς ἀκίδος ἀποτελεῖ περιοχὴν μεγίστης καμπυλότητος. Ἡ συγκέντρωσις μάλιστα τοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἀκίδος εἶναι τόσον μεγάλη, ὥστε τοῦτο ἐγκαταλείπει τὴν ἀκίδα καὶ εἰσχωρεῖ εἰς τὸν περιβάλλοντα αὐτὴν ἀέρα, οὕτω δὲ προκαλεῖται ἐκκένωσις τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν μάλιστα πλησίον τῆς ἀκίδος φορτισμένου ἀγωγοῦ πλησιάσωμεν φλόγα κηρίου, παρατηροῦμεν ὅτι δημιουργεῖται φύσημα, τὸ ὁποῖον πολλάκις δύναται νὰ ἀποσβέσῃ τὴν φλόγα (σχ. 94).



Σχ. 94. Ἡ ἐκροὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου προκαλεῖ φύσημα τῆς φλογός.

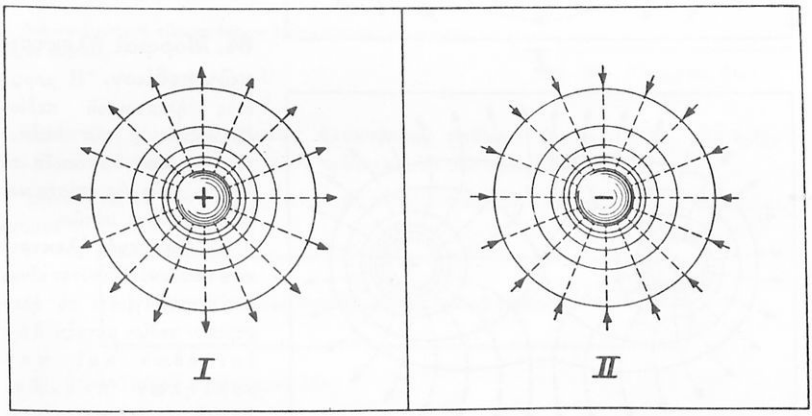
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

63. Ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι. Τὴν διανομὴν τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰς διαφόρους θέσεις ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου δυνάμεθα νὰ περιγράψωμεν τῇ βοηθείᾳ τῶν ἰσοδυναμικῶν ἐπιφανειῶν.

Ἰσοδυναμικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἡ ἐπιφάνεια, τῆς ὁποίας ὅλα τὰ σημεῖα εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ δυναμικόν.

Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ ἐπιφάνεια φορτισμένου ἀγωγοῦ, τοῦ ὁποίου τὰ φορτία εὑρίσκονται ἐν ἠρεμίᾳ, πρέπει νὰ εἶναι ἰσοδυναμικὴ ἐπιφάνεια. Διότι ἐὰν ὑπῆρχε διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ σημείων τῆς ἐπιφανείας, δὲν θὰ ὑφίστατο ἡ συνθήκη τῆς ἰσορροπίας, τὴν ὁποίαν ὑπεθέσαμεν.

Αἱ ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι πέριξ σημειακοῦ φορτίου (σχ. 95) εἶναι δέσμη συγκεντρικῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, αἱ ὁποῖαι παριστοῦν δυναμικὰ μεταβαλλόμενα ἀντιστρόφως ἀναλόγως πρὸς τὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φορτίου (βλ. σελ. 96).



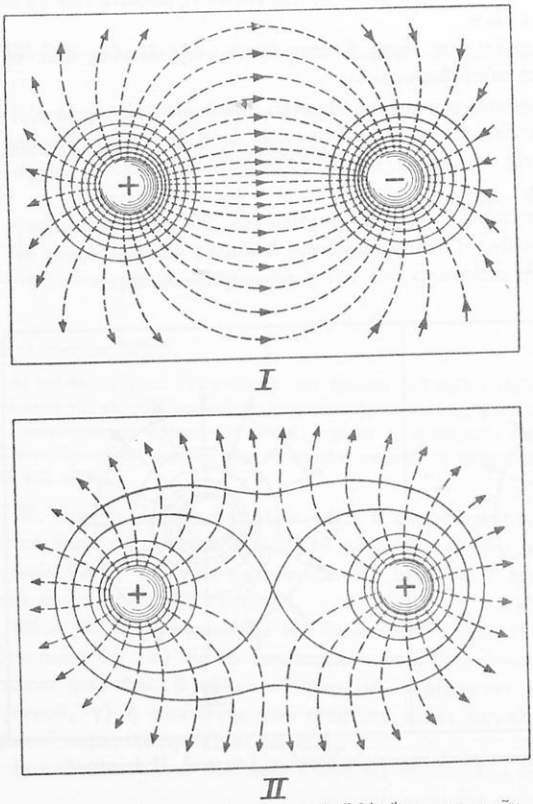
Σχ. 95. Ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι πέριξ σημειακῶν φορτίων: I θετικοῦ, II ἀρνητικοῦ.

Αἱ ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, εἶναι πάντοτε κάθετοι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς. Πράγματι, ἐπειδὴ μεταξὺ δύο οἱωνδήποτε σημείων μιᾶς ἰσοδυναμικῆς ἐπιφανείας ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι ἐξ ὁρισμοῦ ἴση πρὸς τὸ μηδέν, κατὰ τὴν ἐπὶ ἰσοδυναμικῶν ἐπιφανειῶν μετακίνησιν φορτίων τὸ παραγόμενον ἔργον ἰσοῦται πρὸς τὸ μηδέν. Ἀλλὰ τὸ ἔργον ὁρίζεται ὡς γινόμενον τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν προβολὴν τοῦ δρόμου ἐπὶ τὴν διεύθυνσίν της. Ἤτοι διὰ μίαν μικρὰν μετατόπισιν θὰ ἔχωμεν $A = F \cdot \Delta s \cdot \text{συν}\, \varphi$. Ἐπειδὴ ὅμως τὰ F καὶ s εἶναι διάφορα τοῦ μηδενὸς θὰ εἶναι κατ' ἀνάγκην καὶ συν $\varphi = 0$, ἐπομένως $\varphi = 90^0$. Ἀλλ' ὁ δρόμος, τὸν ὁποῖον ἀκολουθεῖ ἡ δύναμις τοῦ πεδίου συμπίπτει πρὸς δυναμικήν τινα γραμμήν. Ἑπομένως ἡ δύναμις, ἄρα καὶ ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου, εἰς οἱονδήποτε σημεῖον αὐτοῦ εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὴν ἀντίστοιχον ἰσοδυναμικὴν ἐπιφάνειαν. Ὅθεν, ἐὰν χαράξωμεν τὰς ἰσοδυναμικὰς ἐπιφανείας, δυ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νάμεθα ἀμέσως νὰ χαράξωμεν καὶ τὰς δυναμικὰς γραμμάς, ἀφοῦ αὗται, εἰς ὅλα τὰ σημεῖα, εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὰς ἰσοδυναμικὰς ἐπιφανείας, τὰς ὁποίας τέμνουν.

Εἰς τὸ σχῆμα 96 δεικνύονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ὡς καὶ αἱ ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὴν περίπτωσιν δύο ἑτερωνύμων (Ι) καὶ δύο ὁμωνύμων (ΙΙ) ἠλεκτρικῶν φορτίων.



Σχ. 96. Ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι πέριξ δύο ἴσων σημειακῶν φορτίων: Ι ἑτερωνύμων, ΙΙ ὁμωνύμων θετικῶν.

64. Μορφαὶ ἠλεκτρικῶν πεδίων. Ἡ μορφὴ ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν θέσεων τῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα τὸ δημιουργοῦν ὡς ἐπίσης καὶ ἐκ τοῦ εἴδους αὐτῶν.

α) Ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίον. Τοιοῦτον εἶναι ἐπὶ παραδείγματι τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον μεταξὺ δύο ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων πλακῶν. Τὸ πεδίον τοῦτο παριστᾶται ὑπὸ ἰσοδιαστάτων καὶ παραλλήλων δυναμικῶν γραμμῶν καὶ ἐπομένως τὰ φορτία, ἐκ τῶν ὁποίων αὗται πηγάζουν, κατανέμονται ὁμοιομόρφως ἐπὶ τῶν παραλλήλων πλακῶν.

Θεωρήσωμεν ἤδη δύο τοιαύτας παραλλήλους καὶ ἐπιπέδους πλάκας, ὡς αἱ τοῦ σχήματος 97, φορτισμένας οὕτως, ὥστε νὰ παρουσιάζουν μεταξύ των διαφορὰν δυναμικοῦ:

$$U = U_2 - U_1$$

Ἐὰν $\mathcal{E}$ ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου καὶ l ἡ μεταξὺ τῶν πλακῶν ἀπόστασις, τότε, ὡς ἀποδεικνύεται, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U καὶ ἡ ἔντασις $\mathcal{E}$ τοῦ πεδίου συνδέονται διὰ τῆς σχέσεως:

$$\mathcal{E} = \frac{U}{l} \qquad (1)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀπόδειξις. Ἐὰν ἓν φορτίον q, μετακινηθῇ ἀπὸ τῆς μιᾶς πλακὸς εἰς τὴν ἑτέραν, δεδομένου ὅτι ἐπὶ τοῦ φορτίου θὰ ἀσκῆται ὑπὸ τοῦ πεδίου ἡ δύναμις $\mathcal{F}$, παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου ἔργον A ἴσον πρός :

$$A = \mathcal{F} \cdot l \qquad (2)$$

ὅπου l ὁ δρόμος κατὰ τὸν ὁποῖον μετατοπίζεται τὸ φορτίον.

Ἡ δύναμις $\mathcal{F}$ ἰσοῦται, ὡς γνωστόν, πρός :

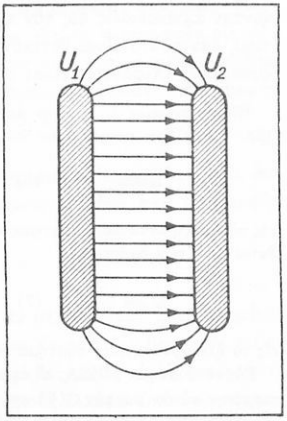
$$\mathcal{F} = \mathcal{E} \cdot q \qquad (3)$$

Ἐξ ἄλλου, συμφώνως πρὸς τὴν § 58, τὸ ἔργον A, τὸ παραγόμενον κατὰ τὴν μετακίνησιν φορτίου q, μεταξὺ δύο σημείων τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν μεταξύ των διαφορὰν δυναμικοῦ $U_2 - U_1 = U$ ἰσοῦται πρός :

$$A = \left(U_2 - U_1 \right) \cdot q = U \cdot q \qquad (4)$$

Διὰ συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (2), (3) καὶ (4), λαμβάνομεν εὐκόλως :

$$\mathcal{E} = \frac{U}{l}$$



Σχ. 97. Ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίον.

Πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ἐκ τοῦ τύπου (1) ὁρίζεται ἡ μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σύστημα MKSA[1].

Ἐπειδὴ εἰς τὸ σύστημα τοῦτο μονὰς τάσεως εἶναι τὸ Volt καὶ μήκους τὸ μέτρον, ἔχομεν :

$$1 \text{ πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου} = 1 \frac{\text{Volt}}{\text{m}}$$

Δι' ὑπολογισμοῦ εὑρίσκομεν ὅτι :

$$1 \frac{\text{Volt}}{\text{m}} = \frac{1}{3 \cdot 10^4} \text{ ΗΣΜ} - \text{ἐντάσεως πεδίου}$$

Ὡς πολλαπλάσιον τῆς ἀνωτέρω μονάδος χρησιμοποιεῖται συχνὰ τὸ V/cm, εἶναι δέ :

$$1 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = 100 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

β) Ἠλεκτρικὸν πεδίον περὶ σημειῶδες φορτίον. Τὸ πεδίον τοῦτο εἶναι ἀνομοιογενὲς καὶ παρουσιάζει ἀκτινικὴν συμμετρίαν. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐκτεί-

1. Βεβαίως ἐκ τοῦ τύπου (1) δύναται νὰ ὁρισθῇ καὶ ἡ μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα ὡς 1 ΗΣΜ-τάσεως ἀνὰ cm. Ἡ μονὰς αὕτη εἶναι ταυτόσημος πρὸς τὴν εἰς τὴν § 52 ὁρισθεῖσαν, ἀλλὰ δὲν χρησιμοποιεῖται.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νονται ἀκτινοειδῶς εἰς τὸν περιβάλλοντα τὸ φορτίον χῶρον, ἐκκινοῦσαι ἐκ τοῦ φορτίου, ἐὰν τοῦτο εἶναι θετικὸν ἢ καταλήγουσαι εἰς αὐτό, ἐὰν εἶναι ἀρνητικόν. Αἱ ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι εἶναι συγκεντρικαὶ σφαιρικαὶ ἐπιφάνειαι.

Εἷς τι σημεῖον Σ, ἀπέχον ἀπόστασιν r ἀπὸ τοῦ σημειακοῦ φορτίου q, ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου (βλ. § 52) ἔχει μέτρον ἴσον πρός :

$$E = \frac{q}{r^2} \qquad (5) \qquad \text{ἢ} \qquad E = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \qquad (6)$$

εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα καὶ τὸ σύστημα MKSA ἀντιστοίχως. Τὸ δὲ δυναμικὸν τοῦ Σ δίδεται ὑπὸ τῶν σχέσεων :

$$U = \frac{q}{r} \qquad (7) \qquad \text{ἢ} \qquad U = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r} \qquad (8)$$

εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα καὶ τὸ σύστημα MKSA ἀντιστοίχως.

Εἷς τὸ σύστημα MKSA, αἱ ἐκφράσεις τῆς ἐντάσεως καὶ τοῦ δυναμικοῦ λαμβάνουν τὴν ὀρθολογισμένην αὐτῶν μορφήν : (6) καὶ (8), δικαιολογοῦσαι πλήρως τὴν σφαιρικὴν κατανομὴν (4π στερεακτινίων), ἡ ὁποία δὲν διακρίνεται εἰς τὰς σχέσεις (5) καὶ (7).

Τὸ δυναμικὸν εἶναι θ ε τ ι κ ὸ ν ἐὰν καὶ τὸ φορτίον εἶναι θετικόν, ὁπότε, κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς μονάδος τοῦ θετικοῦ φορτίου, ἀπὸ τὸ ἐν λόγῳ σημεῖον μέχρι τοῦ ἀπείρου, ἀ π ο δ ί δ ε τ α ι ἔργον.

Τὸ δυναμικὸν εἶναι ἀ ρ ν η τ ι κ ό ν, ἐὰν καὶ τὸ φορτίον εἶναι ἀρνητικόν, ὁπότε, κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς μονάδος τοῦ θετικοῦ φορτίου ἀπὸ τὸ θεωρούμενον σημεῖον μέχρι τοῦ ἀπείρου, κ α τ α ν α λ ί σ κ ε τ α ι ἔργον, ἀπαραίτητον διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῆς μεταξὺ ἑτερωνύμων φορτίων ἕλξεως.

Ἀπόδειξις τῶν τύπων τοῦ δυναμικοῦ. Πρὸς εὕρεσιν τοῦ δυναμικοῦ εἷς τι σημεῖον Σ, ἀπέχοντος ἀπόστασιν r ἀπὸ τοῦ φορτίου q, ἀρκεῖ νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τὸ παραγόμενον κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου Q ἀπὸ τοῦ ἐν λόγῳ σημείου μέχρι τοῦ ἀπείρου. Πρὸς τοῦτο, ἐπειδὴ ἡ δύναμις δὲν εἶναι σταθερά, χωρίζομεν τὸν ὅλον δρόμον εἰς πολὺ μικρὰ τμήματα, τοιαῦτα ὥστε κατὰ μῆκος ἑκάστου ἐξ αὐτῶν νὰ δύναται νὰ θεωρηθῇ σταθερὰ ἡ δύναμις.

Ὑπολογίζομεν τὰ μερικὰ στοιχειώδη ἔργα καὶ διὰ προσθέσεως ἀκολούθως αὐτῶν, τὸ ὁλικὸν ἔργον. Τοιουτοτρόπως εὑρίσκομεν :

$$A_{\Sigma,\,\infty} = \frac{q \cdot Q}{r} \qquad (9)$$

εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, ἢ :

$$A_{\Sigma,\,\infty} = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot Q}{r} \qquad (10)$$

εἰς τὸ σύστημα MKSA. Ἀλλ' ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τοῦ δυναμικοῦ εἶναι :

$$U_\Sigma = \frac{A_{\Sigma,\,\infty}}{Q} \qquad (11)$$

Διὰ συνδυασμοῦ τῶν ἐξισώσεων (9) καὶ (10) μετὰ τῆς (11), εὑρίσκομεν :

$$U_\Sigma = \frac{q}{r}$$

εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, ἢ :

$$U_\Sigma = \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$$

εἰς τὸ σύστημα MKSA.

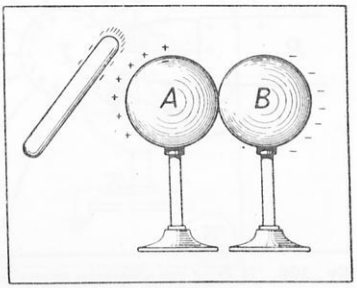
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γ) Ἠλεκτρικὸν πεδίον περὶ δύο ἑτερώνυμα σημειώδη φορτία. Περὶ ἕκαστον σημειῶδες φορτίον σχηματίζεται ἀνὰ ἓν πεδίον, ὡς τὸ περιγραφὲν εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν. Εἰς ἕκαστον σημεῖον ἡ ἔντασις τοῦ συνισταμένου πεδίου εὑρίσκεται ὡς τὸ γεωμετρικὸν ἄθροισμα τῶν δύο ἐπὶ μέρους ἐντάσεων. Τὴν μορφὴν ἑνὸς τοιούτου συνισταμένου πεδίου παρέχει τὸ σχῆμα 96, Ι.

δ) Ἠλεκτρικὸν πεδίον περὶ δύο ὁμώνυμα σημειώδη φορτία. Καὶ διὰ τὸ πεδίον τοῦτο ἰσχύουν τὰ ἀναφερθέντα καὶ διὰ τὸ προηγούμενον, τὴν δὲ μορφὴν αὐτοῦ δεικνύει τὸ σχῆμα 96, ΙΙ.

65. Ἠλέκτρισις δι' ἁπλῆς ἐπαφῆς. Ὅταν ἓν σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον τότε μὲ τὴν βοήθειαν αὐτοῦ δυνάμεθα νὰ ἠλεκτρίσωμεν ἕτερον, ἐὰν θέσωμεν τοῦτο εἰς ἁπλῆν ἐπαφὴν μετὰ τοῦ πρώτου. Οὕτως, ἐπὶ παραδείγματι, τὸ ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας (κουφοξυλιᾶς) σφαιρίδιον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς ἕλκεται ὑπὸ ὑαλίνης ράβδου ἠλεκτρισθείσης διὰ τριβῆς, ἀλλ' εὐθὺς ὡς ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὴν ἠλεκτρισμένην ὕαλον ἀπωθεῖται ὑπ' αὐτῆς, διότι λόγῳ ἁπλῆς ἐπαφῆς τοῦ σφαιριδίου πρὸς τὴν ὕαλον προσέλαβε τοῦτο ἐκ τῆς ράβδου ὁμόσημον φορτίον καὶ ὡς ἐκ τούτου ἀπωθεῖται ἀκολούθως ὑπ' αὐτῆς.

66. Ἠλέκτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς (ἢ ἠλέκτρισις ἐξ ἐπιδράσεως). Θεωρήσωμεν δύο μεταλλικὰς σφαίρας Α καὶ Β ἐπὶ μονωτικῶν στηριγμάτων, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 98. Ἐὰν φέρωμεν αὐτὰς εἰς ἐπαφὴν καὶ ἀκολούθως τὰς προσγειώσωμεν, εἴμεθα βέβαιοι, μετὰ τὴν διακοπὴν τῆς προσγειώσεως, ὅτι αἱ δύο ἐν ἐπαφῇ σφαῖραι εἶναι ἀφόρτιστοι. Ἀκολούθως πλησιάζομεν μίαν ἀρνητικῶς φορτισμένην ράβδον εἰς τὴν σφαῖραν Α, ἐνῷ αὕτη εὑρίσκεται ἐν ἐπαφῇ μετὰ τῆς Β. Ἤδη, διατηρουμένης τῆς φορτισμένης ράβδου πλησίον τῆς σφαίρας Α, διακόπτομεν τὴν ἐπαφὴν τῶν δύο σφαιρῶν Α καὶ Β καὶ ἐν συνεχείᾳ ἀπομακρύνομεν καὶ τὴν ράβδον. Ἐὰν ἐλέγξωμεν τὰς δύο σφαίρας, εὑρίσκομεν ὅτι ἡ Α εἶναι φορτισμένη θετικῶς ἐνῷ ἡ Β ἀρνητικῶς.

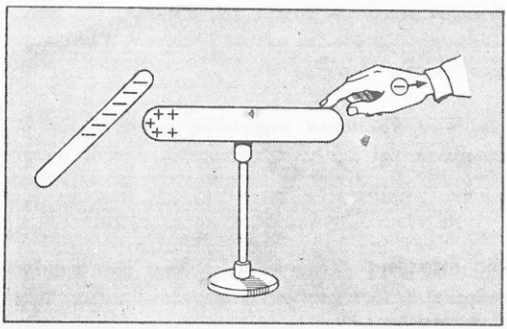


Σχ. 98. Ἠλέκτρισις δύο σφαιρῶν ἐξ ἐπαγωγῆς.

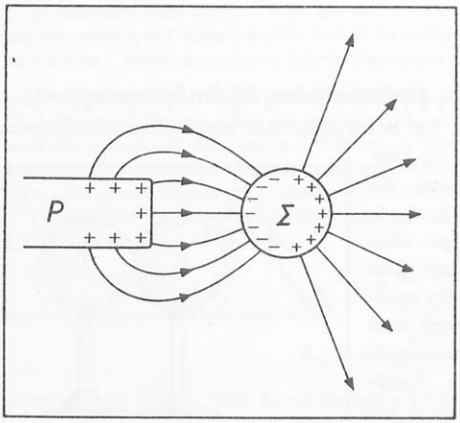
Ὁμοίως, ἂς θεωρήσωμεν ἕνα κυλινδρικὸν ἀγωγὸν (σχ. 99), τὸν ὁποῖον ἐγγίζομεν διὰ τῆς χειρὸς εἰς τὸ ἓν ἄκρον αὐτοῦ (δηλαδὴ τὸν προσγειώνομεν), εἰς δὲ τὸ ἕτερον ἄκρον πλησιάζομεν μίαν ἀρνητικῶς φορτισμένην ράβδον. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν π ρ ῶ τ ο ν τὴν χεῖρα μας ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν καὶ κατόπιν τὴν φορτισμένην ράβδον, εὑρίσκομεν ὅτι ὁ κυλινδρικὸς ἀγωγὸς κατέστη θετικῶς φορτισμένος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁ τρόπος οὗτος φορτίσεως ἑνὸς σώματος, διὰ τῆς παρουσίας φορτισμένου σώματος εἰς τὴν γειτονίαν αὐτοῦ, ὀνομάζεται **ἠλέκτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως)**, ἐξηγεῖται δὲ ἐκ τῆς συμπεριφορᾶς τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων (§ 48) ὡς ἑξῆς : Κατὰ τὴν προσέγγισιν τῆς φορτισμένης ράβδου εἰς τὸν ἀγωγὸν τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια αὐτοῦ ἀπωθοῦνται πρὸς τὸ ἀντίθετον ἄκρον, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει πλέον περίσσειαν ἠλεκτρονίων, ἐνῷ ἡ μετακίνησίς των αὕτη κατέστησε τὸ ἐγγὺς τῆς ράβδου ἄκρον μὲ ὀλιγώτερα ἠλεκτρόνια τῶν κανονικῶν· εἰς τὸ ἄκρον αὐτὸ δηλαδὴ ὑπάρχει περίσσεια, θετικῶς φορτισμένων καὶ μὴ δυναμένων νὰ μετακινηθοῦν, ἀτόμων. Ἐὰν τμήσωμεν τὸν ἀγωγόν, εἴς τι σημεῖον, εἰς δύο, ἐνῷ οὗτος διατελεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς φορτισμένης ράβδου (περίπτωσις τοῦ πρώτου παραδείγματος μὲ τὰς σφαίρας), λαμβάνομεν δύο μονίμως καὶ ἀντιθέτως φορτισμένα σώματα.



Σχ. 99. Ἠλέκτρισις κυλινδρικοῦ ἀγωγοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς.



Σχ. 100. Ἡ ἔλξις τοῦ οὐδετέρου σφαιριδίου Σ ὑπὸ τῆς φορτισμένης ράβδου P εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ἀπώσεως, διότι τὰ ἐξ ἐπαγωγῆς θετικὰ φορτία εἶναι μακρύτερον τῆς ράβδου ἀπὸ ὅ,τι τὰ ἀρνητικά.

Ἐὰν ἐγγίσωμεν τὸν ἀγωγὸν (περίπτωσις δευτέρου παραδείγματος), τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἀπωθοῦνται ἀπὸ τὴν φορτισμένην ράβδον, ἀκολουθοῦν τὴν ὁδὸν πρὸς τὸ ἔδαφος διὰ μέσου τοῦ σώματος ἡμῶν, ἐνῷ τὰ θετικὰ ἰόντα παραμένουν ἀκίνητα.

Ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν θετικῶς φορτισμένον σῶμα εἰς παρόμοια πειράματα, παρατηροῦμεν ἀντίθετα ἀποτελέσματα. Ἡ πλησιεστέρα, πρὸς τὸ φορτισμένον σῶμα, σφαῖρα φορτίζεται ἀρνητικῶς, ἐνῷ ἡ ἑτέρα θετικῶς.

Ὁμοίως ὁ κυλινδρικὸς ἀγωγὸς τοῦ σχήματος 99 καθίσταται θετικῶς φορτισμένος, διότι ἠλεκτρόνια τοῦ ἀγωγοῦ διοχετεύονται εἰς τὸ ἔδαφος μέσῳ τῆς χειρός μας.

Γενικῶς συνάγομεν ὅτι, κατὰ τὴν ἠλέκτρισιν ἐξ ἐπαγωγῆς, τὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σημεῖον τοῦ οὕτως ἀναφαινομένου φορτίου εἶναι ἀντίθετον πρὸς τὸ σημεῖον τοῦ ἐπάγοντος.

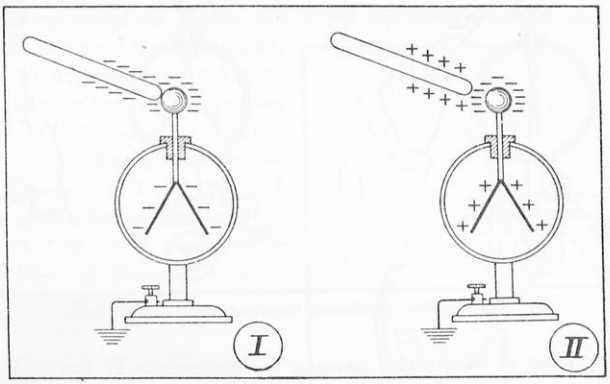
Διὰ τῆς ἠλεκτρίσεως ἐξ ἐπαγωγῆς ἐξηγεῖται καὶ ἡ ἐμφάνισις ἑλκτικῶν δυνάμεων μεταξὺ ἑνὸς φορτισμένου καὶ ἑνὸς οὐδετέρου σώματος, π.χ. μεταξὺ τῆς φορτισμένης ράβδου P καὶ τῆς οὐδετέρας σφαίρας Σ τοῦ σχήματος 100. Διότι λόγῳ τῆς ἠλεκτρίσεως ἐξ ἐπαγωγῆς, εἰς τὸ τμῆμα τῆς σφαίρας, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἀπέναντι τῆς ράβδου, παρουσιάζεται πάντοτε φορτίον ἀντίθετον πρὸς τὸ τῆς ράβδου καὶ οὕτω τὰ ἑτερώνυμα αὐτὰ φορτία ἕλκονται.

Διὰ τῶν δυνάμεων ἀκριβῶς αὐτῶν ἐξηγεῖται καὶ ἡ ἔλξις μικρῶν τεμαχίων χάρτου ὑπὸ φορτισμένης ράβδου, ἡ ἀρχικῶς παρατηρουμένη ἔλξις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς κλπ.

Κατὰ τὰ ἀνωτέρω, ἀνεξαρτήτως τοῦ εἴδους τοῦ φορτίου φορτιζομένου σώματος, παρουσιάζεται πάντοτε ἕλξις μεταξὺ αὐτοῦ καὶ ἑνὸς οὐδετέρου σώματος.

Τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐξ ἠλεκτρικῆς ἐπαγωγῆς φορτία, κατανέμονται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν.

67. Φόρτισις ἠλεκτροσκοπίου. Ἠλεκτροσκόπιον δυνάμεθα νὰ φορτίσωμεν δι' ἐπαφῆς τῆς σφαίρας αὐτοῦ πρὸς ἠλεκτρισμένην ράβδον, π.χ. ἐβονίτου (σχ. 101, I),

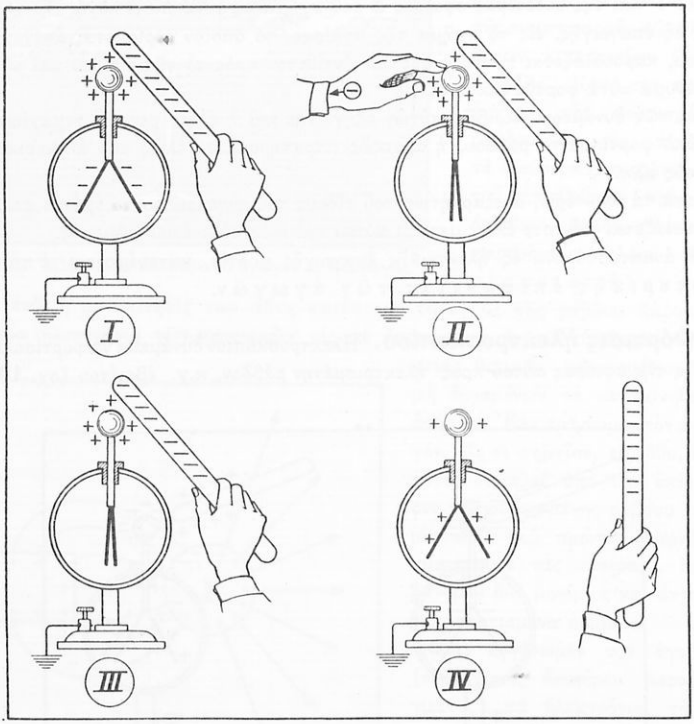


Σχ. 101. Φόρτισις ἠλεκτροσκοπίου: I ἐξ ἐπαφῆς, II ἐξ ἐπαγωγῆς.

ὅτε τὸ ἠλεκτροσκόπιον, μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ράβδου ἐβονίτου, θὰ φέρῃ μονίμως ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἀπαλλάσσεται ἀπὸ τοῦ φορτίου ἐὰν ἐγγίσωμεν τὴν σφαῖραν αὐτοῦ διὰ τοῦ δακτύλου. Δυνάμεθα ὅμως νὰ φορτίσωμεν τὸ ἠλεκτροσκόπιον καὶ ἐξ ἐπαγωγῆς, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα (101, II). Οὕτως, ἐὰν εἰς τὴν σφαῖραν τοῦ ἠλεκτροσκοπίου πλησιάσωμεν, χωρὶς νὰ θέσωμεν αὐτὴν εἰς ἐπαφήν, ράβδον ἠλεκτρισμένην, π.χ. θετικῶς, τότε ἡ μὲν σφαῖρα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου φορτίζεται ἀρνητικῶς, τὸ δὲ κάτω μέρος τοῦ στελέχους καὶ τὰ φύλλα φορτί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

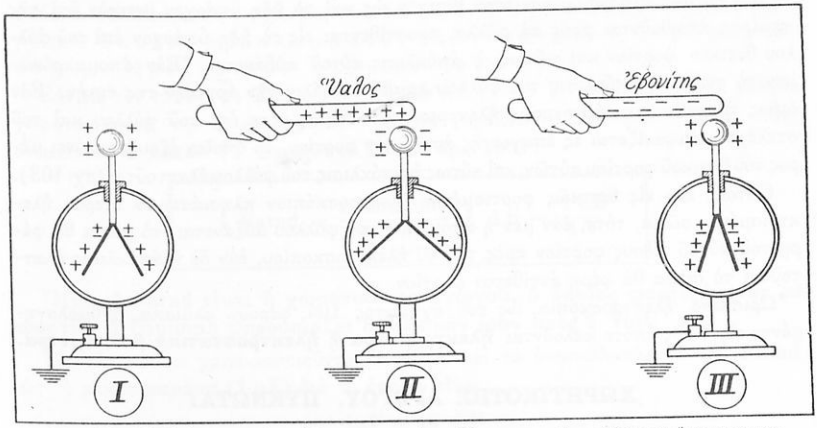
ζονται θετικῶς, καὶ ὡς ἐκ τούτου τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουν. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν ἐπιδρῶσαν ράβδον, τότε τὰ δύο φορτία ἐξουδετεροῦνται ἐκ νέου καὶ ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων μηδενίζεται.



Σχ. 102. Τρόπος φορτίσεως ἠλεκτροσκοπίου ἐξ ἐπαγωγῆς.

Δυνάμεθα ὅμως νὰ φορτίσωμεν μονίμως ἠλεκτροσκόπιον ἐξ ἐπαγωγῆς καὶ μάλιστα μὲ ὡρισμένον εἶδος φορτίου, κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Πρὸς τὴν σφαῖραν τοῦ ἠλεκτροσκοπίου πλησιάζομεν ράβδον ἠλεκτρισμένην, π.χ. ἀρνητικῶς (σχ. 102, I), ὁπότε ἡ σφαῖρα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου φορτίζεται θετικῶς καὶ τὸ κάτω μέρος τοῦ στελέχους καὶ τῶν φύλλων ἀρνητικῶς, οὕτω δὲ τὰ φύλλα ἀποκλίνουν. Ἐὰν ἤδη, κρατοῦντες τὴν ράβδον ἐγγὺς τῆς σφαίρας, θέσωμεν εἰς ἐπικοινωνίαν τὴν σφαῖραν διά τινος ἀγωγοῦ πρὸς τὴν Γῆν, τότε τὰ ἀρνητικὰ φορτία, ἀπωθούμενα ὑπὸ τῆς ἐπιδρώσης ράβδου, ἐκρέουν πρὸς τὴν Γῆν, ἐνῷ τὰ θετικὰ φορτία συγκρατοῦνται ἐπὶ τῆς σφαίρας ὑπὸ τοῦ φορτίου τῆς ἐπιδρώσης ράβδου (σχ. 102, II), ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου μηδενίζεται ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Ἐὰν ἤδη

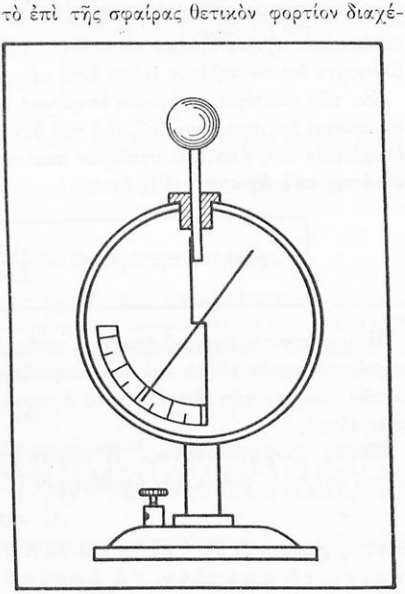
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 103. Ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων φορτισμένου ἠλεκτροσκοπίου αὐξάνεται ὅταν προσεγγίζωμεν εἰς αὐτὸ ὁμωνύμως φορτισμένον σῶμα, ἐλαττοῦται δὲ ὅταν προσεγγίζωμεν ἑτερωνύμως φορτισμένον.

πρῶτον διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν πρὸς τὴν Γῆν καὶ κατόπιν εὐθὺς ἀμέσως ἀπομακρύνωμεν τὴν ἐπιδρῶσαν ῥάβδον, τότε τὸ ἐπὶ τῆς σφαίρας θετικὸν φορτίον διαχέεται ἐφ' ὁλοκλήρου τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ἤτοι ἐπὶ τοῦ στελέχους καὶ τοῦ φύλλου, οὕτω δὲ τὸ φύλλον αὐτοῦ ἀποκλίνει ἐκ νέου, τὸ δὲ ἠλεκτροσκόπιον φέρει ἤδη γνωστοῦ εἴδους ἠλεκτρικὸν φορτίον, ἤτοι θετικὸν (σχ. 102, IV). Ἐὰν ἡ ἐπιδρῶσα ῥάβδος ἔφερε ἀρχικῶς θετικὸν φορτίον, τότε, κατὰ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς τρόπον, τὸ ἠλεκτροσκόπιον θὰ ἀπέκτα ἀρνητικὸν φορτίον.

Διὰ τοῦ θετικῶς φορτισθέντος ἠλεκτροσκοπίου δυνάμεθα νὰ ἐξακριβώσωμεν τὸ εἶδος τοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον φέρει ἠλεκτρισμένον σῶμα. Πράγματι, ἐὰν πλησιάσωμεν σῶμα φέρον θετικὸν φορτίον, ἤτοι τοῦ αὐτοῦ εἴδους πρὸς τὸ τοῦ φύλλου τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου αὐτοῦ αὐξάνεται, διότι, λόγῳ ἐπιδράσεως ἐπὶ τοῦ στελέχους καὶ τοῦ φύλλου, ἐμφανίζεται ἀρνητικὸν φορτίον ἐπὶ τῆς σφαίρας, ἐνῷ



Σχ. 104. Ἠλεκτρόμετρον Braun.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ συγχρόνως ἐμφανιζόμενον ἴσον θετικὸν ὡς καὶ τὸ ἤδη ὑπάρχον θετικὸν ἐπὶ τῆς σφαίρας ἀπωθοῦνται πρὸς τὰ φύλλα, προστίθενται εἰς τὸ ἤδη ὑπάρχον ἐπὶ τοῦ φύλλου θετικὸν φορτίον καὶ οὕτως ἡ ἀπόκλισις αὐτοῦ αὐξάνεται. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ σῶμα, ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου λαμβάνει πάλιν τὴν ἀρχικήν της τιμήν. Ἐὰν ὅμως πλησιάσωμεν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον σῶμα, τότε ἐπὶ τοῦ φύλλου καὶ τοῦ στελέχους ἐμφανίζεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἀρνητικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον ἐξουδετερώνει μέρος τοῦ θετικοῦ φορτίου αὐτῶν, καὶ οὕτως ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου ἐλαττοῦται (σχ. 103).

Οὕτως, ἐὰν εἰς θετικῶς φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον πλησιάσωμεν ἕτερον ἠλεκτρισμένον σῶμα, τότε, ἐὰν μὲν ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου αὐξάνεται, τὸ σῶμα θὰ φέρῃ τοῦ αὐτοῦ εἴδους φορτίον πρὸς τὸ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ἐὰν δὲ ἡ ἀπόκλισις ἐλαττοῦται τὸ σῶμα θὰ φέρῃ ἀντίθετον φορτίον.

Ὡρισμένα ἠλεκτροσκόπια, ὡς τοῦ σχήματος 104, φέρουν κλίμακα, βαθμολογημένην εἰς Volt, ὁπότε καλοῦνται **ἠλεκτρόμετρα** ἢ **ἠλεκτροστατικὰ βολτόμετρα.**

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΣ ΑΓΩΓΟΥ. ΠΥΚΝΩΤΑΙ

68. Χωρητικότης ἀγωγοῦ. Πρὸς ὁρισμὸν τῆς ἐννοίας τῆς χωρητικότητος, ἀναχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἀκολούθου βασικοῦ πειράματος. Ἔστω ἀγωγὸς σφαῖρα, εἰς τὴν ὁποίαν μεταδίδομεν φορτίον q, ὅτε διὰ τοῦ ἠλεκτρομέτρου εὑρίσκομεν, ὅτι αὕτη ἀποκτᾷ δυναμικὸν U. Ἐὰν διαδοχικῶς δώσωμεν εἰς τὴν σφαῖραν φορτία q_1, q_2 κ.ο.κ., εὑρίσκομεν ὅτι αὕτη ἀποκτᾷ δυναμικὸν U_1, U_2 κ.ο.κ. Ἐὰν δὲ εἰς ἑκάστην περίπτωσιν σχηματίζωμεν τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου διὰ τοῦ ἀντιστοίχου δυναμικοῦ, βλέπομεν ὅτι τὸ πηλίκον τοῦτο ἔχει πάντοτε τὴν ἰδίαν τιμήν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ἑπομένως ὅτι τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου (q), τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἐπί τινος ἀγωγοῦ, διὰ τοῦ δυναμικοῦ (U), τὸ ὁποῖον ἐπικρατεῖ εἰς τὴν ἐπιφάνειάν του, ἀποτελεῖ σταθερὰν ποσότητα, καλεῖται δὲ ἡ ποσότης αὕτη **χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ (C),** ἤτοι:

$$\text{χωρητικότης ἀγωγοῦ} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{δυναμικόν}} \quad \text{ἢ} \quad C = \frac{q}{U} \qquad (1)$$

Ἡ χωρητικότης ἀγωγοῦ ἀποτελεῖ σταθερὰν ποσότητα καί, ἐφ' ὅσον οὗτος εὑρίσκεται εἰς τὸν κενὸν χῶρον καὶ δὲν γειτνιάζει πρὸς ἄλλους ἀγωγούς, ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῶν γεωμετρικῶν ἰδιοτήτων τοῦ ἀγωγοῦ, ἤτοι ἐκ τοῦ σχήματος καὶ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ.

Μονὰς χωρητικότητος. Ἡ φυσικὴ σημασία τῆς χωρητικότητος καθορίζεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου, ἐὰν ὑποθέσωμεν $U = 1$, ὅτε προκύπτει:

$$C = q$$

ἤτοι: ἡ χωρητικότης ἀγωγοῦ ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς ἐκεῖνο τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον προσδίδει εἰς τὸν ἀγωγὸν τὸ δυναμικὸν 1.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Κατὰ συνέπειαν τὴν χωρητικότητα 1 ἔχει ἐκεῖνος ὁ ἀγωγός, ὁ ὁποῖος προσλαμβάνει τὸ δυναμικὸν 1, ὅταν φορτισθῇ μὲ ἠλεκτρικὸν φορτίον ἴσον πρὸς 1.

Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (1) θέσωμεν $q = 1$ Cb καὶ $U = 1$ V, εὑρίσκομεν τὴν μονάδα χωρητικότητος, τὴν ὁποίαν χρησιμοποιεῖ τὸ (πρακτικὸν) σύστημα MKSA. Αὕτη ὀνομάζεται **1 Farad (1 Φαράντ = 1 F).** Ἄρα εἶναι :

$$1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}} \quad \text{ἢ} \quad 1\text{F} = \frac{1\text{ Cb}}{1\text{ V}}$$

Ἤτοι, **1 Farad εἶναι ἡ χωρητικότης ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος φορτιζόμενος μὲ φορτίον 1 Coulomb παρουσιάζει δυναμικὸν ἴσον πρὸς 1 Volt.**

Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται συνήθως καὶ τὰ ὑποπολλαπλάσια τοῦ Farad, ὡς τὸ **μικροφαράντ (1 μF)** διὰ τὸ ὁποῖον εἶναι :

$$1\mu\text{F} = 10^{-6}\ \text{F}$$

καὶ τὸ **μικρομικροφαράντ (1μμF)**, καλούμενον καὶ **πικοφαράντ (1 pF)**, ἴσον πρός :

$$1\ \mu\mu\text{F}\ (\text{ἢ } 1\text{pF}) = 10^{-12}\ \text{F}$$

Τὴν ἠλεκτροστατικὴν μονάδα χωρητικότητος ὁρίζομεν, θέτοντες εἰς τὸν τύπον (1) $q = 1$ ΗΣΜ–φορτίου καὶ $U = 1$ ΗΣΜ–τάσεως. Ἐπειδὴ $U = q/r$, ὁ τύπος (1) δίδει :

$$C = r$$

ἤτοι ἡ χωρητικότης, ἔχει διαστάσεις μήκους καὶ διὰ τοῦτο εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα ἡ μονὰς χωρητικότητος καλεῖται **1 cm.**

Μεταξὺ ἠλεκτροστατικῆς μονάδος χωρητικότητος καὶ πρακτικῆς τοιαύτης, ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$1\text{ F} = 0{,}9 \cdot 10^{12}\ \text{ΗΣΜ} - \text{χωρητικότητος}$$

δηλαδὴ κατὰ προσέγγισιν εἶναι :

$$1\mu\mu\text{F}\ (\text{ἢ } 1\ \text{picoFarad}) = 1\ \text{ΗΣΜ} - \text{χωρητικότητος} = 1\ \text{cm}.$$

***69. Ὑπολογισμὸς τῆς χωρητικότητος σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.** Ἔστω σφαιρικὸς ἀγωγὸς ἀκτῖνος r. Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον : $C = q/U$.

Ἐκ τῶν προηγουμένων ὅμως γνωρίζομεν, ὅτι τὸ δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $U = q/r$, ἐὰν δὲ τὴν τιμὴν ταύτην ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὸν προηγούμενον τύπον, εὑρίσκομεν ὅτι :

$$C = r\ \text{cm} \qquad \text{εἰς τὸ ΗΣΜ}$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: Ἡ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἐκφράζεται εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα εἰς cm, διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ διὰ τοῦ ὁποίου ἐκφράζεται ἡ ἀκτὶς τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰς cm.

Εἰς τὸ σύστημα MKSA ἡ ἔκφρασις ἡ παρέχουσα τὴν χωρητικότητα σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι ἡ :

$$C = 4\ \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r$$

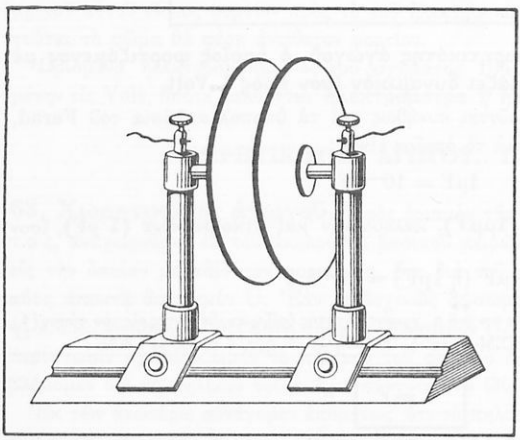
Αὕτη δὲ ἐξάγεται τῇ βοηθείᾳ τοῦ τύπου (8) τῆς § 64.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐφαρμογή. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ Γῆ ἀποτελεῖ σφαιρικὸν ἀγωγόν. Ἐπειδὴ ἡ μέση ἀκτὶς αὐτῆς εἶναι περίπου 6370 km, ἡ χωρητικότης αὐτῆς θὰ εἶναι $6,37 \cdot 10^8$ cm, ἤ, ἂν θέλωμεν νὰ ἐκφράσωμεν αὐτὴν εἰς Farad, αὕτη θὰ ἰσοῦται πρὸς : $C = 6,37 \cdot 10^8 / 9 \cdot 10^{11} = 0,708 \cdot 10^{-3}$ F· δηλαδὴ ἡ Γῆ, θεωρουμένη ὡς σφαιρικὸς ἀγωγός, παρουσιάζει χωρητικότητα μόλις 708 μF.

Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου δεικνύεται πόσον μεγάλη εἶναι ὄχι μόνον ἡ μονὰς χωρητικότητος Farad, ἀλλὰ καὶ ἡ μF.

70. Πυκνωταί. Καλεῖται ἠλεκτρικὸς πυκνωτὴς σύστημα δύο ἀγωγῶν, χωριζομένων ἀπ' ἀλλήλων διά τινος μονωτικοῦ σώματος.



Σχ. 105. Πυκνωτὴς μὲ ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους κυκλικοὺς ὁπλισμούς.

Ὁ ἁπλούστερος τύπος πυκνωτοῦ εἶναι ὁ πραγματοποιούμενος ὑπὸ δύο μεταλλίνων ἐπιπέδων πλακῶν, διατεταγμένων ὥστε νὰ εἶναι παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας καὶ μονωμέναι μεταξύ των (σχ. 105). Αἱ δύο αὗται πλάκες καλοῦνται πολλάκις ὁπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ.

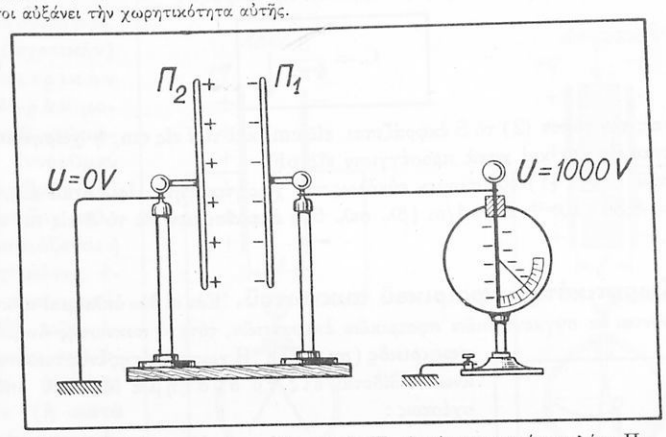
Πρὸς κατανόησιν τοῦ τρόπου τῆς λειτουργίας τοῦ πυκνωτοῦ, ἀναχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἀκολούθου βασικοῦ πειράματος. Θεωρήσωμεν ὅτι ἐπίπεδος μεταλλίνη πλάξ Π_1 μονωμένη εἶναι φορτισμένη ἀρνητικῶς ὑπὸ φορτίου q καὶ τὸ δυναμικὸν αὐτῆς ἔστω U, μετρούμενον ὑπὸ ἠλεκτρομέτρου (σχ. 106). Ἐὰν εἰς τὴν πλάκα Π_1 πλησιάσωμεν ἑτέραν πλάκα Π_2 συγκοινωνοῦσαν πρὸς τὴν Γῆν, ἢ ὡς συνήθως λέγομεν προσγειωμένην, ὅτε τὸ δυναμικόν της εἶναι μηδέν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτρομέτρου ἐλαττοῦται. Ἐφ' ὅσον τὸ φορτίον τῆς πλακὸς Π_1 δὲν μετεβλήθη, τὸ δὲ δυναμικὸν αὐτῆς ἐμειώθη διὰ τῆς προσεγγίσεως τῆς πλακὸς Π_2, δέον, κατ' ἀνάγκην, νὰ δεχθῶμεν, ἐφ' ὅσον πρέπει νὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις : $C = q/U$, ὅτι ἡ χωρητικότης τῆς πλακὸς Π_1, διὰ τῆς προσεγγίσεως τῆς προσγειωμένης πλακὸς Π_2 μετεβλήθη καὶ μάλιστα ὅτι αὔτη ηὐξήθη.

Σύστημα ἐν γένει δύο μονωμένων ἀγωγῶν, διατεταγμένων ἐν σχέσει πρὸς ἀλλήλους κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνεται χωρητικότης μεγαλυτέρα ἀπὸ ἐκείνην, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει εἷς μόνον ἀγωγός, λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ **πυκνωτήν.**

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Ἡ πλάξ Π_1 ἠλεκτρίζει τὴν Π_2 ἐξ ἐπαγωγῆς καὶ ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτῆς ἀναπτύσσεται θετικὸν φορτίον, ἐνῷ τὸ ἀρνητικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτῆς, ἐκρέει πρὸς τὴν Γῆν. Τὸ θετικὸν ὅμως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φορτίον τῆς πλακὸς Π_2 ἕλκει ἀρνητικὸν φορτίον, ἤτοι ἠλεκτρόνια ἐκ τοῦ φύλλου τοῦ ἠλεκτροσκοπίου πρὸς τὸ μέρος τῆς πλακὸς Π_1, οὕτω δὲ ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου ἐλαττοῦται. Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλὰξ Π_2 αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_1 πρὸς συγκράτησιν ἠλεκτρονίων, ἤτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.



Σχ. 106. Διὰ προσεγγίσεως τῆς πλακὸς Π_2 εἰς τὴν φορτισμένην πλάκα Π_1, τὸ δυναμικὸν τῆς Π_1 ἐλαττοῦται.

71. Χωρητικότης πυκνωτοῦ. Ὅπως εἷς ἀγωγὸς χαρακτηρίζεται ἐκ τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ, οὕτω καὶ σύστημα δύο μονωμένων ἀγωγῶν, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ πυκνωτήν, χαρακτηρίζεται ὑπὸ τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ.

Καλοῦμεν γενικῶς χωρητικότητα πυκνωτοῦ τὸ σταθερὸν πηλίκον τοῦ φορτίου τοῦ πυκνωτοῦ διὰ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν αὐτοῦ. Ὑπὸ τὸν ὅρον φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ, ἐννοοῦμεν τὸ φορτίον ἑνὸς τῶν ὁπλισμῶν αὐτοῦ.

72. Χωρητικότης πυκνωτοῦ μὲ ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους ὁπλισμούς. Εἰς ἕνα τοιοῦτον πυκνωτήν, εἰς τὸν ὁποῖον ἡ μεταξὺ τῶν πλακῶν ἀπόστασις εἶναι μικρὰ ἐν συγκρίσει πρὸς τὰς γραμμικὰς διαστάσεις τῶν ὁπλισμῶν, θεωροῦμεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον περιορίζεται εἰς τὸν μεταξὺ τῶν πλακῶν χῶρον καὶ ὅτι εἶναι ὁμογενὲς καὶ συνεπῶς ὅτι τὰ φορτία εἶναι ὁμοιομόρφως κατανεμημένα ἐπὶ τῶν δύο ἀπέναντι ἐπιφανειῶν τοῦ πυκνωτοῦ.

Ὡς ἀποδεικνύεται, ἡ χωρητικότης πυκνωτοῦ μὲ ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους ὁπλισμοὺς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἐμβαδὸν S τῆς ἐπιφανείας ἑνὸς τῶν ὁπλισμῶν καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀποστάσεως l αὐτῶν. Διὰ τὸ κενόν, καὶ κατὰ προσέγγισιν τὸν ἀέρα, εἶναι ἑπομένως εἰς τὸ σύστημα MKSA :

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{l} \qquad (1)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπου ε_0 ἡ ἀπόλυτος διηλεκτρικὴ σταθερὰ τοῦ κενοῦ.

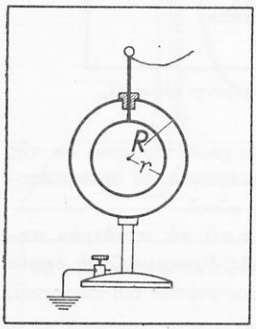
Εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, ὅπου ὡς ἔχει ἀναφερθῆ (βλ. σελ. 65) εἶναι $\varepsilon_0 = 1/4\pi$, ὁ τύπος (1) λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$C = \frac{S}{4\pi l} \qquad (2)$$

Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (2) τὸ S ἐκφράζεται εἰς cm^2 καὶ τὸ l εἰς cm, ἡ χωρητικότης C εὑρίσκεται εἰς cm καὶ κατὰ προσέγγισιν εἰς pF.

Ἐκ τοῦ τύπου (1) εὑρίσκομεν εὐκόλως τὴν χωρητικότητα εἰς Farad ἐὰν θέσωμεν $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Farad/m (βλ. σελ. 64) ἐκφράσωμεν δὲ τὸ S εἰς m^2 καὶ τὸ l εἰς m.

***73. Χωρητικότης σφαιρικοῦ πυκνωτοῦ.** Ἐὰν οἱ δύο ὁπλισμοὶ πυκνωτοῦ ἀποτελοῦνται ἐκ συγκεντρικῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, τότε ὁ πυκνωτὴς ὀνομάζεται **σφαιρικὸς** (σχ. 107). Ἡ χωρητικότης ἑνὸς τοιούτου πυκνωτοῦ δίδεται εἰς τὸ σύστημα MKSA ὑπὸ τῆς σχέσεως :



Σχ. 107. Σφαιρικὸς πυκνωτής.

$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{4\pi \cdot r}{1 - \frac{r}{R}} \qquad (1)$$

ὅπου r ἡ ἀκτὶς τῆς ἐσωτερικῆς καὶ R τῆς ἐξωτερικῆς σφαίρας.

Ὁ ἀνωτέρω τύπος εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$C = \frac{R \cdot r}{R - r} \qquad (2)$$

Ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ σφαῖρα ἔχει ἀκτῖνα R πολὺ μεγαλυτέραν τῆς r, δηλαδὴ διὰ $R \gg r$, τότε εὑρίσκομεν ἐκ τοῦ τύπου (1) τοὺς τύπους τῆς § 69.

74. Διηλεκτρικὴ σταθερά. Μέχρι τοῦδε ὑπεθέσαμεν ὅτι, ὡς μονωτικὴ οὐσία μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ, ὑπάρχει τὸ κενὸν καὶ κατὰ προσέγγισιν ὁ ἀήρ, ὅτε ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου.

Ἐὰν ἤδη μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δεχθῶμεν ὅτι ὑπάρχει ἄλλη οὐσία, π.χ. ὕαλος ἢ ἐβονίτης (σχ. 108), ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ, ὡς δεικνύεται ἐκ τοῦ πειράματος, γίνεται μεγαλυτέρα.

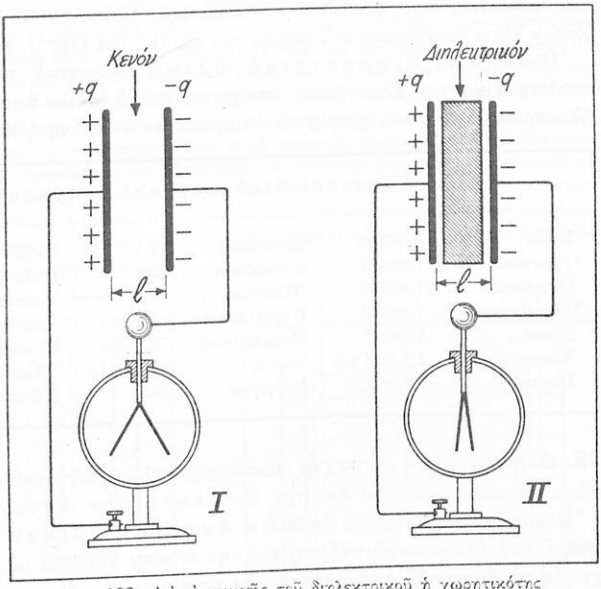
Ἐὰν δὲ διὰ C_0 καλέσωμεν τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτοῦ μὲ ἀέρα καὶ διὰ C τὴν χωρητικότητα αὐτοῦ μὲ ὕλην, δεικνύεται ὅτι εἶναι :

$$\text{Διηλεκτρικὴ σταθερὰ} \qquad \varepsilon = \frac{C}{C_0}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπου ε ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὴν ἀδιάστατον σταθερὰν τοῦ μονωτικοῦ σώματος τοῦ χρησιμοποιουμένου εἰς τὸν πυκνωτὴν καὶ καλεῖται **(σχετικὴ) διηλεκτρικὴ σταθερὰ** τοῦ μέσου.

Κατὰ συνέπειαν, ὡς **(σχετικὴν) διηλεκτρικὴν σταθερὰν μονωτικοῦ σώματος ἐννοοῦμεν τὸν ἀριθμὸν ἐπὶ τὸν ὁποῖον πολλαπλασιάζεται ἡ χωρητικότης ἑνὸς πυκνωτοῦ, μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν τοῦ ὁποίου ὑπάρχει κενὸν (ἢ κατὰ προσέγγισιν ἀήρ), διὰ παρεμβολῆς μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν αὐτοῦ τοῦ ἐν λόγῳ διηλεκτρικοῦ σώματος.**



Σχ. 108. Δι' εἰσαγωγῆς τοῦ διηλεκτρικοῦ ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ αὐξάνει.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἕπεται, ὅτι ἡ χωρητικότης ἐπιπέδου πυκνωτοῦ, μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν τοῦ ὁποίου παρεμβάλλεται μονωτικὸν σῶμα (σχετικῆς) διηλεκτρικῆς σταθερᾶς ε, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{l} \qquad (1)$$

εἰς τὸ σύστημα MKSA.

Ἡ σχέσις (1) εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{4\pi l} \qquad (2)$$

Ἡ (σχετικὴ) διηλεκτρικὴ σταθερὰ εἶναι καθαρὸς ἀριθμὸς ἀνεξάρτητος τοῦ χρησιμοποιουμένου συστήματος. Διὰ τὸ κενὸν ἔχει τὴν τιμὴν 1, δι' ὅλα δὲ τὰ ἄλλα μονωτικά, τιμὰς μεγαλυτέρας τῆς μονάδος. Διὰ τὰ ἀέρια, κατ' ἐλάχιστον διαφέρει τῆς μονάδος, ἑπομένως τὰ ἀέρια δὲν ἔχουν καμμίαν οὐσιαστικὴν ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς χωρητικότητος τῶν πυκνωτῶν.

Τὸ γινόμενον $\varepsilon^* = \varepsilon \cdot \varepsilon_0$, ὅπου ε ἡ (σχετικὴ) διηλεκτρικὴ σταθερὰ σώματος καὶ ε_0 ἡ ἀπόλυτος **διηλεκτρικὴ σταθερὰ τοῦ σώματος.** Ἡ τιμὴ διηλεκτρικὴ σταθερὰ τοῦ κενοῦ καλεῖται **ἀπόλυτος διηλεκτρικὴ σταθερὰ τοῦ σώματος.** Ἡ τιμὴ καὶ αἱ διαστάσεις ταύτης ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ χρησιμοποιουμένου συστήματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὡς ἐκ τοῦ κατωτέρω πίνακος ἐξάγεται, τὸ ὕδωρ παρουσιάζει μεγάλην τιμὴν (σχετικῆς) διηλεκτρικῆς σταθερᾶς. Ἐν τούτοις δὲν χρησιμοποιεῖται ὡς διηλεκτρικὸν εἰς τοὺς πυκνωτὰς διότι δὲν εἶναι ἱκανοποιητικῶς μονωτικὸν (ἀπηλλαγμένον δηλαδὴ ἰόντων λόγῳ διαστάσεως τοῦ μορίου του εἰς H^+ καὶ OH^-). Γενικῶς:

Ὀνομάζομεν διηλεκτρικὰ ὑλικὰ μονωτικὰ τοιαῦτα, μέσῳ τῶν ὁποίων γίνονται ἠλεκτρικαὶ ἐπαγωγαὶ καὶ διὰ τῶν ὁποίων διέρχονται αἱ ἠλεκτρικαὶ γραμμαί, χωρὶς νὰ ἐπιτρέπεται ἡ δίοδος ἠλεκτρικῶν φορτίων.

Σχετικαὶ διηλεκτρικαὶ σταθεραὶ

Κενὸν 1,00000	Καουτσοὺκ 2,4	Πετρέλαιον 2,1
Ὑδρογόνον 1,00022	Κολοφώνιον 2,6	Βενζόλιον 2,3
Ὀξυγόνον 1,00055	Ἤλεκτρον 2,8	Ἀκετόνη 21,5
Ἀὴρ (ξηρὸς) 1,00059	Πορσελάνη ..... 4 ἕως 5	Νιτροβενζόλιον 36
Ξύλον ..... 1 ἕως 7	Μαρμαρυγίας .... 4 ἕως 8	Γλυκερίνη 56
Χάρτης (ξηρὸς) .. 1,5 ἕως 2,6	Ἅλας ..... 2 ἕως 16	Ὕδωρ 81
Παραφίνη ..... 2 ἕως 2,3	Μάρμαρον 8,5	Κεραμεικαὶ μᾶζαι ... 100

75. Διηλεκτρικὴ ἀντοχή. Ἐκτὸς τῆς διηλεκτρικῆς σταθερᾶς, ἓν διηλεκτρικὸν σῶμα χαρακτηρίζεται καὶ ἀπὸ τὴν διηλεκτρικὴν ἀντοχήν αὐτοῦ.

Ὀνομάζομεν διηλεκτρικὴν ἀντοχὴν ὑλικοῦ τὴν μεγίστην ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, εἰς τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀνθέξῃ τὸ ὑλικὸν χωρὶς νὰ διατρηθῇ ἀπὸ ἠλεκτρικὸν σπινθῆρα.

Δεδομένου ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἑνὸς πυκνωτοῦ καθορίζεται ἀπὸ τὴν τάσιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἕπεται ὅτι εἰς ἕνα πυκνωτὴν δὲν δυνάμεθα νὰ ἐφαρμόσωμεν οἱανδήποτε τάσιν.

Κατὰ ταῦτα, εἷς πυκνωτής, χαρακτηρίζεται ἐκτὸς τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ καὶ ἀπὸ τὴν μεγίστην τάσιν εἰς τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀνθέξῃ οὗτος, χωρὶς νὰ ἐκραγῇ σπινθὴρ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του, ὁπότε καὶ θὰ καταστραφῇ. Τὰ δύο ταῦτα χαρακτηριστικὰ ἀναγράφονται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας ἑκάστου πυκνωτοῦ.

Διηλεκτρικὴ ἀντοχὴ μονωτικῶν ὑλικῶν
(πάχους στρώματος 1 mm) διὰ θερμοκρασίαν 20 °C εἰς MV/m.

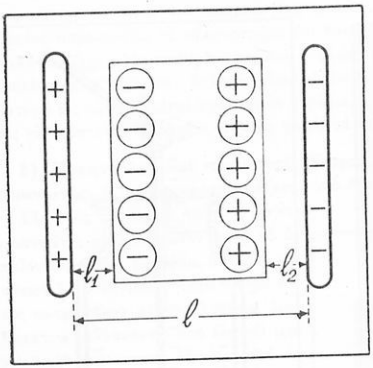
Ἀὴρ (ξηρὸς) 3	Ἐβονίτης 30
Καουτσοὺκ 8–10	Πορσελάνη 35
Παραφινέλαιον 12	Ἅλας ..... μέχρι 45
Βακελίτης 4–30	Μίκα (μαρμαρυγίας) 50–220

***76. Πόλωσις τοῦ διηλεκτρικοῦ.** Εἴδομεν ὅτι, ἐὰν τὸν χῶρον μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ πληρώσωμεν διά τινος διηλεκτρικοῦ, θὰ παρατηρήσωμεν αὔξησιν τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ. Ἐὰν ἀκολούθως ἐξαγάγωμεν τὸ διηλεκτρικὸν ἡ χωρητικότης ἀνακτᾷ τὴν προτέραν αὐτῆς τι-

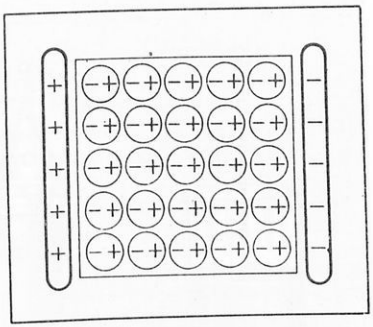
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μήν. Ἐπειδὴ κατὰ τὴν παρεμβολὴν τοῦ διηλεκτρικοῦ δὲν μετεβλήθησαν τὰ ἐπὶ τῶν ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ φορτία, ἔπεται, συμφώνως πρὸς τὴν ἐξίσωσιν : $q = C \cdot U$, ὅτι ἡ αὔξησις τῆς χωρητικότητος ὀφείλεται εἰς ἐλάττωσιν τῆς μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν ἐπικρατούσης τάσεως.

Ἐὰν ἐντὸς τοῦ χώρου τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐπιπέδου πυκνωτοῦ τοποθετήσωμεν πρισματικὸν ἀγωγόν, οὕτως ὥστε μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τῶν πλακῶν τοῦ πυκνωτοῦ νὰ παρεμβάλλεται σχισμὴ ἀέρος, τότε τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τοῦ ἀγωγοῦ, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου, μετακινοῦνται πρὸς τὴν ἔναντι τοῦ θετικοῦ ὁπλισμοῦ πλευράν. Οὕτως ἐπὶ τῆς μιᾶς πλευρᾶς τοῦ ἀγωγοῦ ἐμφανίζεται θετικόν, ἐπὶ δὲ τῆς ἀπέναντι ταύτης ἀρνητικὸν φορτίον ἐξ ἐπαγωγῆς (σχ. 109). Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ὁδεύουν ἐκ τῆς θετικῆς πλακὸς τοῦ πυκνωτοῦ πρὸς τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ἀρνητικὸν φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐκ τῶν ἐξ ἐπαγωγῆς θετικῶν φορτίων αὐτοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν ὁπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ, εἰς δὲ τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ἀγωγοῦ δὲν ὑφίσταται πεδίον. Οὕτω δὲν ἔχομεν πλέον ἕνα πυκνωτήν, οὗτινος αἱ πλάκες ἀπέχουν ἀπόστασιν l μεταξύ των, ἀλλὰ ἕνα τοιοῦτον ἀποστάσεως πλακῶν $l_1 + l_2 < l$. Κατὰ τὴν ἐξίσωσιν ὅμως $C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S/l$ σμίκρυνσις τῆς μεταξὺ τῶν πλακῶν ἀποστάσεως συνεπάγεται αὔξησιν τῆς χωρητικότητος.



Σχ. 109. Μεταλλικὸς ἀγωγὸς ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐπιπέδου πυκνωτοῦ.



Σχ. 110. Μονωτικὸν ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐπιπέδου πυκνωτοῦ.

Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται καὶ ἐὰν ἀντὶ ἀγωγῶν χρησιμοποιήσωμεν μονωτάς. Τὰ σώματα ταῦτα, ὅμως, δὲν ἔχουν ἐλευθέρως μετακινουμένα ἐντὸς τῆς μάζης αὐτῶν ἠλεκτρόνια. Ἐν τούτοις ἐντὸς τοῦ χώρου τῶν μορίων τοῦ μονωτοῦ δύνανται νὰ συμβοῦν μετατοπίσεις ἠλεκτρονίων, οὕτως ὥστε τὰ μόρια αὐτοῦ νὰ ἐμφανίζουν μίαν θετικῶς καὶ μίαν ἀρνητικῶς φορτισμένην πλευράν. Ἕν τοιοῦτον σωματίδιον ἐμφανίζον δύο ἔναντι πλευρὰς φερούσας ἴσα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀλλ' ἀντιθέτου σημείου καλεῖται **ἠλεκτρικὸν δίπολον.**

Δυνάμεθα ἐπομένως νὰ εἴπωμεν ἐν συμπεράσματι ὅτι: Τὰ μόρια διηλεκτρικοῦ τινος μεταβάλλονται ὑπὸ τὴν ἐπήρειαν ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἠλεκτρικὰ δίπολα.

Τὰ δίπολα ταῦτα προσανατολίζονται ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 110, ἤτοι διατίθενται τὸ ἓν κατόπιν τοῦ ἄλλου εἰς τρόπον ὥστε ἐντὸς τοῦ μονωτικοῦ νὰ ἀλληλοαναιροῦνται. Εἰς τὰς πλευρικὰς ἐπιφανείας, τοῦ ἄλλου ὅμως, τὰς ἔναντι τῶν ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ κειμένας, ἐμφανίζονται φορτία (πόλοι) ἀντιθέτου σημείου πρὸς τὰ ἐπὶ τῶν ὁπλισμῶν εὑρισκόμενα. Παρουσιάζεται συνεπῶς ἀνάλογον φαινόμενον ὡς τῆς περιπτώσεως ἀγωγοῦ τιθεμένου ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀποτελεῖ **τὴν πόλωσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.**

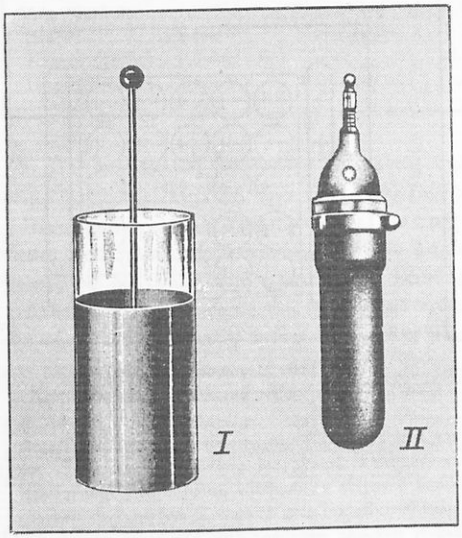
Τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ μονωτικοῦ ἀναπτυσσόμενα φορτία διαφέρουν ἐν τούτοις τῶν ἀντιστοίχων φορτίων, τῶν ἀναφαινομένων ἐξ ἐπαγωγῆς εἰς παρομοίας περιπτώσεις προκειμένου περὶ με-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

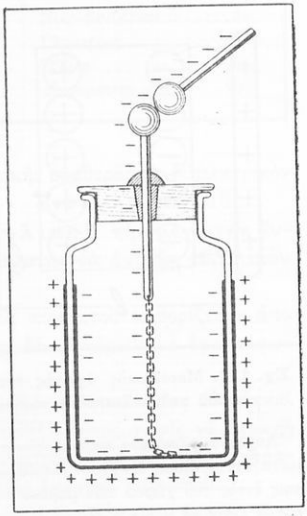
τάλλων. Πράγματι, ὡς ἀνεφέρθη, τὰ ἐπὶ ἐπιφανείας μονωτοῦ ἐμφανιζόμενα φορτία εἶναι στενῶς συνδεδεμένα πρὸς τὰ μόρια τοῦ μονωτοῦ καὶ ὀνομάζονται διὰ τοῦτο **δέσμια** ἢ **φαινομενικὰ φορτία,** ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ ἐπὶ τῶν ὁπλισμῶν κείμενα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰ **ἐλεύθερα** ἢ **δρῶντα φορτία.**

Ἡ μετατόπισις τῶν φορτίων εἴς τινα μονωτὴν δρᾷ ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ καθ' ὅμοιον τρόπον, τὸν ὁποῖον ἐξεθέσαμεν ἐν ἀρχῇ προκειμένου περὶ ἀγωγοῦ, αὐξάνει δηλαδὴ τὴν χωρητικότητα, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ αὔξησις αὕτη εἶναι ἁπλῶς ἀσθενεστέρα, διότι εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ μονωτοῦ δὲν ἐξαφανίζεται ὁλοσχερῶς τὸ πεδίον, ὅπως συμβαίνει εἰς τοὺς ἀγωγούς. Ὑλικὰ εἰς τὰ ὁποῖα τὰ φορτία μετατοπίζονται εὐκόλως ἀνυψώνουν κατὰ πολὺ τὴν χωρητικότητα πυκνωτοῦ καὶ συνεπῶς παρουσιάζουν μεγάλην διηλεκτρικὴν σταθεράν. Τὰ μέταλλα δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἔχοντα μεγίστην διηλεκτρικὴν σταθεράν.

77. Τύποι πυκνωτῶν. α) Λουγδουνικὴ λάγηνος. Ἐκτὸς τοῦ ἐπιπέδου πυκνωτοῦ, ὑπάρχουν καὶ διάφοροι ἄλλοι τύποι πυκνωτῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἰδιάζουσαν σημασίαν ἔχει, ἀπὸ ἀπόψεως



Σχ. 111. Ἐξωτερικὴ ὄψις λουγδουνικῶν λαγήνων. Ι) παλαιοῦ, ΙΙ) συγχρόνου τύπου.



Σχ. 112. Λουγδουνικὴ λάγηνος. Ἡ ἄλυσος χρησιμεύει διὰ τὴν καλὴν ἐπαφὴν τῆς ἀγωγοῦ σφαίρας μετὰ τοῦ ἐσωτερικοῦ ὁπλισμοῦ.

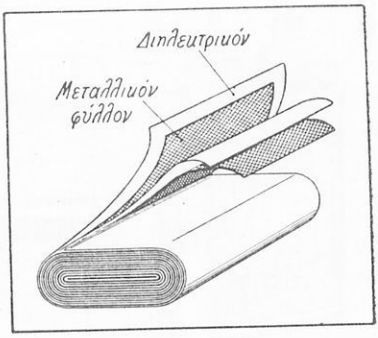
ἱστορικῆς, ἡ **λουγδουνικὴ λάγηνος,** κατασκευασθεῖσα τὸ πρῶτον (1745) εἰς τὴν πόλιν Λούγδουνον (Leyden) τῆς Ὁλλανδίας, ἀποτελεῖ δὲ τὸν πρῶτον πυκνωτήν, ὁ ὁποῖος ἐχρησιμοποιήθη εἰς πειράματα ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ (σχ. 111).

Ἡ λουγδουνικὴ λάγηνος εἶναι ὑάλινον κυλινδρικὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον, τόσον κατὰ τὴν ἐσωτερικὴν ὅσον καὶ κατὰ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν, περικαλύπτεται ὑπὸ λεπτοῦ φύλλου κασσιτέρου ἢ ἀργιλίου. Αἱ δύο αὗται ἐπιστρώσεις συνιστοῦν τοὺς δύο ἀγωγοὺς ἢ ὁπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ (σχ. 112).

β) Πυκνωταὶ μὲ στερεὰ διηλεκτρικά. Πυκνωταὶ χάρτου. Λίαν διαδεδομένοι εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς εἶναι οἱ πυκνωταὶ εἰς τοὺς ὁποίους ὡς διηλεκτρικὸν χρησιμοποιεῖται παραφινω-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μένος χάρτης (σχ. 113). Εἷς τύπος τῶν πυκνωτῶν τούτων ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἐπιμήκων καὶ σχετικῶς στενῶν ταινιῶν ἀπὸ λεπτὸν φύλλον κασσιτέρου ἢ ἀργιλίου, μεταξὺ τῶν ὁποίων τοποθετεῖται ὀλίγον μεγαλυτέρου εὔρους ταινία ἐκ παραφινωμένου χάρτου. Ἀντὶ ἑνὸς τοιούτου στοιχείου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ ἐπάλληλα στρώματα, τὰ ὁποῖα περιτυλίσσονται ἀκολούθως κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ ἀποτελέσουν κύλινδρον καταλαμβάνοντα μικρὸν ὄγκον (βλ. σχ. 115, 2), ὁ ὁποῖος κλείεται ἐντὸς κιβωτίου ἐκ μονωτικῆς οὐσίας, π.χ. βακελίτου. Γενικῶς, οἱ πυκνωταὶ μὲ διηλεκτρικὸν χάρτην δύνανται νὰ ἀντέχουν εἰς χαμηλὰς μόνον ἠλεκτρικὰς τάσεις.

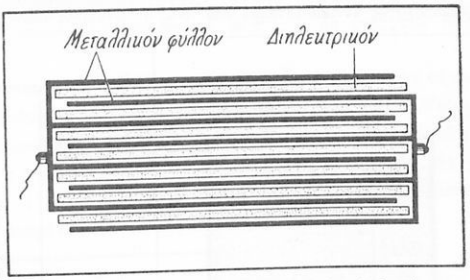


Σχ. 113. Πυκνωτὴς χάρτου.

γ) Πυκνωταὶ μαρμαρυγίου. Ἕτερος τύπος πυκνωτοῦ εἶναι ἐκεῖνος εἰς τὸν ὁποῖον ὡς διηλεκτρικὸν χρησιμοποιεῖται μαρμαρυγίας (mica), ὁ ὁποῖος παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι ἔχει μεγάλην διηλεκτρικὴν σταθερὰν (περίπου 4-8) ὡς καὶ διηλεκτρικὴν ἀντοχήν, δηλαδὴ εἶναι ἱκανὸς νὰ ἀντέχῃ εἰς ὑψηλὴν τάσιν ὑπὸ λεπτὸν στρῶμα, χωρὶς νὰ ὑφίσταται διάρρηξιν, δηλαδὴ χωρὶς νὰ διατρυπᾶται (σχ. 114 καὶ 115, 1).

δ) Ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωταί. Ἕτερος τύπος λίαν διαδεδομένος εἶναι ὁ **ἠλεκτρολυτικὸς πυκνωτής,** ὁ ὁποῖος κατασκευάζεται ὑπὸ δύο παραλλαγάς, ἤτοι, ὡς ὑγρὸς καὶ ὡς ξηρός.

Εἷς τοὺς πυκνωτὰς τούτους χρησιμοποιεῖται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ὡρισμένα μέταλλα, ὅπως τὸ τιτάνιον ἢ τὸ ἀργίλιον, ὅταν τεθοῦν ἐντὸς καταλλήλου ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος καλύπτονται ὑπὸ λεπτοῦ μονωτικοῦ στρώματος ὀξειδίου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ διηλεκτρικὸν τοῦ πυκνωτοῦ, ἐφ' ὅσον χρησιμοποιοῦνται ὡς ἄνοδος (ἤτοι συνδέονται πρὸς τὸν θετικὸν πόλον ἠλεκτρικῆς πηγῆς). Τὸ στρῶμα τοῦτο ἀντέχει εἰς σχετικῶς ὑψηλὰς τάσεις, χαρακτηρίζεται δὲ καὶ ὑπὸ μεγάλης χωρητικότητος ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας.



Σχ. 114. Πυκνωτὴς μαρμαρυγίου (μίκας).

Τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ ἀποτελοῦν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ μετὰ τοῦ θετικοῦ πόλου συνδεδεμένον ἐξ ἀργιλίου ἔλασμα, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὁ ἠλεκτρολύτης, ἐκ τοῦ ὁποίου προβάλλει λεπτὸν σύρμα ὡς βοηθητικὸν ἠλεκτρόδιον (σχ. 116).

Τὸ ἐξαιρετικῶς λεπτὸν μονωτικὸν στρῶμα, τὸ ὁποῖον ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου ἀργιλίου, ἔχει πάχος ἀπὸ 0,01 - 0,1 μ ($1\mu = 10^{-4}$ cm) καὶ διαχωρίζει οὕτω τὴν πλάκα ἀργιλίου, ἡ ὁποία εἶναι ἀγωγός, ἀπὸ τὸν ἠλεκτρολύτην, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐπίσης ἀγωγός. Ἤτοι χρησιμεύει ὡς διηλεκτρικὸν τοῦ πυκνωτοῦ, ὁ ὁποῖος σχηματίζεται ἀπὸ τὴν πλάκα ἀργιλίου καὶ τὸν ἠλεκτρολύτην.

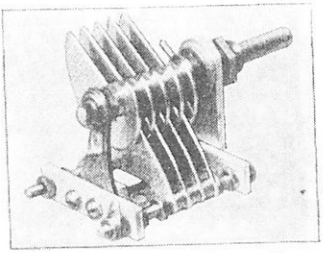
Χαρακτηριστικὸν τῶν ἠλεκτρολυτικῶν πυκνωτῶν εἶναι ὅτι παρουσιάζουν ὑπὸ μικρὸν ὄγκον μεγάλην χωρητικότητα καὶ ἀντέχουν εἰς σχετικῶς ὑψηλὰς τάσεις, μέχρι 500 V. Ἡ διηλεκτρικὴ ἀντοχὴ ἑνὸς τοιούτου πυκνωτοῦ ἀνέρχεται εἰς 1000 V περίπου.

Ἠλεκτρολυτικοὶ πυκνωταὶ κατασκευάζονται μέχρι χωρητικοτήτων μερικῶν χιλιάδων μF, ἀλλὰ διὰ τάσεις ὀλίγων Volt. Ἡ χωρητικότης τῶν τοιούτων πυκνωτῶν κυμαίνεται ἀπὸ 0,5 - 6 μF ἀνὰ dm^2

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἑκάστου συστήματος συνδέονται μεταξύ των ἠλεκτρικῶς, εὑρίσκονται δὲ τὰ μὲν ἐντὸς τῶν διακένων τῶν δέ, χωρὶς νὰ ἐφάπτωνται.

Παραλλαγὴν τοῦ τύπου τούτου ἀποτελοῦν οἱ **μεταβλητοὶ πυκνωταί**, ἤτοι πυκνωταὶ μεταβλητῆς χωρητικότητος, ὡς ὁ ὑπὸ τοῦ σχήματος 117 δεικνυόμενος. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ δύο συστημάτων ἡμικυκλικῶν μεταλλικῶν πλακῶν, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εἶναι στρεπτὸν περὶ ἄξονα. Ὅταν τὸ σύστημα τῶν κινητῶν πλακῶν περιστρέφεται, ὥστε ὅλαι αἱ κινηταὶ πλάκες νὰ εὑρίσκωνται καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν ὑπὸ τὰς ἀκινήτους, ὁ πυκνωτὴς παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέραν χωρητικότητα, ἐνῷ εἰς ὅλας τὰς ἄλλας θέσεις αὐτῶν ὁ πυκνωτὴς παρουσιάζει μικροτέραν χωρητικότητα. Ἑπομένως, διὰ περιστροφῆς τοῦ συστήματος τῶν κινητῶν πλακῶν, δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν κατὰ βούλησιν τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ πυκνωταὶ οὗτοι (χωρητικότητος C = 10 ἕως 500 μμF) εἶναι λίαν διαδεδομένοι εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας διὰ τὴν ἐπιλογὴν τῶν σταθμῶν. Ἡ εἰκὼν τοῦ σχήματος 118 δεικνύει μεταβλητὸν πυκνωτὴν ἀέρος.



Σχ. 118. Ἐξωτερικὴ ὄψις μεταβλητοῦ πυκνωτοῦ.

78. Ἐνέργεια φορτισμένου πυκνωτοῦ. Ἡ φόρτισις ἑνὸς πυκνωτοῦ συνίσταται εἰς τὴν μεταφορὰν ἠλεκτρονίων εἰς τὸν ὀπλισμὸν μὲ τὸ χαμηλότερον δυναμικόν, ἀπὸ τὸν ὀπλισμὸν μὲ τὸ ὑψηλότερον. Ἡ διεξαγωγὴ συνεπῶς αὐτῆ τῆς φορτίσεως, ἀπαιτεῖ κατανάλωσιν ἐνεργείας.

Εἰς τὴν πρᾶξιν ἡ φόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς παροχῆς φορτίων ὑπὸ ἠλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς τάσεως (συσσωρευτοῦ κλπ.), ἡ δὲ ἐνέργεια παρέχεται ὑπὸ αὐτῆς τῆς πηγῆς.

Ἡ αὔξησις τῶν φορτίων τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν αὔξησιν τῆς τάσεως αὐτοῦ, αὐξανομένης οὕτω τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν. Ἡ καταναλισκομένη συνεπῶς ἐνέργεια πρὸς φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ ἐναποθηκεύεται ὡς ἐ ν έ ρ γ ε ι α ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ο ῦ π ε δ ί ο υ εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν χῶρον. Ἡ ἐνέργεια αὕτη A τοῦ φορτισμένου εἰς τάσιν U πυκνωτοῦ, φέροντος φορτίον q, παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$A = \frac{1}{2}\, q \cdot U \qquad (1)$$

Ἐὰν C ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ, τότε ἡ σχέσις (1), λόγῳ τοῦ ὅτι $C = q/U$ καὶ ἑπομένως $U = q/C$ ἢ $q = C \cdot U$, δίδει δι' ἀντικαταστάσεως ἀντιστοίχως :

$$A = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C} \qquad (2) \qquad \text{καὶ} \qquad A = \frac{1}{2}\, C \cdot U^2 \qquad (3)$$

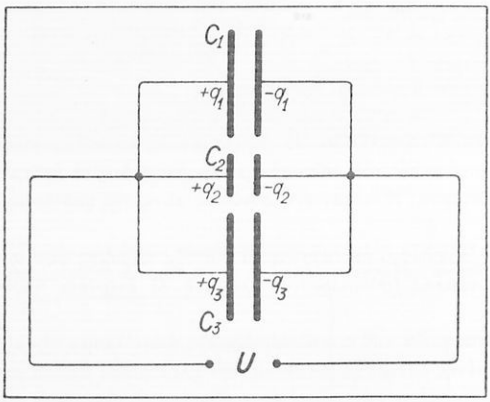
Ἐὰν τὸ ἓν ἄκρον σύρματος συνδέσωμεν μὲ τὸν ἕνα ὀπλισμὸν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ, τὸ δὲ ἄλλον ἄκρον πλησιάσωμεν πρὸς τὸν ἄλλον ὀπλισμόν, θὰ παραχθῇ σπιν-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

θὴρ μεταξὺ τοῦ ἄνω ἄκρου τούτου καὶ τοῦ ὁπλισμοῦ, ὅταν ἡ ἀπόστασις αὐτῶν γίνῃ ἀρκετὰ μικρά. Οὕτως ἐπιτυγχάνεται ἡ ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ, ἐνῷ ἡ διὰ τοῦ σπινθῆρος ἐκλυομένη θερμότης εἶναι ἀκριβῶς ἡ ἐνέργεια ἡ ἐναποθηκευθεῖσα ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυκνωτοῦ, ἤτοι ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία κατηναλώθη διὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ.

Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τρεῖς τύπους ἐὰν τὰ $q_{10}U$ καὶ C ἐκφράζωνται εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, τότε τὸ ἔργον A δίδεται εἰς erg. Ἀλλ' ἐὰν τὰ q, U καὶ C ἐκφράζωνται εἰς πρακτικὰς μονάδας, ἤτοι εἰς Coulomb, Volt καὶ Farad, ἀντιστοίχως, τὸ ἔργον A εὑρίσκεται εἰς Joule.

79. Σύνδεσις πυκνωτῶν. Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς, διάφοροι λόγοι μᾶς ἀναγκάζουν νὰ συνδυάζωμεν πυκνωτὰς πρὸς ἀπόκτησιν τῆς ἐπιθυμητῆς χωρητικότητος. Αἱ συνδέσεις τῶν πυκνωτῶν δύνανται νὰ εἶναι ἐν παραλλήλῳ, ἐν σειρᾷ ἢ καὶ μικτῶς.



Σχ. 119. Σύνδεσις τριῶν πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ. Οἱ πυκνωταὶ εὑρίσκονται ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν.

α) Παράλληλος σύνδεσις. Κατὰ τὴν σύνδεσιν ταύτην οἱ πυκνωταὶ εὑρίσκονται ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν, φέρουν δὲ διάφορα φορτία ἕκαστος. Εἰς τὸ σχῆμα 119 δεικνύεται ἡ σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ τριῶν πυκνωτῶν, τῶν ὁποίων αἱ χωρητικότητες εἶναι C_1, C_2 καὶ C_3. Ἡ ὁλικὴ χωρητικότης $C_{ολ}$, ἡ προκύπτουσα ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ τούτου τῶν τριῶν πυκνωτῶν, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$C_{ολ} = C_1 + C_2 + C_3 \qquad (1)$$

Ἐπομένως, τὴν σύνδεσιν πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ χρησιμοποιοῦμεν ὁσάκις θέλομεν ἐκ πυκνωτῶν μικρᾶς χωρητικότητος νὰ πραγματοποιήσωμεν μεγάλην χωρητικότητα.

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (1). Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν ἑκάστου πυκνωτοῦ εἶναι U, ἐνῷ τὰ φορτία τῶν πυκνωτῶν εἶναι ἀντιστοίχως q_1, q_2, q_3, ἤτοι διάφορα.

Συμφώνως πρὸς τὸν τύπον (1) τῆς § 68 εἶναι :

$$q_1 = C_1 \cdot U \qquad q_2 = C_2 \cdot U \qquad q_3 = C_3 \cdot U \qquad (2)$$

Τὸ ὁλικὸν φορτίον $q_{ολ}$ καὶ ἐπὶ τῶν τριῶν πυκνωτῶν εἶναι :

$$q_{ολ} = q_1 + q_2 + q_3 \qquad (3)$$

Ἐὰν ὁρίσωμεν ὡς ὁλικὴν χωρητικότητα $C_{ολ}$ τοῦ συνδυασμοῦ τῶν τριῶν πυκνωτῶν τὴν χωρητικό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τητα ένὸς πυκνωτοῦ, ὁ ὁποῖος φορτιζόμενος μὲ φορτίον $q_{ολ}$ θὰ παρουσίαζε εἰς τοὺς ὁπλισμούς του διαφορὰν δυναμικοῦ U, ἤτοι ἐὰν θέσωμεν :

$$q_{ολ} = C_{ολ} \cdot U \qquad (4)$$

τότε διὰ συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (2), (3) καὶ (4), λαμβάνομεν :

$$C_{ολ} \cdot U = C_1 \cdot U + C_2 \cdot U + C_3 \cdot U$$

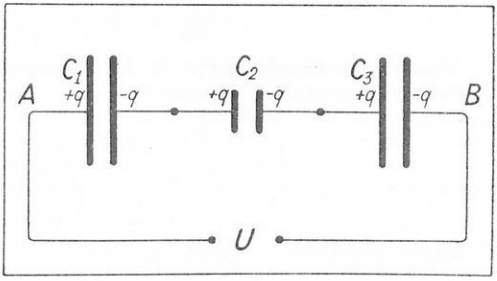
ἢ

$$C_{ολ} = C_1 + C_2 + C_3$$

β) Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. Οἱ πυκνωταὶ φέρουν ἴσα πρὸς ἀλλήλους φορτία, ἀλλ' εὑρίσκονται ὑπὸ διαφόρους τάσεις. Εἰς τὸ σχῆμα 120 δεικνύεται ὁ τρόπος συνδέσεως ἐν σειρᾷ τριῶν πυκνωτῶν χωρητικοτήτων C_1, C_2, C_3, ὥστε ἡ ὁλικὴ χωρητικότης $C_{ολ}$ παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad (5)$$

Διὰ τῆς ἐν σειρᾷ συνδέσεως πυκνωτῶν ἐπιτυγχάνομεν ἐκ μεγάλων χωρητικοτήτων μικρὰς χωρητικότητας, μάλιστα δὲ ἡ ὁλικὴ χωρητικότης τοῦ συστήματος εἶναι πάντοτε μικροτέρα καὶ τῆς πλέον μικρᾶς ἐκ τῶν συνδεομένων χωρητικοτήτων. Ἡ σύνδεσις αὕτη ὅμως παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δυνάμεθα νὰ ἐφαρμόσωμεν εἰς τὸ σύστημα τάσεις κατὰ πολὺ μεγαλυτέρας τῶν ἐπιτρεπομένων εἰς τοὺς μονωμένους πυκνωτάς.



Σχ. 120. Σύνδεσις τριῶν πυκνωτῶν ἐν σειρᾷ. Οἱ πυκνωταὶ φέρουν ἴσα φορτία.

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (5). Θεωρήσωμεν, ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἀκραίων ὁπλισμῶν τῶν πυκνωτῶν C_1 καὶ C_3, ἤτοι μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B, ὑφίσταται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ U. Ἐὰν ἐπὶ τοῦ ἀριστεροῦ ὁπλισμοῦ τοῦ πυκνωτοῦ C_1 ὑπάρχῃ φορτίον + q, τότε ἐπὶ τοῦ δεξιοῦ θὰ ὑφίσταται φορτίον ἐξ ἐπαγωγῆς −q. Συγχρόνως ἐπὶ τοῦ ἀριστεροῦ ὁπλισμοῦ τοῦ C_2 ὑφίσταται φορτίον + q, διότι ὁ ἀγωγὸς ὁ ἀποτελούμενος ἀπὸ τὸν δεξιὸν ὁπλισμὸν τοῦ C_1, ἀπὸ τὸν ἀριστερὸν τοῦ C_2 καὶ ἐκ τοῦ σύρματος συνδέσεως αὐτῶν, ἦτο ἀρχικῶς ἀφόρτιστος, εἶναι δὲ μονωμένος ἀπὸ τοὺς ὑπολοίπους ἀγωγούς. Οὕτως, ἕκαστος πυκνωτὴς ἔχει τὸ αὐτὸ φορτίον q μὲ τοὺς ἄλλους πυκνωτὰς ἐπὶ ἑκάστου τῶν ὁπλισμῶν του, ὁπότε θὰ ἰσχύῃ :

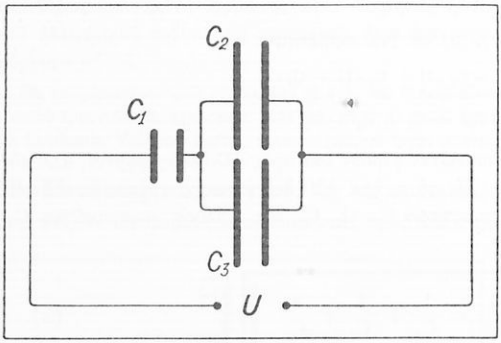
$$U_1 = \frac{q}{C_1} \qquad U_2 = \frac{q}{C_2} \qquad U_3 = \frac{q}{C_3} \qquad (6)$$

ὅπου U_1, U_2, U_3, αἱ τάσεις μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν ἑκάστου πυκνωτοῦ, τὸ ἄθροισμα τῶν ὁποίων πρέπει νὰ ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B, ἤτοι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \qquad (7)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐὰν ὁρίσωμεν ὡς ὁλικὴν χωρητικότητα $C_{ολ}$ τοῦ συνδυασμοῦ τῶν πυκνωτῶν τὴν χωρητικότητα ἑνὸς πυκνωτοῦ, ὁ ὁποῖος φέρων φορτίον q ἐπὶ τῶν ὀπλισμῶν του ἔχει τάσιν U, ἤτοι ἂν θέσωμεν :



Σχ. 121. Μικτὴ σύνδεσις πυκνωτῶν.

$$U = \frac{q}{C_{ολ}} \qquad (8)$$

τότε, διὰ συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (6), (7) καὶ (8), λαμβάνομεν :

$$U = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \frac{q}{C_3}$$

ἤτοι :

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

γ) Μικτὴ σύνδεσις. Εἰς τὸ σχῆμα 121 δεικνύεται ἡ μικτὴ σύνδεσις τριῶν πυκνωτῶν C_1, C_2, C_3, ὅπου ὁ C_1 συνδέεται ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ σύστημα τῶν ἐν παραλλήλῳ C_2 καὶ C_3. Ὡς εὐκόλως δεικνύεται ἡ ὁλικὴ χωρητικότης παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2 + C_3} \qquad (9)$$

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Δύο πυκνωταί, ὁ εἷς χωρητικότητος 4 μF καὶ ὁ ἕτερος 1 μF, συνδέονται ἐν παραλλήλῳ καὶ φορτίζονται ἕως ὅτου ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ γίνῃ 120 Volt. Νὰ εὑρεθῇ : α) Τὸ φορτίον ἐπὶ ἑκάστου πυκνωτοῦ. β) Ἡ χωρητικότης τοῦ συστήματος. γ) Ἡ ἐνέργεια τοῦ συστήματος.

Λύσις. α) Ἐφ' ὅσον οἱ πυκνωταὶ συνδέονται ἐν παραλλήλῳ, τὸ ὁλικὸν φορτίον $q_{ολ}$ τοῦ συστήματος, θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν φορτίων q_1 καὶ q_2 ἐπὶ ἑκάστου πυκνωτοῦ, ἤτοι :

$$q_{ολ} = q_1 + q_2$$

Διὰ τὸν πρῶτον πυκνωτὴν θὰ ἰσχύῃ ὁ τύπος:

$$q_1 = C_1 \cdot U$$

ὅπου, ἀντικαθιστῶντες τὰ δεδομένα $C_1 = 4\ μF = 4 \cdot 10^{-6}$ F καὶ $U = 120$ Volt, εὑρίσκομεν

$$q_1 = 4{,}8 \cdot 10^{-4}\ Cb$$

Ὁμοίως διὰ τὸν ἕτερον εὑρίσκομεν :

$$q_2 = 1{,}2 \cdot 10^{-4}\ Cb$$

Τὸ ὁλικὸν ἑπομένως φορτίον $q_{ολ}$ θὰ εἶναι :

$$\underline{q_{ολ} = 6 \cdot 10^{-4}\ Cb}$$

β) Λόγῳ τῆς ἐν παραλλήλῳ συνδέσεως τῶν πυκνωτῶν, θὰ εἶναι :

$$C_{ολ} = C_1 + C_2$$

δι' ἀντικαταστάσεως δὲ τῶν δεδομένων $C_1 = 4$ μF καὶ $C_2 = 1$ μF, ἔχομεν :

$$\underline{C_{ολ} = 5\ μF}$$

γ) Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον :

$$E = \frac{1}{2}\, q_{ολ} \cdot U$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰς τιμὰς $q_{o\lambda} = 6 \cdot 10^{-4}$ Cb καὶ U = 120 Volt, εὑρίσκομεν :

$$E = 360 \cdot 10^{-4} \text{ Joule}$$

2. Δύο πυκνωταὶ χωρητικοτήτων $C_1 = 4$ μF καὶ $C_2 = 2$ μF, συνδέονται ἐν σειρᾷ καὶ ἐπὶ τοῦ συστήματος αὐτῶν ἐφαρμόζεται τάσις 240 Volt. Νὰ εὑρεθοῦν : α) Ἡ ὁλικὴ χωρητικότης τοῦ συστήματος. β) Τὸ φορτίον ἑκάστου πυκνωτοῦ. γ) Ἡ τάσις ἑκάστου πυκνωτοῦ.

Λύσις. α) Ἐπειδὴ οἱ πυκνωταὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ, ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸν τύπον :

$$\frac{1}{C_{o\lambda}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

τὰ δεδομένα $C_1 = 4$ μF καὶ $C_2 = 2$ μF καὶ εὑρίσκομεν :

$$C_{o\lambda} = \frac{4}{3} \text{ μF}$$

β) Τὸ φορτίον q εἶναι τὸ αὐτὸ καὶ διὰ τοὺς δύο πυκνωτάς. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον :

$$q = C_{o\lambda} \cdot U$$

ὅπου $C_{o\lambda} = 4/3$ μF $= 4/3 \cdot 10^{-6}$ F καὶ U = 240 V, εὑρίσκομεν :

$$q = 3{,}2 \cdot 10^{-4} \text{ Cb}$$

γ) Ἡ τάσις εἰς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ θὰ εἶναι :

$$U_1 = \frac{q}{C_1}$$

ὁπότε ἀντικαθιστῶντες τὰ $q = 3{,}2 \cdot 10^{-4}$ Cb καὶ $C_1 = 4 \cdot 10^{-6}$ F, εὑρίσκομεν :

$$U_1 = 80 \text{ Volt}$$

Ὁμοίως εὑρίσκομεν ὅτι ἡ τάσις τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ θὰ εἶναι :

$$U_2 = 160 \text{ Volt}$$

3. Οἱ ὀπλισμοὶ ἐπιπέδου πυκνωτοῦ ἔχουν διαστάσεις 30 cm καὶ 50 cm, χωρίζονται δὲ δι' ὑαλίνης πλακὸς ἴσης πρὸς αὐτοὺς ἐπιφανείας, πάχους 2 mm καὶ διηλεκτρικῆς σταθερᾶς 8. α) Νὰ εὑρεθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ. β) Ποῖον θὰ εἶναι τὸ φορτίον ἐπὶ ἑκάστου ὀπλισμοῦ, ὅταν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν εἶναι 2000 Volt.

Λύσις. I. Ἐργαζόμεθα εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα. α) Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον :

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{4 \pi l}$$

τὰ δεδομένα $\varepsilon = 8$, $S = 30 \cdot 50$ cm^2 καὶ $l = 2$ mm $= 0{,}2$ cm, εὑρίσκομεν :

$$C = 4770 \text{ cm.}$$

β) Ἐκ τοῦ τύπου :

$$q = C \cdot U$$

ὅπου C = 4770 cm καὶ U = 2000 Volt = 2000/300 ΗΣΜ – τάσεως = 20/3 ΗΣΜ – τάσεως, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$q = 31\,800 \text{ ΗΣΜ - φορτίου.}$$

Λύσις. II. Ἐργαζόμεθα εἰς τὸ σύστημα MKSA. α) Ἐκ τοῦ τύπου :

$$C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{l}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπου εἶναι $\varepsilon = 8$, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ F/m, $S = 0{,}30 \cdot 0{,}50 = 0{,}15$ m² καὶ $l = 0{,}002$ m, λαμβάνομεν τελικῶς :

$$C = 530 \cdot 10^{-11} \text{ F}$$

β) Ἐκ τοῦ τύπου :

$$q = C \cdot U$$

ὅπου $C = 530 \cdot 10^{-11}$ F καὶ $U = 2000$ Volt, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

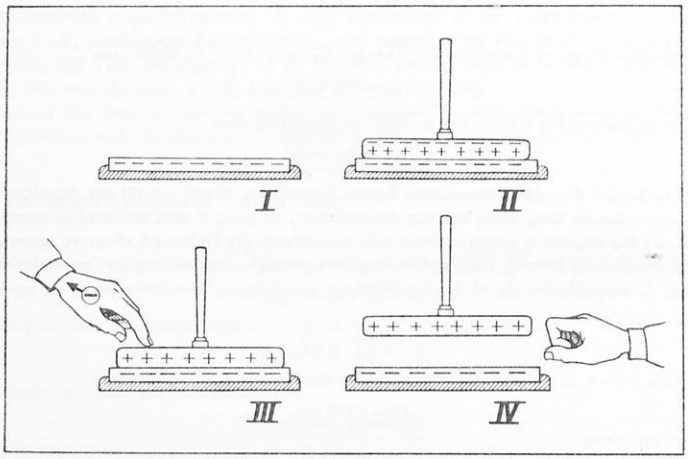
$$q = 10{,}6 \cdot 10^{-6} \text{ Cb}$$

Παρατήρησις. Ἐπειδὴ $530 \cdot 10^{-11}$ F $= 530 \cdot 10^{-11} \cdot 0{,}9 \cdot 10^{12}$ ΗΣΜ χωρητικότητος $= 4770$ cm καὶ $10{,}6 \cdot 10^{-6}$ Cb $= 10{,}6 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{9} = 31{,}8 \cdot 10^{3} = 31\,80$υ ΗΣΜ – φορτίου, ἔπεται ὅτι τὰ ἀποτελέσματα τὰ εὑρεθέντα διὰ τῆς χρήσεως τῶν δύο συστημάτων εἶναι ταυτόσημα.

ΗΛΕΚΤΡΟΣΤΑΤΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

80. Ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta. Αἱ πρῶται μηχαναί, αἱ ὁποῖαι ἐχρησιμοποιήθησαν πρὸς παραγωγὴν ἠλεκτρισμοῦ εἶναι αἱ *ἠλεκτροστατικαὶ μηχαναί*, ἡ δὲ ἁπλουστέρα τούτων εἶναι τὸ **ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta,** τὸ ὁποῖον περιγράφομεν ἐν συντόμῳ λόγῳ τῆς ἁπλότητός του καὶ τῆς ἱστορικῆς αὐτοῦ σημασίας.

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δίσκον ἐκ μονωτικῆς οὐσίας, π.χ. ἐβονίτου, τὸν ὁποῖον

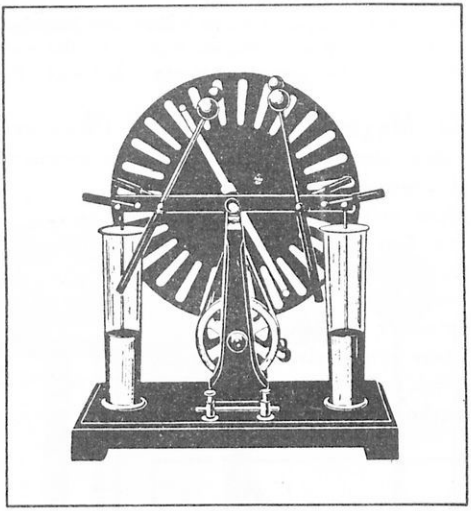


Σχ. 122. Ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta. Τρόπος μονίμου φορτίσεως πλακός.

ἠλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς, γνωρίζομεν δὲ ὅτι ἐπ' αὐτοῦ ἀναπτύσσονται ἀρνητικὰ φορτία (σχ. 122,I). Ἐὰν εἰς τὸν δίσκον τοῦτον προσεγγίσωμεν ἕτερον μεταλλικὸν δίσκον, τὸν ὁποῖον κρατοῦμεν διὰ μονωτικῆς λαβῆς, τότε, λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπαγωγῆς, ἡ πρὸς τὸν δίσκον ἐβονίτου ἐστραμμένη ἐπιφάνεια τοῦ μεταλλικοῦ δίσκου ἠλεκτρίζεται θετικῶς, ἐνῷ ἡ ἑτέρα αὐτοῦ ἐπιφάνεια ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς (II).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

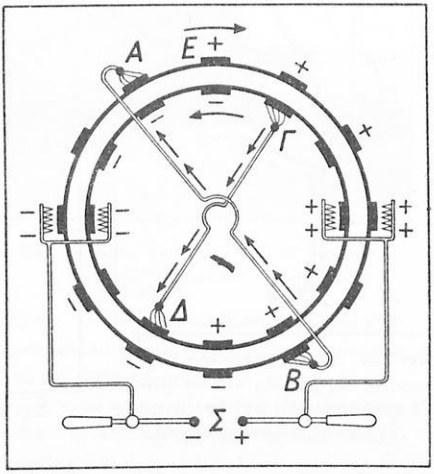
Ἐὰν προσγειώσωμεν τὴν ἄνω ἐπιφάνειαν τοῦ δίσκου, τὰ ἀρνητικὰ φορτία ἐκρέουν πρὸς τὴν Γῆν (ΙΙΙ), ἐὰν δὲ ἀκολούθως διακόψωμεν τὴν προσγείωσιν καὶ εὐθὺς ἀμέσως ἀπομακρύνωμεν τὸν μεταλλικὸν δίσκον ἀπὸ τὸν δίσκον τοῦ ἐβονίτου, βλέπομεν ὅτι οὗτος φέρει θετικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ μεταδώσωμεν εἰς ἄλλον ἀγωγὸν (IV). Ἐργαζόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον δυνάμεθα διὰ τῆς ἀνωτέρω διατάξεως νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν φόρτισιν διαφόρων μονωμένων ἀγωγῶν.



Σχ. 123. Μηχανὴ Wimshurst.

***81. Μηχανὴ Wimshurst (Βίμσχουρστ).** Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο παραλλήλους ὑαλίνους δίσκους (σχ. 123) περιστρεφομένους κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις. Ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας ἑκάστου δίσκου ὑπάρχουν ἀκτινοειδῶς διατεταγμένοι μεταλλικοὶ τομεῖς (ταινίαι) ἀπὸ φύλλον κασσιτέρου. Ὅταν οἱ δίσκοι περιστρέφωνται, οἱ μεταλλικοὶ τομεῖς ἔρχονται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰς συρματίνας ψήκτρας, τὰς ὁποίας φέρουν εἰς τὰ ἄκρα τῶν δύο μεταλλικὰ στελέχη διατιθέμενα περίπου καθέτως μεταξύ των.

Ἡ κατανόησις τῆς λειτουργίας τῆς μηχανῆς ὑποβοηθεῖται ὑπὸ τοῦ σχήματος 124. Εἰς τοῦτο οἱ ὑάλινοι δίσκοι παριστῶνται ὡς δύο συγκεντρικοὶ κύκλοι, ἐνῷ οἱ μεταλλικοὶ τομεῖς ὡς παχέα μελανὰ τόξα. Ὑποθέσωμεν ὅτι ὁ τομεὺς Ε ἔχει ἓν μικρὸν θετικὸν φορτίον. Ὅταν ὁ Ε κινηθῇ πρὸς τὰ δεξιὰ ὥστε νὰ ἔλθῃ ἔναντι τοῦ Γ, ὁ ὁποῖος συνδέεται μετὰ τοῦ Δ μέσῳ τῶν δύο ψηκτρῶν καὶ τοῦ ἑνὸς μεταλλικοῦ στελέχους, τότε ἐπὶ τοῦ Γ ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἀρνητικὸν φορτίον, ἐνῷ συγχρόνως ὁ Δ ἀποκτᾷ θετικόν. Τὸ ἀρνητικὸν φορτίον τοῦ Γ μεταφέρεται πρὸς τὰ ἀριστερὰ (λόγῳ τῆς περιστροφῆς τοῦ ἀντιστοίχου δίσκου), ὁπότε ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτύσσεται θετικὸν φορτίον ἐπὶ τοῦ τομέως Α καὶ συγχρόνως ἀρνητικὸν ἐπὶ τοῦ Β. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ὅλοι οἱ τομεῖς τοῦ ἄνω ἡμίσεος τοῦ ἐξωτερικοῦ δίσκου

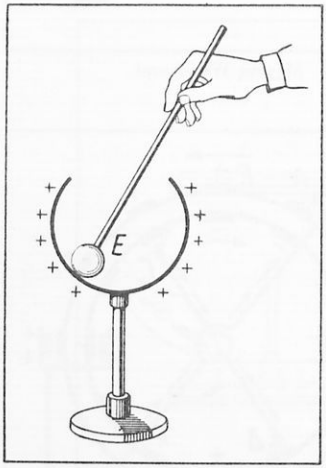


Σχ. 124. Διάγραμμα διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς λειτουργίας τῆς μηχανῆς Wimshurst.

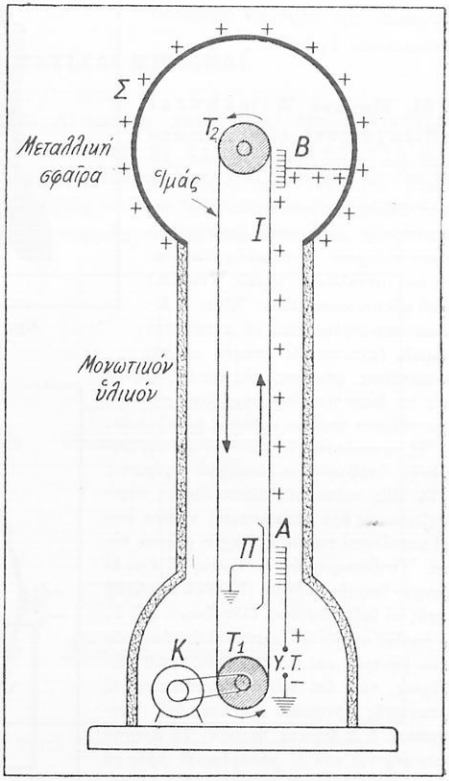
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ τοῦ κάτω ἡμίσεος τοῦ ἐσωτερικοῦ, ἀποκτοῦν θετικὸν φορτίον. Καθὼς οἱ δίσκοι περιστρέφονται, τὰ θετικὰ αὐτὰ φορτία φέρονται εἰς τὰ συλλέγοντα κτένια (ἢ εἰς ἄλλας μηχανὰς εἰς ψήκτρας) εἰς τὸ δεξιὸν τῆς μηχανῆς. Τὰ κτένια ταῦτα συνδέονται μὲ τὴν θετικὴν σφαῖραν εἰς Σ. Καθ' ὅμοιον τρόπον, τὰ ἀρνητικὰ φορτία συλλέγονται εἰς τὸ ἀριστερὸν κτένιον καὶ φέρονται εἰς τὴν ἀρνητικὴν σφαῖραν εἰς Σ. Ὅταν εἰς Σ ἀναπτυχθῇ ἐπαρκὴς διαφορὰ δυναμικοῦ, ἐκρήγνυται σπινθὴρ μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν. Μερικὰς φορὰς αἱ σφαῖραι συνδέονται πρὸς δύο λουγδουνικὰς λαγήνους πρὸς αὔξησιν τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων τῆς ἐ κ κ ε ν ώ σ ε ω ς καθ' ἕκαστον σπινθῆρα.

82. Μηχανὴ Van de Graaff (Φὰν ντὲ Γκράαφ). Εἰς τὴν μηχανὴν ταύτην γίνεται χρῆσις τοῦ φαινομένου κατὰ τὸ ὁποῖον ἂν φορτισμένος ἀγωγὸς ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ ἐσωτερικὸν δευτέρου κοίλου ἀγωγοῦ (σχ. 125), τότε ὅλον τὸ φορτίον αὐτοῦ μεταβιβάζεται εἰς τὸν κοῖλον ἀγωγόν, ἀνεξαρτήτως τοῦ ἤδη ὑπάρχοντος ἐπ' αὐτοῦ, δηλαδὴ ἀνεξαρτήτως τοῦ πόσον ὑψηλὸν εἶναι τὸ δυναμικὸν αὐτοῦ. Τοῦτο, ὡς γνωστὸν (βλ. §60), συμβαίνει διότι ὅλον τὸ φορτίον τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ κατανέμεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ καὶ οὐδόλως ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς. Οὕτω τὸ φορτίον καὶ ἑπομένως καὶ τὸ δυναμικὸν ἑνὸς κοίλου ἀγω-



Σχ. 125. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς λειτουργίας τῆς μηχανῆς Van de Graaff. Τὰ φορτία φέρονται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.

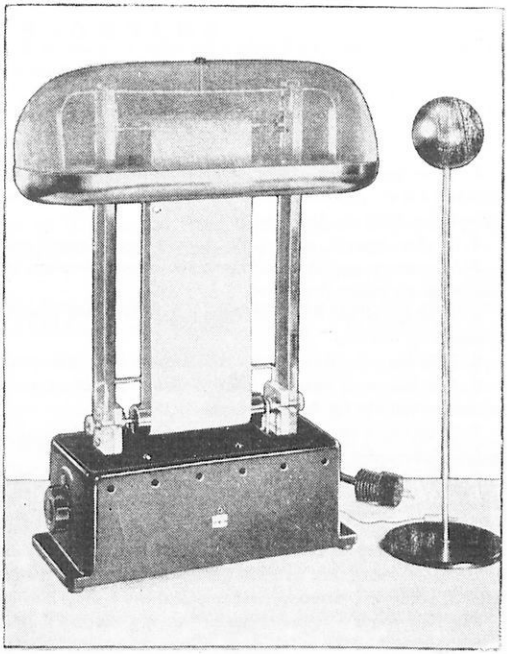


Σχ. 126. Τομὴ μηχανῆς Van de Graaff. Ἐπεξήγησις λειτουργίας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γοῦ θὰ ἠδύνατο νὰ ἀνέλθῃ εἰς οἱανδήποτε ἐπιθυμητὴν τιμὴν διὰ προσθέσεως διαδοχικῶς φορτίων εἰς αὐτὸν δι' ἐπαφῆς μὲ τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ. Τὸ μέγιστον δυναμικὸν ὅμως τοῦ ἀγωγοῦ περιορίζεται, λόγῳ διαρροῆς φορτίων διὰ τοῦ μονωτικοῦ ὑποστηρίγματος αὐτοῦ καὶ ἐκρήξεως σπινθήρων μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τῶν τοιχωμάτων τῆς περιεχούσης αὐτὸν αἰθούσης.

Ἡ γεννήτρια Van de Graaff (σχ. 126) ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς μεγάλου σφαιρικοῦ κοίλου ἀγωγοῦ Σ, στηριζομένου ἐπὶ μονωτικῆς κοίλης στήλης. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ἀγωγοῦ κινεῖται ἀτέρμων ἱμὰς Ι ἐξ ἐλαστικοῦ, τῇ βοηθείᾳ δύο τυμπάνων T_1 καὶ T_2, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ κάτω λαμβάνει κίνησιν ἀπὸ κινητῆρα Κ. Πρὸ τοῦ κάτω τυμπάνου καὶ τοῦ ἱμάντος ὑπάρχει σειρὰ ἀκίδων Α, ἡ ὁποία εὑρίσκεται εἰς θετικὸν δυναμικὸν (10 - 50 kV), τῇ βοηθείᾳ ἠλεκτρικῆς πηγῆς ὑψηλῆς τάσεως (Υ.Τ.), τῆς ὁποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος εἶναι προσγειωμένος. Λόγῳ ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως εἰς τὸ ἄκρον τῶν ἀκίδων, φορτίζεται θετικῶς τὸ πρὸ τῶν ἀκίδων τμῆμα τοῦ ἱμάντος, τὰ δὲ φορτία ταῦτα μεταφέρονται ὑπ' αὐτοῦ πρὸς τὰ ἄνω. Εἰς τὸ ἄνω μέρος, πρὸ τοῦ ἱμάντος, ὑπάρχει ἑτέρα σειρὰ ἀκίδων Β, ἡ ὁποία συλλέγει τὰ φορτία ταῦτα ἀπὸ τὸν ἱμάντα καὶ τὰ μεταβιβάζει εἰς τὴν σφαῖραν, δίδουσα οὕτως εἰς αὐτὴν συνεχῶς θετικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα κατανέμονται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας. Διὰ συνεχοῦς ἐπαναλήψεως τῆς διαδικασίας ταύτης, τὸ δυναμικὸν τῆς σφαίρας, ἐν σχέσει πρὸς τὸ τοῦ ἐδάφους, αὐξάνεται συνεχῶς.



Σχ. 127. Μηχανὴ τύπου Van de Graaff δι' ἐκτέλεσιν σχολικῶν πειραμάτων.

Μεγάλαι τινὲς γεννήτριαι Van de Graaff παράγουν τάσεις ἕως 10 μεγαβόλτ (10 MV = 10^7 V) καὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἐπιτάχυνσιν φορτισμένων σωματιδίων δι' ἐρεύνας εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν κλπ.

Ἐξ ἄλλου ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς κατασκευάζονται σήμερον μικροῦ τύπου αὐτοδιεγειρόμεναι ἠλεκτροστατικαὶ μηχαναὶ διὰ τὰς πειραματικὰς ἐπιδείξεις εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὰ Σχολεῖα, λίαν εὔχρηστοι καὶ εὐθηναί, αἵτινες ἐξετόπισαν σχεδὸν ἐξ ὁλοκλήρου τὰς παλαιοῦ τύπου μηχανὰς Wimshurst. Μία τοιαύτη ἠλεκτροστατικὴ γεννήτρια τύπου Van de Graaff εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 127.

Σημείωσις. Ἡ σφαῖρα Σ δύναται νὰ φορτίζεται καὶ ἀρνητικῶς, ἀρκεῖ αἱ ἀκίδες Α νὰ εὑρίσκωνται εἰς ἀρνητικὸν δυναμικόν. Τὸ εἶδος τοῦ φορτίου τῆς σφαίρας Σ θὰ ἐξαρτηθῇ ἐκ τοῦ σκοποῦ διὰ τὸν ὁποῖον προορίζεται ἡ χρησιμοποίησις τῆς μηχανῆς Van de Graaff.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ἐρωτήσεις

1. Ὅταν φορτισμένη ράβδος φέρεται πλησίον λεπτῶν τεμαχίων φελλοῦ, ὁ φελλὸς ἀρχικῶς προσκολλᾶται ἐπὶ τῆς ράβδου. Κατόπιν, πολὺ ταχέως, τὰ τεμαχίδια τοῦ φελλοῦ ἀποκολλῶνται ἀπ' αὐτῆς. Ἐξηγήσατε διατί συμβαίνει τοῦτο.

2. Τί εἶναι ἀγωγός, τί μονωτής. Δόσατε παραδείγματα καλῶν ἀγωγῶν καὶ καλῶν μονωτῶν.

3. Ἀναφέρατε μερικὰς ὁμοιότητας καὶ μερικὰς διαφορὰς μεταξὺ τῶν φαινομένων εἰς ἠλεκτρικὸν πεδίον καὶ εἰς πεδίον βαρύτητος.

4. Σχεδιάσατε τὰς δυναμικὰς γραμμὰς μεταξὺ ἑνὸς μικροῦ θετικοῦ φορτίου καὶ μιᾶς ἀρνητικῶς φορτισμένης πλακός.

5. Πῶς δύνασθε νὰ μετρήσετε τὴν ἔντασιν ἑνὸς ἠλεκτροστατικοῦ πεδίου;

6. Δύο δυναμικαὶ γραμμαὶ ἢ δύο ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου δύνανται νὰ τέμνωνται καὶ ἐὰν ὄχι διατί;

7. Σχεδιάσατε τὰς δυναμικὰς καὶ τὰς ἰσοδυναμικὰς γραμμὰς πλησίον μιᾶς γωνίας ἑνὸς φορτισμένου ὀρθογωνίου κυτίου.

8. Ἐξηγήσατε πῶς διανέμονται τὰ φορτία ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἑνὸς σώματος ἔχοντος τὴν μορφὴν ὠοῦ.

9. Μεταλλικὴ πλήρης σφαῖρα δύναται νὰ κρατήσῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον μεγαλύτερον ἀπὸ κοίλην τῆς αὐτῆς διαμέτρου; Ποῦ θὰ εὑρίσκωνται τὰ φορτία εἰς ἑκάστην περίπτωσιν.

10. Ποῖα συστήματα μονάδων χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ πῶς ὁρίζεται εἰς ἕκαστον ἐξ αὐτῶν ἡ ἠλεκτρικὴ μονὰς φορτίου.

11. Ἐξηγήσατε πῶς ἓν ἠλεκτροσκόπιον φορτίζεται δι' ἐπαφῆς καὶ πῶς δι' ἐπαγωγῆς.

12. Διατί τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀποκλίνουν ὅταν φορτισμένη ράβδος προσεγγίζῃ αὐτό; Ὑπάρχει διαφορὰ ἐὰν ἡ ράβδος εἶναι θετικῶς ἢ ἀρνητικῶς φορτισμένη;

13. Ἐξηγήσατε διατί τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς ἕλκεται ἀπὸ μίαν φορτισμένην ράβδον ἐβονίτου. Διατί ὅταν τοῦτο ἐγγίσῃ τὴν ράβδον ἀπωθεῖται;

14. Ἐλαφρὸν σφαιρίδιον κρέμαται εἰς τὸ ἄκρον μονωτικοῦ νήματος καὶ φορτίζεται μετὰ φορτίου γνωστοῦ σημείου. Πῶς δυνάμεθα δι' αὐτοῦ νὰ καθορίσωμεν τὸ εἶδος διαφόρων φορτισμένων σωμάτων.

15. Πῶς δύνασθε νὰ διαπιστώσετε ἐὰν ἓν ἀντικείμενον εἶναι θετικῶς ἢ ἀρνητικῶς φορτισμένον.

16. Πόθεν ἡ κατὰ τὴν ἐξ ἐπαγωγῆς φόρτισιν ἀναγκαία πρὸς ἀποχωρισμὸν τῶν φορτίων ἐνέργεια.

17. Κατὰ τί διαφέρει ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ἠλεκτρικὴ φόρτισις ἀπὸ τὴν ἐξ ἐπαγωγῆς μαγνήτισιν.

18. Διατί ἡ ἄπωσις καὶ οὐχὶ ἡ ἕλξις φορτισμένου ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς ὑπό τινος σώματος εἶναι ἀσφαλεστέρα ἔνδειξις ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο εἶναι φορτισμένον ἠλεκτρικῶς.

19. Ὀνομάσατε τοὺς χαρακτηριστικωτέρους τύπους ἠλεκτρικῶν πεδίων καὶ ἀναφέρατε τὰ ἰδιαίτερα χαρακτηριστικὰ ἑνὸς ἑκάστου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

20. Τί θὰ συμβῇ ἐὰν ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων φορτίων φέρωμεν ἕνα ἀφόρτιστον δοκιμαστικὸν ἀγωγὸν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ θετικοῦ φορτίου καὶ ἀκολούθως ἐγκαταλείψωμεν αὐτὸν ἐλεύθερον.

21. Ἀπὸ ποίους παράγοντας ἐξαρτᾶται ἡ χωρητικότης ἑνὸς πυκνωτοῦ μὲ παραλλήλους ἕδρας.

22. Ἐξαρτᾶται ἡ χωρητικότης ἑνὸς πυκνωτοῦ ἀπὸ τὸ χρησιμοποιούμενον μέταλλον διὰ τὰς πλάκας ;

23. Τί ὁρίζει τὸ ποσὸν τοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ κρατήσῃ εἷς πυκνωτής ;

24. Τί ὁρίζει τὴν τάσιν ἐκρήξεως σπινθῆρος ἑνὸς πυκνωτοῦ.

25. Μία ἠλεκτροστατικὴ γεννήτρια παράγει ἠλεκτρισμὸν διὰ βιομηχανικοὺς σκοπούς ;

26. Διατί τὰ βυτιοφόρα βενζίνης φέρουν σιδηρᾶν ἅλυσιν, ἡ ὁποία εὑρίσκεται πάντοτε ἐν ἐπαφῇ μὲ τὸ ἔδαφος ;

27. Διατί οἱ ἔνοικοι ἑνὸς μοντέρνου μὲ σιδηροῦν σκελετὸν κτιρίου δὲν διατρέχουν κίνδυνον ὅταν ἐν τοιοῦτον κτίριον πλήττεται ὑπὸ κεραυνοῦ ;

Β'. Προβλήματα

1. Δύο ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία 20 ΗΣΜ καὶ 30 ΗΣΜ, εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 12 cm μεταξύ των. Πόση ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη δύναμις, ἂν τὸ περιβάλλον μέσον εἶναι ὁ ἀήρ.

(Ἀπ. F = 4,18 dyn.)

2. Ἡ ἀπωστικὴ δύναμις μεταξὺ δύο ἴσων θετικῶν φορτίων εὑρισκομένων ἐν τῷ ἀέρι, εἰς ἀπόστασιν 15 cm, εἶναι 0,81 dyn. Ποῖον τὸ μέγεθος ἑκάστου φορτίου. (Ἀπ. q = 13,5 ΗΣΜ-φορτίου.)

3. Θετικὸν φορτίον εὑρίσκεται εἰς τὸν ἀέρα εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ ἑτέρου τετραπλασίου μεγέθους ἀρνητικοῦ φορτίου καὶ ἡ ἀσκουμένη μεταξὺ αὐτῶν δύναμις εἶναι 25 dyn. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μέγεθος ἑκάστου φορτίου. (Ἀπ. $q_1 = \pm 25$ ΗΣΜ-φορτίου, $q_2 = \mp 100$ ΗΣΜ-φορτίου.)

4. Δύο μικρὰ ἴσα σφαιρίδια ἐξ ἐντεριώνης ἀκτέας εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 4 cm ἀπ' ἀλλήλων, ἐντὸς τοῦ ἀέρος καὶ φέρουν φορτία τῶν +8 ΗΣΜ καὶ −20 ΗΣΜ ἀντιστοίχως. α) Ὑπολογίσατε τὴν δύναμιν ἕλξεως. β) Ἐὰν τὰ σφαιρίδια ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν καὶ κατόπιν ἀποχωρισθοῦν, ὥστε ἡ ἀπόστασίς των νὰ εἶναι 3 cm, ποία θὰ εἶναι ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη δύναμις.

(Ἀπ. α' F = 10 dyn. β' F' = 4 dyn.)

5. Δύο ὅμοιαι μεταλλικαὶ σφαῖραι ἠλεκτρικῶς φορτισμέναι, τῶν ὁποίων τὰ κέντρα ἀπέχουν κατὰ 10 cm, ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως 2400 dyn. Ἀφοῦ ἔλθουν αὗται εἰς ἐπαφὴν διατίθενται ὥστε τὰ κέντρα αὐτῶν νὰ ἀπέχουν κατὰ 25 cm, ὅτε ἀπωθοῦνται μετὰ δυνάμεως 400 dyn. Νὰ ὑπολογισθοῦν τὰ ἀρχικὰ φορτία, ἅτινα ἔφερον αἱ δύο σφαῖραι.

(Ἀπ. q_1 = 600 ΗΣΜ-φορτίου, q_2 = 400 ΗΣΜ-φορτίου.)

6. Τρία φορτία + 20 ΗΣΜ, −20 ΗΣΜ καὶ −40 ΗΣΜ-φορτίου εὑρίσκονται εἰς τὰς τρεῖς κορυφὰς ἰσοπλεύρου τριγώνου πλευρᾶς 10 cm. Ποῖον τὸ μέτρον καὶ ἡ φορὰ τῆς συνισταμένης δυνάμεως ἐπὶ τοῦ −40 ΗΣΜ-φορτίου. (Ἀπ. F = F_1 = F_2 = 8 dyn.)

7. Δύο ἐξ ἴσου φορτισμένα σφαιρίδια, ἕκαστον μάζης 0,1 gr ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ αὐτοῦ σημείου διὰ νημάτων μήκους 13 cm. Τὰ σφαιρίδια ἰσορροποῦν εἰς ἀπόστασιν 10 cm μεταξύ των, λόγῳ τῆς ἀπώσεως. Ὑπολογίσατε τὸ ἐπὶ ἑκάστου σφαιριδίου ὑπάρχον φορτίον q. Δίδεται g = 980 cm/sec².

(Ἀπ. q = 64 ΗΣΜ-φορτίου.)

8. Ἐπὶ ξυλίνης ὁριζοντίου τραπέζης εὑρίσκεται ὑλικὸν σημεῖον μάζης m = 10 gr, τὸ ὁποῖον φέρει ἠλεκτρικὸν φορτίον q = +100 ΗΣΜ-φορτίου. Κάτωθεν τῆς τραπέζης καὶ ἐπὶ τῆς κατακορύφου τῆς διερχομένης διὰ τοῦ σημείου, εὑρίσκεται ἠλεκτρικὴ ποσότης q_2 εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τῆς τραπέζης. Νὰ σχεδιασθοῦν καὶ ὑπολογισθοῦν αἱ δυνάμεις αἱ ἀσκούμεναι ἐπὶ τοῦ εὑρισκομένου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπὶ τῆς τραπέζης ὑλικοῦ σημείου, ὅταν ἡ ἠλεκτρικὴ ποσότης q_2 εἶναι : α) $q_2 = -500$ ΗΣΜ–φορτίου καὶ β) $q_2 = 500$ ΗΣΜ–φορτίου. (Δίδεται $g = 980$ cm/sec^2).

(Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Ἰατρικὴ Σχολή, Τμῆμα Ὀδοντιατρικόν, 1961).

(Ἀπ. α' 10 300 dyn. β' 9300 dyn.)

9. Ποία ἡ ἀπωστικὴ δύναμις μεταξὺ δύο ἠλεκτρονίων εὑρισκομένων εἰς ἀπόστασιν 1 Å ἀπ' ἀλλήλων. (Ἀπ. $F = 2{,}3 \cdot 10^{-3}$ dyn.)

10. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ ἠλεκτρονίου εἰς τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου. Δίδονται : φορτίον ἠλεκτρονίου $e = 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου, μᾶζα ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr καὶ ἀπόστασις ἠλεκτρονίου ἀπὸ τὸν πυρῆνα (πρωτόνιον) $r = 1$ Å. (Ἀπ. $v = 1600$ km/sec.)

11. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου ὑπὸ σημειώδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου 35 ΗΣΜ εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπ' αὐτοῦ. (Ἀπ. $\mathcal{E} = 0{,}056$ ΗΣΜ–ἐντάσεως.)

12. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἰς σημεῖον ἀπέχον κατὰ 5 cm ἀπὸ θετικοῦ φορτίου +20 ΗΣΜ καὶ 20 cm ἀπὸ ἀρνητικοῦ φορτίου −30 ΗΣΜ καὶ κειμένου ἐπὶ τῆς εὐθείας τῆς ἑνούσης τὰ δύο φορτία. (Ἀπ. $\mathcal{E} = 0{,}875$ ΗΣΜ–ἐντάσεως.)

13. Δίδεται τετράγωνον ΑΒΓΔ, τοῦ ὁποίου ἡ πλευρὰ $\alpha = 4$ cm. Εἰς τὰς κορυφὰς αὐτοῦ Α, Β, Γ, Δ, ὑπάρχουν ἠλεκτρικὰ φορτία +100, +100, −100, −100 ἀντιστοίχως ἠλεκτροστατικῶν μονάδων. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτροστατικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου.

(Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Τμῆμα Μαθηματικόν, 1958). (Ἀπ. $\mathcal{E} = 35{,}35$ ΗΣΜ–ἐντάσεως.)

14. Τὸ σφαιρίδιον ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου ἡ μᾶζα εἶναι $m = 25$ mgr φέρει ἠλεκτρικὸν φορτίον $q = 10$ ΗΣΜ, τιθέμενον δὲ ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου ὁριζοντίας ἐντάσεως σχηματίζει γωνίαν $\theta = 12^0$ μετὰ τῆς κατακορύφου. Πόση ἡ ἔντασις $\mathcal{E}$ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Δίδεται ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος $g = 980$ cm/sec^2 (ἐφ $\theta = 0{,}213$).

(Ἀπ. $\mathcal{E} = 0{,}52$ ΗΣΜ–ἐντάσεως.)

15. Πόσον εἶναι τὸ δυναμικόν, τὸ δημιουργούμενον ὑπὸ σημειώδους φορτίου +25 ΗΣΜ εἰς ἀπόστασιν 15 cm. (Ἀπ. $U = 1{,}67$ ΗΣΜ–δυναμικοῦ.)

16. Πόσον τὸ ἀπαιτούμενον ἔργον διὰ νὰ μεταφέρωμεν φορτίον 2 ΗΣΜ–φορτίου, ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ἀπὸ σημείου ἀπέχοντος 50 cm ἀπὸ φορτίον 100 ΗΣΜ–φορτίου, εἰς σημεῖον ἀπέχον 5 cm ἀπ' αὐτοῦ. (Ἀπ. 36 erg.)

17. Ἠλεκτρόνιον ἐξομοιοῦται πρὸς σφαῖραν ἀκτῖνος $r = 1{,}1 \cdot 10^{-13}$ cm, φέρει δὲ ἠλεκτρικὸν φορτίον $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Cb. Νὰ εὑρεθῇ: α) τὸ δυναμικὸν τῆς σφαίρας καὶ β) ἡ ἐνέργεια εἰς erg. (Δίδεται ὅτι 1 Cb $= 3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ–φορτίου καὶ 1 Volt $= 1/300$ ΗΣΜ–δυναμικοῦ).

(Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Τμήματα Φυσικὸν καὶ Φυσιογνωστικόν. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1953).

(Ἀπ. α' $U = 1311 \cdot 10^3$ V. β' $A = 10{,}5 \cdot 10^{-7}$ erg.)

18. Ἡ ἐπιφανειακὴ πυκνότης φορτίου εἰς σφαιρικὸν ἀγωγὸν εἶναι 1,5 ΗΣΜ/cm^2. Ἐὰν ἡ ἀκτὶς τῆς σφαίρας εἶναι 0,7 cm, πόσον τὸ φορτίον τῆς σφαίρας. (Ἀπ. $q = 9{,}2$ ΗΣΜ–φορτίου.)

19. Ἡ ἔντασις τοῦ ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχοντος ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἀνέρχεται εἰς 150 V/m εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ φλοιοῦ τῆς Γῆς. Ποῖον τὸ κατὰ τετραγωνικὸν χιλιόμετρον ἐπιφανειακὸν φορτίον εἰς τὸν φλοιὸν τῆς Γῆς. (Ἀπ. $\sigma = 1{,}33 \cdot 10^{-3}$ Cb/km^2.)

20. Δι' ἠλεκτρικῆς πηγῆς φορτίζομεν σφαιρικὸν ἀγωγὸν διαμέτρου 20 cm, ὥστε οὗτος νὰ ἀποκτήσῃ δυναμικὸν 300 V. Ἀπομακρύνομεν ἐκ τῆς πηγῆς τὸν ἀγωγὸν καὶ συνδέομεν τοῦτον πρὸς ἠλεκτρόμετρον, τὸ ὁποῖον τότε δεικνύει τάσιν 200 V. Ποία ἡ χωρητικότης τοῦ ἠλεκτρομέτρου. (Ἀπ. C = 5 ΗΣΜ–χωρητικότητος = 5 cm.)

21. Δύο σφαιρικοὶ ἀγωγοί, ἀκτίνων 4 cm καὶ 8 cm, φέρουν, ἀντιστοίχως, φορτία 100 καὶ 400 ΗΣΜ. Ἐὰν οἱ ἀγωγοὶ συνδεθοῦν ὑπὸ λεπτοῦ ἀγωγοῦ σύρματος, πόσον θὰ εἶναι : α) τὸ φορτίον ἑκάστης σφαίρας καὶ β) τὸ κοινὸν δυναμικὸν αὐτῶν.

(Ἀπ. α' $q'_1 = 166{,}67$ ΗΣΜ–φορτίου. $q'_2 = 333{,}33$ ΗΣΜ–φορτίου.
β' $U = 41{,}67$ ΗΣΜ–δυναμικοῦ.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

22. Μεταλλικὴ σφαῖρα διαμέτρου 20 cm φέρει φορτίον ὑπὸ δυναμικὸν 72 kV. Ποία ἡ ἐνέργεια αὐτῆς. ('Απ. $2,88 \cdot 10^6$ erg.)

23. 'Αγωγὸς σφαιρικός, ἀκτῖνος 18 cm καὶ μὲ φορτίον 50 ΗΣΜ, συνδέεται, πρὸς στιγμήν, διὰ σύρματος πρὸς ἕτερον σφαιρικὸν ἀγωγὸν φέροντα φορτίον 40 ΗΣΜ. Διὰ μέσου τοῦ σύρματος δὲν παρατηρεῖται ροὴ ἠλεκτρισμοῦ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ δευτέρου ἀγωγοῦ.

('Απ. 14,4 cm.)

24. Σταγὼν ἐλαίου μάζης 10^{-12} gr ἔχουσα φορτίον ἴσον πρὸς τὸ φορτίον 2 ἠλεκτρονίων αἰωρεῖται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ, τοῦ ὁποίου οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι ὁριζόντιοι καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 2 cm. Ποία ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ. Δίδεται φορτίον ἠλεκτρονίου $e = 4,8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου καὶ $g = 980$ dyn/gr.

('Απ. $U = 2,04 \cdot 300 = 612$ V.)

25. Πυκνωτὴς ἀέρος παρουσιάζει χωρητικότητα 50 cm. Καθορίσατε τὴν χωρητικότητα αὐτοῦ ὅταν μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του τίθεται ὕαλος, τῆς ὁποίας ἡ διηλεκτρικὴ σταθερὰ εἶναι $\varepsilon = 6$.

('Απ. $C = 300$ cm.)

26. Ἡ χωρητικότης πυκνωτοῦ εἶναι 30 ΗΣΜ-χωρητικότητος. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν εἶναι 5 ΗΣΜ-δυναμικοῦ. Ποῖον τὸ ἐπὶ ἑκάστου ὀπλισμοῦ φορτίον, ὅταν ὁ πυκνωτὴς ἔχῃ ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρα. ('Απ. $q = 150$ ΗΣΜ-φορτίου.)

27. Οἱ δύο ὀπλισμοὶ ἐπιπέδου πυκνωτοῦ εὑρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 2 mm ἀπ' ἀλλήλων, ὁ μεταξὺ δὲ αὐτῶν χῶρος πληροῦται δι' ὑάλου διηλεκτρικῆς σταθερᾶς $\varepsilon = 5$. Ποία ἡ ἐπιφανειακὴ πυκνότης τοῦ φορτίου, ἐὰν ὁ μὴ προσγειωθεὶς ὀπλισμὸς εὑρίσκεται ὑπὸ δυναμικὸν 240 V.

('Απ. $\sigma = 1,591$ ΗΣΜ-φορτίου/cm².)

28. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ πυκνότης σφαίρας, ἀκτῖνος 10 cm, βυθισμένης ἐντὸς καθαροῦ ὕδατος (διηλεκτρικῆς σταθερᾶς $\varepsilon = 80$) εἶναι 250 ΗΣΜ/cm², νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς σημεῖα εὑρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 0 cm, 10 cm, 20 cm, . . . 10n cm ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας. ('Απ. $= 39,25,\ 9,81,\ 4,36,\ 39,25/(n+1)^2$ ΗΣΜ-ἐντάσεως.)

29. 'Ηλεκτροσκόπιον διὰ φύλλων χρυσοῦ, φορτιζόμενον διά τινος φορτίου, δίδει ἀπόκλισιν 30 ὑποδιαιρέσεων. Μία ἀφόρτιστος μεταλλικὴ σφαῖρα, ἀκτῖνος 5 cm, τοποθετεῖται ἐν ἐπαφῇ μετὰ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, ὅτε ἡ ἀπόκλισις πίπτει εἰς τὰς 10 ὑποδιαιρέσεις. Ποία εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. ('Απ. $C_1 = 2,5$ cm.)

30. α) Ὑπολογίσατε τὴν χωρητικότητα πυκνωτοῦ συνισταμένου ἐκ δύο παραλλήλων πλακῶν διαχωριζομένων ὑπὸ στρώματος ἀέρος πάχους 0,4 cm. Ἡ ἐπιφάνεια ἑκάστης πλακὸς εἶναι 202 cm². β) Ἐὰν ὁ πυκνωτὴς συνδεθῇ μὲ πηγὴν 500 V, ὑπολογίσατε τὸ ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ φορτίον. γ) Ὑπολογίσατε τὴν ἐνέργειαν, ἥτις ἀποταμιεύεται εἰς τὸν πυκνωτήν. δ) Ἐὰν φύλλον μαρμαρυγίου (μίκας), πάχους 0,4 cm καὶ διηλεκτρικῆς σταθερᾶς 6, εἰσαχθῇ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὑπολογίσατε τὸ ἐπὶ πλέον φορτίον, τὸ ὁποῖον θὰ προσλάβῃ ὁ πυκνωτής.

('Απ. α' $C = 4,47 \cdot 10^{-11}$ F. β' $q = 2,23 \cdot 10^{-8}$ Cb. γ' $A = 5,58 \cdot 10^{-6}$ Joule. δ' $\Delta q = 1,12 \cdot 10^{-7}$ Cb.)

31. Κατασκευάζονται διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς 'Ασυρμάτου Τηλεγραφίας συστοιχίαι πυκνωτῶν ἀέρος μεταβλητῆς χωρητικότητος, ἀποτελούμεναι ἀπὸ δύο σειρὰς μεταλλικῶν πλακῶν ὥστε, διὰ τῆς κινήσεως ἑνὸς κομβίου, δύνανται τὰ νὰ κάμῃ νὰ εἰσχωρῇ περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον ἡ μία σειρὰ ἐντὸς τῆς ἑτέρας, χωρὶς νὰ ἔρχωνται εἰς ἐπαφήν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιφάνεια ἑκάστης μεταλλικῆς πλακός, ὅταν ὁ πυκνωτὴς παρουσιάζῃ μεγίστην χωρητικότητα 0,001 μF καὶ ἑκάστη σειρὰ ἔχει 10 πλάκας, ἐνῷ ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν πλακῶν εἶναι 0,5 mm. ('Απ. $S = 30$ cm², περίπου.)

32. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια εἰς Joule καὶ θερμίδας, ἡ συσσωρευμένη ἐντὸς πυκνωτοῦ χωρητικότητος 1 μF, καὶ ὑπὸ διαφορὰν δυναμικοῦ 25000 V.

('Απ. $A = 312,5$ Joule, $A = 75$ cal.)

33. Ὑπολογίσατε τὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία ἀποταμιεύεται εἰς πυκνωτήν, τοῦ ὁποίου ἡ χωρητικότης εἶναι 40 ΗΣΜ-χωρητικότητος καὶ φορτίζεται ὑπὸ τάσιν 5 ΗΣΜ-δυναμικοῦ. ('Απ. $A = 500$ erg.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

34. Ἐκφορτίζεται πυκνωτὴς 150 μF ἐπὶ ἀντιστάσεως, ὅτε διαπιστοῦται ἐντὸς τῆς ἀντιστάσεως ἀνάπτυξις θερμότητος 0,2 cal. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑρίσταται μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ. (Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος J = 4,2 Joule/cal).
(Ἀπ. U = 105 V.)

35. Δύο ὅμοιοι πυκνωταί, ἔχοντες ἕκαστος χωρητικότητα 0,1 μF, συνδέονται ἐν παραλλήλῳ. Ἀποκαθίστανται μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν αὐτῶν διαφορὰ δυναμικοῦ 4000 V. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια τοῦ συστήματος. Εἰς ἕνα δεύτερον πείραμα οἱ πυκνωταὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ. Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἡ ἐφαρμοζομένη μεταξὺ τῶν ἄκρων ὁπλισμῶν, ἵνα ἡ ἀποταμιευομένη ἐνέργεια εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν προηγουμένην. (Ἀπ. A = 1,6 Joule, U′ = 8000 V.)

36. Εἰς ἐπίπεδον πυκνωτὴν οἱ δύο κυκλικοὶ ὁπλισμοί, διαμέτρου 40 cm, εὑρισκόμενοι εἰς ἀπόστασιν 15 mm ἀπ' ἀλλήλων, ἕλκονται μὲ δύναμιν 2.33 gr*. Ἐκ τῶν δεδομένων τούτων νὰ ὑπολογισθοῦν : α) ἡ χωρητικότης καὶ β) ἡ ἐνέργεια τοῦ πυκνωτοῦ.
(Ἀπ. C = 66,7 cm, A = 1714,3 erg.)

37. Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τῆς χωρητικότητος πυκνωτοῦ χρησιμοποιοῦμεν ἕτερον πυκνωτὴν γνωστῆς χωρητικότητος (10^{-4} μF), τὸν ὁποῖον φορτίζομεν. Ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ τούτου καθορίζεται ἀκολούθως δι' ἠλεκτρομέτρου, χωρητικότητος 50 cm, φέροντος ἀβαθμολόγητον κλίμακα γραμμικῶς ὑποδιηρημένην. Μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ πυκνωτοῦ τούτου ἐκ τῆς πηγῆς, συνδέομεν ἐν παραλλήλῳ πρὸς αὐτὸν τὸν πρῶτον πυκνωτήν. Εἰς τὸ συνδεδεμένον πρὸς τὸ σύστημα ἠλεκτρόμετρον παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ τάσις ἐλαττοῦται εἰς τὰ 5/8 τῆς ἀρχικῆς του τιμῆς. Ποία ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ. (Ἀπ. C = 84 cm.)

38. Δύο σφαιρικοὶ πυκνωταὶ ἔχουν χωρητικότητα 0,6 μF καὶ 1 μF, οἱ ἐσωτερικοὶ ὁπλισμοὶ αὐτῶν ἔχουν ἀντιστοίχως δυναμικὰ 50 V καὶ 100 V, ἐνῷ οἱ ἐξωτερικοὶ ὁπλισμοὶ εἶναι προσγειωμένοι. Συνδέονται οἱ ἐσωτερικοὶ ὁπλισμοὶ τῶν πυκνωτῶν δι' ἀγωγοῦ ἀμελητέας χωρητικότητος. Ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐνέργεια τοῦ συστήματος μετὰ τὴν σύνδεσιν. (Ἀπ. A = $5281{,}25 \cdot 10^{-6}$ Joule.)

39. Δύο πυκνωταὶ χωρητικοτήτων $C_1 = 3$ ΗΣΜ καὶ $C_2 = 6$ ΗΣΜ–χωρητικότητος, συνδέονται ἐν σειρᾷ καὶ φορτίζονται ὑπὸ τάσιν 150 ΗΣΜ – δυναμικοῦ. Ὑπολογίσατε : α) τὴν χωρητικότητα C τοῦ συστήματος, β) τὸ ὁλικὸν φορτίον τοῦ συστήματος, γ) τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν ἑκάστου τῶν δύο πυκνωτῶν.
(Ἀπ. α′ $C_{ολ} = 2$ ΗΣΜ–χωρητικότητος. β′ $q_{ολ} = 300$ ΗΣΜ–φορτίου.
γ′ U = 50 ΗΣΜ–διαφορᾶς δυναμικοῦ.)

40. Συνδέονται μικροὶ πυκνωταὶ ἕκαστος τῶν ὁποίων συνίσταται ἀπὸ δύο πλάκας κασσιτέρου, ἐπιφανείας 25 cm^2, κεχωρισμένοι μεταξὺ των διὰ παραφινωμένου χάρτου, διηλεκτρικῆς σταθερᾶς 2 καὶ πάχους 0,02 cm. Πόσοι πυκνωταὶ θὰ πρέπει νὰ συνδεθοῦν ἐν παραλλήλῳ, ἵνα ἀποτελεσθῇ πυκνωτὴς χωρητικότητος 0,01 μF. (Ἀπ. n = 45.)

41. Ἔστωσαν, ἐντὸς δοχείου παραφινελαίου, οἱ δύο ὁπλισμοὶ πυκνωτοῦ, διαμέτρου d = 5 cm, οἵτινες ἀπέχουν μεταξὺ των 0,5 mm. Ὁ εἷς ὁπλισμὸς προσγειοῦται, ἐνῷ ὁ ἕτερος συνδέεται, μέσω σύρματος ἀμελητέας χωρητικότητος, μὲ μεταλλικὴν σφαῖραν ἀκτῖνος 1 cm, εὑρισκομένην ἐκτὸς τοῦ δοχείου παραφινελαίου. Δίδονται: Ὁ τύπος τῆς χωρητικότητος C ἑνὸς πυκνωτοῦ $C = k \cdot S / 4\pi \cdot l$, ὅπου S τὸ ἐμβαδὸν ἑνὸς ὁπλισμοῦ, l ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ καὶ k ὁ συντελεστὴς τοῦ διηλεκτρικοῦ (παραφινέλαιον k = 2,3). Ζητεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον εἰς μονάδας C.G.S. καὶ Coulomb, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ δοθῇ εἰς τὴν σφαῖραν, ἵνα τὸ δυναμικὸν αὐτῆς γίνῃ ἴσον πρὸς 500 μονάδας C.G.S. (Γεωπονικὴ Σχολὴ Ἀθηνῶν, 1960).
(Ἀπ. q = 36 437,5 μονάδες C.G.S., $q = 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ Cb.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΣΥΝΕΧΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

Ι. ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

83. Ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ Στατικοῦ Ἠλεκτρισμοῦ ἐξητάσαμεν ὡρισμένα φαινόμενα, κατὰ τὰ ὁποῖα τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία παρέμεναν ἀκίνητα. Εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο θὰ ἐξετάσωμεν φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ὀφείλονται εἰς ἠλεκτρικὰ φορτία ἐν κινήσει.

Ὁσάκις κατὰ μῆκος ἀγωγοῦ λαμβάνει χώραν, λόγῳ οἱασδήποτε αἰτίας, μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων, λέγομεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, κατὰ συνέπειαν, παράγεται κατὰ τὴν μετακίνησιν τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων. Οὕτω, π.χ., κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν φορτισμένου ἠλεκτροσκοπίου διὰ προσγειώσεως τοῦ δίσκου αὐτοῦ μέσῳ μεταλλικοῦ σύρματος ἢ τῆς χειρός μας, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ φύλλα αὐτοῦ συγκλίνουν, δεῖγμα ὅτι τὰ φορτία ἐπ' αὐτῶν ἠλαττώθησαν. Ἡ ἐλάττωσις προεκλήθη ἀπὸ τὴν διαρροὴν αὐτῶν πρὸς τὴν Γῆν, ἡ δὲ διαρροὴ αὕτη ἀποτελεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς τὰ κινούμενα ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια (βλ. σελ. 71) τοῦ μετάλλου, ἐνῷ εἰς τοὺς ἠλεκτρολύτας τὰ ἰόντα.

Εἰς ὅλους εἶναι γνωσταὶ ποικίλαι ἠλεκτρικαὶ συσκευαί, λειτουργοῦσαι δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὡς ἐπὶ παραδείγματι οἱ λαμπτῆρες φωτισμοῦ, τὸ ραδιόφωνον, αἱ συσκευαὶ τηλεοράσεως, τὸ τηλέφωνον κλπ. Ἐν τούτοις, πολλοὶ ἔχουν ἀσαφεῖς ἰδέας ἢ ἐλλειπεῖς γνώσεις περὶ τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ, περισσότερον ἀπὸ ἄλλους τομεῖς τῆς Φυσικῆς. Τοῦτο διότι τὰ μηχανικὰ ἢ ἀκουστικὰ φαινόμενα, τὴν θερμότητα καὶ τὸ φῶς, δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν διὰ τῶν αἰσθήσεων· διὰ τὸν ἠλεκτρισμὸν ὅμως δὲν διαθέτομεν κανένα εἰδικὸν αἰσθητήριον ὄργανον. Διὰ τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα ἀποκτῶμεν ἐμμέσως ἀντίληψιν ἐκ τῶν ἀποτελεσμάτων αὐτῶν.

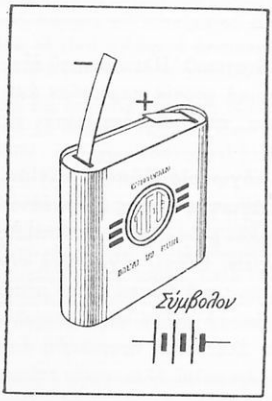
84. Πηγαὶ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Διὰ τὴν ἐν γένει παραγωγὴν καὶ παροχὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν, ἀναλόγως τῶν περιπτώσεων, ὡς πηγάς: 1) τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, 2) τοὺς ἠλεκτρικοὺς συσσωρευτάς, 3) τὰς ἠλεκτρικὰς γεννητρίας.

α) Ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα. Ταῦτα εἶναι σήμερον λίαν περιωρισμένης χρήσεως, χρησιμοποιούμενα ἰδίως πρὸς τροφοδότησιν τῶν μικρῶν φορητῶν ἠλεκτρικῶν φανῶν (κοινῶς φανάρια τσέπης), συσκευῶν βαρηκόων, ὡς καὶ φορητῶν ραδιοφώνων ἢ ἀσυρμάτων τηλεγράφων κλπ. Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα ὁμοῦ, συνδεδεμένα καταλλήλως, ἀποτελοῦν τὴν ἠλεκτρικὴν στήλην (σχ. 128).

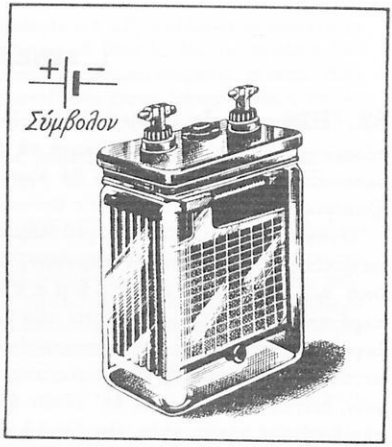
β) Ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταί. Οὗτοι, κυρίως εἰπεῖν, δὲν εἶναι καθ' αὐτὸ πρωτογενεῖς πηγαὶ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀλλὰ δευτερογενεῖς, διότι εἰς αὐτοὺς δυνάμεθα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νὰ ἐναποθηκεύσωμεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀκολούθως δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἐν καταλλήλῳ τόπῳ καὶ χρόνῳ, π.χ. εἰς τὰ αὐτοκίνητα ἢ εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ τὴν ὑπὸ τὸ ὕδωρ κίνησίν των, διὰ τὴν τροφοδότησιν ραδιοφωνικῶν συσκευῶν κλπ. (σχ. 129).

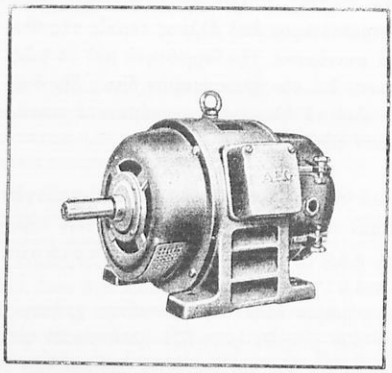


Σχ. 128. Ἠλεκτρικὴ στήλη.



Σχ. 129. Ἠλεκτρικὸς συσσωρευτής.

γ) Ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι. Αὗται εἶναι λίαν διαδεδομέναι καὶ ἀποτελοῦν τὰς κυρίως πηγὰς τροφοδοσίας ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πρόκειται, ἐν γένει, περὶ πολυπλόκων συστημάτων ἐγκαθισταμένων ἐντὸς εἰδικῶν ἐργοστασίων παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀπὸ τῶν ὁποίων τὸ ρεῦμα διοχετεύεται, μέσῳ δικτύου μεταλλίνων ἀγωγῶν, εἰς τὴν κατανάλωσιν πρὸς φωτισμόν, θέρμανσιν, κίνησιν κλπ. (σχ. 130).



Σχ. 130. Γεννήτρια ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Εἰς οἱονδήποτε τύπον ἠλεκτρικῆς πηγῆς ὑπάρχουν συνήθως τὰ ἄκρα δύο ἀγωγῶν, μονωμένων μεταξύ των, οἱ ὁποῖοι ὀνομάζονται **πόλοι** αὐτῆς. Ἐξ αὐτῶν ὁ εἷς ὀνομάζεται **θετικὸς πόλος** καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ συμβόλου (+), ἐνῷ ὁ ἕτερος **ἀρνητικὸς πόλος,** σημειούμενος διὰ τοῦ συμβόλου (−).

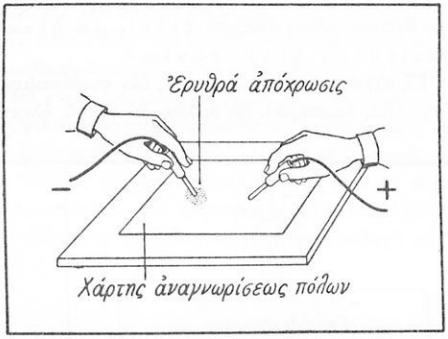
Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς τινος πηγῆς δι' ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, οὗτος θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Τὸ σύνολον τὸ ἀποτελούμενον ἐκ τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς καὶ τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ συνδέοντος τοὺς πόλους καὶ κατὰ μῆκος τοῦ ὁποίου παρεμβάλλονται καταναλωταί, καλεῖται ἠλεκτρικὸν **κύκλωμα.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

***85. Ἀναγνώρισις τοῦ εἴδους τῶν πόλων ἠλεκτρικῆς πηγῆς.** Πρὸς ἐξακρίβωσιν τοῦ εἴδους τῶν πόλων πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν ειδικὸν χάρτην, ὁ ὁποῖος καλεῖται **χάρτης ἀναγνωρίσεως πόλων,** καὶ εἶναι ἀνορροφητικός, ἐμποτισμένος εἰς διάλυμα φενολοφθαλεΐνης μετὰ νιτρικοῦ καλίου.

Ἐὰν λάβωμεν τεμάχιον ὑγρανθέντος χάρτου ἀναγνωρίσεως καὶ τοποθετήσωμεν αὐτὸ ἐπὶ ὑαλίνης πλακός, πλησιάσωμεν δὲ ἀκολούθως τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ἀγωγῶν, τῶν συνδεομένων πρὸς τοὺς πόλους π.χ. ἠλεκτρικοῦ τινος συσσωρευτοῦ καὶ φέρωμεν αὐτοὺς εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ χάρτου, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς. Τὸ σημεῖον ἐπαφῆς τοῦ χάρτου μετὰ τοῦ ἀκροδέκτου, τοῦ συνδεδεμένου μετὰ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου, βάφεται ἐρυθρόν, ἐνῷ ὁ ἀκροδέκτης τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ συνδεομένου μετὰ τοῦ θετικοῦ πόλου, οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἔχει ἐπὶ τοῦ χάρτου (σχ. 131).



Σχ. 131. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος ἐρυθραίνει τὸν χάρτην ἀναγνωρίσεως.

Ἐὰν κρατῶμεν παραλλήλους καὶ ἐγγὺς ἀλλήλων τοὺς δύο ἀκροδέκτας, μετακινοῦντες αὐτοὺς εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὑρίσκωνται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ χάρτου ἀναγνωρίσεως, ὁ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον συνδεδεμένος γράφει ἐπὶ τοῦ χάρτου ἐρυθρὰν συνεχῆ γραμμήν. Ἐὰν ἡ πηγὴ εἶναι ἐναλλασσομένου ρεύματος, τότε, κατὰ τὴν ὡς ἄνω μετακίνησιν οἱ δύο ἀκροδέκται γράφουν διακεκομμένας γραμμὰς καὶ δὴ τοιαύτας ὥστε τὰ ἐρυθρὰ σημεῖα τῆς μιᾶς νὰ εὑρίσκωνται ἔναντι τῶν κενῶν τῆς ἄλλης.

86. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Αἱ πηγαὶ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς πηγὰς συνεχοῦς καὶ εἰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ἐφ' ὅσον οἱ πόλοι πηγῆς ρεύματος διατηροῦν ἀμετάβλητον τὸ σημεῖον αὐτῶν, ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἐντὸς ἀγωγοῦ συνδέοντος τοὺς πόλους τῆς πηγῆς παραμένει πάντοτε ἡ ἰδία. Τοιοῦτον ρεῦμα καλεῖται **συνεχές,** καὶ ἡ πηγὴ παραγωγῆς αὐτοῦ πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος. Οὕτω, τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευταὶ ἀποτελοῦν πηγὰς συνεχοῦς ρεύματος. Ἐπίσης, μηχαναὶ ὡρισμένου τύπου δύνανται νὰ παρέχουν συνεχὲς ρεῦμα.

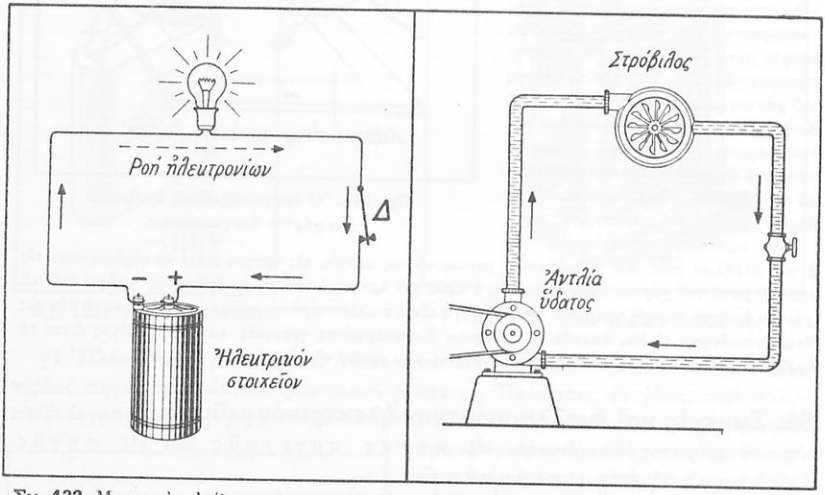
Ἐὰν ὅμως οἱ πόλοι τῆς πηγῆς γίνωνται ἐναλλὰξ θετικοὶ καὶ ἀρνητικοί, τότε καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς, τοιοῦτον δὲ ρεῦμα καλεῖται **ἐναλλασσόμενον** καὶ ἡ πηγὴ παραγωγῆς αὐτοῦ καλεῖται πηγὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω, μηχαναὶ ὡρισμένου τύπου δύνανται νὰ παρέχουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

Οἱ ρευματοδόται (πρίζαι) τῶν οἰκιῶν ἀποτελοῦν ἠλεκτρικὰς πηγάς, ἀλλ' ἐὰν τὸ παρεχόμενον ρεῦμα εἶναι ἐναλλασσόμενον δὲν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν πόλον, διότι οἱ πόλοι οὗτοι διαρκῶς ἀλλάσσουν σημεῖον, δηλαδὴ ἕκαστος γίνεται διαδοχικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικός.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

87. Φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Σήμερον γνωρίζομεν, ὡς λεπτομερέστερον θὰ ἀναφέρωμεν καὶ εἰς ἄλλην θέσιν, ὅτι εἰς τὸν θετικὸν πόλον ἀναπτύσσονται θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, ἐνῷ εἰς τὸν ἀρνητικὸν ἀναπτύσσονται ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Συμφώνως πρὸς τὴν ἠλεκτρονικὴν θεωρίαν, τοῦτο σημαίνει ὅτι εἰς τὸν θετικὸν πόλον ὑπάρχει ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων, ἐνῷ εἰς τὸν ἀρνητικὸν περίσσεια ἠλεκτρονίων.

Ἐξ ἄλλου, εἶναι γνωστὸν ὅτι, ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς δι' ἀγωγοῦ, (σχ. 132, ἀριστερά), θὰ διέλθῃ δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τοῦτο δεικνύεται ἐὰν



Σχ. 132. Μηχανικὸν ἀνάλογον παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ἀντλία ἀπορροφᾷ ὕδωρ ἐκ δεξιῶν καὶ μεταβιβάζει τοῦτο πρὸς τ' ἀριστερά, πραγματοποιοῦσα οὕτω κυκλικὴν ροὴν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἐπέχουσα θέσιν πηγῆς τάσεως. Ὁ ὑδροστρόβιλος ἀντιστοιχεῖ πρὸς καταναλωτήν.

διακόψωμεν τὸν ἀγωγὸν καὶ παρεμβάλωμεν μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τῆς διακοπῆς αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν λαμπτῆρα, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποτελεῖ ροὴν ἠλεκτρονίων, ἡ ἠλεκτρικὴ πηγὴ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι ἀφαιρεῖ συνεχῶς ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζει εἰς τὸν ἀρνητικὸν καὶ τὰ ὁποῖα, διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, μεταβιβάζονται ἐκ νέου ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου εἰς τὸν θετικόν.

Τὸ σχῆμα 132, (δεξιά), δεικνύει ἀνάλογον μηχανικὸν παράδειγμα, κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ ἀντλία ἀπορροφᾷ ὕδωρ ἐκ δεξιῶν καὶ μεταβιβάζει τοῦτο πρὸς τ' ἀριστερά, πραγματοποιουμένης οὕτω τῆς κυκλικῆς κινήσεως τοῦ ὕδατος. Ἡ ὡς ἄνω ἀναλογία μεταξὺ τοῦ μηχανικοῦ καὶ ἠλεκτρικοῦ φαινομένου δέον νὰ μὴ θεωρηθῇ ὡς πλήρης. Ἁπλῶς ἀναφέρομεν αὐτήν, διὰ νὰ ἔχωμεν μίαν ἰδέαν τοῦ μηχανισμοῦ τῆς παραγωγῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἠλεκτρονικὴν θεωρίαν, ὡς φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἀγωγὸν θεωροῦμεν τὴν φορὰν κατὰ τὴν ὁποίαν μετακινοῦνται τὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἠλεκτρόνια ἐντὸς αὐτοῦ, ἡ ὁποία, ὡς εἴδομεν, εἶναι ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, ὡς δεικνύεται παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 132. (ἀριστερά).

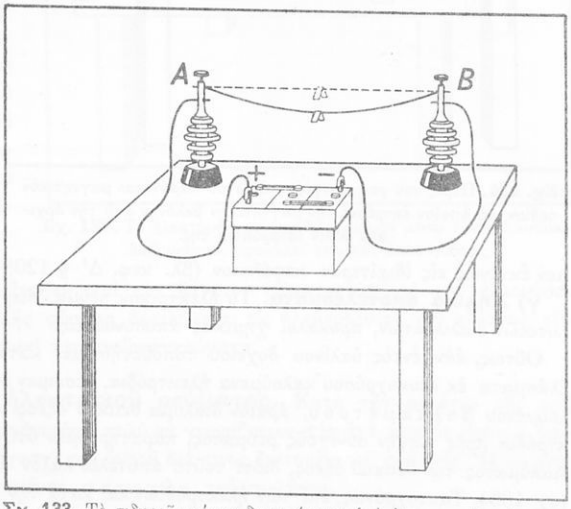
Ἐν τούτοις, μολονότι αὕτη εἶναι ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐντὸς τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν, εἰς τὴν πρᾶξιν δεχόμεθα ὡς φορὰν αὐτοῦ τὴν ἀντίθετον, δηλαδὴ τὴν ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν (συμβατικὴ φορά).

Τοῦτο ὀφείλεται εἰς κτηθεῖσαν συνήθειαν ἀπὸ παλαιοτέρας ἐποχῆς, ὅτε αἱ γνώσεις ἡμῶν, ὅσον ἀφορᾷ τὸν ἠλεκτρισμόν, δὲν εἶχον προχωρήσει τόσον πολὺ ὅσον σήμερον.

Ἡ παραδοχὴ ὡς φορᾶς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν ἔξω τῆς πηγῆς καὶ ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν ἐντὸς τῆς πηγῆς δὲν δικαιολογεῖται πλέον σήμερον. Ἐν τούτοις, ἐξακολουθοῦμεν νὰ διατηροῦμεν αὐτὴν εἰσέτι κατὰ τὴν σπουδὴν ὡρισμένων φαινομένων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐχόντων κυρίως σημασίαν διὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς, δεδομένου ὅτι ἡ παραδοχὴ αὕτη, δὲν ἄγει εἰς ἐσφαλμένα συμπεράσματα.

88. Ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει διάφορα ἀποτελέσματα, ἐκ τῶν ὁποίων κυριώτερα εἶναι τὰ ἀκόλουθα.

α) Θερμικὰ ἀποτελέσματα. Ἀγωγὸς διαρρεόμενος ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος θερμαίνεται, ἡ δὲ θερμοκρασία αὐτοῦ δύναται νὰ φθάσῃ μέχρι λευκοπυρώσεως ἢ καὶ τήξεως τοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο εὑρίσκει σήμερον εὐρυτάτην πρακτικὴν ἐφαρμογὴν εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς θερμάστρας, ἠλεκτρικὰ μαγειρεῖα, ἠλεκτρικοὺς λαμπτῆρας κλπ.



Σχ. 133. Τὸ σιδηροῦν σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος θερμαίνεται καὶ ἔνεκα τούτου διαστέλλεται.

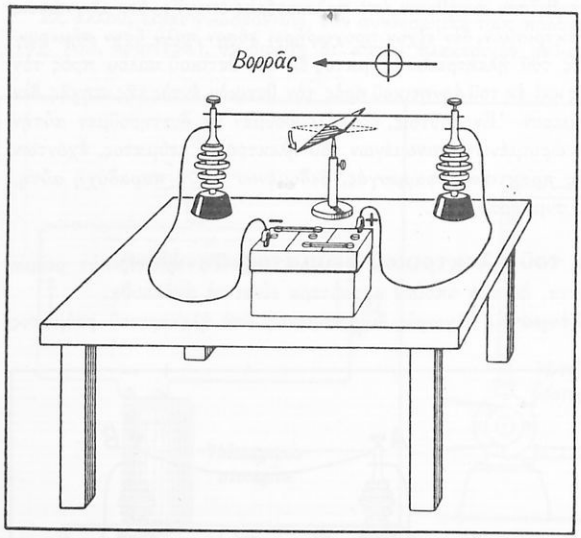
Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ δείξωμεν τὴν θέρμανσιν ἀγωγοῦ δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, διὰ τῆς ἐν σχήματι 133 διατάξεως. Μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B διατείνομεν σύρμα καὶ διαβιβάζομεν δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ συνδέσεως τῶν A καὶ B πρὸς πηγὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Λόγῳ τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα θερμαίνεται καί, ὡς ἐκ τῆς θερμικῆς διαστολῆς αὐτοῦ, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ βάρους του, κάμπτεται. Ἐὰν διακόψωμεν τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος, τὸ σύρ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μα ἀποψύχεται, καί, λόγῳ συστολῆς αὐτοῦ, ἀναλαμβάνει τὴν ἀρχικήν του θέσιν.

β) Μαγνητικὰ ἀποτελέσματα. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ τὸν ἀγωγόν, τὸν ὁποῖον διαρρέει, μαγνητικὸν πεδίον.

Οὕτως, ἐὰν στηρίξωμεν ἐπὶ ἀκίδος λεπτὴν μαγνητικὴν βελόνην (σχ. 134) καὶ ἄνωθεν αὐτῆς διατείνωμεν χάλκινον σύρμα, εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἄξων τῆς βελόνης, ἰσορροπούσης, νὰ διάκειται παραλλήλως πρὸς τὸ σύρμα, καὶ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σύρματος ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐκτρέπεται ἀπὸ τῆς θέσεως ἰσορροπίας αὐτῆς καὶ τείνει νὰ γίνῃ κάθετος ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου δεικνύεται ἡ ἐπενέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, καὶ ἑπομένως ὅτι τὸ ρεῦμα τὸ διαρρέον τὸν ἀγωγὸν σχηματίζει περὶ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Τοῦτο θὰ ἐξετάσωμεν ἐκτενῶς εἰς ἰδιαίτερον κεφάλαιον (βλ. κεφ. Δ' § 120, Ἠλεκτρομαγνητισμός).



Σχ. 134. Περὶ τοῦ ρευματοφόρου ἀγωγοῦ παράγεται μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ἐκτρέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν θέσιν ἰσορροπίας της.

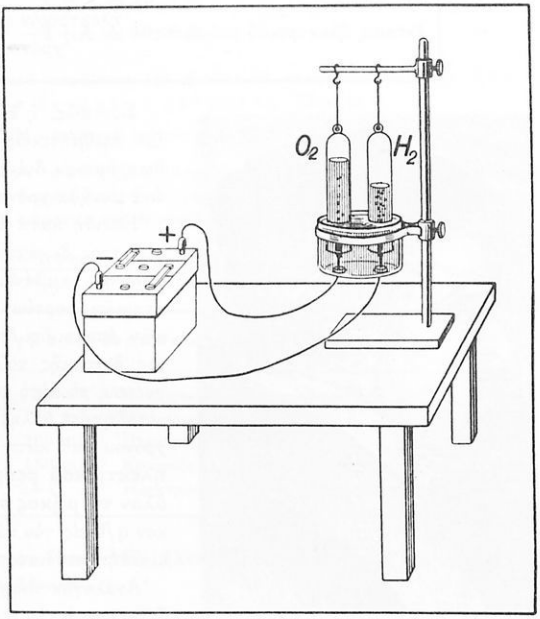
γ) Χημικὰ ἀποτελέσματα. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον μέσῳ ἠλεκτρολυτικῶν διαλυμάτων, προκαλεῖ χημικὰς ἀποσυνθέσεις.

Οὕτως, ἐὰν ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου τοποθετήσωμεν καταλλήλως δύο μεταλλικὰ ἐλάσματα ἐκ λευκοχρύσου καλούμενα ἠλεκτρόδια, θέσωμεν δὲ ἐντὸς τοῦ δοχείου, καλουμένου βολταμέτρου, ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος καὶ συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι διέρχεται ρεῦμα διὰ τοῦ διαλύματος τοῦ θειικοῦ ὀξέος, διότι τοῦτο ἀποτελεῖ καλὸν ἀγωγὸν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ (σχ. 135). Ταυτοχρόνως, ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς διόδου τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ διαλύματος, ἀναπτύσσονται φυσαλλίδες ἀερίων, αἱ ὁποῖαι ἐκλύονται ἐκ τοῦ διαλύματος καὶ συλλέγονται ἐντὸς σωλήνων. Ἡ ἐξέτασις τῶν φυσαλλίδων αὐτῶν δεικνύει ὅτι αἱ μὲν ἀναπτυσσόμεναι ἄνωθεν τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου περιέχουν ὀξυγόνον, αἱ δὲ ἐκλυόμεναι ἄνωθεν τοῦ ἀρνητικοῦ ἠλεκτροδίου ὑδρογόνον. Τὸ αὐτὸ πείραμα δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν, ἐὰν ὡς ἠλεκτρόδια χρησιμοποιήσωμεν ἐλάσματα ἐκ σιδήρου καί, ἀντὶ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος, μεταχειρισθῶμεν διάλυμα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καυστικοῦ καλίου. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δύναται νὰ προκαλῇ χημικὰς ἀποσυνθέσεις, ἤτοι ἔχει χημικὰ ἀποτελέσματα.

Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω κυρίων ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τοῦτο ἐπιτυγχάνει, διὰ καταλλήλων διατάξεων μηχανικὰ ἀποτελέσματα. Οὕτω διερχόμενον διὰ καταλλήλων μηχανῶν (ἠλεκτρικῶν κινητήρων) θέτει ταύτας εἰς κίνησιν.



Σχ. 135. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον μέσῳ ἠλεκτρολυτικῶν διαλυμάτων, προκαλεῖ χημικὰς ἀποσυνθέσεις.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐξ ἄλλου διερχόμενον διὰ μέσου ἡραιωμένων ἀερίων, διεγείρει ταῦτα εἰς φωτοβολίαν, ὡς συμβαίνει εἰς τοὺς λαμπτῆρας φθορισμοῦ, τοὺς σωλῆνας φωτεινῶν διαφημίσεων κλπ.

Τέλος, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διερχόμενον διὰ μέσου τοῦ σώματος τοῦ ἀνθρώπου ἢ καὶ τῶν ζώων, προκαλεῖ βιολογικὰ ἀποτελέσματα, ἀλλοιῶνον τὰ κύτταρα τοῦ ὀργανισμοῦ καὶ δύναται τοιουτοτρόπως νὰ προξενήσῃ καὶ τὸν θάνατον (ἠλεκτροπληξία). Αἱ ἀλλοιώσεις αὗται, εἴτε εἶναι χημικῆς φύσεως, ὀφειλόμεναι εἰς ἠλεκτρόλυσιν τοῦ αἵματος, εἴτε εἶναι θερμικῆς φύσεως καὶ προξενοῦν ἐγκαύματα.

89. Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Κατὰ τὴν μελέτην τῆς ροῆς ὑγροῦ ἐντὸς σωλῆνος, ἐνδιαφέρει πολὺ νὰ γνωρίζωμεν τὴν ἀνὰ μονάδα χρόνου διερχομένην ποσότητα (ἢ ὄγκον) τοῦ ὑγροῦ διά τινος διατομῆς τοῦ σωλῆνος. Ἡ ποσότης αὕτη ἀποτελεῖ τὴν λεγομένην παροχὴν τοῦ σωλῆνος.

Κατ' ἀναλογίαν καὶ εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπου, ὡς γνωστόν, ὑφίσταται μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, ἐνδιαφέρει περισσότερον ἡ ἀνὰ μονάδα χρόνου διερχομένη ποσότης ἠλεκτρικοῦ φορτίου διά τινος διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ὀλιγώτερον ὁ ὁλικὸς ἀριθμὸς τῶν κινουμένων ἠλεκτρικῶν φορτίων, καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὀνομάζομεν ἔντασιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διά τινος ἀγωγοῦ, τὸ πηλίκον τοῦ διερχομένου ἠλεκτρικοῦ φορτίου q, διά τινος διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ, εἰς χρόνον t, διὰ τοῦ χρόνου τούτου. Ἤτοι :

$$\text{ἔντασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος} = \frac{\text{ἠλεκτρικὸν φορτίον}}{\text{χρόνος}}, \quad i = \frac{q}{t} \qquad (1)$$



ANDRÉ MARIE AMPÈRE
(1775 - 1836)
Γάλλος Φιλόσοφος, Μαθηματικὸς καὶ Φυσικός, ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεύνας του ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Συνεπῶς, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐκφράζει ἀριθμητικῶς τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ διερχόμενον διά τινος διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἀνὰ μονάδα χρόνου.

Ἐπειδὴ κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δεχόμεθα ὅτι εἰς οὐδὲν σημεῖον τοῦ ἀγωγοῦ λαμβάνει χώραν συσσώρευσις ἠλεκτρικῶν φορτίων ἢ διαρροὴ (ἀπώλεια) αὐτῶν, ἕπεται ὅτι ὅσον φορτίον διέρχεται διά τινος διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἐντὸς ὡρισμένου χρόνου, τὸ αὐτὸ φορτίον θὰ διέρχεται καὶ δι' οἱασδήποτε ἄλλης διατομῆς ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ χρόνου καὶ κατὰ συνέπειαν **ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ αὐτὴ καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ,** ἤτοι τὸ πηλίκον q/t εἰς τὸν τύπον (1) εἶναι σταθερὸν δι' οἱανδήποτε διατομὴν τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἀνάλογον ἀκριβῶς φαινόμενον παρουσιάζεται κατὰ τὴν ροὴν ὑγροῦ διά τινος σωλῆνος, εἰς τὸν ὁποῖον κατὰ τὸν νόμον τῆς συνεχείας (βλ. Στοιχεῖα Φυσικῆς, τόμος Ι, Ὑδροδυναμικὴ) ἡ παροχὴ εἶναι ἡ αὐτὴ δι' οἱανδήποτε διατομὴν τοῦ σωλῆνος.

Μονάδες ἐντάσεως ρεύματος. Εἰς τὸ σύστημα MKSA (πρακτικὸν) ἡ μονὰς ἐντάσεως ρεύματος καλεῖται **1 Ἀμπὲρ (1 Ampère,** σύμβολον **1 A),** ὁρίζεται δὲ ἐκ τοῦ τύπου (1), ἂν θέσωμεν $q = 1$ Cb καὶ $t = 1$ sec, ὡς :

$$1 \text{ Ampère} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ sec}}, \quad 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ Cb}}{1 \text{ sec}}$$

Οὕτω, λέγομεν ὅτι **ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος ἕνα ἀγωγὸν εἶναι ἴση πρὸς 1 Ἀμπέρ, ὅταν διά τινος διατομῆς αὐτοῦ διέρχεται φορτίον 1 Coulomb ἐντὸς χρόνου 1 sec** (1).

1. Εἰς τὸ κεφάλαιον Γ' περὶ Ἀγωγιμότητος τῶν ὑγρῶν θὰ γνωρίσωμεν καὶ ἄλλον ὁρισμὸν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος (ἠλεκτρολυτικὸς ὁρισμὸς τοῦ Ampère).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκτὸς τῆς μονάδος 1 Ἀμπέρ, λίαν ἐν χρήσει εἶναι καὶ τὰ ὑποπολλαπλάσια αὐτῆς, ἤτοι τὸ **1 μιλιαμπὲρ** (1 milliampère, 1 mA) καὶ τὸ **1 μικροαμπὲρ** (1 microampère, 1 μA), εἶναι δὲ :

$$\mathbf{1\ mA = 10^{-3}\ A}$$

$$\mathbf{1\ \mu A = 10^{-6}\ A}$$

Εἰς τὸ περὶ Ἠλεκτρομαγνητισμοῦ κεφάλαιον (βλ. § 125) θὰ γνωρίσωμεν καὶ τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν μονάδα ἐντάσεως ρεύματος. Εἶναι δέ :

1 ΗΜΜ – ἐντάσεως ρεύματος = 10 A

Εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα, λαμβάνεται ὡς μονὰς ἐντάσεως ρεύματος (1 ΗΣΜ – ἐντάσεως ρεύματος), ἡ ἔντασις ἐκείνου τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον μεταφέρει διά τινος διατομῆς ἀγωγοῦ, φορτίον 1 ΗΣΜ – φορτίου ἀνὰ δευτερόλεπτον. Ἑπομένως ὑφίσταται ἡ σχέσις :

$$1\ A = \frac{1\ Cb}{1\ sec} = \frac{3 \cdot 10^9\ \text{ΗΣΜ–φορτίου}}{1\ sec} = 3 \cdot 10^9\ \text{ΗΣΜ–ἐντάσεως ρεύματος.}$$

Παραδείγματα ἐντάσεων ρεύματος	
Ραδιοφωνικὴ λυχνία ..... 20 mA	Ἠλεκτρικὴ θερμάστρα γραφείου ..... 5 A
Λαμπτὴρ ποδηλάτου ..... 50 mA	Ἠλεκτρικὴ κουζίνα ..... 10 A
Λαμπτὴρ φανοῦ τσέπης ..... 200 mA	Ἠλεκτρικὸς συγκολλητὴς ..... 500 A
Λαμπτὴρ φωτισμοῦ (100 W) .. 450 mA	Κεραυνὸς ..... μέχρις 20 000 A
Ἠλεκτρικὸν σίδερον ..... 2—4 A	Ἠλεκτρικὸς κλίβανος χάλυβος μέχρις 120 000 A

90. Φορτίον μεταφερόμενον ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐκ τοῦ τύπου $i = q/t$, λύοντες ὡς πρὸς q, λαμβάνομεν :

$$q = i \cdot t \qquad (1)$$

Ὁ τύπος (1) παρέχει τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ διερχόμενον διά τινος διατομῆς ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐντάσεως i, ἐντὸς χρόνου t.

Ἡ σχέσις (1) δύναται νὰ χρησιμεύσῃ ἐξ ἄλλου διὰ τὸν ὁρισμὸν μιᾶς νέας πρακτικῆς μονάδος ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἡ ὁποία καλεῖται **ἀμπερώριον (1 Ah)**. Εἶναι δὲ :

$$1\ \text{Ἀμπερώριον (1 Ah)} = 1A \cdot 1h = 1A \cdot 3600\ sec = 3600\ Cb$$

Κατὰ συνέπειαν, **1 ἀμπερώριον εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ ὁποῖον, μεταφερόμενον ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, διέρχεται διά τινος διατομῆς ἀγωγοῦ, ἐντὸς χρόνου μιᾶς ὥρας, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἰσοῦται πρὸς 1 Ampère.**

Ἡ μονὰς ἀμπερώριον χαρακτηρίζει κυρίως τὴν χωρητικότητα τῶν ἠλεκτρικῶν συσσωρευτῶν, χρησιμοποιεῖται δὲ διότι, ἐνῷ ἡ μονὰς φορτίου 1 Cb εἶναι τεραστίου μεγέθους, προκειμένου περὶ ἠλεκτροστατικῶν μετρήσεων, ἡ ἰδία μονὰς εἶναι πολλάκις μικρὰ πρὸς μέτρησιν ἠλεκτρικῶν ποσοτήτων, ρευσῶν διὰ μέσου ἀγωγῶν.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Πόση ἡ ἔντασις ρεύματος προερχομένου ἀπὸ μεταφορὰν 0,05 Cb, ἐντὸς χρόνου 1 msec.

Λύσις. Ἐκ τοῦ τύπου $i = q/t$, δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων : $q = 0{,}05$ Cb καὶ

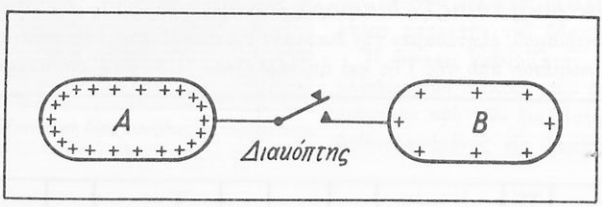
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Θεωρήσωμεν τοὺς δύο ὑαλίνους κυλίνδρους Α καὶ Β τοῦ σχήματος 138,Ι, οἱ ὁποῖοι συγκοινωνοῦν κατὰ τὸν πυθμένα δι' ὁριζοντίου σωλῆνος φέροντος στρόφιγγα Σ. Ἔχοντες τὴν στρόφιγγα κλειστήν, χύνομεν εἰς αὐτοὺς ὕδωρ, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια εἰς τὸ δοχεῖον Α νὰ εὑρίσκεται ὑψηλότερον τῆς στάθμης εἰς τὸ Β. Ἐὰν ἀνοίξωμεν ἀκολούθως τὴν στρόφιγγα, λόγῳ διαφορᾶς εἰς τὴν ὑδροστατικὴν πίεσιν, τὴν ὑφισταμένην εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁριζοντίου σωλῆνος, θὰ προκληθῇ ροὴ ὕδατος διὰ τοῦ σωλῆνος τούτου μὲ φορὰν ἐκ τοῦ δοχείου Α πρὸς τὸ Β. Οὕτως, ἡ διαφορὰ πιέσεως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁριζοντίου σωλῆνος εἶναι τὸ αἴτιον τῆς ροῆς τοῦ ὕδατος ἐκ τοῦ ἑνὸς δοχείου εἰς τὸ ἄλλον.

Τὴν διαφορὰν πιέσεως εἰς ἕνα ἀγωγὸν διαρρεόμενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀντικαθιστᾷ ἡ **διαφορὰ δυναμικοῦ (ἢ ἠλεκτρικὴ τάσις)** εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ. Ἤτοι, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων ἑνὸς ἀγωγοῦ (*αἴτιον*) προκαλεῖ τὴν δίοδον διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (*ἀποτέλεσμα*).

Κατὰ ταῦτα, ἐὰν ἑνώσωμεν τοὺς πόλους ἠλεκτρικοῦ στοιχείου δι' ἑνὸς ἀγωγοῦ, θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, διότι οἱ δύο πόλοι εὑρίσκονται εἰς διάφορον δυναμικὸν καὶ μάλιστα ὁ θετικὸς—κατὰ συνθήκην—εἰς ὑψηλότερον τοῦ ἀρνητικοῦ.

Εἶναι προφανές, ὅτι ἐὰν συνδέσωμεν δύο σημεῖα τοῦ αὐτοῦ δυναμικοῦ δι' ἑνὸς ἀγωγοῦ, δὲν θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ ἀνάλογον παρατηροῦμεν εἰς τὸ σχῆμα 138 ΙΙ, ὅπου διὰ τοῦ ὁριζοντίου σωλῆνος δὲν ρέει ὕδωρ διότι ἡ διαφορὰ πιέσεως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁριζοντίου σωλῆνος εἶναι μηδὲν (ἡ στάθμη τοῦ ὕδατος εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὰ δύο δοχεῖα).



Σχ. 139. Διὰ συνδέσεως δύο ἀγωγῶν, διαφόρων δυναμικῶν, διά τινος διακόπτου, ἐπακολουθεῖ ἐξίσωσις τῶν δυναμικῶν.

Κατ' ἀνάλογον τρόπον, ἐὰν ἔχωμεν δύο διαφόρους ἀγωγοὺς (σχ. 139) μονωμένους ἀπὸ τῆς Γῆς καὶ ἀπ' ἀλλήλων, μέσῳ τοῦ διακόπτου, εἶναι δυνατὸν οἱ ἀγωγοὶ νὰ εὑρίσκωνται ὑπὸ διάφορον δυναμικόν, ὁ Α ὑπὸ δυναμικὸν U_A καὶ ὁ Β ὑπὸ δυναμικὸν U_B, δεχόμεθα δὲ ὅτι $U_A > U_B$. Ἐὰν ἤδη διὰ τοῦ διακόπτου συνδέσωμεν πρὸς ἀλλήλους τοὺς δύο ἀγωγοὺς Α καὶ Β, θὰ παραχθῇ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαρκέσῃ μέχρις ὅτου ἐπέλθῃ ἐξίσωσις τῶν δυναμικῶν ἐπὶ τῶν δύο ἀγωγῶν, ὅτε ἀμφότεροι θὰ ἔχουν ἀποκτήσει κοινὴν τιμὴν δυναμικοῦ.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (τάσις) εἰς τὸν Ἠλεκτρισμόν, ἀναφερομένη εἰς δύο σημεῖα ρευματοφόρου ἀγωγοῦ ἢ ἠλεκτροστατικοῦ πεδίου,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν διαφορὰν πιέσεως εἰς τὴν Ὑδροστατικήν, τὸ δὲ δυναμικὸν πρὸς τὴν πίεσιν.

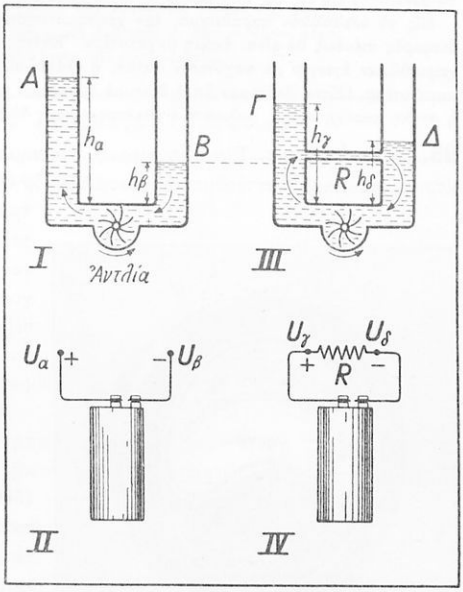
94. Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ἐὰν μετρήσωμεν τὴν τάσιν μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς κατὰ πρῶτον εἰς ἀνοικτὸν κύκλωμα, ὅταν δηλαδὴ ἡ πηγὴ δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, καὶ ἀκολούθως εἰς κλειστόν, ὅταν δηλαδὴ συνδέσωμεν τοὺς πόλους αὐτῆς διά τινος ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ (ἀντιστάσεως), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ τάσις τῆς πηγῆς εἶναι μικροτέρα εἰς τὸ κλειστὸν κύκλωμα. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς.

Εἰς ἑκάστην ἠλεκτρικὴν πηγὴν δρᾷ μία ἠλεκτρικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ὠθεῖ τὰ ἠλεκτρόνια πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον καὶ προκαλεῖ τοιουτοτρόπως τὴν τάσιν, μεταξὺ τῶν πόλων τῆς πηγῆς. Ἡ δύναμις αὕτη καλεῖται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις.**

Ἓν μέτρον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἀποτελεῖ ἡ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς πηγῆς τάσις, ὅταν ἡ πηγὴ δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ διὰ τοῦτο χαρακτηρίζεται, κατ' ἐπέκτασιν, ἡ ἀρχικὴ αὕτη τάσις ὡς ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς πηγῆς.

Ἐὰν οἱ ἀκροδέκται τῶν πόλων τῆς πηγῆς συνδεθοῦν πρὸς ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ἀρχίζει ἡ κίνησις τῶν ἠλεκτρονίων, ἕνεκα τῆς ὁποίας ἐλαττοῦται ἡ ἀρχικὴ τάσις. Τοῦτο προσομοιάζει πρὸς τὸ ὑδραυλικὸν ἀνάλογον, κατὰ τὸ ὁποῖον, ὅταν ἀνοιχθῇ ὁ κρουνὸς δεξαμενῆς τινος, ἡ στάθμη τοῦ ὕδατος πίπτει ὀλίγον, παρὰ τὴν ἔναρξιν λειτουργίας ἀντλίας τεινούσης νὰ ἐπαναφέρῃ τὴν στάθμην εἰς τὸ ἀρχικὸν αὐτῆς ὕψος.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς πηγῆς ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὸν μέγεθος αὐτῆς, ἀναφέρεται δὲ μόνον πρὸς δήλωσιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων ἠλεκτρικῶν πηγῶν καὶ οὐχὶ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ μεταξὺ δύο οἱωνδήποτε σημείων ἑνὸς κυκλώματος. Οὕτως, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (ΗΕΔ) ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου εἶναι 1,5 Volt, ἐννοοῦμεν ὅτι ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους τοῦ στοιχείου, ὅταν τοῦτο δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, εἶναι 1,5 Volt. Ἀναλόγως ἐννοοῦμεν λέγοντες ὅτι ἡ ΗΕΔ ἑνὸς συσσωρευτοῦ εἶναι 6 Volt κ.ο.κ.



Σχ. 140. Μηχανικὸν ἀνάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.

* Πρὸς κατανόησιν τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως καὶ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἠλεκτρικῶν με-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γεθῶν, τὰ ὁποῖα ἔχουν μεγίστην σημασίαν κατὰ τὴν σπουδὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, θὰ ἐξετάσωμεν πάλιν ἀντίστοιχον ὑδραυλικὸν παράδειγμα ἀνάλογον πρὸς τὴν γένεσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ὑπὸ ἠλεκτρικῆς στήλης.

Θεωρήσωμεν πάλιν τοὺς δύο κυλίνδρους Α καὶ Β (σχ. 140, Ι), οἱ ὁποῖοι δὲν συγκοινωνοῦν διὰ στρόφιγγος ὡς εἰς τὸ σχῆμα 138, ἀλλὰ διὰ μέσου ἀντλίας, ἡ ὁποία διατηρεῖ εἰς τὸν σωλῆνα διαφορὰν πιέσεως $h_\alpha - h_\beta$. Ἡ περίπτωσις αὕτη εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν στήλην, ἡ ὁποία δημιουργεῖ μεταξὺ τῶν πόλων αὐτῆς διαφορὰν δυναμικοῦ $U_\alpha - U_\beta$, ὅταν οἱ πόλοι εἶναι ἐλεύθεροι καὶ ὄχι συνδεδεμένοι μεταξύ των (σχ. 140, ΙΙ). Οὔτως, οὔτε ἡ ἀντλία οὔτε καὶ ἡ στήλη δημιουργοῦν ρεῦμα καὶ ἡ διαφορὰ πιέσεως εἰς τὸ ὑδραυλικὸν παράδειγμα καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν στήλην ἔχουν τὴν μεγίστην τιμήν.

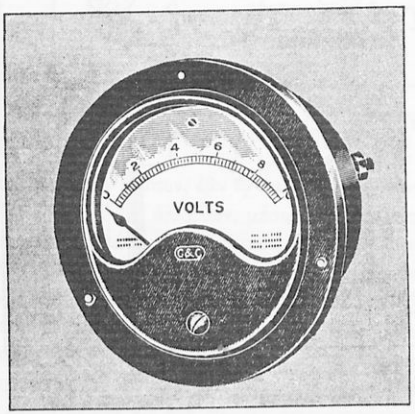
Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀντλίας, ἡ διαφορὰ πιέσεως δύναται νὰ ἀποτελέσῃ ἐν μέτρον τῆς δυνάμεως τῆς ὠθούσης τὸ ὕδωρ πρὸς τὸν σωλῆνα Α καὶ δημιουργούσης τοιουτοτρόπως τὴν διαφορὰν πιέσεως. Προκειμένου περὶ τῆς στήλης (σχ. 140, ΙΙ) ἐν μέτρον τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν, ὡς ἀνεφέραμεν καὶ προηγουμένως, διὰ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ $U_\alpha - U_\beta$.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι τροποποιοῦμεν τὴν ὑδραυλικὴν διάταξιν καὶ ὅτι οἱ δύο σωλῆνες συγκοινωνοῦν διὰ κοινοῦ λεπτοῦ σωλῆνος (σχ. 140, ΙΙΙ). Ἀντίστοιχον ἠλεκτρικὸν ἀνάλογον προκύπτει διὰ συνδέσεως τῶν δύο πόλων τῆς στήλης διὰ λεπτοῦ σύρματος R (σχ. 140, IV).

Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ὑδραυλικοῦ παραδείγματος, λόγῳ τῆς ροῆς τοῦ ὕδατος διὰ μέσου τοῦ σωλῆνος R, ἡ πίεσις h_α ἐλαττοῦται εἰς h_γ, ἐνῷ ἡ πίεσις h_β αὐξάνεται εἰς h_δ καὶ ἡ διαφορὰ στάθμης $h_\gamma - h_\delta$ εἶναι μικροτέρα τῆς $h_\alpha - h_\beta$. Κατ' ἀνάλογον τρόπον, ὅταν ἡ στήλη παρέχῃ ρεῦμα διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ R (σχ. 140,IV), τότε τὸ ρεῦμα ἐλαττώνει τὸ δυναμικὸν U_α εἰς U_γ καὶ αὐξάνει τὸ δυναμικὸν U_β εἰς U_δ, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εἶναι $U_\alpha - U_\beta > U_\gamma - U_\delta$.

Εἰς τὸ ὑδραυλικὸν παράδειγμα, ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν εὐρύτερον σωλῆνα, ἡ ἐλάττωσις τῆς διαφορᾶς πιέσεως θὰ εἶναι ἀκόμη μεγαλυτέρα. Ἐπίσης εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν παράδειγμα, ἐὰν μεταχειρισθῶμεν ἀγωγὸν μὲ παχύτερον σύρμα, ἡ ἐλάττωσις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ θὰ εἶναι ἀκόμη μεγαλυτέρα. Οὕτω, βλέπομεν ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων στήλης ἐλαττοῦται ὅταν ἡ στήλη παρέχῃ ρεῦμα, μολονότι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτῆς παραμένει ἀμετάβλητος.

95. Βολτόμετρα. Τὴν τάσιν μεταξὺ δύο σημείων ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, μετροῦμεν δι' ὡρισμένων ὀργάνων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **βολτόμετρα** (σχ. 141). Τὸ βολτόμετρον συνδέεται πρὸς τὰ ἐν λόγῳ σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ χωρὶς οὗτος νὰ διακοπῇ, καὶ ἀναγινώσκεται ἡ ἑκάστοτε τάσις τῇ βοηθείᾳ δείκτου κινουμένου πρὸ κλίμακος βαθμολογημένης εἰς μονάδας βόλτ (σχ. 142).

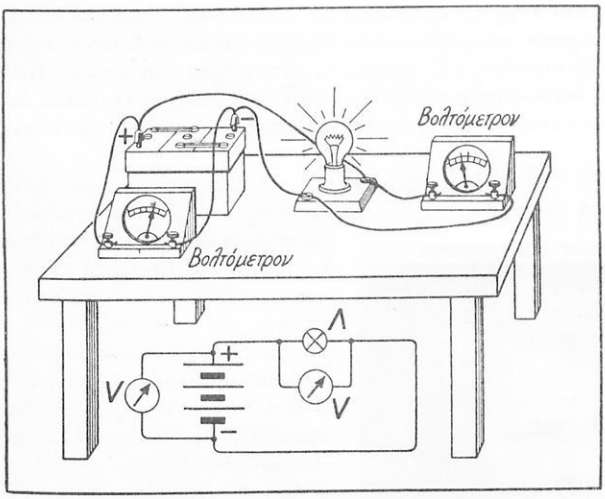


Σχ. 141. Ἐξωτερικὴ ὄψις συνήθους βολτομέτρου.

Μονάδες τάσεως. Ὡς εἴδομεν εἰς τὴν § 58, μονὰς μετρήσεως ἠλεκτρικῆς τάσεως εἰς τὸ πρακτικὸν σύστημα (MKSA) εἶναι τὸ **1 Volt (1V).** Πλὴν τούτου, λαμβάνονται εἰς τὴν πρᾶξιν καὶ τὰ ἀκόλουθα ὑποπολλαπλάσια καὶ πολλαπλάσια αὐτῆς :

1 mV (= 1 μιλιβόλτ) = 10^{-3} V
1 kV (= 1 κιλοβόλτ) = 10^{3} V
1 MV (= 1 μεγαβόλτ) = 10^{6} V

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 142. Τὸ ἓν βολτόμετρον μετρεῖ τὴν τάσιν τῶν πόλων τῆς πηγῆς, τὸ ἕτερον τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτῆρος. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

Παραδείγματα ἠλεκτρικῶν τάσεων

Ξηρὸν στοιχεῖον	1,5 V	Σωλῆνες νέου	μέχρις.. 6 kV
Συσσωρευτὴς (τάσις ἀνὰ στοιχεῖον)	2 V	Τάσις διὰ σπινθῆρα μήκους 1 cm	30 kV
Στήλη φανῶν τσέπης	4,5 V	Δίκτυον μεταφορᾶς	μέχρι...380 kV
Συσσωρευτὴς αὐτοκινήτου	6 ἢ 12 V	Τάσις λειτουργίας σωλήνωνRöntgen	70-200 kV
Τηλέφωνον	60 V	Γεννήτρια ὑψηλῆς τάσεως	5000 kV
Δίκτυον φωτισμοῦ (ἐναλλασσόμενον)	220 V	Τάσις διὰ τὴν ἔκρηξιν κεραυνοῦ μέχρι.	10^6 kV

96. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ. Ὁσονδήποτε καλὸς ἀγωγὸς καὶ ἂν εἶναι ἓν σῶμα, τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία κατὰ τὴν κίνησιν αὐτῶν συναντοῦν ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ ἀντίστασιν, ἡ ὁποία καλεῖται **ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις.** Οὕτω γνωρίζομεν ὅτι ὁ ἄργυρος εἶναι ὁ ἄριστος τῶν καλῶν ἀγωγῶν, ἐν τούτοις καὶ οὗτος παρουσιάζει ἀντίστασιν εἰς τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος.

Ἐξ ἄλλου καὶ οἱ κακοὶ ἀγωγοὶ ἐπιτρέπουν τὴν δίοδον δι' αὐτῶν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, λόγῳ ὅμως τῆς ἐξόχως μεγάλης ἀντιστάσεως, τὴν ὁποίαν παρεμβάλλουν εἰς τὴν κίνησιν τῶν φορτίων διὰ μέσου αὐτῶν, τὸ ρεῦμα εἶναι ἀνεπαίσθητον ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας.

Εἰς τὰ προηγούμενα εἴδομεν ὅτι τὸ ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς γεννᾶται διὰ μετακινήσεως ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα κατὰ τὴν κίνησιν αὐτῶν συναν-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦν ἀντίστασιν, λόγῳ συγκρούσεων μετὰ τῶν ἀτόμων. Ἕνεκα τῶν συγκρούσεων τὰ ἄτομα διεγείρονται πρὸς ἐντονωτέραν ἄτακτον κίνησιν μὲ δαπάνην κινητικῆς ἐνεργείας τῶν ἠλεκτρονίων, ἡ ζωηροτέρα δὲ αὕτη κίνησις τῶν ἀτόμων ἀντιστοιχεῖ εἰς αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ. Λόγῳ τῶν ἀνωτέρω ἀπαιτεῖται δαπάνη ἐνεργείας διὰ νὰ συντηρήσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀκόμη καὶ λίαν καλοῦ ἀγωγοῦ.

97. Νόμος τοῦ Ohm (Ὦμ). Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγοῦ τινος ὑφίσταται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ, διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζεται ὑπὸ τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ. Κατὰ συνέπειαν θὰ πρέπει νὰ ὑπάρχῃ ποσοτική τις σχέσις μεταξὺ τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Μὲ τὸ πρόβλημα τοῦτο ἠσχολήθη ὁ Γερμανὸς Φυσικὸς Ohm.



GEORG SIMON OHM
(1787 - 1850)

Γερμανὸς Μαθηματικὸς καὶ Φυσικός. Πρὸς τιμήν του ἐδόθη εἰς τὴν μονάδα ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως ἡ ὀνομασία του.

Ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται ὅτι, ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγοῦ ἐφαρμόσωμεν διαφορὰς δυναμικοῦ U_1, U_2, U_3 κλπ., ἡ ἀντίστοιχος ἔντασις ρεύματος θὰ εἶναι i_1, i_2, i_3 κ.ο.κ. Σχηματίζοντες τὰ πηλίκα U_1/i_1, U_2/i_2, U_3/i_3 κ.ο.κ., βλέπομεν ὅτι ἡ τιμὴ αὐτῶν παραμένει σταθερά, ἐφ' ὅσον δὲν μεταβάλλεται ἡ θερμοκρασία καὶ ἑπομένως ἰσχύει πάντοτε ἡ σχέσις :

$$\frac{U}{i} = \text{σταθ.} \qquad (1)$$

Ἄρα τὸ πηλίκον τῆς τάσεως διὰ τῆς ἐντάσεως παραμένει σταθερὸν διὰ τὸν αὐτὸν ἀγωγὸν καὶ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν.

Εἰς τὴν σχέσιν (1), τὸ σταθερὸν πηλίκον U/i καλεῖται **ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις** τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ παριστᾶται διὰ τοῦ γράμματος R. Ἤτοι :

Ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ καλεῖται τὸ σταθερὸν πηλίκον τῆς τάσεως, τῆς ἐφαρμοζομένης εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει αὐτόν. Δηλαδή :

$$\text{ἀντίστασις} = \frac{\text{τάσις}}{\text{ἔντασις}}, \qquad R = \frac{U}{i} \qquad (2)$$

Ὁ θεμελιώδης τύπος $U/i = R$ δύναται νὰ γραφῇ :

$$U = R \cdot i \qquad (3)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὡς ἐπίσης καὶ ὑπὸ τὴν μορφήν :

$$i = \frac{U}{R} \qquad \text{Νόμος τοῦ Ohm} \qquad (4)$$

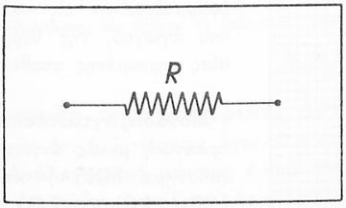
Ἡ σχέσις (4) ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Ohm, ὁ ὁποῖος διέπει τὴν κίνησιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τῶν ἀγωγῶν καὶ διατυποῦται ὡς ἑξῆς :

Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος i, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕνα ἀγωγόν, εἶναι εὐθέως ἀνάλογος τῆς εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ὑφισταμένης τάσεως U καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ R. Ἤτοι :

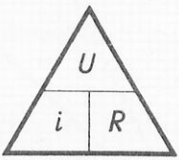
$$\text{ἔντασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος} = \frac{\text{διαφορὰ δυναμικοῦ}}{\text{ἀντίστασις}}$$

Οἱ παρουσιάζοντες ἀντίστασιν ἀγωγοὶ συμβολίζονται εἰς τὰ σχεδιαγράμματα διὰ τοῦ συμβόλου τοῦ σχήματος 143.

Πρὸς ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm χρησιμοποιεῖται συνήθως τὸ τρίγωνον τοῦ σχήματος 144 ἐντὸς τῶν γωνιῶν τοῦ ὁποίου τοποθετοῦνται τὰ σύμβολα τῆς τάσεως, ἐντάσεως καὶ ἀντιστάσεως U, i καὶ R ἀντιστοίχως, τοῦ συμβόλου U καταλαμβάνοντος τὴν γωνίαν τῆς κορυφῆς.



Σχ. 143. Συμβολικὴ παράστασις ἀντιστάσεως



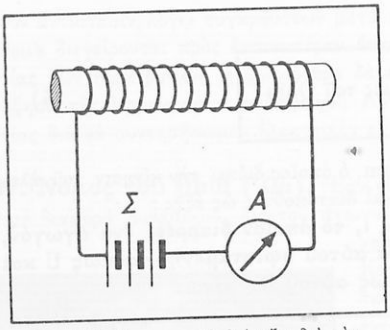
Σχ. 144. Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Πρὸς εὕρεσιν τῆς σχέσεως μετὰ τῆς ὁποίας συνδέεται ἓν ἐκ τῶν τριῶν μεγεθῶν μετὰ τῶν ἄλλων δύο, καλύπτομεν αὐτὸ διὰ τοῦ δακτύλου, ὁπότε, τὸ σχηματιζόμενον ὑπὸ τῶν ἄλλων δύο σχῆμα, ἐκφράζει τὴν ζητουμένην σχέσιν. Ἐὰν π.χ. καλύψωμεν τὸ i, ἀπομένουν τὰ U καὶ R. Ἐπειδὴ δὲ τὸ U εἶναι ἄνωθεν τοῦ R, θὰ εἶναι : $i = U/R$ κλπ.

Γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Εἰς σωλῆνα ἐκ πορσελάνης (μονωτικὸν σῶμα) περιελίσσομεν ἀγωγὸν καὶ συνδέομεν τοῦτον ἐν σειρᾷ πρὸς ἠλεκτρικὴν πηγήν, π.χ. συσσωρευτήν, καὶ ἀμπερόμετρον (σχ. 145). Κατὰ τὴν διεξαγωγὴν τοῦ πειράματος μεταβάλλομεν τὴν τάσιν τῆς πηγῆς καὶ σημειοῦμεν τὰς ἀντιστοίχους ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερομέτρου. Οὕτω σχηματίζομεν τὸν τῆς ἑπομένης σελίδος πίνακα, εἰς τὸν ὁποῖον ἡ τρίτη στήλη παρέχει τὰς τιμὰς τοῦ πηλίκου U/i, ἤτοι τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ, ὡς δὲ ἐκ τῆς στήλης ταύτης φαίνεται, τὸ πηλίκον τοῦτο εἶναι σταθερόν.

Ἐὰν ἀναφέρωμεν τὰς τιμὰς τῆς τάσεως U καὶ ἐντάσεως i εἰς ὀρθογώνιον σύστημα

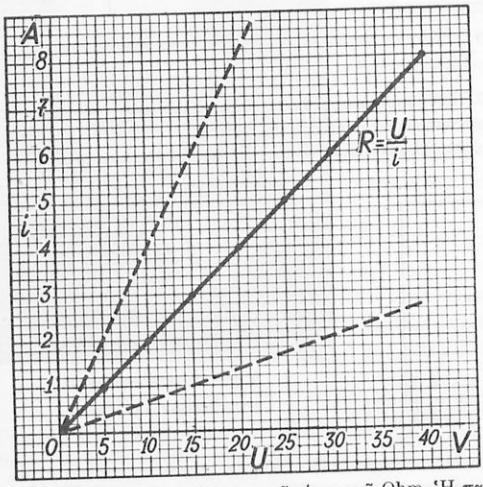
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 145. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Πίναξ ἀντιστοίχων μεταβολῶν τάσεως καὶ ἐντάσεως

U Volt	i Amp	$\frac{U}{i}=R$
5	1	5
10	2	5
15	3	5
20	4	5
25	5	5



Σχ. 146. Γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἡ παχεῖα γραμμὴ ἐκφράζει τὴν σχέσιν U/i = 5 Ω, ἡ ἄνω ἐστιγμένη ἐχαράχθη διὰ U/i = 2,5 Ω, ἡ δὲ κάτω διὰ U/i = 15Ω.

ἀξόνων, προκύπτει καμπύλη (σχ. 146), ἡ ὁποία εἶναι εὐθεῖα γραμμή, διερχομένη διὰ τῆς ἀρχῆς τῶν ἀξόνων καὶ ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν γραφικὴν παράστασιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγόν, εἶναι εὐθέως ἀνάλογος πρὸς τὴν τάσιν U, τὴν ἐφαρμοζομένην εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, τῆς θερμοκρασίας τηρουμένης σταθερᾶς.

Μονάδες ἀντιστάσεως. Ἡ πρακτικὴ μονὰς ἀντιστάσεως (σύστημα MKSA) καλεῖται **1 Ὦμ (1 Ohm = 1 Ω)**, ὁρίζεται δὲ ἐκ τῆς ἐξισώσεως (2). **Οὕτως, ἀγωγός τις λέγομεν ὅτι ἔχει ἀντίστασιν ἴσην πρὸς 1 Ohm, ὅταν ὑπὸ τάσιν 1 Volt μεταξὺ τῶν ἄκρων αὐτοῦ, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 Ampère.** Ἤτοι εἶναι :

$$1\ \text{Ohm} = \frac{1\ \text{Volt}}{1\ \text{Ampère}},\quad 1\,\Omega = \frac{1\,\text{V}}{1\,\text{A}}$$

Συνήθως χρησιμοποιοῦνται καὶ τὰ πολλαπλάσια καὶ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

1 Κιλοὼμ (1 Kiloohm, 1 kΩ) = 10^3 Ω
1 Μεγκὼμ (1 Megohm, 1 MΩ) = 10^6 Ω
1 Μικροὼμ (1 Microohm, 1 μΩ) = 10^{-6} Ω

Ἡ μονὰς Ohm πρακτικῶς πραγματοποιεῖται ὑπὸ στήλης ὑδραργύρου μήκους 106,3 cm καὶ τομῆς 1 mm^2 εἰς θερμοκρασίαν 0 °C.

Εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα λέγομεν ὅτι ἀγωγὸς παρουσιάζει ἀντίστασιν ἴσην πρὸς 1 ἠλεκτροστατικὴν μονάδα ἀντιστάσεως (1 ΗΣΜ – ἀντιστάσεως), ὅταν, ὑπὸ τάσιν 1 ΗΣΜ – τάσεως μεταξὺ τῶν ἄκρων αὐτοῦ, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 ΗΣΜ – ἐντάσεως ρεύματος. Κατὰ συνέπειαν θὰ εἶναι :

$$1\,\Omega = \frac{1\ V}{1\ A} = \frac{1/300\ \text{ΗΣΜ–τάσεως}}{3 \cdot 10^9\ \text{ΗΣΜ–ἐντάσεως ρεύματος}} = \frac{1}{9} \cdot 10^{-11}\ \text{ΗΣΜ–ἀντιστάσεως.}$$

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν ἑνὸς λαμπτῆρος πυρακτώσεως εἶναι 6 V. Ἐὰν τὸ διὰ τοῦ λαμπτῆρος διερχόμενον ρεῦμα εἶναι 1,5 A, ποία ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτῆρος.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸν τύπον $R = U/i$ τὰ δεδομένα : $U = 6$ V καὶ $i = 1{,}5$ A καὶ εὑρίσκομεν :

$$\underline{R = 4\ \Omega}$$

2. Ἀγωγὸς ἀντιστάσεως 24 Ω διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 5 A. Ποία ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ.

Λύσις. Λύοντες τὸν τύπον $R = U/i$ ὡς πρὸς U, λαμβάνομεν :

$$U = i \cdot R$$

Ἀντικαθιστῶντες εἰς τοῦτον τὰ δεδομένα : $i = 5$ A καὶ $R = 24\ \Omega$ εὑρίσκομεν :

$$\underline{U = 120\ V}$$

98. Σπουδὴ τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ. Πειραματικῶς κατεδείχθη ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ εἶναι :

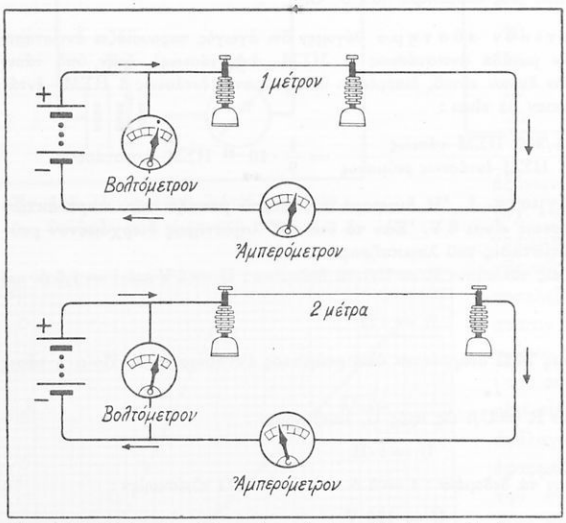
α) Ἀνάλογος τοῦ μήκους *l* τοῦ ἀγωγοῦ. Πειραματικῶς δεικνύομεν τοῦτο διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως. Λαμβάνομεν δύο ἀγωγοὺς ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας, π.χ. ἐκ χαλκοῦ, καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς, ἀλλὰ διαφόρου μήκους, π.χ. 1 μέτρον καὶ 2 μέτρα (σχ. 147). Ἀμφότεροι οἱ ἀγωγοὶ τροφοδοτοῦνται ὑπὸ τῆς αὐτῆς τάσεως (π.χ. 4 V), ὅτε αἱ ἐντάσεις τοῦ ρεύματος, ὡς δεικνύεται ὑπὸ τῶν ἀμπερομέτρων, εἶναι 4 A διὰ τὸν ἕνα ἀγωγὸν καὶ 2 A διὰ τὸν ἄλλον ἀγωγόν. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ ἀγωγὸς μήκους 2 m παρουσιάζει διπλασίαν ἀντίστασιν ἢ ὁ ἀγωγὸς μήκους 1 m. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι : διπλασιαζομένου τοῦ μήκους διπλασιάζεται καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ κ.ο.κ.

β) Ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τομῆς S τοῦ ἀγωγοῦ. Λαμβάνομεν δύο σύρματα ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας, π.χ. σιδήρου, τοῦ αὐτοῦ μήκους ἀλλὰ ἡ τομὴ τοῦ ἑνὸς νὰ εἶναι διπλασία τῆς τοῦ ἄλλου καὶ ἐκτελοῦμεν τὸ αὐτὸ πείραμα. Οὕτω συνδέομεν πάλιν τὰ δύο σύρματα πρὸς πηγὴν σταθερᾶς τάσεως καὶ δι' ἀμπερομέτρων μετροῦμεν τὰς ἀντιστοίχους ἐντάσεις, ὅτε βλέπομεν ὅτι τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον πρὸς τὸ παχύτερον σύρμα (διπλασίας τομῆς), δεικνύει ἔντασιν ρεύμα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τος διπλασίαν ἢ τὸ ἀμπερόμετρον τοῦ λεπτοῦ σύρματος, καὶ ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι διπλασιαζομένης τῆς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ, ἡ ἀντίστασις ἐλαττοῦται εἰς τὸ ἥμισυ κ.ο.κ.

γ) Ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἤτοι, δύο ἀγωγοὶ τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς εἶναι π.χ. ἐκ χαλκοῦ καὶ ὁ ἄλλος ἐκ μολύβδου, παρουσιάζουν διάφορον ἀντίστασιν. Οὕτω τὸ χάλκινον σύρμα παρουσιάζει 10 φορὰς περίπου μικροτέραν ἀντίστασιν ἀπὸ ὁμοιον σύρμα ἐκ μολύβδου.



Σχ. 147. Ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν, διπλασιαζομένου τοῦ μήκους τοῦ ἀγωγοῦ, ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ διπλασιάζεται, ἐνῷ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑποδιπλασιάζεται.

Οἱ ἀνωτέρω τρεῖς νόμοι ἐκφράζονται διὰ τῆς σχέσεως :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \qquad (1)$$

ὅπου ρ συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἐκ τοῦ ὑλικοῦ, καλεῖται δὲ οὗτος **εἰδικὴ ἀντίστασις** τοῦ ὑλικοῦ, ἤτοι :

$$\text{ἀντίστασις σύρματος} = \frac{\text{εἰδικὴ ἀντίστασις} \times \text{μῆκος ἀγωγοῦ}}{\text{τομὴ ἀγωγοῦ}}$$

Ἐὰν λύσωμεν τὴν ἐξίσωσιν (1) ὡς πρὸς ρ, λαμβάνομεν :

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l} \qquad (2)$$

Ἡ φυσικὴ σημασία τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως προκύπτει ἐκ τοῦ τύπου (2), ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι $l = 1$ m, $S = 1$ m², ὅτε εἶναι $R = \rho$, ἤτοι : ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ὑλικοῦ ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν ἀντίστασιν εἰς Ὧμ ἀγωγοῦ, ἐκ τοῦ ἐν λόγῳ ὑλικοῦ εἰς σχῆμα κύβου, ἔχοντος πλευρὰν μήκους 1 m, ὅταν τὸ ρεῦμα εἰσέρχεται ἐκ τῆς μιᾶς πλευρᾶς αὐτοῦ καὶ ἐξέρχεται ἐκ τῆς ἀπέναντι.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Μονάδες ειδικῆς ἀντιστάσεως. Ἐκ τῆς σχέσεως (2) ὁρίζεται ἡ μονὰς εἰδικῆς ἀντιστάσεως τοῦ συστήματος MKSA, ἐὰν θέσωμεν $R = 1\ \Omega$, $S = 1\ m^2$ καὶ $l = 1\ m$. Ἡ μονὰς αὕτη εἶναι τό:

$$1\ \Omega \cdot m$$

Πλὴν τῆς μονάδος ταύτης, χρησιμοποιοῦνται καὶ αἱ μονάδες $1\ \Omega \cdot cm$ ὡς καὶ $1\ \Omega \cdot mm^2/m$.

Ἡ τελευταία αὕτη, χρήσιμος εἰς τὴν Ἠλεκτροτεχνίαν, ἐκφράζει τὴν ἀντίστασιν εἰς Ὦμ, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει σύρμα ἐκ τῆς θεωρουμένης οὐσίας, μήκους 1 μέτρου καὶ τομῆς 1 τετραγωνικοῦ χιλιοστοῦ. Οὕτως, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι $0{,}017\ \Omega \cdot mm^2/m$, τοῦτο δηλοῖ ὅτι σύρμα χαλκοῦ μήκους 1 m καὶ τομῆς $1\ mm^2$ παρουσιάζει ἀντίστασιν $0{,}017\ \Omega$.

Παραδείγματα εἰδικῶν ἀντιστάσεων
(εἰς $\Omega \cdot mm^2/m$ εἰς 18 °C)

Ἄργυρος	0,016	Κωνσταντάνη	0,50
Χαλκὸς	0,017	Ὑδράργυρος	0,96
Χρυσὸς	0,022	Χρωμονικελίνη	1,06
Ἀργίλιον	0,027	Γραφίτης	20 - 100
Ψευδάργυρος	0,061	Ὕδωρ πόσιμον	$5 \cdot 10^6$
Ὀρείχαλκος	0,07 - 0,09	Ὕδωρ ἀπεσταγμένον	$1 \cdot 10^{10}$
Σίδηρος	0,1 - 0,2	Μάρμαρον	$1 \cdot 10^{15}$
Μόλυβδος	0,21	Πορσελάνη	$3 \cdot 10^{18}$
Μαγγανίνη	0,43	Μαρμαρυγίας	$9 \cdot 10^{19}$

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ἀγωγοῦ μήκους $l = 9240$ m καὶ διαμέτρου $\delta = 1$ mm, ἐὰν ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἰσοῦται πρὸς $R = 200\ \Omega$.

Λύσις. Ἐκ τοῦ τύπου:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι $R = 200\ \Omega$, $S = \pi \cdot \delta^2/4 = 3{,}14 \cdot 1^2/4 = 0{,}785\ mm^2 = 0{,}00785\ cm^2 = 7{,}85 \cdot 10^{-3}\ cm^2$, $l = 9240\ m = 9{,}240 \cdot 10^5\ cm$, λαμβάνομεν:

$$\rho = \frac{200 \cdot 7{,}85 \cdot 10^{-3}}{9{,}240 \cdot 10^5}\ \Omega \cdot cm = 1{,}7 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot cm$$

2. Πόση ἡ ἀντίστασις σύρματος χαλκίνου, μήκους 1 km καὶ διαμέτρου 1,5 mm εἰς 20 °C, ὅταν $\rho = 0{,}0178\ \Omega \cdot mm^2/m$ εἰς 20 °C.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον (1) τὰ δεδομένα $\rho = 0{,}0178\ \Omega \cdot mm^2/m$,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$l = 1\ \text{km} = 1000\ \text{m}$ καὶ τὴν ἐξ ὑπολογισμοῦ τιμὴν τῆς διατομῆς S ἐκ τοῦ τύπου :

$$S = \frac{\pi \cdot \delta^2}{4} = 1{,}76\ \text{mm}^2$$

ὁπότε εὑρίσκομεν :

$$R = 10{,}1\ \Omega$$

***99. Ἀγωγιμότης καὶ εἰδικὴ ἀγωγιμότης.** Καλοῦμεν **ἀγωγιμότητα (G) ἀγωγοῦ παρουσιάζοντος ἀντίστασιν R, τὸ ἀντίστροφον τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ, ἤτοι τὸ μέγεθος 1/R, δηλαδή :**

$$\text{ἀγωγιμότης} = \frac{1}{\text{ἀντίστασις}}, \qquad G = \frac{1}{R} \tag{1}$$

Αὕτη ἐκφράζεται εἰς Ω^{-1}. Ἡ μονὰς $1\ \text{Ohm}^{-1}$ ἢ 1 mho (ἐξ ἀντιστροφῆς τῆς λέξεως Ohm) ἐκλήθη τελευταίως ὑπὸ τῶν γερμανῶν Ζήμενς (σύμβολον S, Siemens).

Εἰδικὴ ἀγωγιμότης (κ) καλεῖται τὸ ἀντίστροφον τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως ρ, ἤτοι εἶναι :

$$\text{εἰδικὴ ἀγωγιμότης} = \frac{1}{\text{εἰδικὴ ἀντίστασις}}, \qquad \kappa = \frac{1}{\rho} \tag{2}$$

Ἐὰν ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ἐκφράζεται εἰς $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, ἡ εἰδικὴ ἀγωγιμότης ἐκφράζεται εἰς $\Omega^{-1} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{m}$ ἢ $S \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{m}$ καὶ παριστᾷ τὸ μῆκος εἰς μέτρα σύρματος τομῆς $1\ \text{mm}^2$ ἐκ τῆς θεωρουμένης οὐσίας, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει ἀντίστασιν 1 Ω.

Οὕτω διὰ τὸν χαλκὸν εἶναι $\kappa = 59\ S \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{m}$, ἤτοι σύρμα ἐκ χαλκοῦ μήκους 59 m καὶ τομῆς $1\ \text{mm}^2$ παρουσιάζει ἀντίστασιν 1 Ω.

100. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις ὅλων τῶν οὐσιῶν εὑρίσκεται ὅτι μεταβάλλεται κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἧττον μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Οὕτω παρατηροῦνται καὶ αἱ τρεῖς δυναταὶ περιπτώσεις κατὰ τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ : α) Ἡ ἀντίστασις αὐξάνει αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας. Τοῦτο συμβαίνει δι' ὅλα τὰ χημικῶς καθαρὰ μέταλλα καὶ τὰ πλεῖστα τῶν κραμάτων. β) Ἡ ἀντίστασις ἐλαττοῦται αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας. Τοῦτο παρατηρεῖται εἰς τὸν ἄνθρακα, τὴν ὕαλον καὶ τοὺς ἠλεκτρολύτας. γ) Ἡ ἀντίστασις εἶναι πρακτικῶς ἀνεξάρτητος τῆς θερμοκρασίας, ὡς συμβαίνει μὲ πολλὰ κράματα.

Ὡς ἔχει δειχθῆ πειραματικῶς, ἡ μεταβολὴ ΔR τῆς ἀντιστάσεως τῶν ἀγωγῶν μετὰ τῆς θερμοκρασίας, ὅταν περιοριζώμεθα εἰς θερμοκρασίας μὴ ὑπερβαινούσας τοὺς $200\ ^0\text{C}$, εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀντιστάσεως R καὶ τῆς μεταβολῆς Δθ τῆς θερμοκρασίας, ἐξαρτᾶται δὲ καὶ ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ. Συνεπῶς, κατὰ πρώτην προσέγγισιν, εἶναι :

$$\Delta R = \alpha \cdot R \cdot \Delta\theta \tag{1}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπου α συντελεστὴς ἀναλογίας, ἐξαρτώμενος ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ καλούμενος **θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως.**

Ἐὰν R_0 ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ εἰς $0\,^0C$ καὶ R_θ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἰδίου ἀγωγοῦ, ὅταν οὗτος θερμανθῇ μέχρι θερμοκρασίας $\theta\,^0C$, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν :

$$R_\theta - R_0 = \alpha \cdot R_0 \cdot \theta$$

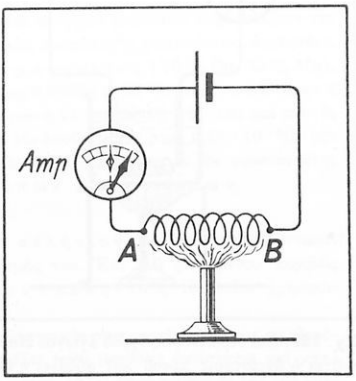
ἐξ οὗ τελικῶς προκύπτει :

$$\boxed{R_\theta = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)} \qquad (2)$$

Ἀνάλογος τύπος πρὸς τὸν (2) εὑρίσκεται καὶ διὰ τὴν εἰδικὴν ἀντίστασιν. Λύοντες τὴν σχέσιν (2) ὡς πρὸς α, λαμβάνομεν :

$$\alpha = \frac{R_\theta - R_0}{R_0 \cdot \theta} \qquad (3)$$

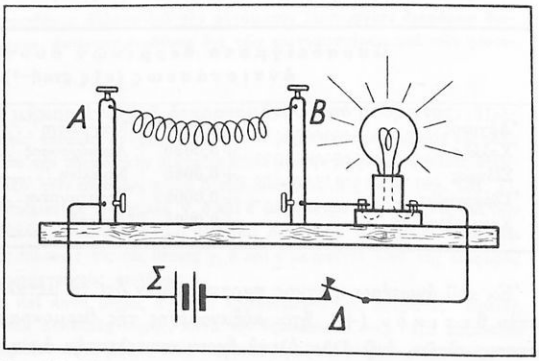
ἐκ τῆς ὁποίας προκύπτει ὅτι ὁ θερμικὸς συντελεστὴς α, ὑλικοῦ τινος, ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν μεταβολήν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἀντίστασις $1\,\Omega$ καὶ θερμοκρασίας $0\,^0C$, ἐκ τοῦ ἐν λόγῳ ὑλικοῦ, ὅταν αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ κατὰ $1\,^0C$. Μονὰς μετρήσεως τοῦ θερμικοῦ συντελεστοῦ εἶναι τὸ $1\ \text{grad}^{-1}$ ($1\ \text{grad} = 1$ βαθμὸς κλίμακος Κελσίου).



Σχ. 148. Διὰ θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ ἐλαττοῦται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, λόγῳ αὐξήσεως τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ.

Ὁ θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως διὰ τὰ μέταλλα εἶναι τάξεως μεγέθους $4 \cdot 10^{-3} = 1/250\ \text{grad}^{-1}$, ἤτοι πλησιάζει πρὸς τὸν θερμικὸν συντελεστὴν τῶν ἀερίων $1/273\ \text{grad}^{-1}$ καὶ διαφέρει ἀπ' αὐτοῦ τόσον ὀλιγώτερον, ὅσον καθαρώτερον εἶναι τὸ μέταλλον.

Τὴν αὔξησιν τῆς ἀντιστάσεως τῶν χημικῶς καθαρῶν μετάλλων, συναρτήσει τῆς θερμοκρασίας, δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως : Μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν A καὶ B συνδέομεν σπεῖρωμα κατασκευασθὲν ἐκ σιδήρου καὶ μὲ τὴν βοήθειαν ἀμπερομέτρου καθορίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ὅταν ἡ διάταξις συνδέεται πρὸς κατάλληλον πηγὴν ἠλεκτρικοῦ

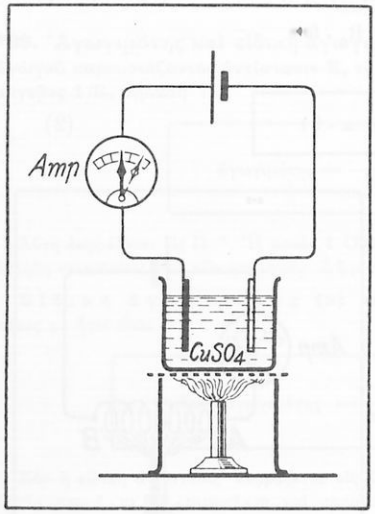


Σχ. 149. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρεύματος (σχ. 148). Ἐὰν ἤδη μὲ τὴν βοήθειαν λύχνου Bunsen ἡ ἄλλης φλογὸς θερμάνωμεν τὸ σπείρωμα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου ἐλαττοῦται, διότι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ σιδήρου καὶ ἐπομένως ἡ ἀντίστασις τοῦ σπειρώματος αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ.

Τὴν μεταβολὴν τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ μετὰ τῆς θερμοκρασίας δυνάμεθα νὰ δείξωμεν καὶ διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως. Σπείρωμα AB ἀποτελούμενον ἀπὸ σύρμα σιδήρου συνδέεται ἐν σειρᾷ πρὸς λυχνίαν πυρακτώσεως καὶ τὸ σύστημα τροφοδοτεῖται ὑπὸ κατάλληλον τάσιν, ὥστε ἡ λυχνία νὰ φωτοβολῇ ζωηρῶς (σχ 149).



Σχ. 150. Διὰ θερμάνσεως ὑγροῦ ἀγωγοῦ ἐλαττοῦται ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ καὶ αὐξάνει ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Ἐὰν ἤδη μὲ τὴν βοήθειαν λύχνου Bunsen ἡ ἄλλης φλογὸς θερμάνωμεν τὸ σύρμα μέχρις ἐρυθροπυρώσεως, τότε ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ αὐξάνεται μέχρι τοιούτου βαθμοῦ, ὥστε τὸ διερχόμενον διὰ τῆς λυχνίας ρεῦμα νὰ μὴ δύναται νὰ διεγείρῃ τὴν φωτοβολίαν τῆς λυχνίας, ὅτε αὕτη ἀποσβέννυται.

Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ σύρμα νὰ ψυχθῇ, τότε, λόγῳ ἐλαττώσεως τῆς ἀντιστάσεως τοῦ σπειρώματος, ἡ λυχνία ἀναλαμβάνει τὴν φωτοβολίαν αὐτῆς.

Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον τὸ νῆμα λυχνίας βολφραμίου παρουσιάζει μικροτέραν ἀντίστασιν, ὅταν ἡ λυχνία δὲν λειτουργῇ, παρὰ ὅταν αὕτη φωτοβολῇ. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει διὰ λυχνίαν μὲ νῆμα ἀνθρακος, διότι διὰ τὸν ἄνθρακα ὁ συντελεστὴς α εἶναι μικρότερος ἢ ἴσος πρὸς μηδέν.

Ἐξ ἄλλου, ἐὰν ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου περιέχοντος διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ἐμβαπτίσωμεν δύο ἠλεκτρόδια ἀπὸ χαλκὸν καὶ συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, τότε μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἐν σειρᾷ συνδεδεμένου ἀμπερομέτρου παρατηροῦμεν ὅτι διέρχεται ρεῦμα ὡρισμένης ἐντάσεως (σχ. 150). Ἐὰν ὅμως θερμάνωμεν ἠπίως τὸ διάλυμα, βλέπομεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται, ἐξ οὗ συνάγομεν ὅτι ἡ ἀντίστασις ὑγρῶν διαλυμάτων, τὰ ὁποῖα εἶναι καλοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐλαττοῦται ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῶν αὐξάνεται.

Παραδείγματα θερμικῶν συντελεστῶν ἀντιστάσεως (εἰς grad^{-1})

Ἄργυρος	+0,0038	Μαγγανίνη	+0,00004
Χαλκὸς	+0,0039	Λευκόχρυσος	+0,002
Σίδηρος	+0,0045	Νικελίνη	—0,00011
Ὑδράργυρος	+0,00089	Κονσταντάνη	—0,000003
Χρωμονικελίνη	+0,0004	Ἄνθραξ	—0,00089

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω πίνακος παρατηροῦμεν ὅτι τὰ μέταλλα ἔχουν θερμικὸν συντελεστὴν θετικὸν (+), ἤτοι αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας αὐξάνεται καὶ ἡ ἀντίστασις αὐτῶν, ἐνῷ ἄλλα ὑλικὰ ἔχουν συντελεστὴν ἀρνητικὸν (—).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

***101. Θερμόμετρα αντιστάσεως.** Την ἐξάρτησιν τῆς ἀντιστάσεως ἐκ τῆς θερμοκρασίας χρησιμοποιοῦμεν πρὸς κατασκευὴν ἠλεκτρικῶν θερμομέτρων, τὰ ὁποῖα εἰδικώτερον καλοῦνται **θερμόμετρα ἀντιστάσεως,** τῆς θερμοκρασίας καθοριζομένης ἐκ τῆς μεταβολῆς, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ ἀντίστασις μεταλλικοῦ σύρματος, ὅταν τοῦτο θερμαίνεται.

***102. Ὑπεραγωγιμότης.** Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα, ἐλαττουμένης τῆς θερμοκρασίας ἐλαττοῦται καὶ ἡ ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν, ἡ ὁποία μηδενίζεται πρακτικῶς εἰς πολὺ χαμηλὰς θερμοκρασίας. Οὕτως ἡ ἀντίστασις ὡρισμένων μετάλλων (π.χ. μολύβδου) εἰς πολὺ χαμηλὰς θερμοκρασίας γίνεται ἐξόχως μικρά, καὶ πλησίον τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀπολύτου μηδενὸς (—273 °C) ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος ἐξαφανίζεται ἀποτόμως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ὑπεραγωγιμότης,** οἱ δὲ ἀγωγοὶ εἰς τὴν κατάστασιν αὐτὴν **ὑπεραγωγοί.**

***103. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως.** Ὡρισμένα κράματα μετάλλων παρουσιάζουν τὴν ἰδιότητα νὰ ἔχουν μεγάλην εἰδικὴν ἀντίστασιν καὶ θερμικὸν συντελεστὴν ἀντιστάσεως ἀμελητέον. Μεταξὺ τῶν μάλλον ἐν χρήσει τοιούτων κραμάτων εἶναι ἡ μαγγανίνη (70% Cu, 30% Mn), διὰ τὴν ὁποίαν εἶναι $\rho = 0{,}42 \cdot 10^{-4}\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ $\alpha = 0$ ἕως $0{,}00003\ \text{grad}^{-1}$, ἡ κωνσταντάνη (Konstantan) (45% Cu, 55% Ni), διὰ τὴν ὁποίαν εἶναι $\rho = 0{,}49 - 0{,}52 \cdot 10^{-4}\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ $\alpha = 0$, καὶ ὁ νικελίνης (58% Cu, 41% Ni, 1% Mn), διὰ τὸν ὁποῖον εἶναι $\rho = 0{,}42 \cdot 10^{-4}\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ $\alpha = 0{,}00023\ \text{grad}^{-1}$. Αἱ ἀνωτέρω τιμαὶ νοοῦνται εἰς 20 °C. Σύρματα δὲ ἐκ κονσταντάνης κλπ. χρησιμοποιοῦνται π.χ. διὰ τὴν κατασκευὴν προτύπων ἀντιστάσεων.

***104. Κύτταρον σεληνίου.** Τὸ χημικὸν στοιχεῖον σελήνιον (Se) ὑφίσταται ἐλάττωσιν τῆς εἰδικῆς αὐτοῦ ἀντιστάσεως ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμός του. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου ἀκριβῶς τούτου στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ καλουμένου κυττάρου σεληνίου, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται εἰς φωτομετρικὰς κυρίως μετρήσεις.

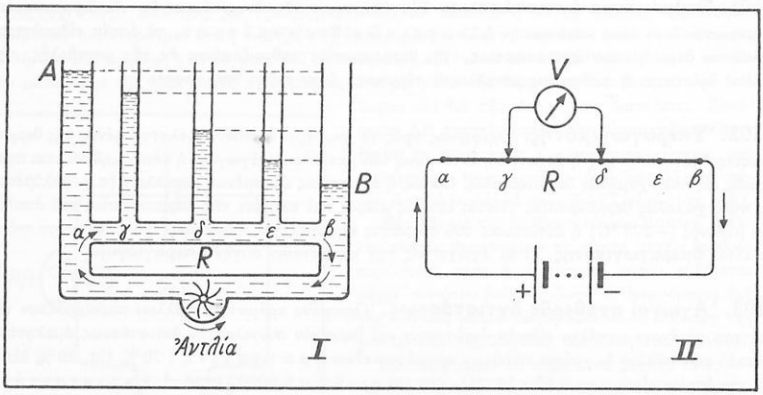
Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν τὸ κύτταρον συνδέεται πρὸς ἠλεκτρικήν τινα πηγὴν καὶ πρὸς γαλβανόμετρον. Ἀπουσίᾳ φωτός, τὸ κύτταρον σεληνίου παρουσιάζει πολὺ μεγάλην ἀντίστασιν καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος εἶναι πολὺ μικρά. Ἀλλ' ὅταν προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ κυττάρου φῶς, ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἐλαττοῦται, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται καὶ δὴ τόσον περισσότερον, ὅσον ὁ φωτισμός, τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ κύτταρον, εἶναι ἰσχυρότερος. Ἐκ τῆς ἐνδείξεως, ἐπομένως, τοῦ γαλβανομέτρου, δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ προσπίπτοντος φωτός.

Τὰ κύτταρα σεληνίου, χρησιμοποιηθέντα ἄλλοτε διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν διαφόρων διατάξεων, δὲν χρησιμοποιοῦνται σήμερον, ἀντικατασταθέντα διὰ τῶν φωτοκυττάρων καὶ τῶν φωτοστοιχείων.

***105. Πτῶσις τάσεως κατὰ μῆκος ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος.** Πρὸς κατανόησιν τῆς ἐννοίας τῆς πτώσεως τάσεως, ἀναχωροῦμεν ἀπὸ τὸ μηχανικὸν φαινόμενον τῆς ροῆς τοῦ ὕδατος. Θεωρήσωμεν πρὸς τοῦτο τὴν ὑδραυλικὴν διάταξιν ὅπου μὲ τὴν βοήθειαν ἀντλίας δημιουργοῦμεν διαφορὰν πιέσεως μεταξὺ τῶν σημείων α καὶ β τοῦ σωλῆνος αγδεβ (σχ. 151, I), κατὰ μῆκος δὲ τοῦ σωλῆνος τοποθετοῦμεν εἰς τὰ σημεῖα γ, δ καὶ ε μανομετρικοὺς σωλῆνας διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν τὴν πτῶσιν πιέσεως κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος διὰ μέσου τοῦ ὁποίου λαμβάνει χώραν ροὴ ὕδατος. Ἡ διαφορὰ τῆς πιέσεως εἰς τὰς θέσεις γ, δ καὶ ε μετρεῖται ὑπὸ τῆς διαφορᾶς στάθμης εἰς τοὺς ἀντιστοίχους μανομετρικοὺς σωλῆνας.

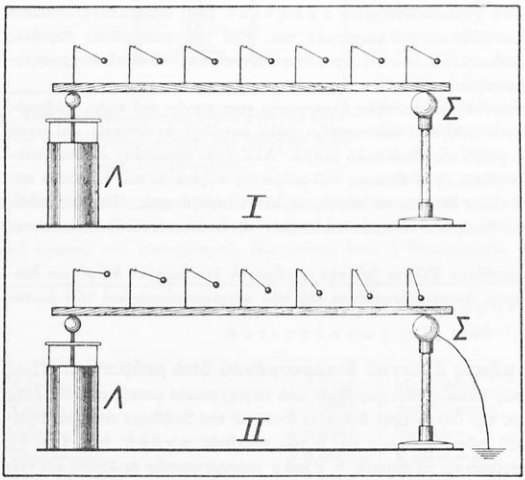
Ἀνάλογον φαινόμενον συμβαίνει καὶ κατὰ μῆκος ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος. Ἐπειδὴ ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ὁμογενοῦς ἀγωγοῦ, σταθερᾶς τομῆς, κατὰ τὴν ἐξίσωσιν $R = \rho \cdot l/S$ αὐξάνεται μετὰ τοῦ μήκους τοῦ ἀγωγοῦ, θὰ πρέπει κατὰ μῆκος ἑνὸς τοιούτου ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως, νὰ παρατηρῆται μία ἐλάττωσις τῆς τάσεως, ἡ ὁποία καλεῖται **πτῶσις τάσεως.** Οὕτως, εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 151, II, τὸ δυναμικὸν εἰς τὸ σημεῖον α εἶναι ἀνώ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 151. Μηχανικὸν ἀνάλογον τῆς πτώσεως τάσεως κατὰ μῆκος ρευματοφόρου ἀγωγοῦ.

τερον ἢ εἰς τὸ σημεῖον γ, τὸ δυναμικὸν τοῦ ὁποίου πάλιν εἶναι ἀνώτερον ἢ εἰς τὸ σημεῖον δ κ.ο.κ. Ἐὰν θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ γ καὶ δ ἀρκεῖ νὰ συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας καταλλήλου βολτομέτρου μεταξὺ τῶν σημείων τούτων, ὅτε ἡ ἔνδειξις τοῦ βολτομέτρου παρέχει τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ γ καὶ δ (σχ. 151, II).



Σχ. 152. Τὸ δυναμικὸν εἶναι τὸ αὐτὸ κατὰ μῆκος φορτισμένου ἀγωγοῦ. (Ι) Ὅταν διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέλθῃ ρεῦμα, τὸ δυναμικὸν πίπτει κατὰ μῆκος αὐτοῦ (ΙΙ). Λ, λουγδουνικὴ λάγηνος. Σ, σφαιρικὸς μονωμένος ἀγωγός.

Ἡ πτῶσις τάσεως εἰς τὸ τμῆμα α γ ἰσοῦται πρὸς $i \cdot R_{\alpha\gamma}$, ὅπου i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ $R_{\alpha\gamma}$ ἡ ἀντίστασις μεταξὺ τῶν σημείων α καὶ γ. Ἤτοι ἡ πτῶσις τάσεως κατὰ μῆκος τμήματος ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ τῶν ἄκρων τοῦ ἐν λόγῳ τμήματος τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἡ πτῶσις τάσεως δεικνύεται παραστατικῶς διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος: Στέλεχος ἐξ ἀγωγοῦ μικρᾶς ἀγωγιμότητος καὶ μήκους μερικῶν μέτρων, στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ ὁπλισμοῦ μεγάλης λουγδουνικῆς λαγήνου κατὰ τὸ ἓν ἄκρον αὐτῆς, ἐνῷ κατὰ τὸ ἕτερον ἐπὶ μονωμένης σφαίρας Σ (σχ. 152). Ἐπὶ τοῦ στελέχους, καὶ εἰς ἴσας ἀποστάσεις, τοποθετοῦνται ἠλεκτρικὰ ἐκκρεμῆ, τὰ ὁποῖα, διὰ τῆς ἀποκλίσεώς των δεικνύουν τὸ δυναμικὸν τῆς θέσεως, εἰς τὴν ὁποίαν εὑρίσκονται. Ἐὰν φορτίσωμεν

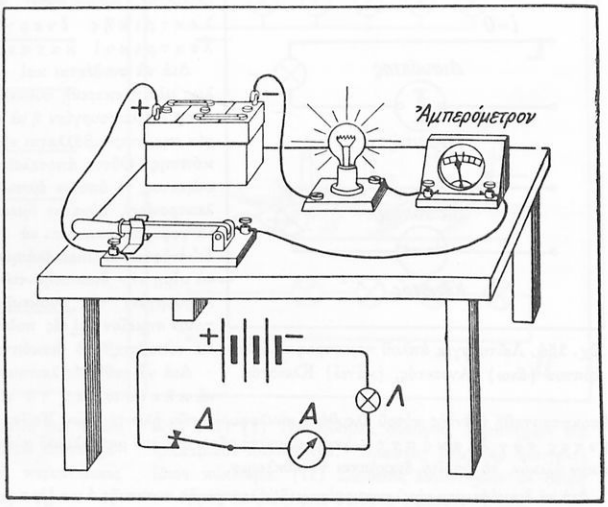
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν λουγδουνικὴν λάγηνον καὶ δώσωμεν εἰς αὐτὴν δυναμικὸν U, παρατηροῦμεν ὅτι μετὰ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσορροπίας, παρουσιάζουν ὅλα τὰ ἐκκρεμῆ τὴν αὐτὴν ἀπόκλισιν, ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ στελέχους ἀποτελεῖ ἰσοδυναμικὴν ἐπιφάνειαν (σχ. 152, I). Ἐὰν ὅμως προσγειώσωμεν τὴν σφαῖραν Σ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ εἰκὼν μεταβάλλεται, ὅσον δὲ ἀπομακρυνόμεθα τῆς λουγδουνικῆς λαγήνου, τόσον ἐλαττοῦται ἡ ἀπόκλισις τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκρεμῶν (σχ. 152, II). Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι εὐθὺς μετὰ τὴν προσγείωσιν τῆς σφαίρας Σ, ἤρχισε νὰ ρέῃ ρεῦμα διὰ τοῦ ἀγωγοῦ, ὁπότε τὸ δυναμικὸν κατὰ μῆκος αὐτοῦ ἔπαυσε νὰ διατηρῇ σταθερὰν τιμήν.

Εἰς τὰ δίκτυα διανομῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν εἶναι μικρά, δὲν εἶναι ὅμως δυνατὸν νὰ λάβῃ τὴν τιμὴν μηδέν, διὰ τοῦτο καὶ ὑπάρχει πάντοτε μιὰ πτῶσις τάσεως, ἡ ὁποία γίνεται ἰδιαιτέρως αἰσθητὴ κατὰ τὰς ὥρας τῆς μεγάλης φορτίσεως τοῦ δικτύου. Τοῦτο συμβαίνει κατὰ τὰς πρωινὰς ὥρας ὁπότε ἀνάπτουν αἱ ἠλεκτρικαὶ κουζίναι, κυρίως ὅμως κατὰ τὰς βραδυνάς, ὁπότε λειτουργοῦν ποικίλαι ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ καὶ ἀνάπτουν οἱ λαμπτῆρες φωτισμοῦ. Τότε παρατηρεῖται ὅτι οἱ λαμπτῆρες φωτισμοῦ λάμπουν ἀσθενέστερον. Τοῦτο ὀφείλεται ἀκριβῶς εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ τάσις τοῦ δικτύου δὲν εἶναι πλέον ἡ κανονική, ἀλλὰ κατά τι μικροτέρα, ἕνεκα τῶν πολλῶν συσκευῶν, αἵτινες λειτουργοῦν ἐν σειρᾷ ἢ ἐν παραλλήλῳ πρὸς τὸ δίκτυον. Παρατηροῦμεν λοιπὸν ὅτι ὅσον περισσοτέρας συσκευὰς συνδέομεν πρὸς τὸ δίκτυον, τόσον ἐλαττοῦται ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν καὶ ἐπομένως, ἂν πρόκειται περὶ λαμπτήρων, οὗτοι θὰ φωτοβολοῦν ἀσθενέστερον.

II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

106. Ἠλεκτρικὸν κύκλωμα. Θεωρήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 153, εἰς τὴν ὁποίαν οἱ πόλοι ἠλεκτρικῆς πηγῆς συνδέονται διὰ συρμάτων πρὸς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ λαμπτῆρος Λ, παρεμβαλλομένου καὶ τοῦ διακόπτου Δ. Τὸ ὅλον σύστημα



Σχ. 153. Ἁπλοῦν ἠλεκτρικὸν κύκλωμα. Περιλαμβάνει πηγήν, ἠλεκτρικὸνλαμπτῆρα, (καταναλωτήν), ἀμπερόμετρον καὶ διακόπτην, τῶν ὁποίων ἡ σύνδεσις ἐγένετο ἐν σειρᾷ. Εἰς τὸ κάτω μέρος, συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

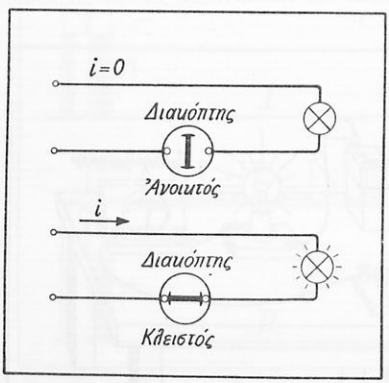
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς πηγῆς, τοῦ λαμπτῆρος, ἤτοι τοῦ καταναλωτοῦ, καὶ τοῦ διακόπτου, ὀνομάζομεν **ἠλεκτρικὸν κύκλωμα.** Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα ἀποτελεῖ ἕνα πλήρη (κλειστὸν) ἀγώγιμον δρόμον, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ τμῆμα τοῦ κυκλώματος ἀπὸ τοῦ ἑνὸς πόλου τῆς πηγῆς μέχρι τοῦ ἄλλου, μέσῳ τοῦ λαμπτῆρος, ὀνομάζεται καὶ **ἐξωτερικὸν κύκλωμα,** ἐνῷ τὸ ὑπόλοιπον (τὸ διὰ μέσου τῆς πηγῆς) ὀνομάζεται **ἐσωτερικὸν κύκλωμα.**

Ἐὰν διακόψωμεν τὸ κύκλωμα εἴς τι σημεῖον, τότε διακόπτεται ἡ κυκλοφορία τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ κυκλώματος, τὸ κύκλωμα δὲ τότε καλεῖται ἀ ν ο ι κ τ ό ν. Τοῦτο συμβαίνει εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 153, ὅταν ὁ διακόπτης Δ εἶναι **ἀνοικτός.** Ἀντιθέτως, ὅταν ὁ διακόπτης εἶναι **κλειστὸς** τότε καὶ τὸ κύκλωμα εἶναι κ λ ε ι σ τ ὸ ν καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.

Πρὸς κατανόησιν τῶν φαινομένων τῶν συνδεδεμένων μὲ τὰ ἠλεκτρικὰ κυκλώματα, εἶναι ἀναγκαῖον νὰ μελετῶμεν ἑκάστοτε τὰς σχέσεις τὰς συνδεούσας τὰ ρεύματα, τὰς τάσεις καὶ τὰς ἀντιστάσεις εἰς ὁλόκληρον τὸ κύκλωμα ὡς καὶ εἰς τὰ τμήματα αὐτοῦ. Εἰς τοῦτο μᾶς βοηθεῖ ὁ νόμος τοῦ Ohm, ὡς καί τινες ἄλλοι, τοὺς ὁποίους θὰ γνωρίσωμεν ἐν συνεχείᾳ.

***107. Διακόπται.** Αἱ διάφοροι ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ τίθενται εἰς λειτουργίαν, ἐφ' ὅσον διέρχεται δι' αὐτῶν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Διὰ τοῦτο συνδέονται τῇ βοηθείᾳ δύο ἀγωγῶν εἰς κύκλωμα, εἰς τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ὑπάρχῃ μία τοὐλάχιστον ἠλεκτρικὴ πηγὴ τροφοδοσίας. Διὰ τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ, προσάγονται εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν συσκευὴν τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκκινοῦντα ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου τῆς πηγῆς, διέρχονται διὰ μέσου τῆς συσκευῆς καὶ ἐπιστρέφουν διὰ τοῦ ἄλλου ἀγωγοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς.



Σχ. 154. Λειτουργία ἁπλοῦ περιστροφικοῦ διακόπτου (ἄνω) Ἀνοικτός, (κάτω) Κλειστός.

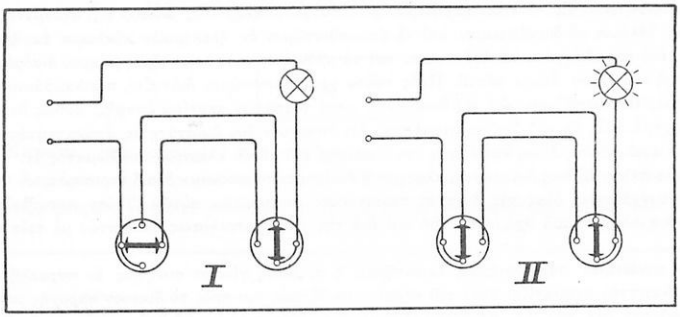
Αἱ συσκευαί, αἱ λειτουργοῦσαι δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀνομάζονται κ α τ α ν α λ ω τ α ὶ ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ῆ ς ἐ ν ε ρ γ ε ί α ς ἢ ἁ π λ ῶ ς ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ο ὶ κ α τ α ν α λ ω τ α ί.

Διὰ νὰ συνδέεται καὶ νὰ ἀποσυνδέεται εὐκόλως μία ἠλεκτρικὴ συσκευή, δηλαδὴ διὰ νὰ τίθεται εἰς λειτουργίαν ἢ νὰ διακόπτεται ἡ λειτουργία της, παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα εἷς **διακόπτης.** Οὗτος ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς μονωτικοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον ἐμποδίζει τὴν ροὴν τῶν ἠλεκτρονίων, δύναται ὅμως δι' ἁπλοῦ χειρισμοῦ νὰ γεφυρώνεται, ἤτοι νὰ ἑνώνωνται τὰ ἄκρα του δι' ἑνὸς μεταλλικοῦ ἐλάσματος καὶ τοιουτοτρόπως νὰ αἴρῃ τὴν διακοπὴν τοῦ κυκλώματος. Διὰ τὴν λειτουργίαν τῆς συσκευῆς, εἶναι ἀδιάφορον εἰς ποῖον σημεῖον καὶ εἰς ποῖον ἐκ τῶν δύο ἀγωγῶν θὰ τοποθετηθῇ ὁ διακόπτης.

Διὰ νὰ τεθῇ εἰς λειτουργίαν ἡ συσκευὴ πρέπει νὰ κ λ ε ί σ ω μ ε ν τ ὸ κ ύ κ λ ω μ α, ὥστε νὰ ἀποκατασταθῇ ἡ ἐντὸς αὐτοῦ ἐλευθέρα κυκλοφορία τῶν ἠλεκτρονίων. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν κ λ ε ί ο ν τ ε ς τ ὸ ν δ ι α κ ό π τ η ν, γεφυρώνοντες οὕτω διὰ τοῦ μεταλλικοῦ αὐτοῦ ἐλάσματος τὸ μονωτικὸν ὑλικόν, τὸ ὁποῖον διακόπτει τὸ κύκλωμα.

Διὰ νὰ διακόψωμεν τὴν λειτουργίαν μιᾶς ἠλεκτρικῆς συσκευῆς ἀ ν ο ί γ ο μ ε ν τ ὸ κ ύ κ λ ω μ α,

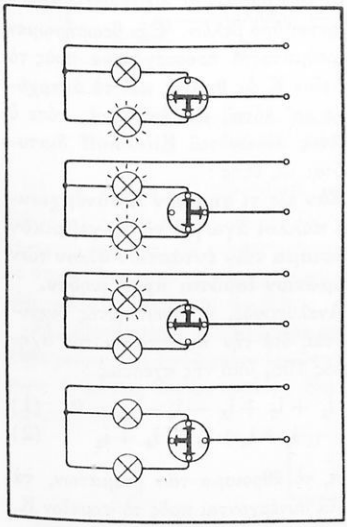
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



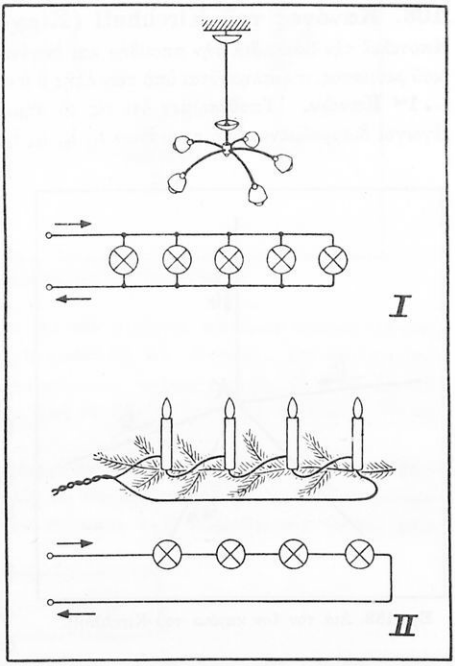
Σχ. 155. Λειτουργία διακόπτου δύο διευθύνσεων (aller-retour).

ἤτοι ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην, προκαλοῦντες οὕτω διακοπὴν τοῦ κυκλώματος, ἑπομένως καὶ τῆς ἐλευθέρας κυκλοφορίας τῶν ἠλεκτρονίων ἐντὸς αὐτοῦ.

Οἱ διακόπται, ἀναλόγως τῶν κυκλωμάτων εἰς τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἶναι διαφόρων τύπων καὶ μορφῶν. Εἰς τὸ σχῆμα 154 δεικνύεται ἡ λειτουργία περιστροφικοῦ διακόπτου



Σχ. 156. Διακόπτης ὁμάδος διὰ τριῶν σημείων ἐπαφῆς. Δι' αὐτοῦ ἐπιτυγχάνονται ὅλαι αἱ δυναταὶ περιπτώσεις φωτοβολίας τῶν λαμπτήρων.



Σχ. 157. (Ι) Παράλληλος σύνδεσις λαμπτήρων εἰς ἠλεκτρικὸν πολύφωτον. Ἕκαστος λαμπτὴρ ἀποτελεῖ ἴδιον κύκλωμα. (ΙΙ) Σύνδεσις λαμπτήρων ἐν σειρᾷ πρὸς διακόσμησιν δένδρου Χριστουγέννων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χρησιμοποιουμένου εἰς τὸ κύκλωμα λαμπτῆρος πυρακτώσεως. Ἐξ ἄλλου, εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις, θέλομεν νὰ διακόπτωμεν καὶ νὰ ἀποκαθιστῶμεν ἐν ἠλεκτρικὸν κύκλωμα ἐκ διαφόρων θέσεων, ἐπὶ παραδείγματι νὰ ἀνάπτωμεν καὶ νὰ σβύνωμεν τοὺς λαμπτῆρας μακροῦ διαδρόμου, ἐκ τοῦ ἑνὸς ἢ τοῦ ἄλλου ἄκρου αὐτοῦ. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν διάταξιν, περιλαμβάνουσαν δύο διακόπτας, λειτουργοῦντας ὡς εἷς διακόπτης μετὰ τεσσάρων σημείων ἐπαφῆς, καθὼς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 155, ἐκ τοῦ ὁποίου ἐμφαίνεται ὅτι ὑπάρχουν δύο δυνατότητες ἀποκαταστάσεως τοῦ ἀνοικτοῦ κυκλώματος I, ὡς καὶ ἕτεραι δύο διακοπῆς τοῦ αὐτοῦ κλειστοῦ κυκλώματος II.

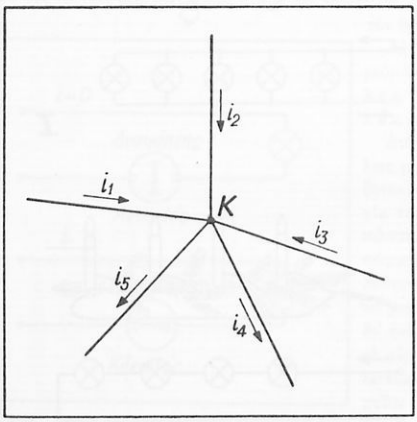
Ἄλλοτε πάλιν, δι' ἑνὸς διακόπτου, κλείομεν ἢ ἀνοίγομεν τὸ κύκλωμα δύο ἢ περισσοτέρων λαμπτήρων, ἐπιτυγχάνοντες ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις φωτοβολίας αὐτῶν. Τοῦτο κατορθοῦται διὰ τῆς συνδεσμολογίας τοῦ σχήματος 156 καὶ διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως διακόπτου μὲ τρία σημεῖα ἐπαφῆς.

Ὅταν συνδέωμεν περισσοτέρους λαμπτῆρας, ἡ σύνδεσις γίνεται συνήθως ἐν παραλλήλῳ, καὶ ἕκαστος λαμπτὴρ σχηματίζει μετὰ τοῦ σημείου συνδέσεώς του πρὸς τὸ δίκτυον παροχῆς ρεύματος, ἴδιον κύκλωμα (σχ. 157, I). Ἐξ ἄλλου οἱ λαμπτῆρες δύνανται νὰ συνδεθοῦν καὶ ἐν σειρᾷ, ὡς συμβαίνει ἐπὶ παραδείγματι, μὲ τοὺς μικροὺς λαμπτῆρας τοὺς χρησιμοποιουμένους πρὸς διακόσμησιν ἑνὸς δένδρου Χριστουγέννων (σχ. 157, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην διέρχεται τὸ αὐτὸ ρεῦμα δι' ὅλων τῶν λαμπτήρων, οἵτινες καὶ ἀποτελοῦν ἓν κύκλωμα.

108. Κανόνες τοῦ Kirchhoff (Κίρχωφ).

Ὁ νόμος τοῦ Ohm, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν βάσιν διὰ τὴν σπουδὴν καὶ ἐν γένει διὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, συμπληροῦται ὑπὸ τῶν ἑξῆς δύο κανόνων τοῦ Kirchhoff.

1ος Κανών. Ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸ σημεῖον K (σχ. 158) συνέρχονται πολλοὶ ἀγωγοὶ διαρρεόμενοι ὑπὸ ρευμάτων i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, τῶν ὁποίων αἱ διευθύνσεις καθορίζονται ὑπὸ βελῶν. Ἐὰν θεωρήσωμεν τὰ ρεύματα τὰ προσερχόμενα πρὸς τὸ σημεῖον K ὡς θετικά, καὶ τὰ ἀπερχόμενα ἀπ' αὐτοῦ ὡς ἀρνητικά, τότε ὁ πρῶτος κανὼν τοῦ Kirchhoff διατυποῦται ὡς ἑξῆς :



Σχ. 158. Διὰ τὸν 1ον κανόνα τοῦ Kirchhoff.

Ἐὰν εἷς τι σημεῖον K συνέρχωνται πολλοὶ ἀγωγοὶ τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων ὅλων τῶν ρευμάτων ἰσοῦται πρὸς μηδέν.

Ἀναλυτικῶς, ὁ κανὼν οὗτος διατυποῦται, διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 158, ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0 \quad (1)$$

ἢ

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_4 + i_5 \quad (2)$$

ἤτοι, τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα συνέρχονται πρὸς τὸ σημεῖον K, ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἀπέρχονται ἀπ' αὐτοῦ.

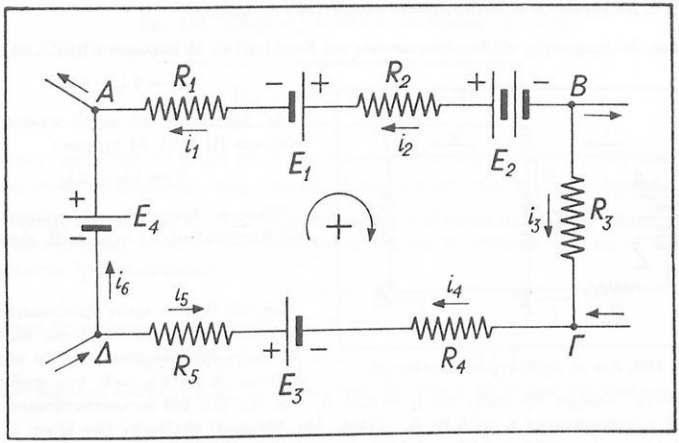
Ὁ 1ος κανὼν τοῦ Kirchhoff εἶναι ἄμεσος συνέπεια τῆς παραδοχῆς ὅτι, εἰς τὰ φαινόμενα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰς οὐδὲν σημεῖον συστήματος ἀγωγῶν λαμβάνει χώραν συσσώρευσις ἢ διαρροὴ ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Συνήθως, τὸ σημεῖον K

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καλεῖται κόμβος. Ἡ γενικὴ μορφὴ τῆς ἐξισώσεως τοῦ 1ου κανόνος τοῦ Kirchhoff εἶναι :

$$\boxed{\Sigma i_n = 0} \qquad (3)$$

2ος Κανών. Θεωρήσωμεν τὴν συνδεσμολογίαν τοῦ σχήματος 159 περιλαμβάνουσαν διαφόρους ἠλεκτρικὰς πηγὰς καὶ διαφόρους ἀντιστάσεις. Ἔστω ὅτι αἱ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων εἶναι γνωσταί, αἱ δὲ φοραὶ αὐτῶν παρίστανται διὰ τῶν βελῶν.



Σχ. 159. Διὰ τὸν 2ον κανόνα τοῦ Kirchhoff.

Ὁ 2ος κανὼν τοῦ Kirchhoff, ἰσχύει διὰ πᾶν κλειστὸν κύκλωμα συνδεσμολογίας, δηλαδὴ διὰ πᾶν τμῆμα πολυπλόκου συνδεσμολογίας διὰ τὸ ὁποῖον, ἐὰν ἐκκινήσωμεν ἔκ τινος σημείου τῆς συνδεσμολογίας διατρέχοντες τμήματα αὐτῆς, νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ ἀρχικὸν σημεῖον, ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἐγένετο ἡ ἐκκίνησις. Ὁ κανὼν οὗτος διατυποῦται ὡς ἑξῆς :

Εἰς οἱονδήποτε ἠλεκτρικὸν κύκλωμα τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν γινομένων ἑκάστης ἀντιστάσεως ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ διαρρέοντος αὐτὴν ρεύματος. Ἤτοι :

$$\boxed{\Sigma E = \Sigma i \cdot R}$$

Κατὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν ἀλγεβρικῶν ἀθροισμάτων, ἡ θετικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος ὁρίζεται αὐθαιρέτως, συνήθως δὲ λαμβάνεται ὡς τοιαύτη ἡ τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου. Πᾶσα ΗΕΔ θεωρεῖται ὡς θετική, ὅταν παρέχῃ ρεῦμα θετικῆς φορᾶς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐφαρμόζοντες τὸν κανόνα τοῦτον εἰς τὸ κλειστὸν κύκλωμα ΑΒΓΔΑ τοῦ σχήματος 159 καὶ λαμβάνοντες ὡς θετικὴν φορὰν τὴν τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὡρολογίου, εὑρίσκομεν τὴν σχέσιν :

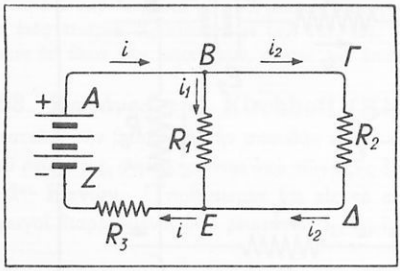
$$E_1 - E_2 + E_3 + E_4 = -i_1 \cdot R_1 - i_2 \cdot R_2 + i_3 \cdot R_3 + i_4 \cdot R_4 - i_5 \cdot R_5 + i_6 \cdot 0$$

Ὁ κλάδος ΔΑ δὲν ἔχει ἀντίστασιν, συνεπῶς τὸ ἀντίστοιχον γινόμενον $i \cdot R$ ἰσοῦται πρὸς μηδέν.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Εἰς κύκλωμα ὡς εἰς τὸ σχῆμα 160 αἱ ἀντιστάσεις ἔχουν τὰς ἀκολούθους τιμάς : $R_1 = 2\ \Omega$, $R_2 = 4\ \Omega$ καὶ $R_3 = 6\ \Omega$ ἡ δὲ τάσις τῆς πηγῆς εἶναι $U = 6$ V. Νὰ εὑρεθοῦν αἱ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων : i_1, i_2, i_3.

Λύσις. Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ δευτέρου κανόνος τοῦ Kirchhoff εἰς τὸ κύκλωμα ABEZA θὰ ἔχωμεν :

$$6 = 2\,i_1 + 6\,i \qquad (1)$$



Σχ. 160. Διὰ τὸ ἀριθμητικὸν παράδειγμα.

Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ αὐτοῦ κανόνος εἰς τὸ κύκλωμα ΒΓΔΕΒ, θὰ ἔχωμεν :

$$0 = 4\,i_2 - 2\,i_1 \qquad (2)$$

Τέλος, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ πρώτου κανόνος τοῦ Kirchhoff εἰς τὸ σημεῖον Β, εὑρίσκομεν :

$$i = i_1 + i_2 \qquad (3)$$

Διὰ τῶν ὡς ἄνω τριῶν ἐξισώσεων ἐπιλύεται τὸ πρόβλημα. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν (1) τὴν τιμὴν τοῦ i λαμβανομένην ἐκ τῆς (3) θὰ προκύψῃ : $8\,i_1 + 6\,i_2 = 6$, ἥτις συνδυαζομένη πρὸς τὴν (2) παρέχει τὴν τιμὴν τοῦ $i_1 = 0{,}55$ A. Ἐκ τῆς (2), ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὴν τιμὴν τοῦ i_1, εὑρίσκομεν : $i_2 = 0{,}28$ A. Τέλος, ἐὰν θέσωμεν τὴν τιμὴν τῶν i_1 καὶ i_2 εἰς τὴν (3), εὑρίσκομεν $i = 0{,}55 + 0{,}28 = 0{,}83$ A.

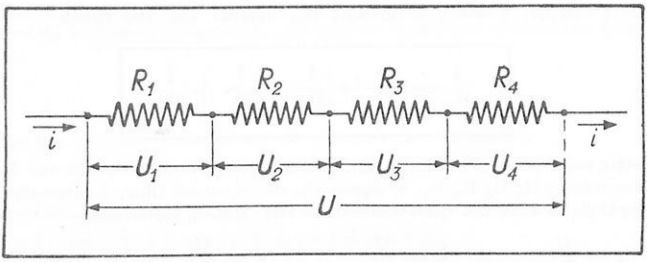
Ἐπειδὴ καὶ αἱ τρεῖς ἐντάσεις εὑρέθησαν θετικαί, ἔπεται ὅτι ὀρθῶς δεικνύουν τὰ βέλη τῶν ρευμάτων τὴν φορὰν αὐτῶν, ἡ φορὰ τῶν ὁποίων ὁρίζεται ἀρχικῶς αὐθαιρέτως. Ἐὰν ὅμως τινὲς ἐκ τῶν τιμῶν τῶν ἐντάσεων ρεύματος εὑρεθοῦν ἀρνητικαί, τοῦτο δηλοῖ ὅτι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος εἶναι ἀντίθετος τῆς σημειουμένης ὑπὸ τοῦ βέλους.

109. Σύνδεσις ἀντιστάσεων.

Θεωρήσωμεν μίαν ἠλεκτρικὴν συσκευὴν (π.χ. ἠλεκτρικὴν κουζίναν), εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς ὁποίας αἱ ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι μεταξύ των καθ' οἱονδήποτε τρόπον. Τροφοδοτοῦντες τὴν συσκευὴν ταύτην διὰ διαφόρων τάσεων U_1, U_2, U_3 κλπ. καὶ μετροῦντες τὰς ἀντιστοίχους ἐντάσεις i_1, i_2, i_3 κλπ. τῶν ρευμάτων, εὑρίσκομεν ὅτι τὸ πηλίκον U/i παραμένει σταθερόν. Τοῦτο ὀνομάζομεν ὁλικὴν ἀντίστασιν $R_{ολ}$ τῆς συσκευῆς. Ἡ σύνδεσις τῶν ἀντιστάσεων δύναται νὰ εἶναι ἐν σειρᾷ, ἐν παραλλήλῳ καὶ μικτή.

Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. Τοιαύτη σύνδεσις τεσσάρων ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3, R_4 παριστᾶται εἰς τὸ σχῆμα 161. Κατ' αὐτὴν τὸ αὐτὸ ρεῦμα i διέρχεται, διαδοχικῶς, δι' ὅλων τῶν ἀντιστάσεων, ἀλλ' αἱ εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν ἐπικρατοῦσαι τάσεις εἶναι διάφοροι. Ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις $R_{ολ}$ τῆς διατάξεως, ὡς ἀποδεικνύεται κατωτέρω, ἰσοῦται πρός :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 161. Σύνδεσις τεσσάρων ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ.

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \qquad (1)$$

Ἤτοι: κατὰ τὴν ἐν σειρᾷ σύνδεσιν ἀγωγῶν, ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ συστήματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μερικῶν ἀντιστάσεων τῶν ἐν σειρᾷ ἀγωγῶν.

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (1). Ἐὰν τροφοδοτήσωμεν τὸ σύστημα μὲ τάσιν U, ἡ ὁποία θὰ προκαλέσῃ δίοδον ρεύματος ἐντάσεως i, δι' ὅλων διαδοχικῶς τῶν ἀντιστάσεων, τότε εἰς τὰ ἄκρα τῆς R_1 θὰ ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ:

$$U_1 = i \cdot R_1$$

Ὁμοίως θὰ συμβαίνῃ καὶ διὰ τὰς R_2, R_3, R_4 ἤτοι:

$$U_2 = i \cdot R_2 \qquad U_3 = i \cdot R_3 \qquad U_4 = i \cdot R_4$$

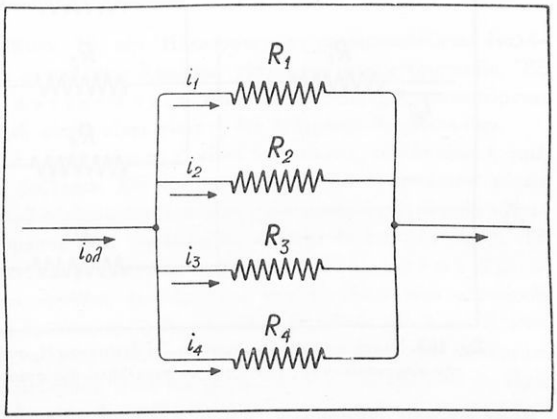
Ἀλλὰ τὸ ἄθροισμα τῶν U_1, U_2, U_3, U_4 ἰσοῦται πρὸς τὴν τάσιν U εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος, ἤτοι:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 \qquad \text{ἢ} \qquad U = i\,(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

Ἐπειδὴ δὲ ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τῆς συνδεσμολογίας εἶναι ἐξ ὁρισμοῦ: $R_{ολ} = U/i$ ἕπεται ὅτι τελικῶς:

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

Σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ. Εἰς τὸ σχῆμα 162 παριστᾶται ἡ σύνδεσις τεσσάρων ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ. Κατ' αὐτὴν αἱ ἀντιστάσεις διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων διαφόρου ἐντάσεως, ἀλλ' εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν ἐπικρατεῖ ἡ αὐτὴ τάσις. Ὡς ἀποδεικνύεται κατωτέρω, εἰς τὴν



Σχ. 162. Σύνδεσις τεσσάρων ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

περίπτωσιν ταύτην, ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις $R_{ολ}$ δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \qquad (2)$$

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (2). Ἐὰν i_1, i_2, i_3, i_4 εἶναι αἱ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων τῶν διερχομένων διὰ τῶν ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3, R_4, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ Ohm, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ τάσις U εἰς τὰ ἄκρα τῶν τριῶν ἀντιστάσεων εἶναι ἡ αὐτή, εὑρίσκομεν :

$$i_1 = \frac{U}{R_1} \qquad i_2 = \frac{U}{R_2} \qquad i_3 = \frac{U}{R_3} \qquad i_4 = \frac{U}{R_4}$$

προσθέτοντες δὲ κατὰ μέλη ἔχομεν :

$$i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = U\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)$$

Δι' ἐφαρμογῆς, ἐξ ἄλλου, τοῦ 1ου κανόνος τοῦ Kirchhoff εὑρίσκομεν :

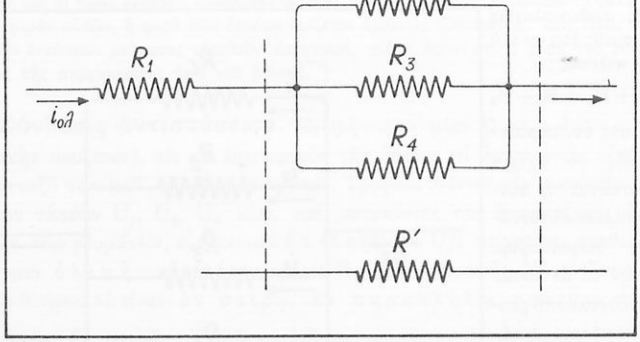
$$i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = i_{ολ}$$

διὰ συνδυασμοῦ δὲ τῶν δύο τελευταίων σχέσεων λαμβάνομεν :

$$i_{ολ} = U\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)$$

Ἀλλ' ἐξ ὁρισμοῦ εἶναι : $i_{ολ} = U/R_{ολ}$, ὁπότε τελικῶς προκύπτει :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$



Σχ. 163. Μικτὴ σύνδεσις ἀντιστάσεων. Ἡ ἀντίστασις R_1 συνδέεται ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν συνισταμένην R', τῶν τριῶν ἐν παραλλήλῳ ἀντιστάσεων R_2, R_3 καὶ R_4.

Μικτὴ σύνδεσις ἀντιστάσεων. Ἀγωγοὶ συνδέονται μικτῶς κατὰ τὸν εἰς τὸ σχῆμα 163 ὑποδεικνυόμενον τρόπον. Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις R_2, R_3 καὶ R_4 εἶναι συνδεδεμέναι ἐν παραλλήλῳ καὶ ἀκο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λούθως συνδέονται ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν R_1. Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς ὁλικῆς ἀντιστάσεως $R_{ολ}$, ὑπολογίζομεν πρῶτον τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν R' τῶν τριῶν ἐν παραλλήλῳ συνδεδεμένων ἀντιστάσεων ἐκ τοῦ τύπου :

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

καὶ ἀκολούθως ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν τοῦ συστήματος ἐκ τῆς σχέσεως :

$$R_{ολ} = R_1 + R'$$

Ἀνακεφαλαίωσις. Ἐκ τῶν προηγουμένων συνάγονται τὰ ἀκόλουθα γενικὰ συμπεράσματα : Ι) Διὰ τὰ ἐν σειρᾷ κυκλώματα.

1. Ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους τῆς πηγῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν διαφορῶν δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῶν ἀντιστάσεων.

2. Τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ὅλα τὰ τμήματα τοῦ κυκλώματος εἶναι τὸ αὐτό.

3. Ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος ἰσοῦται : α) πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐπὶ μέρους ἀντιστάσεων, β) πρὸς τὸ πηλίκον τῆς τάσεως τῶν πόλων τῆς πηγῆς (ὄχι τῆς ΗΕΔ) πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ διαρρέοντος τὸ κύκλωμα ρεύματος.

ΙΙ) Διὰ τὰ ἐν παραλλήλῳ κυκλώματα :

1. Ἡ τάσις εἶναι ἡ αὐτὴ εἰς τὰ ἄκρα ὅλων τῶν ἐν παραλλήλῳ ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος.

2. Τὸ ὁλικὸν ρεῦμα ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων τῶν διαρρεόντων τὰς ἐπὶ μέρους ἀντιστάσεις.

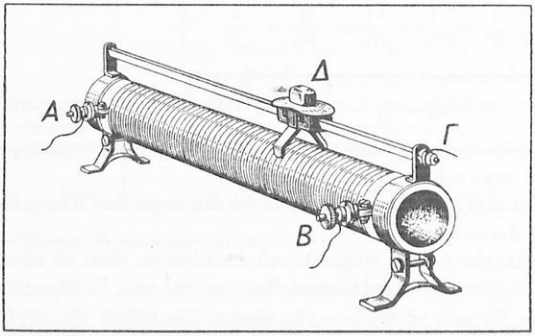
3. Ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ κάθε ἀντίστασιν τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος. Ἡ ὁλικὴ ἀγωγιμότης συνδυασμοῦ τῶν ἀντιστάσεων ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐπὶ μέρους ἀγωγιμοτήτων (τῶν ἀντιστρόφων τῶν ἀντιστάσεων). Ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις ἰσοῦται : α) πρὸς τὸ ἀντίστροφον τῆς ὁλικῆς ἀγωγιμότητος, β) πρὸς τὸ πηλίκον τῆς τάσεως εἰς τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, πρὸς τὴν ὁλικὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

110. Τύποι ἀντιστάσεων. Εἰς τὴν Ἠλεκτροτεχνίαν χρησιμοποιοῦνται ἀναλόγως τῶν εἰδικῶν συνθηκῶν ἀντιστάσεις διαφόρων τύπων καὶ χαρακτηριστικῶν. Ἐξ αὐτῶν, αἱ πρότυποι ἀντιστάσεις εἶναι ἀντιστάσεις χρησιμοποιούμεναι εἰς τὰς μετρήσεις, ἡ δὲ τιμὴ αὐτῶν εἶναι γνωστὴ διὰ δεδομένην θερμοκρασίαν.

Αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις εἶναι ἀντιστάσεις, τῶν ὁποίων ἡ τιμὴ ρυθμίζεται ἑκάστοτε κατὰ βούλησιν. Εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἀντιστάσεων αὐτῶν εὑρίσκει ἐφαρμογὴν ἡ ἐν σειρᾷ σύνδεσις ἀντιστάσεων, χρησιμοποιοῦνται δὲ πρὸς ρύθμισιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἑνὸς κυκλώματος εἰς τὴν ἐπιθυμητὴν τιμήν. Τὰ σχήματα 164 καὶ 165 δεικνύουν ρυθμιστικὴν ἀντίστασιν διὰ δρομέως (ροοστάτης). Ἀποτελεῖται συνήθως ἐκ σύρματος περιελιγμένου περὶ μονωτικὸν σωλῆνα, ἡ δὲ ὅλη διάταξις διαθέτει τρεῖς ἀκροδέκτας. Ἐξ αὐτῶν, οἱ Α καὶ Β ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ περιελιγμένου σύρματος, ἐνῷ ὁ Γ ἀποτελεῖ μίαν ἐνδιάμεσον λῆψιν, ἡ ὁποία δύναται νὰ μεταβάλῃ θέσιν διὰ μετακινήσεως τοῦ δρομέως Δ. Πρὸς τοῦτο τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δρομεὺς Δ συνδέονται μέσῳ τοῦ μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ στελέχους. Ἡ ὅλη διάταξις συνδέεται ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ κύκλωμα μέσῳ τοῦ ἑνὸς ἄκρου Α

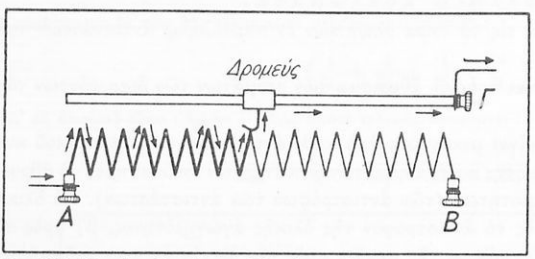
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ τῆς ἐνδιαμέσου λήψεως Γ. Ἀκολούθως, διὰ μετακινήσεως τοῦ δρομέως, μεταβάλλομεν τὴν παρεμβαλλομένην ἀντίστασιν τοῦ τμήματος ΑΓ καὶ τοιουτοτρόπως ρυθμίζομεν τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος, μεταξὺ μιᾶς ἐλαχίστης τιμῆς, διὰ θέσιν τοῦ δρομέως εἰς τὸ Β, ὁπότε τίθεται ὁλόκληρος ἡ ἀντίστασις εἰς τὸ κύκλωμα, καὶ μιᾶς μεγίστης, διὰ θέσιν αὐτοῦ εἰς τὸ Α.

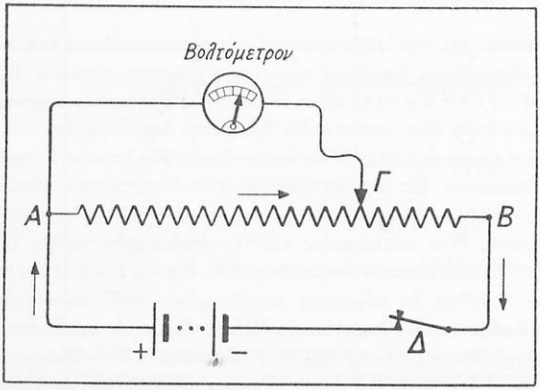


Σχ. 164. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις διὰ δρομέως (ροοστάτης).

Παρομοία συσκευὴ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ καὶ πρὸς ρύθμισιν τῆς τάσεως, ὁπότε ὀνομάζεται **ποτενσιόμετρον** (ἀπὸ τὴν λέξιν potentiel = δυναμικόν). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, τὸ ὄργανον συνδέεται διὰ τῶν ἄκρων αὐτοῦ Α καὶ Β πρὸς ἠλεκτρικὴν πηγήν, ἐνῷ ἡ μεταβλητὴ τάσις λαμβάνεται μεταξὺ τοῦ ἑνὸς ἄκρου Α καὶ τῆς ἐνδιαμέσου λήψεως Γ (σχ. 166). Εἰς τὸ ἄκρον Α συνδέεται ὁ εἷς τῶν ἀκροδεκτῶν βολτομέτρου, ὁ δὲ ἕτερος, δι' εὐκάμπτου σύρματος συνδέεται πρὸς μεταλλικὸν δρομέα, δυνάμενον νὰ ἐφάπτεται τῆς ἀντιστάσεως ΑΒ καὶ νὰ μετατοπίζεται κατὰ μῆκος αὐτῆς.



Σχ. 165. Πορεία τοῦ ρεύματος διὰ μέσου ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως.

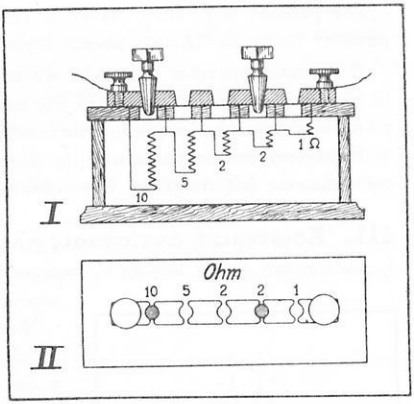


Σχ. 166. Ποτενσιομετρικὴ διάταξις πρὸς ρύθμισιν τῆς τάσεως.

Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς εἶναι ὁμογενὴς καὶ σταθερᾶς τομῆς, ἡ ἀντίστασις θὰ εἶναι ἀνάλογος τοῦ μήκους τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἡ κατανομὴ τοῦ δυναμικοῦ κατὰ μῆκος αὐτοῦ θὰ εἶναι γραμμική.

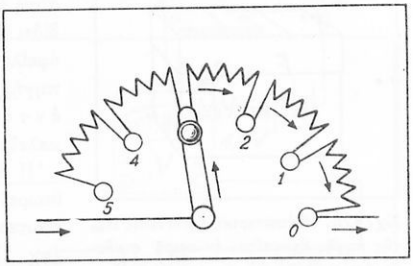
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἄλλον τύπον ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως ἀποτελεῖ τὸ καλούμενον κιβώτιον ἀντιστάσεων ἢ ρυθμιστικὴ ἀντίστασις διὰ γόμφων, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ ἐφαρμογὴν ἐπίσης τῆς ἐν σειρᾷ συνδέσεως ἀντιστάσεων (σχ. 167). Εἰς τὰς ἀντιστάσεις τοῦ τύπου αὐτοῦ ἡ ρύθμισις τῆς ἀντιστάσεως ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς χρήσεως μεταλλικῶν γόμφων, οἱ ὁποῖοι εἰσάγονται εἰς καταλλήλους ὑποδοχάς, θέτοντες ἐκτὸς κυκλώματος τὰς κάτωθεν τῶν ἀντιστοίχων ὑποδοχῶν ἀντιστάσεις.



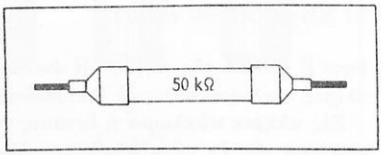
Σχ. 167. Κιβώτιον ἀντιστάσεων, ρυθμισμένον διὰ 8 Ω.

Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 167 οἱ δύο τοποθετηθέντες γόμφοι θέτουν ἐκτὸς κυκλώματος τὰς κάτωθεν αὐτῶν εὑρισκομένας ἀντιστάσεις τῶν 10 Ω καὶ 2 Ω. Κατὰ συνέπειαν ἀπομένουν πρὸς χρῆσιν αἱ λοιπαὶ ἀντιστάσεις 5 Ω, 2 Ω καὶ 1 Ω καὶ τοιουτοτρόπως ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις, διὰ τὴν ὁποίαν ἐρρυθμίσθη τὸ κιβώτιον ἀντιστάσεων ἰσοῦται, ἐν προκειμένῳ, πρὸς 8 Ω. Ἐπομένως διὰ τοποθετήσεως περισσοτέρων ἢ ὀλιγωτέρων γόμφων εἰς καταλλήλους ὑποδοχὰς ἐπιτυγχάνομεν διαφόρους τιμὰς ἀντιστάσεως.



Σχ. 168. Πραγματοποίησις ρυθμιζομένης ἀντιστάσεως διὰ στροφῆς δρομέως περὶ ἄξονα.

Ἐκτὸς τῶν ἀνωτέρω τύπων ρυθμιστικῶν ἀντιστάσεων, χρησιμοποιοῦνται καὶ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις, εἰς τὰς ὁποίας ἡ μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἐπιτυγχάνεται διὰ στροφῆς τοῦ δρομέως περὶ ἄξονα (σχ. 168). Ἀντιστάσεις τοῦ τύπου τούτου χρησιμοποιοῦνται εὐρέως ὡς ποτενσιόμετρα εἰς τὰς ραδιοφωνικὰς συσκευάς. Αὗται ἀποτελοῦνται συνήθως ἐκ μονωτικοῦ δακτυλίου, φέροντος ἐπικάλυψιν μίγματος γραφίτου, ἐπὶ τῆς ὁποίας ὀλισθαίνει ὁ δρομεύς.



Σχ. 169. Ἐξωτερικὴ ὄψις ραδιοφωνικῆς ἀντιστάσεως δι' ἄνθρακος.

Ἐξ ἄλλου, εἰς ραδιοφωνικὰς κυρίως κατασκευὰς χρησιμοποιοῦνται ἀντιστάσεις μεγάλης τιμῆς, ἀλλὰ μικρᾶς φορτίσεως, κατασκευαζόμεναι δι' ἀναμείξεως κόνεως γραφίτου μὲ ἀδρανὲς ὑλικόν, π.χ. τσιμέντο, πηλὸν ἀσβέστου κλπ., λαμβάνουν δὲ

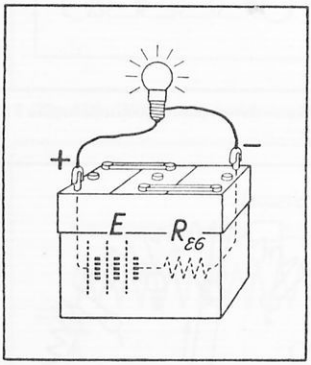
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σχῆμα ραβδίου (σχ. 169). Αἱ ἀντιστάσεις αὗται παρουσιάζουν, ὑπὸ μικρὸν ὄγκον, μεγάλην τιμὴν εἰς Ὦμ καὶ μικρὰν ἰσχύν.

*** Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἀντιστάσεως.** Μία ἀντίστασις χαρακτηρίζεται ἐκ τῆς τιμῆς αὐτῆς εἰς Ὦμ καὶ ἐκ τῆς μεγίστης ἐπιτρεπομένης μονίμου φορτίσεως, ὑπὸ τὴν ὁποίαν ἡ ἀντίστασις δὲν καταστρέφεται.

Ἡ μεγίστη ἐπιτρεπομένη μόνιμος φόρτισις ἢ δίδεται διὰ τῆς μεγίστης ἐντάσεως τοῦ ρεύματος (εἰς Ampère) ἢ συνηθέστερον διὰ τῆς μεγίστης ἰσχύος (εἰς Watt).

111. Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἠλεκτρικῆς πηγῆς. Ἡ ἠλεκτρικὴ πηγὴ ἡ συνδεδεμένη εἰς ἓν κύκλωμα, παρέχει εἰς αὐτὸ τὴν ἀπαραίτητον τάσιν διὰ τὴν κυκλοφορίαν ρεύματος ἐντὸς αὐτοῦ.



Σχ. 170. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{\epsilon\sigma}$ τῆς πηγῆς θεωρεῖται ἐν σειρᾷ συνδεδεμένη πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς τινος πηγῆς, δεδομένης ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως E, πρὸς ἐξωτερικὸν κύκλωμα γνωστῆς ἀντιστάσεως καὶ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ παρεχομένου ὑπὸ τῆς πηγῆς ρεύματος, θὰ εὕρωμεν ὅτι αὕτη εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν τιμήν, τὴν ὁποίαν δίδει ἐξ ὑπολογισμοῦ ὁ νόμος τοῦ Ohm. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι γενικῶς κάθε ἠλεκτρικὴ πηγή, διαρρεομένη ὑπὸ ρεύματος, παρουσιάζει ἐντὸς αὐτῆς μίαν ἀντίστασιν, ἡ ὁποία καλεῖται **ἐσωτερικὴ ἀντίστασις** τῆς πηγῆς.

Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ($R_{\epsilon\sigma}$) τῆς πηγῆς θεωρεῖται ὡς συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν (R) τοῦ κυκλώματος (σχ. 170), ὁπότε καὶ ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις $R_{\omega\lambda}$ θὰ ἰσοῦται πρὸς $R+R_{\epsilon\sigma}$. Ἐπομένως ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ κύκλωμα, θὰ δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$i = \frac{E}{R + R_{\epsilon\sigma}} \qquad (1)$$

ὅπου E ἡ ΗΕΔ τῆς πηγῆς. Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Ohm εἰς πλήρες κύκλωμα, οὗτος δὲ διατυποῦται ὡς ἑξῆς :

Εἰς πλῆρες κύκλωμα ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς ἐν τῷ κυκλώματι ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, διὰ τῆς ὁλικῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ.

Ἐὰν ἑνώσωμεν τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς διά τινος παχέος σύρματος, τοῦ ὁποίου ἡ ἀντίστασις ἰσοῦται πρακτικῶς πρὸς τὸ μηδέν, ἤτοι $R = 0$, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου (1), λαμβάνομεν :

$$i = \frac{E}{R_{\epsilon\sigma}} \qquad (2)$$

Ἤτοι, ἐὰν ἑνώσωμεν τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς χωρὶς τὴν παρεμβολὴν ἀντιστάσεως,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ ρεῦμα δὲν θὰ γίνῃ ἄπειρον (ὡς θὰ συνέβαινεν ἐὰν ἡ πηγὴ δὲν εἶχεν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν), ἀλλὰ θὰ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον (2). Τοῦτο ὅμως εἰς τὴν πρᾶξιν δὲν συνιστᾶται διότι ὑπάρχει ἀσφαλὴς κίνδυνος καταστροφῆς τῆς πηγῆς.

Τάσις μεταξὺ τῶν πόλων ἠλεκτρικῆς πηγῆς. Ἕνεκα τῆς ὑπάρξεως τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $R_{\epsilon\sigma}$ τῆς πηγῆς, ἡ τάσις U εἰς τοὺς πόλους αὐτῆς, ὅταν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, εἶναι μικροτέρα τῆς ΗΕΔ E τῆς πηγῆς, κατὰ $i \cdot R_{\epsilon\sigma}$, ἤτοι :

$$U = E - i \cdot R_{\epsilon\sigma} \qquad (3)$$

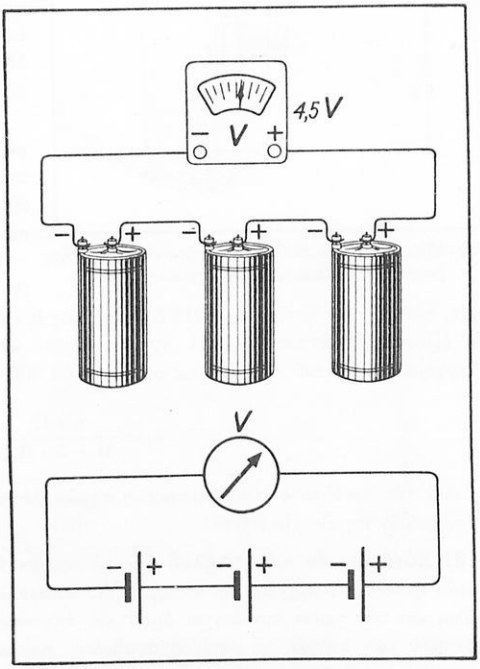
Ἡ διαφορὰ μεταξὺ U καὶ E δύναται νὰ εἶναι μεγάλη ἢ μικρὰ ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $R_{\epsilon\sigma}$ τῆς πηγῆς. Ὅταν τὸ ρεῦμα εἰς τὸν τύπον (3) εἶναι μηδὲν ($i = 0$), τότε :

$$U = E$$

δηλαδή, ἡ ΗΕΔ τῆς πηγῆς ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν τάσιν εἰς τοὺς πόλους αὐτῆς, ὅταν δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (βλ. § 94).

112. Τρόποι συνδέσεως ἠλεκτρικῶν πηγῶν. α) Σύνδεσις ἐν σειρᾷ.

Τὴν σύνδεσιν ταύτην χρησιμοποιοῦμεν ὅταν, ἐκ πολλῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν, μικρᾶς ΗΕΔ ἑκάστης, θέλωμεν νὰ σχηματίσωμεν μεγάλην ΗΕΔ. Εἰς τὸ σχῆμα 171 δεικνύεται ὁ τρόπος συνδέσεως τριῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν ἐν σειρᾷ. Ὁ θετικὸς πόλος (+) τῆς πρώτης πηγῆς, συνδέεται πρὸς τὸν ἀρνητικὸν (—) τῆς δευτέρας, ὁ θετικὸς τῆς ὁποίας συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν τῆς τρίτης κ.ο.κ. Οὕτω, μένουν ἐλεύθεροι ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς καὶ ὁ θετικὸς τῆς τελευταίας, μεταξὺ τῶν ὁποίων θὰ συνδεθῇ κάθε ἐξωτερικὴ ἀντίστασις. Παρατηροῦμεν ἑπομένως ὅτι τὸ ρεῦμα διέρχεται διαδοχικῶς δι' ὅλων τῶν πηγῶν.



Σχ. 171. Συνδεσμολογία τριῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν, ἑκάστης 1,5 V, ἐν σειρᾷ. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις.

Εἰς τὴν ἐν σειρᾷ σύνδεσιν τῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ συνδυασμοῦ αὐτῶν θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ΗΕΔ τῶν στοιχείων, ἤτοι:

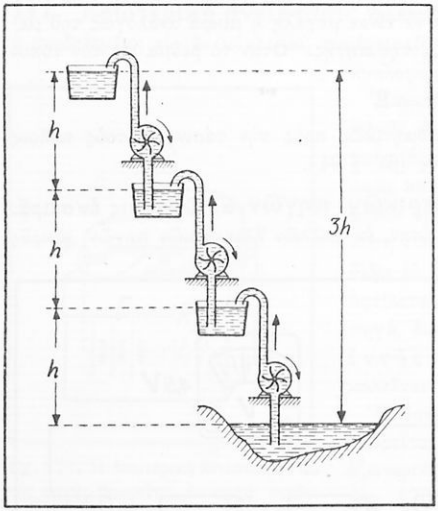
$$E_{o\lambda} = E_1 + E_2 + E_3 + \ldots \qquad (1)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐὰν τὸ πλῆθος τῶν πηγῶν εἶναι n, ἑκάστη δὲ ἔχει ΗΕΔ ἴσην πρὸς Ε, τότε ἡ σχέσις (1) λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$E_{ολ} = n \cdot E \qquad (2)$$

Πρὸς καλυτέραν κατανόησιν τῶν ἀνωτέρω, παραθέτομεν τὸ ἑξῆς ἀνάλογον ἐκ τῆς Ὑδροδυναμικῆς. Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἐπιζητοῦμεν τὴν δημιουργίαν διαφορᾶς ὑδροστατικῆς πιέσεως, ἀντιστοιχούσης εἰς στήλην ὕδατος ὕψους 3 h. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν χρησιμοποιοῦντες τρεῖς π.χ. ἀντλίας, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 172, δηλαδὴ συνδέοντες ταύτας ἐν σειρᾷ, ἤτοι, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ ποσότης τοῦ ὕδατος νὰ διέρχεται διαδοχικῶς ἀπὸ ὅλας τὰς ἀντλίας, ἑκάστη τῶν ὁποίων δύναται νὰ ἀνυψώνῃ τὸ ὕδωρ μόνον κατὰ h/3. Ὡς δὲ φαίνεται ἐκ τοῦ σχήματος, ἡ αὐτὴ ποσότης ὕδατος θὰ διέλθῃ πράγματι καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντλιῶν διαδοχικῶς.



Σχ. 172. Μηχανικὸν ἀνάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τῆς ἐν σειρᾷ συνδέσεως τριῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν.

Προφανῶς, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συνδυασμοῦ τῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν ἐν σειρᾷ, ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐσωτερικῶν ἀντιστάσεων τῶν πηγῶν.

Κατὰ συνέπειαν, ἐὰν συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ n ὁμοίας ἠλεκτρικὰς πηγάς, ἑκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ΗΕΔ ἴσην πρὸς Ε καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_{εσ}$, καὶ δι' ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως R σχηματίσωμεν κλειστὸν κύκλωμα, ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ κυκλώματος ρεύματος θὰ δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$i = \frac{n \cdot E}{R + n \cdot R_{εσ}} \qquad (3)$$

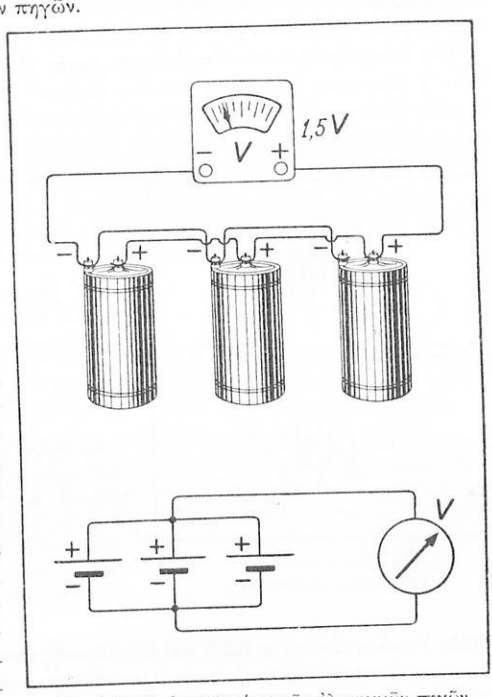
Διὰ τῆς συνδέσεως τῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν, λέγομεν ὅτι ἐσχηματίσθη **συστοιχία** ἠλεκτρικῶν πηγῶν (batterie).

β) Σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ. Εἰς τὸ σχῆμα 173 δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία τριῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν, τῆς αὐτῆς ΗΕΔ, ἐν παραλλήλῳ (ἑκάστης 1,5 V). Οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ τῶν τριῶν συνδέονται ὁμοῦ καὶ ἀποτελοῦν τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συνδυασμοῦ τῶν πηγῶν, τὸ αὐτὸ δὲ συμβαίνει καὶ μὲ τοὺς ἀρνητικοὺς πόλους. Ἐὰν μετρήσωμεν τὴν ΗΕΔ τοῦ ἐν παραλλήλῳ συνδυασμοῦ τῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν, εὑρίσκομεν ὅτι αὕτη ἰσοῦται πρὸς τὴν ΗΕΔ τῆς μιᾶς πηγῆς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

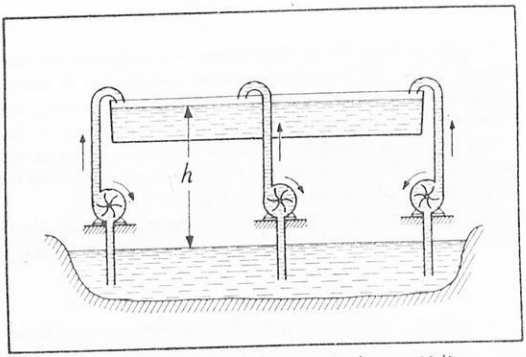
Εἰς τὸ σχῆμα 173, δεικνύεται ἐπίσης τὸ συμβολικὸν διάγραμμα τῆς ἐν παραλλήλῳ συνδεσμολογίας τριῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν.

Πρὸς πληρεστέραν κατανόησιν τῆς ἐν παραλλήλῳ συνδεσμολογίας ἠλεκτρικῶν πηγῶν χρησιμεύει τὸ ἀκόλουθον ὑδραυλικὸν ἀνάλογον τοῦ σχήματος 174. Ὅταν μεταφέρωμεν ὕδωρ ἀπὸ μιᾶς δεξαμενῆς εἰς ἄλλην, εὑρισκομένην εἰς ὕψος h ἀπὸ τῆς πρώτης, δυνάμεθα νὰ φέρωμεν εἰς πέρας τὴν ἀνύψωσιν τοῦ ὕδατος διὰ μιᾶς ἀντλίας, ἢ διὰ περισσοτέρων, τοποθετημένων ἐν παραλλήλῳ, δηλαδὴ κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, παραλλήλως πρὸς τὸ ὕδωρ, τὸ διερχόμενον διὰ τῆς μιᾶς τῶν ἀντλιῶν, νὰ διέρχεται ὕδωρ καὶ διὰ τῶν ἄλλων ἀντλιῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς χρησιμοποιήσεως περισσοτέρων τῆς μιᾶς ἀντλιῶν, δὲν μεταβάλλεται μὲν ἡ διαφορὰ στάθμης μεταξὺ τῶν δύο δεξαμενῶν, ἀλλ' εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον ἀνυψοῦται μεγαλυτέρα ποσότης ὕδατος.



Σχ. 173. Συνδεσμολογία τριῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν ἐν παραλλήλῳ καὶ συμβολικὴ παράστασις.

Ἡ ἐν παραλλήλῳ σύνδεσις ἠλεκτρικῶν πηγῶν χρησιμοποιεῖται ὅταν ἐπιζητῆται μεγάλη ἔντασις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκ πηγῶν μικρᾶς ΗΕΔ. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπαιτῆται ὑψηλὴ ΗΕΔ διὰ τὴν τροφοδότησιν ἑνὸς κυκλώματος, ἐνῷ δὲν διατίθεται κατάλληλος πηγή, δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ, ὡς εἴδομεν, ὁ συνδυασμὸς πηγῶν μικροτέρων ΗΕΔ ἐν σειρᾷ.



Σχ. 174. Μηχανικὸν ἀνάλογον τῆς ἐν παραλλήλῳ συνδέσεως τριῶν ἠλεκτρικῶν πηγῶν.

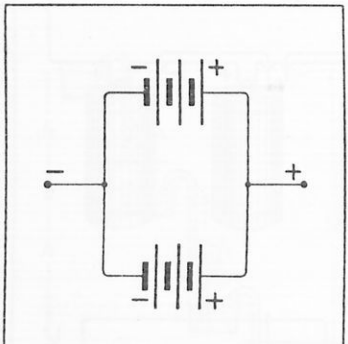
Αἱ ἐν παραλλήλῳ συν-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δεόμεναι ἠλεκτρικαὶ πηγαὶ πρέπει νὰ εἶναι τῆς αὐτῆς ΗΕΔ, διότι ἐὰν μία ἐξ αὐτῶν ἔχῃ ΗΕΔ μεγαλυτέραν τῶν ἄλλων προκαλεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μέσου τῶν ἄλλων πηγῶν μικροτέρας ΗΕΔ καὶ τοιουτοτρόπως αἱ πηγαὶ ἐξαντλοῦνται.

Ἐὰν ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἑκάστης πηγῆς ΗΕΔ ἴσης πρὸς E, ἰσοῦται πρὸς $R_{εσ}$, τότε ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συστήματος τῶν ἐν παραλλήλῳ συνδεδεμένων n πηγῶν, ἰσοῦται πρὸς $R_{εσ}/n$. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἑπομένως, ἐὰν τὸ σύστημα τῶν πηγῶν συνδεθῇ πρὸς ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν R, ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος θὰ ἰσοῦται πρός :

$$R + \frac{R_{εσ}}{n}$$



Σχ. 175. Μικτὴ σύνδεσις πηγῶν (σχηματικὴ παράστασις).

Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ Ohm εὑρίσκομεν διὰ τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος, τοῦ τροφοδοτοῦντος τὸ κύκλωμα, τὴν ἔκφρασιν:

$$i = \frac{n \cdot E}{n \cdot R + R_{εσ}} \qquad (4)$$

γ) Μικτὴ σύνδεσις. Συνδυασμὸν τῶν δύο ἀνωτέρω περιγραφεισῶν συνδέσεων ἀποτελεῖ ἡ μικτὴ σύνδεσις. Κατ' αὐτὴν μερικαὶ πηγαὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ καὶ ἀποτελοῦν ὁμάδας, αἱ ὁποῖαι ἐν συνεχείᾳ συνδέονται ἐν παραλλήλῳ (σχ. 175). Ἡ μικτὴ σύνδεσις χρησιμοποιεῖται ὅταν ἀπαιτῆται μεγάλη ΗΕΔ καί, συγχρόνως, ρεῦμα ἰσχυρᾶς ἐντάσεως.

***113. Ὑπολογισμὸς τῆς ΗΕΔ καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως μικτῆς συνδέσεως.** Ἔστωσαν N πηγαί, ἑκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ΗΕΔ ἴσην πρὸς E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν ἴσην πρὸς $R_{εσ}$. Τὰς πηγὰς ταύτας δυνάμεθα νὰ ὑποδιαιρέσωμεν εἰς m ὁμάδας, ὁπότε ἑκάστη τῶν ὁμάδων θὰ ἀποτελῆται ἀπὸ n πηγὰς καὶ θὰ ἰσχύῃ προδήλως ἡ σχέσις :

$$m \cdot n = N \qquad (1)$$

Γνωρίζομεν ὅμως ὅτι ἐφ' ὅσον ἑκάστη τῶν m ὁμάδων ἀποτελεῖται ἀπὸ n πηγὰς ΗΕΔ E, ἡ ΗΕΔ ἑκάστης ὁμάδος, ἐφ' ὅσον αἱ πηγαὶ εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, θὰ εἶναι ἴση πρὸς $n \cdot E$. Ἐπίσης, ἐπειδὴ ἑκάστη πηγὴ παρουσιάζει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_{εσ}$, εἶναι δὲ αὗται συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἑκάστης ὁμάδος θὰ εἶναι ἐπίσης $n \cdot R_{εσ}$.

Ἐὰν ἤδη αἱ m ὁμάδες συνδεθοῦν ἐν παραλλήλῳ, ὥστε νὰ σχηματισθῇ μικτὴ σύνδεσις, ἡ ΗΕΔ αὐτῆς θὰ εἶναι ἴση ἐπίσης πρὸς $n \cdot E$, ἡ δὲ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις αὐτῆς, ἐπειδὴ αἱ m ὁμάδες συνδέονται ἐν παραλλήλῳ, θὰ εἶναι $n \cdot R_{εσ}/m$.

Ἐὰν ἤδη κλείσωμεν τὴν μικτὴν σύνδεσιν εἰς κύκλωμα ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως R, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm εἰς πλῆρες κύκλωμα, θὰ εἶναι :

$$i = \frac{n \cdot E}{R + \frac{n \cdot R_{εσ}}{m}} = \frac{m \cdot n \cdot E}{m \cdot R + n \cdot R_{εσ}} \qquad \text{καὶ} \qquad i = \frac{N \cdot E}{m \cdot R + n \cdot R_{εσ}} \qquad (2)$$

δεδομένου ὅτι ἐκ τοῦ τύπου (1) $m \cdot n = N$. Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ἀριθμητὴς εἶναι σταθερός, ὁ δὲ παρονομαστὴς ἀποτελεῖται ἐκ δύο προσθετέων, $m \cdot R$ καὶ $n \cdot R_{εσ}$, τῶν ὁποίων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ γινόμενον ἔχει τιμήν : $m \cdot n \cdot R \cdot R_{\varepsilon\sigma} = N \cdot R \cdot R_{\varepsilon\sigma}$, ἤτοι σταθεράν. Ὡς δὲ εἶναι γνωστόν, ἐὰν τὸ γινόμενον δύο ἀριθμῶν εἶναι σταθερόν, ὡς ἐπὶ παραδείγματι τῶν $m \cdot R$ καὶ $n \cdot R_{\varepsilon\sigma}$, τὸ ἄθροισμα αὐτῶν γίνεται ἐλάχιστον ὅταν οὗτοι καταστοῦν ἴσοι, ἑπομένως ὁ παρονομαστὴς ἔχει ἐλαχίστην τιμήν, ὅταν πληροῦται ἡ συνθήκη :

$$m \cdot R = n \cdot R_{\varepsilon\sigma} \qquad (3)$$

Ἡ ἐξίσωσις (3) γράφεται ἐπίσης : $R = n \cdot R_{\varepsilon\sigma}/m$. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι δυνάμεθα νὰ λαμβάνωμεν τὸ μέγιστον ρεῦμα ἐκ τῆς συστοιχίας (δηλαδὴ ἐκ τῶν συνδεθεισῶν πηγῶν, αἵτινες δροῦν ὡς μία νέα πηγή) καὶ συνεπῶς τὴν μεγίστην ἰσχύν, ὅταν ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς $n \cdot R_{\varepsilon\sigma}/m$, καὶ ἡ ἀντίστασις τῆς καταναλώσεως R εἶναι ἴσαι.

Ἐκ τῶν σχέσεων (1) καὶ (3) δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν εὐκόλως τὰς τιμὰς τῶν m καὶ n πρὸς ἐπίτευξιν μεγίστου ρεύματος. Οὕτως, ἐὰν λάβωμεν τὴν τιμὴν τοῦ n ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1), ἤτοι $n = N/m$ καὶ ἀντικαταστήσωμεν τὴν τιμὴν τοῦ n εἰς τὴν ἐξίσωσιν (3), θὰ προκύψῃ :

$$m \cdot R = \frac{N}{m} \cdot R_{\varepsilon\sigma} \quad \text{ἢ} \quad m^2 = \frac{N \cdot R_{\varepsilon\sigma}}{R} \quad \text{καὶ} \quad m = \sqrt{\frac{N \cdot R_{\varepsilon\sigma}}{R}} \qquad (4)$$

Ἐὰν $m = 1$, δηλοῖ ὅτι αἱ πηγαὶ πρέπει νὰ ἀποτελοῦν 1 ὁμάδα, ἄρα πρέπει ὅλαι νὰ συνδεθοῦν ἐν σειρᾷ. Ἐὰν $m = N$, τότε ὅλαι αἱ πηγαὶ πρέπει νὰ συνδεθοῦν ἐν παραλλήλῳ. Εἰς ὅλας τὰς ἄλλας περιπτώσεις ἐκλέγομεν τὴν μᾶλλον πλησιάζουσαν τιμὴν τοῦ m πρὸς τὰς ἀνωτέρω συνθήκας.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Διαθέτομεν 20 στοιχεῖα, ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 1,5 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,1 Ω ἕκαστον. Νὰ εὑρεθῇ τὸ ρεῦμα τὸ διαρρέον ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν 500 Ω ὅταν Ι. α) Ἓν μόνον ἐκ τῶν 20 στοιχείων τροφοδοτῇ τὴν ἀντίστασιν. β) Τὰ στοιχεῖα συνδέωνται ἐν σειρᾷ. γ) Τὰ στοιχεῖα συνδέωνται ἐν παραλλήλῳ. ΙΙ. Νὰ ἐξετασθοῦν αἱ ἀνωτέρω περιπτώσεις ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι 0,005 Ω.

Λύσις. Ι. α) Ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Ohm ἔχομεν : $i = \dfrac{E}{R + R_{\varepsilon\sigma}}$

θέτοντες τὰς τιμὰς $E = 1{,}5$ Volt, $R = 500\ \Omega$ καὶ $R_{\varepsilon\sigma} = 0{,}1\Omega$, εὑρίσκομεν :

$$\underline{i = 3 \text{ mA}}$$

β) Ἐκ τοῦ τύπου : $$i = \frac{n \cdot E}{R + n \cdot R_{\varepsilon\sigma}}$$

θέτοντες τὰς ἀνωτέρω τιμὰς καὶ δεδομένου ὅτι $n = 20$, εὑρίσκομεν :

$$\underline{i = 59 \text{ mA}}$$

γ) Ἐκ τοῦ τύπου : $$i = \frac{E}{R + \dfrac{R_{\varepsilon\sigma}}{n}}$$

θέτοντες τὰς ἀνωτέρω τιμάς, εὑρίσκομεν :

$$\underline{i = 3 \text{ mA}}$$

ΙΙ. Διὰ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὰς τρεῖς ἀνωτέρω περιπτώσεις ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις ἰσοῦται πρὸς 0,005 Ω εὑρίσκομεν ἀντιστοίχως :

$$\underline{i = 14{,}3 \text{ A}} \qquad \underline{i = 14{,}9 \text{ A}} \qquad \underline{i = 150 \text{ A}}$$

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἀποτελεσμάτων παρατηροῦμεν ὅτι ἂν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα τῆς ἐσωτερικῆς, θὰ ἔχωμεν μεγαλυτέραν ἀπόδοσιν εἰς ρεῦμα ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν τὴν ἐν σειρᾷ σύνδεσιν, ἐνῷ ἐὰν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι κατὰ πολὺ μικροτέρα τῆς ἐσωτερικῆς, συμφερωτέρα εἶναι ἡ ἐν παραλλήλῳ σύνδεσις.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2. Συστοιχία ηλεκτρικῶν πηγῶν ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_{\epsilon\sigma} = 0{,}8\ \Omega$ καὶ ΗΕΔ ἴσην πρὸς $E = 12$ V. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα κλείεται διά τινος ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως $R = 4\ \Omega$. Ζητεῖται νὰ εὑρεθοῦν: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. β) Κατὰ πόσον πίπτει ἡ τάσις τῆς συστοιχίας, ὅταν τροφοδοτῇ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

Λύσις. α) Ἐκ τοῦ τύπου:

$$i = \frac{E}{R + R_{\epsilon\sigma}}$$

δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι $E = 12$ V, $R = 4\ \Omega$, $R_{\epsilon\sigma} = 0{,}8\ \Omega$, λαμβάνομεν:

$$i = \frac{12}{4 + 0{,}8} = 2{,}5 \text{ A.}$$

β) Ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι ἴση πρὸς $U = i \cdot R$, ἤτοι:

$$U = 2{,}5 \cdot 4 = 10 \text{ V}$$

Ἐπομένως κατὰ τὴν λειτουργίαν ὑπὸ φορτίον, ἡ τάσις ὑπέστη πτῶσιν $12 - 10 = \underline{2 \text{ V}}$.

III. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

114. Νόμος τοῦ Joule (Τζάουλ). Σήμερον γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἀποτελεῖ μίαν τῶν μορφῶν ὑπὸ τὰς ὁποίας συναντῶμεν τὴν ἐνέργειαν εἰς τὴν φύσιν, δύναται δὲ αὕτη νὰ μετατραπῇ εἰς ἄλλας μορφὰς ἐνεργείας, π.χ. μηχανικήν, θερμικήν, χημικὴν ἐνέργειαν κλπ., ἰσχύοντος καθ' ὅλας τὰς μετατροπὰς ταύτας τοῦ ἀξιώματος τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.



JAMES PRESCOTT JOULE
(1818 - 1889)
Ἄγγλος Φυσικός, ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐργασίας του εἰς τὴν Θερμοδυναμικήν.

Εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (§ 88), εἴδομεν ὅτι τοῦτο δεικνύει θερμικὰ ἀποτελέσματα, τὰ ὁποῖα ὀφείλονται εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς θερμότητα. Τὴν σχέσιν τὴν ὑφισταμένην μεταξὺ τῆς ἐκλυομένης θερμότητος εἰς ἀγωγόν, διαρρεόμενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τοῦ χρόνου διελεύσεως τοῦ ρεύματος εὗρε πειραματικῶς ὁ Joule, ὁ ὁποῖος ἀνεκάλυψε τοὺς ἀκολούθους νόμους.

Τὸ ἐκλυόμενον ποσὸν θερμότητος Q (θερμότης Joule) εἰς ἀγωγόν, ὅταν οὗτος διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι: α) Ἀνάλογον τοῦ τετραγώνου τῆς ἐντάσεως i τοῦ ρεύματος. β) Ἀνάλογον τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως R τοῦ ἀγωγοῦ. γ) Ἀνάλογον τοῦ χρόνου t τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οἱ τρεῖς οὗτοι νόμοι περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον :

$Q = i^2 \cdot R \cdot t$	Νόμος τοῦ Joule	(1)

Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (1) τὰ μεγέθη i, R καὶ t ἐκφράζωνται ἀντιστοίχως εἰς Ἀμπέρ, Ὦμ καὶ sec, ἡ θερμότης Q προκύπτει εἰς Joule.

Ἐὰν $i = 1$ A, $R = 1\,\Omega$ καὶ $t = 1$ sec, ἕπεται ὅτι $Q = 1$ Joule, ἑπομένως : **«1 Joule εἶναι τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος τὸ ἀναπτυσσόμενον ἐντὸς χρόνου 1 sec, ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 A, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἀγωγὸν ἀντιστάσεως 1 Ω».**

Εἰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ὁ ὑπολογισμὸς τῆς θερμότητος χρειάζεται εἰς θερμίδας, ὑπολογίζομεν κατ' ἀρχὰς τὴν θερμότητα εἰς Joule καὶ ἀκολούθως, ἔχοντες ὑπ' ὄψιν ὅτι :

$$1 \text{ cal} = 4{,}2 \text{ Joule} \quad \text{ἢ} \quad 1 \text{ Joule} = 0{,}24 \text{ cal}$$

μετατρέπομεν τὰ Joule εἰς cal.

Ἐξ ἄλλου χρησιμοποιοῦντες τὸν μικτὸν τύπον :

$$Q = \alpha \cdot i^2 \cdot R \cdot t \qquad (2)$$

εἰς τὸν ὁποῖον τὸ Q ἐκφράζεται εἰς cal τὰ δὲ i, R, t εἰς A, Ω καὶ sec ἀντιστοίχως, δυνάμεθα, ἐφ' ὅσον γνωρίζομεν τὴν τιμὴν τοῦ συντελεστοῦ α, νὰ ὑπολογίζωμεν ἀπ' εὐθείας τὴν ἐκλυομένην θερμότητα εἰς θερμίδας.

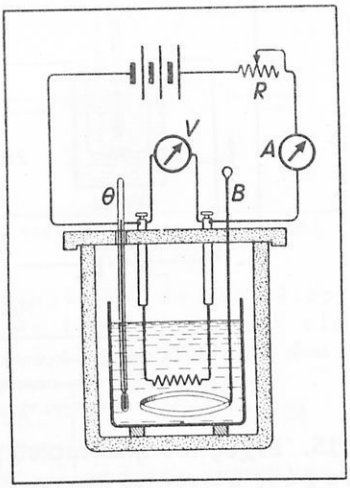
Ὁ συντελεστὴς α καλεῖται **ἠλεκτρικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος,** ὑπολογίζεται δὲ πειραματικῶς ὡς ἑξῆς : Ἐντὸς τοῦ ὕδατος θερμιδομέτρου βυθίζεται σπείρωμα ἐκ σύρματος λευκοχρύσου, ἀντιστάσεως R καὶ διαβιβάζεται δι' αὐτοῦ ρεῦμα ἐντάσεως i, ἐπὶ χρόνον t (σχ. 176).

Ἐκ τοῦ τύπου (1) ὑπολογίζομεν εἰς Joule τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον παρήχθη ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντάσεως i εἰς A, τὸ ὁποῖον διέρρεε τὸ σπείρωμα, ἀντιστάσεως R εἰς Ω καὶ ἐπὶ χρόνον t εἰς sec.

Ἡ θερμότης αὕτη θερμαίνει τὸ ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου.

Ἐὰν εἶναι γνωσταί, ἡ μᾶζα τοῦ ὕδατος καὶ ἡ εἰδικὴ θερμότης αὐτοῦ, μετρήσωμεν δέ, πρὸς τούτοις, τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, εὑρίσκομεν, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ θεμελιώδους νόμου τῆς θερμιδομετρίας, τὴν παραχθεῖσαν θερμότητα εἰς θερμίδας. Ὡς δὲ ἐκ τοῦ τύπου (2) φαίνεται, τὸ πηλίκον τῆς εὑρεθείσης θερμότητος εἰς θερμίδας, διὰ τῆς ὑπολογισθείσης θερμότητος εἰς Joule, δίδει τὴν ζητουμένην τιμὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος.

Ἐκ μετρήσεων εὑρέθη ὅτι $\alpha = 0{,}24$ cal/Joule

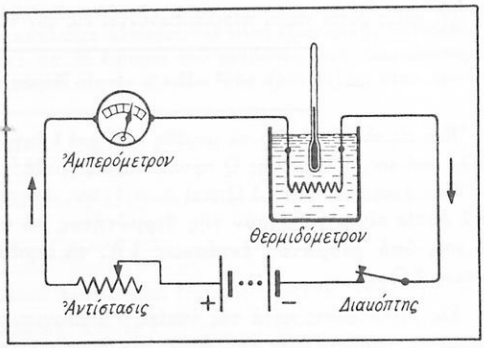


Σχ. 176. Προσδιορισμὸς διὰ θερμιδομέτρου τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος.

Πειραματικὴ ἐπαλήθευσις τοῦ νόμου τοῦ Joule. Ὁ πρῶτος νόμος ἀποδεικνύεται διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 177 συσκευῆς. Δίδομεν εἰς τὴν

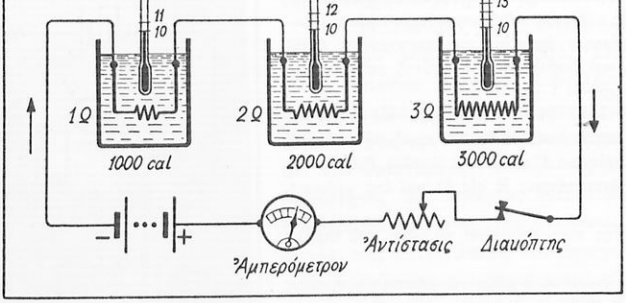
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρυθμιζομένην ἀντίστασιν τιμὰς τοιαύτας, ὥστε νὰ διατηροῦμεν ἐπὶ 1 λεπτὸν τῆς ὥρας τὰς τιμὰς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς 1 A, 2 A, 3 A, ὁπότε μετροῦντες τὰ ἐκλυόμενα ποσὰ θερμότητος εὑρίσκομεν ὅτι ἔχουν πρὸς ἄλληλα ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4 καὶ 9, π. χ. 1000, 4000, 9000 cal, ἤτοι τὰ ἐκλυόμενα ποσὰ θερμότητος, εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Εἰς τὸν αὐτὸν λόγον εὑρίσκονται καὶ αἱ ἀντίστοιχοι ἐνδείξεις τοῦ θερμομέτρου.



Σχ. 177. Διὰ τῆς μεταβλητῆς ἀντιστάσεως ἐπιτυγχάνομεν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ θερμιδομέτρου ρεύματος.

Ὁ δεύτερος νόμος ἐπαληθεύεται διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 178 εἰκονιζομένης διατάξεως. Αἱ ἀντιστάσεις τῶν ἀγωγῶν τῶν βυθισμένων εἰς τὰ τρία ὅμοια θερμιδόμετρα εἶναι 1 Ω, 2 Ω, 3 Ω. Ἐὰν διαβιβάσωμεν δι' αὐτῶν, συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως ἐπὶ 1 λεπτόν, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ ἀνυψώσεις θερμοκρασίας, τὰς ὁποίας δεικνύουν τὰ θερμόμετρα, ἔχουν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3, ἤτοι τὰ ἐκλυόμενα ποσὰ θερμότητος εἶναι ἀνάλογα τῶν ἀντιστάσεων.



Σχ. 178. Τὰ τρία θερμιδόμετρα διαρρέονται ὑπὸ τοῦ αὐτοῦ ρεύματος. Ἡ εἰς ἕκαστον θερμιδόμετρον παρατηρουμένη αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀντιστοίχου ἀντιστάσεως.

115. Ἰσχὺς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Καλοῦμεν ἠλεκτρικὴν ἰσχύν, ἢ ἰσχὺν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ πηλίκον τῆς ἐντὸς τοῦ χρόνου t ἐκλυομένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ὑπὸ μορφὴν θερμότητος Q, ὑπὸ τοῦ ρεύματος, διὰ τοῦ χρόνου t. Ἤτοι :

$$N = \frac{Q}{t} \qquad (1)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἡ δυνάμει τοῦ τύπου (1) τῆς § 114:

$$N = i^2 \cdot R \qquad (2)$$

Ἐπειδὴ κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm, $R = U/i$, ἡ (2) γράφεται καὶ ὡς ἑξῆς :

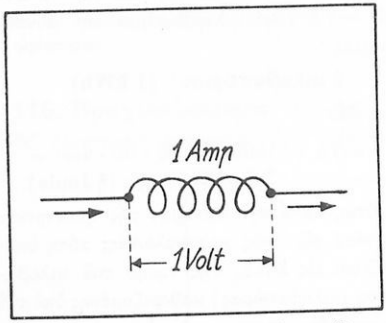
$$N = U \cdot i \qquad (3)$$

καὶ

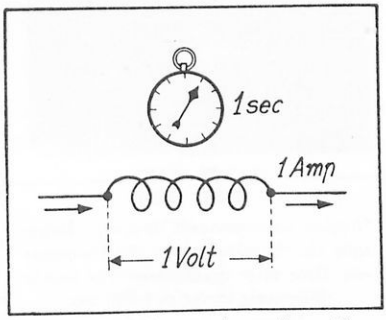
$$N = \frac{U^2}{R} \qquad (4)$$

Διὰ τῶν ἐξισώσεων (2), (3) καὶ (4) δυνάμεθα νὰ ὑπολογίζωμεν, ἀναλόγως πρὸς τὰ δεδομένα, τὴν ἠλεκτρικὴν ἰσχύν.

Μονάδες ἰσχύος. Ἡ πρακτικὴ μονὰς ἰσχύος καλεῖται **1 βὰτ (1 Watt, σύμβολον 1 W)** καὶ ὁρίζεται ἐκ τοῦ τύπου (3), ἂν θέσωμεν $U = 1$ V καὶ $i = 1$ A, ἤτοι:



Σχ. 179. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς μονάδος 1 Watt.



Σχ. 180. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς μονάδος 1 Watt · 1 sec.

«1 Watt εἶναι ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς ὑπὸ ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 Ampère, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἐπικρατῇ τάσις 1 Volt (σχ. 179)», ἤτοι εἶναι :

$$1\ W = 1\ V \cdot 1\ A \qquad (5)$$

Τὸ 1 Watt δύναται νὰ ὁρισθῇ καὶ ἐκ τοῦ τύπου (2) ὡς ἡ ἰσχὺς ἡ καταναλισκομένη ὑπὸ ἀγωγοῦ, ἀντιστάσεως 1 Ω, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 A.

Ἐκτὸς τῆς μονάδος 1 Watt χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ πολλαπλάσιον αὐτῆς τό :

1 kW (1 = kilowatt) = 1000 Watt

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Μονάδες ἐνεργείας. Ἐκ τοῦ τύπου $N = A/t$, κατὰ τὸν ὁποῖον ὁρίζεται γενικῶς ἡ ἰσχύς, λαμβάνομεν :

$$A = N \cdot t \qquad (6)$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου θέτοντες $N = 1$ W, τὴν πρακτικὴν μονάδα ἰσχύος, καὶ $t = 1$ sec, λαμβάνομεν τὴν πρακτικὴν μονάδα ἐνεργείας :

$$1 \text{ W} \cdot \text{sec}$$

ἥτις εἶναι ταυτόσημος πρὸς τὴν ἤδη γνωστὴν πρακτικὴν μονάδα ἔργου 1 Joule, ἤτοι :

$$1 \text{ W} \cdot \text{sec} = 1 \text{ Joule} \qquad (7)$$

Κατὰ συνέπειαν : «1 Joule εἶναι ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἡ ἀποδιδομένη ὑπὸ ρεύματος ἰσχύος 1 Watt ἐντὸς χρόνου 1 sec».

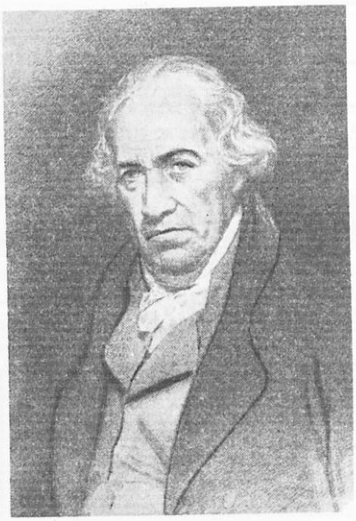
Ἐκ τοῦ ἰδίου τύπου (6) διὰ $N = 1$ kW καὶ $t = 1$ h (ὥρα), λαμβάνομεν τὴν μονάδα ἐνεργείας :

1 κιλοβατώριον[1] (1 kWh)

Εἶναι δέ :

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 60 \cdot 60 \cdot \text{sec} = 3{,}6 \cdot 10^6 \text{ W sec (ἢ Joule).}$$

Οὕτω, κατὰ τὴν διανομὴν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς τοὺς καταναλωτάς, αὕτη ὑπολογίζεται εἰς kWh, τῆς τιμῆς τοῦ κιλοβατωρίου (κιλοβατώρας) καθοριζομένης ὑπὸ τοῦ ἑκάστοτε ἰσχύοντος τιμολογίου.



JAMES WATT
(1736 - 1819)

Ἄγγλος κατασκευαστὴς ὀργάνων. Ἠσχολήθη εἰς τὴν τελειοποίησιν τῶν ἀτμομηχανῶν. Πρὸς τιμήν του ἐδόθη εἰς τὴν μονάδα ἠλεκτρικῆς ἰσχύος τὸ ὄνομά του.

Συνήθως αἱ ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι καθορίζονται ἀπὸ ἀπόψεως ἰσχύος εἰς kW, ἐνῷ οἱ ἠλεκτρικοὶ κινητῆρες καθορίζονται εἰς ἵππους.

Παραδείγματα ἠλεκτρικῶν ἰσχύων

Ἠλεκτρικὸς κώδων	0,50 W	Ἠλεκτρικὸν σάρωθρον...μέχρις	150 W
Λαμπτὴρ φανοῦ τσέπης (4,5V·0,22A)	1 W	Ἠλεκτρικὸς βραστὴρ	400 W
Δυναμὸ ποδηλάτου	2 W	Ἠλεκτρικὴ κουζίνα	2 kW
Ραδιόφωνον	40 W	Ἠλεκτρικοὶ σιδηρόδρομοι	1300—8800 kW
Λαμπτὴρ πυρακτώσεως (220V·0,45A)	100 W	Ἠλεκτρικὸς ἐκσκαφεύς	6000 kW

1. Ὀρθοτέρα εἶναι ἡ ὀνομασία κιλοβατώρα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τὴν μετατροπὴν τῶν μονάδων ἠλεκτρικῆς ἰσχύος καὶ ἐνεργείας εἰς μηχανικὰς ἢ θερμικὰς μονάδας χρησιμεύει ὁ ἀκόλουθος πίναξ :

1 Joule = 0,24 cal, 1 kcal = 427 kgr*m
1 Joule = 0,24 · 0,427 = 0,102 kgr*m
1 kgr*m = (1 : 0,102) J = 9,81 Joule
1 CV ἢ 1 PS = 75 kgr*m/sec = 75 · 9,81 W = 736 W
1 HP = 76 kgr*m/sec = 746 W
1 kW = (1000 : 736) PS = 1,36 PS = 4/3 PS

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Ἠλεκτρικὸς λαμπτὴρ ἀντιστάσεως 60 Ω παραμένει συνδεδεμένος πρὸς πηγὴν τάσεως 240 V ἐπὶ 3 min. Ποία ἡ καταναλωθεῖσα ὑπ' αὐτοῦ ἐνέργεια.

Λύσις. Ἡ ἔντασις τοῦ διαρρέοντος τὸν λαμπτῆρα ρεύματος εἶναι κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm : $i = U/R = 4$ A.

Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $Q = i^2 \cdot R \cdot t$ τὰ δεδομένα : $i = 4$ A, $R = 60\ \Omega$ καὶ $t = 3$ min $= 180$ sec, εὑρίσκομεν :

$$Q = 172\,800 \text{ Joule}$$

2. Ποία ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις ἐπὶ ἀντιστάσεως 2 MΩ ὅταν ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς ὑπ' αὐτῆς εἶναι 0,5 Watt.

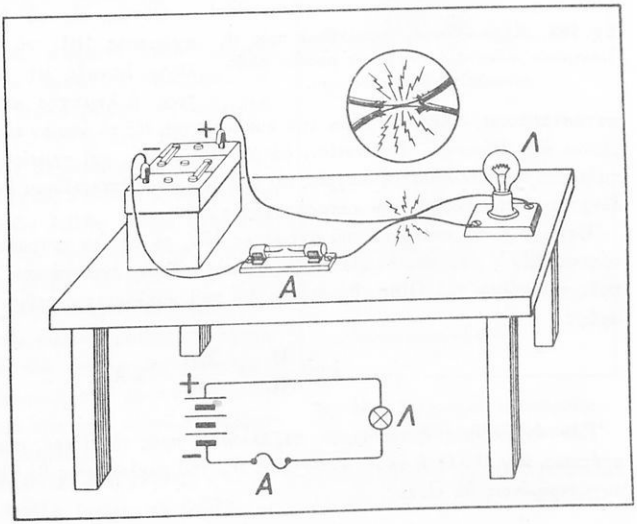
Λύσις. Λύοντες τὸν τύπον : $N = U^2/R$ ὡς πρὸς U, λαμβάνομεν :

$$U = \sqrt{N \cdot R}$$

ἐκ τοῦ ὁποίου δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων $R = 2\ M\Omega = 2 \cdot 10^6\ \Omega$ καὶ $N = 0{,}5$ W, εὑρίσκομεν :

$$U = 1000 \text{ V}$$

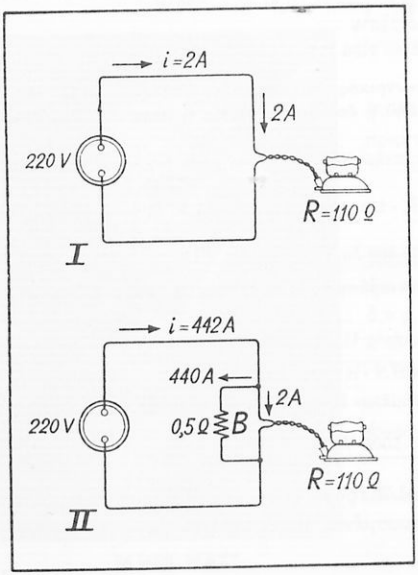
116. Βραχυκύκλωμα. Συνήθως, αἱ διάφοροι συσκευαί, αἱ ὁποῖαι λειτουργοῦν δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι κατεσκευασμέναι δι' ὡρισμένην μεγίστην ἔντασιν,



Σχ. 181. Βραχυκύκλωμα προκληθὲν δι' ἐπαφῆς μὴ μονωμένων ἀγωγῶν. Εἰς τὸ κάτω μέρος, συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁμοίως δὲ καὶ αἱ διάφοροι μονωμέναι ἠλεκτρικαὶ ἐγκαταστάσεις, αἱ λειτουργοῦσαι ἐκ τοῦ ρεύματος τῆς πόλεως, εἶναι κατεσκευασμέναι δι' ὡρισμένον μέγιστον ρεῦμα. Ἐὰν ὅμως, λόγῳ οἱουδήποτε αἰτίου, τὸ ρεῦμα αὐξηθῇ πολὺ πέραν τῆς κανονικῆς μεγίστης τιμῆς, τότε λέγομεν ὅτι προεκλήθη **βραχυκύκλωμα,** τὸ ὁποῖον εἶναι λίαν ἐπικίνδυνον, διότι ἐπιφέρει ὁλοκληρωτικὴν καταστροφὴν τῶν συσκευῶν καὶ τῆς ἐγκαταστάσεως, λόγῳ θερμικῶν ἀποτελεσμάτων, δύναται δὲ πρὸς τούτοις νὰ προκαλέσῃ καὶ πυρκαϊάν.



Σχ. 182. Διὰ συνδέσεως, παραλλήλως πρὸς τὸ ἠλεκτρικὸν σίδερον, ἀντιστάσεως μικρᾶς τιμῆς, προκαλεῖται βραχυκύκλωμα.

Τὸ βραχυκύκλωμα δύναται νὰ προκληθῇ ἀπὸ διαφόρους αἰτίας, ὅπως π.χ. ἐξ ἐπαφῆς ἀγωγῶν μὴ μονωμένων μεταξύ των, ἐκ συνδέσεως παραλλήλως πρός τινα συσκευὴν ἀντιστάσεως μικρᾶς τιμῆς, ἐκ συνδέσεως πολλῶν ἠλεκτρικῶν συσκευῶν εἰς τὸ δίκτυον κλπ.

Ὅταν εἰς μίαν συνδεσμολογίαν συμβῇ βραχυκύκλωμα, τίθενται ἐκτὸς κυκλώματος καὶ δὲν διαρρέονται ὑπὸ ρεύματος, ἢ διαρρέονται ὑπὸ τοῦ προτέρου τοιούτου, τὰ πέραν τοῦ σημείου βραχυκυκλώσεως τμήματα τῆς ὅλης συνδεσμολογίας. Τὰ τμήματα ταῦτα δὲν διατρέχουν συνεπῶς κίνδυνον καταστροφῆς.

Οὕτως, εἰς τὸ βραχυκύκλωμα τοῦ σχήματος 181, τὸ ὁποῖον προεκλήθη λόγῳ ἐπαφῆς μὴ μονωμένων συρμάτων, ὁ λαμπτὴρ σβέννυται ἀλλὰ δὲν καταστρέφεται, διότι τὸ τμῆμα τοῦ κυκλώματος, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται, δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοὐναντίον, τὰ μεταξὺ πηγῆς καὶ σημείου βραχυκυκλώσεως τμήματα τοῦ κυκλώματος διαρρέονται ὑπὸ ρεύματος ἐπικινδύνου ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν καταστροφὴν αὐτῶν.

Ἔστω π.χ. τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 182, τὸ ὁποῖον τροφοδοτεῖται ὑπὸ πηγῆς τάσεως 220 V καὶ περιλαμβάνει ἠλεκτρικὸν σίδερο, ἀντιστάσεως 110 Ω. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ κυκλώματος ρεῦμα ἐντάσεως i, ἴσης πρός :

$$i = \frac{U}{R} = \frac{220}{110} = 2\,A$$

Ἐὰν ἀκολούθως συνδέσωμεν, παραλλήλως πρὸς τὸ σίδερο, σύρμα μικρᾶς ἀντιστάσεως, π.χ. 0,5 Ω, ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις $R_{ολ}$ τοῦ κυκλώματος θὰ γίνῃ πολὺ μικρὰ καὶ συγκεκριμένως θὰ εἶναι :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{110} + \frac{1}{0,5}$$

ἐκ τῆς ὁποίας εὑρίσκομεν ὅτι :

$$R_{ολ} = \frac{110}{221}\ \Omega = 0,5\ \Omega, \text{ περίπου}$$

ἤτοι, ἐκ τῆς ἀρχικῆς τιμῆς τῶν 110 Ω θὰ λάβῃ αἰφνιδίως ἡ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος τιμὴν ἴσην περίπου πρὸς 0,5 Ω. Ἕνεκα ὅμως τῆς μεγάλης ἐλαττώσεως τῆς ὁλικῆς ἀντιστάσεως θὰ αὐξηθῇ ἀποτόμως, εἰς μεγάλον βαθμόν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ τοιουτοτρόπως θὰ προκληθῇ βραχυκύκλωμα.

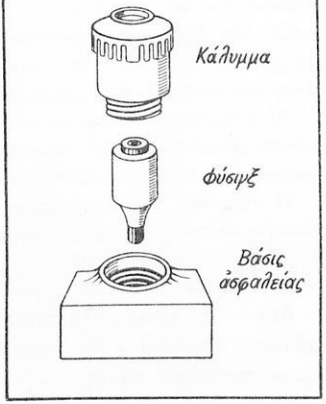
Ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Ohm, λαμβάνομεν, διὰ τὴν νέαν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὴν τιμήν :

$$i = \frac{U}{R} = \frac{220}{110/221} = 442\ A$$

Ἐκ τῶν 442 Ἀμπὲρ τὰ 440 Ἀμπὲρ διέρχονται διὰ τῆς παραλλήλου ἀντιστάσεως ($i = 220/0,5 = 440$ A), ἐνῷ ἀπὸ τὸ σίδερο διέρχεται, ὡς καὶ πρότερον, ρεῦμα ἐντάσεως 2 Α. Κατὰ συνέπειαν, οἱ ἀγωγοὶ καὶ τυχὸν ἄλλαι συσκευαί, εὑρισκόμεναι εἰς τὸ τμῆμα τοῦ κυκλώματος, τὸ διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος μεγάλης ἐντάσεως, διατρέχουν κίνδυνον καταστροφῆς.

117. Ἀσφάλειαι. Διὰ τὴν πρόληψιν καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος ἀπὸ ρεύματα ὑψηλῆς ἐντάσεως, προκαλούμενα καθ' οἱονδήποτε τρόπον, π.χ. ἐκ βραχυκυκλώματος διὰ συνδέσεως πολλῶν ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ πρὸς τὸ κύκλωμα, τοποθετοῦνται ἐν σειρᾷ πρὸς τοὺς ἀγωγοὺς τροφοδοτήσεως **ἀσφάλειαι.**

Αἱ ἀσφάλειαι εἶναι σύρματα μικροῦ μήκους κατασκευαζόμενα ἐκ κράματος τηκομένου εἰς χαμηλὴν σχετικῶς θερμοκρασίαν, ἐγκεκλεισμένα ἐντὸς καταλλήλου θήκης (σχ. 183).



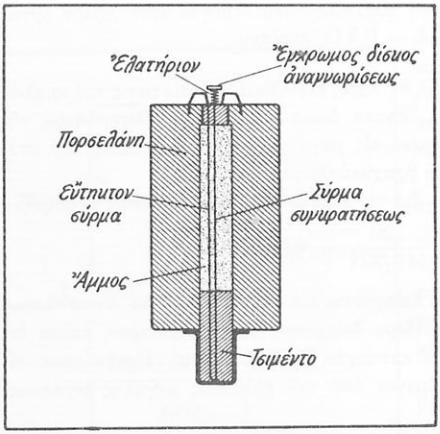
Σχ. 183. Ἐξαρτήματα τηκομένης ἀσφαλείας ἠλεκτρικοῦ πίνακος.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς μεγάλης θερμότητος Joule, τῆς ἀναπτυσσομένης, ὅταν δι' αὐτῶν διέλθῃ ρεῦμα μεγαλυτέρας ἐντάσεως ἀπὸ τὴν προβλεπομένην. Τὸ ἐπικινδύνου ἐντάσεως ρεῦμα προκαλεῖ τὴν τῆξιν τοῦ σύρματος τῆς ἀσφαλείας, λόγῳ ὑπερθερμάνσεως, καὶ διακόπτει τοιουτοτρόπως τὸ κύκλωμα. Κατ' αὐτὸν δὲ τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ὁ κίνδυνος ὑπερθερμάνσεως καὶ καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος, ὡς καὶ τῶν μετ' αὐτοῦ συνδεδεμένων ὀργάνων καὶ συσκευῶν.

Ἐπὶ ἑκάστης ἀσφαλείας ἀναγράφεται ἡ μεγίστη ἔντασις εἰς Ἀμπέρ, εἰς τὴν ὁποίαν δύναται αὕτη νὰ ἀνθέξῃ (χωρὶς νὰ τακῇ).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ σχῆμα 184 δεικνύει τομὴν φύσιγγος τηκομένης ἀσφαλείας, ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς ὁποίας ἀναγράφεται ἡ τιμὴ τῆς μεγίστης ἐπιτρεπομένης ἐντάσεως ρεύματος. Τὸ σπουδαιότερον τμῆμα τῆς τηκομένης ἀσφαλείας ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ εὐτήκτου σύρματος, παραλλήλως πρὸς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται τὸ συγκρατητικὸν σύρμα. Τοῦτο στερεοῦται κατὰ τὸ ἄνω ἄκρον αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ ἐγχρώμου δίσκου ἀναγνωρίσεως. Τὸ κοῖλον μέρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὑρίσκονται τὰ δύο σύρματα, πληροῦται διὰ λεπτῆς ἄμμου. Ὅταν τὸ διὰ τῆς ἀσφαλείας διερχόμενον ρεῦμα ὑπερβῇ τὴν ἐπιτρεπομένην ἔντασιν, τὸ εὔτηκτον σύρμα τήκεται ἀμέσως, διακόπτεται τὸ κύκλωμα καὶ προλαμβάνεται οὕτω τὸ βραχυκύκλωμα. Ἡ ἀπότομος ὑπερθέρμανσις τοῦ λεπτοῦ εὐτήκτου σύρματος ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ ἄμμος εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τῆς θερμότητος καὶ τοιουτοτρόπως τὸ θερμαινόμενον ὑπερμέτρως νῆμα δὲν δύναται νὰ ψυχθῇ δι' ἀπαγωγῆς ὑπὸ τῆς ἄμμου θερμότητος. Τὸ ὁμοίως λεπτὸν πρὸς τὸ εὔτηκτον σύρμα, σύρμα συγκρατήσεως, τήκεται ὁμοίως καὶ τοιουτοτρόπως ἐλευθεροῦται τὸ ἐλατήριον, τὸ ὁποῖον ἐξαναγκάζει τὸν δίσκον ἀναγνωρίσεως νὰ ἀποσπασθῇ καὶ νὰ πέσῃ εἰς τὸ ἐμπρόσθιον τμῆμα τῆς καλύπτρας τοῦ κοχλίου. Ἐὰν ἑπομένως ἐλλείπῃ ὁ ἔγχρωμος δίσκος ἀναγνωρίσεως μιᾶς ἀσφαλείας, αὕτη εἶναι κατεστραμμένη.



Σχ. 184. Τομὴ φύσιγγος τηκομένης ἀσφαλείας.

Αἱ φύσιγγες τῶν τηκομένων ἀσφαλειῶν, αἱ κατασκευαζόμεναι διὰ διαφόρους ἐντάσεις ρευμάτων, διαφέρουν μεταξύ των κατὰ τὸν χρωματισμὸν τοῦ δίσκου ἀναγνωρίσεως καὶ κατὰ τὴν διάμετρον τοῦ σημείου τῆς κάτω ἐπαφῆς αὐτῶν.

Ἡ τηκομένη ἀσφάλεια παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα ὅτι ἅπαξ καὶ καταστραφῇ δὲν δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ πλέον. Ἐξ ἄλλου παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται ὡρισμένως εὐθὺς ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν ἐπιτρεπομένην τιμὴν καὶ κατὰ συνέπειαν προστατεύει ὁπωσδήποτε τὰς ἐγκαταστάσεις.

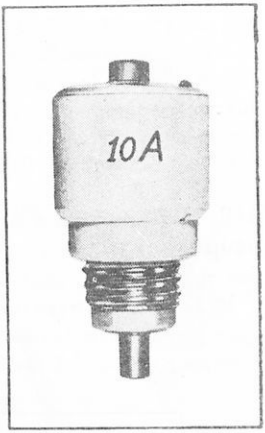
Διὰ τοῦτο εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνον καὶ ἀπαγορεύεται ἡ ἐπισκευὴ μιᾶς τηχθείσης ἀσφαλείας διὰ τοποθετήσεως ἐξωτερικῶς σύρματος πρὸς ἐπαναχρησιμοποίησιν αὐτῆς.

Ὅταν μία ἀσφάλεια καταστρέφεται, πρέπει νὰ ἀναζητηθῇ καὶ νὰ θεραπευθῇ ἡ αἰτία, ἡ ὁποία προεκάλεσε τὴν καταστροφὴν αὐτῆς. Ἐν συνεχείᾳ διακόπτεται ἡ τροφοδότησις εἰς τὸ κύκλωμα (ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην), ἀντικαθιστῶμεν τὴν καταστραφεῖσαν ἀσφάλειαν διὰ νέας τοιαύτης, τῆς αὐτῆς τιμῆς, καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην ἐκ νέου.

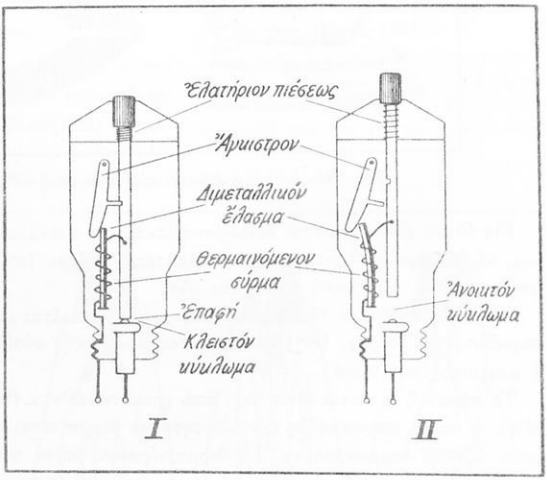
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Αἱ ἀσφάλειαι εἶναι μέσα προστασίας κυκλωμάτων καὶ συσκευῶν καὶ δὲν πρέπει νὰ ἀντικαθίστανται ἀπὸ σύρματα χαλκοῦ ἢ ἄλλου μετάλλου.

*** Αὐτόματοι ἀσφάλειαι.** Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται εὐρέως αἱ καλούμεναι αὐτόματοι ἀσφάλειαι (σχ. 185). Αὗται, κατὰ βάσιν, εἶναι αὐτόματοι διακόπται κατασκευαζόμεναι ὡς ἑξῆς: Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν δοχείου ἐκ πορσελάνης ὑπάρχει διμεταλλικὸν ἔλασμα, τὸ ὁποῖον περιβάλλεται ὑπὸ σύρματος, τὸ δὲ σύρμα διαρρέεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος. Τὸ κύκλωμα κλείεται διὰ στελέχους, τοποθετημένου εἰς τὸ κέντρον τῆς ἀσφαλείας καὶ τὸ ὁποῖον δι' ἀγκίστρου συγκρατεῖται εἰς ὡρισμένην θέσιν. Ἐὰν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος κανονικῆς ἐντάσεως, ἡ ἀναπτυσσομένη θερμότης Joule εἶναι μικρὰ καὶ τὸ διμεταλλικὸν ἔλασμα διατηρεῖ τὸ εὐθὺ σχῆμα του. Ἀλλ' ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν ἐπιτρεπομένην τιμήν, λόγῳ τῆς μεγάλης θερμότητος Joule, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἔνεκα τούτου, τὸ διμεταλλικὸν ἔλασμα παραμορφώνεται καὶ ὠθεῖ οὕτω τὸ ἄγκιστρον. Τοιουτοτρόπως ἐλευθεροῦται τὸ κεντρικὸν στέλεχος, τὸ ὁποῖον ὠθούμενον ὑπὸ ἐλατηρίου πιέσεως ἀπομακρύνεται καὶ διακόπτει οὕτω τὸ κύκλωμα. Ἡ ἀσφάλεια λειτουργεῖ ἐκ νέου ἐὰν πιέσωμεν τὴν ἐξελθοῦσαν κεφαλὴν τοῦ στελέχους, δεῖγμα ὅτι ἐλειτούργησεν ἡ ἀσφάλεια, ἐπαναφέροντες τοῦτο δι' ἀγκιστρώσεως εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν. Εἰς ἑτέρου τύπου αὐτομάτους ἀσφαλείας, τὸ ρεῦμα τροφοδοσίας διέρχεται διὰ τῶν περιελίξεων ἠλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 185. Ἐξωτερικὴ ὄψις αὐτομάτου ἀσφαλείας.



Σχ. 186. Τομὴ αὐτομάτου ἀσφαλείας. I πρὸ τῆς λειτουργίας τῆς ἀσφαλείας, II μετὰ τὴν λειτουργίαν αὐτῆς.

Ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑψωθῇ ἐπικινδύνως, ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἕλκει ἕνα μοχλὸν καὶ διακόπτεται οὕτω τὸ κύκλωμα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

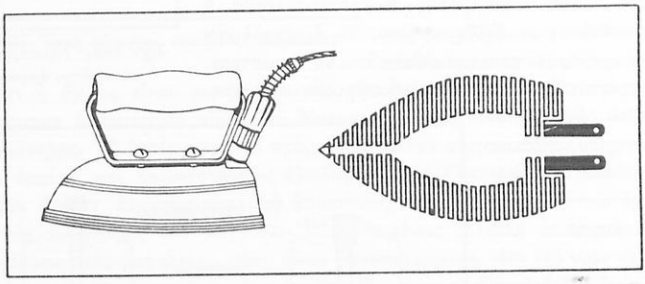
Τομὴν αὐτομάτου ἀσφαλείας δεικνύει τὸ σχῆμα 186.

***Ἐκλογὴ τῆς καταλλήλου ἀσφαλείας.** Διὰ νὰ ἐκλέξωμεν τὴν κατάλληλον ἀσφάλειαν, διὰ κύκλωμά τι, ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Ὑπολογίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος κανονικῆς λειτουργίας τοῦ κυκλώματος ἐκ τῆς συνολικῆς ἰσχύος τῶν συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι θὰ συνδεθοῦν εἰς τὸ κύκλωμα καὶ ἐκ τῆς τάσεως λειτουργίας ($i = N/U$). Ἡ ἀσφάλεια, τὴν ὁποίαν θὰ χρησιμοποιήσωμεν, πρέπει νὰ εἶναι τῆς ἀμέσου ἀνωτέρας τιμῆς ἐκ τῶν εἰς τὸ ἐμπόριον ὑπαρχόντων τύπων. Ἐὰν π.χ. ἡ ὑπολογισθεῖσα ἔντασις εἶναι 13 A καὶ εἰς τὸ ἐμπόριον ὑπάρχουν ἀσφάλειαι μὲ τιμὰς 6 A, 10 A, 15 A, 25 A, θὰ ἀγοράσωμεν ἀσφάλειαν τῶν 15 A.

118. Ἐφαρμογαὶ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐκ τῶν πολλῶν καὶ ποικίλων ἐφαρμογῶν τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναφέρομεν τὰ ἀκόλουθα.

α) Συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος. Μία ἐκ τῶν σπουδαιοτέρων συγχρόνων ἐφαρμογῶν τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι αἱ διάφοροι συσκευαὶ διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος πρὸς οἰκιακὴν χρῆσιν.



Σχ. 187. Διάταξις ἀγωγοῦ σύρματος εἰς ἠλεκτρικὸν σίδερο.

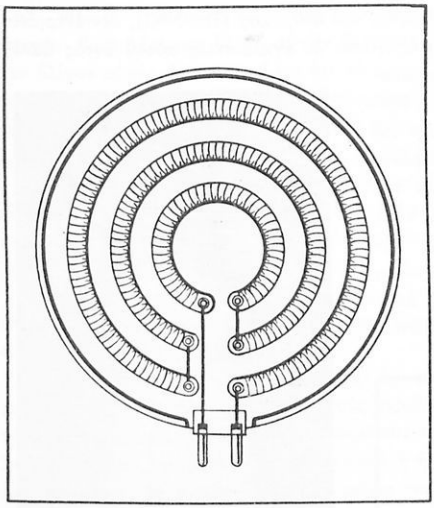
Εἰς ὅλους εἶναι γνωσταὶ διάφοροι ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ ὡς οἱ ἠλεκτρικοὶ βραστῆρες, αἱ ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι, τὰ ἠλεκτρικὰ σίδερα (σχ. 187), τὰ ἠλεκτρικὰ θερμοσίφωνα, τὰ ἠλεκτρικὰ μαγειρεῖα κλπ.

Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς θερμότητος χρησιμοποιεῖται μεταλλικὸν σύρμα ἢ ταινία, περιελίσσεται δὲ (σχ. 188) ἐπὶ σώματος μονωτικῆς οὐσίας, ὡς π.χ. εἰς πορσελάνην ἢ μαρμαρυγίαν (mica).

Τὸ σύρμα ἢ ἡ ταινία εἶναι π.χ. ἀπὸ χρωμονικελίνην (ἤτοι κρᾶμα Ni, Fe, Cr καὶ Mn), ἡ ὁποία παρουσιάζει τὴν ἰδιότητα νὰ θερμαίνεται ταχέως καὶ νὰ τήκεται εἰς πολὺ ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Τὸ θερμαινόμενον τοῦτο σῶμα τίθεται ἐντὸς τῆς συσκευῆς, εἰς τρόπον ὥστε τόσον αἱ λήψεις τοῦ ρεύματος (ρευματολῆπται), ὅσον καὶ ὁ θερμαντὴρ νὰ εἶναι μονωμένοι ἀπὸ τὸ κύριον σῶμα τῆς συσκευῆς καὶ ἀποφεύγεται οὕτως ἡ δημιουργία βραχυκυκλώματος, λίαν ἐπικινδύνου διὰ τοὺς χειριζομένους τὰς συσκευὰς ταύτας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

β) Ἠλεκτρικαὶ λυχνίαι πυρακτώσεως. Ἄλλη σπουδαιοτάτη ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησις αὐτοῦ



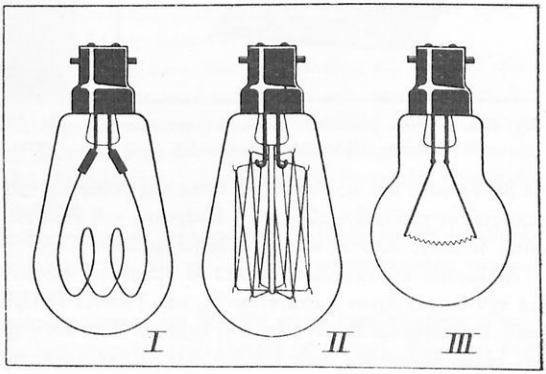
Σχ. 188. Θερμαινομένη πλὰξ διὰ κυκλικοῦ ἀγωγοῦ σύρματος.



THOMAS ALVA EDISON
(1847 - 1931)

Ἀμερικανὸς ἐφευρέτης. Μεταξὺ τῶν σπουδαιοτέρων ἐφευρέσεων αὐτοῦ εἶναι ἡ λυχνία πυρακτώσεως διὰ νήματος ἄνθρακος, ἡ πολλαπλῆ τηλεγραφία, ὁ φωνογράφος κλπ.

πρὸς φωτισμόν. Εἰς τὰς λυχνίας τοῦ τύπου τούτου (σχ. 189), τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει σπείρωμα ἀπὸ σύρμα δυστήκτου μετάλλου, τοποθετημένον καταλλήλως ἐντὸς ὑαλίνου ἀεροκένου σωλῆνος. Τὸ σύρμα πυρακτοῦται καὶ φωτοβολεῖ.

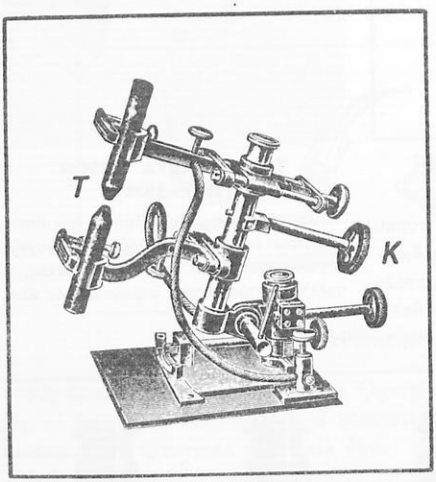


Σχ. 189. Διάφοροι τύποι ἠλεκτρικῶν λυχνιῶν πυρακτώσεως: (Ι) Λυχνία διὰ νήματος ἄνθρακος. (ΙΙ) Λυχνία παλαιοῦ τύπου δι' εὐθέος μεταλλικοῦ νήματος. (ΙΙΙ) Λυχνία νεωτέρου τύπου μὲ διπλῶς συσπειρωμένον νῆμα (Dekalumen).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ πρώτη ἠλεκτρικὴ λυχνία πυρακτώσεως ἐπραγματοποιήθη ἐν Ἀγγλίᾳ μὲν ὑπὸ τοῦ Joseph Swan (1880) καὶ ταυτοχρόνως ἐν Ἀμερικῇ ὑπὸ τοῦ Thomas Edison μὲ νῆμα ἐξ ἄνθρακος.

Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς καύσεως τοῦ νήματος τοῦ ἄνθρακος (1850 °C), δὲν ἐθερμαίνετο τοῦτο εἰς τὸν ἀέρα, ἀλλὰ ἀπουσίᾳ ὀξυγόνου δι' ἐγκλείσεως αὐτοῦ ἐντὸς ὑαλίνης φύσιγγος (ampoule), ἐκ τῆς ὁποίας ἀκολούθως ἀπεμακρύνετο ὁ ἀήρ. Ἀργότερα ἐδοκιμάσθησαν ἄλλα ὑλικὰ πρὸς κατασκευὴν τοῦ νήματος, καὶ οὕτω κατωρθώθη, ἐντὸς ἀεροκένων φυσίγγων, νὰ αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ νήματος μέχρι 2100 °C, χωρὶς ἡ αὔξησις αὕτη νὰ ἐπιφέρῃ σημαντικὴν ἀλλοίωσιν εἰς τὴν διάρκειαν ζωῆς τῆς λυχνίας, ἡ ὁποία οὕτω φθάνει τὰς 1000 ὥρας. Ἀπὸ τοῦ 1925 ἀπεδείχθη ὅτι διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως νημάτων



Σχ. 190. Διάταξις βολταϊκοῦ τόξου. Τ ἠλεκτρόδια ἐξ ἄνθρακος, Κ κοχλίαι ρυθμίσεως.



Σχ. 191. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον φθείρεται δὶς ταχύτερον ἢ τὸ ἀρνητικόν.

ἐκ βολφραμίου καὶ δι' εἰσαγωγῆς ἐντὸς τῆς φύσιγγος τοῦ ἀδρανοῦς ἀερίου ἀργὸν μὲ μικροτάτην πρόσμιξιν ἀζώτου, ἡ ἐξαέρωσις τοῦ νήματος ἐπιβραδύνεται κατὰ πολύ, οὕτω δὲ τοῦτο δύναται νὰ θερμανθῇ μέχρι 2300 °C.

Αἱ λυχνίαι πυρακτώσεως πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦνται ὑπὸ τὴν κατάλληλον τάσιν, διὰ τὴν ὁποίαν ἔχουν κατασκευασθῆ, καὶ ἡ ὁποία καθορίζεται ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ, ἀναγράφεται δὲ αὕτη ἐπὶ τῆς λυχνίας. Ἐὰν αὕτη χρησιμοποιηθῇ ὑπὸ μικροτέραν τάσιν, φωτοβολεῖ ἀσθενέστερον, ἐὰν δὲ ὑπὸ μεγαλυτέραν, φωτοβολεῖ ἐντονώτε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρον, ἀλλὰ ἡ διάρκεια τῆς ζωῆς της ἐλαττοῦται σημαντικῶς ἢ καὶ καταστρέφεται ἀμέσως.

γ) Βολταϊκὸν τόξον. Τοῦτο ἀνεκαλύφθη κατὰ τὸ 1801 ὑπὸ τοῦ Davy (Ντέβυ). Ἐὰν δύο ράβδοι ἐξ ἄνθρακος, καλούμεναι ἠλεκτρόδια (σχ. 190), τεθοῦν εἰς ἐπαφήν, διαβιβάσωμεν δὲ δι' αὐτῶν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἀκολούθως ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον αὐτάς, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ διέρχεται καὶ διὰ μέσου τοῦ διακένου τοῦ δημιουργουμένου μεταξὺ τῶν δύο ράβδων, ἐνῷ τὰ ἄκρα αὐτῶν γίνονται φωτεινὰ καὶ ὁ μεταξὺ αὐτῶν χῶρος γεφυροῦται διὰ φωτεινῆς γεφύρας, ἡ ὁποία καλεῖται ἠλεκτρικὸν ἢ βολταϊκὸν τόξον.

Αἱ δύο ράβδοι τοῦ ἄνθρακος, ἐφ' ὅσον φωτοβολοῦν, φθείρονται, λόγῳ ἐξαερώσεως, ἐνῷ εἰς τὸ φωτεινὸν ἄκρον τῆς ράβδου, ἡ ὁποία εἶναι συνδεδεμένη πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, σχηματίζεται κρατήρ, εἰς τὸν ὁποῖον ἡ θερμοκρασία εἶναι περίπου 3500 °C (σχ. 191).

Πρὸς ἀποφυγὴν ἀποσβέσεως τοῦ τόξου, λόγῳ ὑπερμέτρου αὐξήσεως τῆς ἀποστάσεως τῶν ἀνθράκων, χρησιμοποιοῦνται εἰδικαὶ αὐτόματοι διατάξεις ρυθμίσεως τῆς ἀποστάσεως.

Τὸ ἠλεκτρικὸν τόξον ἔχει ἐφαρμογὴν ὄχι μόνον εἰς διατάξεις καὶ συσκευὰς χρησιμοποιουμένας εἰς τὸν φωτισμόν, τοὺς προβολεῖς, τὰς κινηματογραφικὰς μηχανὰς κλπ., ἀλλὰ καὶ εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς καμίνους πρὸς τῆξιν διαφόρων δυστήκτων μετάλλων. Τόσον τὸ βολταϊκὸν τόξον, ὅσον καὶ ἡ ἠλεκτρικὴ κάμινος, ὡς καὶ πλεῖσται ἄλλαι συσκευαί, ὅταν τίθενται εἰς τὸ ρεῦμα πρέπει νὰ παρεμβάλλεται πάντοτε εἰς τὸ κύκλωμα ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις ρυθμίσεως τοῦ ρεύματος, πρὸς ἀποφυγὴν καταστροφῆς τῆς συσκευῆς.

***119. Κίνδυνοι ζωῆς ἐκ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.** Εἶναι ἐκτὸς ἀμφισβητήσεως ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς παρέχει σήμερον σπουδαιοτάτας ὑπηρεσίας εἰς τὴν ἐξυπηρέτησιν τῶν ἀναγκῶν, τὰς ὁποίας συναντῶμεν εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον. Ἐν τούτοις δὲν εἶναι ἐπιτετραμμένον νὰ παραβλέπωμεν τοὺς κινδύνους, τοὺς ὁποίους διατρέχομεν κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, διότι ἡ παραγνώρισις αὐτῆ δύναται νὰ ἔχῃ πολὺ δυσάρεστα ἀποτελέσματα καὶ εἰς τινας περιπτώσεις νὰ προξενήσῃ καὶ τὸν ἐξ ἠλεκτροπληξίας θάνατον.

Ὅταν πρόκειται νὰ ἐπιδιώξωμεν οἱανδήποτε ἐπισκευὴν βλάβης εἰς οἰκιακὴν ἠλεκτρικὴν ἐγκατάστασιν, πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ διακόπτωμεν τὴν παροχήν, εἴτε διὰ τοῦ γενικοῦ διακόπτου, εἴτε δι' ἀφαιρέσεως τῶν γενικῶν ἀσφαλειῶν. Κίνδυνος μεγάλος ὑφίσταται, μέχρι θανάτου μάλιστα, ὅταν διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς ἐγγίζωμεν ἀγωγὸν διοχετεύσεως ρεύματος, ἐνῷ διὰ τῆς ἄλλης χειρὸς ἐγγίζομεν ἀγωγὸν τελείας προσγειώσεως, ὡς π.χ. ὑδαταγωγὸν σωλῆνα.

Λίαν ἐπικίνδυνον εἶναι ἐπίσης, ὅταν μὲ ὑγρὰς χεῖρας ἐπιδιώκωμεν νὰ τοποθετήσωμεν ρευματολήπτην ἐπὶ ρευματοδότου. Εἰς πολλὰς τοιαύτας περιπτώσεις παρετηρήθησαν θανατηφόρα περιστατικά.

Ὁ κίνδυνος ἐκ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δὲν ὑπάρχει μόνον ὅταν τὸ σῶμα τίθεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τοὺς δύο πόλους τῆς πηγῆς (κλειστὸν κύκλωμα), ἀλλὰ καὶ ὅταν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εύρίσκεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸν ἕνα μόνον τῶν πόλων, ὡς π.χ. ὅταν ἐγγίσωμεν τὸ μεταλλικὸν περίβλημα ἑλαττωματικῆς ἠλεκτρικῆς λυχνίας, διότι τότε τὸ ρεῦμα δύναται νὰ διοχετευθῇ μέσῳ τοῦ σώματος ἡμῶν πρὸς τὴν Γῆν, ἐφ' ὅσον δὲν στηριζόμεθα ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος.

Λίαν ἐπικίνδυνον ἐπίσης εἶναι, ὅταν εὑρισκώμεθα ἐντὸς λουτροῦ, νὰ χειριζώμεθα ἠλεκτρικὰς συσκευάς, διότι τότε, ἐπειδὴ χρησιμοποιεῖται μεγάλη ἐπιφάνεια τοῦ δέρματος διὰ τὴν διοχέτευσιν τοῦ ρεύματος μέσῳ τοῦ σώματος καὶ τῶν σωληνώσεων, αἱ ὁποῖαι εἶναι εἰς ἄμεσον ἐπαφὴν πρὸς τὴν Γῆν, διέρχεται διὰ τοῦ σώματος ρεῦμα μεγαλύτερον τοῦ ἀνωτάτου ἐπιτετραμμένου ὁρίου.

Αἱ προξενούμεναι βλάβαι εἰς τὸν ὀργανισμὸν τοῦ ἀνθρώπου δὲν ὀφείλονται τόσον εἰς τὴν τάσιν τοῦ ρεύματος, ὅσον κυρίως εἰς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ ἀνθρώπινον σῶμα. Οὕτως, ἐὰν ἠλεκτρίσωμεν ἰσχυρῶς σῶμα διὰ τριβῆς καὶ φέρωμεν τοῦτο εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ σῶμα μας, τότε, μολονότι ἡ τάσις τοῦ φορτισμένου σώματος εἶναι μεγάλη, οὐδεμίαν ἐνόχλησιν αἰσθανόμεθα, διότι τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ὁδεύει μέσῳ τοῦ σώματος ἡμῶν πρὸς τὴν Γῆν, ἔχει ἀσήμαντον ἔντασιν.

Ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀπὸ 0,2 χιλιοστοῦ τοῦ Ἀμπὲρ (0,2 mA) γίνεται αἰσθητὸν ὡς ἓν μικρὸν κτύπημα, ρεῦμα δὲ ἀπὸ 5 ἕως 15 mA προκαλεῖ δυσάρεστον σύσπασιν τῶν μυῶν. Ἄνω τῶν 15 mA προκαλεῖ σύσπασιν καὶ παράλυσιν συγχρόνως ἢ καὶ ἀδράνειαν τῶν μυῶν καὶ τῶν νεύρων, διὰ τῶν ὁποίων διῆλθε τὸ ρεῦμα, καὶ ὡς ἐκ τούτου κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐπαφῆς δὲν εἶναι δυνατὴ ἡ διὰ κινήσεων ἀπόσπασις ἀπὸ τὸν ἠλεκτροφόρον ἀγωγόν. Ρεῦμα ἀπὸ 25 mA καὶ ἄνω ἐπιφέρει βλάβας διαρκείας, εἰδικῶς εἰς τοὺς ἱστοὺς τῶν νεύρων καὶ τὰ ἀγγεῖα τοῦ αἵματος, καὶ τέλος ἀπὸ 60 mA καὶ ἄνω δύναται νὰ εἶναι θανατηφόρον. Οὕτως, ἐὰν δεχθῶμεν ὡς ἀντίστασιν τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος τὴν τιμὴν τῶν 1000 Ω, τότε ὑπὸ τάσιν 60 V θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ σώματος, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, ρεῦμα 60:1000 = 0,06 A, ἤτοι 60 mA, τὸ ὁποῖον εἶναι μεγαλύτερον τοῦ ἀνωτάτου ὁρίου, καὶ ἐπομένως ἡ τάσις τῶν 60 V εἶναι ὑπὸ ὡρισμένας συνθήκας ἐπικίνδυνος διὰ τὴν ζωὴν τοῦ ἀνθρώπου.

Τὰ παιδία εἶναι μᾶλλον εὐαίσθητα τῶν ἐνηλίκων εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου εἰς ὅλα τὰ ἀθύρματα (παιχνίδια), τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν μὲ ἠλεκτρισμὸν τὸ ἀνώτατον ὅριον χρησιμοποιουμένης τάσεως ἔχει καθορισθῇ εἰς 24 Volt.

Τὰ ὀστᾶ, οἱ μύες καὶ οἱ ἱστοὶ τῶν νεύρων τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος ἔχουν σχετικῶς μικρὰν ἀντίστασιν, ἀλλὰ τὸ ρεῦμα κατὰ τὴν δίοδον ἐκ τοῦ δέρματος πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν σῶμα, ὡς καὶ κατὰ τὴν ἔξοδον αὐτοῦ ἐκ τοῦ ἐσωτερικοῦ τοῦ σώματος μέσῳ τοῦ δέρματος, συναντᾷ σχετικῶς μεγάλην ἀντίστασιν, ἡ ὁποία κυμαίνεται περίπου μεταξὺ 1000 καὶ 10 000 Ohm. Ἡ διακύμανσις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος μεταξὺ τόσον ἐκτενῶν ὁρίων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς τῶν ἠλεκτροδίων πρὸς τὸ δέρμα, ἐπίσης δὲ μεταβάλλεται καὶ μετὰ τῆς καταστάσεως τοῦ δέρματος, ὡς π.χ. ἐὰν εἶναι ὑγρὸν (ἱδρωμένον) ἢ ξηρόν, ἐὰν εἶναι λιπαρὸν ἢ γυμνόν.

Αἱ μικρότεραι τιμαὶ τῆς ἀντιστάσεως ἐμφανίζονται ὅταν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι ὑγρά. Οὕτω π.χ. ἄνθρωπος εὑρισκόμενος ἐπὶ ξηροῦ πατώματος ἐκ τσιμέντου δὲν κινδυνεύει

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀπὸ τὴν ἐπαφὴν ἀγωγοῦ μὲ τάσιν 110 V ὡς πρὸς τὴν Γῆν, ἐνῷ ὅταν εὑρίσκεται ἐντὸς λουτροῦ δύναται νὰ ὑποστῇ ἠλεκτροπληξίαν μὲ τάσιν μόνον 40 Volt.

Εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα οἰκιακῆς χρήσεως ὁ κίνδυνος εἶναι ἀκόμη μεγαλύτερος λόγῳ τῶν βλαβῶν, αἱ ὁποῖαι ἐπέρχονται εἰς τὸ νευρικὸν σύστημα. Ἰδίως μᾶλλον ἐπικίνδυνον θεωρεῖται τὸ ρεῦμα ὅταν ἡ συχνότης αὐτοῦ εὑρίσκεται ἐντὸς τῆς περιοχῆς 35-50 περιόδων. Ἡ θανατηφόρος ἐπενέργεια τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἀντιστοιχεῖ εἰς ἐλάχιστον ἐντάσεως 100 mA.

Εἰς περίπτωσιν ρευμάτων ὑψηλῆς συχνότητος, ὡς π.χ. εἰς τὰς θεραπευτικὰς συσκευὰς διαθερμίας, τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἶναι τελείως ἀκίνδυνον καὶ ὁ ἀνθρώπινος ὀργανισμὸς ἀντέχει εἰς τάσεις μέχρι 800 Volt καὶ ἔντασιν μέχρι 3 A. (βλ. κεφ. ΙΓ', Ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις—Ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα: Ἐπιδερμικὸν φαινόμενον).

Γενικῶς δύναται νὰ λεχθῇ ὅτι τάσις, ἐκτὸς τῶν ὑψισύχνων ρευμάτων, ὑπερβαίνουσα τὰ 40 Volt πρέπει νὰ θεωρηθῇ κατ' ἀρχὴν ὡς ἐπικίνδυνος, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν βεβαίως, ὡς ἀνεφέρθη ἀνωτέρω, νὰ δύναται ἡ πηγὴ νὰ δώσῃ ρεύματα ἐπικινδύνου ἐντάσεως.

Κατὰ τὰ ἠλεκτρικὰ ἀτυχήματα παρατηροῦνται κυρίως σοβαρὰ ἐγκαύματα τῶν μερῶν τοῦ σώματος, τὰ ὁποῖα ἔρχονται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τοὺς ρευματοφόρους ἀγωγούς. Εἰς τὰς πλείστας τῶν περιπτώσεων ὁ θάνατος ἐπέρχεται λόγῳ παύσεως τῆς κινήσεως τῆς καρδίας, ἐνῷ ἐπὶ ἐπαφῆς μικρᾶς διαρκείας προκύπτει ἀσφυξία, λόγῳ τοῦ ἀναφαινομένου γενικοῦ τετάνου.

***Πρῶται βοήθειαι εἰς περιπτώσεις ἠλεκτροπληξίας.** Ἡ πρώτη βοήθεια, ἡ ὁποία πρέπει νὰ δοθῇ εἰς ἠλεκτρόπληκτον ἄτομον εἶναι ἡ ἀπομόνωσις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ δικτύου διανομῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τοῦτο γίνεται εἴτε δι' ἀφαιρέσεως τοῦ σχετικοῦ ρευματολήπτου ἐκ τοῦ ρευματοδότου, εἴτε δι' ἀνοίγματος τοῦ γενικοῦ διακόπτου τῆς ἐγκαταστάσεως. Ἐὰν σπεύσωμεν νὰ ἀπομακρύνωμεν τὸ ἠλεκτρόπληκτον ἄτομον διὰ τῶν χειρῶν μας, χωρὶς νὰ λάβωμεν καμμίαν προφύλαξιν, εἶναι βέβαιον τὸ ἐνδεχόμενον νὰ ἔχωμεν καὶ ἡμεῖς τὴν ἰδίαν πρὸς ἐκεῖνο τύχην. Ἀλλ' ἐὰν δὲν εἶναι εὔκολον νὰ ἐνεργήσωμεν ὡς ἀνωτέρω, ἀπομονώνομεν τὸ ἠλεκτρόπληκτον ἄτομον, σύροντες αὐτὸ διὰ τῶν ἐνδυμάτων του, ἐφ' ὅσον ταῦτα εἶναι ξηρὰ καὶ προσέχομεν συγχρόνως νὰ μὴ ἔλθωμεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ γυμνῶν μερῶν τοῦ σώματός του. Δυνάμεθα ἐπίσης νὰ χρησιμοποιήσωμεν πρὸς ἀπομόνωσίν του, ξηρὸν ξύλινον ἀντικείμενον ἢ ἄλλο μονωτικὸν σῶμα.

Ἀφοῦ ἀπομακρύνομεν τὸ ἠλεκτρόπληκτον ἄτομον ἐκ τῆς ἐπικινδύνου ἐπαφῆς, πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμεν εἰς αὐτὸ ἀμέσως τεχνητὴν ἀναπνοὴν καὶ νὰ καλέσωμεν τὸν ἰατρόν. Ἡ τεχνητὴ ἀναπνοὴ εἶναι ἀποτελεσματικὸς παράγων διὰ τὴν διάσωσιν τῆς ζωῆς τοῦ παθόντος ἠλεκτροπληξίαν ἀτόμου, δύναται δὲ νὰ παραταθῇ ἐπὶ πολλὰς ὥρας, ἀναλόγως τῆς ἠλεκτροπληξίας, ἐνῷ συγχρόνως λαμβάνεται πρόνοια ὥστε ὁ ἠλεκτρόπληκτος νὰ εὑρίσκεται εἰς θερμὸν περιβάλλον. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ καλύψεως αὐτοῦ διὰ κλινοσκεπασμάτων, ἢ διὰ χρήσεως θερμοφόρων κλπ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

***Προφυλάξεις.** Γενικῶς διὰ τὴν προφύλαξιν ἡμῶν ἀπὸ ἠλεκτροπληξίας κατὰ τὴν οἰκιακὴν χρῆσιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ δύνανται νὰ χρησιμεύσουν αἱ ἀκόλουθοι ὑποδείξεις :

1) Μὴ ἐγγίζετε ἄνευ λόγου ἀγωγὸν εὑρισκόμενον ὑπὸ τάσιν εἰς ἐγκατάστασιν ἰσχυροῦ ρεύματος (π.χ. ρεύματα οἰκιακῆς χρήσεως).

2) Ἐὰν παρατηρῆτε βλάβην εἰς ἠλεκτρικοὺς ἀγωγοὺς ἢ συσκευάς, καλέσατε εἰδικὸν τεχνίτην πρὸς ἐπισκευὴν αὐτῶν.



Σχ. 192. I ("Ανω καὶ κάτω). Ἐσφαλμένος χειρισμός. "Οταν διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς συγκρατῶμεν ἠλεκτρικὴν συσκευὴν ἐν λειτουργίᾳ, δὲν πρέπει νὰ ἐγγίζωμεν διὰ τῆς ἄλλης προσγειωμένον ἀγωγόν. II ("Ανω καὶ κάτω), ὀρθὴ ἐνέργεια.

3) Νὰ μὴ χειρίζεσθε ἠλεκτρικὰς συσκευὰς μὲ βρεγμένας ἢ ἱδρωμένας χεῖρας.

4) Εἰς περίπτωσιν χειρισμοῦ ἠλεκτρικῆς συσκευῆς μὲ τὴν μίαν χεῖραν, νὰ μὴ ἐγγίζετε διὰ τῆς ἄλλης χειρὸς ἀγωγὸν ὕδατος, ὡς π.χ. σωλήνωσιν κεντρικῆς θερμάνσεως (καλοριφὲρ) ἢ σωλῆνα ὕδατος (σχ. 192).

5) Νὰ μὴ ἐπισκευάζετε ἀσφαλείας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

6) Νὰ μὴ ἔρχεσθε εἰς ἐπαφὴν μὲ γυμνὰ ἠλεκτροφόρα ἀντικείμενα ἔστω καὶ οἰκειοθελῶς.

7) Ἐὰν μία ἠλεκτρικὴ συσκευὴ σᾶς «κτυπᾷ» ὅταν ἔρχεσθε εἰς ἐπαφὴν μετ' αὐτῆς, ἔχει φθαρῆ ἡ μόνωσις αὐτῆς εἰς ἓν ἐξωτερικὸν σημεῖον καὶ πρέπει νὰ δοθῆ πρὸς ἐπισκευήν.

8) Μὴ γεμίζετε δι' ὕδατος ἠλεκτρικὸν βραστῆρα, ἐφ' ὅσον ἔχετε συνδεδεμένην τὴν συσκευὴν μὲ τὸ δίκτυον παροχῆς ρεύματος.

***Προσγείωσις.** Εἰς τὰς περιπτώσεις βλαβῶν τῶν διαφόρων ἠλεκτρικῶν συσκευῶν ἡ ἀποτελεσματικωτέρα προστασία ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς προσγειώσεως τῶν ἐξωτερικῶν μεταλλικῶν αὐτῶν μερῶν, μετὰ τῶν ὁποίων εἶναι δυνατὸν νὰ ἔλθωμεν εἰς ἐπαφήν.

Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν τὰ ἐξωτερικὰ μεταλλικὰ τοιχώματα τῶν συσκευῶν συνδέονται μονίμως πρὸς τὴν Γῆν. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ τριπολικοὶ ρευματοδόται καὶ ρευματολῆπται, φέροντες τρεῖς ἀκροδέκτας. Ἐξ αὐτῶν, οἱ δύο συνδέονται μὲ τὸ δίκτυον παροχῆς, ἐνῷ ὁ τρίτος, τοποθετημένος πλευρικῶς, προσγειώνεται. Οἱ τριπολικοὶ οὗτοι ρευματολῆπται καὶ ρευματοδόται, χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ ψυγεῖα, τὰς ἠλεκτρικὰς κουζίνας κλπ., ἀλλ' ἡ χρῆσις αὐτῶν δύναται νὰ ἐπεκταθῆ καὶ εἰς ὅλας τὰς ἠλεκτρικὰς συσκευάς.

Ὅταν εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν συσκευήν, ἡ ὁποία ἔχει προσγειωθῆ, συμβῆ βλάβη τοῦ ἐξωτερικοῦ μονωτικοῦ καλύμματος καὶ τὸ μεταλλικὸν περίβλημα εὑρεθῆ ὑπὸ τάσιν προκαλεῖται, λόγῳ τῆς προσγειώσεως, βραχυκύκλωμα, τήκεται ἡ ἀσφάλεια καὶ διακόπτεται τὸ κύκλωμα. Τοιουτοτρόπως ἀποφεύγομεν τὴν ἠλεκτροπληξίαν καὶ λαμβάνομεν γνῶσιν τῆς βλάβης τοῦ μονωτικοῦ καλύμματος.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Τί θὰ συμβῆ ὅταν δύο ἀρχικῶς φορτισμένοι ἀγωγοὶ συνδεθοῦν μεταξύ των δι' ἑνὸς μεταλλικοῦ σύρματος. Τί ὁρίζει τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος. Πόσον θὰ διαρκέσῃ τοῦτο.

2. Πῶς δύνασθε νὰ ἐλέγξετε ἂν σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.

3. Ἐὰν ἓν πτηνὸν ἵσταται ἐπὶ ἑνὸς σύρματος διανομῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ ρεύματος.

4. Ἀναφέρατε τὸν νόμον τοῦ Ohm μὲ λέξεις. Δώσατε τὸν τύπον διὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm καὶ ἐξηγήσατε τὴν σημασίαν ἑκάστου ὅρου εἰς τὸν τύπον.

5. Ποῖοι παράγοντες διέπουν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς ἓν κύκλωμα.

6. Πῶς μεταβάλλεται ἡ ἀντίστασις σύρματος ἐὰν διπλασιάσωμεν : α) τὸ μῆκος του, β) τὴν διάμετρόν του, γ) τὴν διατομήν του.

7. Τίνι τρόπῳ δρᾷ ἡ θερμότης ἐπὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀνθρακος.

8. Διατί δὲν χρησιμοποιεῖται ὁ σίδηρος διὰ τὴν κατασκευὴν συρμάτων δι' οἰκιακὰς ἠλεκτρικὰς ἐγκαταστάσεις.

9. Κατὰ τί πλεονεκτεῖ μία αὐτόματος ἀσφάλεια μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

10. Ποῦ πρέπει νὰ τοποθετηθοῦν αἱ ἠλεκτρικαὶ ἀσφάλειαι τοῦ κυκλώματος μιᾶς οἰκίας καὶ διατί.

11. Τί σημαίνει ἡ ἔνδειξις 5 A ἐπὶ μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

12. Περιγράψατε δύο μεταβολάς, τὰς ὁποίας δύνασθε νὰ κάμετε εἰς ἀγωγὸν ἐκ χαλκοῦ μὲ ἑκάστην τῶν ὁποίων νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ εἰς τὸ ἥμισυ.

13. Ποῖοι εἶναι οἱ τέσσαρες παράγοντες ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἐξαρτᾶται ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ.

14. Τί σημαίνει ὁ ὅρος « κλειστὸν κύκλωμα ». Τί σημαίνει ἡ φράσις « κλείομεν τὸ κύκλωμα ».

15. Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ διαφορᾶς δυναμικοῦ καὶ ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.

16. Διατί γενικῶς τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα συνδέονται ἐν σειρᾷ.

17. Πῶς θὰ συνδεθοῦν (ἐν σειρᾷ ἢ ἐν παραλλήλῳ) ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, ὅταν ἐπιθυμῆτε νὰ ληφθῇ ἡ μεγίστη ἰσχύς.

18. Μία ἀντίστασις (ἐξωτερικὴ) πρόκειται νὰ συνδεθῇ εἰς ἕνα ἢ περισσότερα ὅμοια ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν ἴσην μὲ αὐτήν. Ποία συνδεσμολογία ὁδηγεῖ εἰς μεγαλύτερον ρεῦμα : α) 1 στοιχεῖον, β) 10 στοιχεῖα ἐν σειρᾷ ἢ γ) 10 στοιχεῖα ἐν παραλλήλῳ.

19. Ἐάν, ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A εἰσέρχεται ἐντὸς λαμπτῆρος ἀντιστάσεως 220 Ω, πόσα Ampère ἐξέρχονται ἐκ τοῦ λαμπτῆρος.

20. Ἐὰν ὅλοι οἱ λαμπτῆρες εἰς μίαν οἰκίαν εἶναι συνδεδεμένοι ἐν παραλλήλῳ, διατί εἶναι δυνατὸν νὰ καῇ ἡ κυρία ἀσφάλεια, ὅταν ὅλοι οἱ λαμπτῆρες τεθοῦν εἰς χρῆσιν.

21. Πόσοι λαμπτῆρες τῶν 10 Volt, διὰ Χριστουγεννιάτικο δένδρον, πρέπει νὰ συνδεθοῦν ἐν σειρᾷ εἰς τάσιν 110 Volt.

22. Ποῖοι νόμοι διέπουν τὰ ἐν σειρᾷ κυκλώματα.

23. Ποῖοι νόμοι διέπουν τὰ ἐν παραλλήλῳ κυκλώματα.

24. Διατί εἶναι ἐπικίνδυνον νὰ τοποθετήσωμεν ἕτερον σύρμα εἰς τὴν θέσιν τοῦ τακέντος μιᾶς ἀσφαλείας.

25. Εἰς ἓν κύκλωμα περιλαμβάνον δύο ἀντιστάσεις καὶ τὴν πηγήν, πότε θὰ διέρχεται περισσότερον ρεῦμα, ὅταν αἱ ἀντιστάσεις εἶναι ἐν σειρᾷ ἢ ὅταν εἶναι ἐν παραλλήλῳ.

26. Τεμάχιον σύρματος ἐκ χαλκοῦ κόπτεται εἰς δέκα ἴσα τεμάχια, τὰ ὁποῖα ἐν συνεχείᾳ συνδέονται ἐν παραλλήλῳ. Ποία ἡ σχέσις μεταξὺ τῆς ὁλικῆς ἀντιστάσεως τοῦ συνδυασμοῦ καὶ τῆς ἀρχικῆς ἀντιστάσεως ὅλου τοῦ σύρματος.

27. Ὅταν ἀνάπτωμεν περισσοτέρους λαμπτῆρας εἰς τὴν οἰκίαν μας, τί συμβαίνει εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ πρώτου λαμπτῆρος ; Εἰς τὸ ρεῦμα τῆς γραμμῆς ; Εἰς τὴν τάσιν τῆς γραμμῆς ; Διατί δὲν συνηθίζεται νὰ συνδέωμεν τοὺς λαμπτῆρας εἰς τὴν οἰκίαν ἐν σειρᾷ.

28. Ὁ διακόπτης εἰς ἕνα ἐπιτραπέζιον λαμπτῆρα εἶναι ἐν σειρᾷ ἢ ἐν παραλλήλῳ πρὸς τὸν λαμπτῆρα.

29. Ποία ἡ σχέσις μεταξὺ 1 Watt καὶ 1 Joule.

30. Ἀπὸ ποίους παράγοντας ἐξαρτᾶται τὸ θερμικὸν ἀποτέλεσμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

31. Διατί οἱ ἀγωγοὶ ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος παραμένουν ψυχρότεροι ἀπὸ τὰς ἠλεκτρικὰς συσκευὰς θερμάνσεως, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμέναι εἰς τὸ κύκλωμα, μολονότι καὶ οἱ ἀγωγοὶ οὗτοι διαρρέονται ἀπὸ τὸ αὐτὸ ἢ καὶ μεγαλυτέρας ἐντάσεως ρεῦμα.

32. Ἐὰν τὸ ρεῦμα διὰ μιᾶς ἀντιστάσεως διπλασιασθῇ, πῶς ἐπηρεάζεται τὸ ποσὸν τῆς παραγομένης θερμότητος ; Ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ ἀντίστασις καὶ τὸ ρεῦμα παραμείνῃ ἀμετάβλητον, πῶς μεταβάλλεται ἡ παραγομένη θερμότης.

33. Συγκρίνατε τὸ ρεῦμα εἰς βραχυκύκλωμα : α) εἰς ἕνα ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, β) εἰς δύο στοιχεῖα συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ καὶ γ) εἰς δύο στοιχεῖα συνδεδεμένα ἐν παραλλήλῳ. (Ὑποθέσατε ὅτι τὰ στοιχεῖα εἶναι πανομοιότυπα μὲ τὴν αὐτὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν).

34. Ἀναφέρατε δύο ἀναγκαῖα χαρακτηριστικὰ ἑνὸς σύρματος ἵνα τοῦτο εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς ἠλεκτρικὴ ἀσφάλεια εἰς οἰκιακὴν ἠλεκτρικὴν ἐγκατάστασιν.

35. Τί σημαίνει ἡ ἔνδειξις 220 V ἢ 110 V ἡ ἀναγραφομένη ἐπὶ ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτῆρος.

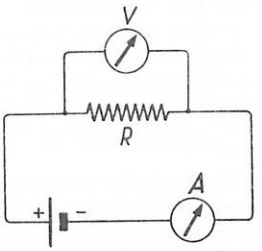
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Β΄ Προβλήματα

1. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται ἠλεκτρολυτικὴν συσκευήν, ὅταν αὕτη διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 5 Α ἐπὶ 2 ὥρας. ('Απ. q = 10 Ah = 36 000 Cb.)

2. Διά τινος ἀγωγοῦ διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως 1Α. Πόσα ἠλεκτρόνια διέρχονται διά τινος διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ τούτου εἰς χρόνον 8 min. ('Απ. n = $3 \cdot 10^{21}$ ἠλεκτρόνια.)

3. Ἀμπερόμετρον (Α) συνδεόμενον ἐν σειρᾷ μὲ ἄγνωστον ἀντίστασιν δεικνύει 0,3 Α. Ἐὰν συνδέσωμεν ἐν παραλλήλῳ μὲ τὴν ἀντίστασιν ταύτην βολτόμετρον (V), τοῦτο δεικνύει 1,5 V. Ὑπολογίσατε τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως. ('Απ. R = 5 Ω.)



Σχ. 193. Ἄσκησις 3.

4. Πόση ἡ ἀντίστασις χαλκίνου σύρματος ἀπὸ τὸ ὁποῖον διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 2 Α, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἐφαρμοσθῇ τάσις 160 V. ('Απ. R = 80 Ω.)

5. Πόση τάσις πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς τὰ ἄκρα μεταλλικοῦ σύρματος ἵνα διέλθῃ δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 Α, γνωστοῦ ὄντος ὅτι διέρχεται ρεῦμα 0,5 Α, ὅταν ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα του εἶναι 10 V. Πόση ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος. ('Απ. U = 100 V, R = 20 Ω.)

6. Πρόκειται νὰ κατασκευάσωμεν δύο ἀντιστάσεις, ὥστε ὅταν συνδέωνται ἐν σειρᾷ, νὰ παρουσιάζουν ἀντίστασιν 200 Ω καί, ὅταν συνδέωνται ἐν παραλλήλῳ, νὰ παρουσιάζουν ἀντίστασιν 20 Ω. Ποῖαι αἱ τιμαὶ τῶν ἀντιστάσεων. ('Απ. R_1 = 177,5 Ω, R_2 = 22,5 Ω.)

7. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις σύρματος ἐκ χαλκοῦ τομῆς 1 mm^2 καὶ μήκους 50 m, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι 1,6 μΩ · cm. ('Απ. R = 0,8 Ω.)

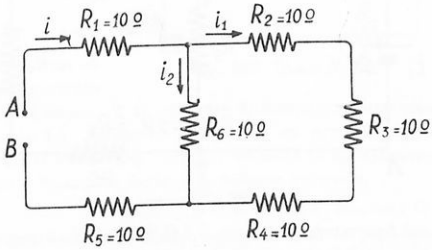
8. Διὰ κατεργασίας, 10 cm^3 χαλκοῦ μεταβάλλονται εἰς σύρμα μήκους 100 m. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι ρ = $1,7 \cdot 10^{-6}$ Ω · cm, νὰ καθορισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος. ('Απ. R = 17 Ω.)

9. Ποία ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως, ἥτις συνδεομένη ἐν παραλλήλῳ μὲ ἀντίστασιν 12 Ω, δίδει ὁλικὴν ἀντίστασιν $R_{ολ}$ = 4 Ω. ('Απ. R_1 = 6 Ω.)

10. Ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα σύρματος ἐκ σιδήρου, μήκους 100 m καὶ τομῆς 0,25 mm^2, τάσις 120 V. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ σιδήρου, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος εἶναι 2,75 Α. ('Απ. ρ = 10,9 μΩ · cm.)

11. Νὰ εὑρεθῇ ἡ πτῶσις τάσεως κατὰ μῆκος χαλκίνου σύρματος (ρ = 1,6 μΩ · cm) μήκους 5 km καὶ τομῆς 20 mm^2, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 10 Α. ('Απ. U = 40 V.)

12. Ποίαν τιμὴν πρέπει νὰ λάβῃ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς γραμμῆς τῆς ὁποίας ἡ ἀντίστασις εἶναι 8 Ω, ἵνα ἡ πτῶσις τάσεως κατὰ μῆκος τῆς γραμμῆς εἶναι 12 V. ('Απ. i = 1,5 Α.)



Σχ. 194. Ἄσκησις 14.

13. Μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β κυρίου κυκλώματος διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐντάσεως i = 2 Α, συνδέονται ἐν παραλλήλῳ 3 λυχνίαι $Λ_1$, $Λ_2$, $Λ_3$. Ἡ ἔντασις εἶναι 10/11 Α εἰς τὴν $Λ_1$ καὶ 6/11 Α εἰς τὴν $Λ_2$. Ζητεῖται ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὴν λυχνίαν $Λ_3$. ('Απ. i_3 = 0,545 Α.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

14. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 194, ὅταν μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β ὑπάρχῃ ἠλεκτρικὴ πηγή. ('Απ. $R_{ολ} = 27,5\ Ω$.)

15. Πόσον τοῖς ἑκατὸν αὐξάνεται ἡ ἀντίστασις πηνίου ἐκ χαλκοῦ ($α = 0,0038\ grad^{-1}$), ὅταν ἡ θερμοκρασία του αὐξάνεται ἀπὸ 20 °C εἰς 30 °C. ('Απ. x = 3,8 %.)

16. Ἡ ἀντίστασις νήματος ἐκ βολφραμίου λυχνίας φωτισμοῦ εἶναι 162 Ω εἰς κατάστασιν λειτουργίας. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι τὸ νῆμα φθάνει τὴν θερμοκρασίαν 2000 °C καὶ ὅτι ὁ θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως διὰ τὸ βολφράμιον εἶναι $α = 1/250\ grad^{-1}$, ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ νήματος εἰς 0 °C, θεωρουμένου ὅτι ἰσχύει ὁ γνωστὸς νόμος τῆς μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας. ('Απ. $R_0 = 18\ Ω$.)

17. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τηλεγραφικῆς γραμμῆς μήκους 30 km, ἡ ὁποία συνδέει δύο πόλεις, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος εἶναι 0,2 cm καὶ ὅτι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι $1,57 \cdot 10^{-6}\ Ω \cdot cm$. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως, ἥτις ἐπέρχεται εἰς τὴν γραμμήν, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἐξωτερικὴ θερμοκρασία μεταβάλλεται μεταξὺ τῶν θερμοκρασιῶν -12^0 καὶ 48 °C καὶ ὅτι ὁ θερμικὸς συντελεστὴς τῆς ἀντιστάσεως τοῦ χαλκοῦ εἶναι $α = 0,00428\ grad^{-1}$. ('Απ. $ΔR = 38,5\ Ω$.)

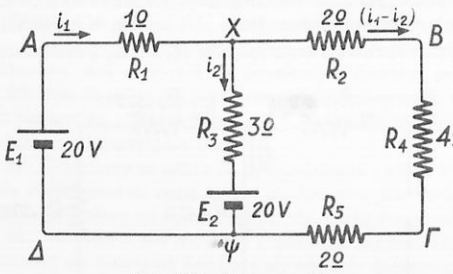
18. Δύο ἀγωγοὶ συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ ἔχουν ἀντιστάσεις 600 Ω καὶ 300 Ω εἰς 20 °C. Οἱ θερμικοὶ συντελεσταὶ τῶν ὑλικῶν τῶν ἀγωγῶν, εἶναι ἀντιστοίχως $0,001\ grad^{-1}$ καὶ $0,004\ grad^{-1}$. Νὰ καθορισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ συστήματος τῶν δύο ἀντιστάσεων εἰς 50 °C. ('Απ. $R_{ολ} = 954\ Ω$.)

19. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις $R_θ$ εἰς θ °C μεταλλικοῦ σύρματος, τοῦ ὁποίου ἡ ἀντίστασις εἰς 0 °C εἶναι R_0, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ὁ συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ μετάλλου εἶναι λ καὶ ὁ θερμικὸς συντελεστὴς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως εἶναι α. ('Απ. $R_θ = R_0 \cdot (1 + α \cdot θ)/(1 + λ \cdot θ)$.)

20. Μεταξὺ δύο σημείων Α καὶ Β συνδέονται ἐν παραλλήλῳ δύο ἀντιστάσεις R καὶ 2 R. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσοδύναμος πρὸς αὐτὰς ἀντίστασις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἑξ ἑκάστης ἀντιστάσεως διερχομένου ρεύματος, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον φθάνει εἰς τὸ Α εἶναι i.
('Απ. $R_{ολ} = 2R/3$, $i_1 = 2i/3$, $i_2 = i/3$.)

21. Ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ ἡ ΗΕΔ καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἠλεκτρικῆς στήλης, γνωστοῦ ὄντος ὅτι παρέχει ἐπὶ κυκλωμάτων ἐξωτερικῶν ἀντιστάσεων 2,5 Ω καὶ 1 Ω ἀντιστοίχως, ἐντάσεις ρεύματος 0,5 Α καὶ 1 Α. ('Απ. E = 1,5 V, $R_{εσ} = 0,5\ Ω$.)

22. Πρὸς τοὺς πόλους Α καὶ Β πηγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως Ε, εἶναι συνδεδεμένα δύο σύρματα ΑΜΒ. Τὸ Μ εἶναι τὸ μέσον τοῦ πρώτου σύρματος ἐνῷ τὸ Ν χωρίζει τὸ δεύτερον εἰς δύο τμήματα ἔχοντα λόγον 2:1. Ποία ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ Μ καὶ Ν. (Πανεπιστήμιον 'Αθηνῶν. 'Ιατρικὴ Σχολή, 1959). ('Απ. U = E/6.)



Σχ. 195. Ἄσκησις 23.

23. Ὑπολογίσατε τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸν κλάδον (ΧΨ) εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 195. Δίδονται $E_1 = 20$ V, $E_2 = 20$ V, $R_1 = 1\ Ω$, $R_2 = 2\ Ω$, $R_3 = 3\ Ω$, $R_4 = 4\ Ω$, $R_5 = 2\ Ω$. ('Απ. i = − 0,57 Α.)

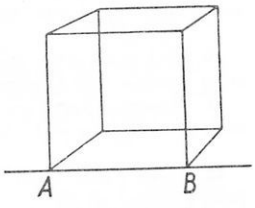
24. Ὑπολογίσατε τὴν ἀντίστασιν μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β τοῦ σκελετοῦ τοῦ κατεσκευασμένου ἐκ δώδεκα συρμάτων, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 196, ἑκάστου ἔχοντος ἀντίστασιν 1 Ω. ('Απ. $R_{ολ} = 7/12\ Ω$.)

25. Ξηρὸν στοιχεῖον ἔχει ΗΕΔ 1,2 V καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 0,8 Ω. Εὕρατε τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ὅταν οἱ ἀκροδέκται του συνδέωνται διὰ σύρματος ἀμελητέας ἀντιστάσεως. ('Απ. i = 1,5 Α.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

26. Ἠλεκτρικὴ πηγὴ παρέχει ΗΕΔ 40 V. Ὅταν δίδῃ ρεῦμα ἐντάσεως 20 Α ἡ τάσις τῶν πόλων της εἶναι 38,5 V. Ὑπολογίσατε τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν τῆς πηγῆς. (Ἀπ. $R_{\varepsilon\sigma} = 0{,}075\ \Omega$.)

27. Γεννήτρια, τῆς ὁποίας ἡ ΗΕΔ εἶναι 160 V καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις 0,2 Ω τροφοδοτεῖ 200 λυχνίας τῶν 160 Ω, συνδεδεμένας ἐν παραλλήλῳ. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τῆς γραμμῆς τροφοδοτήσεως τῶν λυχνιῶν, β) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐπὶ ἑκάστης λυχνίας καὶ γ) ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῆς γεννητρίας. (Ἀπ. $i = 160$ Α.)



Σχ. 196. Ἄσκησις 24.

28. Γεννήτρια, τῆς ὁποίας ἡ ΗΕΔ εἶναι 120 V ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 0,18 Ω, παρέχει δὲ ρεῦμα ἐντάσεως 50 Α εἰς κύκλωμα καταναλώσεως. Ζητεῖται ἡ τιμὴ τῆς τάσεως εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας. (Ἀπ. $U = 111$ V.)

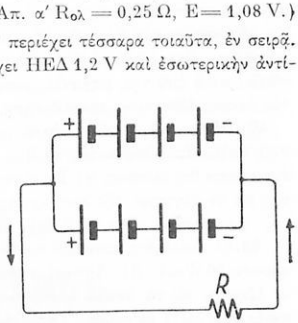
29. Ζητεῖται νὰ προσδιορισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὅπερ παρέχει ἐπὶ ἀντιστάσεως 2 Ω στήλη, τῆς ὁποίας ἡ ΗΕΔ εἶναι 1,5 V καὶ τῆς ὁποίας ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι 0,4 Ω. (Ἀπ. $i = 0{,}625$ Α.)

30. Ἠλεκτρικὸν ὄργανον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 20 Ω καὶ λειτουργεῖ μὲ ρεῦμα 50 mA. α) Ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν ξηρὸν στοιχεῖον ΗΕΔ 1,2 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,4 Ω, ποία ἀντίστασις πρέπει νὰ συνδεθῇ ἐν σειρᾷ μὲ τὸ ὄργανον καὶ τὸ στοιχεῖον ἵνα περιορίσῃ τὸ ρεῦμα εἰς 50 μΑ. β) Ποία εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὀργάνου. (Ἀπ. $R = 3{,}6\ \Omega$, $U = 1$ V.)

31. Βολτόμετρον δεικνύει τάσιν $U_1 = 4{,}5$ V, ὅταν τὸ κύκλωμα μὲ τὸ ὁποῖον συνδέεται εἶναι ἀνοικτόν. Κατόπιν τὸ κύκλωμα κλείει μὲ ἀμπερόμετρον, ὅτε τὸ βολτόμετρον δεικνύει τάσιν $U_2 = 1{,}5$ V, τὸ δὲ ἀμπερόμετρον ἔντασιν $i = 0{,}03$ Α. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς πηγῆς καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις αὐτῆς. (Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Τμῆμα Φυσιογνωστικόν, 1957). (Ἀπ. $E = 4{,}5$ V, $R_{\varepsilon\sigma} = 100\ \Omega$.)

32. Συνδέονται ἐν παραλλήλῳ 4 ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα ἔχοντα ἕκαστον ΗΕΔ 1,08 V καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 1 Ω. Νὰ ὑπολογισθῇ : α) ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης καὶ β) ἡ ΗΕΔ αὐτῆς. (Ἀπ. α' $R_{o\lambda} = 0{,}25\ \Omega$, $E = 1{,}08$ V.)

33. Ἑκάστη τῶν δύο ὁμάδων στοιχείων τοῦ σχήματος 197 περιέχει τέσσαρα τοιαῦτα, ἐν σειρᾷ. Αἱ ὁμάδες συνδέονται ἐν παραλλήλῳ, ἕκαστον δὲ στοιχεῖον ἔχει ΗΕΔ 1,2 V καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_{\varepsilon\sigma} = 0{,}5\ \Omega$. Ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι $R = 0{,}6\ \Omega$. Ὑπολογίσατε τὸ ρεῦμα εἰς τὴν ἀντίστασιν τῶν 0,6 Ω. (Ἀπ. $i = 3$ Α.)



Σχ. 197. Ἄσκησις 33.

34. Δώδεκα ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα συνδέονται μικτῶς ὥστε νὰ ἀποτελοῦν τρεῖς ὁμάδας συνδεδεμένας ἐν παραλλήλῳ, ἑκάστη τῶν ὁποίων περιλαμβάνει 4 στοιχεῖα. Ἡ ΗΕΔ ἑκάστου στοιχείου εἶναι 1,5 V καὶ ἡ ἐσωτερικὴ αὐτοῦ ἀντίστασις 3 Ω. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ΗΕΔ τῆς στήλης. (Ἀπ. $R_{\varepsilon\sigma} = 4\ \Omega$, $E = 6$ V.)

35. Εἴκοσι ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα ὅμοια συνδέονται ἐν σειρᾷ καὶ τίθενται εἰς κύκλωμα κλειστὸν μὲ σταθερὰν ἀντίστασιν 8 Ω καὶ μεταβλητὴν ἀντίστασιν R'. Θέτομεν εἰς τὸ κύκλωμα ἀμπερόμετρον ἀμελητέας ἀντιστάσεως, τὸ ὁποῖον ὅταν $R' = 8\ \Omega$, δεικνύει 1Α. Συνδέονται ἐν συνεχείᾳ τὰ στοιχεῖα εἰς δύο σειρὰς τῶν 10 στοιχείων, αἱ ὁποῖαι συνδέονται ἐν παραλλήλῳ. Ὅταν $R' = 23\ \Omega$ τὸ ἀμπερόμετρον δεικνύει 0,5 Α. Νὰ ὑπολογισθοῦν ἡ ΗΕΔ καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἑκάστου στοιχείου. (Ἀπ. $E = 1{,}8$ V, $R_{\varepsilon\sigma} = 1\ \Omega$.)

36. Συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 20 Ah. Πόσα Ἀμπὲρ δύναται νὰ χορηγήσῃ, ἐὰν ἡ ἐκφόρτισις διαρκῇ 10 h. (Ἀπ. $i = 2$ Α.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

37. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει λυχνίαν φωτισμοῦ, δοθέντος ὅτι τὸ νῆμα τῆς λυχνίας παρουσιάζει ἀντίστασιν 200 Ω καὶ καταναλίσκει ἰσχὺν 72 W. ('Απ. i = 0,6 A.)

38. Πόση ἡ ἰσχὺς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, ἡ ὁποία παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως 20 A ὑπὸ ΗΕΔ 80 V. ('Απ. N = 1600 W.)

39. Πηγὴ ρεύματος (συσσωρευτὴς) ΗΕΔ 6 V παρέχει εἰς κύκλωμα ρεῦμα ἐντάσεως 2 A ἐπὶ χρόνον 45 min. Πόση ἡ ὁλικὴ ἐνέργεια, ἡ χορηγουμένη ὑπὸ τῆς πηγῆς ταύτης.

('Απ. A = 32 400 Joule.)

40. Μετὰ πόσον χρόνον λυχνία, τῆς ὁποίας ἡ ἀντίστασις εἶναι 160 Ω, ὅταν διέρχεται δι' αὐτῆς ρεῦμα ἐντάσεως 0,68 A, καταναλίσκει ἐνέργειαν ἴσην πρὸς 1 kWh. ('Απ. t = 13,52 h.)

41. 'Ηλεκτρικὴ λυχνία φωτισμοῦ, ἰσχύος 60 W λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 V. Εἰς πόσον χρόνον κατὰ τὴν λειτουργίαν αὐτῆς, διέρχονται διὰ τινος διατομῆς τοῦ νήματος αὐτῆς $3 \cdot 10^{19}$ ἠλεκτρόνια.

('Απ. t = $96 \cdot 10^{-10}$ sec.)

42. Λυχνία πυρακτώσεως, ἀντιστάσεως 200 Ω συνδέεται εἰς δίκτυον συνεχοῦς τάσεως 110 V. Πόση ἡ ἔντασις τοῦ διὰ τῆς λυχνίας διερχομένου ρεύματος καὶ πόση ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς, ἡ ὀφειλομένη εἰς τὸ φαινόμενον Joule. ('Απ. i = 0,55 A, N = 60,5 W.)

43. 'Ηλεκτρικὴ θερμάστρα ἰσχύος 600 W καὶ τάσεως λειτουργίας 110 V, συνδέεται ἐν σειρᾷ μὲ ἠλεκτρικὸν λαμπτῆρα ἰσχύος 32 W καὶ τάσεως λειτουργίας 6 V. Τὸ σύστημα συνδέεται μὲ κύκλωμα τάσεως 110 V. Νὰ ἐξετασθῇ ἐὰν ὁ λαμπτὴρ λειτουργῇ.

(Πανεπιστήμιον 'Αθηνῶν. 'Ιατρικὴ Σχολή. Τμῆμα 'Οδοντιατρικόν, 1959).

44. 'Υπολογίσατε τὴν ἀντίστασιν σύρματος, ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα του ἐφαρμόζεται τάσις 20 V καὶ ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς εἶναι 800 cal/sec. ('Απ. R = 0,12 Ω.)

45. Πόση εἶναι ἡ διάμετρος σύρματος ἐκ μολύβδου χρησιμοποιουμένου ὡς ἀσφάλεια, ἵνα ἡ ἔντασις τοῦ δι' αὐτοῦ διερχομένου ρεύματος μὴ ὑπερβαίνῃ τὰ 10 A. 'Η εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μολύβδου, τὴν ὁποίαν θὰ ὑποθέσωμεν σταθερὰν μεταξὺ τῆς θερμοκρασίας περιβάλλοντος καὶ τῆς θερμοκρασίας τήξεως, εἶναι $3 \cdot 10^{-5}$ Ω · cm. 'Η θερμοκρασία τήξεως τοῦ μολύβδου εἶναι 330 °C. Τὸ μέρος τῆς θερμότητος τὸ ἀκτινοβολούμενον ἀνὰ grad καὶ ἀνὰ cm^2 εἶναι 1/3300 τῆς ἀναπτυσσομένης ἰσχύος, λόγῳ τοῦ φαινομένου Joule. ('Απ. d = 0,66 mm.)

46. Δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ ἐργάζεται τῇ βοηθείᾳ περιστρεφομένου τροχοῦ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὑδατοπτώσεως, παροχῆς ὕδατος 7,5 m^3/min, ἐξ ὕψους 6 m. 'Η μηχανικὴ ἀπόδοσις τοῦ ὑδροστροβίλου εἶναι 50 %, ἡ δὲ ἀπόδοσις τῆς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς εἶναι 81,5 %. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) ἡ ὑπὸ τῆς μηχανῆς χορηγουμένη ἰσχὺς εἰς kW, β) ὁ ἀριθμὸς τῶν λυχνιῶν τῶν 50 W, τὰς ὁποίας δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ ἡ μηχανή. ('Απ. N = 3 kW, n = 60.)

47. 'Ηλεκτρικὴ κουζίνα εἰς τὸ μέγιστον τῆς λειτουργίας της καταναλίσκει 3,45 kW ὑπὸ τάσιν 230 Volt. Προσδιορίσατε : α) Τὴν χρησιμοποιουμένην ἔντασιν ρεύματος εἰς τὸ μέγιστον. β) Τὴν ἀντίστασιν θερμάνσεως. γ) Τὸ κόστος χρήσεως διὰ 3 ὥρας, τῆς πρώτης ἡμισείας ὥρας λειτουργούσης εἰς τὸ μέγιστον τῆς λειτουργίας της, καὶ τοῦ ὑπολοίπου χρόνου, εἰς τὸ 1/3 αὐτῆς. Τὸ κόστος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι : 2,5 δρχ. ἀνὰ kWh. (Απ. α' i = 15 A. β' R = 15,33 Ω. γ' 11,5 δρχ.)

48. Αἱ ἀκόλουθοι συσκευαὶ συνδέονται ἐν παραλλήλῳ εἰς πηγὴν 100 Volt: α) Λυχνία καταναλίσκουσα 50 Watt. β) 'Αμπερόμετρον ἐν σειρᾷ μὲ ἀντίστασιν, ἡ ἔνδειξις τοῦ ὁποίου εἶναι 0,5 A. γ) Πηνίον, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ παραγομένη θερμότης ἀκολουθεῖ τὸν ρυθμὸν τῶν 50 cal/sec. δ) Δύο πηνία τῶν 50 Ω ἐν σειρᾷ. 'Υπολογίσατε τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν εἰς τὰ ἄκρα τῆς πηγῆς.

('Απ. $R_{ολ}$ = 24,4 Ω.)

49. 'Ηλεκτρικὸς βραστὴρ περιέχει 1000 gr ὕδατος ὑπὸ θερμοκρασίαν 10°C. 'Η ἀντίστασίς του εἶναι 41,8 Ω καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 3 A. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται ἵνα ἀχθῇ τὸ ὕδωρ εἰς τὴν θερμοκρασίαν 100 °C, ἐὰν ὅλη ἡ θερμότης χρησιμοποιῆται πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον.

('Απ. t = 1000 sec.)

50. Δίδεται θερμιδόμετρον, θερμοχωρητικότητος 210 cal/grad, τὸ ὁποῖον ἔχει μιὰν σταθερὰν θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τοῦ περιβάλλοντος. 'Η θερμότης παρέχεται ἀπὸ ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν 4 Ω. 'Εὰν διακοπῇ τὸ ρεῦμα, τὸ θερμιδόμετρον χάνει 2 grad/min. Ζητεῖται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος. (Πανεπιστήμιον 'Αθηνῶν. Φυσικομαθηματικὴ Σχολή. Τμῆμα Φυσικόν, 1960.) ('Απ. i = 2,7 A.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

51. Ζητεῖται νὰ προσδιορισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον παρέχει ἐπὶ ἀντιστάσεως 2,4 Ω στήλη τῆς ὁποίας ἡ ΗΕΔ εἶναι 2 V καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις 0,1 Ω. Ζητεῖται ὡσαύτως νὰ προσδιορισθῇ καὶ νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς στήλης. ('Απ. i = 0,8 A, n = 0,96.)

52. Ποσότης $8 \cdot 10^{25}$ ἠλεκτρονίων διέρχονται εἰς χρόνον 2 min δι' ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 5 Ω ἐμβαπτισμένου ἐντὸς 1700 gr ὕδατος. Ποία ἡ ὕψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ χρόνου τούτου. ('Απ. $\theta_2 - \theta_1 = 9{,}52\ ^{o}C$.)

53. Σίδερο σιδερώματος φέρει ἐπὶ τῆς πλακός του τὰς ἐνδείξεις : 360 W, 120 V. α) Πόση ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ κατὰ τὴν κανονικὴν λειτουργίαν. β) Πόση ἡ ἀντίστασίς του ἐν θερμῷ, δηλαδὴ κατὰ τὴν λειτουργίαν. γ) Πόση ἡ δαπάνη λειτουργίας ἐπὶ 2 ὥρας ὅταν τὸ 1 kWh τιμᾶται 1,50 δραχμάς. δ) Ἡ ἀντίστασις θερμάνσεως εἶναι ταινία ἐπίπεδος ἀπὸ χρωμονικελίνην, εἰδικῆς ἀντιστάσεως 110 μΩ · cm καὶ τομῆς 0,99 mm². Πόσον εἶναι τὸ μῆκος της. ('Απ. α' i = 3 A, β' R = 40 Ω, γ' 1,08 δρχ., δ' 36 m.)

54. Τὸ ρεῦμα μιᾶς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,5 Ω, τροφοδοτεῖ ἐγκατάστασιν φωτισμοῦ περιλαμβάνουσαν 150 λυχνίας πυρακτώσεως, συνδεδεμένας ἐν παραλλήλῳ, ἑκάστη τῶν ὁποίων καταναλίσκει ἰσχὺν 33 W. Ἑκάστη λυχνία λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 V. Ζητοῦνται: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἑκάστην λυχνίαν. β) Ἡ ἀντίστασις ἐν θερμῷ ἑκάστης λυχνίας. γ) Ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ συνόλου τῶν λυχνιῶν. ('Απ. α' i = 0,3 A, β' R = 366,66 Ω, γ' $R_{ολ}$ = 2,44 Ω.)

55. Μία λυχνία πομποῦ χρειάζεται διὰ τὴν λειτουργίαν της τάσιν 42 V καὶ ἔντασιν 22 A. Τὸ δίκτυον τροφοδοτήσεως εἶναι 80 V. Ζητεῖται : α) Ἡ ἀπαιτουμένη προστατευτικὴ ἀντίστασις R. β) Ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς ὑπὸ τῆς λυχνίας. γ) Ποῖον ποσὸν θερμότητος ἀναπτύσσεται εἰς τὴν προστατευτικὴν ἀντίστασιν διὰ χρόνον λειτουργίας τοῦ πομποῦ 3 ὡρῶν. (Σχολὴ Ἰκάρων, 1956). ('Απ. α' R = 1,73 Ω, β' N = 924 W, γ' Q = 2170 kcal.)

56. Ἠλεκτρικὸς κλίβανος θερμαίνεται δι' ἀντιστάσεων 60 Ω καὶ 30 Ω, αἱ ὁποῖαι συνδέονται πρῶτον ἐν σειρᾷ καὶ δεύτερον ἐν παραλλήλῳ, πρὸς δίκτυον 220 V. Νὰ εὑρεθῇ ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις, ὡς καὶ ἡ δαπάνη διὰ τὴν ἐπὶ 5 ὥρας λειτουργίαν, κατὰ τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν εἶναι μεγαλυτέρα ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς, ὅταν ἡ κιλοβατώριον τιμᾶται 1000 δραχμάς. (Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Ἰατρικὴ Σχολή. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1953). ('Απ. N_1 = 0,538 kW, N_2 = 2,42 kW, 12 100 δρχ.)

57. Μονωμένη ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις 2778 Ω εἶναι βυθισμένη ἐντὸς δοχείου περιέχοντος 600 gr ὕδατος καὶ ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται ἀπὸ 25°C εἰς 65°C. Νὰ εὑρεθῇ ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς εἰς Watt καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ τάσις ἡ ἐφαρμοζομένη εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως (4,2 Joule = 1 cal). (Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Τμῆμα Ὀδοντιατρικόν, 1957). ('Απ. N = 28 W, U = 279 V.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

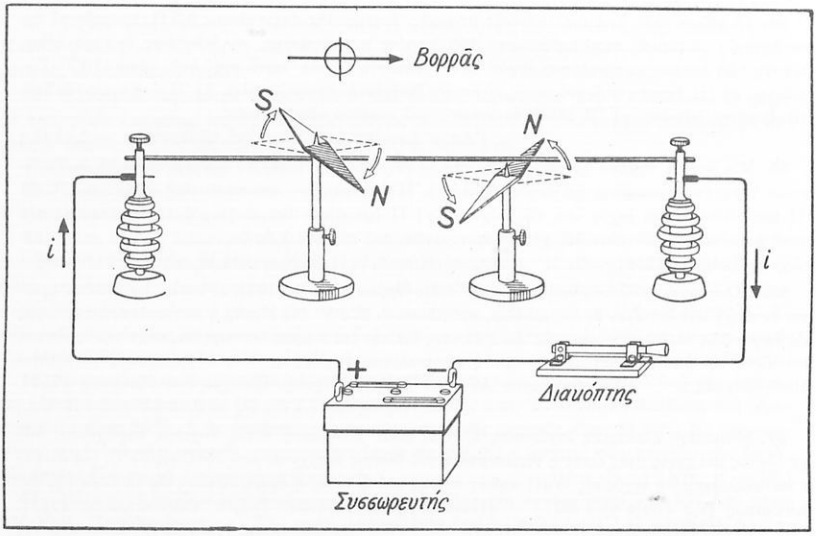
I. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Τὸ κεφάλαιον τοῦ Ἠλεκτρομαγνητισμοῦ ἐξετάζει κυρίως τὸ φαινόμενον τῆς δημιουργίας μαγνητικοῦ πεδίου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἢ γενικώτερον ὑπὸ ἠλεκτρικῶν φορτίων εὑρισκομένων ἐν κινήσει. Ἐπίσης ἐξετάζει τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται κατὰ τὴν ἀλληλεπίδρασιν ρευμάτων καὶ μαγνητῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

120. Πείραμα τοῦ Oersted (Ἔρστεντ). Εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦ Μαγνητισμοῦ ἐσπουδάσαμεν τὸ μαγνητικὸν πεδίον τὸ δημιουργούμενον ὑπὸ μονίμων μαγνητῶν μὲ τὴν παραδοχὴν ἑνὸς ἀνυπάρκτου μεγέθους, τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ.

Μέχρι τοῦ 1819 δὲν ἦτο γνωστὸν ὅτι ὑπάρχει στενὴ σχέσις μεταξὺ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ γενικώτερον μεταξὺ ἠλεκτρικῶν καὶ μαγνητικῶν φαινομένων. Πρῶτος, ὁ ὁποῖος ἀνεκάλυψε τὴν σχέσιν ταύτην ἦτο ὁ Δανὸς Φυσικὸς **Oersted**, διὰ τοῦ κλασσικοῦ πειράματος τῆς ἐκτροπῆς τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, γενόμενος οὕτως ἱδρυτὴς ἑνὸς νέου κλάδου τῆς Φυσικῆς ἐπιστήμης, τοῦ Ἠλεκτρομαγνητισμοῦ.

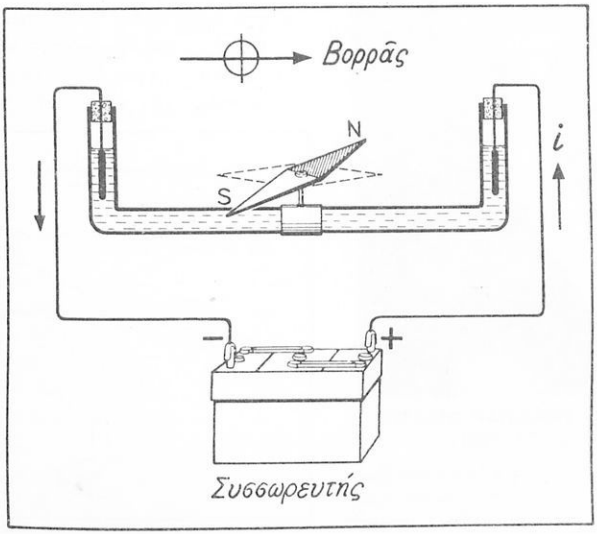


Σχ. 198. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐκτρέπεται τῆς ἀρχικῆς της διευθύνσεως, ὅταν ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἡ πειραματικὴ διάταξις τοῦ Oersted δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 198, ὅπου, ἄνωθεν ἢ κάτωθεν μαγνητικῆς βελόνης NS, ἰσορροπούσης ἐκ βορρᾶ πρὸς νότον, τίθεται ὁριζοντίως εὐθὺ χάλκινον σύρμα, ὅτε τοῦτο, ἐπειδὴ ὁ χαλκὸς δὲν εἶναι μαγνητικὸν σῶμα, οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἔχει ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἐὰν ὅμως διὰ τοῦ σύρματος διαβιβάσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐκτρέπεται ἀμέσως ἀπὸ τῆς θέσεως ἰσορροπίας τείνουσα νὰ καταστῇ κάθετος πρὸς τὸ σύρμα, ἐξ οὗ δεικνύεται ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ διαρρέον ἕνα ἀγωγόν, δημιουργεῖ πέριξ τοῦ ἀγωγοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Ἐὰν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, ἀντιστρέφεται καὶ ἡ ἐκτροπὴ τῆς βελόνης.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ἐπενέργεια ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν ἐμφανίζεται μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ ἢ ἄλλως τῆς μεταλλικῆς ἀγωγιμότητος, ἀλλὰ καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ἠλεκτρολυτικῆς ἀγωγιμότητος, ὡς π.χ. εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 199, ὅπου, ὅταν διὰ σωλῆνος περιέχοντος ὀξυνισθὲν ὕδωρ διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, διοχετευόμενον διὰ τῶν δύο ἐκ λευκοχρύσου ἠλεκτροδίων, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελόνη ἐκτρέπεται ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας της. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρατηρεῖται καὶ ὅταν τὸ ρεῦμα διέρχεται δι' ἀερίου ἀγωγοῦ, ὡς π.χ. διὰ σωλῆνος λαμπτῆρος φθορισμοῦ.



Σχ. 199. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐκτρέπεται τῆς ἀρχικῆς της διευθύνσεως, ὅταν διὰ τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

121. Διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Προκειμένου περὶ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 198, διὰ νὰ καθορίσωμεν τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀρκεῖ νὰ ἐξακριβώσωμεν κατὰ ποίαν διεύθυνσιν ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Τὴν ἐκτροπὴν τοῦ βορείου πόλου τῆς μαγνητικῆς βελόνης δίδει ὁ εἰς τὸ σχῆμα 200 μνημονικὸς κανών, ὁ ὁποῖος καλεῖται κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός. Τοποθετοῦμεν δηλαδὴ τὴν παλάμην τῆς δεξιᾶς χειρός, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὸν ἀγωγὸν τὸν ὑπερκείμενον τῆς μαγνητικῆς βελόνης, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῶν δακτύλων. Τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. Ἂν ὁ ἀγωγὸς εὑρίσκεται κάτωθεν τῆς βελόνης, τότε ἡ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

παλάμη πρέπει νὰ ἀναστραφῇ, ὥστε νὰ βλέπῃ πρῶτα τὸν ἀγωγὸν καὶ εἶτα τὴν βελόνην.

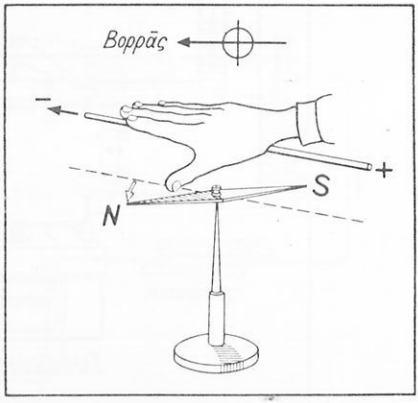
Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος ἐπιδιώκει νὰ προσανατολίσῃ τὴν βελόνην καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀγωγοῦ ἢ τοῦ ρεύματος. Ὁ κάθετος ὅμως αὐτὸς προσανατολισμὸς δὲν πραγματοποιεῖται, διότι ἐκτὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν καὶ τὴν σταθερῶς ἀντιδρῶσαν ἐπίδρασιν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου, ὁπότε προκύπτει συνισταμένη διεύθυνσις.



HANS CHRISTIAN OERSTED
(1777 - 1851)

Δανὸς Φυσικός. Ἀνεκάλυψε τυχαίως τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πρὸς τιμήν του ἐδόθη ἡ ὀνομασία του εἰς τὴν μονάδα ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἐκ τῆς πειραματικῆς διατάξεως τοῦ Oersted συνάγομεν ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τοῦ βορείου πόλου τῆς μαγνητικῆς βελόνης, διὰ



Σχ. 200. Ἐπεξήγησις τοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρός.

σταθερὰν ἀπόστασιν αὐτῆς ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ, εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸν ἀγωγὸν εἶναι μεγαλυτέρα καὶ ἐπομένως δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν, διὰ τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου ὑπὸ εὐθυγράμμου ρεύματος, ὅτι ἰσχύουν τὰ ἀκόλουθα.

Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ἐντάσεως H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος, ἡ δὲ διεύθυνσις τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος.

Τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ δημιουργουμένου ὑπὸ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ἐπὶ μαγνητικῆς βελόνης δυνάμεθα νὰ ἐνισχύσωμεν ἐὰν κάμψωμεν τὸν ἀγωγόν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίσωμεν ὀρθογώνιον πλαίσιον. Ἐὰν τοῦτο τοποθετηθῇ κατακορύφως εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, εἰς δὲ τὸ κέντρον αὐτοῦ τοποθετήσωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην, τότε τὸ ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον διήρχετο διὰ τοῦ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, προκαλεῖ μεγαλυτέραν ἀπόκλισιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης, διότι, ὡς εἶναι εὔκολον νὰ δειχθῇ, αἱ ἐπενέργειαι ὅλων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

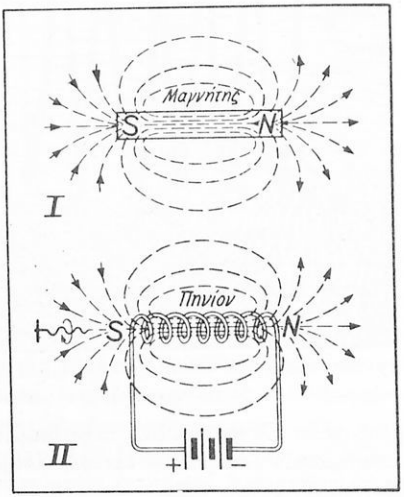
τῶν πλευρῶν τοῦ πλαισίου ἐπὶ τῶν βορείων πόλων τῆς μαγνητικῆς βελόνης προστίθενται. Ἡ διάταξις αὕτη ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς κατασκευῆς ἠλεκτρικῶν ὀργάνων.

122. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων. Τὸ περιγραφὲν πείραμα τοῦ Oersted ἀποδεικνύει ὅτι, περὶ ἀγωγὸν διαρρεόμενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, δημιουργεῖται μαγνητικὸν πεδίον. Συνεπῶς τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς μετακινήσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων. Ἡ μετακίνησις αὕτη εἰς ρευματοφόρον μεταλλικὸν ἀγωγὸν λαμβάνει τὴν μορφὴν ὁμαδικῆς κυκλοφορίας τοῦ νέφους τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων καὶ ἐκδηλοῦται ὡς ἠλεκτρονικὸν ρεῦμα, ἐνῷ εἰς ἠλεκτρολύτην ἢ ἰονισθὲν ἀέριον συνίσταται εἰς τὴν κίνησιν τῶν ἰόντων αὐτῶν.

Τὰ μαγνητικὰ πεδία τῶν μονίμων μαγνητῶν ἐξηγοῦνται ἐκ τοῦ ὅτι τὰ ὑπάρχοντα ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα δὲν σχηματίζουν βεβαίως ἐξωτερικῶς κύκλωμα ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, περιστρέφονται ἐντὸς τῶν διαστάσεων τῶν ἀτόμων τοῦ ὑλικοῦ, σχηματίζοντα τοιουτοτρόπως ἴδια στοιχειώδη ρεύματα, τὰ μαγνητικὰ πεδία τῶν ὁποίων προστίθενται, ὑπὸ ὡρισμένας καταλλήλους συνθήκας, καὶ οὕτως ὁ μόνιμος μαγνήτης ἐκδηλώνει ἐξωτερικῶς ἰσχυρὰς μαγνητικὰς δράσεις (βλ. § 25).

123. Σωληνοειδές. Ἐὰν ἀγωγός, π.χ. ἐκ χαλκοῦ, περιελιχθῇ περὶ κύλινδρον κατὰ τρόπον ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 201, II, τότε τὸ προκῦπτον σύστημα λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ **σωληνοειδὲς (ἢ πηνίον)**. Ἐὰν διὰ σωληνοειδοῦς διαβιβάσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι δημιουργεῖται ἐντὸς καὶ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον.

Τὸ θεωρητικὸν φάσμα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 201, II, ἐνῷ τὸ σχῆμα 202 δεικνύει τὸ πειραματικὸν φάσμα, πραγματοποιούμενον τῇ βοηθείᾳ ρινισμάτων σιδήρου, διασκορπιζομένων ἐπὶ ὁριζοντίου χαρτονίου, διατεταγμένου ἐν σχέσει πρὸς τὸ σωληνοειδές, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, ἤτοι συμπίπτοντος μετά τινος ἐπιπέδου, διερχομένου διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς.



Σχ. 201. Συγκριτικὴ διάταξις μαγνητικῶν γραμμῶν ραβδομόρφου μαγνήτου (I) καὶ σωληνοειδοῦς (II) διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν φασμάτων τούτων πρὸς τὸ φάσμα μαγνητικῆς ράβδου, παρατηροῦμεν ὅτι, εἰς τὸν ἔξω χῶρον, τὰ δύο φάσματα ὁμοιάζουν, ἄρα τὸ σωληνοειδὲς συμπεριφέρεται εἰς τὸν ἔξω χῶρον ὡς εὐθὺς μαγνήτης παρουσιάζων δύο πόλους κατὰ τὰ δύο ἄκρα αὐτοῦ.

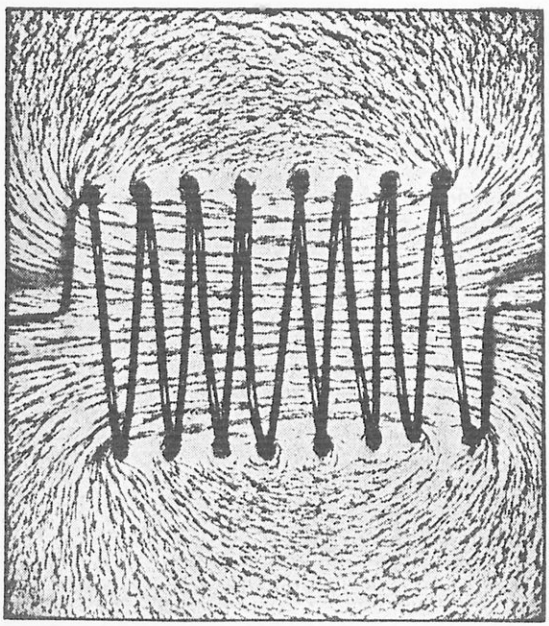
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐξ ἄλλου τὸ ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς μαγνητικὸν πεδίον εἶναι, διὰ μακρὸν σωληνοειδές, ὁμογενές.

Τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν σωληνοειδοῦς, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, δεικνύομεν ἐὰν ἐξαρτήσωμεν τὸ σωληνοειδὲς καταλλήλως, ὁπότε τοῦτο προσανατολίζεται ἀφ' ἑαυτοῦ κατὰ τὴν ἐκ βορρᾶ πρὸς νότον διεύθυνσιν, ἀκριβῶς ὡς ἡ μαγνητικὴ βελόνη.

Τὸ πρὸς βορρᾶν ἐστραμμένον ἄκρον τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελεῖ τὸν βόρειον πόλον, ἐνῷ τὸ ἕτερον τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

Τὸν ὡς ἄνω προσανατολισμὸν σωληνοειδοῦς δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 203 εἰκονιζομένης ἁπλουστάτης διατάξεως. Ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον προσαρμόζεται ἐπὶ τεμαχίου ἐκ φελλοῦ. Τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐκ Zn καὶ Cu τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου συνδέονται πρὸς τὰ δύο ἄκρα σωληνοειδοῦς στηριζομένου ἐπὶ τοῦ φελλοῦ. Ἐὰν ἤδη ἐμβαπτίσωμεν τὸ μετὰ φελλοῦ στοιχεῖον ἐντὸς δοχείου πλήρους ὕδατος μετὰ ἀραιοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος, τότε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σύστημα ἐπιπλέει. Ἐπειδὴ δὲ ἐξ ἄλλου τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, τὸ σωληνοειδὲς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ προσανατολίζεται ἀφ' ἑαυτοῦ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ἐκ Βορρᾶ πρὸς Νότον, ἀκριβῶς ὅπως ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Ἐὰν μάλιστα εἰς τὸ πρὸς Βορρᾶν ἐστραμμένον ἄκρον τοῦ σωληνοειδοῦς πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον μαγνητικῆς ράβδου, παρατηροῦμεν ἄπωσιν, ἐνῷ ἐὰν πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς ράβδου, παρατηροῦμεν ἕλξιν.



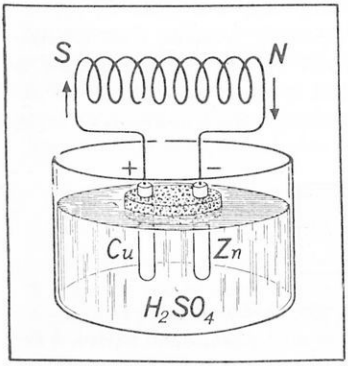
Σχ. 202. Μαγνητικὸν πεδίον εἰς τὸ ἐσωτερικὸν καὶ τὸ ἐξωτερικὸν σωληνοειδοῦς. Ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς τὸ πεδίον εἶναι ὁμογενές.

Αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ εἰσέρχονται διὰ τοῦ νοτίου πόλου αὐτοῦ. Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φορᾶς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Πράγματι, ἐὰν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος,

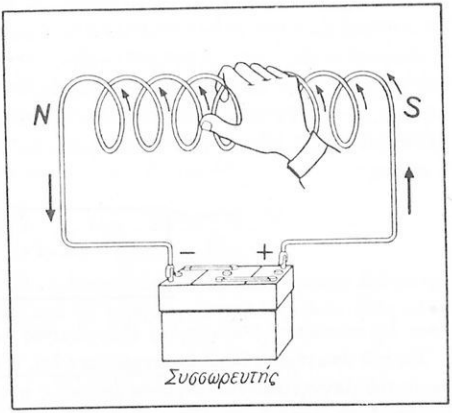
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βλέπομεν ὅτι τὸ σωληνοειδὲς περιστρέφεται ἀφ' ἑαυτοῦ κατὰ 180^0, ὁπότε πάλιν ἰσορροπεῖ ἐντὸς τοῦ γηΐνου πεδίου.

Ὑπάρχουν πολλοὶ κανόνες πρὸς καθορισμὸν τῶν πόλων σωληνοειδοῦς, καὶ ἑπομένως τῆς φορᾶς τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν αὐτοῦ, ἐκ τῶν ὁποίων ἀναφέρομεν τοὺς ἀκολούθους: α) Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός. Οὗτος δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 204. β) Κανὼν τοῦ ἐκπωματιστοῦ. Τοποθετοῦμεν δεξιόστροφον κοχλίαν (ἐκπωματιστήν), εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἄξων αὐτοῦ νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὸν



Σχ. 203. Ὅταν τὸ ἐπιπλέον πηνίον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, διατίθεται, ὥστε ὁ ἄξων αὐτοῦ νὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου.



Σχ. 204. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός. Ὅταν ἡ διεύθυνσις τῶν δακτύλων καθορίζῃ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος εἰς τὰς σπείρας τοῦ πηνίου, ὁ ἀντίχειρ δεικνύει τὸν βόρειον πόλον τοῦ σωληνοειδοῦς.

ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 201, Η) καὶ περιστρέφομεν αὐτὸν κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος εἰς τὰς σπείρας τοῦ σωληνοειδοῦς, ὅτε ἡ διεύθυνσις κατὰ τὴν ὁποίαν μετατοπίζεται ὁ κοχλίας δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς. Ἡ περιοχὴ τοῦ σωληνοειδοῦς ἐκ τῆς ὁποίας ἐξέρχονται αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἶναι ὁ βόρειος πόλος αὐτοῦ.

124. Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν μακροῦ σωληνοειδοῦς (πηνίου) ἐν τῷ κενῷ. Ἐκ τῆς μελέτης γενικῶς τῶν μαγνητικῶν φασμάτων, τῆς πυκνότητος τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, καθὼς καὶ ἐκ πειραματικῶν δεδομένων, ὡς ἐπὶ παραδείγματι ἐκ τῆς ἕλξεως μικροῦ τεμαχίου σιδήρου ὑπὸ πηνίου διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐντάσεως i, διαπιστοῦται ὅτι:

«Ἡ ἔντασις τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, εἰς τὸ ἐσωτερικὸν μακροῦ πηνίου καὶ περὶ τὸν ἄξονα αὐτοῦ, εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως i, τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον ρεύματος καὶ τοῦ ἀριθμοῦ N τῶν σπειρῶν αὐτοῦ καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος l τοῦ πηνίου, ἐνῷ ἐξ ἄλλου εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς μορφῆς καὶ τοῦ μεγέθους τῆς τομῆς τοῦ πηνίου».

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

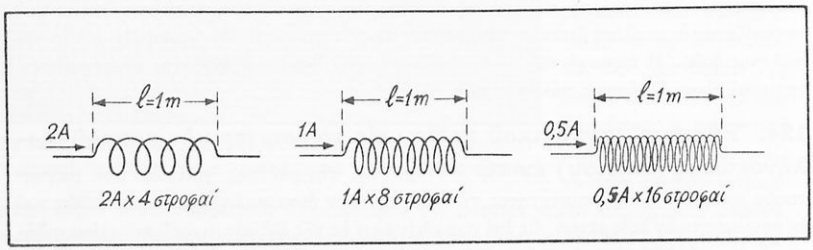
Ὑπὸ τὸν ὅρον μακρὸν πηνίον, ἐννοοῦμεν πηνίον, τοῦ ὁποίου ἡ διατομὴ εἶναι μικρὰ ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος του. Οὕτω, πηνίον 200 σπειρῶν περιελιγμένον ἐπὶ κυλίνδρου ἐκ λεπτοῦ χαρτονίου, μήκους 40 cm, παράγει μαγνητικὸν πεδίον τῆς αὐτῆς ἐντάσεως πρὸς πηνίον τοῦ αὐτοῦ μήκους, 200 ἐπίσης σπειρῶν, μικροτέρας ἢ μεγαλυτέρας διαμέτρου, ἀρκεῖ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος νὰ διατηρήσῃ καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τὴν αὐτὴν τιμήν.

Συμπεραίνομεν ὅθεν ὅτι: «Ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν μακροῦ πηνίου καὶ περὶ τὸν ἄξονα αὐτοῦ, ἡ κατὰ συνθήκην, ὁ ἀριθμὸς τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου, ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας, ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς γενεσιουργοῦ αἰτίας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, δηλαδὴ ἐκ τῆς ἐντάσεως i τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ ἐκ τοῦ λόγου τοῦ ἀριθμοῦ N τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου, πρὸς τὸ μῆκος l αὐτοῦ. Τὸ τελευταῖον δέ, διότι, ἂν αἱ αὐταὶ σπεῖραι κατανεμηθοῦν εἰς μεγαλύτερον μῆκος, τότε ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ μειοῦται ἀναλόγως». Κατὰ συνέπειαν θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις:

$$\mathcal{H} = k \cdot i \cdot \frac{N}{l} \qquad (1)$$

ὅπου k, συντελεστὴς ἀναλογίας ἐξαρτώμενος ἐκ τῶν μονάδων.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου παρατηροῦμεν ὅτι, διὰ τὸ αὐτὸ μῆκος l τοῦ πηνίου, ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, οὖσα ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον $i \cdot N$, δὲν μεταβάλλεται ἐφ' ὅσον τοῦτο διατηρεῖται σταθερόν. Οὕτως, ἐὰν εἰς μίαν περίπτωσιν ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος ἰσοῦται πρὸς 2 A αἱ δὲ σπεῖραι ἀνέρχονται εἰς 4, εἰς δὲ ἄλλην ἡ ἔντασις ἰσοῦται πρὸς 1 A καὶ αἱ σπεῖραι εἶναι 8, ἐνῷ εἰς τρίτην περίπτωσιν ἡ ἔντασις εἶναι ἴση πρὸς 0,5 A αἱ δὲ σπεῖραι 16, ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου οὐδόλως ἐπηρεάζεται ὅταν τὰ πηνία ἔχουν τὸ αὐτὸ μῆκος l ἔστω ἴσον πρὸς 1 m (σχ. 205).



Σχ. 205. Διὰ τὴν ἐπεξήγησιν τῶν ἀμπεροστροφῶν.

Τὸ γινόμενον τοῦτο τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου, ἔχει, συνεπῶς, ἰδιάζουσαν σημασίαν καὶ καλεῖται **ἀριθμὸς ρευματοστροφῶν,** ἢ, ἐὰν ἡ ἔντασις ἐκφράζεται εἰς Ἀμπέρ, ὡς γίνεται εἰς τὴν πρᾶξιν, **ἀριθμὸς ἀμπεροστροφῶν.** Τοῦτο διότι προκύπτει ἐκ πολλαπλασιασμοῦ τῆς ἐντάσεως τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρεύματος εἰς Ἀμπὲρ μετὰ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν, δηλαδὴ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Πράγματι εἶναι :

$$2\,\text{A} \cdot 4\ \text{στρ.} = 1\,\text{A} \cdot 8\ \text{στρ.} = 0{,}5\,\text{A} \cdot 16\ \text{στρ.} = 8\ \text{ἀμπεροστροφαὶ/μέτρον.}$$

Πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου (Σύστημα MKSA). Ἐκ τοῦ τύπου (1), ἂν τεθῇ $i = 1\,\text{A}$, $N = 1$ στροφὴ (ἤτοι 1 σπεῖρα) καὶ $l = 1\,\text{m}$ (ἢ $N/l = 1$ στροφὴ ἀνὰ μέτρον) τότε ὁρίζεται, διὰ $k = 1$, ἡ μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σύστημα MKSA, καλουμένη : **ἀμπεροστροφὴ ἀνὰ μέτρον.**

Οὕτω λέγομεν ὅτι, **«εἰς τὸ ἐσωτερικὸν μακροῦ σωληνοειδοῦς, ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἰσοῦται πρὸς μίαν ἀμπεροστροφὴν ἀνὰ μέτρον, ὅταν τὸ σωληνοειδὲς διαρρέεται ἐντὸς τοῦ κενοῦ ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 A καὶ ἀνὰ τρέχον μέτρον αὐτοῦ ἀντιστοιχεῖ μία σπεῖρα (στροφή)».**

Ἐπειδὴ πηνίον μὲ μίαν σπεῖραν ἀνὰ cm εἶναι προφανῶς 100 φορὰς πυκνοτέρας περιελίξεως ἀπὸ πηνίον μὲ μίαν σπεῖραν ἀνὰ m, ἔπεται ὅτι :

$$1\ \frac{\text{ἀμπεροστροφὴ}}{\text{cm}} = 100\ \frac{\text{ἀμπεροστροφαὶ}}{\text{m}}$$

Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐκφράζεται εἰς ἀμπεροστροφὰς ἀνὰ μέτρον, ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος εἰς Ἀμπὲρ καὶ τὸ μῆκος τοῦ σωληνοειδοῦς l εἰς μέτρα, ὁ τύπος (1) λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$\boxed{\mathcal{H} = i \cdot \frac{N}{l}} \qquad (2)$$

Μεταξὺ τῶν μονάδων ἀμπεροστροφὴ ἀνὰ μέτρον καὶ Oersted, εὑρίσκεται ὅτι ὑφίστανται αἱ σχέσεις :

$$1\ \text{Oersted} = \frac{10^3}{4\pi}\ \frac{\text{ἀμπεροστροφαὶ}}{\text{m}} = 79{,}6\ \frac{\text{ἀμπεροστροφαὶ}}{\text{m}}$$

$$1\ \frac{\text{ἀμπεροστροφὴ}}{\text{m}} = \frac{4\pi}{10^3}\ \text{Oersted} = 0{,}01256\ \text{Oersted.}$$

Ἐὰν θέλωμεν ὁ τύπος (2) νὰ δίδῃ τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς Oersted, ἐνῷ ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος νὰ ἐκφράζεται εἰς Ἀμπὲρ καὶ τὸ μῆκος τοῦ πηνίου εἰς ἑκατοστόμετρα, θὰ ἔχωμεν :

$$\boxed{\mathcal{H}_{\text{Oe}} = 4\pi \cdot \frac{i}{10} \cdot \frac{N}{l}} \qquad (3)$$

Παρατήρησις. Ἐκ τοῦ τύπου (3) φαίνεται ὅτι, ἐὰν ἐγκλείσωμεν τὸν ἀριθμητικὸν συντελεστὴν $1/10$ εἰς τὴν τιμὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, δυνάμεθα νὰ εἰσαγάγωμεν μίαν νέαν μονάδα ἐντάσεως ρεύματος 10πλασίαν τῆς μονάδος Ἀμπέρ, ὁπότε ἡ σχέσις (3) γράφεται ἐπὶ τὸ ἁπλούστερον :

$$\mathcal{H}_{\text{Oe}} = 4\pi \cdot i^* \cdot \frac{N}{l} \qquad (4)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ νέα αὐτὴ μονὰς ἐντάσεως ρεύματος καλεῖται **ἠλεκτρομαγνητικὴ μονὰς ἐντάσεως ρεύματος (1 ΗΜΜ - ἐντάσεως ρεύματος)** καὶ ἰσοῦται ἐξ ὁρισμοῦ πρὸς 10 Ampère, ἤτοι :

1 ΗΜΜ-ἐντάσεως ρεύματος = 10 Ampère.

Δι' ἐφαρμογῆς, ἐξ ἄλλου, τοῦ τύπου (4) εἰς πηνίον μεγάλου μήκους, ὡς πρὸς τὴν διάμετρόν του, καὶ πυκνότητος περιελίξεως μιᾶς σπείρας ἀνὰ cm, διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος 1 ΗΜΜ-ἐντάσεως ρεύματος, εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἐντὸς αὐτοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἰσοῦται πρὸς 4π Oersted.

Περὶ τῆς νέας μονάδος θὰ γίνῃ λόγος ἐκτενέστερον καὶ περαιτέρω (βλ. § 125).

Ὁ τύπος (2) δίδει τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐντὸς μακροῦ σωληνοειδοῦς εἰς τὸ σύστημα MKSA, ὁ δὲ (4) τὴν αὐτὴν ἔντασιν εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Σωληνοειδὲς μήκους 30 cm ἔχει ἐν συνόλῳ 50 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 6 Α. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς Oersted καὶ ἀμπεροστροφὰς ἀνὰ μέτρον καὶ ἀνὰ ἑκατοστόμετρον.

Λύσις. α) Ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. Ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς Oersted ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$H = 4\pi \cdot \frac{i^* \cdot N}{l}$$

ὅπου $i^* = 6\ A = 0{,}6$ ΗΜΜ – ἐντάσεως ρεύματος, $N = 50$, $l = 30$ cm. Δι' ἀντικαταστάσεως εὑρίσκομεν :

$$H = 4 \cdot 3{,}14 \cdot \frac{0{,}6 \cdot 50}{30} = \underline{12{,}50 \text{ Oersted.}}$$

β) Σύστημα MKSA. Ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀμπεροστροφὰς/m ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$H = \frac{i \cdot N}{l}$$

ὅπου $i = 6$ A, $n = 50$, $l = 0{,}3$ m. Δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων λαμβάνομεν :

$$\underline{H = 6 \cdot 50/0{,}3 = 1000 \text{ ἀμπεροστροφαὶ/m} = 10 \text{ ἀμπεροστροφαὶ/cm}}$$

Παρατήρησις. Ἐπειδὴ $12{,}5 \text{ Oersted} = 12{,}5 \cdot \frac{10^3}{4\pi}$ ἀμπεροστροφαὶ/m $= 1000$ ἀμπεροστροφαὶ/m περίπου, ἔπεται ὅτι τὰ εὑρεθέντα εἰς τὰ δύο συστήματα ἀποτελέσματα εἶναι ταυτόσημα.

125. Νόμος τῶν Biot - Savart (Μπιὸ - Σαβάρ). Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου στοιχειώδους εὐθυγράμμου τμήματος ἀγωγοῦ. Οἱ Biot καὶ Savart εἰργάσθησαν πειραματικῶς καὶ ὁ Laplace θεωρητικῶς, διὰ τὴν διατύπωσιν ἑνὸς νόμου γενικωτέρας φύσεως, τῇ βοηθείᾳ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα ἑκάστοτε νὰ ὑπολογίζωμεν τὴν ἔντασιν μαγνητικῶν πεδίων προερχομένων ἀπὸ ἀγωγοὺς ποικίλων σχημάτων, ὅπως π.χ. ἀπὸ εὐθύγραμμον ἀγωγὸν ἀπείρου μήκους, ἁπλὸν κυκλικὸν (ἐπίπεδον) ἀγωγὸν ἢ κυκλικὸν (ἐπίπεδον) πολλῶν σπειρῶν ἢ πηνίον κ.ο.κ.

Πρὸς τοῦτο, ἂς θεωρήσωμεν τυχόντος σχήματος ἀγωγὸν (σχ. 206), διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως i, καὶ ἂς ἐξετάσωμεν εἰς σημεῖον τι P τοῦ χώρου, πλησίον αὐτοῦ, ποία ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται περὶ τὸν ἀγωγόν. Ἐπειδὴ εἰς τὸ σημεῖον P ὑπάρχουν προφανῶς μαγνητικαὶ ἐπιδράσεις, ἀπὸ

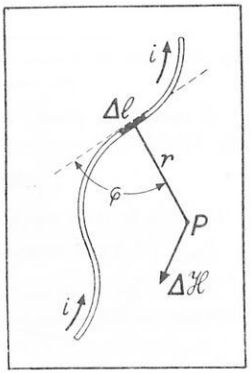
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁλόκληρον τὸν ἀγωγόν, ἀθροίζονται αἱ στοιχειώδεις ἐντάσεις $\Delta\mathcal{H}$ καὶ δίδουν μίαν συνισταμένην ἔντασιν, ἔστω $\mathcal{H}$. Θεωροῦμεν, λοιπόν, μόνον τὸ εὐθύγραμμον καὶ στοιχειῶδες τμῆμα Δl, τὴν ἀπόστασιν r τοῦ τμήματος τούτου ἀπὸ τοῦ σημείου P καὶ τὴν γωνίαν φ, τὴν σχηματιζομένην ἀπὸ τὸ τμῆμα Δl καὶ τὴν ἀπόστασιν r.

Κατὰ τὰ πειράματα τῶν Biot καὶ Savart, ἡ στοιχειώδης δύναμις, ἥτις θὰ ἀσκηθῇ ἐπὶ μαγνητικοῦ πόλου m, ἀχθέντος εἰς τὸ σημεῖον P, θὰ εἶναι $\Delta\mathcal{F} = m \cdot \Delta\mathcal{H}$, ὅπου :

$$\Delta\mathcal{H} = k \cdot \frac{i \cdot \Delta l}{r^2} \cdot \eta\mu\,\varphi \qquad \text{Νόμος τῶν Biot - Savart} \qquad (1)$$

Ἤτοι, **ἡ στοιχειώδης ἔντασις $\Delta\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, εἷς τι σημεῖον P, πλησίον ἀγωγοῦ τινος, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i, ἡ ὀφειλομένη εἰς τὸ στοιχειῶδες τμῆμα Δl τοῦ ἀγωγοῦ, εἶναι : α) ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως i τοῦ ρεύματος, β) ἀνάλογος τοῦ μήκους τοῦ θεωρουμένου ἀντιστοίχου στοιχειώδους τμήματος Δl, γ) ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως r, τοῦ σημείου P ἀπὸ τοῦ στοιχειώδους τμήματος Δl καὶ δ) ἀνάλογος τοῦ ἡμιτόνου τῆς γωνίας, τὴν ὁποίαν σχηματίζει τὸ στοιχειῶδες τοῦτο τμῆμα Δl, μετὰ τῆς ἐπιβατικῆς ἀκτῖνος r.**



Σχ. 206. Διὰ τὴν ἐπεξήγησιν τοῦ νόμου τῶν Biot - Savart.

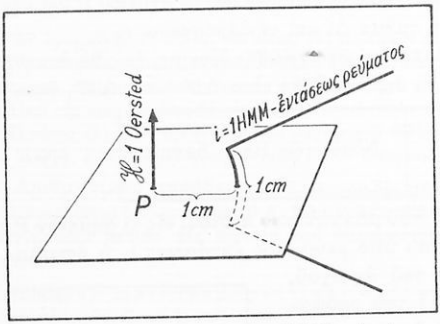
Ὁ συντελεστὴς k, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰς μονάδας, ἡ δὲ σχέσις (1), ἀναφερομένη πολλάκις καὶ ὡς **τύπος τοῦ Laplace**, δὲν πρέπει νὰ συγχέεται πρὸς τὴν δύναμιν κατὰ Laplace, τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς ἑπομένας παραγράφους (βλ. § 136). Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν, ἀκολούθως, τὴν ἔντασιν $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον P, τὴν προερχομένην ἀπὸ ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, πρέπει νὰ προσθέσωμεν διανυσματικῶς ὅλας τὰς στοιχειώδεις ἐντάσεις $\Delta\mathcal{H}$, τὰς προερχομένας ἀπὸ ὅλα τὰ στοιχειώδη τμήματα Δl. Τοῦτο γίνεται μόνον μὲ τὰς μεθόδους τοῦ ὁλοκληρωτικοῦ λογισμοῦ, ὑπάρχουν ὅμως περιπτώσεις, ὅπως ἡ τοῦ κυκλικοῦ ἀγωγοῦ, κατὰ τὰς ὁποίας ἡ ἐν λόγῳ ἄθροισις γίνεται εὐκόλως μὲ τὰς γνώσεις τῶν στοιχειωδῶν μαθηματικῶν.

Ἡ διεύθυνσις τοῦ διανύσματος $\Delta\mathcal{H}$ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁριζόμενον ὑπὸ τοῦ στοιχειώδους τμήματος Δl καὶ τῆς ἐπιβατικῆς ἀκτῖνος r. Τὴν φορὰν τῆς $\Delta\mathcal{H}$ παρέχει δεξιόστροφος κοχλίας, στρεφόμενος ὥστε νὰ προχωρῇ κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ κοχλίου δίδει τὴν φορὰν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων. Τῇ βοηθείᾳ τοῦ νόμου τῶν Biot-Savart, διὰ $k = 1$, ὁρίζεται **ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ μονὰς ἐντάσεως ρεύματος (1 HMM-ἐντάσεως ρεύματος)**, ἡ ὁποία ὁμοῦ μετὰ τῆς ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς τὸν Μαγνητισμὸν ὁρισθείσης μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ ἀποτελεῖ τὴν βάσιν διὰ τὴν θεμελίωσιν ἑτέρου συστήματος μονάδων. Τὸ νέον τοῦτο σύστημα καλεῖται **ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων** καὶ ἐντάσσεται εἰς τὸ σύστημα μονάδων C.G.S. Οὕτως :



Σχ. 207. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς HMM – ἐντάσεως ρεύματος.

«Ἡ HMM - ἐντάσεως ρεύματος ἰσοῦται πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐκείνου, τὸ ὁποῖον διαρρέον ἀγωγὸν ἔχοντα σχῆμα κυκλικοῦ τόξου (σχ. 207), μήκους 1 cm καὶ ἀκτῖνος 1 cm, δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίον, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου εἶναι ἴση πρὸς τὴν μονάδα τῆς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου (1 Oersted)».

Ἡ **πρακτικὴ μονὰς** ἐντάσεως ρεύματος (1 Ampère) ἐλήφθη ἴση πρὸς τὸ 1/10 τῆς HMM-ἐντάσεως ρεύματος. Κατὰ συνέπειαν :

1 HMM-ἐντάσεως ρεύματος = 10 Ampère

Ἐξ ἄλλου, ἐπειδὴ 1 Ampère $= 3 \cdot 10^9$ HΣM - ἐντάσεως ρεύματος, προκύπτει ὅτι :

1 HMM-ἐντάσεως ρεύματος = $3 \cdot 10^{10}$ HΣM-ἐντάσεως ρεύματος

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἕπεται ὅτι ὁ τύπος τῶν Biot-Savart εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων λαμβάνει τὴν μορφήν.

$$\Delta\mathcal{H} = i^* \cdot \frac{\Delta l}{r^2} \cdot \eta\mu\,\varphi$$

ὅπου ἡ $\Delta\mathcal{H}$ ἐκφράζεται εἰς Oersted, ἡ i^* εἰς HMM-ἐντάσεως ρεύματος, τὰ μήκη δὲ εἰς cm.

Ἡ **ἠλεκτρομαγνητικὴ μονὰς φορτίου (1 HMM-φορτίου)** ὁρίζεται ἐκ τῆς σχέσεως $q = i \cdot t$. Οὕτως :

«Ἡ HMM-φορτίου ἰσοῦται πρὸς τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου διά τινος διατομῆς ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως ἴσης πρὸς τὴν HMM-ἐντάσεως ρεύματος». Εἶναι δέ :

1 HMM-φορτίου = 1 HMM – ἐντάσεως ρεύματος $\cdot$ 1 sec $= 3 \cdot 10^{10}$ HΣM – ἐντάσεως ρεύματος $\cdot$ 1 sec $= 3 \cdot 10^{10}$ HΣM – φορτίου = 10 Cb, ἤτοι :

1 HMM-φορτίου = 10 Coulomb

«Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ μονὰς τάσεως (1 HMM - τάσεως), ἰσοῦται πρὸς τὴν τάσιν μεταξὺ δύο σημείων ἐκ τοῦ ἑνὸς τῶν ὁποίων ἂν μεταφερθῇ εἰς τὸ ἕτερον ἡ HMM-φορτίου παράγεται ἔργον ἴσον πρὸς 1 erg». Εἶναι δέ :

1 HMM-τάσεως = 10^{-8} Volt

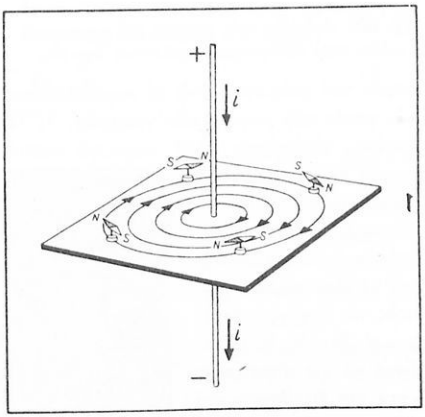
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Σημείωσις. Ἐὰν χρησιμοποιοῦμεν τὸ σύστημα MKSA εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται εἰς Ampère, τὰ μήκη εἰς μέτρα καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀμπεροστροφὰς/m ὁ συντελεστὴς k ἔχει τὴν τιμὴν $1/4\pi$ καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ τύπος τῶν Biot-Savart, λαμβάνει τὴν ὀρθολογισμένην αὐτοῦ μορφήν :

$$\Delta\mathcal{H} = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{i \cdot \Delta l}{r^2} \cdot \eta\mu\varphi$$

Εὐνόητον δὲ ὅτι ἡ σταθερὰ k διατηρεῖ τὴν τιμὴν $1/4\pi$ εἰς ὅλους τοὺς ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως παραγώγους τύπους, ἐφ' ὅσον χρησιμοποιοῦμεν τὸ σύστημα MKSA.

126. Μορφαὶ μαγνητικῶν πεδίων. α) Μαγνητικὸν πεδίον περὶ εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Ὅπως εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μονίμων μαγνητῶν εἰσήχθη ἡ ἔννοια τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (§ 12) ὡς καὶ ἡ ἔννοια τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος, καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ εἰς τὴν σπουδὴν τῶν μαγνητικῶν πεδίων ρευμάτων χρησιμοποιοῦμεν τὰς δύο ἀνωτέρω ἐννοίας.



Σχ. 208. Ὁ εἰς ἑκάστην θέσιν προσανατολισμὸς τῆς μαγνητικῆς βελόνης, εἶναι τοιοῦτος, ὥστε ὁ ἄξων αὐτῆς νὰ συμπίπτῃ μετὰ τῆς ἀντιστοίχου ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς.

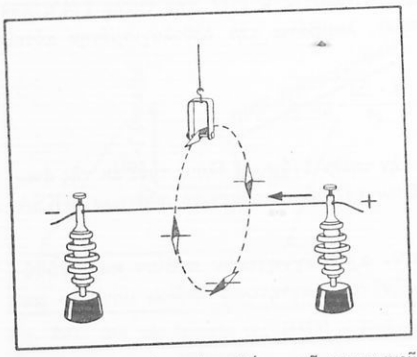
Οὕτω προκειμένου περὶ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ μεγάλου μήκους, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, εἰς τὸν ὁποῖον ὡς φορὰν τοῦ ρεύματος θεωροῦμεν τὴν συμβατικὴν φοράν, δυνάμεθα νὰ χαράξωμεν τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον.

Τοποθετοῦμεν, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 208, ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἀφοῦ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἔχον τὴν ὑπὸ τοῦ βέλους ὑποδεικνυομένην φοράν, μετακινοῦμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην, τιθεμένην ἐπὶ τοῦ χαρτονίου, καὶ χαράσσομεν, ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν μονίμων μαγνητῶν, τὰς μαγνητικὰς γραμμάς. Ἐκ τῆς κατασκευῆς ταύτης παρατηροῦμεν ὅτι αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος εἶναι κλειστάι, δηλαδὴ δὲν ἔχουν οὔτε ἀρχὴν οὔτε τέλος, ἀλλ' ἀποτελοῦν περιφερείας ὁμοκέντρων κύκλων, τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα εἶναι κάθετα ἐπὶ τὸν ἀγωγόν, καὶ τὰ κέντρα των κεῖνται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ.

Τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐξ ἄλλου εὐθυγράμμου ρευματοφόρου ἀγωγοῦ, ὅταν οὗτος διατίθεται ὁριζοντίως, δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν καὶ διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

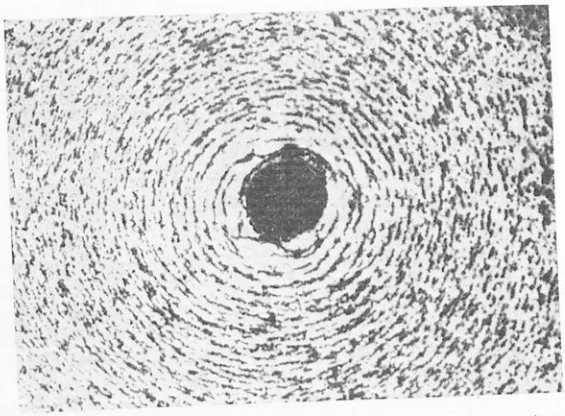
209, ἤτοι διὰ μαγνητικῆς βελόνης, στρεπτῆς περὶ ὁριζόντιον ἄξονα, τὴν ὁποίαν μετακινοῦμεν ἐπὶ κυκλικῆς τροχιᾶς περὶ τὸν ἀγωγόν, παρατηροῦντες τὸν ἑκάστοτε προσανατολισμὸν αὐτῆς.



Σχ. 209. Διάταξις πρὸς μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου περὶ εὐθύγραμμον ὁριζόντιον ἀγωγόν.

Ἐξ ἄλλου, ἐὰν διὰ ρινισμάτων σιδήρου σχηματίσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα, ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν μονίμου μαγνήτου, προκύπτει ἡ εἰκὼν τοῦ σχήματος 210.

Ἡ φορὰ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, καθορίζεται ὑπὸ πολλῶν κανόνων. Ἤτοι : 1) Ἐκ τοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρός, ὁ ὁποῖος περιεγράφη ἀνωτέρω. 2) Κρατοῦμεν τὸν ρευματοφόρον ἀγωγὸν διὰ τῆς δεξιᾶς χειρός, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 211, εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἀντίχειρ νὰ δεικνύῃ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, ἐνῷ οἱ περιβάλλοντες τὸν ἀγωγὸν λοιποὶ δάκτυλοι δεικνύουν τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν. 3) Τοποθετοῦμεν εἰς τὸ σημεῖον (+) ἀπὸ τοῦ ὁποίου εἰσέρχεται τὸ ρεῦμα εἰς τὸν ἀγωγὸν δεξιόστροφον κοχλίαν (ἐκπωματιστήν), καὶ εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἄξων αὐτοῦ νὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ἀγωγόν, στρέφομεν δὲ τὸν κοχλίαν, ὥστε νὰ μετατοπίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος. Ἡ φορὰ περιστροφῆς τοῦ κοχλίου δεικνύει καὶ τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (σχ. 212).



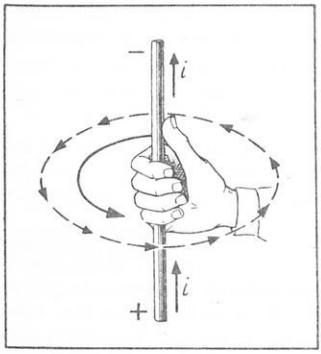
Σχ. 210. Μαγνητικὸν πεδίον περὶ εὐθύγραμμον ρευματοφόρον ἀγωγόν. Φάσμα ληφθὲν ἐπὶ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὸν ἀγωγόν.

Ἐὰν i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸν εὐθύγραμμον ἀγωγὸν καὶ $\mathcal{H}$ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἴς τι σημεῖον τοῦ χώρου, ἀπέχον ἀπόστασιν r ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ, τότε εὑρίσκεται ὅτι :

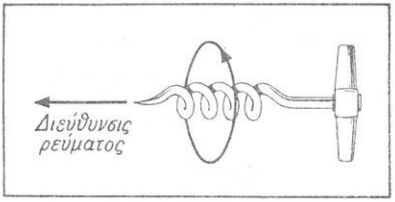
$$\mathcal{H} = k \cdot \frac{2i}{r} \qquad (1)$$

ὅπου k συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἐκ τῶν μονάδων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 211. Μνημονικὸς κανὼν διὰ τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν εὐθυγράμμου ρευματοφόρου ἀγωγοῦ.



Σχ. 212. Κανὼν τοῦ ἐκπωματιστοῦ.

Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων εἶναι $k = 1$ καὶ ὁ ἀνωτέρω τύπος λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$\mathcal{H} = \frac{2\,i^*}{r} \qquad (2)$$

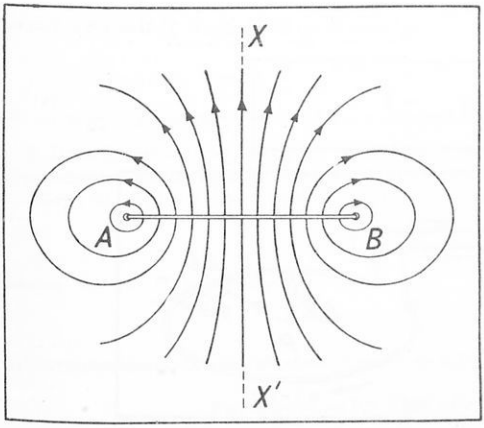
ἐκφράζεται δὲ ἡ $\mathcal{H}$ εἰς Oersted, ἡ i^* εἰς HMM - ἐντάσεως ρεύματος καὶ ἡ r εἰς cm.

Εἰς τὸ σύστημα MKSA εἰς τὸ ὁποῖον $k = 1/4\pi$, ὁ αὐτὸς τύπος γράφεται ὡς ἀκολούθως :

$$\mathcal{H} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{i}{r} \qquad (3)$$

ἐκφράζεται δὲ τὸ i εἰς Ampère καὶ τὸ r εἰς μέτρα.

β) Μαγνητικὸν πεδίον περὶ κυκλικὸν ἀγωγόν. Ρεῦμα διαρρέον κυκλικὸν ἀγωγὸν παρουσιάζει συμμετρίαν ἐκ περιστροφῆς περὶ ἄξονα X′X κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ. Τὴν μορφὴν τοῦ σχηματιζομένου μαγνητικοῦ πεδίου παρέχει τὸ σχῆμα 213.



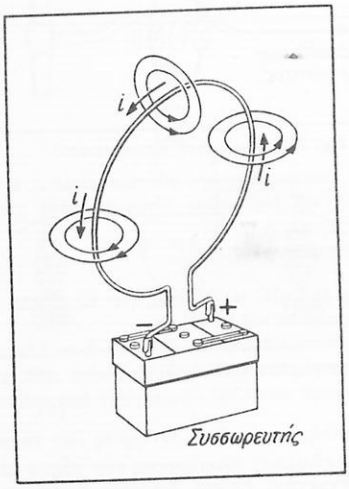
Σχ. 213. Μαγνητικὸν πεδίον πέριξ κυκλικοῦ ρευματοφόρου ἀγωγοῦ. Τομὴ ἐπί τινος ἰσημερινοῦ ἐπιπέδου.

Ἐκ τῆς συμμετρίας ἀπορρέει ὅτι : α) Εἰς πᾶν σημεῖον τοῦ ἄξονος X′X, τὸ διάνυσμα τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἔχει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄξονος. β) Εἰς πᾶν σημεῖον ἐπιπέδου διερχομένου διὰ τοῦ ἄξονος (ἰσημερινὸν ἐπίπεδον), τὸ διάνυσμα τῆς ἐντάσεως κεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου. γ) Ἡ μορφὴ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλα τὰ ἰσημερινὰ ἐπίπεδα. Κατὰ συνέπειαν, διὰ νὰ λάβωμεν εἰκόνα τῆς μορφῆς τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, ἀρκεῖ νὰ σχηματίσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐπὶ τοῦ ὁριζοντίου ἰσημερινοῦ ἐπιπέδου.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰσέρχονται ἐκ τῆς μιᾶς πλευρᾶς τῆς ἐπιφανείας τοῦ κυ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κλικοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξέρχονται ἐκ τῆς ἄλλης διαπερῶσαι ταύτην καὶ περιβάλλουσαι τὸν ἀγωγὸν κατὰ κλειστὰς καμπύλας, αἵτινες ἐγγὺς τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι περιφέρειαι κύκλων (σχ. 214). Τὸ ὅλον φάσμα προσομοιάζει πρὸς τὸ ἀντίστοιχον κυκλικοῦ φύλλου μαγνήτου.



Σχ. 214. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου κυκλικοῦ ρευματοφόρου ἀγωγοῦ περιβάλλουν τὸν ἀγωγὸν κατὰ κλειστὰς καμπύλας.

Ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου τοῦ ἀγωγοῦ, ὑπολογίζεται δὲ εὐκόλως μόνον εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου, ὡς ἀκολούθως.

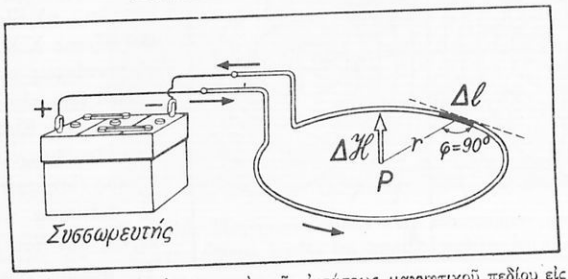
Ἔστω κυκλικὸς ἀγωγός, ἀκτῖνος r, διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i (σχ. 215). Τὸ δημιουργούμενον μαγνητικὸν πεδίον εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ P, θὰ ἔχῃ ἔντασιν $\mathcal{H}$, τῆς ὁποίας ἡ διεύθυνσις εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ κυκλικοῦ ἀγωγοῦ ἡ δὲ φορὰ αὐτῆς εὑρίσκεται βάσει τοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἢ τοῦ δεξιοστρόφου κοχλίου.

Ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως θὰ εἶναι τὸ ἄθροισμα ὅλων τῶν $\Delta\mathcal{H}$, ἤτοι $\sum\Delta\mathcal{H}$, τῶν προκυπτουσῶν ἀπὸ τὰς στοιχειώδεις ἐντάσεις τῶν μαγνητικῶν πεδίων τῶν ὀφειλομένων εἰς ὅλα τὰ στοιχειώδη τμήματα Δl. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ γωνία φ, δι' οἱονδήποτε Δl εἶναι πάντοτε 90°, ἡ δὲ ἀπόστασις r δι' οἱονδήποτε Δl πάντοτε σταθερά, ἔπεται ὅτι :

$$\mathcal{H} = \sum\Delta\mathcal{H} = k \cdot i \cdot \frac{\sum\Delta l}{r^2} \cdot \text{ημ } 90^0$$

ἐφ' ὅσον δὲ ημ $90^0 = 1$ καὶ $\sum\Delta l = 2\pi r$, ἔχομεν :

$$\mathcal{H}_{κυκλ} = k \cdot i \cdot \frac{2\pi}{r} \qquad (4)$$



Σχ. 215. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον κυκλικοῦ ρευματοφόρου ἀγωγοῦ.

Διὰ N λεπτοὺς κυκλικοὺς ἀγωγούς, ἕκαστος τῶν ὁποίων περιβάλλει τὸν προηγούμενον του, μέσης ἀκτῖνος r, προκύπτει κατὰ προσέγγισιν :

$$\mathcal{H} = k \cdot i \cdot \frac{2\pi \cdot N}{r} \qquad (5)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐπειδὴ διὰ τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων εἶναι $k = 1$, οἱ ἀνωτέρω τύποι λαμβάνουν τὴν μορφήν :

$$\mathcal{H} = \frac{2\pi \cdot i^*}{r} \quad (6) \quad \text{καὶ} \quad \mathcal{H} = \frac{2\pi \cdot i^* \cdot N}{r} \quad (7)$$

Εἰς τὸ σύστημα MKSA, οἱ αὐτοὶ τύποι, ἕνεκα τοῦ ὅτι $k = 1/4\pi$, γίνονται :

$$\mathcal{H} = \frac{i}{2r} \quad (8) \quad \text{καὶ} \quad \mathcal{H} = \frac{i \cdot N}{2r} \quad (9)$$

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Εὐθύγραμμος ἀγωγός, μεγάλου μήκους, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 10 Α. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ περὶ τὸν ἀγωγὸν μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 1 m ἀπ' αὐτοῦ.

Λύσις: α) Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$H = \frac{2i^*}{r}$$

ὅπου $i^* = 10\ A = 1$ HMM – ἐντάσεως ρεύματος καὶ $r = 1\ m = 100$ cm, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$H = \frac{2 \cdot 1}{100} = 0{,}02\ Oe.$$

β) Εἰς τὸ σύστημα MKSA. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$H = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

ὅπου $i = 10\ A$ καὶ $r = 1$ m, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$H = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{10}{1} \frac{\text{ἀμπεροστροφαὶ}}{\text{m}} = \frac{5}{\pi} \frac{\text{ἀμπεροστροφαὶ}}{\text{m}}$$

Παρατήρησις. Ἐπειδὴ $\frac{5}{\pi} \frac{\text{ἀμπεροστροφαὶ}}{\text{m}} = \frac{5}{\pi} \cdot \frac{4\pi}{1000}\ Oe = 0{,}02\ Oe$, ἕπεται ὅτι τὰ εὑρεθέντα ἀποτελέσματα εἰς τὰ δύο συστήματα εἶναι ταυτόσημα.

2. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς κυκλικὴν σπεῖραν ἀκτῖνος $r = 2\pi$ cm, ὅταν τὸ δημιουργούμενον μαγνητικὸν πεδίον εἰς τὸ κέντρον τῆς σπείρας ἔχῃ ἔντασιν 0,2 Oersted.

Λύσις. α) Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$H = \frac{2\pi \cdot i^*}{r}$$

λύοντες ὡς πρὸς i^*, λαμβάνομεν :

$$i^* = \frac{H \cdot r}{2\pi}$$

δι' ἀντικαταστάσεως δὲ τῶν δεδομένων, ἤτοι, $H = 0{,}2$ Oe καὶ $r = 2\pi$ cm, λαμβάνομεν :

$$i^* = \frac{0{,}2 \cdot 2\pi}{2\pi} = 0{,}2 \text{ HMM - ἐντάσεως ρεύματος}$$

β) Εἰς τὸ σύστημα MKSA. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$H = \frac{i}{2r}$$

λύοντες ὡς πρὸς i λαμβάνομεν

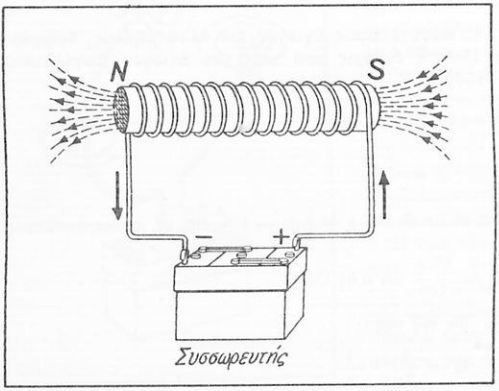
$$i = 2H \cdot r$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι, $H = 0{,}2$ Oe $= 0{,}2 \cdot 1000/4\pi$ ἀμπεροστροφαὶ/m καὶ $r = 2\,\pi$ cm $= 0{,}02\,\pi$ m, ἔχομεν :

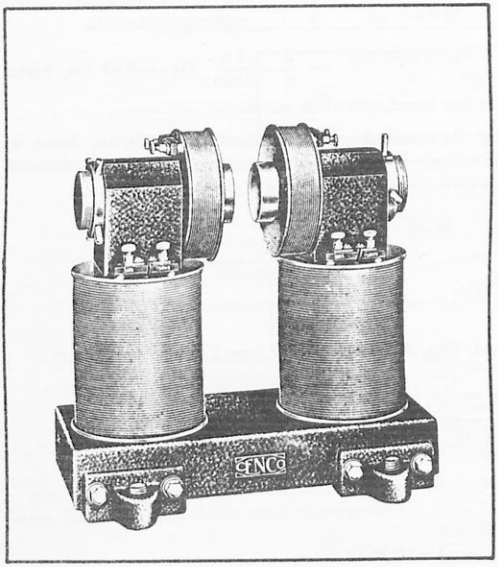
$$i = 2 \cdot 0{,}2 \cdot \frac{1000}{4\,\pi} \cdot 0{,}02\,\pi\,\text{A} = 2\,\text{A}$$

127. Ἠλεκτρομαγνήτης. Ἐὰν ἐντὸς σωληνοειδοῦς (σχ. 216) εἰσαγάγωμεν κύλινδρον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ διαβιβάσωμεν ἀκολούθως διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ μαλακὸς σίδηρος καθίσταται μαγνήτης. Ἐὰν διακόψωμεν τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος, ὁ μαλακὸς σίδηρος πρακτικῶς ἀποβάλλει τὸν μαγνητισμόν του. Σωληνοειδὲς τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφωδιασμένον διὰ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἀποτελεῖ **ἠλεκτρομαγνήτην.**



Σχ. 216. Ἡ πυκνότης τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν εἶναι μεγαλυτέρα ὅταν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς ὑπάρχῃ σιδηροῦς πυρήν.

Ἡ πορεία τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς μετὰ ἢ ἄνευ πυρῆνος εἶναι ἡ αὐτή, δηλαδὴ τὸ πεδίον διατηρεῖ τὴν ὁμοιογένειάν του. Μόνον ἡ πυκνότης τῶν γραμμῶν καθίσταται οὐσιωδῶς μεγαλυτέρα εἰς τὴν περίπτωσιν εἰσαγωγῆς τοῦ σιδήρου, μολονότι δὲν μετεβλήθη οὔτε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, οὔτε ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν, ἤτοι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀμπεροστροφῶν παρέμεινεν ἀμετάβλητος. Ἑπομένως, σωληνοειδὲς μετὰ σιδήρου πυρῆνος εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς σωληνοειδὲς ἄνευ σιδή-



Σχ. 217. Ἐξωτερικὴ ὄψις ἐργαστηριακοῦ ἠλεκτρομαγνήτου συνήθους τύπου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

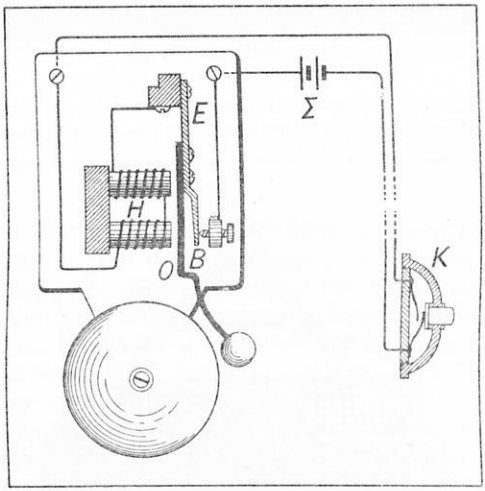
ροῦ πυρῆνος, ἀλλὰ μὲ μεγαλύτερον ἀριθμὸν ἀμπεροστροφῶν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου ἐντὸς πηνίου (σωληνοειδοῦς) δὲν αὐξάνεται μόνον διὰ τῆς αὐξήσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ τῆς αὐξήσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν κατὰ μονάδα μήκους, ἀλλὰ καὶ διὰ τῆς εἰσαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηνίου σιδηροῦ πυρῆνος καὶ ἐπομένως πηνίον μετὰ σιδηροῦ πυρῆνος συμπεριφέρεται ὡς πηνίον ἄνευ σιδηροῦ πυρῆνος, ἀλλὰ μὲ πολὺ ἀνώτερον ἀριθμὸν ἀμπεροστροφῶν. Εἰς τὸ σχῆμα 217 δεικνύεται τύπος ἐργαστηριακοῦ ἠλεκτρομαγνήτου.

Ἡ πολικότης τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν προσδιορίζεται ὡς ἀκολούθως. Τὸ ἄκρον τοῦ πηνίου ἐκ τοῦ ὁποίου εἰσέρχεται τὸ ρεῦμα ἀποτελεῖ τὸν νότιον πόλον τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, τὸ δὲ ἄκρον ἐκ τοῦ ὁποίου ἐξέρχεται τὸν βόρειον.

128. Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ σπουδαιότατον ὄργανον εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς, ἐκ τῶν ὁποίων περιγράφομεν εἰς τὴν παράγραφον ταύτην τὸν ἠλεκτρικὸν κώδωνα καὶ τὸν ἠλεκτρομαγνητικὸν γερανόν, ἐπιφυλασσόμενοι εἰς ἄλλην θέσιν τοῦ βιβλίου τούτου νὰ ἐξετάσωμεν καὶ ἄλλας ἐφαρμογὰς τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου (βλ. κεφ. ΙΔ' Τηλεπικοινωνίαι).

α) Ἠλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ μικροῦ ἠλεκτρομαγνήτου Η σχήματος Π (σχ. 218) στηριζομένου ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ ὀργάνου, ἀποτελουμένης συνήθως ἐκ ξύλου ἢ βακελίτου. Ἔμπροσθεν τῶν δύο πόλων τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει ὁπλισμὸς Ο ἐκ μαλακοῦ σιδήρου προσηρμοσμένος ἐπὶ καταλλήλου ἐλατηρίου Ε, τὸ ὁποῖον κατὰ τὸ ἓν ἄκρον στερεοῦται ἐπὶ τῆς βάσεως τῆς συσκευῆς. Ἐπὶ τοῦ ὁπλισμοῦ εἶναι προσηρμοσμένον πλῆκτρον, τὸ ὁποῖον ὅταν τίθεται εἰς κίνησιν, διὰ τοῦ ἐλευθέρου ἄκρου αὐτοῦ κτυπᾷ τὸν κώδωνα, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται στερεωμένος εἰς τὴν βάσιν τῆς συσκευῆς καὶ οὕτως ὁ κώδων ἠχεῖ. Ὅταν διὰ τῆς συσκευῆς δὲν διέρχεται ρεῦμα, ὁ ὁπλισμὸς ἐφάπτεται τῆς ἀκίδος τοῦ κοχλίου στερεωμένου ἐπὶ τῆς βάσεως τῆς συσκευῆς.

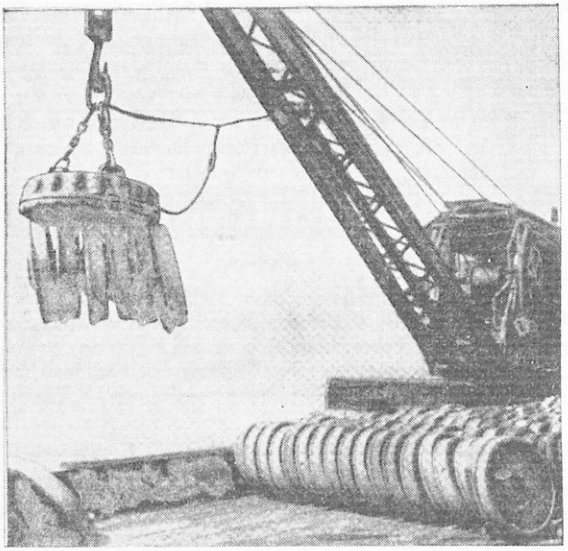


Σχ. 218. Διάταξις διὰ τὴν λειτουργίαν ἠλεκτρικοῦ κώδωνος.

Ὅταν ὅμως συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ ἠλεκτρικοῦ κώδωνος πρὸς πηγὴν ρεύματος Σ, τότε, ἐπειδὴ τὸ κύκλωμα τῆς περιελίξεως τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου εἶναι κλειστόν, ὁ ἠλεκτρομαγνήτης διεγείρεται, ἕλκει τὸν ὁπλισμὸν καὶ τὸ πλῆκτρον πλήττει τὸν κώδωνα. Λόγῳ ὅμως τῆς ἕλξεως τοῦ ὁπλισμοῦ διακόπτεται τὸ κύκλωμα, οὕτω δὲ ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παύει νὰ ἕλκῃ τὸν ὁπλισμόν, ὁ ὁποῖος ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ ἐλατηρίου ἐπανέρχεται ἐκ νέου εἰς τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀρχικήν του θέσιν, κλειομένου ἐκ νέου τοῦ κυκλώματος. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης οὕτω διεγείρεται ἐκ νέου, ἕλκει πάλιν τὸ ὁπλισμὸν καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται τὸ αὐτὸ ὡς καὶ προηγουμένως.

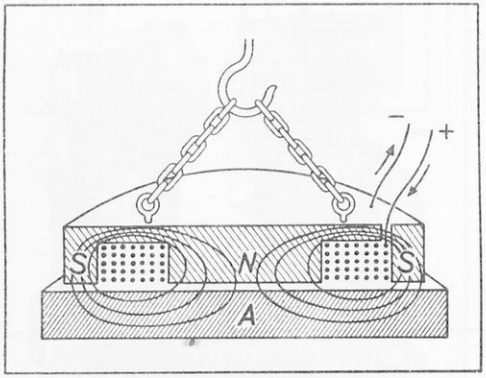


Σχ. 219. Γερανὸς χρησιμοποιῶν ἠλεκτρομαγνήτην πρὸς ἀνύψωσιν βαρέων σιδηρῶν ἀντικειμένων.

Κατὰ συνέπειαν ὅταν οἱ ἀκροδέκται τοῦ κώδωνος εἶναι συνδεδεμένοι μέσῳ διακόπτου Κ πρὸς πηγὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ κλείσωμεν τὸν διακόπτην (διὰ πιέσεως π.χ. τοῦ κομβίου), ὁ κώδων παράγει ἦχον.

β) Ἠλεκτρομαγνητικὸς γερανός. Ἐκ τῶν λοιπῶν ἐφαρμογῶν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἡ εἰκὼν 219 δεικνύει τὴν χρησιμοποίησιν αὐτοῦ εἰς εἰδικὴν ἀνυψωτικὴν διάταξιν (γερανόν).

Οἱ μαγνῆται ἀνυψώσεως κατασκευάζονται εἰς διάφορα σχήματα καὶ τύπους. Εἷς ἐκ τῶν πλέον συνήθων τύπων δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 220. Οὗτος συνίσταται ἐξ ἑνὸς πηνίου ἐκ συρμάτων χαλκοῦ, τοποθετημένου περὶ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ πυρὴν οὗτος ἀποτελεῖ τὸ κεντρικὸν μέρος ἑνὸς μεγάλου σιδηροῦ κελύφους, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ διαπερατὸν ὑλικὸν καὶ πυκνώνει τὰς δυναμικὰς γραμμάς.



Σχ. 220. Διάγραμμα ἠλεκτρομαγνήτου ἀνυψωτικοῦ γερανοῦ.

Οἱ ἰσχυροὶ αὐτοὶ μαγνῆται χρησιμοποιοῦνται εἰς βιομηχανικὰς ἐγκαταστάσεις διὰ τὴν ἀνύψωσιν καὶ μεταφορὰν τεμαχίων σιδήρου, χαλυβδίνων σιδηροτροχιῶν, βαγονίων ἢ μικρῶν πλωτῶν φορτηγίδων, ὡς καὶ διὰ τὴν ἀνύψωσιν πελωρίων χαλυβδίνων σφαιρῶν καὶ ρίψιν αὐτῶν ἐπὶ μεταλλικῶν τεμαχίων πρὸς περιορισμὸν τοῦ ὄγκου των.

Ὡρισμένοι ἠλεκτρομαγνῆται δύνανται νὰ ἀσκοῦν δύναμιν 15 kgr* δι' ἑκάστου τετραγωνικοῦ ἑκατοστοῦ τῆς ἐπιφανείας τῶν πόλων αὐτῶν. Ἐξ ἄλλου οἱ χειρουργοὶ ἰατροὶ χρησιμοποιοῦν μικρὸν ἀλλ' ἰσχυρὸν ἠλεκτρομαγνήτην διὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν μικρῶν ρινισμάτων χάλυβος ἀπὸ τοὺς ὀφθαλμοὺς ἢ ἀπὸ ἄλλα μέρη τοῦ σώματος, εἰσελθόντα λόγῳ ἀτυχήματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

II. Η ΥΛΗ ΕΝΤΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

129. Μαγνήτισις. Μαγνητικὴ ἐπιδεκτικότης. Εἴδομεν ὅτι σωληνοειδὲς διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης, ἑπομένως θὰ παρουσιάζῃ καὶ μαγνητικὴν ροπήν, ὡς ἀκριβῶς συμβαίνει μὲ μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ἀπὸ τὸ πείραμα ἐξ ἄλλου κατὰ τὸ ὁποῖον, ἂν τεμαχίσωμεν μαγνήτην κόπτοντες αὐτὸν εἰς ὁσαδήποτε τεμάχια, ἕκαστον ἐκ τῶν τεμαχίων συμπεριφέρεται ὡς νέος μαγνήτης, ἔπεται ὅτι τὰ διάφορα τεμάχια, εἰς τὰ ὁποῖα κατετμήθη ὁ ἀρχικὸς μαγνήτης, θὰ ἔχουν μαγνητικὴν ροπήν. Τέλος, ἐὰν φέρωμεν οἱονδήποτε σῶμα ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ σῶμα τοῦτο ἀποκτᾷ μαγνητικὴν ροπήν.

Ἓν μέγεθος χαρακτηριστικὸν τῆς καταστάσεως, εἰς τὴν ὁποίαν περιέρχονται τὰ διάφορα ὑλικὰ σώματα, τιθέμενα ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, εἶναι ἡ **μαγνήτισις** $\mathcal{I}$, ἥτις εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος καὶ ὁρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τῆς μαγνητικῆς ροπῆς $\Delta\mathcal{M}^*$ ἑνὸς ὄγκου ΔV τοῦ σώματος, διὰ τοῦ ὄγκου ΔV. Ἤτοι εἶναι :

$$\mathcal{I} = \frac{\Delta\mathcal{M}^*}{\Delta V}$$

Ἐκτὸς τῶν μονίμων μαγνητῶν τὰ διάφορα σώματα παρουσιάζουν μαγνήτισιν ἐφ' ὅσον εὑρίσκονται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου. Ὡς δὲ ἀποδεικνύεται, ἡ μαγνήτισις $\mathcal{I}$ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ παράγοντος αὐτὴν πεδίου, ἤτοι :

$$\mathcal{I} = \kappa \cdot \mathcal{H}$$

Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας κ, ἐξαρτώμενος ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τοῦ σώματος καὶ τῆς θερμοκρασίας, καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπιδεκτικότης.**

***130. Μαγνητικὴ ἐπαγωγή. Μαγνητικὴ διαπερατότης.** Δι' εἰσαγωγῆς σιδηροῦ πυρῆνος ἐντὸς σωληνοειδοῦς ἐπέρχεται σημαντικὴ ἐνίσχυσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 216), ἡ ὁποία ἰσοδυναμεῖ πρὸς αὔξησιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἀμπεροστροφῶν αὐτοῦ. Ἀλλ' αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου συνεπάγεται αὔξησιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Παρουσιάζεται συνεπῶς, ἐν προκειμένῳ, φαινόμενον ἀνάλογον πρὸς τὸ τῆς αὐξήσεως τῆς χωρητικότητος πυκνωτοῦ δι' εἰσαγωγῆς διηλεκτρικοῦ εἰς τὸν μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν αὐτοῦ χῶρον (βλ. § 74).

Ἐὰν S τὸ ἐμβαδὸν τῆς τομῆς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος καὶ $\mathcal{H}$ ἡ ἀρχικὴ ἔντασις τοῦ ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, πρὸ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ πυρῆνος, τότε ἡ διὰ τῆς ἐπιφανείας S διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ εἶναι ἴση πρός :

$$\Phi = \mathcal{H} \cdot S$$

Κατόπιν τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος, ἡ διὰ τῆς ἰδίας ἐπιφανείας S διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ ηὐξήθη εἰς Φ' καὶ εἶναι :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$$\Phi' = \mu^* \cdot \mathcal{H} \cdot S = \mathcal{B} \cdot S \tag{1}$$

ὅπου

$$\mathcal{B} = \mu^* \cdot \mathcal{H} \tag{2}$$

Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας μ^*, καλεῖται **ἀπόλυτος μαγνητικὴ διαπερατότης τοῦ μέσου** (ἐν προκειμένῳ τοῦ σιδήρου), αἱ δὲ διαστάσεις καὶ ἡ τιμὴ αὐτοῦ ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ χρησιμοποιουμένου συστήματος μονάδων.

Τὸ μέγεθος $\mathcal{B}$, τὸ ὁποῖον εἶναι διανυσματικὸν καὶ ὁρίζεται ἐκ τῆς σχέσεως (2), καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ** ἢ **πυκνότης μαγνητικῆς ροῆς**, δὲν πρέπει δὲ νὰ συγχέεται πρὸς τὸ φαινόμενον τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων (βλ. κεφ. Ε').

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἕπεται ὅτι **«καλοῦμεν ἀπόλυτον μαγνητικὴν διαπερατότητα μέσου τινός, τὸν λόγον μ^* τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς $\mathcal{B}$, μαγνητικοῦ πεδίου πλήρους ὑλικοῦ, διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐντὸς τοῦ κενοῦ».**

Ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι διὰ τὸ κενὸν εἶναι :

$$\mathcal{B}_0 = \mu_0 \cdot \mathcal{H} \tag{3}$$

τότε θὰ ἔχωμεν :

$$\mathcal{B} = \mu \cdot \mathcal{B}_0 = \mu \cdot \mu_0 \cdot \mathcal{H} \tag{4}$$

ὅπου μ_0 σταθερά, καλουμένη **ἀπόλυτος μαγνητικὴ διαπερατότης κενοῦ,** ἡ τιμὴ καὶ αἱ διαστάσεις τῆς ὁποίας ἐξαρτῶνται ἐκ τῶν μονάδων τοῦ χρησιμοποιουμένου συστήματος.

Λόγῳ τῆς σχέσεως (4) ὁ τύπος (1) γίνεται.

$$\Phi = \mu \cdot \mu_0 \cdot \mathcal{H} \cdot S$$

συνεπῶς $\mu^* = \mu \cdot \mu_0$.

Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα ἡ ἀπόλυτος μαγνητικὴ διαπερατότης κενοῦ μ_0, ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα καὶ εἶναι ἀδιάστατος.

Ἄρα ἡ σχέσις (4) εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα γράφεται :

$$\boxed{\mathcal{B} = \mu \cdot \mathcal{H}} \tag{5}$$

Εἰς τὸ σύστημα MKSA, ἡ μ_0 ἔχει τὴν τιμήν :

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \ \frac{\text{V. sec}}{\text{A·m}} = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \ \frac{\text{V} \cdot \text{sec}}{\text{A} \cdot \text{m}} \tag{6}$$

Ὁ συντελεστὴς μ, ὅστις ἐκφράζει κατὰ πόσον ὑλικόν τι πολλαπλασιάζει, τιθέμενον ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, τὴν μαγνητικὴν ἐπαγωγὴν τοῦ πεδίου ἐν σχέσει πρὸς τὴν μαγνητικὴν ἐπαγωγὴν ἐντὸς τοῦ κενοῦ, ὀνομάζεται **(σχετικὴ) μαγνητικὴ διαπερατότης** τοῦ θεωρουμένου ὑλικοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ (σχετικὴ) μαγνητικὴ διαπερατότης ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ θεωρουμένου ὑλικοῦ, εἶναι ἀδιάστατον μέγεθος, ἡ δὲ τιμὴ αὐτῆς εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ χρησιμοποιουμένου συστήματος. Εἶναι τὸ ἀνάλογον τῆς διηλεκτρικῆς σταθερᾶς μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις δὲν διατηρεῖ ὡς ἐκείνη σταθερὰν τιμὴν ἀλλὰ μεταβάλλεται σημαντικῶς μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Διὰ τὸ κενὸν καὶ κατὰ προσέγγισιν τὸν ἀέρα ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα.

Κατόπιν τῶν ἀνωτέρω, εἴμεθα ὑποχρεωμένοι νὰ ἀναθεωρήσωμεν τὴν ἔκφρασιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ νὰ γράψωμεν :

$$\Phi = \mu^* \cdot \mathcal{H} \cdot S \cdot \text{συν}\,\alpha = \mathcal{B} \cdot S \cdot \text{συν}\,\alpha \qquad (7)$$

Ὁ τύπος (7) ἰσχύει ὡς ἔχει καὶ διὰ τὰ δύο συστήματα μονάδων.

Μονάδες μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς. Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα **ὡς μονὰς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς λαμβάνεται τὸ 1 Gauss, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται πρὸς τὴν μαγνητικὴν ἐπαγωγὴν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ὑλικοῦ, μαγνητικῆς διαπερατότητος ἴσης πρὸς τὴν μονάδα, ὅταν τὸ ὑλικὸν εὑρίσκεται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως ἴσης πρὸς 1 Oersted.** Ἡ μονὰς αὕτη ὁρίζεται ἐκ τῆς σχέσεως (5).

Ἐπειδὴ εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης εἶναι ἀδιάστατος ἔπεται ὅτι εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἔχουν τὰς αὐτὰς διαστάσεις. Διὰ τὸν λόγον ἀκριβῶς αὐτόν, ὑπό τινων συγγραφέων, μετροῦνται καὶ τὰ δύο αὐτὰ μεγέθη εἰς μονάδας Gauss.

Εἰς τὸ σύστημα MKSA, ἡ μονὰς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς ὀνομάζεται **1 Volt · sec/m²** ἢ **1 Weber/m²**. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται συνήθως καὶ **1 Tesla**, εἶναι δέ :

$$1\ \text{Tesla} = 10^4\ \text{Gauss}.$$



WILHELM WEBER (1804 - 1891)

Καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Γοττίγγης. Ἐπέτυχε πολλὰς καὶ σπουδαίας ἀνακαλύψεις ἰδιαιτέρως εἰς τὸν Ἠλεκτρισμὸν καὶ τὸν Μαγνητισμόν.

Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων, **ὡς μονὰς μαγνητικῆς ροῆς λαμβάνεται ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἡ διερχομένη δι' ἐπιφανείας 1 cm², τεθείσης καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς μαγνητικοῦ πεδίου, μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς 1 Gauss.**

Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται συνήθως **1 Maxwell (1 Mx)** καὶ ὁρίζεται ἐκ τῆς ἐξισώσεως : $\Phi = \mathcal{B} \cdot S$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ σύστημα MKSA, ὡς μονὰς μαγνητικῆς ροῆς λαμβάνεται τό :

1 Volt · seconde (1 V · sec) καλούμενον καὶ **1 Weber**

Εἶναι δέ :

$$1 \text{ Weber} = 1 \text{ V} \cdot \text{sec} = 10^8 \text{ Mx}$$

Δικαιολογία τῆς μονάδος V · sec δίδεται εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς ἐπαγωγῆς (βλ. § 147).

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Πόση εἶναι ἡ μαγνητικὴ ροὴ μεταξὺ τῶν ὀρθογωνίων ἐπιφανειῶν δύο μαγνητικῶν πόλων, μήκους 120 mm καὶ πλάτους 80 mm, ὅταν ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ εἶναι ἴση πρὸς 17 500 Gauss.

Λύσις. α) Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. Ἡ ἐπιφάνεια τῶν πόλων εἰς cm^2 εὑρίσκεται ἴση πρὸς : $S = 12 \cdot 8 = 96 \text{ cm}^2$, ἡ δὲ μαγνητικὴ ροὴ ἐκ τῆς σχέσεως :

$$\Phi = B \cdot S = 96 \cdot 17\,500 = 1\,680\,000 \text{ Mx} = 1{,}68 \cdot 10^6 \text{ Mx}$$

β) Εἰς τὸ σύστημα MKSA (πρακτικόν). Ἐπειδὴ $\Phi = B \cdot S$, ὅπου $B = 17\,500$ Gauss $= 17\,500 \cdot 10^{-4}$ Tesla $= 1{,}75$ Tesla καὶ $S = 0{,}120 \cdot 0{,}080 = 0{,}0096 \text{ m}^2$, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$\Phi = 1{,}75 \cdot 0{,}0096 = 0{,}0168 \text{ Weber}$$

Παρατήρησις. Ἐπειδὴ εἶναι 0,0168 Weber $= 0{,}0168 \cdot 10^8$ Mx $= 1{,}68 \cdot 10^6$ Mx, ἕπεται ὅτι τὰ εὑρεθέντα εἰς τὰ δύο συστήματα ἀποτελέσματα εἶναι ταυτόσημα.

2. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ἐσωτερικοῦ ἑνὸς πηνίου εἰς τὸν ἀέρα, τομῆς 20 cm^2, διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔχει ἔντασιν 500 ἀμπεροστροφῶν/m. Ποία ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πηνίου καὶ ποία ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ ἐντὸς τοῦ πηνίου.

Λύσις. α) Εἰς τὸ σύστημα MKSA. Ἐκ τοῦ τύπου : $\Phi = \mu_0 \cdot H \cdot S$, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν διὰ τὴν μαγνητικὴν ροήν :

$$\Phi = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot 0{,}002 = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \text{ Weber}$$

Ἐκ δὲ τοῦ τύπου : $B = \mu_0 \cdot H$, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν διὰ τὴν μαγνητικὴν ἐπαγωγήν :

$$B = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \cdot 500 = 6{,}283 \cdot 10^{-4} \text{ Tesla}$$

β) Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. Ἡ μαγνητικὴ ροὴ ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$\Phi = B \cdot S$$

Ἐπειδὴ δὲ $B = \mu \cdot H$ καὶ διὰ τὸν ἀέρα $\mu = 1$, ἕπεται ὅτι ἀριθμητικῶς $B = H$. Εἶναι δὲ : $H = 500$ ἀμπεροστροφαὶ/m $= 500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-3}$ Oe $= 2\pi$ Oe $= 6{,}28$ Oe, συνεπῶς $B = 6{,}28$ Gauss καὶ ὁ τύπος γίνεται :

$$\Phi = 6{,}28 \cdot 20 = 125{,}6 \text{ Mx}$$

Παρατήρησις. Ἐπειδὴ $1{,}256 \cdot 10^{-6}$ Weber $= 1{,}256 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8$ Mx $= 1{,}256 \cdot 10^2$ Mx $= 125{,}6$ Mx καὶ $6{,}283 \cdot 10^{-4}$ Tesla $= 6{,}283 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4$ Gauss $= 6{,}283$ Gauss, ἕπεται ὅτι τὰ εὑρεθέντα εἰς τὰ δύο συστήματα ἐξαγόμενα εἶναι ταυτόσημα.

3. Πηνίον κυκλικῆς διατομῆς, ἀποτελούμενον ἐκ 1200 σπειρῶν, ἔχει μῆκος 40 cm καὶ διάμετρον 8 cm, διαρρέεται δὲ ὑπὸ ρεύματος 2 A. α) Ποία ἡ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πηνίου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. β) Ποία ἡ μαγνητικὴ ροὴ διὰ τοῦ πηνίου καὶ ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ ἐντὸς τοῦ πηνίου.

Λύσις. Ι. Εἰς τὸ σύστημα MKSA. α) Διὰ τὴν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πηνίου ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν :

$$H = i \cdot \frac{N}{l}$$

Δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι, $i = 2$ A, $N = 1200$ σπεῖραι καὶ $l = 40$ cm $= 0{,}4$ m, λαμβάνομεν :

$$H = 2 \cdot \frac{1200}{0{,}4} = 6000 \text{ ἀμπεροστροφαὶ/m}$$

β) Ἡ διὰ τοῦ πηνίου μαγνητικὴ ροὴ δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου : $\Phi = \mu_0 \cdot S \cdot H$, ἐκ τοῦ ὁποίου δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι, $\mu_0 = 1{,}256 \cdot 10^{-6}$ V · sec/A · m, $S = 0{,}0016\,\pi$ m^2, $H = 6000$ ἀμπεροστροφαὶ/m, λαμβάνομεν :

$$\Phi = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}0016\pi \cdot 6000 = 37{,}90 \cdot 10^{-6} \text{ V} \cdot \text{sec ἢ Weber}$$

Διὰ τὴν ἐντὸς τοῦ πηνίου μαγνητικὴν ἐπαγωγήν, ἔχομεν : $B = \mu_0 \cdot H$, ἄρα :

$$B = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \cdot 6000 = 7{,}539 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot \text{sec/m}^2 \text{ ἢ Tesla.}$$

ΙΙ. Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. α) Διὰ τὴν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πηνίου ἔντασιν, ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον :

$$H = 4\,\pi \cdot i^* \cdot \frac{N}{l}$$

τὰ δεδομένα, ἤτοι, $i^* = 2$ A $= 0{,}2$ HMM–ἐντάσεως ρεύματος, $N = 1200$ σπεῖραι καὶ $l = 40$ cm, εὑρίσκομεν :

$$H = 4\,\pi \cdot 0{,}2 \cdot \frac{1200}{40} \text{ Oe} = 24\,\pi \text{ Oersted}$$

β) Ἡ διὰ τοῦ πηνίου μαγνητικὴ ροή : $\Phi = \mu \cdot H \cdot S$, ὅπου $\mu = 1$ διὰ τὸ κενὸν καὶ τὸν ἀέρα, $H = 24\,\pi$ Oe καὶ $S = 16\,\pi$ cm^2, εὑρίσκεται ἴση πρός :

$$\Phi = 24\,\pi \cdot 16\,\pi \text{ Mx} = 384\,\pi^2 \text{ Mx} = 3790 \text{ Mx, περίπου.}$$

Ἡ ἐντὸς τοῦ πηνίου μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ ἴση πρὸς : $B = \mu \cdot H$, ἐπειδὴ $\mu = 1$, εἶναι :

$$B = 24\,\pi \text{ Gauss} = 75{,}4 \text{ Gauss}$$

Παρατήρησις. Εἶναι α) $24\,\pi$ Oe $= 24\,\pi \cdot 1000/4\,\pi$ ἀμπεροστροφαὶ/m $= 6000$ ἀμπεροστροφαὶ/m. β) $37{,}90 \cdot 10^{-6}$ Weber $= 37{,}90 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8$ Mx $= 3790$ Mx. γ) $7{,}539 \cdot 10^{-3}$ Tesla $= 7{,}539 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4$ Gauss $= 75{,}39$ Gauss. Ἑπομένως ἔπεται ὅτι τὰ εὑρεθέντα εἰς τὰ δύο συστήματα ἀποτελέσματα εἶναι ἰσοδύναμα.

131. Κατάταξις τῶν ὑλικῶν. Ἡ διάφορος τιμὴ τῆς (σχετικῆς) μαγνητικῆς διαπερατότητος, διὰ τὰ διάφορα ὑλικά, ἄγει εἰς τὴν διάκρισιν αὐτῶν εἰς τρεῖς μεγάλας κατηγορίας.

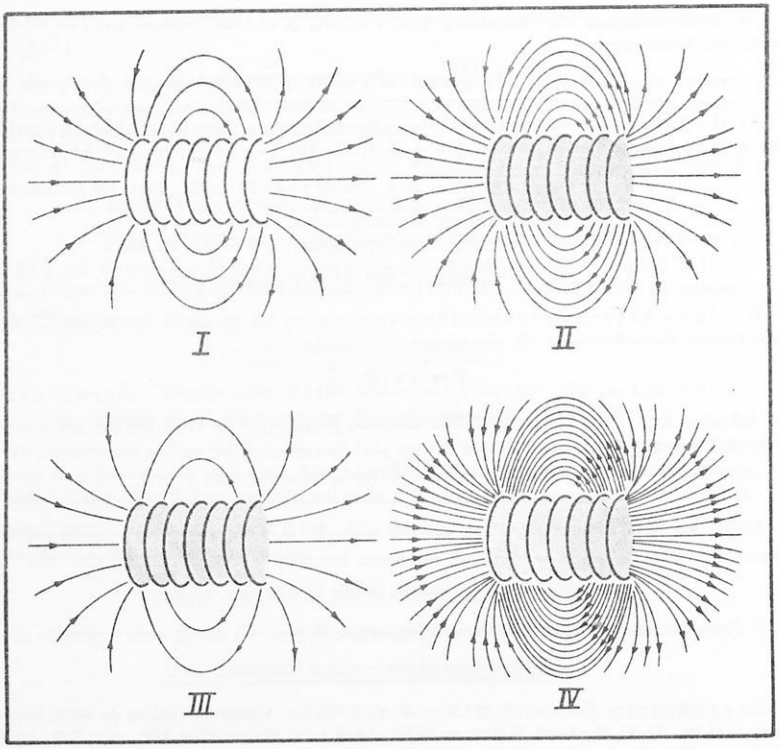
α) Εἰς **διαμαγνητικὰ σώματα,** εἰς τὰ ὁποῖα ἡ (σχετικὴ) μαγνητικὴ διαπερατότης εἶναι μικροτέρα τῆς μονάδος. Σπουδαιότερος ἐκπρόσωπος τῆς κατηγορίας ταύτης εἶναι τὸ βισμούθιον.

β) Εἰς **παραμαγνητικὰ σώματα,** ὅπου ἡ (σχετικὴ) μαγνητικὴ διαπερατότης εἶναι ὀλίγον μεγαλυτέρα τῆς μονάδος, ὡς συμβαίνει ἐπὶ παραδείγματι εἰς ἑνώσεις χρωμίου,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μαγγανίου καὶ εἰς ὅλας τὰς ἑνώσεις τοῦ σιδήρου, αἵτινες δὲν δύνανται ἐντόνως νὰ μαγνητισθοῦν. Σπουδαιότερος ἐκπρόσωπος τῆς κατηγορίας ταύτης εἶναι τὸ ἀργίλιον.

γ) Εἰς **σιδηρομαγνητικὰ σώματα** εἰς τὰ ὁποῖα ἡ (σχετικὴ) μαγνητικὴ διαπερατότης εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα τῆς μονάδος, φθάνουσα μέχρι τῆς τιμῆς 300 000.



Σχ. 221. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς : (I) εἰς τὸ κενόν, (II) πλήρους παραμαγνητικοῦ ὑλικοῦ, (III) πλήρους διαμαγνητικοῦ ὑλικοῦ, (IV) περιέχοντος σιδηρομαγνητικὸν ὑλικόν.

Σπουδαιότερος ἀντιπρόσωπος τῆς κατηγορίας ταύτης εἶναι ὁ σίδηρος, ἐξ οὗ καὶ ἡ ὀνομασία. Εἰς τὴν κατηγορίαν αὐτὴν ἀνήκουν ὅλαι αἱ οὐσίαι διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν μαγνήτας. Εἰς τὰ σώματα ταῦτα ἡ (σχετικὴ) μαγνητικὴ διαπερατότης δὲν εἶναι πλέον σταθερά, ἀλλ' ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τῆς προϊστορίας τοῦ ὑλικοῦ.

Εἰς τὸ σχῆμα 221 παριστᾶται τὸ μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς ἐν τῷ κενῷ, ὡς ἐπίσης καὶ αἱ μορφαὶ τοῦ πεδίου, ὅταν τὸ σωληνοειδὲς περιέχῃ πυρῆνας διαφόρων ὑλικῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

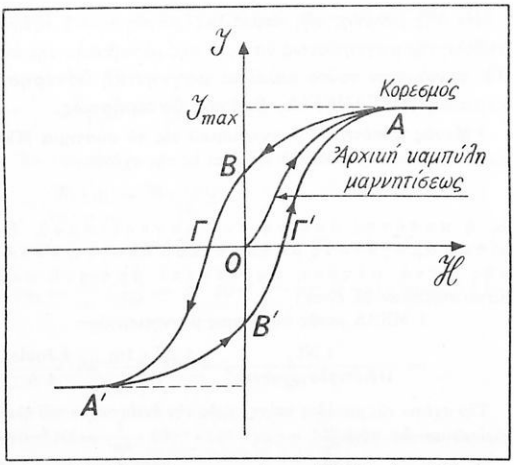
Σχετική μαγνητική διαπερατότης μ διαφόρων σωμάτων					
Διαμαγνητικά		Παραμαγνητικά		Σιδηρομαγνητικά	
Ὑλικὸν	μ	Ὑλικὸν	μ	Ὑλικὸν	μ
Βισμούθιον	0,999848	Ἀργίλιον	1,000020	Κοβάλτιον	70
Χαλκὸς	0,999990	Λευκόχρυσος	1,000264	Νικέλιον	220
Ὕδωρ	0,999991	Ὀξυγόνον	1,0000019	Σίδηρος	200
Ὑδρογόνον	0,999999998	Χρώμιον	1,000330	Κράματα Ni-Fe	μέχρι 300000

Οὐσίαι εἰς τὰς ὁποίας ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης ἔχει τιμὴν μεγαλυτέραν τῆς μονάδος, τοποθετούμεναι ἐντὸς ἀνομοιογενῶν μαγνητικῶν πεδίων ἕλκονται ὑπὸ τῶν μαγνητῶν, ἐνῷ οὐσίαι διὰ τὰς ὁποίας εἶναι μικροτέρα τῆς μονάδος ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῶν μαγνητῶν.

Ἐν πάσῃ περιπτώσει αἱ δυνάμεις, αἱ ἀναπτυσσόμεναι κατὰ τὴν παραμαγνητικὴν ἕλξιν ἢ κατὰ τὴν διαμαγνητικὴν ἄπωσιν εἶναι ἐξόχως μικραὶ καὶ ἀπαιτοῦνται ἐξαιρετικαὶ μέθοδοι ἀκριβείας διὰ τὴν ἀνίχνευσιν αὐτῶν.

***132. Μαγνητικὴ ὑστέρησις.** Ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν κατὰ βούλησιν τὴν ἔντασιν καὶ τὴν φοράν, ὡς π.χ. εἰς τὸ ἐσωτερικὸν σωληνοειδοῦς διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, φέρομεν τεμάχιον σιδήρου ἢ χάλυβος, τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ μαγνητισθῇ διὰ πρώτην φοράν.

Ἐὰν ἀρχίσωμεν νὰ αὐξάνωμεν τὴν ἔντασιν $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀπὸ τῆς τιμῆς μηδὲν μέχρι μιᾶς ὡρισμένης τιμῆς, δι' αὐξήσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατ' ἀρχὰς ἡ $\mathcal{I}$ αὐξάνει ἰσχυρῶς, ἀκολούθως δὲ πλησιάζει βαθμιαίως πρὸς μίαν μεγίστην τιμὴν $\mathcal{I}$max, τὴν ὁποίαν δὲν ὑπερβαίνει παρὰ τὴν συνεχιζομένην αὔξησιν τῆς $\mathcal{H}$. Τότε λέγομεν ὅτι ἐπετεύχθη ὁ **κορεσμός.** Ἐὰν δέ, δι' ἑκάστην τιμὴν τῆς



Σχ. 222. Καμπύλαι μαγνητίσεως. Ἡ ΟΑ ἀποτελεῖ τὴν ἀρχικὴν καμπύλην μαγνητίσεως, ἡ δὲ κλειστὴ γραμμὴ ΑΒΑ'Β'Α τὸν βρόχον ὑστερήσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐντάσεως $\mathcal{H}$, ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστοιχον μαγνήτισιν καὶ ἀκολούθως παραστήσωμεν γραφικῶς τὴν μεταβολὴν τῆς μαγνητίσεως $\mathcal{I}$, συναρτήσει τῆς ἐντάσεως $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητίζοντος πεδίου, θὰ λάβωμεν τὴν καμπύλην ΟΑ τοῦ σχήματος 222, ἡ ὁποία καλεῖται **ἀρχικὴ καμπύλη μαγνητίσεως,** δεδομένου ὅτι τὸ ὑλικὸν μαγνητίζεται διὰ πρώτην φοράν.

Ἐάν, ἐν συνεχείᾳ, ἀρχίσωμεν νὰ ἐλαττώνωμεν τὴν τιμὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου μέχρις ὅτου αὕτη μηδενισθῇ, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ $\mathcal{I}$ δὲν μηδενίζεται, ἀλλὰ διατηρεῖ μίαν τιμὴν ΟΒ, ἥτις ὀνομάζεται **παραμένουσα μαγνήτισις.** Ἐὰν ἀκολούθως ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τούτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνήτισις μηδενίζεται δι' ἐφαρμογῆς μαγνητικοῦ πεδίου ἀντιθέτου πρὸς τὸ πρῶτον καὶ ἐντάσεως $-\mathcal{H}_0 = \text{ΟΓ}$, ἥτις καλεῖται **συνεκτικὴ δύναμις,** διότι ἀποτελεῖ ἓν μέτρον τῆς δυνάμεως μετὰ τῆς ὁποίας συγκρατεῖται ἡ παραμένουσα μαγνήτισις.

Ἐὰν συνεχίσωμεν αὐξάνοντες τὴν ἔντασιν τοῦ ἀντιθέτου τούτου πεδίου ἐπιτυγχάνομεν διὰ δευτέραν φορὰν τὴν τιμὴν διὰ τὴν ὁποίαν ἐπέρχεται ὁ κορεσμός. Διὰ περαιτέρω ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως μέχρι τοῦ μηδενός, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἀρχικὸν ὑλικὸν λαμβάνει παραμένουσαν μαγνήτισιν ΟΒ', ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν προηγουμένην ΟΒ. Ἀντιστρέφοντες ἐκ νέου τὴν φορὰν τοῦ πεδίου καὶ αὐξάνοντες τὴν ἔντασιν αὐτοῦ, σχηματίζομεν τὴν κλειστὴν καμπύλην τοῦ σχήματος, ἐκ τῆς μορφῆς τῆς ὁποίας συνάγομεν ὅτι, εἰς τὰ σιδηρομαγνητικὰ ὑλικά, ἡ μαγνήτισις δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητίζοντος πεδίου, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς προϊστορίας τοῦ ὑλικοῦ.

Ἐκ τῆς μελέτης τῆς καμπύλης μαγνητίσεως ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα, ὅτι ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητίσεως ὑστερεῖ τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **μαγνητικὴ ὑστέρησις,** ἡ δὲ προκύπτουσα κλειστὴ καμπύλη ΑΒΓΑ'Β'Γ'Α, **βρόχος ὑστερήσεως.**

*** Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἰς τὸ σύστημα MKSA.** Ἡ μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἰς τὸ σύστημα MKSA ὁρίζεται ἐκ τῆς σχέσεως :

$$\mathcal{F} = \mathrm{m} \cdot \mathcal{H}$$

ὡς ἡ ποσότης ἐκείνη τοῦ μαγνητισμοῦ, ἡ ὁποία ὅταν μεταφερθῇ ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως μιᾶς ἀμπεροστροφῆς κατὰ μέτρον, ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πεδίου δύναμιν 1 Newton. Κατὰ συνέπειαν θὰ εἶναι :

1 MKSA μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ =

$$= \frac{1\ \mathrm{Nt}}{1\ \text{ἀμπεροστροφὴ/m}} = \frac{1\ \mathrm{Nt} \cdot 1\mathrm{m}}{1\ \mathrm{A}} = \frac{1\ \mathrm{Joule}}{1\ \mathrm{A}} = \frac{1\ \mathrm{V\,A\,sec}}{1\ \mathrm{A}} = 1\ \mathrm{V\,sec}.$$

Τὴν σχέσιν τῆς μονάδος ταύτης πρὸς τὴν ἀντίστοιχον τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ συστήματος C.G.S. εὑρίσκομεν ὡς κάτωθι:

$$1\ \mathrm{V\,sec} = \frac{1\ \mathrm{Nt}}{1\ \text{ἀμπεροστροφὴ/m}} = \frac{10^5\ \mathrm{dyn}}{4\pi\ 10^{-3}\ \mathrm{Oersted}} = \frac{10^8}{4\pi} = 0{,}25 \cdot \frac{10^8}{\pi}\ \text{HMM–ποσότητος μαγνητισμοῦ.}$$

Ἢ τέλος :

$$1\ \mathrm{V\,sec} = 7{,}96 \cdot 10^6\ \text{HMM–ποσότητος μαγνητισμοῦ.}$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

***133. Γενικὴ διατύπωσις τοῦ νόμου τοῦ Coulomb.** Κατόπιν τῶν ἀνωτέρω ἐκτεθέντων, ὁ νόμος τοῦ Coulomb εἰς τὸν μαγνητισμὸν λαμβάνει τὴν γενικωτέραν αὐτοῦ μορφήν, ὅταν αἱ δύο ποσότητες μαγνητισμοῦ m_1 καὶ m_2 εὑρίσκωνται ἐντὸς ὑλικοῦ μέσου (σχετικῆς) μαγνητικῆς διαπερατότητος μ καὶ εἰς ἀπόστασιν r μεταξύ των :

$$\mathcal{F} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \qquad (1)$$

εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα.

Εἰς τὸ σύστημα MKSA ἡ σχέσις (1) λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$\mathcal{F} = \frac{1}{4\pi \cdot \mu \cdot \mu_0} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \qquad (2)$$

Εἰς τὸν τύπον (2) ἡ $\mathcal{F}$ ἐκφράζεται εἰς Newton (Nt), αἱ μαγνητικαὶ ποσότητες εἰς μονάδας μαγνητικῆς ροῆς V · sec καὶ ἡ ἀπόστασις εἰς μέτρα.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ποία ἡ δύναμις, ἡ ἀσκουμένη μεταξὺ δύο σημειωδῶν μαγνητικῶν πόλων, ποσοτήτων μαγνητισμοῦ $m_1 = 10/\pi$ καὶ $m_2 = 20/\pi$ εἰς HMM-ποσότητος μαγνητισμοῦ, ὅταν οὗτοι εὑρίσκωνται ἐντὸς ὑλικοῦ μέσου (σχετικῆς) μαγνητικῆς διαπερατότητος $\mu = 2$ καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπ' ἀλλήλων.

Λύσις. α) Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$F = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι, $\mu = 2$, $m_1 = 10/\pi$ C.G.S, $m_2 = 20/\pi$ C.G.S., λαμβάνομεν :

$$F = \frac{1}{2} \cdot \frac{\frac{10}{\pi} \cdot \frac{20}{\pi}}{10^2} = \frac{1}{\pi^2} \text{ dyn}$$

β) Εἰς τὸ σύστημα MKSA. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$F = \frac{1}{4\pi \cdot \mu \cdot \mu_0} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

ὅπου $\mu_0 = 1{,}256 \cdot 10^{-6}$ V · sec/A · m $= 4\pi \cdot 10^{-7}$ V · sec/A · m (βλ. σελ. 214), $\mu = 2$, $m_1 = \frac{10}{\pi} \cdot \frac{4\pi}{10^8} = 4 \cdot 10^{-7}$ V · sec, $m_2 = \frac{20}{\pi} \cdot \frac{4\pi}{10^8} = 8 \cdot 10^{-7}$ V · sec, $r = 10$ cm $= 0{,}1$ m, λαμβάνομεν :

$$F = \frac{1}{4\pi \cdot 2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot 10^{-7}}{(0{,}1)^2} \text{ Nt} = \frac{1}{\pi^2} \cdot 10^{-5} \text{ Nt}$$

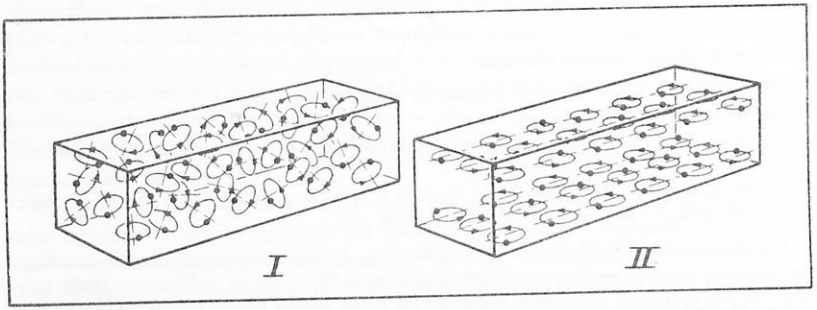
Παρατήρησις. Ἐπειδὴ $\frac{1}{\pi^2} \cdot 10^{-5}$ Nt $= \frac{1}{\pi^2} \cdot 10^{-5} \cdot 10^5$ dyn $= \frac{1}{\pi^2}$ dyn, ἕπεται ὅτι τὰ εὑρεθέντα ἀποτελέσματα εἰς τὰ δύο συστήματα εἶναι ταυτόσημα.

134. Φύσις τοῦ μαγνητισμοῦ. Θεωρία τοῦ Ampère. Ἐπειδὴ διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος ἐντὸς τοῦ πηνίου οὔτε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

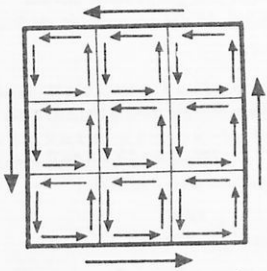
τοῦ διαρρέοντος τὰς σπείρας αὐτοῦ αὐξάνεται, ὡς τοῦτο δεικνύεται δι' ἀμπερομέτρου συνδεδεμένου ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ πηνίον, οὔτε ἐπίσης ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν αὐτοῦ αὐξάνεται, ἡ αὔξησις τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος ἐντὸς τοῦ πηνίου ἐξηγεῖται κατὰ τὸν Ampère ὡς ἀκολούθως.

Ἐντὸς τοῦ σιδήρου ὑπάρχουν ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα διαγράφουν κυκλικὰς τροχιὰς καὶ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν στοιχειώδη ρεύματα (σχ. 223). Τὰ στοιχειώδη ταῦτα ρεύ-



Σχ. 223. Διάταξις στοιχειωδῶν ρευμάτων εἰς σιδηρομαγνητικὸν ὑλικόν. (Ι) Τὰ ρεύματα εἶναι ἀπροσανατόλιστα καὶ διὰ τοῦτο τὸ ὑλικὸν δὲν ἐκδηλώνει μαγνητικὰς ἰδιότητας. (ΙΙ) Προσανατολισμὸς τῶν ρευμάτων. Τὸ ὑλικὸν ἐμφανίζει μαγνητικὰς ἰδιότητας.

ματα, τὰ ὁποῖα δημιουργοῦν, ὡς ἤδη γνωρίζομεν, μαγνητικὸν πεδίον, συμπεριφέρονται ὡς στοιχειώδεις μαγνῆται. Εἰς ἓν τεμάχιον μὴ μαγνητισμένου σιδήρου τὰ ἐπίπεδα τῶν στοιχειωδῶν ρευμάτων διατίθενται ἀτάκτως καὶ ἑπομένως οἱ στοιχειώδεις μαγνῆται, πρὸς τοὺς ὁποίους ἐξομοιοῦνται τὰ στοιχειώδη ρεύματα, εἶναι καὶ αὐτοὶ ὁμοίως ἀπροσανατόλιστοι καὶ αἱ ἐπενέργειαι αὐτῶν ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως, οὕτω δὲ τὸ τεμάχιον σιδήρου δὲν ἐκδηλώνει μαγνητικὰς ἰδιότητας (βλ. Ὑποθέσεις ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ μαγνητισμοῦ, § 25). Ἐὰν ὅμως εἰσαχθῇ τὸ τεμάχιον σιδήρου ἐντὸς τοῦ πηνίου, τότε τὸ ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πηνίου προσανατολίζει τὰ ἐπίπεδα τῶν στοιχειωδῶν ρευμάτων παραλλήλως πρὸς τὰ ἐπίπεδα τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου, οὕτω δὲ τὰ μαγνητικὰ πεδία τῶν στοιχειωδῶν ρευμάτων προστίθενται πρὸς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πηνίου.



Σχ. 224. Διάταξις στοιχειωδῶν ρευμάτων, παρισταμένων χάριν ἁπλότητος, ὡς ὀρθογωνίων, εἰς μαγνητικὸν ὑλικόν.

Εἰς τὸ σχῆμα 224 δεικνύεται ὁ προσανατολισμὸς τῶν στοιχειωδῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα χάριν ἁπλότητος δὲν εἰκονίζονται ὡς κυκλικά, ἀλλ' ὡς ὀρθογώνια, ἐκ τοῦ ὁποίου δεικνύεται σαφῶς ὅτι γειτνιάζοντα στοιχειώδη ρεύματα, ἐπειδὴ ὁδεύουν κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις, ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως καὶ ἑπομένως ἐνεργοῦν μόνον τὰ περιφερειακά.

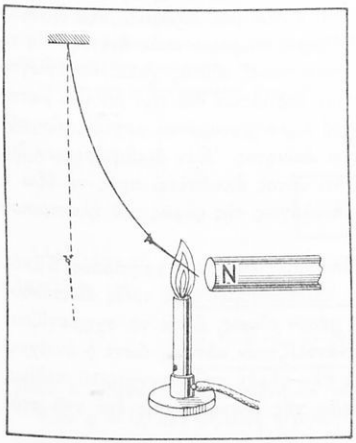
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου τεμάχιον σιδήρου εἰσαγόμενον ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου συμπεριφέρεται, κατὰ τὸν Ampère, ὡς σπεῖρα διαρρεομένη ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν διακόψωμεν τὸ ρεῦμα διὰ τοῦ πηνίου καὶ ἐξαγάγωμεν τὸν σιδηροῦν πυρῆνα ἀπὸ τὸ πηνίον, τὰ στοιχειώδη ρεύματα χάνουν τὸν προσανατολισμόν των καὶ ἑπομένως ὁ σίδηρος ἀποβάλλει τὸν μαγνητισμόν του, διότι τὰ στοιχειώδη ρεύματα ἀποκτοῦν πάλιν ἄτακτον προσανατολισμόν.

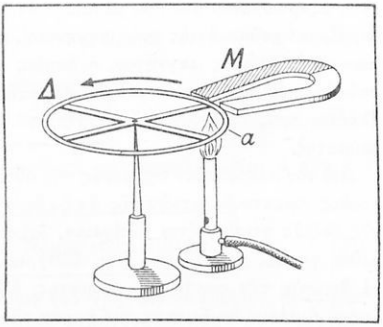
Ἐνίοτε μέρος τῶν στοιχειωδῶν ρευμάτων διατηρεῖ τὸν προσανατολισμόν του ἐπὶ ὡρισμένον χρόνον μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ πεδίου, ὅτε τὸ τεμάχιον σιδήρου ἐξακολουθεῖ νὰ δεικνύῃ μικρὰν μαγνήτισιν, καλοῦμεν δὲ τὸ φαινόμενον τοῦτο **παραμένοντα μαγνητισμόν.**

Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τοῦ Ampère **ὁ μαγνητισμὸς θεωρεῖται ὡς ἰδιότης, ἡ ὁποία παρακολουθεῖ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.** Ἡ ἀντίληψις αὕτη ἐδημιούργησε δυσχερείας ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἑρμηνείαν τῆς ὑπάρξεως μονίμων μαγνητῶν, διότι ἔπρεπε νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ στοιχειώδη ρεύματα δὲν πρέπει νὰ συναντοῦν ἀντίστασιν. Ἐν τούτοις, ἡ δυσχέρεια αὕτη παρεκάμφθη ὅταν ἀνεκαλύφθη βραδύτερον ὅτι εἰς λίαν ταπεινὰς θερμοκρασίας (—270 °C) ἡ ἀντίστασις αὐτῶν μηδενίζεται.

***135. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας ἐπὶ τοῦ μαγνητισμοῦ.** Ὡς ἤδη καὶ ἀλλαχοῦ ἀνεφέρθη (βλ. § 20), ὁ μαγνητισμὸς σώματος ἐξαρτᾶται οὐσιωδῶς ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας. Ἡ μαγνήτισις π.χ. τοῦ σιδήρου ἐλαττοῦται σημαντικῶς αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας καὶ εἰς θερμοκρασίαν ἡ ὁποία διὰ τὸν σίδηρον ἀνέρχεται εἰς 769 °C ὁ σίδηρος ἀποβάλλει τελείως τὸν μαγνητισμὸν αὐτοῦ· εἰς κατάστασιν ἐρυθροπυρώσεως δηλαδὴ ὁ σίδηρος ἀποβάλλει τὰς σιδηρομαγνητικὰς αὐτοῦ ἰδιότητας. Ἡ θερμοκρασία αὕτη καλεῖται **σημεῖον μαγνητικῆς μετατροπῆς** ἢ **σημεῖον Κιουρὶ** (Curie).



Σχ. 225. Ὅταν ἡ βελόνη θερμανθῇ ἐπαρκῶς δὲν ἔλκεται πλέον ὑπὸ τοῦ μαγνήτου.



Σχ. 226. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐξαφανίσεως τῶν σιδηρομαγνητικῶν ἰδιοτήτων εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν.

Τοῦτο δεικνύεται διὰ τῶν ἀκολούθων πειραμάτων: α) Ἐξαρτῶμεν μικρὰν βελόνην ἀπὸ νήματος καὶ πλησιάζομεν αὐτὴν πρὸς μαγνήτην, ὁπότε ἕλκεται ὑπ' αὐτοῦ, δὲν ἀφήνομεν ὅμως τὴν βελό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νην νὰ ἔλθῃ τελείως εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν μαγνήτην. Ἐὰν μὲ τὴν βοήθειαν λύχνου Bunsen θερμάνωμεν τὴν βελόνην (σχ. 225), βλέπομεν ὅτι ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ θερμοκρασία της ὑπερβαίνει τὸ σημεῖον μετατροπῆς, ὅτε ἡ βελόνη δὲν ἔλκεται πλέον ὑπὸ τοῦ μαγνήτου. Ἐὰν ὅμως ἀφήσωμεν τὴν βελόνην νὰ ψυχθῇ, τότε ὁ μαγνήτης ἕλκει ἐκ νέου τὴν βελόνην. β) Ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 226 περιλαμβάνει ὁριζόντιον συρμάτινον δακτύλιον Δ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, προσηρμοσμένον διὰ τοῦ σημείου τομῆς δύο καθέτων συρματίνων διαμέτρων αὐτοῦ εἰς τὴν κορυφὴν κατακορύφου βελόνης, δυναμένης νὰ περιστρέφεται καὶ νὰ θέτῃ οὕτως εἰς περιστροφὴν καὶ τὸν δακτύλιον. Ἐὰν πλησιάσωμεν πρὸς τὸν δακτύλιον τοὺς πόλους ἰσχυροῦ πεταλοειδοῦς μαγνήτου Μ, λόγῳ τῆς συμμετρίας τῆς ὅλης διατάξεως, ὁ δακτύλιος θὰ παραμένῃ ἀκίνητος. Ἀλλ' ἐὰν διὰ λύχνου Bunsen θερμάνωμεν τὸ ἔμπροσθεν τοῦ ἑνὸς πόλου τοῦ μαγνήτου τμῆμα α τοῦ δακτυλίου, ἡ συμμετρία καταστρέφεται, διότι τὸ τμῆμα τοῦτο παύει μαγνητιζόμενον. Ἕνεκα τούτου, ὁ δακτύλιος ἄρχεται στρεφόμενος, ἐνῷ τὰ μὴ θερμανθέντα τμήματα ἕλκονται ὑπὸ τοῦ πόλου· ἐπειδὴ δὲ οὕτως ὁλονὲν διέρχονται ἄνωθεν τῆς φλογὸς διαδοχικῶς τὰ διάφορα τμήματα τοῦ ἀγωγοῦ, ἐπακολουθεῖ μία διαρκὴς περιστροφὴ τοῦ δακτυλίου.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι **ὅταν ἡ θερμοκρασία ὑπερβῇ τὸ σημεῖον μετατροπῆς ἡ ἄτακτος θερμικὴ κίνησις τῶν μορίων εἶναι τόσον ζωηρά, ὥστε τὸ ἐξωτερικὸν πεδίον νὰ μὴ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὸν προσανατολισμὸν τῶν στοιχειωδῶν μαγνητῶν.**

ΙΙΙ. ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΑΙ ΕΚ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

136. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος. Νόμος τοῦ Laplace (Λαπλάς). Ἐὰν φέρωμεν ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου εὐθύγραμμον ἀγωγὸν διαρρεόμενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἀσκεῖται ἐπ' αὐτοῦ μία δύναμις. Τὴν δύναμιν τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ ἀγωγὸς δυνάμεθα νὰ δείξωμεν πειραματικῶς διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 227 εἰκονιζομένης διατάξεως. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐξ εὐθέος χαλκίνου ἀγωγοῦ ΑΒ, ἐξαρτωμένου διὰ δύο μεταλλικῶν εὐκάμπτων συρμάτων διὰ τῶν ὁποίων μεταβιβάζεται ρεῦμα ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου, ὁ ὁποῖος παραμένει ἀκίνητος. Ἐὰν διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι οὗτος ἀπωθεῖται πρὸς τὰ ἔξω ἢ ἕλκεται πρὸς τὰ ἔνδον τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς φορᾶς τῆς οὕτω προκυπτούσης δυνάμεως χρησιμεύει ὁ ἀκόλουθος πρακτικὸς κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός. Διατάσσομεν τοὺς τρεῖς δακτύλους τῆς δεξιᾶς χειρός, ἤτοι ἀντίχειρα, δείκτην καὶ μέσον οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν ὀρθὰς γωνίας μεταξὺ των (σχ. 228) καὶ προσανατολίζομεν αὐτούς, ὥστε ὁ ἀντίχειρ νὰ δεικνύῃ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, ὁ δείκτης τὴν φορὰν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὁπότε ὁ μέσος θὰ δεικνύῃ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως τῆς ἐπενεργούσης ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

Νόμος τοῦ Laplace. Τὸ φαινόμενον τῆς ἐπιδράσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος ἐμελέτησε συστηματικῶς ὁ **Laplace**, ἐπὶ τῇ βάσει δὲ τῶν θεωρητικῶν ἐρευνῶν αὐτοῦ ὑπελόγισε τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην ὑπὸ ἀκινήτου μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ εὐθυγράμμου ρεύματος.

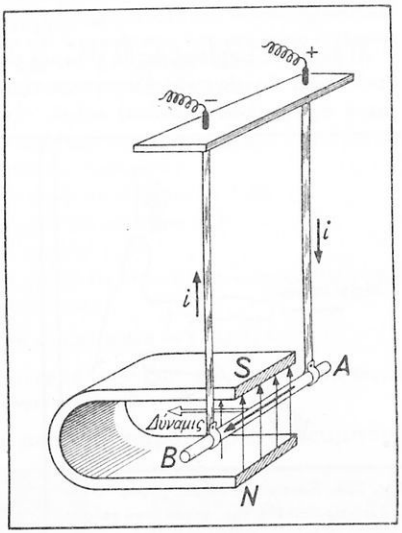
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὕτως, ὅταν τὸ ρεῦμα διατίθεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἡ δύναμις $\mathcal{F}$, ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως $\mathcal{H}$



PIERRE - SIMON DE LAPLACE
(1749 - 1827)

Γάλλος Μαθηματικὸς καὶ Φυσικός. Εἰργάσθη ἐπὶ διαφόρων κεφαλαίων τῆς θεωρητικῆς Φυσικῆς καὶ ἐμελέτησε τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῶν ρευματοφόρων ἀγωγῶν.



Σχ. 227. Ρευματοφόρος ἀγωγός, εὑρισκόμενος ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου ὑφίσταται δύναμιν ὑπὸ τοῦ πεδίου.

ἐπὶ εὐθέος ἀγωγοῦ μήκους l καὶ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i, παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$\boxed{\mathcal{F} = \mathrm{k} \cdot \mathrm{i} \cdot l \cdot \mathcal{H}} \qquad (1)$$

Ἀλλ' ἐὰν τὸ ρεῦμα σχηματίζῃ γωνίαν φ πρὸς τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὁ τύπος (1) λαμβάνει τὴν γενικωτέραν αὐτοῦ μορφήν :

$$\boxed{\mathcal{F} = \mathrm{k} \cdot \mathrm{i} \cdot l \cdot \mathcal{H} \cdot \eta\mu\,\varphi \quad \text{Νόμος τοῦ Laplace}} \qquad (2)$$

ὅπου k σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἐκ τῶν μονάδων τοῦ χρησιμοποιουμένου συστήματος.

Ἐὰν $\varphi = 0$, ἐὰν δηλαδὴ ὁ ἀγωγὸς διατίθεται παραλλήλως πρὸς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς, θὰ εἶναι $\eta\mu\,\varphi = 0$ καί, κατὰ συνέπειαν, $\mathcal{F} = 0$.

Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων εἶναι $\mathrm{k} = 1$. Ἡ ἔντασι i τοῦ ρεύματος ἐκφράζεται εἰς HMM - ἐντάσεως ρεύματος. Τὸ μῆκος l εἰς cm καὶ ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς Oersted, ὁπότε ἡ δύναμις $\mathcal{F}$ ἐκφράζεται εἰς dyn, ὁ δὲ τύπος (2) γίνεται :

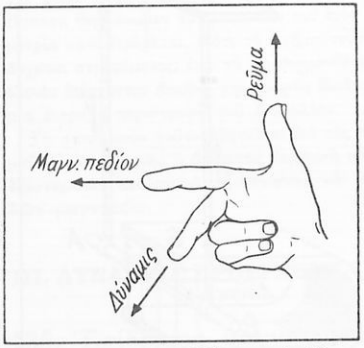
$$\mathcal{F} = \mathrm{i}^* \cdot l \cdot \mathcal{H} \cdot \eta\mu\,\varphi \qquad (3)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

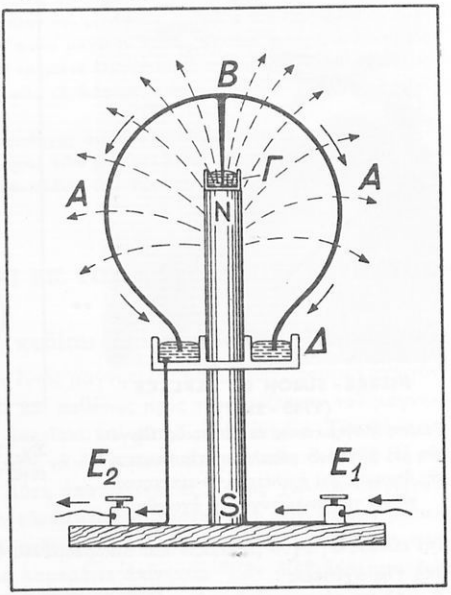
Εἰς τὸ σύστημα MKSA ἡ σταθερὰ k ἰσοῦται πρὸς τὴν ἀπόλυτον μαγνητικὴν διαπερατότητα κενοῦ μ_0, ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος ἐκφράζεται εἰς A, τὸ μῆκος l εἰς m, ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀμπεροστροφὰς/m, ὁπότε ἡ δύναμις $\mathcal{F}$ εὑρίσκεται εἰς Newton (Nt), ὁ δὲ τύπος (2) γίνεται :

$$\mathcal{F} = \mu_0 \cdot i \cdot l \cdot \mathcal{H} \cdot \eta\mu\,\varphi \qquad (4)$$

Αἱ δυνάμεις Laplace, ὡς θὰ εἴδωμεν εἰς τὰ ἑπόμενα κεφάλαια, εὑρίσκουν πλείστας ἐφαρμογάς, ὡς εἰς τοὺς ἠλεκτροκινητῆρας, εἰς τὰ ὄργανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων (μετὰ στρεφομένου πλαισίου) καὶ εἰς τὴν παραγωγὴν τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.



Σχ. 228. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός. Ὅταν ὁ ἀντίχειρ δεικνύῃ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος καὶ ὁ δείκτης τὴν φορὰν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὁ μέσος δεικνύει τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως τῆς ἐπενεργούσης ἐπὶ τοῦ ρεύματος.



Σχ. 229. Συσκευὴ πρὸς ἐξήγησιν τῆς περιστροφικῆς κινήσεως ἀγωγοῦ ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἐπίσης εὑρίσκουν ἐφαρμογὴν εἰς τὸν διαχωρισμὸν τῶν σωματιδίων α καὶ β ἀπὸ τῶν ἀκτίνων γ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων, εἰς τὸ κύκλοτρον κλπ. (βλ. κεφ. ΙΣΤ', Πυρηνικὴ Φυσική).

Διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 229 δυνάμεθα νὰ δείξωμεν τὴν συνεχῆ περιστροφὴν κυκλικοῦ ἀγωγοῦ ΑΒΑ ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργουμένου ὑπὸ τοῦ μονίμου μαγνήτου NS.

Τοποθετοῦμεν τὸν μαγνήτην κατακορύφως, ἐπὶ δὲ μικρᾶς κοιλότητος, σχηματισθείσης εἰς τὸ ἄνω ἄκρον N τοῦ μαγνήτου, καὶ πλήρους ὑδραργύρου, στηρίζομεν μέσῳ ἀκίδος Γ τὸν ἀγωγὸν ΑΒΑ. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ βυθίζονται ἐπὶ κυκλικῆς κάψης Δ ἐκ μονωτικῆς οὐσίας, στηριζομένης μονίμως ἐπὶ τοῦ μαγνήτου καὶ πλήρους ἐπίσης ὑδραργύρου. Τὸ ρεῦμα εἰσέρχεται διὰ τοῦ ἀκροδέκτου E_1 καὶ μέσῳ τοῦ μαγνήτου καὶ τῆς ἀκίδος διχάζεται, εἰς τὸ Β, εἰς τοὺς δύο κλάδους τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξέρχεται ἀκολούθως μέσῳ τῆς κάψης Δ διὰ τοῦ ἀκροδέκτου E_2. Ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ μονίμου μαγνήτου NS, ὁ ὁποῖος ἐπενεργεῖ ἐπὶ τῶν μαγνητικῶν πεδίων τῶν δύο

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀντιθέτου φορᾶς ρευμάτων, τῶν διαρρεόντων τὰ ἑκατέρωθεν τῆς ἀκίδος στηρίξεως τμήματα τοῦ κυκλικοῦ ἀγωγοῦ, οὗτος τίθεται εἰς συνεχῆ περιστροφικὴν κίνησιν.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως 20 000 ἀμπεροστροφῶν/m, εὑρίσκεται ρευματοφόρος ἀγωγός, μήκους 12 cm, τοποθετημένος καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου καὶ διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,02 A. Ποία ἡ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀσκουμένη ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δύναμις.

Λύσις. α) Εἰς τὸ σύστημα MKSA. Ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Laplace ἔχομεν :

$$F = \mu_0 \cdot H \cdot i \cdot l \cdot \eta\mu\,\varphi$$

ἐπειδὴ δὲ $\mu_0 = 1{,}256 \cdot 10^{-6}$ V · sec/A · m, $H = 20\,000$ ἀμπεροστροφαὶ/m, $l = 12$ cm $= 0{,}12$ m, $\eta\mu\,\varphi = 1$ διότι $\varphi = 90^\circ$, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$F = 1{,}256 \cdot 10^{-6} \cdot 20\,000 \cdot 0{,}02 \cdot 0{,}12 \text{ Nt} = 60{,}28 \cdot 10^{-6} \text{ Nt}$$

β) Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$F = H \cdot i^* \cdot l \cdot \eta\mu\,\varphi$$

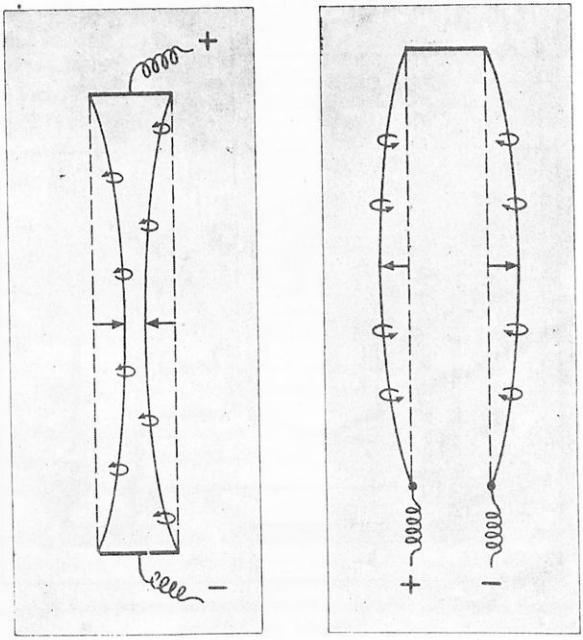
διὰ $H = 20\,000$ ἀμπεροστροφαὶ/m $= 20\,000 \cdot 4\,\pi/1000$ Oe, $i^* = 0{,}02$ A $= 0{,}002$ HMM - ἐντάσεως ρεύματος, $l = 12$ cm καὶ $\eta\mu\,\varphi = 1$, λαμβάνομεν :

$$F = 20\,000 \cdot \frac{4\,\pi}{1000} \cdot 0{,}002 \cdot 12 \text{ dyn} = 1{,}92\,\pi \text{ dyn} = 6{,}028 \text{ dyn}.$$

Παρατήρησις. Ἐπειδὴ $60{,}28 \cdot 10^{-6}$ Nt $= 60{,}28 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5$ dyn $= 6{,}028$ dyn, ἕπεται ὅτι τὰ ἀποτελέσματα εἰς τὰ δύο συστήματα εἶναι ταυτόσημα.

137. Δυνάμεις ἀναπτυσσόμεναι μεταξὺ παραλλήλων ρευματοφόρων ἀγωγῶν.

Θεωρήσωμεν δύο κατακορύφους ἀγωγοὺς διατεταγμένους, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 230 (ἀριστερά), καὶ διὰ τῶν ὁποίων διαβιβάζομεν ρεῦμα, εἰς τρόπον ὥστε εἰς τοὺς δύο ἀγωγοὺς τὸ ρεῦμα νὰ ἔχῃ τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν, ὅτε παρατηροῦμεν ὅτι οἱ δύο ἀγωγοὶ ἕλκονται. Ἀκολούθως, ἐὰν διατάξωμεν τοὺς ἀγωγοὺς κατὰ τοιοῦτον τρόπον,

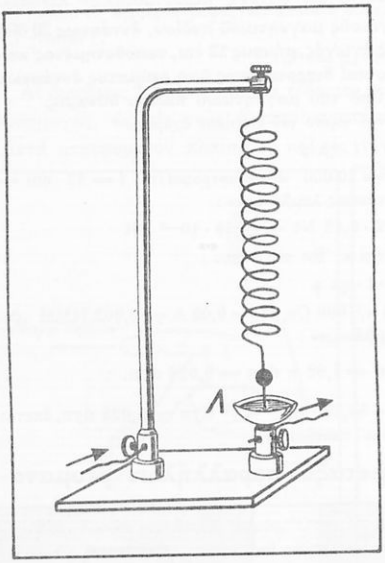


→

Σχ. 230. Ρεύματα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως (ὁμόρροπα) ἕλκονται, ἐνῷ ἀντιθέτου διευθύνσεως (ἀντίρροπα) ἀπωθοῦνται.

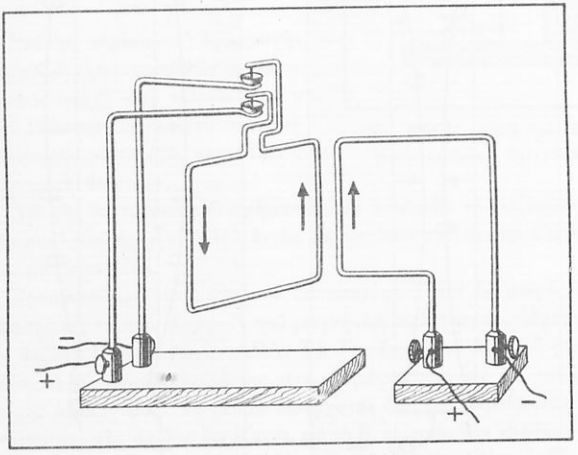
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ ὁδεύῃ εἰς τὸν ἕνα κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν ἢ εἰς τὸν ἄλλον (σχ. 230, δεξιά), παρατηροῦμεν ὅτι οἱ ἀγωγοὶ ἀπωθοῦνται. Τοῦτο εἶναι συνέπεια τοῦ νόμου τοῦ Laplace, καθότι ὁ εἷς ἀγωγὸς σχηματίζει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὑρίσκεται ὁ ἕτερος ἀγωγὸς καὶ ὡς ἐκ τούτου ὑφίσταται μίαν δύναμιν. Ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως ταύτης εἶναι τοιαύτη, ὥστε νὰ ἀντιστοιχῇ εἰς ἔλξιν ἢ ἄπωσιν τῶν δύο ἀγωγῶν, ὡς δυνάμεθα νὰ ἐξακριβώσωμεν διὰ τοῦ πρακτικοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρός.



Σχ. 231. Ὅταν τὸ σπείρωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐκτελεῖ ταλαντώσεις.

Λίαν διδακτικὴ ἐν προκειμένῳ εἶναι ἡ ἐν σχήματι 231 διάταξις. Ὅταν διὰ τῆς συσκευῆς διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ διὰ τοῦ μεταλλικοῦ σπειρώματος, τότε αἱ σπεῖραι διαρρέονται ὑπὸ ρεύματος τῆς αὐτῆς φορᾶς καὶ ἕλκονται· τὸ σπείρωμα οὕτω συμπτύσσεται καὶ τοιουτοτρόπως ἐπέρχεται διακοπὴ τοῦ κυκλώματος. Ὅταν διακοπῇ τὸ ρεῦμα, τὸ σπείρωμα διατείνεται ἐκ νέου καὶ τὸ ἄκρον αὐτοῦ βυθίζεται ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου τοῦ εὑρισκομένου ἐπὶ τῆς κάτωθεν μικρᾶς σιδηρᾶς κάψης, ὁπότε πάλιν τὸ ρεῦμα ἀποκαθίσταται, τὸ δὲ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται κατὰ τὸν αὐτὸν ρυθμόν, ἐνῷ τὸ σπείρωμα ἐκτελεῖ ταλαντώσεις. Ἡ διάταξις αὕτη ἀποτελεῖ ἁπλούστατον τύπον αὐτομάτου διακόπτου.

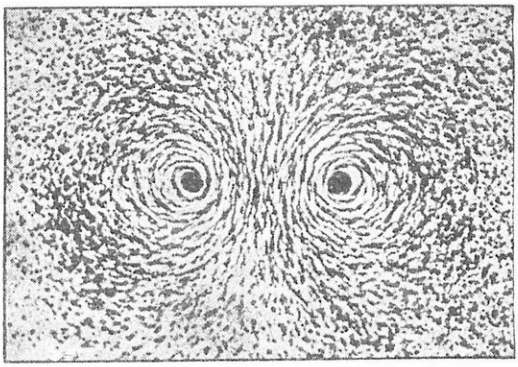


Σχ. 232. Ἕλξις καὶ ἄπωσις παραλλήλων ρευμάτων. Τράπεζα τοῦ Ampère.

Τὰς ἀμοιβαίας ἐπενεργείας ρευμάτων δυνάμεθα νὰ δείξωμεν καὶ διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 232 εἰκονιζομένης συσκευῆς, ἡ

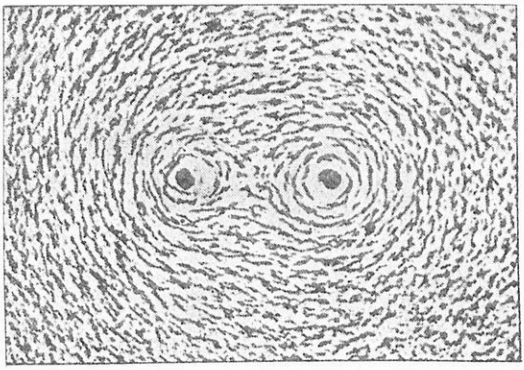
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁποία ὀνομάζεται **τράπεζα τοῦ Ampère.** Τὸ ἀριστερὸν μέρος τῆς συσκευῆς περιλαμβάνει πλαίσιον ἀπὸ ἀγωγὸν σύρμα, τὸ ὁποῖον εἶναι στρεπτὸν περὶ ἄξονα, ἐνῷ ταυτοχρόνως ἐπιτρέπει τὴν διαβίβασιν δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ πλαίσιον δύναται νὰ μετατοπίζεται εὐκόλως καὶ ἄλλοτε μὲν νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὴν μίαν κατακόρυφον πλευρὰν τοῦ κινητοῦ πλαισίου, ἄλλοτε δὲ πρὸς τὴν ἄλλην.



Σχ. 233. Μαγνητικὸν φάσμα δύο παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων ρευμάτων.

Ἐὰν τὰ δύο ἐγγὺς εὑρισκόμενα ρεύματα ἔχουν τὴν αὐτὴν φοράν, τότε βλέπομεν ὅτι τὸ κινητὸν πλαίσιον κινεῖται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὰ δύο ρεύματα νὰ πλησιάζουν (ἕλξις), ἐὰν ὅμως ἔχουν ἀντιθέτους διευθύνσεις, τὸ κινητὸν πλαίσιον μετατοπίζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὰ δύο ρεύματα ἀπομακρύνονται (ἄπωσις). Τὰ σχήματα 233 καὶ 234 δεικνύουν τὰ φάσματα δύο παραλλήλων ρευμάτων.

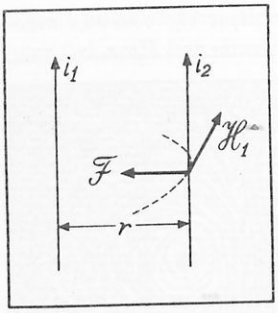


Σχ. 234. Μαγνητικὸν φάσμα δύο παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων ρευμάτων.

Ἐκ τῶν πειραμάτων τούτων προκύπτει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: «**Δύο ρεύματα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως (ὁμόρροπα) ἕλκονται, ἀντιθέτων δὲ διευθύνσεων (ἀντίρροπα) ἀπωθοῦνται**». Ὅταν οἱ ρευματοφόροι ἀγωγοὶ σχηματίζουν μεταξύ των γωνίαν, τότε αἱ ἐπ' αὐτῶν ἀναπτυσσόμεναι δυνάμεις τείνουν νὰ τοὺς καταστήσουν παραλλήλους καὶ διαρρεομένους ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων.

***138. Ὑπολογισμὸς τῆς δυνάμεως μεταξὺ παραλλήλων ἀγωγῶν.** Ἔστωσαν δύο παράλληλοι ἀγωγοὶ ἀπείρου μήκους, διαρρεόμενοι ὑπὸ ρευμάτων i_1 καὶ i_2, εὑρισκόμενοι εἰς ἀπόστασιν r ἀπ' ἀλλήλων (σχ. 235). Ὡς γνωστόν, ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου περὶ εὐθύγραμμον ἀγωγὸν ἀπείρου μήκους, διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i_1 καὶ εἰς ἀπόστασιν r ἀπὸ αὐτοῦ, ἰσοῦται πρὸς :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 235. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς μεταξὺ παραλλήλων ρευμάτων ἀναπτυσσομένης δυνάμεως.

$$H_1 = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{i_1}{r} \quad \frac{\text{ἀμπεροστροφαί}}{\text{m}}$$

Εἶναι δὲ ἡ H_1 κάθετος ἐπὶ τὸν ἄλλον ἀγωγόν, ἑπομένως καὶ ἐπὶ τὸ ρεῦμα i_2, συνεπῶς ημ φ = 1 καὶ κατὰ συνέπειαν ἐπὶ τμήματος μήκους l τοῦ ρεύματος i_2 ἀσκεῖται δύναμις κατὰ Laplace :

$$F = \mu_0 \cdot i_2 \cdot l \cdot H_1 \text{ ἢ } F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 \cdot i_2 \cdot l}{r} \text{ Nt} \quad (1)$$

Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα, ὁ ἀνωτέρω τύπος λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$F = \frac{2\, i^*_1 \cdot i^*_2 \cdot l}{r} \text{ dyn}$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Δύο παράλληλα μακρὰ σύρματα, ἀπέχοντα 10 cm ἀπ' ἀλλήλων, διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων ἐντάσεων $i_1 = 40$ A καὶ $i_2 = 20$ A ἀντιστοίχως. Ποία ἡ κατὰ Laplace δύναμις, ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ τοῦ ρεύματος i_1 ἐπὶ μήκους $l = 2$ cm τοῦ ρεύματος i_2.

Λύσις. α) Εἰς τὸ σύστημα MKSA. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 \cdot i_2 \cdot l}{r}$$

δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ V · sec/A · m, $i_1 = 40$ A, $i_2 = 20$ A, $l = 2$ cm $= 0{,}02$ m, $r = 10$ cm $= 0{,}1$ m, λαμβάνομεν :

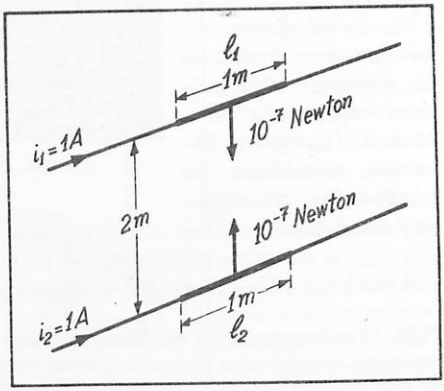
$$\underline{F} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \frac{40 \cdot 20 \cdot 0{,}02}{0{,}1} \text{ Nt} = \underline{3{,}2 \cdot 10^{-5}\, \text{Nt}}$$

β) Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα. Ἐκ τοῦ τύπου :

$$F = \frac{2 i_1^* \cdot i_2^* \cdot l}{r}$$

ὅπου $i_1^* = 40$ A $= 4$ HMM – ἐντάσεως ρεύματος, $i_2^* = 20$ A $= 2$ HMM – ἐντάσεως ρεύματος, $l = 2$ cm, $r = 10$ cm, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$\underline{F} = \frac{2 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 2}{10} = \underline{3{,}2 \text{ dyn.}}$$



Σχ. 236. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς μονάδος Ampère εἰς τὸ σύστημα MKSA.

***139. Ὁρισμὸς τῆς μονάδος ἐντάσεως ρεύματος εἰς τὸ σύστημα MKSA.** Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ὡς μονὰς ἐντάσεως ρεύματος λαμβάνεται ἡ πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως ρεύματος 1 Ampère, ὁριζομένη ἐκ τοῦ τύπου :

$$\mathcal{F} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 \cdot i_2 \cdot l}{r} \text{ Nt} \quad (1)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ προηγουμένου ἀριθμητικοῦ παραδείγματος, ἐκφράζοντος τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην ὑπὸ εὐθυγράμμου ρεύματος, ἀπείρου μήκους, πρὸς ἕτερον εὐθύγραμμον ρεῦμα παράλληλον πρὸς τὸ πρῶτον καὶ εἰς ἀπόστασιν r ἀπ' αὐτοῦ, ἐπὶ μήκους l, ὡς ἀκολούθως : «1 Ampère εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐκείνου, τὸ ὁποῖον διαρρέον δύο εὐθυγράμμους παραλλήλους ἀγωγούς, ἀπείρου μήκους, ἀπέχοντας 2 m ἀπ' ἀλλήλων, ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ ἑτέρου κατὰ μέτρον δύναμιν 10^{-7} Newton» (σχ. 236).

Συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω ὁρισμόν, λαμβάνομεν διὰ τὴν σταθερὰν μ_0 τὴν τιμήν :

$$\mu_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot F}{i_1 \cdot i_2 \cdot l} = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-7} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Nt \cdot m}{A^2 \cdot m} = 1{,}257 \cdot 10^{-6} \frac{V\,sec}{A \cdot m}$$

***140. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ κινουμένου ἠλεκτρικοῦ φορτίου.** Ἐπὶ ἠρεμοῦντος ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ μαγνητικὸν πεδίον δὲν ἀσκεῖ δυνάμεις. Ἐφ' ὅσον ὅμως τὸ κινούμενον ἠλεκτρικὸν φορτίον q ἀποτελεῖ ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ὸ ν ρ ε ῦ μ α, ἔπεται ὅτι τὸ μαγνητικὸν πεδίον θὰ ἀσκῇ ἐπ' αὐτοῦ δυνάμεις κατὰ Laplace, ὅπερ δεικνύεται καὶ πειραματικῶς, δι' εἰδικῆς συσκευῆς, ἐπὶ κινουμένων ἠλεκτρονίων (βλ. κεφ. ΙΑ', Ἀγωγιμότης ἀερίων καὶ καθοδικαὶ ἀκτῖνες).

Ἔστω ἠλεκτρικὸν φορτίον q κινούμενον μετὰ ταχύτητος υ ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως $\mathcal{H}$, τῆς ταχύτητος σχηματιζούσης γωνίαν φ μετὰ τῆς διευθύνσεως τοῦ πεδίου.

Ἐπειδὴ ἐξ ὁρισμοῦ $i = q/t$, ἐὰν πολλαπλασιάσωμεν ἀμφότερα τὰ μέλη τῆς σχέσεως ταύτης ἐπὶ l, λαμβάνομεν :

$$i \cdot l = q \cdot \frac{l}{t}$$

ἀλλὰ τὸ πηλίκον l/t παριστᾷ ταχύτητα καὶ κατὰ συνέπειαν $i \cdot l = q \cdot \upsilon$. Ἤτοι, φορτίον q, κινούμενον μετὰ ταχύτητος υ, ἰσοδυναμεῖ πρὸς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως i, διαρρέον ἀγωγὸν μήκους l.

Συνεπῶς δι' ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ Laplace εὑρίσκομεν :

$$\mathcal{F} = \mu_0 \cdot i \cdot l \cdot \mathcal{H} \cdot \eta\mu\varphi = \mu_0 \cdot q \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H} \cdot \eta\mu\varphi$$

Ἡ δύναμις $\mathcal{F}$, κάθετος ἐπὶ τὴν ἔντασιν $\mathcal{H}$ τοῦ πεδίου καὶ ἐπὶ τὴν ταχύτητα υ τοῦ κινουμένου φορτίου, μεταβάλλει μόνον τὴν διεύθυνσιν τῆς ταχύτητος καὶ ὄχι τὸ μέτρον αὐτῆς, δὲν παράγει δὲ ἔργον.

Μὲ μόνην τὴν ἐπίδρασιν ἑνὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὡς ἀνωτέρω κινούμενον ἠλεκτρικὸν φορτίον διαγράφει ἐντὸς αὐτοῦ εἰς τὸ κενὸν ἕλικα (σχ. 237), ὁ ἄξων τῆς ὁποίας συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου. Ἐὰν τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου, τότε τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον ἐκτελεῖ κυκλικὴν κίνησιν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, ἐπειδὴ $\varphi = 90^0$ καὶ $\eta\mu\varphi = 1$, ἡ κατὰ Laplace δύναμις ἰσοῦται πρός :

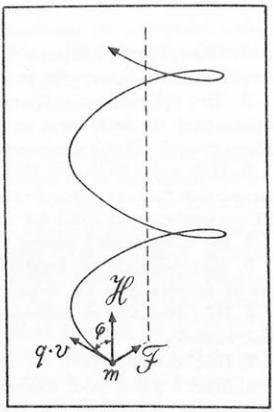
$$\mathcal{F} = \mu_0 \cdot q \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H}$$

καὶ εἶναι ἡ κεντρομόλος δύναμις τῆς κινήσεως. Ἐὰν συνεπῶς m ἡ μᾶζα τοῦ κινουμένου σωματιδίου, θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{m \cdot \upsilon^2}{r} = \mu_0 \cdot q \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H}$$

ἐκ τῆς ὁποίας ὑπολογίζοντες τὴν ἀκτῖνα τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς εὑρίσκομεν ὅτι :

$$r = \frac{m \cdot \upsilon}{\mu_0 \cdot q \cdot \mathcal{H}}$$



Σχ. 237. Κυλινδρικὴ ἕλιξ ὡς τροχιὰ φορτισμένου σωματιδίου κινουμένου ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁ χρόνος μιᾶς περιόδου T τῆς κυκλικῆς κινήσεως ἰσοῦται πρός :

$$T = \frac{2\,\pi\,r}{\upsilon} = \frac{2\,\pi\,m}{\mu_0 \cdot q \cdot \mathcal{H}}$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἠλεκτρόνιον κινεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως H = 300 ἀμπεροστροφαί/m, μετὰ ταχύτητος υ = 20 000 km/sec καὶ καθέτως πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀκτὶς τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς αὐτοῦ. Δίδονται : m = 9,1 · 10⁻³¹ kgr, e = 1,6 · 10⁻¹⁹ Cb.

Λύσις : Ἐκ τοῦ τύπου :

$$r = \frac{m \cdot \upsilon}{\mu_0 \cdot q \cdot H}$$

δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων λαμβάνομεν

$$r = \frac{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^{7}}{1{,}256 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 300} = \underline{0{,}3 \text{ m}}$$

Σημείωσις. Ὅπως παρατηροῦμεν ἐκ τοῦ ἀνωτέρω παραδείγματος τὸ ἠλεκτρόνιον, χάρις εἰς τὴν μικρὰν μᾶζαν του καὶ ὅταν ἀκόμη κινῆται μετὰ μεγάλης ταχύτητος, δύναται νὰ ἀποκλίνῃ καὶ ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν ἁπλοῦ μαγνήτου. Τοὐναντίον, διὰ νὰ καμπυλώσωμεν τὴν τροχιὰν ταχέων θετικῶν ἰόντων, χρειαζόμεθα ἰσχυρὰ μαγνητικὰ πεδία. Οὕτω διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν αὐτὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος τῶν 0,3 m διά τινα πυρῆνα ἡλίου, κινούμενον μετὰ τῆς αὐτῆς ὡς ἀνωτέρω ταχύτητος, ἀπαιτεῖται μαγνητικὸν πεδίον ἐντάσεως 10^6 ἀμπεροστροφῶν/m περίπου.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Περιγράψατε τὸ πείραμα διὰ τοῦ ὁποίου κατεδείχθη τὸ πρῶτον ἡ ὑφισταμένη σχέσις μεταξὺ μαγνητικῶν καὶ ἠλεκτρικῶν φαινομένων.

2. Ἐὰν εὐθύγραμμος ὁριζόντιος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος μὲ διεύθυνσιν πρὸς βορρᾶν, ποία ἡ φορὰ τῆς ἀποκλίσεως μαγνητικῆς βελόνης, τοποθετημένης κάτωθεν ἢ ἄνωθεν τοῦ ρευματοφόρου ἀγωγοῦ. Τί συμπεραίνομεν ἐξ αὐτοῦ διὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

3. Πρὸς ποίαν διεύθυνσιν ἀποκλίνει ὁ βόρειος πόλος μαγνητικῆς βελόνης, εὑρισκομένης πλησίον κατακορύφου ρευματοφόρου ἀγωγοῦ, ὅταν τὸ ρεῦμα ρέῃ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω ἢ ἀντιστρόφως. Τί συμπεραίνομεν ἐξ αὐτοῦ διὰ τὰς δυναμικὰς γραμμάς.

4. Εἰς τί ὀφείλεται ἡ γένεσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.

5. Ἐὰν γνωρίζετε τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓν σωληνοειδές, πῶς δύνασθε νὰ προσδιορίσετε τὴν πολικότητα τοῦ σωληνοειδοῦς.

6. Πῶς δυνάμεθα νὰ αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἑνὸς σωληνοειδοῦς.

7. Πῶς κατασκευάζεται εἷς ἠλεκτρομαγνήτης.

8. Διατί ὁ χάλυψ εἶναι ἀκατάλληλος πρὸς κατασκευὴν ἠλεκτρομαγνητῶν, χρησιμοποιουμένου, κατὰ κανόνα, πρὸς τοῦτο, τοῦ μαλακοῦ σιδήρου.

9. Συγκρίνατε ἕνα μόνιμον μαγνήτην πρὸς ἕνα ἠλεκτρομαγνήτην.

10. Ποῖος ὁ νόμος τῶν Biot-Savart.

11. Πῶς θεμελιοῦται τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων.

12. Πῶς ὁρίζεται ἡ πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

13. Ποίαν ἐπίδρασιν ἔχει ἡ θερμοκρασία ἐπὶ τῆς μαγνητίσεως.

14. Τίνι τρόπῳ ἐπενεργεῖ ἓν ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον ἐπὶ ρευματοφόρου ἀγωγοῦ, εὑρισκομένου ἐντὸς αὐτοῦ.

15. Εὐθύγραμμος ρευματοφόρος ἀγωγὸς διατίθεται ἐντὸς πηνίου, παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πηνίου. Θὰ κινηθῇ ὁ ἀγωγὸς ἐὰν διὰ τοῦ πηνίου διέλθῃ ρεῦμα ;

16. Τί ὀνομάζομεν ἀπόλυτον μαγνητικὴν διαπερατότητα καὶ τί σχετικὴν μαγνητικὴν διαπερατότητα ἑνὸς ὑλικοῦ.

17. Εἰς πόσας κατηγορίας κατατάσσομεν τὰ διάφορα σώματα ἀναλόγως τῆς μαγνητικῆς αὐτῶν συμπεριφορᾶς.

18. Εἰς τί συνίσταται τὸ φαινόμενον τῆς μαγνητικῆς ὑστερήσεως.

Β' Προβλήματα

1. Ποία ἐπιφάνεια πρέπει νὰ δοθῇ εἰς κυκλικὴν σπεῖραν, ὥστε νὰ διέρχεται ροὴ 2000 Maxwell, ὅταν αὕτη τίθεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν μαγνητικοῦ πεδίου, μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς 16 Gauss. ('Απ. S = 125 cm².)

2. Κυκλικὴ σπεῖρα ἐπιφανείας 1500 cm², τοποθετεῖται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς 600 Gauss. Ποίαν γωνίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου πρὸς τὴν κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῆς σπείρας, οὕτως ὥστε ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη διὰ τῆς σπείρας, νὰ εἶναι ἴση πρὸς 450 000 Mx. ('Απ. α = 60°.)

3. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον ἀπέχον 4 cm ἀπὸ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ μεγάλου μήκους, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 12 A. ('Απ. H = 0,6 Oersted.)

4. Ἐντὸς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος σωληνοειδοῦς παράγεται ροὴ 60 000 Mx. Ὅταν ἀφαιρῆται ὁ σιδηροῦς πυρήν, ἡ ροὴ εἶναι 24 Mx ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς. Ποία ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης τοῦ σιδήρου. ('Απ. μ = 2500.)

5. Σωληνοειδὲς μήκους 1 m περιέχει συνολικῶς 500 σπείρας. Ἡ ἀντίστασίς του εἶναι 13,09 Ω καὶ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ τάσις 20 V. Πόση ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ. ('Απ. H = 9,6 Oersted.)

6. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, εἰς τὸ κέντρον σωληνοειδοῦς ἀπείρου μήκους, φέροντος 10 σπείρας ἀνὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 2 A. ('Απ. H = 25,12 Oersted.)

7. Πηνίον μήκους 25 cm καὶ τομῆς 15 cm² φέρει 200 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 2,5 A. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πηνίου, β) ἡ μαγνητικὴ ροὴ μέσῳ τοῦ πηνίου. ('Απ. α' H = 25,12 Oersted, β' Φ = 376,8 Mx.)

8. Εἰς τὸ μέσον σωληνοειδοῦς μήκους 50 cm καὶ 250 σπειρῶν τίθεται ὁ βόρειος πόλος ἐπιμήκους μαγνητικῆς βελόνης, φέρων μαγνητικὴν ποσότητα 50 μονάδων C.G.S. Ζητεῖται νὰ προσδιορισθῇ ἡ ἐπὶ τοῦ πόλου ἀσκουμένη δύναμις ὑπὸ τοῦ σωληνοειδοῦς, ὅταν δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως 20 A. ('Απ. F = 6280 dyn, περίπου.)

9. Εὐθύγραμμον σύρμα μεγάλου μήκους διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 18 A. Ποῖον τὸ ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν μαγνητικοῦ πόλου, μαγνητικῆς ποσότητος 5 μονάδων C.G.S., κατὰ μῆκος κλειστῆς κυκλικῆς διαδρομῆς πέριξ τοῦ σύρματος, ὅταν τὸ ἐπίπεδον τοῦ κύκλου τέμνῃ καθέτως τὸν ἀγωγόν, οὕτως ὥστε οὗτος νὰ διέρχεται ἐκ τοῦ κέντρου τοῦ κύκλου. ('Απ. A = 113,04 erg.)

10. Σωληνοειδὲς φέρον 20 σπείρας ἐκ σύρματος ἀμελητέας τομῆς, ἔχει διάμετρον 24 cm. Πόσον ρεῦμα πρέπει νὰ διέλθῃ μέσῳ τοῦ σωληνοειδοῦς, διὰ νὰ παραχθῇ πεδίον ἐντάσεως 2 Oersted εἰς τὸ κέντρον του. ('Απ. i = 1,91 A.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

11. Ἐντὸς πηνίου μήκους 1 m, ὅπερ φέρει 2500 σπείρας ἀπὸ σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1,6 Α, εἰσάγεται ράβδος ἐκ χυτοσιδήρου. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγή. Διὰ τὸν χυτοσίδηρον εἶναι $\mu = 240$. (Ἀπ. Β = 12 000 Gauss.)

12. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀσκουμένη δύναμις ἐπὶ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ μήκους 10 cm, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 15 Α, ὅταν οὗτος εὑρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς 3000 Gauss, τοῦ ὁποίου αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ σχηματίζουν γωνίαν 45° μετὰ τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἀπ. F = 31 815 dyn.)

13. Δύο εὐθύγραμμοι ἀγωγοί, ἕκαστος μήκους $l = 1$ m, εἶναι παράλληλοι καὶ διαρρέονται ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων, ἐντάσεων $i_1 = 20$ Α καὶ $i_2 = 10$ Α. Ποία ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἀσκεῖται μεταξὺ τῶν ἀγωγῶν, ὅταν οὗτοι ἀπέχουν μεταξύ των ἀπόστασιν r = 2 cm. (Ἀπ. F = 200 dyn.)

14. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις μὲ τὴν ὁποίαν ἕλκονται δύο εὐθύγραμμοι καὶ παράλληλοι ἀγωγοὶ μήκους 20 cm, διαρρεόμενοι ὑπὸ ρευμάτων τῆς αὐτῆς φορᾶς, ἐντάσεων 25 Α καὶ 10 Α, καὶ εὑρισκόμενοι μεταξύ των εἰς ἀπόστασιν 2 cm. (Ἀπ. F = 50 dyn.)

15. Ἠλεκτρικὸν φορτίον $4 \cdot 10^{-6}$ Cb κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα 100 m/sec ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως 2000 Oersted καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς αὐτοῦ. Ποία ἡ ἀσκουμένη ἐπὶ τοῦ φορτίου δύναμις. (Ἀπ. F = 8 dyn.)

16. Εὐθύγραμμος ἀγωγὸς ἀπείρου μήκους, τοποθετημένος καθέτως πρὸς τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 5 Α. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ αὐτοῦ, εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μεσημβρινοῦ, πρέπει νὰ τοποθετηθῇ μαγνητικὴ βελόνη κινητὴ ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἵνα αὕτη ἀποκλίνῃ κατὰ 45°, ὅταν ἀποκατασταθῇ τὸ ρεῦμα. Ἡ ὁριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι 0,2 Oersted. (Ἀπ. r = 5 cm.)

17. Ὁ ἄξων πηνίου 25 cm μήκους, ὅπερ φέρει 200 σπείρας, εἶναι κάθετος πρὸς τὸν γηΐνον μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πηνίου ἐξαρτᾶται μαγνητικὴ βελόνη, τῆς ὁποίας οἱ πόλοι φέρουν μαγνητικὴν ποσότητα ἴσην πρὸς 10 μονάδας C.G.S. Ὅταν διὰ τοῦ πηνίου διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως 0,02 Α, πόση θὰ εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τοῦ ρεύματος δημιουργουμένου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ κατὰ ποίαν γωνίαν στρέφεται ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Ἡ ὁριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι 0,2 Oersted. (Ἀπ. 0,2 Oersted θ = 45°.)

18. Κυκλικὸς ἀγωγὸς ἀκτῖνος r = 4 π cm, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 20 Α. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ δημιουργουμένου πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ συνισταμένου πεδίου, ὅταν τὸ ἐπίπεδον τῆς σπείρας εἶναι κάθετον πρὸς τὴν ὁριζόντιον συνιστῶσαν $\mathcal{H}_{op}$ = 0,2 Oersted τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου.

(Ἀπ. Η = 1 Oersted, $\mathcal{H}_{ολ} = 1{,}2$ Oersted ἢ $\mathcal{H}_{ολ} = 0{,}8$ Oersted.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΕΠΑΓΩΓΗ

141. Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς. Μέχρι τοῦδε ἐγνωρίσαμεν ὡς πηγὰς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ τοὺς ἠλεκτρικοὺς συσσωρευτάς. Ἐν τούτοις δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν καὶ ἄλλας πηγὰς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς **ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς,** ἡ σπουδὴ τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖ τὸ ἀντικείμενον τοῦ κεφαλαίου τούτου.

Ἡ καταπληκτικὴ ἀνάπτυξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἐν γένει τῶν ἐφαρμογῶν αὐτοῦ, ὅπως τῆς Ἠλεκτροτεχνίας, ὀφείλεται εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ φαινομένου τῆς ἠλε-

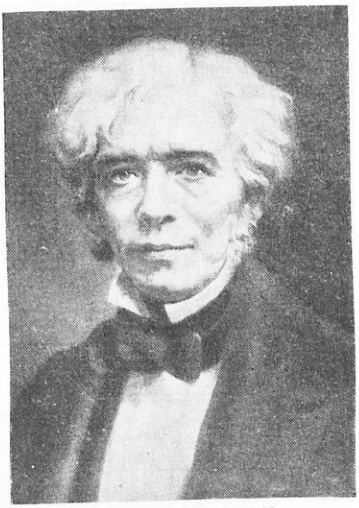
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς, ἡ ὁποία ἐγένετο κατὰ τὸν αὐτὸν περίπου χρόνον ὑπὸ τῶν Faraday καὶ Henry (Φαραντάιου καὶ Ἄνρύ), χωρὶς ὁ εἷς νὰ γνωρίζῃ τὰς ἐρεύνας τοῦ ἄλλου.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο συνίσταται εἰς τὴν ἄμεσον μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, μέσῳ μαγνητικῆς διαταραχῆς, κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν δὲ τοῦ κεφαλαίου τούτου θὰ προτάξωμεν ὡρισμένα στοιχειώδη πειράματα διὰ τῶν ὁποίων διευκολύνεται ἡ κατανόησις τοῦ σπουδαιοτάτου φαινομένου τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς.

Ἐν γένει ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἕνεκα τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς καλεῖται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς,** τὸ δὲ ρεῦμα τὸ ὁποῖον προκαλεῖται ὑπ' αὐτῆς, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, ὀνομάζεται **ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς.**

Τὰ κάτωθι ἀναφερόμενα πειράματα δεικνύουν διαφόρους στοιχειώδεις μεθόδους διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ παράγωμεν ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς.



MICHAEL FARADAY
(1791 - 1867)

Διάσημος Ἄγγλος Φυσικὸς καὶ Χημικός, ὀνομαστὸς διὰ τὴν μεγάλην πειραματικήν του ἱκανότητα. Ἀνεκάλυψε τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν ἐπαγωγὴν καὶ τοὺς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Θεμελιώδη πειράματα ἐπαγωγῆς. Πρὸς μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς ἐκτελοῦμεν τὰ ἀκόλουθα πειράματα :

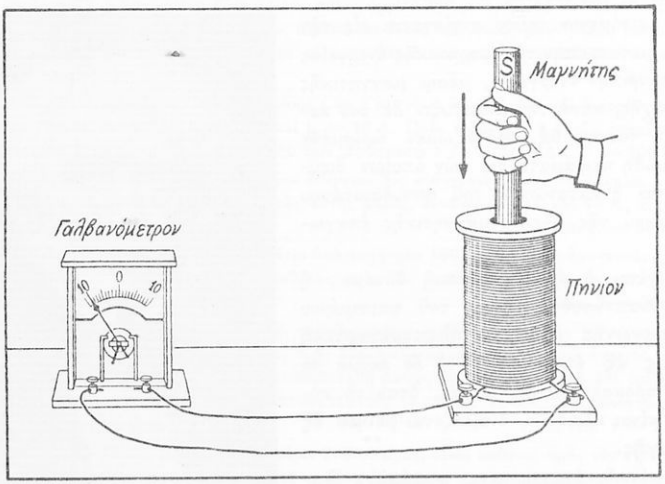
α) Παραγωγὴ ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς διὰ μετατοπίσεως μαγνήτου. Θεωροῦμεν τὴν συνδεσμολογίαν τοῦ σχήματος 238, περιλαμβάνουσαν πηνίον συνδεδεμένον μετὰ γαλβανομέτρου, ὀργάνου δηλαδὴ τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ νὰ ἐλέγχωμεν ἐὰν διά τινος κυκλώματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐνῷ, ἐξ ἄλλου, ραβδόμορφος μαγνήτης δύναται νὰ εἰσάγεται καὶ ἐξάγεται εὐχερῶς ἐκ τοῦ πηνίου.

Ὅταν ὁ μαγνήτης παραμένῃ στάσιμος ἔξω τοῦ πηνίου, τὸ γαλβανόμετρον οὐδεμίαν ἀπόκλισιν δεικνύει. Ἐὰν ὅμως εἰσάγωμεν ταχέως τὸν ραβδόμορφον μαγνήτην, μὲ τὸν βόρειον πόλον αὐτοῦ ἐστραμμένον πρὸς τὸ πηνίον, ἐντὸς τοῦ πηνίου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, καθ' ὃν χρόνον γίνεται ἡ εἰσαγωγὴ τοῦ μαγνήτου, τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει ἀπόκλισιν κατά τινα φοράν, ἔστω πρὸς τὰ ἀριστερά. Ἑπομένως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἀνεπτύχθη ΗΕΔ, ἕνεκα τῆς ὁποίας παρήχθη ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διῆλθε διὰ τοῦ γαλβανομέτρου.

Ἐὰν ἀκολούθως ἀφήσωμεν στάσιμον τὸν μαγνήτην ἐντὸς τοῦ πηνίου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔνδειξις τοῦ γαλβανομέτρου μηδενίζεται. Ἀντιστρόφως, ἐὰν τὸν βυθισθέντα μαγνήτην ἀνασύρωμεν ταχέως, ἐξάγοντες αὐτὸν ἐκ τοῦ πηνίου, παρατηροῦμεν ὅτι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὸ γαλβανόμετρον κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως πρὸς ἐξαγωγὴν τοῦ μαγνήτου, δεικνύει ἐκ νέου ἀπόκλισιν καὶ μάλιστα ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν προηγουμένην.



Σχ. 238. Διάταξις πρὸς παραγωγὴν ρεύματος διὰ μετατοπίσεως ραβδομόρφου μαγνήτου.

Ἐπομένως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἀνεπτύχθη κατὰ τὴν ἐξαγωγὴν τοῦ μαγνήτου ΗΕΔ, ἀντίθετος πρὸς τὴν προηγουμένην, ἕνεκα τῆς ὁποίας παρήχθη ρεῦμα ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος τῆς περιπτώσεως τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ μαγνήτου ἐντὸς τοῦ πηνίου.

Ἐὰν ἐν συνεχείᾳ ἐκτελέσωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα, πλησιάζοντες τὸν μαγνήτην καὶ εἰσάγοντες αὐτὸν ἐντὸς τοῦ πηνίου διὰ τοῦ νοτίου πόλου αὐτοῦ, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ αὐτὰ ἀκριβῶς φαινόμενα, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τοῦ γαλβανομέτρου εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς εἰς τὰς ἀντιστοίχους περιπτώσεις.

Τὰ αὐτὰ φαινόμενα παρατηροῦμεν, ἐὰν ἐκτελέσωμεν τὸ πείραμα διατηροῦντες τὸν μαγνήτην ἀκίνητον καὶ μετακινοῦντες τὸ πηνίον.

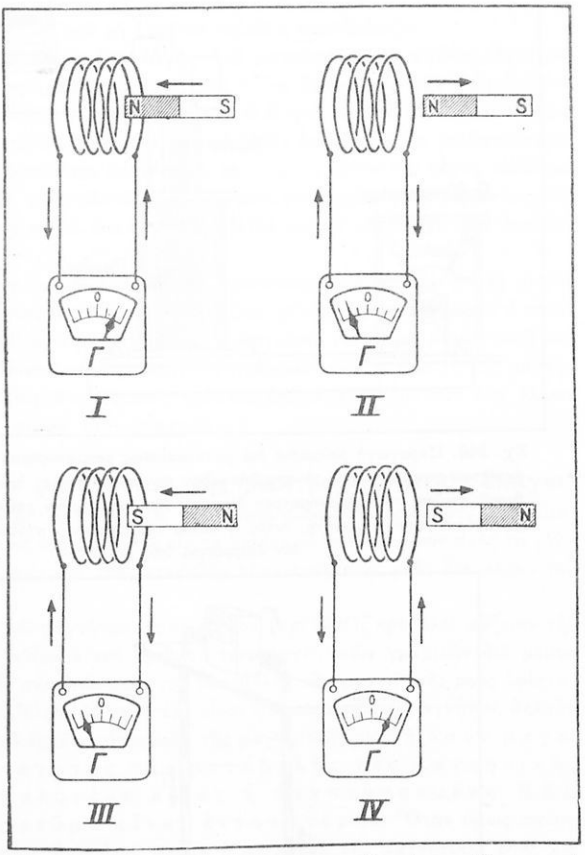
Τὸ σχῆμα 239 δεικνύει κατ' ἁπλούστερον σχηματικὸν τρόπον τὴν πειραματικὴν διάταξιν τῆς ἀνωτέρω περιπτώσεως παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.

β) Παραγωγὴ ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς δι' εἰσαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηνίου ἑτέρου πηνίου διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος. Ἡ διάταξις αὕτη δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 240, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἀκίνητον πηνίον συνδέεται πρὸς γαλβανόμετρον. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, εἰσάγοντες καὶ ἐξάγοντες, ἐκ τοῦ ἀκινήτου πηνίου, τὸ ἕτερον πηνίον τὸ διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ αὐτὰ ὡς ἀνωτέρω φαινόμενα, ἤτοι, ἐφ' ὅσον τὸ ρευματοφόρον πηνίον εὑρίσκεται ἐκτὸς ἢ ἐντὸς τοῦ ἀκινήτου πηνίου ἠρεμοῦν, τὸ γαλβανόμετρον οὐδεμίαν ἀπόκλισιν δεικνύει. Κατὰ τὴν διάρκειαν ὅμως τῆς κινήσεως τοῦ ρευματοφόρου πηνίου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐντὸς τοῦ ἀκινήτου πηνίου, τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει ἀπόκλισιν καὶ μάλιστα, κατὰ τὴν ἐξαγωγήν, ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ ἐκείνην τῆς εἰσαγωγῆς.

γ) Παραγωγὴ ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς διὰ διακοπῆς καὶ ἀποκαταστάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ ρευματοφόρον πηνίον. Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ ρευματοφόρον πηνίον ἠρεμοῦν ἐντὸς τοῦ ἀκινήτου πηνίου, τῆς προηγουμένης διατάξεως, ἡ ἔνδειξις τοῦ γαλβανομέτρου θὰ εἶναι μηδενική. Ἐάν, ὅμως, διὰ μετατοπίσεως πρὸς τὰ ἄνω τοῦ μοχλοῦ τοῦ διακόπτου, διακόψωμεν τὴν παροχὴν ρεύματος, θὰ παρατηρήσωμεν στιγμιαίαν ἀπόκλισιν τοῦ γαλβανομέτρου, καὶ ἐπαναφορὰν ἀκολούθως τοῦ δείκτου εἰς τὴν ἔνδειξιν μηδέν. Ἑπομένως, καθ' ὃν χρόνον διήρκει ἡ διακοπὴ τοῦ ρεύματος, ἀνεπτύχθη ΗΕΔ καὶ ἕνεκα ταύτης παρήχθη ρεῦμα.

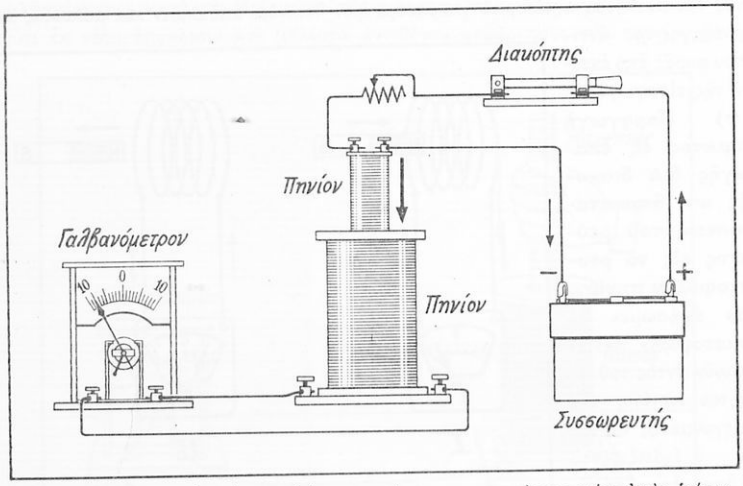


Σχ. 239. Σχηματικὴ παράστασις παραγωγῆς ρεύματος διὰ μετατοπίσεως ραβδομόρφου μαγνήτου, εἰς διαφόρους περιπτώσεις.

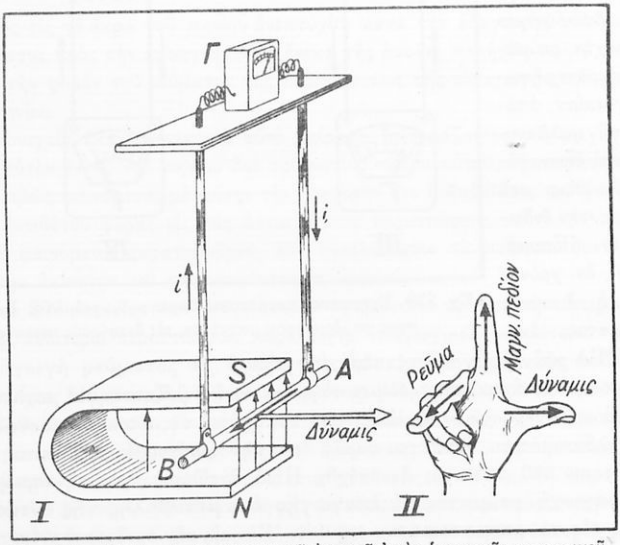
Ἐὰν ἀκολούθως ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεῦμα, καταβιβάζοντες τὸν μοχλὸν τοῦ διακόπτου, θὰ παρατηρήσωμεν ἐκ νέου, κατὰ τὸν χρόνον τῆς ἀποκαταστάσεως, ἀπόκλισιν τοῦ γαλβανομέτρου, ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν προηγουμένην. Συνεπῶς κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος ἀνεπτύχθη ΗΕΔ ἀντίθετος πρὸς τὴν προηγουμένην.

δ) Παραγωγὴ ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς διὰ μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ ρευματοφόρον πηνίον. Ἐὰν εἰς τὴν συνδεσμολογίαν τοῦ προηγουμένου πειράματος παρεμβάλωμεν μεταβλητὴν ἀντίστασιν εἰς τρόπον ὥστε διὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 240. Παραγωγὴ ρεύματος διὰ μετατοπίσεως ρευματοφόρου πηνίου ἐντὸς ἑτέρου ἀκινήτου πηνίου. Ὅταν τὸ ρευματοφόρον πηνίον εἰσάγεται ἢ ἐξάγεται ἐκ τοῦ σταθεροῦ πηνίου, τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει τὴν παραγωγὴν ρεύματος. Ἐὰν τὸ ρευματοφόρον πηνίον ἀκινητῇ, ἐντὸς ἢ ἐκτὸς τοῦ σταθεροῦ πηνίου, τὸ γαλβανόμετρον δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.



Σχ. 241. (Ι) Κατὰ τὴν κίνησιν τοῦ ἀγωγοῦ ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου παράγεται ρεῦμα. (ΙΙ) Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μεταβολῆς τῆς τιμῆς ταύτης νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ὁ δείκτης τοῦ γαλβανομέτρου ἀποκλίνει καὶ τὸ ὄργανον δεικνύει μίαν ἔνδειξιν.

ε) Παραγωγὴ ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς διὰ μετατοπίσεως εὐθέος ἀγωγοῦ ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου. Πρὸς τοῦτο θεωροῦμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 241, I, ὅπου ὁ εὐθὺς χάλκινος ἀγωγὸς ΑΒ ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἀκλονήτου θέσεως διὰ μέσου εὐκάμπτων μεταλλικῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα ἀπολήγουν εἰς γαλβανόμετρον Γ. Ὁ ἀγωγὸς ἐν ἀρχῇ διατίθεται ὁριζοντίως, εἰς τρόπον ὥστε νὰ τέμνῃ καθέτως τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Ἐὰν ἤδη μετατοπίσωμεν τὸν ἀγωγὸν ταχέως πρὸς τὰ ἔξω, εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἀναπτύσσεται ΗΕΔ καὶ τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει τὴν γένεσιν ρεύματος.

Ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος καθορίζεται ἐκ τοῦ πρακτικοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρὸς (σχ. 241, II). Οὕτω προσανατολίζομεν τὴν δεξιὰν χεῖρα εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἀντίχειρ νὰ δεικνύῃ τὴν διεύθυνσιν μετατοπίσεως τοῦ ἀγωγοῦ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὁ δείκτης τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου (ἢ τῆς μαγνητικῆς ροῆς), ὅτε ὁ μεσαῖος, διατιθέμενος καθέτως ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο ἄλλων δακτύλων, δεικνύει τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος.

142. Ἑρμηνεία τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς. Ἐὰν ἐξετάσωμεν λεπτομερῶς ὅλα τὰ προηγουμένως περιγραφέντα πειράματα, βλέπομεν ὅτι ἡ γένεσις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον τὸ συνδεδεμένον πρὸς τὸ γαλβανόμετρον συνοδεύεται πάντοτε ὑπὸ μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς διὰ μέσου τοῦ πηνίου.

Οὕτως, ἡ εἰσαγωγὴ τοῦ μαγνήτου εἰς τὸ πηνίον (σχ. 238), προκαλεῖ αὔξησιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἤτοι αὔξησιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν διὰ μέσου τοῦ πηνίου, καθ' ὅλην δὲ τὴν διάρκειαν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς ὑφίσταται εἰς τὸ πηνίον ρεῦμα. Ὅσον δὲ ταχυτέρα εἶναι ἡ εἰσαγωγὴ τοῦ μαγνήτου, δηλαδὴ ὅσον μικρότερον χρόνον διαρκεῖ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἢ ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ταχύτης τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ καὶ συνεπῶς τὸ ρεῦμα εἶναι ἐντονώτερον. Ὅταν ὅμως παύσῃ ἡ εἰσαγωγὴ τοῦ μαγνήτου, ἤτοι ὅταν παύσῃ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ τὸ ρεῦμα μηδενίζεται.

Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, προκαλοῦμεν ἐλάττωσιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ ὡς ἐκ τούτου γεννᾶται πάλιν ρεῦμα, ἀλλ' ἀντιθέτου φορᾶς ἢ εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν. Ἐπειδὴ ὅμως ἀπαραίτητος προϋπόθεσις διὰ τὴν παραγωγὴν ρεύματος εἶναι ἡ ὕπαρξις ΗΕΔ, ἕπεται ὅτι κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ΗΕΔ.

Εἰς τὸ σχῆμα 240 ἡ διοχέτευσις ρεύματος διὰ τοῦ κινητοῦ πηνίου δημιουργεῖ, ὡς γνωστόν, μαγνητικὸν πεδίον καὶ ἑπομένως ἡ προσέγγισις ἢ ἡ ἀπομάκρυνσις τοῦ ρευματοφόρου πηνίου, ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀκίνητον, δημιουργεῖ ἐν αὐτῷ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ ἑπομένως ἀναπτύσσεται ρεῦμα. Ὁμοίως ἡ διακοπὴ ἢ ἡ ἀπο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατάστασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ ρευματοφόρον πηνίον, ὡς ἐπίσης ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς αὐτό, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα νὰ δημιουργοῦν μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ ἀκίνητον πηνίον καὶ ἐπομένως τὴν γένεσιν ἐντὸς αὐτοῦ ρεύματος.

Εἰς ὅλα τὰ ἀνωτέρω περιγραφέντα πειράματα εἴδομεν ὅτι πᾶσα μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ μέσου τοῦ πηνίου—καθ' οἱονδήποτε τρόπον καὶ ἂν προκαλῆται αὕτη — ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξιν ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.

«Τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον, πᾶσα μεταβολὴ τῆς διά τινος πηνίου διερχομένης μαγνητικῆς ροῆς, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, καλεῖται ἐ π α γ ω γ ή».

Ἡ ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ ὀνομάζεται ἠ λ ε κ τ ρ ε γ ε ρ τ ι κ ὴ δ ύ ν α μ ι ς ἐ ξ ἐ π α γ ω γ ῆ ς, τὸ δὲ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ προκαλέσῃ αὕτη, ὅταν τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἀποτελέσουν κλειστὸν κύκλωμα διὰ συνδέσεώς των πρὸς ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν, καλεῖται ἐ π α γ ω γ ι κ ὸ ν ρ ε ῦ μ α.

Ἐξ ὅλων τῶν ἀνωτέρω δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τὰς ἀκολούθους προτάσεις.

1) Ὅταν κατὰ ἕνα οἱονδήποτε τρόπον, κύκλωμα διαπερᾶται ὑπὸ μαγνητικῆς ροῆς, μεταβαλλομένης ἐν τῷ χρόνῳ, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς, ἐὰν δὲ τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστὸν τότε διαρρέεται τοῦτο ὑπὸ ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς.

2) Τὸ μέγεθος τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτυσσομένης ΗΕΔ εἶναι ἀνάλογον τῆς ταχύτητος τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Συνοψίζοντες, παρατηροῦμεν ὅτι :

«Ἡ ἐμφάνισις τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ ἀποτελεῖ τὸ κύριον φαινόμενον τῆς ἐπαγωγῆς, ἐνῷ τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα εἶναι δευτερεῦον φαινόμενον, ἐμφανίζεται δὲ μόνον ὅταν τὸ κύκλωμα, τὸ διαπερόμενον ὑπὸ μεταβαλλομένης ἐν τῷ χρόνῳ μαγνητικῆς ροῆς, εἶναι κλειστόν».

***143. Ἠλεκτρονικὴ ἑρμηνεία τῆς ἐπαγωγῆς.** Τὸ φαινόμενον τῆς ἐπαγωγῆς δύναται νὰ τύχῃ ἱκανοποιητικῆς ἑρμηνείας τῇ βοηθείᾳ τῆς ἠλεκτρονικῆς θεωρίας (βλ. § 48), συμφώνως πρὸς τὴν ὁποίαν εἰς ἕκαστον μέταλλον τὰ μὲν θετικὰ φορτία εὑρίσκονται ἀναποσπάστως συνδεδεμένα μετὰ τοῦ πυρῆνος τῶν ἀτόμων, τὰ δὲ ἀρνητικὰ ἀποτελοῦνται ἐκ τῶν ἠλεκτρονίων, τινὰ τῶν ὁποίων εἶναι τόσον χαλαρῶς συνδεδεμένα, δυνάμενα νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἐλεύθερα. Τὰ ἐλεύθερα ταῦτα ἠλεκτρόνια τῶν μετάλλων ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἠλεκτρικοῦ πεδίου, δημιουργουμένου δι' ἐφαρμογῆς τάσεώς τινος ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ, μετατοπίζονται κατὰ μῆκος αὐτοῦ καὶ παράγουν οὕτω τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἐὰν μετακινήσωμεν εὐθύγραμμον ἀγωγόν, καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν αὐτοῦ, μετὰ ταχύτητος υ ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $\mathcal{H}$, καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου (σχ. 242), τότε ἐπὶ ἑκάστου ἐλευθέρου ἠλεκτρονίου θὰ ἀσκῆται δύναμις κατὰ Laplace ἴση πρὸς :

$$\mathcal{F} = -e \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H} \quad \text{dyn} \qquad (1)$$

ἢ

$$\mathcal{F} = -\mu_0 \cdot e \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H} \quad \text{Nt} \qquad (2)$$

συνεπείᾳ τῆς ὁποίας τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια μετατοπίζονται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, ἐν σχέσει πρὸς τὰ μετὰ τὰ ἀτόμων παραμένοντα, ἀκλονήτως συνδεδεμένα, θετικὰ φορτία. (Ἐὰν ἦσαν καὶ τὰ θετικὰ φορτία κινητά, ὅπως π.χ. εἰς ἕνα ἠλεκτρολυτικὸν ἀγωγόν, θὰ συνέβαινον, καὶ ἐντὸς αὐτοῦ, τὰ ἴδια ἀκριβῶς φαινόμενα. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως ταύτην παράγεται ρεῦμα ἕνεκα μετακινήσεως θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων πρὸς ἀντιθέτους διευθύνσεις).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀλλ' ἡ ἄσκησις δυνάμεων ἐπὶ ἠλεκτρικῶν φορτίων προϋποθέτει τὴν ὕπαρξιν ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἡ ἐμφάνισις ἀκριβῶς τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖ τὸ φαινόμενον τῆς ἐπαγωγῆς.

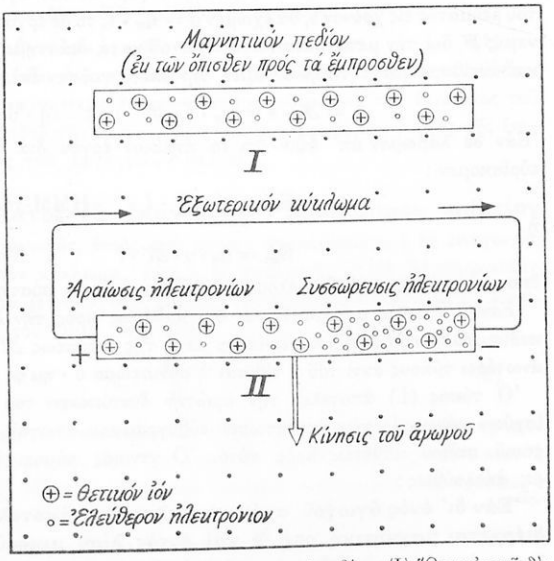
Κατὰ συνέπειαν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἀγωγοῦ, κινουμένου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, καθέτως πρὸς τὸ μῆκος αὐτοῦ καὶ πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου, ἀναπτύσσεται ἠλεκτρικὸν πεδίον, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου ἰσοῦται πρὸς :

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{F}}{q} = \frac{-e \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H}}{-e} = \upsilon \cdot \mathcal{H} \quad \text{ΗΜΜ – ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου} \quad (3)$$

ἢ

$$\mathcal{E} = \mu_0 \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H} \quad \text{V/m} \quad (4)$$

Ἕνεκα ὅμως τῆς μετατοπίσεως τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων πρὸς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ, παρατηρεῖται εἰς τοῦτο συγκέντρωσις ἠλεκτρονίων καὶ συνεπῶς τὸ ἄκρον τοῦτο φορτίζεται ἀρνητικῶς. Εἰς τὸ ἀριστερὸν ἄκρον, τοὐναντίον, σημειοῦται ἔλλειψις ἠλεκτρονίων καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἄκρον αὐτὸ φορτίζεται θετικῶς. Οὕτως, ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ δεύτερον ἠλεκτρικὸν πεδίον, ἀντιθέτου πρὸς τὸ πρῶτον φορᾶς. Τὰ δὲ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια θὰ μετατοπίζωνται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πρώτου πεδίου, μέχρις ὅτου εἰς ἀμφότερα τὰ ἄκρα συσσωρευθοῦν τόσα ἀντίθετα φορτία, ὅσα ἀπαιτοῦνται πρὸς δημιουργίαν δευτέρου ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἐντάσεως ἴσου μέτρου πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πρώτου πεδίου. Οὕτω, λόγῳ τοῦ διαχωρισμοῦ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων κατὰ μῆκος τοῦ κινουμένου ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς μεταξὺ τῶν ἄκρων αὐτοῦ.



Σχ. 242. Ἀγωγὸς ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου. (Ι) Ὅταν ἠρεμῇ δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. (ΙΙ) Κινούμενος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.

144. Ὑπολογισμὸς τῆς ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς. Νόμος τῆς ἐπαγωγῆς.

Τὴν τιμὴν τῆς ἀναπτυσσομένης ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς $E_{\text{επ}}$ δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Ὅταν ὁ ἀγωγὸς (σχ. 242,ΙΙ) κινῆται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ βέλους, τότε, κατὰ τὰ προηγούμενα, ἀναπτύσσεται ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς καὶ κατὰ συνέπειαν, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, ἀναπτύσσεται καὶ ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς. Λόγῳ ὅμως τῆς ὑπάρξεως ρεύματος εἰς τὸν ἀγωγόν, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις ἔστω $i_{\text{επ}}$, ὁ ἀγωγὸς ὑφίσταται ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως κατὰ Laplace, ἡ ὁποία τείνει νὰ μετατοπίσῃ αὐτὸν καὶ ἑπομένως, πρὸς συγκράτησιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὴν θέσιν του, πρέπει νὰ ἐπενεργήσῃ ἐξωτερικὴ δύναμις ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν πρώτην.

Ἡ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀσκουμένη δύναμις εἶναι, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Laplace, $\mathcal{F} = i_{\epsilon\pi} \cdot l \cdot \mathcal{H}$. Ἐὰν $i_{\epsilon\pi}$ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς HMM–ἐντάσεως, l τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ εἰς cm καὶ $\mathcal{H}$ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς Oersted, τότε ἡ δύναμις $\mathcal{F}$ ἐκφράζεται εἰς δύνας (dyn).

Τὸ διάστημα s κατὰ τὸ ὁποῖον μετατοπίζεται ὁ ἀγωγὸς εἰς χρόνον t sec εἶναι : $s = \upsilon \cdot t$, ὅπου υ εἰς cm/sec ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν δὲ ἐξ ἄλλου καλέσωμεν διὰ q, εἰς HMM–φορτίου, τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ τὸ μεταφερόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος εἰς χρόνον t, θὰ ἔχωμεν $q = i_{\epsilon\pi} \cdot t$, τὸ δὲ ἔργον A, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ δύναμις $\mathcal{F}$ διὰ τὴν μετατόπισιν τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ διάστημα s, ἐξουδετεροῦσα τὴν ἴσην καὶ ἀντίθετον μαγνητικὴν δύναμιν, τὴν ἐπενεργοῦσαν ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ, εἶναι :

$$A = \mathcal{F} \cdot s = i_{\epsilon\pi} \cdot l \cdot \mathcal{H} \cdot \upsilon \cdot t = q \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H} \cdot l \text{ erg}$$

Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι τὸ πηλίκον ἔργου διὰ φορτίου ἀποτελεῖ τὴν $E_{\epsilon\pi}$, εὑρίσκομεν :

$$E_{\epsilon\pi} = \upsilon \cdot \mathcal{H} \cdot l \qquad \text{HMM-τάσεως} \qquad (1)$$

ἢ

$$E_{\epsilon\pi} = \mu_0 \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H} \cdot l \qquad \text{Volt} \qquad (2)$$

ὅπου αἱ μονάδες τοῦ β' μέλους ἐκφράζονται εἰς τὸ σύστημα MKSA.

Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς μετατοπίζεται ὄχι καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀλλὰ σχηματίζων γωνίαν φ μετὰ τῆς ἐντάσεως $\mathcal{H}$ τοῦ πεδίου, τότε εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους ἀντὶ τοῦ υ τίθεται ἡ συνιστῶσα $\upsilon \cdot \eta\mu\,\varphi$.

Ὁ τύπος (1) ἀποτελεῖ τὴν πρώτην διατύπωσιν τοῦ **νόμου τῆς ἐπαγωγῆς,** ἰσχύων μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, κινουμένου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου καθέτως πρὸς αὐτό. Ὁ γενικὸς νόμος τῆς ἐπαγωγῆς διατυποῦται ὡς ἀκολούθως :

Ἐὰν δι' ἑνὸς ἀγωγοῦ σχήματος πλαισίου, ἀποτελουμένου ἐκ n σπειρῶν, διέρχεται μαγνητικὴ ροὴ Φ καὶ ἐντὸς λίαν μικροῦ χρόνου Δt μεταβάλλεται ἡ ροὴ κατὰ ΔΦ, τότε εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ πλαισίου ἐμφανίζεται ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς $E_{\epsilon\pi}$, τὴν ὁποίαν μᾶς παρέχει ὁ τύπος :

$E_{\epsilon\pi} = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n$	Νόμος τῆς ἐπαγωγῆς	(3)

Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον ἐκφράζει ὅτι ἡ φορὰ τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς τάσεως εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἐὰν συνεπῶς ἐνδιαφερώμεθα μόνον διὰ τὸ μέτρον τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ, δυνάμεθα νὰ παραλείπωμεν τὸ ἀρνητικὸν πρόσημον.

Ὁ ἀνωτέρω νόμος τῆς ἐπαγωγῆς, ὁ ὁποῖος διετυπώθη ὑπὸ τοῦ F a r a d a y, δύναται νὰ ἐκφρασθῇ καὶ ὡς ἑξῆς : «**Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ταχύτητα μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς**».

Ὁ τύπος (3) ἐκφράζει τὴν ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ $E_{\epsilon\pi}$ εἰς Volt, ὅταν ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ροῆς δίδεται εἰς V · sec καὶ ἡ μεταβολὴ τοῦ χρόνου εἰς sec. Ὁ αὐτὸς τύπος ἐκφράζει τὴν $E_{επ}$ εἰς ΗΜΜ–τάσεως, ὅταν ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς δίδεται εἰς Maxwell καὶ ἡ μεταβολὴ τοῦ χρόνου εἰς sec. Ἐὰν ἡ ΔΦ δίδεται εἰς Maxwell, ἡ Δt εἰς sec καὶ ἡ $E_{επ}$ εἰς Volt, ὁ τύπος (3) γίνεται :

$$E_{επ} = -\frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n \qquad (4)$$

***145. Τρόποι μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς.** Ὡς γνωστὸν ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη διὰ μικρᾶς ἐπιφανείας S, ἡ ὁποία εὑρίσκεται εἰς μαγνητικὸν πεδίον, ἐντὸς ὑλικοῦ σχετικῆς μαγνητικῆς διαπερατότητος μ, καὶ ἡ ὁποία σχηματίζει γωνίαν α μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$\Phi = \mu \cdot \mu_0 \cdot \mathcal{H} \cdot S \cdot \text{συν}\, \alpha \qquad (1)$$

Ἐκ τοῦ τύπου (1) ἕπεται ὅτι ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ διὰ μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς διαπερατότητος τοῦ μέσου, τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς ἐπιφανείας ἢ διὰ μεταβολῆς τῆς γωνίας τῆς ἐπιφανείας μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

***146. Ἔντασις ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἠλεκτρικὸν φορτίον ἐξ ἐπαγωγῆς.** Ἐὰν ὁ ἀγωγός, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀναπτύσσεται ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ $E_{επ}$, ἀποτελῇ κλειστὸν κύκλωμα, τότε ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ θὰ προκαλέσῃ ἐντὸς τοῦ κυκλώματος ρεῦμα (ἐπαγωγικὸν ρεῦμα), τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις $i_{επ}$ θὰ εἶναι, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, ἴση πρὸς :

$$i_{επ} = \frac{E_{επ}}{R} \qquad (1)$$

ὅπου R ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος. Ἐὰν κατὰ ἕνα οἱονδήποτε τρόπον μεταβάλωμεν τὴν μαγνητικὴν ροὴν ἀπὸ τῆς τιμῆς Φ εἰς Φ′ ἐντὸς χρόνου t sec, ἡ μέση τιμὴ τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ $E_{επ}$, διὰ μίαν σπεῖραν, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$E_{επ} = -\frac{\Phi' - \Phi}{t} \qquad (2)$$

ὅπου $\Phi' - \Phi = \Delta\Phi$, ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

Ἡ μέση τιμὴ τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτυσσομένου ρεύματος θὰ εἶναι :

$$i_{επ} = -\frac{\Phi' - \Phi}{R \cdot t} \qquad (3)$$

Τέλος τὸ φορτίον q, τὸ ὁποῖον μεταφέρει τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα, ἐντάσεως $i_{επ}$, εἰς χρόνον t, ἰσοῦται πρὸς :

$$q = i_{επ} \cdot t = -\frac{\Phi' - \Phi}{R} \qquad (4)$$

Ὁ τελευταῖος τύπος περιλαμβάνει τὴν πρότασιν: **«Τὸ φορτίον, τὸ μεταφερόμενον ὑπὸ τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος, εἶναι ἀνεξάρτητον τοῦ χρόνου, ἐξαρτᾶται δὲ μόνον ἐκ τοῦ μεγέθους τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ κυκλώματος».**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οἱ τύποι (1), (2), (3) καὶ (4) ἰσχύουν διὰ τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα καὶ τὸ σύστημα MKSA, ἐφ' ὅσον τὰ διάφορα μεγέθη ἐκφράζονται εἰς μονάδας τοῦ ἑνὸς ἢ τοῦ ἑτέρου συστήματος.

***147. Δικαιολογία τῆς μονάδος μαγνητικῆς ροῆς Volt·sec.** Ὁ τύπος (3) τοῦ νόμου τῆς ἐπαγωγῆς (§ 144) δίδει διὰ τὸ μέτρον τῆς μαγνητικῆς δυναμικῆς ροῆς, εἰς τὴν περίπτωσιν πλαισίου ἐκ μιᾶς σπείρας, τὴν σχέσιν :

$$\Delta\Phi = E_{\varepsilon\pi} \cdot \Delta t \qquad (1)$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου, θέτοντες $E_{\varepsilon\pi} = 1$ Volt καὶ $\Delta t = 1$ sec, ὁρίζομεν τὴν μονάδα μαγνητικῆς ροῆς τοῦ συστήματος MKSA, ἡ ὁποία καλεῖται 1 Volt · sec ἢ 1 Weber.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 30 000 ἀμπεροστροφῶν/m, κινεῖται εὐθύγραμμος ἀγωγός, μήκους 15 cm, μετὰ ταχύτητος 6 m/sec καὶ εἰς τρόπον ὥστε αἱ διευθύνσεις τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς κινήσεως, νὰ εἶναι ἀνὰ δύο κάθετοι. α) Ποία ἡ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς, εἰς Volt καὶ ΗΜΜ-τάσεως. β) Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος, ὅταν ὁ κινούμενος ἀγωγὸς ἀποτελῇ κλειστὸν κύκλωμα, ὁλικῆς ἀντιστάσεως 0,4 Ω.

Λύσις. α) Ἐκ τοῦ τύπου : $E_{\varepsilon\pi} = \mu_0 \cdot \upsilon \cdot H \cdot l$ δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ V · sec/A · m, $\upsilon = 6$ m/sec, $H = 30\,000$ ἀμπεροστροφαὶ/m, $l = 15$ cm $=$ 0,15 m, εὑρίσκομεν :

$$\underline{E_{\varepsilon\pi}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 30\,000 \cdot 0{,}15 \text{ Volt} = 0{,}0108\,\pi \text{ Volt} = \underline{0{,}034 \text{ Volt}}$$

Ἐπειδὴ 1 V $= 10^8$ ΗΜΜ–τάσεως, ἔχομεν ὅτι :

$$\underline{E_{\varepsilon\pi}} = 0{,}034 \text{ Volt} = 0{,}034 \cdot 10^8 \text{ ΗΜΜ–τάσεως} = \underline{3{,}4 \cdot 10^6 \text{ ΗΜΜ – τάσεως}}$$

Σημείωσις. Ἡ ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς εὑρίσκεται ἀμέσως εἰς ΗΜΜ–τάσεως δι' ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου : $E_{\varepsilon\pi} = \upsilon \cdot H \cdot l$ ὅπου τὰ μεγέθη τοῦ β' μέλους ἐκφράζονται εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα.

β) Διὰ τὴν ἔντασιν τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος ἔχομεν : $i_{\varepsilon\pi} = \dfrac{E_{\varepsilon\pi}}{R}$ ὅπου $E_{\varepsilon\pi} = 0{,}034$ Volt καὶ $R = 0{,}4\ \Omega$ καὶ δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$i_{\varepsilon\pi} = \frac{0{,}034}{0{,}4} = 0{,}085 \text{ A}$$

2. Κυλινδρικὸν πηνίον, μήκους 40 cm καὶ διαμέτρου 5 cm, φέρει μίαν πρωτεύουσαν περιέλιξιν 800 σπειρῶν καὶ μίαν δευτερεύουσαν 2000 σπειρῶν. Τὸ ρεῦμα τοῦ πρωτεύοντος αὐξάνει ὁμαλῶς τὴν ἔντασίν του, ἀπὸ 0,1 A εἰς 5 A, ἐντὸς χρόνου 3 sec. Ποία ἡ κατὰ τὸν χρόνον αὐτὸν ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς.

Λύσις. Ἐπειδὴ ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου : $E_{\varepsilon\pi} = \dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n$ (1) καὶ εἶναι $\Delta t = 3$ sec, $n = 2000$ σπεῖραι καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἄγνωστος θὰ ὑπολογίσωμεν τὴν $\Delta\Phi$. Εἶναι, ὡς γνωστόν : $\Phi = \mu_0 \cdot S \cdot H$. Συνεπῶς :

$$\Phi_1 = \mu_0 \cdot S \cdot H_1$$

ὅπου $S = \pi(0{,}025)^2$ m^2 $= 19{,}625 \cdot 10^{-4}$ m^2, $H_1 = 0{,}1 \cdot 800/0{,}40$ ἀμπεροστροφαὶ/m $= 200$ ἀμπεροστροφαὶ/m. Ἐπομένως : $\Phi_1 = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 19{,}625 \cdot 10^{-4} \cdot 200$ V · sec $= 49 \cdot 10^{-8}$ V · sec, καὶ :

$$\Phi_2 = \mu_0 \cdot S \cdot H_2$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπου $H_2 = 5 \cdot 800/0{,}4$ ἀμπεροστροφαί/m $= 1000$ ἀμπεροστροφαί/m, ἄρα :

$$\Phi_2 = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 19{,}625 \cdot 10^{-4} \cdot 1000 \text{ V} \cdot \text{sec} = 2466 \cdot 10^{-8} \text{ V} \cdot \text{sec}$$

συνεπῶς :

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 2417 \cdot 10^{-8} \text{ V} \cdot \text{sec}$$

καὶ ὁ τύπος (1) δίδει δι' ἀντικαταστάσεως :

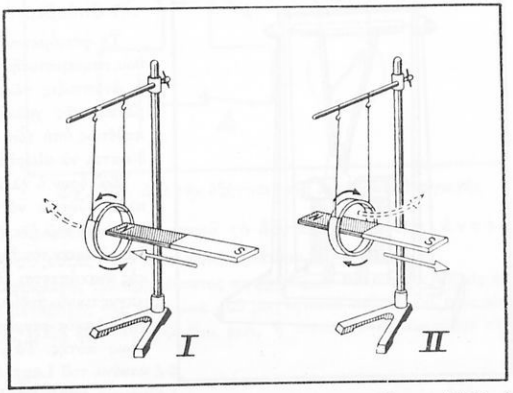
$$E_{\text{επ}} = \frac{2417 \cdot 10^{-8}}{3} \cdot 2000 \text{ V} = 16{,}1 \text{ mV}$$

148. Κανὼν τοῦ Lenz (Λέντς). Ὁ κανὼν οὗτος ἔχει σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς φορᾶς τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ διατυποῦται ὡς ἑξῆς : **«Τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα ἔχει φορὰν τοιαύτην, ὥστε νὰ ἀντιτίθεται εἰς τὴν αἰτίαν, ἡ ὁποία τὸ παράγει».**

Οὕτως, ἐὰν εἰς τὸ ἀκίνητον πηνίον τοῦ σχήματος 238, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, διὰ συνδέσεως τῶν ἄκρων του πρὸς γαλβανόμετρον, εἰσάγωμεν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, προκαλεῖται αὔξησις τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

Συμφώνως πρὸς τὸν κανόνα τοῦ Lenz, τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα πρέπει νὰ ἔχῃ φορὰν τοιαύτην, ὥστε νὰ ἀντιτίθεται εἰς τὴν αὔξησιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, δηλαδὴ εἰς τὴν εἰσαγωγὴν τοῦ μαγνήτου. Πρὸς τοῦτο πρέπει ἡ φορὰ τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος νὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε νὰ ἀναπτύξῃ εἰς τὸ ἄνω ἄκρον τοῦ πηνίου βόρειον πόλον, ὁ ὁποῖος θὰ ἀπωθήσῃ τὸν βόρειον πόλον τοῦ εἰσερχομένου μαγνήτου.

Τὸ ἀντίθετον θὰ συμβῇ ἐὰν ἀνασύρωμεν πρὸς τὰ ἔξω τὸν μαγνήτην, διότι τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα πρέπει νὰ ἔχῃ φορὰν τοιαύτην, ὥστε νὰ ἀντιτίθεται εἰς τὴν ἐλάττωσιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Θὰ πρέπει ἑπομένως νὰ ἀναπτυχθῇ εἰς τὸ πηνίον ρεῦμα τεῖνον νὰ ἀναιρέσῃ τὴν αὔξησιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, δηλαδὴ ρεῦμα ἀντίρροπον πρὸς τὸ διαρρέον τὸν μαγνήτην, ὡς γνωστὸν δὲ ἀντίρροπα ρεύματα ἀπωθοῦνται. Πράγματι, ὡς δεικνύει ὁ δείκτης τοῦ γαλβανομέτρου, κατὰ τὴν ἔξοδον τοῦ μαγνήτου τὸ ρεῦμα εἶναι ἀντίρροπον τοῦ προηγουμένου.



Σχ. 243. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ κανόνος τοῦ Lenz. (Ι) Κατὰ τὴν προσέγγισιν τοῦ μαγνήτου ὁ δακτύλιος ἀπομακρύνεται ἀπ' αὐτοῦ. (ΙΙ) Κατὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ μαγνήτου ὁ δακτύλιος κινεῖται πλησιάζων πρὸς αὐτόν.

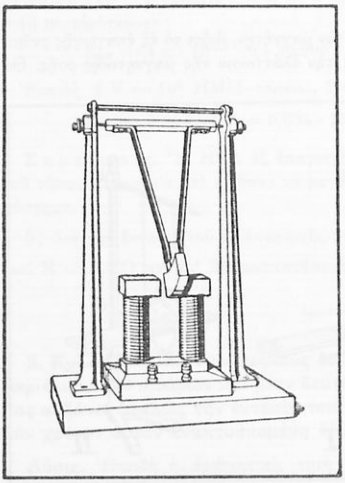
Τοῦτο δυνάμεθα νὰ δείξωμεν καὶ διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος. Ἐξαρτῶμεν διὰ διπλῆς ἐξαρτήσεως δακτύλιον μικροῦ βάρους ἐκ σύρματος ἀργιλίου (σχ. 243). Ἐὰν εἰς τὸν δακτύλιον εἰσάγωμεν ταχέως ραβδόμορφον ἰσχυρὸν μαγνήτην, πλησιάζοντα τὸν δακτύλιον διὰ τοῦ βορείου πόλου αὐτοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δακτύλιος κινεῖται *ἀπομακρυνόμενος* τοῦ μαγνήτου. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι κατὰ τὴν προσέγγισιν καὶ εἰσαγωγὴν τοῦ μαγνήτου αὐξάνεται ἡ διὰ τοῦ δακτυλίου διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ καὶ ἕνεκα τούτου δημιουργεῖται ἐντὸς τοῦ δακτυλίου ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ὑφίσταται, εὑρισκόμενον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου, δύναμιν κατὰ Laplace, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἔχῃ τοιαύτην φοράν, ὥστε νὰ προκαλέσῃ μετακίνησιν τοῦ δακτυλίου, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀ ν τ ι τ ί θ ε τ α ι οὗτος εἰς τὴν αὔξησιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἀλλὰ διὰ νὰ συμβῇ αὐτό, πρέπει ὁ δακτύλιος νὰ ἀπομακρυνθῇ τοῦ μαγνήτου. Πρὸς τοῦτο, τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα ἔχει φορὰν τοιαύτην, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τοῦ δακτυλίου ἡ στρεφομένη πρὸς τὸν βόρειον πόλον N τοῦ μαγνήτου νὰ ἀποτελῇ ἐπίσης βόρειον πόλον, ὅτε παρατηρεῖται ἄπωσις. Ἐὰν τοὐναντίον ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, ὁ δακτύλιος κινεῖται πάλιν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μετατοπίσεως τοῦ μαγνήτου.

149. Ρεύματα Foucault (Φουκώ). Ρεύματα Foucault (ἢ δινορρεύματα) καλοῦνται τὰ ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς, τὰ παραγόμενα ἐντὸς συμπαγῶν μεταλλικῶν μαζῶν (μικρᾶς δηλαδὴ ἀντιστάσεως), π.χ. χαλκίνων ἢ σιδηρῶν, ὅταν αὗται κινοῦνται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου. Οὕτως, ἐπὶ παραδείγματι, ὅταν μεταλλικὴ μᾶζα χαλκοῦ περιστρέφεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, τότε λόγῳ τῆς συνεχῶς μεταβαλλομένης μαγνητικῆς ροῆς ἀναπτύσσονται ἐντὸς αὐτῆς ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς, τὰ ὁποῖα κυκλοφοροῦν ἐντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης καὶ οὕτω προκαλοῦν τὴν θέρμανσιν αὐτῆς.

Τὰ ρεύματα Foucault συντελοῦν εἰς ἀπώλειαν ἐνεργείας καὶ ἑπομένως ἀπαιτεῖται ἔξωθεν κατανάλωσις μεγαλυτέρου ποσοῦ ἐνεργείας διὰ τὴν διατήρησιν τῆς κινήσεως τοῦ σώματος ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐφ' ὅσον δὲ δὲν προσδίδομεν ἔξωθεν ἐνέργειαν πρὸς διατήρησιν τῆς κινήσεως τοῦ σώματος, τὰ ρεύματα Foucault συντελοῦν εἰς τὴν ἀπόσβεσιν τῆς κινήσεως αὐτοῦ.



Σχ. 244. Ἀντίδρασις ρευμάτων Foucault καὶ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐκκρεμὲς αἰωρούμενον διὰ μέσου τοῦ διακένου ἠλεκτρομαγνήτου.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο δεικνύομεν διὰ τῆς ἀκολούθου πειραματικῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 244, ὅπου ἡ ἀνάπτυξις τῶν ρευμάτων Φουκὼ γίνεται ἐντὸς μεταλλικῆς χαλκίνης πλακός, ἡ ὁποία διαπερᾶται καθέτως ὑπὸ τῶν γραμμῶν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ δύναται νὰ αἰωρῆται περὶ ἄξονα.

Ἐφ' ὅσον ὁ ἠλεκτρομαγνήτης δὲν ἔχει διεγερθῇ, ἡ πλὰξ δύναται νὰ αἰωρῆται ὡς ἐκκρεμὲς ἐντὸς τοῦ διακένου τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἐλευθέρως. Ἐὰν ὅμως διεγείρωμεν τὸν ἠλεκτρομαγνήτην, ἡ κίνησις τῆς πλακὸς ἀνακόπτεται λόγῳ τῆς ἀμοιβαίας ἐπενεργείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τῶν ἀναπτυσσομένων ἐντὸς τῆς πλακὸς ρευμάτων Foucault, ἐξ αἰτίας τῆς κινήσεως αὐτῆς. Τὰ ρεύματα ταῦτα, συμφώνως πρὸς τὸν κανόνα τοῦ Lenz, ἔχουν τοιαύτην φοράν, ὥστε αἱ δυνάμεις κατὰ Laplace, αἱ ὁποῖαι ἀσκοῦνται ἐπ' αὐτῶν, νὰ ἀντιτίθενται εἰς τὴν κίνησιν τῆς πλακός. Ἡ διάταξις αὕτη εὑρίσκει πρακτικὴν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν ἠλεκτρομαγνητικῶν τροχοπεδῶν (φρένων) εἰς τοὺς τροχιοδρόμους, ὡς καὶ εἰς τὴν ἀπόσβεσιν τῆς κινήσεως τῶν κινητῶν συστημάτων τῶν ἠλεκτρικῶν ὀργάνων μετρήσεως.

Ἐπίσης ρεύματα Foucault ἀναπτύσσονται ἐντὸς τῶν σιδηρῶν πυρήνων μετασχηματιστῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος (βλ. § 173). Οὕτως, ἡ δίοδος ἐναλλασσομένου ρεύματος διὰ περιελίξεως δημιουργεῖ μεταβλητὴν μαγνητικὴν ροὴν διὰ μέσου τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος, ἡ ὁποία πάλιν ἔχει ὡς

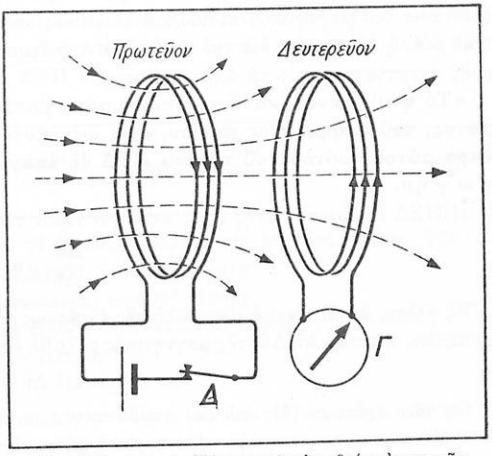
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀποτέλεσμα τὴν γένεσιν ρευμάτων Foucault, διότι ὁ σιδηροῦς πυρὴν εἶναι ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Σήμερον διὰ τὴν κατασκευὴν μετασχηματιστῶν δὲν χρησιμοποιοῦν συμπαγεῖς σιδηροῦς πυρῆνας, ἀλλὰ πολυμερισμένους κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ἀνοικτῶν πυρήνων, ὡς π.χ. τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς σωληνοειδῆ ἢ ἐπαγωγικὰ πηνία, ὁ πυρὴν διὰ τοὺς ἀνωτέρω λόγους δὲν ἀποτελεῖται ἐκ συμπαγοῦς μάζης σιδήρου, ἀλλ' ἐκ πολλῶν συρμάτων ἐκ σιδήρου μονωμένων, τὰ ὁποῖα συνάπτονται καὶ ἀποτελοῦν τὸν σιδηροῦν πυρῆνα. Τελευταίως εἰς πολλὰς συσκευὰς οἱ πυρῆνες πραγματοποιοῦνται ὑπὸ κονιοποιημένου σιδήρου, ὑποβαλλομένου εἰς ὑψηλὴν πίεσιν, διὰ τοῦ τρόπου δὲ τούτου ἐπιτυγχάνεται σχεδὸν ἐκμηδένισις τῶν ρευμάτων τούτων.

***150. Ἀμοιβαία ἐπαγωγή.** Τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσεται ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς εἰς ἓν κύκλωμα ὡς ἀποτέλεσμα τῶν μεταβολῶν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος γειτονικοῦ κυκλώματος ὀνομάζομεν **ἀμοιβαίαν ἐπαγωγήν.**

Ἐὰν εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245, διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ πρωτεύοντος πηνίου ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, δημιουργοῦμεν μαγνητικὴν ροήν, ἡ ὁποία ἐν μέρει διαπερᾷ καὶ τὸ δευτερεῦον. Ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει λέγομεν ὅτι δύο κυκλώματα εἶναι **συνεζευγμένα,** ἡ δὲ σύζευξις πραγματοποιεῖται διὰ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δημιουργοῦμεν εἰς τὸ πρωτεῦον, διὰ τῆς διοχετεύσεως ἐν αὐτῷ ρεύματος. Ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς μαγνητικῆς ροῆς τοῦ πρωτεύοντος διαπερᾷ τὸ δευτερεῦον, τόσον ἐντονωτέρα λέγομεν ὅτι εἶναι ἡ σύζευξις τῶν δύο κυκλωμάτων.



Σχ. 245. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς.

Διὰ μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ πρωτεύοντος πηνίου $i_{πρωτ}$ θὰ ἀναπτυχθῇ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος, λόγῳ τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ συνεπῶς τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς $E_{επ,\ δευτ}$, ἡ ὁποία, κατὰ τὸν νόμον τῆς ἐπαγωγῆς, θὰ ἰσοῦται πρὸς :

$$E_{επ,\ δευτ} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n \qquad (1)$$

Ἐξ ἄλλου, ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν Δi τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἤτοι :

$$\Delta\Phi \cdot n = M \cdot \Delta i \qquad (2)$$

ὅπου M σταθερὰ ἀναλογίας, ἡ ὁποία καλεῖται **συντελεστὴς ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς.**

Ἐκ τῶν (1) καὶ (2) λαμβάνομεν :

$$E_{επ,\ δευτ} = -M \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} \qquad (3)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἑπομένως : «**Ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς τὸ δευτερεῦον πηνίον, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ταχύτητα μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (Δi/Δt), καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸν συντελεστὴν ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς**».

Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον τῶν τύπων δικαιολογεῖται ἐκ τοῦ κανόνος τοῦ Lenz.

151. Αὐτεπαγωγή. Γνωρίζομεν ἤδη ὅτι, περὶ ἀγωγὸν διαρρεόμενον ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σχηματίζεται μαγνητικὸν πεδίον. Μεταβολαὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος θὰ ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα μεταβολὰς τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐξ αἰτίας τῶν ὁποίων θὰ ἀναπτύσσεται ἐντὸς α ὐ τ ο ῦ τ ο ῦ τ ο ῦ ἀγωγοῦ ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι πλέον κατανοητὸν εἰς τὴν περίπτωσιν κυκλικοῦ ἀγωγοῦ ἢ πηνίου διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος.

Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον μεταβληθῇ, μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἑπομένως ὑφίσταται μεταβολὴν καὶ ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πηνίου. Ἕνεκα ὅμως τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς.

«Τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον πᾶσα μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος πηνίον, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξιν εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ τούτου τοῦ πηνίου ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς, καλεῖται α ὐ τ ε π α γ ω γ ή».

Ἡ ΗΕΔ ἐξ αὐτεπαγωγῆς $E_{αυτ}$, κατὰ τὸν νόμον τῆς ἐπαγωγῆς, θὰ εἶναι ἴση πρὸς :

$$E_{αυτ} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n \qquad (1)$$

Ἐξ ἄλλου, ἂν Δi εἶναι ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ πηνίον, ἡ μεταβολὴ ΔΦ τῆς μαγνητικῆς ροῆς θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν Δi, ἤτοι :

$$n \cdot \Delta\Phi = L \cdot \Delta i \qquad (2)$$

Ἐκ τῶν σχέσεων (1) καὶ (2) λαμβάνομεν :

$$\boxed{E_{αυτ} = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}} \qquad (3)$$

ὅπου L συντελεστὴς ἀναλογίας, καλούμενος **συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς.** Οὗτος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου, ἐκ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ καὶ ἐκ τῆς μαγνητικῆς διαπερατότητος τοῦ περιβάλλοντος τὸν ἀγωγὸν μέσου. Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον τῶν τύπων (1) καὶ (3) δικαιολογεῖται ἐκ τοῦ κανόνος τοῦ Lenz.

Ἐκ τοῦ τύπου (3) ἐξάγεται ὅτι ἡ ΗΕΔ ἐξ αὐτεπαγωγῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ταχύτητα μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος (Δi/Δt), τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ πρὸς τὸν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς.

Μονάδες συντελεστῶν αὐτεπαγωγῆς καὶ ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς. Ὁ ἀνωτέρω εὑρεθεὶς τύπος (3), γράφεται :

$$L = -E_{αυτ} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta i} \qquad (4)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τοῦ τύπου (4), ὁρίζεται ἡ μονὰς τοῦ συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς. Εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα αὕτη ὁρίζεται ὡς ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς ἀγωγοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον ἀναπτύσσεται ΗΕΔ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἴση πρὸς 1 ΗΜΜ–τάσεως, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγόν, μεταβάλλεται κατὰ 1 ΗΜΜ–ἐντάσεως ρεύματος ἀνὰ δευτερόλεπτον.

Ἐπειδή, ὡς εὑρίσκεται, αἱ διαστάσεις τοῦ συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς εἰς τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα εἶναι διαστάσεις μήκους, ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται καὶ **1 cm**, ἤτοι :

$$1\ \text{ΗΜΜ–συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς} = 1\text{cm}$$

Εἰς τὸ σύστημα MKSA, ὡς μονὰς συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς, λαμβάνεται ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς ἀγωγοῦ, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ἀναπτύσσεται ΗΕΔ ἐξ αὐτεπαγωγῆς, ἴση πρὸς 1 Volt, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον μεταβάλλεται κατὰ 1 Ampère ἀνὰ δευτερόλεπτον. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται **1 Henry** (1 H).

Ἑπομένως :

$$1\ \text{Henry} = \frac{1\ \text{V} \cdot \text{sec}}{1\ \text{A}} = \frac{1\ \text{Weber}}{1\ \text{A}} \qquad (5)$$

Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται καὶ τὰ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος ταύτης, ἤτοι :

$$1\ \text{mH (μιλιανρὺ)} = 10^{-3}\ \text{Henry}$$
$$1\ \mu\text{H (μικροανρὺ)} = 10^{-6}\ \text{Henry}$$

Μεταξὺ τῶν μονάδων cm καὶ Henry ὑφίστανται αἱ σχέσεις :

$$1\ \text{Henry} = 10^{9}\ \text{cm}$$
$$1\ \text{cm} = 10^{-9}\ \text{Henry}$$

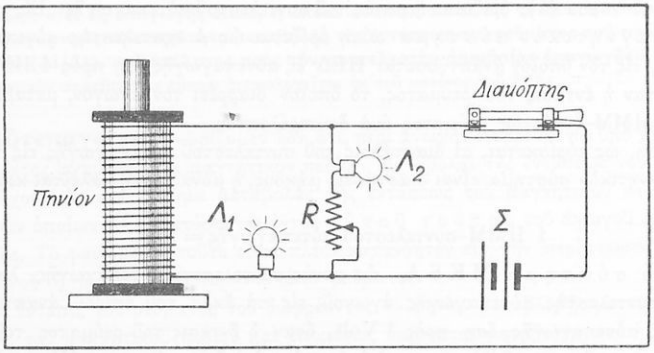
Αἱ ἀνωτέρω μονάδες χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης καὶ διὰ τὸν συντελεστὴν ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς. Ἡ μονὰς 1 cm σχεδὸν οὐδέποτε χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν πρᾶξιν.

152. Ἀποτελέσματα τῆς αὐτεπαγωγῆς. Πρὸς κατανόησιν τῶν ἀποτελεσμάτων τῆς αὐτεπαγωγῆς ἐκτελοῦμεν τὰ ἀκόλουθα δύο πειράματα :

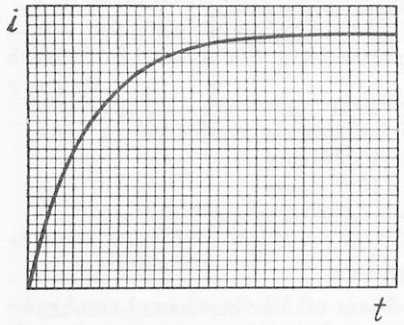
1ον Πείραμα. Σχηματίζομεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἐκ τῆς συνδέσεως ἐν σειρᾷ στήλης Σ, πηνίου μετὰ σιδηροῦ πυρῆνος καὶ καταλλήλου λυχνίας πυρακτώσεως Λ_1, ἡ ὁποία νὰ φωτοβολῇ κανονικῶς (σχ. 246). Πρὸς τοῦτο, κατὰ διακλάδωσιν πρὸς τὸ σύστημα τοῦ πηνίου καὶ τῆς λυχνίας, συνδέομεν τὴν ρυθμιζομένην ἀντίστασιν R μετὰ τῆς ἐν σειρᾷ συνδεδεμένης λυχνίας Λ_2 καὶ διὰ ρυθμίσεως τῆς ἀντιστάσεως R ἐπιτυγχάνομεν, ὥστε ἡ φωτιστικὴ ἔντασις τῆς λυχνίας Λ_2 νὰ εἶναι ἡ αὐτὴ πρὸς τὴν τῆς Λ_1. Ἐὰν ἤδη ἀνοίξωμεν τὸν διακόπτην καὶ ἀκολούθως κλείσωμεν αὐτόν, βλέπομεν περιέργως ὅτι ἡ λυχνία Λ_2, ἀμέσως μόλις κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, φωτοβολεῖ μὲ τὴν κανονικήν της ἔντασιν, ἐνῷ ἡ λυχνία Λ_1 δὲν φωτοβολεῖ μὲ τὴν κανονικήν της ἔντασιν ἀμέσως, ἀλλὰ βραδέως, ἤτοι μετὰ παρέλευσιν μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος, μέχρις ὅτου δηλαδὴ τὸ ρεῦμα, εἰς τὸν κλάδον τῆς λυχνίας Λ_1, ἀποκτήσῃ τὴν κανονικήν του τιμήν. Τοῦτο ἀποδίδεται γραφικῶς ὑπὸ τοῦ διαγράμματος 247.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς : Εἰς τὸν κλάδον τῆς λυχνίας Λ_1 ὑφίσταται τὸ πηνίον μετὰ σιδηροῦ πυρῆνος καί, ὅταν κλείεται τὸ κύκλωμα, τὸ ρεῦμα δημιουργεῖ ἐν τῷ πηνίῳ σημαντι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



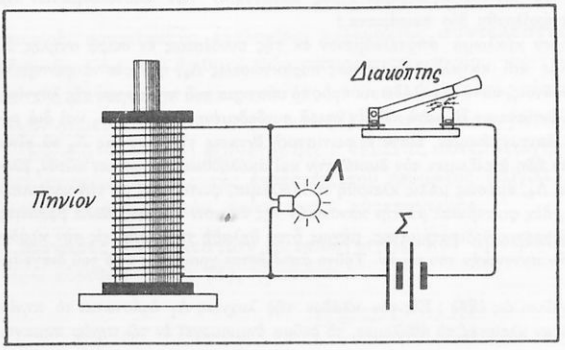
Σχ. 246. Όταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, ἡ λυχνία $Λ_2$ ἀποκτᾷ ἀκαριαίως τὴν φωτοβολίαν αὐτῆς, ἐνῷ ἡ $Λ_1$ ἀποκτᾷ βαθμιαίως τὴν κανονικήν της φωτοβολίαν.



Σχ. 247. Ἕνεκα τῆς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου, ἡ ὁποία ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αὔξησιν τοῦ ρεύματος, ἡ ἔντασις αὐτοῦ λαμβάνει βαθμιαίως τὴν τελικήν της τιμήν.

κὴν μαγνητικὴν ροήν, λόγῳ τῆς παρουσίας τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος, ἡ ὁποία διαπερᾷ ὅλας τὰς σπείρας αὐτοῦ, οὕτω δὲ γεννᾶται εἰς αὐτὸ τοῦτο τὸ πηνίον, λόγῳ ἐπαγωγῆς, ρεῦμα ὑφιστάμενον καθ' ὅλην τὴν χρονικὴν περίοδον κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ διαβιβαζόμενον ρεῦμα ἐπιδιώκει νὰ ἀποκατασταθῇ εἰς τὴν κανονικὴν τιμήν του. Τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ὅμως γεννώμενον ρεῦμα (τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν ἐ π ί ρ ρ ε υ μ α ἀ π ο κ α τ α σ τ ά σ ε ω ς), συμφώνως πρὸς τὸν κανόνα τοῦ Lenz, εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὸ ἔξωθεν διαβιβαζόμενον εἰς τὸ πηνίον ρεῦμα, οὕτω δὲ ἐπιβραδύνεται ἡ ταχεῖα ἀποκατάστασις τοῦ διαβιβαζομένου ρεύματος εἰς τὴν κανονικήν του τιμήν.

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ γένεσις ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς προϋποθέτει τὴν ὕπαρξιν ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἐξ ἐπαγωγῆς, ἔπεται ὅτι εὐθὺς ὡς κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, λόγῳ τῆς ἐντόνου μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὁποία δημιουργεῖται διὰ μέσου τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου, ἀναπτύσσεται ἐν αὐτῷ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς, ἡ ὁποία,



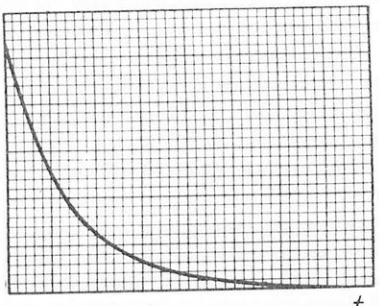
←

Σχ. 248. Όταν ἀνοίξωμεν τὸν διακόπτην ἡ λυχνία Λ φωτοβολεῖ ἐντόνως ἐπὶ μικρὸν χρονικὸν διάστημα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

οὖσα ἀντίθετος (κανὼν τοῦ Lenz) πρὸς τὴν τάσιν τὴν δημιουργουμένην ὑπὸ τῆς πηγῆς, ἑπομένως καὶ πρὸς τὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς, ὑποβιβάζει τὴν τάσιν εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς λυχνίας Λ_1, ἕνεκα δὲ τούτου αὕτη δὲν φωτοβολεῖ εὐθὺς ἀμέσως κανονικῶς.

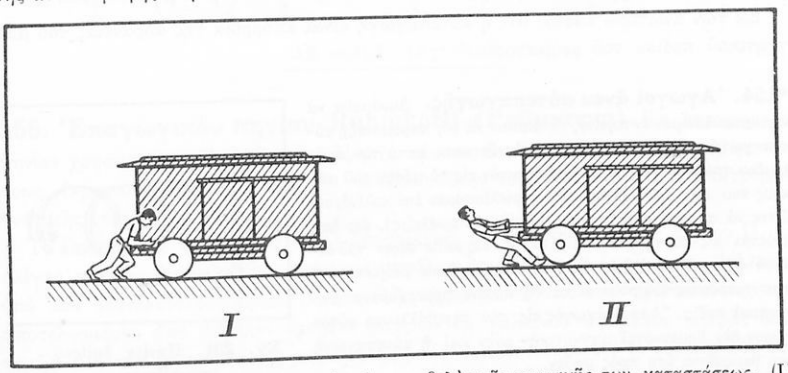
2ον Πείραμα. Τὸ προηγούμενον πείραμα τροποποιοῦμεν ὡς ἑξῆς: Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τὴν στήλην Σ πρὸς τὸ πηνίον (σχ. 248) καὶ κατὰ διακλάδωσιν πρὸς τὸ πηνίον συνδέομεν κατάλληλον λυχνίαν πυρακτώσεως Λ εἰς τρόπον ὥστε, ὅταν κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, αὕτη μόλις νὰ φωτοβολῇ. Ἐὰν ἤδη διὰ τοῦ διακόπτου διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, βλέπομεν ὅτι ἡ λυχνία πρὸς στιγμὴν φωτοβολεῖ ἐντόνως.



Σχ. 249. Ὅταν ἀνοίξωμεν τὸν διακόπτην ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος δὲν μηδενίζεται ἀκαριαίως.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Διὰ τῆς διακοπῆς τοῦ ρεύματος, ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ δὲν μηδενίζεται ἀκαριαίως ἀλλὰ βαθμιαίως (σχ. 249), ἕνεκα δὲ τῆς ἀποτόμου μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως λαμβάνει χώραν ἀπότομος μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς διὰ τοῦ πηνίου, οὕτω δὲ γεννᾶται ἐν αὐτῷ ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ἀντιθέτου φορᾶς, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἐ π ί ρ ρ ε υ μ α δ ι α κ ο π ῆ ς. Ἐπειδὴ πάλιν ἡ γένεσις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος προϋποθέτει τὴν ὕπαρξιν ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, αὕτη δημιουργεῖται κατὰ τὴν μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Οὕτως, ἀναπτύσσεται σημαντικὴ ἐξ αὐτεπαγωγῆς τάσις μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν τῆς λυχνίας, ὁμόρροπος πρὸς τὴν τάσιν τῆς πηγῆς, ἡ ὁποία τείνει νὰ διατηρήσῃ τὴν ἀρχικὴν τιμὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Ἡ ἔντονος φωτοβολία τῆς λυχνίας διαρκεῖ ἐπὶ βραχὺ χρονικὸν διάστημα, ἤτοι ὅσον διαρκεῖ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

153. Ἑρμηνεία τοῦ φαινομένου τῆς αὐτεπαγωγῆς. Τὸ φαινόμενον τῆς αὐτεπαγωγῆς παρουσιάζει ἀναλογίας μὲ τὸ φαινόμενον τῆς ἀδρανείας, τὸ ὁποῖον



Σχ. 250. Τὰ ὑλικὰ σώματα ἀντιδροῦν εἰς τὰς μεταβολὰς τῆς κινητικῆς των καταστάσεως. (Ι) Σιδηροδρομικὸν ὄχημα τίθεται εἰς κίνησιν μετὰ δυσκολίας. (ΙΙ) Κινούμενον σταματᾷ μετὰ δυσχερείας.

ἐσπουδάσαμεν εἰς τὴν Μηχανικήν. Ὡς γνωστόν, ἐὰν ἐπί τινος ὑλικοῦ σώματος ἐπιδρᾷ μία δύναμις, τὸ σῶμα ἀνθίσταται, ἀντιδρᾷ πρὸς τὴν δύναμιν, δηλαδὴ πρὸς τὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξωτερικὸν αἴτιον, τὸ ὁποῖον τείνει νὰ μεταβάλῃ τὴν κινητικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος.

Τοὐναντίον τὸ ἤδη μετά τινος ταχύτητος κινούμενον ὑλικὸν σῶμα, τείνει νὰ διατηρήσῃ τὴν κίνησίν του. Διὰ τοῦτο, ἵνα τὸ σῶμα ἠρεμήσῃ πρέπει νὰ ἀσκηθῇ ἐπ' αὐτοῦ δύναμις ἀντίθετος πρὸς τὴν φορὰν τῆς κινήσεώς του, ἡ ὁποία, συνεχῶς ἐπιβραδύνουσα τὴν κίνησιν τοῦ σώματος, τελικῶς νὰ ἐπαναφέρῃ τὸ σῶμα εἰς κατάστασιν ἠρεμίας.

Ἕνεκα ἀκριβῶς τῶν ἀνωτέρω, βαρὺ σιδηροδρομικὸν ὄχημα τίθεται εἰς κίνησιν μετὰ δυσκολίας (σχ. 250, Ι) ἐξ αἰτίας τῆς ἀδρανείας του, κινούμενον δὲ σταματᾷ μετὰ κόπου (σχ. 250, ΙΙ)· ὅσον δὲ ἀποτομώτεραι εἶναι αἱ μεταβολαὶ τῆς ταχύτητος τόσον ζωηρότεραι αἱ ἀδρανειακαὶ ἀντιδράσεις.

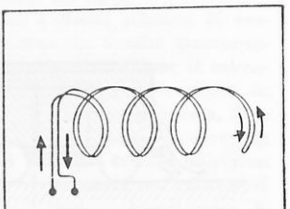
Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς αὐτεπαγωγῆς τοῦ κυκλώματος συνίσταται εἰς τὴν διατήρησιν ὑπ' αὐτῆς τῆς τιμῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος σταθερᾶς εἰς τὸ κύκλωμα καὶ ἑπομένως τῆς διατηρήσεως σταθεροῦ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Μὲ ἄλλους λόγους τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἀνθίσταται εἰς πᾶσαν αἰτίαν προκαλοῦσαν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ, παρουσιάζον ἀδράνειαν, ὅπως ἀκριβῶς ἡ ὕλη παρουσιάζει ἀδράνειαν καὶ ἀνθίσταται εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς καταστάσεως αὐτῆς.

Οὕτως, ὅταν θέλωμεν νὰ διαβιβάσωμεν ρεῦμα διὰ τοῦ κυκλώματος, τότε προφανῶς ἐπιδιώκομεν τὴν δημιουργίαν μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον λόγῳ τῆς ἀδρανείας του, δὲν ἀποκαθίσταται ἀμέσως εἰς τὴν κανονικήν του τιμὴν ἀλλὰ βαθμιαίως, ὡς ἐκ τούτου δὲ καὶ τὸ ρεῦμα δὲν ἀποκαθίσταται ἀκαριαίως εἰς τὴν κανονικήν του τιμὴν ἀλλὰ βαθμιαίως, εἰς τοῦτο δὲ ὀφείλεται καὶ ἡ γένεσις τοῦ ἐπιρρεύματος ἀποκαταστάσεως.

Ἀντιστρόφως, ὅταν διακόπτωμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, τότε ἐπιδιώκομεν τὴν ἐκμηδένισιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, λόγῳ ὅμως τῆς ἀδρανείας αὐτοῦ ἡ ἐκμηδένισις δὲν γίνεται ἀκαριαίως ἀλλὰ βαθμιαίως, εἰς τοῦτο δὲ ὀφείλεται ἡ γένεσις τοῦ ἐπιρρεύματος διακοπῆς.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἕπεται ὅτι ἡ αὐτεπαγωγὴ εἶναι ἀπόρροια τῆς ἀδρανείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος.

***154. Ἀγωγοὶ ἄνευ αὐτεπαγωγῆς.** Δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἐν πηνίον, τὸ ὁποῖον νὰ μὴ παρουσιάζῃ αὐτεπαγωγήν, ἀλλὰ μόνον ὠμικὴν ἀντίστασιν, κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Διπλοῦμεν τὸν ἀγωγὸν εἰς τὸ μέσον τοῦ μήκους του καὶ ἀκολούθως τὸν περιελίσσομεν ἐπὶ κυλίνδρου, ὥστε νὰ σχηματισθῇ πηνίον (δίμιτος περιέλιξις), ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 251. Οὕτως, εἰς κάθε θέσιν τοῦ διπλοῦ ἀγωγοῦ κυκλοφοροῦν ἴσα καὶ ἀντίθετα ρεύματα καὶ τοιουτοτρόπως ἀναιροῦνται τὰ ἐξ αὐτῶν προερχόμενα μαγνητικὰ πεδία. Ἄρα ὁ ἀγωγὸς εἰς τὸν περιβάλλοντα αὐτὸν χῶρον δὲν δημιουργεῖ μαγνητικὴν ροὴν καὶ ἡ αὐτεπαγωγή του θεωρεῖται ἴση πρὸς μηδέν.



Σχ. 251. Πηνίον διμίτου περιελίξεως.

***155. Ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.** Γενικῶς, διὰ τὴν ἀνάπτυξιν μαγνητικοῦ πεδίου ἀπαιτεῖται κατανάλωσις ἐνεργείας, ὅπως ἀκριβῶς ἀπαιτεῖται κατανάλωσις ἐνεργείας διὰ τὴν ἀνάπτυξιν ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐνέργεια αὕτη ἀπο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ταμιεύεται ἐντὸς τοῦ χώρου τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀκολούθως ἀποδίδεται ἐξ ὁλοκλήρου, ἐφ' ὅσον δὲν ὑφίστανται ἀπώλειαι, ὅταν τὸ μαγνητικὸν πεδίον μηδενίζεται.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ἑνὸς κυκλώματος, π.χ. ἑνὸς σωληνοειδοῦς, ἡ ἐνέργεια Ε τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, εἰς τὸν ὑπ' αὐτοῦ περικλειόμενον χῶρον, ἐφ' ὅσον οὗτος εἶναι πλήρης ἀέρος, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$E = \frac{1}{2} L \cdot i^2 \qquad (1)$$

Ἐὰν τὰ L καὶ i δίδωνται εἰς Henry καὶ Ampère, ἀντιστοίχως, ἡ Ε ἐκφράζεται εἰς Joule. Ἐὰν ὅμως τὰ L καὶ i δίδωνται εἰς cm καὶ HMM-ἐντάσεως ρεύματος, ἡ Ε ἐκφράζεται εἰς erg.

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν σχέσιν τὴν ἐκφράζουσαν τὴν ἐνέργειαν τὴν ἀποδιδομένην ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ πεδίου κατὰ τὴν ἐξαφάνισιν τοῦ πεδίου.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πηνίον αὐτεπαγωγῆς 7,9 mH, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου μεταβάλλεται ὁμαλῶς, ἐντὸς χρόνου 0,1 sec, κατὰ 2 A. α) Ποία ἡ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ ἐξ αὐτεπαγωγῆς. β) Κατὰ πόσον μεταβάλλεται ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἴση πρὸς 3 A, κατέλθῃ εἰς 1 A.

Λύσις. α) Ἐκ τοῦ τύπου : $E_{αυτ} = - L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$, ὅπου $L = 7,9$ mH $= 7,9 \cdot 10^{-3}$ H, $\Delta i = 2$ A καὶ $\Delta t = 0,1$ sec, δι' ἀντικαταστάσεως λαμβάνομεν :

$$E_{αυτ} = - 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2}{0,1} = \underline{- 0,16 \text{ Volt}}$$

β) Ἐπειδὴ ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου : $E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2$ θὰ ἔχωμεν :

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left(i_2^2 - i_1^2 \right) = \frac{1}{2} \cdot 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot \left(3^2 - 1^2 \right) \text{ Joule} = \frac{1}{2} \cdot 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \text{ Joule}$$

ἢ

$$\underline{\Delta E = 31,6 \cdot 10^{-3} \text{ Joule}}$$

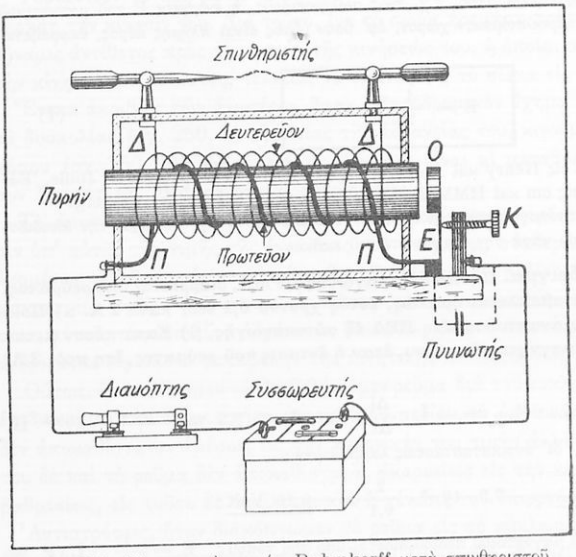
156. Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff (Ροὔμκορφ). Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμεύει πρὸς ἀνάπτυξιν ὑψηλῆς τάσεως ἐκ πηγῆς συνεχοῦς χαμηλῆς τάσεως, ἐκμεταλλευόμεθα δὲ πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς.

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (σχ. 252) ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ πρωτεύοντος πηνίου Π, μὲ ὀλίγας σπείρας ἐκ χαλκίνου σύρματος μεγάλης διατομῆς, τὸ ὁποῖον περιβάλλεται ὑπὸ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Δ, ἐπιμελῶς μονωμένου ἀπὸ τοῦ πρωτεύοντος, καὶ ἀποτελουμένου ἀπὸ μεγάλον ἀριθμὸν σπειρῶν ἐκ χαλκίνου σύρματος μικρᾶς διατομῆς. Διὰ τὴν ἐνίσχυσιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς τοποθετεῖται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πρωτεύοντος πηνίου, σιδηροῦς πυρήν, συνιστάμενος ἐκ δέσμης πολλῶν συρμάτων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, μονωμένων μεταξύ των διὰ νὰ μὴ ἀναπτύσσωνται ἐντὸς τοῦ πυρῆνος ἰσχυρὰ ρεύματα Foucault.

Πρὸς παραγωγὴν μεταβλητῆς μαγνητικῆς ροῆς διὰ μέσου τοῦ δευτερεύοντος χρησιμοποιεῖται εἰδικὸς αὐτόματος διακόπτης, ὁ ὁποῖος διακόπτει καὶ ἀποκαθιστᾷ τὸ

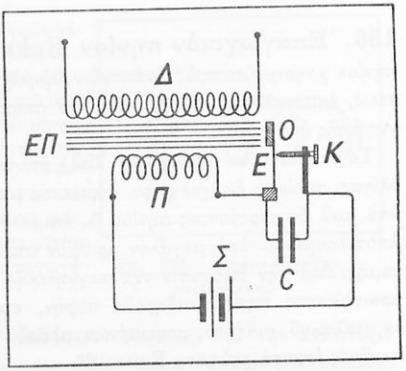
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρεῦμα πολλάκις ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου καὶ περιοδικῶς, οὕτω δὲ ὁ σιδηροῦς πυρὴν μαγνητίζεται καὶ ἀπομαγνητίζεται ὑπὸ τὴν αὐτὴν συχνότητα, προκαλουμένης κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον μεταβλητῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἕνεκα τῶν ἀνωτέρω, τὸ δευτερεῦον διαπερᾶται ὑπὸ μεταβλητῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας αὐτοῦ ἀναπτύσσεται ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν αὐτοῦ. Ἐὰν συνεπῶς τὸ δευτερεῦον ἀποτελῆται ἐκ μεγάλου ἀριθμοῦ σπειρῶν, ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ὑψηλὴ τάσις, ἀνερχομένη εἰς μερικὰς χιλιάδας βόλτ, μολονότι τὸ πρωτεῦον δύναται νὰ τροφοδοτῆται διὰ χαμηλῆς τάσεως, τὴν ὁποίαν παρέχει συσσωρευτής, ἐπὶ παραδείγματι 6 V.



Σχ. 252. Ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff μετὰ σπινθηριστοῦ. Σχηματικὴ παράστασις.

Εἰς τὰ συνήθη ἐπαγωγικὰ πηνία, ὁ διακόπτης λειτουργεῖ αὐτομάτως, καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ εἰς τοὺς ἠλεκτρικοὺς κώδωνας (βλ. § 128). Ὅταν τὸ ρεῦμα διακόπτεται εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ πρωτεύοντος, τότε τὸ μαγνητικὸν πεδίον, λόγῳ τῆς αὐτεπαγωγῆς (τῆς ἀδρανείας του), δὲν δύναται νὰ μηδενισθῇ ἀμέσως, συνεπείᾳ δὲ τούτου παράγεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς διακοπῆς μικρὸς σπινθήρ, ὁ ὁποῖος ἐπιβραδύνει τὴν ἀπότομον μηδένισιν τοῦ ρεύματος καὶ ἐπομένως τὴν ταχύτητα μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, τοῦτο δὲ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ μειώνῃ τὴν ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτυσσομένην ΗΕΔ. Τὸ μειονέκτημα τοῦτο ἀποφεύγεται ἐὰν εἰς τὰ πέρατα τῆς διακοπῆς συνδέσωμεν πυκνωτὴν καταλλήλου χωρητικότητος, ὅτε ἐλαττοῦται εἰς μέγιστον βαθμὸν ὁ σπινθηρισμός. Ἐπειδὴ ὅμως εἶναι ἀδύνατον νὰ μηδενίσωμεν παντελῶς τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ σπινθῆρος, πρέπει αἱ περιοχαί, εἰς τὰς ὁποίας λαμβάνει χώραν ἡ

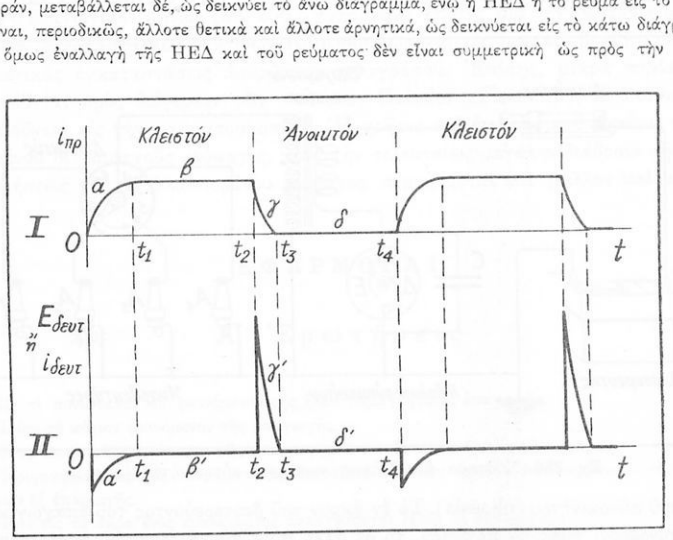


Σχ. 253. Συμβολικὴ παράστασις συνδεσμολογίας πηνίου Ruhmkorff.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διακοπή, νὰ ὁπλίζωνται ἀπὸ κατάλληλον μέταλλον, π.χ. ἀπὸ ἄργυρον ἢ βολφράμιον, ἀπὸ καιροῦ δὲ εἰς καιρὸν νὰ καθαρίζωνται.

Ἡ σχέσις μεταξὺ τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος καὶ τῆς ἀναπτυσσομένης ΗΕΔ ἢ τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῦον δίδεται εἰς τὸ σχῆμα 254. Οὕτω, τὸ ρεῦμα διατηρεῖ πάντοτε εἰς τὸ πρωτεῦον τὴν ἰδίαν φοράν, μεταβάλλεται δέ, ὡς δεικνύει τὸ ἄνω διάγραμμα, ἐνῷ ἡ ΗΕΔ ἢ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ δευτερεῦον εἶναι, περιοδικῶς, ἄλλοτε θετικὰ καὶ ἄλλοτε ἀρνητικά, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ κάτω διάγραμμα. Ἡ μία ὅμως ἐναλλαγὴ τῆς ΗΕΔ καὶ τοῦ ρεύματος δὲν εἶναι συμμετρικὴ ὡς πρὸς τὴν ἄλλην.



Σχ. 254. Διάγραμμα δεικνύον τὴν μεταβολὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον ἐπαγωγικοῦ πηνίου (Ι) καὶ τὰς ἀντιστοίχους μεταβολὰς τῆς ἀναπτυσσομένης ΗΕΔ ἢ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῦον (ΙΙ).

Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος δὲν ἔχομεν τὴν εὐχέρειαν νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὴν ἐπίδρασιν τῆς αὐτεπαγωγῆς, ὡς ἐκ τούτου δὲ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς δὲν εἶναι ἀπότομος καὶ διὰ τὸν λόγον τοῦτον ἡ ΗΕΔ εἰς τὸ δευτερεῦον εἶναι μικρά. Κατὰ τὴν διακοπὴν ὅμως τοῦ ρεύματος διὰ τῆς παρεμβολῆς τοῦ πυκνωτοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς διακοπῆς, ἐπιτυγχάνομεν ἀπότομον διακοπὴν τοῦ ρεύματος, καὶ ἐπομένως ἀπότομον μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, οὕτω δὲ ἡ ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ ἔχει κατὰ πολὺ μεγαλυτέραν τιμὴν ἢ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος, πάντως τὰ ἐμβαδὰ $0α't_1$ καὶ $t_2γ't_3$ εἶναι ἴσα. Οὕτω κατὰ τὰ χρονικὰ διαστήματα 0 ἕως t_1 καὶ t_2 ἕως t_3 ἡ ΗΕΔ ἢ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ δευτερεῦον θὰ εἶναι διάφορα τοῦ μηδενός, καθότι ἡ μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται, ἐνῷ θὰ εἶναι ἴσα πρὸς μηδὲν κατὰ τὰ χρονικὰ διαστήματα t_1 ἕως t_2 καὶ t_3 ἕως t_4, κατὰ τὰ ὁποῖα ἡ ροὴ εἶναι σταθερά.

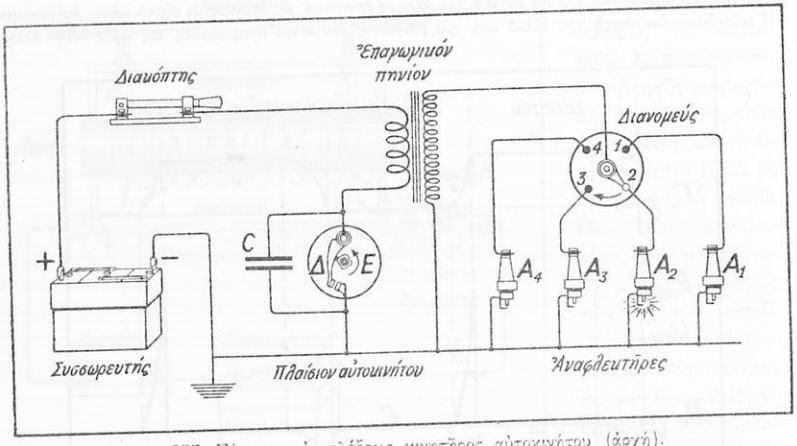
Ὡς ἐκ τούτου, ἐὰν τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος συνδεθοῦν πρὸς σπινθηριστήν, τοῦ ὁποίου τὰ ἠλεκτρόδια νὰ εὑρίσκωνται εἰς κατάλληλον ἀπόστασιν, τότε, μόνον εἰς ἑκάστην διακοπὴν τοῦ ρεύματος, θὰ παράγεται μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ σπινθηριστοῦ ἠλεκτρικὸς σπινθήρ. Τὰ πηνία χαρακτηρίζονται συνήθως ἐκ τοῦ μήκους τοῦ σπινθῆρος τὸν ὁποῖον παράγουν, μὲ εἰδικὰ δὲ ἐπαγωγικὰ πηνία δύνανται νὰ παραχθοῦν σπινθῆρες μήκους 120 cm. Τὸ ἀνωτέρω περιγραφὲν ἐπαγωγικὸν πηνίον καλεῖται πολλάκις π η ν ί ο ν Ruhmkorff.

Χρήσεις τῶν ἐπαγωγικῶν πηνίων. α) Σύστημα ἀναφλέξεως κινητήρων αὐτοκινήτων. Ὁ σπινθὴρ ὁ ἀπαιτούμενος διὰ τὴν ἔναυσιν τοῦ ἐκρηκτικοῦ μί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

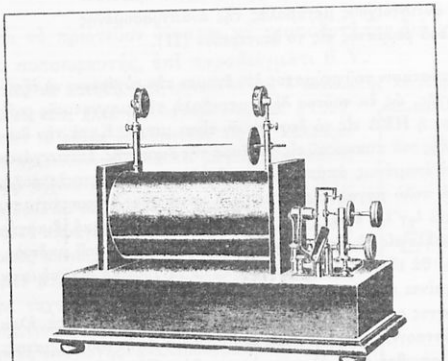
γματος παράγεται τῇ βοηθείᾳ συστήματος συσσωρευτοῦ καὶ ἑνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου κατὰ τὴν ἀκόλουθον διάταξιν.

Συσσωρευτὴς τροφοδοτεῖ διὰ ρεύματος κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὸ πρωτεῦον ἐπαγωγικοῦ πηνίου (πολλαπλασιαστής), διακόπτην Δ καὶ τὸ πλαί-



Σχ. 255. Σύστημα ἀναφλέξεως κινητῆρος αὐτοκινήτου (ἀρχή).

σιον τοῦ αὐτοκινήτου (chassis). Τὸ ἓν ἄκρον τοῦ δευτερεύοντος τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου συνδέεται πρὸς τὸ πλαίσιον, τὸ δὲ ἄλλο πρὸς τὸ κέντρον τοῦ περιστρεφομένου διανομέως (distributeur), τοῦ ὁποίου τὸ ἐξωτερικὸν ἄκρον διέρχεται, ἀλληλοδιαδόχως, πλησίον ἀκίδων, συνδεδεμένων πρὸς τοὺς ἀναφλεκτῆρας (bougies). Τέλος, ὁ ἐκκεντροφόρος ἄξων Ε, ὅστις κινεῖται ὑπὸ τοῦ κινητῆρος τοῦ αὐτοκινήτου, ἀνοίγει κατὰ περιοδικὰ διαστήματα τὸν διακόπτην, ὁ ὁποῖος ἔχει ἐπαφὰς ἐκ λευκοχρύσου (πλατῖνες), μάλιστα δὲ κατὰ τὰς χρονικὰς στιγμὰς κατὰ τὰς ὁποίας ὁ διανομεὺς διοχετεύει τὴν ὑψηλὴν τάσιν τοῦ δευτερεύοντος τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἴς τινα ἀναφλεκτῆρα. Ἡ ἀρχὴ τοῦ συστήματος τούτου δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 255.



Σχ. 256. Ἐξωτερικὴ ὄψις πηνίου Ruhmkorff, διὰ πειραματικὰς ἐπιδείξεις.

β) Βομβητής. Οὗτος εἶναι ὄργανον χρησιμεῦον πρὸς παραγωγὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἀκουστῆς συχνότητος, ὅταν διατίθεται πρὸς τοῦτο ἠλεκτρικὴ πηγή

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συνεχοῦς τάσεως. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας του στηρίζεται εἰς τὴν ἰδίαν ἀρχήν, πρὸς τὴν ὁποίαν στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τοῦ πηνίου Ruhmkorff.

Βομβηταὶ χρησιμοποιοῦνται πρὸς τροφοδότησιν γεφυρῶν Wheatstone (βλ. κεφ. Ζ', § 189), εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας αὐτοκινήτων κλπ.

γ) Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (σχ. 256) χρησιμεύει ἐπίσης διὰ τὴν διέγερσιν μικρῶν σχολικῶν ἐγκαταστάσεων ἀκτίνων Röntgen, ὡς καὶ εἰς μικρὰς βοηθητικὰς εἴτε πειραματικὰς ἐγκαταστάσεις ἀσυρμάτου τηλεγράφου. Ἐπίσης, μικρὰ πηνία χρησιμοποιοῦνται πρὸς διέγερσιν τῶν σωλήνων Geissler (Γκάϊσλερ), οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν φασματοσκοπίαν. Ἡ χρῆσις τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου, τροφοδοτουμένου διὰ συνεχοῦς ρεύματος, μετὰ τὴν τελευταίως μεγάλην διάδοσιν τῆς χρησιμοποιήσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος περιορίζεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Εἰς τί συνίσταται τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς.

2. Ποῖον τὸ κύριον φαινόμενον τῆς ἐπαγωγῆς.

3. Πότε κατὰ τὸ φαινόμενον τῆς ἐπαγωγῆς ἀναπτύσσεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

4. Περιγράψατε μερικὰς πειραματικὰς διατάξεις διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνομεν τὴν γένεσιν ρευμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς.

5. Πότε εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς κυκλώματος ἀναπτύσσεται ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς.

6. Ἀπὸ τί ἐξαρτᾶται τὸ μέγεθος τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτυσσομένης ΗΕΔ.

7. Ποῖος ὁ γενικὸς νόμος τῆς ἐπαγωγῆς.

8. Τί ἐκφράζει τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον εἰς τὸ β' μέλος τῆς ἀναλυτικῆς ἐκφράσεως τοῦ νόμου τῆς ἐπαγωγῆς.

9. Διὰ ποίων τρόπων δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν μεταβολὴν τῆς διά τινος ἐπιφανείας διερχομένης μαγνητικῆς ροῆς.

10. Ἀπὸ ποίους παράγοντας ἐξαρτᾶται τὸ φορτίον, τὸ μεταφερόμενον ὑπὸ τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος.

11. Ποῖος ὁ κανὼν τοῦ Lenz.

12. Ἐξηγήσατε διατί ὁ κανὼν τοῦ Lenz ἀποτελεῖ μίαν εἰδικὴν περίπτωσιν τῆς ἀρχῆς τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

13. Τί ἐννοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ρεύματα Foucault καὶ ποῖα τὰ ἀποτελέσματα αὐτῶν.

14. Εἰς τί συνίσταται τὸ φαινόμενον τῆς ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς.

15. Εἰς τί συνίσταται ἡ αὐτεπαγωγή.

16. Πῶς ὁρίζονται αἱ μονάδες συντελεστῶν αὐτεπαγωγῆς καὶ ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς.

17. Τίνος ἀπόρροια εἶναι ἡ αὐτεπαγωγή.

18. Τίνι τρόπῳ ἐπιτυγχάνομεν τὴν κατασκευὴν ἀγωγῶν ἄνευ αὐτεπαγωγῆς.

19. Περιγράψατε τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου.

20. Ἀναφέρατε μερικὰς χρήσεις τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Β' Προβλήματα

1. Πηνίον ἐξ 20 σπειρῶν σύρεται ἐντὸς 0,02 sec ἀπὸ τὸν μεταξὺ τῶν πόλων μαγνήτου χῶρον, ὅπου ἡ ἐπιφάνειά του διαπερᾶται ὑπὸ ροῆς 31 000 Mx, εἰς χῶρον ὅπου ἡ ἐπιφάνειά του διαπερᾶται ὑπὸ ροῆς 1000 Mx. Ὑπολογίσατε τὴν μέσην ΗΕΔ, ἥτις ἐπάγεται ἐπὶ τοῦ πηνίου.
(Ἀπ. $E_{\text{επ}} = 0{,}3$ V.)

2. Πηνίον, ἀντιστάσεως 5 Ω ἐξ 100 σπειρῶν καὶ διαμέτρου 6 cm, τοποθετεῖται μεταξὺ τῶν πόλων ἠλεκτρομαγνήτου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς. Ὅταν τὸ πηνίον ἐξάγεται ταχέως ἀπὸ τὸ πεδίον τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, φορτίον 10^{-4} Cb διαρρέει ἀντίστασιν 2000 Ω, γαλβανομέτρου συνδεδεμένου μὲ τὸ πηνίον. Ὑπολογίσατε τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. (Ἀπ. Η = 7100 Oersted.)

3. Πλαίσιον πλευρᾶς 20 cm, φέρον 100 σπείρας, στρέφεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως 250 Oersted, περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου, μὲ συχνότητα 50 στρ./sec. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μέση ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς. (Ἀπ. $E_{\text{επ}} = 20$ V.)

4. Πηνίον διαμέτρου 20 cm, φέρον 200 σπείρας, στρέφεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως 500 Oersted, περὶ ἄξονα σχηματίζοντα γωνίαν 30^0 μὲ τὴν διεύθυνσιν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου. Τὸ πλαίσιον ἐκτελεῖ 20 στρ./sec. Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ μέση ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς. β) Ἡ μέση ἔντασις τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ὁ ἀγωγὸς συνίσταται ἐκ χαλκίνου σύρματος (εἰδικῆς ἀντιστάσεως $1{,}6 \cdot 10^{-6}$ Ω · cm) τομῆς 0,2 mm². (Ἀπ. α' $E_{\text{επ}} = 12{,}5$ V, β' $i_{\text{επ}} = 1{,}25$ A.)

5. Πηνίον, συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς 0,48 Η, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 5 A. Ὑπολογίσατε τὴν ἐνέργειαν τοῦ μαγνητικοῦ του πεδίου. (Ἀπ. A = 6 Joule.)

6. Ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις 8 V ἐπάγεται εἰς δοθὲν πηνίον, ὅταν τὸ ρεῦμα εἰς αὐτὸ μεταβάλλεται κατὰ 32 A ἀνὰ sec. Ὑπολογίσατε τὸν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου. (Ἀπ. L = 0,25 Η.)

7. Μεταλλικὴ ράβδος, μήκους 30 cm, εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ἔντασιν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ μετακινεῖται καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου μὲ ταχύτητα 20 cm/sec. Ὑπολογίσατε τὴν ἐπὶ τῆς ράβδου ἀναπτυσσομένην ΗΕΔ, ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι 40 000 Oersted.
(Ἀπ. $E_{\text{επ}} = 0{,}24$ V.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

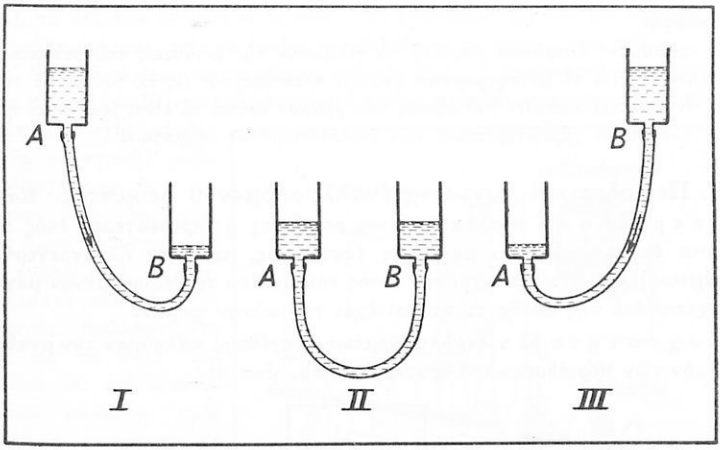
ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

157. Θεμελιώδεις ἔννοιαι. Ὡς γνωρίζομεν ἤδη (βλ. § 86) αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς πηγὰς συνεχοῦς καὶ εἰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εἰς τὰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἡ φορὰ αὐτοῦ μεταβάλλεται περιοδικῶς ἐν τῷ χρόνῳ, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ συνεχὲς ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ φορὰ διατηρεῖται ἐν τῷ χρόνῳ ἀμετάβλητος.

Πρὸς κατανόησιν τῆς διαφορᾶς μεταξὺ συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος στηριζόμεθα εἰς τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν παράδειγμα. Ἔστωσαν δύο δοχεῖα Α καὶ Β, τὰ ὁποῖα συγκοινωνοῦν διὰ σωλῆνος καὶ περιέχουν ὑγρόν, εἰς τρόπον ὥστε ἡ στάθμη τοῦ ὑγροῦ εἰς Α νὰ εἶναι ὑψηλοτέρα ἢ εἰς Β (σχ. 257, Ι). Ὡς γνωρίζομεν ἐκ τῆς Ὑδροδυναμικῆς, τὸ ὑγρὸν θὰ ῥέῃ ἐκ τοῦ δοχείου Α πρὸς τὸ δοχεῖον Β, ἡ δὲ ροὴ τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

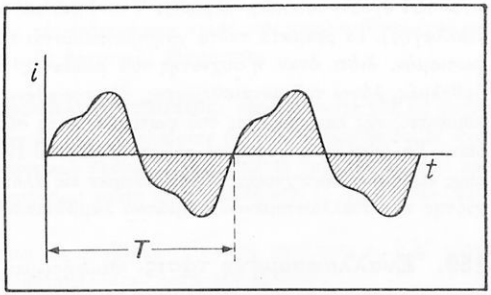
ὕδατος διὰ τοῦ σωλῆνος ἀντιστοιχεῖ εἰς συνεχὲς ρεῦμα, διότι διατηρεῖ πάντοτε τὴν ἰδίαν φοράν. Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι μετακινοῦμεν τὰ δοχεῖα κατὰ τοιοῦτον τρόπον,



Σχ. 257. Μηχανικὸν ἀνάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ συνεχοῦς καὶ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

ὥστε ἐναλλὰξ τὸ δοχεῖον A νὰ εὑρίσκεται ἄλλοτε ὑψηλότερον τοῦ B, καὶ ἄλλοτε χαμηλότερον αὐτοῦ. Ὡς ἐκ τῆς τοιαύτης ἐναλλαγῆς τῶν θέσεων τῶν δοχείων A καὶ B, ἡ ροὴ τοῦ ὕδατος δὲν διατηρεῖ τὴν ἰδίαν φοράν, ὡς εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, ἀλλὰ ἐναλλάσσεται, καὶ ἄλλοτε μὲν ἡ ροὴ γίνεται ἐκ τοῦ δοχείου A πρὸς τὸ B, ἄλλοτε δὲ ἐκ τοῦ B πρὸς τὸ A (σχ. 257, III), ἤτοι ἡ φορὰ τῆς ροῆς διὰ τοῦ σωλῆνος εἶναι ἐναλλασσομένη.

Ἀνάλογον φαινόμενον συμβαίνει καὶ εἰς τὰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος, τῶν ὁποίων τὰ σημεῖα τῶν πόλων δὲν διατηροῦνται σταθερά, ἀλλ' ἐναλλάσσονται περιοδικῶς. Οὕτως, ὅταν οἱ πόλοι πηγῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος συνδέωνται δι' ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, τὸ ρεῦμα εἰς αὐτὸν δὲν θὰ διατηρῇ φορὰν σταθεράν, ἀλλὰ θὰ μεταβάλλεται περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου.



Σχ. 258. Γενικὴ μορφὴ καμπύλης ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Καλοῦμεν γενικῶς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ρεῦμα εἰς τὸ ὁποῖον ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις εἶναι περιοδικαὶ συναρτήσεις τοῦ χρόνου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ σχῆμα 258 δεικνύει γραφικὴν παράστασιν τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως ἐναλλασσομένου ρεύματος μετὰ τοῦ χρόνου, ἐκ τοῦ ὁποίου βλέπομεν ὅτι, μετὰ πάροδον πάντοτε τοῦ αὐτοῦ χρονικοῦ διαστήματος, ἡ παραστατικὴ καμπύλη δεικνύει τὴν αὐτὴν μορφήν.

Ἡ σκιασμένη ἐπιφάνεια παριστᾷ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὸν χρόνον, ἤτοι τὸ μεταφερόμενον φορτίον ἠλεκτρισμοῦ, ὡς ἐκ τούτου δὲ τὰ ἐμβαδὰ ἄνωθεν καὶ κάτωθεν τοῦ ἄξονος τῶν χρόνων πρέπει νὰ εἶναι ἴσα, διότι ἡ συνθήκη αὕτη εἶναι χαρακτηριστικὴ τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων.

158. Περίοδος καὶ συχνότης ἐναλλασσομένου ρεύματος. Καλοῦμεν περίοδον T ἐναλλασσομένου ρεύματος ἢ ἀκριβέστερον ἑνὸς οἱουδήποτε ἐναλλασσομένου μεγέθους (ἐντάσεως, τάσεως, ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως), τὸν σταθερὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὸ θεωρούμενον μέγεθος διέρχεται διὰ τῆς αὐτῆς τιμῆς καὶ ἔχει τὴν αὐτὴν φοράν.

Συχνότητα δὲ ν ἐναλλασσομένου μεγέθους καλοῦμεν τὸν σταθερὸν ἀριθμὸν τῶν περιόδων κατὰ δευτερόλεπτον, εἶναι δέ:

$$\nu = \frac{1}{T} \qquad (1)$$

ἤτοι, ἡ περίοδος καὶ ἡ συχνότης ἐναλλασσομένου μεγέθους εἶναι μεγέθη ἀντίστροφα μεταξύ των.

Εἰς τὸ σύστημά C.G.S. μονὰς τῆς συχνότητος εἶναι τὸ $1\ \text{sec}^{-1}$. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται καὶ **1 Hertz (1 Hz)** ἢ καὶ **1 κύκλος ἀνὰ δευτερόλεπτον** (cycle per second). (Συμβολικῶς: 1 cps ἢ 1 c/sec).

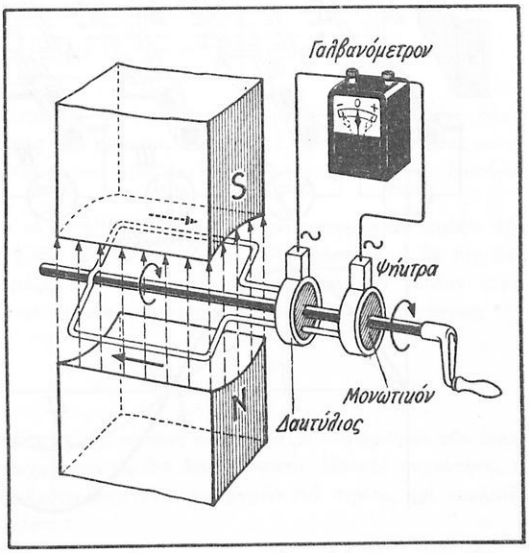
Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα διακρίνονται εἰς χαμηλῆς συχνότητος καὶ ὑψηλῆς συχνότητος. Τὰ χαμηλῆς συχνότητος βιομηχανικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς Εὐρώπης ἔχουν τὴν τυποποιημένην συχνότητα τῶν 50 Hz, πραγματοποιοῦν δηλαδὴ τὰ ρεύματα ταῦτα 50 πλήρεις ἐναλλαγὰς ἢ κύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτον καὶ ἔχουν, συνεπῶς, περίοδον $T = 1/50\ \text{sec} = 0{,}02\ \text{sec}$ (χρόνος μιᾶς πλήρους ἐναλλαγῆς). Τὰ ρεύματα ταῦτα χρησιμοποιοῦνται εὐρέως, ἐκτὸς τῶν ἄλλων, καὶ πρὸς φωτισμόν, διότι ὅταν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος κυμαίνεται μεταξὺ 30 - 60 Hz, ὁ ὀφθαλμός, λόγῳ τοῦ μεταισθήματος, δὲν προφθάνει νὰ ἀντιληφθῇ τὰς ταχείας διακυμάνσεις τῆς λαμπρότητος τοῦ φωτοβολοῦντος σύρματος τῶν ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων. Τὰ ὑψηλῆς συχνότητος ρεύματα (15 000 Hz καὶ ἄνω) χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τὴν ραδιοτεχνικήν, ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς ἄλλην θέσιν. Εἰς τὰς Η.Π.Α., ἡ συχνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων λαμβάνεται ἴση πρὸς 60 Hz.

159. Ἐναλλασσομένη τάσις. Θεωρήσωμεν ὅτι ὀρθογώνιον πλαίσιον ἐκ χαλκίνου σύρματος εἶναι προσηρμοσμένον ἐπὶ ἄξονος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, δημιουργουμένου ἔστω ὑπὸ μονίμου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μαγνήτου, τοῦ ὁποίου εἰς τὸ σχῆμα 259 σημειοῦνται μόνον οἱ πόλοι N καὶ S. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου συνδέονται μεταξύ των πρὸς σύστημα δύο δακτυλίων μονωμένων (συλλέκτης), καὶ διὰ δύο καταλλήλων ἐπαφῶν, ἐφαπτομένων τῶν δακτυλίων (ψῆκτραι), τὸ πλαίσιον δύναται νὰ συνδεθῇ πρὸς ἠλεκτρικὸν ὄργανον, ἐπὶ παραδείγματι πρὸς γαλβανόμετρον, πρὸς τὸ ὁποῖον μεταβιβάζεται τὸ παρεχόμενον ρεῦμα.

Ἐφ' ὅσον τὸ πλαίσιον περιστρέφεται περὶ τὸν ἄξονα, ὁ προσανατολισμὸς αὐτοῦ, ἐν σχέσει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, μεταβάλλεται, συνεπείᾳ δὲ τούτου, προκύπτει συνεχὴς μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς, τῆς διερχομένης διὰ τοῦ πλαισίου. Λόγῳ τῆς μεταβολῆς ὅμως τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἐμφανίζεται, ὡς ἀποτέλεσμα τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς, ἐναλλασσομένη τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου καὶ ἐφ' ὅσον τὸ πλαίσιον συνδέεται πρὸς ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν εἰς κλειστὸν κύκλωμα, διέρχεται δι' αὐτοῦ ρεῦμα.



Σχ. 259. Γεννήτρια παραγωγῆς ἐναλλασσομένης τάσεως (ἀρχή). Ἡ διὰ τοῦ στρεφομένου πλαισίου διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ εἶναι μεταβλητή.

Τὸ ρεῦμα τοῦτο δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν διὰ γαλβανομέτρου, συνδεομένου καταλλήλως πρὸς τὰ ἄκρα τοῦ στρεφομένου πλαισίου, ἐφ' ὅσον φροντίσωμεν νὰ περιστρέφωμεν, ὑπὸ μικρὰν γωνιακὴν ταχύτητα, ἰσοταχῶς, τὸ πλαίσιον. Οὕτω, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ τιμαὶ τοῦ ρεύματος κυμαίνονται περὶ τὴν μέσην τιμὴν μηδέν, λαμβάνουσαι ἀλληλοδιαδόχως τὰς ἐνδιαμέσους τιμάς, τὰς περιλαμβανομένας μεταξὺ μιᾶς θετικῆς μεγίστης καὶ μιᾶς ἀρνητικῆς ἐλαχίστης.

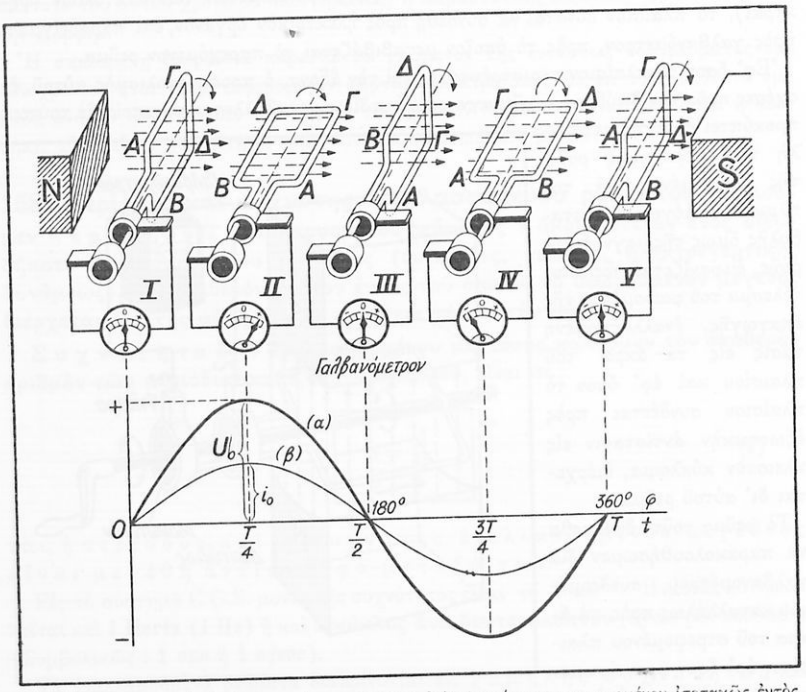
160. Σπουδὴ τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως. Θεωρήσωμεν ἤδη ὡς ἀρχὴν τοῦ χρόνου τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ πλαίσιον (σχ. 260) διατίθεται ἐν σχέσει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ νὰ διαπεροῦν καθέτως τοῦτο κατὰ διεύθυνσιν ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά.

Ἂν περιστρέψωμεν τὸ πλαίσιον μὲ σταθερὰν γωνιακὴν ταχύτητα ω, ἡ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ Φ θὰ μεταβάλλεται κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\Phi = \mathcal{H} \cdot S \cdot \text{συν}\, \alpha \qquad (1)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπου α εἶναι ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἑκάστοτε ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου μὲ τὴν κάθετον ἐπὶ τὸ πλαίσιον. Ἐπειδὴ δὲ ἡ περιστροφὴ τοῦ πλαισίου γίνεται ὑπὸ στα-



Σχ. 260. Παραγωγὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος διὰ πλαισίου περιστρεφομένου ἰσοταχῶς ἐντὸς μονίμου μαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ καμπύλαι παριστοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως (α), καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ παραγομένου ἐναλλασσομένου ρεύματος (β), ἐντὸς χρόνου μιᾶς περιόδου, ἐν συσχετισμῷ πρὸς τὴν ἑκάστοτε θέσιν τοῦ στρεφομένου πλαισίου.

θεράν γωνιακὴν ταχύτητα ω δυνάμεθα νὰ γράψωμεν $\alpha = \omega \cdot t$, ὁπότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ θὰ εἶναι ἴση πρός :

$$\Phi = \mathcal{H} \cdot S \cdot \text{συν}\, \omega\, t \quad \text{ἢ} \quad \Phi = \Phi_0 \cdot \text{συν}\, \omega\, t \qquad (2)$$

ὅπου $\Phi_0 = \mathcal{H} \cdot S$, τὸ πλάτος ἢ ἡ μεγίστη τιμὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς, δηλαδὴ ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πλαισίου μαγνητικὴ ροή, ὅταν τοῦτο διατίθεται καθέτως πρὸς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς.

Ἐὰν ἀντὶ ἁπλοῦ πλαισίου χρησιμοποιήσωμεν πηνίον, φέρον n σπείρας καὶ ἔχον ἐπιφάνειαν σπειρῶν S, παράγεται τὸ αὐτὸ φαινόμενον, ἀλλ' ἐντονώτερον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἀποδεικνύεται, γενικῶς, ὅτι, ἐὰν τὸ πηνίον στρέφεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $\mathcal{H}$, μετὰ σταθερᾶς γωνιακῆς ταχύτητος ω, λό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γῳ τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, τῆς διερχομένης διὰ τοῦ πηνίου καὶ ὡς ἀποτέλεσμα τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς, ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἐναλλασσομένη τάσις τῆς μορφῆς :

$$U = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \cdot n = -n \cdot \mathcal{H} \cdot S \cdot \eta\mu\, \omega\, t \qquad (3)$$

Ἐὰν δὲ θέσωμεν $U_0 = -n \cdot \mathcal{H} \cdot S$, λαμβάνομεν τὴν ἐξίσωσιν :

$$\boxed{U = U_0 \cdot \eta\mu\, \omega\, t} \qquad (4)$$

Κατὰ συνέπειαν, ἡ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἀναπτυσσομένη ἐναλλασσομένη τάσις εἶναι **ἡμιτονοειδὴς συνάρτησις τοῦ χρόνου.** Ἀκολουθεῖ, συνεπῶς, κατὰ τὰς μεταβολὰς αὐτῆς ἡ τάσις καμπύλην ὁμοίαν πρὸς ἐκείνην τῶν μεταβολῶν τοῦ ἡμιτόνου (ἢ συνημιτόνου) μιᾶς γωνίας.

Εἰς τὴν εὑρεθεῖσαν σχέσιν τὸ μέγεθος U ἐκφράζει τὴν **στιγμιαίαν τιμὴν τῆς τάσεως,** τὸ U_0 **τὸ πλάτος** ἢ τὴν **μεγίστην τιμὴν τῆς τάσεως,** ἡ δὲ τυχοῦσα γωνία $\alpha = \omega\, t$, ἡ ὁποία ἐκφράζει τὴν κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν γωνίαν περιστροφῆς τοῦ πηνίου, ὀνομάζεται **γωνία φάσεως** ἢ ἁπλῶς **φάσις** τῆς τάσεως.

Τὸ μέγεθος :

$$\omega = \frac{2\,\pi}{T} \qquad (5)$$

παριστᾷ τὴν **κυκλικὴν συχνότητα** τῆς τάσεως καὶ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν ἐναλλαγῶν ἢ κύκλων, τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς $2\,\pi$ δευτερόλεπτα. Μεταξὺ συχνότητος ν, τοῦ ἀριθμοῦ δηλαδὴ τῶν ἀνὰ δευτερόλεπτον περιστροφῶν τοῦ πηνίου, καὶ κυκλικῆς συχνότητος ω, ὑφίσταται ἡ σχέσις :

$$\omega = 2\,\pi\,\nu \qquad (6)$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἐξάγεται ὅτι : **«κατὰ τὴν ἰσοταχῆ περιστροφικὴν κίνησιν πηνίου ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἡ ἀναπτυσσομένη ἐξ ἐπαγωγῆς τάσις ἰσοῦται εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμὴν πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως ἐπὶ τὸ ἡμίτονον τῆς ἀντιστοίχου γωνίας περιστροφῆς ἢ φάσεως».**

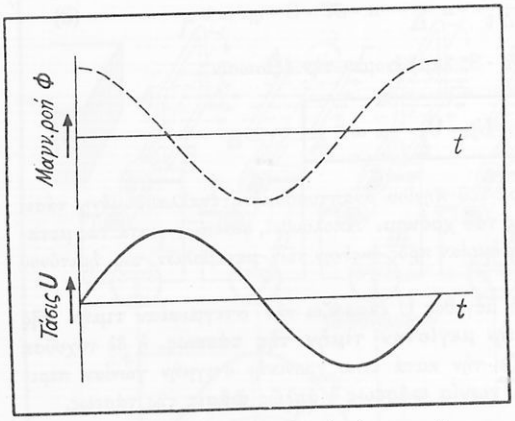
Ἐκ τοῦ τύπου (2) δεικνύεται ὅτι ἡ διὰ μέσου τοῦ πλαισίου διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται μετὰ τοῦ χρόνου, ἡ δὲ ταχύτης τῆς μεταβολῆς αὐτῆς ἔχει τὴν μεγίστην τιμήν, ὅταν τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλαισίου συμπίπτῃ πρὸς τὴν γραμμὴν τὴν ἑνοῦσαν τοὺς δύο πόλους τοῦ μαγνήτου, ὁπότε δὲν διαπερᾶται ὑπὸ μαγνητικῶν γραμμῶν (θέσεις II καὶ IV). Εἰς τὰς θέσεις αὐτάς, ἡ μαγνητικὴ ροή, ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος, οὖσα σχεδὸν μηδέν, λαμβάνει θετικὴν ἢ ἀρνητικήν τινα τιμήν, μεταβάλλεται συνεπῶς ταχέως μετὰ τοῦ χρόνου. (Μεγάλη μεταβολὴ ἐπὶ τοῖς %).

Τοὐναντίον, ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἔχει τὴν ἐλαχίστην τιμήν, εἰς τὰς θέσεις, ὅπου τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλαισίου διαπερᾶται καθέτως ὑπὸ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, δηλαδὴ ὅπου ἡ Φ εἶναι μεγίστη. Εἰς τὰς θέσεις αὐτὰς ἡ μαγνητικὴ ροὴ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος ἐλαττώνει τὴν προγενεστέραν ἤδη μεγίστην τιμήν της. (Μικρὰ ἄρα μεταβολὴ ἐπὶ τοῖς %).

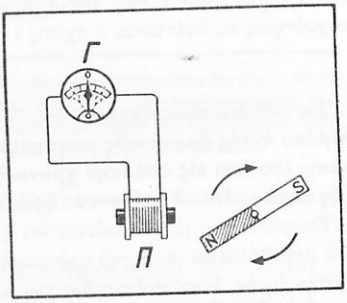
Ἡ γραμμή, ἡ κάθετος ἐπὶ τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου, καλεῖται ο ὐ δ ε τ έ ρ α γ ρ α μ μ ή, ὁσάκις δὲ τὸ πλαίσιον διέρχεται δι' αὐτῆς, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὡς καὶ ἡ τάσις ἀλλάσσουν φοράν.



Σχ. 261. Ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ γίνεται μεγίστη ἡ τάσις μηδενίζεται.

Ἐκ τῆς σπουδῆς ὅμως τῆς γενέσεως τῶν ἐξ ἐπαγωγῆς ρευμάτων, γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτυσσομένη τάσις εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ταχύτης τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἶναι μεγαλυτέρα. Ἑπομένως, ὁσάκις τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς, ὡς π.χ. εἰς τὰς θέσεις I,III καὶ V (σχ. 260), ἡ τάσις ἔχει τιμὴν μηδέν, ἐνῷ ἡ τιμὴ αὐτῆς γίνεται μεγίστη ὅταν τὸ πλαίσιον εὑρίσκεται εἰς τὰς θέσεις II καὶ IV. Τὰ αὐτὰ ἰσχύουν καὶ διὰ τὸ ἀναπτυσσόμενον ρεῦμα. Αἱ μεταβολαὶ τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ τῆς τάσεως δεικνύονται ὑπὸ τῶν καμπυλῶν τοῦ σχήματος 261.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ὅταν τὸ πλαίσιον περιστρέφεται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, οἱ ἀκροδέκται ἢ ἄλλως οἱ πόλοι αὐτοῦ, δὲν διατηροῦν σταθερὸν σημεῖον, ἀλλὰ μεταβάλλουν τὸ σημεῖον αὐτῶν περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου. Ἑπομένως ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα θὰ μεταβάλλεται καὶ αὐτὴ περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου, καὶ τὸ κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον παραγόμενον ρεῦμα θὰ εἶναι ἐ ν α λ λ α σ σ ό μ ε ν ο ν. Τὸ ἐναλλασσόμενον τοῦτο ρεῦμα ἀλλάσσει φορὰν ὁσάκις διέρχεται τὸ πλαίσιον διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς, ἡ συχνότης δὲ τοῦ οὕτω παραγομένου ρεύματος ἰσοῦται πρὸς τὴν συχνότητα περιστροφῆς τοῦ πλαισίου.



Σχ. 262. Ὅταν περιστρέφεται ὁ μαγνήτης τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει παραγωγὴν ρεύματος.

. Τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἐάν, ἀντὶ στρεφομένου πλαισίου ἢ πηνίου, χρησιμοποιήσωμεν ἀκίνητον πλαίσιον καὶ στρεπτὸν μόνιμον μαγνήτην, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 262.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πράγματι, δι' ὁμαλῆς περιστροφῆς τοῦ μαγνήτου, περὶ ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ μέσου αὐτοῦ, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε ἕκαστος τῶν πόλων νὰ διέρχεται, περιοδικῶς, πρὸ τοῦ πηνίου. Τοῦτο ὅμως θὰ ἔχῃ ὡς ἀποτέλεσμα νὰ μεταβάλλεται ἡ διὰ τοῦ πηνίου διερχομένη μαγνητικὴ ροή. Κατὰ συνέπειαν, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου θὰ ἐμφανίζεται ἐναλλασσομένη τάσις ἐξ ἐπαγωγῆς καὶ ἐὰν τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου συνδέωνται πρὸς ἐξωτερικόν τι κύκλωμα θὰ ρέῃ δι' αὐτοῦ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς.

Πέριξ ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος δημιουργεῖται **ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον,** ἔχον τὴν αὐτὴν πρὸς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα συχνότητα.

161. Σπουδὴ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα μιᾶς καθαρῶς ὠμικῆς ἀντιστάσεως R, ἀντιστάσεως δηλαδὴ στερουμένης χωρητικότητος καὶ αὐτεπαγωγῆς, ἐφαρμόσωμεν τὴν ἐναλλασσομένην τάσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu\, \omega t \qquad (1)$$

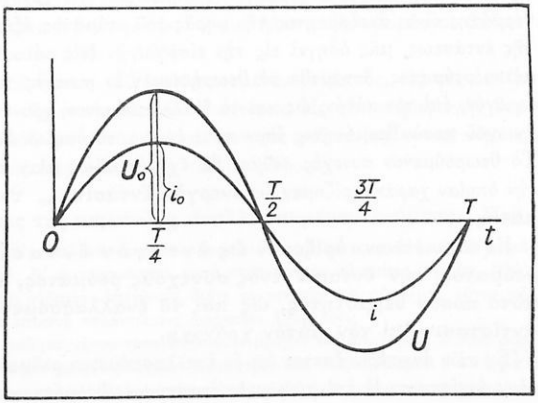
συνδέσωμεν, π.χ. τὰ ἄκρα τοῦ στρεφομένου πλαισίου (βλ. σχ. 259) δι' ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, σχηματίζοντες οὕτω κλειστὸν κύκλωμα, θὰ διέλθῃ διὰ τῆς ἀντιστάσεως ρεῦμα, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, θὰ ἰσοῦται πρός :

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_0}{R} \cdot \eta\mu\, \omega t$$

Ἐὰν τὸ σταθερὸν πηλίκον U_0/R θέσωμεν ἴσον πρὸς i_0, λαμβάνομεν διὰ τὸ ὑπὸ τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως (1) παραγόμενον ρεῦμα, τὴν ἐξίσωσιν :

$$i = i_0 \cdot \eta\mu\, \omega t \qquad (2)$$

Τὸ σύμβολον i παριστᾷ τὴν **στιγμιαίαν τιμὴν** τῆς ἐντάσεως, τὸ i_0 τὸ **πλάτος** ἢ τὴν **μεγίστην τιμὴν** τῆς ἐντάσεως, ἡ δὲ τυχοῦσα γωνία $\alpha = \omega t$ τὴν **γωνίαν φάσεως** ἢ ἁπλῶς τὴν **φάσιν** τῆς ἐντάσεως.



Σχ. 263. Ἡ ἔντασις καὶ ἡ τάσις κυκλώματος περιλαμβάνοντος μόνον ὠμικὴν ἀντίστασιν, εὑρίσκονται ἐν φάσει.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ἐξίσωσις (2) δεικνύει ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως τῆς ἐξισώσεως (1) καὶ διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστάσεως R, εἶναι καὶ αὐτὴ περιοδικὴ (ἡμιτονοειδὴς) συνάρτησις τοῦ χρόνου. Ἓν τοιοῦτον ρεῦμα καλεῖται **ἐναλλασσόμενον ρεῦμα,** εἰδικώτερον δὲ **ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα.**

Ἐκ τῆς γραφικῆς παραστάσεως τῶν μεταβολῶν τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος μετὰ τοῦ χρόνου, τὰς ὁποίας δεικνύει τὸ σχῆμα 263, ὡς καὶ ἐκ τῆς μελέτης τῶν ἐξισώσεων (1) καὶ (2), ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος κύκλωμα περιλαμβάνον μόνον ὠμικὴν ἀντίστασιν, λαμβάνουν κατὰ τὰς αὐτὰς χρονικὰς στιγμὰς τὴν μεγίστην ἢ τὴν ἐλαχίστην αὐτῶν τιμήν. Ἤτοι : **«ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εὑρίσκονται ἐν φάσει».**

Κατωτέρω, ὁσάκις ὁμιλοῦμεν περὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος, θὰ νοοῦμεν ἡμιτονοειδὲς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Παραστατικῶς συμβολίζομεν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα δι' ἑνὸς κύματος (∽), ἐνῷ τὸ συνεχὲς ρεῦμα διὰ δύο ὁριζοντίων εὐθειῶν (=).

Ἕνα ἐναλλασσόμενον μέγεθος δύναται νὰ παριστᾶται ἀδιαφόρως εἴτε διὰ τοῦ ημ ω t, εἴτε διὰ τοῦ συν ω t, διότι τοῦτο ἀποτελεῖ ζήτημα ἐκλογῆς τοῦ χρόνου. Πράγματι, δι' ἀρχικὴν φάσιν 90^0, δηλαδὴ διαφορὰν χρόνου ἐνάρξεως T/4, θὰ ἔχωμεν :

$$\text{ημ}\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \text{συν}\,\omega t \qquad (3)$$

162. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Joule εἶναι ἤδη γνωστὸν ὅτι συνεχὲς ρεῦμα ἐντάσεως i, διαρρέον ἀντίστασιν R, ἀναπτύσσει ἐντὸς αὐτῆς εἰς χρόνον t θερμότητα, ἡ ὁποία εἰς μονάδας Joule δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$Q = U \cdot i \cdot t = i^2 \cdot R \cdot t \qquad (1)$$

Ἀλλὰ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις μεταβάλλονται περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου, ἡ γνῶσις τῶν στιγμιαίων τιμῶν αὐτῶν στερεῖται πρακτικῆς σημασίας. Τὸ γεγονὸς ὅμως ὅτι ἡ παραγομένη θερμότης εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ τετραγώνου τῆς ἐντάσεως, μᾶς ὁδηγεῖ εἰς τὴν εἰσαγωγὴν ἑνὸς νέου ὅρου. Ἀντὶ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ἐν συνεχὲς τοιοῦτον, διαρρέον τὸν αὐτὸν ἀγωγόν, ἐπὶ τὸν αὐτόν, ὡς καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον, χρόνον καὶ ἀναπτύσσον ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ ποσὸν θερμότητος ἴσον πρὸς ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ἀνέπτυξε τὸ ἐναλλασσόμενον. Τὸ θεωρούμενον συνεχὲς ρεῦμα, θὰ ἔχῃ βεβαίως μίαν ἐντελῶς ὡρισμένην ἔντασιν, τὴν ὁποίαν χαρακτηρίζομεν ὡς **ἐνεργὸν ἔντασιν $i_{εν}$ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.**

Κατὰ συνέπειαν **«ὁρίζομεν ὡς ἐνεργὸν ἔντασιν ἑνὸς ἐναλλασσομένου ρεύματος, τὴν ἔντασιν ἑνὸς συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ παρῆγε τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος, ὡς καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον, διαρρέον τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον».**

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἕπεται ὅτι ἓν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἐνεργοῦ ἐντάσεως $i_{εν}$, διαρρέον ἀντίστασιν R ἐπὶ χρόνον t, ἀναπτύσσει θερμότητα : $Q = i^2_{εν} \cdot R \cdot t$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Μεταξὺ ἐνεργοῦ ἐντάσεως i_{ev} καὶ μεγίστης τιμῆς (πλάτους) i_0 τῆς ἐντάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἀποδεικνύεται ὅτι ὑπάρχει ἡ σχέσις :

$$i_{ev} = \frac{i_0}{\sqrt{2}} = 0{,}707 \cdot i_0 \qquad (2)$$

Ἀναλόγως ὁρίζομεν καὶ τὴν **ἐνεργὸν τάσιν** U_{ev}. Οὕτως, **«ὁρίζομεν ὡς ἐνεργὸν τάσιν U_{ev} ἑνὸς ἐναλλασσομένου ρεύματος, τὴν τάσιν ἑνὸς συνεχοῦς, ἡ ὁποία θὰ προεκάλει εἰς τὴν αὐτὴν ὡμικὴν ἀντίστασιν συνεχὲς ρεῦμα, ἐντάσεως ἴσης πρὸς τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν τοῦ ἐναλλασσομένου».**

Ἡ ἐνεργὸς τάσις συνδέεται μετὰ τῆς μεγίστης τιμῆς U_0 τῆς τάσεως διὰ τῆς σχέσεως :

$$U_{ev} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = 0{,}707 \cdot U \qquad (3)$$

Οὕτως, ἡ ἐγκατάστασις οἰκιακοῦ ἠλεκτροφωτισμοῦ εἰς Ἀθήνας ἔχει ἐνεργὸν τιμὴν τάσεως 220 Volt, ἑπομένως τὸ πλάτος τῆς τάσεως θὰ εἶναι :

$$U_0 = U_{ev} \cdot \sqrt{2} = 220 \cdot 1{,}41 = 310 \text{ Volt}$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἐξάγεται ὅτι : **«ἡ ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἡ ἐνεργὸς τάσις ἑνὸς ἡμιτονοειδοῦς ἐναλλασσομένου ρεύματος εὑρίσκονται διὰ διαιρέσεως τῶν ἀντιστοίχων τιμῶν τῶν πλατῶν αὐτῶν διὰ τῆς $\sqrt{2}$».**

Κατὰ συνέπειαν ἡ ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἡ ἐνεργὸς τάσις ἔχουν μικροτέρας τιμὰς τῶν ἀντιστοίχων τιμῶν τοῦ πλάτους τῆς ἐντάσεως καὶ τοῦ πλάτους τῆς τάσεως. Ὅσάκις δὲ ὁμιλοῦμεν περὶ ἐντάσεως ἢ τάσεως ἐναλλασσομένου ρεύματος ἐννοοῦμεν τὰς ἐνεργοὺς τιμὰς αὐτῶν, αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ μετρηθοῦν δι' ἀπ' εὐθείας ἀναγνώσεως ἐπὶ τῆς κλίμακος ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ ὀργάνου, π.χ. θερμικοῦ ἀμπερομέτρου ἢ βολτομέτρου ἢ καὶ ἠλεκτροδυναμομέτρου βαθμολογουμένων εἰς τὸ συνεχὲς ρεῦμα (βλ. § 183).

Εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις δράσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, εἰς τὰς ὁποίας ὑπεισέρχεται τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως καὶ ἰδιαιτέρως εἰς τὴν παραγωγὴν θερμότητος, δυνάμεθα νὰ ἐφαρμόζωμεν τοὺς διὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα ἰσχύοντας νόμους, ἐφ' ὅσον χρησιμοποιοῦμεν τὰς ἐνεργοὺς τιμὰς τοῦ ρεύματος.

***163. Πειραματικὴ εὕρεσις τῆς καμπύλης ἐναλλασσομένου ρεύματος. Παλμογράφος μετὰ βρόχου.** Ἐὰν διαβιβάσωμεν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα συχνότητος 50 περιόδων κατὰ δευτερόλεπτον (50 Hz), δι' ἀμπερομέτρου μετὰ στρεφομένου πλαισίου (βλ. σχ. 309), ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου δὲν δεικνύει οὐδεμίαν ἀπόκλισιν, διότι τὸ κινητόν του σύστημα, λόγῳ τῆς ἀδρανείας αὐτοῦ, δὲν δύναται νὰ ὑποστῇ ταλαντώσεις διαρκείας 1/50 sec.

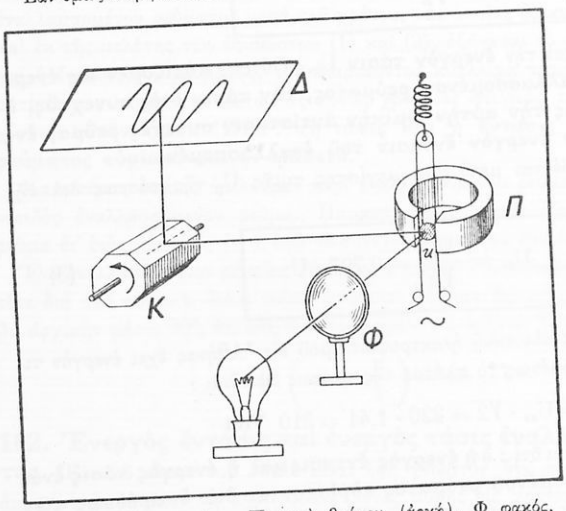
Ἐὰν ὅμως μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου τοποθετήσωμεν βρόχον ἐκ μεταλλικοῦ λεπτοῦ σύρματος καὶ ἐπ' αὐτοῦ προσαρμόσωμεν μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον καὶ διαβιβάσωμεν συνεχὲς ρεῦμα (σχ. 264), τότε τὰ δύο σύρματα τοῦ βρόχου, συμφώνως πρὸς τοὺς γνωστοὺς κανόνας τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἠλεκτρομαγνητισμοῦ (βλ. § 136), μετατοπίζονται κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις καὶ οὕτω τὸ κάτοπτρον στρέφεται. Ἡ γωνία στροφῆς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

Ἐὰν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτῃ φωτεινὴ ἀκτὶς τότε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς στρέφεται λόγῳ περιστροφῆς τοῦ κατόπτρου.

Ἐὰν ὅμως διαβιβάσωμεν ἐ ν α λ λ α σ σ ό μ ε ν ο ν ρεῦμα, τότε λόγῳ τῆς μικρᾶς ἀδρανείας τοῦ βρόχου καὶ τοῦ κατόπτρου, τῶν ὁποίων ἡ μᾶζα εἶναι πολὺ μικρά, ταῦτα παρακολουθοῦν τὰς ταχείας μεταβολὰς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος χωρὶς σημαντικὴν καθυστέρησιν.



Σχ. 264. Παλμογράφος Π μετὰ βρόχου (ἀρχή). Φ φακός, Κ περίστρεπτον κάτοπτρον, Δ εἰκὼν ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Οὕτως, ἡ ὑπὸ τοῦ κατόπτρου ἀνακλωμένη ἀκτίς, τῆς ὁποίας τὸ εἴδωλον δεχόμεθα ἐπὶ διαφράγματος, παρέχει, λόγῳ τῆς παλινδρομικῆς κινήσεως τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς διαρκείας τῆς ἐντυπώσεως, μικρὰν φωτεινὴν γραμμήν. Ἐὰν ὅμως δεχθῶμεν τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα ἐπὶ περιστρέπτου κατόπτρου Κ καὶ θέσωμεν τοῦτο εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος, ἀναφαίνεται ἡμιτονοειδὴς καμπύλη, ἡ ὁποία παρέχει τὴν εἰκόνα τῆς περιοδικῆς μεταβολῆς τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Συσκευὴ τοῦ τύπου τούτου καλεῖται π α λ μ ο γ ρ ά φ ο ς μ ε τ ὰ β ρ ό χ ο υ καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ἐκτὸς τοῦ ἀνωτέρου παλμογράφου, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει δι' ἐναλλασσόμενα ρεύματα μερικῶν χιλιάδων Hertz, χρησιμοποιεῖται σήμερον εὐρύτατα καὶ ἕτερος τύπος, ὅπως ὁ καλούμενος κ α θ ο δ ι κ ὸ ς π α λ μ ο γ ρ ά φ ο ς, τὸν ὁποῖον θὰ περιγράψωμεν εἰς ἄλλην θέσιν. Οὗτος στερεῖται πρακτικῶς ἀδρανείας καὶ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ ρεύματα πολὺ μεγάλων συχνοτήτων.

***164. Γραφικὴ παράστασις καὶ πρόσθεσις ἐναλλασσομένων μεγεθῶν.** **α) Παράστασις δι' ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν.** Ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις ἁρμονικῶν (ἡμιτονοειδῶν) ἐναλλασσομένων ρευμάτων δύνανται νὰ παρασταθοῦν, ὅπως εἴδομεν, δι' ἡμιτονοειδῶν συναρτήσεων τῆς μορφῆς α · ημ x. Ὅσον ἀφορᾷ δὲ τὴν γραφικὴν παράστασιν αὐτῶν, αὕτη δύναται νὰ ἐκτελεσθῇ ὡς ἀκολούθως, διὰ τὴν περίπτωσιν, ἐπὶ παραδείγματι, τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως.

t	U
0	0
T/4	U_0
T/2	0
3T/4	$-U_0$
T	0

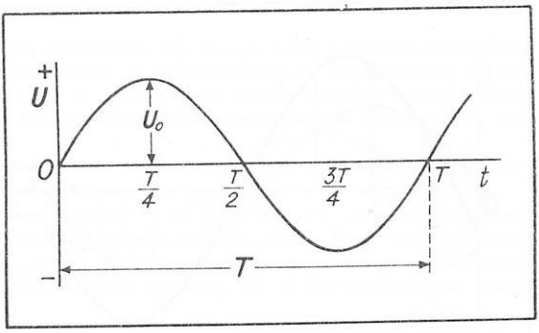
Ἡ ἐξίσωσις $U = U_0 \cdot \eta\mu\, \omega t$, ἐπειδὴ $\omega = 2\pi/T$, δύναται νὰ λάβῃ τὴν μορφήν:

$$U = U_0 \cdot \eta\mu\, 2\pi \cdot \frac{t}{T} \qquad (1)$$

Δίδοντες ἤδη εἰς τὸν χρόνον t διαφόρους τιμὰς δυνάμεθα νὰ εὑρίσκωμεν τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς τοῦ U, ὡς δεικνύει ὁ πίναξ. Ἐὰν τὰς τιμὰς ταύτας ἀναφέρωμεν εἰς σύστημα ὀρθογωνίων ἀξόνων, ἐκλέγον-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τες καταλλήλως αὐθαιρέτους μονάδας ἐπ' αὐτῶν, ἕκαστον ζεῦγος ἀντιστοίχων τιμῶν θὰ παρέχῃ εἰς τὸ ἐπίπεδον τῶν ἀξόνων ἓν παραστατικὸν σημεῖον. Διὰ τῆς συνενώσεως δὲ ὅλων τῶν οὕτω προκυπτόντων παραστατικῶν σημείων ὑπὸ συνεχοῦς γραμμῆς θὰ προκύψῃ ἡ εἰκονιζομένη εἰς τὸ σχῆμα 265 καμπύλη, ἡ ὁποία παριστᾷ γραφικῶς τὸν νόμον τῆς μεταβολῆς τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως μετὰ τοῦ χρόνου καὶ ἐντὸς χρόνου μιᾶς περιόδου.



Σχ. 265. Γραφικὴ παράστασις τῶν μεταβολῶν τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως.

Ἡ μεγίστη τιμὴ U_0, δηλαδὴ τὸ πλάτος τῆς τάσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸν χρόνον καὶ συνεπῶς διατηρεῖ πάντοτε σταθερὸν μέτρον, παριστᾶται εἰς τὸ σχῆμα ὑπὸ τῆς τεταγμένης τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὰς χρονικὰς στιγμὰς $t = T/4$ καὶ $t = 3\,T/4$.

β) Πρόσθεσις ἐναλλασσομένων μεγεθῶν. Σημαντικὸν ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ πρόσθεσις δύο ἐναλλασσομένων ρευμάτων τῆς αὐτῆς περιόδου, τὰ ὁποῖα ἔχουν διάφορα πλάτη καὶ διαφόρους φάσεις. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν αἱ τάσεις ἢ αἱ ἐντάσεις δύο παρομοίων ἐναλλασσομένων ρευμάτων δύνανται νὰ παριστῶνται διὰ τῶν ἐξισώσεων :

$$A = \alpha \cdot \eta\mu\, x \qquad \text{καὶ} \qquad B = \beta \cdot \eta\mu\,(x + \varphi) \tag{2}$$

ὅπου φ ἡ διαφορὰ φάσεως τῶν ρευμάτων :

Ἐὰν ἔχωμεν δύο μηχανὰς παραγωγῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος, αἱ ὁποῖαι τροφοδοτοῦν συγχρόνως τὸν αὐτὸν ἀγωγόν, μὲ δύο ρεύματα ὡς τὰ ἀνωτέρω ἀναφερόμενα, τότε ταῦτα προστίθενται καὶ τὸ συνιστάμενον ρεῦμα ἰσοῦται πρός :

$$\Gamma = A + B = \alpha \cdot \eta\mu\, x + \beta \cdot \eta\mu\,(x + \varphi) \tag{3}$$

Ἡ ἀνωτέρω ἔκφρασις τοῦ συνισταμένου ρεύματος δύναται νὰ μετασχηματισθῇ ὡς ἀκολούθως :

$$\Gamma = \alpha \cdot \eta\mu\, x + \beta \cdot \eta\mu(x + \varphi) = \alpha \cdot \eta\mu \cdot x + \beta \cdot \eta\mu\, x \cdot \sigma\upsilon\nu\, \varphi + \beta \cdot \sigma\upsilon\nu\, x \cdot \eta\mu\, \varphi$$

ἢ

$$\Gamma = (\alpha + \beta \cdot \sigma\upsilon\nu\, \varphi) \cdot \eta\mu\, x + \beta \cdot \eta\mu\, \varphi \cdot \sigma\upsilon\nu\, x \tag{4}$$

Ἤδη εἰσάγομεν τὴν βοηθητικὴν γωνίαν ψ καὶ τὸν βοηθητικὸν παράγοντα γ διὰ τῶν ἐξισώσεων τοῦ συστήματος :

$$\alpha + \beta \cdot \sigma\upsilon\nu\, \varphi = \gamma \cdot \sigma\upsilon\nu\, \psi \qquad \text{καὶ} \qquad \beta \cdot \eta\mu\, \varphi = \gamma \cdot \eta\mu\, \psi$$

ἡ λύσις τοῦ ὁποίου δίδει :

$$\gamma = \sqrt{(\alpha + \beta \cdot \sigma\upsilon\nu\, \varphi)^2 + \beta^2\, \eta\mu^2\, \varphi} = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2 + 2\,\alpha\,\beta \cdot \sigma\upsilon\nu\, \varphi}$$

$$\varepsilon\varphi\, \psi = \frac{\beta \cdot \eta\mu\, \varphi}{\alpha + \beta \cdot \sigma\upsilon\nu\, \varphi}$$

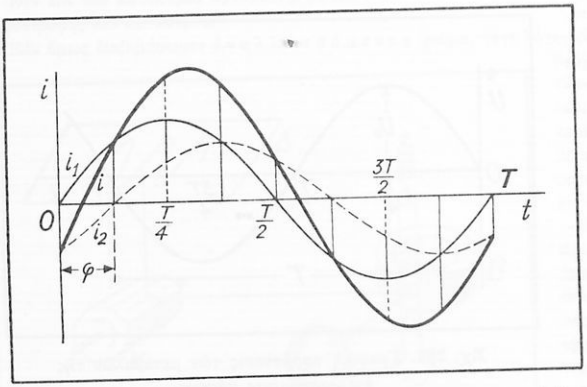
Δι' εἰσαγωγῆς δὲ τῶν ψ καὶ γ εἰς τὴν (4), λαμβάνομεν τελικῶς :

$$\Gamma = \gamma \cdot \eta\mu\,(x + \psi) \tag{5}$$

Ὅπως ἤδη δεικνύεται ἐκ τῆς (5) αὕτη παριστᾷ ἡμιτονοειδῆ καμπύλην, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ γ ἐκ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

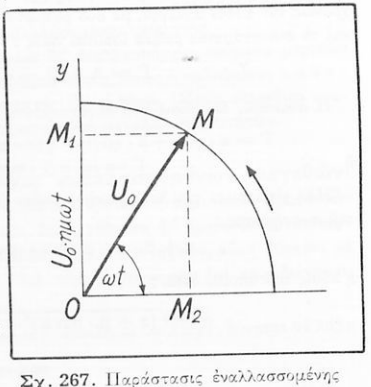
φράζει τὸ πλάτος τοῦ ὑπὸ τῆς καμπύλης περιστωμένου μεγέθους. Κατὰ συνέπειαν **«δύο ἡμιτονοειδῆ ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς περιόδου, παρουσιάζοντα διαφορὰν φάσεως, τροφοδοτοῦντα τὸν αὐτὸν ἀγωγὸν προστίθενται εἰς ἓν ἡμιτονοειδὲς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως ὡς πρὸς τὰ συνιστῶντα αὐτὸ ρεύματα καὶ ἔχει διάφορον ἐκείνων πλάτος»**.



Σχ. 266. Γραφικὴ μέθοδος προσθέσεως δι' ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν δύο ἐναλλασσομένων ἐντάσεων, i_1 καὶ i_2, διαφορᾶς φάσεως φ.

Εἰς ἑπόμενα κεφάλαια θὰ συναντήσωμεν διαφόρους περιπτώσεις συνθέσεως ἡμιτονοειδῶν συναρτήσεων. Εἰς τὸ σχῆμα 266 δεικνύεται γραφικῶς ἡ σύνθεσις δύο ἡμιτονοειδῶν συναρτήσεων, αἱ ὁποῖαι παριστῶνται ὑπὸ τῶν ἀντιστοίχων αὐτῶν παραστατικῶν καμπυλῶν. Αἱ συνιστῶσαι καμπύλαι i_1 καὶ i_2 εἶναι τῆς αὐτῆς περιόδου, ἔχουν διάφορα πλάτη καὶ παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως φ. Ἡ συνισταμένη καμπύλη i σχηματίζεται δι' ἀλγεβρικῆς προσθέσεως τῶν τεταγμένων τῶν σημείων τῶν συνιστωσῶν καμπυλῶν, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν τετμημένην. Αἱ διαφοραὶ φάσεως καὶ τὰ πλάτη τῶν τριῶν καμπυλῶν ἐξάγονται εὐκόλως ἐκ τοῦ σχήματος.

γ) Γραφικὴ παράστασις καὶ πρόσθεσις διὰ δεικτῶν (περιστρεφομένων διανυσμάτων). Ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις ἑνὸς ἐναλλασσομένου ρεύματος, παριστώμεναι γραφικῶς εἰς σύστημα ὀρθογωνίων ἀξόνων, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ ὁριζόντιος κατὰ συνθήκην εἶναι ὁ ἄξων τῶν χρόνων, δίδουν ἡμιτονοειδεῖς καμπύλας, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν μετατόπισίν τινα πρὸς ἀλλήλας, ἐὰν ὑφίσταται διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως. Ἀλλ' ὁ τρόπος αὐτὸς τῆς παραστάσεως εἶναι ὑπὸ ὡρισμένας ἀπόψεις δύσχρηστος· ἡ ἀνάγνωσις τῆς διαφορᾶς φάσεως εἶναι δυσχερής, καὶ ἐὰν θέλωμεν νὰ προσδιορίσωμεν τὰ μεγέθη ἐπαγωγικῶν καὶ χωρητικῶν ἀντιστάσεων γενικῶς δὲν δυνάμεθα νὰ ἐργασθῶμεν διὰ τῆς ἀνωτέρω γραφικῆς μεθόδου. Διὰ τοῦτο εἰσήχθη ἐν ἄλλο εἶδος ἀπεικονίσεως, τὸ ὁποῖον μολονότι δὲν καθιστᾷ πλέον εὔκολον τὴν ἄμεσον ἀναγνώρισιν τῆς ἡμιτονοειδοῦς πορείας τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως ἔχει ὅμως ἄλλα πλεονεκτήματα.



Σχ. 267. Παράστασις ἐναλλασσομένης τάσεως διὰ δείκτου.

Ἔστω, εἰς τὸ ἐπίπεδον τῶν ὀρθογωνίων ἀξόνων Ox καὶ Oy (σχ. 267), διάνυσμα OM, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **δείκτης** (ἢ περιστρεφόμενον διάνυσμα), στρεφόμενον περὶ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων O μὲ σταθερὰν γωνιακὴν ταχύτητα ω. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν χρόνων $t_0 = 0$, ὁ δείκτης συμπίπτει μετὰ τοῦ ὁριζοντίου ἄξονος Ox, κατὰ μίαν δὲ τυχοῦσαν χρονικὴν στιγμὴν t καταλαμβάνει τὴν θέσιν OM καὶ ἔχει διαγράψει τὴν γωνίαν ω t. Ἐὰν λη-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φθῆ (OM) $= U_0$ καὶ θεωρήσωμεν τὰς προβολὰς τοῦ δείκτου OM_1 καὶ OM_2 ἐπὶ τοὺς ἄξονας Oy καὶ Ox ἀντιστοίχως, θὰ ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

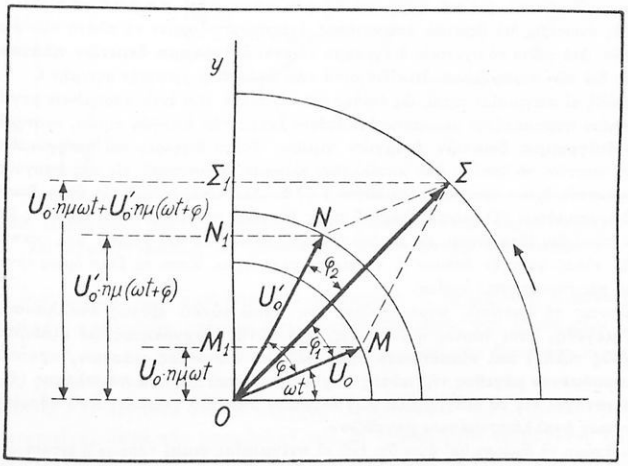
$$(OM_1) = U_0 \cdot \text{ημ}\,\omega\, t \quad \text{καὶ} \quad (OM_2) = U_0 \cdot \text{συν}\,\omega\, t = U_0 \cdot \text{ημ}\,(\omega\, t + \pi/2).$$

Κατὰ συνέπειαν, ἐὰν ὁ δείκτης OM περιστρέφεται περὶ τὸ O μὲ σταθερὰν γωνιακὴν ταχύτητα ω, τότε, ἡ μὲν ὀρθὴ προβολὴ OM_1 παριστᾷ εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμὴν τὴν στιγμιαίαν τιμὴν τῆς τάσεως, ἡ δὲ ὀρθὴ προβολὴ OM_2 τὴν κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμὴν τιμὴν τῆς τάσεως, ἡ ὁποία προηγεῖται κατὰ 90^0 τῆς πρώτης. Κατὰ τὸν ἴδιον βεβαίως τρόπον δυνάμεθα διὰ δεικτῶν νὰ παραστήσωμεν ἐντάσεις ρευμάτων.

Ἡ διὰ δεικτῶν παράστασις ἐναλλασσομένων τάσεων καὶ ἐντάσεων καθίσταται ἰδιαιτέρως πρακτική, ἐὰν ρέουν περισσότερα τοῦ ἑνὸς ἐναλλασσόμενα ρεύματα διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀγωγοῦ.

Θὰ ἐξετάσωμεν ἤδη τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν προστίθενται δύο ἡμιτονοειδεῖς ἐναλλασσόμεναι τάσεις τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ οἱασδήποτε διαφορᾶς φάσεως, ἐὰν αὗται ἐφαρμόζωνται ἐπὶ τοῦ ἰδίου ἀγωγοῦ. Ἔστωσαν U_0 καὶ U_0' τὰ πλάτη τῶν τάσεων καὶ φ ἡ διαφορὰ φάσεως αὐτῶν. Ἐὰν ἐκλέξωμεν καταλλήλως τὴν ἀρχὴν τῶν χρόνων $t_0 = 0$, αἱ δύο ἐναλλασσόμεναι τάσεις δίδονται ὑπὸ τῶν ἐξισώσεων :

$$U = U_0 \cdot \text{ημ}\,\omega\, t \qquad \text{καὶ} \qquad U' = U'_0 \cdot \text{ημ}\,(\omega\, t + \varphi)$$



Σχ. 268. Πρόσθεσις διὰ δεικτῶν δύο ἐναλλασσομένων τάσεων τῆς αὐτῆς συχνότητος μὲ διαφορὰν φάσεως φ.

Πρὸς τοῦτο ἀρκεῖ ἡ ἀρχὴ τῶν χρόνων νὰ ἐκλεγῇ οὕτως, ὥστε νὰ εἶναι $U = 0$. Παριστῶμεν τὰς δύο ἐναλλασσομένας τάσεις διὰ τῶν δεικτῶν OM καὶ ON, τὰ μήκη τῶν ὁποίων ἐκφράζουν ὑπὸ καταλλήλων κλίμακα τὰ πλάτη τῶν ἐναλλασσομένων τάσεων. Οἱ δύο δεῖκται σχηματίζουν γωνίαν φ, ἴσην πρὸς τὴν διαφορὰν φάσεως. Εἰς τὸ σχῆμα 268 δίδεται ἡ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου διὰ μίαν ὡρισμένην στιγμὴν t. Ὁ δείκτης OM, ὁ ὁποῖος συμπίπτει μὲ τὸν ὁριζόντιον ἄξονα κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t_0 = 0$, σχηματίζει μὲ αὐτὸν τώρα γωνίαν ω t, ἐφ' ὅσον οἱ δεῖκται στρέφονται μὲ σταθερὰν γωνιακὴν ταχύτητα ω. Ὁ δείκτης ON προηγεῖται τοῦ OM κατὰ γωνίαν φ, σχηματίζει συνεπῶς μετὰ τοῦ ὁριζοντίου ἄξονος γωνίαν ω t + φ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἤδη σχηματίζομεν τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δεικτῶν ΟΜΣΝ καὶ προβάλλομεν τοὺς τρεῖς δείκτας ΟΜ, ΟΣ, ΟΝ ἐπὶ τοὺς ὀρθογωνίους ἄξονας. Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω ἐκτεθέντα θὰ εἶναι :

$$(OM_1) = U_0 \cdot \eta\mu\, \omega t \text{ καὶ } (ON_1) = U'_0 \cdot \eta\mu\, (\omega t + \varphi).$$

Ἐκτὸς τούτων εἶναι :

$$(O\Sigma_1) = (OM_1) + (ON_1) = U_0 \cdot \eta\mu\, \omega t + U'_0 \cdot \eta\mu\, (\omega t + \varphi).$$

Κατὰ συνέπειαν, ἐὰν στρέφεται τὸ παραλληλόγραμμον ΟΜΣΝ μὲ σταθερὰν γωνιακὴν ταχύτητα ω, περὶ τὴν ἀρχὴν Ο τῶν ἀξόνων, τότε αἱ προβολαὶ τῶν πλευρῶν αὐτοῦ ΟΜ καὶ ΟΝ παριστοῦν εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμὴν τὰς στιγμιαίας τιμὰς τῶν θεωρουμένων τάσεων, ἡ δὲ προβολὴ τῆς διαγωνίου αὐτοῦ ΟΣ, παρέχει τὴν ἀντίστοιχον συνισταμένην τάσιν. Ἐκ τοῦ σχήματος εὑρίσκομεν ἀμέσως τὸ πλάτος καὶ τὴν διαφορὰν φάσεως τῆς συνισταμένης τάσεως ὡς πρὸς τὰς συνιστῶσας τάσεις. Τὸ πλάτος εἶναι ἡ μεγίστη τιμή, τὴν ὁποίαν λαμβάνει ἡ προβολὴ τῆς ΟΣ κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ παραλληλογράμμου, αὕτη ὅμως ἰσοῦται πρὸς τὸ μῆκος τοῦ ΟΣ. Ἡ διαφορὰ φάσεως τῆς συνισταμένης τάσεως ὡς πρὸς τὰς συνιστώσας τάσεις δίδεται ἀπὸ τὰς γωνίας φ_1 καὶ φ_2.

Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἐργαζόμεθα καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ἐντάσεων καὶ ἡ μέθοδος δύναται νὰ γενικευθῇ καὶ διὰ περισσοτέρας ἐναλλασσομένας συνιστώσας, προϋποτιθεμένου ὅτι παρουσιάζουν τὴν αὐτὴν συχνότητα, ὁπότε ἡ περιστροφὴ τῶν δεικτῶν γίνεται μετὰ τῆς αὐτῆς γωνιακῆς ταχύτητος ω.

Κατὰ τὰς ἀνωτέρω διὰ δεικτῶν ἀπεικονίσεις ἐχρησιμοποιήσαμεν τὰ πλάτη τῶν ἐναλλασσομένων μεγεθῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σχετικὸν διάγραμμα λέγεται **διάγραμμα δεικτῶν πλάτους,** δίδει δὲ μίαν εἰκόνα διὰ τῶν στρεφομένων δεικτῶν κατά τινα ὡρισμένην χρονικὴν στιγμὴν t.

Ἀλλ' ἐπειδὴ αἱ στιγμιαῖαι τιμαί, ὡς ἐπίσης καὶ τὰ πλάτη τῶν ἐναλλασσομένων μεγεθῶν εἰς τὴν ἠλεκτροτεχνίαν παρουσιάζουν μειωμένον ἐνδιαφέρον ἔναντι τῶν ἐνεργῶν τιμῶν, προτιμᾶται εἰς τὴν πρᾶξιν τὸ **διάγραμμα δεικτῶν ἐνεργῶν τιμῶν.** Τοῦτο διαφέρει τοῦ προηγουμένου κατὰ τὸ μῆκος τῶν δεικτῶν, τὸ ὁποῖον, ὑπὸ κατάλληλον κλίμακα, ἀντιστοιχεῖ εἰς τὰς ἐνεργοὺς τιμάς, αἵτινες, ὡς γνωστόν, ἔχουν πρὸς τὰ πλάτη λόγον $1 : \sqrt{2}$. Ἀλλ' ὑπάρχει καὶ μία ἄλλη διαφορὰ μεταξὺ τῶν δύο διαγραμμάτων. Ὁ δείκτης ἐνεργοῦ τιμῆς δὲν εἶναι στρεπτός, ἀλλὰ ἀκίνητος δείκτης, διότι αἱ ἐνεργοὶ τιμαὶ δὲν ἐξαρτῶνται, ὡς ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ αὐτῶν, ἐκ τοῦ χρόνου καί, κατὰ συνέπειαν, δὲν ἔχει δι' αὐτὰς φυσικὴν ἔννοιαν ἡ γωνιώδης ταχύτης ω. Κατὰ τὰ ἄλλα ὅμως ἐργαζόμεθα εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις ὁμοίως.

Συνοψίζοντες τὰ ἀνωτέρω, παρατηροῦμεν ὅτι, **«τοῦ αὐτοῦ εἴδους ἐναλλασσόμενα ἡμιτονοειδῆ μεγέθη, ἤτοι τάσεις ἢ ἐντάσεις, τῆς αὐτῆς συχνότητος μὲ οἱαδήποτε πλάτη (ἢ ἐνεργοὺς τιμάς) καὶ οἱασδήποτε πρὸς ἄλληλα διαφορὰς φάσεων, προστίθενται εἰς ἓν ἐναλλασσόμενον μέγεθος τῆς αὐτῆς συχνότητος, τοῦ ὁποίου τὸ πλάτος (ἢ ἡ ἐνεργὸς τιμὴ) παριστᾶται εἰς τὸ διάγραμμα τῶν δεικτῶν ὑπὸ τοῦ γεωμετρικοῦ ἀθροίσματος τῶν συνιστώντων ἐναλλασσομένων μεγεθῶν».**

Πρέπει ἀκόμη νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἐνῷ αἱ **στιγμιαῖαι τιμαὶ** τάσεων ἢ ἐντάσεων προστίθενται εἰς τινα ὡρισμένην χρονικὴν στιγμὴν **ἀλγεβρικῶς,** τὰ **πλάτη** καὶ αἱ **ἐνεργοὶ τιμαὶ προστίθενται πάντοτε γεωμετρικῶς.**

165. Φάσις καὶ διαφορὰ φάσεως. Εἰς τὴν ἐξίσωσιν $= U\, U_0 \cdot \eta\mu\, \omega t$ τὸ μέγεθος ωt καλεῖται, ὡς ἀνεφέρθη ἤδη καὶ εἰς τὸν δεύτερον τόμον τοῦ βιβλίου, **φάσις** τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως τοῦ ρεύματος. Ἡ φάσις παριστᾷ γωνίαν, τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ μεταβάλλεται μετὰ τοῦ χρόνου καὶ ἐπομένως ἡ ἡμιτονοειδὴς καμπύλη θὰ ἐπαναλαμβάνεται ἡ αὐτὴ μετὰ χρόνον, κατὰ τὸν ὁποῖον ἡ φάσις αὐξάνεται κατὰ 360^0 (ἢ 2π ἀκτίνια), ὁ χρόνος δὲ οὗτος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν περίοδον T.

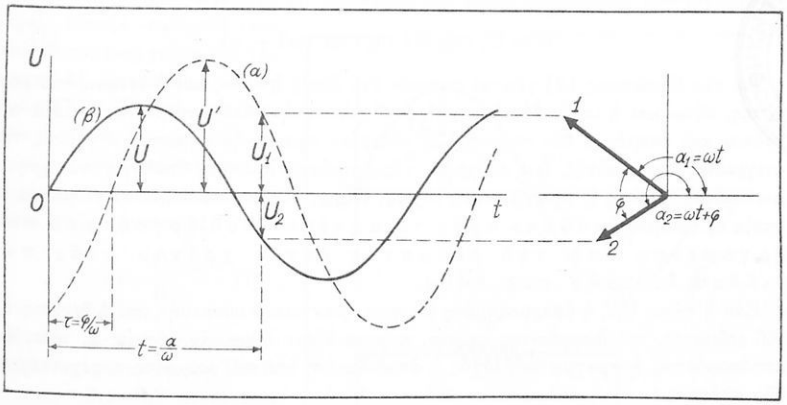
Προκειμένου περὶ ἑνὸς ἐναλλασσομένου μεγέθους, ἡ φάσις αὐτοῦ εἶναι ἄνευ ση-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μασίας. Ἐν τούτοις προκειμένου περὶ δύο ἐναλλασσομένων μεγεθῶν, π.χ. δύο ἐναλλασσομένων τάσεων, ἡ φάσις αὐτῶν ἀποκτᾷ ἰδιάζουσαν σημασίαν. Οὕτως, ἐὰν θεωρήσωμεν τὰς δύο ἐναλλασσομένας τάσεις (σχ. 269) τῆς αὐτῆς συχνότητος :

$$U_2 = U \cdot \text{ημ}\,\omega t \qquad U_1 = U' \cdot \text{ημ}\,(\omega t + \varphi)$$

βλέπομεν ὅτι δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν φάσιν, ἀλλὰ παρουσιάζουν **διαφορὰν φάσεως,** ἡ δὲ γραφικὴ παράστασις αὐτῶν διὰ ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν καὶ δεικτῶν δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 269, ὅπου, ὡς βλέπομεν, τὸ διάνυσμα 2 προχωρεῖ τοῦ 1 κατὰ τὴν γωνίαν φ, εἰς τρόπον ὥστε εἶναι : $\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi = \omega t + \varphi$.



Σχ. 269. Παράστασις δύο ἡμιτονοειδῶν ἐναλλασσομένων τάσεων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ διαφόρου φάσεως δι' ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν καὶ διὰ δεικτῶν.

Εἰς τὸ διάγραμμα τῶν ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν ἡ τετμημένη t ἀντιστοιχεῖ εἰς δύο σημεῖα τῶν καμπυλῶν, κείμενα ἐπὶ παραλλήλου πρὸς τὸν ἄξονα τῶν U, καὶ διὰ τὰ ὁποῖα εἶναι $t = \alpha/\omega$, ἡ δὲ γωνία φ, ἡ ὁποία παριστᾷ τὴν διαφορὰν φάσεως, ἀντιστοιχεῖ εἰς χρονικὴν διαφορὰν $\tau = \varphi/\omega$.

Ἐφ' ὅσον $\varphi > 0$ λέγομεν ὅτι τὸ μέγεθος U_2 προχωρεῖ τοῦ U_1 κατὰ τὴν γωνίαν φ, δηλαδὴ προηγεῖται κατὰ τὴν μεταβολήν του, ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος U_1, ἐνῷ ἐὰν $\varphi < 0$, λέγομεν ὅτι τὸ μέγεθος U_2 ὑστερεῖ ἐν σχέσει πρὸς τὸ U_1. Τὸ μέγεθος φ ἐκφράζεται εἴτε εἰς ἀκτίνια εἴτε εἰς μοῖρας. Οὕτως, ἐὰν ἡ διαφορὰ φάσεως εἶναι π.χ. $\pi/2$ εἰς ἀκτίνια, εἰς μοῖρας θὰ εἶναι 90^0.

Γενικῶς **«διαφορὰ φάσεως φ, μεταξὺ δύο ἡμιτονοειδῶν ἐναλλασσομένων μεγεθῶν, σημαίνει ὅτι, ἐὰν τὸ ἓν ἐναλλασσόμενον μέγεθος λάβῃ μίαν οἱανδήποτε τιμήν, διὰ νὰ λάβῃ καὶ τὸ ἕτερον ἐναλλασσόμενον μέγεθος τὴν ἀνάλογον τιμὴν πρέπει νὰ διαρρεύσῃ χρόνος ἀντιστοιχῶν εἰς κλάσμα τῆς περιόδου ἰσοδύναμον πρὸς τὴν γωνίαν φ, ἐκπεφρασμένην εἰς μοῖρας ἢ ἀκτίνια, λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι γωνία 360^0 ἢ 2π ἀκτινίων, ἀντιστοιχεῖ εἰς μίαν περίοδον».**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

166. Ἔργον καὶ ἰσχὺς ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα κυκλώματος ἐφαρμόσωμεν τὴν ἐναλλασσομένην τάσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu\, \omega t \qquad (1)$$

ἔστω ὅτι αὕτη θὰ τροφοδοτῇ τὸ κύκλωμα διὰ ρεύματος ἐντάσεως :

$$i = i_0 \cdot \eta\mu\, (\omega t - \varphi) \qquad (2)$$

Συνεπῶς ἐπειδὴ ἡ κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν t ἀποδιδομένη ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἰσχὺς N ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς κατ' ἐκείνην τὴν στιγμὴν στιγμιαίας τιμῆς τῆς τάσεως ἐπὶ τὴν ἀντίστοιχον τιμὴν τῆς ἐντάσεως, θὰ ἔχωμεν :

$$N = U_0 \cdot \eta\mu\, \omega t \cdot i_0 \cdot \eta\mu\, (\omega t - \varphi) \qquad (3)$$

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (3) γίνεται φανερὸν ὅτι, ὅπως ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, οὕτω καὶ ἡ ἰσχὺς δὲν διατηρεῖ σταθερὰν τιμὴν ἀλλὰ μεταβάλλεται μετὰ τοῦ χρόνου καὶ ἑπομένως δὲν παρουσιάζει οὐδεμίαν πρακτικὴν σημασίαν ἡ γνῶσις τῆς στιγμιαίας τιμῆς αὐτῆς. Διὰ τοῦτο εἰς τὰς μετρήσεις καὶ τοὺς ὑπολογισμοὺς χρησιμοποιεῖται ἡ **μέση ἢ πραγματικὴ ἰσχύς, $N_{πραγ}$,** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἡ ὁποία ἐξ ὁρισμοῦ ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου, τοῦ παραγομένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντὸς χρόνου μιᾶς περιόδου, διὰ τῆς περιόδου.

Ἐὰν ἡ τάσις $U_{εν}$, ἡ ἐφαρμοζομένη εἰς τινα ἠλεκτρικὴν συσκευήν, καὶ ἡ ἔντασις $i_{εν}$ τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος ταύτην, παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως φ, τότε, ὡς ἀποδεικνύεται, ἡ πραγματικὴ ἰσχὺς ἡ ἀποδιδομένη ὑπὸ τοῦ ρεύματος παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$\boxed{N_{πραγ} = U_{εν} \cdot i_{εν} \cdot συν\varphi} \qquad (4)$$

ὅπου ὁ παράγων συν φ καλεῖται **συντελεστὴς ἰσχύος** καὶ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς συγκροτήσεως τοῦ κυκλώματος, ἤτοι ἐκ τῶν στοιχείων ὠμικῆς, ἐπαγωγικῆς καὶ χωρητικῆς ἀντιστάσεως, καὶ τῆς συχνότητος τοῦ ρεύματος.

Ἐὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν τὸ $U_{εν}$ δίδεται εἰς βόλτ καὶ τὸ $i_{εν}$ εἰς ἀμπέρ, ἡ πραγματικὴ ἰσχὺς ἐκφράζεται εἰς βὰτ ἢ κιλοβάτ, ὑπάρχουν δὲ ὄργανα μετρήσεως, καλούμενα **βατόμετρα** (βλ. § 187), τὰ ὁποῖα παρέχουν ταύτην δι' ἀπ' εὐθείας ἀναγνώσεως.

Ἐξ ὅσων ἤδη ἐξετέθησαν συνάγεται ὅτι **«ἡ πραγματικὴ ἰσχὺς ἑνὸς ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι γινόμενον τῆς ἐνεργοῦ τάσεως, τῆς ἐνεργοῦ ἐντάσεως καὶ τοῦ συντελεστοῦ ἰσχύος».**

Ἐκτὸς τῆς πραγματικῆς ἰσχύος χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἠλεκτρολογίαν καὶ ἡ **φαινομένη ἰσχύς, $N_{φαιν}$,** ἡ ὁποία ὁρίζεται ὡς γινόμενον τῆς ἐνεργοῦ τάσεως ἐπὶ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν, ἤτοι :

$$\boxed{N_{φαιν} = U_{εν} \cdot i_{εν}} \qquad (5)$$

καὶ ἐκφράζεται εἰς βολταμπὲρ (VA) ἢ κιλοβολταμπὲρ (kVA).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ ἔργον τὸ παρεχόμενον ὑπὸ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὡς γινόμενον τῆς πραγματικῆς ἰσχύος ἐπὶ τὸν χρόνον, παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$A = U_{εν} \cdot i_{εν} \cdot συν\,φ \cdot t = N_{πραγ} \cdot t \qquad (6)$$

καὶ ἐκφράζεται εἰς Joule ἢ συνηθέστερον εἰς κιλοβατῶρας (kWh), ὅταν ἡ πραγματικὴ ἰσχὺς δίδεται εἰς κιλοβάτ.

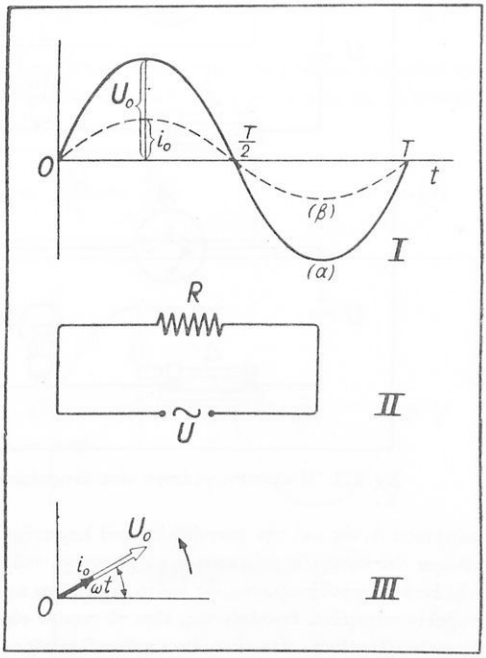
167. Τὸ κύκλωμα τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐὰν εἰς κύκλωμα παρεντεθοῦν αὐτεπαγωγαὶ καὶ χωρητικότητες, τότε παρουσιάζονται οὐσιώδεις διαφοραὶ μεταξὺ συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος, τὰς ὁποίας θὰ ἐξετάσωμεν κατωτέρω. Εἶναι ἤδη γνωστὸν ὅτι συνεχὴς τάσις U, ἐφαρμοζομένη εἰς τὰ ἄκρα ἀντιστάσεως R, παράγει κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm, ρεῦμα ἐντάσεως :

$$i = \frac{U}{R} \qquad (1)$$

καὶ ὅτι εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον μόνον ὡμικὴν ἀντίστασιν, δηλαδὴ ἀντίστασιν ἄνευ αὐτεπαγωγῆς καὶ χωρητικότητος, ἰσχύει ὁ αὐτὸς νόμος καὶ διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐὰν θεωρήσωμεν τὰς ἐνεργοὺς τιμὰς τάσεως καὶ ἐντάσεως ἢ τυχούσας στιγμιαίας τιμάς, ὅπως π.χ. τὸ πλάτος τῆς τάσεως καὶ τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως. Οὕτω θὰ ἔχωμεν :

$$i_{εν} = \frac{U_{εν}}{R} \quad ἢ \quad i_0 = \frac{U_0}{R} \qquad (2)$$

καὶ δὴ εἰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἔντασις καὶ τάσις εὑρίσκονται, εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμήν, ἐν φάσει (σχ. 270). Ἀλλ' ἐὰν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ αὐτεπαγωγὴν ἢ χωρητικότητα ἢ καὶ ἀμφοτέρας, μεταβάλλονται αἱ συνθῆκαι. Θὰ ἐξετάσωμεν ἤδη ὡρισμένας περιπτώσεις διὰ νὰ καταδειχθοῦν αἱ διαφοραί.

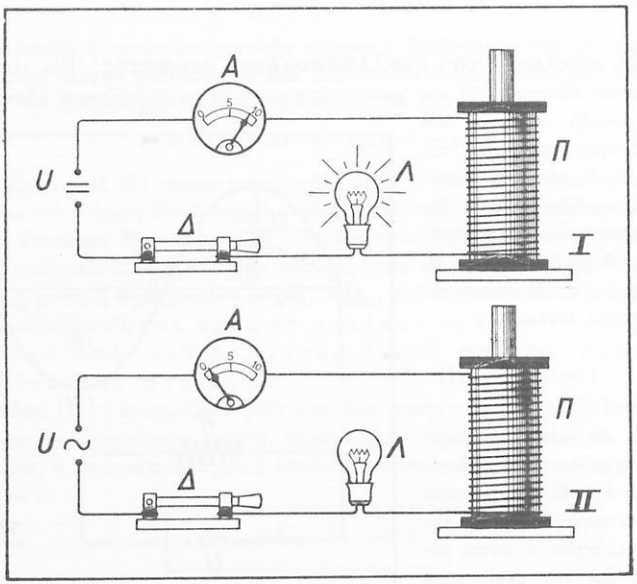


Σχ. 270. Ὅταν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ μόνον ὡμικὴν ἀντίστασιν, ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις εὑρίσκονται ἐν φάσει. (Ι) Παράστασις δι' ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν. (ΙΙ) Συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος. (ΙΙΙ) Παράστασις διὰ δεικτῶν.

α) Κύκλωμα περιλαμβάνον αὐτεπαγωγήν. Θεωροῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ματος 271, περιλαμβάνον πηνίον μικρᾶς ὠμικῆς ἀντιστάσεως R_Ω (παχὺ σύρμα), καὶ ἀμπερόμετρον κατάλληλον διὰ συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Εἰς τὰ ἄκρα τῆς συνδεσμολογίας ἐφαρμόζομεν διαδοχικῶς συνεχῆ καὶ ἐναλλασσομένην τάσιν, ἐνεργοῦ τιμῆς ἴσης πρὸς τὴν συνεχῆ τάσιν, καὶ παρακολουθοῦμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπε-



Σχ. 271. Ἡ αὐτεπαγωγὴ ἐπέχει θέσιν ἀντιστάσεως εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

ρομέτρου Α, ὡς καὶ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτῆρος. Ἐφ' ὅσον τροφοδοτοῦμεν τὸ κύκλωμα διὰ συνεχοῦς ρεύματος, ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ πηνίου οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἔχει ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ὡς τοῦτο δεικνύεται καὶ διὰ τῆς λυχνίας, τῆς ὁποίας ἡ φωτοβολία παραμένει ἀναλλοίωτος, εἴτε τὸ πηνίον εὑρίσκεται εἰς τὸ κύκλωμα εἴτε εἶναι βραχυκυκλωμένον, εἴτε εἶναι ἄνευ σιδηροῦ πυρῆνος εἴτε περιέχει ἐντὸς αὐτοῦ πυρῆνα.

Ἀλλ' ἐὰν τροφοδοτήσωμεν τὸ κύκλωμα δι' ἐναλλασσομένου ρεύματος παρατηροῦμεν ἔντασιν ρεύματος χαμηλοτέραν ἐκείνης τοῦ συνεχοῦς, ὡς δεικνύεται καὶ διὰ τῆς ἀσθενοῦς φωτοβολίας τοῦ λαμπτῆρος. Δι' εἰσαγωγῆς δὲ σιδηροῦ πυρῆνος, ἐντὸς τοῦ πηνίου, ἡ ἔντασις λαμβάνει ἀκόμη μικροτέραν τιμὴν καὶ ὁ λαμπτὴρ ἐνδέχεται νὰ σβεσθῇ. Ἐὰν ὅμως βραχυκυκλωθῇ τὸ πηνίον, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται καὶ ἡ φωτοβολία τοῦ λαμπτῆρος καθίσταται ἐκ νέου ἔντονος.

Ἐπειδὴ διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος αὐξάνεται μόνον ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ πηνίου, ἐνῷ ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ, ὡς πρὸς τὸ συνεχὲς ρεῦμα, παραμένει ἀμετάβλητος, δυνάμεθα νὰ συνάγωμεν ὅτι μία αὐτεπαγωγὴ ἐπενεργεῖ εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὡς πρόσθετος ἀντίστασις, καλεῖται δὲ **ἀντίστασις ἐξ αὐτεπαγωγῆς** ἢ **ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις.** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἕπεται ὅτι **«ὁ νόμος τοῦ Ohm, ὑπὸ τὴν γνωστὴν αὐτοῦ μορφήν, ἰσχύει, κατ' ἀναλογίαν, εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος περιλαμβάνον μόνον αὐτεπαγωγήν».**

Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν πηνίων μὲ διαφόρους συντελεστὰς αὐτεπαγωγῆς, χρησιμοποιοῦντες ἐναλλασσόμενον ρεῦμα διαφόρου συχνότητος, εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις R_L πηνίου, ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τοῦ συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς L τοῦ πηνίου ἐπὶ τὴν κυκλικὴν συχνότητα τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἤτοι :

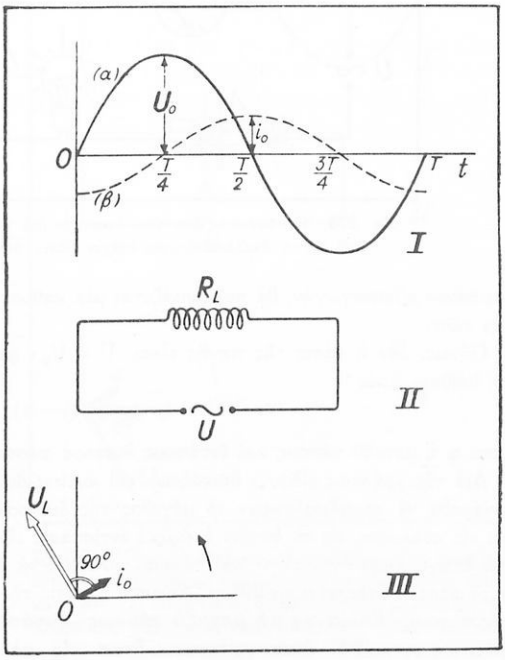
$$R_L = 2\pi\nu \cdot L = \omega L \qquad (3)$$

Κατὰ συνέπειαν εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον μόνον πηνίον ἐκ χονδροῦ σύρματος καὶ τοῦ ὁποίου, ἑπομένως, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀμελητέα ἡ ἀντίστασις εἰς τὸ συνεχὲς ρεῦμα, ἰσχύει διὰ τὸ ἐναλλασσόμενον ὁ νόμος :

$$i_{\varepsilon\nu} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{R_L} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{\omega L} \qquad (4)$$

Ἐκ τοῦ τύπου (3) φαίνεται ὅτι ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις R_L πηνίου δὲν εἶναι σταθερά, ἀλλ' ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς συχνότητος τοῦ διαρρέοντος αὐτὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος, οὖσα ἀνάλογος πρὸς αὐτήν.

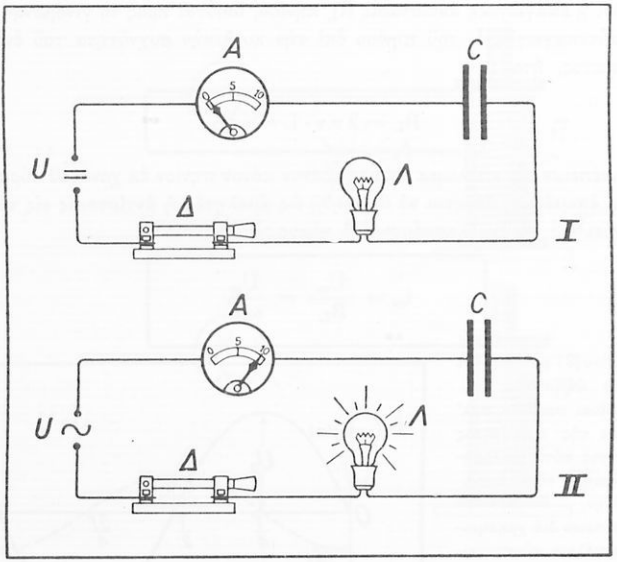
Κατὰ συνέπειαν διὰ χρησιμοποιήσεως μεγάλων αὐτεπαγωγῶν (μετὰ σιδηροῦ πυρῆνος) δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε τὸ πηνίον νὰ περιορίσῃ τὴν δίοδον δι' αὐτοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἢ νὰ τὴν ἐμποδίσῃ τελείως. Πηνία κατεσκευασμένα οὕτως, ὥστε νὰ ἐμποδίζουν τὴν δίοδον δι' αὐτῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων μεγάλης συχνότητος, καλοῦνται **ἀποπνικτικὰ πηνία.**



Σχ. 272. Ὅταν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ μόνον ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑστερεῖ τῆς τάσεως κατὰ 90°. (I) Παράστασις δι' ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν. (II) Συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος. (III) Παράστασις διὰ δεικτῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐδείξαμεν ἀνωτέρω ὅτι ἡ αὐτεπαγωγὴ ἑνὸς πηνίου ἐνεργεῖ ὡς πρόσθετος ἀντίστασις, ὅταν τὸ πηνίον διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἀλλ' ἐκτὸς τούτου γνωρίζομεν (§ 152) ὅτι, εἰς κύκλωμα παρουσιάζον αὐτεπαγωγήν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἀποκτᾷ τὴν μεγίστην αὐτῆς τιμὴν μετά τινα χρόνον ἀπὸ τῆς συνδέσεως πρὸς τὴν συνεχῆ τάσιν. Κατὰ συνέπειαν εἰς ἓν κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, περι-



Σχ. 273. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖ διακοπὴν διὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα (I), ἐνῷ εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ἐπέχει θέσιν ἀντιστάσεως (II).

λαμβάνον αὐτεπαγωγήν, θὰ παρουσιάζεται μία καθυστέρησις τῆς ἐντάσεως ὡς πρὸς τὴν τάσιν.

Οὕτως, ἐὰν ἡ τάσις τῆς πηγῆς εἶναι $U = U_0 \cdot \eta\mu\,\omega t$, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος θὰ ἰσοῦται πρός :

$$i = i_0 \cdot \eta\mu\,(\omega t - \varphi) \qquad (5)$$

ὅπου φ ἡ μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως διαφορὰ φάσεως.

Διὰ τῆς χρήσεως εἰδικῶν διατάξεων καὶ κυρίως διὰ τοῦ καθοδικοῦ παλμογράφου δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ μέγεθος τῆς διαφορᾶς φάσεως, ὁπότε εὑρίσκομεν ὅτι εἰς κύκλωμα, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ὠμικὴ ἀντίστασις εἶναι πολὺ μικρά, ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν καὶ δύναται συνεπῶς νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀμελητέα, ἡ διαφορὰ φάσεως ἀνέρχεται εἰς 90^0 καὶ μάλιστα ἡ φάσις τῆς ἐντάσεως ὑστερεῖ τῆς φάσεως τῆς τάσεως. Ἐπομένως **«ἡ μεταξὺ τάσεως - ἐντάσεως μεγίστη τιμὴ διαφορᾶς φάσεως $\varphi = 90^0$ ἐπιτυγχάνεται ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχῃ μόνον**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις καὶ οὐδεμία πρακτικῶς ὠμικὴ ἀντίστασις» (σχ. 272).

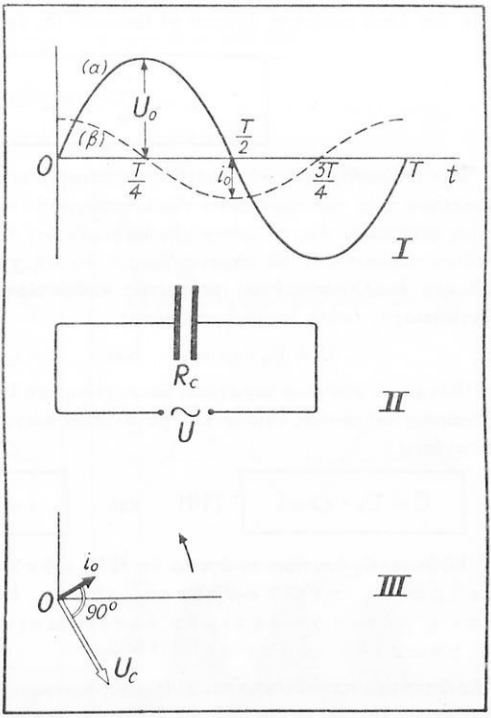
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

$$\boxed{U = U_0 \cdot \eta\mu\ \omega\, t} \quad \text{καὶ} \quad \boxed{i = i_0 \cdot \eta\mu\ (\omega\, t - 90^0)} \qquad (6)$$

β) Κύκλωμα περιλαμβάνον χωρητικότητα. Ἐὰν τὸ προηγούμενον κύκλωμα περιλαμβάνῃ πυκνωτὴν εἰς τὴν θέσιν τοῦ πηνίου, ὅταν ἐφαρμόσωμεν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος συνεχῆ τάσιν, δὲν θὰ παρουσιάσῃ οὐδεμίαν ἀπόκλισιν ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου καὶ δὲν θὰ φωτοβολήσῃ ἡ λυχνία (σχ. 273). Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖ διακοπὴν διὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ ρεύσῃ βεβαίως εἰς τὸν ἀγωγὸν δι' ἓν μικρὸν χρονικὸν διάστημα, μέχρις ὅτου φορτισθῇ ὁ πυκνωτής, ἀλλὰ δὲν θὰ ἀποκατασταθῇ κύκλωμα συνεχοῦς ροῆς.

Ἐὰν ὅμως διαβιβάσωμεν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ λυχνία φωτοβολεῖ. Ἑπομένως ἀποκαθίσταται κύκλωμα καὶ διέρχεται ρεῦμα, ἐπειδὴ δέ, ὅπως ἐξακριβώνομεν, ἡ φωτοβολία τοῦ λαμπτῆρος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ, ἕπεται ὅτι **«ὁ πυκνωτὴς παρουσιάζει ἄπειρον ἀντίστασιν εἰς τὸ συνεχὲς ρεῦμα καὶ πεπερασμένην εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον».**

Ἡ διὰ τοῦ πυκνωτοῦ διέλευσις ἐναλλασσομένου ρεύματος ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι, ἐφ' ὅσον ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῶν ὁπλισμῶν αὐτοῦ ἐναλλασσομένη τάσις, φορτίζονται οὗτοι ὑπὸ ἐναλλὰξ ἀντιθέτου σημείου φορτίων, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἀποκατάστασιν τῆς κυκλοφορίας τοῦ ρεύματος, μολονότι εἰς τὸν μετα-



Σχ. 274. Ὅταν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ μόνον χωρητικὴν ἀντίστασιν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος προηγεῖται τῆς τάσεως κατὰ 90°. (I) Παράστασις δι' ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν. (II) Συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος. (III) Παράστασις διὰ δεικτῶν (στρεφομένων διανυσμάτων).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ξὺ τῶν ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ χῶρον οὐδεμία μετακίνησις φορέων φορτίων ὑφίσταται.

Ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει εἰς πυκνωτὴς εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὀνομάζεται **χωρητικὴ ἀντίστασις R_C**, ἀποδεικνύεται δὲ ὅτι **«ἡ χωρητικὴ ἀντίστασις ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀντίστροφον τοῦ γινομένου τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ C ἐπὶ τὴν κυκλικὴν συχνότητα ω τοῦ ρεύματος»**, ἤτοι :

$$R_C = \frac{1}{2\pi\nu \cdot C} = \frac{1}{\omega C} \qquad (7)$$

Εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, εἰς τὸ ὁποῖον δὲν περιέχονται αὐτεπαγωγαί, ἡ δὲ ὠμικὴ ἀντίστασις εἶναι πολὺ μικρὰ ἐν σχέσει πρὸς τὴν χωρητικὴν ἀντίστασιν, καὶ κατὰ συνέπειαν δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀμελητέα, ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$i_{\varepsilon\nu} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{R_C} = U_{\varepsilon\nu} \cdot \omega C \qquad (8)$$

Ἐὰν ἀκολουθήσωμεν τὴν πορείαν τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δι' ἀναλόγου πρὸς τὴν περίπτωσιν τῆς αὐτεπαγωγῆς πειράματος, διὰ τῆς χρήσεως τῆς ἰδίας συνδεσμολογίας, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν θέσιν τοῦ πηνίου τοποθετοῦμεν πυκνωτὴν C, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι **«ἡ χωρητικότης προκαλεῖ εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος καθυστέρησιν τῆς τάσεως ἔναντι τῆς ἐντάσεως»**, ὁπότε ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu\,\omega t \qquad \text{καὶ} \qquad i = i_0 \cdot \eta\mu\,(\omega t + \varphi) \qquad (9)$$

Ἐὰν εἰς τὸ κύκλωμα περιέχεται μόνον χωρητικὴ ἀντίστασις (σχ. 274), τότε μεταξὺ ἐντάσεως καὶ τάσεως ὑφίσταται ἡ μεγαλυτέρα διαφορὰ φάσεως $\varphi = 90^0$ καὶ ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu\,\omega t \qquad (10) \qquad \text{καὶ} \qquad i = i_0 \cdot \eta\mu\,(\omega t + 90^0) \qquad (11)$$

Ἐξ ὅλων τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι «εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, περιλαμβάνον μόνον ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν ἢ μόνον χωρητικὴν ἀντίστασιν ἰσχύει, κατ' ἀναλογίαν, ὁ γνωστὸς νόμος τοῦ Ohm».

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Πηνίον, αὐτεπαγωγῆς 0,2 H καὶ τοῦ ὁποίου ἡ ὠμικὴ ἀντίστασις δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀμελητέα, συνδέεται πρὸς πηγὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος, τάσεως 220 V καὶ συχνότητος 50 Hz. α) Ποία ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον ἐναλλασσομένου ρεύματος. β) Ποῖον τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως.

Λύσις. α) Ἐκ τοῦ τύπου : $i_{\varepsilon\nu} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{\omega L}$, δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων $U_{\varepsilon\nu} = 220$ V καὶ $\omega = 2\pi \cdot \nu = 2\pi \cdot 50 = 100\pi$ sec^{-1}, L = 0,2 H, λαμβάνομεν :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$$i_{εν} = \frac{220}{100\,\pi \cdot 0{,}2}\ A = \underline{3{,}5\ A}$$

β) Ἐπειδὴ εἶναι : $i_{εν} = \frac{i_0}{\sqrt{2}}$ ἔχομεν :

$$i_0 = i_{εν} \cdot \sqrt{2}$$

ἄρα : $$\underline{i_0 = 3{,}5 \cdot \sqrt{2} = 5\ A}$$

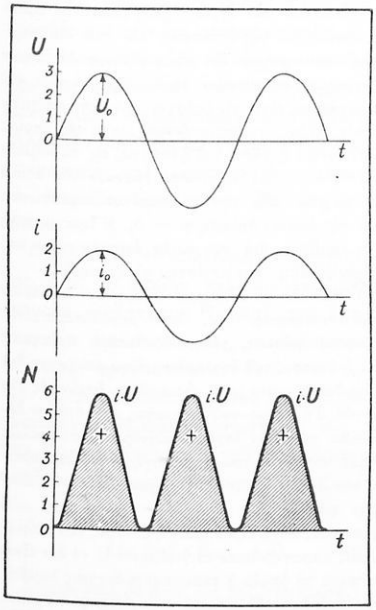
2. Πυκνωτὴς χωρητικότητος C = 2 μF, συνδέεται διὰ παχέων συρμάτων, τῶν ὁποίων ἡ ὠμικὴ ἀντίστασις δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀμελητέα, πρὸς πηγὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐνεργοῦ τάσεως 220 V καὶ συχνότητος 50 Hz. α) Ποία ἡ χωρητικὴ ἀντίστασις τοῦ πυκνωτοῦ. β) Ποία ἡ ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ποῖον τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. γ) Ποῖαι αἱ ἐξισώσεις τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως.

Λύσις. α) Ἐκ τοῦ τύπου : $R_C = \frac{1}{\omega\, C}$ δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι : $\omega = 2\,\pi \cdot \nu = 2\,\pi \cdot 50 = 100\,\pi\ sec^{-1}$, $C = 2\ \mu F = 2 \cdot 10^{-6}\ F$, λαμβάνομεν :

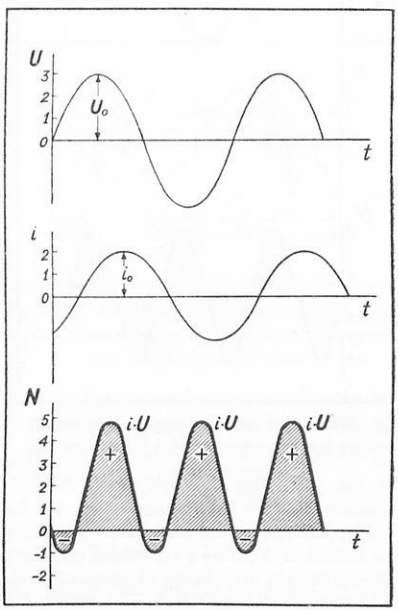
$$\underline{R_C = \frac{1}{100\,\pi \cdot 2 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^4}{2\,\pi}\ \Omega = 1591{,}5\ \Omega}$$

β) Ἐκ τοῦ τύπου : $i_{εν} = \frac{U_{εν}}{R_C}$ λαμβάνομεν :

$$\underline{i_{εν} = 220 \cdot \frac{2\,\pi}{10^4} = 0{,}138\ A}$$



Σχ. 275. Ὅταν ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις εὑρίσκωνται ἐν φάσει, ἡ ἰσχὺς λαμβάνει μόνον θετικὰς τιμάς.



Σχ. 276. Ὅταν ὑπάρχῃ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως, ἡ ἰσχὺς λαμβάνει ἄλλοτε θετικὰς καὶ ἄλλοτε ἀρνητικὰς τιμάς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐξ ἄλλου διὰ τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως εἶναι :

$$i_0 = i_{\varepsilon\nu} \cdot \sqrt{2} = 0{,}138 \cdot \sqrt{2} = 0{,}195 \text{ A}$$

γ) Διὰ τὴν ἐξίσωσιν τῆς τάσεως εἶναι :

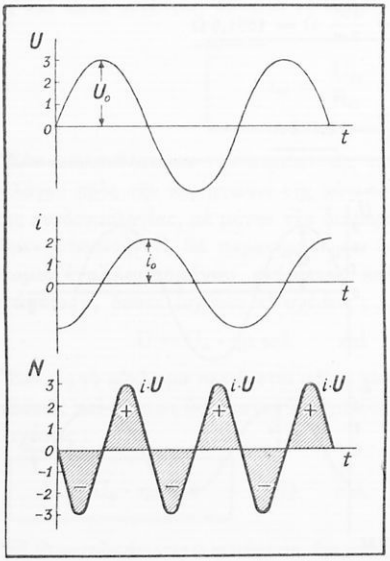
$$U_0 = U_0 \cdot \eta\mu\, \omega t = 220 \cdot \sqrt{2} \cdot \eta\mu\, (100\, \pi \cdot t) \text{ Volt}$$

Διὰ τὴν ἐξίσωσιν τῆς ἐντάσεως, ἐπειδὴ αὕτη προηγεῖται τῆς τάσεως κατὰ 90^0, δηλ. $\pi/2$, θὰ ἔχωμεν :

$$i = i_0 \cdot \eta\mu \left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = 0{,}195 \cdot \eta\mu \left(100\, \pi \cdot t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ A}$$

***168. Διερεύνησις τοῦ τύπου $N_{\pi\rho\alpha\gamma} = U_{\varepsilon\nu} \cdot i_{\varepsilon\nu} \cdot \sigma\upsilon\nu\, \varphi$.** α) Ἐὰν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ μόνον ὠμικὴν ἀντίστασιν, τότε, ἐπειδὴ ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις εὑρίσκονται ἐν φάσει, εἶναι $\varphi = 0$ καὶ συνεπῶς $\sigma\upsilon\nu\, \varphi = 1$. Ἑπομένως ἡ πραγματικὴ ἰσχὺς ἰσοῦται πρὸς τὴν φαινομένην ἰσχύν, ἤτοι :

$$N_{\pi\rho\alpha\gamma} = N_{\varphi\alpha\iota\nu} = U_{\varepsilon\nu} \cdot i_{\varepsilon\nu}$$



Σχ. 277. Ὅταν μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως ὑπάρχῃ διαφορὰ φάσεως 90^0, ἡ ἰσχὺς εἶναι ἴση πρὸς μηδέν.

Τοῦτο δεικνύεται γραφικῶς ὑπὸ διαγράμματος (σχ. 275), ὅπου αἱ ἑκάστοτε τιμαὶ τῆς καμπύλης τῶν μεταβολῶν τῆς ἰσχύος προκύπτουν διὰ πολλαπλασιασμοῦ τῶν ἀντιστοίχων ἑκάστοτε τιμῶν τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως. Ἐκ τοῦ διαγράμματος παρατηροῦμεν ὅτι τὸ γινόμενον $U \cdot i$ τῶν ἀντιστοίχων στιγμιαίων τιμῶν τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως εἶναι εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμὴν θετικόν, πλὴν τῶν περιπτώσεων κατὰ τὰς ὁποίας μηδενίζονται ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις, εἰς τὰ σημεῖα κατὰ τὰ ὁποῖα αἱ καμπύλαι τέμνουν τὸν ἄξονα τῶν χρόνων. Εἰς τὴν θεωρουμένην περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν δηλαδὴ $\varphi = 0$, ἡ πραγματικὴ ἰσχὺς λαμβάνει, διὰ τὴν αὐτὴν ἐνεργὸν τάσιν καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν, τὴν μεγίστην αὐτῆς τιμήν.

β) Ἐὰν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχουν διαφόρων εἰδῶν ἀντιστάσεις, τότε, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορὰ φάσεως, τόσον ὑψηλότερα πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος διὰ νὰ ἀποδώσῃ τοῦτο μίαν ὡρισμένην ἰσχὺν εἰς τὸν ἀγωγόν. Τὸ μέρος τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δὲν ἀποδίδει οὐδεμίαν ἰσχύν, παλινδρομεῖ ἀνωφελῶς μεταξὺ καταναλώσεως καὶ πηγῆς καὶ ὑπερφορτίζει τὸν ἀγωγόν. Δι' αὐτὸ φροντίζομεν νὰ διατηροῦμεν ὅσον τὸ δυνατὸν μικροτέραν τὴν διαφορὰν φάσεως.

Εἰς τὸ διάγραμμα 276 παριστᾶται γραφικῶς ἡ περίπτωσις κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑστερεῖ κατὰ γωνίαν φ τῆς τάσεως (π.χ. 45^0). Ὅπως παρατηροῦμεν τὸ γινόμενον $U \cdot i$ δὲν εἶναι πάντοτε θετικόν. Κατ' ἐκεῖνα τὰ χρονικὰ διαστήματα κατὰ τὰ ὁποῖα ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις λαμβάνουν ὁμοσήμους τιμάς, ἡ ἰσχὺς εἶναι θετική, ἐνῷ εἰς οἱανδήποτε ἄλλην χρονικὴν στιγμὴν αἱ τιμαὶ τῆς ἰσχύος εἶναι ἀρνητικαί.

Ἐφ' ὅσον ἡ ἰσχὺς διατηρεῖ ἀρνητικὰς τιμὰς τὸ κύκλωμα ἀποδίδει ἐνέργειαν πρὸς τὴν πηγήν, τοὐναντίον κατὰ τὸ χρονικὸν διάστημα κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ ἰσχὺς εἶναι θετικὴ τὸ κύκλωμα προσλαμβάνει

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐνέργειαν ἐκ τῆς πηγῆς. Παρατηροῦμεν δὲ ὅτι, εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ὑφίσταται διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως, ἡ πραγματικὴ ἰσχὺς ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς φαινομενικῆς ἰσχύος (εἰς VA) ἐπὶ τὸν συντελεστὴν ἰσχύος.

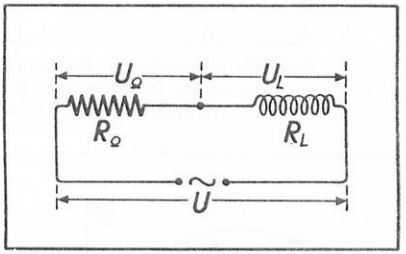
γ) Ἐὰν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ μόνον ἐ π α γ ω γ ι κ ὰ ς ἢ μόνον χ ω ρ η τ ι κ ὰ ς ἀντιστάσεις, τότε ἐπειδὴ εἶναι $\varphi = +90^0$, ἔχομεν $\sigma\upsilon\nu\,\varphi = 0$. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ἡ πραγματικὴ ἰσχύς, ἡ ἀποδιδομένη ὑπὸ τοῦ ρεύματος εἰς τὸν ἀγωγόν, εἶναι μ η δ έ ν, μολονότι δυνατὸν νὰ διαρρέεται ὁ ἀγωγὸς ὑπὸ ἰσχυροῦ ρεύματος (σχ. 277). Ἡ ἰσχὺς ὀνομάζεται εἰς αὐτὴν τὴν περίπτωσιν **ἄεργος ἢ ἀβατική**, ἐπειδὴ δὲν παρέχει βάτ, δηλαδὴ ἰσχύν, τὸ δὲ ρεῦμα τὸ ὁποῖον τὴν προκαλεῖ ὀνομάζεται ἐπίσης **ἄεργον ἢ ἀβατικόν**.

169. Ὁ νόμος τοῦ Ohm εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. α) Κύκλωμα περιέχον μόνον ὠμικὴν ἀντίστασιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἰσχύει, ὡς εἴδομεν, ὁ νόμος τοῦ Ohm, ὡς καὶ εἰς τὸ συνεχὲς ρεῦμα, ἤτοι θὰ ἔχωμεν :

$$i_{\varepsilon\nu} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{R} \qquad (1)$$

ἡ δὲ ἔξωθεν ἐφαρμοζομένη τάσις εὑρίσκεται ἐν φάσει πρὸς τὴν ἔντασιν.

β) Κύκλωμα περιέχον ὠμικὴν καὶ ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν ἐν σειρᾷ. Ἐὰν συνδεσμολογήσωμεν ἐν σειρᾷ περισσοτέρας τῆς μιᾶς ὠμικὰς ἀντιστάσεις, εὑρίσκομεν τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν διὰ προσθέσεως τῶν ἐπὶ μέρους ὠμικῶν ἀντιστάσεων. Τὸ αὐτὸ δὲ ἰσχύει καὶ διὰ τὴν περίπτωσιν ἐν σειρᾷ συνδέσεως ἐπαγωγικῶν ἢ χωρητικῶν ἀντιστάσεων. Ἀλλ' ἐὰν συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ ὠμικάς, ἐπαγωγικὰς καὶ χωρητικὰς ἀντιστάσεις τὰ ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα δὲν ἰσχύουν πλέον.



Σχ. 278. Κατανομὴ τῶν τάσεων εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον ὠμικὴν καὶ ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ.

Θεωροῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 278, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν ὠμικὴν ἀντίστασιν R_Ω καὶ τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν R_L, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ, προϋποτίθεται δὲ ὅτι τὸ πηνίον εἶναι κατεσκευασμένον ἐκ χονδροῦ σύρματος, ἔχει συνεπῶς μικρὰν ὠμικὴν ἀντίστασιν, ἡ δὲ ὠμικὴ ἀντίστασις R_Ω εἶναι ἄνευ αὐτεπαγωγῆς. Θὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος ὡς πρὸς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἡ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἐφαρμοζομένη ἐναλλασσομένη τάσις U χωρίζεται εἰς τὰ δύο τμήματα :

$$U_\Omega = i \cdot R_\Omega \qquad (2) \qquad \text{καὶ} \qquad U_L = i \cdot R_L = i \cdot \omega L \qquad (3)$$

Συμφώνως δὲ πρὸς τὰ προηγούμενα τὸ κοινὸν ρεῦμα i καθυστερεῖ κατὰ 90^0 ὡς πρὸς τὴν U_L, ἐνῷ εὑρίσκεται ἐν φάσει ὡς πρὸς τὴν U_Ω. Ἑπομένως ἡ τάσις U_L προηγεῖται τῆς τάσεως U_Ω κατὰ 90^0. Διὰ νὰ εὕρωμεν κατὰ συνέπειαν τὴν συνισταμένην τάσιν τῶν U_Ω καὶ U_L πρέπει νὰ προσθέσωμεν γεωμετρικῶς τὰ διανύσματα αὐτῶν, ὡς δει-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

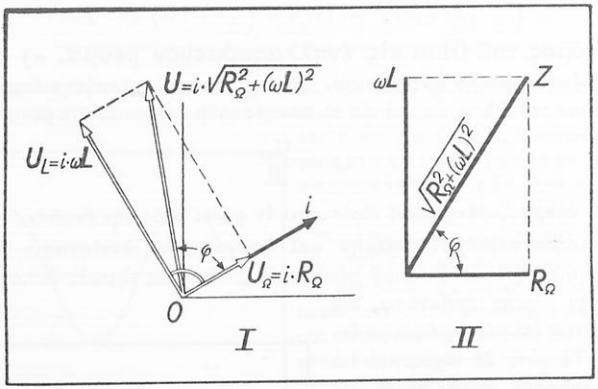
κνύεται εἰς τὰ σχήματα 279 καὶ 280, εἰς τὰ ὁποῖα οἱ δεῖκται δύνανται νὰ παριστοῦν τὰς ἐνεργοὺς τιμὰς τῶν τάσεων ἢ τὰ πλάτη αὐτῶν. Ἐπομένως ἔχομεν :

$$U = \sqrt{i^2 \cdot R_\Omega{}^2 + i^2 \cdot R_L{}^2} = i \cdot \sqrt{R_\Omega{}^2 + R_L{}^2}$$

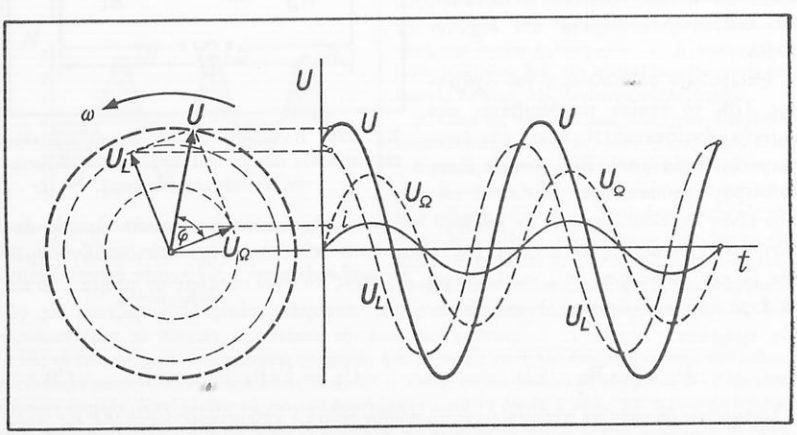
ἢ

$$U = i \cdot \sqrt{R_\Omega{}^2 + (\omega L)^2} \qquad (4)$$

ὅπου τὰ U καὶ i ἐκφράζουν τὰς ἀντιστοίχους ἐνεργοὺς τιμὰς ἢ πλάτη.



Σχ. 279. (Ι) Διάγραμμα δεικτῶν τῶν τάσεων κυκλώματος, περιλαμβάνοντος ὠμικὴν καὶ ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ. (ΙΙ) Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ὁλικῆς ἀντιστάσεως.



Σχ. 280. Γραφικὴ παράστασις καὶ πρόσθεσις διὰ δεικτῶν καὶ δι' ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν μιᾶς ὠμικῆς καὶ μιᾶς ἐπαγωγικῆς τάσεως, αἱ ὁποῖαι συνδέονται ἐν σειρᾷ. Ἡ ἔντασις i τοῦ κοινοῦ ρεύματος εὑρίσκεται ἐν φάσει πρὸς τὴν U_Ω.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Κατὰ συνέπειαν **ἐὰν εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, περιέχον ὡμικὴν ἀντίστασιν R_Ω καὶ ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν R_L, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ, ἐφαρμοσθῇ ἐνεργὸς τάσις $U_{\varepsilon\nu}$, παράγεται ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἐνεργὸς ἔντασις δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:**

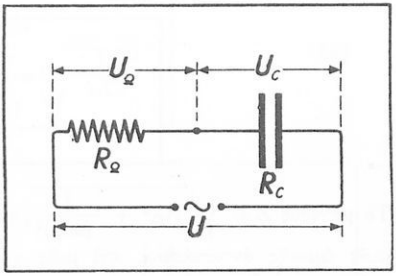
$$i_{\varepsilon\nu} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{\sqrt{R_\Omega{}^2 + (\omega L)^2}} \qquad (5)$$

ὅπου τὸ μέγεθος $Z = \sqrt{R_\Omega{}^2 + (\omega L)^2}$ καλεῖται **σύνθετος ἀντίστασις** τοῦ κυκλώματος RL καὶ ἐκφράζει τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν μιᾶς ὡμικῆς καὶ μιᾶς ἐπαγωγικῆς ἀντιστάσεως, συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ.

Ἐκ τοῦ σχήματος ἐξάγεται ὅτι:

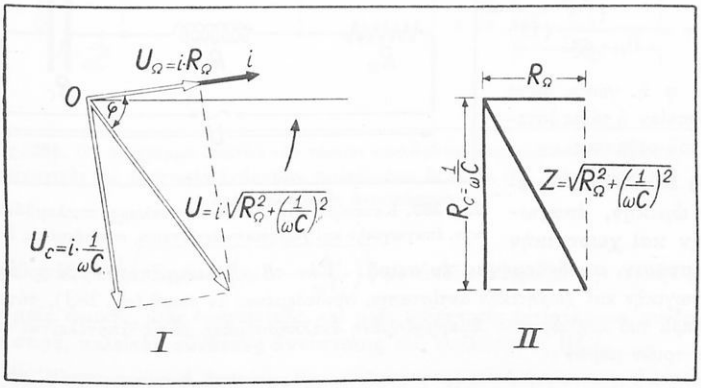
$$\varepsilon\varphi\varphi = \frac{\omega L}{R_\Omega} \qquad (6)$$

ἐξ ἧς ὑπολογίζεται ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ ρεύματος καὶ τῆς ἔξωθεν ἐφαρμοζομένης τάσεως.



Σχ. 281. Κατανομὴ τῶν τάσεων εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον ὡμικὴν καὶ χωρητικὴν ἀντίστασιν, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ.

γ) Κύκλωμα περιέχον ὡμικὴν ἀντίστασιν καὶ χωρητικότητα ἐν σειρᾷ. Μὲ ἀναλόγους πρὸς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν συλλογισμούς, ἐὰν ἔχωμεν ὡμικὴν ἀντίστασιν R_Ω καὶ χωρητικὴν ἀντίστασιν R_C, συνδεομένας ἐν σειρᾷ, ὡς τὸ σχῆμα 281 δεικνύει, θὰ ἔχωμεν:



Σχ. 282. (Ι) Διάγραμμα δεικτῶν τῶν τάσεων κυκλώματος, περιλαμβάνοντος ὡμικὴν καὶ χωρητικὴν ἀντίστασιν, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ. (ΙΙ) Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ὁλικῆς ἀντιστάσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$$U_\Omega = i \cdot R_\Omega \quad (7) \qquad \text{καὶ} \qquad U_C = i \cdot R_C = \frac{i}{\omega C} \quad (8)$$

ὅπου ἡ τάσις U_C καθυστερεῖ κατὰ 90^0 τῆς τάσεως U_Ω, ἐκ δὲ τοῦ διαγράμματος 282 τῶν δεικτῶν λαμβάνομεν :

$$U = \sqrt{i^2 \cdot R_\Omega{}^2 + i^2 \cdot R_C{}^2} = i \cdot \sqrt{R_\Omega{}^2 + R_C{}^2}$$

ἤ

$$U = i \cdot \sqrt{R_\Omega{}^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}} \quad (9)$$

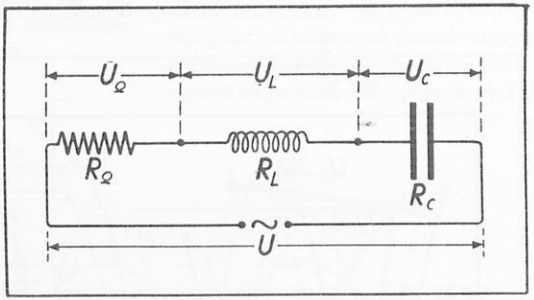
Κατὰ συνέπειαν, **ἐὰν εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, περιέχον ὠμικὴν ἀντίστασιν R_Ω καὶ χωρητικὴν ἀντίστασιν R_C, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ, ἐφαρμοσθῇ ἐνεργὸς τάσις U_{ev}, παράγεται ρεῦμα τοῦ ὁποίου ἡ ἐνεργὸς ἔντασις δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :**

$$i_{ev} = \frac{U_{ev}}{\sqrt{R_\Omega{}^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}} \quad (10)$$

Τὸ μέγεθος $Z = \sqrt{R_\Omega{}^2 + \frac{1}{(\omega C)^2}}$, τὸ ὁποῖον ἐκφράζει τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν μιᾶς ὠμικῆς ἀντιστάσεως καὶ μιᾶς χωρητικῆς τοιαύτης, συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ καλεῖται **σύνθετος ἀντίστασις** τοῦ κυκλώματος RC. Ἐκ τοῦ διαγράμματος ἔπεται ὅτι :

$$\varepsilon\varphi\ \varphi = \frac{1}{R_\Omega \cdot \omega C} \quad (11)$$

ὅπου φ ἡ γωνία κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ τάσις ὑστερεῖ τοῦ ρεύματος.



Σχ. 283. Κατανομὴ τῶν τάσεων εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον ὠμικήν, ἐπαγωγικὴν καὶ χωρητικὴν ἀντίστασιν, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ.

δ) Κύκλωμα περιέχον ὠμικήν, ἐπαγωγικὴν καὶ χωρητικὴν ἀντίστασιν, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ. Ἐὰν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ ὠμικήν, ἐπαγωγικὴν καὶ χωρητικὴν ἀντίστασιν, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ (σχ. 283), τότε ἡ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἐφαρμοζομένη ἐναλλασσομένη τάσις ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἑξῆς τριῶν μερῶν :

$$U_\Omega = i \cdot R_\Omega\ ,\quad U_L = i \cdot R_L = i \cdot \omega L \quad \text{καὶ} \quad U_C = i \cdot R_C = \frac{i}{\omega C} \quad (12)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὰς ἤδη γνωστὰς διαφορὰς φάσεων, τὸ διάγραμμα τῶν δεικτῶν λαμβάνει τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος 284, ἐξ οὗ ἐξάγεται τελικῶς ὅτι :

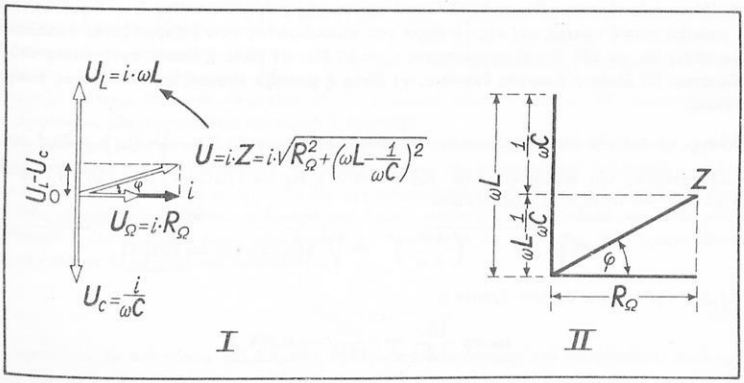
$$U = \sqrt{i^2 \cdot R_\Omega{}^2 + (i \cdot R_L - i \cdot R_C)^2} = i\sqrt{R_\Omega{}^2 + (R_L - R_C)^2}$$

ἢ

$$U = i \cdot \sqrt{R_\Omega{}^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \qquad (13)$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἕπεται ὅτι, **ἐὰν εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, περιέχον τὴν ὠμικὴν ἀντίστασιν R_Ω, τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν R_L καὶ τὴν χωρητικὴν ἀντίστασιν R_C ἐφαρμοσθῇ ἡ ἐνεργὸς τάσις U_{ev}, παράγεται ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἐνεργὸς ἔντασις δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :**

$$i_{ev} = \frac{U_{ev}}{\sqrt{R_\Omega{}^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \qquad (14)$$



Σχ. 284. (I) Διάγραμμα δεικτῶν τῶν τάσεων κυκλώματος περιλαμβάνοντος ὠμικήν, ἐπαγωγικὴν καὶ χωρητικὴν ἀντίστασιν, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ. (II) Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ὁλικῆς ἀντιστάσεως.

Τὸ μέγεθος $Z = \sqrt{R_\Omega{}^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$, τὸ ὁποῖον ἐκφράζει τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν μιᾶς ὠμικῆς, μιᾶς ἐπαγωγικῆς καὶ μιᾶς χωρητικῆς ἀντιστάσεως, συνδεομένων ἐν σειρᾷ, καλεῖται **σύνθετος ἀντίστασις** τοῦ κυκλώματος RCL.

Εἰς τὴν Ἠλεκτροτεχνίαν ἡ ἀντίστασις $R\Omega$ καλεῖται **πραγματικὴ ἀντίστασις,** ἡ ἀντίστασις $R_L - R_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ **τυφλὴ ἀντίστασις,** ἡ δὲ Z **φαινομένη ἀντίστασις.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Πηνίον ὠμικῆς ἀντιστάσεως $R_\Omega = 3000\ \Omega$ καὶ αὐτεπαγωγῆς $L = 10\ H$, συνδέεται πρὸς πηγὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος $U_{\varepsilon\nu} = 1000\ V$ καὶ συχνότητος $\nu = 50\ Hz$. α) Ποία ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος. β) Ποία ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος. γ) Ποία ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως.

Λύσις. α) Ἐκ τοῦ τύπου : $Z = \sqrt{R_\Omega{}^2 + R_L{}^2}$ δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι : $R_\Omega = 3000\ \Omega = 3 \cdot 10^3\ \Omega$, $R_L = \omega L = 2\pi \cdot \nu \cdot L = 2\pi \cdot 50 \cdot 10 = 10^3\pi\ \Omega$, λαμβάνομεν :

$$Z = \sqrt{(3 \cdot 10^3)^2 + (10^3\pi)^2} = 10^3 \sqrt{9 + \pi^2} = 10^3 \sqrt{18{,}87}$$

ἢ

$$\underline{Z = 4{,}34 \cdot 10^3\ \Omega.}$$

β) Διὰ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἔχομεν :

$$\underline{i_{\varepsilon\nu}} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{Z} = \frac{1000}{10^3 \cdot 4{,}34} = \underline{0{,}230\ A}$$

γ) Διὰ τὴν διαφορὰν φάσεως μεταξὺ τάσεως-ἐντάσεως ἔχομεν :

$$\varepsilon\varphi\,\varphi = \frac{R_L}{R_\Omega} = \frac{10^3\pi}{3 \cdot 10^3} = \frac{\pi}{3} = 1{,}0472$$

Ἐκ τῶν πινάκων τῶν φυσικῶν ἀριθμῶν, ἢ διὰ τῶν λογαρίθμων εὑρίσκομεν $\varphi = 46^0\,19'$, ἤτοι ἡ τάσις προηγεῖται τῆς ἐντάσεως κατὰ $\underline{46^0\,19'}$.

2. Ὡμικὴ ἀντίστασις $R_\Omega = 1000\ \Omega$ καὶ πυκνωτὴς χωρητικότητος $C = 8\ \mu F$ συνδέονται μεταξὺ των ἐν σειρᾷ καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματός των ἐφαρμόζεται ἐναλλασσομένη τάσις $U_{\varepsilon\nu} = 220\ V$ καὶ συχνότητος $\nu = 50\ Hz$. α) Ποία ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος. β) Ποία ἡ ἐνεργὸς ἔντασις. γ) Ποία ἡ μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως διαφορὰ φάσεως.

Λύσις. α) Διὰ τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος ἔχομεν : $Z = \sqrt{R_\Omega{}^2 + R_C{}^2}$ καὶ δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων, ἤτοι $R_\Omega = 1000\ \Omega$, $R_C = 1/\omega C = 1/2\pi \cdot 50 \cdot 8 \cdot 10^{-6} = 1/8\pi \cdot 10^{-4} = 10^4/8\pi\ \Omega$, λαμβάνομεν :

$$\underline{Z} = \sqrt{10^6 + \left(\frac{10^4}{8\pi}\right)^2} = \sqrt{115{,}83 \cdot 10^4} = \underline{1076\ \Omega}$$

β) Διὰ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν ἔχομεν :

$$\underline{i_{\varepsilon\nu}} = \frac{U_{\varepsilon\nu}}{Z} = \frac{220}{1076} = \underline{0{,}204\ A}$$

γ) Ἡ ζητουμένη διαφορὰ φάσεως δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως : $\varepsilon\varphi\,\varphi = \dfrac{1}{R_\Omega \cdot \omega C}$

ἄρα θὰ ἔχωμεν : $\varepsilon\varphi\,\varphi = \dfrac{1}{10^3 \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot 8 \cdot 10^{-6}} = \dfrac{10}{8\pi}$

Ἐκ τῶν πινάκων δὲ εὑρίσκομεν : $\varphi = 21^0\,42'$, ἄρα ἡ ἔντασις προηγεῖται τῆς τάσεως κατὰ γωνίαν $\underline{21^0\,42'}$:

170. Συντονισμός. Κατωτέρω παρέχομεν μερικὰς ἐφαρμογὰς τῶν διὰ τῶν ἀνωτέρω ἀποκτηθεισῶν γνώσεων.

α) Συντονισμὸς ἐν σειρᾷ. Ἡ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 285 περιλαμβάνει κύκλωμα, ἐν σειρᾷ, ἀποτελούμενον ἐκ τῆς ἐπαγωγικῆς ἀντιστάσεως R_L, τῆς χωρητικῆς ἀντιστάσεως R_C, καὶ μιᾶς μικρᾶς λυχνίας. Ἐντὸς τοῦ πηνίου ὑπάρχει σιδηροῦς πυρὴν δυνάμενος νὰ μετακινῆται ἐντὸς

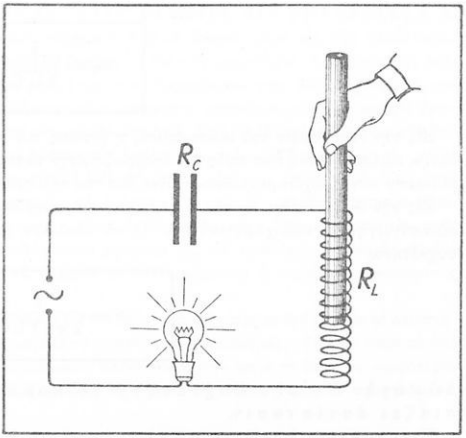
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

αὐτοῦ, ἡ δὲ ἐναλλασσομένη τάσις εἶναι δυνατὸν νὰ ρυθμίζεται διά τινος ποτενσιομέτρου οὕτως, ὥστε τοῦ πυρῆνος εἰσαγομένου καθ' ὁλοκληρίαν ἐντὸς τοῦ πηνίου, νὰ μὴ φωτοβολῇ ἡ λυχνία.

Διὰ μερικῆς ἐξαγωγῆς τοῦ πυρῆνος ἐλαττοῦται ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις τοῦ πηνίου, αὐξάνεται κατὰ συνέπειαν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ λυχνία ἀρχίζει νὰ φωτοβολῇ, εἰς τινα δὲ θέσιν ἡ φωτοβολία αὐτῆς καθίσταται ἐντονωτάτη. Ἐὰν ὅμως συνεχίσωμεν μετακινοῦντες βραδέως πρὸς τὰ ἔξω τὸν πυρῆνα θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ λυχνία ἀρχίζει καὶ πάλιν νὰ σβέννυται.

Διὰ τῆς συνεχοῦς ἐξαγωγῆς τοῦ πυρῆνος μειοῦται ὁλονὲν ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις τοῦ πηνίου, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἐν τούτοις, εἰς τὸ κύκλωμα ἠλαττώθη.

Ἐὰν ἤδη τοποθετήσωμεν ἐκ νέου τὸν πυρῆνα εἰς ἐκείνην τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν φωτοβολεῖ ἐντόνως ὁ λαμπτὴρ καὶ ἐν συνεχείᾳ βραχυκυκλώσωμεν τὸ πηνίον οὕτως, ὥστε εἰς τὸ κύκλωμα νὰ παραμένῃ μόνον ὁ πυκνωτὴς ἢ βραχυκυκλώσωμεν τὸν πυκνωτὴν οὕτως, ὥστε νὰ παραμένῃ εἰς τὸ κύκλωμα μόνον τὸ πηνίον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις σβέννυται ὁ λαμπτήρ.



Σχ. 285. Εἰς ὡρισμένην θέσιν τοῦ πυρῆνος ἐντὸς τοῦ πηνίου, τὸ κύκλωμα παρουσιάζει τὴν ἐλαχίστην ἀντίστασιν καὶ ἡ λυχνία φωτοβολεῖ ὑπὸ τὴν μεγίστην ἔντασιν.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἄγουν εἰς τὴν σκέψιν ὅτι ἡ χωρητικὴ ἀντίστασις ἢ ἡ ἐπαγωγικὴ εἶναι μόναι μεγαλύτεραι ἀπὸ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τοῦ πηνίου, συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ. Τοῦτο γίνεται κατανοητὸν ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν τὸν τύπον διὰ τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν ἑνὸς τοιούτου κυκλώματος, οἱ ἀγωγοὶ τοῦ ὁποίου συνίστανται ἐκ χονδροῦ σύρματος καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ ὠμικὴ αὐτῶν ἀντίστασις δύναται νὰ παραληφθῇ ὡς ἀμελητέα. Θὰ ἔχωμεν ἑπομένως διὰ τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος :

$$R_{ολ} = \omega L - \frac{1}{\omega C} \qquad (1)$$

ὡς προκύπτει ἐκ τοῦ τύπου τοῦ δίδοντος τὴν σύνθετον ἀντίστασιν τοῦ θεωρουμένου κυκλώματος, ὅταν $R_\Omega = 0$.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως συνάγεται ὅτι, ἐφ' ὅσον :

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} > 0 \qquad (2)$$

ἤτοι, ὅταν ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις ὑπερέχῃ τῆς χωρητικῆς, τότε $\varphi > 0$ καὶ ἡ τάσις προηγεῖται τῆς ἐντάσεως. Ἐὰν ὅμως $\omega L - 1/\omega C < 0$, θὰ εἶναι $\varphi < 0$ καὶ ἡ τάσις θὰ ὑστερῇ τοῦ ρεύματος. Ἐὰν τέλος :

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0, \text{ ὁπότε } \omega L = \frac{1}{\omega C} \qquad (3)$$

ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις ἰσοῦται πρὸς τὴν χωρητικὴν καὶ εἶναι $\varphi = 0$, ἤτοι ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις εὑρίσκονται ἐν φάσει.

Ἡ περίπτωσις αὐτὴ παρουσιάζει ἰδιάζουσαν σημασίαν, διότι ὅταν πληροῦται ἡ ἀνωτέρω σχέσις (3),

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἤ, ὅπερ τὸ αὐτό, ὅταν $\omega = 1/\sqrt{LC}$, λέγομεν ὅτι ὑφίσταται **συντονισμὸς** μεταξὺ τῆς συχνότητος ω, τῆς ἐφαρμοζομένης ἔξωθεν εἰς τὸ κύκλωμα τάσεως καὶ τῆς κυκλικῆς ἰδιοσυχνότητος ω_0 τοῦ κυκλώματος, ἡ ὁποία καθορίζεται ἐκ τῆς αὐτεπαγωγῆς L καὶ τῆς χωρητικότητος C ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad (4)$$

Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συντονισμοῦ, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος παρουσιάζει τὴν μεγίστην αὐτῆς τιμήν, εὑρίσκεται ἐν φάσει πρὸς τὴν ἐφαρμοζομένην τάσιν, ἰσχύει δὲ ὁ νόμος τοῦ Ohm ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν συνεχῶν ρευμάτων. Οὕτω, διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ συντονισμοῦ ἔχομεν $i_{ev} = U_{ev}/R\Omega$.

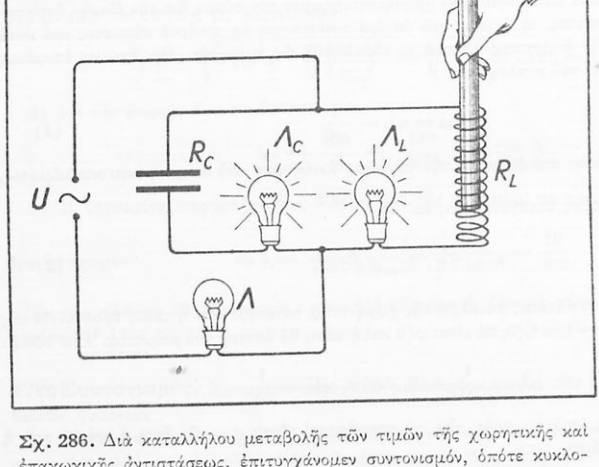
Εἰς τὴν θεωρουμένην λοιπὸν περίπτωσιν τοῦ συντονισμοῦ, ἐφ' ὅσον ἔχομεν συνδέσει ἐν σειρᾷ αὐτεπαγωγὴν L καὶ χωρητικότητα C, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος συχνότητος :

$$\nu = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{LC}} \qquad (5)$$

δι' αὐτὴν δὲ τὴν συχνότητα τὸ κύκλωμα πρακτικῶς δὲν παρουσιάζει ἀντίστασιν.

Κατὰ συνέπειαν, διὰ τῆς περιγραφείσης διατάξεως, δυνάμεθα ἐξ ἑνὸς πλήθους ἐναλλασσομένων ρευμάτων, διαφόρων συχνοτήτων, νὰ ἀποχωρήσωμεν ὡρισμένας συχνότητας (ἠθμός, φίλτρον).

β) Συντονισμὸς ἐν παραλλήλῳ. Ἔστω τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 286 περιλαμβάνον αὐτεπαγωγὴν καὶ χωρητικότητα ἐν παραλλήλῳ. Ὁ λαμπτὴρ $Λ_L$ δεικνύει τὸ διὰ τοῦ πηνίου διερχόμενον ρεῦμα, ὁ λαμπτὴρ $Λ_C$ τὸ διὰ τοῦ πυκνωτοῦ, ὁ δὲ λαμπτὴρ Λ χρησιμεύει διὰ νὰ δεικνύῃ τὸ ὁλικὸν ρεῦμα. Τοῦ πυρῆνος εὑρισκομένου ἐντὸς τοῦ πηνίου, διὰ καταλλήλου μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως τοῦ κυκλώματος τοῦ λαμπτῆρος Λ, διά τινος ποτενσιομέτρου, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε ὁ λαμπτὴρ $Λ_C$ νὰ φωτοβολῇ μετρίως. Ὁ λαμπτὴρ $Λ_L$ τότε δὲν φωτοβολεῖ ἀκόμη, ἐπειδὴ τὸ πηνίον παρουσιάζει ἀκόμη μεγαλυτέραν ἀντίστασιν ἀπὸ ἐκείνην τοῦ πυκνωτοῦ. Μετακινοῦντες τὸν πυρῆνα πρὸς τὰ ἔξω παρατηροῦμεν ὅτι ὀχ μόνον ὁ λαμπτὴρ $Λ_L$ ἀρχίζει νὰ φωτοβολ



Σχ. 286. Διὰ καταλλήλου μεταβολῆς τῶν τιμῶν τῆς χωρητικῆς καὶ ἐπαγωγικῆς ἀντιστάσεως, ἐπιτυγχάνομεν συντονισμόν, ὁπότε κυκλοφοροῦν ρεύματα μόνον εἰς τὸ σύστημα πυκνωτὴς-πηνίον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀλλὰ καὶ ὁ Λ$_C$ φωτοβολεῖ λαμπρότερον. Διὰ μίαν ὡρισμένην θέσιν τοῦ πυρῆνος, φωτοβολοῦν μετὰ τῆς αὐτῆς φωτεινῆς ἐντάσεως καὶ οἱ δύο λαμπτῆρες. Ἐὰν τέλος ἐξάγωμεν ἐντελῶς τὸν πυρῆνα, τότε φωτοβολεῖ ὁ λαμπτὴρ Λ$_L$ ὁ δὲ Λ$_C$ δὲν φωτοβολεῖ. Ἐξ ἄλλου, ὅταν φωτοβολοῦν οἱ λαμπτῆρες Λ$_L$ καὶ Λ$_C$, τότε, ἐν γένει, δὲν φωτοβολεῖ ὁ Λ. Κατὰ συνέπειαν πρόκειται δι' ὅλως διάφορα ἀποτελέσματα ἀπὸ τὰ ἀναμενόμενα εἰς τὴν περίπτωσιν συνεχοῦς ρεύματος διὰ τῆς χρήσεως τοῦ ὁποίου θὰ ἔπρεπε τὸ διὰ τοῦ λαμπτῆρος Λ διερχόμενον ρεῦμα νὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μερικῶν ρευμάτων τῶν διαρρεόντων τοὺς δύο κλάδους Λ$_L$ καὶ Λ$_C$. Τοὐναντίον εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος παρατηροῦμεν ὅτι ῥέει εἰς ἕκαστον κλάδον περισσότερον ρεῦμα ἀπὸ ὅτι εἰς τὸν κύριον ἀγωγόν. Τοῦτο ἐξηγεῖται ἐὰν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ ρεύματος καὶ τάσεως εἰς ἀμφοτέρους τοὺς κλάδους. Ἐνῷ τὸ ρεῦμα εἰς τὸν κλάδον τοῦ πηνίου ὑστερεῖ τῆς τάσεως κατὰ 90°, τὸ ρεῦμα εἰς τὸν κλάδον τοῦ πυκνωτοῦ προηγεῖται κατὰ 90° τῆς τάσεως. Κατὰ συνέπειαν, τὰ ρεύματα εἰς τοὺς δύο κλάδους παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως ἡμισείας περιόδου καὶ συνεπῶς εἶναι ἀντίθετα ἑκάστην χρονικὴν στιγμὴν πρὸς ἄλληλα. Ἀποτέλεσμα τούτου εἶναι νὰ κυκλοφοροῦν ρεύματα εἰς τὸ σύστημα πυκνωτῆς-πηνίον (καλούμενον κύκλωμα Thomson), χωρὶς νὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἡ πηγὴ ἐναλλασσομένης τάσεως.

Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι τὸ φαινόμενον ἐπιτυγχάνεται ὑπὸ τοὺς καλυτέρους ὅρους ὅταν οἱ λαμπτῆρες Λ$_L$ καὶ Λ$_C$ φωτοβολοῦν συγχρόνως μὲ μεγάλην λαμπρότητα (συντονισμός), δηλαδὴ ὅταν τὸ ὑπὸ τοῦ πηνίου καὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποτελούμενον κύκλωμα παρουσιάζῃ τὴν κατὰ τὸ δυνατὸν μικροτέραν ἀντίστασιν εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Τοῦτο ὅμως συμβαίνει, συμφώνως πρὸς τὰ προηγούμενα, ὅταν :

$$R_L = R_C \qquad \text{ἢ} \qquad \omega L = \frac{1}{\omega C} \tag{6}$$

ἢ ὅταν ἡ συχνότης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἔχει τὴν τιμήν :

$$\boxed{\nu = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L C}}} \tag{7}$$

ὁπότε : ἐὰν συνδέσωμεν πηνίον αὐτεπαγωγῆς L καὶ πυκνωτὴν χωρητικότητος C, ἐν παραλλήλῳ, δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κυκλώματος ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχον συχνότητα :

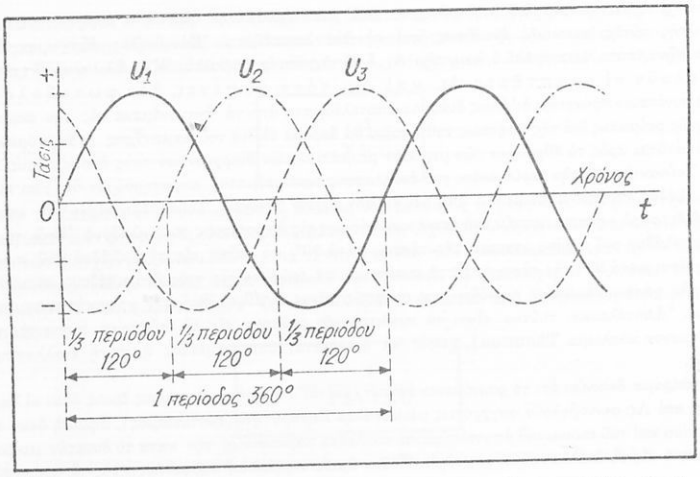
$$\nu = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L C}} \tag{8}$$

Τὴν ἀρχὴν αὐτὴν ὡς καὶ τὴν τοῦ προηγουμένου πειράματος χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰ **φίλτρα ἐπιλογῆς συχνοτήτων,** διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνομεν τὴν παρεμπόδισιν τῆς διόδου ὡρισμένων συχνοτήτων, ὅταν ἡ τάσις ἀποτελῆται ἀπὸ ἄθροισμα ἐναλλασσομένων τάσεων διαφόρων συχνοτήτων.

171. Πολυφασικὰ ρεύματα. Τὰ εἰς τὰ προηγούμενα ἐξετασθέντα ἐναλλασσόμενα ρεύματα καλοῦνται μονοφασικὰ ρεύματα. Σύστημα n ἡμιτονοειδῶν ρευμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἕκαστον τῶν ὁποίων παρουσιάζει ὡς πρὸς τὸ ἄλλο διαφορὰν φάσεως 2 π/n, ἀποτελεῖ τὸ καλούμενον πολυφασικὸν ρεῦμα.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ἁπλοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὡς εἴδομεν (§ 166), ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς ἐντὸς μιᾶς περιόδου, δὲν παραμένει σταθερά, ἀλλὰ μεταβάλλεται συνεχῶς καὶ μάλιστα, ὡς ἤδη γνωρίζομεν, εἰς ὡρισμένα χρονικὰ διαστήματα καθίσταται ἀρνητική. Διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ὅμως πολυφασικῶν συστημάτων καὶ ὑπὸ ὡρισμένας συνθήκας φορτίσεως τοῦ κυκλώματος, τὰ χρονικὰ διαστήματα κατὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

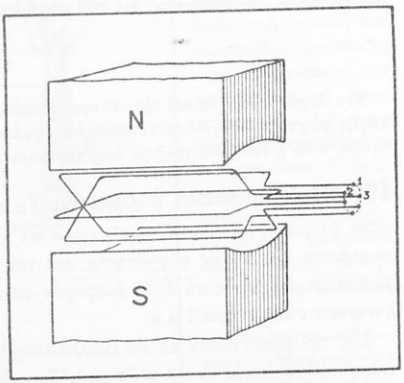


Σχ. 287. Παραστατικὴ καμπύλη συστήματος τριφασικοῦ ρεύματος. Αἱ U_1, U_2, U_3 ἐμφανίζουν σταθερὸν μεταχρονισμὸν $T/3$ ἢ $\varphi = 120^0$.

τὰ ὁποῖα ἡ ἰσχὺς γίνεται ἀρνητική, ἐξαφανίζονται, οὕτω δὲ εἰς τὴν κατανάλωσιν χρησιμοποιεῖται μεγαλυτέρα ἰσχύς.

Διὰ $n = 3$ προκύπτει σύστημα τ ρ ι φ α σ ι κ ὸ ν καὶ ἕκαστον τῶν ρευμάτων τούτων (σχ. 287) παρουσιάζει ὡς πρὸς τὸ ἄλλο διαφορὰν $2\pi/3$, ἤτοι 120^0.

Διὰ $n = 4$ προκύπτει σύστημα τεσσάρων ρευμάτων, ἕκαστον τῶν ὁποίων παρουσιάζει ὡς πρὸς τὸ ἄλλο διαφορὰν φάσεως $2\pi/4$, ἤτοι 90^0. Εἰς τὴν προκειμένην ὅμως περίπτωσιν ἔχομεν εἰς τὴν πραγματικότητα δύο ρεύματα παρουσιάζοντα διαφορὰν φάσεως $\pi/2$, ἤτοι 90^0, ἑκάστου θεωρουμένου κατὰ μίαν ἐναλλαγὴν ἢ κατὰ τὴν ἀντίθετον. Ἕνεκα δὲ ἀκριβῶς τοῦ λόγου τούτου εἰς τὴν περίπτωσιν $n = 4$ δὲν ὁμιλοῦμεν περὶ τετραφασικοῦ συστήματος ρευμάτων, ἀλλὰ περὶ δ ι φ α σ ι κ ο ῦ.

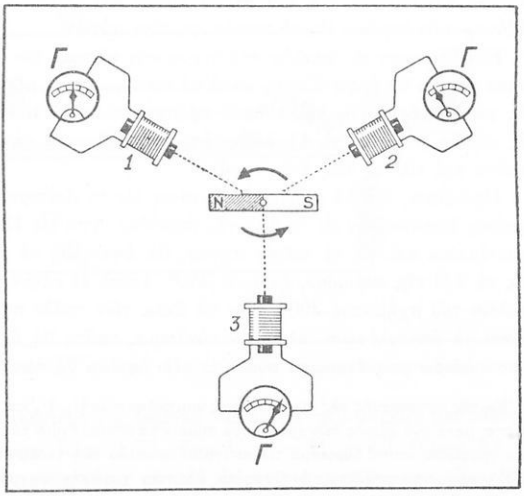


Σχ. 288. Ἀρχὴ παραγωγῆς τριφασικοῦ ρεύματος διὰ περιστροφῆς συγκροτήματος τριῶν ὁμοίων πλαισίων ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου.

Τριφασικὸν ρεῦμα. Ἐν γένει τ ρ ι φ α σ ι κ ὸ ν ρ ε ῦ μ α καλοῦμεν, σύστημα τριῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον καὶ τὸ αὐτὸ πλάτος, ἀλλὰ τὸ ἓν πρὸς τὸ ἄλλο διαφέρουν κατὰ 120^0, ὡς πρὸς τὴν φάσιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

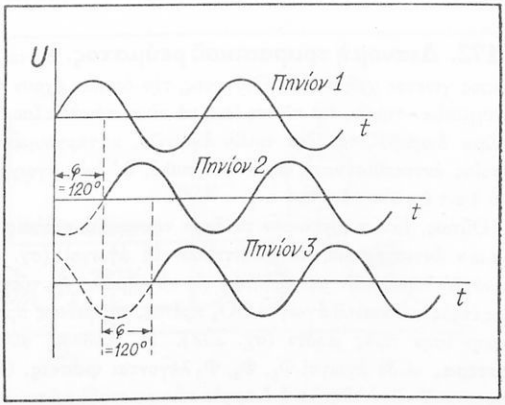
Τὸ σχῆμα 287 παριστᾷ γραφικῶς τὰ τρία ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὸ τριφασικὸν ρεῦμα. Τὸ σύστημα τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει τὴν ἰδιότητα ὅτι, διὰ ἴσα πλάτη, εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμήν, τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν τριῶν στιγμιαίων τιμῶν τῶν τάσεων ἢ τῶν ἐντάσεων ἰσοῦται πρὸς μηδέν. Ἐὰν δηλαδὴ εἰς ἕνα ἀγωγὸν ὑφίστανται ταυτοχρόνως καὶ τὰ τρία ρεύματα, ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ συνισταμένου ρεύματος εἰς τὸν ἀγωγὸν τοῦτον εἶναι μηδέν. Τῆς ἰδιότητος ταύτης γίνεται πρακτικὴ ἐφαρμογὴ εἰς τὴν διανομὴν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος, ὅπου, ἀντὶ ἓξ ἀγωγῶν ἔχομεν μόνον τρεῖς.



Σχ. 289. Ἀρχὴ παραγωγῆς τριφασικοῦ ρεύματος διὰ στρεφομένου μαγνήτου. Οἱ ἄξονες τῶν τριῶν πηνίων σχηματίζουν ἀνὰ δύο γωνίαν 120^0.

Τριφασικὸν ρεῦμα δύναται νὰ παραχθῇ ἀπὸ συγκρότημα τριῶν ὁμοίων πλαισίων, τοποθετημένων ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος, ὥστε τὰ ἐπίπεδά των νὰ σχηματίζουν μεταξύ των γωνίας 120^0 (σχ. 288). Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῶν πλαισίων θὰ παράγωνται τρεῖς ἐναλλασσόμεναι ἐξ ἐπαγωγῆς τάσεις, αἱ ὁποῖαι θὰ ὑστεροῦν ἡ μία τῆς ἄλλης κατὰ $T/3$, δηλαδὴ θὰ παρουσιάζουν μεταξύ των διαφορὰν φάσεως 120^0.

Χρήσιμον διὰ τὴν κατανόησιν τῆς παραγωγῆς τῶν τριφασικῶν ρευμάτων εἶναι τὸ ἀκόλουθον πείραμα: Λαμβάνομεν τρία ὅμοια πηνία καὶ τὰ τοποθετοῦμεν ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ εἶναι ὁμοεπίπεδοι καὶ νὰ σχηματίζουν ἀνὰ δύο γωνίας 120^0,



Σχ. 290. Παράστασις δι' ἡμιτονοειδῶν καμπυλῶν τῶν εἰς τὰ ἄκρα τῶν τριῶν πηνίων ἀναπτυσσομένων τάσεων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν πηνίων ἀπεχόντων ἴσον ἀπὸ τῆς τομῆς τῶν ἀξόνων αὐτῶν (σχ. 289). Εἰς τὸν μεταξὺ τῶν τριῶν πηνίων χῶρον, τοποθετοῦμεν μόνιμον μαγνήτην στρεπτὸν περὶ ἄξονα, διερχόμενον διὰ τοῦ μέσου αὐτοῦ καὶ τέμνοντα καθέτως τὸ ἐπίπεδον τῶν ἀξόνων τῶν πηνίων εἰς τὸ κοινὸν σημεῖον αὐτῶν.

Ἐὰν θέσωμεν εἰς ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν τὸν μαγνήτην, εἰς τὰ ἄκρα ἑκάστου πηνίου θὰ ἐμφανίζεται, κατὰ τὰ προηγούμενα, μία ἐναλλασσομένη τάσις. Εἶναι δὲ φανερὸν ὅτι λόγῳ τοῦ εἰδικοῦ προσανατολισμοῦ τῶν πηνίων, ὅταν ἡ τάσις εἰς ἓν ἐξ αὐτῶν (π.χ. εἰς τὸ 1), λάβῃ, ἐπὶ παραδείγματι, τὴν τιμὴν μηδέν, δὲν θὰ συμβῇ τοῦτο καὶ εἰς τὰ δύο ἄλλα πηνία.

Πράγματι, διὰ νὰ μηδενισθῇ ἡ τάσις εἰς τὸ δεύτερον πηνίον, πρέπει νὰ παρέλθῃ χρόνος ἀντιστοιχῶν εἰς τὸ $1/3$ τῆς περιόδου, ἤτοι εἰς 120^0, διὰ νὰ συμβῇ δὲ τὸ αὐτὸ φαινόμενον καὶ εἰς τὸ τρίτον πηνίον, θὰ ἀπαιτηθῇ νὰ παρέλθῃ χρόνος ἀντιστοιχῶν εἰς τὰ $2/3$ τῆς περιόδου, ἤτοι εἰς 240^0. Τοῦτο δὲ ἐξηγεῖται γραφικῶς ὑπὸ τῶν καμπυλῶν τοῦ σχήματος 290. Ἐὰν τὰ ἄκρα τῶν τριῶν πηνίων συνδεθῶσιν εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀποτελέσωσι κλειστὸν κύκλωμα, ταῦτα θὰ διαρρέωνται ὑπὸ τριῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων, τὸ σύστημα τῶν ὁποίων θὰ ἀποτελῇ ἓν **τριφασικὸν ρεῦμα.**

Ἐκ τῆς κατασκευῆς τῆς συνισταμένης καμπύλης τῶν U_1, U_2 καὶ U_3 τοῦ σχήματος 287, ἥτις συμπίπτει μετὰ τοῦ ἄξονος τῶν χρόνων, τὰ σημεῖα τὰ ὁποίου ἔχουν τάσιν ἢ ἔντασιν μηδέν, ἀποδεικνύεται καὶ γραφικῶς ὅτι τὸ ἄθροισμα τῶν στιγμιαίων τιμῶν τῶν τάσεων ἢ ἐντάσεων τοῦ συστήματος ἑνὸς ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἰσοῦται, εἰς ἑκάστην χρονικὴν στιγμήν, πρὸς τὸ μηδέν. Ἀλλὰ τοῦτο ἀποδεικνύεται καὶ λογιστικῶς. Οὕτως, ἐὰν U_1, U_2 καὶ U_3 αἱ ἐξ ἐπαγωγῆς τάσεις, αἱ ἀναπτυσσόμεναι εἰς τὰ ἄκρα τῶν στρεφομένων πλαισίων τοῦ σχήματος 288, θὰ ἔχωμεν: $U_1 = U_0 \cdot \eta\mu\,\omega\,t$, $U_2 = U_0 \cdot \eta\mu(\omega\,t - 120^0)$, $U_3 = U_0 \cdot \eta\mu(\omega\,t - 240^0)$. Διὰ ἐφαρμογῆς δὲ τῶν τύπων τῆς Τριγωνομετρίας εὑρίσκομεν τελικῶς ὅτι :

$$U_1 + U_2 + U_3 = 0$$

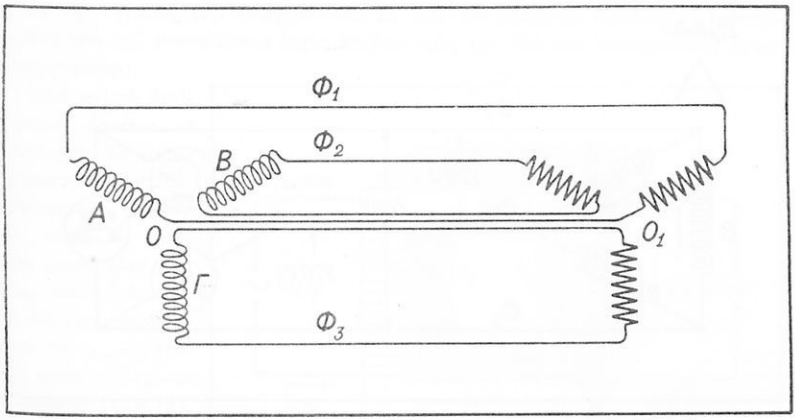
Τὰ αὐτὰ δὲ ἰσχύουν καὶ διὰ τὴν ἔντασιν.

***172. Διανομὴ τριφασικοῦ ρεύματος.** Κατὰ τὴν διανομὴν τριφασικοῦ ρεύματος γίνεται χρῆσις τῆς ἰδιότητος, τὴν ὁποίαν ἔχουν ταῦτα, ὥστε τὸ ἄθροισμα τῶν στιγμιαίων τιμῶν, διὰ πλάτη ἴσα, νὰ εἶναι πάντοτε ἴσον πρὸς μηδέν. Ὡς ἐκ τούτου τὸ ρεῦμα διαβιβάζεται διὰ τριῶν ἀγωγῶν, καταργουμένου τοῦ ἀγωγοῦ ἐπιστροφῆς, ὁ ὁποῖος ἀντικαθίσταται, ὡς ἐπὶ τὸ πολύ, δι' ἑνὸς ἀγωγοῦ προσγειωμένου, καλουμένου ο ὐ δ ε τ έ ρ ο υ ἀ γ ω γ ο ῦ.

Οὕτως, ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἄκρα τῶν τριῶν πλαισίων τοῦ σχήματος 288 διὰ τριῶν ἴ σ ω ν ἀντιστάσεων, θὰ ἀπαιτηθοῦν ἓξ ἀγωγοὶ (σχ. 291). Ἂν ὅμως τρεῖς ἐκ τῶν ἀγωγῶν συνδεθοῦν μεταξύ των εἰς τὸ σημεῖον O, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ὁλικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ κοινοῦ ἀγωγοῦ OO_1 πρέπει, συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω, νὰ ἔχῃ διαρκῶς τιμὴν ἴσην πρὸς μηδὲν (σχ. 292). Ἡ σύνδεσις αὐτὴ ὀνομάζεται σύνδεσις **κατ' ἀστέρα,** οἱ δὲ ἀγωγοὶ Φ_1, Φ_2, Φ_3 λέγονται **φάσεις.** Οὕτως, εἰς τὸ δίκτυον ἠλεκτροφωτισμοῦ τῶν Ἀθηνῶν ἡ ἐνεργὸς τάσις μεταξὺ φάσεως καὶ οὐδετέρου εἶναι 220 Volt.

Ἡ τάσις μεταξὺ δύο φάσεων **(πολικὴ τάσις)** εἶναι μεγαλυτέρα τῆς τάσεως μεταξὺ μιᾶς φάσεως καὶ τοῦ οὐδετέρου ἀγωγοῦ **(φασικὴ τάσις).** Ἡ ἐνεργὸς τάσις

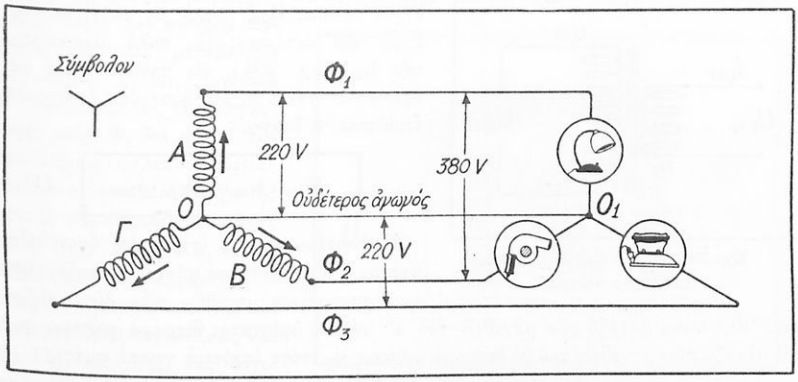
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 291. Τριφασική σύνδεσις κατ' ἀστέρα. Αἱ ἀντιστάσεις παριστοῦν καταναλωτάς.

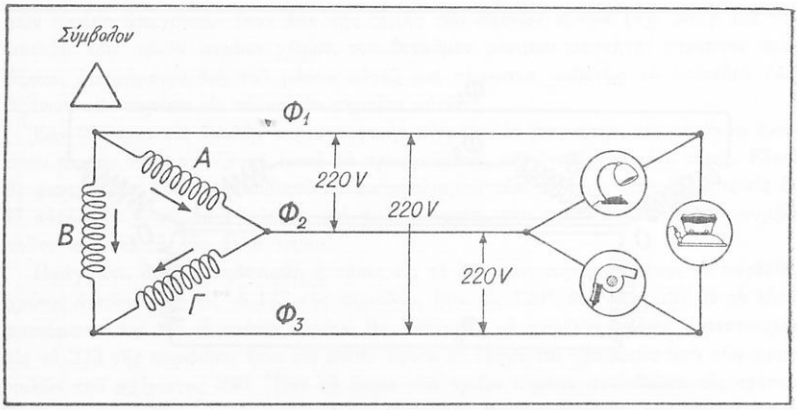
μεταξὺ δύο φάσεων εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ἐνεργοῦ τάσεως μεταξὺ φάσεως καὶ οὐδετέρου ἀγωγοῦ κατὰ τὸν παράγοντα $\sqrt{3} = 1{,}73$, ἤτοι $U_{πολ} = U_{φασ} \cdot \sqrt{3}$. Ὥστε διὰ τὸ δίκτυον Ἀθηνῶν, ὅπου ἡ ἐνεργὸς τάσις μεταξὺ φάσεως καὶ οὐδετέρου εἶναι 220 Volt, ἡ ἐνεργὸς τάσις μεταξὺ δύο φάσεων εἶναι: $220 \cdot 1{,}73 = 380$ Volt, ἡ ὁποία προτιμᾶται εἰς τὰς τεχνικὰς ἐφαρμογὰς (σχ. 292).

Διὰ τὴν ἐπιτυχίαν συμμετρικῆς φορτίσεως, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἔχωμεν ἀντισταθμισμένον σύστημα, χρησιμοποιοῦμεν δύο κυρίως συνδέσεις, τὴν **ἀστεροειδῆ** (σύνδεσιν κατ' ἀστέρα), τὴν ὁποίαν εἴδομεν ἀνωτέρω (σχ. 291 καὶ 292) καὶ ἑτέραν (σχ. 293) καλουμένην **τριγωνικὴν** (σύνδεσιν κατὰ τρίγωνον). Ἡ ἀστεροειδὴς



Σχ. 292. Σύστημα τεσσάρων ἀγωγῶν πρὸς διανομὴν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος μικρᾶς τάσεως εἰς σύνδεσιν κατ' ἀστέρα. Ἄνω ἀριστερά, συμβολικὴ παράστασις συνδέσεως κατ' ἀστέρα.

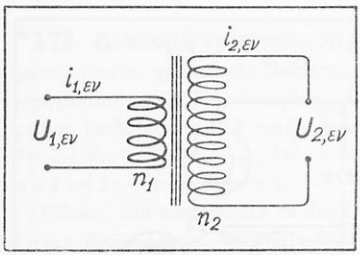
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 293. Σύνδεσις κατὰ τρίγωνον. Ἄνω ἀριστερά, συμβολικὴ παράστασις συνδέσεως κατὰ τρίγωνον.

καὶ τριγωνικὴ διάταξις, εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος, χρησιμοποιεῖται τόσον διὰ τὰς πηγάς, ὅσον καὶ διὰ τὰς καταναλώσεις. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι, διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τριφασικοῦ ρεύματος, ἐπέρχεται οἰκονομία εἰς τὰ ὑλικὰ τῶν ἀγωγῶν, ἀφοῦ ἀντὶ 6 συρμάτων ἀπαιτοῦνται μόνον τρία ἢ τέσσερα.

173. Μετασχηματισταί. Οἱ μετασχηματισταὶ (transformateurs) ἀποτελοῦν συσκευὰς πρὸς μετατροπὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος, χαμηλῆς τάσεως, εἰς τοιοῦτον ὑψηλῆς τάσεως καὶ ἀντιστρόφως, τῆς συχνότητος διατηρουμένης σταθερᾶς. Οὕτως, ἐὰν διαθέσωμεν ἰσχὺν ὑπὸ μορφὴν ἐναλλασσομένης τάσεως $U_{1εν}$ καὶ ἐντάσεως $i_{1εν}$, δυνάμεθα νὰ μετατρέψωμεν ταύτην εἰς ἰσχὺν τάσεως $U_{2εν}$, πολὺ μεγαλυτέρας τῆς $U_{1εν}$, καὶ ἐντάσεως $i_{2εν}$ πολὺ μικροτέρας τῆς $i_{1εν}$ (σχ. 294), εἰς τρόπον ὥστε νὰ ὑφίσταται πάντοτε, ἐφ' ὅσον δὲν ὑπάρχουν ἀπώλειαι, ἡ ἰσότης :



Σχ. 294. Σχηματικὴ παράστασις μετασχηματιστοῦ.

$$U_{1εν} \cdot i_{1εν} = U_{2εν} \cdot i_{2εν} \qquad (1)$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἰσχύει ἐφ' ὅσον ὑφίσταται ἡ αὐτὴ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τῶν ἐναλλασσομένων μεγεθῶν τῶν δύο μελῶν της. Ἐὰν ὅμως μεταξὺ τῶν μεγεθῶν τοῦ α' μέλους ὑφίσταται διαφορὰ φάσεως φ_1 καὶ μεταξὺ τῶν μεγεθῶν τοῦ β' διαφορὰ φάσεως φ_2, τότε ἰσχύει ἡ γενικὴ σχέσις :

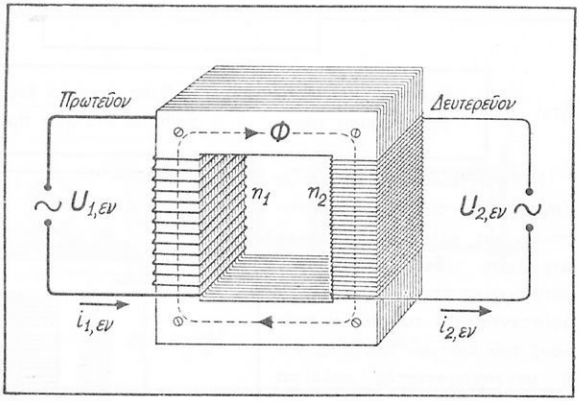
$$U_{1εν} \cdot i_{1εν} \cdot συν\,\varphi_1 = U_{2εν} \cdot i_{2εν} \cdot συν\,\varphi_2 \qquad (2)$$

ἡ ὁποία καλεῖται **ἐξίσωσις τοῦ μετασχηματιστοῦ.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τῆς σχέσεως (2) συνάγομεν ὅτι, ἐφ' ὅσον δὲν ὑπάρχουν ἀπώλειαι, ἡ προσφερομένη ὑπὸ τοῦ πρωτεύοντος ἰσχὺς ἰσοῦται πρὸς τὴν ὑπὸ τοῦ δευτερεύοντος προσλαμβανομένην.

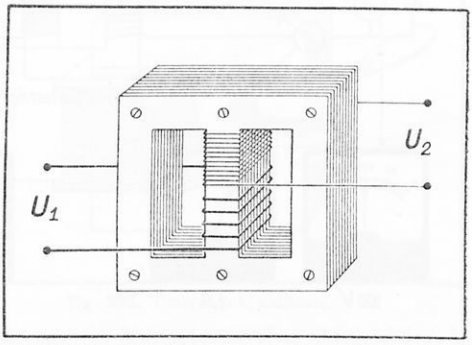
Ἀλλὰ καὶ τὸ ἀντίστροφον δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ διὰ μετασχηματιστοῦ, νὰ ὑποβιβάσωμεν δηλαδὴ τὴν τάσιν εἰς τιμὴν $U_{2εν}$ μικροτέραν τῆς $U_{1εν}$, ὁπότε ἡ ἔντασις $i_{2εν}$ θὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῆς $i_{1εν}$, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἰσχύουν αἱ σχέσεις (1) ἢ (2).



Σχ. 295. Μετασχηματιστὴς πυρῆνος.

Ἀρχὴ λειτουργίας τῶν μετασχηματιστῶν. Θεωρήσωμεν σιδηροῦν πυρῆνα, ἀποτελούμενον ἐκ συνθέσεως πολλῶν ὁμοίων λεπτῶν σιδηρῶν ἐλασμάτων, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀποτελεσθῇ συμπαγὴς πυρὴν (σχ. 295). Ἐπὶ τοῦ ἑνὸς σκέλους τοῦ πυρῆνος ὑφίσταται **πρωτεύουσα περιέλιξις,** συνισταμένη ἐξ ὀλίγων σπειρῶν ἀπὸ σύρμα μεγάλης διαμέτρου, ἐνῷ ἐπὶ τοῦ ἑτέρου σκέλους ὑφίσταται ἡ **δευτερεύουσα περιέλιξις,** συνισταμένη ἐκ πολλῶν σπειρῶν ἀπὸ σύρμα μικρᾶς διαμέτρου. Εἷς τοιοῦτος μετασχηματιστὴς καλεῖται **μετασχηματιστὴς πυρῆνος.**

Ἐὰν διὰ τῆς πρωτευούσης περιελίξεως διαβιβάσωμεν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει μεγάλην ἔντασιν $i_{1εν}$ ἀλλὰ μικρὰν τάσιν $U_{1εν}$, τότε δημιουργεῖται ἐντὸς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος χρονικῶς μεταβλητὸν μαγνητικὸν πεδίον, συνεπείᾳ δὲ τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς Φ, διὰ μέσου τῆς περιελίξεως τοῦ λεπτοῦ σύρματος, ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν αὐτῆς τάσις $U_{2εν}$. Ἐὰν διὰ n_1 καὶ n_2 καλέσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῆς πρωτευούσης καὶ δευτερευούσης περιελίξεως καὶ διὰ $U_{1εν}$ καὶ $U_{2εν}$ τὰς ἀντιστοίχους τάσεις μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν αὐτῶν, τότε ὁ λόγος $n = U_{2εν} : U_{1εν}$ καλεῖται **συντελεστὴς μετατρο-**



Σχ. 296. Μετασχηματιστὴς μανδύου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

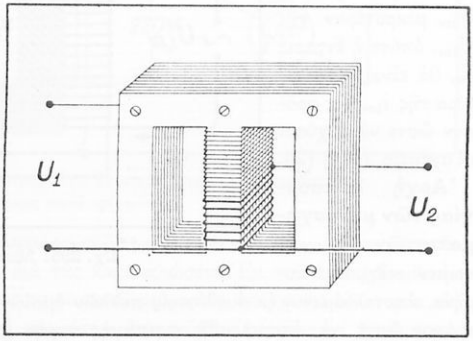
πῆς ἡ λόγος μετασχηματισμοῦ, δεικνύεται δὲ ὅτι εἶναι :

$$n = \frac{U_{2ev}}{U_{1ev}} = \frac{n_2}{n_1} \qquad (3)$$

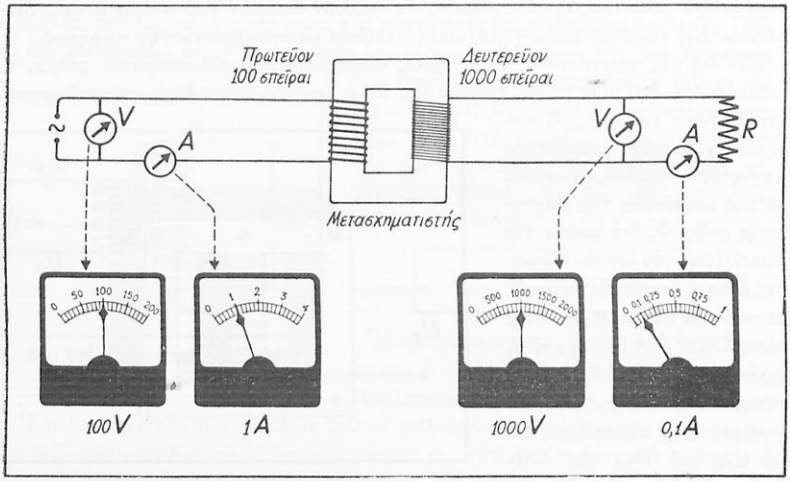
ἤτοι

$$\frac{\text{δευτερεύουσα τάσις}}{\text{πρωτεύουσα τάσις}} = \frac{\text{ἀριθμὸς σπειρῶν δευτερεύοντος}}{\text{ἀριθμὸς σπειρῶν πρωτεύοντος}}$$

Ἡ πρωτεύουσα περιέλιξις (**πρωτεῦον** τοῦ μετασχηματιστοῦ), ὡς καὶ ἡ δευτερεύουσα περιέλιξις (**δευτερεῦον** τοῦ μετασχηματιστοῦ), δύνανται νὰ ὑφίστανται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σκέλους τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος, ὅτε ὁ μετασχηματιστὴς καλεῖται καὶ **μετασχηματιστὴς μανδύου** (σχ. 296). Ἐὰν δέ, ὡς συμβαίνει εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις, τὸ δευτερεῦον ἀποτελῇ τμῆμα τοῦ πρωτεύοντος, ὁ οὕτω κατασκευαζόμενος μετασχημα-



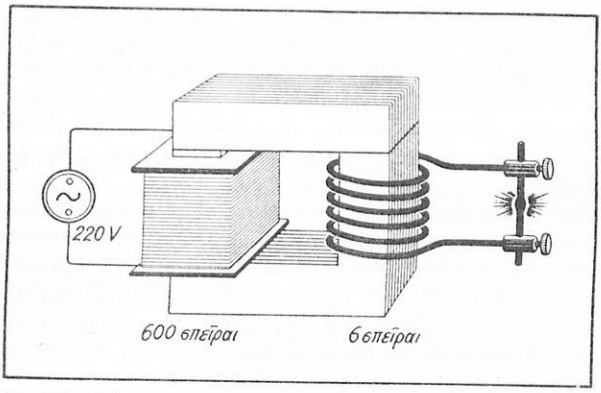
Σχ. 297. Αὐτομετασχηματιστής.



Σχ. 298. Μετασχηματιστὴς ἀνυψώσεως τῆς τάσεως καὶ ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως. Διὰ τῶν ἀντιστοίχων ὀργάνων δεικνύονται αἱ ἀναπτυσσόμεναι τάσεις καὶ ἐντάσεις.

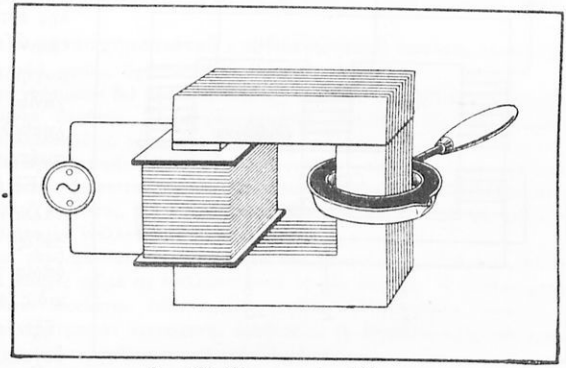
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τιστὴς καλεῖται **αὐτομετασχηματιστής.** Διὰ τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ ἐπιτυγχάνομεν οἰκονομίαν εἰς τὸ βάρος τῶν ἀναγκαιούντων ὑλικῶν, ἐφ' ὅσον εἷς ἀριθμὸς σπειρῶν εἶναι κοινὸς καὶ διὰ τὰ δύο πηνία (σχ. 297). Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ὁ λόγος τῶν εἰς τὰ ἄκρα τῶν δύο πηνίων τάσεων ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν σπειρῶν.



Σχ. 299. Διάταξις πρὸς συγκόλλησιν σιδηρῶν ἀντικειμένων τῇ βοηθείᾳ μετασχηματιστοῦ. Λόγῳ τῆς ὑψηλῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, εἰς τὸ δευτερεῦον ἀναπτύσσεται μεγάλη θερμότης.

Ἐφ' ὅσον δὲν λαμβάνομεν ὑπ' ὄψιν ἀπωλείας, προερχομένας λόγῳ διαφυγῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ ρευμάτων Foucault, ἡ ἀποδιδομένη ἰσχὺς ὑπὸ τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἴση πρὸς τὴν προσδιδομένην εἰς τὸ πρωτεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ. Ἐν τούτοις, εἰς τὴν πρᾶξιν, λόγῳ ἀναποφεύκτων ἀπωλειῶν, ἡ ἀποδιδομένη ὑπὸ τοῦ μετασχηματιστοῦ ἰσχὺς εἶναι μικροτέρα καὶ ἡ συνήθης ἀπόδοσις μετασχηματιστοῦ εἶναι 90 %, ἐνῷ εἰς ἐξαιρετικὰς περιπτώσεις, προκειμένου περὶ μετασχηματιστῶν μεγάλης ἰσχύος, δύναται νὰ φθάσῃ μέχρις 99 %.



Σχ. 300. Ἐπαγωγικὸς κλίβανος.

Ὅταν τὸ κύκλωμα τοῦ δευτερεύοντος μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀνοικτόν, ὅταν δηλαδὴ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῦον εἶναι ἴση πρὸς μηδέν, λέγομεν ὅτι ὁ μετασχηματιστὴς λειτουργεῖ ἐ ν κ ε ν ῷ, ὁπότε ἰσχύει ἡ σχέσις (3). Ὅταν ὅμως τὸ κύκλωμα τοῦ δευτερεύοντος εἶναι κλειστόν, ὅταν δηλαδὴ τὸ δευτερεῦον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τότε λέγομεν ὅτι ὁ μετασχηματιστὴς λειτουργεῖ ὑ π ὸ φ ο ρ τ ί ο ν, ὁπότε ἰσχύουν αἱ σχέσεις (1) ἢ (2).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

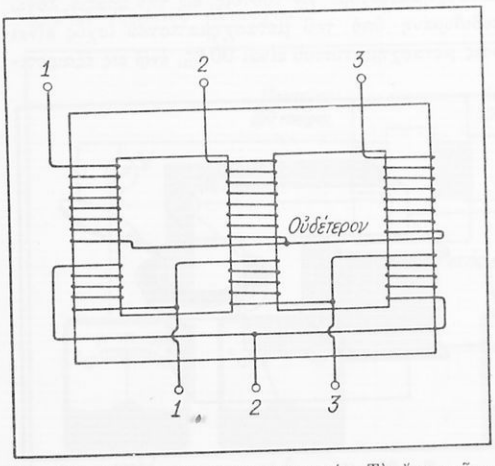
Ἐπίσης, τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (βλ. σχ. 252), ὅταν ἀφαιρέσωμεν τὸν αὐτόματον διακόπτην αὐτοῦ ἀποτελεῖ εἶδος μετασχηματιστοῦ, διότι ἐὰν εἰς τὸ πρωτεῦον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως, εἰς τὸ δευτερεῦον ἀναφαίνεται ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως.

Τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα χαρακτηρίζουν ἕνα μετασχηματιστὴν εἶναι ἡ ἐνεργὸς τάσις μὲ τὴν ὁποίαν τροφοδοτοῦμεν τὸ πρωτεῦον, ἡ ἐνεργὸς τάσις, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει τὸ δευτερεῦον καὶ ἡ (μέση) ἰσχὺς τοῦ μετασχηματιστοῦ, ἐκ τῆς ὁποίας, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου $N = U_{εν} \cdot i_{εν}$, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μεγίστην ἔντασιν ρεύματος τὴν παρεχομένην ὑπὸ τοῦ δευτερεύοντος, ἐφ' ὅσον καὶ τὸ $U_{εν}$ εἶναι γνωστόν.

Ἐφ' ὅσον n εἶναι ἀριθμὸς μεγαλύτερος τῆς μονάδος, ὁ μετασχηματιστὴς συντελεῖ εἰς ἀνύψωσιν τῆς πρωτευούσης τάσεως. Οὕτως, ἐὰν $n_1 = 100$ καὶ $n_2 = 1000$, τότε θὰ εἶναι $n = 1000/100 = 10$ καὶ ἑπομένως ἐὰν ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις εἰς τὸ πρωτεῦον εἶναι 100 Volt, εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ δευτερεύοντος θὰ ἀναπτύσσεται τάσις $100 \times 10 = 1000$ Volt (σχ. 298). Ἀντιστοίχως ἡ ἔντασις εἰς τὸ δευτερεῦον θὰ ἐλαττωθῇ, καὶ ἐὰν εἰς τὸ πρωτεῦον εἶναι 1 A εἰς τὸ δευτερεῦον θὰ γίνῃ 0,1 A. Τοιουτοτρόπως δὲ θὰ προκύψῃ ἡ σχέσις :

$$100 \times 1 = 1000 \times 0{,}1 \qquad \text{ἤτοι} \qquad U_1 \cdot i_1 = U_2 \cdot i_2.$$

Ὅταν τὸ δευτερεῦον μετασχηματιστοῦ περιλαμβάνῃ ὀλίγας σπείρας ἐκ σύρματος μεγάλης διατομῆς, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ πρωτεῦον, τὸ ὁποῖον συνίσταται ἐκ μεγάλου ἀριθμοῦ σπειρῶν ἐκ σύρματος μικρᾶς διατομῆς, εἶναι δυνατὸν νὰ λάβωμεν εἰς τὸ δευτερεῦον ρεύματα μεγάλης ἐντάσεως ἀλλ' ὑπὸ μικρὰν τάσιν. Τοῦτο εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν μεταλλοβιομηχανίαν πρὸς αὐτογενῆ συγκόλλησιν λεπτῶν μεταλλικῶν ἐλασμάτων ἢ ράβδων (σχ. 299).



Σχ. 301. Τριφασικὸς μετασχηματιστής. Τὸ ἄνω τμῆμα εἶναι συνδεδεμένον κατ' ἀστέρα, τὸ κάτω κατὰ τρίγωνον.

Ἐξ ἄλλου, διὰ τὴν τῆξιν μετάλλων χρησιμοποιεῖται ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 300, ἡ ὁποία καλεῖται ἐ π α γ ω γ ι κ ὸ ς κ λ ί β α ν ο ς. Τὸ πρὸς τῆξιν μέταλλον τίθεται ἐντὸς δοχείου ἐκ πυριμάχου ὑλικοῦ καὶ ἀποτελεῖ τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ. Ἐντὸς τοῦ μετάλλου παράγονται ἰσχυρὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, ἐξ αἰτίας τῶν ὁποίων ἀναπτύσσεται ἡ ἀπαιτουμένη διὰ τὴν τῆξιν θερμότης.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τριφασικοὶ μετασχηματισταί. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν τριφασικῶν ρευμάτων δυνάμεθα νὰ μετασχηματίσωμεν ἑκάστην φάσιν δι' ἰδιαιτέρου μετασχηματιστοῦ. Διὰ τὴν ἁπλούστευσιν ὅμως τοῦ πράγματος, συντίθενται συνήθως οἱ τρεῖς ἀνεξάρτητοι μετασχηματισταὶ εἰς ἕνα (σχ. 301). Εἰς τοὺς μεγάλους μετασχηματιστὰς ὑπάρχει κατάλληλον σύστημα ψύξεως πρὸς ἀπαγωγὴν τῆς θερμότητος Joule, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς τὰς χαλκίνας περιελίξεις τῶν πηνίων, καθὼς ἐπίσης καὶ τῆς θερμότητος τῆς ἀναπτυσσομένης εἰς τὸν σιδηροῦν πυρῆνα, λόγῳ μαγνητικῆς ὑστερήσεως καὶ ρευμάτων Foucault.

***174. Ἰδιότητες καὶ διαφοραὶ συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος.** Μεταξὺ συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑφίστανται αἱ ἀκόλουθοι οὐσιώδεις διαφοραί, αἵτινες χαρακτηρίζουν καὶ διακρίνουν ταῦτα.

α) Ἡ φορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος (Ε.Ρ.) δὲν διατηρεῖται σταθερὰ ἀλλὰ μεταβάλλεται περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου. Ἡ φορὰ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος (Σ.Ρ.) διατηρεῖται σταθερὰ ἐν τῷ χρόνῳ. Τοῦτ' αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν τάσιν καὶ τὴν ἔντασιν. Τὰ μεγέθη ταῦτα παραμένουν σταθερὰ εἰς τὸ Σ.Ρ. ἐνῷ μεταβάλλονται περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου εἰς τὸ Ε.Ρ.

β) Τὸ Ε.Ρ. δὲν προκαλεῖ ἠλεκτρόλυσιν, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ Σ.Ρ., τὸ ὁποῖον ἠλεκτρολύει τὰ ἠλεκτρολυτικὰ διαλύματα.

γ) Τὸ Ε.Ρ. δὲν φορτίζει συσσωρευτάς, ἐνῷ τὸ Σ.Ρ. προκαλεῖ τὴν φόρτισιν αὐτῶν.

δ) Τὸ Ε.Ρ. διέρχεται διὰ τῶν πυκνωτῶν, συναντῶν κατὰ τὴν διέλευσίν του δι' αὐτῶν τὴν καλουμένην χωρητικὴν ἀντίστασιν. Τὸ Σ.Ρ. ὑφίσταται διακοπήν, συναντῶν κατὰ τὴν πορείαν αὐτοῦ πυκνωτήν.

ε) Τὸ Ε.Ρ. διερχόμενον διὰ πηνίου συναντᾷ πλὴν τῆς ὠμικῆς καὶ ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν. Τὸ Σ.Ρ. συναντᾷ μόνον ὠμικὴν ἀντίστασιν διερχόμενον διά τινος πηνίου.

στ) Τὸ Ε.Ρ. προκαλεῖ φαινόμενα ἐπαγωγῆς, αὐτεπαγωγῆς ὡς καὶ δινορρεύματα Foucault. Τὸ Σ.Ρ., σταθερᾶς ἐντάσεως, δὲν προκαλεῖ τοιαῦτα φαινόμενα.

ζ) Τὸ Ε.Ρ. μετασχηματίζεται διὰ μετασχηματιστοῦ. Τὸ Σ.Ρ., σταθερᾶς ἐντάσεως, δὲν δύναται νὰ μετασχηματισθῇ.

η) Τὸ Ε.Ρ. δημιουργεῖ ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίον. Τὸ Σ.Ρ. δημιουργεῖ μόνον μαγνητικὸν πεδίον.

***175. Διαφοραὶ μεταξὺ μετασχηματιστοῦ καὶ ἐπαγωγικοῦ πηνίου.** Μεταξὺ μετασχηματιστοῦ καὶ ἐπαγωγικοῦ πηνίου, ὑφίστανται αἱ ἀκόλουθοι διαφοραί.

α) Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμεύει διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς συνεχοῦς τάσεως καὶ τὴν μεταβολὴν αὐτῆς εἰς ἐναλλασσομένην τοιαύτην. Ὁ μετασχηματιστὴς χρησιμεύει διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἢ τὸν ὑποβιβασμὸν τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως.

β) Τὸ πρωτεῦον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου ἀποτελεῖται πάντοτε ἐκ χονδροῦ σύρματος, ὀλίγων σπειρῶν. Τὸ πρωτεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ δύναται νὰ ἀποτελῆται εἴτε ἐκ χονδροῦ σύρματος, ὀλίγων σπειρῶν, εἴτε ἐκ λεπτοῦ σύρματος, πολλῶν σπειρῶν. Τοῦτο ἐξαρτᾶται ἂν θὰ χρησιμοποιηθῇ πρὸς ἀνύψωσιν ἢ ὑποβιβασμὸν ἐναλλασσομένης τάσεως.

γ) Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον περιλαμβάνει εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ πρωτεύοντος αὐτόματον διακόπτην, διότι μετασχηματίζει συνεχὲς ρεῦμα εἰς ἐναλλασσόμενον ὑψηλῆς τάσεως. Ὁ μετασχηματιστὴς δὲν περιλαμβάνει τοιοῦτον διακόπτην, διότι μετασχηματίζει ἐναλλασσομένην τάσιν.

δ) Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἔχει μικρὸν συντελεστὴν ἀποδόσεως, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸν μετασχηματιστήν, ὁ ὁποῖος παρουσιάζει μεγάλον συντελεστὴν ἀποδόσεως.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Τὸ πρωτεῦον μετασχηματιστοῦ εὑρίσκεται ὑπὸ τάσιν 600 V καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 4 Α. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῦον, εὑρισκόμενον ὑπὸ τάσιν 120 V, ὅταν ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως τοῦ μετασχηματιστοῦ ἰσοῦται πρὸς 0,95.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Λύσις. Ἡ ἰσχὺς N_1 τοῦ πρωτεύοντος δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$N_1 = U_{1\varepsilon\nu} \cdot i_{1\varepsilon\nu} = 600 \cdot 4 = 2400 \text{ Watt}$$

Ἡ ἰσχὺς τοῦ δευτερεύοντος ἑπομένως θὰ ἀνέρχεται εἰς :

$$N_2 = 0{,}95 \cdot N_1 = 2400 \cdot 0{,}95 = 2280 \text{ Watt}$$

Ἀλλ' εἶναι : $N_2 = U_{2\varepsilon\nu} \cdot i_{2\varepsilon\nu}$ ἐξ οὗ :

$$i_{2\varepsilon\nu} = \frac{N_2}{U_{2\varepsilon\nu}} = \frac{2280}{120} = 19 \text{ A}$$

2. Μετασχηματιστής, ὁ ὁποῖος μετασχηματίζει τάσιν $U_{1\varepsilon\nu} = 5000$ V εἰς $U_{2\varepsilon\nu} = 220$ V, παρουσιάζει, λειτουργῶν ὑπὸ φορτίον, ἰσχὺν $N_1 = 150$ kVA καὶ συντελεστὴν ἀποδόσεως 0,98. Ποῖαι αἱ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων εἰς τὸ πρωτεῦον καὶ τὸ δευτερεῦον.

Λύσις. Εἶναι : $i_{1\varepsilon\nu} \cdot U_{1\varepsilon\nu} = N_1$ ἐξ ἧς :

$$i_{1\varepsilon\nu} = \frac{N_1}{U_{1\varepsilon\nu}} = \frac{150\,000}{5000} = 30 \text{ A}$$

Ἐξ ἄλλου εἶναι :

$$N_2 = \eta \cdot N_1 = 0{,}98 \cdot 150 = 147 \text{ kVA}$$

ἑπομένως : $i_{2\varepsilon\nu} \cdot U_{2\varepsilon\nu} = N_2$ καὶ :

$$i_{2\varepsilon\nu} = \frac{N_2}{U_{2\varepsilon\nu}} = \frac{147\,000}{220} = 668 \text{ A}$$

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ερωτήσεις

1. Ποία διαφορὰ ὑφίσταται μεταξὺ συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

2. Διατί ἡ συχνότης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος κυμαίνεται συνήθως μεταξὺ 30-60 Hz.

3. Ἀναφέρατε ἁπλῆν διάταξιν πρὸς παραγωγὴν ἐναλλασσομένης τάσεως.

4. Τί ἐννοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου συχνότης ἐναλλασσομένου ρεύματος.

5. Ποία ἡ ἀναλυτικὴ ἔκφρασις τῆς χρονικῆς μεταβολῆς μιᾶς ἐναλλασσομένης τάσεως (ἡμιτονοειδοῦς) καὶ μιᾶς ἐναλλασσομένης ἐντάσεως.

6. Τί καλεῖται πλάτος τῆς τάσεως καὶ τί πλάτος τῆς ἐντάσεως. Τί καλεῖται φάσις αὐτῶν.

7. Εἰς ποίαν περίπτωσιν ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εὑρίσκονται ἐν φάσει.

8. Τί καλεῖται ἐνεργὸς τάσις καὶ τί ἐνεργὸς ἔντασις ἐναλλασσομένου ρεύματος.

9. Ποία ἡ σχέσις ἡ συνδέουσα τὰς ἐνεργοὺς τιμὰς τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος μετὰ τῶν ἀντιστοίχων πλατῶν αὐτῶν.

10. Πῶς εὑρίσκεται πειραματικῶς ἡ καμπύλη τῶν μεταβολῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος.

11. Διὰ ποίων μεθόδων παριστῶμεν γραφικῶς ἓν ἐναλλασσόμενον μέγεθος.

12. Διὰ ποίων μεθόδων προσθέτομεν ἐναλλασσόμενα μεγέθη.

13. Τί ἐκφράζει, γενικῶς, ἡ διαφορὰ φάσεως φ, δύο ἡμιτονοειδῶν ἐναλλασσομένων μεγεθῶν.

14. Τί καλοῦμεν μέσην ἢ πραγματικὴν ἰσχὺν ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ τί συντελεστὴν ἰσχύος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

15. Εἰς τί μονάδας μετροῦνται ἡ μέση ἰσχὺς ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ τὸ ἔργον αὐτοῦ.

16. Τί εἶναι τὰ ἀποπνικτικὰ πηνία.

17. Ἐκ ποίων παραγόντων ἐξαρτᾶται ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις ἑνὸς κυκλώματος.

18. Τί παρατηρεῖται μεταξὺ τάσεως - ἐντάσεως εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, περιλαμβάνον μόνον ἐπαγωγικὴν ἀντίστασιν.

19. Ποία ἡ συμπεριφορὰ τοῦ πυκνωτοῦ εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καὶ πῶς ἐξηγεῖται τοῦτο.

20. Τί ἐννοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου σύνθετος ἀντίστασις κυκλώματος ἐναλλασσομένου ρεύματος.

21. Τί παρατηρεῖται μεταξὺ τάσεως - ἐντάσεως εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, περιλαμβάνον μόνον χωρητικὴν ἀντίστασιν.

22. Ποῖα ρεύματα καλοῦνται πολυφασικά.

23. Τί καλεῖται τριφασικὸν ρεῦμα.

24. Ἀναφέρατε ἁπλῶς διατάξεις πρὸς παραγωγὴν τριφασικοῦ ρεύματος.

25. Πρὸς τί ἰσοῦται τὸ ἄθροισμα τῶν στιγμιαίων τιμῶν τῶν τάσεων ἢ τῶν ἐντάσεων συστήματος τριφασικοῦ ρεύματος.

26. Διατί διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τριφασικοῦ ρεύματος ἐπιτυγχάνομεν οἰκονομίαν εἰς τοὺς ἀγωγοὺς διανομῆς.

27. Πῶς γίνεται ἡ διανομὴ τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος.

28. Τί εἶναι ὁ μετασχηματιστὴς καὶ ποία ἡ ἐξίσωσις αὐτοῦ.

29. Ποία ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ μετασχηματιστοῦ.

30. Ἀναφέρατε μερικὰς χρήσεις τοῦ μετασχηματιστοῦ.

Β' Προβλήματα

1. Ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχει συχνότητα 50 Hz. Ποία ἡ κυκλικὴ συχνότης καὶ ποία ἡ περίοδος αὐτοῦ. (Ἀπ. α' $\omega = 314$ rad/sec, β' $T = 0{,}02$ sec.)

2. Βολτόμετρον δεικνύει 220 V ὅταν συνδέεται μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἠλεκτρικῆς μηχανῆς. Ὑπολογίσατε τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς ΗΕΔ. (Ἀπ. $U_0 = 311$ V.)

3. Μεταξὺ δύο σημείων ἑνὸς κυκλώματος ἐφαρμόζεται ἡμιτονοειδὴς τάσις, τῆς ὁποίας τὸ πλάτος εἶναι μηδὲν εἰς χρόνον $t = 0$, καὶ τῆς ὁποίας ἡ ἐνεργὸς τιμὴ εἶναι 10 V. Ἡ τάσις αὕτη ἔχει συχνότητα 50 sec^{-1}. Ποία εἶναι ἡ ἔκφρασις τῆς στιγμιαίας τιμῆς τῆς τάσεως.
[Ἀπ. $U = 10 \cdot \sqrt{2} \cdot$ ημ $(314\, t)$.]

4. Ποία ἡ ἰσχὺς ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὅταν ἡ ἐνεργὸς τάσις αὐτοῦ εἶναι 220 V, ἡ ἐνεργὸς ἔντασις 10 A καὶ ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ ἐντάσεως ρεύματος καὶ τάσεως 60^0.
(Ἀπ. $N = 1100$ W.)

5. Ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς εἰς τμῆμα κυκλώματος εἶναι 362 W, ὅταν ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 4 A καὶ ὅταν ἡ ἐνεργὸς τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ τμήματος τούτου τοῦ κυκλώματος εἶναι 100 V. Ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ ἐντάσεως καὶ τάσεως.
(Ἀπ. $\varphi = 25^0\ 10'$.)

6. Ηηνίον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τοῦ ὁποίου ἡ ἐνεργὸς ἔντασις εἶναι 4 A. Ἡ ἐνεργὸς τάσις εἰς τὰ ἄκρα του εἶναι 104,5 V. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἐκλυομένη θερμότης, συνεπείᾳ τοῦ φαινομένου Joule, εἶναι 24 kcal ἐντὸς 5 min, ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ ὁ συντελεστὴς ἰσχύος (1 cal = 4,18 Joule). (Ἀπ. συν $\varphi = 0{,}8$.)

7. Ηηνίον παρουσιάζει ἀντίστασιν 20 Ω καὶ αὐτεπαγωγὴν 0,35 H. Ὑπολογίσατε τὴν ἐπαγωγικήν του ἀντίστασιν ὡς καὶ τὴν σύνθετον ἀντίστασιν, ὅταν τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος συχνότητος 25 sec^{-1}. (Ἀπ. α' $R_L = 55$ Ω. β' $Z = 58{,}5$ Ω.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

8. Πηνίον ἀντιστάσεως 50 Ω, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,275 Η, διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ἡμιτονοειδοῦς ρεύματος, τοῦ ὁποίου ἡ ἐνεργὸς ἔντασις εἶναι 4,4 Α. Ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι 50 sec^{-1}. Ποία εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου.

(Ἀπ. $U_{εν} = 439$ V.)

9. Πυκνωτὴς χωρητικότητος 36,8 μF, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐνεργοῦ ἐντάσεως 4,4 Α. Ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι 50 sec^{-1}. Ποία ἡ ἐνεργὸς τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτοῦ.

(Ἀπ. $U_{εν} = 380$ V.)

10. Κύκλωμα συνίσταται ἀπὸ λυχνίαν πυρακτώσεως ἀντιστάσεως 75 Ω, πηνίον ὡμικῆς ἀντιστάσεως 5 Ω καὶ συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς 0,5 Η καὶ πυκνωτὴν χωρητικότητος 10 μF. Ἡ λυχνία, τὸ πηνίον καὶ ὁ πυκνωτὴς εἶναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ. Ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς τάσεως τῆς ἐφαρμοζομένης εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος εἶναι 130 V, ἐνῶ ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι 50 Hz. Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) ἡ σύνθετος ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος καὶ β) ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τάσεως καὶ ἐντάσεως. (Ἀπ. α' Z = 180,2 Ω, β' φ = 63° 40'.)

11. Συνδέεται ἐν σειρᾷ πηνίον αὐτεπαγωγῆς 0,2 Η καὶ πυκνωτὴς χωρητικότητος 125 μF. Ἡ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι 20 Ω. Ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ ἡ σύνθετος ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος, ὅταν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι 50 sec^{-1}. Ποίαν τιμὴν πρέπει νὰ ἔχῃ ἡ συχνότης αὕτη, ἵνα ἡ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι ἐλαχίστη. (Ἀπ. Z = 42,35 Ω, ν = 31,83 sec^{-1}.)

12. Πηνίον συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς L καὶ ἀντιστάσεως R συνδέεται ἐν σειρᾷ μὲ πυκνωτὴν χωρητικότητος C. Διὰ ποίαν τιμὴν τοῦ συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς, τὸ κύκλωμα ἔχει μόνον ὡμικὴν ἀντίστασιν. Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή: ν = 50 sec^{-1}, C = 0,1 μF. (Ἀπ. L = 101,5 Η περίπου.)

13. Τάσις ἐνεργοῦ τιμῆς 120 V ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα κυκλώματος, συνισταμένου ἀπὸ πηνίον ἀντιστάσεως 30 Ω καὶ ἐπαγωγικῆς ἀντιστάσεως Lω = 52 Ω καὶ πυκνωτοῦ μὲ χωρητικὴν ἀντίστασιν 1/Cω = 22 Ω, συνδεδεμένου ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ πηνίον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπανωμένη ἰσχὺς εἰς τὸ κύκλωμα. (Ἀπ. N = 240 W.)

14. Τὸ πρωτεῦον μετασχηματιστοῦ ἀπορροφᾷ ἰσχὺν 6000 W. Τὸ δευτερεῦον εἶναι συνδεδεμένον εἰς κύκλωμα, ἄνευ αὐτεπαγωγῆς καὶ ἡ ἐνεργὸς ἔντασις εἰς τὸ κύκλωμα τοῦτο εἶναι 10 Α. Ὑποτίθεται ὅτι ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἴση πρὸς 1. Πόση εἶναι ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος. (Ἀπ. $U_{2εν} = 600$ W.)

15. Τὸ δευτερεῦον μετασχηματιστοῦ φέρει 154 σπείρας. Ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς τάσεως εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ πρωτεύοντος εἶναι 2500 V. Ἐπιθυμοῦμεν νὰ ἔχωμεν ἐν κενῷ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ δευτερεύοντος, τάσιν ἐνεργοῦ τιμῆς 110 V. Πόσος πρέπει νὰ εἶναι ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος. (Ἀπ. $n_1 = 3500$ σπεῖραι.)

16. Εἰς τὸ δευτερεῦον μετασχηματιστοῦ λαμβάνομεν ἰσχὺν 4032 W. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι 0,96. Ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον, ὅταν ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς τάσεως τροφοδοσίας εἶναι 120 V. (Ἀπ. $i_{1εν} = 35$ Α.)

17. Μετασχηματιστὴς λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 2400 V καὶ δίδει εἰς τὴν κατανάλωσιν ρεῦμα ἐντάσεως 80 Α. Ὁ λόγος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος πρὸς τὸν ἀριθμὸν σπειρῶν τοῦ δευτερεύοντος εἶναι 20 : 1. Ὑποθέτοντες ὅτι ἡ ἀπόδοσις εἶναι 100 % ὑπολογίσατε τὴν τάσιν εἰς τὸ δευτερεῦον, τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρωτεῦον καὶ τὴν ἀποδιδομένην ἰσχύν.

(Ἀπ. α' $U_{2εν} = 120$ V, β' $i_{1εν} = 4$ Α, γ' $N_2 = 9600$ W.)

18. Μετασχηματιστὴς πτώσεως τάσεως φέρει πρωτεῦον 4500 σπειρῶν καὶ δευτερεῦον 150 σπειρῶν. Τὸ κύκλωμα τοῦ πρωτεύοντος δέχεται ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑπὸ ἐνεργὸν τάσιν 3000 V. Τὸ ρεῦμα τοῦ δευτερεύοντος χρησιμοποιεῖται εἰς μίαν ἀντίστασιν θερμάνσεως καὶ διαπιστοῦται ὅτι ἡ ἐκλυομένη θερμότης φέρει εἰς βρασμόν, ἐντὸς 10 min, 15 kgr ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας 15 °C. Δεχόμενοι ὅτι αἱ ἀπώλειαι ἐνεργείας διὰ τὴν θέρμανσιν εἶναι ἀμελητέαι, νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἀπορροφούμενον ρεῦμα ὑπὸ τοῦ πρωτεύοντος καὶ ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος.

(Ἀπ. α' $i_{2εν} = 2,96$ Α, β' $U_{2εν} = 100$ V.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

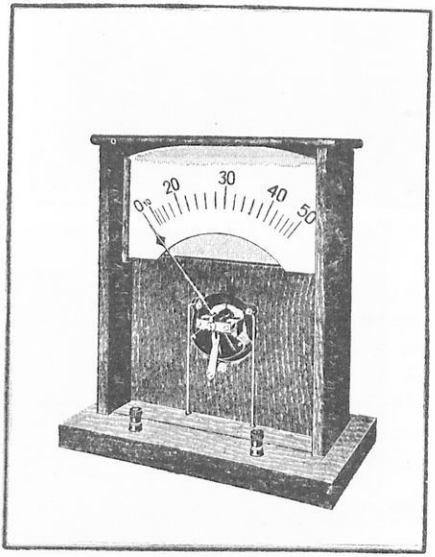
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'

ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ, ΤΑΣΕΩΣ, ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

Ι. ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

176. Γενικά. Εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἐν γένει κατὰ τὰς ἠλεκτρικὰς μετρήσεις χρησιμοποιοῦνται ὄργανα διαφόρων τύπων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ὄργανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων, ὡς π.χ. γαλβανόμετρα, ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα, βατόμετρα, τῶν ὁποίων ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας στηρίζεται ἐπὶ τῶν διαφόρων ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὡς ἠλεκτρομαγνητικῶν, θερμικῶν κλπ.

Ἐξ ἄλλου, εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦ Στατικοῦ Ἠλεκτρισμοῦ (βλ. § 45) ἐγνωρίσαμεν ἤδη τὰ ἠλεκτροσκόπια ἢ ἠλεκτρόμετρα, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία στηρίζεται ἐπὶ δυνάμεων προερχομένων ἐξ ἠλεκτρικῶν πεδίων. Τὰ ὄργανα ταῦτα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας πρέπει νὰ ἀποφεύγεται κατὰ τὴν μέτρησιν ἡ διέλευσις ρεύματος διὰ τοῦ ὀργάνου μετρήσεως, ὡς π.χ. εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς μετρήσεως τάσεως φορτισμένου πυκνωτοῦ κλπ.

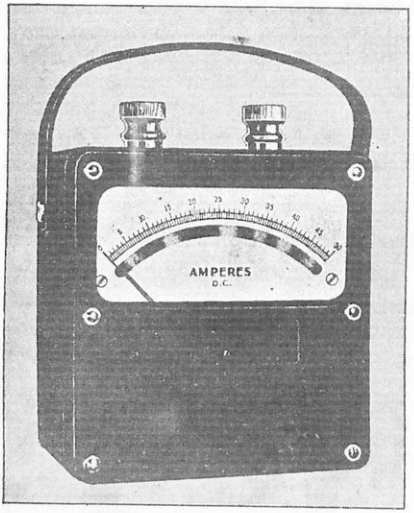


Σχ. 302. Γαλβανόμετρον ἐπιδείξεως ἐργαστηριακοῦ τύπου.

177. Γαλβανόμετρα. Ταῦτα εἶναι συνήθως ὄργανα μὴ βαθμολογημένα, χρησιμεύουν δὲ διὰ νὰ ἐλέγχωμεν ἐὰν διά τινος κυκλώματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα (σχ. 302). Τὰ γαλβανόμετρα ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται πρὸς μέτρησιν κυρίως λίαν ἀσθενῶν ρευμάτων, παρεμβάλλονται δὲ εἰς τὸ κύκλωμα ἐν σειρᾷ καὶ ἔχουν μικρὰν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

178. Ἀμπερόμετρα. Τὰ ὄργανα ταῦτα δὲν διαφέρουν τῶν γαλβανομέτρων ὡς πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν, εἶναι μόνον βαθμολογημένα εἰς μονάδας Ἀμπὲρ (Α) καὶ μετροῦν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα εἰς τὸ ὁποῖον παρεντίθενται (σχ. 303).



Σχ. 303. Ἐξωτερικὴ ὄψις φορητοῦ ἀμπερομέτρου ἐργαστηριακοῦ τύπου.

Πρὸς μέτρησιν τῆς ἐντάσεως ρεύματος, διαρρέοντος ἠλεκτρικήν τινα συσκευήν, πρέπει νὰ ἀναγκάσωμεν τὸ ρεῦμα, τὸ διερχόμενον διὰ τῆς συσκευῆς, νὰ διέλθῃ καὶ διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου. Διὰ τοῦτο διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, παρεμβάλλοντες, εἴς τι σημεῖον αὐτοῦ, τὸ ὄργανον (βλ. σχ. 137, σελ. 136). Τὸ ρεῦμα ἀκολούθως διερχόμενον διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου προκαλεῖ ἀπόκλισιν τοῦ δείκτου τοῦ ὀργάνου, ὁ ὁποῖος οὕτω παρέχει ἐπὶ κλίμακος, εὑρισκομένης ἔμπροσθεν αὐτοῦ καὶ βαθμολογημένης εἰς Ἀμπέρ, τὴν τιμὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ διερχομένου ρεύματος.

Ἐπειδὴ τὰ ἀμπερόμετρα συνδέονται πάντοτε ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα (βλ. σχ. 305), διὰ νὰ μὴ μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ κύκλωμα, πρέπει ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ ὀργάνου, δηλαδὴ ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν ἐντὸς τοῦ ὀργάνου, νὰ εἶναι ὅσον τὸ δυνατὸν μικροτέρα.

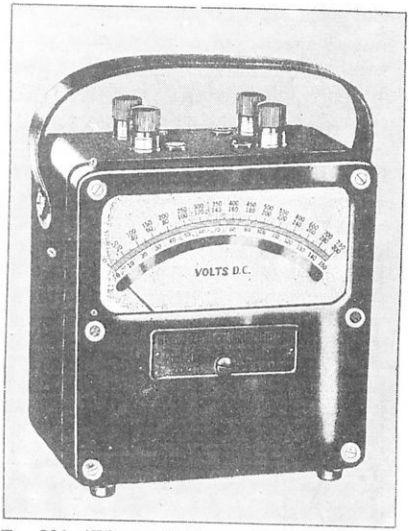
Ἀμπερόμετρα εὐαίσθητα βαθμολογημένα εἰς μιλιαμπὲρ ($1\ mA = 10^{-3}\ A$) ὀνομάζονται **μιλιαμπερόμετρα.** Ἐνῷ ἂν εἶναι βαθμολογημένα εἰς μικροαμπὲρ ($1\ \mu A = 10^{-6}\ A$) ὀνομάζονται **μικροαμπερόμετρα.**

179. Βολτόμετρα. Ταῦτα εἶναι, ὡς πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν, ἐντελῶς ὅμοια πρὸς τὰ ἀμπερόμετρα, διαφέρουν ὅμως ὡς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, ἡ ὁποία εἰς τὰ βολτόμετρα, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ ἀμπερόμετρα, πρέπει νὰ εἶναι πολὺ μεγάλη (σχ. 304).

Πράγματι, τὰ βολτόμετρα συνδέονται κατὰ διακλάδωσιν (ἐν παραλλήλῳ), (σχ. 305), εἰς τὰ ἄκρα τμήματος τοῦ κυκλώματος, εἰς τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν μεταξὺ τῶν ἄκρων τούτων ὑφισταμένην διαφορὰν δυναμικοῦ. Τότε θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ὀργάνου ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις θὰ εἶναι, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm, ἀνάλογος τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ τμήματος τοῦ κυκλώματος. Ἡ ἀπόκλισις τοῦ δείκτου, ἔμπροσθεν κλίμακος, βαθμολογημένης εἰς βόλτ, παρέχει τὴν ζητουμένην τιμὴν τῆς τάσεως τοῦ τμήματος τοῦ

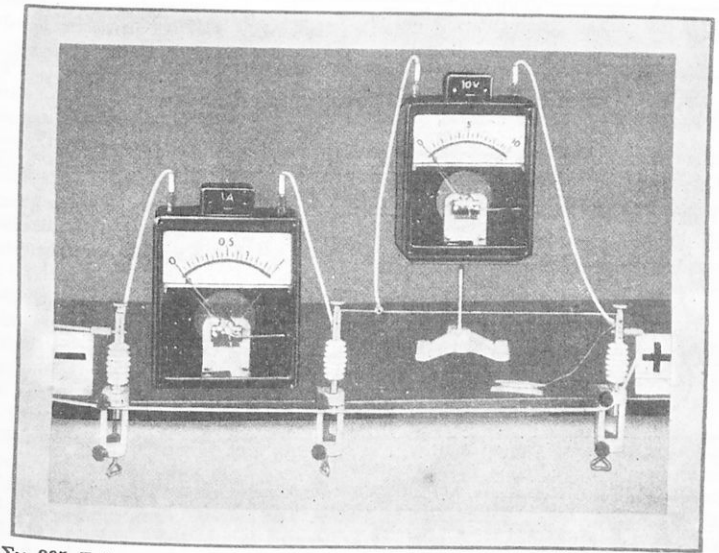
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κυκλώματος. Διὰ νὰ μὴ μεταβάλλῃ δὲ ἡ σύνδεσις τοῦ βολτομέτρου τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα, ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ εἶναι πολὺ μεγάλη ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ πρὸς μέτρησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ τμήματος τοῦ ἀγωγοῦ, ὁπότε διὰ τοῦ βολτομέτρου διέρχεται λίαν ἀσθενὲς ρεῦμα, καὶ οὕτω δὲν ἐπηρεάζεται αἰσθητῶς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα.



Σχ. 304. Ἐξωτερικὴ ὄψις φορητοῦ βολτομέτρου ἐργαστηριακοῦ τύπου.

Κατὰ τὰς μετρήσεις δέον νὰ προσέχωμεν πάντοτε, ὅπως τὸ ἀμπερόμετρον συνδέεται ἐν σειρᾷ καὶ τὸ βολτόμετρον ἐν παραλλήλῳ (κατὰ διακλάδωσιν), διότι, ἐὰν συνδέσωμεν τὸ ἀμπερόμετρον ἐν παραλλήλῳ ὑπάρχει ἄμεσος κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ ὀργάνου, λόγῳ τῆς λίαν μικρᾶς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ. Οὕτω, π.χ., ἐὰν



Σχ. 305. Τρόπος συνδέσεως ἀμπερομέτρου καὶ βολτομέτρου εἰς κύκλωμα. Τὸ ἀμπερόμετρον συνδέεται ἐν σειρᾷ (παρεμβάλλεται) εἰς τὸ κύκλωμα, ἐνῷ τὸ βολτόμετρον ἐν παραλλήλῳ.

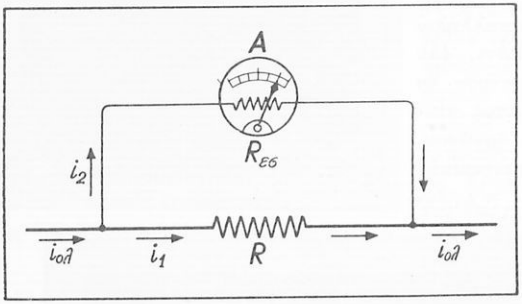
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συνδέσωμεν ἐν ἀμπερόμετρον μὲ τοὺς πόλους ἑνὸς συσσωρευτοῦ, τὸ ὄργανον θὰ καταστραφῇ ἀμέσως, λόγῳ τοῦ μεγάλου ρεύματος τὸ ὁποῖον θὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτοῦ.

Βολτόμετρα εὐαίσθητα, καθ' ὅλα ὅμοια πρὸς τὰ ἀνωτέρω, ἀλλὰ βαθμολογημένα εἰς μιλιβόλτ (mV), καλοῦνται **μιλιβολτόμετρα,** ἐνῷ ἂν εἶναι βαθμολογημένα εἰς μικροβόλτ (μV) ὀνομάζονται **μικροβολτόμετρα.**

180. Ὄργανα μὲ περιοχὰς μετρήσεων. α) Διακλάδωσις ἀμπερομέτρου. Συνήθως τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται, εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν μέχρις ὡρισμένης ἐντάσεως, π.χ. 1 Α, 10 Α, 25 Α κ.ο.κ. καὶ ἐπομένως τὸ ὄργανον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ μόνον διὰ μετρήσεις ρευμάτων, τῶν ὁποίων ἡ ἔντασις δὲν ὑπερβαίνει τὴν μεγίστην τιμήν, διὰ τὴν ὁποίαν τοῦτο ἔχει κατασκευασθῇ. Ἐὰν τὸ ὄργανον χρησιμοποιηθῇ ὡς ἔχει διὰ τὴν μέτρησιν ρευμάτων μεγαλυτέρας ἐντάσεως, θὰ καταστραφῇ.

Δυνάμεθα ὅμως δι' ἀμπερομέτρου ὡρισμένης περιοχῆς, π.χ. 1 Α, νὰ μετρήσωμεν καὶ ρεύματα μεγαλυτέρας ἐντάσεως, ἐὰν συνδέσωμεν πρὸς αὐτὸ ἐν παραλλήλῳ (κατὰ διακλάδωσιν) κατάλληλον ἀντίστασιν, ὁπότε ἓν μέρος τοῦ ὁλικοῦ ρεύματος διέρχεται διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου, τὸ δὲ ὑπόλοιπον διὰ τῆς ἐν παραλλήλῳ ἀντιστάσεως, ἥτις ὀνομάζεται συνήθως **διακλάδωσις τοῦ ἀμπερομέτρου.**



Σχ. 306. Διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς διακλαδώσεως ἀμπερομέτρου.

Οὕτω, σήμερον τὰ ἀμπερόμετρα ἐφοδιάζονται διὰ σειρᾶς διακλαδώσεων, δύνανται δὲ τοιουτοτρόπως νὰ χρησιμοποιηθοῦν διὰ μετρήσεις μεγαλυτέρας ἐντάσεως ρεύματος ἀπὸ ἐκείνην διὰ τὴν ὁποίαν ἔχουν κατασκευασθῇ. Πολλὰ ἀμπερόμετρα νεωτέρου τύπου φέρουν εἰς τὸ ἐσωτερικόν των τὰς ἐν λόγῳ διακλαδώσεις, δυνάμεθα δὲ διὰ μεταθέσεως καταλλήλου μοχλοῦ νὰ ἔχωμεν τὴν ἑκάστοτε ἐπιθυμητὴν τιμὴν κλίμακος διὰ τὴν μέτρησιν ἐντάσεως ρεύματος.

Ὑπολογισμὸς διακλαδώσεως ἀμπερομέτρου. Ἔστωσαν i_1 καὶ i_2 αἱ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων, τῶν διαρρεόντων τὴν ἐν παραλλήλῳ ἀντίστασιν R καὶ τὸ ἀμπερόμετρον, ἀντιστοίχως, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $R_{εσ}$ (σχ. 306). Δι' ἐφαρμογῆς τῶν κανόνων τοῦ Kirchhoff, λαμβάνομεν τὰς σχέσεις :

$$i_{ολ} = i_1 + i_2 \qquad (1) \qquad \text{καὶ} \qquad i_1 \cdot R - i_2 \cdot R_{εσ} = 0 \qquad (2)$$

Ἐκ τῆς λύσεως τοῦ συστήματος τῶν δύο αὐτῶν ἐξισώσεων εὑρίσκομεν :

$$R = \frac{i_2 \cdot R_{εσ}}{i_{ολ} - i_2} \qquad \text{ἢ} \qquad R = \frac{R_{εσ}}{\dfrac{i_{ολ}}{i_2} - 1} = \frac{R_{εσ}}{n - 1} \qquad (3)$$

ὅπου $n = i_{ολ}/i_2$, ὁ λόγος τῶν ρευμάτων, ἤτοι τοῦ ὁλικοῦ πρὸς μέτρησιν ρεύματος καὶ τοῦ μεγίστου ἐπιτρεπομένου ὅπως διέλθῃ διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται τὸ ἑξῆς : Διὰ νὰ εὐρύνωμεν τὴν περιοχὴν μετρήσεων ἀμπερομέτρου, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $R_{εσ}$, εἰς τὴν n-πλασίαν τιμὴν τῆς ἀρχικῆς περιοχῆς, πρέπει νὰ συνδέσωμεν παραλλήλως πρὸς τὸ ὄργανον ἀντίστασιν R, τῆς ὁποίας τὸ μέγεθος δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$$R = \frac{1}{n-1} \cdot R_{\varepsilon\sigma} \qquad (4)$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις διακλαδώσεως ἀμπερομέτρου οὕτως, ὥστε ἡ περιοχὴ μετρήσεων τοῦ ὀργάνου 0—1 Α νὰ διευρυνθῇ μέχρι 5 Α. Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ὀργάνου $R_{\varepsilon\sigma} = 2\ \Omega$.

Λύσις. Δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων εἰς τὸν τύπον : $R = \frac{R_{\varepsilon\sigma}}{n-1}$, ὅπου $R_{\varepsilon\sigma} = 2\ \Omega$, $n = 5 : 1 = 5$, λαμβάνομεν :

$$R = 0{,}5\ \Omega$$

Διὰ νὰ ἀναγινώσκωμεν ἤδη τὴν πραγματικὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, πρέπει νὰ πολλαπλασιάζωμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ ὀργάνου ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν 5 ($i_{\text{ολ}} : i_2 = 5$, $n = 5$), ἡ δὲ κλῖμαξ τοῦ ὀργάνου, ὅπως λέγομεν, ἐν προκειμένῳ ἐπενταπλασιάσθη.

β) Ἐπαύξησις τῆς κλίμακος βολτομέτρου. Ὅπως εἰς τὰ ἀμπερόμετρα οὕτω καὶ εἰς τὰ βολτόμετρα δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν διὰ τοῦ αὐτοῦ ὀργάνου διαφόρου μεγέθους τάσεις, ἐπαυξάνοντες τὴν περιοχὴν μετρήσεων, ἀρκεῖ νὰ συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ ἀντίστασιν καταλλήλως ὑπολογιζομένην, ὁπότε διὰ νὰ δείξῃ τὸ ὄργανον τὴν ἰδίαν ὡς καὶ πρότερον ἔνδειξιν, πρέπει νὰ συνδεθῇ μὲ μεγαλυτέραν τάσιν.

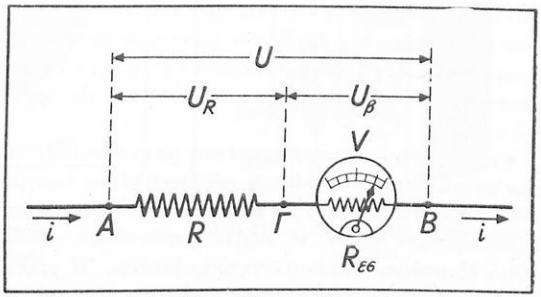
Ὑπολογισμὸς τῆς ἐν σειρᾷ ἀντιστάσεως. Ἔστωσαν U_β ἡ μεγίστη ἐπιτρεπομένη τάσις, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ μετρῇ τὸ βολτόμετρον, χωρὶς νὰ διατρέχῃ κίνδυνον καταστροφῆς καὶ U ἡ τάσις εἰς τὴν ὁποίαν θέλομεν νὰ εὐρύνωμεν τὴν περιοχὴν μετρήσεων τοῦ ὀργάνου (σχ. 307). Ἐὰν συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ βολτόμετρον ἀντίστασιν R, εἰς τρόπον ὥστε ἡ μεταξὺ τῶν ἄκρων A καὶ B τάσις νὰ ἰσοῦται πρὸς U, θὰ ἔχωμεν :

$$U = i\,(R + R_{\varepsilon\sigma}) \qquad \text{καὶ} \qquad U_\beta = i \cdot R_{\varepsilon\sigma}, \qquad (1)$$

ἐξ ὧν, διὰ διαιρέσεως κατὰ μέλη, λαμβάνομεν :

$$R = \frac{U - U_\beta}{U_\beta} \cdot R_{\varepsilon\sigma} \qquad (2)$$

εἶναι δὲ $U - U_\beta = U_R$ ἡ τάσις ἡ ἐφαρμοζομένη εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R.



Σχ. 307. Διὰ τὴν ἐπαύξησιν τῆς περιοχῆς μετρήσεων βολτόμετρου παρεμβάλλεται ἀντίστασις R.

Εἰς τὸν ὡς ἄνω καταμερισμὸν τῶν τάσεων στηρίζεται ἡ διάταξις διὰ τὴν διεύρυνσιν τῆς περιοχῆς μετρήσεων βολτομέτρου.

Ἐὰν ἐπὶ παραδείγματι βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον μετρεῖ κατ' ἀνώτατον ὅριον τάσιν 10 V, πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθῇ πρὸς μέτρησιν τάσεων μέχρις 100 V, τότε θὰ πρέπει ἡ τάσις τῶν 100 V νὰ καταμερισθῇ οὕτως, ὥστε τὰ 90 V (δηλαδὴ τὰ 9/10 αὐτῆς) νὰ ἐφαρμοσθοῦν ἐπὶ ἀντιστάσεως συνδεθείσης ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ ὄργανον, τὰ δὲ ὑπόλοιπα 10 V (δηλαδὴ τὸ 1/10 τῆς ὁλικῆς τάσεως) νὰ ἐφαρμοσθῇ ἐπὶ τοῦ ὀργάνου.

Ἑπομένως ἡ ἐν σειρᾷ ἀντίστασις πρέπει, συμφώνως πρὸς τὸν τύπον (2), νὰ ἔχῃ τιμὴν ἐννεαπλα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σίαν τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τοῦ βολτομέτρου. Ἐξ ἄλλου, ἐὰν $U/U_\beta = n$, ὁ τύπος (2) γίνεται :

$$R = \left(\frac{U}{U_\beta} - 1\right) R_{\varepsilon\sigma} = (n-1) \cdot R_{\varepsilon\sigma} \qquad (3)$$

Ἐπομένως, διὰ νὰ εὐρύνωμεν τὴν περιοχὴν μετρήσεων ἑνὸς βολτομέτρου, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $R_{\varepsilon\sigma}$, εἰς τιμὴν n-πλασίαν τῆς ἀρχικῆς, συνδέομεν ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ ὄργανον ἀντίστασιν R, τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$R = (n-1) \cdot R_{\varepsilon\sigma} \qquad (4)$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ πρὸς βολτόμετρον, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $R_{\varepsilon\sigma} = 2000\ \Omega$ καὶ περιοχῆς μετρήσεων 0 ἕως 100 V, διὰ νὰ δύναται νὰ μετρῇ τοῦτο τάσεις μέχρι 300 V.

Λύσις. Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀγνώστου ἀντιστάσεως R πρέπει νὰ ὑφίσταται πτῶσις τάσεως $U_R = 300 - 100 = 200$ V, ἐνῷ ἡ ὑπόλοιπος τάσις τῶν 100 V ὑφίσταται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὀργάνου. Κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm, διὰ τὰς δύο περιπτώσεις θὰ ἔχωμεν :

$$i \cdot R = 200\ V \qquad \text{καὶ} \qquad i \cdot R_{\varepsilon\sigma} = 100\ V.$$

Διὰ διαιρέσεως τῶν ἀνωτέρω ἐξισώσεων κατὰ μέλη, λαμβάνομεν τελικῶς :

$$R = 2\,R_{\varepsilon\sigma} = 2 \cdot 2000 = 4000\ \Omega$$

Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο εὑρίσκεται ἀμέσως δι' ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου : $R = (n-1)\,R_{\varepsilon\sigma}$ εἰς τὸν ὁποῖον εἶναι $n = 3$.

Αἱ ἐνδείξεις τοῦ ὀργάνου πρέπει νὰ πολλαπλασιάζωνται ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν 3 ($300 : 100 = 3$, $n = 3$), διὰ νὰ παρέχουν τὴν ὑπ' αὐτοῦ μετρουμένην τάσιν.

ΙΙ. ΤΥΠΟΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ

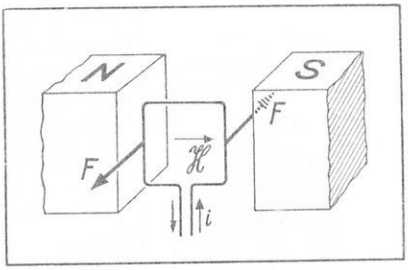
181. Ἠλεκτρομαγνητικὰ ὄργανα. Τὰ ὄργανα τοῦ τύπου τούτου λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀρχῆς τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος, διακρίνονται δὲ εἰς ὄργανα μετὰ στρεφομένου μαγνήτου, εἰς ὄργανα μετὰ στρεφομένου πλαισίου καὶ εἰς ὄργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου.

α) Ὄργανα μετὰ στρεφομένου μαγνήτου. Ἡ λειτουργία τῶν ὀργάνων τούτων στηρίζεται εἰς τὸ πείραμα τοῦ Oersted, ὡς περιγράφεται τοῦτο εἰς τὴν σελίδα 194, ἡ εὐαισθησία δὲ τοῦ ὀργάνου αὐξάνεται σημαντικῶς, ἐὰν ἀντὶ ἑνὸς ἀγωγοῦ χρησιμοποιήσωμεν πηνίον, τὸ ὁποῖον τοποθετοῦμεν κατακορύφως καὶ εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ ἐξαρτῶμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην. Ἡ χρησιμοποίησις καὶ ἡ κατασκευὴ τοιούτων ὀργάνων ἔχει σήμερον σχεδὸν ἐγκαταλειφθῇ, ταῦτα δὲ ἀντικατεστάθησαν ὑπὸ τῶν ὀργάνων μετὰ στρεφομένου πλαισίου.

β) Ὄργανα μετὰ στρεφομένου πλαισίου. Ἡ ἀρχὴ τῶν ὀργάνων τοῦ τύπου τούτου εἶναι ἡ ἀκόλουθος. Εἰς τὸ διάκενον τῶν πόλων N S ἑνὸς μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου, εὑρίσκεται ὀρθογώνιον πλαίσιον, ἔχον τὸ ἐπίπεδον αὐτοῦ παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 308). Ἐὰν διέλθῃ

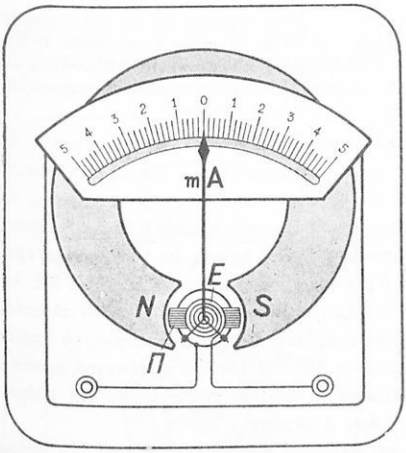
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ τοῦ πλαισίου ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως i, θὰ ἀσκηθῇ ἐπ' αὐτοῦ ζεῦγος δυνάμεων κατὰ Laplace, τὸ ὁποῖον τείνει νὰ περιστρέψῃ τὸ πλαίσιον. Ἡ δὲ γωνία στροφῆς τοῦ πλαισίου, εὑρίσκεται ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ πλαισίου ρεύματος.

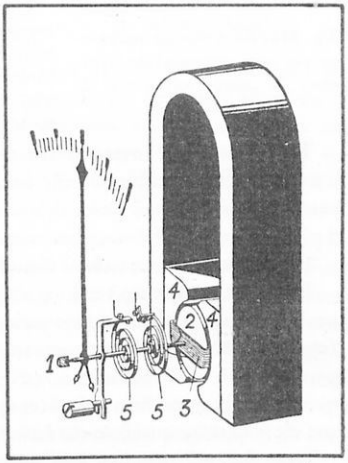


Σχ. 308. Ὄργανον μετὰ στρεφομένου πλαισίου. (ἀρχὴ λειτουργίας).

Τὸ σχῆμα 309 δεικνύει τὸν τρόπον τῆς πραγματοποιήσεως ἀμπερομέτρου (μιλιαμπερομέτρου, mA) μετὰ κινητοῦ πλαισίου, ἀποτελουμένου ἐκ μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου NS, τοῦ ὁποίου τὰ πολικὰ τεμάχια N καὶ S ἔχουν στρογγυλευθῇ διὰ κατεργασίας, μεταξὺ δὲ αὐτῶν δημιουργεῖται τὸ μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ πλαίσιον (Π), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐξ ἀριθμοῦ τινος ὀρθογωνίων σπειρῶν ἐξ ἀγωγοῦ σύρματος, ἐξαρτᾶται καταλλήλως εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ πλαίσιον διατίθεται οὕτως, ὥστε νὰ



Σχ. 309. Ὄργανον μετὰ στρεφομένου πλαισίου (μόνον διὰ συνεχὲς ρεῦμα).

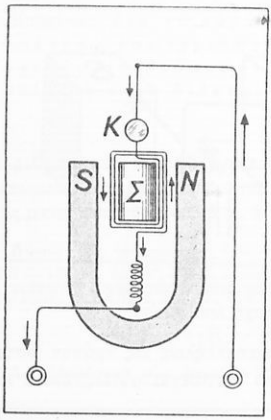


Σχ. 310. Ὄργανον μετὰ στρεφομένου πλαισίου.

δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα ἐντὸς τοῦ διακένου, ἐνῷ δείκτης προσηρμοσμένος καταλλήλως ἐπὶ τοῦ πλαισίου παρακολουθεῖ αὐτὸ εἰς τὴν κίνησιν καὶ τὸ ἓν ἄκρον αὐτοῦ μετατοπίζεται ἐπὶ τῶν διαιρέσεων κλίμακος. Ἐξ ἄλλου, σπειροειδὲς ἐλατήριον Ε, τοῦ ὁποίου τὸ ἓν ἄκρον συνδέεται μονίμως πρὸς τὸ πλαίσιον, τὸ δὲ ἕτερον εἰς σταθερὸν σημεῖον ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ ὀργάνου, χρησιμεύει ἀφ' ἑνὸς μὲν εἰς τὸ νὰ ἀντιτίθεται πρὸς τὴν κίνησιν τοῦ πλαισίου, ἀφ' ἑτέρου δὲ διὰ τὴν διο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χέτευσιν ρεύματος εἰς τὸ στρεφόμενον πλαίσιον. Ὅταν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τότε τὸ ὑπὸ τοῦ ρεύματος διαρρεόμενον πλαίσιον στρέφεται περὶ ἄξονα καὶ ἰσορροπεῖ εἰς θέσιν τοιαύτην, ὥστε ἡ ροπὴ ἡ δημιουργουμένη ἐκ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπενεργείας νὰ ἰσορροπῆται ὑπὸ τῆς ἀνταγωνιστικῆς ροπῆς τοῦ ἐλατηρίου. Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐκτροπὴ τοῦ πλαισίου ὡς καὶ τοῦ δείκτου ἐπὶ τῆς κλίμακος ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς θέσεως ἰσορροπίας. Ἐὰν διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, τὸ πλαίσιον ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ σπειροειδοῦς ἐλατηρίου ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν.



Σχ. 311. Κατοπτρικὸν γαλβανόμετρον μετὰ στρεφομένου πλαισίου. Κ μικρὸν κάτοπτρον, Σ σιδηροῦς πυρήν.

Εἰς τὸ διάκενον τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τίθεται συνήθως σιδηροῦς κύλινδρος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει διὰ τὴν συγκέντρωσιν τοῦ πεδίου καὶ τὴν διαμόρφωσιν αὐτοῦ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, νὰ εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀποκλίσεως τοῦ κινητοῦ συστήματος, ἐφ' ὅσον αἱ ἀποκλίσεις εἶναι μικραί.

Εἰς τὸ σχῆμα 310 δεικνύεται φωτογραφία ὀργάνου μετὰ στρεφομένου πλαισίου, ὅπου διακρίνεται σαφῶς τὸ σύστημα περιστροφῆς τοῦ πλαισίου. Οἱ εἰς τὸ σχῆμα σημειούμενοι ἀριθμοὶ ὑποδηλοῦν τὰ ἀκόλουθα μέρη τοῦ ὀργάνου : (1) ἄξων περιστροφῆς, (2) πυρὴν ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, (3) κινητὸν πλαίσιον, (4) πολικὰ τεμάχια, (5) σπειροειδὴ ἐλατήρια.

Τὰ ὄργανα μετὰ στρεφομένου πλαισίου χρησιμοποιοῦνται εἴτε ὡς ἀμπερόμετρα, εἴτε δι' αὐξήσεως τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως αὐτῶν, διὰ τῆς τοποθετήσεως δηλαδὴ ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ κύκλωμα τοῦ ὀργάνου καταλλήλου ἀντιστάσεως, ὡς βολτόμετρα. Ὁ τύπος οὗτος τῶν ὀργάνων ἔχει σήμερον τὴν μεγαλυτέραν διάδοσιν.

Ὄργανα μετὰ στρεφομένου πλαισίου κατασκευάζονται ἐπίσης ὡς **γαλβανόμετρα.**

Εἰς τὰ κατοπτρικὰ γαλβανόμετρα τὸ πλαίσιον ἐξαρτᾶται διὰ λεπτοῦ νήματος, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει καὶ ὡς ἄξων περιστροφῆς τοῦ κινητοῦ πλαισίου (σχ. 311). Ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς προσαρμόζεται μικρὸν κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον φωτίζεται ἐξ ἀποστάσεως διὰ λεπτῆς δέσμης φωτός. Ἡ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ οὕτω σχηματίζεται τὸ εἴδωλον τῆς σχισμῆς ἐπὶ κλίμακος εὑρισκομένης συνήθως εἰς ἀπόστασιν 1 ἕως 2 μέτρων.

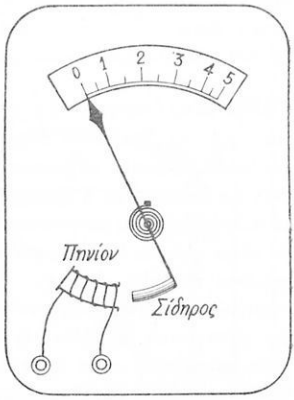
Ὅταν διὰ τοῦ πλαισίου διέλθῃ ρεῦμα, τὸ πλαίσιον περιστρέφεται περὶ τὸν ἄξονά του καὶ παρασύρει εἰς περιστροφὴν καὶ τὸ μικρὸν κάτοπτρον, οὕτω δὲ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς, ἡ ὁποία ἐπέχει θέσιν ἐπιμήκους δείκτου, περιστρέφεται κατὰ γωνίαν διπλασίαν τῆς τοῦ κατόπτρου. Ἀποτέλεσμα τούτου εἶναι ἡ μετατόπισις τοῦ εἰδώλου τῆς σχισμῆς ἐπὶ τῆς κλίμακος.

Τὰ ὄργανα ταῦτα, εἰς τὴν περίπτωσιν μετρήσεως ἀσθενῶν ρευμάτων, ἔχουν ἀνάγκην προηγουμένης βαθμολογίας, ἡ δὲ εὐαισθησία αὐτῶν εἶναι σημαντική, διότι ρεῦμα ἐντάσεως 10^{-8} A ἢ 10^{-9} A προκαλεῖ ἀπόκλισιν κατὰ 1 mm, τῆς κλίμακος εὑρισκομένης εἰς ἀπόστασιν 1 m ἀπὸ τοῦ κατόπτρου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

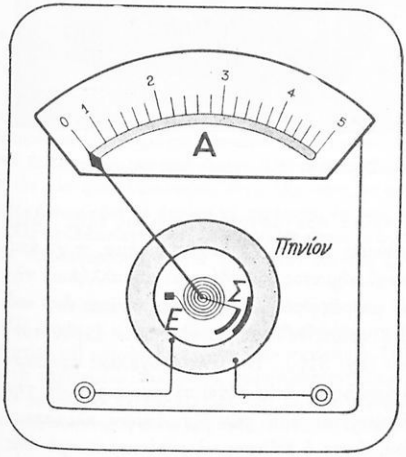
Παρατήρησις. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ ὄργανα μετὰ στρεφομένου μαγνήτου ἢ μετὰ στρεφομένου πλαισίου εἶναι κατάλληλα, ἐφ' ὅσον δὲν χρησιμοποιεῖται ἄλλη βοηθητικὴ διάταξις, μόνον διὰ συνεχῆ ρεύματα, διότι τὸ στρεφόμενον σύστημα δὲν ἀντιδρᾷ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐπειδὴ λόγῳ τῆς ἀδρανείας αὐτοῦ δὲν δύναται νὰ παρακολουθῇ τὰς ἐναλλαγὰς τοῦ ρεύματος. Ὡς ἐκ τούτου, τὰ ὄργανα ταῦτα χαρακτηρίζονται ἀπὸ ὡρισμένην πολικότητα, ὁ δὲ θετικὸς ἀκροδέκτης σημειοῦται συνήθως ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ. Ἐὰν τὸ ὄργανον συνδεθῇ κατ' ἀντίθετον τρόπον, ὁ δείκτης ἐκτρέπεται πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ μηδενὸς τῆς κλίμακος καὶ τὸ ὄργανον δὲν δύναται νὰ λειτουργήσῃ. Ἐπίσης, εἰς τὰ ὄργανα τοῦ τύπου τούτου αἱ διαιρέσεις τῆς κλίμακος ἀπέχουν ἴσον ἀπ' ἀλλήλων, διότι ἡ ἐκτροπὴ τοῦ δείκτου εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ πλαισίου.

Ἐὰν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν ὀργάνων αὐτῶν συνδεθῇ ἀνορθωτὴς (βλ. κατωτέρω), ὄργανον δηλ. μετατρέπον τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές, τὰ ὄργανα μετὰ στρεφομένου πλαισίου δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ διὰ μετρήσεις ἐναλλασσομένων ρευμάτων.



Σχ. 312. Ὄργανον μετὰ μαλακοῦ σιδήρου (ἀρχή).

γ) Ὄργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου. Διὰ μετρήσεις, αἱ ὁποῖαι δὲν ἀπαιτοῦν μεγάλην ἀκρίβειαν (βιομηχανικαὶ χρήσεις), χρησιμοποιοῦνται τὰ ὄργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου. Εἰς τὸ σχῆμα 312 δεικνύεται ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοιούτων ὀργάνων. Τὸ ρεῦμα τὸ πρὸς μέτρησιν διαρρέει τὸ πηνίον καὶ παράγει μαγνητικὸν πεδίον. Πρὸ τοῦ πηνίου ἔχει καταλλήλως ἐξαρτηθῇ δι' ἐλατηρίου τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, τὸ ὁποῖον ἕλκεται οὕτω πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πηνίου, καθότι ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἔχει μεγαλυτέραν τιμὴν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πηνίου, ἀνεξαρτήτως πρὸς τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος. Ὡς ἐκ τούτου τὰ ὄργανα διὰ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι κατάλληλα τόσον διὰ συνεχῆ, ὅσον καὶ δι' ἐναλλασσόμενα ρεύματα, αἱ δὲ διαιρέσεις τῆς κλίμακος δὲν ἀπέχουν ἐξ ἴσου, διότι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ πηνίου τοῦ ὀργάνου δὲν εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀποκλίσεως, ἀλλὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τῆς ἀποκλίσεως.



Σχ. 313. Νεώτερος τύπος ὀργάνου μετὰ μαλακοῦ σιδήρου. (Διὰ συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα).

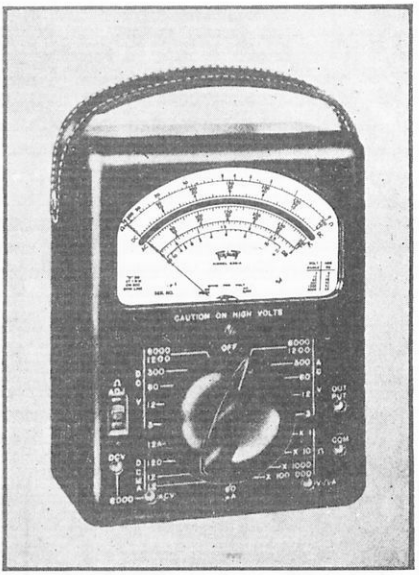
Εἰς τὸ σχῆμα 313 δεικνύεται νεώτερος τύπος ὀργάνου μετὰ μαλακοῦ σιδήρου. Οὗτος, ἐντὸς τοῦ πηνίου ὑπάρχουν δύο τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου Σ ὑπὸ μορφὴν κυκλικοῦ τομέως. Ἐκ τούτων τὸ μὲν ἓν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἶναι ἀκίνητον, τὸ δὲ ἕτερον στρέφεται περὶ ἄξονα ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένη καὶ ἡ βελόνη τοῦ ὀργάνου. Ὅταν τὸ πηνίον διαρρέεται ἀπὸ τὸ ὑπὸ μέτρησιν ρεῦμα, προκαλεῖ μαγνητικὸν πεδίον καὶ ὡς ἐκ τούτου μαγνητίζονται τὰ δύο σιδηρᾶ τεμάχια οὕτως, ὥστε οἱ δύο βόρειοι καὶ οἱ δύο νότιοι πόλοι νὰ εἶναι ἀπέναντι ἀλλήλων. Οὕτω τὰ δύο τεμάχια ἀπωθοῦνται καὶ ἀποκλίνει ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου.

***182. Πολύμετρα.** Τὰ πολύμετρα (σχ. 314) εἶναι ὄργανα, τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὡς βολτόμετρα ἢ ἀμπερόμετρα μὲ πολλὰς περιοχὰς μετρήσεων. Ταῦτα εἶναι γενικῶς ὄργανα μετὰ στρεφομένου πλαισίου, ἀναλόγως δὲ τῆς περιπτώσεως μετρήσεως συνδέονται διὰ μεταγωγοῦ (κομβίου) ἐν σειρᾷ ἢ ἐν παραλλήλῳ πρὸς καταλλήλως ὑπολογισθείσας ἀντιστάσεις εὑρισκομένας ἐντὸς τοῦ ὀργάνου τούτου.

Εἷς τινας τύπους πολυμέτρων εἶναι δυνατὴ καὶ ἡ μέτρησις ἀντιστάσεων, χωρητικοτήτων κλπ. Διὰ τῶν ὀργάνων τούτων εἶναι δυνατὸν νὰ γίνουν μετρήσεις καὶ εἰς ἐναλλασσόμενα ρεύματα, πρὸς τούτοις δὲ παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα ξηρὸς ἀνορθωτὴς καὶ οὕτω τὸ πλαίσιον διαρρέεται συνεχῶς ὑπὸ ρεύματος τῆς αὐτῆς φορᾶς.



Σχ. 314. Ἐξωτερικὴ ὄψις πολυμέτρου.

183. Θερμικὰ ὄργανα. Τὰ ὄργανα ταῦτα πραγματοποιοῦνται ὡς ἑξῆς : Μεταξὺ δύο μονίμων ἐπαφῶν Α καὶ Β διατείνομεν λεπτὸν μεταλλικὸν νῆμα, π.χ. ἀπὸ λευκόχρυσον. Ἀπὸ τοῦ μέσου τοῦ μεταλλικοῦ νήματος προσδένεται καταλλήλως νῆμα, τὸ ὁποῖον, ἀφοῦ διέλθῃ διὰ τοῦ λαιμοῦ μικρᾶς τροχαλίας Τ, στερεοῦται διὰ τοῦ ἑτέρου ἄκρου αὐτοῦ εἰς τὸ ἓν τῶν ἄκρων ἐλατηρίου, τοῦ ὁποίου τὸ ἕτερον ἄκρον συνδέεται μονίμως πρὸς τὴν βάσιν τοῦ ὀργάνου (σχ. 315). Ἐπὶ τῆς τροχαλίας προσαρμόζεται μονίμως ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου, ὁ ὁποῖος δύναται οὕτω νὰ παρακολουθῇ τὴν κίνησιν αὐτῆς, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ κινεῖται πρὸ τῶν διαιρέσεων κλίμακος. Ἐν ἀρχῇ ρυθμίζεται ἡ τάσις τοῦ ἐλατηρίου, ὥστε ὁ δείκτης νὰ εὑρίσκεται πρὸ τῆς διαιρέσεως μηδὲν τῆς κλίμακος. Ἐὰν ἀκολούθως διὰ τῶν ἐπαφῶν διαβιβάσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ σύρμα θερμαίνεται καὶ ὡς ἐκ τούτου διαστέλλεται, οὕτω δὲ τὸ ἐλατήριον, μέσῳ τοῦ διὰ τῆς τροχαλίας Τ διερχομένου νήματος, ἕλκει τὸ μέσον τοῦ σύρματος πρὸς τὰ κάτω. Λόγῳ ὅμως τῆς περιστροφῆς τῆς τροχαλίας ὁ δείκτης με-

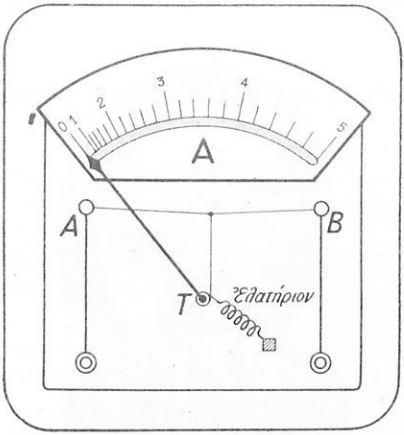
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τατοπίζεται καὶ ἰσορροπεῖ εἰς ὡρισμένην θέσιν ἐπὶ τῆς κλίμακος. Ἐὰν διακόψωμεν τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα ψύχεται, ὡς ἐκ τούτου δὲ συστέλλεται καὶ ἀναλαμβάνει τὸ κανονικόν του μῆκος, ἐνῷ ὁ δείκτης ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν.

Τὰ ὄργανα τοῦ τύπου τούτου κατασκευάζονται ἐπίσης ὡς βολτόμετρα καὶ ὡς ἀμπερόμετρα.

Εἰς τὰ θερμικὰ βολτόμετρα συνδέεται ἐν σειρᾷ μὲ τὸ θερμαινόμενον νῆμα μία μεγάλη ἀντίστασις καταλλήλως ὑπολογιζομένη.

Καὶ εἰς τὰ ὄργανα τοῦ τύπου τούτου αἱ διαιρέσεις τῆς κλίμακος δὲν ἀπέχουν ἐξ ἴσου διὰ τὸν λόγον τὸν ὁποῖον ἀνεφέρομεν καὶ διὰ τὰ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τὰ θερμικὰ ὄργανα δὲν ἔχουν συγκεκριμένην πολικότητα, δηλαδὴ δὲν ἔχουν καθωρισμένους πόλους + καὶ —, διότι ἡ λειτουργία των στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος, ἡ ὁποία, ὡς γνωστόν, δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος.



Σχ. 315. Θερμικὸν ἀμπερόμετρον. (Διὰ συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα).

***184. Βαλλιστικὸν γαλβανόμετρον.** Τοῦτο εἶναι ὄργανον χρησιμοποιούμενον πρὸς μέτρησιν ἠλεκτρικῶν ποσοτήτων, φέρον πρὸς τοῦτο κινητὸν σύστημα μεγάλης ροπῆς ἀδρανείας.

Αἱ πρὸς μέτρησιν ἠλεκτρικαὶ ποσότητες διέρχονται διὰ τοῦ ὀργάνου ἐντὸς χρόνου t, κατὰ πολὺ μικροτέρου τῆς περιόδου ταλαντώσεως τοῦ κινητοῦ συστήματος. Ὅταν τὸ πλαίσιον τοῦ ὀργάνου διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἀσκεῖται ἐπὶ τοῦ πλαισίου μηχανικὴ ροπὴ καὶ οὕτω τὸ κινητὸν σύστημα τοῦ βαλλιστικοῦ γαλβανομέτρου ἄρχεται στρεφόμενον. Ἐὰν ἀκολούθως διακοπῇ τὸ ρεῦμα, τὸ κινητὸν σύστημα ἐξακολουθεῖ, λόγῳ ἀδρανείας, νὰ στρέφεται, καί, ἀφοῦ διαγράψῃ μίαν γωνίαν στροφῆς, ἠρεμεῖ, διὰ νὰ ἀρχίσῃ νὰ στρέφεται ἐκ νέου κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν.

Ὡς ἀποδεικνύεται, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία στροφῆς φ, εἶναι μικρά, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διελθοῦσαν διὰ τοῦ ὀργάνου ποσότητα ἠλεκτρικοῦ φορτίου q, ἤτοι εἶναι :

$$\varphi = k \cdot q \qquad (1)$$

ὅπου k σταθερά, ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ ὀργάνου.

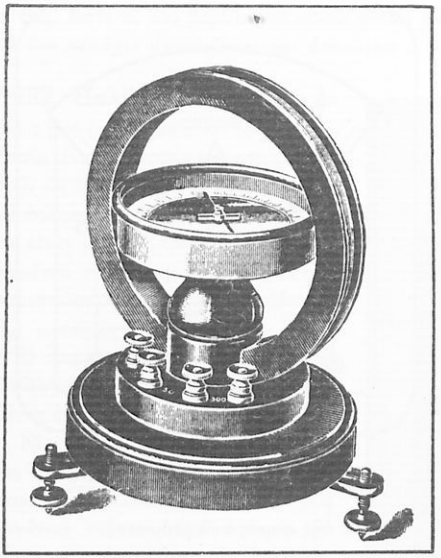
Ἡ σταθερὰ k ὑπολογίζεται, ἐὰν διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ ὀργάνου γνωστὴν ποσότητα ἠλεκτρικοῦ φορτίου καὶ μετρήσωμεν τὴν γωνίαν στροφῆς φ. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν συνδέοντες τὸ γαλβανόμετρον μετὰ φορτισμένου πυκνωτοῦ, χωρητικότητος C καὶ δυναμικοῦ U, ὁπότε ἐκφορτίζοντες τὸν πυκνωτὴν μετροῦμεν ἐκ παραλλήλου τὴν γωνίαν στροφῆς φ. Ἐπειδὴ ἡ διελθοῦσα διὰ τοῦ ὀργάνου ἠλεκτρικὴ ποσότης q εἶναι ἴση πρὸς C · U, θὰ ἔχωμεν $\varphi = k \cdot C \cdot U$ καὶ :

$$k = \frac{\varphi}{C \cdot U} \qquad (2)$$

***185. Πυξὶς τῶν ἐφαπτομένων.** Αὕτη εἶναι ὄργανον μετρήσεως ἐντάσεως ρεύματος, ἡ δὲ κατασκευὴ ταύτης ἀποτελεῖ ἐφαρμογὴν τοῦ προσδιορισμοῦ τῆς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου κυκλικοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὴν ἁπλουστάτην αὐτῆς μορφήν, ἡ πυξὶς τῶν ἐφαπτομένων ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς κυκλικοῦ ἀγωγοῦ, τὸν ὁποῖον τοποθετοῦμεν οὕτως, ὥστε τὸ ἐπίπεδον αὐτοῦ νὰ συμπίπτῃ μετὰ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου τοποθετεῖται μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 316).



Σχ. 316. Πυξὶς τῶν ἐφαπτομένων.

Ἐὰν διὰ τοῦ κυκλικοῦ ἀγωγοῦ διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως i, τότε ἕνεκα τοῦ δημιουργουμένου μαγνητικοῦ πεδίου, ἀσκοῦνται ἐπὶ τῶν πόλων τῆς βελόνης μαγνητικαὶ δυνάμεις. Οὕτως, ἐπὶ παραδείγματι, ἐπὶ τοῦ βορείου πόλου αὐτῆς, ποσότητος μαγνητισμοῦ m, ἐκτὸς τῆς ὁριζοντίας συνιστώσης τῆς ἐντάσεως τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου $\mathcal{H}_{op}$ ὑφίσταται καὶ ἡ κάθετος πρὸς αὐτὴν ἔντασις τοῦ πεδίου τοῦ κυκλικοῦ ἀγωγοῦ :

$$\mathcal{H}_i = k \cdot 2\pi i/r$$

Ἑπομένως ἐπὶ τοῦ βορείου πόλου τῆς βελόνης ἀσκοῦνται αἱ κάθετοι πρὸς ἀλλήλας δυνάμεις :

καὶ
$$\mathcal{F}_1 = \mathcal{H}_{op} \cdot m$$
$$\mathcal{F}_2 = \mathcal{H}_i \cdot m$$

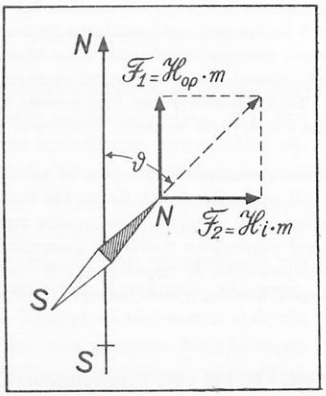
Ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς συνισταμένης τῶν δύο τούτων δυνάμεων $\mathcal{F}_1$ καὶ $\mathcal{F}_2$, ἡ βελόνη στρέφεται, ἰσορροπεῖ δὲ εἴς τινα θέσιν, σχηματίζουσα γωνίαν θ μετὰ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, δεικνύουσα τὴν διεύθυνσιν τοῦ συνισταμένου πεδίου. Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος 317 συνάγεται, εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας τῆς βελόνης θὰ ἔχωμεν :

$$\varepsilon\varphi\theta = \frac{\mathcal{H}_i \cdot m}{\mathcal{H}_{op} \cdot m} = \frac{\mathcal{H}_i}{\mathcal{H}_{op}} = \frac{2k\pi}{r \cdot \mathcal{H}_{op}} \cdot i \qquad (1)$$

Ἀλλ' ἐπειδὴ ἡ ποσότης $2k\pi/r \cdot \mathcal{H}_{op}$ εἶναι σταθερά, ἕπεται ὅτι ἡ ἐφαπτομένη τῆς γωνίας ἐκτροπῆς εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

Ἐὰν γνωρίζωμεν τὴν σταθερὰν $A = 2k\pi/r \cdot \mathcal{H}_{op}$, ἡ ὁποία καλεῖται **συντελεστὴς ἀναγωγῆς τῆς πυξίδος τῶν ἐφαπτομένων**, τότε δυνάμεθα, διὰ τῆς χρήσεως τοῦ ὀργάνου αὐτοῦ, τοῦ ὁποίου ἡ ὀνομασία εἶναι πλέον προφανής, νὰ ὑπολογίζωμεν ἐντάσεις ρευμάτων. Πρόκειται κατὰ συνέπειαν περὶ ἑνὸς τύπου **γαλβανομέτρου.**

Ἐξ ἄλλου, ὡς ἐκ τοῦ τύπου (1) συνάγεται, ἡ πυξὶς τῶν ἐφαπτομένων δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ καὶ πρὸς



Σχ. 317. Αἱ ἐπὶ τῆς πυξίδος τῶν ἐφαπτομένων ἐπενεργοῦσαι δυνάμεις.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μέτρησιν τῆς ὁριζοντίας συνιστώσης τῆς ἐντάσεως τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου (βλ. § 32).

Συνήθως ἀντὶ ἑνὸς κυκλικοῦ ἀγωγοῦ χρησιμοποιεῖται πηνίον φέρον n σπείρας, ὁπότε ἡ γωνία ἐκτροπῆς εἶναι μεγαλυτέρα, διότι ὁ συντελεστὴς ἀναγωγῆς εἶναι κατὰ n φορὰς μεγαλύτερος, ἤτοι :

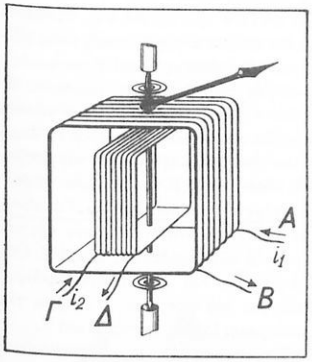
$$A = \frac{2 k \pi}{r \cdot \mathcal{H}_{op}} \cdot n$$

Ἐπειδὴ δὲ τὸ πηνίον εἶναι ἀκίνητον, ἡ δὲ μαγνητικὴ βελόνη στρεπτή, τὸ ὄργανον ὀνομάζεται ἀκριβέστερον **γαλβανόμετρον διὰ βελόνης.**

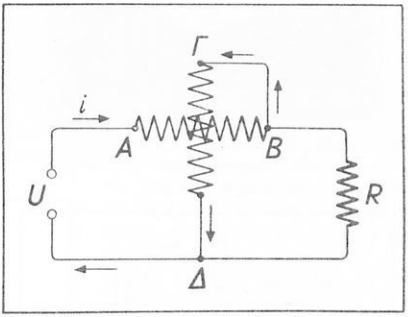
186. Ἠλεκτροδυναμόμετρα. Τὰ ὄργανα ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ δύο πηνίων ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ ἄλλου καὶ εἶναι στρεπτὸν περὶ ἄξονα (σχ. 318).

Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν ἠλεκτροδυναμομέτρων περιεγράφη εἰς τὴν § 137, εἶναι δὲ δυνατὸν ἀναλόγως τοῦ τρόπου κατὰ τὸν ὁποῖον θὰ τὰ συνδέσωμεν εἰς τὸ κύκλωμα νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὴν τάσιν ἢ τὴν ἰσχύν.

Εἰς τὸ σχῆμα 319 ἀμφότερα τὰ πηνία εἶναι ἐν σειρᾷ συνδεδεμένα καὶ ὑπὸ τὴν σύνδεσιν ταύτην τὸ ὄργανον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ εἴτε ὡς ἀμπερόμετρον, εἴτε ὡς



Σχ. 318. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἠλεκτροδυναμομέτρου.



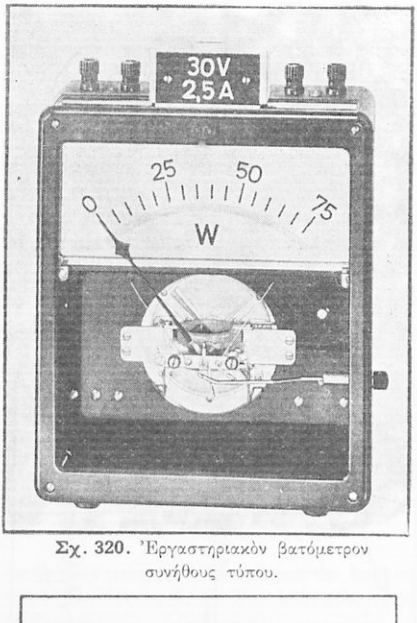
Σχ. 319. Διάγραμμα ἠλεκτροδυναμομέτρου ὡς ἀμπερομέτρου ἢ βολτομέτρου.

βολτόμετρον. Ἡ σύνδεσις αὕτη παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι ἡ ἀπόκλισις τοῦ δείκτου εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, διότι ἡ μεταξὺ τῶν δύο πηνίων ἀσκουμένη δύναμις εἶναι ἀνάλογος τόσον πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ σταθεροῦ πηνίου, ὅσον καὶ πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ στρεπτοῦ, ἡ ὁποία εἶναι ἡ ἰδία, καὶ ἐπομένως ἡ δύναμις καὶ ἡ ἀπόκλισις τοῦ κινητοῦ συστήματος εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἐντάσεως τοῦ διαρρέοντος ταῦτα ρεύματος. Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου τὰ ἠλεκτροδυναμόμετρα εἶναι κατάλληλα διὰ μετρήσεις συνεχῶν καὶ ἐναλλασσομένων ρευμάτων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

III. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

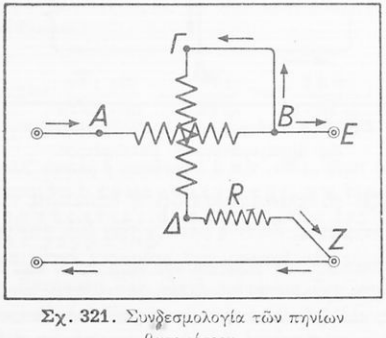
***187. Μέτρησις τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος. Βατόμετρα.** Ὅταν ἐπιζητοῦμεν τὴν μέτρησιν τῆς καταναλώσεως, π.χ. ἐπὶ ἀντιστάσεως ἢ κυκλώματος κλπ., διαρρεομένου ὑπὸ συνεχοῦς ρεύματος, εἶναι δυνατὸν νὰ μετρήσωμεν τὴν καταναλισκομένην ἰσχὺν διὰ βολτομέτρου καὶ ἀμπερομέτρου. Πράγματι ἐὰν U καὶ i αἱ ἐνδείξεις τοῦ βολτομέτρου καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου ἀντιστοίχως, θὰ ἔχωμεν $N = U \cdot i$.



Σχ. 320. Ἐργαστηριακὸν βατόμετρον συνήθους τύπου.

Διὰ τῆς αὐτῆς μεθόδου δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν τὴν μέτρησιν καὶ προκειμένου περὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐφ' ὅσον ὁ συντελεστὴς ἰσχύος (βλ. § 166) εἶναι ἴσος πρὸς τὴν μονάδα.

Ἕτερος τρόπος ἀμέσου μετρήσεως τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος εἶναι διὰ **βατομέτρου** (σχ. 320). Κατ' ἀρχὴν τὸ βατόμετρον ἀποτελεῖ ἠλεκτροδυναμόμετρον εἰς τὸ ὁποῖον τὰ δύο πηνία συνδέονται ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 321. Τὸ ἀκίνητον πηνίον AB, τὸ ὁποῖον καλεῖται π η ν ί ο ν ρ ε ύ μ α τ ο ς, συνδέεται πρὸς τὸν ἕνα κλάδον ἀγωγοῦ, παρέχοντος ρεῦμα πρὸς τοὺς ἀκροδέκτας E καὶ Z καταναλωτοῦ, δηλαδὴ ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ κύκλωμα. Τὸ ἄλλο πηνίον ΓΔ συνδέεται ὡς πηνίον τάσεως (ἐν ἀνάγκῃ διὰ συνδέσεως πρὸς αὐτὸ ἐν σειρᾷ καταλλήλου ἀντιστάσεως R) ἐν παραλλήλῳ πρὸς τοὺς ἀκροδέκτας E καὶ Z. Τότε τὸ ρεῦμα τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ πηνίου ΓΔ εἶναι, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm, ἀνάλογον τῆς τάσεως U μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν E καὶ Z. Οὕτως, ἡ ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτροδυναμομέτρου εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου $U \cdot i$, ἤτοι τῆς καταναλισκομένης ἰσχύος μεταξὺ E καὶ Z.



Σχ. 321. Συνδεσμολογία τῶν πηνίων βατομέτρου.

Διὰ τοῦ τρόπου τούτου πραγματοποιοῦμεν βατόμετρον κατάλληλον διὰ συνεχῆ καὶ ἐναλλασσόμενα ρεύματα. Ἡ κλῖμαξ τοῦ ὀργάνου εἶναι βαθμολογημένη εἰς Watt, εἰς τρόπον ὥστε δι' ἀμέσου ἀναγνώσεως τῆς ὑποδιαιρέσεως, πρὸ τῆς ὁποίας ἰσορροπεῖ ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου, ἔχομεν τὴν καταναλισκομένην ἰσχὺν εἰς Watt. Ἐννοεῖται ὅτι, εἰς περιπτώσεις ἐναλλασσομένων ρευμάτων, τὰ βατόμετρα παρέχουν τὴν τιμὴν τῆς μέσης ἰσχύος.

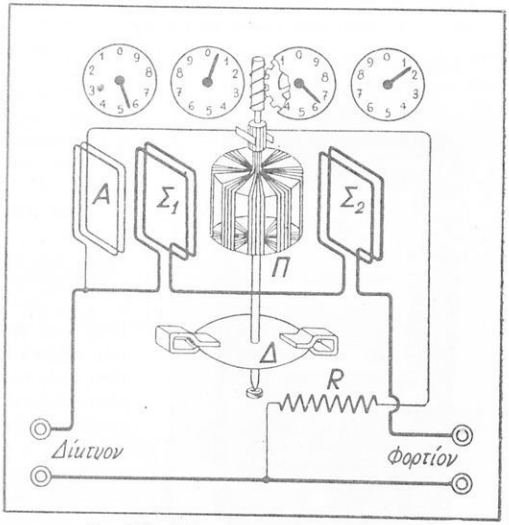
***188. Μετρηταὶ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Ἠλεκτροδυναμικοὶ μετρηταί.** Εἰς πᾶσαν παροχὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ὑπάρχει καὶ εἷς **μετρητὴς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας** ἢ **γνώμων**. Οὗτος εἶναι ὄργανον, τὸ ὁποῖον τοποθετεῖται ἐκεῖ ὅπου τελειώνει ἡ παροχὴ ἐκ τοῦ δικτύου, μετρεῖ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δὲ τὴν συνολικὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκουν αἱ διάφοροι ἠλεκτρικαὶ συσκευαί, ἐντὸς ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, εἰς κιλοβατώρας (kWh). Πρόκειται περὶ συσκευῆς, τῆς ὁποίας ἡ λειτουργία δύναται νὰ παραβληθῇ πρός τινα μικρὸν κινητῆρα.

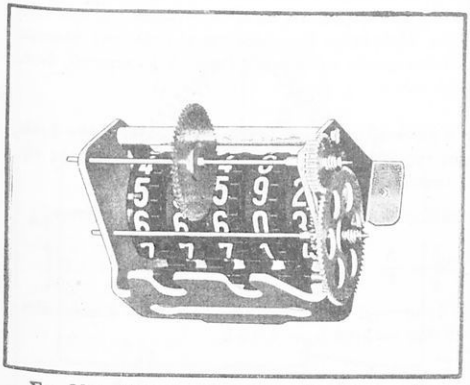
Ἀναλόγως τοῦ εἴδους τοῦ χρησιμοποιουμένου ρεύματος, διακρίνομεν τοὺς μετρητάς, εἰς μετρητὰς συνεχοῦς ἢ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Τὰ ὄργανα ταῦτα (σχ. 322) στηρίζονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς τῆς κατασκευῆς τῶν ἠλεκτροδυναμομέτρων, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ στρεπτὸν σύστημα ἀποτελεῖται ἐκ περισσοτέρων τοῦ ἑνὸς πηνίων (Π). Τὰ πηνία ταῦτα εἶναι συνδεδεμένα πρὸς τὸ δίκτυον μὲ κατάλληλον διάταξιν (συλλέκτης), εὑρισκομένην ἄνωθεν αὐτῶν, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἐξ ὅλων τῶν πηνίων νὰ διαρρέεται ἑκάστοτε ὑπὸ ρεύματος μόνον ἕν. Ἐπὶ τοῦ ἄξονος εὑρίσκεται δίσκος (Δ) ἐξ ἀλουμινίου, στρεφόμενος ἐντὸς τοῦ διακένου πεταλοειδῶν μονίμων μαγνητῶν.



Σχ. 322. Ἠλεκτροδυναμικὸς μετρητὴς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Ἡ ἐσωτερικὴ κατασκευὴ τῶν μετρητῶν εἶναι τοιαύτη, ὥστε, τὸ ρεῦμα τὸ διαρρέον τὴν κατανάλωσιν, διέρχεται διὰ τῶν ἀκινήτων πηνίων Σ_1 καὶ Σ_2 καὶ περιστρέφει τὸν προσηρμοσμένον εἰς τὸν ἄξονα δίσκον, ὁ δὲ ἄξων μεταδίδει τὴν περιστροφὴν δι' ἀτέρμονος κοχλίου εἰς σύστημα ἐξ ὀδοντωτῶν τροχῶν, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν ἀλλαγὴν τῆς ἐνδείξεως τοῦ μετρητοῦ. Τὸ πηνίον Α χρησιμεύει διὰ τὴν ἀντιστάθμισιν τῶν τριβῶν τοῦ κινητοῦ συστήματος.



Σχ. 323. Μηχανισμὸς καταγραφῆς τῶν νεωτέρου τύπου μετρητῶν ἐνεργείας.

Εἰς τοὺς παλαιοτέρου τύπου μετρητάς, ὁ μηχανισμὸς καταγραφῆς καταναλωθείσης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας περιλαμβάνει κυκλικοὺς δίσκους ἔμπροσθεν τῶν ὁποίων κινοῦνται, δι' ὀδοντωτῶν τροχῶν δεῖκται, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 322, ἐνῷ εἰς τοὺς νεωτέρου τύπου ἕκαστος ἐκ τῶν ὀδοντωτῶν τροχῶν φέρει χαραγμένους εἰς τὴν ἐξωτερικήν του περιφέρειαν τοὺς ἀριθμοὺς ἀπὸ 0 ἕως 9 καὶ κινεῖται μὲ γωνιακὴν ταχύτητα ἴσην πρὸς τὸ 1/10 τοῦ προηγουμένου του. Ἀπὸ ἀνοίγματα εὑρισκόμενα εἰς τὴν ἐμπροσθίαν ἐπιφάνειαν τοῦ μετρητοῦ, διακρίνεται εἷς μόνον ἀριθμὸς ἐξ ἑκάστου τροχοῦ. Τοιουτοτρόπως, ἀπὸ ὅλα τὰ ἀνοίγματα σχηματίζεται εἷς ἀριθμός, μὲ τόσα ψηφία, ὅσοι εἶναι οἱ τροχοὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

(σχ. 323). Ὁ πολυψήφιος αὐτὸς ἀριθμὸς δεικνύει πόσαι κιλοβατῶραι ἔχουν καταναλωθῆ ἀφ' ὅτου ἐτοποθετήθη ὁ μετρητής.

Ἐπειδή, λοιπόν, ἡ ἔνδειξις τοῦ μετρητικοῦ μηχανισμοῦ εἶναι συνεχής, πρὸς εὕρεσιν τῆς ἐντὸς ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος καταναλωθείσης ἐνεργείας, π.χ. ἀπὸ 1ης Αὐγούστου μέχρι 1ης Σεπτεμβρίου, ἀφαιροῦμεν ἀπὸ τὴν ἔνδειξιν τῆς 1ης Σεπτεμβρίου τὴν ἔνδειξιν τῆς 1ης Αὐγούστου.



Σχ. 324. Μετρητὴς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, νεωτέρου τύπου.

Ἕκαστος μετρητὴς φέρει πινακίδα ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀναγράφονται τὸ εἶδος τοῦ ρεύματος, διὰ τὸ ὁποῖον ἔχει κατασκευασθῆ, ἡ τάσις λειτουργίας, ἡ κανονική του ἔντασις καὶ πόσαι στροφαὶ τοῦ δίσκου ἀντιστοιχοῦν εἰς κατανάλωσιν 1 kWh (σχ. 324).

Οἱ μετρηταὶ συνεχοῦς ρεύματος εἶναι δύο εἰδῶν : βατομετρικοῦ καὶ ἀμπερομετρικοῦ τύπου. Διὰ τῶν βατομετρικῶν μετρητῶν ἐπιτυγχάνομεν ἀκριβεστέραν μέτρησιν, διότι δι' αὐτῶν παρακολουθοῦμεν, εἰς ἑκάστην στιγμήν, τὴν ἔντασιν καὶ τὴν τάσιν τοῦ διερχομένου ρεύματος. Εἰς τοὺς ἀμπερομετρικούς, θεωροῦμεν ὅτι ἡ τάσις εἶναι σταθερὰ καὶ ἴση πρὸς τὴν ὀνομαστικὴν τάσιν τοῦ δικτύου, λαμβάνομεν δὲ ὑπ' ὄψιν μόνον τὰς μεταβολὰς τῆς ἐντάσεως. Ἑπομένως, ἐὰν ἡ τάσις μεταβληθῆ, ἡ ἔνδειξις θὰ εἶναι ἐσφαλμένη καὶ ὁ μετρητὴς θὰ ἔχῃ καταγράψει διάφορον ἀπὸ τὴν καταναλωθεῖσαν ἐνέργειαν.

Οἱ ἠλεκτροδυναμικοὶ μετρηταὶ εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ εἰς δίκτυα ἐναλλασσομένης τάσεως, πρακτικῶς ὅμως χρησιμοποιοῦνται μόνον εἰς τὸ συνεχὲς ρεῦμα, ἐνῷ ἄλλου τύπου μετρηταί, καλούμενοι ἐπαγωγικοὶ μετρηταί, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς δίκτυα ἐναλλασσομένης τάσεως.

Ὁ μετρητὴς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας δύναται νὰ χρησιμεύσῃ καὶ πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς ὑπό τινος ἠλεκτρικῆς συσκευῆς καταναλισκομένης ἰσχύος. Πρὸς τοῦτο ἀποσυνδέονται αἱ ὑπόλοιποι ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ καὶ μετρεῖται ὁ ἀριθμὸς τῶν περιστροφῶν τοῦ κινητοῦ δίσκου τοῦ μετρητοῦ, ἐντὸς ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος t.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ποία ἡ καταναλισκομένη ἰσχὺς ραδιοφώνου, ἐὰν ἐντὸς χρόνου 5 min παρετηρήθησαν 12 στροφαὶ τοῦ δίσκου τοῦ μετρητοῦ. Συμφώνως πρὸς τὴν πινακίδα τοῦ μετρητοῦ 2400 στροφαὶ ἰσοδυναμοῦν πρὸς κατανάλωσιν 1 kWh.

Λύσις. Ἐπειδὴ ἡ ἄγνωστος ἰσχὺς τῆς ραδιοφωνικῆς συσκευῆς παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$N = \frac{A}{t} \qquad (1)$$

θὰ ὑπολογίσωμεν κατὰ πρῶτον ποῖον ἔργον ἀντιστοιχεῖ εἰς 12 στροφὰς τοῦ κινητοῦ δίσκου, αἵτινες πραγματοποιοῦνται ἐντὸς χρόνου $t = 5 \text{ min} = 5/60 \text{ h} = 1/12 \text{ h}$.

Διὰ τῆς μεθόδου τῶν τριῶν εὑρίσκομεν :

2400 στροφαὶ ἀντιστοιχοῦν πρὸς 1 kWh = 1000 Wh

12 » » » $x = \frac{1000 \cdot 12}{2400} = 5 \text{ Wh}$

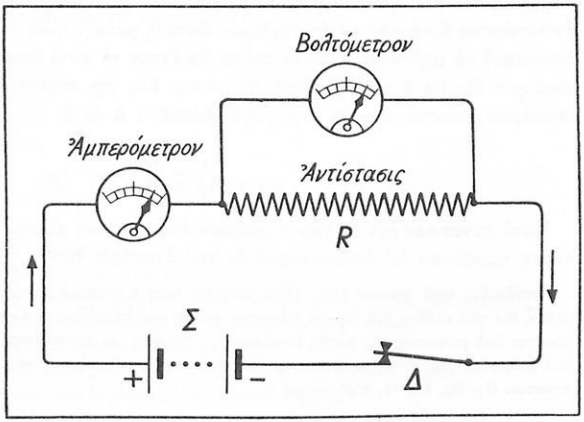
ἤτοι : $A = 5 \text{ Wh}$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Δι' ἀντικαταστάσεως εἰς τὸν τύπον (1) προκύπτει ἡ τιμὴ τῆς ἀγνώστου ἰσχύος :

$$N = 5 : \frac{1}{12}\,\frac{Wh}{h} = 60\ W$$

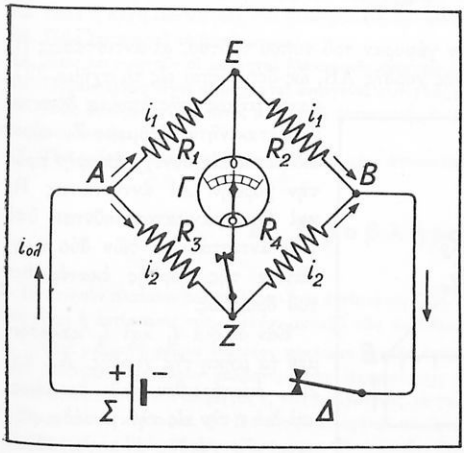
189. Μέτρησις ἀντιστάσεων. α) Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Προχείρως μετροῦμεν ἀντίστασίν τινα R, συνδέοντες ταύτην πρὸς τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς, ἐνῷ προσέτι παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα ἀμπερόμετρον (σχ. 325). Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως συνδέομεν ἐν παραλλήλῳ βολτόμετρον καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα.



Σχ. 325. Διάταξις πρὸς ὑπολογισμὸν ἀγνώστου ἀντιστάσεως.

Ἐὰν i ἡ ἔντασις τοῦ διαρρέοντος τὴν ἀντίστασιν ρεύματος, παρεχομένη ὑπὸ τοῦ ἀμπερομέτρου καὶ U ἡ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως ἐπικρατοῦσα τάσις, παρεχομένη ὑπὸ τοῦ βολτομέτρου, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ Ohm, θὰ ἔχωμεν :

$$R = \frac{U}{i} \qquad (1)$$



Σχ. 326. Διάγραμμα γεφύρας Wheatstone.

β) Διὰ τῆς γεφύρας τοῦ Wheatstone (Χουίτστοουν). Διὰ μετρήσεις μεγαλυτέρας ἀκριβείας χρησιμοποιοῦμεν τὴν **γέφυραν τοῦ Wheatstone.** Οὕτω δὲ καλοῦμεν κατάλληλον σύνδεσιν τεσσάρων ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3, R_4, ἡ ὁποία εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν μέτρησιν τῶν ἀντιστάσεων ὡς καὶ εἰς ἄλλας μετρήσεις.

Ὁ τρόπος κατὰ τὸν ὁποῖον συνδέονται τέσσαρες ἀντιστάσεις εἰς γέφυραν, δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 326, ἐξ οὗ βλέπομεν ὅτι αἱ ἀντιστάσεις αὗται συνδέονται ὥστε νὰ ἀποτελοῦν κλειστὸν κύκλωμα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὰς δύο ἀπέναντι κορυφὰς Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος συνδέομεν πρὸς ἠλεκτρικήν τινα πηγὴν Σ, ἥτις δημιουργεῖ διαφορὰν δυναμικοῦ $U_A - U_B$. Τὰς ἄλλας δύο κορυφὰς Ε καὶ Ζ συνδέομεν πρὸς τὰ ἄκρα γαλβανομέτρου Γ. Τὸ ρεῦμα $i_{ολ}$, διχάζεται εἰς τὸν κόμβον Α οὕτως, ὥστε τὸ μέρος αὐτοῦ i_1 νὰ διαρρέῃ τὸν ἕνα κλάδον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον i_2 τὸν ἄλλον. Ὅταν αἱ τιμαὶ τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων εἶναι τυχοῦσαι, τότε μεταξὺ τῶν σημείων Ε καὶ Ζ θὰ ὑπάρχῃ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_E - U_Z$ καὶ συνεπῶς θὰ διέρχεται διὰ τοῦ γαλβανομέτρου ρεῦμα. Διὰ μεταβολῆς ὅμως μιᾶς τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε ἡ μεταξὺ τῶν σημείων Ε καὶ Ζ διαφορὰ δυναμικοῦ νὰ μηδενισθῇ, ὁπότε ταῦτα θὰ ἔχουν τὸ αὐτὸ δυναμικὸν U_0, τὸ δὲ γαλβανόμετρον δὲν θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην μεταξὺ τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \qquad (2)$$

Κατὰ συνέπειαν ἐὰν ἐκ τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων αἱ τρεῖς εἶναι γνωσταί, ἡ τετάρτη προκύπτει δι' ὑπολογισμοῦ ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου.

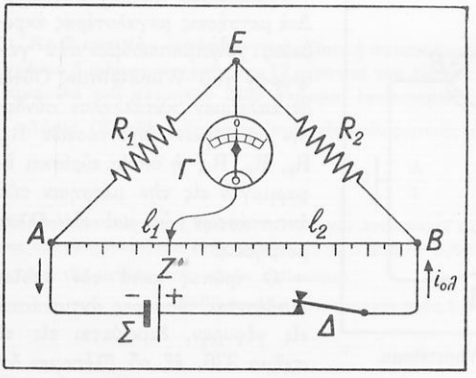
Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (2). Πράγματι, ἐφ' ὅσον ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ Ε καὶ Ζ εἶναι μηδέν, διὰ τοῦ κλάδου ΕΖ δὲν θὰ διέρχεται ρεῦμα καὶ ἑπομένως αἱ ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 θὰ διαρρέωνται ὑπὸ ρεύματος τῆς αὐτῆς ἐντάσεως i_1. Ὁμοίως αἱ ἀντιστάσεις R_3 καὶ R_4 θὰ διαρρέωνται ὑπὸ ρεύματος τῆς αὐτῆς ἐντάσεως i_2. Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ Ohm κατὰ μῆκος τῶν ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3, R_4 εὑρίσκομεν :

$$U_A - U_0 = R_1 \cdot i_1 = R_3 \cdot i_2 \qquad \text{καὶ} \qquad U_0 - U_B = R_2 \cdot i_1 = R_4 \cdot i_2$$

Διὰ διαιρέσεως δὲ τῶν ἀνωτέρω ἰσοτήτων κατὰ μέλη προκύπτει :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

γ) Γέφυρα διὰ χορδῆς. Εἰς τὴν γέφυραν τοῦ τύπου τούτου, αἱ ἀντιστάσεις R_3 καὶ R_4 ἀντικαθίστανται ὑπὸ μεταλλίνης χορδῆς ΑΒ, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 327, κατὰ μῆκος τῆς ὁποίας δύναται νὰ μετακινῆται δρομεὺς Ζ, εὑρισκόμενος εἰς συνεχῆ ἐπαφὴν πρὸς τὴν χορδήν. Αἱ ἀντιστάσεις R_3 καὶ R_4 πραγματοποιοῦνται ὑπὸ τῶν ἀντιστάσεων τῶν δύο τμημάτων τῆς χορδῆς ἑκατέρωθεν τοῦ δρομέως.



. Διάταξις γεφύρας διὰ χορδῆς.

Ἐὰν δὲ διὰ l_1 καὶ l_2 καλέσωμεν τὰ μήκη τῆς χορδῆς ΑΖ καὶ ΖΒ, ἑκατέρωθεν τοῦ δρομέως, καὶ διὰ r τὴν εἰς τὴν μονάδα μήκους τῆς χορδῆς ἀντιστοιχοῦσαν ἀντίστασιν, τότε, ἐπειδὴ ἡ χορδὴ παρουσιάζει καθ' ὅλον τὸ μῆκος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

αὐτῆς πλήρη ὁμοιομορφίαν, θὰ ἔχωμεν : $R_3 = r \cdot l_1$ καὶ $R_4 = r \cdot l_2$, ἑπομένως ἡ συνθήκη τῆς γεφύρας δύναται νὰ γραφῇ :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2} \qquad (3)$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης εὑρίσκομεν τὴν ἄγνωστον ἀντίστασιν R_1, ἐὰν γνωρίζωμεν τὴν ἀντίστασιν R_2 καὶ μετρήσωμεν τὰ μήκη l_1 καὶ l_2.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Τί εἴδους ὄργανα εἶναι τὰ γαλβανόμετρα.
2. Ποῖαι αἱ διαφοραὶ μεταξὺ ἀμπερομέτρων καὶ βολτομέτρων.
3. Τίνι τρόπῳ αὐξάνομεν τὴν περιοχὴν μετρήσεως ἑνὸς ἀμπερομέτρου ἢ ἑνὸς βολτομέτρου.
4. Εἰς πόσας κατηγορίας διακρίνονται κυρίως τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ ὄργανα.
5. Ποία ἡ ἀρχὴ τῶν ὀργάνων μετὰ στρεφομένου μαγνήτου.
6. Περιγράψατε τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῶν ὀργάνων μετὰ στρεφομένου πλαισίου.
7. Ποία ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν ὀργάνων μετὰ μαλακοῦ σιδήρου.
8. Τί εἶναι τὰ πολύμετρα.
9. Πῶς πραγματοποιοῦνται τὰ θερμικὰ ὄργανα.
10. Εἰς τί χρησιμεύει τὸ βαλλιστικὸν γαλβανόμετρον.
11. Τί εἴδους ὄργανον εἶναι ἡ πυξὶς τῶν ἐφαπτομένων καὶ τί μετροῦμεν δι' αὐτῆς.
12. Ποία ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ ἠλεκτροδυναμομέτρου.
13. Πῶς λειτουργεῖ τὸ βατόμετρον.
14. Πῶς λειτουργοῦν οἱ μετρηταὶ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.
15. Πόσων εἰδῶν εἶναι οἱ μετρηταὶ ἐνεργείας συνεχοῦς ρεύματος.
16. Πῶς δυνάμεθα, διά τινος μετρητοῦ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἰσχὺν ἠλεκτρικῆς συσκευῆς.
17. Τίνι τρόπῳ δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν μίαν ἄγνωστον ἀντίστασιν.

Β' Προβλήματα

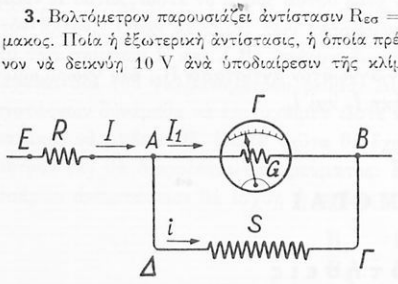
1. Τὸ κινητὸν πλαίσιον βολτομέτρου ἔχει ἀντίστασιν 75 Ω. Ἡ πρόσθετος ἀντίστασις εἶναι 29 925 Ω. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ὀργάνου μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν αὐτοῦ. (Ἀπ. R = 30 000 Ω.)

2. Ὅπως μετρηθῇ ρεῦμα διαρρέον κύκλωμα ὁλικῆς ἀντιστάσεως R, παρεμβάλλεται εἰς σημεῖον τι τοῦ κυκλώματος τούτου γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως G μετὰ διακλαδώσεως ἀντιστάσεως S. α) Πῶς δυνάμεθα ἐκ τοῦ ρεύματος I_1 τοῦ διαρρέοντος τὸ γαλβανόμετρον, νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ρεῦμα I τὸ διαρρέον τὸ κύκλωμα. β) Ποία σχέσις πρέπει νὰ ὑφίσταται μεταξὺ S καὶ G, ἵνα $I/I_1 = m$. γ) Ποῖος ὁ λόγος I'/I μεταξὺ τοῦ ρεύματος I' τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα R πρὸ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ γαλβανομέτρου μετὰ τοῦ διακλαδωτῆρος του. Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Διὰ R = 80 Ω, G = 39,96 Ω, m = 1000, i = 0,00012 A. Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ S, I καὶ I'.
(Ε.Μ. Πολυτεχνεῖον. Ἀνωτάτη Σχολὴ Χημικῶν Μηχανικῶν. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1953).

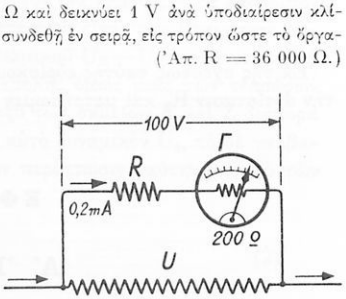
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

('Απ.α' $I = I_1\left(1 + \frac{G}{S}\right)$, β' $G = S \cdot (m - i)$, γ' $\frac{I'}{I} = 1 + \frac{G \cdot S}{R \cdot (G + S)}$ $\cdot S = 0{,}04\ \Omega$,
$I = 0{,}12$ A, $I' = 0{,}120$ A.)

3. Βολτόμετρον παρουσιάζει ἀντίστασιν $R_{εσ} = 4000\ \Omega$ καὶ δεικνύει 1 V ἀνὰ ὑποδιαίρεσιν κλίμακος. Ποία ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις, ἡ ὁποία πρέπει νὰ συνδεθῇ ἐν σειρᾷ, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ὄργανον νὰ δεικνύῃ 10 V ἀνὰ ὑποδιαίρεσιν τῆς κλίμακος. ('Απ. $R = 36\,000\ \Omega$.)



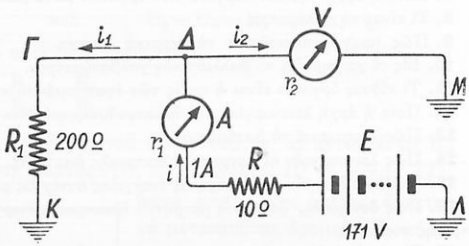
Σχ. 328. Ἄσκησις 2.



Σχ. 329. Ἄσκησις 4.

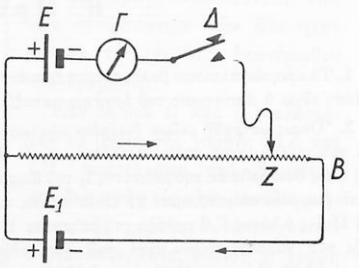
4. Γαλβανόμετρον παρουσιάζει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_{εσ} = 200\ \Omega$ καὶ δύναται νὰ μετρήσῃ ρεῦμα μέχρι 0,2 mA. Ζητεῖται πόση ἀντίστασις πρέπει νὰ συνδεθῇ ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ γαλβανόμετρον, ἵνα τοῦτο δύναται νὰ μετρῇ τάσιν ἀπὸ 0 V ἕως 100 V. ('Απ. $R = 499\,800\ \Omega$.)
(Ε.Μ. Πολυτεχνεῖον. Ἀνωτάτη Σχολὴ Πολιτικῶν Μηχανικῶν. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1957).

5. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀμπερομέτρου Α καὶ τοῦ βολτομέτρου V τῆς κάτωθι συνδεσμολογίας (σχ. 330), ὅπου ἡ ἔνδειξις τοῦ ἀμπερομέτρου εἶναι 1 Α καὶ ἡ ἔνδειξις τοῦ βολτομέτρου εἶναι 160 V. Ἡ συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν ἔχει τάσιν $E = 171$ V καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν πρακτικῶς μηδὲν Ohm.
(Ε. Μ. Πολυτεχνεῖον. Ἀνωτάτη Σχολὴ Ἀγρονόμων καὶ Τοπογράφων Μηχανικῶν καὶ Σχολὴ Ἀρχιτεκτόνων. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1951).
('Απ. $r_1 = 1\ \Omega$, $r_2 = 800\ \Omega$.)



Σχ. 330. Ἄσκησις 5.

6. Διὰ τῆς ποτενσιομετρικῆς μεθόδου μετρεῖται ἡ ΗΕΔ Ε στοιχείου Bunsen. Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον συνδέεται ἐν διακλαδώσει μὲ τοὺς ὁμωνύμους πόλους συσσωρευτὴς καὶ εὑρίσκεται ὅτι τὸ μέρος (ΑΖ) τοῦ σύρματος, ὅπερ ἀποτελεῖ τὴν γέφυραν, εἶναι 18 cm. Ἀντικαθίσταται τὸ στοιχεῖον Bunsen ἀπὸ ἕτερον στοιχεῖον ΗΕΔ 2 V, ὅτε τὸ τμῆμα (ΑΖ) εἶναι 20 cm. Πόση ἡ ΗΕΔ τοῦ στοιχείου Bunsen. ('Απ. $E = 1{,}8$ V.)

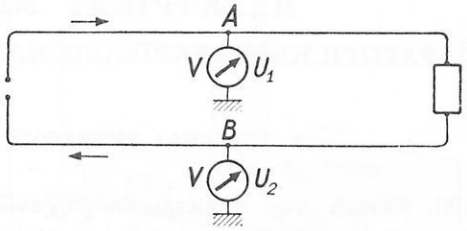


Σχ. 331. Ἄσκησις 6.

7. Βολτόμετρον ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 10 000 Ω χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἠλεκτρικῆς μονώσεως δύο ἀγωγῶν ἐναερίου δι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

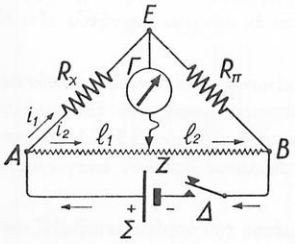
κτύου διανομῆς συνεχοῦς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ὁ εἷς ἀκροδέκτης τοῦ βολτομέτρου προσγειοῦται, ὁ δὲ ἕτερος ἀκροδέκτης συνδέεται διαδοχικῶς μετὰ τῶν δύο ἀγωγῶν τοῦ ὑπὸ τάσιν U = 220 V εὑρισκομένου δικτύου. Ἔστωσαν U_1 = 1 V καὶ U_2 = 2 V αἱ ἀντίστοιχοι ἐνδείξεις τοῦ βολτομέτρου. Ζητεῖται ἡ εἰς Ohm μόνωσις τῶν δύο ἀγωγῶν, δηλαδὴ ἡ ἀντίστασις μεταξὺ ἑκάστου ἐξ αὐτῶν καὶ τῆς Γῆς. (Ε. Μ. Πολυτεχνεῖον. Ἀνωτάτη Σχολὴ Πολιτικῶν Μηχανικῶν, Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1957).



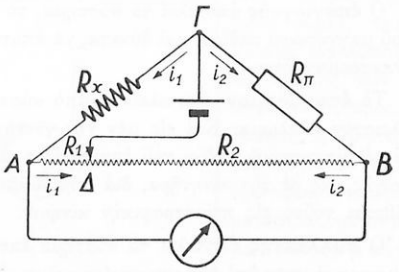
(Ἀπ. R = 2,19 ΜΩ.) **Σχ. 332.** Ἄσκησις 7.

8. Προσδιορίζεται ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου ἑνὸς τόπου διὰ τῶν ἀκολούθων μετρήσεων : α) Μετρεῖται ἡ μεγίστη γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει μὲ τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως καὶ εὑρίσκεται 65°. β) Τίθεται ἐντὸς μεταλλικῆς σπείρας πυξίδος τῶν ἐφαπτομένων, ἥτις ἔχει διάμετρον 20 cm, καὶ διαβιβάζεται δι' αὐτῆς ρεῦμα ἐντάσεως 5 A. Μετρεῖται ἡ γωνία καθ' ἣν στρέφεται ἡ βελόνη καὶ εὑρίσκεται 57° 40′. Πόση ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον. (Ἀπ. H = 0,471 Oersted.)

9. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως τοῦ νεαργύρου, συνδέονται ἐν διακλαδώσει δύο κυκλώματα. Τὸ ἓν ἀποτελεῖται ἀπὸ σύρμα ἐκ νεαργύρου μήκους 6 m, τομῆς 0,03 cm^2 καὶ ἀπὸ ἓν κιβώτιον ἀντιστάσεων, ἐνῷ τὸ ἄλλο ἀποτελεῖται ἀπὸ χάλκινον σύρμα μήκους 1 m. Τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κλάδου τοῦ γαλβανομέτρου τῆς γεφύρας, ἥτις συνδέει τὰ δύο ἐν διακλαδώσει κυκλώματα, ὅταν τὸ κιβώτιον ἀντιστάσεων δεικνύῃ 0,75 Ω καὶ ὅταν ἡ γέφυρα διαιρῇ τὸ χάλκινον σύρμα εἰς δύο μέρη l_1 = AZ = 40 cm καὶ l_2 = BZ = 60 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ νεαργύρου. (Ἀπ. ρ = 25 · 10^{-6} Ω · cm.)



Σχ. 333. Ἄσκησις 9.



Σχ. 334. Ἄσκησις 10.

10. Τῇ βοηθείᾳ γεφύρας Wheatstone πρόκειται νὰ μετρηθῇ ἀντίστασις R_X. Αἱ ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 συνίστανται ἀπὸ σύρμα σταθερᾶς τομῆς ἐπὶ τοῦ ὁποίου μετατίθεται ὁ δρομεύς. Εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας ὁ λόγος τῶν μηκῶν l_1 καὶ l_2 εἶναι 1/12 καὶ τὸ κιβώτιον ἀντιστάσεως εἶναι 480 Ω. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως R_X. (Ἀπ. R_X = 40 Ω.)

11. Γέφυρα διὰ χορδῆς χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν ἀγνώστου ἀντιστάσεως R_X. Τὸ τμῆμα l_1 τῆς χορδῆς ἔχει μῆκος 40 cm, τὸ δὲ τμῆμα l_2 ἔχει μῆκος 60 cm. Ἡ πρότυπος ἀντίστασις εἶναι R_π = 3 Ω καὶ ἡ ἔνδειξις τοῦ γαλβανομέτρου Γ εἶναι μηδέν. Ὑπολογίσατε τὴν ἀντίστασιν R_X. (Ἀπ. R_X = 2 Ω.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ι. ΜΗΧΑΝΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

190. Γενικὰ περὶ ἠλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἡ λεπτομερὴς σπουδὴ τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν δὲν ἀποτελεῖ οὐσιαστικῶς ἀντικείμενον τῆς Φυσικῆς, ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου περιοριζόμεθα νὰ ἐκθέσωμεν τὴν κατασκευὴν καὶ λειτουργίαν αὐτῶν συνοπτικῶς, ἀναφέροντες κυρίως τὸν τρόπον κατὰ τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται αἱ κτηθεῖσαι γνώσεις ἐκ τῆς Φυσικῆς εἰς τὴν πραγματοποίησιν τῶν μηχανῶν τούτων.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ μηχαναὶ ἀποτελοῦν κυρίως ἐφαρμογὰς τῶν φαινομένων τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς καὶ τῆς ἀμοιβαίας ἐνεργείας μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ρεύματος, φαινόμενα τὰ ὁποῖα ἔχομεν ἤδη σπουδάσει εἰς προηγούμενον κεφάλαιον.

Διὰ τοῦ γενικοῦ ὅρου **ἠλεκτρικαὶ μηχαναί,** νοοῦμεν μηχανὰς διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ μετατρέπωμεν μηχανικὸν ἔργον εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἢ ἀντιστρόφως ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὸν ἔργον. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν ἡ μηχανὴ καλεῖται **γεννήτρια,** εἰς δὲ τὴν δευτέραν **κινητήρ.** Οἱοσδήποτε ὅμως καὶ ἂν εἶναι ὁ τύπος τῆς μηχανῆς, αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν κυρίων μερῶν, ἤτοι: τοῦ ἐ π α γ ω γ έ ω ς, τοῦ ἐ π α γ ω γ ί μ ο υ καὶ τοῦ σ υ λ λ έ κ τ ο υ.

Ὁ **ἐπαγωγεὺς** ἀποτελεῖ τὸ σύστημα, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὴν δημιουργίαν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, καὶ δύναται νὰ ἀποτελῆται εἴτε ἐκ μονίμου μαγνήτου εἴτε ἐξ ἠλεκτρομαγνήτου.

Τὸ **ἐπαγώγιμον** ἀποτελεῖται ἀπὸ σύστημα χαλκίνων συρμάτων, ἀποτελούντων κλειστὸν κύκλωμα. Καὶ εἰς μὲν τὴν γεννήτριαν, διὰ περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου ἐν τῷ μαγνητικῷ πεδίῳ τοῦ ἐπαγωγέως, ἀναπτύσσεται ἐντὸς αὐτοῦ ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς, εἰς δὲ τὸν κινητῆρα, διὰ τῆς διαβιβάσεως ρεύματος διὰ τοῦ ἐπαγωγίμου, τίθεται τοῦτο εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

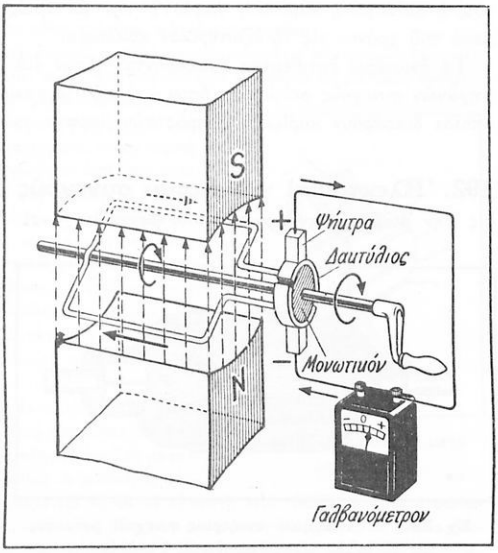
Ὁ **συλλέκτης** ἀποτελεῖ τὸ σύστημα ἐκεῖνο, διὰ μέσου τοῦ ὁποίου μεταβιβάζομεν τὸ παραγόμενον ὑπὸ τῆς γεννητρίας ρεῦμα εἰς τὴν κατανάλωσιν, ἐνῷ εἰς τὸν κινητῆρα, μέσῳ τοῦ συλλέκτου, διαβιβάζομεν τὸ ρεῦμα εἰς αὐτόν. Αἱ ἠλεκτρικαὶ μηχαναὶ ὑποδιαιροῦνται εἰς δύο κατηγορίας, εἰς **μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος** καὶ εἰς **μηχανὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος.**

191. Γεννήτριαι ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας αὐτῶν. Εἰς τὴν παράγραφον 159 ἐξητάσαμεν τὴν περίπτωσιν μηχανῆς παραγωγῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ σύστημα τὸ δημιουργοῦν τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁ ἐπαγωγεύς, τὸ περιστρεφόμενον πλαίσιον ἀποτελεῖ τὸ ἐπαγώγιμον,

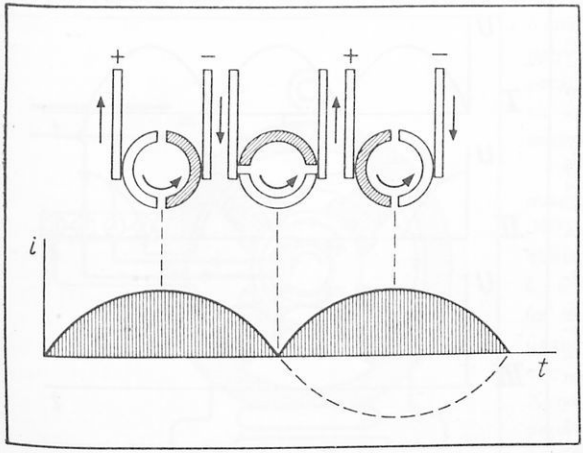
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὁ δὲ συλλέκτης πραγματοποιεῖται ὑπὸ τοῦ συστήματος τῶν δύο δακτυλίων (βλ. σχ. 259).

Δυνάμεθα ὅμως διὰ καταλλήλου τροποποιήσεως τοῦ συλλέκτου, τοῦ ἀποτελουμένου ἐκ δύο δακτυλίων, νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διοχετεύεται εἰς τὴν κατανάλωσιν, νὰ ἔχῃ πάντοτε τὴν ἰδίαν φοράν, δηλαδὴ νὰ εἶναι συνεχές. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν, ἐὰν ἀντὶ νὰ χρησιμοποιήσωμεν ὡς συλλέκτην σύστημα δύο μονωμένων δακτυλίων, χρησιμοποιήσωμεν ὡς τοιοῦτον σύστημα δύο μονωμένων ἡμιδακτυλίων, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 335, καὶ συνδέσωμεν πρὸς τοὺς ἡμιδακτυλίους τούτους τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου. Τότε παρατηροῦμεν ὅτι, καθ' ἕκαστον ἥμισυ στροφῆς, ὅταν τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς, ἡ τάσις καὶ τὸ ρεῦμα ἀλλάσσουν φοράν, ταυτοχρόνως ἐναλλάσσεται καὶ ἡ θέσις τῶν δακτυλίων ὡς πρὸς τὰς ἐπαφὰς ἢ ψήκτρας, καὶ οὕτω τὸ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μεταβιβαζόμενον ρεῦμα εἶναι κυμαινόμενον συνεχές, δηλαδὴ τῆς αὐτῆς διαρκῶς φορᾶς, ἀλλὰ μεταβαλλομένης τιμῆς. Τοῦτο δεικνύεται σαφέστερον εἰς τὸ σχῆμα 336, εἰς τὸ ὁποῖον πρὸς τού-



Σχ. 335. Γεννήτρια διὰ τὴν παραγωγὴν συνεχοῦς ρεύματος (ἀρχή).



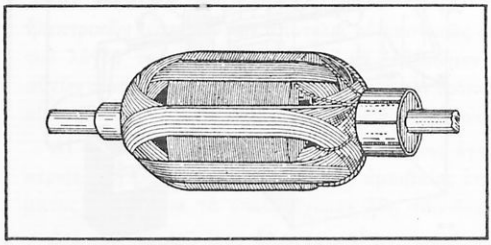
Σχ. 336. Παραστατικὴ καμπύλη, δεικνύουσα τὴν μεταβολὴν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἐν σχέσει πρὸς τὴν θέσιν τῶν ψηκτρῶν ὡς πρὸς τοὺς ἡμιδακτυλίους.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοις ἡ σκιασμένη καμπύλη παριστᾷ τὴν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος μετὰ τοῦ χρόνου εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

Τὰ ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα ἀναφέρονται τόσον διὰ τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῶν μηχανῶν συνεχοῦς ρεύματος, ὅσον καὶ τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος, αἱ ὁποῖαι διαφέρουν κυρίως ὡς πρὸς τὴν μορφὴν τοῦ συλλέκτου.

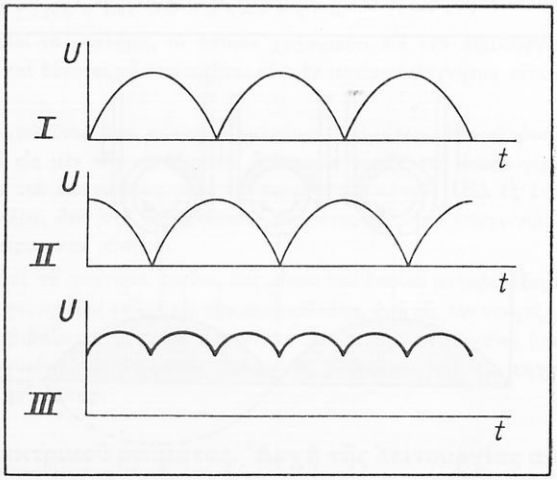
192. Ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος (dynamos). Αἱ εἰς τὴν βιομηχανίαν χρησιμοποιούμεναι μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος στηρίζονται ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω περιγραφείσης ἀρχῆς, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι, τόσον τὸ σύστημα τὸ δημιουργοῦν τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὅσον καὶ τὸ πλαίσιον ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀναπτύσσεται ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις, τροποποιοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ μηχανὴ νὰ δύναται νὰ παράγῃ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ὑπὸ τὴν κατάλληλον ἰσχύν, τάσιν καὶ ἔντασιν, καὶ πρὸς τούτοις ὑπὸ ἱκανοποιητικὴν ἀπόδοσιν.



Σχ. 337. Ἐπαγώγιμον γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος. Εἰς τὸ δεξιὸν μέρος διακρίνεται ὁ συλλέκτης.

α) Ἐπαγωγεύς. Εἰς τὰς μηχανὰς βιομηχανίας συνεχοῦς ρεύματος ὁ ἐπαγωγεὺς δὲν ἀποτελεῖται ἐκ μονίμου μαγνήτου, ἀλλ' ἐξ ἠλεκτρομαγνήτου, ὁπότε αὗται καλοῦνται **δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ** ἢ ἁπλούστερον **δυναμὸ (dynamos).** Εἰς ἐξαιρετικὰς περιπτώσεις, ὡς π.χ. εἰς μηχανὰς χρησιμοποιουμένας εἰς τὸ σύστημα ἀναφλέξεως κινητήρων ἐσωτερικῆς καύσεως, εἴτε εἰς τηλεφωνικὰς ἐγκαταστάσεις, ὁ ἐπαγωγεὺς πραγματοποιεῖται ἐκ μονίμου μαγνήτου, ὁπότε ἡ μηχανὴ καλεῖται **μαγνητοηλεκτρικὴ (magneto).**

Ἡ περιέλιξις τοῦ ἐπαγωγέως τροφοδοτεῖται εἴτε ὑπὸ ἀνεξαρτήτου πηγῆς ρεύματος, π.χ. ὑπὸ συσσωρευ-

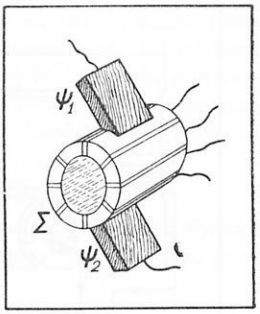


Σχ. 338. Καμπύλαι τάσεων προερχομένων ὑπὸ γεννητρίας μετὰ δύο πλαισίων. (Ι), (ΙΙ) Αἱ καμπύλαι τῶν πλαισίων. (ΙΙΙ) Ἡ συνισταμένη καμπύλη τάσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν, ὁπότε ἡ μηχανὴ καλεῖται **ἀνεξαρτήτου διεγέρσεως,** εἴτε ὑπ' αὐτοῦ τούτου τοῦ ρεύματος τοῦ παραγομένου ὑπὸ τῆς μηχανῆς, ὅτε αὖτη καλεῖται **αὐτοδιεγειρομένη.**

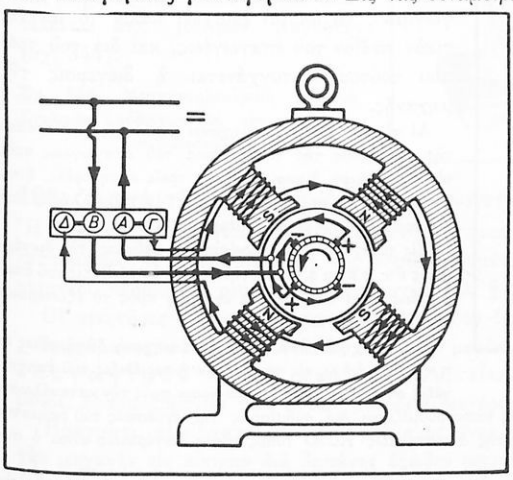
β) Ἐπαγώγιμον. Εἰς τὰς δυναμοηλεκτρικὰς μηχανὰς χρησιμοποιεῖται σήμερον ὡς ἐπαγώγιμον ὁ τύπος **τυμπάνου.** Τὸ ἐπαγώγιμον τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ κύλινδρον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος κατὰ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν φέρει διαμήκεις αὔλακας, ἐντὸς τῶν ὁποίων τοποθετοῦνται οἱ ἀγωγοὶ τῆς περιελίξεως (σχ. 337). Διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ἐπαγωγίμου τύπου τυμπάνου ἐπιτυγχάνομεν ὥστε ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου ἀντὶ ἑνὸς πλαισίου νὰ περιστρέφωνται πολλὰ πλαίσια, τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα σχηματίζουν γωνίαν μεταξύ των. Οὕτως, εἰς τὸ σχῆμα 338 δεικνύεται ἡ τάσις ἡ ἀναπτυσσομένη εἰς ἐπαγώγιμον τύπου τυμπάνου μὲ δύο πλαίσια. Τὸ ρεῦμα, τὸ διοχετευόμενον εἰς τὴν κατανάλωσιν, προέρχεται ἐκ τῆς προσθέσεως τῶν ρευμάτων εἰς τὰ διάφορα πλαίσια. Διὰ τῆς αὐξήσεως λοιπὸν τῶν πλαισίων τοῦ ἐπαγωγίμου, τὸ διοχετευόμενον ρεῦμα εἰς τὴν κατανάλωσιν εἶναι πολὺ ὁμαλώτερον ἢ ὅταν ἔχωμεν ἓν μόνιμον πλαίσιον ὡς εἰς τὸ σχῆμα 335.



Σχ. 339. Συλλέκτης μετὰ ψηκτρῶν.

γ) Συλλέκτης. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ κυλίνδρου ἐκ μονωτικῆς οὐσίας, π.χ. ἐβονίτου, ὁ ὁποῖος φέρει διαμήκεις αὔλακας ἴσον ἀπεχούσας μεταξύ των. Αἱ αὔλακες πληροῦνται ὑπὸ καταλλήλων ἐλασμάτων ἐκ χαλκοῦ καὶ ἀκολούθως ὁ κύλινδρος ὑποβάλλεται εἰς κατεργασίαν, ὥστε ἡ ὅλη ἐπιφάνεια αὐτοῦ νὰ καταστῇ λεία. Οὕτω τελικῶς ὁ συλλέκτης Σ παρουσιάζει τὴν ὄψιν κυλίνδρου φέροντος διαμήκη μεταλλικὰ ἐλάσματα, τὰ ὁποῖα διαχωρίζονται μεταξύ των ἀπὸ μονωτικὴν οὐσίαν (σχ. 339). Ἐπὶ τοῦ συλλέκτου τούτου τοποθετοῦνται αἱ ψ ῆ κ τ ρ α ι Ψ_1 καὶ Ψ_2, (τεμάχια συμπαγοῦς ἄνθρακος) εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀποκαθιστοῦν τελείαν ἐπαφὴν πρὸς τὰ μεταλλικὰ ἐλάσματα, μέσῳ δὲ τῶν ψηκτρῶν τούτων μεταβιβάζεται τὸ ρεῦμα εἰς τὴν κατανάλωσιν.

193. Διέγερσις γεννητριῶν. Εἰς τὰς δυναμοηλεκτρικὰς μηχανὰς εἴδομεν ὅτι ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης, οὗτος δὲ διεγείρεται διὰ τῆς διαβιβάσεως εἰς τὴν περιέλιξιν αὐτοῦ συνεχοῦς ρεύματος.

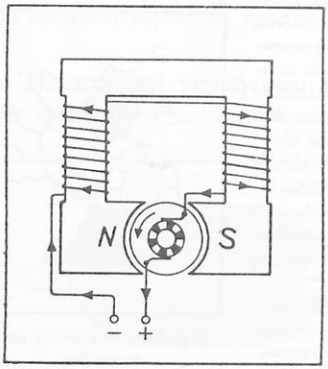


Σχ. 340. Γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος μετὰ δύο ζευγῶν πόλων. Ἡ διέγερσις εἶναι συνδεδεμένη ἐν παραλλήλῳ.

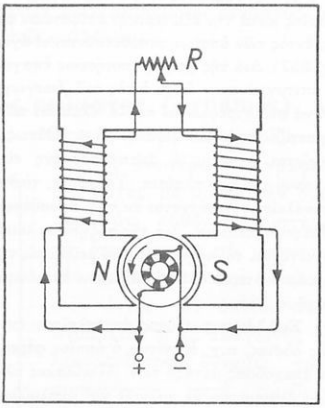
Αἱ μηχαναὶ παραγωγῆς συνεχοῦς ρεύματος (σχ. 340) εἶναι κατὰ κανόνα **αὐτοδιεγειρόμεναι,** δηλαδὴ ὁ ἐπαγωγεὺς διεγείρεται ὑπ' αὐτοῦ τούτου τοῦ ρεύματος τοῦ παραγομένου ὑπὸ τῆς μηχανῆς ὡς ἑξῆς: Χρησιμοποιοῦμεν τὸν παραμένοντα μαγνητισμόν, ὁ ὁποῖος ὑφίσταται εἰς τὸν σιδηροῦν πυρῆνα τοῦ ἐπαγωγέως, ὀφειλόμενον εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν μαγνητικὴν ἱστορίαν τοῦ σιδήρου, καὶ τὸν ὁποῖον ἐκμεταλλευόμεθα διὰ τὴν διέγερσιν τῆς μηχανῆς. Ὅταν τὸ ἐπαγώγιμον στρέφεται ἀρχικῶς ἐντὸς τοῦ ἀσθενοῦς τούτου μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, τοῦ ὀφειλομένου εἰς τὸν παραμένοντα

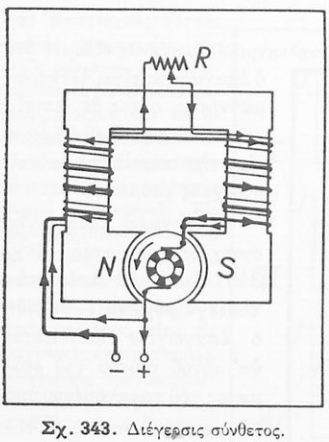


Σχ. 341. Διέγερσις ἐν σειρᾷ.



Σχ. 342. Διέγερσις ἐν παραλλήλῳ.

μαγνητισμὸν τοῦ πυρῆνος αὐτοῦ, ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου ἀσθενὲς ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διοχετεύεται καταλλήλως εἰς τὴν περιέλιξιν τοῦ ἐπαγωγέως, τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ὁποίου ἐνισχύεται. Ὡς ἐκ τῆς ἐνισχύσεως τοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως ἀναπτύσσεται ἰσχυρότερον ρεῦμα ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου, τὸ ὁποῖον ἐνισχύει πάλιν τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ἐπαγωγέως, καὶ διὰ τοῦ τρόπου τούτου ἐπιτυγχάνεται ἡ διέγερσις τῆς μηχανῆς.



Σχ. 343. Διέγερσις σύνθετος.

Αἱ αὐτοδιεγειρόμεναι μηχαναὶ ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς συνδέσεως τῆς περιελίξεως τοῦ ἐπαγωγέως πρὸς τὸ ἐπαγώγιμον, διακρίνονται εἰς τρεῖς κατηγορίας, ἤτοι, διεγέρσεως ἐν **σειρᾷ**, διεγέρσεως ἐν **παραλλήλῳ** καὶ διεγέρσεως **συνθέτου** (compound).

Εἰς τὸ σχῆμα 341 δεικνύεται ἡ μέθοδος τῆς διεγέρσεως ἐν σειρᾷ, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ περιέλιξις τοῦ ἐπαγωγέως εἶναι συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μέσῳ τοῦ ἐπαγωγίμου.

Εἰς τὸ σχῆμα 342 δεικνύεται μηχανὴ διεγέρσεως ἐν παραλλήλῳ, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ περιέλιξις τοῦ ἐπαγωγέως συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν πρὸς τὴν κατανάλωσιν καὶ τὸ ἐπαγώγιμον. Ἡ παραγομένη τάσις ρυθμίζεται διὰ ρυθμίσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τῆς διεγέρσεως τῇ βοηθείᾳ μεταβλητῆς ἀντιστάσεως R. Ὁ τύπος οὗτος διεγέρσεως εἶναι ὁ συνηθέστερον χρησιμοποιούμενος.

Εἰς τὸ σχῆμα 343 δεικνύεται μηχανὴ συνθέτου ἢ μικτῆς διεγέρσεως εἰς τὴν ὁποίαν ὁ ἐπαγωγεὺς ἔχει δύο περιελίξεις, μίαν ἐκ παχέος σύρματος, ἡ ὁποία συνδέεται ἐν σειρᾷ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πρὸς τὴν κατανάλωσιν, καὶ ἑτέραν ἐκ λεπτοῦ σύρματος, ἡ ὁποία συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν πρὸς τὴν κατανάλωσιν.

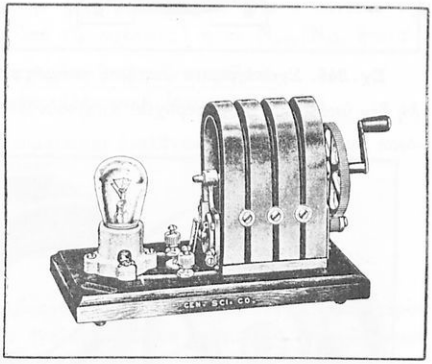
194. Ἀπώλειαι καὶ ἀπόδοσις γεννητρίας. Αἱ ἀπώλειαι γεννητρίας ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς τρεῖς κατηγορίας : 1) Μηχανικαὶ ἀπώλειαι, ὀφειλόμεναι εἰς τριβήν. 2) Ἀπώλειαι ἐκ θερμότητος Joule εἰς τὰς περιελίξεις ἐπαγωγέως καὶ ἐπαγωγίμου. 3) Ἀπώλειαι ἐκ ρευμάτων Foucault ἐντὸς τοῦ σιδήρου.

Ὡς ἐκ τούτου, ἐὰν $N_{μηχ}$ ἡ καταναλισκομένη μηχανικὴ ἰσχὺς διὰ τὴν κίνησιν τῆς μηχανῆς, ἡ ἀποδιδομένη ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς $N_{ηλ}$ εἶναι λόγῳ τῶν ἀπωλειῶν μικροτέρα τῆς $N_{μηχ}$, ὁ δὲ λόγος $N_{ηλ}/N_{μηχ}$ καλεῖται **συντελεστὴς ἀποδόσεως (η)** ἤτοι :

$$η = \frac{\text{ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς παρεχομένη ὑπὸ τῆς γεννητρίας}}{\text{μηχανικὴ ἰσχὺς καταναλισκομένη διὰ τὴν περιστροφὴν}}$$

Ἡ ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ ἀποδόσεως καλεῖται ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς, κυμαίνεται δὲ ἀναλόγως τοῦ μεγέθους καὶ τοῦ τύπου τῆς γεννητρίας μεταξὺ 60% καὶ 97%.

195. Μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανὴ (magneto). Ἡ μηχανὴ αὕτη, ἡ ὁποία ἔχει περιωρισμένην ἐφαρμογήν, χρησιμοποιουμένη μόνον εἰς συστήματα ἀναφλέξεως μηχανῶν ἐσωτερικῆς καύσεως καὶ εἴς τινας τηλεφωνικὰς ἐγκαταστάσεις, διαφέρει ἀπὸ τὰς δυναμοηλεκτρικὰς μηχανὰς μόνον ὡς πρὸς τὸν ἐπαγωγέα, ὁ ὁποῖος εἰς τὰς μηχανὰς τοῦ τύπου τούτου ἀποτελεῖται ἀπὸ μόνιμον μαγνήτην (σχ. 344).



Σχ. 344. Μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανή. Σχολικὸν ὑπόδειγμα διὰ τὴν πειραματικὴν διδασκαλίαν.

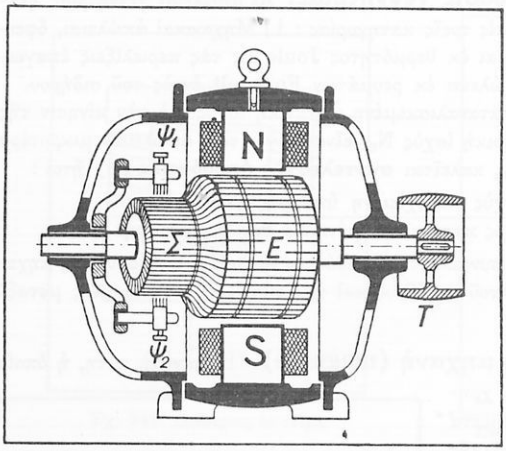
196. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος περιεγράφη λεπτομερῶς κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς δημιουργουμένης δυνάμεως ὑπὸ ἀκινήτου μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρευματοφόρου ἀγωγοῦ (βλ. § 136).

Οἱ κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι πρὸς τὰς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἀποτελοῦνται ἐκ τῶν ἰδίων μερῶν, ἤτοι τοῦ ἐ π α γ ω γ έ ω ς, τοῦ ἐ π α γ ω γ ί μ ο υ καὶ τοῦ σ υ λ λ έ κ τ ο υ, εἶναι δὲ κατὰ κανόνα αὐτοδιεγειρόμενοι, ἐφαρμοζομένων τῶν αὐτῶν μεθόδων διεγέρσεως ὡς καὶ εἰς τὰς γεννητρίας.

Πράγματι, αἱ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος εἶναι ἀντιστρεπταί, δηλαδὴ ἂν θέσωμεν τὴν μηχανὴν εἰς κίνησιν διὰ δαπάνης ἔξωθεν μηχανικοῦ ἔργου, ἡ μηχανὴ παρέχει ρεῦμα καὶ λειτουργεῖ ὡς γεννήτρια. Ἐὰν ὅμως διαβιβάσωμεν εἰς τὴν μηχανὴν ἔξωθεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, αὕτη λειτουργεῖ ὡς κινητήρ.

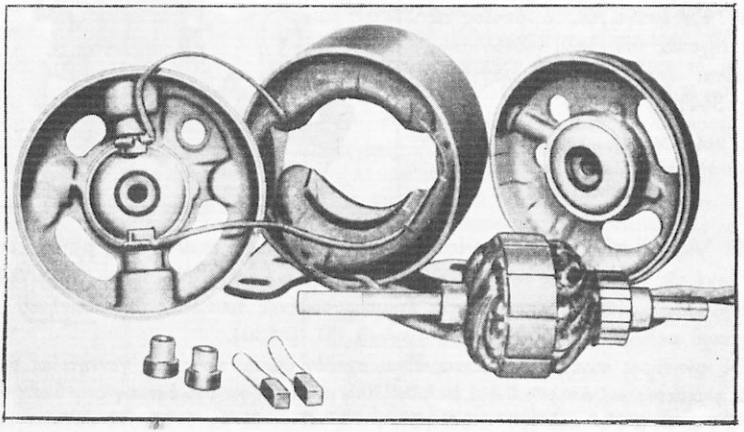
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ σχῆμα 345 δεικνύεται τομὴ κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος, εἰς τὸ ὁποῖον N καὶ S παριστοῦν τοὺς πόλους τοῦ ἐπαγωγέως (ἠλεκτρομαγνήτου), Ε τὸ ἐπαγώγιμον, Σ τὸν συλλέκτην καὶ Ψ_1, Ψ_2, τὰς ψήκτρας, ἐνῷ Τ παριστᾷ τροχαλίαν διὰ τὴν μεταβίβασιν τῆς κινήσεως μέσῳ ἱμάντος.



Σχ. 345. Σχεδιάγραμμα κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος.

Τοὺς κινητῆρας συνεχοῦς ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν πρὸς κίνησιν ἠλεκτρικῶν τροχιοδρόμων, ἠλεκτροκινήτων λεωφορείων (trolley-bus) κλπ. Εἰς τοὺς τροχιοδρόμους ἡ ἀπαραίτητος τάσις πρὸς λειτουργίαν τῶν κινητήρων λαμβάνεται μεταξὺ ἐναερίου ἀγωγοῦ καὶ σιδηροτροχιῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι προσγειωμέναι. Εἰς τὰ ἠλεκτροκίνητα λεωφορεῖα, ἐπειδὴ δὲν ὑπάρχουν σιδηροτροχιαὶ ἀπαιτοῦνται δύο ἐναέριοι ἀγωγοί.



Σχ. 346. Φωτογραφία κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος μετὰ τῶν ἐξαρτημάτων αὐτοῦ. Εἰς τὸ μέσον ὁ στάτωρ καὶ κάτω αἱ ψῆκτραι καὶ ὁ ρώτωρ.

***197. Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις κινητῆρος.** Λόγῳ τῆς περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου τοῦ κινητῆρος ἐντὸς τοῦ δημιουργουμένου μαγνητικοῦ πεδίου ὑπὸ τοῦ ἐπαγωγέως, ἀναπτύσ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σεται εἰς τὸ ἐπαγώγιμον ΗΕΔ, ἡ ὁποία ὅμως εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν ἔξωθεν ἐφαρμοζομένην ἐπὶ τοῦ κινητῆρος διαφορὰν δυναμικοῦ, καὶ ὡς ἐκ τούτου αὕτη καλεῖται **ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις** (ἀντι-ΗΕΔ).

Ἐὰν διὰ U καλέσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ κινητῆρος, αὕτη ἀντισταθμίζεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὑπὸ τῆς ἀντι-ΗΕΔ, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὑπὸ τῆς πτώσεως τάσεως $r \cdot i$ ἐντὸς τῆς περιελίξεως τοῦ ἐπαγωγίμου τοῦ κινητῆρος, ὅπου r ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐπαγωγίμου καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐν αὐτῷ, ἤτοι θὰ εἶναι :

$$U = E + r \cdot i, \text{ ἐξ ἧς : } \quad i = \frac{U - E}{r}$$

Εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἐκκινήσεως ἡ ἀντι-ΗΕΔ εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ ἑπομένως τὸ ρεῦμα ι ἔχει τιμὴν μεγάλην, ἐπικίνδυνον πολλάκις διὰ τὴν περιέλιξιν τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὡς ἐκ τούτου, πολλάκις εἰς τὸ κύκλωμα συνδέεται ἐν σειρᾷ ἀντίστασις ρυθμιζομένη, ἡ ὁποία ἐλαττοῦται βαθμηδόν, ἐφ' ὅσον ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν τοῦ κινητῆρος αὐξάνεται, καὶ ἐξάγεται ἐκ τοῦ κυκλώματος ὅταν ὁ κινητὴρ ἀποκτήσῃ τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν.

198. Ἀπόδοσις κινητῆρος. Ὁ λόγος μεταξὺ τῆς ἀποδιδομένης ὑπὸ τοῦ κινητῆρος μηχανικῆς ἰσχύος καὶ τῆς προσλαμβανομένης ὑπ' αὐτοῦ ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, ἀποτελεῖ τὸν **συντελεστὴν ἀποδόσεως (η)** τοῦ κινητῆρος. Οὕτως, ἐὰν $N_{μηχ}$ παριστᾷ τὴν μηχανικὴν ἰσχὺν καὶ $N_{ηλ}$ τὴν ἠλεκτρικὴν ἰσχύν, τότε ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως η τοῦ κινητῆρος θὰ ὁρίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως : $η = N_{μηχ}/N_{ηλ}$, ἤτοι :

$$η = \frac{\text{μηχανικὴ ἰσχὺς παρεχομένη ὑπὸ τοῦ κινητῆρος}}{\text{καταναλισκομένη ἠλεκτρικὴ ἰσχύς}}$$

Ἡ τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ ἀποδόσεως κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ μεγέθους καὶ ποιότητος τοῦ κινητῆρος μεταξὺ 50% καὶ 95%.

II. ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

199. Γεννήτριαι. Αἱ γεννήτριαι ἐναλλασσομένου ρεύματος καλοῦνται εἰδικώτερον **ἐναλλακτῆρες.** Εἰς τὸ κεφάλαιον τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων ἐσπουδάσαμεν στοιχειώδη μηχανὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος ὅπου ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι ἀκίνητος καὶ τὸ ἐπαγώγιμον κινητὸν (βλ. § 159, σχ. 259).

Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἐπιτύχωμεν τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα ἐὰν ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι κινητὸς καὶ τὸ ἐπαγώγιμον ἀκίνητον. Τὴν δευτέραν ταύτην περίπτωσιν δεικνύει ἡ στοιχειώδης διάταξις τοῦ σχήματος 262, σελ. 264. Τὸ ἐπαγώγιμον ἀποτελεῖται ἐξ ἀκινήτου πηνίου, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον πρὸς γαλβανόμετρον, ἐνῷ ὁ ἐπαγωγεὺς ἀποτελεῖται ἐξ εὐθέος μονίμου μαγνήτου, περιστρεφομένου περὶ ἄξονα διερχόμενον διὰ τοῦ μέσου αὐτοῦ, ὅτε ἐντὸς τοῦ πηνίου δημιουργεῖται ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἡ ἐναλλαγὴ τοῦ ρεύματος λαμβάνει χώραν ὁσάκις ἡ ἐπιφάνεια τοῦ πηνίου εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸν μαγνήτην, δεικνύεται δὲ διὰ τοῦ γαλβανομέτρου Γ, ὅπου ὁ δείκτης αὐτοῦ κινεῖται πρὸς τὰ δεξιὰ ἢ ἀριστερά, ὁσάκις ὁ μαγνήτης περιστρέφεται ὑπὸ μικρὰν γωνιακὴν ταχύτητα. Ὅταν ἡ περιστροφὴ εἶναι ταχεῖα ὁ δείκτης δὲν προφθάνει νὰ στραφῇ ἑκατέρωθεν καὶ σχεδὸν ἀκινητεῖ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οἱ ἐναλλακτῆρες, ὡς πρὸς τὰ κύρια μέρη ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται, δὲν διαφέρουν οὐσιωδῶς ἀπὸ τὰς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος. Οὕτω καὶ εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας διακρίνομεν **ἐπαγωγέα, ἐπαγώγιμον** καὶ **συλλέκτην - δακτύλιον.**

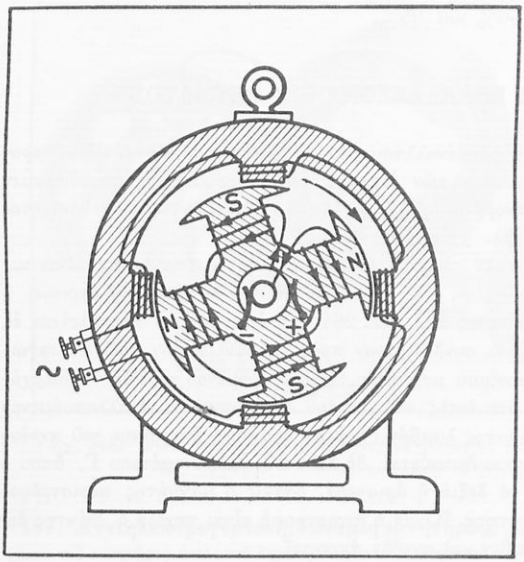
Οἱ ἐναλλακτῆρες εἶναι κατὰ κανόνα μηχαναὶ ἀνεξαρτήτου διεγέρσεως, διότι διὰ τὴν διέγερσιν τοῦ ἐπαγωγέως ἀπαιτεῖται συνεχὲς ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρέχεται ὑπὸ ἰδιαιτέρας γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, ἥτις καλεῖται διεγέρτρια. Ἐξ ἄλλου, εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας, προκειμένου ἰδίως περὶ τοιούτων μεγάλης ἰσχύος, τὸ ἐπαγώγιμον παραμένει ἀκίνητον ἐνῷ ὁ ἐπαγωγεὺς κινεῖται, ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου ἐπεκράτησε τὸ μὲν ἀκίνητον μέρος τοῦ ἐναλλακτῆρος νὰ καλῆται **στάτωρ (stator)** τὸ δὲ κινητὸν **ρώτωρ (rotor).** Οὕτως, εἰς τὰς μηχανὰς μεγάλης ἰσχύος, στάτωρ εἶναι τὸ ἐπαγώγιμον καὶ ρώτωρ ὁ ἐπαγωγεύς, ἐνῷ τὸ ἀντίθετον συμβαίνει εἰς ἐναλλακτῆρας μικρᾶς ἰσχύος.

Ἐφ' ὅσον τὸ ἐπαγώγιμον εἶναι ἀκίνητον, δὲν ὑφίσταται ἀνάγκη συλλέκτου, ἀλλὰ τὸ ρεῦμα διοχετεύεται εἰς τὴν κατανάλωσιν διὰ καταλλήλων μονωμένων ἀκροδεκτῶν προσηρμοσμένων εἰς κατάλληλον θέσιν ἐπὶ τοῦ σώματος τοῦ ἐπαγωγίμου.

Τὸ συνεχὲς ρεῦμα μεταβιβάζεται ἐκ τῆς διεγερτρίας πρὸς τὴν περιέλιξιν τοῦ ἐπαγωγέως, μέσῳ συστήματος μονωμένων δακτυλίων, προσηρμοσμένων ἐπὶ τοῦ ἄξονος αὐτοῦ, πρὸς τοὺς ὁποίους συνδέονται τὰ ἄκρα τῆς περιελίξεως τοῦ ἐπαγωγέως.

Οἱ ἐναλλακτῆρες, ἀναλόγως τῆς μορφῆς τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος τὸ ὁποῖον παρέχουν, διακρίνονται κυρίως εἰς **μονοφασικοὺς** καὶ **τριφασικούς.**

*** 200. Μονοφασικὴ γεννήτρια.** Εἰς τὸ σχῆμα 347 δεικνύεται ἡ διάταξις μονοφασικῆς γεννητρίας, εἰς τὴν ὁποίαν ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι κινητὸς καὶ ἀποτελεῖ τὸν ρώτορα. Διὰ τῶν περιελίξεων, αἱ ὁποῖαι περιβάλλουν τοὺς σιδηροῦς πυρῆνας σχήματος Τ καὶ αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, διαβιβάζομεν ἔξωθεν, μὲ τὴν βοήθειαν συλλέκτου, ἀποτελουμένου ἐκ δύο μονωμένων δακτυλίων, συνεχὲς ρεῦμα προερχόμενον ἀπὸ ἐξωτερικὴν πηγήν. Αἱ περιελίξεις τῶν σιδηρῶν πυρήνων γίνονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε δύο διαδοχικοὶ πόλοι νὰ εἶναι ἑτερώνυμοι.



Σχ. 347. Μονοφασικὴ γεννήτρια. Ὁ ρώτωρ φέρει δύο ζεύγη πόλων.

Τὸ ἐπαγώγιμον εἶναι ἀκίνητον, ἤτοι ἀποτελεῖ τὸν στάτορα καὶ τὸ κύριον σῶμα τῆς

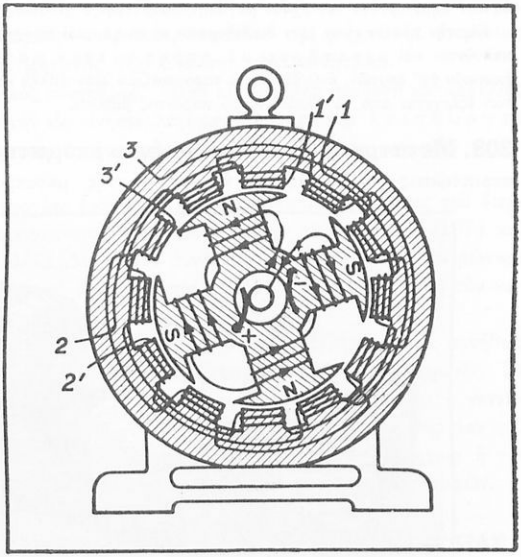
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μηχανῆς. Ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἐπὶ τεσσάρων πυρήνων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, τοποθετοῦνται τέσσαρες περιελίξεις συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, τὰ δὲ δύο ἐλεύθερα ἄκρα τῶν ἐν σειρᾷ περιελίξεων ἀπυτελοῦν τοὺς πόλους τῆς μηχανῆς. Ἡ περιέλιξις γίνεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ φορὰ περιελίξεως δύο διαδοχικῶν πηνίων νὰ εἶναι ἀντίθετος. Ὅταν ὁ ρώτωρ περιστρέφεται ἐντὸς τῶν πηνίων τοῦ στάτορος γεννῶνται ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς.

Πρὸς κατανόησιν τῆς λειτουργίας τῆς μηχανῆς θὰ ἐξετάσωμεν τὴν συμπεριφορὰν ἑνὸς πηνίου τοῦ στάτορος. Ὁσάκις διὰ τοῦ πηνίου τούτου ἀντιπαρέρχεται εἷς πόλος τοῦ ρώτορος, λαμβάνει χώραν ἐναλλαγὴ τοῦ ρεύματος. Ἐὰν ὅμως τὸ πηνίον εἶναι μεταξὺ δύο ἀντιθέτων πόλων τοῦ ρώτορος τότε τὸ ρεῦμα ἐντὸς αὐτοῦ λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμήν. Εἰς μίαν πλήρη περιστροφὴν τοῦ ρώτορος τὸ ρεῦμα ἀλλάσσει τέσσαρας φορὰς διεύθυνσιν καί, ἐὰν ἡ διάρκεια μιᾶς περιστροφῆς τοῦ ρώτορος εἶναι t sec, τότε θὰ λαμβάνῃ χώραν ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος πάντοτε εἰς χρονικὸν διάστημα t/4 sec.

Λόγῳ ὅμως τοῦ τρόπου τῆς περιελίξεως τῶν πηνίων τοῦ στάτορος, ὥστε ἡ φορὰ περιελίξεως, εἰς δύο διαδοχικὰ πηνία νὰ εἶναι ἀντίθετος, τὰ ἐντὸς αὐτῶν γεννώμενα ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς ὑποστηρίζονται ἀμοιβαίως εἰς τρόπον ὥστε, εἰς ἑκάστην στιγμὴν ὅλα τὰ πηνία νὰ εὑρίσκωνται ὑπὸ τὴν αὐτὴν κατάστασιν ρεύματος.

***201. Τριφασικὴ γεννήτρια.** Ἐὰν τροποποιήσωμεν τὴν μονοφασικὴν γεννήτριαν διὰ τῆς τοποθετήσεως, μεταξὺ ἑκάστου ζεύγους δύο διαδοχικῶν πηνίων, ἑτέρων δύο διακρίτων πηνίων, τῆς αὐτῆς κατασκευῆς καὶ συνδέσεως ὅπως καὶ τὰ πηνία τῆς μονοφασικῆς γεννητρίας, προκύπτει ἡ τριφασικὴ γεννήτρια, ἡ ὁποία παρέχει τριφασικὸν ρεῦμα.



Σχ. 348. Τριφασικὴ γεννήτρια. Ὁ ρώτωρ φέρει δύο ζεύγη πόλων.

Ἡ γεννήτρια αὕτη δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 348. Διὰ τὴν διοχέτευσιν τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν, ἕνεκα τῆς ὑπάρξεως τριῶν ἀνεξαρτήτων περιελίξεων ἐπὶ τοῦ ἐπαγωγίμου, θὰ ἀπητοῦντο ἓξ ἀγωγοί, λόγῳ ὅμως τῆς προηγουμένως περιγραφείσης ἰδιότητος τῶν τριφασικῶν ρευμάτων (βλ. § 172) ἀπαιτοῦνται μόνον τρεῖς ἀγωγοί.

202. Ἠλεκτρικοὶ κινητῆρες (moteurs). Οἱ κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος διακρίνονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, ἤτοι: **α) κινητῆρας συγχρόνους,** εἰς τοὺς ὁποίους ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν κατὰ δευτερόλεπτον ἢ ἄλλως ἡ ταχύτης περιστροφῆς παραμένει σταθερὰ ἀνεξαρτήτως τοῦ φορτίου τοῦ κινητῆρος, καὶ **β) κινητῆρας ἀσυγχρόνους,** εἰς τοὺς ὁποίους ἡ ταχύτης περιστροφῆς δύναται νὰ ὑφίσταται μεταβολὰς μετὰ τοῦ φορτίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Σύγχρονοι κινητῆρες. Μία γεννήτρια ἐναλλασσομένου ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητήρ, ἀλλὰ δὲν κινεῖται ἀφ' ἑαυτῆς εὐθὺς ἀμέσως, ὡς διαβιβάσωμεν δι' αὐτῆς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Προηγουμένως πρέπει νὰ περιστρέψωμεν ταύτην, μέχρις ὅτου ὁ ἀριθμὸς στροφῶν αὐτῆς καταστῇ ἴσος πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ ρεύματος τροφοδοτήσεως.

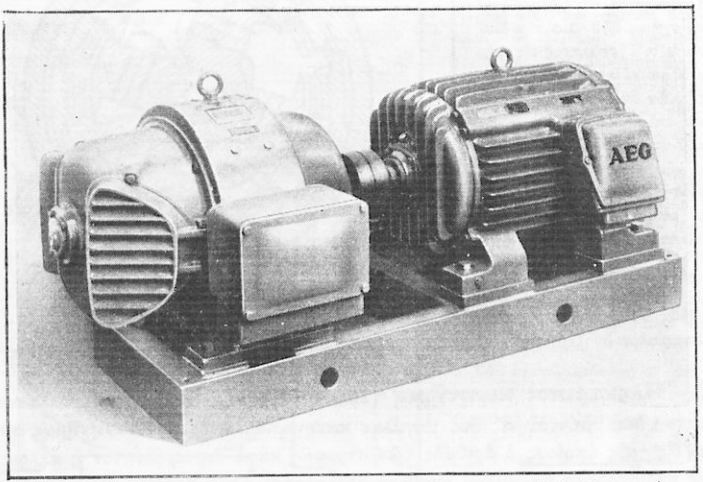
Πράγματι, ὅταν ἐπιτευχθῇ συγχρονισμὸς μεταξὺ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στροφῶν καὶ τῆς συχνότητος, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ἐπαγωγέως ἀντιπαρέρχονται πρὸ τῶν σπειρῶν τοῦ ἐπαγωγίμου κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν λαμβάνει χώραν ἐναλλαγὴ τοῦ ρεύματος. Ἐὰν ὁ κινητὴρ φορτισθῇ ὑπερμέτρως, ὥστε νὰ ἐλαττωθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν του καὶ νὰ ἐκλείψῃ ὁ συγχρονισμός, τότε οὗτος παύει νὰ κινῆται. Μικροὶ σύγχρονοι κινητῆρες χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κίνησιν ὡρολογίων, γραμμοφώνων, αὐτογραφικῶν συσκευῶν καὶ ἐν γένει εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις ὅπου ἀπαιτεῖται σταθερὸς ἀριθμὸς στροφῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν μεγάλων ἰσχύων ὁ σύγχρονος κινητὴρ εἶναι ἀκατάλληλος διότι δὲν ἐπιτρέπει ρύθμισιν τῶν στροφῶν αὐτοῦ.

Ἀσύγχρονοι κινητῆρες. Εἰς τοὺς συγχρόνους κινητῆρας τόσον ὁ στάτωρ ὅσον καὶ ὁ ρώτωρ τροφοδοτοῦνται ἀπὸ τὸ δίκτυον. Ἐὰν τοὐναντίον ὁ στάτωρ τροφοδοτῆται ὑπὸ τοῦ δικτύου, ἐνῷ τὸ ρεῦμα εἰς τὸν ρώτορα γεννᾶται ἐξ ἐπαγωγῆς, τότε προκύπτει ὁ **κινητὴρ ἐπαγωγῆς.** Ἐπειδὴ δὲ ἐξ ἄλλου διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν κινητήρων τούτων δὲν ἀπαιτεῖται συγχρονισμός, ὡς εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν συγχρόνων κινητήρων, οἱ κινητῆρες ἐπαγωγῆς καλοῦνται καὶ **ἀσύγχρονοι κινητῆρες.**

Μονοφασικοὶ ἀσύγχρονοι κινητῆρες δὲν ἐκκινοῦν ἀφ' ἑαυτῶν καὶ λόγῳ τοῦ μικροῦ ζεύγους τὸ ὁποῖον δημιουργοῦν δὲν ἔχουν μεγάλην πρακτικὴν σημασίαν.

Εἰς τὴν πρᾶξιν εἶναι λίαν διαδεδομένοι οἱ τριφασικοὶ ἀσύγχρονοι κινητῆρες, οἱ ὁποῖοι πολλάκις καλοῦνται καὶ κινητῆρες μὲ στρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον, οἱ ὁποῖοι ἐκκινοῦν ἀφ' ἑαυτῶν, ἐνῷ ἐξ ἄλλου παρουσιάζουν λίαν ἁπλῆν κατασκευήν, ἡ περιγραφὴ ὅμως τούτων ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πλαίσιον τοῦ παρόντος βιβλίου.

203. Μετατροπὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς συνεχές. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις παρουσιάζεται ἡ ἀνάγκη τῆς μετατροπῆς τοῦ ρεύματος τοῦ δι-



Σχ. 349. Ζεῦγος γεννητρίας - κινητῆρος μετατροπῆς τριφασικοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος 380 V εἰς συνεχὲς 110 V. Κινητὴρ ἰσχύος 30 PS καὶ γεννήτρια 35 kVA, 1500 στροφῶν ἀνὰ λεπτόν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κτύου διανομῆς, τὸ ὁποῖον παρέχεται ὑπὸ τὴν μορφὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος, εἰς συνεχὲς ρεῦμα. Τοῦτο πραγματοποιεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους, ὡς π.χ. διὰ **ζεύγους κινητῆρος ἐναλλασσομένου καὶ μηχανῆς συνεχοῦς ρεύματος.** Τὸ ζεῦγος τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ δύο μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι συνήθως παρουσιάζουν σύζευξιν διὰ τῶν ἀξόνων αὐτῶν (σχ. 349). Ὁ κινητὴρ εἶναι εἷς ἐκ τῶν συνήθων τύπων κινητήρων ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὁ ὁποῖος συζεύγνυται πρὸς τὸν ἄξονα γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος.

Συνήθως ἀντὶ δύο μηχανῶν χρησιμοποιεῖται μόνον μία, τῆς ὁποίας ἡ περιέλιξις τοῦ ἐπαγωγίμου περιλαμβάνει τὴν περιέλιξιν τοῦ κινητῆρος καὶ τῆς γεννητρίας.

Εἰς ἑπόμενα κεφάλαια θὰ γνωρίσωμεν καὶ ἄλλους τρόπους μετατροπῆς.

***204. Παρατηρήσεις ἐπὶ τῶν ἠλεκτρικῶν γεννητριῶν καὶ κινητήρων.** Ὅταν μία γεννήτρια λειτουργῇ χωρὶς νὰ ἔχουν συνδεθῇ οἱ πόλοι αὐτῆς πρὸς ἐξωτερικὸν κύκλωμα, καὶ κατὰ συνέπειαν δὲν παρέχει ρεῦμα, τότε λέγομεν ὅτι λειτουργεῖ ἐν κενῷ. Ἡ γεννήτρια λειτουργεῖ ὑπὸ φορτίον, ὅταν οἱ πόλοι αὐτῆς ἔχουν συνδεθῇ πρὸς ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὁπότε ἡ γεννήτρια παρέχει ρεῦμα, δηλαδὴ ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, δαπάναις τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας τῆς καταβαλλομένης ὑπὸ τῆς μηχανῆς τῆς κινούσης τὴν γεννήτριαν.

Τὰ αὐτὰ ἰσχύουν καὶ διὰ τοὺς κινητῆρας. Ὅταν εἷς κινητὴρ συνδεθῇ καταλλήλως πρὸς ἄλλην μηχανὴν θέτων αὐτὴν εἰς κίνησιν, λέγομεν ὅτι ὁ κινητὴρ λειτουργεῖ ὑπὸ φορτίον, ἀλλ' ἐὰν περιστρέφεται χωρὶς νὰ κινῇ ἄλλην μηχανὴν λειτουργεῖ ἐν κενῷ.

Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας ἑνὸς κινητῆρος (ἐκκίνησις) ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος (ρεῦμα ἐκκινήσεως) λαμβάνει μεγάλην τιμὴν (βλ. § 197) καὶ δύναται νὰ προκαλέσῃ ἀνωμαλίας. Διὰ τοῦτο συνδέεται, ἐν σειρᾷ, πρὸς τὸν ρώτορα μεταβλητὴ ἀντίστασις, ἡ ὁποία καὶ ἀποσυνδέεται εὐθὺς ὡς ὁ κινητὴρ λάβῃ τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν.

Τὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα μιᾶς ἠλεκτρικῆς μηχανῆς ἀναγράφονται συνήθως ἐπὶ εἰδικῆς πινακίδος, ἡ ὁποία τοποθετεῖται εἰς ἐμφανὲς σημεῖον τῆς μηχανῆς. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ κυρίως περιλαμβάνουν : 1) Τὴν τάσιν, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια ἢ τὴν τάσιν τὴν ἀπαιτουμένην διὰ τὴν κανονικὴν καὶ ὁμαλὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος. 2) Τὴν μεγίστην μόνιμον ἰσχύν, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια ἢ τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ὁ κινητήρ. 3) Τὸν ἀριθμὸν τῶν ἀνὰ πρῶτον λεπτὸν στροφῶν.

III. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

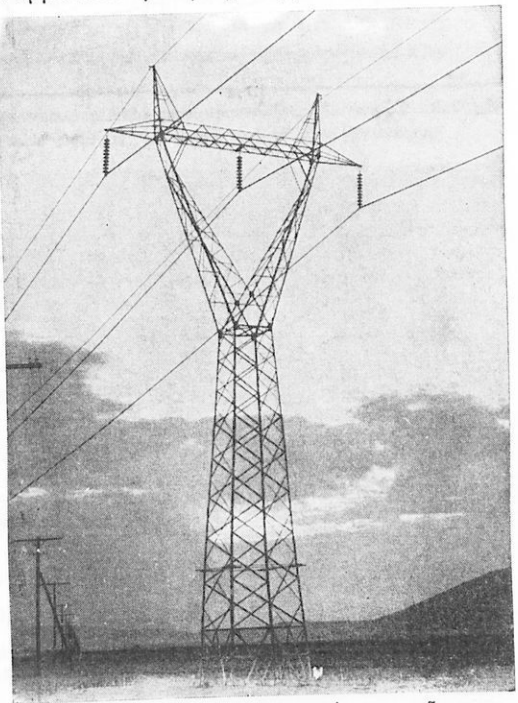
205. Σταθμοὶ παραγωγῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Οἱ μεγάλοι κεντρικοὶ σταθμοὶ παραγωγῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας δὲν κατασκευάζονται ἐντὸς τῶν πόλεων, ἀλλ' εἰς περιοχὰς ὅπου δύνανται εὐκόλως νὰ μεταφερθοῦν τὰ ἀπαραίτητα καύσιμα διὰ τὴν κίνησιν τοῦ ὅλου συγκροτήματος ἠλεκτροπαραγωγῆς, ἐνῷ ἐξ ἄλλου ὑπάρχει ἄφθονον ὕδωρ διὰ τὴν ψῦξιν τῶν μηχανῶν. Τὰ ἀνωτέρω ἰσχύουν διὰ τοὺς λεγομένους θερμικοὺς σταθμούς, δηλαδὴ δι' ἐκείνους, οἱ ὁποῖοι

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ταφέρεται εὐκόλως, ἔχει τὸ μειονέκτημα νὰ μὴ δύναται νὰ ἀποθηκευθῇ εἰς μεγάλας ποσότητας. Διὰ τοῦτο ἡ παραγωγὴ τῶν κεντρικῶν σταθμῶν πρέπει, εἰς ἑκάστην στιγμήν, νὰ εἶναι τόση ὥστε νὰ μὴ ὑπερβαίνῃ τὸ ἄθροισμα τῆς καταναλώσεως καὶ τῶν διαφόρων ἀπωλειῶν. Τὸ ἄθροισμα αὐτὸ ὀνομάζεται φορτίον τοῦ σταθμοῦ παραγωγῆς.

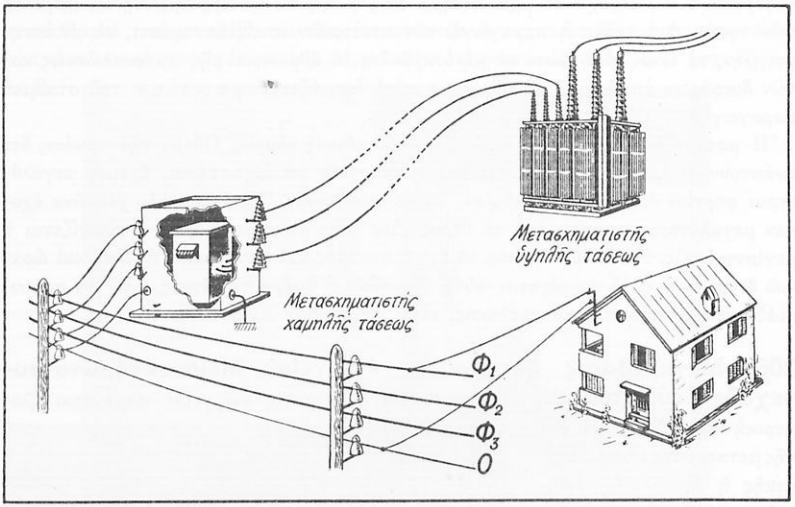
Ἡ μεταβολὴ τοῦ φορτίου ἀκολουθεῖ ὡρισμένους νόμους. Οὕτω, τὴν πρωΐαν, ὅτε ἀνάπτουν αἱ ἠλεκτρικαὶ κουζῖναι καὶ λειτουργοῦν τὰ ἐργοστάσια, ἔχομεν μεγαλύτερον φορτίον ἀπὸ τὴν μεσημβρίαν, ὁπότε σταματοῦν. Ἐξ ἄλλου, τὸν χειμῶνα ἔχομεν μεγαλύτερον φορτίον ἀπὸ τὸ θέρος. Διὰ τοὺς ἀνωτέρω λόγους ὑπολογίζεται ἡ μεγίστη ἰσχύς, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ ἔχῃ ὁ σταθμὸς καὶ κατὰ ποίαν ἡμέραν καὶ ὥραν τοῦ ἔτους πρέπει νὰ παράγεται αὕτη. Συνήθως ἡ ἡμέρα τοῦ ἔτους, καθ' ἣν παρουσιάζεται ἡ μεγαλυτέρα κατανάλωσις, εἶναι ἐγγὺς τῶν Χριστουγέννων.

206. Μεταβίβασις ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας. Μειονεκτήματα συνεχοῦς ρεύματος. Εἰς τὰ ἐργοστάσια ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας παράγεται ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς $N = U \cdot i$ διὰ τῆς μετατροπῆς κυρίως θερμικῆς ἢ ὑδραυλικῆς ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, εἰς τὴν ὁποίαν ὁ εἷς παράγων, ἡ ἔντασις i, φθάνει εἰς τὴν τιμὴν τῶν 2000-5000 Ἀμπέρ, ἐνῷ ὁ ἕτερος, ἡ τάσις U, εἶναι 110 - 220 Volt. Ἐὰν ἡ ἐνέργεια αὕτη μετεβιβάζετο ἀπὸ τοῦ ἐργοστασίου εἰς τὸν τόπον τῆς καταναλώσεως, ὑπὸ τὴν ἔντασιν ταύτην, θὰ ἀπητοῦντο γραμμαὶ ἀποτελούμεναι ἐξ ἀγωγῶν πολὺ μεγάλου πάχους, πρὸς ἀποφυγὴν ἀπωλειῶν· τοῦτο δὲ θὰ εἶχεν ὡς ἀποτέλεσμα ὅτι ἡ ἐγκατάστασις δὲν θὰ ἦτο οἰκονομικῶς ἐκμεταλλεύσιμος, λόγῳ τοῦ μεγάλου κόστους τῆς γραμμῆς. Ἕνεκα τούτου ἐφαρμόζεται ἡ μεταβίβασις τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, διὰ τῶν γραμμῶν με-

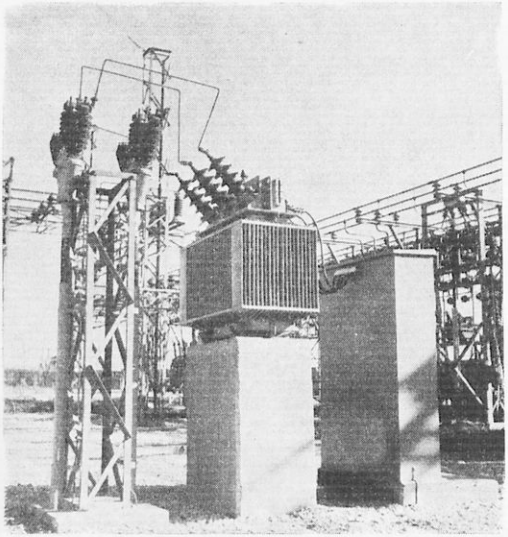


Σχ. 351. Στύλος, ὑποβαστάζων γραμμὰς μεταφορᾶς τριφασικοῦ ρεύματος 150 kV, ἐκ τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὸ Ἑλληνικὸν Ἐθνικὸν Δίκτυον (ΔΕΗ).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 352. Σχηματικὴ παράστασις μεταβιβάσεως ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἀπὸ τοῦ ἐργοστασίου παραγωγῆς πρὸς τὴν κατανάλωσιν. Ἡ τάσις εἶναι ἐναλλασσομένη τριφασική.



Σχ. 353. Φωτογραφία μετασχηματιστοῦ ὑψηλῆς τάσεως εἰς κεντρικὸν σταθμὸν ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως τῆς ΔΕΗ, 250 kVA, 1500 V/380 V.

ταφορᾶς (σχ. 351), ὑπὸ ὑψηλὴν τάσιν καὶ μικρὰν ἔντασιν, ἐνίοτε δὲ ἡ ὑψηλὴ τάσις φθάνει μέχρι 380 000 Volt.

Ἐν σχέσει πρὸς τὰ δίκτυα ἐναλλασσομένου, τὰ δίκτυα συνεχοῦς ρεύματος παρουσιάζουν ὡρισμένα μειονεκτήματα, κυριώτερον τῶν ὁποίων εἶναι αἱ μεγάλαι ἀπώλειαι εἰς τὰς γραμμὰς μεταφορᾶς. Τοῦτο εἶναι ἀπόρροια τοῦ ὅτι πρακτικῶς δὲν ὠφελεῖ ἡ παραγωγὴ ὑψηλῶν συνεχῶν τάσεων, διότι αἱ συνεχεῖς τάσεις δὲν μετασχηματίζονται. Τοὐναντίον, αἱ ἐναλλασσόμεναι τάσεις καθίστανται διὰ τῶν μετα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σχηματιστῶν ὁσονδήποτε ὑψηλαὶ ἢ χαμηλαί. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὰ δίκτυα συνεχοῦς ρεύματος ὁλονὲν ἐκτοπίζονται, παραχωροῦντα τὴν θέσιν αὐτῶν εἰς τὰ δίκτυα ἐναλλασσομένων ρευμάτων, τὰ ὁποῖα μετασχηματιζόμενα δύνανται νὰ θέσουν εἰς λειτουργίαν συσκευὰς διαφόρων τάσεων.

Διὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἐπιτυγχάνεται ὑπὸ ἀρίστους οἰκονομικοὺς ὅρους καὶ μάλιστα διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τριφασικοῦ ρεύματος, διὰ τὸ ὁποῖον ἀπαιτοῦνται, ὡς εἴδομεν, τρεῖς ἀγωγοί, ἡ μεταβίβασις τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Συνήθως ἡ ὑψηλὴ τάσις ὑποβιβάζεται ἐντὸς ὑ π ο σ τ α θ μ ῶ ν εἰς χαμηλὴν τάσιν, ἡ ὁποία ὅμως εἶναι ἀκόμη ὑψηλὴ καὶ ὄχι ἀμέσου χρησιμοποιήσεως, ὡς ἐκ τούτου δέ, ὅταν ἡ γραμμὴ μεταβιβάσεως φθάσῃ εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως, ὑποβιβάζεται αὕτη δι' ἑτέρου μετασχηματιστοῦ εἰς χαμηλὴν τάσιν (συνήθως 110 V μέχρι 380 V) ἐντεῦθεν δέ, μέσῳ τεσσάρων ἀγωγῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς δὲν παρουσιάζει τάσιν, διοχετεύεται ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια εἰς τὴν κατανάλωσιν (σχ. 352).

Ἡ ἀνύψωσις τῆς τάσεως ἐπιτυγχάνεται εἰς τὸν τόπον παραγωγῆς τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας διὰ μετασχηματιστῶν ὑψηλῆς τάσεως, ὁπότε, ἐπειδὴ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι μικρά, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μεταβίβασιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἀγωγοὺς μικρᾶς διατομῆς, οἱ ὁποῖοι ὅμως πρέπει νὰ εἶναι ἐπιμελῶς μονωμένοι ἀπὸ τῆς Γῆς.

Τὰ ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα γίνονται περισσότερον κατανοητὰ διὰ τοῦ ἀκολούθου ἀριθμητικοῦ παραδείγματος.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἐργοστάσιον παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἰσχύος 11 000 kW, τροφοδοτεῖ δι' ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας πόλιν, ἀπέχουσαν 100 km ἀπ' αὐτοῦ. Ἐὰν ἡ τάσις τοῦ παρεχομένου ρεύματος εἶναι 220 V καὶ αἱ ἀπώλειαι, λόγῳ τῆς κατὰ τὴν μεταφορὰν ἀναπτυσσομένης ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν θερμότητος, δὲν ὑπερβαίνουν τὰ 10 % τῆς παρεχομένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, νὰ εὑρεθῇ ἡ διατομὴ τοῦ χαλκίνου ἀγωγοῦ μεταφορᾶς ($\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot cm$).

Λύσις. Ἐκ τοῦ τύπου $N = U \cdot i$, λαμβάνομεν $i = N/U$ καὶ δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων τιμῶν εὑρίσκομεν : $i = 50\,000$ A.

Ρεῦμα ἐντάσεως 50 000 A, διαρρέον ἀγωγὸν ἀντιστάσεως R, παράγει, ἐντὸς χρόνου t, ποσὸν θερμότητος Q, ἴσον πρὸς :

$$Q = i^2 R\, t = (50\,000)^2 \cdot R \cdot t \quad W \cdot sec = 25 \cdot 10^8 R \cdot t \quad W \cdot sec \qquad (1)$$

Ἐξ ἄλλου, ἐπειδὴ ἡ εἰς θερμότητα μετασχηματιζομένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνῃ τὰ 10 % τῆς παραγομένης ἐνεργείας, θὰ ἔχωμεν :

$$25 \cdot 10^8 \cdot R \cdot t \leq 0{,}1 \cdot 11 \cdot 10^6 \cdot t$$

ἐκ τῆς ὁποίας εὑρίσκομεν : $R \leq 0{,}00044\ \Omega \leq 44 \cdot 10^{-5}\ \Omega$

Ἐπειδὴ ὁ ἀγωγὸς μεταφορᾶς, μήκους 100 km, πρέπει νὰ παρουσιάζῃ συνολικὴν ἀντίστασιν τὸ πολὺ 0,00044 Ω θὰ ἔχῃ διατομὴν S διδομένην ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad \text{ἐξ οὗ} \quad S = \frac{\rho \cdot l}{R}$$

καὶ δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων εὑρίσκομεν :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

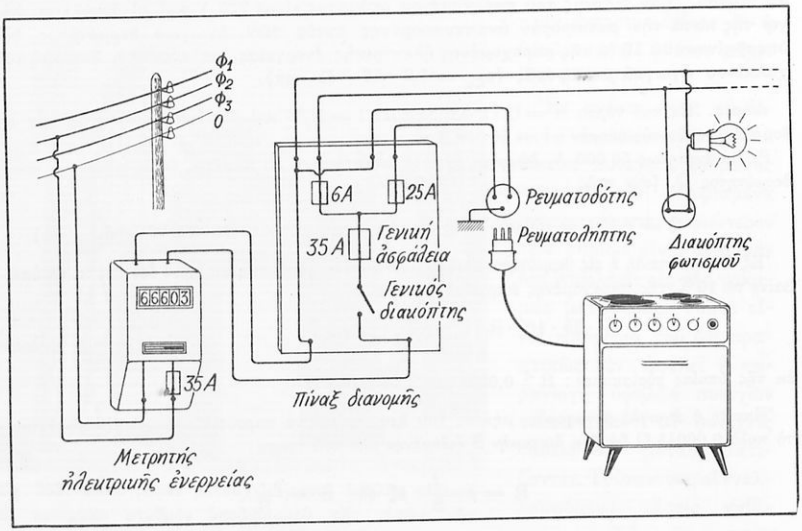
$$S = 38\,636\ cm^2 = 3{,}9\ m^2$$

Κατὰ συνέπειαν ὁ ἀγωγὸς θὰ πρέπει νὰ ἔχῃ διάμετρον κατά τι μεγαλυτέραν τῶν 2 m, γεγονὸς τὸ ὁποῖον θὰ καθιστοῦσε προβληματικήν, ἂν μὴ ἀδύνατον καὶ ἀσύμφορον, τὴν μεταβίβασιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω συνθήκας.

Ἐὰν ὅμως ἡ τάσις εἶναι ἐναλλασσομένη δυνάμεθα δι' ἐνὸς μετασχηματιστοῦ νὰ μεταβάλωμεν τὴν χαμηλὴν ἐναλλασσομένην τάσιν τῶν 220 V εἰς ὑψηλὴν ἐναλλασσομένην τάσιν 220 000 V, ὁπότε εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ θὰ εἶναι 440 Ω, ἡ δὲ διατομὴ αὐτοῦ 4 mm^2.

207. Ἠλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἐγκατάστασις. Ἡ διανομὴ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας ἐκ τριφασικῶν δικτύων, διὰ φωτισμὸν καὶ συνήθεις οἰκιακὰς χρήσεις γίνεται διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τῆς ἐνεργοῦ τάσεως 220 V, ἡ ὁποία λαμβάνεται ἐκ μιᾶς τῶν τριῶν φάσεων καὶ τοῦ οὐδετέρου ἀγωγοῦ. Οἱ δύο οὗτοι ἀγωγοὶ εἰσέρχονται πρῶτον εἰς τὸν μετρητὴν ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας τῆς οἰκιακῆς ἐγκαταστάσεως καὶ ἐξ αὐτοῦ φέρονται εἰς τὸν πίνακα διανομῆς, ὁ ὁποῖος περιέχει τὸν γενικὸν διακόπτην τῆς ὅλης ἐγκαταστάσεως καὶ τὰς ἐπὶ μέρους ἀσφαλείας. Ἐκ τοῦ πίνακος διανομῆς τροφοδοτοῦνται οἱ ἠλεκτρικοὶ λαμπτῆρες, εἰς τὸ κύκλωμα ἑκάστου τῶν ὁποίων παρεμβάλλεται εἷς διακόπτης, ὡς ἐπίσης καὶ οἱ διάφοροι ρευματοδόται (πρίζαι) τῆς οἰκιακῆς ἐγκαταστάσεως.

Αἱ διάφοροι συσκευαὶ καὶ λυχνίαι συνδέονται ἐν παραλλήλῳ, πρὸς τὰ σύρματα τροφοδοτήσεως. Ἡ παράλληλος σύνδεσις ἔχει τὸ πλεονέκτημα μεταξὺ ἄλλων ὅτι δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιοῦμεν τὰς λυχνίας ὅλως ἀνεξαρτήτως, δηλαδὴ ἐὰν διακόψωμεν τὴν λειτουργίαν μιᾶς λυχνίας, τοῦτο δὲν ἐπηρεάζει τὴν λειτουργίαν τῆς ἄλλης.



Σχ. 354. Διάγραμμα οἰκιακῆς ἠλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

'Εφ' ὅσον δὲ τὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς παρέχει τὸ ρεῦμα ὑπὸ σταθερὰν τάσιν, τότε ὅλαι αἱ συσκευαὶ λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν ἰδίαν σχεδὸν τάσιν, διότι ἡ πτῶσις τάσεως κατὰ μῆκος τῶν ἀγωγῶν τροφοδοτήσεως καὶ τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως τῶν συσκευῶν εἶναι ἀνεπαίσθητος, ἐφ' ὅσον ἡ διατομὴ τῶν ἀγωγῶν ἔχει ἐκλεγῆ κατάλληλως.

Εἰς τὸ σχῆμα 354 δεικνύεται ἡ ὅλη διάταξις μιᾶς οἰκιακῆς ἠλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Τί ἐννοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἠλεκτρικαὶ μηχαναί.
2. Ἀναφέρατε τὰ κύρια μέρη μιᾶς γεννητρίας.
3. Κατὰ τί διαφέρει μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος ἀπὸ μίαν γεννήτριαν ἐναλλασσομένου.
4. Εἰς τί χρησιμεύει ὁ συλλέκτης.
5. Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ μιᾶς γεννητρίας καὶ ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ κινητῆρος.
6. Τί ἐννοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἀντι-ΗΕΔ ἑνὸς κινητῆρος καὶ πῶς προκαλεῖται αὕτη.
7. Διατί χρησιμοποιοῦνται ἀντιστάσεις ἐκκινήσεως εἰς ὡρισμένους κινητῆρας.
8. Τί καλεῖται ἀπόδοσις ἠλεκτρικῆς γεννητρίας.
9. Εἶναι δυνατὸν γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητήρ;
10. Τί καλεῖται ἀπόδοσις ἠλεκτρικοῦ κινητῆρος.
11. Πῶς πραγματοποιεῖται μία οἰκιακὴ ἠλεκτρικὴ ἐγκατάστασις.

Β' Προβλήματα

1. Δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ παρουσιάζει εἰς τοὺς ἀκροδέκτας της τάσιν 125 V. Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐπαγωγίμου καὶ ἐπαγωγέως εἶναι ἀντιστοίχως 0,05 καὶ 25 Ω. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ ἐπαγώγιμον εἶναι 100 A, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ΗΕΔ. ('Απ. E = 130 V.)

2. Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἰσχὺς ὑδροστροβίλου, ἵνα ἡ ὑπ' αὐτοῦ κινουμένη δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ παρέχῃ ρεῦμα ἐντάσεως 500 A ὑπὸ τάσιν 240 V. Ἡ ἀπόδοσις αὐτῆς εἶναι 80 %.
('Απ. $N_{υδ}$ = 150 000 W = 200 HP.)

3. Κινητὴρ ἐργάζεται ὑπὸ τάσιν 220 V καὶ ἀναπτύσσει ἀντιηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 180 V. Νὰ εὑρεθῇ ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως τοῦ κινητῆρος. ('Απ. η = 0,818.)

4. Κινητὴρ διεγειρόμενος παραλλήλως, τροφοδοτεῖται ὑπὸ σταθερᾶς τάσεως 120 V καὶ ἀπορροφᾷ ρεῦμα ὁλικῆς ἐντάσεως 20 A. Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι 0,2 Ω καὶ ἡ τοῦ ἐπαγωγέως 200 Ω. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντι-ΗΕΔ τοῦ κινητῆρος. ('Απ. E' = 116,12 V.)

5. Γεννήτρια ρεύματος διατηρεῖ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας αὐτῆς τάσιν 500 V καὶ διεγείρει κινητῆρα, τὰ δὲ σύρματα συνδέσεως ἔχουν ἀντίστασιν 10 Ω. Ζητεῖται ἡ σχέσις, ἥτις δίδει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα, συναρτήσει τῆς ὠφελίμου ἰσχύος. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ μεγίστη ὠφέλιμος ἰσχύς, ἥτις προσφέρεται εἰς τὸν κινητῆρα. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα, ὅταν ἐμποδίζεται ὁ κινητὴρ νὰ περιστρέφεται καὶ ὅταν ἀφίεται νὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λειτουργῇ ἐν κενῷ. Ὑποτίθεται ὅτι τὸ ἔργον ὅπερ ἀπορροφᾶται ὑπὸ τῶν τριβῶν εἶναι ἀμελητέον.
('Απ. $N_{\omega\varphi,\ \mu\varepsilon\gamma} = 6250$ W, $i_{\varepsilon\nu} = 50$ A.)

6. Κύκλωμα περιλαμβάνει ἠλεκτρικὴν γεννήτριαν ΗΕΔ 220 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 5 Ω, ὡς ἐπίσης καὶ κινητῆρα ἀντιηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 150 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 5 Ω. Ποία ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητῆρος. ('Απ. $\eta = 0{,}81$.)

7. Ἠλεκτρικὴ γεννήτρια παρέχει ρεῦμα ἰσχύος 1000 kW ὑπὸ τάσιν 10 000 V. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται διὰ δύο ἀγωγῶν εἰς ἀπόστασιν 20 km, διὰ χαλκίνου ἀγωγοῦ τομῆς 10 mm². Τὸ αὐτὸ ρεῦμα ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἰσχύν, δύναται νὰ παραχθῇ ὑπὸ τάσιν 50 000 V καὶ νὰ μεταφερθῇ εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν διὰ δύο ἀγωγῶν οὕτως, ὥστε ἡ δαπανωμένη ἰσχύς, λόγῳ φαινομένου Joule, νὰ εἶναι ἡ αὐτή. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διάμετρος τοῦ δευτέρου σύρματος. β) Δεδομένου ὅτι ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ εἶναι 8,9 gr/cm³, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ὠφέλεια, ἥτις θὰ προκύψῃ, ἂν 1 kgr* χαλκοῦ στοιχίζῃ 40 δραχμάς. Εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ $\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot$ cm.
('Απ. α' $\delta = 0{,}7$ mm, περίπου. β' 136 704 δρχ.)
(Πανεπιστήμιον 'Αθηνῶν. Τμῆμα Φυσικόν. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1955).

8. Δι' ἀτμοστροβίλου διέρχεται ἐντὸς 1 δευτερολέπτου 1 kgr ἀτμοῦ ὑπὸ ταχύτητα 750 m/sec. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ παρεχομένου ὑπὸ τάσιν 5000 V, ὑπὸ δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, συνεζευγμένης πρὸς τὸν ἀτμοστρόβιλον, ἐὰν αἱ ἀπώλειαι ἀνέρχωνται εἰς 40 % ἐπὶ τῆς παρεχομένης ἐνεργείας. ('Απ. i = 33,75 A.)

9. Ὁ ἐπαγωγεὺς μονοφασικοῦ ἐναλλακτῆρος ἀποτελεῖται ἀπὸ 10 πόλους κανονικῶς ἐναλλασσομένους, στρέφεται δὲ ὑπὸ συχνότητα 600 στρ./min καὶ παράγει ἐναλλασσόμενον ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα. Ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς τάσεως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐναλλακτῆρος εἶναι 220 V, ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος 50 A καὶ ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ ρεύματος καὶ τάσεως εἶναι 30°. Νὰ εὑρεθῇ ὁ τύπος τῆς στιγμιαίας τιμῆς τῆς ΗΕΔ καὶ νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τοῦ ἐναλλακτῆρος.
('Απ. α' $E = 310 \cdot$ ημ $314 \cdot t$, β' $N = 9526$ W.)

10. Δυναμὸ ἔχει ΗΕΔ 120 V καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 1 Ω. Ζητεῖται ἡ μεγίστη ἰσχὺς ἡ δαπανωμένη εἰς τὸ ἐξωτερικὸν τοῦ κυκλώματος. ('Απ. $N_{\mu\varepsilon\gamma} = 3600$ W.)

11. Πτῶσις ὕδατος ὕψους 10 m καὶ παροχῆς 2,5 m³/sec, θέτει εἰς κίνησιν ὑδροστρόβιλον τοῦ ὁποίου ἡ ἀπόδοσις εἶναι 0,6. Ὁ ὑδροστρόβιλος θέτει εἰς κίνησιν ἐναλλακτῆρα, τοῦ ὁποίου ἡ ἀπόδοσις εἶναι 0,9. Τὰ σύρματα τῆς γραμμῆς ὁδηγοῦν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρωτεῦον μετασχηματιστοῦ. Ἡ ἰσχὺς εἰς τὸ δευτερεῦον εἶναι 162 CV. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι 95 %. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀπώλεια ἰσχύος, λόγῳ τοῦ φαινομένου Joule, εἰς τὰ σύρματα τῆς γραμμῆς.
('Απ. $N_\theta = 9{,}4$ CV.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

208. Γενικά. Ὡς ἤδη γνωρίζομεν, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἕνα ἀγωγὸν προκαλεῖται ἀπὸ τὴν κίνησιν ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐντὸς αὐτοῦ. Τὰ φορτία ταῦτα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς φορεῖς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξαρτῶνται ἐκ τῆς φύσεως τῶν ἀγωγῶν. Οὕτως, εἰς ἕνα στερεὸν μεταλλικὸν ἀγωγόν, φορεῖς τοῦ ρεύματος εἶναι τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, ὡς εἴδομεν καὶ εἰς τὴν § 48. Εἶναι δυνατὸν ὅμως εἰς στερεὸν ἀγωγὸν νὰ ἔχωμεν ρεῦμα ὀφειλόμενον εἰς κίνησιν ἰόντων (ὡς π.χ. κίνησις ἰόντων νατρίου εἰς θερμὴν ὕαλον).

Εἰς τὰ ὑγρά, οἱ φορεῖς τοῦ ρεύματος εἶναι σχεδὸν πάντοτε ἰόντα θετικὰ καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀρνητικά, ἐνῷ εἰς τὴν περίπτωσιν μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ, ἐν τετηκυίᾳ καταστάσει, οἱ φορεῖς εἶναι ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Τέλος, εἰς τὰ ἀ έ ρ ι α οἱ φορεῖς εἶναι καὶ ἠλεκτρόνια καὶ ἰόντα (θετικὰ καὶ ἀρνητικά).

209. Ἠλεκτρονικὴ ἀγωγιμότης τῶν στερεῶν. Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόσωμεν διαφορὰν δυναμικοῦ, τότε τὰ ἐντὸς αὐτοῦ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, θὰ κινηθοῦν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς. Ἀρχικῶς ἡ κίνησις αὐτῶν εἶναι ἐπιταχυνομένη. Κατὰ τὴν κίνησίν των ὅμως αὐτήν, τὰ ἠλεκτρόνια συγκρούονται πρὸς τὰ ἰόντα τοῦ πλέγματος τοῦ ἀγωγοῦ, ἐμφανιζομένης — τρόπον τινὰ — μιᾶς δυνάμεως « τριβῆς ».

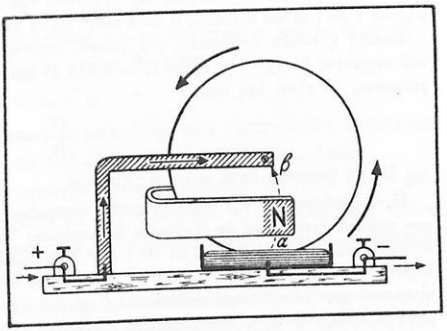
Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν δύο ἀντιτιθεμένων δυνάμεων τριβῆς καὶ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ ἠλεκτρόνια ἀποκτοῦν ὁρικὴν ταχύτητα, ὅταν ἡ δύναμις τῆς τριβῆς, ἡ ὁποία αὐξάνεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ ἠλεκτρονίου, γίνῃ ἴση πρὸς τὴν ἀσκουμένην δύναμιν ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. « Ἡ ὁρικὴ αὕτη ταχύτης τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι μικρὰ (βλ. § 211) καὶ κατ' οὐδένα τρόπον πρέπει νὰ συγχέεται μὲ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, ἡ ὁποία συμπίπτει μὲ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν ».

Λόγῳ τῆς ἀνθισταμένης δυνάμεως «τριβῆς» καταναλίσκεται ἔργον, ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἠλεκτρονίων. Τὸ ἔργον τοῦτο ἐκλύεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος Joule (βλ. § 114).

Ἐπειδὴ εἰς τὰ μέταλλα οἱ φορεῖς τοῦ ρεύματος εἶναι ἠλεκτρόνια, δηλαδὴ ἀρνητικὰ φορτία, ἔπεται ὅτι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἐντὸς αὐτῶν συμπίπτει μὲ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων, ἤτοι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς. Ἐν τούτοις, ὡς ἀνεφέρθη καὶ ἀλλαχοῦ (βλ. § 87), ὡς φορὰν τοῦ ρεύματος λαμβάνομεν τὴν συμβατικὴν τοιαύτην, ἤτοι τὴν φορὰν κινήσεως ὑποθετικῶν θετικῶν φορτίων ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, ἥτις εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν πραγματικὴν φορὰν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τῶν μετάλλων.

Χαρακτηριστικὸν τῆς ἀγωγιμότητος τῶν μετάλλων εἶναι ὅτι ἡ κίνησις τῶν ἠλεκτρονίων δὲν συνοδεύεται ἀπὸ μεταβολὴν τῆς μάζης τοῦ ἀγωγοῦ, ὡς συμβαίνει π.χ. εἰς τοὺς ἠλεκτρολύτας.

Εἰς τοὺς μονωτάς, ὅπου δὲν ὑφίστανται ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ εὑρεθοῦν φορεῖς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ συνεπῶς οὗτοι δὲν ἄγουν τὸν ἠλεκτρισμόν.



Σχ. 355. Τροχὸς τοῦ Barlow.

***210. Τροχὸς τοῦ Barlow (Μπάρλοου).** Ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια ἐντὸς τοῦ μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ συγκρούονται μὲ τὰ ἰόντα, ὑφιστάμενα τὴν ἐπίδρασιν τριβῆς. Κατὰ τὸ ἀξίωμα ὅμως « δρᾶσις = ἀντίδρασις » πρέπει καὶ τὰ ἠλεκτρόνια νὰ ἀσκοῦν ἐπὶ τοῦ πλέγματος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἴσην καὶ ἀντίθετον δύναμιν, ἡ ὁποία τείνει νὰ παρασύρῃ τὸν ἀγωγὸν κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεώς των. Τοῦτο δύναται νὰ δειχθῇ διὰ τοῦ τροχοῦ του Barlow.

Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ χαλκίνου τροχοῦ στρεπτοῦ περὶ ὁριζόντιον ἄξονα (σχ. 355), ὁ ὁποῖος τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε νὰ εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μονίμου μαγνήτου NS καὶ νὰ βυθίζεται ὀλίγον ἐντὸς λεκάνης περιεχούσης ὑδράργυρον. Ἐὰν διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τοῦτο εἰσέρχεται διὰ τοῦ πρὸς τὰ ἀριστερὰ μεταλλικοῦ στελέχους καὶ μέσῳ τῆς χαλκίνης ἐπιφανείας, τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου καὶ τοῦ ὑδραργύρου, ἐξέρχεται διὰ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ ἀκροδέκτου καὶ ὁδεύει πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς.

Κατὰ τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος προκαλεῖται περιστροφὴ τοῦ τροχοῦ, ἡ ὁποία ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Τὰ ἐντὸς τοῦ τροχοῦ κινούμενα ἠλεκτρόνια ὑφίστανται τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεων Laplace καὶ ὡς ἐκ τούτου διατρέχουν καιμπύλας τροχιὰς αβ. Λόγῳ ὅμως τῆς τριβῆς συμπαρασύρουν τὸν τροχὸν κατὰ τὴν κίνησίν των ἐμφανιζομένης οὕτω τῆς περιστροφῆς αὐτοῦ.

*211. Ὑπολογισμὸς τῆς ταχύτητος κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων μετάλλου.

Ὡς εἶναι ἤδη γνωστόν, διὰ τῆς ἐφαρμογῆς τάσεως ἐπὶ μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ ἄρχονται κινούμενα τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια αὐτοῦ, παραγομένου οὕτως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἔστω, μετάλλινος ἀγωγὸς μήκους l καὶ διατομῆς S. Ἐὰν n ὁ ἀνὰ μονάδα ὄγκου τοῦ μετάλλου ἀριθμὸς τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων αὐτοῦ καὶ t ὁ χρόνος διαδρομῆς ὑπ' αὐτῶν τοῦ μήκους τοῦ ἀγωγοῦ, τότε τὸ μὲν συνολικῶς κινούμενον φορτίον θὰ ἰσοῦται πρὸς:

$$Q = n \cdot e \cdot S \cdot l \qquad (1)$$

ὅπου $e = 1{,}60 \cdot 10^{-19}$ Cb τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ὡς ἄνω παραγομένου ρεύματος θὰ δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$i = \frac{Q}{t} = n \cdot e \cdot S \cdot \frac{l}{t} \qquad (2)$$

Ἀλλ' ἐπειδὴ l/t παριστᾷ τὴν ταχύτητα υ τῶν κινουμένων ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων τοῦ μετάλλου, ἔχομεν:

$$i = n \cdot e \cdot S \cdot \upsilon \qquad (3)$$

ἐκ τῆς ὁποίας λαμβάνομεν τελικῶς διὰ τὴν ζητουμένην ταχύτητα τὴν ἔκφρασιν:

$$\upsilon = \frac{i}{n \cdot e \cdot S} \qquad (4)$$

Θὰ ὑπολογίσωμεν ἐν συνεχείᾳ τὴν ταχύτητα τῶν κινουμένων ἠλεκτρονίων εἰς χάλκινον ἀγωγὸν μήκους $l = 1$ m καὶ διατομῆς $S = 1$ mm², εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ἐφαρμόζεται τάσις $U = 0{,}1$ V.

Ἐπειδὴ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ ἰσοῦται πρὸς $\rho = 0{,}017\ \Omega\ mm^2 \cdot m^{-1}$, ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος θὰ ἔχῃ τὴν τιμὴν $R = 0{,}017\ \Omega$ καὶ ἡ ἔντασις τοῦ διαρρέοντος τὸν ἀγωγὸν αὐτὸν ρεύματος, θὰ εἶναι ἴση πρὸς:

$$i = \frac{U}{R} = 5{,}9\ A \qquad (5)$$

καὶ δὲν θὰ θερμαίνῃ κατὰ πολὺ τὸ μέταλλον.

Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς ταχύτητος τῶν κινουμένων ἠλεκτρονίων δεχόμεθα ὅτι, εἰς ἕκαστον ἄτομον χαλκοῦ ἀντιστοιχεῖ ἓν ἐλεύθερον ἠλεκτρόνιον. Ἐπειδὴ δὲ ὁ ὄγκος τοῦ θεωρουμένου χαλκίνου ἀγωγοῦ ἀνέρχεται εἰς $100 \cdot 0{,}01 = 1$ cm³, ἡ δὲ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἴση πρὸς 8,9 gr · cm^{-3}, ἡ μᾶζα αὐτοῦ συμποσοῦται εἰς 8,9 gr. Ἐπειδὴ τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ ἔχει τιμὴν 63,6, τὸ γραμμοάτομον αὐτοῦ περιλαμβάνει 63,6 gr καὶ κατὰ συνέπειαν τὰ 8,9 gr χαλκοῦ ἰσοδυναμοῦν πρὸς $8{,}9/63{,}6 = 0{,}14$ γραμμοάτομα χαλκοῦ. Ἀλλὰ τὸ γραμμοάτομον κάθε οὐσίας περιέχει $6{,}02 \cdot 10^{23}$ ἄτομα (ἢ ἓν γραμμομόριον $6{,}02 \cdot 10^{23}$ μόρια, σταθερὰ Loschmidt), ἑπομένως εἰς τὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

0,14 γραμμοάτομα θὰ περιέχωνται $0,14 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 85 \cdot 10^{21}$ ἄτομα καὶ ὡς ἐκ τούτου $85 \cdot 10^{21}$ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια εἰς τὸ σῶμα. Δι' ἀντικαταστάσεως, τέλος, τῶν εὑρεθεισῶν τιμῶν εἰς τὴν σχέσιν (4), λαμβάνομεν :

$$\upsilon = \frac{5,9\ \mathrm{A}}{(85 \cdot 10^{21}\ \mathrm{cm^{-3}}) \cdot (1,60 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{A \cdot sec}) \cdot (0,01\ \mathrm{cm^2})} = 0,05\ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{sec}} = 0,5\ \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{sec}}$$

212. Ἡμιαγωγοί. Ἐγνωρίσαμεν ἤδη προηγουμένως (βλ. § 47) ὅτι δυνάμεθα νὰ κατατάξωμεν τὰ στερεὰ σώματα, ἀπὸ ἀπόψεως ἠλεκτρικῆς ἀγωγιμότητος, εἰς ἀγωγοὺς καὶ εἰς μονωτάς. Εἰς τοὺς στερεοὺς ἀγωγοὺς (μεταλλικούς), ἡ μεγάλη ἀγωγιμότης ὀφείλεται εἰς τὴν ὕπαρξιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἐντὸς τῆς μάζης αὐτῶν, ἐνῷ οἱ μονωταί, μὴ διαθέτοντες ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, δὲν παρουσιάζουν ἀγωγιμότητα. Πρὸς τούτοις, ὑπάρχει καὶ τρίτη κατηγορία στερεῶν, οἱ ἡμιαγωγοί, οἱ ὁποῖοι ἀπὸ ἀπόψεως ἠλεκτρικῆς ἀγωγιμότητος, δύνανται νὰ καταταχθοῦν μεταξὺ τῶν ἀγωγῶν καὶ τῶν μονωτῶν.

Χαρακτηριστικὸν τῶν ἡμιαγωγῶν εἶναι ἡ αὔξησις τῆς ἀγωγιμότητος αὐτῶν μετὰ τῆς θερμοκρασίας, ὁπότε ἐμφανίζουν ἔντονον ἠλεκτρονικὴν διαταραχήν. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι τινὰ ἐκ τῶν χαλαρῶς συνδεδεμένων ἠλεκτρονίων τοῦ ἡμιαγωγοῦ, παραλαμβάνοντα ἐνέργειαν, καθίστανται ἐλεύθερα, ἐξηγουμένης οὕτω καὶ τῆς αὐξήσεως τῆς ἀγωγιμότητος.

Θεωρήσωμεν, ἐν προκειμένῳ, ὅτι ἓν ἐκ τῶν χαλαρῶς συνδεδεμένων ἠλεκτρονίων τοῦ ἡμιαγωγοῦ ἀπέκτησεν ἱκανὴν ἐνέργειαν καὶ ἀπομακρυνόμενον ἐκ τοῦ ἀτόμου του κατέστη ἐλεύθερον. Ἡ ἐγκαταληφθεῖσα ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρονίου τούτου θέσις δημιουργεῖ ἓν χάσμα ἀρνητικοῦ φορτίου, καλεῖται δὲ (θετικὴ) **ὀπὴ** καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι συμπεριφέρεται ὡς θετικὸν φορτίον. Ἐὰν εἰς ἡμιαγωγὸς κρύσταλλος εὑρίσκεται ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τότε ἅπαντα τὰ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν εὑρισκόμενα ἠλεκτρόνια αὐτοῦ θὰ κινοῦνται πρὸς μίαν διεύθυνσιν καὶ συνεπῶς μία τυχοῦσα ὀπὴ θὰ καταλαμβάνεται διαδοχικῶς ὑπὸ τῶν πρὸς τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν κινουμένων ἠλεκτρονίων, ὁπότε ἡ ὀπὴ αὕτη εἶναι ὡς νὰ κινῆται κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν, παραμενόντων σταθερῶν τῶν ἠλεκτρονίων. Ἡ τοιαύτη κίνησις τῶν ὀπῶν δύναται νὰ θεωρηθῇ, κατὰ τὰ ἀνωτέρω, ὡς κίνησις θετικῶν φορτίων κινουμένων ἀντιθέτως πρὸς τὰ ἠλεκτρόνια.

Ἔστω i_e ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἡ ὀφειλομένη εἰς τὰ ἠλεκτρόνια καὶ i_h ἡ ὀφειλομένη εἰς τὰς κινουμένας ὀπάς. Τὸ συνολικὸν ρεῦμα θὰ εἶναι :

$$i_{ολ} = i_e + i_h \qquad (1)$$

Ἐξ ὅλων τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι ἡ ἀγωγιμότης τῶν ἡμιαγωγῶν ὀφείλεται καὶ εἰς τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια καὶ εἰς τὰς ὑπ' αὐτῶν δημιουργουμένας ὀπάς.

Συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω περιγραφέντα τρόπον δημιουργίας τῶν ὀπῶν ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου τοῦ ἡμιαγωγοῦ, πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν ὀπῶν εἶναι ὁ αὐτὸς πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἐντὸς αὐτοῦ. Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἐπιτύχωμεν αὔξησιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἢ τῶν ὀπῶν ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου τοῦ ἡμιαγωγοῦ διὰ χημικῆς προσθήκης καταλλήλων προσμίξεων ἐντὸς αὐτοῦ. Οὕτω διὰ προσθήκης προσμίξεων πεντασθενοῦς ἀτόμου εἰς τὸν ἡμιαγωγὸν κρύσταλλον γερμανίου ἢ πυριτίου (τετρασθενῆ ἄτομα), ἐπιτυγχάνομεν,

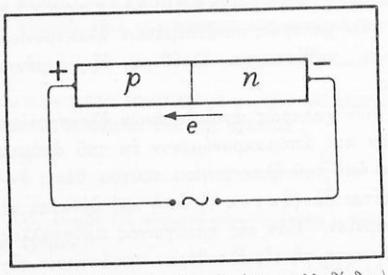
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὥστε ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων, νὰ εἶναι μεγαλύτερος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ὀπῶν ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἐπετύχαμεν τὴν δημιουργίαν ἡμιαγωγοῦ τύπου n (ἐκ τοῦ negative = ἀρνητικός).

Ἀντιθέτως, διὰ προσθήκης προσμίξεων τρισθενοῦς ἀτόμου π.χ. ἀντιμονίου εἰς κρύσταλλον γερμανίου ἢ πυριτίου, ἐπιτυγχάνομεν αὔξησιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ὀπῶν ὡς πρὸς τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, ὁπότε ὁ ἡμιαγωγὸς χαρακτηρίζεται καὶ ὡς ἡμιαγωγὸς τύπου p (ἐκ τοῦ positive = θετικός).

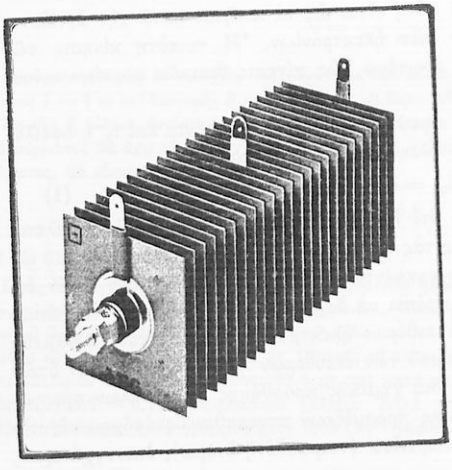
Σήμερον οἱ ἡμιαγωγοὶ χρησιμοποιοῦνται εὐρέως εἰς πλείστας βιομηχανικὰς καὶ ἐρευνητικὰς ἐφαρμογάς, ὡς π.χ. διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν κρυσταλλοδιόδων (ἀνορθωτῶν), ὡς καὶ τῶν κρυσταλλοτριόδων (transistors, βλ. κατωτέρω) κλπ.

213. Ξηροὶ ἀνορθωταί. Οἱ ἡμιαγωγοί, ὑπὸ τὴν μορφὴν τῶν ξηρῶν ἀνορθωτῶν, συσκευῶν αἵτινες μετατρέπουν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές, χρησιμοποιοῦνται εὐρέως σήμερον διὰ τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἤτοι διὰ τὴν παραγωγὴν συνεχοῦς τάσεως ἐξ ἐναλλασσομένης τοιαύτης.



Σχ. 356. Ξηρὸς ἀνορθωτὴς (κρυσταλλοδίοδος) ἐκ κρυσταλλικοῦ ραβδίου πυριτίου (ἀρχή).

Ὡς ξηρὸς ἀνορθωτὴς χρησιμοποιεῖται κρυσταλλικὸν ραβδίον πυριτίου, τὸ ὁποῖον κατὰ τὸ ἥμισυ ἔχει μετατραπῆ εἰς ἡμιαγωγὸν τύπου p καὶ κατὰ τὸ ἕτερον εἰς ἡμιαγωγὸν τύπου n. Ἡ ἀνορθωτικὴ ἱκανότης τοῦ ραβδίου τούτου, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται καὶ **κρυσταλλοδίοδος** βασίζεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ ἀγωγιμότης τούτου εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα κατὰ τὴν μίαν φορὰν ἀπὸ ὅτι κατὰ τὴν ἀντίθετον. Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 356 ἡ κρυσταλλοδίοδος ἐπιτρέπει τὴν διέλευσιν ρεύματος ὅταν ἡ πλευρὰ p γίνῃ θετικὴ καὶ ἡ n ἀρνητική. Εἰς τὴν ἀντίστροφον ἡμιπερίοδον τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως παρουσιάζεται τόσον μεγάλη ἀντίστασις, ὥστε σχεδὸν μηδενίζεται τὸ ρεῦμα.

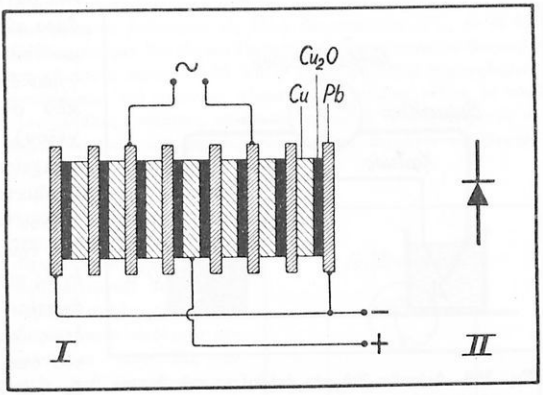


Σχ. 357. Ἐξωτερικὴ ὄψις ξηροῦ ἀνορθωτοῦ διὰ σεληνίου, πολλῶν βαθμίδων, διὰ βιομηχανικὰς χρήσεις.

Ἄλλος τύπος ξηροῦ ἀνορθωτοῦ, πολὺ διαδεδομένος, εἶναι ὁ ἀνορθωτὴς δι' ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ (σχ. 357). Ὁ ἀνορθω-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρῶμα ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ (Cu_2O), τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ πλακὸς χαλκοῦ (Cu) καὶ ἐπὶ τοῦ στρώματος τούτου τοποθετεῖται, ὑπὸ πίεσιν ἐπίσης, πλὰξ μολύβδου (Pb). Τὰ τρία ταῦτα μέρη ἀποτελοῦν ἓν στοιχεῖον ἀνορθωτοῦ.



Σχ. 358. (Ι) Ξηρὸς ἀνορθωτής. Ἡ ἀγωγιμότης εἶναι μεγάλη κατὰ τὴν φορὰν ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ - χαλκός. (ΙΙ) Συμβολικὴ παράστασις ξηροῦ ἀνορθωτοῦ.

Συνήθως διὰ τὴν πραγματοποίησιν ἀνορθωτοῦ μεγάλης τάσεως χρησιμοποιοῦνται περισσότερα στοιχεῖα, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 358. Ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν συναντᾷ τὸ ρεῦμα κατὰ τὴν δίοδόν του μεταξὺ τοῦ στρώματος τοῦ ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ καὶ τῆς πλακὸς ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχει τοῦτο ἀποτεθῆ, εἶναι 100 φορὰς μικροτέρα ἢ κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια εὐκόλως διέρχονται ἐκ τοῦ στρώματος τοῦ ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὴν πλάκα μολύβδου, ἐνῷ τοὐναντίον διέρχονται δυσκόλως ἐκ τοῦ ὑποξειδίου χαλκοῦ πρὸς τὴν χαλκίνην πλάκα. Τοιοῦτοι ἀνορθωταὶ δύνανται νὰ ἀντέχουν εἰς φορτίον 0,1 μέχρι 1 A κατὰ cm^2 καὶ ἡ τάσις μεταξὺ τῶν πλακῶν τοῦ ἀνορθωτοῦ ἀνέρχεται εἰς 10 μέχρι 100 Volt. Διὰ μεγαλυτέρας τάσεις συνδέονται πολλὰ στοιχεῖα τοῦ ξηροῦ ἀνορθωτοῦ ἐν σειρᾷ.

ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

214. Βασικὸν πείραμα. Θεωρήσωμεν δύο ἐλάσματα ἢ σύρματα ἐκ διαφορετικῶν μετάλλων, τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται συνηνωμένα κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν, ἐνῷ συγχρόνως τὰ ἄκρα ταῦτα εὑρίσκονται εἰς δύο διαφόρους θερμοκρασίας, π.χ. τὸ ἓν ἐντὸς τηκομένου πάγου καὶ τὸ ἕτερον ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος (σχ. 359).

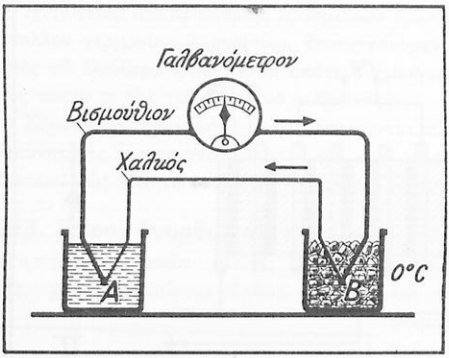
Ἐὰν διακόψωμεν τὸ ἓν τῶν συρμάτων καὶ παρεμβάλλωμεν εὐαίσθητον γαλβανόμετρον διαπιστώνομεν ὅτι ἓν ἀσθενὲς ρεῦμα διαρρέει τὸ κύκλωμα, γεγονὸς τὸ ὁποῖον προϋποθέτει τὴν ἀνάπτυξιν μιᾶς ΗΕΔ εἰς τάς, εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας εὑρισκομένας, ἐπαφὰς τῶν δύο μετάλλων.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν φαινόμενον** ἢ **φαινόμενον Seebeck** (Ζέμπεκ), τὸ δὲ παραγόμενον ρεῦμα, θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἡ ἀναπτυχθεῖσα ΗΕΔ δὲν ὑπερβαίνει τὰ ὀλίγα χιλιοστὰ τοῦ βόλτ (mV) διὰ διαφορὰν θερμοκρασίας 100 °C μεταξὺ τῶν δύο ἐπαφῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

215. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον (ἢ θερμοστοιχεῖον). Ἐὰν λάβωμεν δύο διάφορα μεταλλικὰ σύρματα ἢ ἐλάσματα, π.χ. χαλκοῦ (Cu) καὶ βισμουθίου (Bi) καὶ συγκολλήσωμεν αὐτὰ κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῶν A καὶ B, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 359, τότε τὸ σύστημα τοῦτο λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ **θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον** ἢ **(θερμοστοιχεῖον)**. Ἐὰν ἤδη συνδέσωμεν τὸ στοιχεῖον τοῦτο πρὸς εὐπαθὲς γαλβανόμετρον καὶ ἀκολούθως διὰ λύχνου θερμάνωμεν τὴν ἐπαφὴν A, ἐνῷ τὴν ἐπαφὴν B τοποθετήσωμεν ἐντὸς πάγου, παρατηροῦμεν, ὡς καὶ ἀνωτέρω ἐλέχθη, ὅτι διὰ τῆς διατάξεως διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἴδους τῶν μετάλλων τῶν συγκροτούντων τὸ θερμοστοιχεῖον καὶ ἐκ τῆς διαφορᾶς θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν δύο ἐπαφῶν συγκολλήσεως A καὶ B.

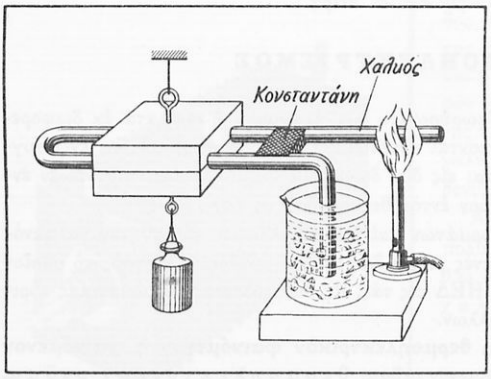


Σχ. 359. Διάταξις διὰ τὴν ἐπίδειξιν τοῦ θερμοηλεκτρικοῦ φαινομένου. (Θερμοστοιχεῖον).

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ἡ συντηροῦσα τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ὁποία καλεῖται ἐπίσης θ ε ρ μ ο η λ ε κ τ ρ ι κ ὴ δύναμις E_θ, εἶναι ἐξόχως μικρὰ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν μετάλλων καὶ ἀπὸ τὴν διαφορὰν $\Delta\theta$ τῆς θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν δύο ἐπαφῶν συγκολλήσεως τοῦ θερμοστοιχείου. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν :

$$E_\theta = c \cdot \Delta\theta \qquad (1)$$

ὅπου c συντελεστὴς ἀναλογίας, ἐξαρτώμενος ἐκ τῆς φύσεως τῶν δύο μετάλλων. Ὁ συντελεστὴς οὗτος καλεῖται **συντελεστὴς θερμοηλεκτρικῆς τάσεως.**

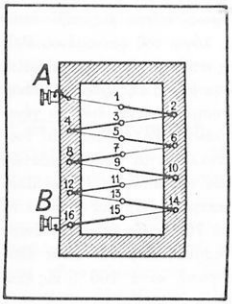


Σχ. 360. Ἡ ἀναπτυσσομένη τάσις μεταξὺ χαλκοῦ καὶ κονσταντάνης προκαλεῖ τὴν ἔλξιν τῶν δύο πλακῶν ἐκ σιδήρου.

Ἐὰν τὸ στοιχεῖον πραγματοποιῆται ἀπὸ βισμούθιον καὶ ἀντιμόνιον, ἡ ΗΕΔ εἶναι, διὰ διαφορὰν θερμοκρασίας 1 °C, περίπου 100 μV [1 μV = 10^{-6} Volt] καὶ ἐπομένως θὰ ἀπητοῦντο νὰ συνδεθοῦν 100 τοιαῦτα στοιχεῖα ἐν σειρᾷ καὶ νὰ ἀποκατασταθῇ διαφορὰ θερμοκρασίας 100 °C διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ τάσις 1 Volt.

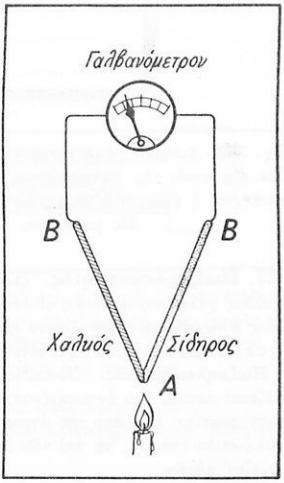
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὴν δημιουργίαν θερμοηλεκτρικῆς τάσεως δεικνύομεν διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος. Παχὺ σύρμα χαλκοῦ (διαμέτρου 8 mm) κάμπτεται, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 360, καὶ διέρχεται διὰ σιδηροῦ πυρῆνος. Τὰ δύο σκέλη τοῦ χαλκίνου σύρματος γεφυροῦνται ἀπὸ πλάκα ἐκ κονσταντάνης. Ἐὰν τὸ ἓν ἄκρον τοῦ χαλκίνου σύρματος βυθίσωμεν εἰς ὕδωρ θερμοκρασίας 0°C, τὸ δὲ ἕτερον θερμάνωμεν διὰ λύχνου Bunsen, τότε δημιουργεῖται θερμοηλεκτρικὴ τάσις περίπου 0,01 Volt, ἡ ὁποία, λόγῳ τῆς μηδαμινῆς ἀντιστάσεως τοῦ χαλκίνου σύρματος, δημιουργεῖ ρεῦμα ἐν αὐτῷ λίαν μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ μαγνήτισιν τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος καὶ δημιουργεῖται οὕτως ἰσχυρότατος ἠλεκτρομαγνήτης.



Σχ. 361. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη.

Διὰ συνδυασμοῦ περισσοτέρων θερμοηλεκτρικῶν στοιχείων δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν συστήματα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **θερμοηλεκτρικαὶ στῆλαι** (σχ. 361) καὶ τὰ ὁποῖα παρέχουν μεγαλυτέραν τάσιν. Εἰς τὴν πρᾶξιν τὰ θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα, βαθμολογούμενα καταλλήλως, δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν, ἐν συνδυασμῷ πρὸς εὐπαθὲς γαλβανόμετρον, διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν, π.χ. τῆς θερμοκρασίας τήξεως δυστήκτων σωμάτων, ὅπου δὲν δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον.



Σχ. 362. Θερμοστοιχεῖον χρησιμοποιούμενον ὡς θερμόμετρον.

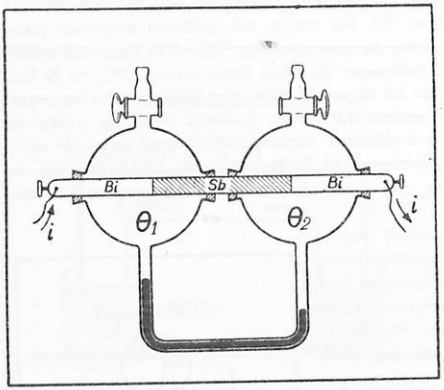
Τὰ θερμοστοιχεῖα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης διὰ τὴν μέτρησιν τῆς θερμοκρασίας εἰς τοὺς κυλίνδρους μηχανῆς ἐσωτερικῆς καύσεως, εἰς ἠλεκτρικὰς μηχανὰς καὶ ἐν γένει ὡς θερμόμετρα δι' ὑψηλὰς καὶ χαμηλὰς θερμοκρασίας (θερμοηλεκτρικὰ θερμόμετρα ἢ πυρόμετρα). Τὰ ὄργανα ταῦτα συνίστανται ἐκ θερμοστοιχείου ἐκ δύο διαφόρων μετάλλων, τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ὁποίου συνδέεται πρὸς γαλβανόμετρον (σχ. 362) βαθμολογημένον ἀπ' εὐθείας εἰς βαθμοὺς Κελσίου (ἢ Φαρενάϊτ), τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ περιβάλλοντος, τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν. Δι' ὑψηλὰς θερμοκρασίας μέχρις 1600 °C χρησιμοποιοῦνται θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα διὰ συνδυασμοῦ λευκοχρύσου καὶ ραδιολευκοχρύσου, ἐνῷ διὰ τὴν μέτρησιν λίαν ταπεινῶν θερμοκρασιῶν στοιχεῖα ἀπὸ λευκόχρυσον καὶ κονσταντάνην.

***216. Φαινόμενον Peltier (Πελτιέ).** Θεωροῦμεν ράβδον ἀντιμονίου (Sb), ἑκατέρωθεν τῆς ὁποίας προσκολλῶμεν ράβδους βισμουθίου (Bi) καὶ περιβάλλομεν τὰς θέσεις συγκολλήσεως διὰ **θερμοσκοπίων,** ὑαλίνων δηλαδὴ συσκευῶν, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 363. Ἐὰν διὰ τῆς ράβδου διαβιβάσωμεν ρεῦμα ἔχον διεύθυνσιν ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά, τὸ θερμοσκόπιον Θ_1 δεικνύει ψῦξιν καὶ ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται εἰς τὸ σκέλος του, λόγῳ συστολῆς τοῦ ἀέρος, ἐνῷ τὸ θερμοσκόπιον Θ_2 δεικνύει ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, διότι ὁ ὑδράργυρος ἐν αὐτῷ κατέρχεται, λόγῳ διαστολῆς τοῦ ἀέρος. Ρεῦμα διαβιβαζόμενον κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν δεικνύει τὸ ἀντίθετον φαινόμενον.

Ἐκ τῆς σπουδῆς τοῦ φαινομένου τούτου ὁ Peltier ἤχθη εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι, «ὅταν τὸ ρεῦμα διαβιβάζεται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ ρεῦμα ὅταν λειτουργῇ ὡς θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον, τότε ἡ χρησιμοποιουμένη ἀρχικῶς ὡς θερμὴ ἐπαφὴ ψύχεται». Δηλαδὴ τὸ φαινόμενον Peltier ἀποτελεῖ ἀντιστροφὴν τοῦ φαινομένου Seebeck.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι εἰς τὴν θερμὴν ἐπαφὴν θερμοηλεκτρικοῦ στοιχείου γεννᾶται θερμοηλεκτρικὴ τάσις, ἡ ὁποία εἰς ἐξωτερικὸν κύκλωμα παρέχει ρεῦμα.



Σχ. 363. Διάταξις πειράματος φαινομένου Peltier. Ἐκ τῆς φορᾶς τῆς μετακινήσεως τοῦ ὑδραργύρου, συνάγεται ἡ ψῦξις ἢ ἡ θέρμανσις τῆς ἐπαφῆς τῶν δύο μετάλλων.

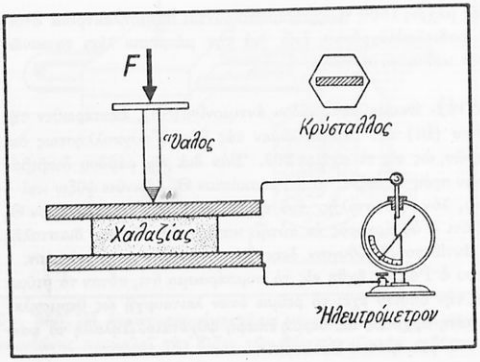
Τὸ ρεῦμα ὅμως τοῦτο εἰς τὴν θέσιν συγκολλήσεως, λόγῳ τοῦ φαινομένου Peltier, προκαλεῖ πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας καὶ ὡς ἐκ τούτου μέρος τῆς χορηγουμένης θερμότητος χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν γένεσιν τῆς θερμοηλεκτρικῆς τάσεως καὶ ἕτερον μέρος καταναλίσκεται πρὸς ἀντιμετώπισιν τῆς ψύξεως τῆς ἐπαφῆς. Οὕτω, βλέπομεν ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια δύναται νὰ μετατραπῇ κατὰ 100% εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἐνῷ ἡ θερμικὴ ἐνέργεια εἶναι ἀδύνατον νὰ μετατραπῇ κατὰ 100% εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τοῦ φαινομένου Peltier γίνεται σήμερον ἐφαρμογὴ εἰς τὴν κατασκευὴν ψυγείων (πρὸς τὸ παρὸν μικρῶν διαστάσεων), τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ τοποθετοῦνται κυρίως εἰς μικρὰ αὐτοκίνητα καὶ νὰ λειτουργοῦν μὲ τὴν τάσιν τοῦ συσσωρευτοῦ των.

217. Πιεζοηλεκτρισμός. Ἠλεκτροσυστολή. Ὑπάρχουν ὡρισμένοι κρύσταλλοι (π.χ. κρύσταλλος χαλαζίου, quartz), οἱ ὁποῖοι εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ εἰς τοὺς ὁποίους ὅμως δυνάμεθα νὰ ἀναπτύξωμεν ἠλεκτρικὰ φορτία, εἴτε διὰ μηχανικῆς ἐπενεργείας, π.χ. πιέσεως (πιεζοηλεκτρισμός), εἴτε διὰ θερμάνσεως αὐτῶν (πυροηλεκτρισμός).

Πιεζοηλεκτρισμός. Οὕτω, κρύσταλλος ἐκ χαλαζίου, καταλλήλως τετμημένος, ὅταν συμπιέζεται μεταξὺ δύο ἀντικειμένων ἑδρῶν ἠλεκτρίζεται καὶ ἐπὶ τῆς μιᾶς ἕδρας ἀναπτύσσεται θετικὸν φορτίον, ἐνῷ ἐπὶ τῆς ἀντικειμένης ἀρνητικὸν φορτίον. Ἐὰν ὁ κρύσταλλος ὑπόκειται εἰς ἐφελκυσμὸν (τάσιν), τὰ ἐπὶ τῶν δύο ἑδρῶν ἀναπτυσσόμενα φορτία ἀντιστρέφονται ὡς πρὸς τὸ σημεῖον αὐτῶν.

Τὴν ἰδιότητα τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ τοῦ χαλαζίου χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εὐρύτατα εἰς τὰς ἐφαρμογάς, ὡς π.χ. τὴν σταθεροποίησιν τῆς συχνότητος πομπῶν καὶ δεκτῶν βραχέων καὶ ὑπερβραχέων κυμάτων, τὴν κατασκευὴν μικροφώνων, ὡς καὶ διὰ τὴν ρύθμισιν ὡρολογίων, τῶν ὁποίων ἡ ἀκρίβεια τῆς πορείας φθάνει μέχρι 0,001 — 0,002 sec ἐπὶ πολλοὺς μῆνας ἢ καὶ ἔτος ἀκόμη.



Σχ. 364. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπίδειξιν τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ.

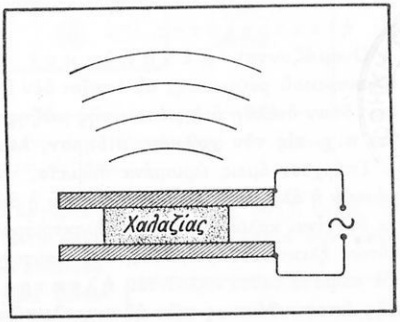
Τὸ φαινόμενον τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως. Μεταξὺ δύο μεταλλικῶν πλακῶν τοποθετοῦμεν πλακίδιον κρυστάλλου χαλαζίου καταλλήλως τετμημένον καὶ συνδέομεν τὰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πλάκας πρὸς ἠλεκτρόμετρον (σχ. 364), φροντίζομεν δὲ διὰ καταλλήλου κατεργασίας νὰ ἀποκαταστήσωμεν μεταξὺ τῶν ἑδρῶν τοῦ κρυστάλλου καὶ τῶν πλακῶν πλήρη ἀγωγιμότητα. Ἐὰν ὑποβάλωμεν τὸν κρύσταλλον εἰς συμπίεσιν, βλέπομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρόμετρον ἀποκλίνει ὡς ἐκ τῆς ἀναπτύξεως ἠλεκτρικῶν φορτίων καὶ ἑπομένως δεικνύει διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν.

Κρύσταλλοί τινες, ὡς π.χ. τοῦ τουρμαλίνου, ὅταν θερμαίνωνται, ἠλεκτρίζονται κατὰ τὸ ἓν ἄκρον αὐτῶν θετικῶς καὶ τὸ ἕτερον ἀρνητικῶς, ἐκλήθη δὲ τὸ φαινόμενον τοῦτο **πυροηλεκτρισμός.**

* **Ἠλεκτροσυστολή.** Ἐὰν ἐντὸς ἠλεκτροστατικοῦ πεδίου, σχηματιζομένου μεταξὺ δύο παραλλήλων πλακῶν (σχ. 365), φέρωμεν πλακίδιον κρυστάλλου ἐκ χαλαζίου, ὅστις παρουσιάζει τὸ φαινόμενον τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου μεταβάλλεται. Αὐξάνεται δὲ ἢ ἐλαττοῦται ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ πεδίου, ἤτοι ἀναλόγως τῆς πολικότητος τῶν πλακῶν. Κατὰ συνέπειαν, ἐὰν εἰς τὰς πλάκας ἐφαρμόσωμεν ἐναλλασσομένην τάσιν, τὸ πλακίδιον θὰ ὑφίσταται περιοδικῶς συστολὴν καὶ διαστολήν, ἀκολουθούσας τὸν ρυθμὸν τῆς συχνότητος τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἑπομένως θὰ ἐκτελῇ ἐξηναγκασμένην ταλάντωσιν, τὸ πλάτος τῆς ὁποίας γίνεται μέγιστον, ὅταν ἡ συχνότης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος γίνῃ ἴση πρὸς τὴν ἰδιοσυχνότητα τοῦ πλακιδίου (συντονισμός). Ἀναλόγως τοῦ πάχους τοῦ πλακιδίου ἡ ἰδιοσυχνότης αὐτοῦ δύναται νὰ φθάσῃ εἰς ὑψηλὰς συχνότητας ἐντὸς τῆς περιοχῆς τῶν ραδιοφωνικῶν συχνοτήτων. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καθίσταται φανερὸν ὅτι τὸ περιγραφὲν φαινόμενον εἶναι τὸ ἀντίστροφον τοῦ φαινομένου τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ.



Σχ. 365. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπίδειξιν τῆς ἠλεκτροσυστολῆς. Ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο, καλούμενον **ἠλεκτροσυστολή,** ἐκμεταλλευόμεθα πρὸς παραγωγὴν ὑπερήχων κλπ.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Ἐρωτήσεις

1. Πῶς δύνασθε νὰ ἐξηγήσητε τὴν αὔξησιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ δι' αὐξήσεως τῆς θερμοκρασίας αὐτοῦ.

2. Ἀπὸ ποίους παράγοντας ἐξαρτᾶται ἡ ὁρικὴ ταχύτης τῶν ἠλεκτρονίων ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος.

3. Κατὰ τί διαφέρουν οἱ ἡμιαγωγοὶ ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς καὶ τοὺς μονωτάς.

4. Διὰ ποίου τρόπου δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἑνὸς ἡμιαγωγοῦ, μὲ τετρασθενῆ ἄτομα, νὰ εἶναι μεγαλύτερος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ὀπῶν. Διὰ ποίου τρόπου θὰ ἐπιτύχωμεν τὸ ἀντίθετον.

5. Περιγράψατε τὸ θερμοηλεκτρικὸν φαινόμενον καὶ ἀναφέρατε ἐφαρμογάς του.

6. Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ καὶ τῆς ἠλεκτροσυστολῆς καὶ ἀναφέρατε ἐφαρμογὰς αὐτῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

Ι. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

218. Ἠλεκτρολύται. Τοὺς καλοὺς ἀγωγοὺς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δυνάμεθα νὰ κατατάξωμεν εἰς δύο κατηγορίας, ἤτοι εἰς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς καὶ εἰς ἠλεκτρολύτας.

Ὀνομάζονται μεταλλικοὶ ἀγωγοὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, οἱ ὁποῖοι δὲν ὑφίστανται οὐδεμίαν χημικὴν ἀλλοίωσιν, ὅταν διέλθῃ διὰ μέσου τῆς μάζης αὐτῶν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὡς συμβαίνει π.χ. εἰς τὸν χαλκόν, σίδηρον, λευκόχρυσον κλπ.

Ὑπάρχουν ὅμως ὡρισμένα σώματα, τὰ ὁποῖα εἶναι ὑδατικὰ διαλύματα ὀξέων, βάσεων ἢ ἁλάτων ἢ τήγματα ἁλάτων ἢ βάσεων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τὴν ἰδιότητα ὅτι εἶναι καλοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἐπομένως ἐπιτρέπουν τὴν δίοδον δι' αὐτῶν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐνῷ ταυτοχρόνως ὑφίστανται ἀποσύνθεσιν ὑπ' αὐτοῦ. Τὰ σώματα ταῦτα καλοῦνται **ἠλεκτρολύται, τὸ δὲ φαινόμενον τῆς χημικῆς ἀποσυνθέσεως τῶν ἠλεκτρολυτῶν κατὰ τὴν δίοδον συνεχοῦς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τῆς μάζης αὐτῶν καλεῖται ἠλεκτρόλυσις.**

219. Μηχανισμὸς τῆς ἠλεκτρολυτικῆς ἀγωγιμότητος. Εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς, τὸ δι' αὐτῶν διερχόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων τῇ ἐπιδράσει ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Εἰς τοὺς ὑγροὺς ὅμως ἀγωγοὺς (ἠλεκτρολύτας) ὁ μηχανισμὸς τῆς ἀγωγιμότητος εἶναι διάφορος.

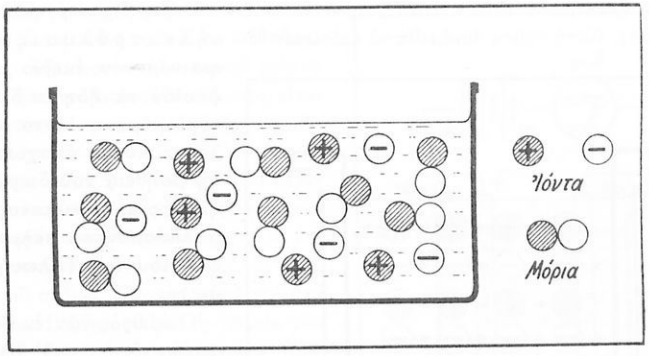
Ἡ διέλευσις ρεύματος, δι' ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, ἐξηγεῖται διὰ τῆς **θεωρίας τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διαστάσεως,** ἡ ὁποία διεμορφώθη ὑπὸ τοῦ Arrhenius (Ἀρένιους) καὶ ἡ ὁποία, ἐν συντόμῳ, ἔχει ὡς ἑξῆς.

Ἓν μόριον χλωριούχου νατρίου προέρχεται ἐκ τῆς συνενώσεως ἑνὸς θετικοῦ ἰόντος νατρίου (Na^+) καὶ ἑνὸς ἀρνητικοῦ ἰόντος χλωρίου (Cl^-), τῶν ὁποίων τὰ φορτία ἐξουδετεροῦν ἄλληλα καὶ τὸ μόριον ἐμφανίζεται ὡς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

Καθ' ὅμοιον τρόπον ἓν μόριον νιτρικοῦ ἀργύρου προέρχεται ἐκ τῆς συνενώσεως ἑνὸς θετικοῦ ἰόντος ἀργύρου (Ag^+) καὶ ἑνὸς ἀρνητικοῦ ἰόντος (NO_3^-), οὕτω δὲ πάλιν τὰ φορτία τῶν ἰόντων ἐξουδετεροῦν ἄλληλα καὶ τὸ μόριον ἐμφανίζεται ὡς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

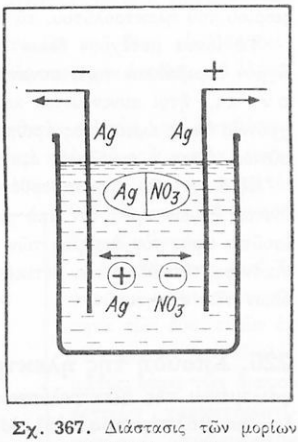
Ὅταν, ὅμως, ἐντὸς τοῦ ὕδατος διαλύσωμεν ποσότητα χλωριούχου νατρίου, τότε μέρος τῶν μορίων αὐτοῦ ὑφίσταται ἠλεκτρολυτικὴν διάστασιν καὶ ἄνευ τῆς παρουσίας ἠλεκτρικοῦ πεδίου, δηλαδὴ ἓν μέρος τῶν μορίων διαχωρίζεται αὐτομάτως εἰς ἰόντα νατρίου καὶ ἰόντα χλωρίου. Οὕτως, εἰς τὸ διάλυμα θὰ ὑφίστανται θετικὰ ἰόντα νατρίου καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα χλωρίου, πρὸς τούτοις ὅμως καὶ ἀδιάστατα οὐδέτερα μόρια χλωριούχου νατρίου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 366.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 366. Ἅμα τῇ διαλύσει ἠλεκτρολύτου ἐντὸς ὕδατος μέρος τῶν μορίων αὐτοῦ διίσταται εἰς ἰόντα.

Ὁμοίως ἐν ὑδατικὸν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$) (σχ. 367), ἐκτὸς τῶν οὐδετέρων μορίων περιέχει καὶ θετικὰ ἰόντα ἀργύρου Ag^+, τὰ ὁποῖα συνίστανται ἐξ ἀτόμων ἀργύρου, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἀπώλεσε ἓν ἐκ τῶν ἠλεκτρονίων αὐτοῦ, καὶ νιτρικὰ ἰόντα NO_3^-. Ταῦτα συνίστανται ἐξ ἑνὸς ἀτόμου ἀζώτου καὶ τριῶν ἀτόμων ὀξυγόνου, συνηνωμένων εἰς συγκρότημα, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχει ἐνσωματωθῇ ἓν πρόσθετον ἠλεκτρόνιον. Τὰ ἰόντα αὐτὰ προῆλθον ἐκ τῆς διαστάσεως τῶν μορίων τοῦ $AgNO_3$ κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



Σχ. 367. Διάστασις τῶν μορίων τοῦ $AgNO_3$ εἰς ἰόντα.

$$Ag\ NO_3 \rightleftarrows Ag^+ + NO_3^-$$

Ἐπίσης ἐν ὑδατικὸν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) περιέχει ἀφ' ἑνὸς ἀδιάστατα μόρια $CuSO_4$, ἀφ' ἑτέρου δισθενῆ ἰόντα χαλκοῦ Cu^{++} καὶ δισθενεῖς ρίζας SO_4^{--}. Τὰ ἰόντα ἐνεφανίσθησαν κατὰ τὴν διάστασιν τῶν μορίων τοῦ $CuSO_4$ κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

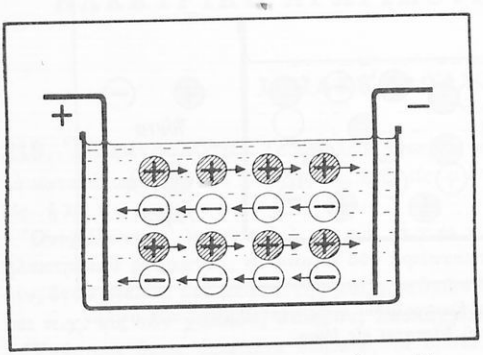
$$CuSO_4 \rightleftarrows Cu^{++} + SO_4^{--}$$

Ἕκαστον ἰόν, θετικὸν ἢ ἀρνητικόν, ἐφ' ὅσον εἶναι μονοσθενές, εἶναι συνδεδεμένον πρὸς ἓν στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον e, ἐὰν δὲ εἶναι δισθενὲς εἶναι συνδεδεμένον πρὸς δύο στοιχειώδη φορτία κ.ο.κ. Οὕτω, τὸ ἰὸν Na^+, ἐπειδὴ εἶναι μονοσθενές, φέρει ἓν μόνον στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον, ἐνῷ τὸ δισθενὲς ἰὸν Cu^{++} φέρει δύο στοιχειώδη θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία κ.ο.κ.

Ὡς ἀνωτέρω ἀνεφέρθη, ἡ διάστασις τῶν μορίων ἑνὸς ἠλεκτρολύτου εἰς ἰόντα δὲν γίνεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀλλὰ ὑπὸ τοῦ διαλύτου (H_2O), τὸ δὲ ἐφαρμο-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ζόμενον ηλεκτρικὸν πεδίον ἁπλῶς προσανατολίζει τὰ ἤδη δημιουργηθέντα ἰόντα (σχ. 368). Κατὰ ταῦτα δυνάμεθα νὰ ὁρίσωμεν ὅτι «**ἠλεκτρόλυσις εἶναι τὸ φαινόμενον ἐκεῖνο κατὰ τὸ ὁποῖον τὰ ἤδη ἐν διαστάσει εὑρισκόμενα ἰόντα ἑνὸς ἠλεκτρολύτου ἀποχωρίζονται τῇ βοηθείᾳ τοῦ διερχομένου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ ἀπαλλάσσονται τελικῶς τοῦ φορτίου των (ἠλεκτρό - λυσις)**».



Σχ. 368. Προσανατολισμὸς τῶν ἰόντων ἠλεκτρολύτου ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐν διαστάσει μορίων ἐντὸς τοῦ διαλύματος διὰ δεδομένον ἠλεκτρολύτην καὶ σταθερὰς ἐξωτερικὰς συνθήκας (θερμοκρασία, πίεσις) εἶναι σταθερὸς καὶ ἐκφράζεται διὰ τῆς σταθερᾶς διαστάσεως. Αὕτη δὲ ἰσοῦται πρὸς τὸ κλάσμα τοῦ γραμμομορίου τοῦ ἠλεκτρολύτου, τὸ ὁποῖον διίσταται εἰς ἰόντα.

Τὰ ἰόντα μετέχουν ὅλων ἀνεξαιρέτως τῶν κινήσεων, τῶν χαρακτηριζόντων τὸ ὑγρὸν περιβάλλον των, συναντῶντα δὲ ἰόντα ἀντιθέτου σημείου ἐπανασυνδέονται, ἤτοι συνενοῦνται καὶ ἀποτελοῦν οὐδέτερα μόρια τοῦ ἠλεκτρολύτου. Συγχρόνως ὅμως ὡρισμένος ἀριθμὸς ἀδιαστάτων μορίων ἐκ τοῦ ἠλεκτρολύτου διίσταται οὕτως, ὥστε ὁ συνολικὸς ἀριθμὸς τῶν ἰόντων νὰ παραμένῃ στατιστικῶς σταθερός.

Ἐξ ὅλων τῶν προαναφερθέντων καθίσταται προφανὲς ὅτι, μὴ ὑπαρχόντων ἄλλων ἰόντων ξένων πρὸς τὸν ὑπὸ μελέτην ἠλεκτρολύτην, ὁ ἀριθμὸς τῶν θετικῶν ἰόντων ἰσοῦται πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ἀρνητικῶν τοιούτων, ὡς ἐπίσης καὶ τὸ συνολικὸν θετικὸν φορτίον ὅλων τῶν θετικῶν ἰόντων ἰσοῦται πρὸς τὸ συνολικὸν ἀρνητικὸν φορτίον ὅλων τῶν ἀρνητικῶν.

220. Σπουδὴ τῆς ἠλεκτρολύσεως. Πρὸς παρακολούθησιν καὶ σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **βολτάμετρα**[1] ἁπλούστατον δὲ τύπον βολταμέτρου δεικνύει τὸ σχῆμα 369.

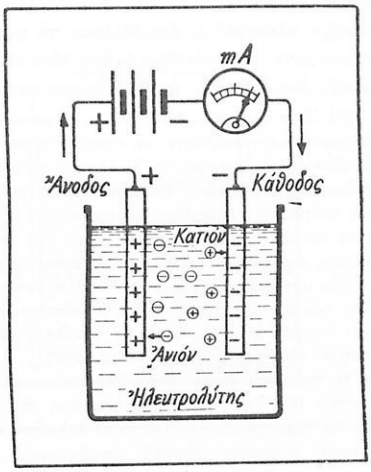
Χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ὅλων τῶν βολταμέτρων εἶναι ὅτι ἔχουν δύο ἐλάσματα μονωμένα ἀπ' ἀλλήλων, καλούμενα ἠλεκτρόδια. Διὰ τῶν ἠλεκτροδίων, τὰ ὁποῖα συνδέονται πρὸς τοὺς πόλους πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, διοχετεύεται τὸ ρεῦμα εἰς τὸν ἠλεκτρολύτην. Τὸ ἠλεκτρόδιον, τὸ ὁποῖον συνδέεται πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς (ὑψηλὸν δυναμικὸν) καλεῖται **ἄνοδος**, ἐνῷ τὸ ἠλεκτρόδιον, τὸ ὁποῖον συν-

(1) Τὸ βολτάμετρον, συσκευὴ διὰ τῆς ὁποίας ἐκτελεῖται ἡ ἠλεκτρόλυσις, δὲν πρέπει νὰ συγχέεται πρὸς τὸ βολτόμετρον, ὄργανον μετρήσεως τῆς μεταξὺ δύο σημείων ὑφισταμένης διαφορᾶς δυναμικοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δέεται πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον αὐτῆς (χαμηλὸν δυναμικὸν) καλεῖται **κάθοδος.**

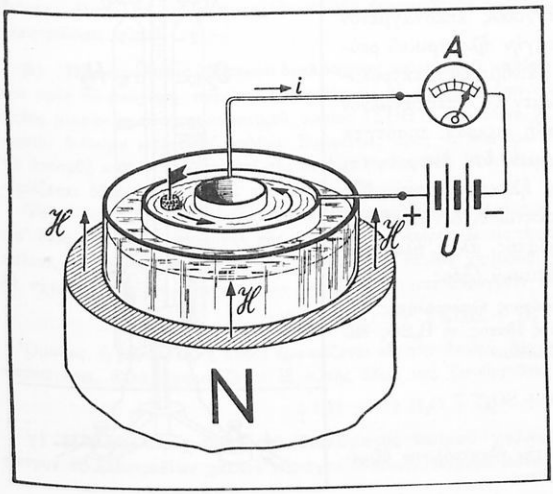
Διὰ τὴν δημιουργίαν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐντὸς ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, εἶναι ἀπαραιτήτως ἀναγκαία ἡ ὕπαρξις ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Πρὸς τοῦτο συνδέομεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου (ἄνοδος - κάθοδος) πρὸς τοὺς δύο ἀντιστοίχους πόλους πηγῆς συνεχοῦς τάσεως, ὅτε αἱ ἐπὶ τῶν ἰόντων ἀσκούμεναι δυνάμεις, λόγῳ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ὁδηγοῦν αὐτὰ πρὸς τὰ ἠλεκτρόδια. Εὐνόητος εἶναι ἡ πορεία τῶν ἀρνητικῶν ἰόντων πρὸς τὴν ἄνοδον (ἀνιόντα) καὶ τῶν θετικῶν πρὸς τὴν κάθοδον (κατιόντα) (σχ. 369).



Σχ. 369. Σχηματικὴ διάταξις ἠλεκτρολύσεως.

Ἡ ταχύτης τῶν ἰόντων εἶναι πολὺ μικρά, τῆς τάξεως τῶν 10^{-4} cm/sec, ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ ἠλεκτρολύτου, τοῦ εἴδους τοῦ ἰόντος, τῆς ἐντάσεως τοῦ ὑπάρχοντος ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἐκ τῆς θερμοκρασίας. Π.χ. τὸ ἰὸν τοῦ Na^+ εἰς ὑδατικὸν διάλυμα, ἔχει ταχύτητα $5{,}3 \cdot 10^{-4}$ cm/sec, κινούμενον εἰς περιοχὴν ἐντάσεως 1 V/cm καὶ εἰς θερμοκρασίαν 25 °C.

Τὸ ἐμφανιζόμενον ὅθεν ρεῦμα εἰς τὸ διάλυμα συνίσταται εἰς τὴν κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις κίνησιν τῶν ἑτεροσήμων ἰόντων, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ ρεῦμα τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν, ἔνθα ὑφίσταται ἠλεκτρονικὴ ροὴ ἀπὸ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικὸν καὶ οὐχὶ κίνησις θετικῶν ἰόντων.



Σχ. 370. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἀναπτυσσομένης τριβῆς μεταξὺ ἰόντων καὶ ὑγροῦ.

Λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὴν διάφορον ταχύτητα τῶν δύο εἰδῶν ἐκ τῶν ἰόντων τοῦ διαλύματος, λόγῳ τῶν διαφορετικῶν χαρακτηριστικῶν των, ἀποφαινόμεθα ὅτι γενικῶς τὰ θετικὰ ἰόντα παρουσιάζουν διάφορον συνεισφορὰν εἰς τὴν δημιουργίαν τοῦ ὁ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λικοῦ ρεύματος, ἀπὸ ὅτι τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα. Τὰ ἰόντα, φθάνοντα εἰς τὰ ἀντίστοιχα ἠλεκτρόδια, ἀποβάλλουν τὸ φορτίον των ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ μεταπίπτουν εἴτε εἰς οὐδέτερα ἄτομα εἴτε εἰς οὐδέτερα μόρια κατόπιν δευτερευουσῶν χημικῶν ἀντιδράσεων, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω εἷς τινα παραδείγματα.

Τὰ ἰόντα κινούμενα ἐντὸς ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑφίστανται τριβήν. Συνεπῶς, θὰ πρέπει καὶ αὐτά, ἀντιδρῶντα, νὰ ἀσκοῦν ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον τὰ περιβάλλει, δύναμιν ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν τριβήν. Ἡ δύναμις αὕτη ἐπιδεικνύεται πειραματικῶς διὰ τῆς ἀκολούθου διατάξεως. Ἐντὸς ὑαλίνου κυλινδρικοῦ δοχείου, περιέχοντος ἠλεκτρολυτικόν τι διάλυμα, στερεοῦνται δύο κυλινδρικὰ ἠλεκτρόδια συγκεντρικῶς καὶ συνδέονται πρός τινα πηγὴν συνεχοῦς τάσεως, ὁπότε προκαλεῖται ἠλεκτρόλυσις κατὰ τὴν ὁποίαν τὰ ἰόντα κινοῦνται ἀκολουθοῦντα διεύθυνσιν ἀκτῖνος τοῦ κυλινδρικοῦ δοχείου, μεταβαίνοντα ἐκ τοῦ ἑνὸς ἠλεκτροδίου πρὸς τὸ ἕτερον.

Ἐὰν μεταφέρωμεν τὴν ὅλην διάταξιν ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, καθέτου ἐπὶ τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον τῶν δύο ἠλεκτροδίων, διὰ τοποθετήσεως π.χ. τοῦ κυλινδρικοῦ δοχείου ἐπὶ τοῦ βορείου πόλου ἰσχυροῦ ἠλεκτρομαγνήτου, τότε ἀσκοῦνται ἐπὶ τῶν ἰόντων δυνάμεις κατὰ Laplace καὶ αἱ τροχιαὶ αὐτῶν καμπυλοῦνται (σχ. 370).

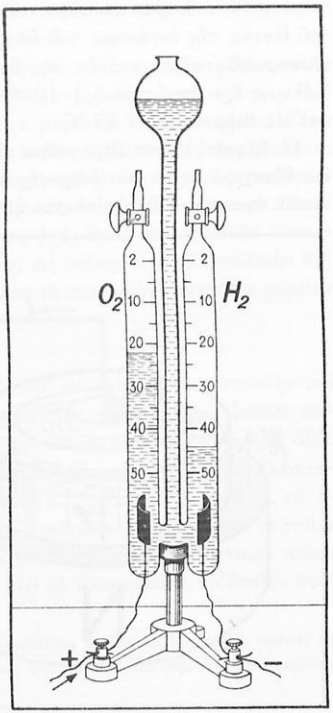
Ἡ τριβὴ τῶν ἰόντων μετὰ τῶν μορίων τοῦ ὑγροῦ θὰ προσδώσῃ εἰς αὐτὸ τὴν πρὸς τὰ πλάγια κίνησιν τῶν ἰόντων καὶ τοιουτοτρόπως τὸ ὑγρὸν θὰ ἀρχίσῃ νὰ περιστρέφεται, συμπαρασύρον εἰς τὴν περιστροφήν του ταύτην τὸ ἐπ' αὐτοῦ ἐπιπλέον τεμάχιον φελλοῦ μετὰ τῆς μικρᾶς σημαίας.

221. Ἠλεκτρόλυσις. α) Ἠλεκτρόλυσις ὑδατικοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος. Τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, διότι ἐντὸς τοῦ ὕδατος ὑπάρχει ἀσήμαντος ἀριθμὸς ἰόντων H^+ καὶ OH^-, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἀγωγιμότης αὐτοῦ νὰ εἶναι πρακτικῶς ἀμελητέα.

Οὕτως, ἐὰν τὸ βολτάμετρον τοῦ σχήματος 371, εἰς τὸ ὁποῖον θέτομεν ἀρχικῶς ἀπεσταγμένον ὕδωρ, συνδέσωμεν πρὸς πηγὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, δὲν παρατηροῦμεν φαινόμενον ἠλεκτρολύσεως. Ἐὰν ὅμως ὀξυνίσωμεν τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ, προσθέσωμεν δηλαδὴ μικρὰν ποσότητα θειικοῦ ὀξέος, παρατηροῦμεν ὅτι ἀναφαίνεται ζωηρὸν τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως. Εἰς τὴν προκειμένην ὅμως περίπτωσιν δὲν λαμβάνει χώραν ἠλεκτρόλυσις τοῦ ὕδατος, ἀλλὰ ἠλεκτρόλυσις ἀραιοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

Ὡς συμβαίνει μὲ τοὺς διαφόρους ἠλεκτρολύτας, οὕτως, ἅμα τῇ διαλύσει του ἐντὸς ὕδατος, τὸ H_2SO_4 διίσταται εἰς ἰόντα κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$H_2SO_4 \rightleftarrows 2\,H^+ + SO_4^{--}$$



Σχ. 371. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ὀξυνισμένου ὕδατος.

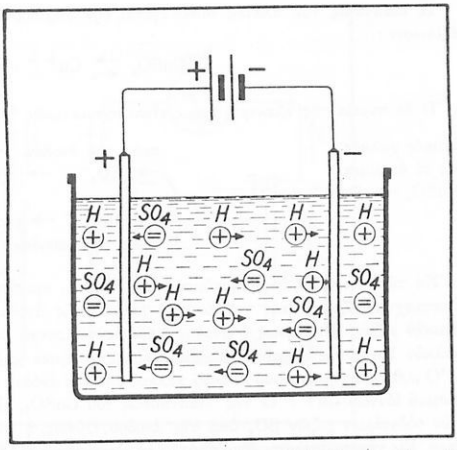
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὰ ἰόντα ταῦτα, εὑρισκόμενα ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ βολταμέτρου, ὁδεύουν πρὸς τὰ ἠλεκτρόδια (σχ. 372) καὶ τὰ μὲν H^+ πρὸς τὴν κάθοδον (−), τὰ δὲ SO_4^{--} πρὸς τὴν ἄνοδον (+).

Εὐθὺς ὡς τὸ H^+ φθάσῃ ἐπὶ τῆς καθόδου παραλαμβάνει ἐξ αὐτῆς ἓν ἠλεκτρόνιον καὶ μεταπίπτει εἰς ἄέριον ὑδρογόνον, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ συλλέξωμεν ἐκ τῆς περιοχῆς τῆς καθόδου, κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$2\,H^+ + 2\,e \rightarrow H_2 \text{ (ἀέριον)}$$

Τὸ ἰὸν SO_4^{--} ὁδηγεῖται ἀντιστοίχως πρὸς τὴν ἄνοδον, ἅμα δὲ τῇ ἀφίξει του ἐπ' αὐτῆς, ἐναποθέτει τὰ δύο πλεονάζοντα ἠλεκτρόνιά του καὶ μεταπίπτει εἰς οὐδετέραν ρίζαν SO_4, ἡ ὁποία, μὴ δυναμένη νὰ παραμείνῃ αὐθύπαρκτος, ἀντιδρᾷ μετὰ τοῦ ὕδατος τοῦ διαλύματος. Τὰ προϊόντα τῆς ἀντιδράσεως αὐτῆς εἶναι ἄέριον ὀξυγόνον καὶ θειικὸν ὀξύ, κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



Σχ. 372. Ἠλεκτρόλυσις ὑδατικοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέως (σχηματικὴ παράστασις).

$$2\,SO_4 + 2\,H_2O \rightarrow 2\,H_2SO_4 + O_2 \text{ (ἀέριον)}$$

Τὸ ὀξυγόνον τοῦτο δύναται νὰ συλλεχθῇ εἰς τὴν ἄνοδον. Ἄξιον παρατηρήσεως εἶναι τὸ γεγονὸς ὅτι, ἐνῷ τὰ ἀρχικὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι ἄέριον ὑδρογόνον καὶ οὐδέτεραι θειικαὶ ρίζαι (SO_4), ἐν τούτοις τὰ τελικὰ προϊόντα εἶναι ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον, ἀκριβῶς λόγῳ τῶν δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, αἱ ὁποῖαι ἐπισυμβαίνουν εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὸ πηγαῖον ὕδωρ εἶναι καλὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, διότι ἐν αὐτῷ ὑπάρχουν διαλελυμένα διάφορα ἅλατα, τὰ ὁποῖα συντελοῦν εἰς τὴν ἀγωγιμότητά του καὶ οὕτω δύναται νὰ παρατηρηθῇ ἠλεκτρόλυσις αὐτοῦ.

β) Ἠλεκτρόλυσις ὑδατικοῦ διαλύματος καυστικοῦ καλίου (βάσις). Ἀνάλογον φαινόμενον πρὸς τὸ ἀνωτέρω παρατηροῦμεν, ἐὰν εἰς τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ προσθέσωμεν ἀντὶ θειικοῦ ὀξέος μικρὰν ποσότητα καυστικοῦ καλίου (KOH), ὅτε πάλιν ἡ ἠλεκτρόλυσις ἀναφέρεται εἰς ἀραιὸν διάλυμα καυστικοῦ καλίου. Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω ἔπρεπε πάλιν ἐπὶ τῆς καθόδου νὰ ἀποτεθῇ κάλιον (K) καὶ ἐπὶ τῆς ἀνόδου ἡ ρίζα OH. Ἀντὶ ὅμως τούτων ἐπὶ τῆς καθόδου ἐμφανίζεται ὑδρογόνον καὶ ἐπὶ τῆς ἀνόδου ὀξυγόνον.

Τοῦτο ὅμως πάλιν συμβαίνει ἕνεκα δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, αἱ ὁποῖαι λαμβάνουν χώραν, ἀφ' ἑνὸς μὲν εἰς τὴν περιοχὴν τῆς καθόδου, ἀφ' ἑτέρου δὲ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ἀνόδου. Οὕτω τὸ κάλιον, τὸ ὁποῖον ἀναφαίνεται εἰς τὴν κάθοδον, ἐπιδρᾷ χημικῶς ἐπὶ τοῦ ὕδατος, τοιουτοτρόπως δὲ σχηματίζεται καυστικὸν κάλιον καὶ ἐλευθεροῦται ὑδρογόνον κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$2\,K + 2\,H_2O \rightarrow 2\,KOH + H_2$$

Ὁμοίως, ἡ ρίζα OH, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἄνοδον, δὲν δύναται νὰ ὑπάρχῃ ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει, ἀλλὰ σχηματίζεται ἐξ αὐτῆς ὕδωρ καὶ ἐλευθεροῦται ὀξυγόνον κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$4\,OH \rightarrow 2\,H_2O + O_2$$

γ) Ἠλεκτρόλυσις ὑδατικοῦ διαλύματος θειικοῦ χαλκοῦ (ἅλας). Θεωροῦμεν βολτάμετρον ἐξ ἠλεκτροδίων χαλκοῦ περιέχον ὑδατικὸν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ διάστασις τοῦ ἅλατος συνεπάγεται τὴν δημιουργίαν ἰόντων Cu^{++} καὶ SO_4^{--} κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$CuSO_4 \rightleftarrows Cu^{++} + SO_4^{--}$$

Ἡ δὲ πορεία τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι σχηματικῶς ἡ ἀκόλουθος :

θειικὸς χαλκὸς
εἰς τὸ διάλυμα
$CuSO_4 \rightarrow Cu^{++} + SO_4^{--}$ — πρὸς τὴν ἄνοδον: $\rightarrow SO_4^{--} \rightarrow | \rightarrow SO_4 \rightarrow SO_4 + Cu \longrightarrow CuSO_4$; πρὸς τὴν κάθοδον: $\rightarrow Cu^{++} \rightarrow | \rightarrow Cu$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἄνοδος, προσβαλλομένη ὑπὸ τῶν θειικῶν ριζῶν (SO_4), ἐπανασχηματίζει θειικὸν χαλκόν, τοῦ χαλκοῦ τῆς ἀνόδου ἀποδίδοντος δύο ἠλεκτρόνια πρὸς τὴν θειικὴν ρίζαν. Ἐπομένως ἡ ἄνοδος διαρκῶς φθείρεται, ἐνῷ ἡ κάθοδος ἐμπλουτίζεται εἰς καθαρὸν χαλκὸν λόγῳ τῆς συνεχοῦς προσκολλήσεως ἀτόμων χαλκοῦ ἐπ' αὐτῆς.

Ὁ ρυθμὸς σχηματισμοῦ θειικοῦ χαλκοῦ ἐπὶ τῆς ἀνόδου κατὰ συνέπειαν δὲ καὶ ὁ ρυθμὸς σχηματισμοῦ ἰόντων Cu^{++} ἐκ τῆς διαστάσεως τοῦ $CuSO_4$, εἶναι ὁ αὐτὸς μὲ τὸν ρυθμὸν δεσμεύσεως τῶν οὐδετέρων ριζῶν SO_4 ὑπὸ τῆς ἀνόδου. Οὕτως, ἡ πυκνότης τοῦ διαλύματος παραμένει σταθερά. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅθεν ταύτην τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως συνίσταται ἁπλῶς εἰς τὴν μεταφορὰν χαλκοῦ ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον. Τοῦτο ἐκμεταλλευόμεθα εἰς τὴν παρασκευὴν τελείως καθαροῦ χαλκοῦ (ἠλεκτρολυτικὸς χαλκός), χρησιμοποιοῦντες πρὸς τοῦτο διάλυμα $CuSO_4$ καὶ ἠλεκτρόδια ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μὲν ἄνοδος ἀποτελεῖται ἐκ μὴ καθαροῦ, ἐνῷ ἡ κάθοδος ἐκ καθαροῦ χαλκοῦ.

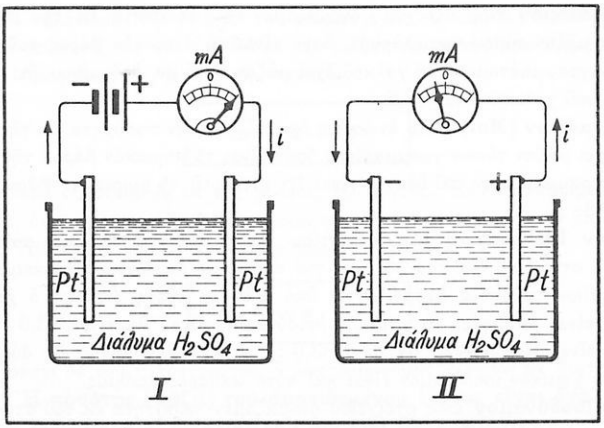
222. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων. Ἂς θεωρήσωμεν τὴν ἤδη μελετηθεῖσαν περίπτωσιν τῆς ἠλεκτρολύσεως ὑδατικοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος ἐντὸς βολταμέτρου ἐξ ἠλεκτροδίων λευκοχρύσου.

Ὡς γνωστόν, προϊούσης τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ διαλύματος, ἐξέρχονται φυσαλλίδες ὀξυγόνου ἐκ τῆς περιοχῆς τοῦ ἠλεκτροδίου τῆς ἀνόδου, ὑδρογόνου δὲ ἐκ τοῦ ἠλεκτροδίου τῆς καθόδου. Συγχρόνως, ὅμως, τὰ ἠλεκτρόδια ταῦτα ἐπικαλύπτονται δι' ἑνὸς λεπτοτάτου ἀερίου στρώματος, πάχους τῆς τάξεως μοριακῆς διαμέτρου. Ἤτοι, ἡ μὲν ἄνοδος καλύπτεται ἐκ λεπτοῦ στρώματος ὀξυγόνου, ἡ δὲ κάθοδος ἀντιστοίχως ἐκ λεπτοῦ στρώματος ὑδρογόνου καὶ τοιουτοτρόπως ἐπέρχεται μεταβολὴ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται π ό λ ω σ ι ς τ ῶ ν ἠ λ ε κ τ ρ ο δ ί ω ν.

Ἡ μεταβολὴ αὕτη εἰς τὴν ὑφὴν τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων, συνεπάγεται, ὥστε αὐτὸ τοῦτο τὸ βολτάμετρον νὰ καταστῇ πηγὴ ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ αὕτη δύναμις ἐνεργεῖ κατ' ἀντίθετον φορὰν ἐκείνης, τὴν ὁποίαν δημιουργεῖ ἡ ἐξωτερικὴ πηγή, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν ἠλεκτρόλυσιν, ὀνομάζεται δὲ ἀ ν τ ι η λ ε κ τ ρ ε γ ε ρ τ ι κ ὴ δ ύ ν α μ ι ς. Ὅθεν, ἡ πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων προξενεῖ ἐλάττωσιν τοῦ διὰ τοῦ βολταμέτρου διερχομένου ρεύματος.

Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως δύναται νὰ καταδειχθῇ διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 373. Τὸ σχῆμα τοῦτο παριστᾷ τὴν διάταξιν τῆς ἠλεκτρολύσεως, ἥτις ἐπιτελεῖται τῇ βοηθείᾳ πηγῆς σταθερᾶς τάσεως. Λόγῳ τῆς ἐμφανίσεως τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως, τὸ διὰ τοῦ μιλιαμπερομέτρου ρεῦμα βαθμιαίως ἐλαττοῦται. Ἀφαι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 373. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς πολώσεως. (Ι) Ἠλεκτρόλυσις τῇ βοηθείᾳ πηγῆς σταθερᾶς τάσεως. (ΙΙ) Μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς πηγῆς τὸ μιλιαμπερόμετρον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἀντιθέτου πρὸς τὴν προηγουμένην φορᾶς.

ροῦντες τὴν πηγὴν καὶ ἀποκαθιστῶντες τὸ κύκλωμα ΙΙ παρατηροῦμεν ὅτι, τὸ μιλιαμπερόμετρον ἀποκλίνει κατ' ἀντίθετον φορὰν πρὸς τὴν προηγουμένην.

Τοῦτο ἐξηγεῖται μόνον διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὸ βολτάμετρον συμπεριφέρεται τώρα ὡς πηγὴ ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἀντιθέτου πρὸς ἐκείνην, ἡ ὁποία προεκάλεσε τὴν ἠλεκτρόλυσιν. Σὺν τῷ χρόνῳ ἡ ἀέριος στιβάς, ἡ ἐπικαλύπτουσα τὰ ἠλεκτρόδια, καταστρέφεται, μὲ ἀποτέλεσμα τὸν μηδενισμὸν τοῦ διὰ τοῦ ὀργάνου διερχομένου ρεύματος, τῶν δύο ἠλεκτροδίων καθισταμένων ὁμοίων, ὁπότε παύει ἡ αἰτία τῆς ἀντιηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως.

223. Ὁρισμοί. Διὰ τὴν κατανόησιν τῶν ἑπομένων ὑπενθυμίζομεν μερικοὺς ὁρισμοὺς φυσικῶν τινων μεγεθῶν.

Ἀτομικὸν βάρος (Α) στοιχείου τινὸς ὀνομάζομεν τὸ πηλίκον τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ 1/16 τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὀξυγόνου. Τὸ ἀτομικὸν βάρος δὲν εἶναι λοιπὸν βάρος, δηλαδὴ δύναμις, ἀλλὰ λόγος μαζῶν καὶ ἑπομένως καθαρὸς ἀριθμός.

Μοριακὸν βάρος μιᾶς χημικῆς ἑνώσεως ὀνομάζομεν τὸ πηλίκον τῆς μάζης ἑνὸς μορίου τῆς ἑνώσεως πρὸς τὸ 1/16 τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὀξυγόνου.

Σθένος ἰόντος (n) καλεῖται ὁ ἀκέραιος ἀριθμός, ὁ ὁποῖος ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα προσετέθησαν ἢ ἀφῃρέθησαν ἀπὸ ἓν οὐδέτερον ἄτομον ἢ συγκρότημα ἀτόμων διὰ τὴν δημιουργίαν τοῦ ἐν λόγῳ ἰόντος. Οὕτω π.χ., ἐὰν ἐκ τοῦ ἀτόμου τοῦ χαλκοῦ ἀφαιρεθοῦν δύο ἠλεκτρόνια δημιουργεῖται τὸ ἰὸν Cu^{++} (δισθενὲς θετικὸν ἰόν), ἡ ρίζα ὅμως SO_4^{--}, ἡ ὁποία παρουσιάζει πλεόνασμα δύο ἠλεκτρονίων, ἀποτελεῖ δισθενὲς ἀρνητικὸν ἰόν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Γραμμοάτομον ἑνὸς στοιχείου ὀνομάζομεν τὴν ποσότητα ἐκ τοῦ στοιχείου, ἡ ὁποία ἔχει μᾶζαν τόσων γραμμαρίων, ὅσον εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ στοιχείου. Οὕτως, ἓν γραμμοάτομον τοῦ χαλκοῦ ἔχει μᾶζαν 63,6 gr, δεδομένου ὅτι τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶναι 63,6.

Γραμμομόριον (Mol) μιᾶς ἑνώσεως ὀνομάζομεν τὴν ποσότητα ἐκ τῆς ἑνώσεως, ἡ ὁποία ἔχει μᾶζαν τόσων γραμμαρίων, ὅσον εἶναι τὸ μοριακὸν βάρος τῆς ἑνώσεως. Οὕτω, τὸ γραμμομόριον τοῦ ὕδατος εἶναι 18 gr, ἀφοῦ τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ ὕδατος εἶναι 18.

Χημικὸν ἰσοδύναμον ἑνὸς στοιχείου ὀνομάζομεν τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους τοῦ στοιχείου διὰ τοῦ σθένους τοῦ στοιχείου ὡς ἰόντος. Προκειμένου, ὅθεν, περὶ στοιχείων, τὰ ὁποῖα ἐμφανίζονται ὑπὸ διάφορα σθένη, ὡς π.χ. ὁ χαλκός, ἐὰν μὲν οὗτος εἶναι δισθενής, τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον αὐτοῦ θὰ εἶναι $63,6 : 2 = 31,8$, ἐνῷ ὅταν εἶναι μονοσθενής, θὰ εἶναι $63,6 : 1 = 63,6$. Ὡς λόγος δὲ δύο καθαρῶν ἀριθμῶν τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον εἶναι καὶ αὐτὸ καθαρὸς ἀριθμός.

Γραμμοϊσοδύναμον ἑνὸς στοιχείου ὀνομάζομεν ποσότητα ἐκ τοῦ στοιχείου τόσων γραμμαρίων, ὅσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς ὁ ἐκφράζων τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον αὐτοῦ. Οὕτω, τὸ ὀξυγόνον εἶναι δισθενὲς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 16, τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ ὀξυγόνου λοιπὸν θὰ εἶναι $16/2 = 8$, καὶ τὸ γραμμοϊσοδύναμον αὐτοῦ 8 γραμμάρια.

Πολλαπλάσιον τοῦ γραμμοϊσοδυνάμου εἶναι τὸ χιλιογραμμοϊσοδύναμον, ἤτοι ποσότης ἐκ τοῦ στοιχείου τόσων χιλιογράμμων, ὅσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς ὁ ἐκφράζων τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον αὐτοῦ.

Σταθερὰ Loschmidt[1]. Ἔστω m ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου ἑνὸς στοιχείου ἀτομικοῦ βάρους A. Ὁ ἀριθμὸς N τῶν ἀτόμων τῶν περιεχομένων εἰς ἓν γραμμοάτομον ὑπολογίζεται ὡς τὸ πηλίκον :

$$N = \frac{\text{μᾶζα ἑνὸς γραμμοατόμου}}{\text{μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου}} = \frac{A}{m}$$

Ἔχει ἀποδειχθῆ ὅτι εἰς ἓν γραμμοάτομον οἱουδήποτε στοιχείου περιέχεται ὁ αὐτὸς ἀριθμὸς ἀτόμων N. Ἀλλὰ καὶ εἰς ἓν γραμμομόριον οἱασδήποτε οὐσίας ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων τῶν περιεχομένων εἶναι ἴσος πρὸς τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν N. Ἡ σταθερὰ αὕτη ὀνομάζεται **σταθερὰ Loschmidt (N)** καὶ προσδιορίζεται πειραματικῶς, εἶναι δὲ :

$$N = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ μόρια/Mol ἢ ἄτομα/γραμμοάτομον.}$$

224. Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως ἢ νόμοι τοῦ Faraday (Φαραντάϊ). Τὸ 1833, ὁ Faraday συνήγαγε διὰ πειραμάτων τοὺς δύο βασικοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὴν ἠλεκτρόλυσιν καὶ οἱ ὁποῖοι φέρουν τὸ ὄνομά του.

1ος Νόμος. «Ἡ ποσότης τοῦ ἀποτιθεμένου κατιόντος ἢ ἀνιόντος εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος τοῦ χρόνου τῆς διελεύσεως αὐτοῦ καὶ ἐξαρτᾶται πρὸς τούτοις ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ ἰόντος».

1. Εἰς τὴν ἀγγλοσαξωνικὴν βιβλιογραφίαν ἡ σταθερὰ N ἀναφέρεται συνήθως ὡς σταθερὰ τοῦ Avogadro.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐὰν διὰ i καλέσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς Ἀμπέρ, διὰ t τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος εἰς sec καὶ διὰ m τὴν μᾶζαν εἰς gr τοῦ ἀποτιθεμένου ἰόντος, ὁ ἀνωτέρω νόμος ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$m = \alpha \cdot i \cdot t \qquad (1)$$

ὅπου α σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἰόντος. Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $q = i \cdot t$, ὅπου q παριστᾷ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ μεταφερόμενον ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i Ἀμπὲρ εἰς χρόνον t sec, ὁ τύπος (1) γράφεται :

$$m = \alpha \cdot q \qquad (2)$$

Ἐπὶ τῇ βάσει δὲ τοῦ τύπου τούτου, ὁ ἀνωτέρω νόμος δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἑξῆς : **«Ἡ ποσότης (μᾶζα) τοῦ ἀποτιθεμένου ἰόντος εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ ἠλεκτρολύτου».**

2ος Νόμος. «Διὰ νὰ ἀποτεθῇ μᾶζα ἴση πρὸς τὸ γραμμοϊσοδύναμον ἐξ οἱουδήποτε ἰόντος, ἀνεξαρτήτως τοῦ εἴδους αὐτοῦ, ἀπαιτεῖται πάντοτε ἡ αὐτὴ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ».

Ἐξ ἀκριβῶν μετρήσεων καθωρίσθη ὅτι διὰ τὴν ἀπόθεσιν ἑνὸς γραμμοϊσοδυνάμου ἐξ οἱουδήποτε ἰόντος, δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ, ἀπαιτεῖται ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς 96 500 Cb, καλεῖται δὲ αὕτη **σταθερὰ τοῦ Faraday (F)** καὶ ἀποτελεῖ παγκόσμιον σταθεράν, δηλαδὴ ἀνεξάρτητον τοῦ εἴδους τῶν ἰόντων, ἤτοι εἶναι :

$F = 96\,500$ Cb/γραμμοϊσοδύναμον	Σταθερὰ τοῦ Faraday

Οὕτως, ἡ αὐτὴ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ 96 500 Cb ἐλευθερώνει : 1,008 gr ὑδρογόνου, διότι τὸ ὑδρογόνον εἶναι μονοσθενές, ἄρα $1,008 : 1 = 1,008$, ἢ 8 gr ὀξυγόνου, διότι τὸ ὀξυγόνον εἶναι δισθενές, ἄρα $16 : 2 = 8$, ἢ 31,77 gr δισθενοῦς χαλκοῦ, διότι εἶναι $63,54 : 2 = 31,77$, ἢ 107,88 gr ἀργύρου, διότι $107,88 : 1 = 107,88$, ποσὰ δηλαδή, τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ γραμμοϊσοδύναμα τῶν στοιχείων τούτων.

Ἐὰν διαιρέσωμεν τὸ γραμμοϊσοδύναμον ἑνὸς στοιχείου διὰ τοῦ 96 500, εὑρίσκομεν τὸ ποσὸν ἐκ τοῦ στοιχείου, τὸ ὁποῖον ἐλευθεροῦται ὑπὸ 1 Coulomb. Τὸ ποσὸν αὐτὸ καλεῖται **ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον (α)** τοῦ στοιχείου.

Ἡ ἀκριβὴς τιμὴ τοῦ ἠλεκτροχημικοῦ ἰσοδυνάμου, διὰ τὰ διάφορα στοιχεῖα, ἔχει καθορισθῇ μετὰ μεγίστης ἀκριβείας, ἀναγράφεται δὲ εἰς εἰδικοὺς πίνακας φυσικῶν σταθερῶν. Οὕτω, διὰ τὸ ὑδρογόνον εὑρέθη ὅτι εἶναι : $1,008/96\,500 = 0,000\,010\,45$ gr/Cb, διὰ τὸν ἄργυρον $107,88/96\,500 = 0,001\,118$ gr/Cb κ.ο.κ. Συνεπῶς :

Ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον ἑνὸς στοιχείου εἶναι ἡ μᾶζα ἐκ τοῦ στοιχείου, ἡ ὁποία ἐλευθεροῦται εἰς τὴν ἄνοδον ἢ κάθοδον κατὰ τὴν διαβίβασιν 1 Coulomb μέσῳ τοῦ ἠλεκτρολύτου.

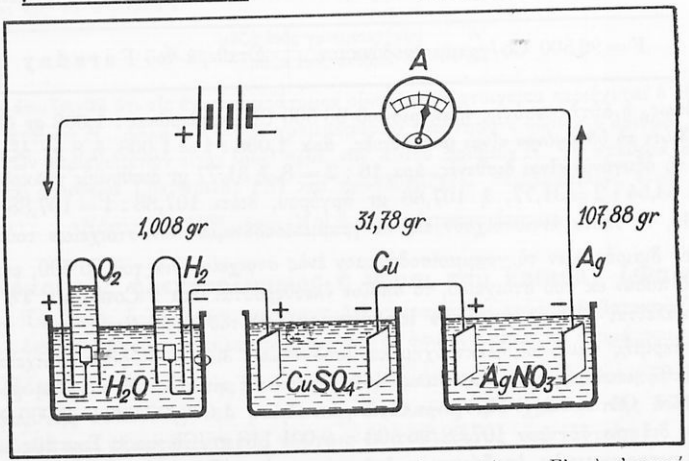
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἠλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα διαφόρων στοιχείων

Στοιχεῖον	Σύμβολον	Ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον εἰς gr/Cb α	Ἀτομικὸν βάρος A	Σθένος n	Χημικὸν ἰσοδύναμον	Σταθερὰ Faraday $\frac{A}{n} : \alpha = F$
Ὑδρογόνον	H	0,000 010 446	1,008	1	1,008	96 496
Χλώριον	Cl	0,000 367 47	35,457	1	35,457	96 497
Ἄργυρος	Ag	0,001 118	107,88	1	107,88	96 494
Ὀξυγόνον	O	0,000 082 9	16,000	2	8,000	96 502
Χαλκὸς	Cu	0,000 329 4	63,57	2	31,785	96 494
Ὑδράργυρος	Hg	0,001 039 5	200,61	2	100,305	96 494
Ἀργίλιον	Al	0,000 093 163	26,97	3	8,99	96 497

Εἰς τὸν τύπον (1) καὶ (2) τοῦ πρώτου νόμου τοῦ Faraday ἡ σταθερὰ α ἐκφράζει τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου, ὡς ἀνεφέρθη ἀνωτέρω. Κατὰ συνέπειαν ἐπειδὴ $\alpha = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n}$, ὅπου A τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ στοιχείου, n τὸ σθένος τοῦ στοιχείου ὡς ἰόντος καὶ F ἡ σταθερὰ τοῦ Faraday, οἱ τύποι (1) καὶ (2) γράφονται :

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t \quad (3) \qquad \text{καὶ} \qquad m = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{n} \cdot q \quad (4)$$



Σχ. 374. Διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τοῦ 2ου νόμου τῆς ἠλεκτρολύσεως. Εἰς τὰς ἀντιστοίχους καθόδους τῶν τριῶν βολταμέτρων ἀποτίθενται, κατὰ τὴν δίοδον ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ 96 500 Cb, μᾶζαι ἴσαι πρὸς τὰ γραμμοϊσοδύναμα τῶν στοιχείων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὁ δεύτερος νόμος τοῦ Faraday ἀποδεικνύεται εὐκόλως διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 374. Οὕτω, διὰ τῆς συνδέσεως ἐν σειρᾷ τριῶν βολταμέτρων, τὰ ὁποῖα περιέχουν ἀντιστοίχως ὀξυνισθὲν ὕδωρ, διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ καὶ διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπὶ ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα. Ἐὰν ἀκολούθως ὑπολογίσωμεν τοὺς ὄγκους καὶ ἐξ αὐτῶν τὰ βάρη τοῦ ὑδρογόνου (H_2) καὶ ὀξυγόνου (O_2), τὰ ὁποῖα ἐλευθεροῦνται εἰς τὸ πρῶτον βολτάμετρον, ὡς καὶ τὰ βάρη τοῦ χαλκοῦ (Cu) καὶ ἀργύρου (Ag), τὰ ὁποῖα ἀποτίθενται ἐπὶ τῆς καθόδου τοῦ δευτέρου καὶ τρίτου βολταμέτρου ἀντιστοίχως, εὑρίσκομεν ὅτι τὰ βάρη αὐτὰ εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ χημικὰ ἰσοδύναμα τοῦ H_2, O_2, Cu καὶ Ag.

Ἐὰν διὰ τῶν βολταμέτρων (σχ. 374) διαβιβάσωμεν ρεῦμα ἐπί τι χρονικὸν διάστημα, ὥστε νὰ ἐλευθερωθῇ ποσότης ὑδρογόνου ἴση πρὸς 0,02 gr, τότε εἰς τὸ αὐτὸ χρονικὸν διάστημα θὰ ἐλευθερωθῇ μᾶζα ἀργύρου ἴση πρὸς 2,16 gr καὶ μᾶζα χαλκοῦ ἴση πρὸς 0,636 gr, αἱ δὲ μᾶζαι αὗται εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ ἠλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα τῶν στοιχείων. Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι, ἐὰν γνωρίζωμεν τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον ἑνὸς οἱουδήποτε στοιχείου, π.χ. Α, δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον οἱουδήποτε ἄλλου στοιχείου Β, βάσει τῆς σχέσεως :

$$\frac{\text{χημικὸν ἰσοδύναμον Α}}{\text{ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον Α}} = \frac{\text{χημικὸν ἰσοδύναμον Β}}{\text{ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον Β}}$$

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται ἵνα ρεῦμα ἐντάσεως 5000 Α, διαρρέον κάμινον τήξεως ἀργιλίου, ἐλευθερώσῃ 1 τόννον μετάλλου ($\alpha_{Ag} = 0{,}000\ 093\ 163$ gr/Cb).

Λύσις. Ἐκ τοῦ τύπου $m = \alpha \cdot i \cdot t$, λύοντες ὡς πρὸς t, λαμβάνομεν : $t = m/\alpha \cdot i$, ἀντικαθιστῶντες δὲ τὰ δεδομένα, ἤτοι $m = 1$ tn $= 10^6$ gr, $i = 5000$ Α καὶ λαμβανομένου ὑπ' ὄψιν ὅτι διὰ τὸ ἀργίλιον εἶναι $\alpha = 0{,}000\ 093\ 163$ gr/Cb $= 9{,}3163 \cdot 10^{-5}$ gr/Cb, λαμβάνομεν :

$$t = \frac{10^6}{9{,}3163 \cdot 10^{-5} \cdot 5 \cdot 10^3} = 2{,}142 \cdot 10^6 \text{ sec περίπου} = \underline{595 \text{ ὥραι περίπου.}}$$

2. Μετάλλινον φύλλον, ἐπιφανείας 300 cm², πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθῇ διὰ στρώματος πάχους 0,1 mm. Πρὸς τοῦτο κρέμαται ἐντὸς διαλύματος ἅλατος ἀργύρου ἐπὶ χρόνον 15 h 39 min. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος. (Πυκνότης ἀργύρου $\rho_{Ag} = 10{,}5$ gr/cm³, $\alpha_{Ag} = 0{,}001\ 118$ gr/Cb).

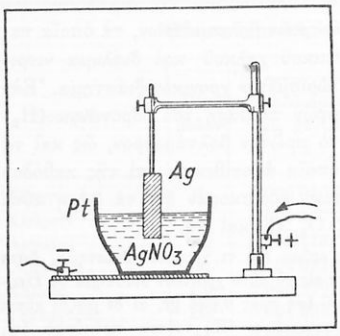
Λύσις. Τὸ ἐξ ἀργύρου στρῶμα θὰ ἔχῃ ὄγκον : $V = 300 \cdot 0{,}01 = 3$ cm³, ἡ δὲ μᾶζα αὐτοῦ θὰ ἰσοῦται πρὸς $m = 3 \cdot 10{,}5 = 31{,}5$ gr. Ἐκ τοῦ τύπου $m = \alpha \cdot i \cdot t$, λύοντες ὡς πρὸς i, ἔχομεν : $i = m/\alpha \cdot t$, δι' ἀντικαταστάσεως δὲ τῶν δεδομένων, ἤτοι $m = 31{,}5$ gr, $\alpha = 0{,}001\ 118$ gr/Cb, $t = 15$ h 39 min $= 56\ 340$ sec, λαμβάνομεν :

$$i = \frac{31{,}5}{1{,}118 \cdot 10^{-3} \cdot 5{,}634 \cdot 10^4} \text{ A} = \underline{0{,}5 \text{ A περίπου.}}$$

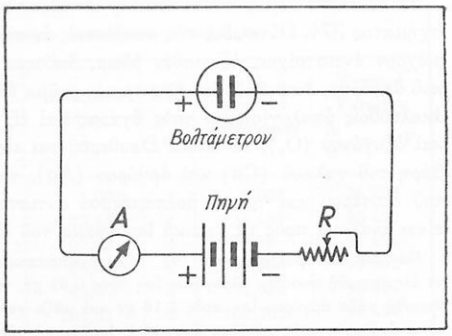
225. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως. α) Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν τὸ βολτάμετρον δι' ἀργύρου. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ μικρᾶς κάψης (σχ. 375) ἐκ λευκοχρύσου (Pt), ἡ ὁποία ταυτοχρόνως χρησιμεύει ὡς κάθοδος. Ἐντὸς τῆς κάψης τίθεται, ὡς ἠλεκτρολύτης, ὑδατικὸν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$) καὶ ὡς ἄνοδος χρησιμοποιεῖται πλὰξ ἐξ ἀργύρου (Ag). Τὸ σχῆμα 376 δεικνύει σχηματικῶς τὸν τρόπον συνδεσμολογίας τοῦ βολταμέτρου.

Δίδοντες εἰς τὴν ρυθμιζομένην ἀντίστασιν R ὡρισμένην τιμήν, ἀφήνομεν νὰ διέλ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 375. Βολτάμετρον δι' ἀργύρου.



Σχ. 376. Συνδεσμολογία βολταμέτρου διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

θῃ διὰ τοῦ βολταμέτρου ρεῦμα, ἐπὶ χρονικὸν διάστημα t sec. Λόγῳ τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνει χώραν μεταφορὰ ἀργύρου ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον, διότι τὸ κατιὸν Ag^+ ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς καθόδου, ἐνῷ τὸ ἀνιὸν NO_3^- φέρεται πρὸς τὴν ἐξ ἀργύρου ἄνοδον, προσβάλλει αὐτὴν καὶ σχηματίζει ἐκ νέου νιτρικὸν ἄργυρον. Ἡ ἐκ λευκοχρύσου κάθοδος ζυγίζεται ἐν ἀρχῇ, μετὰ δὲ τὸ τέλος τοῦ πειράματος, ἀφοῦ ἐκπλυνθῇ καὶ ξηρανθῇ ζυγίζεται ἐκ νέου καὶ ἡ διαφορὰ ἡ προκύπτουσα ἐκ τῶν δύο ζυγίσεων παρέχει τὴν μᾶζαν m τοῦ ἀποτεθέντος ἀργύρου.

Ὡς γνωστὸν εἶναι $m = \alpha \cdot i \cdot t$, ἐπειδὴ δὲ $\alpha = 0{,}001\,118$ gr/Cb, εὑρίσκομεν :

$$i = \frac{m}{0{,}001\,118 \cdot t} \quad \text{Ampère}$$

Διεθνὴς μονὰς Ἀμπέρ. Ἰδιαιτέραν σημασίαν παρουσιάζει ἡ ἀνωτέρω μέτρησις, ἡ χρησιμοποιοῦσα τὸ βολτάμετρον δι' ἀργύρου, διότι αὕτη χρησιμεύει εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια διὰ τὴν βαθμολογίαν καὶ τὸν ἔλεγχον τῶν ἀμπερομέτρων.

Ἐπὶ τῇ βάσει δὲ τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου ὡρίσθη διεθνῶς **ἡ μονὰς Ampère** ὡς **«ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποθέτει ἐπὶ τῆς καθόδου 0,001 118 gr ἀργύρου ἐντὸς χρόνου ἑνὸς δευτερολέπτου»**.

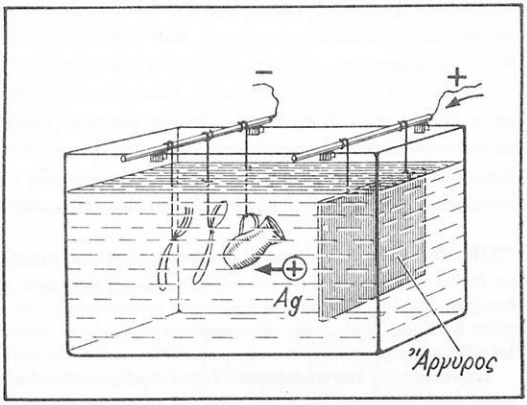
Ἡ οὕτως ὁριζομένη μονὰς ἐντάσεως ρεύματος χρησιμοποιεῖται διεθνῶς εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

β) Ἐπιμετάλλωσις. Οὕτω καλεῖται ἡ μέθοδος, διὰ τῆς ὁποίας περικαλύπτομεν μεταλλικὰς ἐπιφανείας δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ (σχ. 377), δι' ἄλλων μετάλλων, π.χ. χαλκοῦ, ἀργύρου, χρυσοῦ κ.ο.κ.

1) Ἐπιχάλκωσις. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν ὑδατικὸν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ, ὡς κάθοδον τὸ πρὸς ἐπιχάλκωσιν ἀντικείμενον καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα ἐκ χαλκοῦ. Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, γνωρίζομεν ἐκ τῶν προηγουμένων ὅτι λαμβάνει χώραν μεταφορὰ χαλκοῦ ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον, ὁ ὁποῖος οὕτω ἐπικάθηται ἐπὶ τοῦ πρὸς ἐπιχάλκωσιν ἀντικειμένου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

2) Ἐπαργύρωσις. Ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιεῖται ὑδατικὸν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὡς κάθοδος χρησιμεύει τὸ πρὸς ἐπαργύρωσιν ἀντικείμενον, ὡς ἄνοδος δὲ πλάξ ἐκ καθαροῦ ἀργύρου. Ἐὰν τὰ ἠλεκτρόδια συνδεθοῦν πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, λαμβάνει χώραν μεταφορὰ ἀργύρου ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον, ὁ ὁποῖος οὕτω ἀποτίθεται ἐπὶ τοῦ πρὸς ἐπαργύρωσιν ἀντικειμένου.



Σχ. 377. Συσκευὴ ἐπιμεταλλώσεως. Τὴν κάθοδον ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενα.

3) Ἐπιχρύσωσις. Ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιεῖται ὑδατικὸν διάλυμα καταλλήλου ἅλατος χρυσοῦ, ὡς κάθοδος χρησιμεύει τὸ πρὸς ἐπιχρύσωσιν ἀντικείμενον, ὡς ἄνοδος δὲ πλάξ ἐκ καθαροῦ χρυσοῦ. Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, λαμβάνει χώραν μεταφορὰ χρυσοῦ ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον, ὁ ὁποῖος ἐπικάθηται ἐπὶ τοῦ πρὸς ἐπιχρύσωσιν ἀντικειμένου.

γ) Γαλβανοπλαστική. Αὕτη κατ' οὐσίαν ἀποτελεῖ ἐπιχάλκωσιν, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ κάθοδος δὲν εἶναι ἐξ ἀρχῆς σῶμα ἀγωγὸν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἀλλὰ καθίσταται τοιαύτη διὰ περικαλύψεως αὐτῆς ὑπὸ λεπτοῦ στρώματος γραφίτου. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ χρησιμεύει κυρίως διὰ τὴν παραγωγὴν χαλκίνων ἐκμαγείων δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ. Οὕτως, ἐὰν θέλωμεν νὰ πραγματοποιήσωμεν χάλκινον ἐκμαγεῖον, τῆς ὄψεως π.χ. νομίσματος, ἐργαζόμεθα ὡς ἐξῆς. Διὰ γουταπέρκας, ἡ ὁποία διὰ θερμάνσεως γίνεται μαλακή, λαμβάνομεν τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς ὄψεως τοῦ νομίσματος. Ἀκολούθως περικαλύπτομεν τὴν γουταπέρκαν, ἀφοῦ προηγουμένως αὕτη σκληρυνθῇ διὰ ψύξεως, διὰ λεπτοῦ στρώματος γραφίτου, ὅπως καταστήσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῆς ἀγωγὸν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, καὶ χρησιμοποιοῦμεν αὐτὴν ὡς κάθοδον εἰς λουτρὸν θειικοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον ὡς ἄνοδος χρησιμοποιεῖται πλάξ ἐκ καθαροῦ χαλκοῦ. Ἐὰν διὰ τῶν ἠλεκτροδίων διαβιβάσωμεν συνεχὲς ρεῦμα, τότε ἐπὶ τῆς γουταπέρκας ἀποτίθεται χαλκός. Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸ ρεῦμα νὰ διέλθῃ ἐπὶ ἱκανὸν χρόνον, ὥστε νὰ ἀποτεθῇ στρῶμα χαλκοῦ ἀρκετοῦ πάχους, διακόψωμεν δὲ ἀκολούθως τὸ ρεῦμα καὶ ἐμβαπτίσωμεν τὸ ἠλεκτρόδιον τῆς καθόδου ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος, εἰς τρόπον ὥστε ἡ γουταπέρκα νὰ τακῇ, τότε ἀποχωρίζεται ἐξ αὐτῆς τὸ ἠλεκτρολυτικῶς ἀποτεθὲν στρῶμα τοῦ χαλκοῦ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι ἀποτυπωμένη ἡ θετικὴ ὄψις τοῦ νομίσματος, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ πιστὸν ἀντίγραφον τούτου.

Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἔχει πλείστας ἐφαρμογάς, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἀναφέρομεν τὴν κατασκευὴν ἀποτυπωμάτων φωνογραφικῶν λήψεων, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν εἰς τὴν παραγωγὴν φωνογραφικῶν πλακῶν, ὡς ἐπίσης καὶ εἰς τὴν δημιουργίαν φωνογραφικῶν ἀρχείων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δ) Βιομηχανικὴ παρασκευὴ διαφόρων προϊόντων. Σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν ἔχει ἡ ἠλεκτρόλυσις κατὰ τὴν βιομηχανικὴν παρασκευὴν διαφόρων προϊόντων, ὡς καὶ εἰς τὴν ἀπαλλαγὴν αὐτῶν ἀπὸ ξένων προσμίξεων. Οὕτω, σήμερον παρασκευάζεται χημικῶς καθαρὸς χαλκὸς δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ, διὰ χρησιμοποιήσεως ὡς ἀνόδου τοῦ ἀκαθάρτου χαλκοῦ. Καθ' ὅμοιον τρόπον παρασκευάζομεν χημικῶς καθαρὸν ψευδάργυρον, κάδμιον, ὡς καὶ ἄλλα μέταλλα. Ἐξ ἄλλου, δι' ἠλεκτρολύσεως τετηγμένων ἁλάτων, δυνάμεθα δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ νὰ ἀποχωρίσωμεν διάφορα μέταλλα, ὡς π.χ. τὸ ἀργίλιον. Ἐπίσης μεγάλαι ποσότητες ὑδρογόνου καὶ ὀξυγόνου παρασκευάζονται σήμερον βιομηχανικῶς δι' ἠλεκτρολύσεως τοῦ ὕδατος. Τέλος, σπουδαιοτάτη ἐφαρμογὴ τῆς ἠλεκτρολύσεως γίνεται εἰς τὴν πραγματοποίησιν τῶν ἠλεκτρολυτικῶν πυκνωτῶν, λίαν διαδεδομένων εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας.

***226. Φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.** Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπενεργεῖ ποικιλοτρόπως ἐπὶ τοῦ ἀνθρωπίνου ὀργανισμοῦ καί, ἄλλοτε μὲν ἔχει ἀποτελέσματα ἐπωφελῆ, τὰ ὁποῖα ἐκμεταλλευόμεθα διὰ θεραπευτικοὺς σκοπούς — ἔχει δὲ δημιουργηθῆ πρὸς τοῦτο ὁ εἰδικὸς κλάδος τῆς **ἠλεκτροθεραπευτικῆς** — ἄλλοτε δὲ ἔχει ἀποτελέσματα ἐπιβλαβῆ ἐπὶ τοῦ ὀργανισμοῦ, δυνάμενα νὰ προκαλέσουν ἀκόμη καὶ τὸν θάνατον (βλ. § 119).

Θεραπευτικὰ ἀποτελέσματα. Ταῦτα ὀφείλονται κυρίως εἴτε εἰς φυσικοχημικὰ καὶ ἠλεκτροχημικὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα προκαλεῖ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπὶ τοῦ ἀνθρωπίνου ὀργανισμοῦ, εἴτε εἰς τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἐκμεταλλευόμεθα καταλλήλως. Τὰ φυσικοχημικὰ φαινόμενα ὀφείλονται εἰς μεταβολὰς τῆς συμπυκνώσεως ἐντὸς τῶν κυττάρων, λόγῳ φαινομένων ἠλεκτρολύσεως, τὰς ὁποίας ὁ ὀργανισμὸς τείνει νὰ ἐξουδετερώσῃ, ἐπιτυγχάνονται δὲ αὗται ὅταν ἡ θεραπεία γίνεται διὰ συνεχοῦς ρεύματος **(γαλβανισμὸς)** καὶ ὑπὸ κατάλληλον ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Οὕτως, ὅταν ἡ μεταβολὴ τῆς συμπυκνώσεως λάβῃ ὡρισμένην τιμήν, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς ἔντασιν ρεύματος 5 mA, προκαλεῖται εἰς τὸν ὀργανισμὸν ὡρισμένος ἐρεθισμός. Ὅταν ὅμως ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὸ ἀνώτατον ὅριον, δηλαδὴ περίπου 50 mA, προκαλεῖ μεγάλας μεταβολὰς συμπυκνώσεως καὶ ὁ ἐρεθισμὸς οὗτος καθίσταται ἐντονώτερος, αἱ δὲ προκαλούμεναι μεταβολαὶ συμπυκνώσεως δὲν εὑρίσκουν τὸν κατάλληλον χρόνον πρὸς ἐξίσωσιν αὐτῶν διὰ διαπιδύσεως καὶ ἐπέρχεται ὁ θάνατος. Εἰς τὴν περίπτωσιν ἐναλλασσομένου ρεύματος, λόγῳ ταχείας ἐναλλαγῆς τῆς διευθύνσεως τοῦ ρεύματος, τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἐκδηλοῦνται εἰς ἐλάχιστον βαθμόν, πλὴν ὅμως, τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα προσβάλλει τὸ ἀναπνευστικὸν σύστημα καὶ προκαλεῖ διαταραχὴν ἢ καὶ παῦσιν τῆς λειτουργίας τῆς καρδίας.

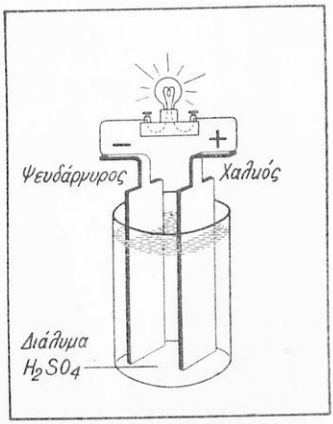
Ἡ ἀνάπτυξις θερμότητος ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ἐναλλασσομένων ρευμάτων μεγάλης ἢ ὑψηλῆς συχνότητος. Εἰς τὴν σπουδὴν τῆς διόδου τῶν ρευμάτων τούτων διὰ καλῶν ἀγωγῶν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, π.χ. τῶν μετάλλων, ὡς θὰ ἴδωμεν (βλ. κεφ. ΙΓ', Ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις καὶ κύματα), τὸ ρεῦμα ἐντοπίζεται ἐπὶ λεπτοτάτου στρώματος κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ, ἐνῷ εἰς βάθος δὲν παρατηρεῖται δίοδος ρεύματος. Τοῦτο πράγματι ἰσχύει προκειμένου περὶ σωμάτων, τὰ ὁποῖα εἶναι καλοὶ ἀγωγοί, δὲν ἰσχύει ὅμως καὶ διὰ τὰ ἡμιαγωγὰ σώματα, μεταξὺ τῶν ὁποίων εἶναι καὶ τὸ ἀνθρώπινον σῶμα.

Προκειμένου περὶ τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος, ἡ δίοδος τοῦ ρεύματος δὲν περιορίζεται εἰς λεπτότατον στρῶμα κάτωθεν τῆς ἐπιδερμίδος, ἀλλ' εἰσχωρεῖ εἰς σημαντικὸν βάθος. Ὡς ἐκ τούτου, εἰς τὰς περιοχὰς ταύτας ἀναπτύσσεται θερμότης Joule, τὴν ὁποίαν ἐκμεταλλευόμεθα διὰ τὴν θεραπείαν διαφόρων παθήσεων, ὡς π.χ. ρευματικῶν ἢ ἀρθριτικῶν, εἰς τὰς ὁποίας ἡ θερμότης, τὴν ὁποίαν προσπαθοῦμεν νὰ ἀναπτύξωμεν διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως θερμῶν ἐπιθεμάτων, δὲν δύναται νὰ εἰσχωρήσῃ εἰς μέγα βάθος. Πρὸς τούτοις, ἡ ἀναπτυσσομένη θερμότης δύναται νὰ χρησιμεύσῃ πρὸς καταστροφὴν διαφόρων μικροβίων, ὡς π.χ. γονοκόκκων. Ἡ διὰ ρευμάτων μεγάλης συχνότητος θεραπευτικὴ ἀποτελεῖ εἰδικὸν θεραπευτικὸν κλάδον, ὁ ὁποῖος καλεῖται **διαθερμία.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

II. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

227. Σπουδὴ τῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων. Ἐὰν εἰς δοχεῖον ὑάλινον, περιέχον ὑδατικὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, ἐμβαπτίσωμεν δύο ἠλεκτρόδια, τὸ μὲν ἓν ἐκ ψευδαργύρου, χημικῶς καθαροῦ, τὸ δὲ ἕτερον ἐκ χαλκοῦ, εἰς τρόπον ὥστε νὰ μὴ ἐφάπτωνται οὔτε ἐντὸς οὔτε ἐκτὸς τοῦ δοχείου, τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι ὁ μὲν χαλκὸς ἠλεκτρίζεται θετικῶς, ὁ δὲ ψευδάργυρος ἀρνητικῶς, ἤτοι μεταξὺ αὐτῶν ἀναπτύσσεται ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ἐὰν συνεπῶς συνδέσωμεν ἐξωτερικῶς διὰ σύρματος τὸν χαλκὸν πρὸς τὸν ψευδάργυρον (σχ. 378), παρεμβάλλοντες μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν συνδέσεως μικρὰν λυχνίαν πυρακτώσεως, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, ἐκ τούτου δὲ συνάγομεν ὅτι δι' αὐτῆς διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, προερχόμενον ἐκ τῆς ἀναπτύξεως ΗΕΔ. Ταυτοχρόνως ὅμως παρατηροῦμεν, ὅτι καθ' ὃν χρόνον ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ψευδαργύρου παρατηρεῖται ἀναβρασμός, διὰ τοῦ ὁποίου ὑποδηλοῦται ὅτι εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην λαμβάνει χώραν χημικὴ ἀντίδρασις, ἐνῷ ἐξ ἄλλου τὸ ἐκ χαλκοῦ ἠλεκτρόδιον περικαλύπτεται ὑπὸ φυσαλλίδων ἀερίου.



Σχ. 378. Διὰ συνδέσεως τῶν δύο πόλων στοιχείου πρὸς λυχνίαν, αὕτη φωτοβολεῖ.

Ἕτερον σπουδαῖον φαινόμενον, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται, εἶναι ὅτι ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας δὲν διατηρεῖται σταθερά, ἀλλά, ἐφ' ὅσον ἡ διάρκεια τοῦ πειράματος παρατείνεται, ἡ φωτοβολία αὐτῆς ἐξασθενίζει ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, μέχρις ἐκμηδενίσεως. Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα τῶν φαινομένων αὐτῶν ἤγαγεν εἰς τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα. Εὐθὺς ὡς συνδεθῇ ἐξωτερικῶς δι' ἀγωγοῦ ὁ χαλκὸς πρὸς τὸν ψευδάργυρον, τότε ἡ διάταξις παρέχει ρεῦμα, βαῖνον ἐσωτερικῶς ἐκ τοῦ Zn πρὸς τὸν Cu, τὸ δὲ θειικὸν ὀξὺ ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ παρέχει θειικὸν ψευδάργυρον, ἐνῷ ἐλευθεροῦται ὑδρογόνον κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$

Τὸ ἐλευθερούμενον ἐξ ἄλλου ὑδρογόνον δὲν ἐκλύεται, ἀλλά, τοὐναντίον, δεσμεύεται ὑπὸ τοῦ χαλκοῦ καὶ ἐπικάθηται ἐπ' αὐτοῦ ὑπὸ μορφὴν φυσαλλίδων. Ἡ ἐξασθένησις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ρεῦμα, ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπικάθησιν τῶν φυσαλλίδων ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ, διότι, ἐὰν τῇ βοηθείᾳ ὑαλίνης ράβδου ἐκδιώξωμεν αὐτὰς δι' ἀναταράξεως τοῦ ὑγροῦ, τοῦ εὑρισκομένου εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ χαλκοῦ, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀναζωογονεῖται, ὡς τοῦτο δεικνύεται ἐκ τῆς λυχνίας, ἡ ὁποία ἀρχίζει ἐκ νέου νὰ φωτοβολῇ.

Ἡ ἀνωτέρω περιγραφεῖσα διάταξις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ πηγὴν ΗΕΔ ἤ, ὡς συνήθως

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λέγομεν, πηγὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καλεῖται **ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον.** Τὸ ἐν τοῖς προηγουμένοις περιγραφὲν ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον καλεῖται εἰδικώτερον **στοιχεῖον Volta.**



ALESSANDRO VOLTA
(1745 - 1827)

Ἰταλὸς Φυσικός, ὀνομαστὸς διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ἠλεκτρίσεως ἐξ ἐπαφῆς τῶν μετάλλων. Ἐφευρέτης τοῦ ἠλεκτρικοῦ στοιχείου, τοῦ ἠλεκτροφόρου κλπ.

Τὸ στοιχεῖον Volta δὲν εἶναι πρακτικῶς χρησιμοποιήσιμον, ἕνεκα τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως.

Τὸ στοιχεῖον τοῦτο θὰ ἦτο δυνατὸν νὰ γίνῃ πρακτικῶς χρησιμοποιήσιμον, ἐὰν διὰ καταλλήλου διατάξεως ἐδεσμεύετο τὸ ὑδρογόνον, πρὶν ἢ προλάβῃ τοῦτο νὰ ἐπικαθήσῃ ἐπὶ τοῦ ἐκ χαλκοῦ ἠλεκτροδίου. Τοῦτο δύναται νὰ κατορθωθῇ, ἐὰν προστατεύσωμεν τὸ πολούμενον ἠλεκτρόδιον μὲ σώματα πλούσια εἰς ὀξυγόνον, ὡς π.χ. νιτρικὸν ὀξὺ (HNO_3), ὑπεροξείδιον τοῦ μαγγανίου (MnO_2) κ.ἄ., τὰ ὁποῖα διὰ τοῦ ὀξυγόνου αὐτῶν δεσμεύουν τὸ ὑδρογόνον, τὸ ὁποῖον, ὡς γνωστόν, ἔχει μεγάλην συγγένειαν πρὸς τὸ ὀξυγόνον, οὕτω δὲ παρακωλύεται ἡ πόλωσις τοῦ στοιχείου καὶ δύναται τοῦτο νὰ λειτουργῇ χωρὶς νὰ ὑφίσταται ἐξασθένησιν. Τὰ πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον χρησιμοποιούμενα σώματα καλοῦνται **ἀντιπολωτικά.**

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω, προκύπτει ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον πραγματοποιεῖται ἀπὸ δοχεῖον (π.χ. ὑάλινον), ἐντὸς τοῦ ὁποίου τίθεται ὡρισμένον ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρόν, ἀπὸ δύο ἑτερογενῆ ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα βυθίζονται ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ καὶ ἀπὸ τὸ ἀντιπολωτικὸν σῶμα.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα κατατάσσονται εἰς πρωτογενῆ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ εἰς δευτερογενῆ τοιαῦτα.

Ἓν στοιχεῖον καλεῖται πρωτογενὲς ἐὰν ἀφ ἑαυτοῦ δημιουργῇ τὴν ἠλεκτρεγερτικήν του δύναμιν, ἐνῷ τὸ δευτερογενὲς τοιοῦτον ἔχει ἀνάγκην προηγουμένης φορτίσεως (ἠλεκτρολυτικῶς) ὑπὸ ἑτέρας ἠλεκτρικῆς πηγῆς.

228. Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις στοιχείου. Εἰς οἱονδήποτε κύκλωμα τροφοδοτούμενον ὑπό τινος ἠλεκτρικοῦ στοιχείου πρέπει νὰ θεωρήσωμεν ὑπαρχούσας δύο ἀντιστάσεις. Τὴν ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν R, τὴν ὁποίαν ἀπαρτίζουν ὅλοι οἱ ἀγωγοὶ ἐν γένει οἱ ἀποτελοῦντες τὸ κύκλωμα καὶ τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_{\varepsilon\sigma}$, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς αὐτὸ τοῦτο τὸ στοιχεῖον, δηλαδὴ εἰς τὸ μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων ὑπάρχον ὑλικόν. Ὅθεν, ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις $R_{ολ}$ θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῆς ἐξωτερικῆς καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως. Ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ Ohm, διὰ στοιχεῖον ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως E, ἔχομεν :

$$i = \frac{E}{R + R_{\varepsilon\sigma}}$$

Δι' ἀμέσου μετρήσεως τῆς ἐντάσεως i καὶ τῆς ΗΕΔ E καὶ γνωστῆς οὔσης τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως R, δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_{\varepsilon\sigma}$ τοῦ στοιχείου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

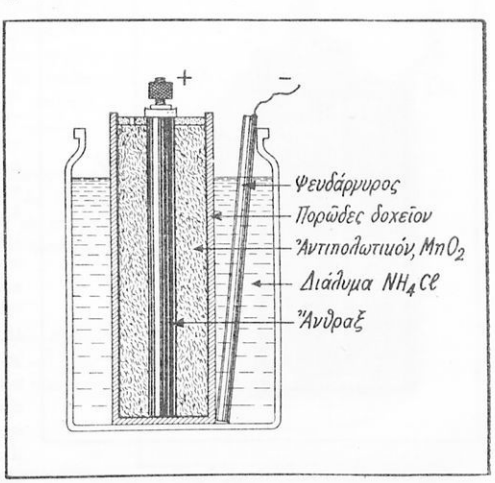
Θεωρήσωμεν ἤδη στοιχεῖον, συνδεδεμένον πρὸς ἓν μιλιαμπερόμετρον (βλ. σχ. 369). Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὰ δύο ἐλάσματα, θὰ παρατηρήσωμεν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ διὰ τοῦ ὀργάνου διερχομένου ρεύματος. Ὁμοίως, ἐὰν ἀνασύρωμεν ἐν μέρει ἐκ τοῦ διαλύματος τὸ ἓν ἢ ἀμφότερα τὰ ἠλεκτρόδια θὰ παρατηρήσωμεν πάλιν ἐλάττωσιν τοῦ ρεύματος. Εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις, ἡ ἐμφάνισις τῆς ἠλαττωμένης τιμῆς τοῦ ρεύματος ὀφείλεται εἰς τὴν αὔξησιν τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως. Πράγματι, εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν, μὲ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῶν ἠλεκτροδίων, ἀναγκάζομεν τὸ ρεῦμα νὰ ῥέῃ ἐντὸς τοῦ στοιχείου κατὰ μῆκος τοῦ ἠλεκτρολύτου, διανύον οὕτω μεγαλυτέραν τροχιὰν ἐντὸς αὐτοῦ, ἐνῷ εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν ἐλαττοῦμεν τὴν ἐνεργὸν ἐπιφάνειαν τῶν ἠλεκτροδίων καὶ κατὰ συνέπειαν τὴν τοιαύτην τοῦ ὑγροῦ ἀγωγοῦ.

Ὅθεν, διὰ νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν ἑνὸς στοιχείου, ὀφείλομεν νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἠλεκτρόδια παρουσιάζοντα ὅσον τὸ δυνατὸν μεγαλυτέραν ἐνεργὸν ἐπιφάνειαν καὶ τιθέμενα πλησίον ἀλλήλων.

229. Διάφοροι τύποι ἠλεκτρικῶν στοιχείων. Εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐπιστήμη τοῦ ἠλεκτρισμοῦ δὲν εἶχεν ἀναπτυχθῆ τόσον πολὺ ὅσον σήμερον, ἐχρησιμοποιήθησαν πολυάριθμοι τύποι ἠλεκτρικῶν στοιχείων, ὡς τοῦ Daniell, Bunsen, Grenet, Leclanché κ.ἄ. Ὅλοι ὅμως οἱ τύποι τῶν στοιχείων τούτων ἀνήκουν σήμερον εἰς τὴν ἱστορίαν τῆς Φυσικῆς, διότι ἡ χρησιμοποίησις αὐτῶν ἐγκατελείφθη, παρέμεινε δὲ μόνον ἐκ τούτων τὸ στοιχεῖον Leclanché, τὸ ὁποῖον ἐξακολουθεῖ καὶ σήμερον εἰσέτι χρησιμοποιούμενον, ἰδίως ὑπὸ τὴν ξηρὰν μορφὴν αὐτοῦ, ὡς καὶ τὸ στοιχεῖον Daniell, ἀλλὰ καὶ τούτων ἡ χρῆσις εἶναι πολὺ περιωρισμένη. Ὡς ἐκ τούτου δέ, θὰ περιορισθῶμεν μόνον εἰς τὴν περιγραφὴν τῶν δύο τούτων στοιχείων.

Α) Στοιχεῖον Leclanché (Λεκλανσέ). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο χρησιμοποιεῖται ὑπὸ δύο μορφάς, τὴν ὑγρὰν καὶ τὴν ξηράν. Μολονότι τὸ στοιχεῖον δὲν χρησιμοποιεῖται σήμερον ὑπὸ τὴν ὑγρὰν μορφὴν αὐτοῦ ἀλλὰ μόνον ὑπὸ τὴν ξηράν, ἐν τούτοις θὰ περιγράψωμεν τοῦτο καὶ ὑπὸ τὴν ὑγρὰν του μορφήν, διότι ἡ περιγραφὴ αὕτη διευκολύνει πολὺ τὴν περιγραφὴν καὶ κατανόησίν του ὑπὸ τὴν ξηρὰν μορφήν.

α) Ὑγρὸν στοιχεῖον Leclanché. Τοῦτο (σχ. 379) ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνου δοχείου ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὡς ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα τίθεται κεκορεσμένον διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl). Ὡς ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον χρησιμεύει ῥάβδος ἐκ χημικῶς καθαροῦ ψευδαργύρου (Zn), ἐνῷ ὡς θετικὸν ἠλεκτρόδιον ῥάβδος ἐξ ἄνθρακος (C). Ἡ ῥάβδος ὅμως ἐξ ἄνθρακος δὲν βυθίζεται ἀπ' εὐθείας ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ, ἀλλὰ τίθεται ἐντὸς πορώδους κυλινδρικοῦ δοχείου ἐκ πορσελάνης καὶ κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ, ἐνῷ ὁ ὑπόλοιπος κενὸς χῶρος τοῦ δοχείου πληροῦται



Σχ. 379. Πραγματοποίησις ὑγροῦ στοιχείου Leclanché.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὑπὸ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου (MnO_2), τὸ ὁποῖον χρησιμεύει ὡς ἀντιπολωτικὸν σῶμα, κλειομένου ἄνωθεν τοῦ δοχείου διὰ στρώματος ἐκ πίσσης καὶ ἀφιεμένης μόνον μικρᾶς ὀπῆς ἐν αὐτῷ δι' ἀερισμόν, ὡς καὶ μικρᾶς ἐξοχῆς τοῦ ἐξ ἀνθρακος ἠλεκτροδίου. Τὸ σύστημα τοῦτο τοῦ πορώδους δοχείου, μετὰ τοῦ ἀνθρακοῦ καὶ τοῦ ἀντιπολωτικοῦ σώματος, βυθίζεται ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ (σχ. 379). Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ στοιχείου τούτου, ὅταν τοῦτο δὲν παρέχῃ ρεῦμα, εἶναι 1,5 Volt, καλεῖται δὲ αὕτη **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου. Τὸ ἄκρον τῆς ράβδου τοῦ ψευδαργύρου ἀποτελεῖ τὸν **ἀρνητικὸν πόλον** τοῦ στοιχείου, διότι φέρει ἀρνητικὸν φορτίον, ἐνῷ τὸ ἄκρον τῆς ἐξ ἄνθρακος ράβδου ἀποτελεῖ τὸν **θετικὸν πόλον,** διότι φέρει θετικὸν φορτίον.

Ἐὰν συνδέσωμεν ἐξωτερικῶς τοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου δι' ἀγωγοῦ σύρματος, παρεμβάλλοντες καὶ μικρὰν λυχνίαν πυρακτώσεως, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, ἡ δὲ φωτοβολία αὐτῆς παραμένει ἀμείωτος. Αἱ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι συμβαίνουν ἐντὸς τοῦ στοιχείου, ἐφ' ὅσον τοῦτο παρέχει ρεῦμα, ἔχουν ὡς ἑξῆς. Τὸ χλωριοῦχον ἀμμώνιον προσβάλλει τὸν ψευδάργυρον, οὕτω δὲ σχηματίζεται χλωριοῦχος ψευδάργυρος καὶ ἐλευθεροῦται ἡ ρίζα ἀμμώνιον (NH_4) κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

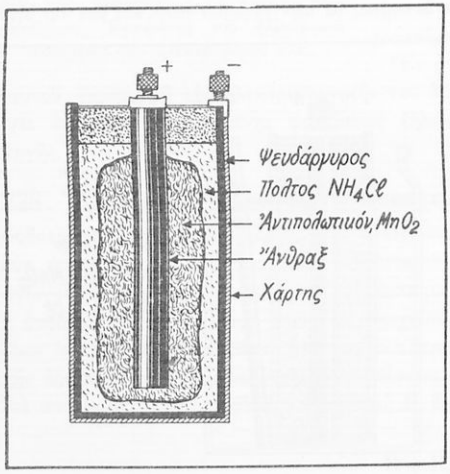
$$Zn + 2\ NH_4Cl \rightarrow ZnCl_2 + 2\ NH_4$$

Ἡ ρίζα ὅμως NH_4 δὲν δύναται νὰ ὑφίσταται ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει, ἀλλ' ἀποσυντίθεται, παρέχουσα ἀμμωνίαν (NH_3) καὶ ὑδρογόνον (H_2) κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$2\ NH_4 \rightarrow 2\ NH_3 + H_2$$

Τὸ ὑδρογόνον, ἐὰν δὲν ὑφίστατο τὸ ἀντιπολωτικὸν σῶμα ἐξ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου, θὰ ἐπεκάθητο ἐπὶ τοῦ ἐξ ἄνθρακος ἠλεκτροδίου καὶ θὰ προεκάλει τὴν πόλωσιν αὐτοῦ. Λόγῳ ὅμως τῆς παρουσίας τοῦ ἀντιπολωτικοῦ σώματος, τὸ ὑδρογόνον διαπιδῦον διὰ τῶν πόρων τοῦ πορώδους δοχείου δὲν προλαμβάνει νὰ ἐπικαθήσῃ ἐπὶ τοῦ ἄνθρακος, διότι δεσμεύεται ὑπὸ τοῦ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου, σχηματιζομένου οὕτως ὑδροξειδίου τοῦ μαγγανίου κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :

$$MnO_2 + H_2 \rightarrow Mn(OH)_2$$



Σχ. 380. Πραγματοποίησις ξηροῦ στοιχείου Leclanché.

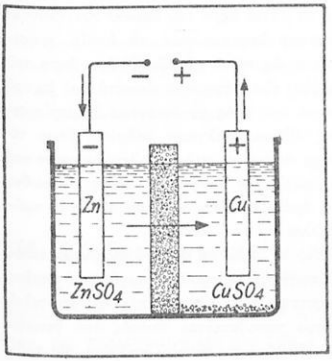
Οὕτως, ἀποφεύγεται ἡ πόλωσις καὶ ἐπομένως ἡ ἐξασθένησις τοῦ στοιχείου.

β) Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché. Τοῦτο ἀποτελεῖ τροποποιημένην μορφὴν τοῦ ὑγροῦ στοιχείου, ἡ δὲ τροποποίησις αὕτη σκοπὸν ἔχει νὰ καθιστᾷ εὔκολον τὴν μεταφορὰν τοῦ στοιχείου. Ἀντὶ δοχείου ὑαλίνου χρησιμοποιεῖται δοχεῖον ἐκ ψευδαργύρου, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει ταυτοχρόνως καὶ ὡς ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον, ἐξωτερικῶς δὲ τὸ δοχεῖον, πρὸς ἠλεκτρικὴν ἀπομόνωσιν αὐτοῦ, περικαλύπτεται διὰ στρώματος πισσοχάρτου. Τὸ πορῶδες δοχεῖον ἀντικαθίσταται ὑπὸ καταλλήλου δοχείου ἐκ χάρτου ἢ σάκκου ἐξ ὑφάσματος, ἐνῷ τὸ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου ἀντικαθίσταται ὑπὸ πριονιδίων ξύλου ἢ ἄλλης ὑγροσκοπικῆς οὐσίας, ἡ ὁποία ἐμποτίζεται μέχρι κορεσμοῦ ὑπὸ διαλύματος χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl). Ἄνωθεν, τὸ δοχεῖον κλείεται ἐπίσης διὰ στρώματος πίσσης (σχ. 380).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου εἶναι 1,5 Volt. Τὸ ξηρὸν στοιχεῖον χρησιμοποιεῖται καὶ σήμερον εἰσέτι εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς, ὡς π.χ. εἰς μικροὺς ἠλεκτρικοὺς φανοὺς (φαναράκια τσέπης), εἰς φορητοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας, εἰς συσκευὰς βαρηκόων κλπ.

***Β) Στοιχεῖον Daniell (Ντάνιελ).** Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνου δοχείου, τὸ ὁποῖον διὰ πορώδους διαφράγματος διαιρεῖται εἰς δύο διαμερίσματα. Εἰς τὸ ἓν τῶν διαμερισμάτων τίθεται ὑδατικὸν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$), ἐντὸς τοῦ ὁποίου βυθίζεται πλὰξ χαλκοῦ ἀποτελοῦσα τὸν θετικὸν πόλον. Εἰς τὸ ἕτερον τῶν διαμερισμάτων τίθεται ὑδατικὸν διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου ($ZnSO_4$), ἐντὸς τοῦ ὁποίου βυθίζεται πλὰξ ψευδαργύρου, ἀποτελοῦσα τὸν ἀρνητικὸν πόλον (σχ. 381 καὶ 382).



Σχ. 381. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας στοιχείου Daniell.

Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ στοιχείου τὸ ρεῦμα ὁδεύει ἐκ τοῦ Zn πρὸς τὸν Cu καὶ διασπᾷ τὸν $ZnSO_4$ ἀφ' ἑνὸς εἰς Zn, ὁ ὁποῖος ὁδεύει πρὸς τὸ πορῶδες διάφραγμα κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, ἐνῷ ἡ ρίζα SO_4 ὁδεύει πρὸς τὸν ψευδάργυρον καὶ ἀναπαράγει θειικὸν ψευδάργυρον. Ἐπίσης καὶ ὁ $CuSO_4$ ἠλεκτρολύεται καὶ ὁ μὲν Cu ἀκολουθεῖ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος καὶ ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς χαλκίνης πλακός, ἐνῷ ἡ ρίζα SO_4 ὁδεύει κατ' ἀντίθετον φορὰν πρὸς τὸ πορῶδες διάφραγμα, ὅπου συναντᾷ τὸν προηγουμένως ἀποτεθέντα ψευδάργυρον καὶ σχηματίζει ἐκ νέου $ZnSO_4$. Οὕτω τὸ διάλυμα τοῦ $ZnSO_4$ ἐμπλουτίζεται, ἐνῷ τὸ διάλυμα $CuSO_4$ καθίσταται πτωχότερον, δὲν παρατηρεῖται ὅμως οὐδεμία ἀλλοίωσις τῶν ἠλεκτροδίων.

Δυνάμεθα μάλιστα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ στοιχεῖον μὲ διαλύματα σταθερᾶς συμπυκνώσεως ὡς ἑξῆς.

Φροντίζομεν ἐξ ἀρχῆς ἀμφότερα τὰ διαλύματα θειικοῦ ψευδαργύρου καὶ θειικοῦ χαλκοῦ νὰ εἶναι κεκορεσμένα, εἰς δὲ τὸ διαμέρισμα τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ φροντίζομεν νὰ θέσωμεν περίσσειαν κρυστάλλων θειικοῦ χαλκοῦ, οἱ ὁποῖοι διαλύονται ὅταν τὸ διάλυμα τείνῃ νὰ καταστῇ πτωχότερον, καὶ οὕτω διατηρεῖται ἡ συμπύκνωσις σταθερά.

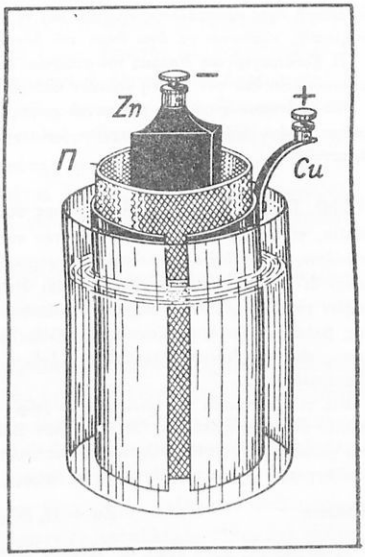
Ἀπὸ ἠλεκτροχημικῆς ἀπόψεως αἱ ἀντιδράσεις εἰς τὸ στοιχεῖον Daniell ἐξηγοῦνται ὡς ἑξῆς. Ὁ μεταλλικὸς ψευδάργυρος διασπείρει εἰς τὸ ἀντίστοιχον διάλυμα ἰόντα Zn ++ καὶ δύο ἠλεκτρόνια (2e—), ἤτοι :

$$Zn_{\text{μεταλ}} \rightarrow Zn^{++} + 2e^-$$

Τὰ ἰόντα Cu ++ ἐκ τοῦ ἀντιστοίχου διαλύματος προσλαμβάνουν δύο ἠλεκτρόνια καὶ ἀποτίθενται ὡς μεταλλικὸς χαλκὸς ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου χαλκοῦ, ἤτοι :

$$Cu^{++} + 2e^- \rightarrow Cu_{\text{μεταλ}}$$

Τὸ τελικὸν ἀποτέλεσμα τῶν ἀνωτέρω ἀντιδράσεων εἶναι :

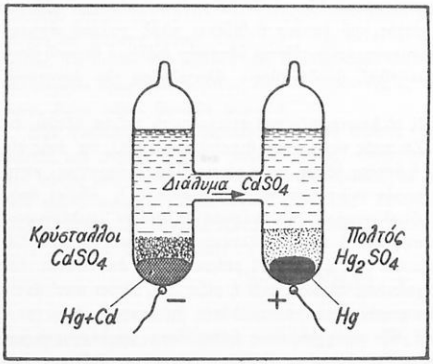


Σχ. 382. Στοιχεῖον Daniell.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$$Zn_{\mu\epsilon\tau\alpha\lambda} + Cu^{++} \rightarrow Zn^{++} + Cu_{\mu\epsilon\tau\alpha\lambda}$$

***Γ) Πρότυπον στοιχεῖον.** Τὸ στοιχεῖον τοῦτο κατασκευάζεται ὑπὸ ὡρισμένων οὐσιῶν χημικῶς καθαρῶν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διατηρῇ σταθερὰν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἐπὶ μακρὰν χρονικὴν περίοδον καὶ ἀνεξάρτητον σχεδὸν ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν. Τὸ πρότυπον στοιχεῖον διὰ καδμίου, τὸ ὁποῖον καλεῖται καὶ **στοιχεῖον Weston (Γουέστον)**, εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 383.



Σχ. 383. Πραγματοποίησις προτύπου στοιχείου Weston.

Πραγματοποιεῖται ἐξ ὑαλίνου δοχείου εἰς τὰ κάτω ἄκρα τοῦ ὁποίου συντήκονται σύρματα λευκοχρύσου, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν ὡς πόλοι αὐτοῦ. Τὰ ἄνω ἄκρα τοῦ δοχείου εἶναι ἀρχικῶς ἀνοικτὰ καὶ ἐκ τοῦ ἄκρου τοῦ πρὸς τὰ ἀριστερὰ διαμερίσματος τίθεται ἀμάλγαμα καδμίου, ὅπερ τίθεται ἐν ἐπαφῇ πρὸς τὸν λευκόχρυσον καὶ ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Ἄνωθεν τοῦ ἀμαλγάματος καδμίου τίθενται κρύσταλλοι θειικοῦ καδμίου.

Εἰς τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ διαμέρισμα τίθεται ποσότης καθαροῦ ὑδραργύρου, ὁ ὁποῖος ἐφάπτεται τοῦ λευκοχρύσου καὶ ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ στοιχείου. Ἄνωθεν τοῦ ὑδραργύρου τοποθετεῖται πολτὸς ἀπὸ θειικὸν ὑδράργυρον. Τέλος, τὸ δοχεῖον πληροῦται διὰ κεκορεσμένου διαλύματος θειικοῦ καδμίου, εἰς τρόπον ὥστε εἰς ἀμφότερα τὰ διαμερίσματα τοῦ δοχείου τοῦ στοιχείου ὁ ἠλεκτρολύτης νὰ εὑρίσκεται ἐν ἐπαφῇ πρὸς κρυστάλλους καδμίου καὶ νὰ διατηρῆται κεκορεσμένος. Ὅταν τὸ στοιχεῖον προετοιμασθῇ, κλείονται τὰ ἄνω ἄκρα τοῦ δοχείου διὰ συντήξεως.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου εἶναι 1,0183 Volt εἰς 20 °C. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν διεθνῆ νομικὸν καθορισμὸν τῆς μονάδος 1 Volt.

Τὸ πρότυπον στοιχεῖον πρέπει νὰ χρησιμοποιῆται εἰς διατάξεις ὅπου ἀπαιτεῖται λίαν ἀσθενὲς ρεῦμα, διότι ἄλλως τὸ στοιχεῖον ὑφίσταται πόλωσιν καὶ ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτοῦ ἐλαττοῦται.

***230. Προέλευσις τῆς ἐνεργείας τῶν στοιχείων.** Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ στοιχεῖον τοῦ Volta, τὸ ὁποῖον περιεγράψαμεν εἰς τὴν παράγραφον 227, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ χημικῶς καθαρὸν ψευδάργυρον ἢ ψευδάργυρον ἀμαλγαμωμένον δι' ὑδραργύρου, δὲν προσβάλλεται ὅταν τὸ στοιχεῖον δὲν παρέχῃ ρεῦμα. Ἐὰν ὅμως κλείσωμεν τὸ κύκλωμα τοῦ στοιχείου συνδέοντες ἐξωτερικῶς τοὺς πόλους αὐτοῦ, δι' ἀγωγοῦ σύρματος, βλέπομεν ὅτι ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου ἐκ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει ὡς θετικὸν ἠλεκτρόδιον, ἐνῷ ὁ ψευδάργυρος φθείρεται, λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ στοιχείου τὸ ρεῦμα ὁδεύει ἐκ τοῦ ψευδαργύρου πρὸς τὸν χαλκὸν καὶ τὸ θειικὸν ὀξὺ ἠλεκτρολύεται. Τὸ ὑδρογόνον ἀκολουθεῖ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος καὶ ἀποτίθεται ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ, ἐνῷ τὸ ἰὸν SO_4 ὁδεύει κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τοῦ ρεύματος καὶ προσβάλλει τὸν ψευδάργυρον σχηματιζομένου οὕτω θειικοῦ ψευδαργύρου, συμφώνως πρὸς τὴν γνωστὴν ἤδη ἐξίσωσιν:

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

Ἡ ἀντίδρασις αὕτη εἶναι, ὡς λέγομεν, ἐξώθερμος, δηλαδὴ συντελεῖται ὑπὸ σύγχρονον ἔκλυσιν ἐνεργείας ὑπὸ μορφὴν θερμότητος, ἡ ὁποία ἀναφαίνεται εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὑπὸ μορφὴν ἠλε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κτρικῆς ἐνεργείας. Οὕτω βλέπομεν ὅτι ἐντὸς τῶν στοιχείων λαμβάνει χώραν μετατροπὴ τῆς χημικῆς ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ μέτρησις τῆς θερμότητος τῆς ἐκλυομένης κατὰ τὴν ἀνωτέρω χημικὴν ἀντίδρασιν, γίνεται διὰ θερμιδομετρικῶν μετρήσεων. Ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι αὕτη κατὰ προσέγγισιν ἀνέρχεται εἰς 50 000 cal ἤ :

$$50\,000 \times 4{,}18 = 209\,000 \text{ Joule}$$

δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τοῦ στοιχείου. Οὕτως, ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν παρέχει τὸ στοιχεῖον εἶναι :

$$A = E \cdot i \cdot t = E \cdot q \qquad (1)$$

ὅπου q τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ μεταφερόμενον ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i εἰς χρόνον t.

Διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἑνὸς γραμμοϊσοδυνάμου, ἤτοι 1 gr ὑδρογόνου, χρειάζονται 96 500 Cb καὶ διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἑνὸς γραμμομορίου, ἢ 2 gr ὑδρογόνου, ἀπαιτοῦνται 2 . 96 500 Cb. Ὅθεν δυνάμεθα νὰ γράψωμεν τὴν σχέσιν : 209 000 = E . 2 . 96 500 καί :

$$E = \frac{209\,000}{2 \cdot 96\,500} = 1{,}08 \text{ Volt.}$$

231. Σύνδεσις στοιχείων. Τὰ στοιχεῖα δυνάμεθα νὰ συνδέσωμεν κατὰ διαφόρους τρόπους καὶ νὰ σχηματίσωμεν οὕτως **ἠλεκτρικὰς στήλας.** Οἱ τρόποι συνδέσεως τῶν στοιχείων εἶναι οἱ αὐτοὶ πρὸς τοὺς τρόπους συνδέσεως ἠλεκτρικῶν πηγῶν, ὡς περιεγράψαμεν εἰς τὴν § 112.

232. Συσσωρευταί. Ἓν πρωτογενὲς ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν τοιαύτην. Εἶναι ὅμως δυνατὸν νὰ ἐκκινήσωμεν ἐκ δύο μεταλλικῶν ἐλασμάτων ἢ πλακῶν, περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον ὁμοίων καὶ νὰ καταστήσωμεν αὐτὰς ἀνομοίους τῇ βοηθείᾳ τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως. Ἤτοι, δυνάμεθα νὰ ἐκμεταλλευθῶμεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν διὰ νὰ παράγωμεν χημικὰς μεταβολάς. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς ἀκριβῶς ταύτης στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τῶν σ υ σ σ ω ρ ε υ τ ῶ ν, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπιζητεῖται ἡ δι' ἠλεκτρολύσεως μεταβολὴ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων (φόρτισις τοῦ συσσωρευτοῦ), τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς πόλους αὐτοῦ.

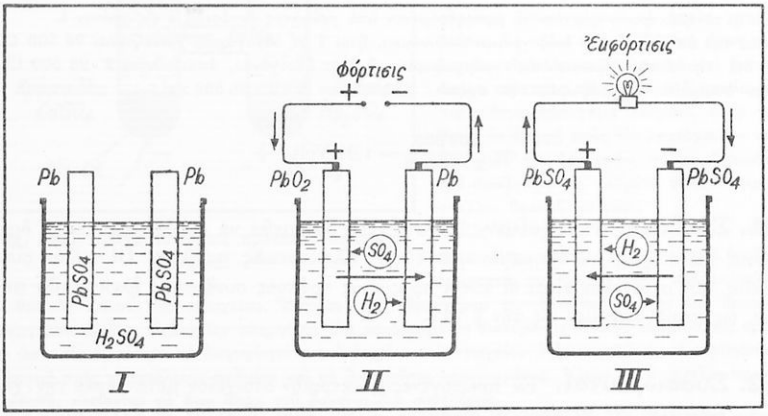
Ἡ ἐκλογὴ τοῦ εἴδους τῶν ἠλεκτροδίων καὶ τοῦ ἠλεκτρολύτου εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἡ ἐκ τῆς πολώσεως δημιουργουμένη ΗΕΔ νὰ διατηρῆται ἐπὶ μακρὸν χρόνον, συγχρόνως ὅμως καὶ τὸ παραγόμενον ρεῦμα νὰ εἶναι ἱκανόν.

Οὕτω, μετὰ τὴν φόρτισιν, ὁ συσσωρευτὴς καθίσταται πηγὴ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐφ' ὅσον οἱ πόλοι του συνδεθοῦν πρὸς ἐξωτερικὸν ἀγωγόν. Τὸ ρεῦμα τὸ παρεχόμενον ὑπὸ τοῦ συσσωρευτοῦ (ἐκφόρτισις), ἔχει φορὰν ἀντίθετον τοῦ ρεύματος φορτίσεως, ἐνῷ, συγχρόνως, αἱ λαμβάνουσαι χώραν χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐπαναφέρουν τὰ ἠλεκτρόδια (πόλους) εἰς τὴν πρὸ τῆς φορτίσεως κατάστασιν.

Ἤτοι, εἰς τοὺς συσσωρευτάς, ἀποταμιεύομεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφὴν χημικῆς τοιαύτης, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐν καταλλήλῳ τόπῳ καὶ χρόνῳ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

233. Συσσωρευταὶ διὰ μολύβδου. α) **Φόρτισις.** Οἱ συσσωρευταὶ διὰ μολύβδου λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν κάτωθι ἐκτιθεμένων ἀρχῶν. Εἰς ὑάλινον δοχεῖον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὑδατικὸν ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (30 βαθμῶν Baumé), ἐμβαπτίζομεν δύο ἠλεκτρόδια ἀποτελούμενα ἐκ πλακῶν μολύβδου. Λόγῳ τῆς ἐμβαπτίσεως τῶν πλακῶν ἐντὸς τοῦ ἀραιοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος, αὗται περικαλύπτονται ὑπὸ στρώματος θειικοῦ μολύβδου. Οὕτως, εἰς τὴν περιοχὴν τῶν δύο ἠλεκτροδίων, εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ θειικὸν ὀξύ, ὑφίσταται θειικὸς μόλυβδος καί, ὡς δεικνύει τὸ πείραμα, μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων δὲν ὑφίσταται τάσις (σχ. 384,I). Ἐὰν



Σχ. 384. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς λειτουργίας τοῦ ἠλεκτρικοῦ συσσωρευτοῦ. (Ι) Συσσωρευτὴς ἀφόρτιστος. (ΙΙ) Φορτιζόμενος. (ΙΙΙ) Ἐκφορτιζόμενος.

ὅμως συνδέσωμεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, τότε, ὡς ἤδη γνωρίζομεν, λαμβάνει χώραν ἠλεκτρόλυσις τοῦ ὑδατικοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος, καὶ τὸ ἀνιὸν SO_4^{--} φέρεται πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ μετατρέπει τὸν θειικὸν μόλυβδον εἰς ὑπεροξείδιον τοῦ μολύβδου, ἐνῷ τὸ κατιὸν H^+ φέρεται πρὸς τὴν κάθοδον καὶ ἀνάγει τὸν θειικὸν μόλυβδον εἰς μεταλλικὸν μόλυβδον ὑπὸ σπογγώδη μορφὴν (σχ. 384,ΙΙ).

Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι προκύπτουν κατὰ τὸ ἀνωτέρω περιγραφὲν φαινόμενον ἠλεκτρολύσεως, ἔχουν ὡς ἑξῆς :

Φόρτισις | Ἄνοδος : $PbSO_4 + SO_4^{--} + 2\ H_2O \rightarrow PbO_2 + 2\ H_2SO_4$
Κάθοδος : $PbSO_4 + 2\ H^+ \rightarrow Pb + H_2SO_4$

Ἐὰν διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, τότε, τῇ βοηθείᾳ βολτομέτρου, δεικνύεται ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων ὑφίσταται τάσις, διότι λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως τὰ δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα ἀρχικῶς ἦσαν τῆς αὐτῆς φύσεως, ἤτοι θειικὸς μόλυβδος, μετεβλήθησαν τὸ μὲν ἐν εἰς ὑπεροξείδιον τοῦ μολύβδου, τὸ δὲ ἕτερον εἰς μόλυβδον. Ἡ ὡς ἄνω μεταβολὴ τῆς φύσεως τῶν ἠλεκτροδίων δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ καλεῖται **φόρτισις** τοῦ συσσωρευτοῦ, ἐνῷ τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν μολυβδίνων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πλακῶν μετὰ τοῦ ὑδατικοῦ διαλύματος τοῦ θειικοῦ ὀξέος λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ **ἠλεκτρικὸν συσσωρευτὴν διὰ μολύβδου.**

β) Ἐκφόρτισις συσσωρευτοῦ. Εὐθὺς ὡς διακόψωμεν τὸ ρεῦμα φορτίσεως, λόγῳ τῆς μεταβολῆς τῶν ἠλεκτροδίων, μεταξὺ αὐτῶν ὑφίσταται τάσις περίπου 2,2 Volt, ἐνῷ ἡ πυκνότης τοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος ἔχει αὐξηθῇ. Οὕτως, ὁ συσσωρευτὴς μετὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ συμπεριφέρεται ὡς ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, τοῦ ὁποίου ὁ θετικὸς πόλος ἀποτελεῖται ἀπὸ καστανόχρουν ὑπεροξείδιον τοῦ μολύβδου, ὁ δὲ ἀρνητικὸς ἀπὸ λευκόφαιον μόλυβδον. Ἐὰν ἤδη συνδέσωμεν τοὺς πόλους τοῦ φορτισθέντος συσσωρευτοῦ πρὸς ἐξωτερικὸν κύκλωμα, π.χ. πρὸς μικρὰν λυχνίαν 2 Volt, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, καὶ ἐπομένως ὁ συσσωρευτὴς παρέχει ρεῦμα, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ρεῦμα ἐκφορτίσεως** καὶ εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὸ ρεῦμα φορτίσεως (σχ. 384,ΙΙΙ). Ἐπειδὴ ὅμως τὰ σημεῖα (+) καὶ (−) τῶν πόλων διατηροῦνται τὰ αὐτὰ εἰς τὸν συσσωρευτήν, τόσον κατὰ τὴν φόρτισιν, ὅσον καὶ κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, τότε, κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ἡ μὲν ρίζα SO_4^{--} ἀναφαίνεται εἰς τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ μεταλλικοῦ μολύβδου καὶ μετατρέπει αὐτὸν εἰς θειικὸν μόλυβδον, ἐνῷ τὸ H^+ ἀναφαίνεται εἰς τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ ὑπεροξειδίου τοῦ μολύβδου καὶ διὰ προσλήψεως θειικοῦ ὀξέος μετατρέπει αὐτὸ εἰς θειικὸν μόλυβδον ὑπὸ σύγχρονον παραγωγὴν δύο μορίων ὕδατος. Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι λαμβάνουν χώραν κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, εἶναι αἱ ἀκόλουθοι :

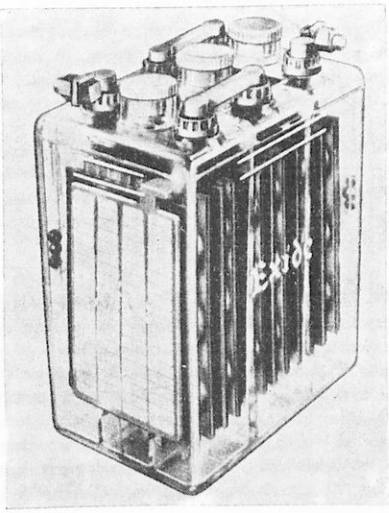
Ἐκφόρτισις

Ἄνοδος : $PbO_2 + 2H^+ + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + 2\,H_2O$

Κάθοδος : $Pb + SO_4^{--} \rightarrow PbSO_4$

Οὕτω βλέπομεν ὅτι, κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, αἱ δύο πλάκες τοῦ συσσωρευτοῦ ἐπανέρχονται εἰς τὴν ἀρχικήν των κατάστασιν, τὴν ὁποίαν εἶχον πρὸ τῆς φορτίσεως, ἤτοι ἀμφότεραι μετατρέπονται εἰς θειικὸν μόλυβδον, καὶ ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου ἀφαιρεῖται ἐκ τοῦ διαλύματος θειικὸν ὀξὺ καὶ ταυτοχρόνως παράγεται ὕδωρ, ἡ πυκνότης τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ἐλαττοῦται.

Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς ἡ ἀποταμιευομένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα ποσότης $PbSO_4$ μετατρέπεται εἰς PbO_2 εἰς τὴν ἄνοδον καὶ εἰς Pb εἰς τὴν κάθοδον. Ὡς ἐκ τούτου εἰς τὴν πρᾶξιν πρὸς ἐπιτυχίαν τοῦ ἀνωτέρω σκοποῦ ἐφαρμόζουν διαφόρους μεθόδους, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὴν καλουμένην **μόρφωσιν** τοῦ

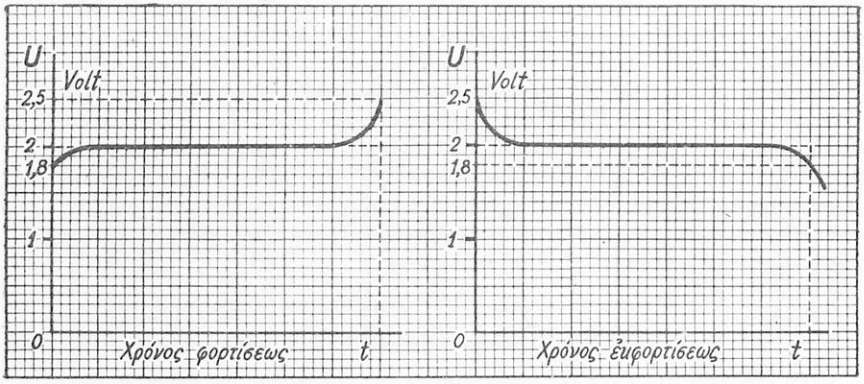


Σχ. 385. Ἐξωτερικὴ ὄψις συστοιχίας τριῶν συσσωρευτῶν συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συσσωρευτοῦ. Ὑπάρχουν δύο κυρίως μέθοδοι: ἡ φυσικὴ μόρφωσις (Planté), ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνεται δι' ἐπανειλημμένων φορτίσεων καὶ ἐκφορτίσεων τοῦ συσσωρευτοῦ καὶ ἡ τεχνητὴ μόρφωσις (Faure), ἡ ὁποία συνίσταται εἰς τὸν τεχνητὸν ἐμπλουτισμὸν τῆς πλακὸς ἀνόδου διὰ ὀξυγονούχων ἐνώσεων τοῦ μολύβδου.

Ὅταν συσσωρευτὴς εἶναι τελείως φορτισμένος, ἡ ΗΕΔ αὐτοῦ ἀνέρχεται περίπου εἰς 2,5 V, ἡ ὁποία ὅμως κατέρχεται ταχέως εἰς 2 V καὶ διατηρεῖται ἐπὶ μακρὸν σταθερὰ (σχ. 386). Ἐξ ἄλλου, ὁ συσσωρευτὴς πρέπει νὰ θεωρῆται ὅτι ἔχει ἐκφορτισθῆ ὅταν ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 1,8 Volt.



Σχ. 386. Καμπύλαι φορτίσεως καὶ ἐκφορτίσεως συσσωρευτοῦ.

Εἴδομεν προηγουμένως ὅτι κατὰ τὴν φόρτισιν ἑνὸς συσσωρευτοῦ ἔχομεν παραγωγὴν θειικοῦ ὀξέος, μὲ ἀποτέλεσμα τὸν ἐμπλουτισμὸν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος εἰς θειικὸν ὀξύ, ἐνῷ ἀντιθέτως, κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ποσότητες θειικοῦ ὀξέος ἐκ τοῦ διαλύματος δεσμεύονται ὑπὸ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ συνεπείᾳ τούτου, τὸ ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα καθίσταται πτωχότερον εἰς θειικὸν ὀξύ.

Ἀκριβῶς τὰ γεγονότα ταῦτα δυνάμεθα νὰ ἐκμεταλλευθῶμεν διὰ νὰ διαπιστώσωμεν ἐὰν εἷς συσσωρευτὴς εἶναι φορτισμένος ἢ ἀφόρτιστος, χρησιμοποιοῦντες κοινὸν πυκνόμετρον.

Οὕτω, τὸ ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα ἑνὸς πλήρως φορτισμένου συσσωρευτοῦ, ἔχει εἰδικὸν βάρος περίπου 1,3 gr*/cm³, ἐνῷ τοῦ συσσωρευτοῦ, ὄντος ἐκφορτισμένου, τὸ ἠλεκτρολυτικόν του διάλυμα ἔχει εἰδικὸν βάρος 1,15 gr*/cm³.

***234. Συσσωρευτὴς Edison (Ἔντισον).** Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς τοῦ τύπου τούτου, ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιεῖται ὑδροξείδιον τοῦ καλίου (KOH), ὡς ἠλεκτρόδια δὲ χρησιμοποιοῦνται, ὡς θετικὸν μὲν ὀξείδιον νικελίου, ὡς ἀρνητικὸν δὲ πλὰξ ἐξ ὀξειδίου τοῦ σιδήρου ἐν λεπτοτάτῳ διαμερισμῷ. Ὁ συσσωρευτὴς οὗτος καλεῖται συνήθως **ἀλκαλικός.**

Αἱ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι λαμβάνουν χώραν κατὰ τὴν φόρτισιν ἔχουν ὡς ἑξῆς. Τὸ ὀξείδιον τοῦ νικελίου (NiO) μετατρέπεται κατὰ τὴν φόρτισιν εἰς ὑπεροξείδιον νικελίου, ἐλευθερουμένου καλίου καὶ ὕδατος, ἐνῷ τὸ ὀξείδιον τοῦ σιδήρου ἀνάγεται εἰς μεταλλικὸν σίδηρον. Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, τὸ ὑπεροξείδιον τοῦτο τοῦ νικελίου μετατρέπεται εἰς ὀξείδιον καὶ ὁ σίδηρος εἰς ὀξείδιον σιδήρου. Ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει τὰς ἀντιστοίχους ἐξισώσεις τῶν χημικῶν ἀντιδράσεων :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

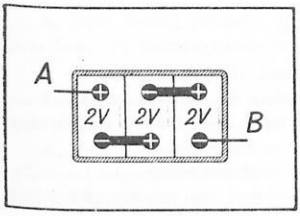
Φόρτισις
$$NiO + 2KOH \rightarrow NiO_2 + 2\,K + H_2O$$
$$FeO + H_2O \rightarrow Fe + 2\,(OH)$$

Ἐκφόρτισις
$$NiO_2 + 2\,K + H_2O \rightarrow NiO + 2\,KOH$$
$$Fe + 2\,(OH) \rightarrow FeO + H_2O.$$

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων συσσωρευτοῦ Edison μεταβάλλεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκφορτίσεως ἀπὸ 1,4 ἕως 1 Volt. Οἱ συσσωρευταὶ Edison παρουσιάζουν ὡς κύριον πλεονέκτημα, ἔναντι τῶν συσσωρευτῶν διὰ μολύβδου, ὅτι εἶναι πολὺ ἐλαφρότεροι αὐτῶν, ἀλλ' ἡ ἀπόδοσίς των εἶναι πολὺ μικροτέρα, ἤτοι 50% ἔναντι 80% τῶν συσσωρευτῶν διὰ μολύβδου.

235. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη συσσωρευτῶν. Εἰς τοὺς συσσωρευτάς, ὡς καὶ εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, χαρακτηριστικὰ μεγέθη αὐτῶν εἶναι ἡ **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** καὶ ἡ **χωρητικότης** αὐτῶν, ἐκφραζομένη εἰς **ἀμπερώρας (Ah)**, εἶναι δέ :

$$1\,Ah = 1\,A \cdot 1\,h = 1\ \frac{Cb}{sec} \cdot 3600\ sec = 3600\ Cb$$



Σχ. 387. Σύνδεσις συσσωρευτοῦ ἐν σειρᾷ.

Δευτερεύοντα χαρακτηριστικὰ μεγέθη εἶναι ἡ μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἔντασις ρεύματος φορτίσεως καὶ ἡ μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἔντασις ἐκφορτίσεως, ὅλα δὲ τὰ στοιχεῖα ταῦτα παρέχονται ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ.

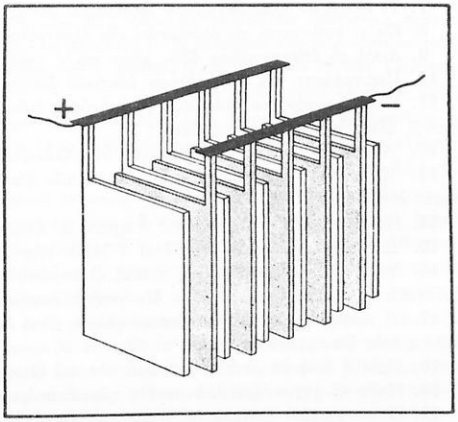
Ὡς χωρητικότης συσσωρευτοῦ δηλοῦται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἀποδώσῃ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν αὐτοῦ. Ἐὰν ἡ παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐκφορτίσεως εἰς Ἀμπέρ, διατηρεῖται δὲ αὕτη σταθερὰ ἐπὶ h ὥρας, τότε ἡ χωρητικότης αὐτοῦ ἐκφράζεται εἰς ἀμπερώρας διὰ τῆς σχέσεως : $Q = i \cdot h$.

Οὕτως, ἐὰν ὁ συσσωρευτὴς παρέχῃ ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως 10 A καὶ ἐκφορτίζεται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦτο ἐντὸς 20 ὡρῶν, ἡ χωρητικότης αὐτοῦ εἶναι :

$Q = 20 \cdot 10 = 200$ ἀμπερῶραι.

Ἡ χωρητικότης τῶν συσσωρευτῶν ἀνέρχεται εἰς 5 - 10 ἀμπερώρας ἀνὰ 100 cm^2 τῆς ἐπιφανείας τῶν θετικῶν πλακῶν.

Ἡ κανονικὴ παροχὴ ρεύματος ἐκφορτίσεως καθορίζεται



Σχ. 388. Σύνδεσις πλακῶν συσσωρευτοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατ' ἀρχὴν εἰς τὸ $^1/_{10}$ ἕως $^1/_8$ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἀμπερωρῶν. Οὕτω π.χ. συσσωρευτὴς 100 Ah πρέπει νὰ ἐκφορτίζεται μὲ ρεῦμα 10 - 12 Ampère. Κατ' ἀκολουθίαν ἡ διάρκεια τῆς κανονικῆς ἐκφορτίσεως δι' ὅλους τοὺς συσσωρευτὰς εἶναι 8 - 10 ὧραι. Ἐὰν ὅμως λάβωμεν μεγαλύτερα ρεύματα ἐκφορτίσεως προκαλοῦμεν βλάβην εἰς τὸν συσσωρευτήν.

Σύνδεσις συσσωρευτῶν. Οἱ συσσωρευταὶ συνδέονται πρὸς ἀλλήλους καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ αἱ ἠλεκτρικαὶ πηγαὶ (βλ. § 112) καὶ ἀποτελοῦν συστοιχίας (batteries) συσσωρευτῶν (σχ. 385 καὶ 387).

Οὕτω, διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ φωτισμοῦ τῶν φάρων αὐτοκινήτων, χρησιμοποιοῦν συστοιχίαν συσσωρευτῶν ἐξ 6 Volt, ἀποτελουμένην ἐκ τριῶν στοιχείων συσσωρευτῶν συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, εἴτε ἐκ 12 Volt, ἀποτελουμένην ἀπὸ ἓξ στοιχεῖα συσσωρευτῶν συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ.

Αἱ θετικαὶ καὶ ἀρνητικαὶ πλάκες τοῦ συσσωρευτοῦ τοποθετοῦνται ἐντὸς δοχείου, συνδέονται δὲ κατὰ τὸν εἰς τὸ σχῆμα 388 ὑποδεικνυόμενον τρόπον.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Ποῖα σώματα καλοῦνται ἠλεκτρολύται καὶ εἰς τί ὀφείλουν τὴν ὀνομασίαν των.

2. Εἰς τί ὀφείλεται ἡ διέλευσις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἠλεκτρολυτικῶν διαλυμάτων.

3. Ἐξηγήσατε διατί τὰ ἄλατα ἐν ὑδατικῷ διαλύματι εἶναι καλοὶ ἀγωγοί, ἐνῷ ἐν ἐναντίᾳ περιπτώσει ὄχι.

4. Εἰς τί συνίσταται ἡ ἠλεκτρολυτικὴ διάστασις καὶ πότε συμβαίνει αὕτη.

5. Ἡ ἠλεκτρολυτικὴ διάστασις εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ ἠλεκτρολύτου ;

6. Πῶς δύνασθε νὰ ἐξηγήσητε τὸ γεγονὸς ὅτι τὰ ἰόντα ἑνὸς ἠλεκτρολύτου κινοῦνται μὲ μικρὰς ταχύτητας πρὸς τὰ ἀντίστοιχα ἠλεκτρόδια, ἐνῷ εἶναι γνωστὸν ὅτι κάθε ἠλεκτρικὴ διαταραχὴ διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

7. Τί καλοῦμεν ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον ἰόντος καὶ ποία ἡ φυσικὴ σημασία αὐτοῦ.

8. Εἰς τί συνίσταται τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως καὶ ποῖοι οἱ νόμοι αὐτῆς.

9. Διατί τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ εἶναι κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

10. Περιγράψατε τὴν ἠλεκτρόλυσιν ὑδατικοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

11. Εἶναι δυνατὸν δύο ἐλάσματα ψευδαργύρου βυθισμένα μερικῶς εἰς θειικὸν ὀξὺ νὰ ἀποτελέσουν ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον ; Διατί ;

12. Ἀναφέρατε διαφόρους ἐφαρμογὰς τῆς ἠλεκτρολύσεως.

13. Ἐκ ποίων λόγων συμβαίνει ἡ πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τῶν στοιχείων καὶ πῶς ἀποφεύγεται αὕτη.

14. Ποῖος ὁ ὁρισμὸς τῆς μονάδος Ampère δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ.

15. Ἐκ ποίων στοιχείων ἐξαρτᾶται ἡ ΗΕΔ ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.

16. Διατί ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς πόλους ἠλεκτρικοῦ τινος στοιχείου διὰ μηδενικῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως τὸ διερχόμενον ρεῦμα δὲν γίνεται ἄπειρον.

17. Τί προκαλεῖ τὴν εἰδικὴν ἐκείνην γεῦσιν, ὅταν ἐγγίσωμεν τὴν γλῶσσαν μας εἰς τοὺς δύο πόλους ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου.

18. Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ συσσωρευτῶν καὶ ἠλεκτρικῶν στοιχείων.

19. Ποῖα τὰ χαρακτηριστικὰ μεγέθη τῶν συσσωρευτῶν.

20. Ποῖαι χημικαὶ ἀντιδράσεις συμβαίνουν κατὰ τὴν φόρτισιν καὶ ποῖαι κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν ἑνὸς συσσωρευτοῦ διὰ μολύβδου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

21. Συσσωρευτής, φορτίζεται καὶ ἐκφορτίζεται διαδοχικῶς. Θὰ συμβῇ ἀλλαγή τις εἰς τὴν ὑφὴν τῆς ἀνόδου ; Εἰς τὴν ὑφὴν τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ συσσωρευτοῦ ;

22. Τί ὄργανον ἐκτὸς τοῦ πυκνομέτρου δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὸν ἔλεγχον φορτίσεως ἑνὸς συσσωρευτοῦ.

23. Διατί δὲν δυνάμεθα νὰ συνδέσωμεν ἀπ' εὐθείας ἐν ἀμπερόμετρον μὲ τοὺς πόλους ἑνὸς συσσωρευτοῦ.

24. Πῶς δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν τὸν θετικὸν πόλον ἑνὸς συσσωρευτοῦ.

Β' Προβλήματα

1. Πόση ἡ ἔντασις τοῦ χρησιμοποιηθησομένου ρεύματος ἵνα ἐλευθερωθῇ 1 gr ὑδρογόνου ἐντὸς βολταμέτρου λειτουργοῦντος ἐπὶ 3 ὥρας. ('Απ. i = 8,93 A.)

2. Τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb καὶ ἡ σταθερὰ τοῦ Faraday 96 500 Cb/γραμμοϊσοδύναμον. Νὰ εὑρεθῇ ὁ ἀριθμὸς τοῦ Loschmidt.
('Απ. N = $6 \cdot 10^{23}$ μονοσθενῆ ἰόντα/γραμμοϊσοδύναμον.)

3. Ὑπολογίσατε τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ ἀργιλίου. Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ ἀργιλίου εἶναι 26,97 καὶ τὸ σθένος του 3. ('Απ. α = $9,32 \cdot 10^{-5}$ gr/Cb.)

4. Πόση ἔντασις ρεύματος ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ἐναπόθεσιν ἐπὶ τῆς καθόδου 5 gr χρυσοῦ εἰς μίαν ὥραν. Τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ χρυσοῦ εἶναι 0,000 681 gr/Cb.
('Απ. i = 2,04 A.)

5. Εἰς βολτάμετρον διὰ χαλκοῦ, πόσαι ἀμπερῶραι ἀπαιτοῦνται πρὸς πλήρη διάλυσιν τοῦ ἐκ χαλκοῦ ἠλεκτροδίου, μάζης 15 gr (α = 31,68/96 500 gr/Cb). ('Απ. q = 12,7 Ah.)

6. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου καὶ ἐναποθέτει ἐντὸς 15 min ἐπὶ τῆς καθόδου 2,165 gr ἀργύρου. ('Ατομικὸν βάρος ἀργύρου 107,88, σθένος 1). ('Απ. i = 2,15 A.)

7. Ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως διέρχεται διὰ βολταμέτρου χαλκοῦ, ἐν σειρᾷ μετὰ ἀμπερομέτρου. "Οταν τὸ ἀμπερόμετρον δεικνύῃ 0,4 A, ἡ μᾶζα τοῦ ἀποτεθέντος χαλκοῦ εἰς 30 min εἶναι 0,25 gr. Ποῖον τὸ σφάλμα εἰς τὴν ἔνδειξιν τοῦ ἀμπερομέτρου. ('Ηλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον χαλκοῦ : 0,000 33 gr/Cb). ('Απ. 0,021 A.)

8. Παράσιτον ρεῦμα 10 A, ὁδεύει ἀπὸ καλωδίου, φέροντος μολύβδινον περίβλημα, πρὸς τὸ ὑγρὸν ἔδαφος. Πόσος χρόνος θὰ χρειασθῇ διὰ νὰ ἀφαιρεθῇ 1 kgr μολύβδου ἀπὸ τὸ μολύβδινον περίβλημα. ('Ατομικὸν βάρος Pb = 207,2, σθένος = 2, σταθερὰ Faraday F = 96 500 Cb/γραμμοϊσοδύναμον). ('Απ. t = 25 h 50 min.)

9. Εἰς βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὀξυνισθὲν ὕδωρ μετὰ θειικοῦ ὀξέος ἐπιθυμοῦμεν νὰ συλλέξωμεν 36 λίτρα ὑδρογόνου ἐντὸς 24 h. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ἀπαιτουμένου ρεύματος. Πυκνότης ὑδρογόνου 0,089 882 gr/l. ('Απ. i = 3,65 A.)

10. Βολτάμετρον θειικοῦ χαλκοῦ συνδέεται ἐν σειρᾷ μετὰ βολταμέτρου θειικοῦ ὀξέος καὶ δι' αὐτῶν διοχετεύεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ζητεῖται, πόσος ὄγκος ὑδρογόνου θὰ ἐκλυθῇ ὑπὸ θερμοκρασίαν 15 °C καὶ πίεσιν 77,5 cm Hg, εἰς χρόνον καθ' ὃν ἀποτίθεται 1,5 gr χαλκοῦ. Δίδονται : 'Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ = 63, σθένος χαλκοῦ = 2, πυκνότης ὑδρογόνου ὑπὸ κανονικὰς συνθῆκας = 0,000 09 gr/cm³. (Σχολὴ Εὐελπίδων, 1958). ('Απ. V = 547 cm³, περίπου.)

11. 'Επιφάνεια 100 cm² ἐπιχαλκοῦται ἐντὸς καταλλήλου ἠλεκτρολυτικοῦ λουτροῦ, διὰ διαβιβάσεως ρεύματος 0,5 A. α) Μετὰ πόσα λεπτὰ θὰ ἀποτεθῇ ἐπ' αὐτῆς στοιβὰς χαλκοῦ πάχους 0,005 cm (ἀτομικὸν βάρος Cu = 63,6, πυκνότης Cu = 8,5 gr/cm³, F = 96 500 Cb/γραμμοϊσοδύναμον). β) 'Εὰν ἡ ἠλεκτρόλυσις γίνεται ὑπὸ διαφορὰν δυναμικοῦ 4 V, πόση θὰ εἶναι ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος. (Γεωπονικὴ Σχολὴ 'Αθηνῶν. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1956).
('Απ. α' t = 430 min. β' R = 8 Ω.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

12. Βολτάμετρον, περιέχον θειικὸν χαλκόν, καὶ ἀντίστασις R, συνδέονται ἐν σειρᾷ. Ἀκολούθως διαβιβάζεται ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως καὶ οὕτως αὐξάνει τὸ βάρος τῆς καθόδου κατὰ 0,791 gr* ἐντὸς 40 min. Ἂν ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R εἶναι 20 V, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις R. Τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ χαλκοῦ εἶναι 31,68.

(Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Φυσικομαθηματικὴ Σχολή. Τμῆμα Χημικόν, 1954).

(Ἀπ. R = 19,91 Ω.)

13. Ἑξήκοντα πέντε βολτάμετρα δι' ὕδατος συνδέονται ἐν σειρᾷ καὶ τὸ σύστημα τροφοδοτεῖται ὑπὸ συνεχοῦς πηγῆς 120 Volt. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 1 A καὶ παρέχεται ἐπὶ 10 ὥρας. α) Πόση ἡ μᾶζα τοῦ ἐκλυομένου ὑδρογόνου. β) Πόση ἡ μᾶζα τοῦ ἀποσυντιθεμένου ὕδατος. γ) Πόση ἡ ἀπαιτουμένη δαπάνη δι' ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ὅταν 1 κιλοβατώρα (1 kWh) παρέχεται πρὸς 0,75 δραχμάς. (Ἀτομικὸν βάρος ὑδρογόνου 1,008, F = 96 500 Cb/γραμμοϊσοδύναμον). (Ἀπ. α' 24,375 gr, β' 219,375 gr, γ' 0,90 δρχ.)

14. Εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα γεννητρίας ΗΕΔ 32 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 1 Ω τίθεται: 1) Ροοστάτης ἀντιστάσεως R' = 1 Ω. 2) Ἀντίστασις 2 Ω, ἥτις βυθίζομένη ἐντὸς θερμιδομέτρου, περιέχοντος 100 gr ὕδατος, ἀνυψώνει τὴν θερμοκρασίαν αὐτοῦ κατὰ 9 °C εἰς 3 min καὶ 30 sec. 3) Βολτάμετρον διὰ νιτρικοῦ ἀργύρου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου βυθίζονται δύο ἀδιάλυτα ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ ἠλεκτρόδια (ἡ ἀντίστασις τοῦ βολταμέτρου εἶναι 6 Ω). Ζητεῖται: α) ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος, β) ἡ ἐναποτιθεμένη μᾶζα ἀργύρου μετὰ 3 min καὶ 30 sec, γ) ἡ ἀντι-ΗΕΔ τοῦ βολταμέτρου, δ) ἐὰν ἀντικατασταθοῦν τὰ ἀδιάλυτα ἠλεκτρόδια δι' ἑτέρων ἐξ ἀργύρου, πόση θὰ εἶναι ἡ νέα ἔντασις ρεύματος. Ὑπενθυμίζομεν ὅτι, 1 Joule = 0,24 cal, 96 500 Cb ἐλευθερώνουν ἕνα γραμμοϊσοδύναμον τοῦ μετάλλου καὶ ὅτι τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ ἀργύρου εἶναι 108.

(Ἀπ. α' i = 3 A περίπου, β' m = 0,704 gr, γ' E' = 2 V, δ' i = 3,2 A.)

15. Μετάλλινος δίσκος διαμέτρου 12 cm καὶ πάχους 1,5 cm, πρόκειται νὰ ἐπιστρωθῇ διὰ στρώματος νικελίου πάχους 0,2 mm. Ἂν ληφθῇ ὡς πυκνότης ρεύματος 0,25 A κατὰ τετραγωνικὸν ὑποδεκάμετρον, ζητεῖται : α) Τὸ ποσὸν τοῦ νικελίου, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ἐλευθερωθῇ, β) ἡ χρονικὴ διάρκεια τοῦ φαινομένου, γ) ἡ καταναλισκομένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, δεδομένου ὅτι ἐργαζόμεθα ὑπὸ τάσιν 3,5 V. Ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον νικελίου α = 1,0944 gr/Ah. Πυκνότης νικελίου ρ = 7,8 gr/cm³. (Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν. Τμῆμα Χημικόν. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1952).

(Ἀπ. α' m = 49,433 gr, β' t = 66 520 sec, γ' A = 5921,5 Joule.)

16. Συστοιχία συσσωρευτῶν, ΗΕΔ 20 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως r = 0,1 Ω πρόκειται νὰ φορτισθῇ εἰς δίκτυον τῶν 110 V. Ποία ἀντίστασις R πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἐν σειρᾷ μὲ τὴν συστοιχίαν ὅπως περιορίσῃ τὸ ρεῦμα εἰς 15 A. (Ἀπ. R = 5,9 Ω.)

17. Συσσωρευτὴς ἔχει ΗΕΔ 12 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_{εσ}$ = 0,05 Ω. Ποία ἡ τάσις του : α) Ὅταν παρέχῃ ρεῦμα ἐντάσεως 12 A καὶ β) ὅταν φορτίζεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 6 A. (Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν, Ὀδοντιατρικὴ Σχολή. Εἰσαγωγικαὶ ἐξετάσεις 1958).

(Ἀπ. α' U = 11,4 V, β' U = 12,3 V.)

18. Δύο συσσωρευταί, ἕκαστος ΗΕΔ 12 V, χωρητικότητος 150 Ah καὶ ἀμελητέας ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως, συνδέονται ἐν σειρᾷ ἵνα φορτισθοῦν ὑπὸ γεννητρίας, τάσεως 110 V καὶ ἀμελητέας ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως. Ζητεῖται: α) Ἡ ἀντίστασις, ἡ ὁποία πρέπει νὰ παρεντεθῇ εἰς τὸ κύκλωμα ἵνα ἡ φόρτισις γίνῃ ὑπὸ τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην ἔντασιν, β) ὁ ἀριθμὸς τῶν λαμπτήρων πυρακτώσεως ἰσχύος 300 W καὶ τάσεως λειτουργίας 110 V, οἱ ὁποῖοι, συνδεόμενοι ἐν παραλλήλῳ, δύνανται νὰ ἀντικαταστήσουν τὴν ἀντίστασιν ταύτην. (Ἀπ. α' R = 5,73 Ω, β' 7 λαμπτῆρες.)

19. α) Συστοιχία ἀποτελεῖται ἀπὸ πέντε συσσωρευτὰς καὶ πρόκειται νὰ φορτισθῇ ἀπὸ πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος 210 V. Ὑποδείξατε εἰς Volt καὶ Watt τὸν πλέον κατάλληλον λαμπτῆρα διὰ νὰ τοποθετηθῇ εἰς τὸ κύκλωμα, ἂν ἕκαστον στοιχεῖον ἔχῃ ΗΕΔ 2 Volt, φορτισμένον, καὶ τὸ ρεῦμα φορτίσεως εἶναι 0,5 Amp. β) Πόσον χρόνον ἀπαιτεῖ ἡ προσφάτως φορτισθεῖσα συστοιχία διὰ νὰ ἀποθέσῃ 1 gr χαλκοῦ εἰς ἓν βολτάμετρον χαλκοῦ ἀντιστάσεως 20 Ω. Ἀντίστασις συστοιχίας καὶ χαλκοῦ ἀμελητέα. (Ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον ἀργύρου 0,001 118 gr/Cb. Χημικὸν ἰσοδύναμον ἀργύρου 108, χαλκοῦ 32,5). (Ἀπ. α' 200 V, 100 W, β' t = 5940 sec.)

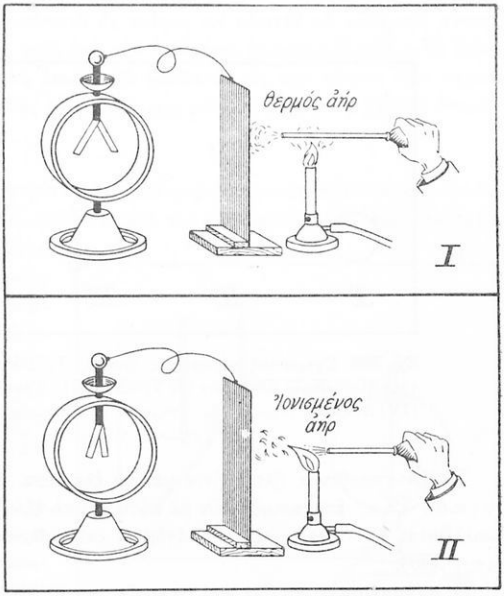
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

236. Ἰονισμὸς τῶν ἀερίων. Ὑπὸ τὰς συνήθεις καταστάσεις πιέσεως, θερμοκρασίας καὶ ὑγρασίας, ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ καὶ γενικῶς τὰ ἀέρια ἀποτελοῦνται ἐξ οὐδετέρων μορίων ἢ ἀτόμων καὶ ἑπομένως, λόγῳ ἐλλείψεως ἠλεκτρικῶν φορέων, δὲν εἶναι καλοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Πράγματι, ἐὰν προσφυσήσωμεν ρεῦμα θερμοῦ καὶ ξηροῦ ἀέρος ἐπὶ μεταλλικῆς πλακὸς μονωμένης καὶ συνδεδεμένης πρὸς ἠλεκτροσκόπιον (σχ. 389,Ι) δὲν παρατηροῦμεν αἰσθητὴν ἐκφόρτισιν αὐτοῦ. Ἐὰν ὅμως προσφυσήσωμεν ἐπὶ τῆς πλακὸς ρεῦμα θερμοῦ ἀέρος, προερχόμενον ἐξ ἀνημμένης φλογός, παρατηροῦμεν ἀμέσως ἐκφόρτισιν τοῦ ἠλεκτροσκοπίου (σχ. 389, ΙΙ). Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καταφαίνεται ἀμέσως ὅτι τὰ κατὰ τὴν καῦσιν παραγόμενα ἀέρια, ἅτινα εὑρίσκονται εἰς ὑψηλὰς θερμοκρασίας, εἶναι ἀγωγὰ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἤτοι ἔχουν σχηματισθῆ ἐντὸς αὐτῶν φορεῖς ἠλεκτρισμοῦ, δηλαδὴ φορτισμένα σωματίδια.



Σχ. 389. (Ι) Δι' ἠπίας θερμάνσεως τοῦ ἀέρος δὲν ἐπιτυγχάνομεν αἰσθητὸν ἰονισμὸν αὐτοῦ. (ΙΙ) Ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία τῆς φλογὸς ἰονίζει τὸν ἀέρα καὶ οὕτω πίπτουν τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου.

Οἱ φορεῖς, οἱ ὁποῖοι προκαλοῦν τὴν ἀγωγιμότητα τῶν ἀερίων δύνανται νὰ προέρχωνται εἴτε δι' ἐπιδράσεως ἐξωτερικῶν αἰτίων, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν μὴ αὐτοτελῆ ἀγωγιμότητα, ἢ νὰ δημιουργοῦνται ἀνεξαρτήτως ἐξωτερικῶν αἰτίων, ὁπότε οἱ φορεῖς παράγονται κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτοῦ τούτου τοῦ φαινομένου τῆς ἀγωγιμότητος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι ἔχομεν αὐτοτελῆ ἀγωγιμότητα.

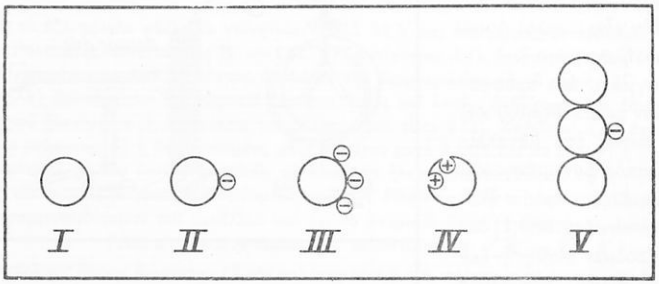
Οἱ ἠλεκτρικοὶ οὗτοι φορεῖς εἶναι ἀφ' ἑνὸς μὲν ἠλεκτρόνια, ἀφ' ἑτέρου δὲ μόρια ἢ ἄτομα τοῦ ἀερίου φέροντα θετικὸν κυρίως φορτίον (μερικὰ δὲ ἐξ αὐτῶν καὶ ἀρνητι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κόν) οὕτως, ὥστε εἴτε τὸ ἠλεκτροσκόπιον εἶναι θετικῶς ἠλεκτρισμένον εἴτε ἀρνητικῶς, ὑπάρχουν πάντοτε τὰ κατάλληλα (ἀντίθετα) φορτία, τὰ ὁποῖα ἀποτιθέμενα ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου τὸ ἐκφορτίζουν.

Τοιαῦτα φορτισμένα θετικῶς μόρια ἢ ἄτομα ἢ γενικῶς φορτισμένα σωματίδια δυνάμενα νὰ μετακινηθοῦν τῇ ἐπιδράσει ἠλεκτρικῶν δυνάμεων, προερχομένων ἀπὸ ἠλεκτρικόν τι πεδίον, ὀνομάζονται, ὡς γνωστόν, **ἰόντα.**

Κατὰ τὸν ἰονισμὸν ἐκδιώκονται ἓν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια ἐξ ἑνὸς ἀτόμου ἢ μορίου, ὁπότε τὸ μόριον ἢ ἄτομον, τὸ ὁποῖον ἦτο προηγουμένως ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἀπομένει ὡς θετικὸν ἰὸν μορίου (ἢ θετικὸν ἰὸν ἀτόμου).



Σχ. 390. Σχηματικὴ παράστασις ἰόντων. (Ι) Ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον ἄτομον. (ΙΙ) Μονοσθενὲς ἀρνητικὸν ἰὸν ἀτόμου. (ΙΙΙ) Τρισθενὲς ἀρνητικὸν ἰὸν ἀτόμου. (IV) Δισθενὲς θετικὸν ἰὸν ἀτόμου. (V) Μονοσθενὲς ἀρνητικὸν ἰὸν μορίου (ἢ χημικῆς ῥίζης, π.χ. NO_2-).

Τὰ ἀποσπασθέντα ἠλεκτρόνια μένουν ἐλεύθερα, ἕως ὅτου συναντήσουν ἓν θετικὸν ἰόν, ἐπανασυνδεθοῦν μὲ αὐτὸ καὶ τὸ ἐξουδετερώσουν. Σπανιώτερον προσκολλῶνται ἐπί τινος μορίου ἢ ἀτόμου καὶ καθιστοῦν αὐτὸ ἀρνητικὸν ἰόν (σχ. 390).

Ὁ σχηματισμὸς ἰόντων καὶ γενικῶς φορτισμένων καὶ κινουμένων σωματιδίων, προερχομένων ἀπὸ τὰ οὐδέτερα μόρια ἢ ἄτομα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὸ ἀέριον, καλεῖται **ἰονισμὸς** τοῦ ἀερίου **(**ἢ καὶ **ἰοντισμός).**

Ἐπειδὴ ὁ σχηματισμὸς ἀρνητικοῦ ἰόντος εἶναι (ἐκτὸς εἰδικῶν περιπτώσεων ἐξαρτωμένων καὶ ἀπὸ τὸ ἀέριον) μᾶλλον ἀπίθανος, δι' αὐτὸ ὁ ἰονισμὸς ἀερίου ὑπὸ μικρὰν πίεσιν ὀφείλεται κυρίως εἰς κινούμενα θετικὰ ἰόντα μεγάλης μάζης καὶ εἰς ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια. Γενικῶς, οὐδέποτε εἰς τὸν ἰονισμὸν ἐμφανίζονται ἑνὸς μόνον σημείου ἰόντα.

Ἐὰν τὰ ἰόντα τοῦ ἀερίου τῆς φλογὸς τοῦ προηγουμένου πειράματος ἀφαιρεθοῦν ἢ ἐξουδετερωθοῦν διὰ τῆς διηθήσεως τοῦ ρεύματος ἀέρος μέσῳ ἠθμοῦ τινος, τότε τὰ ἀέρια χάνουν τὴν ἀγωγιμότητά των καὶ τὸ ἠλεκτροσκόπιον δὲν ἐκφορτίζεται. Ὡς ἐκ τούτου συμπεραίνομεν ὅτι τὰ ἀέρια εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ μόνον ἡ εἰς αὐτὰ παρουσία ἰόντων καθιστᾷ αὐτὰ ἀγώγιμα.

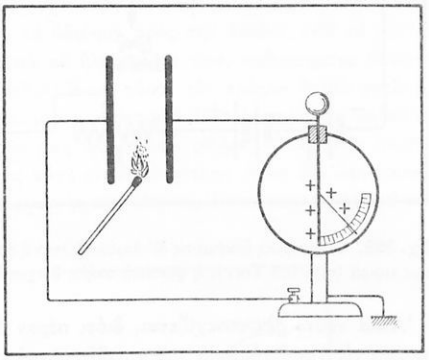
Διὰ νὰ συμβῇ ἰονισμὸς μορίου τινὸς ἢ ἀτόμου πρέπει ταῦτα νὰ προσλάβουν ποσόν τι ἐνεργείας ἵνα τὰ ἠλεκτρόνια, ὑπερνικῶντα τὴν ἕλξιν τοῦ πυρῆνος, δυνηθοῦν νὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀποσπασθοῦν ἐξ αὐτῶν. Τοιαύτη προσφορὰ ἐνεργείας εἰς ἄτομον ἢ μόριον δύναται νὰ ἐπιτευχθῇ : α) Διὰ κρούσεως τοῦ ἀτόμου ἢ μορίου πρὸς ταχέως κινούμενον ἰὸν ἢ ἠλεκτρόνιον ἢ ἀκόμη πρὸς ἄλλο ἄτομον ἢ μόριον, ὡς π.χ. λόγῳ τῆς τριβῆς κατὰ τὴν ἔξοδον ἀερίου ἀπὸ ράμφος ὑπὸ πίεσιν, ἢ κατὰ τὴν θερμικὴν κίνησιν ἀτόμων (μορίων) ποσότητος ἀερίου εὑρισκομένου εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ ἰονισμὸς καλεῖται **ἰονισμὸς κρούσεως.** β) Δι' ἀπορροφήσεως ὑπὸ τοῦ ἀτόμου ἢ μορίου ἐνεργείας ἐκ τῆς προσπιπτούσης ἐπ' αὐτοῦ ἀκτινοβολίας, ὡς κατὰ τὴν προσβολὴν τοῦ ἀερίου ὑπὸ φωτὸς καὶ εἰδικώτερον ὑπὸ ὑπεριώδους φωτός, ἀκτίνων Röntgen, ἀκτίνων γ, κλπ.

Ἐὰν ἀέριόν τι περιέχον φορεῖς τεθῇ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἠλεκτρικοῦ πεδίου θὰ διέλθῃ δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ ὀφείλεται εἰς τὴν κίνησιν τῶν περιεχομένων εἰς αὐτὸ φορέων. Γενικῶς δὲ ἡ διέλευσις ρεύματος διὰ τῶν ἀερίων ὀνομάζεται **ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις.**

237. Μὴ αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης. Ἐὰν φορτίσωμεν ἐπίπεδον πυκνωτὴν δι' ἀέρος, συνδεδεμένον πρὸς ἠλεκτροσκόπιον, καὶ εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὁπλισμῶν αὐτοῦ χῶρον πλησιάσωμεν φλόγα λύχνου Bunsen ἢ ἀνημμένον πυρεῖον (σχ. 391), παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἐλαττοῦται, διότι τὸ ἀνημμένον πυρεῖον ἀνυψώνει τὴν θερμοκρασίαν εἰς τὸν χῶρον τοῦ ἀέρος μεταξὺ τῶν δύο ὁπλισμῶν. Πολλὰ ἀπὸ τὰ μόρια τοῦ ἀέρος ἀποκτοῦν μεγάλας ταχύτητας, κινούμενα δὲ συγκρούονται πρὸς ἄλληλα καὶ τοιουτοτρόπως προκαλεῖται ἰονισμὸς μέρους τῶν μορίων (ἰονισμὸς κρούσεως). Τὰ οὕτω προκύπτοντα ἰόντα καὶ ἠλεκτρόνια, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, κινοῦνται καὶ προκαλοῦν τὴν ἐκκένωσιν τοῦ πυκνωτοῦ, δι' ἐξισώσεως τῶν φορτίων αὐτοῦ.



Σχ. 391. Πέριξ τοῦ πυρείου προκαλεῖται ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος, λόγῳ τῆς ἀναπτυσσομένης ὑψηλῆς θερμοκρασίας.

Τὸν ἰονισμὸν τοῦ ἀέρος ὡς καὶ ἄλλων ἀερίων δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν ἐπίσης μὲ τὴν βοήθειαν βολταϊκοῦ τόξου, δι' ὑπεριώδους φωτός, δι' ἀκτίνων Röntgen ἢ ἀκόμη καὶ διὰ ραδιενεργῶν παρασκευασμάτων, ὡς π.χ. ραδίου ἢ οὐρανίου.

Ὁ ὡς ἄνω προκαλούμενος ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος ἐξαφανίζεται εὐθὺς ὡς ἀπομακρυνθῇ ἡ ἰονίζουσα αἰτία.

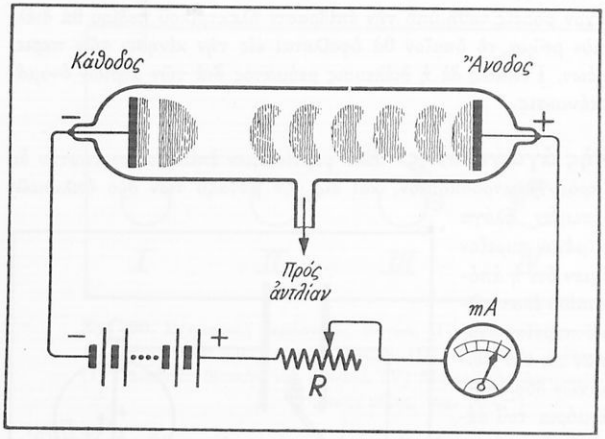
Τὸ οὕτω παραγόμενον ρεῦμα ἐντὸς τοῦ ἀερίου λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ μὴ αὐτοτελὲς ρεῦμα, ἡ δὲ ἀγωγιμότης καλεῖται μὴ αὐτοτελής. Χαρακτηριστικὸν τῆς μὴ αὐτοτελοῦς ἀγωγιμότητος εἶναι ὅτι τὰ σχηματισθέντα ἰόντα ὑπὸ τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου κινοῦνται βραδέως καὶ δὲν δύνανται νὰ παράγουν διὰ κρούσεως νέα δευτερογενῆ ἰόντα.

238. Αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης. Ἡ ἐκκένωσις δι' ἀερίου ἐπιτυγχάνεται πολὺ εὐκολώτερον, ὅταν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου, τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἐντὸς χώρου τινός, ἐλαττωθῇ πολὺ κάτωθεν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (σχ. 392).

Διὰ συνήθεις πιέσεις τοῦ ἀερίου χρειαζόμεθα ὑψηλὰς τάσεις διὰ νὰ ἐκραγῇ ὁ σπινθήρ. Π.χ. διὰ νὰ προκληθῇ σπινθὴρ μεταξὺ δύο μικρῶν σφαιρῶν εὑρισκομένων εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἐντὸς τοῦ ἀέρος ἀπαιτεῖται τάσις περίπου ἴση πρὸς 30 000 Volt. Τοὐναντίον ὑπὸ ἠλαττωμένην πίεσιν, π.χ. 10^{-3} Torr, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν σπινθῆρα μήκους πολλῶν ἑκατοστομέτρων, μόνον μὲ τάσιν 1000 Volt, ἐὰν δὲ ἡ πίεσις γίνῃ ἀκόμη μικροτέρα, τότε παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ἡ ἀπαιτουμένη τάσις ἐλαττοῦται.



Σχ. 392. Ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις δι' ἀερίου. Ὅταν ἡ ἀραίωσις εἶναι ἀρκούντως μικρὰ (π.χ. 0,3 Torr), ἡ φωτεινὴ στήλη διαχωρίζεται εἰς στρώματα.

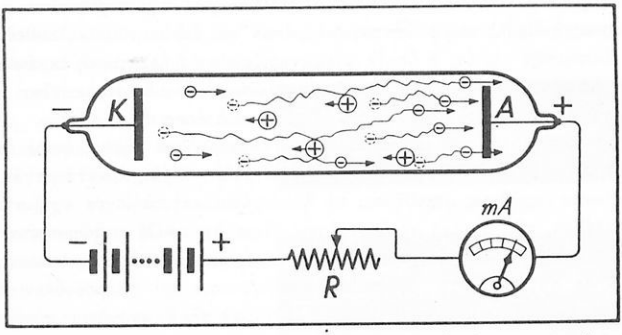
Ἀλλὰ τοῦτο δὲν συνεχίζεται, διότι πέραν ὁρίου τινὸς ἀρχίζει νὰ ἐμφανίζεται δυσκολία εἰς τὴν διαδρομὴν τοῦ σπινθῆρος καὶ ἑπομένως νὰ ἀπαιτῆται διὰ τὴν ἔκρηξιν καὶ συντήρησίν του ὑψηλοτέρα τάσις. Ὅταν ἡ πίεσις φθάσῃ κάτω τοῦ ἑνὸς ἑκατομμυριοστοῦ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς τοιαύτης, τότε εἶναι σχεδὸν ἀδύνατον νὰ ἔχωμεν ἠλεκτρικὴν ἐκκένωσιν εἰς τὸν ἠραιωμένον τοῦτον χῶρον τοῦ ἀερίου.

Διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν τὴν συμπεριφορὰν αὐτὴν θὰ δεχθῶμεν ὅτι ὑπάρχουν πάντοτε, λόγῳ διαφόρων αἰτίων, ἰόντα τινὰ καὶ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια εἰς κάθε ἀέριον. Μετὰ τὴν ἐφαρμογὴν ἐπαρκοῦς τάσεως εἰς τὰ ἠλεκτρόδια, τὰ ὀλίγα ταῦτα ἠλεκτρόνια ἀπωθούμενα ἰσχυρῶς ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον (κάθοδος) κινοῦνται πρὸς τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον (ἄνοδος).

Ὑπὸ ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ κατὰ τὴν διαδρομήν των συγκρούονται μὲ τόσα πολλὰ μόρια, ὥστε δὲν ἀποκτοῦν γενικῶς μεγάλας ταχύτητας, καθ' ὃν χρόνον ὁδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον.

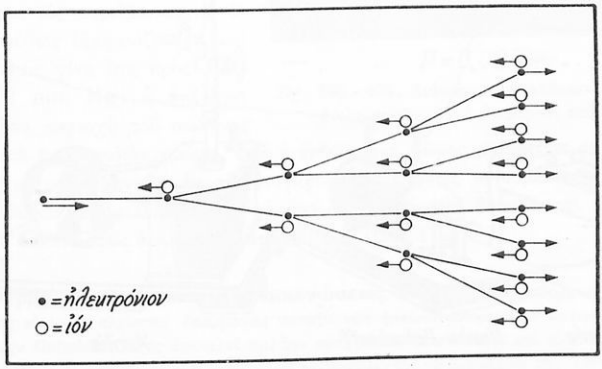
Εἰς τὸν ἠραιωμένον, ὅμως, χῶρον τὰ μόρια εἶναι ὀλιγώτερα καὶ τὰ ἠλεκτρόνια

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 393. Μηχανισμὸς ἰονισμοῦ κρούσεως. Τὰ ἠλεκτρόνια, ὡς ἔχοντα μικροτέραν μᾶζαν, κινοῦνται ταχύτερον ἀπὸ τὰ θετικὰ ἰόντα, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

διατρέχουν μεγαλυτέρας διαδρομάς, μεταξὺ διαδοχικῶν συγκρούσεων. Ὡς ἐκ τούτου ἀποκτοῦν ἀρκετὴν ταχύτητα, ὥστε κατὰ τὴν σύγκρουσιν νὰ προκαλέσουν ἐκτίναξιν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὰ μόρια ἢ τὰ ἄτομα (σχ. 393). Ἤδη ὅμως ἐλευθεροῦνται νέα ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα καὶ αὐτὰ ἀρχίζουν νὰ ὁδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον, ἐνῷ τὰ μόρια ἢ τὰ ἄτομα, τὰ ὁποῖα ἔχασαν μερικὰ ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόνιά των, καθιστάμενα θετικὰ ἰόντα, κινοῦνται βραδέως πρὸς τὴν κάθοδον. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον δημιουργεῖται μία ροὴ ἠλεκτρονίων πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ μία ροὴ θετικῶν ἰόντων πρὸς τὴν κάθοδον (σχ. 394), ἤτοι ἔχομεν ἐντὸς τοῦ χώρου μας ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἠλεκτρικὴν ἐκκένωσιν. Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ ἀγωγιμότης αὕτη εἶναι αὐτοτελής, διότι δὲν ὑφίσταται ἐξωτερικόν τι αἴτιον προκαλοῦν τὴν παραγωγὴν τῶν ἰόντων, ἅτινα παράγονται αὐτοτελῶς ἐντὸς τοῦ ἀερίου.



Σχ. 394. Τὸ ἀρχικὸν ἠλεκτρόνιον, συγκρουόμενον πρὸς οὐδέτερον μόριον, ἐκδιώκει ἐξ αὐτοῦ ἓν ἠλεκτρόνιον, ἕκαστον τῶν δύο ἠλεκτρονίων ἐκδιώκει ἐν συνεχείᾳ ἐξ ἑνὸς ἄλλου μορίου ἓν ἠλεκτρόνιον κ.ο.κ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

239. Μορφαὶ αὐτοτελῶν ἐκκενώσεων. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτοτελοῦς ἀγωγιμότητος ἡ δίοδος τοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀερίου παρακολουθεῖται, συνήθως, ὑπὸ ἐκπομπῆς φωτός, ἡ ὁποία χαρακτηρίζεται ὡς ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις.

Ἐκ τῶν διαφόρων μορφῶν αὐτοτελοῦς ἐκκενώσεως σπουδαιότεραι εἶναι ὁ σπινθήρ, ἡ ἐκκένωσις αἴγλης καὶ ἡ ἐκκένωσις τόξου.

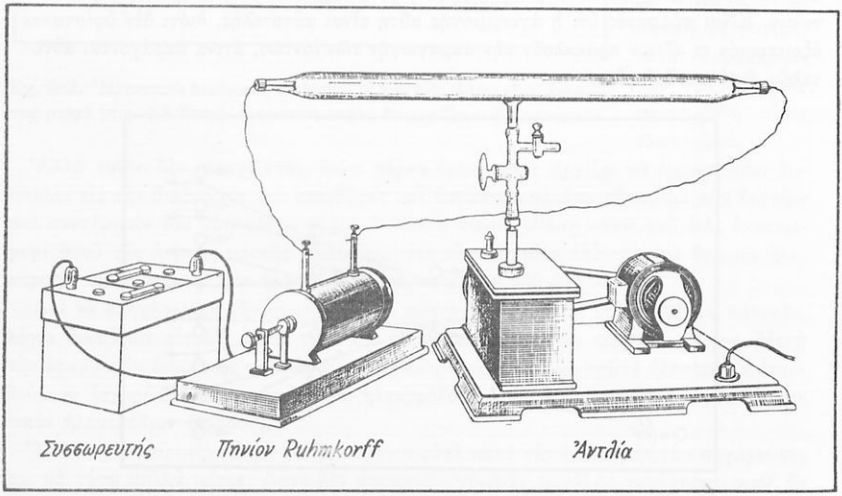
Σπινθὴρ ἐκσπᾷ εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων χῶρον, ἐντὸς ἀερίων συνήθους πιέσεως, ὅταν ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων λάβῃ ἀρκετὰ μεγάλην τιμήν. Εἰς περίπτωσιν ἐκρήξεως σπινθῆρος, τὰ ἠλεκτρόνια καὶ τὰ ἰόντα σχηματίζουν, κινούμενα, φλέβαν, τῆς ὁποίας αἱ διαστάσεις εἶναι σχετικῶς καθωρισμέναι.

Ἐὰν ἐλαττωθῇ ἡ πίεσις (π.χ. εἰς 10 Torr), ἡ φλέψ, ἐντὸς τῆς ὁποίας κινοῦνται τὰ ἠλεκτρόνια καὶ τὰ ἰόντα, ὑφίσταται διαπλάτυνσιν καὶ πληροῖ ὅλον τὸν χῶρον τοῦ σωλῆνος, ὁ ὁποῖος περιέχει τὸ ἀέριον. Ἡ μορφὴ τῆς ἐκκενώσεως αὐτῆς καλεῖται **ἐκκένωσις αἴγλης.**

Εἰς τὸν σπινθῆρα καὶ τὴν ἐκκένωσιν αἴγλης τὰ ἠλεκτρόδια εὑρίσκονται εἰς συνήθη θερμοκρασίαν.

Ἡ **ἐκκένωσις τόξου,** ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰς δύο προηγουμένας μορφὰς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως, χαρακτηρίζεται ἐκ τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας τῶν ἠλεκτροδίων καὶ τῆς μεγάλης, σχετικῶς, ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

240. Ἐκκένωσις αἴγλης. Ἐὰν εἰς ἐπιμήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 395), εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ἔχομεν τοποθετήσει διὰ συντήξεως δύο μεταλλικὰ ἠλεκτρόδια,



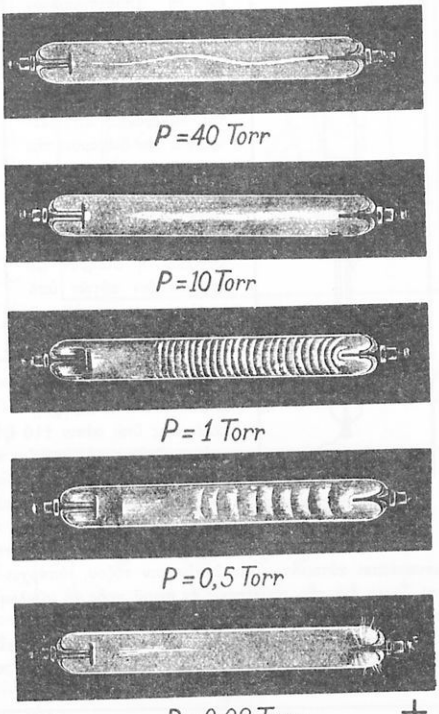
Σχ. 395. Πειραματικὴ σχολικὴ διάταξις παραγωγῆς ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων ἐντὸς σωλῆνος ἠραιωμένου ἀέρος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐφαρμόσωμεν ὑψηλὴν τάσιν, π.χ. ἐκ τοῦ δευτερεύοντος συνήθους ἐπαγωγικοῦ πηνίου Rumhkorff, βλέπομεν ὅτι, ἐφ' ὅσον ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος εἶναι περίπου ἴση πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ὁ σωλὴν παραμένει σκοτεινός.

Ἐὰν ἤδη, μὲ τὴν βοήθειαν ἀεραντλίας, ἀφαιρέσωμεν ἀέρα ἐκ τοῦ σωλῆνος, παράγεται ἠλεκτρικὴ ἐ κ κ έ ν ω σ ι ς α ἴ γ λ η ς ἐντὸς αὐτοῦ, δηλαδὴ παρατηρεῖται δίοδος ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐνῷ ταυτοχρόνως ἀναφαίνεται φωτοβολία.

Ἡ ἐκκένωσις αἴγλης, ἀναλόγως τῆς τάξεως μεγέθους τοῦ κενοῦ, διέρχεται διὰ διαφόρων φάσεων. Οὕτως, ὅταν ἡ ἀραίωσις τοῦ ἀέρος εἶναι μικρά, ἡ ἐκκένωσις ἔχει τὴν μορφὴν κυμαινομένων φωτεινῶν γραμμῶν, δηλαδὴ προσομοιαζουσῶν πρὸς τὸ σχῆμα κεραυνοῦ, καὶ ἐφ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ἀραίωσις εὐρύνονται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, τείνουσαι νὰ καταλάβουν ὅλον τὸν χῶρον τοῦ σωλῆνος, ὁ ὁποῖος δεικνύει τότε ὁμοιόμορφον φωτοβολίαν. Τέλος, ὅταν ἡ ἀραίωσις προχωρήσῃ σημαντικῶς, ἡ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος φωτεινὴ στήλη διαχωρίζεται εἰς στρώματα, τὰ ὁποῖα ἀκολούθως ἐξαφανίζονται, καὶ ὅταν ἡ πίεσις γίνῃ ἴση πρὸς 0,02 Torr (0,02 mm Hg) ἡ ἀπέναντι τῆς καθόδου περιοχὴ τοῦ σωλῆνος φθορίζει ὑπὸ πρασινωπὸν χρῶμα, ἐνῷ ὁ ἐνδιάμεσος χῶρος παραμένει σκοτεινός. Ὁ φθορισμὸς οὗτος παράγεται ἐκ τῆς συγκρούσεως ταχέως κινουμένων ἠλεκτρονίων μετὰ τῆς ὑάλου τοῦ σωλῆνος. Εἰς τὰ σχήματα 396–400 δεικνύονται αἱ διάφοροι φάσεις τῆς ἐκκενώσεως διὰ πιέσεις ἀπὸ 40 ἕως 0,02 Torr.



Σχ. 396 - 400. Διάφοροι μορφαὶ ἐκκενώσεως αἴγλης ἐντὸς σωλῆνος ὑπὸ διαφόρους πιέσεις.

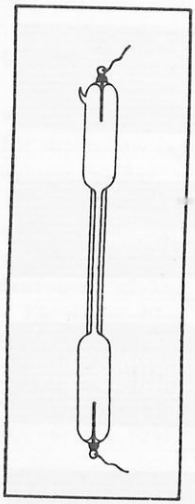
241. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως αἴγλης. Τὸ φαινόμενον τῆς ἐκκενώσεως αἴγλης εὑρίσκει πλείστας ἐφαρμογὰς μεταξὺ τῶν ὁποίων ἀναφέρομεν κατωτέρω μερικάς.

α) Σωλὴν Geissler. Οὗτος ἀποτελεῖ σωλῆνα αὐτοτελοῦς ἐκκενώσεως καὶ εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν σπουδὴν τῶν φασμάτων τῶν ἀερίων, ὡς ἐξεθέσαμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Ὀπτικῆς, εἰς τὸν δεύτερον τόμον τοῦ παρόντος βιβλίου.

Λίαν συνήθης μορφὴ τοῦ σωλῆνος Geissler εἶναι ἡ εἰκονιζομένη εἰς τὸ σχῆμα 401. Ἐὰν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ σωλῆνος συνδεθοῦν πρὸς πηγὴν ὑψηλῆς τάσεως, μερικῶν χιλιάδων βόλτ, π.χ. πρὸς

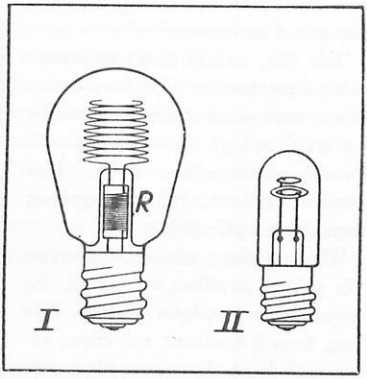
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πηνίον Ruhmkorff ἢ μετασχηματιστήν, τότε ὁ σωλὴν φωτοβολεῖ, λόγῳ τῆς διεγέρσεως τῶν ἐν τῷ σωλῆνι εὑρισκομένων ἀερίων ὑπὸ ἠλαττωμένην πίεσιν (περίπου 5 Torr), ἡ δὲ φωτοβολία παρουσιάζεται ἐντονωτέρα εἰς τὸ ἀποστενωμένον μέρος τοῦ σωλῆνος.



Σχ. 401. Σωλὴν Geissler.

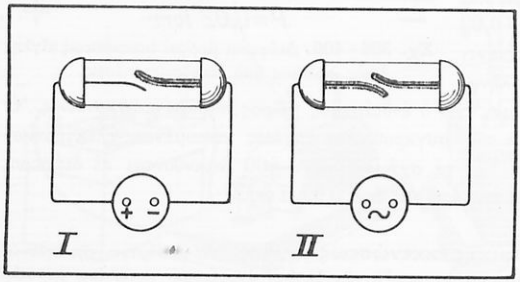
β) Λυχνίαι αἴγλης. Εἰς σωλῆνας εἰς τοὺς ὁποίους πραγματοποιεῖται ἐκκένωσις ἀπαιτεῖται διὰ τὴν διέγερσιν τῆς ἐκκενώσεως ἡ χρησιμοποίησις ὑψηλῆς τάσεως. Ἐὰν ὅμως χρησιμοποιήσωμεν ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἀργίλιον ἢ σίδηρον μὲ περικάλυψιν αὐτῶν ὑπὸ στρώματος μεταλλικοῦ βαρίου καὶ εἰς τὸν σωλῆνα θέσωμεν εὐγενὲς ἀέριον, π.χ. νέον, τότε εἶναι δυνατὸν νὰ παραχθῇ ἐκκένωσις ὑπὸ τάσιν 110 ἢ 220 Volt. Αἱ λυχνίαι αὗται καλοῦνται **λυχνίαι αἴγλης.** Αἱ λυχνίαι αἴγλης κατασκευάζονται συνήθως εἰς σχῆμα κοινῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ, τὰ ἠλεκτρόδια δὲ ἀποτελοῦνται ἀπὸ σύρματα εἰς σχῆμα σωληνοειδῶν, εὑρίσκονται δὲ πλησίον ἀλλήλων, ἀλλὰ χωρὶς νὰ ἐφάπτωνται (σχ. 402, I).



Σχ. 402. Λυχνίαι αἴγλης.

Εἰς τὰς λυχνίας τοῦ τύπου τούτου, ἐπειδὴ συχνὰ ἡ ἐκκένωσις αἴγλης μεταπίπτει αὐτομάτως εἰς ἐκκένωσιν τόξου, ὑπάρχει κίνδυνος νὰ καταστραφοῦν· προστατεύονται, ὅμως, διὰ τῆς συνδέσεως ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ κύκλωμα προστατευτικῆς ἀντιστάσεως R, περίπου 5000 Ω.

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὰς ἐν λόγῳ λυχνίας εἶναι περίπου 1 - 20 mA, ἡ δὲ κατανάλωσις ἀνέρχεται εἰς ὀλίγα Watt. Λόγῳ τῆς μικρᾶς αὐτῶν καταναλώσεως χρησιμοποιοῦνται αἱ λυχνίαι αὗται ὡς λυχνίαι ἐνδεικτικαὶ λειτουργίας συσκευῶν, ὡς π.χ. εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς κουζίνας, ὡς λυχνίαι ἀσφαλείας κλπ.

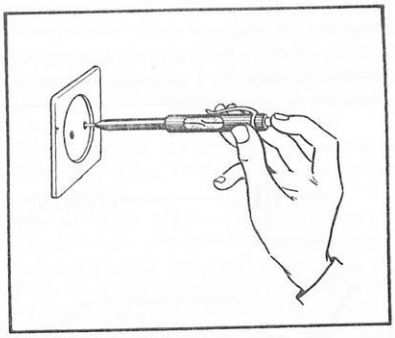


Σχ. 403. Ἀναγνώρισις τῶν πόλων ἠλεκτρικῆς πηγῆς διὰ λυχνίας αἴγλης.

γ) Δοκιμαστικὰ τάσεως. Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας λαμπτῆρος αἴγλης πρὸς τοὺς πόλους πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, π.χ. πρὸς συσσωρευτήν τινα, παρατηροῦμεν ὅτι φωτοβολεῖ τὸ ἐν ἠλεκτρόδιον τοῦ λαμπτῆρος, ἐὰν δὲ ἀλλάξωμεν τοὺς πόλους, τὸ ἄλλο. Ἐὰν ἀκολούθως συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ λαμπτῆρος πρὸς πηγὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος, π.χ. πρὸς ρευματοδότην οἰκιακῆς φωτιστικῆς ἐγκαταστάσεως, παρατηροῦμεν ὅτι φωτοβολοῦν ἀμφότερα τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ λαμπτῆρος (σχ. 403).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Λαμπτὴρ αἴγλης ἐντὸς θήκης εἰς σχῆμα στυλογράφου, χρησιμοποιεῖται ὡς «δοκιμαστικὸν» ὑπάρξεως τάσεως εἰς ἠλεκτρικὸν δίκτυον κ.ἄ. Οὕτω, τὸ ἓν ἠλεκτρόδιον τίθεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸν ὑπὸ ἔλεγχον ἀγωγόν, ἐνῷ τὸ ἕτερον, διὰ μέσου μιᾶς ἀντιστάσεως καὶ τοῦ σώματος τοῦ ἐλέγχοντος, συνδέεται πρὸς τὴν Γῆν (σχ. 404). Τὸ σχῆμα 402,II δεικνύει ἐπίσης λαμπτῆρα αἴγλης χρησιμοποιούμενον ὡς δοκιμαστικὸν τάσεως.



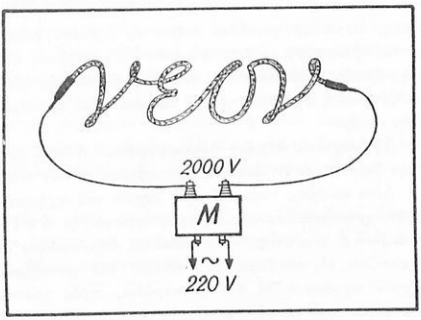
Σχ. 404. Δοκιμαστικὸν τάσεως.

Εἰς μονοφασικὰ δίκτυα ἐναλλασσομένου ρεύματος διὰ τοῦ δοκιμαστικοῦ τούτου ὀργάνου εὑρίσκομεν ποῖος ἐκ τῶν δύο ἀγωγῶν εἶναι ἡ «φάσις» καὶ ποῖος ὁ «οὐδέτερος».

Πράγματι συνδέοντες τὴν φάσιν, μέσω τοῦ δοκιμαστικοῦ, πρὸς τὸ σῶμα μας καὶ τὴν Γῆν (σχ. 404), θὰ ἔχωμεν τάσιν ἱκανὴν (ἄνω τῶν 90 V) διὰ τὴν δημιουργίαν αἴγλης. Ἀντιθέτως παρομοία σύνδεσις τοῦ οὐδετέρου ἀγωγοῦ πρὸς τὴν Γῆν δὲν θὰ δώσῃ βεβαίως αἴγλην.

δ) Σωλῆνες φωτεινῶν διαφημίσεων. Ἡ περίπτωσις τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διὰ μέσου ἀερίων, ἐφ' ὅσον τὸ κενὸν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι περίπου 10 Torr, εὑρίσκει σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὴν πραγματοποίησιν νεωτέρου τύπου λυχνιῶν φωτεινῶν διαφημίσεων.

Φαντασθῶμεν ὅτι εἰς ὑάλινον σωλῆνα ἔχομεν προσαρμόσει διὰ συντήξεως δύο μεταλλικὰ ἠλεκτρόδια (σχ. 405), καὶ ὅτι ἐντὸς αὐτοῦ ἔχομεν δημιουργήσει κενὸν περίπου 10 Torr. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχῃ ἀήρ, τότε μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων ἀναπτύσσεται κατὰ τὴν ἐκκένωσιν ἰόχρους φωτεινὴ ταινία, ἐὰν δὲ ἀντὶ ἀέρος ὑπάρχῃ ἄλλο ἀέριον, π.χ. νέον, ὁ σωλὴν φωτοβολεῖ ὑπὸ χρῶμα βαθὺ πορτοκαλόχρουν, ἢ ἐὰν ὑπάρχῃ ἥλιον, τὸ χρῶμα εἶναι κιτρινέρυθρον. Ἐν γένει δὲ τὸ χρῶμα τοῦ φωτὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ περιεχομένου εἰς τὸν σωλῆνα ἀερίου.



Σχ. 405. Συνδεσμολογία σωλῆνος φωτεινῶν διαφημίσεων. Μ μετασχηματιστὴς ἀνυψώσεως τάσεως.

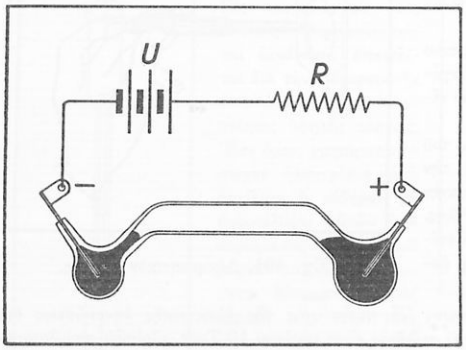
242. Ἐκκένωσις τόξου. Ἡ ἐκκένωσις αἴγλης ἐμφανίζεται, ὡς εἴδομεν, εἰς ἀέρια ὑπὸ ἠλαττωμένην πίεσιν, χαρακτηρίζεται δὲ ἐκ τοῦ ὅτι τὰ δύο ἠλεκτρόδια εὑρίσκονται εἰς συνήθη θερμοκρασίαν, ὡς ἐπίσης ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ διὰ τοῦ ἀερίου διερχομένου ρεύματος εἶναι μικρά, ἡ δὲ διὰ τὴν λειτουργίαν ἀπαιτουμένη τάσις εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη.

Ἀντιθέτως εἰς τὴν ἐκκένωσιν τόξου ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἠλεκτρονίων ὀφείλεται κυρίως εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν τῶν ἠλεκτροδίων καὶ κυρίως τῆς καθόδου, ὡς ἐπίσης ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι σχετικῶς μεγάλη, ἡ δὲ ἀπαιτουμένη τάσις μικρά.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

243. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως τόξου. **α) Τόξον ἄνθρακος (βολταϊκὸν τόξον) καὶ ἠλεκτρικὸς σπινθήρ.** Εἰς τὰ φαινόμενα τῶν ἐκκενώσεων δύνανται νὰ καταταχθοῦν τὸ βολταϊκὸν τόξον καὶ ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθήρ, διότι καὶ τὰ φαινόμενα αὐτὰ στηρίζονται ἐπὶ τοῦ ἰονισμοῦ.

Τὸ βολταϊκὸν τόξον, ὡς γνωρίζομεν ἤδη (βλ. σελ. 183), γεννᾶται μεταξὺ δύο ἠλεκτροδίων ἐξ ἄνθρακος ἢ μετάλλων ἐχόντων τὴν μορφὴν ῥάβδων, ὅταν μεταξὺ αὐτῶν ὑφίσταται τάσις περίπου 50 Volt. Ἐν ἀρχῇ φέρομεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια εἰς ἐπαφήν, ὅτε θερμαίνονται αἱ ἐν ἐπαφῇ περιοχαὶ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ οὕτω πυρακτοῦνται.



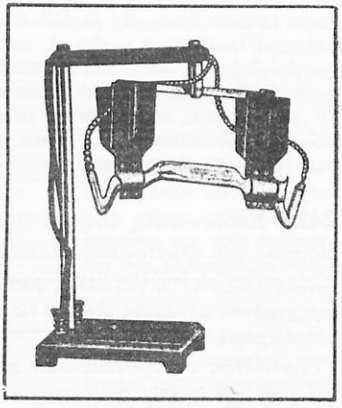
Σχ. 406. Λυχνία ἀτμῶν ὑδραργύρου ἐν τομῇ.

Ἐν διαπύρῳ καταστάσει ἐκπέμπει τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον (κάθοδος) ἠλεκτρόνια. Ἐὰν ἤδη ἀπομακρύνωμεν τὰ ἠλεκτρόδια κατὰ ὀλίγα χιλιοστὰ τοῦ μέτρου, τότε τὰ ἠλεκτρόνια ἰονίζουν τὰ μόρια τοῦ ἀέρος. Ὁ ἀριθμὸς τῶν οὕτω παραγομένων ἰόντων αὐξάνεται ἀποτόμως, διότι τὸ ἀέριον μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων θερμαίνεται ἐντόνως. Συνεπείᾳ τούτου ἡ ἀγωγιμότης τοῦ ἀέρος καθίσταται τόσον μεγάλη ὡς καὶ εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς, οὕτω δὲ γεννᾶται τόξον ἐξ ἰσχυροῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ γεννᾶται ἐπίσης, λόγῳ ἠλεκτρονίων ἐκπεμπομένων ἀπὸ τὴν ὁρικὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου, ὡς ἐκ τῆς ἀθρόας δὲ αὐξήσεως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἠλεκτρονίων αὐξάνεται ἡ ἀγωγιμότης τοῦ διακένου τῶν ἠλεκτροδίων, μέχρις ὅτου αὕτη ἀποκτήσῃ λίαν μεγάλην τιμήν.

β) Λυχνίαι ἀτμῶν ὑδραργύρου. Αὗται χρησιμεύουν δι' ἐργαστηριακὰς ἀνάγκας καὶ εἰς τὴν θεραπευτικήν, διότι ἡ ἀκτινοβολία αὐτῶν εἶναι πλουσία εἰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας.

Λίαν συνήθης τύπος εἶναι ἡ λυχνία τοῦ σχήματος 406, χρησιμεύουσα κυρίως πρὸς παραγωγὴν ὑπεριώδους φωτός. Ἀποτελεῖται ἀπὸ σωλῆνα ἐκ χαλαζίου, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου διὰ συντήξεως ἔχουν προσαρμοσθῇ δύο ἠλεκτρόδια, πρὸς τούτοις δὲ φέρει καὶ μικρὸν ὑποδοχεῖα πλήρη ὑδραργύρου (σχ. 407). Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια πρὸς ἠλεκτρικὴν πηγὴν καὶ κλίνωμεν καταλλήλως τὸν σωλῆνα, τὸ μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων διάστημα γεφυροῦται ὑπὸ λεπτῆς φλεβὸς ὑδραργύρου καὶ οὕτω τὸ κύκλωμα κλείεται. Ἐὰν δὲ ἐκ νέου ἐπαναφέρωμεν τὸν σωλῆνα εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν, ἡ φλὲψ τοῦ ὑδραργύρου διακόπτεται, ὁπότε εἰς τὰ ἄκρα τῆς διακοπῆς ἀναπτύσσεται ἠλεκτρικὸν τόξον.



Σχ. 407. Ἐξωτερικὴ ὄψις λυχνίας ἀτμῶν ὑδραργύρου, ἐργαστηριακοῦ τύπου.

γ) Λαμπτῆρες φθορισμοῦ. Τελευταίως, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὸν φωτισμὸν μεγάλων αἰθουσῶν, καταστημάτων, ἐργαστηρίων, προθηκῶν κλπ. οἱ **λαμπτῆρες φθορισμοῦ,** τῶν ὁποίων ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας εἶναι ἡ ἀκόλουθος.

Ὁ λαμπτὴρ πραγματοποιεῖται ὑπὸ ὑαλίνου ἐπι-

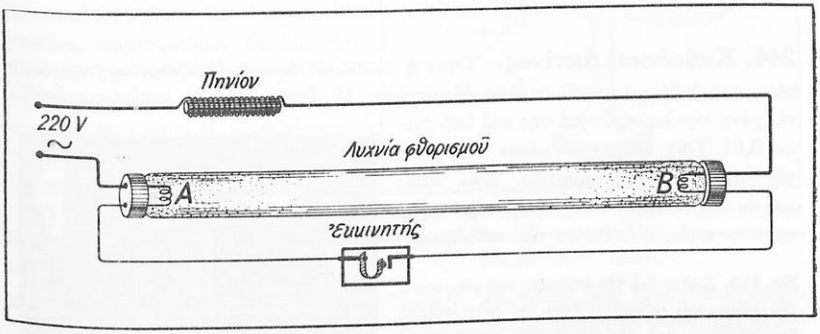
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μήκους σωλῆνος 40 ἕως 150 cm, κλειομένου κατὰ τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἀεροστεγῶς. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος προσαρμόζονται κατάλληλα ἠλεκτρόδια, διὰ τῶν ὁποίων συνδέεται ὁ σωλὴν πρὸς τὴν πηγήν. Ὁ σωλὴν εἶναι πλήρης ἀπὸ εὐγενὲς ἀέριον καὶ ἐντὸς αὐτοῦ προστίθεται ἐπίσης σταγὼν ὑδραργύρου, πρὸς ἀνάπτυξιν ἀτμῶν ὑδραργύρου, ἐνῷ ἐσωτερικῶς ὁ σωλὴν ἐπιχρίεται ὑπὸ στρώματος ἐκ φθοριζούσης οὐσίας. Ἐὰν ὁ σωλὴν συνδεθῇ καταλλήλως πρὸς τὴν πηγὴν τάσεως, π.χ. 220 V, τότε, λόγῳ ἐκκενώσεως, ὁ ἐν αὐτῷ ὑπάρχων ἀτμὸς ὑδραργύρου ἐκπέμπει ἔντονον ὑπεριῶδες φῶς, τὸ ὁποῖον ἀπορροφᾶται ὑπὸ τοῦ φθορίζοντος στρώματος τοῦ ὑπάρχοντος εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ σωλῆνος καὶ ἐπανεκπέμπεται ἀκολούθως ὑπ' αὐτοῦ ὡς ὁρατὸν λευκὸν φῶς.

Οἱ λαμπτῆρες οὗτοι ἔχουν μεγάλην ἀπόδοσιν, διότι ἡ ποσότης τοῦ ὁρατοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν ἀνὰ μονάδα καταναλισκομένης ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, εἶναι μεγαλύτερον ἢ εἰς τοὺς ἄλλου τύπου συνήθεις λαμπτῆρας φωτισμοῦ.

Μηχανισμὸς τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτῆρος. Τὸ σχῆμα 408 δεικνύει τὸν τρόπον τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτῆρος φθορισμοῦ, τροφοδοτουμένου ὑπὸ δικτύου ἐναλλασσομένου ρεύματος 220 V. Ὅταν κλείεται ὁ διακόπτης τῆς λυχνίας, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, εἰς τὰ ἄκρα τῆς διατάξεως τοῦ ἐκκινητοῦ (starter) τοῦ λαμπτῆρος, εἶναι ἱκανὴ νὰ προκαλέσῃ ἐκκένωσιν μεταξὺ τοῦ διμεταλλικοῦ ἠλεκτροδίου σχήματος U καὶ τοῦ ἄλλου εὐθέος ἠλεκτροδίου τοῦ ἐκκινητοῦ, τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται ἐντὸς σωληνίσκου, ὅπου ὑπάρχει ἀέριον ὑπὸ ἠλαττωμένην πίεσιν. Λόγῳ ὅμως τῆς ἐκλυομένης θερμότητος εἰς τὸν ἐκκινητήν, τὸ διμεταλλικὸν ἠλεκτρόδιον παραμορφοῦται καὶ οὕτως ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ἕτερον ἠλεκτρόδιον τοῦ ἐκκινητοῦ, βραχυκυκλουμένου οὕτω τοῦ διακένου. Ὅταν ὅμως συμβῇ τοῦτο, παύει ἡ ἐκκένωσις εἰς τὸν ἐκκινητὴν καὶ ταυτοχρόνως κλείεται τὸ κύκλωμα τῆς κυρίας λυχνίας, οὕτω δὲ ἰσχυρὸν ρεῦμα διέρχεται διὰ τῶν δύο σπειροειδῶν ἠλεκτροδίων Α καὶ Β τοῦ σωλῆνος, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν ταυτοχρόνως καὶ ὡς θερμαντῆρες. Ἐκ τῆς θερμότητος τῆς ἐκλυομένης ὑπὸ τῶν δύο σπειροειδῶν ἠλεκτροδίων τοῦ λαμπτῆρος διευκολύνεται ἡ ἐξαέρωσις καὶ ὁ ἰονισμὸς (βλ. § 236) τοῦ ἐν αὐτῷ ὑδραργύρου, ἐμπλουτιζομένου οὕτω τοῦ μίγματος μὲ ἀτμοὺς ὑδραργύρου. Ἐν συνεχείᾳ, τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ ἐκκινητοῦ, παραμορφούμενα, προκαλοῦν διακοπὴν τοῦ κυκλώματος. Λόγῳ ὅμως τῆς διακοπῆς τοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται ἐκ τῆς αὐτεπαγωγῆς (ἥτις ἐνεργεῖ ὡς πρόσθετος ἀντίστασις) τοῦ ἐν σειρᾷ τιθεμένου πηνίου (κακῶς ἀναφερομένου πολλάκις ὡς μετασχηματιστοῦ) στιγμιαία ὑπέρτασις, ἡ ὁποία διεγείρει τὴν ἐκκένωσιν διὰ μέσου τοῦ σωλῆνος, ἥτις καὶ συντηρεῖται σταθερῶς. Ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐκκινητοῦ εἶναι τώρα μικρά, καὶ συνεπῶς διὰ τοῦ ἐκκινητοῦ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτῆρος δὲν κυκλοφορεῖ ρεῦμα.

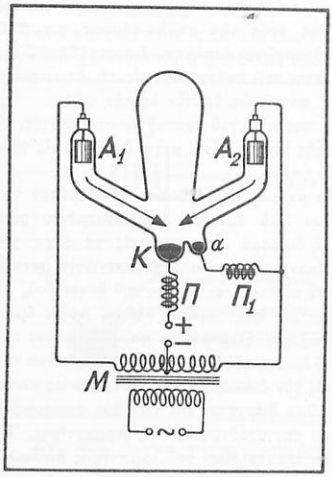
Ἡ διάρκεια τῆς ζωῆς ἑνὸς τοιούτου λαμπτῆρος εἶναι περίπου 2500 ἕως 4000 ὧραι, ἐναντι 1000 περίπου ὡρῶν τῶν συνήθων ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ, ἐξαρτᾶται δὲ ἡ διάρκεια ζωῆς ἀπὸ τὴν συχνότητα ἀφῆς τοῦ λαμπτῆρος, λόγῳ καταστροφῆς τοῦ ἐκκινητοῦ.



Σχ. 408. Λαμπτὴρ φθορισμοῦ, εἰς δίκτυον ἐναλλασσομένου ρεύματος 220 V.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δ) Ἀνορθωτὴς δι' ὑδραργύρου. Γενικῶς διὰ νὰ παραχθῇ ἠλεκτρικὸν τόξον πρέπει ἡ καθοδος νὰ εἶναι πολὺ θερμή. Τοῦ φαινομένου τούτου γίνεται χρῆσις εἰς τὸν καλούμενον **ἀνορθωτὴν δι' ὑδραργύρου.** Οὗτος ἀποτελεῖται ἐξ ἀεροκενου σωλῆνος ἐξ ὑάλου, ἰδιάζοντος σχήματος, ὁ ὁποῖος φέρει τέσσαρα ἠλεκτρόδια, προκειμένου νὰ γίνῃ ἀνόρθωσις μονοφασικοῦ ρεύματος (σχ. 409).



Σχ. 409. Συνδεσμολογία ἀνορθωτοῦ ὑδραργύρου, πρὸς πλήρη ἀνόρθωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

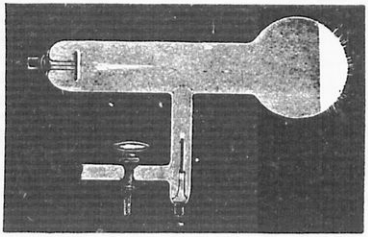
Εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ δοχείου ὑπάρχει ποσότης ὑδραργύρου, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον Κ, ἐνῷ εἰς τὰ δύο ἄνω πλευρικὰ σκέλη τοποθετοῦνται αἱ ἄνοδοι A_1 καὶ A_2, ἀποτελούμεναι ἀπὸ γραφίτην ἢ σίδηρον. Τὸ τόξον, προκαλοῦν ἐξάτμισιν τοῦ ὑδραργύρου, παράγεται ἀρχικῶς μεταξὺ καθόδου Κ καὶ τοῦ βοηθητικοῦ ἠλεκτροδίου α (βοηθητικὴ ἄνοδος) δι' ἐλαφρᾶς κλίσεως τοῦ ἀνορθωτοῦ, εἰς τρόπον ὥστε ὁ ὑδράργυρος τῆς καθόδου νὰ ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν βοηθητικὴν ἄνοδον (α) καὶ ἐπαναφορᾶς ἀκολούθως αὐτοῦ εἰς τὴν προτέραν του θέσιν (παράβαλε λυχνίαν ἀτμῶν ὑδραργύρου). Οὕτω, τὸ τόξον ὁδεύει ἐναλλὰξ πρὸς τὰ ἠλεκτρόδια A_1 καὶ A_2 εἰς τὰς στιγμὰς κατὰ τὰς ὁποίας ἑκάστοτε ἕκαστον τούτων ἔχει θετικὴν τάσιν ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἠλεκτρόδιον Κ. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου δημιουργεῖται ἓν ἰσχυρῶς φωτοβολοῦν σημεῖον (καθοδικὴ κηλίς), τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἄφθονα ἠλεκτρόνια καὶ ἀποτελεῖ τὴν κυρίως κάθοδον.

Τὸ στραγγαλιστικὸν πηνίον Π (πηνίον δηλαδὴ τὸ ὁποῖον ἔχει πολὺ μεγάλην αὐτεπαγωγὴν καὶ ἐπομένως εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα παρουσιάζει πολὺ μεγάλην ἀντίστασιν Lω) χρησιμεύει, λόγῳ τοῦ προκαλουμένου ἐπιρρεύματος διακοπῆς, εἰς τὸ νὰ ἐξουδετερώνῃ τὰς μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος παρατηρουμένας διακοπὰς αὐτοῦ, οὕτω δὲ ἀποφεύγεται ἡ ἀπόψυξις τῆς ἐπὶ τῆς καθόδου κηλῖδος τοῦ τόξου καὶ ἐπομένως ἡ διακοπὴ τούτου. Τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου ἔχει μορφὴν τοιαύτην, ὥστε νὰ διευκολύνῃ τὴν ψῦξιν τῶν ἀτμῶν τοῦ ὑδραργύρου.

Εἰς μεγάλας ἐγκαταστάσεις ὁ ὑάλινος σωλὴν ἀντικαθίσταται ὑπὸ σιδηροῦ ἢ ἐκ πορσελάνης, σήμερον δὲ κατασκευάζονται ὑδραργυρικοὶ ἀνορθωταὶ διὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσχύος 1200 kW.

244. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.

Ὅταν ἡ πίεσις εἰς σωλῆνα ἐκκενώσεως γίνῃ μικροτέρα τοῦ ἑνὸς χιλιοστοῦ στήλης ὑδραργύρου (1 Torr), τότε ἡ ἐκκένωσις ἀρχίζει νὰ χάνῃ τὴν λαμπρότητά της καὶ ὑπὸ πίεσιν 0,01 Torr ἐλάχιστον μόνον ποσοστὸν τῆς ἀρχικῆς αὐγλης ἀπομένει. Ἐνῷ ὅμως καὶ ἐν τῷ συνόλῳ του ὁ σωλὴν ἐμφανίζεται σκοτεινός, ἡ ἀπέναντι τῆς καθόδου πε-



Σχ. 410. Σωλὴν διὰ τὴν ἐπίδειξιν τοῦ φθορισμοῦ τῆς ὑάλου, τοῦ προκαλουμένου ὑπὸ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων. Διὰ τῆς στρόφιγγος ἀφαιρεῖται ὁ ἀήρ. Ἀριστερά : κάθοδος. Κάτω : ἄνοδος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ριοχὴ τοῦ σωλῆνος ἐκπέμπει ζωηρὸν φῶς ἐκ φθορισμοῦ καὶ μάλιστα ἀνεξαρτήτως τῆς θέσεως, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ ἄνοδος, παρουσιάζεται δὲ καὶ μία ζωηροτέρα ἀπόχρωσις αἴγλης παρὰ τὴν κάθοδον (σχ. 410).

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν παρουσιάζονται εἰς τὸν σωλῆνα πολλὰ φαινόμενα, ὅπως π.χ. σκιαὶ μεταλλικῶν ἀντικειμένων τιθεμένων πρὸ τῆς καθόδου, θέρμανσις λεπτῶν φύλλων τεθέντων ἐπίσης πρὸ τῆς καθόδου, ἀπόκλισις τῆς φωτεινῆς αἴγλης τῇ ἐπιδράσει μαγνήτου κλπ.

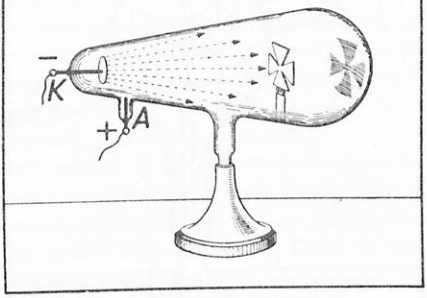
Τὰ φαινόμενα ταῦτα μᾶς ὁδηγοῦν σαφῶς εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι, σμῆνος φορτισμένων σωματιδίων ἀπομακρύνεται ταχύτατα ἀπὸ τῆς περιοχῆς τῆς καθόδου, διαδιδόμενον εὐθυγράμμως (πείραμα σκιᾶς) καὶ μὲ μεγάλην ταχύτητα (βομβαρδισμὸς καὶ θέρμανσις τοῦ λεπτοῦ φύλλου).

Τὸ ὅτι τὰ σωματίδια ταῦτα φέρουν ἠλεκτρικὸν φορτίον ἀποδεικνύεται ἐκ τῆς ἀποκλίσεως, τὴν ὁποίαν προκαλοῦμεν εἰς τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεώς των, ὅταν πλησιάσωμεν εἰς τὸν σωλῆνα μαγνήτην τινά. Τὰ κινούμενα αὐτὰ σωματίδια, τὰ ὁποῖα προφανῶς εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα, ὡς ἀπωθούμενα ἐκ τῆς καθόδου, ἀπεδείχθησαν ὡς φέροντα φορτίον ἴσον πρὸς τὸ στοιχειῶδες φορτίον τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸ ὁποῖον ἐγένετο γνωστὸν ἐκ τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐπειδὴ αἱ τροχιαὶ κινουμένων σωματιδίων παρουσιάζουν ὁμοιότητα μὲ πορείας ἀκτίνων, διὰ τοῦτο, τὰ ἐν λόγῳ ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένα καὶ κινούμενα σωματίδια ὠνομάσθησαν ἀρχικῶς **καθοδικαὶ ἀκτῖνες.**

Ἰδιότητες τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων. Ἐκ τῆς συστηματικῆς μελέτης τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἀπεκαλύφθη ὅτι αὗται παρουσιάζουν τὰς ἀκολούθους ἰδιότητας:

1) Ὁδεύουν εὐθυγράμμως καὶ ἔχουν φορὰν ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἄνοδον. Ἐὰν εἰς τὸν σωλῆνα ἐκκενώσεως (σχ. 411) ἔχωμεν τοποθετήσει μικρὸν σταυρὸν ἐκ μεταλλικοῦ ἐλάσματος, π.χ. ἐξ ἀργιλίου, καὶ ἀκολούθως διεγείρωμεν τὸν σωλῆνα, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἀπέναντι τῆς καθόδου περιοχὴν παρατηρεῖται σκιὰ τοῦ μεταλλικοῦ σταυροῦ, ἐκ τούτου δὲ καταδεικνύεται ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.



Σχ. 411. Ἡ ἀπεικόνισις τοῦ σταυροῦ εἰς τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος ἀποδεικνύει τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.

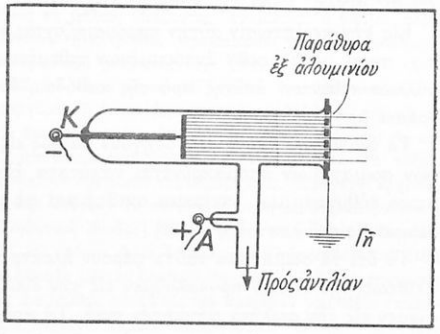
2) Διεγείρουν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων. Τοῦτο δεικνύεται ἐκ τοῦ φθορισμοῦ τῶν τοιχωμάτων τῆς ὑάλου τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσεως. Ἐξ ἄλλου, ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν σωλῆνα ἐκκενώσεως, ὡς ὁ τοῦ σχήματος 411, εἰς τὸν ὁποῖον ἔχομεν φροντίσει νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸν σταυρὸν διὰ καταλλήλου ὑποδοχέως ἐπὶ τοῦ ὁποίου νὰ ἔχωμεν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοποθετήσει φθοριζούσας οὐσίας, π.χ. θειοῦχον ψευδάργυρον ἢ ἀσβεστίτην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ οὐσίαι αὗται, προσβαλλόμεναι ὑπὸ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων φωτοβολοῦν.

3) Προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα.

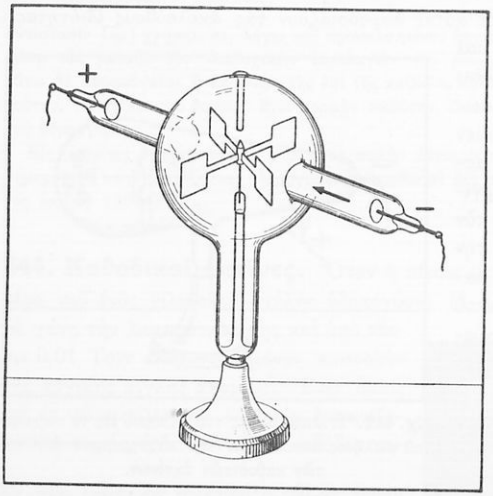
4) Διαπεροῦν λεπτότατα φύλλα μετάλλων (πάχους 0,003 ἕως 0,02 mm). Οὕτως, ἐὰν ἡ ἀπέναντι τῆς καθόδου περιοχὴ τοῦ σωλῆνος (σχ. 412) ἀποτελῆται ἐκ μεταλλικοῦ τοιχώματος, φέροντος ὀπὰς φρασσομένας διὰ λεπτοτάτου φύλλου ἐξ ἀργιλίου (λεπτοτέρου ἐκείνου τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται εἰς τὰ κυτία τῶν σιγαρέττων), ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐξέρχονται καὶ ἔξω τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσεως (ἀκτῖνες Lenard, Λέναρντ). Αἱ ἀκτῖνες Lenard, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται ἔξω τοῦ σωλῆνος, ἀνιχνεύονται μὲ τὴν βοήθειαν φθορίζοντος διαφράγματος.



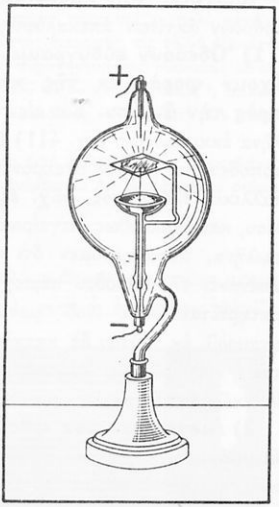
Σχ. 412. Σωλὴν Lenard.

5) Παράγουν μηχανικὰ φαινόμενα. Οὕτως, ἐλαφρὸς μύλος τεθειμένος ἐντὸς καθοδικοῦ σωλῆνος (σχ. 413) τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

6) Προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων. Οὕτως αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες, ἀνακο-



Σχ. 413. Ὁ μύλος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν ἕνεκα τῆς προσκρούσεως καθοδικῶν σωματιδίων ἐπὶ τῶν πτερυγίων αὐτοῦ.



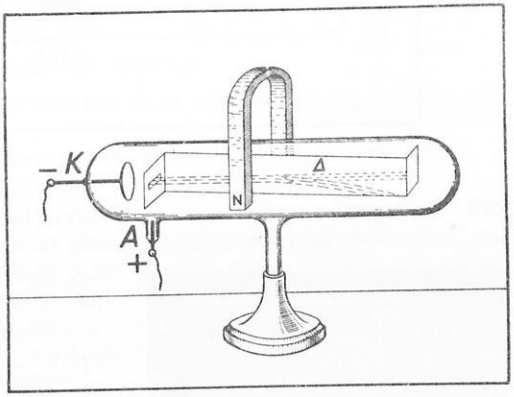
Σχ. 414. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν θερμικῶν ἰδιοτήτων τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πτόμεναι ὑπὸ στερεῶν σωμάτων, π.χ. ἐλάσματος ἐκ λευκοχρύσου ἢ χαλκοῦ, προκαλοῦν θέρμανσιν αὐτῶν.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐκδηλοῦται σαφῶς ἐὰν εἰς τὴν κάθοδον τοῦ σωλῆνος (σχ. 414) δώσωμεν τὴν μορφὴν κοίλου κατόπτρου καὶ εἰς τὴν ἑστίαν αὐτοῦ τοποθετήσωμεν λεπτὸν ἔλασμα ἐκ λευκοχρύσου, ὁπότε τοῦτο πυρακτοῦται ἐντόνως μέχρι φωτοβολίας.

7) Ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Οὕτως, ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἐπιμήκους σωλῆνος ἐκκενώσεως τοποθετήσωμεν φθορίζον διάφραγμα Δ (σχ. 415) καὶ διεγείρωμεν τὸν σωλῆνα, τότε ἡ δέσμη τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἀποτυπώνει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος φωτεινὴν εὐθεῖαν γραμμήν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸ ἴχνος τῆς δέσμης. Ἐὰν ἤδη ἄνωθεν τοῦ σωλῆνος τοποθετήσωμεν μαγνήτην, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 415, αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται, ὡς τοῦτο ἐξάγεται ἐκ τῆς μεταβολῆς τῆς θέσεως τοῦ ἴχνους αὐτῶν ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος.



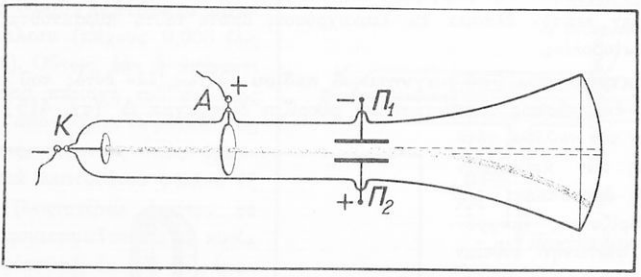
Σχ. 415. Ἐκτροπὴ καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἐὰν περιστρέψωμεν τὸν μαγνήτην, ὥστε νὰ ἀναστραφῇ ἡ θέσις τῶν πόλων αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας, ἡ ἐκτροπὴ τούτων γίνεται κατ' ἀντίθετον φοράν. Ἐὰν συγκρίνωμεν τὴν ἐκτροπὴν τῆς δέσμης καθοδικῶν ἀκτίνων πρὸς τὴν ἐκτροπὴν εὐθέος ρεύματος ὑπὸ μονίμου μαγνήτου (βλ. σχ. 227), παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων συμπίπτει πρὸς ρεῦμα ἔχον συμβατικὴν φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν διάδοσιν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, ἐκ τούτου δὲ συνάγομεν ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀρνητικῶς φορτισμένα σωματίδια.

8) Ἐκτρέπονται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη δεικνύεται διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 416, ἡ ὁποία καλεῖται **σωλὴν τοῦ Braun** (Μπράουν). Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσεως τοποθετοῦμεν, εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, μικρὸν πυκνωτὴν $\Pi_1\Pi_2$, εἰς τρόπον ὥστε ἡ καθοδικὴ δέσμη νὰ διέρχεται διὰ τοῦ μεταξὺ τῶν δύο ὁπλισμῶν αὐτοῦ χώρου, ὁπότε εἰς τὴν ἀπέναντι περιοχὴν τοῦ σωλῆνος σχηματίζεται ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος κεντρικὴ φωτεινὴ κηλίς. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸν πυκνωτὴν πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, τότε ἀναλόγως τῆς πολικότητος τῶν ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ἡ κηλὶς ἐκτρέπεται πρὸς τὰ ἄνω ἢ πρὸς τὰ κάτω, ἐξ οὗ ἀποδεικνύεται ἡ ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἐκ τῆς ὁποίας πάλιν συνάγομεν ὅτι πρόκειται περὶ σωματιδίων ἀρνητικῶς φορτισμένων. Πράγματι, τὰ σωματίδια τὰ ἀποτελοῦντα τὰς καθοδικὰς ἀκτῖ-

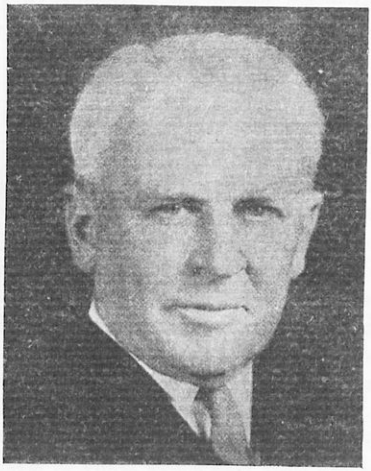
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νας συμπεριφέρονται ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὡς ἐὰν ἦσαν ὑλικὰ σωματίδια, ἅτινα βάλλονται ὁριζοντίως καὶ εὑρίσκονται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς βαρύτητος.



Σχ. 416. Σωλὴν Braun. Ἐκτροπὴ καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

245. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραματικῶν δεδομένων κατεδείχθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἐκ μικροτάτων σωματιδίων, φερόντων ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὰ ὁποῖα ἐκφεύγουν ἐκ τῆς καθόδου καὶ κινοῦνται εὐθυγράμμως μετὰ μεγίστης ταχύτητος, ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὸν ἀπέναντι αὐτῆς χῶρον, οἱανδήποτε θέσιν καὶ ἂν ἔχῃ ἡ ἄνοδος. Τὰ σωματίδια ταῦτα ἐδείχθη ὅτι εἶναι τὰ **ἠλεκτρόνια** τῶν μορίων ἢ ἀτόμων, ἅτινα ὑπολείπονται ἀκόμη ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ διὰ τοῦτο εἰς πλῆρες κενὸν καὶ μὲ ψυχρὰ ἠλεκτρόδια δὲν παράγονται καθοδικαὶ ἀκτῖνες.



ROBERT A. MILLIKAN
(1868[8] - 1953)

Διάσημος Ἀμερικανὸς Φυσικός. Ἐμέτρησε πρῶτος τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου, τιμηθεὶς πρὸς τοῦτο διὰ τοῦ βραβείου Nobel Φυσικῆς τὸ 1923.

Ἡ ταχύτης τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐφαρμοζομένης τάσεως εἰς τὸν καθοδικὸν σωλῆνα. Διὰ τάσιν π.χ. 1 Volt ἡ ταχύτης αὐτῶν ἀνέρχεται εἰς 600 km/sec, ἐνῷ διὰ τάσιν 10 000 Volt αὕτη ἀνέρχεται εἰς 60 000 km/sec, ἤτοι τὸ 1/5 τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, καὶ διὰ ὑψηλοτέρας τάσεις ἡ ταχύτης αὐτῶν πλησιάζει πολὺ πρὸς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός.

Ἐκ τῆς μορφῆς τῶν τροχιῶν τῶν ἠλεκτρονίων κατὰ τὴν μαγνητικὴν καὶ ἠλεκτρικὴν ἐκτροπὴν αὐτῶν, δύναται νὰ καθορισθῇ ὁ λόγος τοῦ φορτίου e πρὸς τὴν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μᾶζαν αὐτῶν, οὕτως εὑρέθη :

$$\frac{e}{m} = 1{,}76 \cdot 10^8 \quad \frac{Cb}{gr}$$

Ἐπειδὴ τὸ μέγεθος e/m, τὸ ὁποῖον καλεῖται καὶ **εἰδικὸν φορτίον,** εὑρίσκεται πάντοτε τὸ αὐτὸ οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ φύσις τῶν μετάλλων τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος ὡς καὶ οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ φύσις τοῦ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἀερίου, προκύπτει ὅτι τὸ ἀνωτέρω μέγεθος εἶναι χαρακτηριστικὸν τῶν καθοδικῶν σωματιδίων, ἤτοι τῶν ἠλεκτρονίων.

Τὸ φορτίον e τοῦ ἠλεκτρονίου, τὸ ὁποῖον πρῶτος ἐμέτρησε μετὰ μεγάλης ἀκριβείας ὁ Millikan δι' ἀμέσου μεθόδου, εἶναι :

$$e = 1{,}60 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$$

Ἐπομένως, ἐκ τοῦ λόγου e/m εἶναι δυνατὸν νὰ καθορισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου, οὕτως εἶναι :

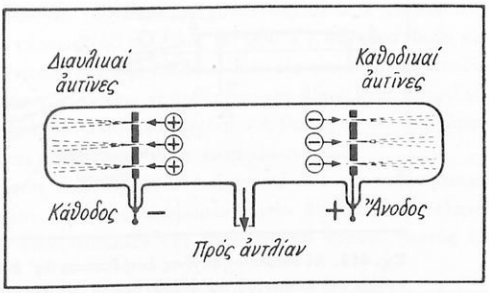
$$m = \frac{1{,}60 \cdot 10^{-19}}{1{,}76 \cdot 10^8} = 9{,}1 \cdot 10^{-28} \text{ gr}$$

Ἐξ ἄλλου, γνωρίζομεν ὅτι ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὑδρογόνου εἶναι $1{,}67 \cdot 10^{-24}$ gr, ἑπομένως ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι περίπου 1836 φορὰς μικροτέρα τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ ἐλαφρότερον τῶν ἀτόμων.

Πειραματικῶς ἐδείχθη ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου μεταβάλλεται μετὰ τῆς ταχύτητος αὐτοῦ, ὡς προβλέπει ἡ θεωρία τῆς σχετικότητος (βλ. Τόμος Ι, κεφ. Μεταβολὴ τῆς μάζης μετὰ τῆς ταχύτητος).

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω, λοιπόν, ἐκτεθέντων προκύπτει ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες δὲν εἶναι φωτειναὶ ἀκτῖνες, ἀλλὰ ἀποτελοῦν ρεῦμα ἠλεκτρονίων ἐξόχως μεγάλης ταχύτητος.

246. Διαυλικαὶ ἀκτῖνες. Ἐὰν διεγείρωμεν καθοδικὸν σωλῆνα, εἰς τὸν ὁποῖον ὡς κάθοδος χρησιμοποιεῖται διάτρητος μεταλλικὴ πλάξ, αἱ ἀναπτυσσόμεναι καθοδικαὶ ἀκτῖνες ὁδεύουν ἐκ τῆς καθόδου εὐθυγράμμως (σχ. 417) καὶ διεγείρουν τὸν φθορισμὸν τῶν τοιχωμάτων τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος εἰς τὴν περιοχὴν τῆς προσπτώσεώς των, ἐνῷ εἰς τὸν ὄπισθεν τῆς καθόδου χῶρον τοῦ σωλῆνος ἀναφαίνονται φωτοβολοῦσαι δέσμαι ἀκτίνων ἐρυθρωποῦ χρώματος, ἐφ' ὅσον ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑφίσταται ἠραιωμένος ἀήρ. Αἱ δέσμαι προχωροῦν εὐθυγράμμως καὶ προκαλοῦν ὁμοίως φθορισμὸν τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος, ὅταν προσ-



Σχ. 417. Σωλὴν διὰ τὴν πειραματικὴν κατάδειξιν τῆς παραγωγῆς διαυλικῶν καὶ καθοδικῶν ἀκτίνων.

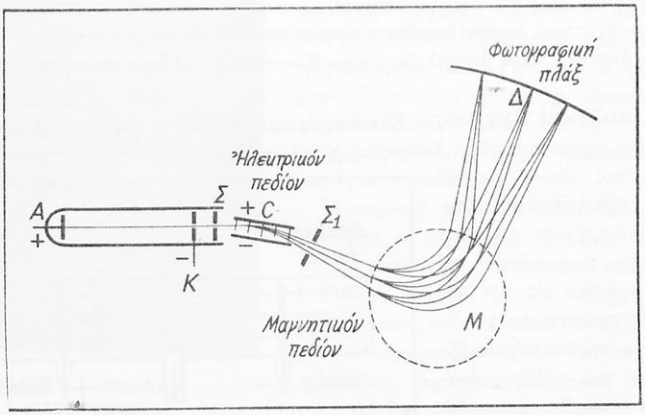
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πέσουν ἐπ' αὐτοῦ. Αἱ ἀκτῖνες αὐταὶ καλοῦνται **διαυλικαὶ ἀκτῖνες,** λόγῳ τῆς διόδου των διὰ τῶν ὀπῶν, διαύλων, τῆς καθόδου.

Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ῥρὰ τῆς κινήσεως τῶν διαυλικῶν ἀκτίνων εἶναι ἀντίθετος τῆς τῶν καθοδικῶν. Ἐκ τῆς τοιαύτης δὲ πορείας αὐτῶν, τῆς ἐκτροπῆς των ὑπὸ μαγνητικοῦ καὶ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἤτις εἶναι ἀντίθετος τῆς τῶν καθοδικῶν καὶ ἀπὸ τὸ γεγονὸς ὅτι αἱ διαυλικαὶ ἀκτῖνες δὲν παράγονται εἰς τελείως κενοὺς σωλῆνας, συνάγεται ὅτι αἱ διαυλικαὶ ἀκτῖνες εἶναι τὰ θετικὰ ἰόντα τοῦ ἐγκλεισθέντος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως ἀερίου. Πράγματι, ἐφ' ὅσον τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας γεννῶνται, ὡς εἴδομεν, ἐκ τοῦ ἀερίου τὸ ὁποῖον ὑφίσταται εἰς τοὺς σωλῆνας τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, πρέπει νὰ παρατηρῆται ἐκτὸς τῶν ἠλεκτρονίων, ἤτοι τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, καὶ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου ἢ τοῦ ἀτόμου, τὸ ἀπομένον μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν ἐξ αὐτοῦ ἑνὸς ἕως τριῶν ἠλεκτρονίων. Τοῦτο θὰ ἀποτελῇ θετικῶς ἠλεκτρισμένον συγκρότημα, δηλαδὴ ἓν θετικὸν ἰὸν ἀτόμου ἢ μορίου. Τὰ ἰόντα ταῦτα εἶναι τὰ σωματίδια τῶν διαυλικῶν ἀκτίνων. Ταῦτα ἕλκονται ὑπὸ τῆς καθόδου, ἀλλὰ λόγῳ τῆς ταχύτητός των διέρχονται διὰ τῶν ὀπῶν χωρὶς νὰ συγκρατηθοῦν ὑπ' αὐτῆς.

***247. Φασματογράφος μαζῶν.** Αἱ διαυλικαὶ ἀκτῖνες εὑρίσκουν μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν πραγματοποίησιν τοῦ **φασματογράφου μαζῶν,** ὁ ὁποῖος ἐχρησίμευσε διὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἰσοτόπων τῶν διαφόρων στοιχείων.

Ὁ φασματογράφος μαζῶν πραγματοποιεῖται ὡς ἀκολούθως: Μὲ τὴν βοήθειαν συστήματος σχισμῶν Σ (σχ. 418) ἀπομονοῦται ἀπὸ σωλῆνα παραγωγῆς διαυλικῶν ἀκτίνων στενὴ δέσμη αὐ-



Σχ. 418. Αἱ διαυλικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυκνωτοῦ, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μαγνήτου.

τῶν, ἡ ὁποία ἀκολούθως διαβιβάζεται διὰ μέσου ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου πραγματοποιουμένου μεταξὺ δύο πλακῶν C καὶ ἐν συνεχείᾳ διὰ μαγνητικοῦ πεδίου M.

Κατὰ τὴν διέλευσιν τῆς στενῆς ἰονικῆς δέσμης διὰ μέσου τοῦ ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῶν πλακῶν C, τὰ ἰόντα ταύτης ὑρίστανται ἠλεκτρικὰς δυνάμεις καὶ τοιουτοτρόπως ἐκτρέπονται τῆς ἀρχικῆς διευθύνσεως τῆς κινήσεως αὐτῶν. Ἡ ἠλεκτροστατικὴ αὕτη ἐκτροπὴ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος τῶν ἰόντων καὶ συνεπῶς τὰ διαφόρου ταχύτητος ἰόντα ἐκτρέπονται ἀνίσως καὶ μάλιστα τὰ μικρᾶς ταχύτητος περισσότερον. Γενικῶς δὲ ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τὰ ἰόντα ὑρίστανται διαχωρισμὸν κατὰ τὴν μᾶζαν καὶ τὸ φορτίον αὐτῶν. Τοιουτοτρόπως ἐξέρχεται τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἀποκλίνουσα ἰοντικὴ δέσμη, ἥτις περιοριζομένη διὰ τοῦ διαφράγματος Σ_1, διαβιβάζεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου M, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἠλεκτρικόν. Ἡ φορὰ τοῦ πεδίου τούτου ἐκλέγεται τοιαύτη, ὥστε ἡ ἐκτροπὴ τῶν κινουμένων ἰόντων, λόγῳ δυνάμεων Laplace, νὰ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν ἠλεκτροστατικὴν ἐκτροπήν.

Ἐπειδὴ ἡ μαγνητικὴ ἐκτροπὴ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ταχύτητος υ τῶν ἰόντων, τὰ ταχύτερα ἰόντα ἐκτρέπονται καὶ πάλιν ὀλιγώτερον, τὰ δὲ βραδύτερα περισσότερον.

Ἀποδεικνύεται ὅτι διὰ ρυθμίσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς κατάλληλον τιμήν, δηλαδὴ δι' ὡρισμένην τιμὴν τῆς μαγνητικῆς ἐκτροπῆς τῶν ἰόντων, εἶναι δυνατὸν ἐκ τῶν διαφόρου ταχύτητος, ὡς εἴδομεν, ἰόντων τῆς δέσμης, ὅσα χαρακτηρίζονται ὑπὸ τῆς αὐτῆς τιμῆς τοῦ λόγου q/m, νὰ συνέλθουν εἰς κοινὸν σημεῖον Δ μετὰ τὴν ἔξοδον ἐκ τοῦ πεδίου, καθ' ὃν τρόπον αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες συνενοῦνται εἰς ἑστίαν τινά. Ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός, τιθεμένης εἰς τὸ σημεῖον αὐτό, σχηματίζεται τότε μελανὴ γραμμὴ μικροῦ μήκους (εἴδωλον τῆς σχισμῆς).

Τοιουτοτρόπως ἡ διαφορὰ ταχυτήτων τῶν διαυλικῶν σωματιδίων τῆς αὐτῆς μάζης εἶναι ἄνευ σημασίας, διότι, ὡς εἴδομεν, ταῦτα εἶναι δυνατὸν νὰ ἀχθοῦν εἰς ἑστίασιν ὥστε ἡ ἐκτροπὴ νὰ ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ φορτίου q καὶ τῆς μάζης αὐτῶν m.

Ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν διαυλικὰς ἀκτῖνας μὲ ἰόντα τοῦ αὐτοῦ στοιχείου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φωτογραφικὴ πλὰξ ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐγένετο ἡ ἑστίασις τῶν διαυλικῶν ἀκτίνων δὲν δεικνύει ἀμαύρωσιν εἰς μίαν μόνον θέσιν ἀλλ' εἰς πολλάς. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ φορτίον τῶν διαυλικῶν ἰόντων εἶναι τὸ αὐτό, συνάγεται ὅτι ἡ μᾶζα τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα φέρουν τὸ φορτίον τῶν διαυλικῶν ἀκτίνων, εἶναι διάφορος.

Οὕτως ὁ Aston (Ἄστον), ἐργαζόμενος μὲ διαυλικὰς ἀκτῖνας ἐκ τοῦ ἀερίου ν έ ο ν, ἦλθε εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχουν δύο στοιχεῖα, τὸ νέον ἀτομικοῦ βάρους 20 καὶ τὸ νέον ἀτομικοῦ βάρους 22, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ἰσότοπα στοιχεῖα**. Εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ἰσοτόπων στοιχείων θὰ ἐπανέλθωμεν ἐκτενέστερον εἰς ἄλλην θέσιν τοῦ βιβλίου (βλ. κεφ. ΙΣΤ', Πυρηνικὴ Φυσική).

248. Ἀκτῖνες Röntgen (Ραϊντγκεν). Θεωρήσωμεν καθοδικὸν σωλῆνα, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικοῦ κοίλου ἠλεκτροδίου K ὡς καθόδου καὶ ἐκ τῆς ἀνόδου A (σχ. 419). Ἐὰν τὸν σωλῆνα τοῦτον, περιέχοντα ἀέριον ὑπὸ μικρὰν πίεσιν, τροφοδοτήσωμεν δι' ὑψηλῆς τάσεως (40 000 ἕως 80 000 V), θὰ παραχθοῦν καθοδικαὶ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ἀνόδου. Ἐὰν εἰς τὸν ἔξω τοῦ σωλῆνος χῶρον καὶ ἀπέναντι τῆς πλακὸς τῆς ἀνόδου τοποθετήσωμεν διαφόρους φθοριζούσας οὐσίας, ὡς π.χ. ἅλας κυανιούχου βαριολευκοχρύσου ἢ θειούχου ψευδαργύρου, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ οὐσίαι αὗται φθορίζουν, ἤτοι ἐκπέμπουν φῶς.

Ὁ φθορισμὸς τῶν οὐσιῶν τούτων παρατηρεῖται ἀκόμη καὶ ὅταν τοποθετήσωμεν τὸν σωλῆνα εἰς σκοτεινὸν θάλαμον καὶ περικαλύψωμεν αὐτὸν διὰ παχέος μελανοῦ ὑφάσματος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀποκλείσωμεν τὴν πρόσπτωσιν ὁρατοῦ φωτὸς ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω οὐσιῶν.

Ἐπειδὴ ὁ φθορισμὸς τῶν οὐσιῶν τούτων δὲν ἦτο δυνατὸν νὰ ἀποδοθῇ εἰς τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας, διότι αὗται δὲν ἐμφανίζονται εἰς τὸν ἔξω τοῦ σωλῆνος χῶρον, δοθέντος ὅτι δὲν δύνανται νὰ διαπεράσουν τὰ παχέα τοιχώματα τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος, ὁ φθορισμὸς τῶν ἐν λόγῳ οὐσιῶν ἀπεδόθη εἰς νέον εἶδος ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἀρχικῶς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐκλήθησαν **ἀκτῖνες Χ,** σήμερον ὅμως καλοῦνται γενικῶς **ἀκτῖνες Röntgen** πρὸς τιμὴν τοῦ πρώτου παρατηρήσαντος αὐτάς.

Σωλῆνες ἀκτίνων Röntgen. Διὰ τὴν παραγωγὴν ἀκτίνων Röntgen χρησιμεύουν εἰδικοὶ σωλῆνες ὑψηλοῦ κενοῦ. Οὗτοι διακρίνονται εἰς δύο κατηγορίας ἀναλόγως τῆς προελεύσεως τῶν ἠλεκτρονίων: α) εἰς τοὺς ἰοντικοὺς σωλῆνας ἢ σωλῆνας Crookes (Κρούξ) καὶ β) εἰς τοὺς σωλῆνας Coolidge (Κούλιτζ).

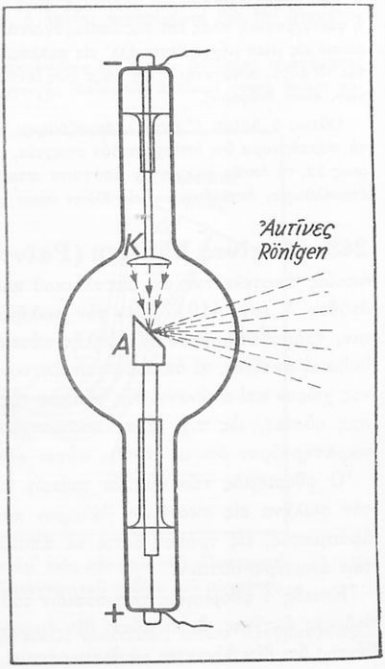


WILHELM CONRAD RÖNTGEN

(1845 - 1923)

Γερμανὸς καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς. Ἀνεκάλυψε τὸ 1895 τὰς ἀκτῖνας Χ. Τὸ 1901 ἐτιμήθη διὰ τοῦ βραβείου Nobel.

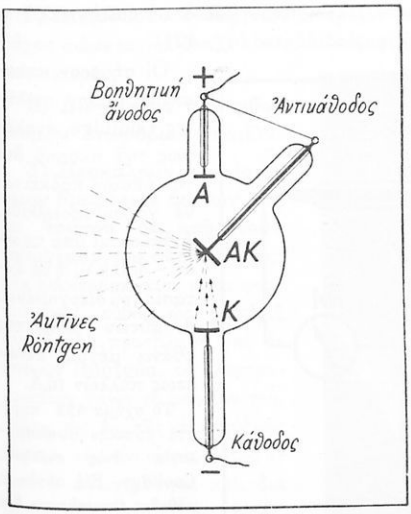
α) Οἱ **ἰοντικοὶ σωλῆνες,** περιγραφέντες ἀνωτέρω (σχ. 419), σχεδὸν δὲν χρησιμοποιοῦνται πλέον σήμερον, διότι ἀντικατεστάθησαν ὑπὸ τῶν σωλήνων Coolidge. Εἰς τὸ σχῆμα 420 δεικνύεται ἰοντικὸς σωλὴν διὰ σχολικὰ πειράματα ἐπιδείξεως.



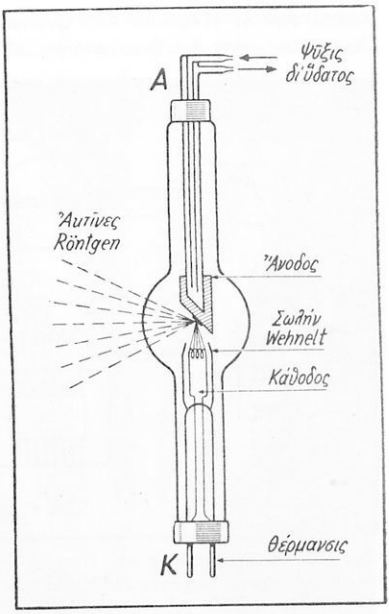
Σχ. 419. Ἰοντικὸς σωλὴν ἀκτίνων Röntgen.

β) Ὁ **σωλὴν Coolidge** ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνου σωλῆνος, ἐκ τοῦ ὁποίου ὁ ἀὴρ ἔχει ἀφαιρεθῆ μέχρι τοῦ ἀκροτάτου δυνατοῦ ὁρίου (σχ. 421). Ἐντὸς αὐτοῦ εὑρίσκονται δύο ἠλεκτρόδια, ἡ κάθοδος Κ καὶ ἡ ἀντικάθοδος Α (ἄνοδος). Ἡ κάθοδος εἶναι διάπυρον νῆμα θερμαινόμενον δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ διάπυρον νῆμα χρησιμεύει ὡς πηγὴ τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα κινούμενα ἐν συνεχείᾳ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν δυνάμεων ἠλεκτρικοῦ πεδίου πρὸς τὴν ἄνοδον, ἥτις συνήθως καλεῖται ἀντικάθοδος,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 420. Τὰ ἠλεκτρόνια προσκρούοντα ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου (ἄνοδος) καθιστοῦν ταύτην πηγὴν ἀκτίνων Röntgen.



Σχ. 421. Σωλὴν Coolidge ἀκτίνων Röntgen.

προσκρούουν ἐπ' αὐτῆς καὶ τὴν καθιστοῦν πηγὴν ἀκτινοβολίας Röntgen.

Διὰ τὴν λέπτυνσιν τῆς δέσμης ἡ κάθοδος περιβάλλεται ὑπὸ μεταλλικοῦ κυλίνδρου ἡνωμένου μετ' αὐτῆς, ὅστις καλεῖται κύλινδρος τοῦ Wehnelt (Βένελτ). Ἡ ἀντικάθοδος εἶναι συνήθως πλακίδιον ἐκ βολφραμίου, τὸ ὁποῖον ψύχεται μὲ ἰδιαιτέραν προσοχὴν διὰ νὰ ἀποφευχθῇ τῆξις καὶ καταστροφὴ τοῦ σωλῆνος.

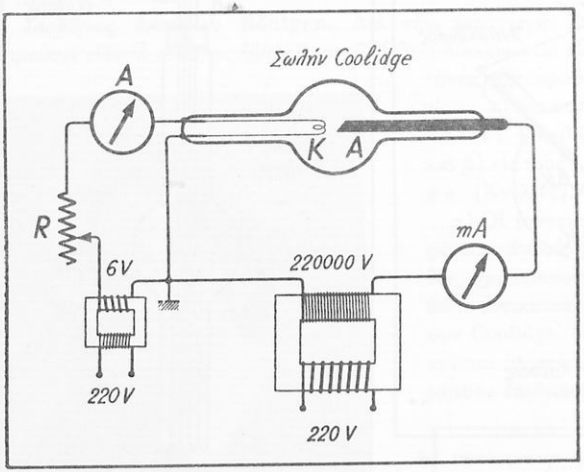
Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον δημιουργεῖται δι' ἐφαρμογῆς μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου ὑψηλῆς τάσεως, συνήθως 50 000 ἕως 200 000 Volt, δι' εἰδικούς δὲ σκοπούς, π.χ. βιομηχανικούς, μέχρις 2 000 000 Volt. Ἡ τάσις ἐφαρμόζεται κατὰ τρόπον ὥστε ἡ ἄνοδος νὰ εἶναι θετικὴ καὶ ἡ κάθοδος ἀρνητική. Τότε ἐπὶ ἑκάστου ἠλεκτρονίου, ἐξερχομένου ἐκ τῆς καθόδου, θὰ ἀσκηθῇ ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου μία δύναμις ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὁποίας τοῦτο θὰ κινηθῇ πρὸς τὴν ἄνοδον, λόγῳ δὲ τῆς ὑψηλῆς τιμῆς τῆς ἐφαρμοζομένης τάσεως ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν θὰ ἔχῃ τοῦτο κατὰ τὴν πρόσκρουσίν του ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου, θὰ εἶναι τόσον μεγάλη ὥστε κατ' αὐτὴν νὰ προκληθῇ ἐκπομπὴ ἀκτινοβολίας Röntgen.

Ἐπειδὴ τὰ ἠλεκτρόνια ἔχουν πολὺ μεγάλην ταχύτητα, τὴν ὁποίαν ἀποβάλλουν ὅταν προσκρούουν ἐπὶ τῆς καθόδου, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια αὐτῶν μετατρέπεται εἰς θερμότητα, ἡ ὁποία ἀνυψώνει τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἀνόδου μὲ κίνδυνον καταστροφῆς τοῦ σωλῆνος.

Ἕνεκα τοῦ λόγου τούτου ἡ ἄνοδος πρέπει νὰ κατασκευάζεται ἐκ δυστήκτου μετάλλου, π.χ. βολφραμίου, καὶ νὰ ἐφοδιάζεται ὑπὸ συστήματος ψύξεως, τὸ ὁποῖον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πραγματοποιεῖται εἴτε διὰ συστήματος μεταλλικῶν πτερυγίων, ὅτε ὁ σωλὴν καλεῖται ἀερόψυκτος, εἴτε διὰ ψυκτῆρος διὰ κυκλοφορίας ὕδατος (σχ. 421).



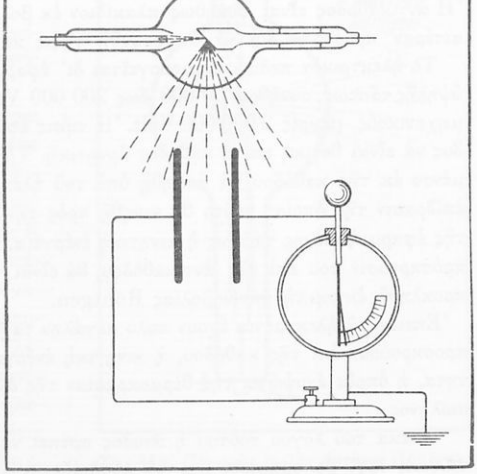
Σχ. 422. Σωλὴν Coolidge καὶ διάταξις διὰ τὴν λειτουργίαν αὐτοῦ δι' ἐναλλασσομένου ρεύματος 220 V. Ἡ παραγωγὴ τῶν ἀκτίνων συμβαίνει μόνον καθ' ὃν χρόνον εἶναι θετικὴ ἡ ἄνοδος (ἡμιπερίοδος τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος).

Οἱ σήμερον κατασκευαζόμενοι σωλῆνες Coolidge, ἀναλόγως τοῦ σκοποῦ διὰ τὸν ὁποῖον πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθοῦν, ἐργάζονται ὑπὸ τάσιν 30 - 300 kV, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ διερχομένου δι' αὐτῶν ρεύματος φθάνει μέχρις ἐντάσεως πολλῶν mA.

Τὸ σχῆμα 422 παριστᾷ τυπικὴν συνδεσμολογίαν ἑνὸς σωλῆνος Coolidge. Εἰς αὐτὸν ἡ κάθοδος θερμαίνεται διὰ συνδέσεως πρὸς πηγὴν (μετασχηματιστὴν) χαμηλῆς τάσεως (π.χ. 6 V) καὶ ὑπὸ ἔντασιν ἀρκετῶν Ampère, ἡ δὲ ὑψηλὴ τάσις λαμβάνεται διὰ συνδέσεως τῶν δύο ἠλεκτροδίων πρὸς τὸ δευτερεῦον μετασχηματιστοῦ ὑψηλῆς τάσεως.

Ἡ ἔντασις τῆς ἐκπεμπομένης ὑπό τινος σωλῆνος Coolidge ἀκτινοβολίας Röntgen, διὰ τὴν αὐτὴν τιμὴν τάσεως, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ διαρρέοντος αὐτὸν ρεύματος, ἐνῷ διὰ τὴν αὐτὴν ἔντασιν ρεύματος αὕτη αὐξάνει ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἐφαρμοζομένης τάσεως, καθὼς καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ τοῦ χρησιμοποιηθέντος ὡς ἀντικαθόδου στοιχείου.

Ἰδιότητες τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἐκ τῆς συστηματικῆς σπουδῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen κατεδείχθη ὅτι αὗται παρουσιάζουν τὰς ἀκολούθους ἰδιότητας :



Σχ. 423. Ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος δι' ἀκτίνων Röntgen.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

1) Διεισδύουν ἐντὸς τῶν στερεῶν οὐσιῶν, ἤτοι διαπεροῦν τὰ ὑπὸ μικρὸν πάχος σώματα, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀδιαπέρατα ὑπὸ τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων καὶ ἐπομένως σκιερά.

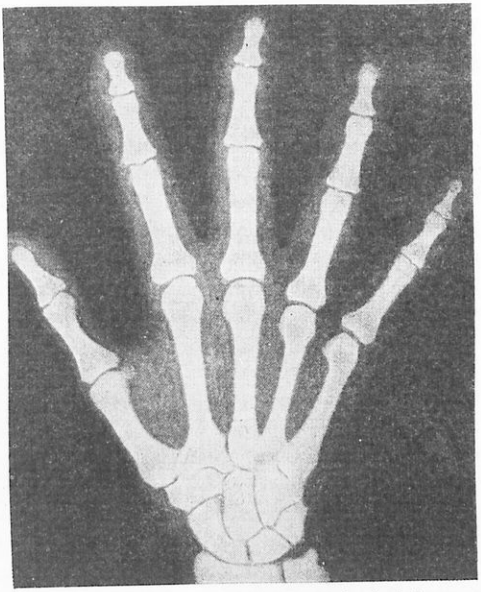
2) Διεγείρουν τὸν φθορισμὸν διαφόρων οὐσιῶν.

3) Προκαλοῦν τὸν ἰονισμὸν διαφόρων ἀερίων, ὡς ἐκ τούτου δὲ καθιστοῦν ἀγώγιμον τὸν ἀέρα. Οὕτως, ἐὰν ἠλεκτροσκόπιον εἶναι φορτισμένον, εὐθὺς ὡς ὁ πέριξ αὐτοῦ ἀὴρ προσβληθῇ ὑπὸ ἀκτίνων Röntgen, τὸ ἠλεκτροσκόπιον χάνει τὸ φορτίον του, διότι, ὡς ἐκ τῆς ἀναπτύξεως ἰόντων εἰς τὸν ἀέρα, οὗτος ἀποκτᾷ ἀγωγιμότητα καί, διὰ μέσου τοῦ ἰονισμένου ἀέρος, τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἐκκενοῦται (σχ. 423).

4) Προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα.

5) Δὲν ἐκτρέπονται οὔτε ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ, οὔτε ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

6) Παρουσιάζουν βλαβερὰς βιολογικὰς ἐνεργείας.



Σχ. 424. Ἡ ἀκτινογραφία στηρίζεται εἰς τὴν διάφορον ἀπορρόφησιν τῶν ἀκτίνων Röntgen κατὰ τὴν δίοδον αὐτῶν διὰ διαφόρων σωμάτων. Τὰ ὀστᾶ τοῦ καρποῦ τῆς χειρὸς παρουσιάζουν μεγάλην ἀπορρόφησιν, ἐνῷ αἱ σάρκες μικράν.

7) Κινοῦνται εὐθυγράμμως ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ μέσου. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ δείξωμεν ἐὰν εἰς τὴν πορείαν δέσμης ἀκτίνων Röntgen παρεμβάλωμεν μικρὰν μεταλλικὴν σφαῖραν, οὐχὶ πολὺ λεπτήν, ὁπότε ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός, εὑρισκομένης ὄπισθεν τῆς μεταλλικῆς ἐπιφανείας θὰ ἀποτυπωθῇ ἀκριβῶς ἡ εἰκὼν τῆς μεταλλικῆς ἐπιφανείας.

8) Διαδίδονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

9) Ἀπορροφῶνται διαφόρως ὑπὸ τῆς ὕλης. Οὕτως, ὑλικὰ συνιστάμενα ὑπὸ στοιχείων μικροῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ ὅπως π.χ. ὑδρογόνου, ὀξυγόνου, ἄνθρακος, ἀζώτου κλπ. διαπερῶνται εὐκόλως ὑπὸ τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἐνῷ τὰ συνιστάμενα ἐκ βαρυτέρων στοιχείων ὡς σιδήρου, ἀσβεστίου, στροντίου, βαρίου κλπ. εἶναι ὀλιγώτερον διαπερατὰ ὑπ' αὐτῶν.

Τὸ γεγονὸς τοῦτο ἐξηγεῖ διατί ἐπὶ τῶν ἀκτινογραφιῶν τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος (σχ. 424) τὰ ὀστᾶ, ὡς περιέχοντα στοιχεῖα μεγαλυτέρου ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ ἢ οἱ μαλακοὶ ἱστοί, προσβάλλουν ὀλιγώτερον τὴν φωτογραφικὴν πλάκα καὶ οὕτως εἶναι διάκριτα τῆς λοιπῆς περιοχῆς τοῦ φίλμ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Σκληραὶ καὶ μαλακαὶ ἀκτῖνες Röntgen. Ἀναλόγως τῆς διεισδυτικότητος, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν αἱ ἀκτῖνες Röntgen, διακρίνονται εἰς σκληρὰς καὶ εἰς μαλακάς. Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διεισδυτικότης τῶν ἀκτίνων Röntgen, τόσον αὗται θεωροῦνται σκληρότεραι, ἡ δὲ σκληρότης τῶν ἀκτίνων τούτων καθορίζεται ἐκ τῆς ἐφαρμοζομένης τάσεως μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου, ὅσον δὲ μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις, τόσον σκληρότεραι εἶναι αἱ παραγόμεναι ἀκτῖνες.

Ἡ διαπερατότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῶν διαφόρων οὐσιῶν ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτως, οὐσίαι ὡς ὁ χάρτης, τὸ ξύλον, αἱ σάρκες καὶ ἐν γένει οὐσίαι ἀποτελούμεναι ἐκ μικροῦ ἀτομικοῦ βάρους, διαπερῶνται ὑπὸ σχετικῶς μέγα πάχος ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Ἐνῷ τουναντίον ἄλλα σώματα, π.χ. ὀρείχαλκος, μόλυβδος, χάλυψ, ὀστᾶ κ.ἄ., τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἐν μέρει ἀπὸ στοιχεῖα μεγάλου ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ, αἱ ἀκτῖνες Röntgen δύνανται νὰ τὰ διαπεράσουν μόνον εἰς λεπτὰ στρώματα, ἐνῷ ἐὰν τὸ στρῶμα ἔχῃ μεγαλύτερον πάχος αἱ ἀκτῖνες Röntgen ἀπορροφῶνται ὑπ' αὐτοῦ.

Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen. Τὸ πρόβλημα, ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἀπησχόλησεν ἐπ' ἀρκετὸν χρόνον τὴν ἐπιστήμην, ἐλύθη δὲ κατὰ τὸ ἔτος 1912 ὑπὸ τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ **Laue** (Λάουε, βραβεῖον Nobel, 1914) καὶ τῶν συνεργατῶν αὐτοῦ. Οὗτοι κατέδειξαν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως πρὸς τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, ἀλλὰ πολὺ μικροτέρου μήκους κύματος ἀπὸ τὰς ἰώδεις ἀκτῖνας τοῦ ὁρατοῦ φάσματος, καὶ ὡς ἐκ τούτου δὲν δύνανται ἀμέσως νὰ διεγείρουν τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως. Μὲ ἄλλους λόγους, αἱ ἀκτῖνες Röntgen δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς ὑπεριώδεις ἀκτῖνες ἢ ὑπεριῶδες φῶς, πολὺ μικροτέρου μήκους κύματος ἀπὸ τὸ ὁρατὸν φῶς. Ὅσον τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας Röntgen γίνεται μικρότερον, τόσον ἡ ἀκτινοβολία καθίσταται σκληροτέρα καὶ κατὰ συνέπειαν διεισδυτικωτέρα ἐντὸς τῆς ὕλης.

Ἡ σκληρότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐξαρτᾶται ἐκ δύο παραγόντων: α) Ἐκ τῆς ἐνεργείας τῶν ἠλεκτρονίων, καθ' ἣν στιγμὴν προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου, ἤ, ἐν ἄλλοις λόγοις, ἐκ τῆς ἐπικρατούσης τάσεως μεταξὺ καθόδου-ἀντικαθόδου μετὰ τῆς ὁποίας αὐξάνει ἡ σκληρότης αὐτῶν καὶ β) ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τῆς ἀντικαθόδου, τῆς σκληρότητος αὐξανομένης μετὰ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ τοῦ ὑλικοῦ τῆς ἀντικαθόδου.

249. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen. α) Εἰς τὴν θεραπευτικήν.

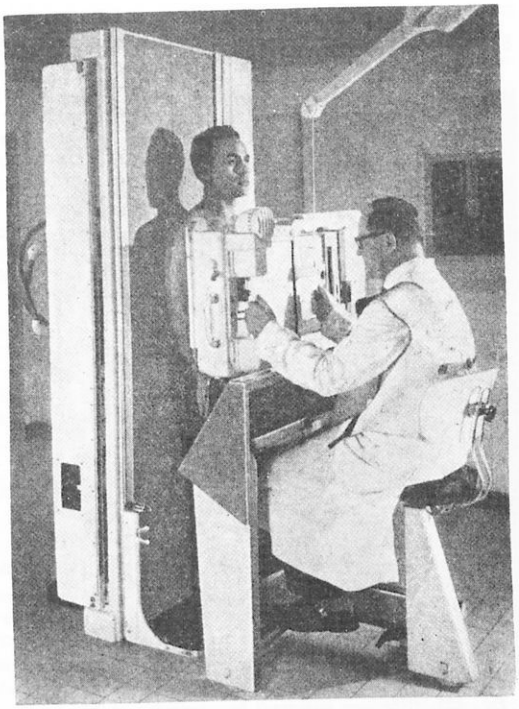
Πειράματα γενόμενα μὲ ἀκτινοβολίαν Röntgen ἐπὶ ἱστῶν, ἔδειξαν ὅτι τὰ ὑγιῆ κύτταρα εἶναι ὀλιγώτερον εὐπρόσβλητα ἢ τὰ παθολογικὰ τοιαῦτα ὑπὸ τῆς ἀκτινοβολίας. Βάσει τῆς παρατηρήσεως αὐτῆς ἀνεπτύχθη κλάδος τῆς ἰατρικῆς, ἡ ἀκτινοθεραπευτική, ἐφαρμοζομένη εἰς τὴν θεραπείαν τῶν κακοήθων νεοπλασμάτων, ὄγκων ὡς καὶ εἴς τινας δερματικὰς παθήσεις.

Σήμερον καὶ κυρίως διὰ τοὺς ἐν τῷ βάθει εὑρισκομένους ὄγκους χρησιμοποιοῦνται ὡς πηγαὶ ἀκτινοβολίας τὰ ραδιενεργὰ ἰσότοπα, ὡς π.χ. τὸ κοβάλτιον, καίσιον (βόμβαι κοβαλτίου κλπ.), τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν πολλὰ φυσικὰ πλεονεκτήματα ἔναντι τῶν ἀκτίνων Röntgen.

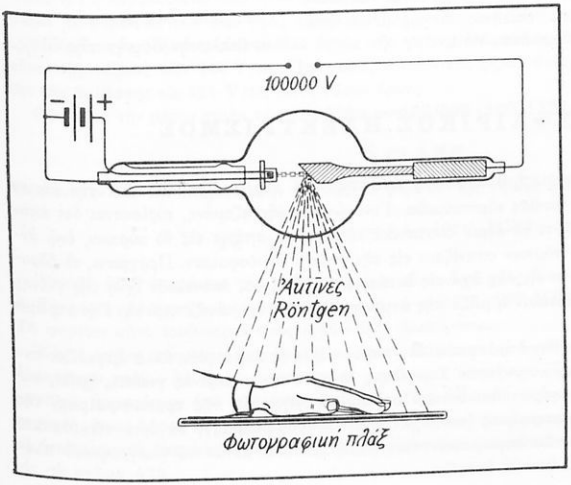
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

β) Εἰς τὴν ἀκτινοδιαγνωστικήν. Ὡς καὶ προηγουμένως ἀνεφέραμεν, αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν καταλλήλων οὐσιῶν ὡς ἐπίσης προσβάλλουν τὰς φωτογραφικὰς πλάκας. Ἐπὶ τῶν ἰδιοτήτων τούτων θεμελιοῦται ὁ κλάδος τῆς ἀκτινοδιαγνωστικῆς, εἴτε ὡς ἀκτινοσκοπία εἴτε ὡς ἀκτινογραφία.

Εἰς τὴν ἀκτινοσκόπησιν (σχ. 425) τίθεται τὸ πρὸς ἐξέτασιν μέλος τοῦ σώματος εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἔμπροσθεν δὲ τοῦ ἰατροῦ τίθεται φθορίζον διάφραγμα,



Σχ. 425. Μηχάνημα ἀκτίνων Röntgen, νεωτάτου τύπου, δι' ἀκτινογραφίας καὶ ἀκτινοσκοπήσεις.

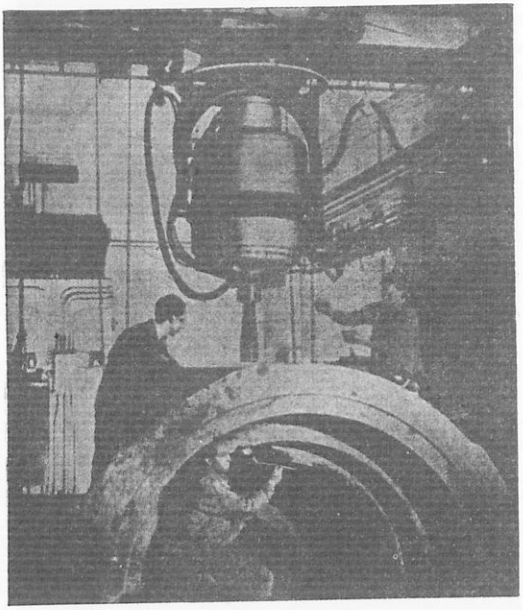


ὁπότε ἐπὶ τούτου ἀπεικονίζεται ἡ σκιὰ τοῦ μέλους αὐτοῦ, δεικνύουσα τὴν ἐσωτερικὴν ὑφήν του, ἐξαρτωμένην ἀπὸ τὴν διάφορον ἀπορρόφησιν τῆς δέσμης ὑπὸ τῶν διαφόρων τμημάτων του.

Σχ. 426. Ἐὰν μεταξὺ σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen καὶ φωτογραφικῆς πλακὸς τοποθετήσωμεν τὴν χεῖρα ἡμῶν, μετὰ τὴν ἐμφάνισιν τῆς πλακὸς ἀναφαίνεται σαφῶς ὁ σκελετὸς τῆς χειρός μας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀκριβῶς ὁμοία εἶναι ἡ διεργασία τῆς ἀκτινογραφίας (σχ. 426) μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ φθορίζον διάφραγμα ἔχει ἀντικατασταθῆ ὑπὸ φωτογραφικῆς πλακὸς ἐγκεκλεισμένης εἰς κατάλληλον φωτοστεγῆ θήκην.



Σχ. 427. Ἐξέτασις τμήματος ἀτμοστροβίλου δι' ἀκτίνων Röntgen, παραγομένων ὑπὸ σωλῆνος διεγειρομένου ὑπὸ τάσεως 2 000 000 Volt.

γ) Εἰς τὴν βιομηχανίαν. Αἱ ἀκτῖνες Röntgen ἔχουν ἐπίσης ἀρκετὰς ἐφαρμογὰς εἰς τὴν βιομηχανίαν, παρομοίας πρὸς ἐκείνας τῆς ἀκτινοδιαγνωστικῆς ἐν τῇ ἰατρικῇ. Οὕτως, ἐπὶ παραδείγματι, δύνανται νὰ ἀποκαλύψουν ἀσυνεχείας ἢ ρωγμὰς εἰς μεταλλικὰς κατασκευὰς (σχ. 427). Προσφάτως ἔχουν χρησιμοποιηθῆ εἰς τὴν μελέτην τῆς μοριακῆς δομῆς τῶν νημάτων βάμβακος, ἐρίου καὶ rayon, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν ὡς ὑφάνσιμοι ὕλαι. Ἀλλὰ καὶ εἰς τὴν ἐπιστημονικὴν ἔρευναν ἔχομεν τὴν συμβολὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen, διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν τὴν κρυσταλλικὴν δομὴν τῆς ὕλης.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

***250. Ἀτμόσφαιρα. Φυσικὴ διαίρεσις ταύτης.** Ἡ ἀτμόσφαιρα ἀποτελεῖ τὴν ἀέριον θάλασσαν, εἰς τὸν βυθὸν τῆς ὁποίας εὑρισκόμεθα. Γενικώτερον ἐξεταζομένη, εὑρίσκεται ὅτι ἀποτελεῖ κοσμικὴν ἀνωμαλίαν, διότι τὰ ἀέρια συστατικὰ αὐτῆς εἶναι σπάνια εἰς τὸ σύμπαν, ἐνῷ ἀντιθέτως, ἀέρια συνήθη εἰς τὸ σύμπαν σπανίζουν εἰς τὴν γηΐνην ἀτμόσφαιραν. Πράγματι, τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ ἥλιον, ἀφθονοῦντα εἰς τὰς ἀχανεῖς ἐκτάσεις τοῦ ἀπείρου, ἀποτελοῦν ἴχνη τῆς γηΐνης ἀτμοσφαίρας. Εἰς ὑγρὰν κατάστασιν ἡ μᾶζα τῆς ἀτμοσφαίρας θὰ ἐσχημάτιζε περὶ τὴν Γῆν στρῶμα πάχους 10 m.

Ἀπὸ φυσικῆς πλευρᾶς ἡ γηΐνη ἀτμόσφαιρα δὲν παρουσιάζει ὁμοιομορφίαν ἀλλὰ ἐμφανίζει περιοχὰς μὲ διάφορα φυσικὰ χαρακτηριστικά. Συμφώνως δὲ πρὸς τὰς σημερινὰς γνώσεις ἡμῶν, συνίσταται ἐκ τριῶν κυρίως διαφόρων καὶ ἀνίσων στρωμάτων, ἤτοι ἐκ τῆς **τροποσφαίρας**, τῆς **στρατοσφαίρας** καὶ τῆς **ἰονοσφαίρας** (καλουμένης καὶ **ἰοντοσφαίρας**), τὰ ὅρια τῶν ὁποίων δὲν εἶναι σταθερά, τὰ δὲ ὕψη τῶν στρωμάτων των μεταβάλλονται μετὰ τοῦ γεωγραφικοῦ πλάτους, ἐξαρτώμενα προσέτι καὶ ἐκ τῶν ἐποχῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ μεταξὺ τροποσφαίρας καὶ στρατοσφαίρας διαχωριστικὴ ἐπιφάνεια καλεῖται **τροπόπαυσις**. Τὸ ὕψος αὐτῆς ἀνέρχεται εἰς 16 - 18 km ὑπεράνω τοῦ Ἰσημερινοῦ καὶ εἰς 8 - 9 km ὑπεράνω τῶν πόλων. Παρ' ὅλον τὸν σχετικῶς μικρὸν ὄγκον της ἡ τροπόσφαιρα περιλαμβάνει τὰ 3/4 περίπου τῆς ὅλης ἀερίου μάζης τῆς ἀτμοσφαίρας, παρουσιάζει δὲ περίπου σταθερὰν σύστασιν καθ' ὅλην αὐτῆς τὴν ἔκτασιν.

Ὑπεράνω τῆς τροποσφαίρας ἐκτείνεται ἡ **στρατόσφαιρα**, μέχρις ὕψους 35 km περίπου. Ἀκολουθεῖ ἡ **μεσόσφαιρα** (35 - 80 km) καὶ ταύτην διαδέχεται ἡ **θερμόσφαιρα** (80 - 500 km). Τέλος, ἡ περιοχὴ ἡ ἐκτεινομένη μετὰ τὴν θερμόσφαιραν μέχρι τῶν ἐσχατιῶν τῆς ἀτμοσφαίρας, ἀποτελεῖ τὴν **ἐξώσφαιραν**.

Εἰς τὸ τμῆμα τῆς ἀνωτέρας ἀτμοσφαίρας, τὸ ἐκτεινόμενον ἀπὸ ὕψους 60 km περίπου μέχρι 500 km, παρουσιάζεται μέγα πλῆθος ἠλεκτρονίων καὶ ἰόντων. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ περιοχὴ αὕτη τῆς γηΐνης ἀτμοσφαίρας ὠνομάσθη **ἰονόσφαιρα** καὶ ὁμοιάζει κάπως πρὸς μεταλλικὴν κατάστασιν.

Ἄνευ τῆς ἀνωτέρας ἀτμοσφαίρας δὲν θὰ ἐπραγματοποιεῖτο ἡ διὰ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπικοινωνία εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, δὲν θὰ παρήγετο τὸ πολικὸν σέλας, δὲν θὰ ἐνεφανίζοντο οἱ διάττοντες ἀστέρες καὶ τὸ πλέον σπουδαῖον δὲν θὰ ἀνεπτύσσετο ἴσως ζωὴ ἐπὶ τῆς Γῆς.

Ἡ ἰονόσφαιρα συνίσταται ἐκ διαφόρων στρωμάτων χαρακτηριζομένων διὰ γραμμάτων τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου. Εἰς ὡρισμένα στρώματα τῆς ἰονοσφαίρας ἀνακλῶνται τὰ βραχέα ραδιοφωνικὰ κύματα καὶ τοιουτοτρόπως, ἐφ' ὅσον διαθέτομεν ἀρκούντως ἰσχυρὸν πομπόν, δύνανται νὰ φθάσουν εἰς τοὺς ἀντίποδας.

Ἡ ἰονόσφαιρα εἶναι ἕδρα τοῦ πολικοῦ σέλαος, τὸ ὁποῖον ἐκτείνεται μεταξὺ ὕψους κυμαινομένου ἀπὸ 80 km ἕως 1000 km.

***251. Τὸ γήϊνον ἠλεκτρικὸν πεδίον.** Ἡ γηΐνη ἐπιφάνεια ἀποτελεῖ παμμέγιστον ἀγωγόν, ὁ ὁποῖος φέρει ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, ἐὰν δὲ θεωρηθῇ ἡ Γῆ ὡς ἔχουσα σχῆμα σφαιρικὸν καὶ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ἀκτὶς αὐτῆς εἶναι 6870 km, ἡ χωρητικότης αὐτῆς θὰ εἶναι $6{,}87 \cdot 10^8$ cm ἤ, ὅπερ τὸ αὐτὸ περίπου 700 μF (βλ. § 69). Τὸ συνολικὸν φορτίον τῆς Γῆς ὑπολογίζεται περίπου εἰς 600 000 Coulomb. Ἐξ ἄλλου ἡ ἀτμόσφαιρα, ἥτις περιβάλλει, ἐν εἴδη ἀερίου θαλάσσης τὴν Γῆν, εἶναι θετικῶς φορτισμένη, ἕνεκα τοῦ ἰονισμοῦ τῶν ἀερίων συστατικῶν αὐτῆς. Κατὰ συνέπειαν ἡ Γῆ περιβάλλεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κατακόρυφοι μὲ φορὰν ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.

Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐγγὺς τῆς γηΐνης ἐπιφανείας, ὑπὸ καλὰς καιρικὰς συνθήκας εἶναι τῆς τάξεως τῶν 100 V/m. Πράγματι, ἄνωθεν τῆς ξηρᾶς ἀνέρχεται εἰς 135 V/m καὶ ἄνωθεν τῆς θαλάσσης εἰς 126 V/m, κατὰ μέσον ὅρον.

Οὕτω διὰ τὴν μέσην τιμὴν τῶν 130 V/m $= 130/300 \cdot 100$ ΗΣΜ – τάσεως/cm, ἐκ τοῦ τύπου :

$$E = 4\pi\sigma$$

λαμβάνομεν διὰ τὴν ἐπιφανειακὴν πυκνότητα φορτίου τῆς γηΐνης ἐπιφανείας τὴν τιμήν :

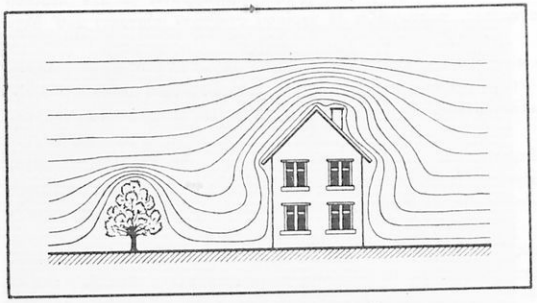
$$\sigma = \frac{130}{4\pi \cdot 300 \cdot 100} = 3{,}4 \cdot 10^{-4} \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου/cm}^2$$

Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἐπιφάνεια τῆς γηΐνης σφαίρας εἶναι ἴση πρὸς $S = 5{,}1 \cdot 10^{18}$ cm^2, προκύπτει ὅτι ἡ Γῆ φέρει ἀρνητικὸν φορτίον : $q_{\Gamma\tilde{\eta}\varsigma} = S \cdot \sigma = 17{,}3 \cdot 10^{14}$ ΗΣΜ – φορτίου $= 5{,}77 \cdot 10^5$ Cb. Τὸ φορτίον αὐτὸ ἰσοδυναμεῖ πρὸς $3{,}62 \cdot 10^{24}$ ἠλεκτρόνια.

Ἐὰν ἡ γηΐνη ἐπιφάνεια ἦτο ὁμαλὴ σφαιρικὴ ἐπιφάνεια αἱ ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι τοῦ γηΐνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου θὰ ἦσαν συγκεντρικαὶ σφαιρικαὶ ἐπιφάνειαι. Τοῦτο συμβαίνει πράγματι εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Ἐπειδὴ ἑκάστη ἐδαφικὴ ἔξαρσις, φυσικὴ ἢ τεχνητή, ὅπως λόφοι, ὄρη, δένδρα, οἰκοδομήματα, προκαλεῖ παραμορφώσεις τῆς γηΐνης ἐπιφανείας, αἱ ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι ἐγγὺς τῆς Γῆς ὑφίστανται καὶ αὐταὶ παραμορφώσεις, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 428.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐπηρεάζεται ὑπὸ τῶν τοπικῶν συνθηκῶν καὶ ὑφίσταται κυμάνσεις. Ὑπεράνω τῶν ὠκεανῶν αἱ τοπικαὶ ἐπιδράσεις εἶναι ἀσήμαντοι.

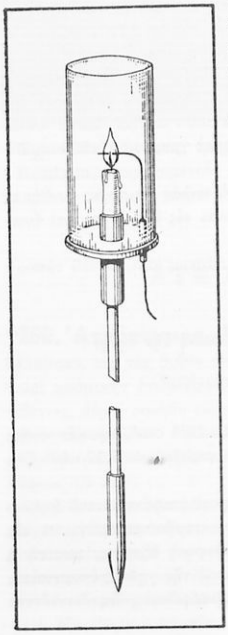


Σχ. 428. Αἱ πάσης μορφῆς ἐδαφικαὶ ἀνωμαλίαι παραμορφώνουν τὰς ἰσοδυναμικὰς ἐπιφανείας τοῦ γηΐνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ γηΐνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου ὑπόκειται εἰς ἡμερησίας καὶ ἐτησίας διακυμάνσεις, ἔχει δὲ ἐν γένει μεγαλυτέραν τιμὴν κατὰ τὸν χειμῶνα. Ἀλλ' ἐκτὸς τούτων, ἡ ἔντασις τοῦ γηΐνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου μεταβάλλεται ταχέως μετὰ τοῦ ὕψους. Οὕτως, εἰς ὕψος 5 km λαμβάνει τιμὴν ἴσην πρὸς τὸ δέκατον τῆς παρὰ τὸ ἔδαφος τιμῆς της, ἐνῷ εἰς ὕψος 10 km πίπτει εἰς τὸ ὀγδοηκοστόν, διὰ νὰ μηδενισθῇ εἰς μεγαλύτερα τῶν 15 km ὕψη.

Βεβαίως, κατὰ τὰς ἀνωμάλους καιρικὰς καταστάσεις, αἱ ἠλεκτρικαὶ συνθῆκαι εἶναι ὅλως διάφοροι τῶν ὑφισταμένων ὑπὸ αἰθρίαν. Οὕτως, εἰς σημαντικὰς μεταβολὰς ὑπόκειται τὸ γήϊνον ἠλεκτρικὸν πεδίον κατὰ τὰς βροχοπτώσεις, τὰς πτώσεις χιόνος καὶ χαλάζης.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Τὴν ὕπαρξιν τοῦ γηΐνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τοῦ ἀκολούθου πειράματος. Διαθέτομεν ἐπίμηκες χάλκινον σύρμα κατακορύφως εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, διὰ στηρίξεως τοῦ σύρματος ἐπὶ καταλλήλου στύλου, τοῦ ὁποίου τὸ σύρμα εἶναι μονωμένον διὰ μονωτήρων πορσελάνης. Τὸ ἄνω ἄκρον τοῦ σύρματος ἀπολήγει εἰς ἀκίδα.



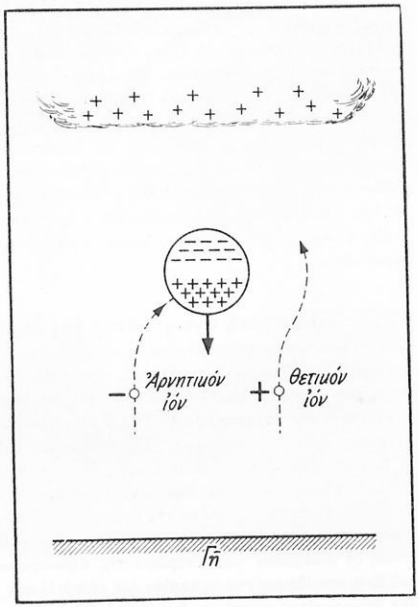
Σχ. 429. Διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Ἐὰν πράγματι τὸ σύρμα εὑρίσκεται εἰς χῶρον ὅπου ὑφίσταται ἠλεκτρικὸν πεδίον καὶ ὑποτεθῇ ὅτι ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ αὐτοῦ διευθύνονται ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, τότε ἐπὶ τοῦ ἄνω ἄκρου τοῦ σύρματος θὰ ἀναπτυχθῇ ἀρνητικὸν φορτίον ἐπὶ δὲ τοῦ κάτω θετικόν. Ἐὰν δὲ συγκοινωνήσωμεν τὸ κάτω ἄκρον τοῦ σύρματος πρὸς τὴν σφαῖραν ἠλεκτροσκοπίου, τοῦ ὁποίου τὸ περίβλημα συγκοινωνοῦμεν πρὸς τὴν Γῆν, εἰς δὲ τὴν ἄνω περιοχὴν τοῦ σύρματος τοποθετήσωμεν φλόγα κηρίου ἢ ραδιενεργὸν παρασκεύασμα (σχ. 429), τότε, λόγῳ τῶν ἰόντων τῆς φλογός, ἡ περὶ αὐτὴν περιοχὴ καθίσταται ἀγώγιμος, ὅτε τὸ ἀρνητικὸν φορτίον θὰ ἐκρέῃ διὰ τῆς ἀκίδος καὶ θὰ ἀπομείνῃ εἰς τὸ σύρμα μόνον τὸ θετικὸν φορτίον. Πράγματι, διὰ τοῦ πειράματος ἐπαληθεύονται τὰ ἀνωτέρω καὶ τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἐμφανίζεται θετικῶς ἠλεκτρισμένον ἐξ οὗ συνάγομεν ὅτι ὁ περὶ τὴν Γῆν χῶρος ἀποτελεῖ ἠλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου ἡ διεύθυνσις εἶναι ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, καὶ ἐπομένως ὅτι ἡ Γῆ φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Μεταξὺ δὲ δύο σημείων, τοῦ ἑνὸς εὑρισκομένου εἰς ὕψος 12 km ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ τοῦ ἑτέρου ἐπὶ τῆς Γῆς, ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ περίπου 200 000 Volt.

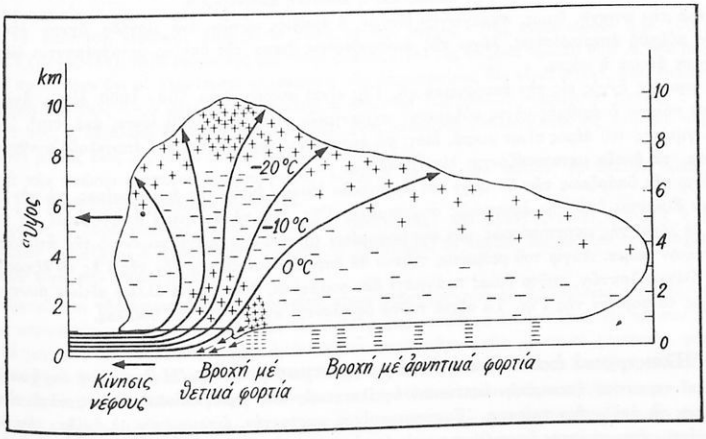
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

*** 252. Ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν ὑδροσταγόνων.** Εἰς βροχὰς μετρίας ἐντάσεως ἀλλὰ μακρὰς διαρκείας τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν ὑδροσταγονιδίων εἶναι σχεδὸν ἐξ ὁλοκλήρου θετικά, ἡ δὲ πυκνότης αὐτῶν εἶναι συνήθως τῆς τάξεως 0,5 ΗΣΜ - φορτίου/cm², ἀλλὰ κατὰ τὰς καταιγιδοφόρους βροχοπτώσεις ἐπέρχεται αὔξησις τῶν ἀρνητικῶν φορτίων. Παρὰ τὴν σημειουμένην ὅμως ταύτην αὔξησιν, τὰ θετικὰ φορτία παραμένουν περισσότερα τῶν ἀρνητικῶν.

Μολονότι, διὰ τὴν προέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τῆς Γῆς, δὲν ὑπάρχει οὐδεμία ἱκανοποιητικὴ ἐξήγησις, ὁ διαχωρισμὸς τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐντὸς τῶν ὑδροσταγονιδίων καὶ ἡ ἀνάπτυξις ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐντὸς τῶν νεφῶν, εὗρον ἱκανοποιητικὴν ἐξήγησιν. Οὕτω, πᾶν ὑδροσταγονίδιον αἰωρούμενον ἢ κινούμενον ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, καθίσταται, λόγῳ τοῦ γηΐνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου, δίπολον, φέρον εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ, τὸ ἐστραμμένον πρὸς τὴν Γῆν, τὸ θετικὸν φορτίον (σχ. 430). Τὰ ὑδροσταγονίδια, πίπτοντα κατὰ τὰς βροχὰς ἢ παραμένοντα ἐν αἰωρήσει ὑπὸ ἀνοδικῶν ἀερίων ρευμάτων, συναντοῦν διὰ τοῦ κατωτέρου ἄκρου αὐτῶν, ἀρνητικὰ ἰόντα, ἕλκουν ταῦτα πρὸς ἑαυτὰ καὶ οὕτω τὰ ἀρνητι-



Σχ. 430. Ἐξήγησις τῆς φορτίσεως τῶν σταγόνων τῆς βροχῆς.



Σχ. 431. Κατανομὴ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων εἰς καταιγιδοφόρον νέφος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κὰ ἰόντα ἐπικάθηνται ἐπὶ τῶν ὑδροσταγονιδίων, ἐνῷ ἀπωθοῦνται τὰ θετικὰ ἰόντα. Ἐξ αἰτίας τούτου τὰ ὑδροσταγονίδια φορτίζονται ἀρνητικῶς καὶ φθάνοντα εἰς τὸ ἔδαφος ἀποδίδουν εἰς αὐτὸ τὸ φορτίον των, ἐνῷ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν παραμένουν ἐλεύθερα θετικὰ ἰόντα.

Τὰ νέφη, συνιστάμενα ἐκ φορτισμένων ὑδροσταγονιδίων, παρουσιάζουν περιοχὰς θετικῶς φορτισμένας καὶ ἄλλας ἀρνητικῶς. Ἐξ ἄλλου, τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν νεφῶν, τὰ ἐστραμμένα πρὸς τὸ ἔδαφος, προκαλοῦν τὴν ἐξ ἐπαγωγῆς ἠλέκτρισιν τοῦ ἐδάφους καὶ τοιουτοτρόπως μεταξὺ ἐδάφους καὶ νέφους ἀναπτύσσεται ἠλεκτρικὸν πεδίον.

Εἰς σπανίας περιπτώσεις τὰ νέφη παρουσιάζουν τὰ κατώτερα στρώματα αὐτῶν θετικῶς φορτισμένα. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι, συνεπείᾳ ἰσχυρῶν ἀνοδικῶν ρευμάτων ἀέρος, προκαλεῖται διάσπασις τῶν μεγάλων ὑδροσταγόνων εἰς μικρότερα σταγονίδια, τὰ ὁποῖα παραλαμβάνουν τὸ ἀρνητικὸν φορτίον, ἀφίνοντα τὰς σταγόνας φορτισμένας θετικῶς. Αἱ μεγάλαι αὗται σταγόνες πίπτουν βραδέως, ἐνῷ τὰ σταγονίδια ἀνέρχονται παρασυρόμενα ὑπὸ τῶν ἀνοδικῶν ἀερίων ρευμάτων πρὸς τὰ ἄνω καὶ τοιουτοτρόπως προκαλεῖται διαχωρισμὸς τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων.

Εἰς τὸ σχῆμα 431 δεικνύεται ἡ κατανομὴ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων εἷς τι κινούμενον καταιγιδοφόρον νέφος.

***253. Ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῆς ἀτμοσφαίρας.** Ἡ ἀτμόσφαιρα παρουσιάζει ὡρισμένην ἠλεκτρικὴν ἀγωγιμότητα ὀφειλομένην εἰς τὴν ἐν αὐτῇ παρουσίαν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων ἢ καὶ ἠλεκτρονίων, ἐν ἄλλοις λόγοις εἰς τὴν παρουσίαν φορτιοφορέων. Ἡ γένεσις τῶν φορτιοφορέων τούτων, δηλαδὴ ὁ ἰονισμὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, ὀφείλεται εἰς πολλαπλᾶ αἴτια.

Πλησίον τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὁ ἰονισμὸς ὀφείλεται εἰς ραδιενεργοὺς οὐσίας, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἐγκατεσπαρμέναι εἰς τὸ ἔδαφος. Τὸ μεγαλύτερον ὅμως μέρος τοῦ ἰονισμοῦ της ὀφείλει ἡ ἀτμόσφαιρα εἰς τὴν ἡλιακὴν ἀκτινοβολίαν καὶ μάλιστα εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας αὐτῆς, αἱ ὁποῖαι συντελοῦν εἰς τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας.

Εἰς τὰ ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς ὕψος περίπου 80 - 100 km ὁ ἰονισμὸς εἶναι τόσον ἔντονος, ὥστε ἡ ἀγωγιμότης αὐτῆς θεωρεῖται ἴση πρὸς τὴν ἀγωγιμότητα τοῦ ἐδάφους, τὸ ἐντόνως δὲ ἰονισμένον τοῦτο στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας καλεῖται **στρῶμα Heaviside** (Χεβιζάϊντ) καὶ ἔχει σπουδαιοτάτην σημασίαν διὰ τὴν διάδοσιν τῶν ραδιοφωνικῶν κυμάτων. Εἰς τὸν ἰονισμὸν τῆς ἀτμοσφαίρας συντελοῦν ἀκόμη καὶ ἄλλα αἴτια, ὡς τὰ ἠλεκτρονικὰ νέφη, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπει ὁ Ἥλιος καὶ φέρονται πρὸς τὴν Γῆν καθὼς καὶ ἡ κοσμικὴ ἀκτινοβολία.

Παρὰ τὴν συνεχῆ, ὅμως, παραγωγὴν ἰόντων, ὁ ἀριθμὸς αὐτῶν ἀνὰ μονάδα ὄγκου δὲν δύναται νὰ αὐξηθῇ ἀπεριορίστως, λόγῳ τῆς ἀνασυνδέσεως ἑνεκα τῆς ὁποίας μετατρέπονται ἰόντα εἰς οὐδέτερα ἄτομα ἢ μόρια.

Ὁ ἰονισμὸς ἐγγὺς εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς εἶναι μικρός, ἤτοι 500 - 1000 ἰόντα ἀνὰ cm^3, ἄνωθεν πόλεων ὁ ἀριθμὸς οὗτος αὐξάνεται σημαντικῶς, ἤτοι ἕως 6000 ἰόντα ἀνὰ cm^3. Ἐπίσης ἡ ἀγωγιμότης τοῦ ἀέρος εἶναι μικρά, διότι τὰ ἀέρια ἰόντα συντίθενται καὶ ἀποτελοῦν συνθετώτερα τοιαῦτα, τὰ ὁποῖα μετατοπίζονται λίαν βραδέως.

Λόγῳ τῆς ὑπάρξεως τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, τὰ μὲν θετικὰ τούτων ἕλκονται ὑπὸ τῆς ἀρνητικῶς φορτισμένης Γῆς, ἐνῷ τὰ ἀρνητικὰ ἀπωθοῦνται ὑπ' αὐτῆς, οὕτω δὲ λόγῳ τῆς μετατοπίσεως τῶν φορτιοφορέων τούτων δημιουργεῖται ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Λόγῳ τοῦ ρεύματος τούτου θὰ ἔπρεπε ὅλον τὸ φορτίον τῆς Γῆς νὰ ἐξηφανίζετο ἐντὸς ὀλίγων λεπτῶν, τοῦτο ὅμως πράγματι δὲν συμβαίνει, διότι λόγῳ ἄλλων αἰτίων συντηρεῖται συνεχῶς τὸ φορτίον τῆς Γῆς. Τὰ αἴτια ταῦτα ὀφείλονται κυρίως εἰς τὰς θυέλλας.

254. Ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἡ ἀντίληψις ὅτι ὁ κεραυνὸς ἀποτελεῖ τεραστίαν ἠλεκτρικὴν ἐκκένωσιν ὀφείλεται εἰς τὸν **Φραγκλῖνον.** Οὗτος κατὰ τὸ 1752 ἐξετέλεσε τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Ἐχρησιμοποίησε χαρταετόν, ὡπλισμένον μὲ ἀκίδα, τὸν ὁποῖον συνεκράτει μέσῳ νήματος ὑγρανθέντος καὶ εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ εἶχε προσδέσει κλειδίον, τὸ ὁποῖον ἐκράτει μέσῳ ὑφάσματος διὰ τῆς χειρός του.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ὅταν ὁ χαρταετὸς εἰσεχώρησεν εἰς νέφος θυέλλης τὸ ὑγρανθὲν νῆμα κατέστη ἀγωγὸς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, οὕτω δὲ ὁ Φραγκλῖνος κατώρθωσε νὰ ἀποσπᾷ ἠλεκτρικοὺς σπινθῆρας ἀπὸ τοῦ κλειδίου, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἀπεδείκνυε τὴν ἠλεκτρικὴν φόρτισιν τοῦ νέφους.

Ἐπειδὴ τὰ ὑδροσταγονίδια, ἐξ ὧν ἀποτελοῦνται τὰ νέφη, δὲν φέρουν τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, παρουσιάζονται, ὡς ἀνεφέρθη, περιοχαί τινες τοῦ νέφους φορτισμέναι θετικῶς καὶ ἄλλαι ἀρνητικῶς. Ἐὰν ἡ τάσις μεταξὺ δύο νεφῶν ἢ μεταξὺ δύο περιοχῶν ἑνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ νέφους ὑπερβῇ ὡρισμένην τιμήν, παράγεται ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις, καλουμένη εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην **ἀστραπή,** συνοδευομένη ὑπὸ κρότου, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν **βροντήν.** Ἐὰν ἡ ἐκκένωσις συμβῇ μεταξὺ νέφους καὶ ἐδάφους, τὸ φαινόμενον καλεῖται εἰδικώτερον **κεραυνὸς** (σχ. 432).



Σχ. 432. Ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ νέφους καὶ γηΐνης ἐπιφανείας (κεραυνός).

Ὁ μέσος ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων, αἵτινες λαμβάνουν χώραν ἐντὸς τῆς γηΐνης ἀτμοσφαίρας, ἀνέρχεται εἰς 100 περίπου ἀνὰ δευτερόλεπτον, ἡ πλειονότης τῶν ὁποίων συμβαίνει μεταξὺ νεφῶν καὶ μόνον 10 - 30% μεταξὺ νεφῶν καὶ ἐδάφους. Ἐπειδὴ δὲ τὰ καταιγιδοφόρα νέφη εἶναι φορτισμένα ἀρνητικῶς, κατὰ τὸ κάτω τμῆμα αὐτῶν, ἔπεται ὅτι διὰ τῶν κεραυνῶν μεταφέρονται πρὸς τὴν Γῆν ἀρνητικὰ φορτία.

Διὰ νὰ ἐκσπάσῃ κεραυνὸς ἀπαιτεῖται τάσις μεταξὺ νέφους - Γῆς κυμαινομένη ἀπὸ 100 μέχρι 1000 MV (μεγαβόλτ), τὸ δὲ ρεῦμα τῆς φωτεινῆς φλεβὸς εἶναι τῆς τάξεως τῶν 20 000 A. Ἐκ παρατηρήσεων προέκυψεν ὅτι αἱ ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις τῆς ἀτμοσφαίρας δὲν εἶναι ἁπλαῖ, ἀλλ' ἑκάστη περιλαμβάνει συνήθως 3 - 5 μερικὰς ἐκκενώσεις, ἡ διάρκεια τῶν ὁποίων κυμαίνεται μεταξὺ $5 \cdot 10^{-4}$ καὶ 0,01 sec, ἡ δὲ ὁλικὴ διάρκεια τῆς λάμψεως ἑνὸς κεραυνοῦ ὑπολογίζεται εἰς 1/5 sec περίπου. Τὸ μέσον μῆκος ἑνὸς κεραυνοῦ ἀνέρχεται εἰς 2 ἕως 3 km.

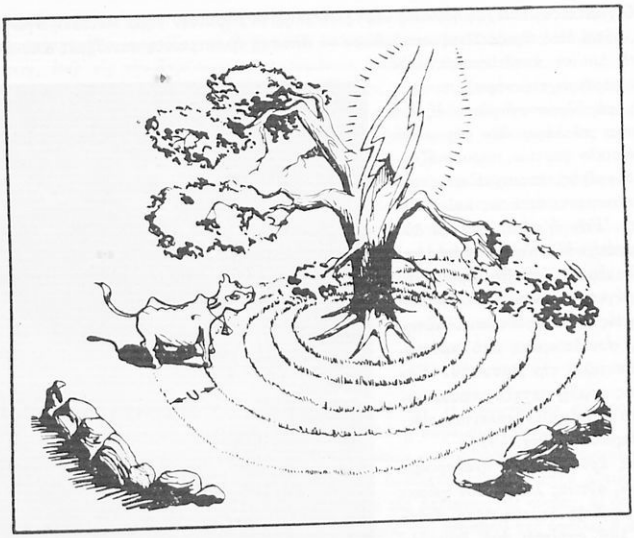
Κατὰ τὴν πτῶσιν κεραυνοῦ δημιουργεῖται ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον, ὅμως, ὑφίσταται ἐπὶ βραχύτατον χρονικὸν διάστημα.

Ὁ χρόνος ὁ παρερχόμενος μεταξὺ κεραυνοῦ (ἀστραπῆς) καὶ βροντῆς εἶναι ἀκριβῶς ὁ χρόνος τὸν ὁποῖον χρειάζεται ὁ ἦχος, ὅπως διανύσῃ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διαχωρίζει τὴν τροχιὰν τοῦ κεραυνοῦ ἀπὸ τοῦ παρατηρητοῦ.

Ἡ φωταύγεια τῆς ἀτμοσφαίρας, ὅταν αὕτη εἶναι βεβαρυμένη κατὰ θυελλώδεις στιγμάς, ὀφείλεται εἰς κεραυνούς, οἱ ὁποῖοι παράγονται εἰς πολὺ μεμακρυσμένας ἀποστάσεις, εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἦχος νὰ μὴ δύναται νὰ φθάσῃ μέχρις ἡμῶν· οὕτω ἀντιλαμβανόμεθα μόνον τὸ φωτεινὸν φαινόμενον. Τὸ σχῆμα ἢ ἡ μορφὴ τῶν ἀστραπῶν καὶ κεραυνῶν εἶναι πολυποίκιλος. Συνήθως μία ἀναλαμπὴ ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν κλάδων, ἰδιαιτέρως κατὰ τὸ' ἀνώτερον τμῆμα αὐτῆς.

Ἡ ἰσχυρὰ βροντή, ἡ παραγομένη κατὰ τὴν ἔκρηξιν τοῦ κεραυνοῦ, συνίσταται εἰς τὴν ἀπότομον ἐκτόνωσιν τῆς ἀερίου μάζης εἰς τὴν περιοχὴν κατὰ τὴν ὁποίαν λαμβάνει χώραν ἡ ἐκκένωσις, ὡς ἐκ τῆς ἀποτόμου ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 433. Λόγῳ τοῦ ὅτι οἱ ἐμπρόσθιοι καὶ ὀπίσθιοι πόδες τοῦ ζώου εὑρίσκονται εἰς διάφορον δυναμικόν, προκαλεῖται ροὴ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ τοῦ σώματος αὐτοῦ καὶ οὕτως ὑφίσταται ἠλεκτροπληξίαν.

Πολλάκις κατὰ τὴν διάρκειαν καταιγίδος, ζῶα συνηθροισμένα κάτωθεν δένδρου τινὸς ὑφίστανται ἠλεκτροπληξίαν, ὅταν τὸ δένδρον πληγῇ ὑπὸ κεραυνοῦ. Ἐκ τῶν φονευομένων ζώων, ἄλλα φονεύονται ἐκ πλευρικῶν ἀστραπῶν καὶ ἄλλα λόγῳ διαφορᾶς δυναμικοῦ εἰς τὸν πέριξ τοῦ δένδρου χῶρον.

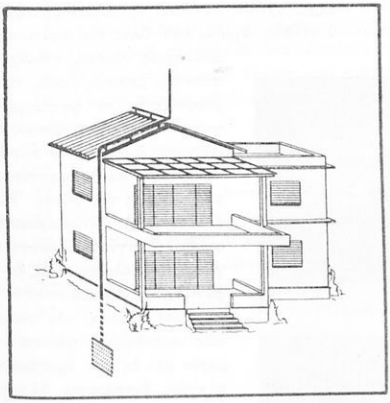
Εἰς τὸ σχῆμα 433 δίδεται ἑρμηνεία τοῦ φαινομένου τούτου. Κατὰ τὴν πτῶσιν κεραυνοῦ τινος ἐπὶ δένδρου, ῥέει κατὰ μῆκος τοῦ κορμοῦ αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κατευθυνόμενον πρὸς τὸ ἔδαφος, εἰς τὸ ὁποῖον καὶ διαχέεται, μέχρις ὅτου τὸ φορτίον μηδενισθῇ.

Ἡ εἰς τὸ ἔδαφος ροὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, παρουσιάζει μορφὴν διαδόσεως κύματος, ἀκτινικῶς δὲ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ροῆς δημιουργοῦνται ἰσοδυναμικαὶ γραμμαί, ἔχουσαι κυκλικὴν μορφὴν περίπου. Ἡ ἀγελὰς τοῦ σχήματος 433 εὑρίσκεται εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε μεταξὺ τῶν ἐμπροσθίων καὶ ὀπισθίων ποδῶν αὐτῆς ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ. Οὕτω προκαλεῖται ροὴ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ σώματος αὐτῆς, τὸ ὁποῖον καὶ τὴν φονεύει.

255. Ἀλεξικέραυνα. Τὰ ἀλεξικέραυνα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν προστασίαν τῶν κτιρίων ἀπὸ τοὺς κεραυνούς. Ταῦτα εἶναι ῥάβδοι μετάλλιναι, ἐγκατεστημέναι εἰς τὰ ὑψηλότερα σημεῖα τῶν κτιρίων, καὶ πολὺ καλῶς προσγειωμέναι διὰ συνδέσεως αὐτῶν πρὸς ἀγωγὸν εἰσχωροῦντα βαθέως ἐντὸς τοῦ ἐδάφους, μέσῳ ὅλων τῶν μεταλλίνων ἀγωγῶν τοῦ κτιρίου, π.χ. δικτύου ὑδρεύσεως, φωταερίου ὡς καὶ πάντος ἄλλου δικτύου ἀγωγῶν ἢ σωλήνων εὑρισκομένων παρὰ τὸ κτίριον. Συνήθως δέ, διὰ τὴν ὅσον τὸ δυνατὸν καλυτέραν προσγείωσιν, τοποθετεῖται βαθέως ἐντὸς τῆς Γῆς μετάλλινον σῶμα μεγάλης ἐπιφανείας, ὡς ἐπὶ παραδείγματι χάλκινον φύλλον (σχ. 434).

Ἡ προστασία τοῦ κτιρίου διὰ τοῦ ἀλεξικεραύνου ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς : Ἡ παρουσία τούτου παραμορφώνει τὴν διάταξιν τῶν ἰσοδυναμικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τῆς Γῆς οὕτως, ὥστε εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ ἀλεξικεραύνου ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου νὰ εἶναι μεγάλη. Τὸ ἰσχυρὸν τοῦτο πεδίον εὐνοεῖ ἀκριβῶς τὴν ἀποφυγὴν πτώσεως κεραυνοῦ ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεραύνου, λόγῳ φαινομένου δυνάμεως ἀκίδων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

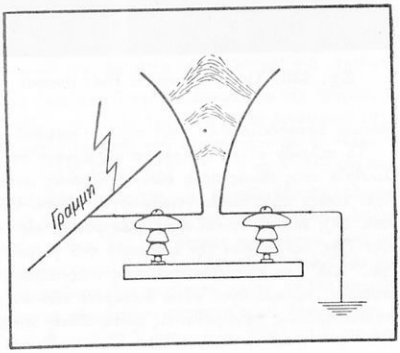


Σχ. 434. Ἀλεξικέραυνον διὰ τὴν προστασίαν οἰκοδομῆς.

'Ο χῶρος, τὸν ὁποῖον προστατεύει τὸ ἀλεξικέραυνον, εἶναι κωνικός. Τὸ ὕψος τοῦ κώνου τούτου εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους ὕψος τῆς κορυφῆς τοῦ ἀλεξικεραύνου, ἡ δὲ ἀκτὶς τῆς βάσεως αὐτοῦ εἶναι ἐπίσης ἴση (κατά τινας διπλασία) πρὸς τὸ ὕψος τοῦτο. Ράβδος ἐγκατεστημένη κατακορύφως εἰς ἀπόστασιν ἀπό τινος κτιρίου, δύναται νὰ προστατεύσῃ τοῦτο, ἀρκεῖ ὁλόκληρον τὸ κτίριον νὰ εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ ἐν λόγῳ κώνου προστασίας.

Πάντως ὁ κίνδυνος τῶν εὑρισκομένων ἐντὸς ἀπροστατεύτων κτιρίων ἀτόμων, ἐκ τῆς πτώσεως κεραυνοῦ, εἶναι συνήθως μικρός. Σπανίως ἀνεφέρθησαν θανατηφόρα περιστατικά, τὰ δὲ δυστυχήματα ὀφείλονται κατὰ κανόνα εἰς ἀναφλέξεις ἢ πυρκαϊάς. 'Ο κίνδυνος τῶν κτιρίων συνίσταται, ἐκτὸς τῆς προκλήσεως πυρκαϊᾶς (κυρίως) εἰς ἐκρηκτικὰ φαινόμενα ἐκ τῆς ἀποτόμου ἀτμοποιήσεως ποσοτήτων ὕδατος, π.χ. διαρρήξεις τοιχοποιίας, καταστροφὰς καπνοδόχων κλπ.

***Κερατοειδὴς ἀπαγωγός.** Πρὸς προστασίαν τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀπὸ τὰς ἀτμοσφαιρικὰς ἐκκενώσεις, ἐπειδὴ δὲν δυνάμεθα νὰ διατηροῦμεν τοὺς ἀγωγοὺς προσγειωμένους, τοποθετοῦμεν ἐπὶ τῶν στύλων τῆς γραμμῆς καὶ κατὰ ἀραιὰ διαστήματα κερατοειδεῖς ἀπαγωγούς, ἤτοι ἀλεξικέραυνα, ἀποτελούμενα ἐκ δύο μεταλλικῶν κεράτων, ἄτινα τοποθετοῦνται τὸ ἓν ἔναντι τοῦ ἄλλου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 435. Ἐκ τούτων, τὸ ἓν μεταλλικὸν κέρας συνδέεται μετὰ τοῦ ἀγωγοῦ μεταφορᾶς, ἐνῷ τὸ ἔναντι αὐτοῦ εὑρισκόμενον προσγειοῦται. Εἰς κανονικὰς τάσεις τὸ ἀλεξικέραυνον δρᾷ ὡς μονωτής, ὅταν ὅμως ἡ τάσις, δι' οἱονδήποτε λόγον, ὑπερβῇ τὸ ὅριον ἀσφαλείας, μεταβάλλεται εἰς καλὸν ἀγωγὸν καὶ διαβιβάζει οὕτω τὴν ἐπικίνδυνον τάσιν πρὸς τὴν Γῆν.



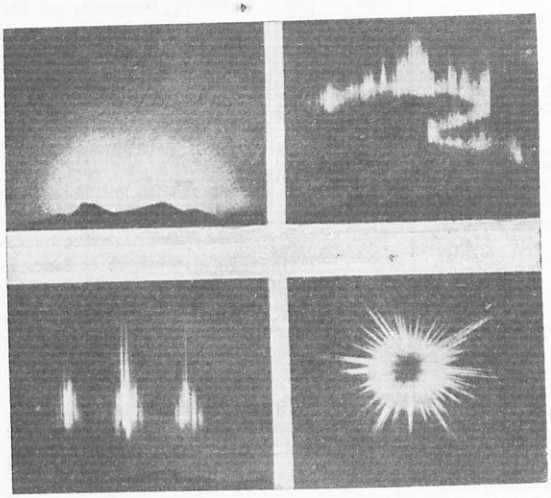
Σχ. 435. Κερατοειδὴς ἀπαγωγός. Ἀλεξικέραυνον διὰ τὴν προστασίαν τῶν γραμμῶν μεταφορᾶς.

***256. Πολικὸν σέλας.** Τοῦτο εἶναι ψυχρὰ φωτοβολία τοῦ ἀέρος (προσομοιάζουσα πρὸς ἐκείνην τῶν σωλήνων διὰ νέου), λαμβάνουσα χώραν εἰς μεγάλα ὕψη, οὐδέποτε χαμηλότερον τῶν 65 km. Συνήθως τὸ κατώτερον ἄκρον τοῦ πολικοῦ σέλαος ἀπέχει περὶ τὰ 100 km ἀπὸ τοῦ ἐδάφους, τὸ δὲ ἀνώτερον περὶ τὰ 400 km, ἀλλὰ κατὰ τὴν περίοδον σφοδρῶν μαγνητικῶν καταιγίδων δύναται νὰ φθάσῃ μέχρις ὕψους 1200 km. Εἶναι ὁρατὸν εἰς διαυγῆ οὐρανὸν σχεδὸν καθ' ὅλας τὰς ἀσελήνους νύκτας, εἰς ἀμφοτέρας τὰς ζώνας πολικοῦ σέλαος, αἵτινες περιβάλλουν τοὺς μαγνητικοὺς πόλους τῆς Γῆς εἰς ἀπόστασιν 23° περίπου. Ἡ ζώνη τοῦ βορείου πολικοῦ σέλαος διέρχεται διὰ τῆς βορειοδυτικῆς Νορβηγίας, διασχίζει τὸν Ἀτλαντικὸν νοτίως τῆς Ἰσλανδίας καὶ Γροιλανδίας, τέμνει τὸν βόρειον Καναδᾶ καὶ διήκει κατὰ μῆκος τῶν Σιβηρικῶν ἀκτῶν.

Ἐὰν διέρχεταί τις τὸν Ἀτλαντικὸν δι' ἀεροπλάνου, ἱπταμένου εἰς ὕψος 8 km, κατευθυνόμενος

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξ Εὐρώπης πρὸς Νέαν Ὑόρκην, δύναται κατὰ τὰς νύκτας, σχεδὸν πάντοτε, νὰ παρατηρῇ πρὸς Βορρᾶν πολικὸν σέλας. Ἀλλ' ἐνῷ εἰς τὰς ζώνας πολικοῦ σέλαος, σχεδὸν καθ' ὅλας τὰς σκοτεινὰς ἀσελήνους νύκτας, τοὐλάχιστον ἐπὶ μερικὰς ὥρας, παρουσιάζεται τὸ φαντασμαγορικὸν αὐτὸ φαινόμενον, ἡ συχνότης ἐμφανίσεως αὐτοῦ ἐλαττοῦται κατ' ἀμφοτέρας τὰς πλευρὰς τῆς ζώνης. Ἐξ ἄλλου, κατὰ τὴν διάρκειαν σφοδρῶν μαγνητικῶν καταιγίδων, τὸ πολικὸν σέλας ἐμφανίζεται καὶ κατὰ πολὺ νοτιώτερον. Οὕτως, εἰς σπανίας περιπτώσεις, γίνεται ὁρατὸν καὶ ἐκ τῶν ἡμετέρων πλατῶν, ἀναφέρεται δὲ περίπτωσις καθ' ἣν ἐφαίνετο ἐξ ὁλοκλήρου τῆς Ἰνδίας.



Σχ. 436. Χαρακτηριστικαί τινες μορφαὶ πολικοῦ σέλαος.

Τὸ πολικὸν σέλας ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρους μορφάς, ἤτοι ὡς τόξον μετ' ἀκτίνων, ὡς κυματοειδὲς παραπέτασμα, ὑπὸ μορφὴν διάχυτον ἢ ὡς στέμμα, τοῦ ὁποίου πλεῖσται φωτειναὶ δέσμαι ἀκτινοβολοῦν ἔκ τινος σημείου κειμένου ὑψηλὰ εἰς τὸν οὐρανὸν (σχ. 436).

Τὸ πολικὸν σέλας εὑρίσκεται εἰς ἄμεσον στενὴν σχέσιν πρὸς τὰς μαγνητικὰς καταιγίδας, ἀκολουθοῦν τοὺς ἰδίους πρὸς ἐκείνας κανόνας κατὰ τὴν πορείαν τῆς ἐμφανίσεως αὐτοῦ. Ἑπομένως ἔχει κοινὴν πρὸς αὐτὰς γενεσιουργὸν αἰτίαν. Οὕτω κατὰ τὰς ἐκρήξεις τῶν ἡλιακῶν κηλίδων (βλ. σελ. 48), ἐκτινάσσονται νέφη ἠλεκτρονίων εἰς τὸ διάστημα, πολλὰ τῶν ὁποίων, πλησιάζοντα πρὸς τὴν Γῆν, ὑφίστανται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηΐνου μαγνητικοῦ πεδίου, ἀποκλίνουν καὶ ἀπομακρύνονται. Ἀλλ' ὅσα κατευθύνονται πρὸς τοὺς πόλους, φθάνουν, ὁδεύοντα πρὸς αὐτούς, μέχρι τῆς ἀτμοσφαίρας, προκαλοῦντα οὕτω διέγερσιν τῶν ἀτόμων καὶ μορίων τοῦ ἠραιωμένου ἀέρος, ὁ ὁποῖος τοιουτοτρόπως διεγείρεται εἰς φωτοβολίαν, ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει εἰς ἕνα ἀερόκενον σωλῆνα.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Εἰς τί ὀφείλεται ἡ ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων.

2. Εἶναι δυνατὸν ὁ ἰονισμὸς ἀερίου τινὸς νὰ προχωρῇ ἐπ' ἄπειρον καὶ ἐὰν ὄχι διατί.

3. Εἰς τί συνίσταται ἡ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις.

4. Πότε παρατηρεῖται μὴ αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης. Ποία ἡ διαφορὰ ταύτης ἀπὸ τῆς αὐτοτελοῦς ἀγωγιμότητος.

5. Ποία ἡ οὐσιώδης διαφορὰ μεταξὺ σπινθῆρος ἢ ἐκκενώσεως αἴγλης ἀφ' ἑνός, καὶ ἐκκενώσεως τόξου, ἀφ' ἑτέρου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

6. Εἰς τί συνίσταται ἡ ἐκκένωσις αἴγλης καὶ ποῖαι αἱ ἐφαρμογαὶ αὐτῆς.

7. Ποῖαι αἱ ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως τόξου.

8. Πῶς γεννῶνται αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες, ποῖαι αἱ ἰδιότητες καὶ ποία ἡ φύσις αὐτῶν.

9. Τί εἶναι αἱ διαυλικαὶ ἀκτῖνες καὶ ποία ἡ φύσις αὐτῶν.

10. Πῶς γεννῶνται αἱ ἀκτῖνες Röntgen, ποῖαι αἱ ἰδιότητες αὐτῶν. Ἐκθέσατε μερικὰς ἀπὸ τὰς ἐφαρμογὰς αὐτῶν.

11. Ποία ἡ φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.

12. Πῶς ἀποδεικνύεται ἡ ὕπαρξις ἀτμοσφαιρικοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

13. Ποία ἡ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ γηΐνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

14. Εἰς τί ὀφείλεται ὁ ἰονισμὸς τῆς γηΐνης ἀτμοσφαίρας.

15. Εἰς τί συνίσταται ὁ κεραυνός.

16. Πῶς δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀπόστασιν ἀφ' ἡμῶν, νέφους, μεταξὺ τοῦ ὁποίου καὶ τῆς Γῆς ἐξέσπασε κεραυνός.

17. Πῶς ἐξηγεῖται ὁ ἐξ ἠλεκτροπληξίας θάνατος ζώου, πλησίον τοῦ ὁποίου ἔπεσε κεραυνός, χωρὶς νὰ πλήξῃ ἀπ' εὐθείας τὸ ζῶον.

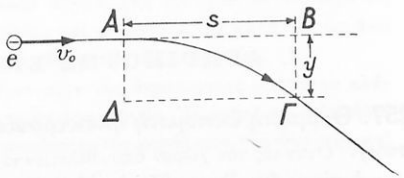
Β' Προβλήματα

1. Τὸ ἠλεκτρονιοβόλτ (1 eV) εἶναι ἡ ὑπὸ τῆς Ἀτομικῆς καὶ Πυρηνικῆς Φυσικῆς χρησιμοποιουμένη μονὰς ἐνεργείας, ὁρίζεται δὲ ὡς ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἓν ἠλεκτρόνιον, ὅταν κινηθῇ μεταξὺ δύο σημείων ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ ὁποῖα ἔχουν διαφορὰν δυναμικοῦ 1 V. 1) Πρὸς πόσα erg ἰσοῦται 1 ἠλεκτρονιοβόλτ. 2) Πρὸς πόσα ἠλεκτρονιοβόλτ ἰσοῦται : α) 1 erg, β) 1 cal.
(Ἀπ. 1' $1{,}6 \cdot 10^{-12}$ erg, 2α' $62{,}5 \cdot 10^{10}$ eV, 2β' $2{,}6 \cdot 10^{19}$ eV.)

2. Ἓν ἠλεκτρόνιον, τὸ ὁποῖον ἐπιταχύνεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ διανύει τὴν ἀπόστασιν μεταξὺ δύο σημείων τοῦ πεδίου, τὰ ὁποῖα ἔχουν διαφορὰν δυναμικοῦ 10^4 V. Ποία εἶναι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια (εἰς erg καὶ eV) καὶ ἡ ταχύτης τοῦ ἠλεκτρονίου εἰς τὸ τέλος τῆς διαδρομῆς του. (Ἀπ. $E_{\kappa\iota\nu} = 10^4$ eV, $\upsilon = 6 \cdot 10^9$ cm/sec.)

3. Ἓν ἠλεκτρόνιον ἀποσπᾶται ἐκ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς μιᾶς ἐκ τῶν δύο ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων, φορτισμένων μεταλλικῶν πλακῶν καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μεταξὺ αὐτῶν ὑφισταμένου ἠλεκτρικοῦ πεδίου κινεῖται πρὸς τὴν θετικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὁποίας προσπίπτει μετὰ χρόνον $1{,}5 \cdot 10^{-8}$ sec ἀπὸ τῆς ἀποσπάσεως. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν πλακῶν εἶναι 2 cm. Ἐὰν κατὰ τὴν ἐξαγωγήν του ἐκ τῆς ἀρνητικῆς πλακός, τὸ ἠλεκτρόνιον εἶχε ταχύτητα μηδέν, νὰ ὑπολογισθοῦν α) ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, β) ἡ ταχύτης μὲ τὴν ὁποίαν προσκρούει τὸ ἠλεκτρόνιον ἐπὶ τῆς θετικῆς πλακός. (Ἀπ. $\mathcal{E} = 9{,}99$ V/cm, $\upsilon = 2{,}664 \cdot 10^8$ cm/sec.)

4. Ἐπὶ ἠλεκτρονίου κινουμένου ὁριζοντίως μὲ ταχύτητα 20 000 km/sec ἐπενεργεῖ ἐπί τι χρονικὸν διάστημα ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κατακόρυφοι (βλ. σχῆμα 437). Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ χρονικοῦ διαστήματος τῆς ἐπενεργείας τοῦ πεδίου, τὸ ἠλεκτρόνιον εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Α, εἰς δὲ τὸ τέλος αὐτοῦ εἰς τὴν θέσιν Γ τῆς τροχιᾶς του. Ἡ ἀπόστασις ΑΒ εἶναι 22 cm, ἡ δὲ ἀπόκλισις ΒΓ τοῦ ἠλεκτρονίου ἐκ τῆς ἀρχικῆς του διευθύνσεως εἶναι 1 cm. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, β) ἡ χρονικὴ διάρκεια τῆς ἐπενεργείας αὐτοῦ. (Μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr, φορτίον αὐτοῦ $e = 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ - φορτίου). (Ἀπ. α' $\mathcal{E} = 9{,}27$ V/cm, β' $t = 1{,}1 \cdot 10^{-8}$ sec.)



Σχ. 437. Διὰ τὸ πρόβλημα 4.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

5. Σωματίδιον, φέρον ἓν στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον, κινεῖται ὑπὸ ταχύτητα $5 \cdot 10^9$ cm/sec ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 2000 Oersted, καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς αὐτοῦ. Ποία ἡ ἀσκουμένη ἐπ' αὐτοῦ δύναμις. (Στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb). ('Απ. $F = 1,6 \cdot 10^{-7}$ dyn.)

6. Ἓν ἠλεκτρόνιον κινεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 100 Oersted, καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς αὐτοῦ, μὲ ταχύτητα τῆς ὁποίας τὸ μέτρον παραμένει σταθερὸν καὶ ἴσον πρὸς $1,2 \cdot 10^7$ m/sec. α) Νὰ δειχθῇ ὅτι ἡ τροχιὰ τοῦ ἠλεκτρονίου ἐντὸς τοῦ πεδίου εἶναι κυκλική. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀκτὶς αὐτῆς. γ) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ ἠλεκτρονίου. (Φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου $= 1,6 \cdot 10^{-20}$ HMM - φορτίου, μᾶζα αὐτοῦ $= 9 \cdot 10^{-28}$gr). ('Απ. β' $r = 0,675$ cm, γ' $\nu = 2,83 \cdot 10^8$ sec^{-1}.)

7. Ἐὰν εἰς τὴν προηγουμένην ἄσκησιν τὸ κινούμενον σωματίδιον εἶναι πρωτόνιον, ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἵνα τοῦτο διαγράψῃ περιφέρειαν ἀκτῖνος 5 cm ἐντὸς τοῦ πεδίου. Δίδεται ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου $m = 1,67 \cdot 10^{-24}$ gr. $e = 1,6 \cdot 10^{-20}$ HMM - φορτίου. ('Απ. $\mathcal{H} = 2,505 \cdot 10^4$ Oersted.)

8. Ἐντὸς σωλῆνος καθοδικῶν ἀκτίνων κινοῦνται $6 \cdot 10^{17}$ ἠλεκτρόνια μὲ ταχύτητα 30 000 km/sec καὶ προσπίπτουν ἐπὶ ὀρθογωνίου μεταλλικῆς πλακὸς εὑρισκομένης ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ποία ἡ προκαλουμένη ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας τῆς πλακός, ἐὰν αὕτη ἔχῃ πάχος 0,8 mm καὶ ἐπιφάνειαν 0,8 cm^2. Ἡ πυκνότης τῆς ὕλης τῆς πλακὸς εἶναι 18,7 gr/cm^3, ἡ δὲ εἰδικὴ θερμότης αὐτῆς 0,033 cal/gr · grad (μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου $= 9 \cdot 10^{-28}$ gr). ('Απ. $\Delta\theta = 1460$ °C.)

9. Λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων, ἰσοδύναμος πρὸς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 10 mA, προσπίπτει ἐπὶ λεπτοῦ μεταλλικοῦ φύλλου. Ἡ ταχύτης τῶν ἠλεκτρονίων τῆς δέσμης εἶναι $5 \cdot 10^7$ m/sec. α) Πόσα ἠλεκτρόνια προσπίπτουν ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ φύλλου. β) Ἐὰν κατὰ τὴν δίοδον τῆς δέσμης διὰ τοῦ μεταλλικοῦ φύλλου ἡ ταχύτης τῶν ἠλεκτρονίων ἐλαττοῦται εἰς τὸ ἥμισυ τῆς ἀρχικῆς, πόση θερμότης ἀναπτύσσεται ἐντὸς αὐτοῦ ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου. (Φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb, μᾶζα αὐτοῦ $= 9 \cdot 10^{-28}$ gr). ('Απ. α' $n = 6,25 \cdot 10^{16}$ ἠλεκτρόνια, β' $Q = 4,23$ cal.)

10. Ἡ τάσις, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας εἶναι 300 V. Ποία ἡ ταχύτης μὲ τὴν ὁποίαν ἓν ἠλεκτρόνιον προσκρούει ἐπὶ τῆς ἀνόδου, ἐὰν κατὰ τὴν ἐξαγωγήν του ἐκ τῆς καθόδου εἶχε ταχύτητα μηδέν. (Φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου $= 4,8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου, μᾶζα αὐτοῦ $= 9 \cdot 10^{-28}$ gr). ('Απ. $\upsilon = 1,015 \cdot 10^9$ cm/sec.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΝ ΤΩι ΚΕΝΩι

Ι. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΥΨΗΛΟΝ ΚΕΝΟΝ

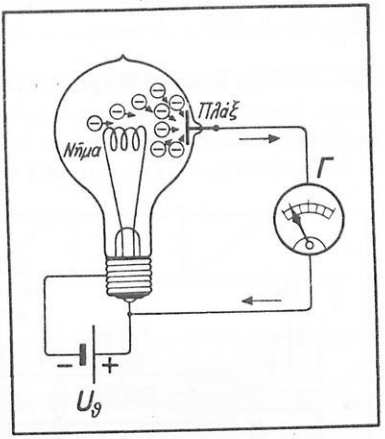
257. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων. Φαινόμενον Edison ('Εντισον). "Οταν εἰς τὸν χῶρον ὅπου θέλομεν νὰ σπουδάσωμεν τὴν ἀγωγιμότητα τῶν ἀερίων ἡ πίεσις ἔχῃ ἐλαττωθῇ εἰς 10^{-6} Torr, τότε ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων, ὁ ὁποῖος ἀντιστοιχεῖ κατὰ κυβικὸν ἑκατοστὸν εἶναι 10^{10} μόρια, ἐνῷ ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας ὁ αὐτὸς ἀριθμὸς εἶναι τῆς τάξεως τῶν 10^{19} μόρια/cm^3.

Ὑπὸ τόσον μικρὸν ἀριθμὸν μορίων, ἐν σχέσει πρὸς τὸν ἀρχικόν, εἶναι ἀδύνατον νὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπιτύχωμεν ἰονισμὸν τοῦ ἀερίου μὲ τὰς προηγουμένως ἐκτεθείσας μεθόδους. Ἕνεκα τούτου δὲν ὑφίστανται εἰς τὸν χῶρον φορεῖς φορτίων καὶ τὸ ὑψηλὸν κενὸν ἀποτελεῖ τὸν τελειότερον μονωτήν. Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἐπιτύχωμεν καὶ εἰς τὸ ὑψηλὸν κενὸν ἐκκένωσιν, ἐὰν καταφύγωμεν εἰς ἄλλην μέθοδον, τὴν ὁποίαν θὰ περιγράψωμεν ἀκολούθως.

Φαινόμενον Edison. Εἷς τρόπος διὰ νὰ διασπείρωμεν φορεῖς φορτίων ἐντὸς χώρου ὅπου ἐπικρατεῖ ὑψηλὸν κενὸν εἶναι νὰ χρησιμοποιήσωμεν διάπυρον κάθοδον. Ὡς κατεδείχθη πειραματικῶς, νῆμα ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον, π.χ. λευκόχρυσον ἢ βολφράμιον, τὸ ὁποῖον εἶναι λευκόπυρον ἐκπέμπει ἐντὸς χώρου ὑψηλοῦ κενοῦ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς φορεῖς τῶν φορτίων, οἱ ὁποῖοι καθιστοῦν ἀγώγιμον τὸν χῶρον.



Σχ. 438. Ὅταν ἡ πλάξ συνδέεται, μέσῳ τοῦ εὐαισθήτου γαλβανομέτρου, πρὸς τὸν θετικὸν πόλον πηγῆς συνεχοῦς τάσεως, τὰ ἠλεκτρόνια κινοῦνται ἐκ τοῦ διαπύρου νήματος πρὸς τὴν πλάκα.

Ὁ Edison πρῶτος (1883) παρετήρησεν ὅτι ἐὰν ἐντὸς λυχνίας πυρακτώσεως τοποθετήσωμεν, εἰς ἀπόστασίν τινα ἀπὸ τοῦ νήματος πυρακτώσεως, μεταλλικὴν πλάκα καὶ συνδέσωμεν αὐτήν, μέσῳ γαλβανομέτρου, πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς τῆς τροφοδοτούσης τὸ νῆμα τῆς λυχνίας (σχ. 438), παρατηρεῖται διὰ τοῦ γαλβανομέτρου δίοδος ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα αὐτοῦ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον δὲν συμβαίνει ὅταν ἡ πλάξ συνδέεται μέσῳ τοῦ γαλβανομέτρου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς θερμάνσεως τοῦ νήματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων,** γνωστὸν καὶ ὑπὸ τὸν ὅρον **φαινόμενον Edison,** παρέμενε δὲ ἀνεξήγητον μέχρι τοῦ 1901, ὁπότε διὰ πρώτην φορὰν ἐξήγησεν αὐτὸ ὁ Richardson (βραβεῖον Nobel, 1928), ὁ ὁποῖος ἀπέδειξεν ὅτι ὡρισμένα σώματα, ὡς π.χ. μεταλλικὰ σύρματα ἐν διαπύρῳ καταστάσει, ἐκπέμπουν ἠλεκτρόνια εἰς κενὸν χῶρον. Ἡ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων ὑπὸ διαπύρων σωμάτων κατεδείχθη ὅτι εἶναι ἐντονωτέρα εἰς ὡρισμένα σώματα, ὡς π.χ. εἰς τὰ ὀξείδια βαρίου καὶ στροντίου. Τὰ κατὰ τὸν ὡς ἄνω τρόπον ἐλευθερούμενα ἠλεκτρόνια ἐκλήθησαν **θερμικὰ ἠλεκτρόνια.**

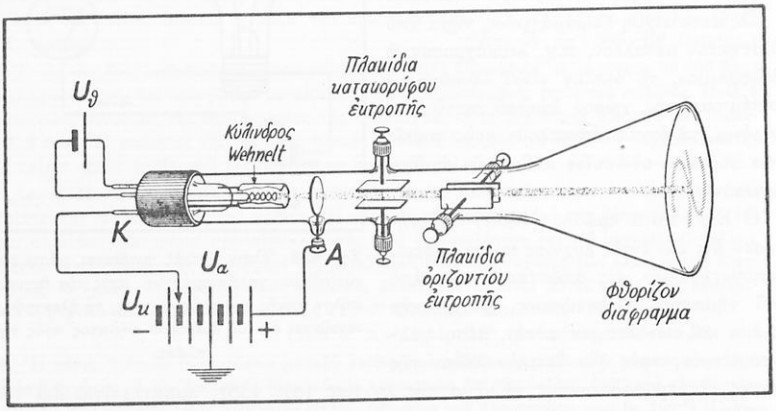
Τὸ φαινόμενον Edison ἀπετέλεσε τὴν ἀφετηρίαν τῆς δημιουργίας νεωτάτου κλάδου, ὁ ὁποῖος ἔχει σήμερον εὐρυτάτας πρακτικὰς ἐφαρμογάς. Ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἠλεκτρονίων ἐκ διαπύρου καθόδου ἀπετέλεσε σπουδαιότατον κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς καὶ δὴ τῆς Ἠλεκτροτεχνικῆς.

Ἐνταῦθα περιοριζόμεθα νὰ ἀναφέρωμεν τοὺς σωλῆνας Coolidge, τὸν καθοδικὸν παλμογράφον, τὸ ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον, τὰς ἠλεκτρονικὰς λυχνίας, καὶ εἰς ἄλλην θέσιν, τὴν ἐφαρμογὴν τῶν ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν εἰς τὴν τηλεγραφίαν καὶ τηλεφωνίαν (ραδιοφωνίαν).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐφαρμογὴ τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρονικῆς ἐκπομπῆς ὑπὸ διαπύρου μεταλλικοῦ νήματος ἐγένετο εἰς τὴν κατασκευὴν νέου τύπου σωλήνων παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen, τοὺς ὁποίους ἐσπουδάσαμεν ἤδη καὶ οἱ ὁποῖοι εἶναι γνωστοὶ ὡς σωλῆνες Coolidge (βλ. § 248).

258. Σωλὴν Braun (Μπράουν). Καθοδικὸς παλμογράφος. Ὁ σωλὴν Braun ἀποτελεῖται ἐξ ἀεροκένου ὑαλίνου σωλῆνος, ὅστις φέρει κατὰ τὸ ἓν ἄκρον αὐτοῦ τὴν κάθοδον Κ, ἐνῷ κατὰ τὸ ἄλλο εὑρύνεται καὶ καταλήγει εἰς διάφραγμα, τὸ ὁποῖον ἐσωτερικῶς ἔχει ἐπιχρισθῆ διὰ φθοριζούσης οὐσίας (σχ. 439).



Σχ. 439. Σωλὴν Braun. Τὸ ἠλεκτρόδιον Κ εἶναι ἐσωτερικῶς ἠνωμένον πρὸς τὸ διάπυρον νῆμα.

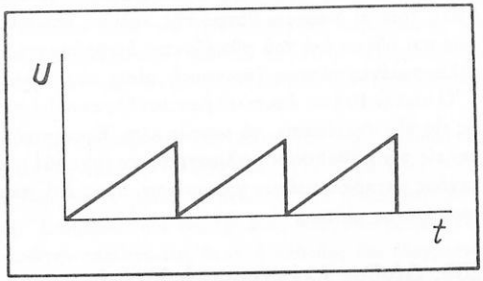
Ὡς κάθοδος χρησιμοποιεῖται διάπυρον σύρμα ἀπὸ λευκόχρυσον ἢ βολφράμιον, πυρακτούμενον μὲ τὴν βοήθειαν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ κάθοδος Κ ἀποτελεῖ τὴν πηγὴν ἐκπομπῆς ἠλεκτρονίων. Ἐναντι τῆς καθόδου καὶ ἐντὸς τῆς ἀποστενωμένης περιοχῆς τοῦ σωλῆνος τοποθετεῖται ἡ ἄνοδος ἀποτελουμένη ἐκ μεταλλικοῦ δίσκου Α φέροντος εἰς τὸ κέντρον μικρὰν ὀπήν. Ἡ ἄνοδος συνδέεται πρὸς τὸν θετικὸν πόλον πηγῆς συνεχοῦς τάσεως ὀλίγων χιλιάδων Volt, τῆς ὁποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται πρὸς τὴν κάθοδον.

Ὅταν ἡ ἄνοδος φορτίζεται θετικῶς, ἕλκει πρὸς ἑαυτὴν τὰ ἠλεκτρόνια καὶ οὕτω δημιουργεῖται δέσμη ταχέως κινουμένων ἠλεκτρονίων, δηλαδὴ καθοδικῶν ἀκτίνων. Διὰ τὴν λέπτυνσιν τῆς δέσμης ἡ κάθοδος περιβάλλεται ὑπὸ μεταλλικοῦ κυλίνδρου, ὁ ὁποῖος καλεῖται κύλινδρος τοῦ Wehnelt (Βένελτ).

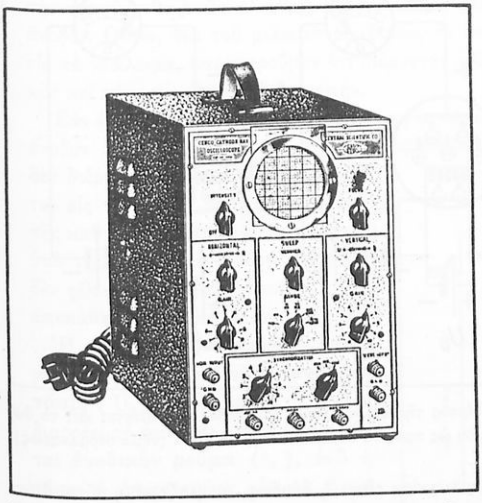
Ὅταν τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἐπιταχυνθῆ ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ὑφισταμένου μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου, διέλθουν διὰ τῆς ὀπῆς, τότε ἐξακολουθοῦν νὰ κινοῦνται καὶ εἰς τὸν ὄπισθεν τῆς ἀνόδου χῶρον, ὅπου δὲν ὑφίσταται ἠλεκτρικὸν πεδίον, εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς καὶ τέλος προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀναφαίνεται μικρὰ φωτεινὴ κηλίς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ διάστημα μεταξὺ ἀνόδου καὶ διαφράγματος ὑπάρχει ζεῦγος παραλλήλων μεταλλικῶν πλακῶν (ἐπίπεδος πυκνωτής), διὰ μέσου τῶν ὁποίων διέρχεται ἡ ἠλεκτρονικὴ δέσμη. Ἐὰν τὰς πλάκας αὐτὰς συνδέσωμεν πρὸς τοὺς πόλους πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν ἀντίθετον φορτίον, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλὶς δὲν σχηματίζεται πλέον εἰς τὸ κέντρον τοῦ διαφράγματος, ἀλλὰ μετακινεῖται ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος, καὶ μένει ἀκίνητος εἰς τὴν νέαν της θέσιν. Ἐὰν ὅμως οἱ πόλοι τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν πρὸς πηγὴν ἐναλλασσομένης τάσεως, τότε ἀντὶ φωτεινῆς κηλῖδος, ἕνεκα τῆς διαρκείας τῆς φωτεινῆς ἐντυπώσεως, ἀναφαίνεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος μικρὰ φωτεινὴ γραμμή, τῆς ὁποίας τὸ μῆκος εἶναι ἀνάλογον τῆς ἐφαρμοζομένης τάσεως. Ἐὰν ἐξ ἄλλου παρατηροῦμεν τὴν φωτεινὴν γραμμὴν ὄχι ἀπ' εὐθείας, ἀλλὰ τὸ εἴδωλον αὐτῆς διὰ μέσου ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον περιστρέφεται περὶ ἄξονα (περιστρεπτὸν κάτοπτρον), βλέπομεν νὰ σχηματίζεται ἡ γνωστὴ ἡμιτονοειδὴς καμπύλη ἡ δεικνύουσα τὸν νόμον τῆς μεταβολῆς τοῦ ρεύματος. Τὴν περίπτωσιν ταύτην ἐσπουδάσαμεν ἤδη καὶ διὰ τοῦ παλμογράφου μὲ βρόχον εἰς τὴν § 163. Ἐκτὸς ὅμως τοῦ πρώτου ζεύγους πλακῶν ὑπάρχει καὶ δεύτερον ζεῦγος, τὸ ὁποῖον εἶναι διατεταγμένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ ὑπ' αὐτῶν προκαλουμένη ἀπόκλισις τῆς δέσμης νὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν πρώτην.



Σχ. 440. Πριονωτὴ μορφὴ τάσεως.



Σχ. 441. Καθοδικὸς παλμογράφος ἐργαστηριακοῦ τύπου.

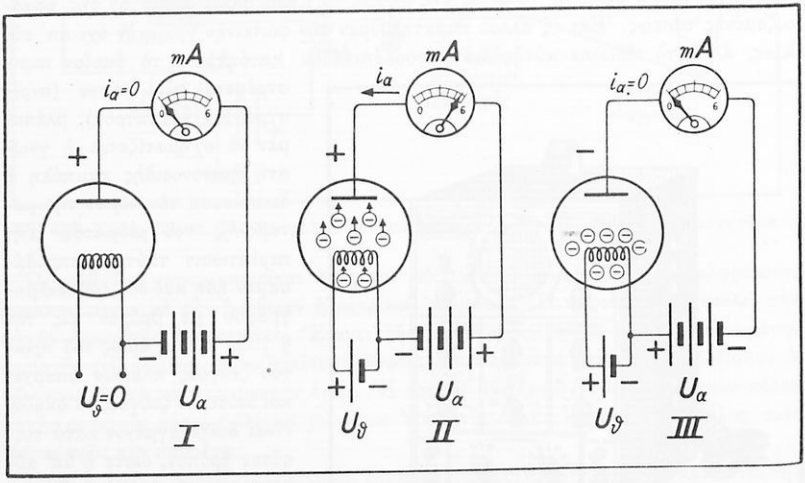
Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὴν ἐναλλασσομένην τάσιν ἐπὶ τοῦ δευτέρου συστήματος πλακῶν, τότε ἡ φωτεινὴ γραμμὴ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος θὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν πρώτην. Τοιουτοτρόπως μὲ τὸ σύστημα τῶν δύο ζευγῶν πλακῶν εἶναι δυνατὸν νὰ μετακινοῦμεν τὴν καθοδικὴν δέσμην κατὰ δύο καθέτους διευθύνσεις ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐὰν ἤδη ἐφαρμόσωμεν τὴν ἐναλλασσομένην τάσιν πρὸς τὸ ἕνα ζεῦγος πλακῶν, τὸ ὁποῖον παρέχει κατακόρυφον φωτεινὴν γραμμὴν καὶ ταυτοχρόνως εἰς τὸ ἄλλο ζεῦγος πλακῶν ἐφαρμόσωμεν μεταβλητὴν τάσιν, εἰς τρόπον ὥστε αὕτη νὰ αὐξάνεται ἀπὸ μηδὲν μέχρι μεγίστης τιμῆς, ἀναλόγως τοῦ χρόνου, καὶ κατόπιν νὰ μηδενίζεται ἀ π ο τ ό μ ω ς, ἀκολούθως νὰ αὐξάνεται ἐκ νέου κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον κ.ο.κ. (σχ. 440), τότε αἱ διάφοροι θέσεις τῆς κηλῖδος ἐπὶ τοῦ διαφράγματος χωρίζονται χρονικῶς καὶ οὕτως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἀναφαίνεται ἡ καμπύλη τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως (πριονωτὴ τάσις σαρώσεως).

Ὁ σωλὴν Braun ἀποτελεῖ βασικὸν ὄργανον διὰ τὴν κατασκευὴν ποικίλων συσκευῶν, ὡς εἰς τὴν τηλεόρασιν, τὸ ραντὰρ κλπ. Ἐφαρμογὴν ἐπίσης τοῦ σωλῆνος Braun ἔχομεν εἰς τὸν **καθοδικὸν παλμογράφον** (σχ. 441), συσκευὴν διὰ τὴν παρακολούθησιν ταχέως μεταβαλλομένων φαινομένων, ὅπως ἐπὶ παραδείγματι τῆς μορφῆς μιᾶς ἐναλλασσομένης τάσεως.

259. Δίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία. Ἐφαρμογὴν τοῦ φαινομένου Edison, τὸ ὁποῖον ἐμελετήσαμεν εἰς τὴν § 257, συναντῶμεν καὶ εἰς τὰς **ἠλεκτρονικὰς λυχνίας,**



Σχ. 442. Ροὴ ἠλεκτρονίων κυκλοφορεῖ ἐντὸς τῆς διόδου, ὅταν ἡ κάθοδος θερμαίνεται καὶ τὸ δυναμικὸν τῆς πλακὸς (ἄνοδος) εἶναι θετικὸν ὡς πρὸς τὸ δυναμικὸν τῆς καθόδου (νῆμα θερμάνσεως).

ἁπλουστέρα δὲ μορφὴ ἠλεκτρονικῆς λυχνίας εἶναι ἡ **δίοδος,** ὀνομαζομένη οὕτω διότι φέρει δύο ἠλεκτρόδια. Οὕτως, εἰς μίαν τοιαύτην λυχνίαν (σχ. 442), εἰς τὴν ὁποίαν ἔχει πραγματοποιηθῆ λίαν ὑψηλὸν κενὸν (π.χ. 10^{-6} Torr), ὑπάρχει μεταλλικὸν ἠλεκτρόδιον ἀποτελούμενον ἀπὸ λεπτὸν σύρμα ἐκ δυστήκτου οὐσίας, π.χ. βολφραμίου, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ πυρακτοῦται τῇ βοηθείᾳ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (στήλης τάσεως U_θ). Ἀπέναντι τοῦ νήματος τούτου τοποθετεῖται ἕτερον μεταλλικὸν ἠλεκτρόδιον ὑπὸ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μορφὴν ἐπιπέδου πλακός, ἢ συνηθέστερον κυλίνδρου, εἰς τὸν ἄξονα τοῦ ὁποίου εὑρίσκεται τὸ νῆμα θερμάνσεως. Ἡ μὲν πηγὴ τῶν ἠλεκτρονίων, δηλαδὴ τὸ νῆμα, καλεῖται **κάθοδος (Κ),** ἡ δὲ πλάξ καλεῖται **ἄνοδος (Α).**

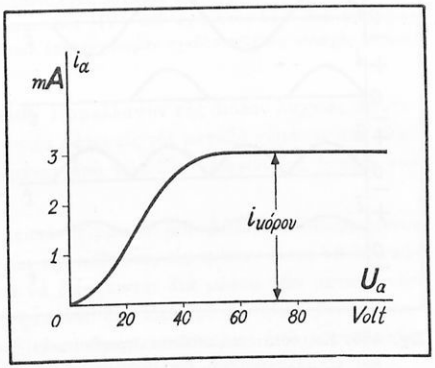
Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια τῆς ἀνόδου καὶ καθόδου πρὸς τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς, τάσεως U_α, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 442, Ι, ἤτοι τὴν ἄνοδον πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ τὴν κάθοδον πρὸς τὸν ἀρνητικόν, διὰ παρεμβολῆς μιλιαμπερομέτρου εἰς τὸ κύκλωμα, παρατηροῦμεν ὅτι διὰ τοῦ ὀργάνου τοῦ μιλιαμπερομέτρου δὲν διέρχεται ρεῦμα. Τοῦτο διότι εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων χῶρον δὲν ὑφίστανται ἠλεκτρικοὶ φορεῖς.

Ἐὰν ἀκολούθως συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ σύρματος τῆς καθόδου πρὸς τοὺς πόλους ἑτέρας ἠλεκτρικῆς πηγῆς τάσεως U_θ (σχ. 442, ΙΙ), ἡ κάθοδος θερμαίνεται μέχρις ἐρυθροπυρώσεως, ἐνῷ ταυτοχρόνως ὁ δείκτης τοῦ μιλιαμπερομέτρου ἀποκλίνει δεικνύων ἔνδειξίν τινα. Ἑπομένως διὰ τοῦ ὀργάνου διέρχεται ρεῦμα. Τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς. Κατὰ τὴν πρώτην περίπτωσιν, ὅταν ἡ κάθοδος δὲν ἐθερμαίνετο, ἡ θερμοκρασία αὐτῆς ἦτο χαμηλή, διὰ τοῦτο τὰ ἐντὸς τῆς καθόδου ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια δὲν ἠδύναντο νὰ ἀποσπασθοῦν καὶ νὰ ἐξέλθουν. Ὅταν ὅμως θερμάνωμεν τὴν κάθοδον, ἱκανὸς ἀριθμὸς ἠλεκτρονίων ἀποσπᾶται ἀπ' αὐτῆς καὶ ὁδεύουν ἑλκόμενα πρὸς τὴν θετικὴν πλάκα τῆς ἀνόδου ἐντὸς τῆς ὁποίας καὶ εἰσέρχονται.

Τὸ ἀποκαθιστάμενον μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων πεδίον ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐπιτάχυνσιν τῶν ἐλευθερουμένων οὕτως ἠλεκτρονίων, διευθυνομένων πρὸς τὴν ἄνοδον. Οὕτω, διὰ τοῦ μιλιαμπερομέτρου, τὸ ὁποῖον ἔχομεν καταλλήλως συνδέσει εἰς τὸ κύκλωμα, παρατηροῦμεν ὅτι διέρχεται ρεῦμα, μολονότι ὁ χῶρος μεταξὺ πλακὸς καὶ νήματος ἀποτελεῖ διακοπήν.

Ἐὰν ἐναλλάξωμεν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς τάσεως U_α (σχ. 442, ΙΙΙ), συνδέοντες τὴν ἄνοδον πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον, παρατηροῦμεν ὅτι διὰ τοῦ μιλιαμπερομέτρου δὲν διέρχεται ρεῦμα. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὰ ἐκπεμπόμενα ὑπὸ τῆς καθόδου ἠλεκτρόδια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τῆς ἀρνητικῆς ἀνόδου καὶ οὕτω δὲν φθάνουν εἰς αὐτήν, ἑπομένως δὲν ἀποκαθίσταται κύκλωμα.

Ἡ μεταξὺ ἀνόδου-καθόδου ἐφαρμοζομένη τάσις καλεῖται **ἀνοδικὴ τάσις (U_α),** τὸ δὲ ρεῦμα τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα καλεῖται **ἀνοδικὸν ρεῦμα (i_α),** ἐνῷ ἡ τάσις ἡ ἐπικρατοῦσα εἰς τὰ ἄκρα τοῦ νήματος καλεῖται **τάσις θερμάνσεως (U_θ).**



Σχ. 443. Χαρακτηριστικὴ καμπύλη διόδου λυχνίας, δεικνύουσα τὴν μεταβολὴν τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος διὰ μεταβολῆς τῆς ἀνοδικῆς τάσεως.

Χαρακτηριστικὴ καμπύλη διόδου λυχνίας. Ἐὰν ὑπὸ ὡρισμένην πυράκτωσιν τοῦ νήματος αὐξάνωμεν

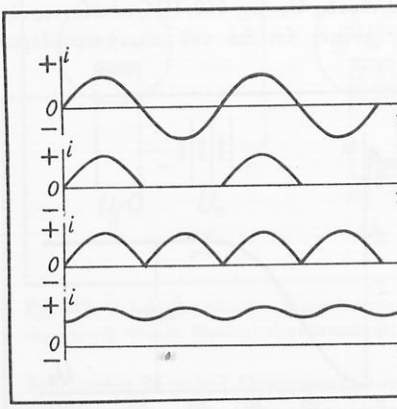
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν **ἀνοδικὴν τάσιν** (U_α), παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὸ **ἀνοδικὸν ρεῦμα** (i_α) αὐξάνεται, καὶ τέλος ἐπέρχεται στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν, αὐξανομένης τῆς ἀνοδικῆς τάσεως, ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος παύει νὰ αὐξάνεται, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἀπεκατεστάθη τὸ **ρεῦμα κόρου.** Τοῦτο συμβαίνει ὅταν ἡ ἀνοδικὴ τάσις λάβῃ τοιαύτην τιμήν, ὥστε ὅσα ἠλεκτρόνια ἐκλύονται ἀπὸ τὴν κάθοδον εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἔλκονται ὅλα ὑπὸ τῆς ἀνόδου πρὸς τὸ μέρος αὐτῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 443 δεικνύεται γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος i_α μετὰ τῆς τάσεως ἀνόδου U_α. Οὕτως, ὅταν ἡ ἀνοδικὴ τάσις λάβῃ τὴν τιμὴν τῶν 50 V, τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἀποκτᾷ τὴν μεγίστην τιμὴν τῶν 3 mA περίπου (ρεῦμα κόρου), αὐξανομένης δὲ ἔτι μᾶλλον τῆς ἀνοδικῆς τάσεως πέραν τῶν 50 V, τὸ ρεῦμα κόρου ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ σταθερόν. Πράγματι, ὅταν ἀποκατασταθῇ τὸ ρεῦμα κόρου, ἡ ἀνοδικὴ τάσις ἔχει τοιαύτην τιμήν, ὥστε δύναται νὰ ἕλκῃ πρὸς ἑαυτὴν ὅλα τὰ ἀπὸ τοῦ διαπύρου νήματος ἐκλυόμενα ἠλεκτρόνια εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, καὶ ὡς ἐκ τούτου δὲν δύναται νὰ ἐπέλθῃ πλέον αὔξησις τοῦ ρεύματος.

Εἰς τὰς ἐν χρήσει σήμερον διόδους ἠλεκτρονικὰς λυχνίας ἡ ἄνοδος δὲν ἔχει τὴν μορφὴν πλακός, ἀλλὰ κοίλου κυλίνδρου περιβάλλοντος τὸ νῆμα (βλ. σχ. 446). Εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εὑρίσκουν αἱ ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι εἰς τὴν τηλεπικοινωνίαν, εἰς τὰς ἠλεκτρονικὰς συσκευὰς καὶ γενικῶς εἰς τοὺς τεχνικοὺς κλάδους, εἰδικώτερον δὲ ἡ δίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὡς θὰ περιγράψωμεν κατωτέρω.

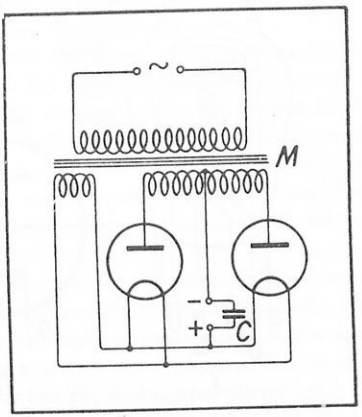
***260. Ἀνόρθωσις διὰ διόδου λυχνίας.** Πολλάκις ἀπαιτεῖται συνεχὴς τάσις, ἐνῷ διατίθεται μόνον ἐναλλασσομένη τοιαύτη, ὡς π.χ. διὰ ἠλεκτρολύσεις ἢ διὰ τὴν φόρτισιν συσσωρευτῶν. Εἰς τοιαύτας περιπτώσεις χρησιμοποιοῦμεν συσκευάς, διὰ τῶν ὁποίων τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα μετατρέπεται εἰς συνεχές. Αἱ συσκευαὶ αὗται καλοῦνται **ἀνορθωταί,** ἡ δὲ διεργασία, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐπιτυγχάνεται ἡ μετατροπὴ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς συνεχές, ὀνομάζεται **ἀνόρθωσις.** Ὡς ἀνορθωτὴς δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ δίοδος λυχνία καθότι αὕτη ἐπιτρέπει τὰ ἐκ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια νὰ κινοῦνται μόνον κατὰ μίαν φοράν, δηλαδὴ ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ ὄχι ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον. Ἐὰν ἐξωτερικῶς, μεταξὺ νήματος καὶ πλακὸς διόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας, ἀντὶ νὰ συνδέσωμεν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, συνδέσωμεν πηγὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος, τότε διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος θὰ διέρχεται ρεῦμα, μόνον ὅταν ἡ πλὰξ εἶναι θετική. Ἐφ' ὅσον ὅθεν ἡ πηγὴ παρέχει τάσιν ἐναλλασσομένην, τῆς μορφῆς τοῦ σχήματος 444,Ι, διὰ



Σχ. 444. Καμπύλαι παριστῶσαι προοδευτικὴν ἀνόρθωσιν καὶ ἐξομάλυνσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος θὰ διέρχεται ρεῦμα τῆς μορφῆς τοῦ σχήματος 444,II, ἤτοι ρεῦμα ἔχον τὴν αὐτὴν πάντοτε φοράν, καλούμενον **κυματοειδὲς** ἢ **διακοπτόμενον** ἢ **ἡμιανορθωμένον ρεῦμα,** καὶ τὸ ὁποῖον, διὰ καταλλήλων μέσων, δύναται ἀκολούθως νὰ μετατραπῇ εἰς συνεχὲς ρεῦμα, ἡ δὲ δίοδος λυχνία καλεῖται **ἠλεκτρονικὸς ἀνορθωτὴς** ἢ **ἀνορθωτικὴ λυχνία.**



Σχ. 445. Σχηματικὴ παράστασις ἀνορθώσεως ἐναλλασσομένου ρεύματος διὰ δύο λυχνιῶν. Ἡ θέρμανσις τῶν λυχνιῶν ἐπιτυγχάνεται διὰ μετασχηματιστοῦ.

Ἐκτὸς τοῦ ἀνορθωτοῦ τοῦ τύπου τούτου χρησιμοποιοῦνται σήμερον διὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ διάφοροι ἄλλοι τύποι ἀνορθωτῶν, ὡς π.χ. ὁ ἠλεκτρολυτικός, ὁ ὑδραργυρικός, ὁ ξηρὸς ἀνορθωτὴς (βλ. § 213), ὁ κρυσταλλικὸς φωρατὴς (βλ. § 297) κ.ἄ.

Συνήθως ἡ πυράκτωσις τοῦ νήματος τῆς ἀνορθωτικῆς λυχνίας δὲν γίνεται δι' ἰδιαιτέρας στήλης, ἀλλὰ χρησιμοποιεῖται πρὸς τοῦτο τὸ πρὸς ἀνόρθωσιν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα μὲ τὴν βοήθειαν καταλλήλου μετασχηματιστοῦ, ὁ ὁποῖος ὑποβιβάζει τὴν τάσιν εἰς τὴν κατάλληλον τιμήν.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογάς, διὰ τὴν ἐπιτυχίαν μεγαλυτέρας ἀποδόσεως, χρησιμοποιοῦν τὴν διπλῆν ἀνόρθωσιν διὰ νὰ ἐπιτυγχάνεται ἀνόρθωσις ἀμφοτέρων τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. Ἡ πρὸς τοῦτο διάταξις εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 445, αἱ δὲ καμπύλαι τοῦ σχήματος 444, δεικνύουν εἰς (III) τὴν διπλῆν ἀνόρθωσιν. Ὡς παρατηροῦμεν εἰς τὴν καμπύλην (III), τὸ ρεῦμα ἔχει πάντοτε τὴν ἰδίαν φοράν, ἀλλὰ δεικνύει καὶ διακυμάνσεις μεταξὺ μεγίστης καὶ μηδενικῆς τιμῆς. Ὅπως μειώσωμεν τὰς διακυμάνσεις ταύτας χρησιμοποιοῦμεν ἐξομαλυντικὰς διατάξεις.

Μία ἁπλῆ διάταξις ἐξομαλύνσεως εἶναι ἡ διὰ συνδέσεως ἐν παραλλήλῳ πρὸς τὸ μέρος τοῦ συνεχοῦς ρεύματος πυκνωτοῦ C, καταλλήλου χωρητικότητος, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 445. Ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται κατὰ τὰς στιγμὰς τῶν μεγίστων τοῦ ρεύματος καὶ ἀποδίδει τὸ φορτίον του πρὸς τὴν πλευρὰν τοῦ συνεχοῦς ὅταν τὸ ρεῦμα μηδενίζεται, οὕτω δὲ ἐπιτυγχάνεται σημαντικὴ ἐξομάλυνσις τοῦ ρεύματος, ὡς δεικνύεται ὑπὸ τῆς καμπύλης (IV) τοῦ σχήματος 444. Διὰ χρησιμοποιήσεως συνθετωτέρων ἐξομαλυντικῶν διατάξεων ἐπιτυγχάνομεν σχεδὸν τελείως συνεχὲς ρεῦμα.

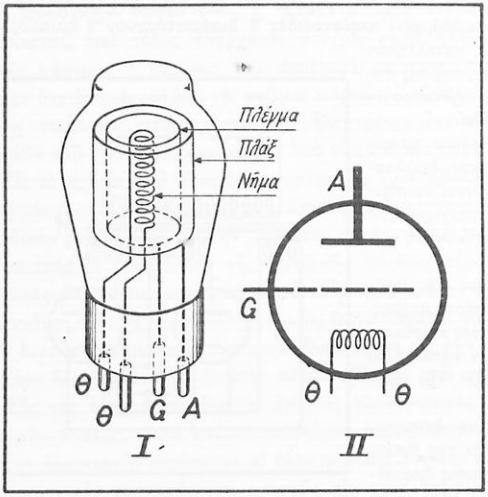
261. Τρίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία.

Παραλλαγὴν τῆς διόδου λυχνίας ἀποτελεῖ ἡ **τρίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία,** ἡ ὁποία φέρει εἰς τὸν μεταξὺ νήματος καὶ πλακὸς χῶρον καὶ τρίτον ἠλεκτρόδιον, μονωμένον ἀπὸ τῶν δύο πρώτων, τὸ ὁποῖον καλεῖται **πλέγμα** ἢ **ἐσχάρα.**

Τὸ πλέγμα ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ λεπτὸν σύρμα ἐκ μολυβδαινίου περιελιγμένον εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς. Τοῦτο περιβάλλει τὴν κάθοδον, εἰς τρόπον ὥστε τὰ ἐκ ταύτης πρὸς τὴν ἄνοδον ὁδεύοντα ἠλεκτρόνια νὰ διέρχωνται διὰ μέσου τῶν μεταξὺ τῶν σπειρῶν τοῦ πλέγματος διακένων. Τὸ σχῆμα 446 δεικνύει τρίοδον ἠλεκτρονικὴν λυχνίαν, ὅπου τὸ πλέγμα G (grid, grille, Gitter) πραγματοποιεῖται ὑπὸ λεπτοῦ σύρματος περιβάλλοντος τὴν κάθοδον, εἰς σχῆμα ἑλικοειδοῦς ἐλατηρίου.

Λειτουργία τῆς τριόδου. Ἐὰν θερμανθῇ ἡ κάθοδος μιᾶς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας διὰ συνδέσεως αὐτῆς πρὸς ἠλεκτρικὴν πηγὴν U_θ (σχ. 447,I), τότε αὕτη

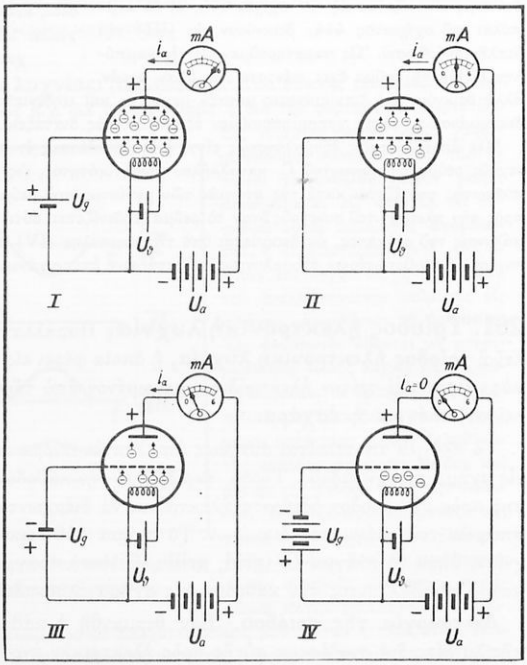
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια, ἐλκόμενα ὑπὸ τῆς εἰς θετικὸν δυναμικὸν εὑρισκομένης ἀνόδου. Ὅσα ἐκ τῶν ἠλεκτρονίων τούτων διέλθουν διὰ τῶν διακένων τοῦ πλέγματος, συνδεομένου πρὸς τὸν θετικὸν πόλον πηγῆς, τάσεως U_g, ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς ὁποίας συγκοινωνεῖ πρὸς τὴν κάθοδον, προσκρούουν ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς αὐτῆς καὶ τοιουτοτρόπως προκαλεῖται τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα i_a.

Σχ. 446. Ι, Τρίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία καὶ συμβολικὴ παράστασις αὐτῆς, ΙΙ.

Ἐὰν ἀποσυνδέσωμεν τὴν πηγὴν U_g, ὁπότε μηδενίζεται τὸ δυναμικὸν τοῦ πλέγματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔνδειξις τοῦ μιλιαμπερομέτρου εἶναι μικροτέρα (σχ. 447, ΙΙ). Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι λόγῳ τῆς μικροτέρας ἕλξεως, ἥτις ἀσκεῖται ἐπὶ τῶν ἐκ τῆς καθόδου ἀποσπωμένων ἠλεκτρονίων, φθάνουν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον εἰς τὴν ἄνοδον ὀλιγώτερα ἠλεκτρόνια ἢ κατὰ τὴν πρώτην περίπτωσιν.



Σχ. 447. Εἰς τρίοδον ἠλεκτρονικὴν λυχνίαν τὸ δυναμικὸν τοῦ πλέγματος ρυθμίζει τὴν κυκλοφορίαν τῶν ἠλεκτρονίων ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἄνοδον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

'Εὰν ἀκολούθως συνδέσωμεν τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς U_g πρὸς τὸ πλέγμα, τὸν δὲ θετικὸν πρὸς τὴν κάθοδον, τότε θὰ συμβοῦν τὰ ἀκόλουθα. Τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς καθόδου, ἀφ' ἑνὸς μὲν ἕλκονται ὑπὸ τῆς θετικῆς ἀνόδου, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ ἀρνητικοῦ πλέγματος.

Διὰ μικρὰς τιμὰς τῆς ἀρνητικῆς τάσεως τοῦ πλέγματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἐμφανίζεται ἀσθενοῦς ἐντάσεως ἀνοδικὸν ρεῦμα, ἐφ' ὅσον ἡ ἄπωσις, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται τὰ ἠλεκτρόνια ὑπὸ τοῦ πλέγματος, ἔχει τοιαύτην τιμὴν ὥστε μερικὰ ἐξ αὐτῶν δύνανται νὰ διαφύγουν φθάνοντα εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 447, III). Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μεταξὺ πλέγματος - καθόδου τάσις (τάσις πλέγματος U_g) εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη, δημιουργεῖται τόσον ἰσχυρὰ ἄπωσις, ὥστε παρ' ὅλην τὴν ἕλξιν τῆς ἀνόδου, ἐλάχιστα ἢ οὐδὲν ἠλεκτρόνιον κατορθώνει νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα μηδενίζεται (σχ. 447, IV).

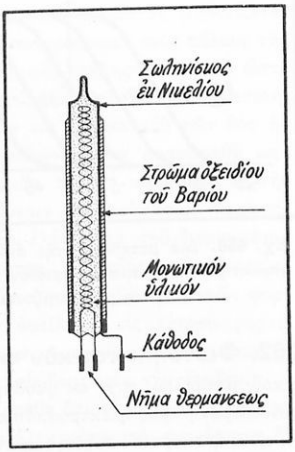
Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς συνδεσμολογίας, κατὰ τὴν ὁποίαν συνδέομεν τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς U_g μετὰ τοῦ πλέγματος καὶ τὸν ἀρνητικὸν μετὰ τῆς καθόδου, παρατηροῦμεν αὔξησιν κατὰ πολὺ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ οὕτω τὴν μεγίστην αὐτοῦ τιμὴν (ρεῦμα κόρου). Πράγματι, διὰ τῆς συνδέσεως ταύτης, εἰς τὴν ἕλξιν τῶν ἠλεκτρονίων ὑπὸ τῆς ἀνόδου προστίθεται καὶ ἡ ἕλξις αὐτῶν ὑπὸ τοῦ πλέγματος. 'Επομένως, διὰ καταλλήλου μεταβολῆς τῆς τάσεως τοῦ πλέγματος, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα τῆς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας.

'Η τρίοδος λυχνία ἔτυχε κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη σπουδαιοτάτων ἐφαρμογῶν, διότι χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἐνίσχυσιν ἀσθενῶν ρευμάτων, διὰ τὴν παραγωγὴν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων, διὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἐναλλασσομένων ρευμάτων, ὡς καὶ εἰς βοηθητικὰς διατάξεις πλείστων ἄλλων ἐγκαταστάσεων.

'Η λεπτομερὴς περιγραφὴ τοῦ τρόπου καθ' ὃν χρησιμοποιεῖται ἡ τρίοδος λυχνία εἰς τὰς ἀνωτέρω ἐφαρμογὰς ἀναπτύσσεται εἰς ἄλλας θέσεις.

Λυχνίαι ἐμμέσου πυρακτώσεως. Εἰς τὰς ἀνωτέρω ἐξεταζομένας ἠλεκτρονικὰς λυχνίας τὸ θερμαινόμενον δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος σύρμα χρησιμεύει πρὸς τούτοις ὡς κάθοδος, ἀφοῦ ἐξ αὐτοῦ γίνεται ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἠλεκτρονίων, καλοῦνται δὲ αἱ λυχνίαι αὗται **ἀμέσου πυρακτώσεως.** Εἰς πολλὰς ὅμως περιπτώσεις χρησιμοποιεῖται ἀνεξάρτητον σύρμα ἢ σύστημα διὰ τὴν πυράκτωσιν ἑτέρου σύρματος, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει ὡς κάθοδος, ὁπότε ἡ λυχνία καλεῖται **ἐμμέσου πυρακτώσεως** ἢ θερμάνσεως (σχ. 448).

'Επίσης, κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι, αἱ ὁποῖαι δὲν φέρουν τρία μόνον ἠλεκτρόδια, ἤτοι νῆμα, πλέγμα καὶ πλάκα, ἀλλὰ περισσότερα, φθάνοντα πολλάκις μέχρις ὀκτώ.

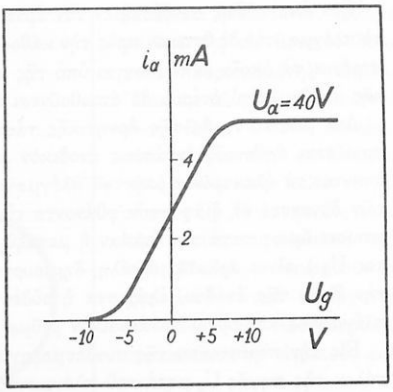


Σχ. 448. Κάθοδος ἐμμέσου θερμάνσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

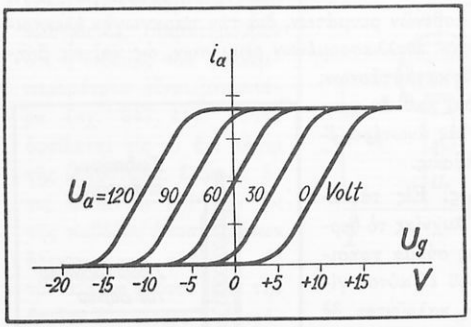
Αἱ λυχνίαι αὗται, ἀναλόγως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἠλεκτροδίων, χαρακτηρίζονται ὡς **τετράοδοι** (μετὰ δύο πλεγμάτων), **πεντάοδοι** (μετὰ τριῶν πλεγμάτων), **ὀκτάοδοι** κ.ο.κ.

Χαρακτηριστικὴ καμπύλη τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας. Εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 449 παριστᾶται γραφικῶς ἡ σχέσις τῆς μεταβολῆς τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος i_a, τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας, μετὰ τῆς τάσεως U_g τοῦ πλέγματος. Ἐκ τοῦ διαγράμματος τούτου, τὸ ὁποῖον καλεῖται **χαρακτηριστικὴ καμπύλη τῆς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας,** δυνάμεθα νὰ εὑρίσκωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ὅταν εἶναι γνωστὴ ἡ τάσις τοῦ πλέγματος, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ἡ ἀνοδικὴ τάσις διατηρεῖ σταθεράν τινα τιμὴν (π.χ. 40 V).



Σχ. 449. Χαρακτηριστικὴ καμπύλη τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας.

Ἐκ τοῦ διαγράμματος συνάγομεν ὅτι, ὅταν τὸ δυναμικὸν τοῦ πλέγματος εἶναι κατὰ 10 V πλέον ἀρνητικὸν τοῦ δυναμικοῦ τῆς καθόδου (τάσις πλέγματος—10 V), τότε τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἔχει ἔντασιν μηδέν, ἐνῷ ὅταν τὸ πλέγμα ἀποκτήσῃ δυναμικὸν ἴσον πρὸς + 10 V, ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος λαμβάνει τὴν τιμὴν τοῦ ρεύματος κόρου. Διὰ ρυθμίσεως ἑπομένως τῆς τάσεως τοῦ πλέγματος, μεταξὺ — 10 καὶ + 10 Volt, τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα λαμβάνει τὰς μεταξὺ μηδὲν καὶ ρεύματος κόρου περιεχομένας τιμάς.



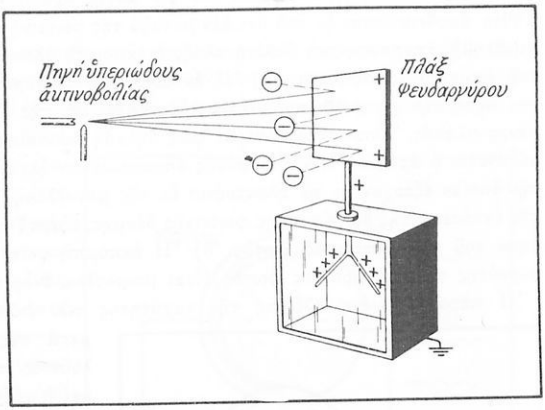
Σχ. 450. Διὰ μεταβολῆς τῆς ἀνοδικῆς τάσεως αἱ χαρακτηριστικαὶ καμπύλαι τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας μετατοπίζονται.

Διὰ διαφόρους τιμὰς ἀνοδικῆς τάσεως προκύπτει σμῆνος χαρακτηριστικῶν καμπυλῶν, ὡς αἱ τοῦ σχήματος 450.

262. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἐὰν μεταλλικὴ πλὰξ ἐξ ἠλεκτροθετικοῦ μετάλλου, π.χ. ἐκ ψευδαργύρου, φέρουσα ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ συνδεδεμένη πρὸς ἠλεκτροσκόπιον φωτισθῇ δι' ὑπεριώδους φωτός, προερχομένου π.χ. ἐκ τινος ἠλεκτρικοῦ τόξου, παρατηρεῖται βαθμιαία ἀπώλεια τοῦ φορτίου της, ὡς προκύπτει ἐκ τῆς ἐκφορτίσεως τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Ἐὰν τὸ τόξον εὑρίσκεται πλησίον τῆς πλακὸς ἡ ἀπώλεια φορτίου εἶναι ταχεῖα, ὅταν ὅμως τοῦτο μετατεθῇ εἰς μεγαλυ-

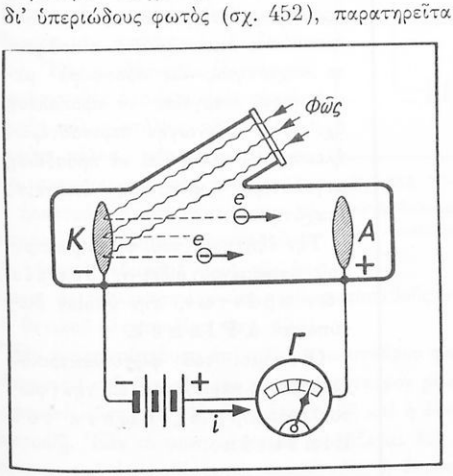
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τέραν ἀπ' αὐτῆς ἀπόστασιν, ἡ ἀπώλεια φορτίου καθίσταται μικροτέρα. Ἀντιθέτως, ὅταν ἡ πλάξ εἶναι θετικῶς φορτισμένη δὲν παρατηρεῖται ἐλάττωσις τοῦ φορτίου της, ὅταν δὲ αὕτη δὲν φέρει φορτίον, ὁ φωτισμὸς δι' ὑπεριώδους φωτὸς προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν ἐπ' αὐτῆς θετικοῦ φορτίου (σχ. 451).



Σχ. 451. Ὅταν ἡ πλάξ φωτισθῇ δι' ὑπεριώδους φωτὸς ἀποσπῶνται ἐξ αὐτῆς ἠλεκτρόνια καὶ οὕτως ἡ πλάξ καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου φορτίζονται θετικῶς.

Ἐὰν ἐν συνεχείᾳ ἡ μεταλλικὴ πλάξ τεθῇ ἐντὸς ἀεροκένου σωλῆνος, ὁμοῦ μεθ' ἑνὸς ἠλεκτροδίου τιθεμένου ἔναντι αὐτῆς, μεταξὺ δὲ ἀμφοτέρων ἐφαρμοσθῇ σταθερὰ τάσις κατὰ τρόπον ὥστε ἡ πλάξ νὰ εἶναι ἀρνητικὴ καὶ φωτίσωμεν τὴν πλάκα μέσῳ παραθύρου ἐκ χαλαζίου δι' ὑπεριώδους φωτὸς (σχ. 452), παρατηρεῖται δίοδος ρεύματος διὰ τοῦ σωλῆνος, ἀντιστοιχοῦντος εἰς κίνησιν ἀρνητικῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων ἐκ τῆς καθόδου Κ πρὸς τὴν ἄνοδον Α. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μηδενίζεται ἐὰν ἀντιστρέψωμεν τοὺς πόλους τῆς ἠλεκτρικῆς στήλης εἰς τρόπον ὥστε ἡ φωτιζομένη πλάξ νὰ εἶναι θετική.



Σχ. 452. Ὁ φωτισμὸς τῆς καθόδου Κ δι' ὑπεριώδους ἀκτινοβολίας προκαλεῖ ἔκλυσιν ἠλεκτρονίων, ὁπότε τὸ γαλβανόμετρον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.

Ἐὰν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων χῶρον ἐφαρμοσθῇ μαγνητικὸν πεδίον κάθετον ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ἐλάττωσιν τοῦ διερχομένου ρεύματος. Ἐκ τούτου ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ μεταφορὰ ἀρνητικῶν φορτίων ὀφείλεται εἰς κίνησιν φορτισμένων σωματιδίων κινουμένων ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἄνοδον.

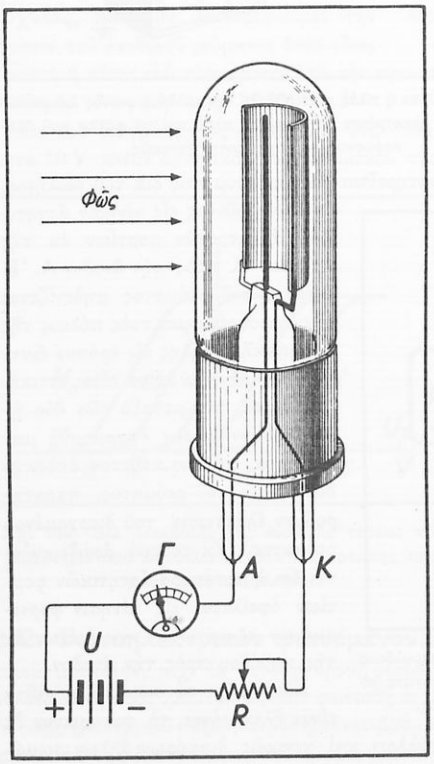
Εὑρέθη ὅτι τὰ σωματίδια ταῦτα εἶναι ἠλεκτρόνια, τὸ φαινόμενον δὲ τῆς ἐκπομπῆς ἠλεκτρονίων ἐκ τῶν μετάλλων καὶ γενικῶς διαφόρων ἄλλων σωμάτων, κυρίως στερεῶν καὶ ἀερίων, ὅταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτῃ φῶς, ὀνομάζεται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, τὰ ἐκπεμπόμενα δὲ ἠλεκτρόνια **φωτοηλεκτρόνια.**

Πειραματικῶς διαπιστοῦται ὅτι : α) τὰ ἐκπεμπόμενα φωτοηλεκτρόνια ἀποσπῶνται ἐκ τῆς πλακὸς τῇ ἐπιδράσει τοῦ ἐπ' αὐτῆς προσπίπτοντος ὑπεριώδους φωτός. Τοῦτο ἀποδεικνύεται ἐκ τοῦ ὅτι ἐὰν μεταξὺ τῆς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τῆς πλακὸς παρεμβληθῇ ἀπορροφητικὴ ὑαλίνη πλάξ, ἡ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων παύει καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μηδενίζεται. β) Ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἥτις προσπίπτει ἐπὶ τῆς ὡς καθόδου χρησιμοποιουμένης πλακός. Ὅσον περισσότερον φῶς δηλαδὴ προσπίπτει ἐπὶ τῆς καθόδου, τόσον αὐξάνεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀπ' αὐτῆς ἀποσπωμένων ἠλεκτρονίων. γ) Ἡ ταχύτης μὲ τὴν ὁποίαν ἐξέρχονται τὰ ἠλεκτρόνια ἐκ τῆς μεταλλικῆς πλακὸς εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς ἐντάσεως τῆς διεγειρούσης φωτεινῆς δέσμης, ἐξαρτᾶται δὲ μόνον ἀπὸ τὴν συχνότητα τοῦ προσπίπτοντος φωτός. δ) Ἡ ἐκπομπὴ φωτοηλεκτρονίων παύει ὅταν ἡ συχνότης τοῦ διεγείροντος φωτὸς εἶναι μικροτέρα ἑνὸς ὡρισμένου ὁρίου.

Ἡ παρατηρουμένη αὔξησις τῆς ταχύτητος τῶν ἐκλυομένων φωτοηλεκτρονίων μετὰ τῆς συχνότητος τοῦ προκαλοῦντος τὴν ἐκπομπὴν φωτός, ὡς καὶ ἡ αὔξησις τοῦ ἀριθμοῦ των μετὰ τῆς φωτεινῆς ροῆς, εἶναι ἀσυμβίβαστος μὲ τὴν κλασσικὴν θεωρίαν (ἠλεκτρομαγνητικήν), διότι, θὰ ἔπρεπε μεγαλυτέρα ἔντασις τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας—οἱασδήποτε συχνότητος—ὡς προσφορὰ μεγαλυτέρας ἐνεργείας νὰ προκαλέσῃ ὄχι μόνον ἐξαγωγὴν περισσοτέρων ἠλεκτρονίων ἀλλὰ καὶ νὰ προσδώσῃ μεγαλυτέρας κινητικὰς ἐνεργείας (ταχύτητας).



Σχ. 453. Συνδεσμολογία φωτοκυττάρου.

Τὴν ἐξήγησιν τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου δίδει ἡ θεωρία τῶν κβάντων, τὴν ὁποίαν διετύπωσεν ὁ Planck.

Οἱ νόμοι τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου περιέχονται εἰς τὴν (φωτοηλεκτρικὴν) ἐξίσωσιν τοῦ Einstein:

$$h \cdot \nu = b + \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

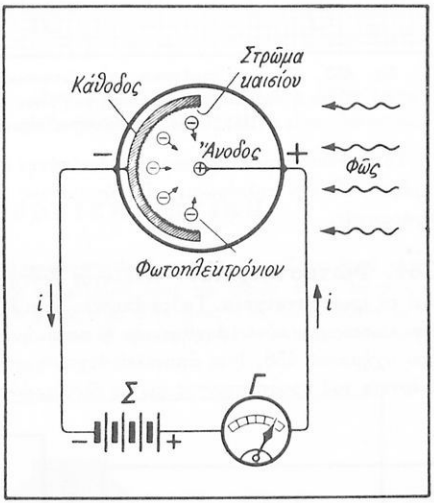
ὅπου h ἡ σταθερὰ δράσεως τοῦ Planck, ἴση πρὸς $h = 6{,}62 \cdot 10^{-27}$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

erg · sec, m ἡ μᾶζα, υ ἡ ταχύτης τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ b τὸ ἔργον ἐξαγωγῆς, δηλαδὴ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ προσλάβῃ τὸ ἠλεκτρόνιον διὰ νὰ ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ μετάλλου.

263. Φωτοκύτταρα. Ἐφαρμογὴν τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου εὑρίσκομεν εἰς τὰ **φωτοκύτταρα.** Τὰ φωτοκύτταρα ἀποτελοῦνται ἐκ σωλήνων (κελύφη), ἀπὸ τοὺς ὁποίους ἔχει ἀφαιρεθῇ ὁ ἀὴρ ἢ περιέχουν ἀδρανὲς ἀέριον ὑπὸ χαμηλὴν πίεσιν.

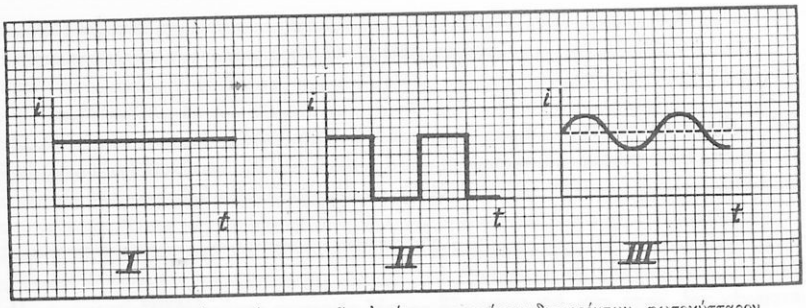
Τὸ φωτοκύτταρον κενοῦ (σχ. 453) ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον δοχεῖον (κέλυφος), τὸ ὁποῖον εἰς ὡρισμένην περιοχὴν καὶ κατὰ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ περικαλύπτεται ὑπὸ στρώματος καισίου ἢ ρουβιδίου, τὰ ὁποῖα εἶναι μέταλλα, δεικνύοντα ἔντονον φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ὄχι μόνον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὑπεριώδους φωτός, ἀλλ' ἀκόμη καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὁρατοῦ φωτός. Ἐντὸς τοῦ δοχείου τοποθετεῖται, ἔναντι τοῦ φωτοπαθοῦς στρώματος, μεταλλικὸν ἠλεκτρόδιον ὑπὸ μορφὴν εὐθυγράμμου στελέχους (ἢ δακτυλίου). Ἐὰν συνδέσωμεν ἐξωτερικῶς τὸ φωτοπαθὲς στρῶμα πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον στήλης, τῆς ὁποίας ὁ θετικὸς πόλος, μέσῳ γαλβανομέτρου, συγκοινωνεῖ πρὸς τὸ μεταλλικὸν ἠλεκτρόδιον καὶ φωτίσωμεν τὸ φωτοπαθὲς στρῶμα, παρατηροῦμεν τὴν γένεσιν ρεύματος λόγῳ τῆς ἐκλύσεως φωτοηλεκτρονίων ὑπὸ τοῦ φωτοπαθοῦς στρώματος, τὰ ὁποῖα ἕλκονται ὑπὸ τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου (σχ. 454).



Σχ. 454. Ὅταν φωτισθῇ ἡ κάθοδος ἡ κίνησις τῶν ἐξ αὐτῆς ἐκλυομένων ἠλεκτρονίων, εἰς τὸν μεταξὺ ἀνόδου - καθόδου χῶρον, προκαλεῖ δίοδον ρεύματος διὰ τοῦ κυκλώματος.

Ἐὰν ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου φωτεινὴ ροὴ εἶναι σταθερά, τότε καὶ ἡ ἔντασις i τοῦ διαρρέοντος τὸ φωτοκύτταρον ρεύματος εἶναι ὁμοίως σταθερά. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ αὕτη ροὴ αὐξηθῇ ἢ ἐλαττωθῇ καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος θὰ αὐξηθῇ ἢ θὰ ἐλαττωθῇ. Ἐὰν τὸ φωτοκύτταρον φωτίζεται διὰ φωτός, τοῦ ὁποίου ἡ παροχὴ διακόπτεται καὶ ἀποκαθίσταται περιοδικῶς, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔκ τινος σταθερᾶς τιμῆς θὰ μηδενίζεται, λαμβάνουσα ἐκ νέου τὴν προτέραν αὐτῆς τιμήν. Τέλος, ἐὰν ἡ φωτεινὴ ροὴ μεταβάλλεται περὶ μέσην τινὰ τιμὴν περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου, ἀναλόγως θὰ μεταβάλλεται καὶ ἡ ἔντασις τοῦ διαρρέοντος τὸ φωτοστοιχεῖον ρεύματος (σχ. 455), χωρὶς νὰ λαμβάνῃ ἀρνητικὰς τιμάς, ἐφ' ὅσον μόνον ἐκ τῆς καθόδου δύνανται νὰ ἀποσπῶνται ἠλεκτρόνια.

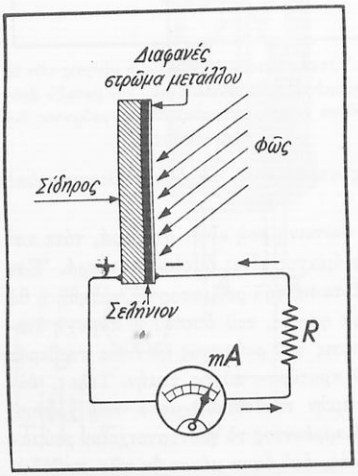
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



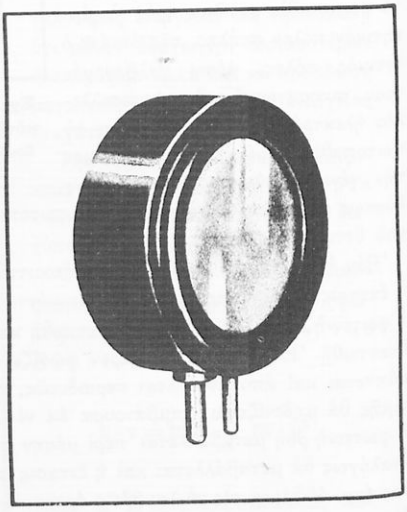
Σχ. 455. Γραφικὴ παράστασις τῆς ἐντάσεως ρευμάτων διαρρεόντων φωτοκύτταρον. (Ι) Ὅταν ἡ προσπίπτουσα φωτεινὴ ροὴ εἶναι σταθερά. (ΙΙ) Ὅταν εἶναι διαλείπουσα. (ΙΙΙ) Ὅταν μεταβάλλεται περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου.

Τὸ φωτοκύτταρον εὑρίσκει σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον, εἰς τὴν τηλεόρασιν, εἰς αὐτομάτους μετρητὰς καὶ εἰς διαφόρους πρακτικὰς ἐφαρμογάς.

264. Φωτοστοιχεῖον. Ἀνάλογον ἰδιότητα πρὸς τὰ φωτοκύτταρα παρουσιάζουν καὶ τὰ **φωτοστοιχεῖα.** Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐξ ἡμιαγωγῶν, δὲν χρειάζονται ὅμως διὰ τὴν λειτουργίαν αὐτῶν βοηθητικὴν ἠλεκτρικὴν πηγήν. Πράγματι, ἐὰν εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 456, ἥτις ἀποτελεῖ ἀρχὴν φωτοστοιχείου, προσπέσῃ φωτεινὴ ροή, ἡ ἐνέργεια τοῦ προσπίπτοντος φωτὸς ἐλευθερώνει φωτοηλεκτρόνια, καὶ οὕτω δημιουρ-



Σχ. 456. Συνδεσμολογία φωτοστοιχείου.



Σχ. 457. Φωτοστοιχεῖον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

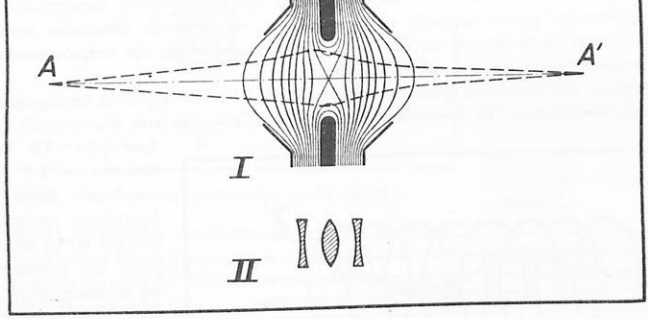
γεῖται ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ἡ ὁποία δύναται νὰ συντηρήσῃ τὸ ρεῦμα ἄνευ ἀνάγκης χρησιμοποιήσεως ἐξωτερικῆς πηγῆς.

Τὸ φωτοστοιχεῖον ἀποτελεῖται ἐκ σιδηροῦ δίσκου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὑπάρχει στρῶμα ἐκ σεληνίου καὶ ἐπ' αὐτοῦ λεπτότατον διαφανὲς στρῶμα λευκοχρύσου ἢ ἀργύρου, διαπερατὸν ὑπὸ τοῦ φωτός. Ἐὰν συνδεθοῦν τὰ δύο ἐξωτερικὰ ἠλεκτρόδια διὰ μιλιαμπερομέτρου καὶ ἐπὶ τοῦ φωτοστοιχείου προσπέσῃ φωτεινὴ ροή, θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ὀργάνου ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, τὴν ὁποίαν δέχεται τὸ φωτοστοιχεῖον. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὰ φωτοστοιχεῖα χρησιμοποιοῦνται ὡς φωτόμετρα ἰδίως διὰ τὴν ἐκτίμησιν τοῦ φωτισμοῦ πρὸ τῆς λήψεως φωτογραφίας τινός. Τὸ σχῆμα 457 δεικνύει τὴν ἐξωτερικὴν ὄψιν φωτοστοιχείου.

Ἡ κατασκευὴ τῶν φωτοστοιχείων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τῶν ξηρῶν ἀνορθωτῶν (βλ. § 213) μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ ἓν ἠλεκτρόδιον πρέπει νὰ εἶναι διαφανές.

II. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

***265. Ἠλεκτρονικοὶ φακοί. α) Ἠλεκτροστατικοὶ φακοί.** Γνωρίζομεν ὅτι ὅταν δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ὀπτικοῦ τινος φακοῦ, μεταβάλλεται εἰς συγκλίνουσαν ἂν ὁ φακὸς εἶναι συγκλίνων, ἢ εἰς ἀποκλίνουσαν ἂν ὁ φακὸς εἶναι ἀποκλίνων. Ἐπίσης ὁ φακὸς ἐπιτυγχάνει συγκέντρωσιν, εἰς ἓν σημεῖον, ὅλων τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἐξ ἑνὸς ἄλλου σημείου.



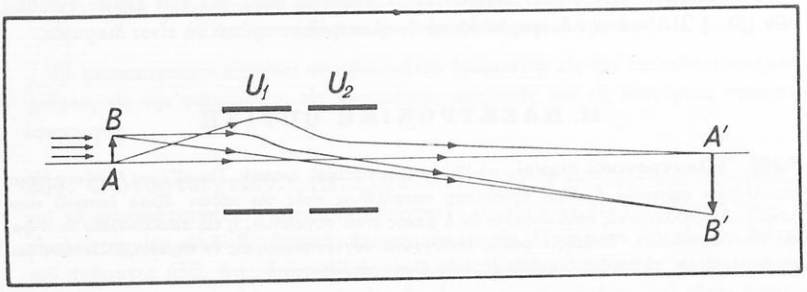
Σχ. 458. (Ι) Ἠλεκτροστατικὸς φακὸς (ἀρχή). (ΙΙ) Ὀπτικὴ ἀντιστοιχία.

Ὑπὸ ὡρισμένας προϋποθέσεις εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτευχθῇ ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ἢ μαγνητικοῦ πεδίου, σύγκλισις ἢ ἀπόκλισις λεπτῆς ἠλεκτρονικῆς δέσμης, ὡς ἐπίσης καὶ ἡ συγκέντρωσις, εἰς ἓν σημεῖον, ὅλων τῶν ἠλεκτρονίων τῶν ἐκκινούντων ἐξ ἑνὸς ἄλλου σημείου. Αἱ διατάξεις, αἱ χρησιμοποιοῦσαι ἠλεκτρικὸν ἢ μαγνητικὸν πεδίον διὰ τὴν ἐπίτευξιν ἑστιάσεως ἠλεκτρονικῆς δέσμης, καλοῦνται ἀντιστοίχως **ἠλεκτροστατικοὶ** ἢ **μαγνητικοὶ φακοί.**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἔστω, λεπτὴ ἠλεκτρονικὴ δέσμη διερχομένη διὰ μεταλλικοῦ δακτυλίου, ἠλεκτρικῶς φορτισμένου. Ἐὰν ὁ δακτύλιος εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένος, ἡ ἠλεκτρονικὴ δέσμη συγκλίνει εἰς ἓν σημεῖον· ἐὰν ὅμως ὁ δακτύλιος εἶναι θετικῶς φορτισμένος, ἡ ἠλεκτρονικὴ δέσμη ἀποκλίνει. Ταῦτα συμβαίνουν ἐπειδὴ τὰ ἠλεκτρόνια μεταβαίνουν ἀπό τινος δυναμικοῦ U_1 μακρὰν τοῦ δακτυλίου, εἰς ἄλλο δυναμικὸν U_2, πλησίον τοῦ δακτυλίου. Ὁ δακτύλιος εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην συμπεριφέρεται ὡς φακός. Ὅταν αὐξήσωμεν τὸ δυναμικὸν τοῦ δακτυλίου παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις εἶναι μεγαλυτέρα καὶ ἡ δέσμη ἐστιάζει εἰς ἄλλο σημεῖον.

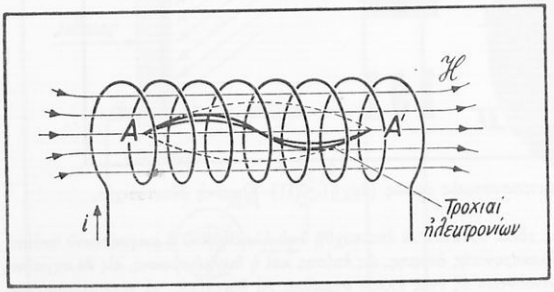
Εἰς τὸ σχῆμα 458 δεικνύεται συγκλίνων ἠλεκτροστατικὸς φακός. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐξ ὀπῆς ἐντὸς μεταλλικῆς πλακὸς εὑρισκομένης εἰς δυναμικὸν U, ἑκατέρωθεν τῆς ὁποίας τοποθετοῦνται δύο ἄλλαι μεταλλικαὶ πλάκες εὑρισκόμεναι εἰς ὑψηλότερον δυναμικόν. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια ὑφίστανται συνεχῆ « διάθλασιν », μεταβαίνοντα διὰ μέσου τῶν ἰσοδυναμικῶν ἐπιφανειῶν, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸν ὀπτικὸν φακόν, εἰς τὸν ὁποῖον ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ὑφίσταται διάθλασιν μόνον ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν του.



Σχ. 459. Σχηματικὴ παράστασις μεγεθυντικοῦ ἠλεκτροστατικοῦ φακοῦ.

Ἐὰν μεταβάλωμεν τὸ δυναμικὸν ἠλεκτροστατικοῦ φακοῦ, μεταβάλλεται καὶ ἡ « διάθλασις » τῆς δέσμης καὶ κατ' ἀκολουθίαν ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ. Οὕτω παρατηροῦμεν ὅτι, εἰς τινα ἠλεκτροστατικὸν φακόν, δυνάμεθα νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν κατὰ βούλησιν, μεταβάλλοντες τὸ δυναμικόν του. Τοῦτο ὅμως δὲν συμβαίνει εἰς τὸν ὀπτικὸν φακόν, εἰς τὸν ὁποῖον ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις παραμένει σταθερά.

Εἰς τὸ σχῆμα 459 δεικνύεται ἠλεκτροστατικὸς φακός, δι' οὗ δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν καὶ μεγέθυνσιν ἑνὸς ἀντικειμένου. Τὸ ἀντικείμενον AB βομβαρδίζεται ὑπὸ μιᾶς ἠλεκτρονικῆς δέσμης ἐξ ἀριστερῶν. Τὰ ἠλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου, διασκορπίζονται ὑφιστάμενα κρούσιν ἐπ' αὐτοῦ καὶ οὕτως ἕκαστον σημεῖον τοῦ ἀντικειμένου δρᾷ ὡς σημειακὴ πηγὴ ἠλεκτρονίων. Ἐὰν ἐν φθορίζον πέτασμα τοποθετηθῇ εἰς τὴν θέσιν A′ B′, παρατηροῦμεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ μεγεθυσμένον εἴδωλον.



Σχ. 460. Τὸ ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον, ἐντὸς μακροῦ σωληνοειδοῦς, συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸς φακός.

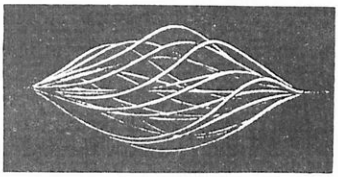
β) Μαγνητικοὶ φακοί. Εἶναι γνωστὸν (βλ. § 140) ὅτι ἐπὶ ἠλεκτρονίου κινου-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μένου μετὰ ταχύτητος υ ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $\mathcal{H}$, καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου, ἀσκεῖται δύναμις κατὰ Laplace :

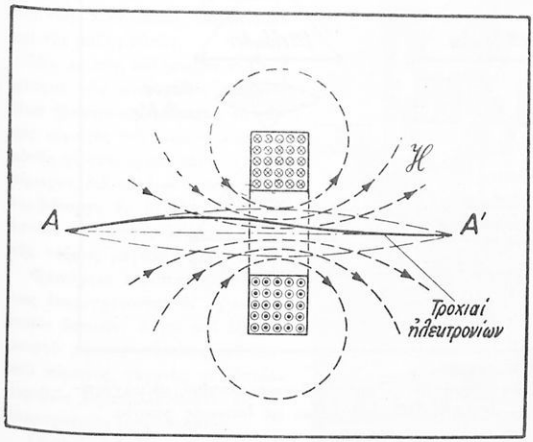
$$\mathcal{F} = e \cdot \upsilon \cdot \mathcal{H} \text{ dyn}$$

Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι κεντρομόλος δύναμις, ἀναγκάζει δὲ τὸ ἠλεκτρόνιον νὰ κινῆται ἐπὶ κλειστῆς τροχιᾶς, καθέτου ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν. Ἐὰν τὸ ἠλεκτρόνιον κινῆται ὑπὸ μικρὰν σχετικῶς γωνίαν, ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου, τότε διαγράφει ἑλικοειδῆ τροχιάν.



Σχ. 461. Τροχιαὶ ἰσοταχῶν ἠλεκτρονίων, κινουμένων ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἔστω ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον, ὡς τὸ πεδίον εἰς τὸ ἐσωτερικὸν μακροῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 460). Τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκκινοῦν ἀπὸ σημείου Α, μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα ἀλλὰ ὑπὸ μικρὰν κλίσιν ὡς πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου, διαγράφουν διαφόρους ἑλικοειδεῖς τροχιάς, συγκεντρούμενα εἰς σημεῖον Α′ ἀπέχον τοῦ πρώτου ἀπόστασιν ΑΑ′. Οὕτω, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐπιτυγχάνει ἑστίασιν τῶν ἠλεκτρονίων, ἤτοι συμπεριφέρεται ὡς φακός. Ἡ εἰκὼν τοῦ σχήματος 461 δεικνύει τροχιὰς δέσμης ἰσοταχῶν ἠλεκτρονίων κινουμένων ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ σημεῖον Α′, εἰς τὸ ὁποῖον ἑστιάζουν τὰ ἠλεκτρόνια, εἶναι τὸ πραγματικὸν εἴδωλον τοῦ σημείου Α. Ἐὰν ἤδη θεωρήσωμεν ἐκτὸς τοῦ σημείου Α καὶ ἕτερον σημεῖον Β, ἀπέχον τοῦ Α ἀπόστασιν s, τοῦτο θὰ ἀπεικονισθῇ εἰς σημεῖον Β′, τὸ ὁποῖον ἀπέχει ὁμοίως ἀπόστασιν s ἀπὸ τοῦ Α′. Ἐξ αὐτοῦ συνάγομεν ὅτι τὸ **«ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον δὲν μεγεθύνει».**

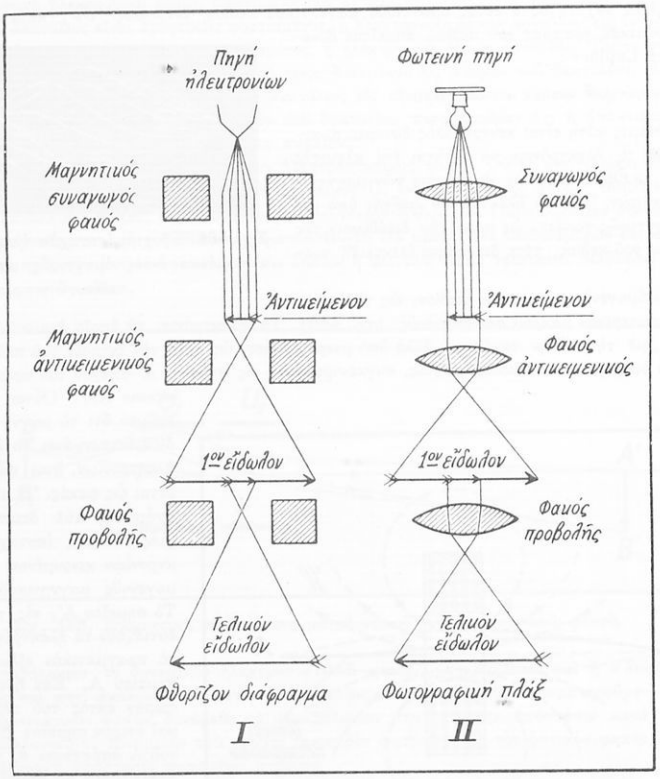


Σχ. 462. Μεγεθυντικὸς μαγνητικὸς φακὸς (ἀρχή).

Δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν μεγέθυνσιν ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν ἀνομοιογενὲς μαγνητικὸν πεδίον εἰδικῆς μορφῆς (σχ. 462). Τὸ πηνίον εὑρίσκεται ἐντὸς περιβλήματος ἐκ σιδήρου, φέροντος σχισμήν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον περιορίζεται τὸ μαγνητικὸν πεδίον μόνον εἰς τὴν περιοχὴν τῆς σχισμῆς. Ἂν μεταβάλλωμεν τὸ ρεῦμα τὸ διαρρέον τὰς σπείρας μεταβάλλεται προφανῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

***266. Ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.** Εἰς τὸ κεφάλαιον τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων, τοῦ δευτέρου τόμου τοῦ παρόντος βιβλίου, ἐγνωρίσαμεν ὅτι ἡ διαχωριστικὴ ἱκανότης τοῦ κοινοῦ ὀπτικοῦ μικροσκοπίου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους κύματος τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Τὰ εἴδωλα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὁποῖα εἶναι τῆς αὐτῆς τάξεως μεγέθους ἢ μικρότερα τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 463. Ἀντιστοιχία τῶν τμημάτων ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου, μὲ μαγνητικοὺς φακούς, καὶ διατάξεως μικροφωτογραφίας μὲ ὀπτικοὺς φακούς.

γίνονται πλήρως ἀσαφῆ λόγῳ φαινομένων περιθλάσεως. Οὕτω, δὲν δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν δύο σημεῖα τῶν ὁποίων ἡ ἀπόστασις εἶναι ἴση μὲ τὸ μῆκος κύματος τοῦ φωτὸς (π.χ. 4000 Å διὰ τὸ ἰῶδες φῶς) ἢ καὶ μικροτέρα.

Ἐν τούτοις, ἂν καὶ δὲν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὁρατὸν φῶς μήκους κύματος μικροτέρου ὡρισμένης τιμῆς, ὥστε νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων διαστάσεων μικροτέρων ὡρισμένης τιμῆς, δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν δέσμας σωματιδίων, αἱ ὁποῖαι κατέχουν ὅλας τὰς ἀναγκαίας ἰδιότητας διὰ τὴν κατασκευὴν ἑνὸς μικροσκοπίου μὲ σχεδὸν ἀπεριόριστον διαχωριστικὴν ἱκανότητα.

Οὕτω γνωρίζομεν ὅτι ἓν πυρακτωμένον σύρμα ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια κατὰ παρόμοιον τρόπον ὡς τὸ πυρακτωμένον νῆμα ἠλεκτρικοῦ λαμπτῆρος ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτῖνας.

Αἱ ἠλεκτρονικαὶ αὗται δέσμαι διαδίδονται εὐθυγράμμως, ὡς αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες, ἐφ' ὅσον δὲν ἐπιδράσῃ ἐπ' αὐτῶν ἐξωτερική τις δύναμις καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὴν σκιὰν ἀντικειμένου τιθεμένου κατὰ μῆκος τῆς πορείας αὐτῶν.

Ἐξ ἄλλου, ὅταν αἱ ἠλεκτρονικαὶ αὗται δέσμαι προσπέσουν ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός, προσ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βάλλουν ταύτην καὶ προξενοῦν ἀμαύρωσιν αὐτῆς ὡς τὸ ὁρατὸν φῶς. Ἀλλ' ὅταν ἠλεκτρονικὴ τις δέσμη προσπέσῃ ἐπὶ κοινοῦ πετάσματος, ὅπως ἐπὶ τεμαχίου λευκοῦ χάρτου, δὲν φωτίζει αὐτό, ὡς συμβαίνει μὲ τὸ ὁρατὸν φῶς. Διὰ τοῦτο, πρὸς ὀπτικὴν παρατήρησιν διὰ τῶν ἠλεκτρονικῶν δεσμῶν, χρησιμοποιοῦμεν φθορίζον πέτασμα ὥστε νὰ ἔχωμεν φωτεινὸν ἀποτέλεσμα.

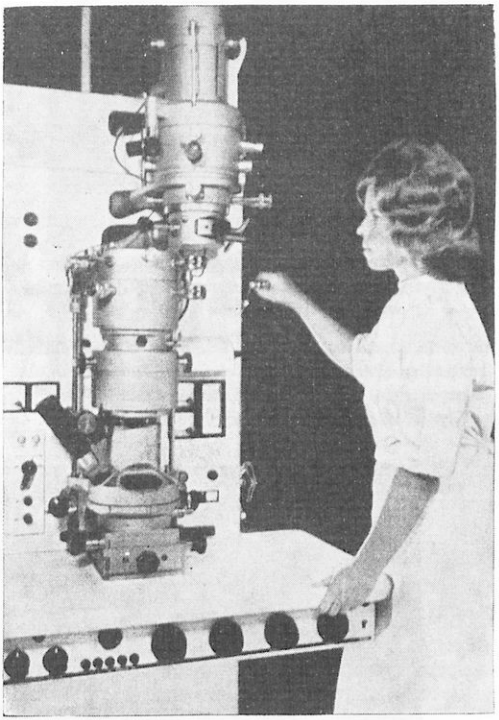
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παρατηροῦμεν ὅτι ὑπάρχει ἀναλογία μεταξὺ μιᾶς δέσμης φωτεινῶν ἀκτίνων καὶ μιᾶς ἠλεκτρονικῆς δέσμης.

Σήμερον, συμφώνως πρὸς τὴν ὑπόθεσιν de Broglie (ντὲ Μπρέϊγ) παραδεχόμεθα ὅτι πᾶν ρεῦμα κινουμένων σωματιδίων δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ πρὸς διάδοσιν κύματος ὡρισμένου μήκους κύματος. Τὸ κῦμα αὐτὸ καλεῖται « ὑλικὸν κῦμα » καὶ εἶναι ἀγνώστου φύσεως. Τὸ μῆκος κύματος, τοῦ ὑλικοῦ τούτου κύματος τῶν κινουμένων σωματιδίων, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογον τῆς ταχύτητος τῶν κινουμένων σωματιδίων καὶ τῆς μάζης αὐτῶν.

Ἂν, λοιπόν, αὐξήσωμεν τὴν ταχύτητα τῶν κινουμένων σωματιδίων ἠλεκτρονικῆς δέσμης, τὸ μῆκος κύματος τοῦ ὑλικοῦ κύματος αὐτῆς γίνεται μικρότερον. Οὕτω, σήμερον, διὰ ταχέων ἠλεκτρονίων, λαμβάνομεν ἐν ὑλικὸν κῦμα τοῦ ὁποίου τὸ μῆκος κύματος εἶναι τῆς τάξεως μεγέθους τοῦ 0,05 Å.

Φαινόμενα περιθλάσεως δυσκόλως ἐπιτυγχάνονται δι' ἠλεκτρονικῶν δεσμῶν, λόγῳ τοῦ ἐξόχως μικροῦ μήκους κύματος τοῦ ὑλικοῦ κύματος, γεγονὸς τὸ ὁποῖον ἀκριβῶς ἐκμεταλλευόμεθα εἰς τὸ ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.

Οὕτως, ἐνῷ διὰ τοῦ κοινοῦ μικροσκοπίου δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν ἀντικείμενα ἀπέχοντα 4000 Å (μῆκος κύματος ἰώδους φωτὸς) μὲ τὸ ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν ἀντικείμενα ἀπέχοντα 0,05 Å (μῆκος κύματος ὑλικοῦ κύματος ἠλεκτρονικῆς δέσμης). Ὅθεν, ἡ διαχωριστικὴ ἱκανότης τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἶναι κατὰ $4000/0{,}05 = 80\,000$ φορὰς μεγαλυτέρα τῆς διαχωριστικῆς ἱκανότητος τοῦ κοινοῦ μικροσκοπίου. Αὐτὴ εἶναι θεωρητικὴ τιμή, ἥτις λόγῳ σφαλμάτων τῶν ἠλεκτρονικῶν φακῶν ἐλαττοῦται εἰς τὰς 50 000.



Σχ. 464. Νεώτατος τύπος ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου. (Παραγωγὴ καθοδικῆς δέσμης δι' ἐφαρμογῆς τάσεως 100 kV).

Ἡ λειτουργία ἑνὸς ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου παρουσιάζει πολλὰς ἀναλογίας μὲ διάταξιν μικροφωτογραφίας (σχ. 463).

Ὡς πηγὴ τῆς ἠλεκτρονικῆς δέσμης χρησιμεύει πυρακτωμένη μεταλλικὴ κάθοδος. Ἡ ἐκπεμπομένη ἐκ τῆς καθόδου ἠλεκτρονικὴ δέσμη ἐπιταχύνεται ἐν συνεχείᾳ ὑπὸ καταλλήλου ἀνόδου. Τὸ μέρος τοῦτο ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν φωτεινὴν πηγὴν τοῦ ὀπτικοῦ μικροσκοπίου. Ἡ ἐπιταχυνθεῖσα ἠλε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Εἰς τὸ σχῆμα 465 δεικνύονται, ὑπὸ μεγέθυνσιν 1500, μικρόβια πυρετοῦ δι' ὀπτικοῦ μικροσκοπίου, ἐνῷ εἰς τὸ σχῆμα 466 δεικνύονται τὰ αὐτὰ μικρόβια, ὑπὸ μεγέθυνσιν 18 000, ὑπὸ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου. Ἐπίσης δι' ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου δυνάμεθα νὰ διακρίνομεν εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις καὶ αὐτὰ ταῦτα τὰ μόρια.

Ἐπειδὴ τὸ ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον παρέχει ἐξόχως μεγάλας μεγεθύνσεις συνετέλεσε τὰ μέγιστα εἰς τὴν προαγωγὴν τῶν βιολογικῶν ἡμῶν γνώσεων.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Ἐρωτήσεις

1. Εἰς τί συνίσταται ἡ θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων (φαινόμενον Edison).
2. Περιγράψατε τὸν σωλῆνα Coolidge.
3. Περιγράψατε τὸν σωλῆνα Braun καὶ ἀναφέρατε μερικὰς ἐκ τῶν ἐφαρμογῶν αὐτοῦ.
4. Πῶς λειτουργεῖ ἡ δίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία καὶ πῶς χρησιμοποιεῖται αὕτη διὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἐναλλασσομένου ρεύματος.
5. Τί εἶναι ἡ τρίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία καὶ πῶς λειτουργεῖ αὕτη.
6. Εἰς τί συνίσταται τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.
7. Τί εἶναι τὸ φωτοκύτταρον καὶ ποῦ χρησιμοποιεῖται τοῦτο.
8. Περιγράψατε τὸ φωτοστοιχεῖον. Ποῦ εὑρίσκει ἐφαρμογήν.
9. Τί εἶναι ὁ ἠλεκτροστατικὸς καὶ τί ὁ μαγνητικὸς φακός.
10. Πῶς πραγματοποιεῖται τὸ ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

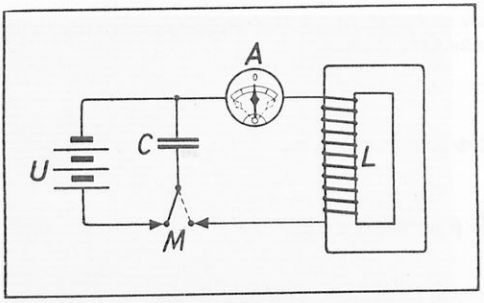
Ι. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

267. Ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Καλοῦμεν ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις ἐναλλασσόμενα ρεύματα πολὺ μεγάλης συχνότητος, ἤτοι ἄνω τῶν 15 000 περιόδων (ἢ κύκλων ἀνὰ δευτερόλεπτον). Τὰ ρεύματα ταῦτα ὀνομάζονται πολλάκις καὶ **ὑψίσυχνα ρεύματα.**

Ἡ σπουδαιοτέρα ἐφαρμογὴ τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων γίνεται εἰς τὴν ἀσύρματον τηλεπικοινωνίαν. Χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης καὶ εἰς τὴν ἰατρικὴν διὰ θεραπευτικοὺς σκοπούς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

268. Παραγωγὴ ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Αἱ ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις παράγονται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ (χωρητικότης) ἐντὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει πηνίον (αὐτεπαγωγή). Τὸ κύκλωμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει χωρητικότητα καὶ αὐτεπαγωγὴν (σχ. 467), καλεῖται **κύκλωμα Thomson (Τόμσον).**



Σχ. 467. Στοιχειώδης διάταξις διὰ τὴν φόρτισιν καὶ ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ πρὸς παραγωγὴν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

Ἡ γένεσις τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων κατανοεῖται εὐκόλως ἐὰν συγκρίνωμεν αὐτὰς πρὸς τὴν ταλάντωσιν σφαίρας συγκρατουμένης μεταξὺ δύο ἐλατηρίων.

Εἰς τὴν θέσιν (Ι) τοῦ σχήματος 468 ἡ σφαῖρα ἰσορροπεῖ. Διὰ νὰ ἀπομακρύνωμεν αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας θὰ πρέπει νὰ καταναλώσωμεν ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ὑπὸ μορφὴν δυναμικῆς ἐνεργείας εἰς τὰ παραμορφωμένα ἐλατήρια. Ἐὰν ἀκολούθως ἀφήσωμεν ἐλευθέραν τὴν σφαῖραν, αὕτη θὰ ἐκτελέσῃ ἁρμονικὴν ταλάντωσιν καὶ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τῶν ἐλατηρίων θὰ μετατρέπεται περιοδικῶς εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν τῆς σφαίρας.

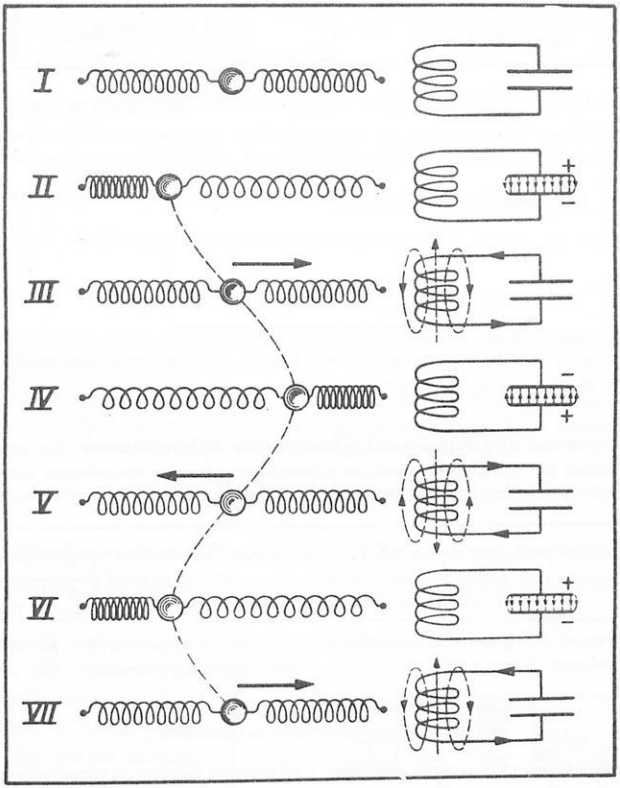
Ἐντελῶς ἀνάλογον φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὸ κύκλωμα Thomson, κατὰ τὸ ὁποῖον, ἐνέργεια μιᾶς μορφῆς μετατρέπεται εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς.

Ἐὰν φορτίσωμεν τὸν πυκνωτὴν (συνδέοντες π.χ. τοὺς ὁπλισμούς του ἐπ' ὀλίγον πρὸς τὴν συνεχῆ τάσιν μιᾶς στήλης) θὰ ἀποταμιευθῇ ἐνέργεια ὑπὸ μορφὴν ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν χῶρον.

Ἐπειδὴ ὅμως οἱ ὁπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι συνδεδεμένοι μεταξύ των, μέσῳ ἑνὸς πηνίου, ὁ πυκνωτὴς ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται, ὅτε ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, λόγῳ τοῦ ρεύματος ἐκφορτίσεως, μετατρέπεται βαθμηδὸν εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου.

Ὅταν τὸ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἀρχίσῃ νὰ κυκλοφορῇ, μειούμενον σὺν τῷ χρόνῳ, λόγῳ τοῦ ὅτι ὁ πυκνωτὴς δὲν χαρακτηρίζεται ὑπὸ ΗΕΔ, τότε ἐλαττοῦται ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἀναφαίνεται ὡς ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ ρεῦμα, ὅμως, λόγῳ αὐτεπαγωγῆς, θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ ρέῃ καὶ μετὰ τὴν πλήρη ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, δαπάναις τῆς ἐνεργείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Οὕτως, ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται μὲ ἀντίθετον πολικότητα (δηλαδὴ ὁπλισμός, ὁ ὁποῖος ἀρχικῶς ἦτο ἀρνητικός, θὰ γίνῃ τώρα θετικός), μετατρεπομένης τῆς ἐνεργείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ φόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ θὰ ἐξακολουθήσῃ μέχρις ὅτου ὅλη ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μετατραπῇ εἰς ἐνέργειαν ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ὁ πυκνωτὴς θὰ φορτισθῇ μὲ τὴν αὐτήν, ὅπως ἀρχικῶς, τάσιν, ἀλλὰ μὲ ἀντιθέτως φορτισμένους τοὺς ὁπλισμούς του. Οὕτως, ὁ πυκνωτὴς θὰ ἀρχί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 468. Διαδοχικαὶ φάσεις κυκλώματος Thomson, ἐκτελοῦντος ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις καὶ μηχανικὸν ἀνάλογον ταλαντουμένης σφαίρας.

σῃ ἐκ νέου νὰ ἐκφορτίζεται καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται ἐπ' ἄπειρον, μετατρεπομένης περιοδικῶς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου, ἐφ' ὅσον δὲν ὑπάρχουν αἴτια προκαλοῦντα ἀπωλείας ἐνεργείας.

Εἰς τὸ σχῆμα 468 δεικνύονται παραστατικῶς αἱ ἀντιστοιχίαι τῶν διαφόρων φάσεων τῆς πορείας τοῦ ὅλου φαινομένου εἰς τὸ σύστημα πυκνωτὴς - πηνίον καὶ τῆς ταλαντώσεως τῆς σφαίρας.

Εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποδειχθῇ ὅτι ἡ **ἰδιοπερίοδος (T_o)** τῆς ἠλεκτρικῆς ταλαντώσεως τοῦ κυκλώματος Thomson (δηλαδὴ ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος ἵνα ὁ πυκνωτὴς τοῦ κυκλώματος Thomson, φορτισμένος κατὰ μίαν φοράν, ἐκφορτισθῇ καὶ ἐπαναφορτισθῇ ὅπως ἦτο ἀρχικῶς), ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτοῦ C καὶ τὸν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου L κατὰ τὸν τύπον :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

$$T_0 = 2\pi\sqrt{L \cdot C} \qquad \text{Τύπος τοῦ Thomson} \qquad (1)$$

Τὸ ἀντίστροφον τῆς ἰδιοπεριόδου $1/T_0$ καλεῖται **ἰδιοσυχνότης (ν_0)**, ἤτοι :

$$\nu_0 = \frac{1}{T_0} \qquad (2)$$

Ὁ τύπος (1) γράφεται λόγῳ τοῦ (2)

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \qquad (3)$$

ὅπου C ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ εἰς Farad, L ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ πηνίου εἰς Henry, T_0 εἰς sec καὶ ν_0 εἰς sec^{-1}.

***269. Σύγκρισις μηχανικῶν καὶ ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων.** Τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα συμβαίνουν εἷς τι ἠλεκτρικὸν κύκλωμα ταλαντώσεων, γίνονται περισσότερον κατανοητά, ἐφ' ὅσον παραβληθοῦν πρὸς μηχανικόν τι πρότυπον, ὡς ἐπὶ παραδείγματι πρὸς τὰς δονήσεις ἐλατηρίου :

Μηχανικαὶ ταλαντώσεις	Ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις
Ἡ ταλάντωσις ἐκκινεῖ διὰ προσφορᾶς ἐνεργείας :	
συμπτύσσεται τὸ ἐλατήριον, ἤτοι προσδίδεται εἰς αὐτὸ δυναμικὴ ἐνέργεια.	φορτίζεται ὁ πυκνωτής, ἤτοι προσδίδεται εἰς αὐτὸν ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια.
Ἐὰν ἀκολούθως ἀφεθῇ ἐλεύθερον τὸ σύστημα, τότε κατὰ τὴν ταλάντωσιν μεταβάλλεται :	
ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν.	ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια εἰς μαγνητικὴν ἐνέργειαν.
Ἡ περίοδος T τῆς ταλαντώσεως ἰσοῦται πρὸς :	
$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$	$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{1/C}}$
Αἱ ταλαντώσεις διατηροῦνται λόγῳ :	
α) κατευθυνούσης δυνάμεως (D) β) ἀδρανείας τοῦ σώματος (m).	α) αὐτεπαγωγῆς (L) β) χωρητικότητος (C).
Αἱ ταλαντώσεις ἀποσβέννυνται ἕνεκα :	
ἀντιστάσεων, τριβῶν. (θερμότης)	τῆς ἀντιστάσεως τοῦ κυκλώματος. (θερμότης, ἀκτινοβολία)

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Ποίας χωρητικότητος πυκνωτὴς πρέπει νὰ συνδεθῇ μὲ πηνίον αὐτεπαγωγῆς 10 Henry οὕτως, ὥστε τὸ κύκλωμα νὰ ταλαντοῦται μὲ συχνότητα 60 sec^{-1}.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Λύσις. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (3) ἔχομεν : $C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot L \cdot \nu^2}$ Δι' ἀντικαταστάσεως τῶν δεδομένων : $L = 10$ Henry καὶ $\nu = 60$ sec^{-1}, ἔχομεν :

$$C = 0{,}704 \cdot 10^{-6} \text{ Farad} \quad \text{ἢ} \quad C = 0{,}704 \ \mu\text{F}$$

2. Ἓν κυμαινόμενον κύκλωμα ἔχει πυκνωτὴν χωρητικότητος $C = 0{,}02$ μF καὶ πηνίον αὐτεπαγωγῆς $L = 0{,}001$ mH. Ποία ἡ συχνότης ταλαντώσεων τοῦ κυκλώματος.

Λύσις. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ συχνότης ταλαντώσεων ν, δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου : $\nu = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$

Ἀντικαθιστῶμεν τὰ δεδομένα : $L = 0{,}001 \cdot 10^{-3}$ Henry καὶ $C = 0{,}02 \cdot 10^{-6}$ Farad, ὁπότε εὑρίσκομεν :

$$\nu = 1\,125\,000 \text{ c/sec} \quad \text{ἢ} \quad \nu = 1125 \text{ kc/sec}$$

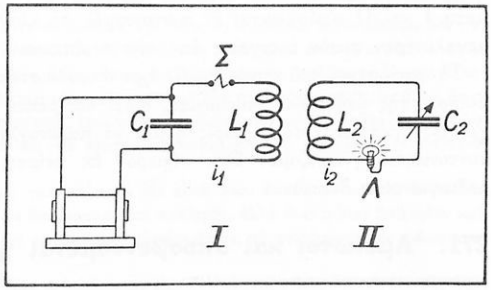
3. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος εἰς μέτρα τῶν ραδιοκυμάτων ἑνὸς πομποῦ συχνότητος $\nu = 970$ kc/sec.

Λύσις. Ἐκ τῆς γνωστῆς γενικῆς σχέσεως $c = \lambda \cdot \nu$, ὅπου c ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν, λ τὸ μῆκος κύματος καὶ ν ἡ συχνότης, λύοντες ὡς πρὸς λ καὶ ἀντικαθιστῶντες τὰ δεδομένα : $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec καὶ $\nu = 970 \cdot 10^3$ c/sec, εὑρίσκομεν :

$$\lambda = 31\,000 \text{ cm} \quad \text{ἢ} \quad \lambda = 310 \text{ m}$$

270. Σύζευξις καὶ συντονισμός. Ἐξηναγκασμένη ταλάντωσις κυκλώματος Thomson.

Ἔστω ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 469, περιλαμβάνουσα κύκλωμα I, περιέχον τὴν αὐτεπαγωγὴν L_1, τὴν χωρητικότητα C_1 καὶ τὸν σπινθηριστήν, δηλαδὴ διακοπὴν Σ τοῦ κυκλώματος, ἡ ὁποία καταλήγει εἰς δύο μικρὰς μεταλλικὰς σφαίρας. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦτο προκαλοῦμεν ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ὡς ἀνωτέρω περιεγράφη, πλησιάζομεν δὲ εἰς αὐτὸ τὸ κύκλωμα II, περιλαμβάνον τὴν αὐτεπαγωγὴν L_2 καὶ τὸν πυκνωτὴν C_2 μεταβλητῆς χωρητικότητος, ἐνῷ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ πυκνωτοῦ συνδέεται μικρὰ λυχνία Λ (ἢ μικρὸς σωλὴν Geissler περιέχων ἀέριον, π.χ. νέον). Ἐὰν εἰς τὸ κύκλωμα I διεγείρωμεν ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, παρατηροῦμεν ὅτι, λόγῳ τῶν ἐντόνων φαινομένων ἐπαγωγῆς μεταξὺ τῶν πηνίων L_1 καὶ L_2, δεδομένου ὅτι ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα I εἶναι πολὺ μεγάλη, ἀναπτύσσονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις καὶ εἰς τὸ κύκλωμα II (κύκλωμα Thomson), ὡς τοῦτο δεικνύεται ἐκ τῆς φωτοβολίας τῆς λυχνίας. Οὕτω, βλέπομεν ὅτι μεταβιβάζεται ἐνέργεια δι' ἐπαγωγῆς ἐκ τοῦ κυκλώματος I



Σχ. 469. Δι' ὡρισμένην τιμὴν χωρητικότητος τοῦ μεταβλητοῦ πυκνωτοῦ C_2, ὁ λαμπτὴρ Λ φωτοβολεῖ ἐντόνως (συντονισμός).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς τὸ ΙΙ, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ἐξηναγκασμένην ἠλεκτρικὴν ταλάντωσιν, ἡ δὲ συχνότης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα Thomson ἰσοῦται πρὸς τὴν συχνότητα ν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ πηνίον L_1.

Γενικῶς, ὅταν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εἶναι διατεταγμένα κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ὅταν ἀναπτύσσωμεν ταλαντώσεις εἰς τὸ ἕν, αὗται νὰ προκαλοῦν ἀνάπτυξιν ταλαντώσεων καὶ εἰς τὸ ἄλλο, ἢ ἄλλως, ὅταν ἡ ἐνέργεια ἐκ τοῦ ἑνὸς κυκλώματος δύναται νὰ μεταβιβάζεται καὶ εἰς τὸ ἄλλο, λέγομεν ὅτι τὰ κυκλώματα εἶναι **συνεζευγμένα.**

Ἡ εἰς τὸ σχῆμα 469 εἰκονιζομένη σύζευξις καλεῖται **ἐπαγωγικὴ** ἢ **μαγνητική.**

Διὰ τῆς μεταβολῆς τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ C_2, δεικνύεται ὅτι ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας Λ μεταβάλλεται, καὶ μάλιστα δι' ὡρισμένην τιμὴν τῆς χωρητικότητος C_2 ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας ἔχει τὴν μεγίστην αὐτῆς τιμήν, ἐνῷ διὰ πᾶσαν ἄλλην τιμὴν τῆς χωρητικότητος, μικροτέραν ἢ μεγαλυτέραν, ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας ἔχει μικροτέραν ἔντασιν. Ἐὰν ὅμως ὑπολογίσωμεν τὴν περίοδον T_2 τοῦ κυκλώματος ΙΙ, ὅταν ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας ἔχῃ μεγίστην τιμήν, βάσει τοῦ τύπου τοῦ Thomson, εὑρίσκομεν ὅτι αὕτη ἰσοῦται πρὸς τὴν περίοδον T_1 τοῦ Ι, ἤτοι ὅταν ἡ λυχνία δεικνύῃ τὴν μεγίστην φωτοβολίαν, εἶναι :

$$2\,\pi\sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\,\pi\sqrt{L_2 \cdot C_2} \quad \text{ἢ} \quad L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2 \qquad (1)$$

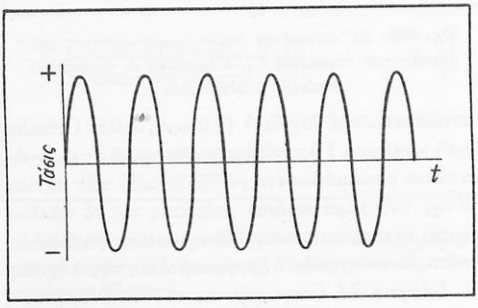
Ὅταν ἐν γένει δύο κυκλώματα ταλαντώσεων ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον, λέγομεν ὅτι ταῦτα εὑρίσκονται ἐν σ υ ν τ ο ν ι σ μ ῷ ἡ δὲ συνθήκη συντονισμοῦ ἐκφράζεται διὰ τῆς σχέσεως (1).

Ἡ ἀνωτέρω διάταξις δεικνύει ἕνα μόνον τρόπον συζεύξεως τῶν κυκλωμάτων. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ἄλλοι τρόποι, ἡ περιγραφὴ τῶν ὁποίων ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου.

Ἡ πρακτικὴ σημασία τοῦ συντονισμοῦ ἔγκειται εἰς τοῦτο, ὅτι ὅταν τὰ κυκλώματα Ι καὶ ΙΙ εὑρίσκωνται ἐν συντονισμῷ, τὸ κύκλωμα ΙΙ δέχεται ἀπὸ τὸ Ι πολὺ μεγαλύτερον ποσὸν ἐνεργείας ἀπὸ τὴν περίπτωσιν τοῦ μὴ συντονισμοῦ.

Τὸ φαινόμενον τοῦ συντονισμοῦ ἔχει σπουδαιοτάτην σημασίαν εἰς τὴν πραγματοποίησιν τῆς ραδιοτηλεπικοινωνίας, διότι ἐπιτρέπει τὴν λειτουργίαν πολλῶν ταυτοχρόνως ἐγκαταστάσεων, χωρὶς ἡ μία νὰ παρενοχλῇ τὴν ἄλλην. Τὴν σημασίαν τοῦ συντονισμοῦ γνωρίζομεν ὅλοι σήμερον ἐκ πείρας, ἐκ τῆς χρησιμοποιήσεως τῶν ραδιοφωνικῶν δεκτῶν.

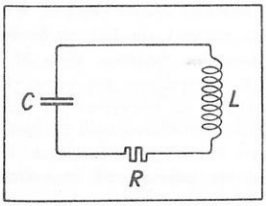
271. Ἀμείωτοι καὶ ἀποσβεννύμεναι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.



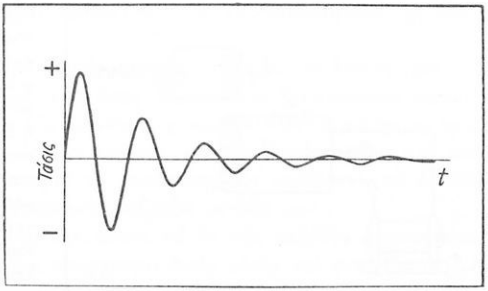
Σχ. 470. Γραφικὴ παράστασις συντηρουμένων ταλαντώσεων.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖαι γεννῶνται διὰ τῆς ἐκφορτίσεως τοῦ πυκνωτοῦ, ὡς περιεγράφη εἰς τὴν § 268, καλοῦνται **ἀμείωτοι** ἢ **(συντηρούμεναι),** καθότι, ἐπειδὴ τὸ κύκλωμα ὑποτίθεται ἄνευ ἀπωλειῶν, τὸ πλάτος αὐτῶν διατηρεῖται σταθερὸν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 471. Κύκλωμα ταλαντώσεων παρουσιάζον απωλείας, συγκεντρουμένας εικονικῶς εἰς τὴν ἀντίστασιν R (ἄνευ αὐτεπαγωγῆς).



Σχ. 472. Γραφικὴ παράστασις ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων.

καὶ γραφικῶς παριστῶνται ὑπὸ τῆς ἐν σχήματι 470 καμπύλης.

Εἰς τὴν πραγματικότητα ὅμως τὸ κύκλωμα παρουσιάζει ἀπωλείας, λόγῳ ἀντιστάσεως τοῦ πηνίου (σχ. 471). Ἕνεκα δὲ τούτου τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων δὲν παραμένει σταθερόν, ἀλλὰ βαίνει προοδευτικῶς ἐλαττούμενον μετὰ τοῦ χρόνου μέχρι μηδενίσεως, αἱ δὲ παραγόμεναι ταλαντώσεις παριστῶνται γραφικῶς ὑπὸ τοῦ σχήματος 472, καλοῦνται δὲ **ἀποσβεννύμεναι** ἢ **φθίνουσαι.**

272. Μηχανικὸν ἀνάλογον. Ἐφ' ὅσον τὰ ἐλατήρια δὲν παρουσιάζουν ἀπωλείας ἐνεργείας, ἤτοι δὲν ἔχομεν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμότητα, τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων ἢ αἰωρήσεων τῆς σφαίρας τοῦ σχήματος 468, παραμένει σταθερὸν (συντηρούμεναι ταλαντώσεις).

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων, ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων δὲν παρουσιάζει ἀπωλείας, τὸ πλάτος τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων παραμένει ἐπίσης σταθερὸν (συντηρούμεναι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις). Ἐάν, ὅμως, ὅπως συμβαίνει εἰς τὴν πρᾶξιν, τὰ ἐλατήρια παρουσιάζουν ἀπωλείας ἐνεργείας, τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων δὲν παραμένει σταθερὸν ἀλλὰ διαρκῶς ἐλαττοῦται καὶ τέλος ἡ σφαῖρα ἰσορροπεῖ, ἤτοι παύει ἡ ταλάντωσις αὐτῆς. Τοῦτο δὲ συμβαίνει ὅταν ὅλη ἡ ἐνέργεια, ἡ ἀποταμιευθεῖσα εἰς τὰ ἐλατήρια, καταναλωθῇ εἰς ἀπωλείας (ἀποσβεννύμεναι ταλαντώσεις τῆς σφαίρας).

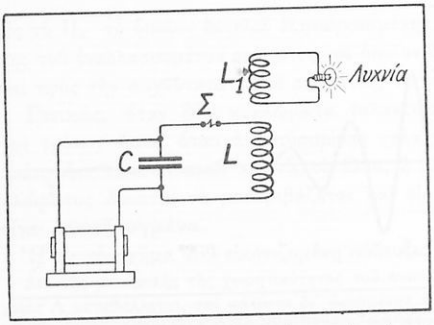
Ὁμοίως, εἰς τὴν πρᾶξιν, τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων δὲν εἶναι ἄνευ ἀπωλειῶν καὶ ὡς ἐκ τούτου τὸ πλάτος τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων δὲν διατηρεῖται σταθερόν, ἀλλὰ ἐλαττοῦται βαθμηδὸν καί, ὅταν ἡ ἀρχικῶς ἀποταμιευθεῖσα ἐνέργεια καταναλωθῇ εἰς ἀπωλείας, τὸ φαινόμενον τῆς ταλαντευομένης ἐκφορτίσεως παύει.

Αἱ ἀπώλειαι εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων ὀφείλονται εἰς τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐπὶ τῆς ὠμικῆς ἀντιστάσεως τοῦ πηνίου, εἰς τὴν θέρμανσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ τοῦ πυκνωτοῦ, λόγῳ μὴ τελείας μονώσεως αὐτοῦ καὶ τέλος μέρος τῆς ἐνεργείας τοῦ κυκλώματος ἀκτινοβολεῖται εἰς τὸν χῶρον ὑπὸ μορφὴν ἠ λ ε κ τ ρ ο μ α γ ν η τ ι κ ῆ ς ἀ κ τ ι ν ο β ο λ ί α ς.

273. Παραγωγὴ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων. Ἡ πρώτη πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον χρησιμοποιηθεῖσα μέθοδος εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 473, ὅπου ὁ πυκνωτὴς C συνδέεται πρὸς τὸ δευτερεῦον ἐπαγωγικοῦ πηνίου, ἐνῷ εἰς τὸ κύκλωμα LC ὑφίσταται ἡ διακοπὴ Σ, ἡ ὁποία, ὡς εἴδομεν, καλεῖται **σπινθηριστής.**

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον φορτίζει τὸν πυκνωτὴν C ὑπὸ ὑψηλὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑφίσταται ἐπίσης καὶ μεταξὺ τῶν σφαιρῶν τοῦ σπινθηριστοῦ. Ὅταν ὅμως ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ λάβῃ ἀρκούντως μεγάλην τιμήν, τότε μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν ἐκρήγνυται ἠλεκτρικὸς σπινθήρ. Ὁ σπιν-

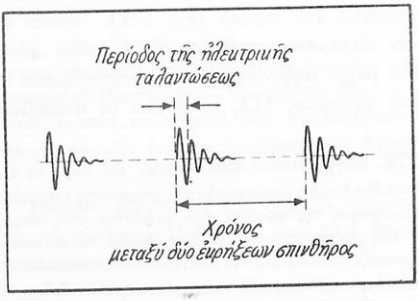
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 473. Παραγωγὴ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων διὰ σπινθηριστοῦ. Ἡ λυχνία καὶ ἡ αὐτεπαγωγὴ L_1 χρησιμεύουν διὰ τὸν ἔλεγχον τῶν ταλαντώσεων.

θὴρ οὗτος ἀποτελεῖ ἀγωγὸν γέφυραν, ἡ ὁποία κλείει τὸ κύκλωμα LC, τὸ ὁποῖον προηγουμένως ἦτο ἀνοικτόν, οὕτω δὲ ὁ πυκνωτὴς C ἐκφορτίζεται διὰ μέσου τῆς αὐτεπαγωγῆς L, καὶ παράγεται μία ὁμὰς ἢ εἷς συρμὸς ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων, ὁπότε ὁ σπινθὴρ ἐξαφανίζεται. Ἐπακολουθεῖ νέα φόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ, μέσῳ τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου, ὅτε παράγεται ἐκ νέου σπινθήρ, ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ, καὶ παραγωγὴ ἄλλου συρμοῦ ταλαντώσεων κ.ο.κ. (σχ. 474). Οὕτω, διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ σπινθηριστοῦ εἰς τὸ κύκλωμα LC ἐπιτυγχάνομεν τὴν παραγωγὴν διαδοχικῶν συρμῶν ταλαντώσεων.

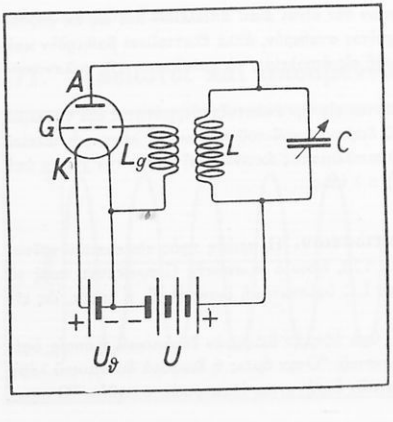
Ἡ ἀνάπτυξις, ἐξ ἄλλου, τῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ κύκλωμα LC δεικνύεται μὲ τὴν βοήθειαν μικρᾶς λυχνίας, ἡ ὁποία συνδέεται πρὸς τὸ πηνίον L_1 καὶ πίθεται πλησίον τοῦ πηνίου L, ὅτε, καθ' ὃν χρόνον εἰς τὸν σπινθηριστὴν ἀναπτύσσονται σπινθῆρες — ὁπότε τὸ κύκλωμα LC ταλαντοῦται — αὕτη φωτοβολεῖ ὡς ἐκ τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς ἐκ τοῦ πηνίου L διεγειρομένης ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως εἰς τὸ L_1.



Σχ. 474. Γραφικὴ παράστασις ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων διὰ σπινθηριστοῦ. Ἕκαστος συρμὸς ἀντιστοιχεῖ εἰς ἕνα σπινθῆρα.

274. Παραγωγὴ ἀμειώτων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

Ἡ ταλάντωσις τοῦ κυκλώματος Thomson, ὅταν τοῦτο διεγερθῇ, εἶναι φθίνουσα, ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω, διότι ἡ ἐνέργεια τῆς ταλαντώσεως μετατρέπεται σὺν τῇ παρόδῳ τοῦ χρόνου εἰς θερμότητα, ἢ ἀκτινοβολεῖται εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον ὑπὸ μορφὴν ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας. Διὰ νὰ διατηρῆται συνεπῶς τὸ πλάτος τῆς ταλαντώσεως σταθερὸν καὶ νὰ καταστῇ ἑπομένως ἡ ταλάντωσις ἀμείωτος, πρέπει νὰ προσφέρεται εἰς τὸ κύκλωμα ἡ ἐνέργεια,



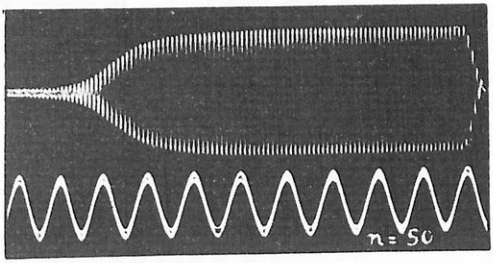
Σχ. 475. Ἡ διέγερσις διὰ τὴν παραγωγὴν συντηρουμένων ταλαντώσεων ἐπιτυγχάνεται ὅταν τὰ πηνία L καὶ Lg παρουσιάζουν τὴν κατάλληλον τιμὴν συζεύξεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἤτις ἀπόλλυται. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως τῆς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας.

Τυπικὴ συνδεσμολογία πρὸς τὸν σκοπὸν παραγωγῆς ἀμειώτων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 475, ὅπου τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παρεμβάλλεται εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς τριόδου λυχνίας. Τὸ πλέγμα συνδέεται πρὸς τὸ ἓν τῶν ἄκρων πηνίου L_g, τὸ ὁποῖον καλεῖται **πηνίον ἀναδράσεως** καὶ τοῦ ὁποίου τὸ ἕτερον ἄκρον συνδέεται πρὸς τὸ κοινὸν σημεῖον (κάθοδον), τὰ δὲ δύο πηνία L καὶ L_g παρουσιάζουν μεταβλητὴν σύζευξιν μεταξύ των.

Εὐθὺς ὡς ἐφαρμόσωμεν τὴν ἀνοδικὴν τάσιν, τὰ ἐκ τῆς καθόδου ἀποσπώμενα ἠλεκτρόνια ὁδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον, εἰσέρχονται ἐντὸς αὐτῆς καὶ συνεχίζοντα διὰ τοῦ ἀγωγοῦ τὴν πορείαν των φθάνουν εἰς τὸν πυκνωτὴν C καὶ τὸν φορτίζουν. Τοιουτοτρόπως δὲ ἄρχεται ἡ ταλάντωσις τοῦ κυκλώματος Thomson, ἡ ὁποία, ἄνευ τοῦ πηνίου ἀναδράσεως, θὰ ἦτο φθίνουσα. Πράγματι, ὅταν τὸ κύκλωμα Thomson ἐκτελῇ ταλαντώσεις, τὸ πηνίον L διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ ἑπομένως ἀναπτύσσεται, λόγῳ ἐπαγωγῆς, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἀναδράσεως, ἐναλλασσομένη τ ά σ ι ς π λ έ γ μ α τ ο ς. Αὕτη ἀκριβῶς ἐνισχύει, κατὰ τὴν κατάλληλον χρονικὴν στιγμήν, τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα καὶ ἀναπληροῖ οὕτω τὴν λόγῳ ποικίλων αἰτίων καταναλισκομένην ἐνέργειαν. Ἕνεκα δὲ τούτου ἡ ταλάντωσις παραμένει ἀμείωτος. Ἡ περίπτωσις αὕτη παρουσιάζεται εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς πομπούς.



Σχ. 476. Διάταξις ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς κύκλωμα τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας μέχρις ἀποκαταστάσεως τῆς μονίμου καταστάσεως. Κάτω: Συντηρούμεναι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

Εἰς τὸ σχῆμα 476 δεικνύεται κάτω μὲν φωτογραφία συντηρουμένων ταλαντώσεων ληφθεῖσα διὰ παλμογράφου, ἄνω δὲ ἡ παραγωγὴ τῶν ταλαντώσεων ὑπὸ τριόδου λυχνίας, ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν κλείεται τὸ κύκλωμα, μέχρις ἀποκαταστάσεως τῆς μονίμου καταστάσεως, ὁπότε τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων παύει νὰ αὐξάνεται, διότι ἐπέρχεται ἐξίσωσις τῶν ἀπωλειῶν τοῦ κυκλώματος πρὸς τὴν ὑπὸ τῆς ἀνοδικῆς στήλης εἰς τὸ κύκλωμα παρεχομένην ἐνέργειαν.

275. Ἐπιδερμικὸν φαινόμενον. Ἡ ὠμικὴ ἀντίστασις ἀγωγοῦ μεταβάλλεται οὐσιωδῶς μετὰ τῆς συχνότητος τοῦ ρεύματος. Οὕτως, ἐνῷ εἰς ρεῦμα μικρᾶς συχνότητος ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ συμπίπτει πρὸς τὴν ὠμικὴν ἀντίστασιν εἰς συνεχὲς ρεῦμα, εἰς ρεῦμα μεγάλης συχνότητος ἡ ἀντίστασις καθίσταται κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα τῆς τιμῆς, τὴν ὁποίαν δεικνύει ὁ ἀγωγὸς εἰς συνεχὲς ἢ μικρᾶς συχνότητος ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

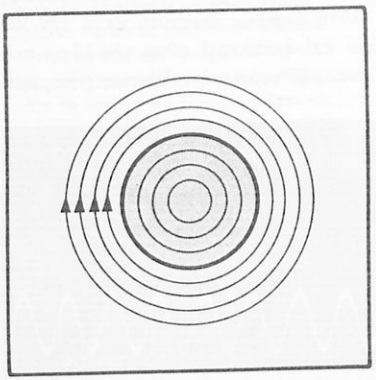
Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τούτου κατέδειξεν ὅτι, ἐὰν ἡ συχνότης

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ ρεύματος εἶναι μεγάλη, τότε δὲν χρησιμεύει ὅλη ἡ μᾶζα τοῦ ἀγωγοῦ διὰ τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος, ἀλλὰ τοῦτο προτιμᾷ νὰ διέλθῃ διὰ λεπτοῦ στρώματος, εὑρισκομένου πρὸς τὸ μέρος τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ φαινόμενον δὲ τοῦτο ἐκλήθη ἐπιφανειακὸν ἢ **ἐπιδερμικὸν φαινόμενον.** Τὸ ἐν λόγῳ στρῶμα ἔχει πάχος τόσον μικρότερον, ὅσον ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι μεγαλυτέρα.

Ἕνεκα τοῦ ἐπιδερμικοῦ φαινομένου, εἰς κυκλώματα ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦν κατὰ προτίμησιν μεταλλικὰς ταινίας ἢ ἀγωγοὺς ἔχοντας μορφὴν κοίλων κυλίνδρων ἢ τέλος πολύκλωνα σύρματα ἀποτελούμενα ἐκ πολλῶν λεπτῶν συρμάτων, μονωμένων ἀπ' ἀλλήλων διὰ στρώματος βερνικίου, καὶ τὰ ὁποῖα συστρέφονται μεταξύ των. Διὰ τῆς ἐκλογῆς ἀγωγῶν τῆς ἀνωτέρω μορφῆς αὐξάνεται σημαντικῶς ἡ ἐπιφάνεια αὐτῶν, καὶ οὕτω μειοῦται κατὰ πολὺ ἡ ὠμικὴ ἀντίστασίς των.

Τὸ ἐπιδερμικὸν φαινόμενον δύναται νὰ ἐξηγηθῇ ὡς ἑξῆς. Κατὰ τὴν κυκλοφορίαν τοῦ ρεύματος διά τινος ἀγωγοῦ, δημιουργοῦνται, ὡς γνωστόν, περὶξ αὐτοῦ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί. Δεχόμεθα διὰ μίαν στιγμὴν ὅτι ὅλον τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ διὰ τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ σχηματίζονται, τόσον ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ἀγωγοῦ, ὅσον καὶ ἔξωθεν αὐτῆς, ἐντὸς τοῦ μονωτικοῦ χώρου, ὅστις περιβάλλει τὸν ἀγωγόν. Ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀγωγοῦ θὰ εἶναι ἴσος πρὸς τὸν λόγον τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἵτινες σχηματίζονται περὶξ αὐτοῦ (σχ. 477), διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ὁλικοῦ ρεύματος.



Σχ. 477. Κάθετος τομὴ ρευματοφόρου ἀγωγοῦ. Αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ ἀρχονται ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ ἀγωγοῦ.

Διὰ σημεῖον εὑρισκόμενον ἐπὶ τῆς περιφερείας τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς εἶναι μικρότερος τοῦ συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς διά τι σημεῖον τοῦ πυρῆνος. Τοῦτο διότι ὁ ἀριθμὸς τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, ὅστις περιβάλλει τὸ περιφερειακὸν σημεῖον εἶναι μικρότερος, ἐνῷ ἡ ἔντασις τοῦ ὁλικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἰδία. Ὡς ἐκ τούτου, τὸ ρεῦμα προτιμᾷ νὰ κυκλοφορήσῃ διὰ τῶν τμημάτων ἐκείνων τοῦ ἀγωγοῦ, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν μικρότερον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς καὶ συνεπῶς μικροτέραν αὐτεπαγωγικὴν ἀντίστασιν εἰς τὸ ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητος ὅπως εἶναι τὰ ἐπιφανειακὰ σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ.

Λόγῳ τοῦ ἐπιδερμικοῦ φαινομένου δυνάμεθα νὰ ἐγγίσωμεν ἀγωγοὺς διαρρεομένους ὑπὸ ἐναλλασσομένων ρευμάτων μεγάλης συχνότητος καὶ εὑρισκομένων ὑπὸ ἀρκετὰ ὑψηλὴν τάσιν, π.χ. 50 000 Volt, χωρὶς νὰ διατρέχωμεν κίνδυνον ἠλεκτροπληξίας, διότι τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον διὰ λεπτοῦ στρώματος κάτωθεν τῆς ἐπιδερμίδος (ἐξ οὗ καὶ ὁ ὅρος ἐπιδερμικὸν φαινόμενον). Μάλιστα δὲ ἐδημιουργήθη εἰδικὸς ἰατρικὸς κλάδος, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖ τὴν δρᾶσιν ἐπὶ τοῦ ὀργανισμοῦ ἐναλλασσομένων ρευμάτων μεγάλης συχνότητος, καλουμένων πολλάκις **ρευμάτων ὑψηλῆς συχνότητος,** διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται ἡ θεραπεία νευρικῶν καὶ ἄλλων παθήσεων.

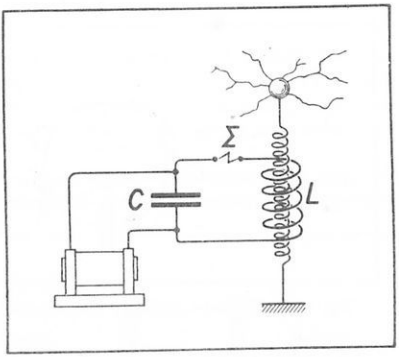
276. Ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος (Tesla). Ἐὰν διὰ καταλλήλου μετασχηματιστοῦ ἀνυψώσωμεν τὴν τάσιν τῶν ρευμάτων μεγάλης συχνότητος, λαμβάνομεν ἐναλλασσόμενα ρεύματα χαρακτηριζόμενα ὄχι μόνον ἀπὸ μεγάλην συχνότητα, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ ὑψηλὴν τάσιν. Τὰ ρεύματα ταῦτα καλοῦνται ὑ ψ ί σ υ χ ν α ρ ε ύ μ α τ α Tesla.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Οὕτως, ἐὰν αὐξήσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου L_2 τοῦ κυκλώματος Thomson τοῦ σχήματος 469 ἡ τιμὴ τῆς χωρητικότητος, διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται συντονισμός, εἶναι μικρότερα. Τοῦτο συνάγεται ἀπὸ τὴν σχέσιν $L_1C_1 = L_2C_2$. Ἐφ' ὅσον αὐξάνεται τὸ L_2 θὰ πρέπει νὰ ἐλαττωθῇ τὸ C_2 διὰ νὰ παραμείνῃ τὸ γινόμενον τοῦ L_2C_2 ἴσον πρὸς τὸ L_1C_1. Αὐξανομένου τοῦ L_2 κατὰ περισσότερον (δι' αὐξήσεως τῶν σπειρῶν), ἡ χωρητικότης C_2 γίνεται ἀμελητέα καὶ ὡς ἐκ τούτου δύναται νὰ ἀντικατασταθῇ ἀπὸ τὴν φυσικὴν χωρητικότητα τοῦ πηνίου L_2, τὴν ὑπάρχουσαν μεταξὺ τῶν σπειρῶν του.

Ἡ διάταξις τοῦ μετασχηματιστοῦ Tesla δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 478, εἶναι δὲ ὁμοία πρὸς τὴν τοῦ σχήματος 473 μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἐντὸς τοῦ πηνίου L τοποθετεῖται ἕτερον πηνίον κυλινδρικῆς μορφῆς, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται π.χ. ἀπὸ 1000 σπείρας καὶ τοῦ ὁποίου τὸ κατώτερον ἄκρον προσγειοῦται. Διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῶν διαστάσεων τοῦ κυλινδρικοῦ πηνίου δύνανται νὰ ἀναπτυχθοῦν ἐντὸς τῆς διατάξεως τάσεις μέχρις μεγέθους ἑνὸς ἑκατομμυρίου βόλτ (1 MV) συχνότητος πολλῶν kc/sec.

Λόγῳ τῆς ἀναπτυσσομένης ὑψηλῆς τάσεως ὑπερνικᾶται ἡ ἠλεκτροστατικὴ ἀντοχὴ τοῦ ἀέρος, ὅτε οὗτος παύει νὰ ἀποτελῇ μονωτικὸν σῶμα καὶ ἀπὸ τοῦ ἄνω ἄκρου τοῦ πηνίου, ὅπου εἶναι προσηρμοσμένη μικρὰ σφαῖρα, ἐκσπᾷ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις θυσάνου. Δυνάμεθα ὅλως ἀκινδύνως νὰ ἐγγίσωμεν τὴν σφαῖραν ταύτην διὰ τῆς χειρός μας, διότι τὸ ρεῦμα, παρ' ὅλην τὴν ὑψηλὴν τάσιν, διαρρέον μέσῳ τοῦ σώματος ἡμῶν πρὸς τὴν Γῆν (ἐπιδερμικὸν φαινόμενον) δὲν δύναται νὰ προκαλέσῃ ἀλλοίωσιν ἐντὸς τῶν κυττάρων λόγῳ τῆς συχνότητος τῶν ἐναλλαγῶν αὐτοῦ.



Σχ. 478. Μετασχηματιστὴς Tesla.

II. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

277. Κλειστὰ καὶ ἀνοικτὰ κυκλώματα ταλαντώσεων. Τὰ κυκλώματα ταλαντώσεων (βλ. σχ. 469), τὰ ὁποῖα ἐχρησιμοποιήσαμε προηγουμένως κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων, καλοῦνται κλειστὰ κυκλώματα, διότι ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ κυκλώματος εἶναι συγκεντρωμένη εἰς μίαν περιοχὴν αὐτοῦ (πηνίον L_1) καὶ ἡ χωρητικότης αὐτοῦ εἶναι ἐπίσης συγκεντρωμένη εἰς ἑτέραν περιοχὴν (πυκνωτὴς C_1). Τὰ ὑπόλοιπα μέρη τοῦ κυκλώματος δὲν παρουσιάζουν αἰσθητὴν αὐτεπαγωγὴν καὶ χωρητικότητα, οὕτω δὲ τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον συγκεντροῦται κυρίως εἰς τὴν περιοχὴν τῶν πυκνωτῶν καὶ τὸ μαγνητικὸν εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ πηνίου.

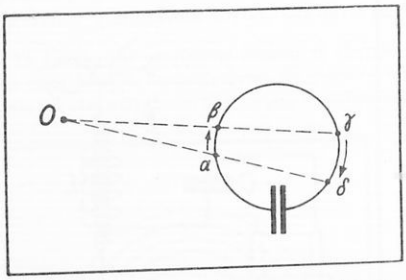
Τὰ κλειστὰ ταλαντευόμενα κυκλώματα δὲν ἀκτινοβολοῦν ἐντόνως ἐνέργειαν. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν ὡς ἑξῆς:

Ἔστω τὸ κλειστὸν κύκλωμα τοῦ σχήματος 479. Θεωροῦμεν ὅτι κατά τινα χρονικὴν στιγμὴν ἡ φορὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ κύκλωμα παριστᾶται ὑπὸ τῶν βελῶν. Προ-

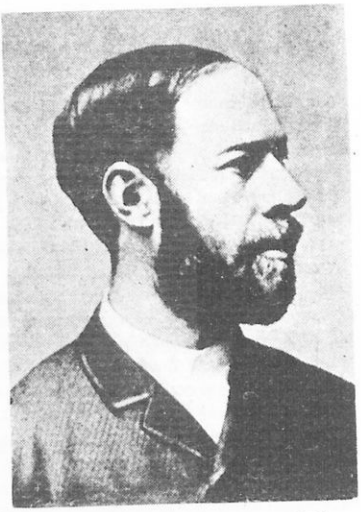
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

φανῶς ἡ ἐπίδρασις ἐξ ἀκτινοβολίας εἰς ἓν σημεῖον Ο θὰ εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν ἐπιδράσεων ὅλων τῶν τμημάτων τοῦ κυκλώματος.

Κατὰ δεδομένην χρονικὴν στιγμήν, τὰ τμήματα αβ καὶ γδ διαρρέονται ὑπὸ ἀντιθέτων ρευμάτων καὶ συνεπῶς θὰ ἐπιδροῦν ἀντιθέτως ἐπὶ τοῦ σημείου Ο. Ἡ ἐπίδρασις τῶν δύο αὐτῶν τμημάτων εἰς τὸ Ο θὰ ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν μερικῶν ἐπιδράσεων. Ὅσον τὸ σημεῖον εὑρίσκεται εἰς μεγαλυτέραν ἀπόστασιν, τόσον ἡ διαφορὰ αὐτὴ θὰ εἶναι μικροτέρα, διὰ νὰ μηδενισθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Συνάγεται, ὅθεν, ἐκ τούτου ὅτι τὰ κλειστὰ κυκλώματα δὲν δύνανται νὰ ἀκτινοβολοῦν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.



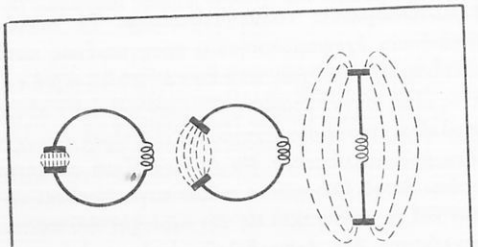
Σχ. 479. Κλειστὸν κύκλωμα ταλαντώσεων.



HEINRICH HERTZ (1857 - 1894)

Γερμανὸς Φυσικός, ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεύνας αὐτοῦ ἐπὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

Ἐὰν ὅμως ἀπομακρύνωμεν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον τὰς πλάκας τοῦ πυκνωτοῦ, τότε τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἐκδηλοῦται εἰς χῶρον ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγαλύτερον χωρὶς νὰ ἐντοπίζεται εἰς τὸν περιωρισμένον χῶρον τῶν ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ καὶ οὕτω τὸ κύκλωμα ἐξελίσσεται πρὸς ἀνοικτὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει μεγαλυτέραν ἀκτινοβολίαν. Τὸ σχ. 480 δεικνύει τὴν ἐξέλιξιν τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος εἰς ἀνοικτόν.



Σχ. 480. Μετάβασις ἀπὸ κλειστοῦ εἰς ἀνοικτὸν κύκλωμα.

Ἐὰν πρὸς τούτοις ἐκτείνωμεν τὸ σύρμα τοῦ πηνίου, ὅτε καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον δὲν θὰ συγκεντροῦται ἐπ' αὐτοῦ καὶ ἀφαιρέσωμεν τὰς πλάκας τοῦ πυκνωτοῦ, τότε προκύπτει εὐθὺ ἀγωγὸν σύρμα, ὡς ἀκροτάτη μορφὴ τοῦ κυκλώματος Thomson. Ἡ αὐτεπαγωγὴ καὶ ἡ χωρητικότης τοῦ σύρματος τούτου, κατανεμημέναι ὁμοιομόρφως καθ' ὅλον τὸ μῆκος

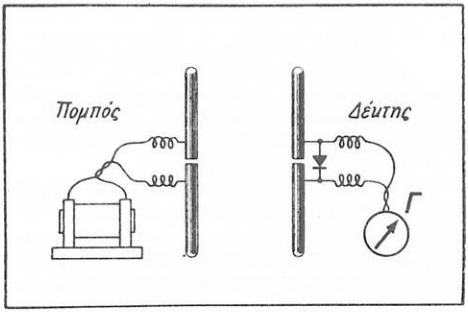
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

αὐτοῦ, ἔχουν πολὺ μικρὰς τιμὰς καὶ κατὰ συνέπειαν ἡ ἰδιοσυχνότης αὐτοῦ εἶνα πολὺ μεγάλη. Ἐὰν τὸ ὡς ἄνω σύρμα διεγερθῇ καταλλήλως, ὡς ἀποτελοῦν κύκλωμα Thomson, δύναται νὰ ἐκτελέσῃ ἠλεκτρικὴν ταλάντωσιν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ὁποίας θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐπομένως τὰ εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ φορτία θὰ ἐναλλάσσουν διαρκῶς σημεῖον. Ἀλλ' ἐπειδὴ σύστημα δύο ἴσων καὶ ἀντιθέτου σημείου φορτίων ἀποτελεῖ ἠλεκτρικὸν δίπολον, διὰ τοῦτο, τὸ ἐν λόγῳ κύκλωμα, ἐπεκράτησε νὰ ὀνομάζεται **παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον** ἢ **διεγέρτης τοῦ Hertz.**

Αἱ κεραῖαι τῶν ραδιοφωνικῶν πομπῶν εἶναι παλλόμενα ἠλεκτρικὰ δίπολα, ὡς ἐπίσης καὶ οἱ δέκται τῆς ἀσυρμάτου τηλεπικοινωνίας.

278. Πεδία δημιουργούμενα πέριξ παλλομένου ἠλεκτρικοῦ διπόλου. Θεωροῦμεν δίπολον, τὸ ὁποῖον χωρίζεται εἰς δύο ἡμίση καὶ ἀφίεται μεταξὺ αὐτῶν μικρὸν διάκενον. Τὰ δύο ἡμίση τοῦ διπόλου ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὀρειχαλκίνους ράβδους, διαμέτρου περίπου 5 mm καὶ μήκους 24 cm, τὸ δὲ διάκενον ἔχει μῆκος ὀλίγων mm εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ παραχθῇ ἐντὸς αὐτοῦ μικρὸς ἠλεκτρικὸς σπινθήρ.

Τὰ δύο ἡμίση τοῦ διπόλου συνδέονται πρὸς ἐπαγωγικὸν πηνίον, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 481, ὅπου τὰ δύο πηνία ἀποτελοῦν **στραγγαλιστικὰ πηνία** τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων, δηλαδὴ παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀντίστασιν ἐξ αὐτεπαγωγῆς καὶ δὲν ἀφίνουν οὕτω τὰς ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις νὰ διαρρέουν πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου, ἐμποδίζοντα τοιουτοτρόπως τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ταλαντώσεων τοῦ διπόλου.



Σχ. 481. Διέγερσις διὰ παλλομένου ἠλεκτρικοῦ διπόλου καὶ ἀνίχνευσις δι' ἑτέρου διπόλου λήψεως, ὁμοίως πρὸς τὸ πρῶτον. Πραγματοποίησις πομποῦ καὶ δέκτου ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

Ἐὰν διεγείρωμεν τὸ πηνίον, τότε δημιουργεῖται σπινθὴρ ἐντὸς τοῦ διακένου, οὕτω δὲ διεγείρονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις εἰς τὸ δίπολον.

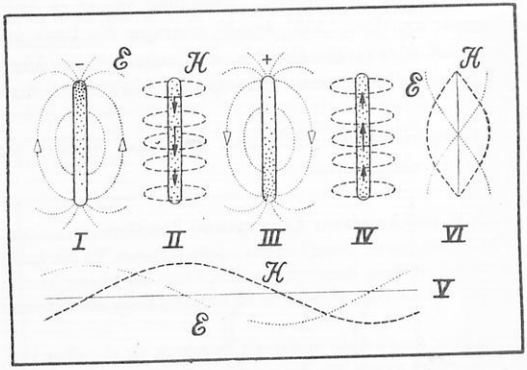
Τὰ ἐκ τοῦ διπόλου — πομποῦ ἐκπεμπόμενα κύματα δυνάμεθα νὰ δείξωμεν δι' ὁμοίου πρὸς τὸ προηγούμενον διπόλου καὶ ἔχοντος τὰς αὐτὰς διαστάσεις, ἵνα ὑφίστανται συντονισμός, ὅτε διεγείρονται εἰς τὸ δίπολον — δέκτην ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας ἀνιχνεύομεν τῇ βοηθείᾳ ὀργάνου καλουμένου **φωρατοῦ,** συνδεδεμένου πρὸς εὐπαθὲς γαλβανόμετρον (σχ. 481). Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ φωρατοῦ τούτου περιγράφεται εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. § 297).

Εἰς τὸ παλλόμενον δίπολον μετατοπίζονται τὰ ἠλεκτρόνια παλινδρομικῶς λόγῳ τῶν ταλαντώσεων. Ἐπομένως, πέριξ τοῦ διπόλου θὰ σχηματίζεται ἐ ν α λ λ α σ σ ό μ ε ν ο ν ἠ λ ε κ τ ρ ι κ ὸ ν π ε δ ί ο ν. Ὅπως δὲ τυχοῦσα διαταραχή, ἥτις προκαλεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἠρεμοῦντος ὕδατος, διαδίδεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, ὑπὸ μορφὴν κύματος, τοιουτοτρόπως καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν πεδίον, τὸ ἀναπτυσσόμενον περὶ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον, διαδίδεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις καὶ μὲ ταχύτητα ἴσην, ὡς ἀποδεικνύεται, ἰσοῦται πρὸς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός. Τὸ ἐν λόγῳ κῦμα ὀνομάζεται **ἠλεκτρικὸν κῦμα.**

Εἰς τὸ σχῆμα 482, I δεικνύεται ἡ στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν τὰ ἠλεκτρόνια ἔχουν συγκεντρωθῇ εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ διπόλου. Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον $\mathcal{E}$, μεταξὺ τῶν ἑτερωνύμως φορτισμένων ἄκρων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τοῦ διπόλου, ἔχει κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν τὴν μεγίστην τιμήν. Ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ πεδίου τούτου μετατοπίζονται τὰ ἠλεκτρόνια πρὸς τὸ ἕτερον ἄκρον. Ἡ μετατόπισις αὕτη γεννᾷ ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ περιβάλλεται ὑπὸ **ἐναλλασσομένου μαγνητικοῦ πεδίου** $\mathcal{H}$, τοῦ ὁποίου αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἶναι περιφέρειαι κύκλου, κάθετοι ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τοῦ διπόλου (σχ. 482, II) καὶ τὸ ὁποῖον μετὰ ἓν τέταρτον τῆς περιόδου τῆς ταλαντώσεως ἔχει τὴν μεγίστην τιμήν. Κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον $\mathcal{E}$ ἔχει τιμὴν μηδέν.



Σχ. 482. (I - VI) Ἐπεξήγησις τοῦ τρόπου ταλαντώσεως παλλομένου ἠλεκτρικοῦ διπόλου. (V) Γραφικὴ παράστασις τῆς εἰς τὸν χῶρον κατανομῆς τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου, $\mathcal{E}$ ἠλεκτρικὸν πεδίον, $\mathcal{H}$ μαγνητικὸν πεδίον.

Λόγῳ ὅμως τῆς ἀδρανείας τῶν κινουμένων ἠλεκτρονίων καὶ ἐπομένως καὶ τῆς ἀδρανείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ ὁδεύῃ μὲ διαρκῶς μειουμένην ἔντασιν κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ οὕτω φορτίζει τὸ δίπολον μὲ ἀντίθετα σημεῖα ἢ εἰς σχῆμα 482, I, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 482, III, μέχρις ὅτου τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ διπόλου μηδενισθῇ. Τοῦτο γίνεται μετὰ παρέλευσιν ἑνὸς τετάρτου τῆς περιόδου, ἀφ' ἧς τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον μηδενισθῇ καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἔχει πάλιν μεγίστην τιμὴν (σχ. 482, III), ἀλλ' ἀντιθέτους διευθύνσεις ἢ εἰς τὸ σχῆμα 482, I. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται πάλιν τὸ αὐτό.

Ἡ χρονικὴ μεταβολὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ (I μέχρι IV) δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 482, V. Τὸ φορτίον καὶ τὸ ρεῦμα δεικνύουν τὴν αὐτὴν χρονικὴν μεταβολὴν πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀλλ' ἀμφότεραι αἱ παραστατικαὶ καμπύλαι δεικνύουν, ἐν σχέσει πρὸς ἀλλήλας, διαφορὰν φάσεως $\pi/2$ ἢ T/4. Ὅπως δὲ τὸ ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν πεδίον, τοιουτοτρόπως καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσεται περὶ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον, διαδίδεται εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον, πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις ὑπὸ μορφὴν κύματος καὶ μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός, καλεῖται δὲ τὸ κῦμα τοῦτο **μαγνητικὸν κῦμα.**

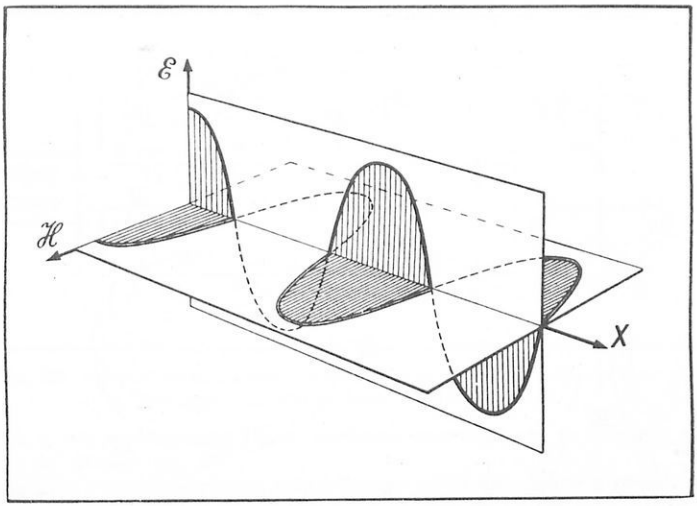
Κατὰ συνέπειαν, ὅταν ἓν ἠλεκτρικὸν δίπολον πάλλεται, ἐκπέμπει συγχρόνως, εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον, δύο εἴδη κυμάτων, ἓν ἠλεκτρικὸν καὶ ἓν μαγνητικόν, τὰ ὁποῖα διαδίδονται ἀλληλένδετα καὶ μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός. Τὰ κύματα ταῦτα εἶναι ἀμφότερα πολωμένα, τὰ δὲ ἐπίπεδα πολώσεως αὐτῶν εἶναι κάθετα μεταξύ των (σχ. 483).

Τὸ ἠλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν κῦμα, ἀποτελοῦν, ὡς λέγομεν, τὸ **ἠλεκτρομαγνητικὸν κῦμα.** Δυνάμεθα ἐπομένως συμπερασματικῶς νὰ εἴπωμεν ὅτι τὸ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον ἐκπέμπει εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, διαδιδόμενα μετὰ ταχύτητος ἴσης πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ καὶ μαγνητικαὶ γραμμαὶ δὲν γεννῶνται ταυτοχρόνως ἐν τῷ διπόλῳ μὲ τὴν ἰδίαν ἔντασιν, διότι αἱ ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ παράγουν μαγνητικὰς γραμμὰς καὶ αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ παράγουν ἠλεκτρικὰς γραμμάς. Αἱ ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ ἀπολήγουν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ διπόλου, ἐνῷ αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ περιβάλλουν τοῦτο.

Εἰς τὸ σχῆμα 482, VI δεικνύεται ὅτι, εἰς τὸ μέσον τοῦ διπόλου ὑφίσταται δεσμὸς τῆς ἐντάσεως $\mathcal{E}$ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου (δεσμὸς τάσεως) καὶ κοιλία τῆς ἐντάσεως $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 483. Στιγμιότυπον ἠλεκτρομαγνητικοῦ κύματος, ἐκπεμπομένου ὑπὸ παλλομένου ἠλεκτρικοῦ διπόλου. Τὰ διανύσματα $\mathcal{E}$ καὶ $\mathcal{H}$ μεταβάλλονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως.

(κοιλία ρεύματος), ἐνῷ εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἔχομεν κοιλίαν ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ δεσμὸν ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἡ ἀκτινοβολία ἑνὸς ἠλεκτρικῶς ταλαντευομένου διπόλου γεννᾶται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε αἱ ἠλεκτρικαὶ καὶ μαγνητικαὶ γραμμαὶ νὰ εἰσχωροῦν εἰς τὸν χῶρον καὶ ἐναλλὰξ νὰ ἀναπαράγωνται ἐντὸς αὐτοῦ.

Ἂς ἐξετάσωμεν ἀρχικῶς τὴν γένεσιν καὶ τὸν μηδενισμὸν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Εἰς τὸ σχῆμα 484, I, αἱ ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ ἀπολήγουν εἰς τὰ παράγοντα αὐτὰς φορτία καὶ συμπτύσσονται ἐφ' ὅσον ταῦτα μετατοπίζονται ἐν τῷ διπόλῳ (σχ. 484, II). Ὑπὸ ὁμοιόμορφον διανομὴν τῶν φορτίων εἰς τὸ δίπολον, ὅτε ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς αὐτὸ ἔχει μηδενισθῇ, αἱ ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ ἔχουν τελείως συμπτυχθῇ καὶ ἀποχωρίζονται ἐκ τοῦ διπόλου ὑπὸ μορφὴν κλειστῶν δακτυλίων (σχ. 484, III).

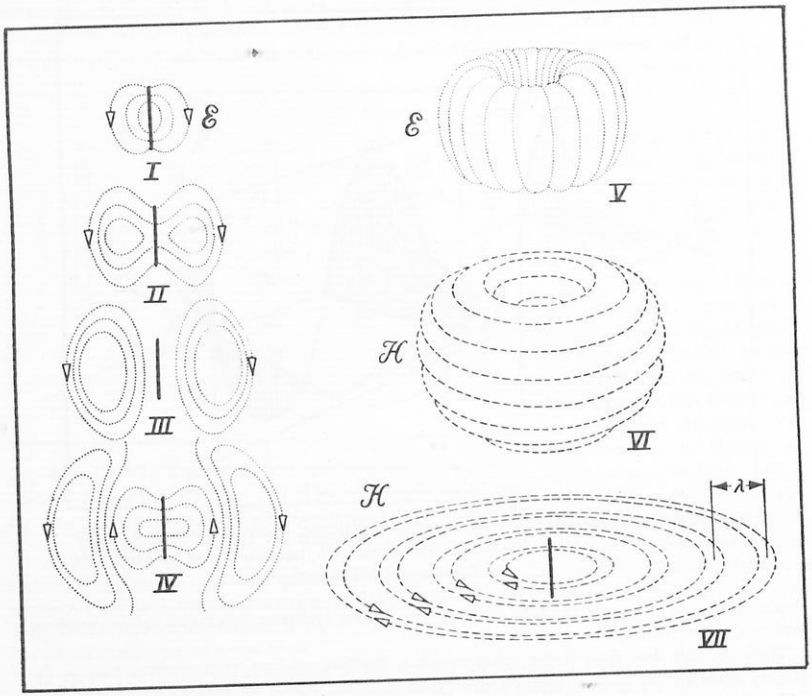
Οὕτω, κατὰ τὸν χρόνον καθ' ὃν τὸ ἀποσπασθὲν ἠλεκτρικὸν πεδίον ἀπὸ τοῦ διπόλου διαδίδεται εἰς τὸν χῶρον μὲ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός, γεννῶνται ἐκ νέου νέαι ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὰς προηγουμένας (σχ. 484, IV).

Ἡ διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου δὲν εἶναι δυνατὴ ἄνευ τῆς ταυτοχρόνου γενέσεως μαγνητικοῦ πεδίου, διότι, ὡς ἐκ τῆς ἀλυσωτῆς συζεύξεως τῶν δύο πεδίων, εἶναι δυνατὴ ἡ διάδοσις τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ κύματος.

Διὰ νὰ κατανοηθῇ ἡ σύζευξις τῶν δύο πεδίων, πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ σχήματα 484,I ἕως IV, ἀποτελοῦν μόνον ἐπιπέδους τομὰς τῆς ἐν τῷ χώρῳ διανομῆς τῶν ἠλεκτρικῶν γραμμῶν, καὶ αἱ ἐν σχήματι νεφροῦ κλεισταὶ ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ (σχ. 484, IV) ἔχουν ἐν τῷ χώρῳ τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος V.

Οὕτω, δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν ὅτι ἑκάστη τῶν εἰς τὸ σχῆμα 484, εἰκονιζομένων κλειστῶν γραμμῶν, κατὰ τὸν μηδενισμὸν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου περιβάλλεται ὑπὸ μικρῶν κλειστῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἐχουσῶν τὴν μορφὴν περιφερείας, τὸ σύνολον δὲ πάλιν τῶν ἠλεκτρικῶν γραμμῶν συντελεῖ κατὰ τὸν ὡς ἄνω τρόπον εἰς τὸν σχηματισμὸν τῶν κλειστῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 484. Διάδοσις ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐκπεμπομένων ὑπὸ παλλομένου ἠλεκτρικοῦ διπόλου. (I - IV) Τέσσαρα στιγμιότυπα τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, πλησίον τοῦ διπόλου. (V) Στιγμιότυπον τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον. (VI) Στιγμιότυπον τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον. (VII) Στιγμιότυπον τομῆς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ παλλομένου διπόλου.

σχήματος (484, VI). Τὴν διάδοσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δυνάμεθα ἐπίσης νὰ παραστήσωμεν, δι' ἐπιπέδου τομῆς, ὑπὸ μορφὴν συγκεντρικῶν κύκλων πέριξ τοῦ διπόλου (σχ. 484, VII).

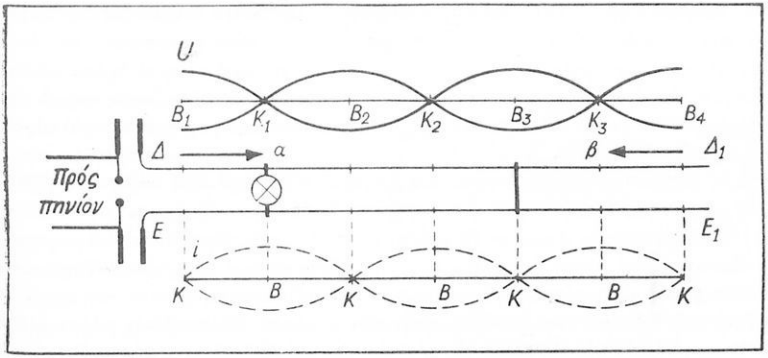
Τὸ μῆκος κύματος λ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἀπόστασιν δύο διαδοχικῶν ἰσοφασικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ πεδίου. Κατὰ τὴν διάδοσιν τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ κύματος ἐπενεργοῦν ἐπαγωγικῶς αἱ εἰς (V) καὶ (VI) εἰκονιζόμεναι γραμμαί, εἰς τρόπον ὥστε ἕκαστον νέον γεννώμενον πεδίον νὰ περικλείῃ τὸ προγενέστερον. Εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ διπόλου τὰ ἐπίπεδα τῶν μετώπων λαμβάνουν περίπου τὴν μορφὴν σφαιρῶν.

*279. Ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα κατὰ μῆκος συρμάτων. Διάταξις Lecher (Λέχερ).

Πρῶτος ὁ Lecher ἐχρησιμοποίησε εἰδικὴν διάταξιν διὰ νὰ δείξῃ τὴν διάδοσιν τῆς ἐνεργείας ὑπὸ μορφὴν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων κατὰ μῆκος δύο παραλλήλων ἀγωγῶν, ἡ ὁποία εἶναι γνωστὴ καὶ ὡς συσκευὴ τοῦ Lecher.

Σήμερον τὴν διάταξιν ταύτην πραγματοποιοῦμεν ὡς ἑξῆς. Δύο ἀγωγοὶ ἐκ χαλκίνου παχέος σύρ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 485. Διάταξις Lecher. Στάσιμα ηλεκτρικὰ κύματα εἰς δύο παράλληλα σύρματα. Ἄνω, καμπύλη τάσεως. Κάτω, καμπύλη ἐντάσεως.

ματος ὡς οἱ $\Delta\Delta_1$ καὶ EE_1 μήκους 2-3 m, διατίθενται παραλλήλως καὶ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5-10 cm ἀπ' ἀλλήλων (σχ. 485).

Οἱ δύο οὗτοι ἀγωγοὶ συζευγνύονται πρὸς ἀντίστοιχον πηνίον πομποῦ, ἤτοι συσκευῆς παραγωγῆς ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων, διὰ σπινθηριστοῦ, ἢ δι' ἠλεκτρονικῆς λυχνίας, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος νὰ μὴ ὑπερβαίνῃ τὰ 50-60 ἑκατοστόμετρα. Αἱ ὑπὸ τοῦ πομποῦ παραγόμεναι ταλαντώσεις διὰ καταλλήλου συζεύξεως διεγείρουν ἠλεκτρικὰ κύματα εἰς τὸ σύστημα τῶν συρμάτων Lecher.

Πράγματι, ἐὰν ἐγκαρσίως πρὸς τὸ σύστημα τῶν δύο ἀγωγῶν τοποθετήσωμεν μικρὰν λυχνίαν ἐκκενώσεως μὲ ἀέριον νέον καὶ μετατοπίζωμεν αὐτὴν κατὰ μῆκος τοῦ συστήματος τῶν δύο παραλλήλων ἀγωγῶν, συναντῶμεν ὡρισμένας θέσεις B_1, B_2, B_3, ὅπου ἡ λυχνία νέου φωτοβολεῖ ζωηρῶς, ἐνῷ εἰς ἄλλας θέσεις K_1, K_2, K_3, παραμένει τελείως σκοτεινή. Ἐὰν μάλιστα εἰς τὰς θέσεις K_1 κλπ. ὅπου ἡ λυχνία νέου παραμένει σκοτεινὴ τοποθετήσωμεν ἀγωγοὺς γεφύρας, ἡ ὄψις τοῦ φαινομένου οὐδόλως ἀλλοιοῦται.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποτελεῖ τὸ ἀντίστοιχον πρὸς τὸ φαινόμενον τῶν στασίμων κυμάτων, τὸ ὁποῖον ἐσπουδάσαμεν εἰς τὴν Ἀκουστικήν.

Διὰ τῆς συζεύξεως τοῦ συστήματος τῶν δύο ἀγωγῶν Lecher διαδίδονται ἐπὶ ἑκάστου τούτων δύο ἠλεκτρικὰ κύματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἐν ὁδεύει κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους (α) καὶ ἀποτελεῖ τὸ ἀπ' εὐθείας κῦμα, ἐνῷ τὸ ἀνακλώμενον ἐπὶ τοῦ ἐλευθέρου ἄκρου τῶν ἀγωγῶν ἀποτελεῖ τὸ ἐξ ἀνακλάσεως κῦμα, καὶ διαδίδεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ βέλους (β), τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίθετον διεύθυνσιν τοῦ α. Οὕτω, σχηματίζονται ἐκ συμβολῆς τῶν δύο τούτων ἠλεκτρικῶν κυμάτων στάσιμα κύματα καὶ τὰ σημεῖα K_1, K_2 κλπ., ὅπου παραμένει ἡ λυχνία νέου σκοτεινή, ἀποτελοῦν **δεσμοὺς τάσεως,** ἐνῷ εἰς τὰ σημεῖα B_1, B_2 κ.ο.κ., ὅπου λαμβάνει χώραν ἐκκένωσις διὰ μέσου τῆς λυχνίας νέου, ὅτε αὕτη φωτοβολεῖ ζωηρῶς, ἀποτελοῦν **κοιλίας τάσεως.**

Ὅταν ὁ πομπὸς παρέχῃ σημαντικὴν ἐνέργειαν, δυνάμεθα νὰ δείξωμεν τοὺς δεσμοὺς καὶ κοιλίας ἐντάσεως ρεύματος μὲ τὴν βοήθειαν μεταλλικῆς γεφύρας, ἡ ὁποία εἰς τὸ μέσον αὐτῆς φέρει μικρὰν λυχνίαν πυρακτώσεως. Εἰς τὰς θέσεις Β, ὅπου ἡ λυχνία πυρακτώσεως φωτοβολεῖ ζωηρῶς, σχηματίζονται κοιλίαι ἐντάσεως, ἐνῷ εἰς Κ ὅπου αὕτη δὲν φωτοβολεῖ σχηματίζονται δεσμοὶ ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Εἰς τὰς θέσεις τῶν κοιλιῶν τάσεων ἀντιστοιχοῦν δεσμοὶ ἐντάσεως ρεύματος, ἐνῷ εἰς τὰς θέσεις δεσμῶν τάσεως ἀντιστοιχοῦν κοιλίαι ἐντάσεως.

Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται εἰς τὰς ἀερίους στήλας τῶν ἠχητικῶν σωλήνων εἰς τὴν Ἀκουστικὴν (βλ. τόμος Π, Ἠχητικοὶ σωλῆνες), ὅπου σχηματίζονται κατὰ μῆκος αὐτῶν στάσιμα κύματα. Εἰς τὰς θέσεις δὲ τῶν δεσμῶν κινήσεως, ὅπου τὰ μόρια τοῦ ἀέρος ἠρεμοῦν, σχηματίζονται τὰ μέγιστα πιέσεως, ἤτοι αἱ κοιλίαι πιέσεως καὶ ἀντιστρόφως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

280. Χαρακτηριστικὰ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ὑπάρχουν τρία οὐσιώδη χαρακτηριστικὰ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

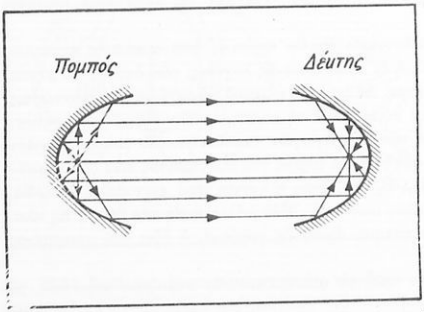
α) Αἱ αὐταὶ μεταβολαὶ συμβαίνουν ταυτοχρόνως εἰς ἀμφότερα τὰ πεδία. (Τοῦτο δὲν ἰσχύει πλησίον τῶν ταλαντευομένων φορτίων) Οὕτω, τὸ ἠλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἔχουν μέγιστα καὶ ἐλάχιστα κατὰ τοὺς ἰδίους χρόνους καὶ εἰς τὰ αὐτὰ σημεῖα τοῦ χώρου.

β) Αἱ διευθύνσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι κάθετοι πρὸς ἀλλήλας καὶ ἐπίσης κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ κύματος.

γ) Ἡ ταχύτης τῶν κυμάτων ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὰς ἠλεκτρικὰς καὶ μαγνητικὰς ἰδιότητας τοῦ μέσου ἐντὸς τοῦ ὁποίου διαδίδονται καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων τῶν πεδίων.

Κατὰ τὴν διάδοσιν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων δὲν λαμβάνει χώραν οὐδεμία ὑλικὴ μετακίνησις. Αἱ μόναι μεταβολαὶ εἶναι εἰς τὰς ἐντάσεις τῶν πεδίων.

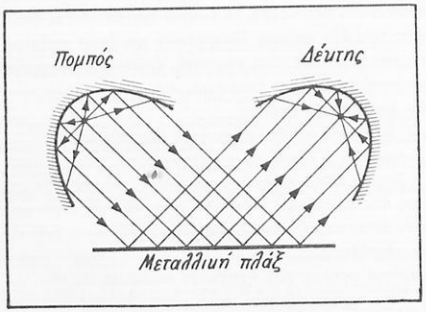
281. Ἰδιότητες ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ἔχει σήμερον καταδειχθῆ πλήρως ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα παρουσιάζουν ὅλας τὰς ἰδιότητας τῶν φωτεινῶν κυμάτων.



Σχ. 486. Διάταξις διὰ τὴν ἐπίδειξιν τῆς ἀνακλάσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων διὰ παραβολικῶν κατόπτρων.

α) Διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ μὲ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἐντὸς τοῦ κενοῦ, ἐνῷ ἐξ ἄλλου μεταξὺ μήκους κύματος λ, ταχύτητος διαδόσεως c καὶ συχνότητος ν, ὑφίσταται καὶ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἡ σχέσις :

$$c = \lambda \cdot \nu$$



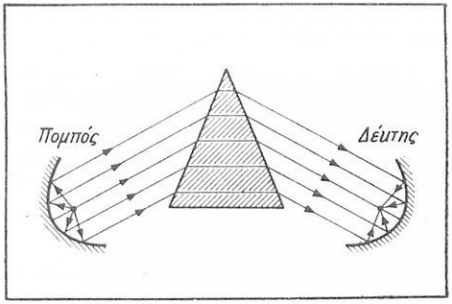
Σχ. 487. Ἀνάκλασις ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ μεταλλικῆς πλακός.

β) Ἀνακλῶνται ὅταν προσπίπτουν ἐπὶ μεταλλίνων ἐπιφανειῶν. Τοῦτο δεικνύεται διὰ δύο παραβολικῶν κατόπτρων (σχ. 486). Ἐὰν εἰς τὴν ἑστίαν τοῦ ἑνὸς κατόπτρου (πομπός), τοποθετήσωμεν ἠλεκτρικὸν δίπολον καὶ διεγείρωμεν τοῦτο καταλλήλως, αἱ ἐξ αὐτοῦ προερχόμεναι ἀκτῖνες, προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, μετατρέπονται εἰς δέσμην παραλλήλων ἠλεκτρομαγνητικῶν ἀκτίνων. Ἐὰν αὗται προσπέσουν ἀκολούθως ἐπὶ δευτέρου ὁμοίου πα-

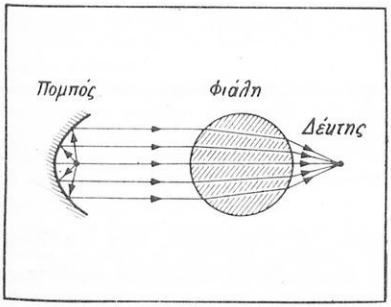
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ραβολικοῦ κατόπτρου (δέκτης), μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῶν, συγκεντροῦνται εἰς τὴν ἑστίαν αὐτοῦ καὶ ἀνιχνεύονται μὲ τὴν βοήθειαν ἑτέρου ὁμοίου διπόλου, συνδεδεμένου μὲ φωρατήν.

Εἰς τὸ σχῆμα 487 δεικνύεται ἡ ἀνάκλασις ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ ἐπιπέδου μεταλλικῆς πλακός. Τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ἔτυχε τελευταίως ἐφαρμογῆς εἰς τὸ ραντὰρ (βλ. § 304).



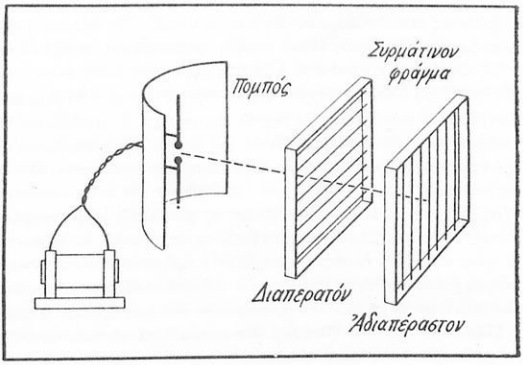
Σχ. 488. Διάθλασις ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων διὰ πρίσματος ἐξ ἀσφάλτου.



Σχ. 489. Ἑστίασις ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων διὰ « φακοῦ » ἔκ τινος διηλεκτρικοῦ (φιάλης περιεχούσης πετρέλαιον).

γ) Διαθλῶνται ὅταν διέρχωνται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν σωμάτων, συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως. Εἰς τὸ σχῆμα 488 δεικνύεται διάθλασις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων διὰ πρίσματος ἀπὸ παραφίνην ἢ ἄσφαλτον. Εἰς τὸ σχῆμα 489 δεικνύεται διάθλασις καὶ ἑστίασις αὐτῶν τῇ βοηθείᾳ φακοῦ.

δ) Εἶναι πολωμένα, καὶ ἑπομένως ἀποτελοῦν ἐγκάρσια κύματα, τῶν ὁποίων αἱ ταλαντώσεις ἔχουν διεύθυνσιν συμπίπτουσαν πρὸς τὴν τοῦ διπόλου. Τοῦτο δεικνύομεν ἐάν, εἰς τὴν πορείαν τῶν κυμάτων, παρεμβάλωμεν μεταλλικὸν φράγμα, ἀποτελούμενον ἐκ πολλῶν παραλλήλων μεταλλικῶν συρμάτων (σχ. 490), ὅτε, τῇ βοηθείᾳ ἑτέρου διπόλου μετὰ διατάξεως φωρατοῦ, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν δ έ κ τ η ν, πιστοποιοῦμεν ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα δι-



Σχ. 490. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς πολώσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων τῇ βοηθείᾳ μεταλλικοῦ φράγματος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἔρχονται καὶ διεγείρουν τὸν δέκτην μόνον ὅταν τὰ σύρματα τοῦ φράγματος εἶναι κάθετα ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ διπόλου πομποῦ.

ε) Δίδουν φαινόμενα συμβολῆς καὶ περιθλάσεως ὅπως καὶ τὸ φῶς. Τὰ κύματα τὰ προερχόμενα ἀπὸ δύο ἡλεκτρικὰ δίπολα (κεραίας), δύνανται νὰ συμβάλουν (φαινόμενον διαλείψεως ραδιοφωνικῶν κυμάτων) καὶ νὰ περιθλῶνται.

Τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς καὶ περιθλάσεως δὲν ἐπιτυγχάνεται εὐκόλως μὲ τὰ φωτεινὰ κύματα καὶ τοῦτο λόγῳ τοῦ ὅτι δὲν ὑπάρχουν σύμφωνοι φυσικαὶ πηγαὶ φωτεινῶν κυμάτων (βλ. § 269, τόμος ΙΙ).

282. Διαφοραὶ μεταξὺ φωτεινῶν κυμάτων καὶ ἠλεκτρομαγνητικῶν παραγομένων ὑπὸ παλλομένου ἠλεκτρικοῦ διπόλου.

Μεταξὺ φωτεινῶν κυμάτων πηγῆς τινος φωτὸς καὶ ἠλεκτρομαγνητικῶν, παραγομένων ὑπὸ παλλομένου ἠλεκτρικοῦ διπόλου, παρατηροῦνται αἱ ἀκόλουθοι κυρίως διαφοραί :

α) Τὰ φωτεινὰ κύματα δὲν εἶναι πολωμένα, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα εἶναι πολωμένα.

β) Τὸ μῆκος κύματος τῶν φωτεινῶν κυμάτων εἶναι μικρότερον τοῦ μήκους κύματος τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

γ) Τὰ φωτεινὰ κύματα διέρχονται διὰ μέσου ὡρισμένων μόνον σωμάτων (ὕαλος κλπ.) ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα διέρχονται διὰ μέσου ὅλων τῶν διηλεκτρικῶν.

δ) Τὰ φωτεινὰ κύματα δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας, οὔτε διαδίδονται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ὡς συμβαίνει μὲ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

283. Ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ Maxwell. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ παρελθόντος αἰῶνος (1820) εἶχεν ἐπικρατήσει εἰς τὴν Φυσικὴν ἡ θεωρία ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ τοῦ χώρου μέσῳ κυμάτων, ὅτι δηλαδὴ ἀποτελεῖ τοῦτο κυματικὸν φαινόμενον. Ἐξ ἄλλου ἦτο γνωστὸν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται καὶ διὰ τοῦ κενοῦ ὕλης χώρου. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ διάδοσις μηχανικῶν κυμάτων ἐντὸς τοῦ κενοῦ ἦτο ἀκατανόητος, ἡ Φυσικὴ ἠναγκάσθη νὰ παραδεχθῇ τὴν ὕπαρξιν ἑνὸς ἐλαστικοῦ μέσου, πληροῦντος ὅλον τὸ Σύμπαν, ὡς καὶ τὰ μεταξὺ τῶν μορίων ἢ ἀτόμων τῶν ὑλικῶν σωμάτων κενὰ διαστήματα. Τὸ μέσον τοῦτο ἐκλήθη **φωτοφόρος αἰθὴρ** ἢ ἁπλῶς **αἰθήρ**.

Ἐξ ἄλλου ὁ Faraday, ὁ διασημότερος τῶν ἐκπροσώπων τῆς πειραματικῆς Φυσικῆς τῶν ἀρχῶν τοῦ 19ου αἰῶνος, ἐδέχετο ὅτι εἰς τὴν μετάδοσιν τῶν ἐλκτικῶν ἢ ἀπωστικῶν δυνάμεων μεταξὺ φορτισμένων σωμάτων ἢ μαγνητῶν συμμετέχει ὁ περιβάλλων ταῦτα χῶρος. Ἐπειδὴ αἱ ἀνωτέρω δυνάμεις δροῦν ὡσαύτως καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ, οὕτως ἀπέδωσεν εἰς τὸν αἰθέρα ἰδιότητας ἐλαστικοῦ σώματος καὶ ἐδέχθη ὅτι αἱ ἀνωτέρω δυνάμεις διαδίδονται δι' ἐλαστικῶν παραμορφώσεων τοῦ μέσου τούτου.

Ἀργότερον ὁ Faraday ἀνεκάλυψε τὸ φαινόμενον τῆς στροφῆς τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως τοῦ φωτὸς τῇ ἐπιδράσει μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ φαινόμενον δὲ τοῦτο τὸν ἤγαγεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖ ἠλεκτρομαγνητικὸν φαινόμενον. Ἐκ τῆς παρατηρήσεως ταύτης ἀπέρρευσεν ἡ ἀνάγκη ὅπως δεχθῶμεν τὴν ὕπαρξιν τοῦ ἰδίου αἰθέρος χρησιμεύοντος ὡς φορέως τόσον τῶν φωτεινῶν κυμάτων ὅσον καὶ τῶν ἠλεκτρικῶν καὶ μαγνητικῶν δυνάμεων.

Παρ' ὅλα ταῦτα ὁ Faraday δὲν κατώρθωσε νὰ διαμορφώσῃ μαθηματικῶς τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν του περὶ φωτός.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὰς ἰδέας τοῦ Faraday ἐπεξειργάσθη ὁ Φυσικὸς καὶ Μαθηματικὸς Maxwell, ὅστις διεμόρφωσε μίαν λογικὴν θεωρίαν μαγνητισμοῦ καὶ ἠλεκτρισμοῦ, ἥτις ἀποτελεῖ **τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός.**

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων εἰς τὰς ὁποίας κατέληξεν ὁ **Maxwell** ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι «**ἕκαστον χρονικῶς μεταβαλλόμενον ἠλεκτρικὸν πεδίον δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ ἓν μαγνητικὸν πεδίον καὶ ἀντιστρόφως**». Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ δὲ κύμανσις, ἥτις γεννᾶται ἐκ τῆς περιοδικῆς μεταβολῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, μεταδίδεται ἐν τῷ χώρῳ ὑπὸ πεπερασμένην ταχύτητα. Αὕτη, ὡς ἔδειξεν ὁ Maxwell, εἶναι ἴση πρὸς τὸν λόγον τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς μονάδος φορτίου πρὸς τὴν ἠλεκτροστατικὴν τοιαύτην, συμβολιζόμενον μὲ c καὶ συμπίπτοντα πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐν τῷ κενῷ. Ἐὰν ἡ μεταβολὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι περιοδική, τότε ἡ προκαλουμένη ἠλεκτρομαγνητικὴ διαταραχὴ θὰ ἔχῃ μορφὴν κύματος, τὸ ὁποῖον διαδιδόμενον μεταφέρει ἐνέργειαν.



JAMES MAXWELL (1831 - 1879)

Διάσημος Ἄγγλος Φυσικός, καθηγητὴς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Cambridge. Εἰργάσθη ἐπιτυχῶς εἰς πολλὰς περιοχὰς τῆς Φυσικῆς καὶ κυρίως ἐπὶ τῆς κινητικῆς θεωρίας τῶν ἀερίων, καὶ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς θεωρίας τοῦ φωτός.

Ἐπειδὴ ἡ ὑπολογισθεῖσα ταχύτης τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων εὑρέθη ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, ὁ Maxwell κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα πρέπει νὰ εἶναι τῆς ἰδίας φύσεως, ἤτοι ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίον περιοδικῶς μεταβαλλόμενον ἐν τῷ χώρῳ καὶ χρόνῳ, τὸ ὁποῖον ὑφίσταται χωρὶς νὰ λαμβάνωνται ὑπ' ὄψιν αἱ ἐλαστικαὶ ἰδιότητες τοῦ αἰθέρος, ὡς ἀπαιτεῖ ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων.

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτὸς ἐξηγεῖ, ὡς καὶ ἡ τῶν κυμάνσεων, τὰ ὀπτικὰ φαινόμενα, ἔχει δὲ τὸ πλεονέκτημα ὅτι συνδέει τὸ φῶς μετὰ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ παριστᾷ τὰ φωτεινὰ φαινόμενα ὡς μερικὴν περίπτωσιν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν τοιούτων.

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτὸς τοῦ Maxwell ἔτυχε πειραματικῆς ἐπιβεβαιώσεως 25 ἔτη μετὰ τὴν διατύπωσίν της ὑπὸ τοῦ Hertz, ὅστις (τὸ 1887) κατώρθωσε νὰ παραγάγῃ κύμανσιν τῆς αὐτῆς φύσεως πρὸς τὴν προβλεπομένην ὑπὸ τῆς θεωρίας τοῦ Maxwell, τῇ βοηθείᾳ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑψηλῆς συχνότητος, ἐξ ἠλεκτρικοῦ σπινθῆρος. Οὗτος ἔδειξε περαιτέρω ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ ταῦτα κύματα δύνανται νὰ ἀνακλασθοῦν, διαθλασθοῦν ἢ πολωθοῦν κατὰ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς τρόπον ὡς τὰ φωτεινὰ κύματα καὶ ὅτι ἔχουν ταχύτητα μεταδόσεως εἰς τὸν ἀέρα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς αὐτοῦ.

Βραδύτερον ἔλαβε χώραν ἡ ἀνακάλυψις τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ ἀπεδείχθη ὅτι τοῦτο ἀποτελεῖ βασικὸν στοιχεῖον παντὸς εἴδους ὕλης. Κατέστη τότε προφανὲς ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα πρέπει νὰ εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα παραγόμενα κατὰ τὰς ταλαντώσεις τῶν ἠλεκτρονίων ἐντὸς τῶν ἀτόμων καὶ ὅτι συνεπῶς εἶναι τῆς ἰδίας φύσεως μὲ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα παρήγαγε τεχνητῶς ὁ Hertz. Μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ συχνότης τῶν φωτεινῶν κυμάτων εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἐκείνης τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων τοῦ Hertz.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτὸς αἱ ταλαντώσεις εἰς φωτεινὸν τι κῦμα δὲν εἶναι μηχανικῆς φύσεως, ὡς π.χ. ἡ ταλάντωσις ὑλικοῦ σημείου ἐκτελοῦντος ἁπλῆν ἁρμονικὴν κίνησιν, ἀλλὰ ταχυτάτη μεταβολὴ τῶν ἐντάσεων ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 479).

Εἰς ἓν πολωμένον φωτεινὸν κῦμα ἡ καλουμένη διεύθυνσις ταλαντώσεων συμπίπτει πρὸς τὴν δι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εύθυνσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ἐπὶ τῆς διευθύνσεως ταύτης θὰ ταλαντοῦται ἠλεκτρόνιόν τι ὅταν προσβάλλεται ἀπὸ φωτεινόν τι κῦμα.

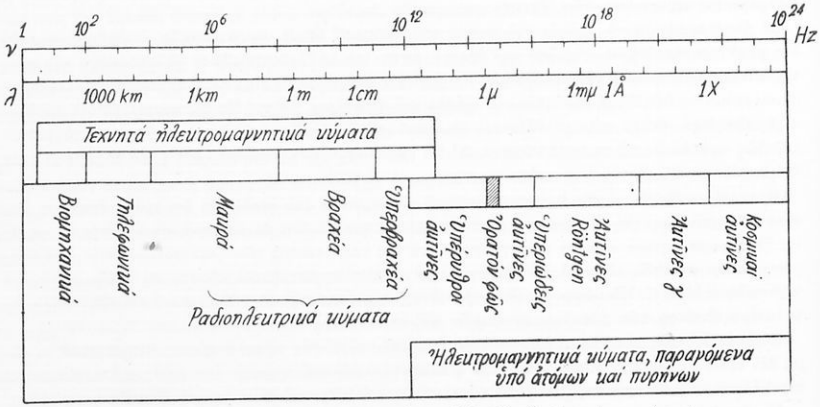
Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτὸς ἑρμηνεύει ἱκανοποιητικῶς πλεῖστα φαινόμενα τῆς ὀπτικῆς, ὡς τὸ τῆς ἀνακλάσεως, πολώσεως, συμβολῆς, περιθλάσεως κλπ. Αὕτη ὅμως δὲν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἐξηγήσῃ τοὺς νόμους τοὺς διέποντας τὴν διάταξιν τῶν γραμμῶν τῶν φασμάτων, τὴν κατανομὴν τῆς ἐνεργείας εἰς τὸ φάσμα, τοὺς νόμους τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου καὶ γενικῶς ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς ἀτομικῆς καὶ μοριακῆς κλίμακος, τὰ ὁποῖα ἀναφέρονται εἰς ἀνταλλαγὴν ἐνεργείας μεταξὺ τοῦ φωτὸς καὶ ἑνὸς ἑκάστου τῶν στοιχειωδῶν συστατικῶν τοῦ μικροκόσμου. Τὰ φαινόμενα ταῦτα ἡρμηνεύθησαν πολὺ βραδύτερον διὰ τῆς θεωρίας τῶν κβάντων (βλ. κεφ. ΙΕ', Ἀτομικὴ Φυσική).

***284. Ἠλεκτρομαγνητικὸν φάσμα.** Τὸ σύνολον τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν ἀκτινοβολιῶν, αἵτινες καθίστανται ἀντιληπταὶ εἰς τὸν ἀνθρώπινον ὀφθαλμὸν (ὁραταὶ ἀκτινοβολίαι), ἀποτελοῦν μικρὸν μόνον τμῆμα τοῦ συνολικοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ φάσματος. Δι' εἰδικῶν μεθόδων εἶναι πράγματι δυνατὸν νὰ διαπιστωθῇ ὅτι τὸ φάσμα ἐκτείνεται εἰς σημαντικὸν βαθμὸν πέραν τῶν περιοχῶν τόσον τῶν ἐρυθρῶν ὅσον καὶ τῶν ἰωδῶν ἀκτινοβολιῶν καὶ νὰ διερευνηθοῦν αἱ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ἀπρόσιτοι αὐταὶ περιοχαὶ τοῦ φάσματος. Διότι κατὰ τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτὸς οὐδεὶς περιορισμὸς ὑφίσταται διὰ τὴν συχνότητα τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν ἀκτινοβολιῶν, ἥτις, ὡς ἐκ τούτου, δύναται κατ' αὐτὴν νὰ λάβῃ ὅλας τὰς τιμὰς ἀπὸ $\nu = 0$ ($\lambda = \infty$) μέχρι $\nu = \infty$ ($\lambda = 0$).

Ἡ περιοχὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν μεγάλου μήκους κύματος, ἥτις γειτνιάζει πρὸς τὴν περιοχὴν τῶν ἐρυθρῶν ἀκτινοβολιῶν τῆς ὁρατῆς περιοχῆς καλεῖται ὑπέρυθρον φάσμα.

Ἡ περιοχὴ τοῦ μεγαλυτέρου μήκους κύματος ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν, συμπίπτει πρὸς τὴν περιοχὴν τῶν βραχυτέρου μήκους κύματος διὰ τεχνητῆς ὁδοῦ παραγομένων ραδιοφωνικῶν κυμάτων. Πέραν τῆς ἰώδους περιοχῆς τοῦ ὁρατοῦ φάσματος ἐκτείνεται τὸ ὑπεριώδες φάσμα, μετ' αὐτὸ δὲ ἀκολουθοῦν αἱ περιοχαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen (τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὴν Ἰατρικὴν) καὶ τῶν ἀκτίνων γ. Ἀκόμη μικροτέρου μήκους κύματος ἀκτινοβολίαι ἀπαντῶνται εἰς τὴν κοσμικὴν ἀκτινοβολίαν (βλ. κεφ. ΙΣΤ', § 342).

Βασικῶς, οἱ κυριώτεροι νόμοι τῆς Ὀπτικῆς ἰσχύουν δι' ὅλας γενικῶς τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ φάσματος. Ἡ ἐπενέργεια ὅμως τῶν νόμων αὐτῶν εἶναι πολλάκις ὅλως διάφορος δι' ἄλλας φασματικὰς περιοχάς, παρ' ὅτι διὰ τὴν ὁρατὴν τοιαύτην, καθόσον ὀπτικαί τινες ἰδιότητες τῶν σωμάτων, αἵτινες ἤδη ἐντὸς τῶν ὁρίων τῆς ὁρατῆς περιοχῆς ὑφίστανται μεταβολὴν



Σχ. 491. Ἠλεκτρομαγνητικὸν φάσμα. Ἡ κλῖμαξ εἶναι λογαριθμική.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μετὰ τοῦ μήκους κύματος τῆς φωτιζούσης ἀκτινοβολίας (δείκτης διαθλάσεως, διαφάνεια κλπ.), διὰ μεγάλας μεταβολὰς τοῦ μήκους κύματος ἀλλάσσουν πάρα πολύ. Ἐξ αὐτοῦ προκύπτει, ὡς ἀνάγκη, ὅπως διὰ τὴν ἐξέτασιν ἀκτινοβολιῶν ἐκτὸς τῆς ὁρατῆς περιοχῆς χρησιμοποιοῦμεν κατὰ κανόνα φακούς, πρίσματα κλπ., ἐξ ἄλλων ὑλικῶν καὶ οὐχὶ ἐξ ὑάλου. Ὅσον περισσότερον δὲ ἀπομακρυνόμεθα τῆς ὁρατῆς περιοχῆς, τόσον διαφορετικώτερα τῶν συνήθων εἶναι τὰ διὰ τὴν ἐξέτασιν ἀπαιτούμενα ὄργανα. Ἡ ἀρχὴ τῆς μετρήσεως τῶν μηκῶν κύματος εἶναι ὅμως πάντοτε ἡ αὐτή, βασίζεται δὲ ἀμέσως ἢ ἐμμέσως ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς συμβολῆς τῶν ἀκτινοβολιῶν.

Ἐπειδὴ τὰ ὅρια τῆς ὁρατῆς περιοχῆς κέκτηνται μόνον φυσιολογικήν, οὐδεμίαν δὲ φυσικὴν σημασίαν, ἕνα τονισθῇ ἡ ἐνιαία φύσις τοῦ συνόλου τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ φάσματος, ὀνομάζεται φ ῶ ς κάθε ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία (ἐκτὸς τῶν τεχνητῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων) ἀόρατος ἢ μή. Π.χ. ὁμιλοῦμεν περὶ ὑπερύθρου καὶ ὑπεριώδους φωτός, φωτὸς Röntgen κλπ.

Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα σήμερον νὰ παραγάγωμεν τεχνητῶς, καλύπτουν μικρὸν μέρος τοῦ συνολικοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ φάσματος, ἤτοι ἀπὸ συχνότητας $\nu = 0$ μέχρι $\nu = 10^{13}$ Hz. Εἰς τὸ σχῆμα 491 δεικνύεται ἡ κατανομὴ τῆς συνολικῆς ἐκτάσεως τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ φάσματος, τὸ ὁποῖον ἀρχίζει ἀπὸ συχνότητα μηδὲν καὶ περατοῦται εἰς τὴν συχνότητα 10^{23} Hz, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὰς κοσμικὰς ἀκτῖνας. Ἡ περιοχή, τὴν ὁποίαν καταλαμβάνουν τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα τὰ ἐκπεμπόμενα ὑπὸ ἀτόμων ἢ μορίων περιλαμβάνονται μεταξὺ τῶν περιοχῶν $\nu = 10^{12}$ Hz μέχρι $\nu = 10^{24}$ Hz. Δι' ὡρισμένους τύπους ἀκτινοβολιῶν, ὡς π.χ. διὰ τὰς ἀκτῖνας γ καὶ τὰς κοσμικὰς ἀκτῖνας, θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Πυρηνικῆς Φυσικῆς.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Δύο κυμαινόμενα κυκλώματα Thomson πρέπει νὰ ἔχουν ἀπαραιτήτως τὴν ἰδίαν τιμὴν χωρητικότητος ἐὰν αἱ ἰδιοσυχνότητες ταλαντώσεων αὐτῶν εἶναι αἱ αὐταί ;

2. Ἡ αὔξησις αὐτεπαγωγῆς εἰς ἓν κυμαινόμενον κύκλωμα Thomson αὐξάνει τὴν συχνότητα τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων αὐτοῦ ;

3. Ἐὰν δύο κυμαινόμενα κυκλώματα Thomson ἔχουν τὴν ἰδίαν αὐτεπαγωγὴν L, ἡ ἰδιοσυχνότης ταλαντώσεων αὐτῶν θὰ εἶναι ἡ ἰδία ;

4. Διατί τὰ κλειστὰ κυκλώματα δὲν ἀκτινοβολοῦν.

5. Διατί τίθεται εἰς τὸ σχῆμα 469 ὁ σπινθηριστής. Εἰς τί συνίσταται ἡ λειτουργία του ;

6. Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς σύρματος παραμένει ἡ αὐτὴ εἰς τὴν χαμηλὴν καὶ ὑψηλὴν συχνότητα ;

7. Τὰ ὑψίσυχνα ρεύματα εἶναι ἐπικίνδυνα ὅσον τὰ ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος διὰ τὸν ἄνθρωπον ; Διατί ;

8. Διατί τὰ κύματα ἀσυρμάτου καλοῦνται ἑρτζιανὰ κύματα ;

9. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα γενικῶς εἶναι πολωμένα ;

10. Διατί ὁ ἦχος δὲν εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὸν κῦμα ;

11. Κατὰ τί διαφέρουν τὰ φωτεινὰ κύματα καὶ τὰ κύματα ἀσυρμάτου ;

12. Ὅταν δύο φορτία ταλαντοῦνται παράγουν ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ;

13. Τὰ κύματα δύο πομπῶν τῆς αὐτῆς συχνότητος δύναται νὰ συμβάλουν ;

14. Παράγονται στάσιμα κύματα διὰ τῶν ἑρτζιανῶν κυμάτων ; Ἀναφέρατε διάταξιν.

15. Ὅταν τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα πομποῦ προσπίπτουν ἐπὶ μεταλλικῆς ἐπιφανείας ἀνακλῶνται ; Ναὶ ἢ ὄχι καὶ διατί ;

16. Ποίων ἡ ταχύτης εἶναι μεγαλυτέρα, τῶν φωτεινῶν ἢ τῶν ἑρτζιανῶν κυμάτων ;

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Β' Προβλήματα

1. Πόση ή συχνότης, ἐκπεφρασμένη εἰς kc/sec, τοῦ πομποῦ Ἀθηνῶν, τοῦ ὁποίου τὸ μῆκος κύματος εἶναι 412 m. (Ἀπ. ν = 728,155 kc/sec.)

2. Γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ κεραία ἡ χρησιμοποιουμένη εἰς τὴν ἀσύρματον τηλεπικοινωνίαν παίζει τὸν αὐτὸν ρόλον διὰ τὰς ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ὃν παίζει κλειστὸς ἠχητικὸς σωλὴν εἰς τὰς ἠχητικὰς ταλαντώσεις, νὰ εὑρεθῇ τὸ μῆκος τῆς κεραίας, ἥτις ὀφείλει νὰ ἐκπέμπῃ τὴν θεμελιώδη συχνότητα $5 \cdot 10^6$ c/sec. (Ἀπ. $l = 15$ m.)

3. Εἰς κύκλωμα ταλαντώσεων ἡ χωρητικότης εἶναι 100 pF καὶ ἡ αὐτεπαγωγὴ $7 \cdot 10^{-6}$ H. Ποία ἡ συχνότης καὶ τὸ μῆκος κύματος τῶν ταλαντώσεων. (Ἀπ. ν = $6 \cdot 10^6$ Hz, λ = 50 m.)

4. Ποῖον τὸ μῆκος κύματος τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας τῆς ἐκπεμπομένης ὑπὸ κυκλώματος ταλαντώσεων, ἀποτελουμένου ἀπὸ πηνίον συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς 1/5000 H καὶ πυκνωτοῦ χωρητικότητος 1/5000 μF. (Ἀπ. λ = 376,8 m.)

5. Κύκλωμα ταλαντώσεων συνίσταται ἐκ σταθεροῦ πυκνωτοῦ, πηνίου αὐτεπαγωγῆς καὶ ρυθμιζομένου πυκνωτοῦ, συνδεδεμένου παραλλήλως πρὸς τὸν πρῶτον. Ἡ χωρητικότης τούτου δύναται νὰ λάβῃ τὰς τιμὰς 3000 pF καὶ 6000 pF. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ταλαντώσεων εἶναι 590 Hz, ἐνῷ εἰς τὴν δευτέραν 500 Hz. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ σταθεροῦ πυκνωτοῦ καὶ ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ πηνίου. (Ἀπ. C = 4645 pF, L = 9,53 H.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΔ'

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Ἡ τηλεπικοινωνία ἔχει ὡς σκοπὸν τὴν μεταβίβασιν σημάτων ἢ τῆς φωνῆς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Αὕτη ὑποδιαιρεῖται εἰς τὴν ἐ ν σ ύ ρ μ α τ ο ν τ η λ ε π ι κ ο ι ν ω ν ί α ν, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ πομπὸς συνδέεται πρὸς τὸν ἀνταποκρινόμενον δέκτην δι' ἀγωγοῦ σύρματος, ἢ ἐν γένει ἀγωγοῦ σώματος, καὶ εἰς τὴν ἀ σ ύ ρ μ α τ ο ν τ η λ ε π ι κ ο ι ν ω ν ί α ν, καθ' ἣν μεταξὺ πομποῦ καὶ δέκτου δὲν ὑπάρχει ἀγωγὸς σύνδεσμος. Ἐφ' ὅσον εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν τηλεπικοινωνίαν ἡ μεταβίβασις γίνεται διὰ σημάτων, τὰ ὁποῖα εἶναι οἱ φορεῖς τῶν διανοημάτων ἡμῶν, ὁ κλάδος οὗτος καλεῖται τ η λ ε γ ρ α φ ί α, ἐὰν ὅμως μεταβιβάζεται ἡ φωνὴ ἢ ἡ ὁμιλία, τότε ὁ κλάδος οὗτος καλεῖται τ η λ ε φ ω ν ί α.

Ι. ΕΝΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΙΑ - ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

285. Τηλέγραφος. Ὁ πρῶτος τηλέγραφος, ὁ ὁποῖος ἐτέθη εἰς κοινὴν χρῆσιν, εἶναι ὁ ὑπὸ τοῦ Ἀμερικανοῦ **Morse (Μὸρς)** ἐφευρεθεὶς (1837), διὰ τοῦ ὁποίου διαβιβάζομεν ἐκ τοῦ πομποῦ τὰ διανοήματα ἡμῶν διὰ σημάτων μεταφρασμένων εἰς μ ο ρ σ ι κ ὸ ν κ ώ δ ι κ α, εἰς τὸν ὁποῖον τὰ γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου ἀντιστοιχοῦν εἰς σήματα ἀποτελούμενα ἐκ συνδυασμοῦ ὡρισμένου ἀριθμοῦ μακρῶν καὶ

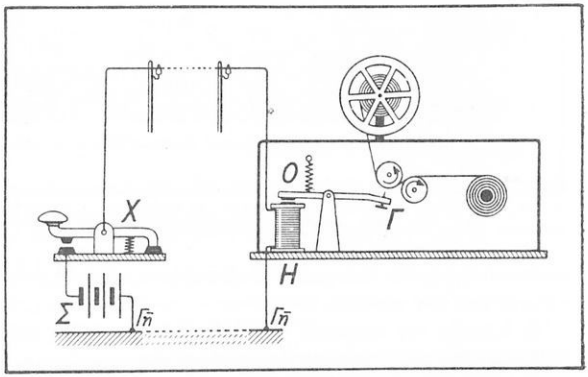
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βραχειῶν γραμμῶν, καλεῖται δὲ τὸ κωδικοποιημένον τοῦτο ἀλφάβητον μορσικὸν ἀλφάβητον π.χ. α = ·—, β = —···, γ = —·— κλπ.

Τὰ διαβιβαζόμενα ἐκ τοῦ πομποῦ σήματα ἀποτυποῦνται εἰς τὸν δέκτην ἐπὶ ταινίας καὶ ἀκολούθως ἀποκωδικοποιοῦνται, ἢ ἄλλως μεταφράζονται, ὑπὸ ἐξησκημένου πρὸς τοῦτο προσώπου.

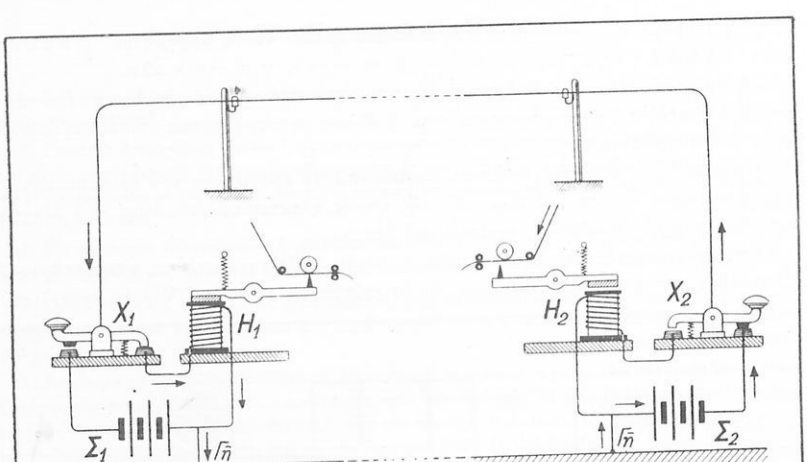
Ὁ μορσικὸς τηλέγραφος ἀποτελεῖ σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου συνίσταται δὲ ἐκ τοῦ πομποῦ, τῆς πηγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τοῦ δέκτου καὶ τῆς γραμμῆς συνδέσεως πομποῦ καὶ δέκτου.

Ὁ πομπὸς ἀποτελεῖται ἐκ συσκευῆς, ἡ ὁποία καλεῖται συνήθως **χειριστήριον.** Ὁ συνήθης τύπος αὐτοῦ συνίσταται, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 492, ἐκ μεταλλικοῦ μοχλοῦ Χ, ὁ ὁποῖος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς στήλης Σ, ἐὰν δὲ ἀφεθῇ ἐλεύθερος ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν, λόγῳ τοῦ ἐλατηρίου τοῦ εὑρισκομένου πρὸς τὸ δεξιὸν ἄκρον αὐτοῦ, ὁπότε διακόπτεται τὸ κύκλωμα τῆς στήλης Σ. Ὁ δέκτης Morse ἀποτελεῖται ἀπὸ ἠλεκτρομαγνήτην Η, ἡ περιέλιξις τοῦ ὁποίου συνδέεται ἀφ' ἑνὸς μὲν πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ μοχλοῦ τοῦ χειριστηρίου, ἀφ' ἑτέρου δὲ πρὸς τὸν ἕνα τῶν πόλων τῆς στήλης Σ τοῦ πομποῦ ἢ πρὸς τὴν Γῆν. Ὁ ἕτερος πόλος τῆς πηγῆς συνδέεται πρὸς μόνιμον ἐπαφὴν τοῦ χειριστηρίου, εὑρισκομένην ἀκριβῶς ἐναντι πρὸς ἑτέραν ἐπαφήν, ἥτις κεῖται εἰς τὸ ἀριστερὸν ἄκρον τοῦ μοχλοῦ. Ἄνωθεν τοῦ πυρῆνος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου Η ὑφίσταται ὁ ὁπλισμὸς Ο, προσηρμοσμένος εἰς τὸ ἓν ἄκρον μοχλοῦ στρεπτοῦ περὶ ἄξονα κατὰ τὸ μέσον αὐτοῦ, ἐνῷ τὸ ἕτερον ἄκρον του Γ, διὰ τῆς μελανοφόρου γραφίδος δύναται νὰ γράφῃ σήματα ἐπὶ χαρτίνης ταινίας, ἐκτυλισσομένης μέσῳ συστήματος δύο ἀντιθέτως περιστρεφομένων μικρῶν τροχῶν. Ἐὰν πιέσωμεν τὸν μοχλὸν τοῦ πομποῦ, τότε τὸ ρεῦμα τῆς στήλης Σ μεταβιβάζεται μέσῳ τῆς γραμμῆς πρὸς τὸν δέκτην, καὶ οὕτω διέρχεται διὰ τῆς περιελίξεως τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου καὶ διεγείρει αὐτόν. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τότε ἕλκει τὸν ὁπλισμόν, οὗτω δὲ ἡ μελανοφόρος γραφὶς καταγράφει ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας γραμμὴν συνεχῆ. Ἐὰν παύσωμεν νὰ πιέζωμεν τὸ χειριστήριον, τότε παύει καὶ ἡ ἐπαφὴ τῆς ταινίας πρὸς τὴν μελανοφόρον γραφίδα, οὕτω δὲ σταματᾷ πᾶσα ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς ταινίας. Ἐάν, ἀντὶ νὰ πιέζωμεν μονίμως τὸ χειριστήριον, πιέζωμεν αὐτὸ ὑπὸ τὸν ρυθμὸν τῶν μα-



Σχ. 492. Διάταξις μονοπλεύρου τηλεγραφικῆς ἀνταποκρίσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 493. Διάταξις ἀμφιπλεύρου τηλεγραφικῆς ἀνταποκρίσεως.

κρῶν καὶ βραχειῶν τοῦ μορσικοῦ ἀλφαβήτου, τότε θὰ ἀποτυποῦνται τὰ ἀντίστοιχα σήματα ἐπὶ τῆς ταινίας.

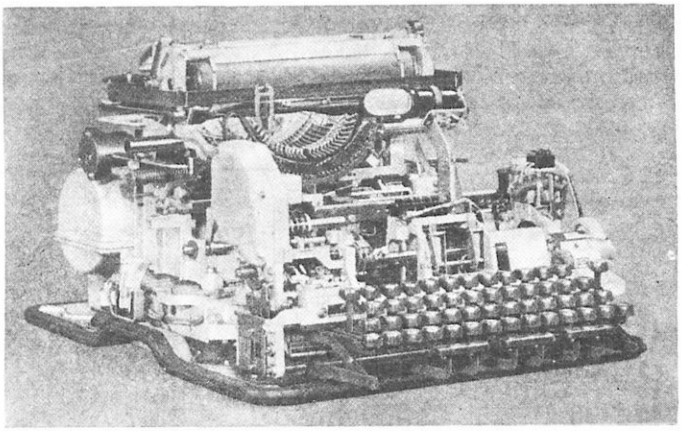
Ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 492 ἀποτελεῖ στοιχειώδη διάταξιν μονοπλεύρου μεταβιβάσεως, ἢ ὅπως λέγομεν, μονοπλεύρου ἀνταποκρίσεως, καὶ ἐν τῇ ὁποίᾳ διὰ τὴν σύνδεσιν πομποῦ καὶ δέκτου ἀπαιτεῖται γραμμὴ ἐκ δύο ἀγωγῶν.

Εἰς τὸ σχῆμα 493 δεικνύεται κατὰ ποῖον τρόπον μὲ δύο συσκευὰς Morse δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἀμφίπλευρον ἐπικοινωνίαν μεταξὺ δύο σταθμῶν. Ἐπὶ ἑκάστου σταθμοῦ ἐκτὸς τῆς συσκευῆς Morse ὑπάρχει καὶ ἓν χειριστήριον. Ἐφ' ὅσον τὸ χειριστήριον δὲν πιέζεται, τότε ἡ ἐ π α φ ὴ ἠ ρ ε μ ί α ς συνδέει τὸν ἕνα ἀκροδέκτην τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου Η, τῆς μορσικῆς συσκευῆς τῆς εὑρισκομένης εἰς τὸν αὐτὸν σταθμὸν πρὸς τὴν γραμμήν, ἡ ὁποία ἄγει πρὸς τὸν ἀνταποκρινόμενον σταθμόν. Ἐὰν εἰς τὸν δεύτερον σταθμὸν πιεσθῇ τὸ χειριστήριον, τότε ἡ στήλη Σ_2 συνδέεται πρὸς τὴν γραμμὴν καὶ οὕτω τίθεται εἰς λειτουργίαν ἡ μορσικὴ συσκευὴ τοῦ πρώτου σταθμοῦ, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα. Ὡς ἀγωγὸς ἐπιστροφῆς τοῦ ρεύματος χρησιμεύει ἡ Γῆ.

286. Τηλέτυπον. Σήμερον οἱ πλεῖστοι τηλέγραφοι λειτουργοῦν διὰ τ η λ ε τ ύ π ο υ (σχ. 494), ὀργάνου, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ἱκανότητα νὰ ἀποστέλλῃ πλείονας τῶν 100 λέξεων ἀνὰ λεπτόν, ἐνῷ εἷς πεπειραμένος χειριστὴς συνήθους τηλεγράφου δύναται νὰ ἀποστείλῃ κατὰ μέσον ὅρον 30 - 40 λέξεις ἀνὰ λεπτόν.

Ἓν κύκλωμα τηλεπικοινωνίας διὰ τηλετύπου, ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὁμοίας συσκευὰς συνδεδεμένας μεταξὺ των διὰ σύρματος ἢ καὶ ἀσυρμάτως. Ἑκάστη ἐξ αὐτῶν ἔχει τὴν ἱκανότητα ἀφ' ἑνὸς μὲν νὰ στέλλῃ σήματα (π.χ. γράμματα) διὰ πιέσεως τῶν πλήκτρων τῆς συσκευῆς, ἥτις ὁμοιάζει πρὸς γραφομηχανὴν καὶ ἀφ' ἑτέρου νὰ λαμβάνῃ σήματα ἐκ τοῦ ἑτέρου τηλετύπου, τὰ ὁποῖα κατα-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 494. Ἐξωτερικὴ ὄψις τηλετύπου.

γράφει ἐπὶ ταινίας χάρτου ὅπως ἡ γραφομηχανή. Ἐπὶ τοῦ χειριστηρίου τῆς συσκευῆς, πλὴν τῶν πλήκτρων τῶν γραμμάτων καὶ ἀριθμῶν, ὑπάρχουν καὶ πλῆκτρα χρησιμεύοντα διὰ τὸν ἔλεγχον τῆς συσκευῆς. Ἐπίσης ὡρισμέναι συσκευαὶ εἶναι κατεσκευασμέναι διὰ τὴν λῆψιν μόνον σημάτων (σχ. 495).

Αἱ συσκευαὶ τηλετύπου εἶναι λίαν χρήσιμοι διὰ τὰς παντὸς εἴδους τηλεπικοινωνίας καὶ συνδέσεις καὶ χρησιμοποιοῦνται ὑπὸ ἀστυνομικῶν σταθμῶν, σιδηροδρομικῶν σταθμῶν, ἀεροδρομίων, ξενοδοχείων κλπ., διὰ τὴν ταχεῖαν ἐπικοινωνίαν καὶ ἐξυπηρέτησιν τούτων.



Σχ. 495. Ταινία τηλετύπου ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχει καταγραφῆ σῆμα.

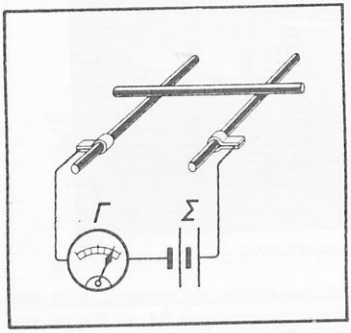
287. Μικρόφωνον. Ἡ λειτουργία τοῦ μικροφώνου, διὰ τοῦ ὁποίου μετατρέπομεν ἤχους (δηλαδὴ περιοδικὰς μεταβολὰς τῆς πιέσεως τοῦ ἀέρος) εἰς περιοδικὰς μεταβολὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, στηρίζεται ἐπὶ τῶν ἀσταθῶν ἐπαφῶν. Θεωρήσωμεν δύο ράβδους ἐξ ἄνθρακος συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ πρὸς στήλην καὶ εὐπαθὲς γαλβανόμετρον (σχ. 496). Ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ράβδων τοποθετήσωμεν ἐγκαρσίως τρίτην ράβδον, τὸ κύκλωμα κλείεται καὶ τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει τὴν διέλευσιν ρεύματος. Αἱ ἐπαφαὶ ὅμως τῆς ἐγκαρσίας ράβδου πρὸς τὰς δύο ἄλλας εἶναι ἀσταθεῖς, διότι ἐλαφρόταται διαταραχαί, π.χ. φύσημα ἢ κτύπημα ἐπὶ τῆς τραπέζης, μεταβάλλουν τὴν ἀντίστασιν αὐτῆς, ὡς ἐξάγεται ἐκ τοῦ γαλβανομέτρου Γ, τὸ ὁποῖον δεικνύει διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὸ γαλβανόμετρον καὶ συνδέσωμεν εἰς τὴν θέσιν αὐτοῦ μεγάφωνον, τότε, ἐὰν πλησίον ἢ ἐπὶ τῆς βάσεως τῆς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

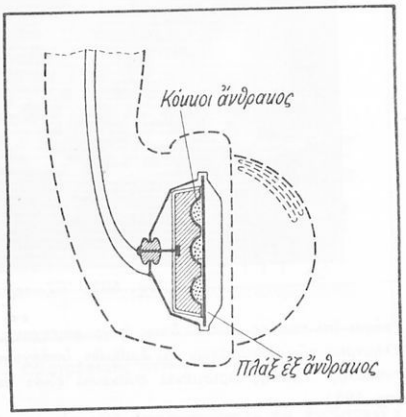
διατάξεως τοποθετήσωμεν σύνηθες ὡρολόγιον τσέπης, ἀκούομεν εὐκρινῶς τοὺς κτύπους αὐτοῦ.

Μικροφώνων ὑπάρχουν διάφοροι τύποι ἐκ τῶν ὁποίων ἀναφέρομεν τοὺς κάτωθι :

α) Μικρόφωνον μὲ κόκκους ἄνθρακος. Τοῦτο ἀποτελεῖται κατ' ἀρχὴν ἀπὸ κάψαν ἐκ μονωτικοῦ ὑλικοῦ περιέχουσαν κόκκους ἄνθρακος μεταξὺ ἑνὸς ὑποδοχέως

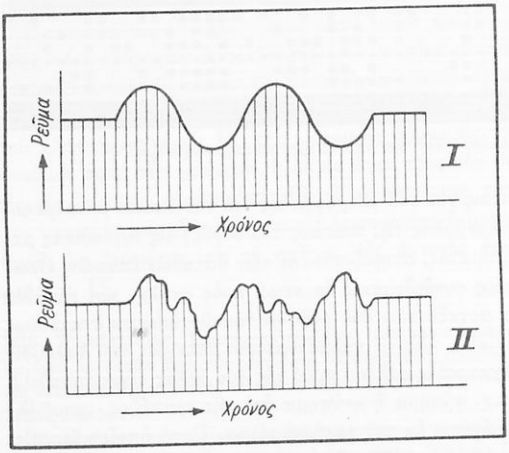


Σχ. 496. Διὰ τῆς ἐπαφῆς ἄνθρακος πρὸς ἄνθρακα ἐπέρχεται μεταβολὴ τῆς ὠμικῆς ἀντιστάσεως.



Σχ. 497. Μικρόφωνον μὲ κόκκους ἄνθρακος.

ἐκ συμπαγοῦς ἄνθρακος καὶ μιᾶς λεπτῆς πλακὸς ἐπίσης ἐξ ἄνθρακος (σχ. 497). Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ μικρόφωνον πρός τινα πηγὴν συνεχοῦς τάσεως, θὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις θὰ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν οἱ κόκκοι τοῦ ἄνθρακος. Πράγματι, ἑκάστη μεταβολὴ τῆς πιέσεως, τῆς ἀσκουμένης ἐπὶ τῆς πλακός, προκαλεῖ ἀντίστοιχον μεταβολὴν τῆς ἀντιστάσεως καὶ ἐπομένως τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Ὅθεν, ὅταν ὁμιλοῦμεν πρὸ τῆς πλακὸς τοῦ μικροφώνου, αὕτη πάλλεται, αἱ δὲ παλμικαὶ κινήσεις ταύτης, αἱ προκαλούμεναι ἀπὸ τοὺς ἤχους τῆς φωνῆς μας, μετατρέπονται εἰς μεταβολὰς τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 498. Μορφαὶ μικροφωνικοῦ ρεύματος. (Ι) Ἀντιστοιχοῦντος εἰς ἁπλοῦν ἦχον. (ΙΙ) Εἰς σύνθετον ἦχον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ ρεῦμα τοῦτο, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις μεταβάλλεται μετὰ τῆς αὐτῆς ἀκριβῶς συχνότητος τῶν προσπιπτόντων ἤχων, καλεῖται μ ι κ ρ ο φ ω ν ι κ ὸ ν ρ ε ῦ μ α.

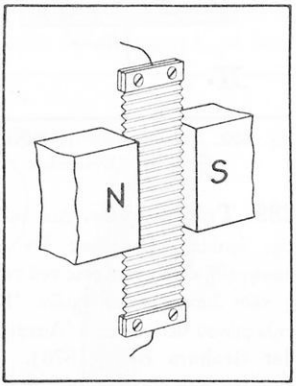
Ὅταν ὁ προσπίπτων ἐπὶ τῆς πλακὸς ἦχος εἶναι ἁπλοῦς, τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα ἔχει μορφὴν ἡμιτονοειδῆ, ὅπως παριστᾶται εἰς τὸ σχῆμα 498,Ι. Ὅταν ὁ προσπίπτων ἦχος εἶναι σύνθετος, τότε τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα ἔχει τὴν μορφὴν τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 498,ΙΙ.

Ὅταν ἐπὶ τοῦ μικροφώνου δὲν προσπίπτῃ οὐδεὶς ἦχος, τότε ἡ πλὰξ παραμένει ἀκίνητος καὶ ἡ ἀντίστασις τῶν κόκκων σταθερά, ἄρα καὶ τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα θὰ εἶναι σταθερόν, παριστώμενον ὑπὸ εὐθείας γραμμῆς.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι τὸ κυμαινόμενον μικροφωνικὸν ρεῦμα δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς συνιστάμενον ἐξ ἑνὸς συνεχοῦς ρεύματος (σταθερᾶς ἐντάσεως) καὶ ἐξ ἑνὸς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

β) Ἠλεκτροδυναμικὸν μικρόφωνον. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν μικροφώνων τοῦ τύπου τούτου στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς. Μεταξὺ τῶν πόλων ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου τοποθετεῖται μικρὰ στενὴ μεταλλικὴ ταινία ἐξ ἀργιλίου μὲ πολλὰς πτυχὰς (σχ. 499).

Ἐὰν ἐπὶ τῆς ταινίας προσπέσουν ἠχητικὰ κύματα, ταῦτα ἀναγκάζουν τὴν ταινίαν νὰ πάλλεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου, οὕτω δὲ γεννῶνται ἐν αὐτῷ ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς ὑπὸ τὸν ρυθμὸν τῆς ὁμιλίας. Ἡ κατὰ τὰ ἄκρα τῆς ταινίας ἀναπτυσσομένη τάσις ἐνισχύεται μὲ τὴν βοήθειαν ἐνισχυτοῦ. Τὰ μικρόφωνα τοῦ τύπου τούτου, λόγῳ τῆς μικρᾶς μάζης αὐτῶν, ἀνταποκρίνονται καλῶς μέχρι συχνοτήτων 15 000 Hertz, ἔχουν ὅμως μικροτέραν εὐαισθησίαν ἀπὸ τὰ μικρόφωνα μὲ κόκκους ἄνθρακος. Τὰ μικρόφωνα ταῦτα εἶναι ἀπηλλαγμένα παρασίτων ρευμάτων, δηλαδὴ ρευμάτων προερχομένων ὄχι ἀπὸ ἤχους, ἀλλὰ ἀπὸ τυχαίας μεταβολὰς τῆς ἀντιστάσεως, προερχομένας π.χ. εἰς τὰ μικρόφωνα δι' ἄνθρακος ἐκ θερμάνσεως τῶν κόκκων.



Σχ. 499. Μικρόφωνον μετὰ ταινίας.

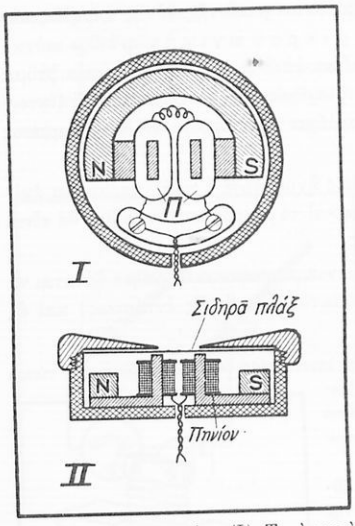
288. Ἀκουστικόν. Ὡς προηγουμένως εἴδομεν, διὰ τοῦ μικροφώνου δυνάμεθα νὰ μετασχηματίσωμεν ἐξωτερικὰς μηχανικὰς διαταράξεις εἰς ἀντιστοίχους διακυμάνσεις ρεύματος, τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν διὰ τοῦ γαλβανομέτρου.

Ἐὰν ὅμως αἱ διαταράξεις ἔχουν μεγάλην συχνότητα, ὁ δείκτης τοῦ γαλβανομέτρου, λόγῳ τῆς ἀδρανείας αὐτοῦ, δὲν δύναται νὰ παρακολουθήσῃ τὰς ταχείας διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος, τὰς ὁποίας οὕτω δὲν δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν.

Διὰ τὴν περίπτωσιν τῆς παρακολουθήσεως ταχειῶν διακυμάνσεων τοῦ ρεύματος, χρησιμοποιοῦμεν τὸ ἀκουστικὸν ἢ τηλέφωνον.

Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου NS, εἰς τὰ δύο σκέλη τοῦ ὁποίου περιελίσσονται δύο μικρὰ πηνία Π, τῶν ὁποίων αἱ σπεῖραι διαρρέονται ὑπὸ τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος. Ἔναντι τῶν δύο πόλων N καὶ S τοῦ μονίμου μαγνήτου

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 500. Ἀκουστικόν. (Ι) Τομὴ κατὰ μῆκος. (ΙΙ) Ἐγκαρσίως.

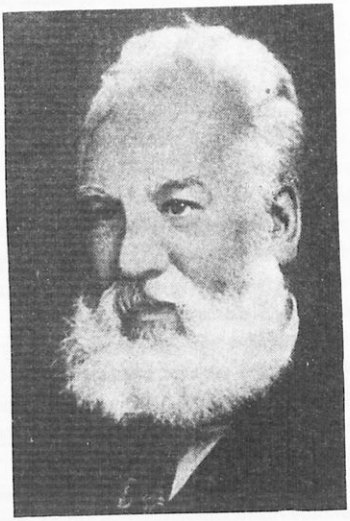
καὶ εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτῶν τοποθετεῖται λεπτὴ πλάξ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 500), ἑλκομένη μονίμως ὑπὸ τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου, ἀλλὰ μὴ ἐφαπτομένη αὐτῶν.

Ὅταν διαβιβάσωμεν μικροφωνικὸν ρεῦμα διὰ τῶν σπειρῶν τῶν πηνίων, ἀναλόγως τῆς φορᾶς αὐτοῦ, τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἐνίσχυσιν ἢ ἐξασθένησιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μονίμου μαγνήτου. Τοιουτοτρόπως ἐπέρχεται, ἀναλόγως, αὔξησις ἢ ἐλάττωσις εἰς τὴν ἕλξιν τῆς μεμβρανοειδοῦς σιδηρᾶς πλακός. Ἐὰν συνεπῶς τὸ ἀκουστικὸν διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ ἕλξις τῆς πλακὸς θὰ ὑφίσταται περιοδικὴν αὐξομείωσιν, τιθεμένη οὕτως εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ παράγουσα ἦχον, ἡ συχνότης τοῦ ὁποίου εἶναι ἡ αὐτὴ πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ ἐναλλασσομένου μικροφωνικοῦ ρεύματος.

289. Τηλέφωνον. Διὰ τοῦ τηλεφώνου ἐπιτυγχάνεται ἀπ'εὐθείας ἡ μεταβίβασις τῆς ὁμιλίας, ἐπομένως δὲν ἀπαιτεῖται νὰ προηγηθῇ κωδικοποίησις τοῦ τηλεγραφήματος ἢ τῶν διανοημάτων ἡμῶν. Ἐφευρέτης τοῦ τηλεφώνου θεωρεῖται ὁ Ἀμερικανὸς Alexander Graham Bell (1876).

Πρὸς πραγματοποίησιν ἐνσυρμάτου μεταβιβάσεως τῆς φωνῆς, κατ' ἀρχὴν ἀπαιτοῦνται ἓν μικρόφωνον, μία πηγὴ συνεχοῦς τάσεως, ἓν ἀκουστικὸν καὶ δύο ἀγωγοὶ συνδέσεως. Ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον τὸ μικρόφωνον δὲν συνδέεται ἀπ' εὐθείας μέσῳ τῆς τηλεφωνικῆς γραμμῆς μὲ τὸ ἀκουστικόν, ἀλλ' ἐνδιαμέσως παρεμβάλλεται καὶ μετασχηματιστὴς (σχ. 501).

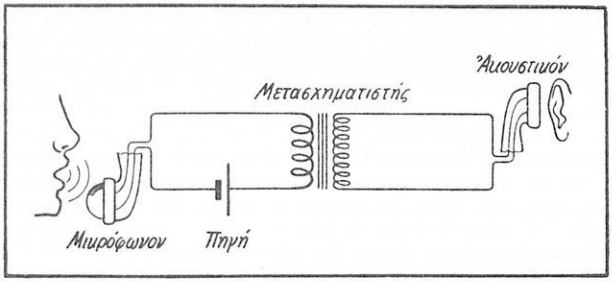
Ἐκ τῶν δύο συνιστωσῶν τοῦ κυμαινομένου μικροφωνικοῦ ρεύματος, ἡ σταθερᾶς ἐντάσεως συνεχὴς συνιστῶσα, διερχομένη διὰ τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ, δὲν προκαλεῖ οὐδὲν ἐνδιαφέρον φαινόμενον. Ἀλλ' ἡ ἐναλλασσομένη συνιστῶσα προκαλεῖ εἰς τὰ



ALEXANDER BELL (1847 - 1922)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος μίαν ἐναλλασσομένην τάσιν. Ἐπειδὴ ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ δευτερεύοντος εἶναι μεγαλύτερος τοῦ ἀριθμοῦ σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος, ἡ ἀναπτυσσομένη τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος εἶναι μεγάλη.

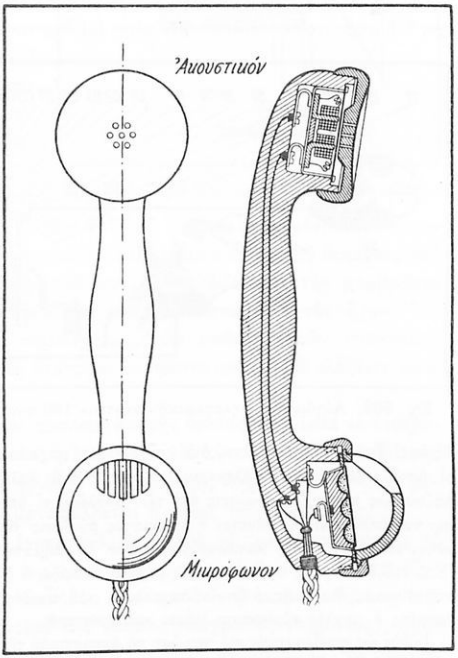


Σχ. 501. Σχηματικὴ παράστασις πραγματοποιήσεως ἐνσυρμάτου τηλεφωνίας (ἀρχή).

Ὅθεν, διὰ δεδομένην ἰσχὺν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τοὺς ἀγωγοὺς τῆς τηλεφωνικῆς γραμμῆς θὰ εἶναι μικρά, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν λεπτὰ σύρματα καὶ οὕτω νὰ ἔχωμεν οἰκονομίαν χαλκοῦ.

Πρὸς ἐπίτευξιν τηλεφωνικῆς συνδιαλέξεως ἀπαιτεῖται ὅπως οἱ συνδιαλεγόμενοι διαθέτουν ἀνὰ ἓν μικρόφωνον καὶ ἓν ἀκουστικόν, ἕνεκα τῶν ὁποίων χρειάζονται τέσσαρες, συνολικῶς, ἀγωγοί. Διὰ καταλλήλου ὅμως συνδεσμολογίας ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀγωγῶν περιορίζεται εἰς δύο, ἐπὶ πλέον δὲ ἐπετεύχθη ὅπως μὴ εἶναι ἀναγκαία ἰδιαιτέρα ἠλεκτρικὴ πηγὴ δι' ἕκαστον συνδιαλεγόμενον. Οὕτως, αἱ τηλεφωνικαὶ συσκευαὶ τῶν συνδρομητῶν τροφοδοτοῦνται ἅπασαι ὑπὸ τῆς αὐτῆς πηγῆς, ἥτις εὑρίσκεται τοποθετημένη εἰς τὸ τηλεφωνικὸν κέντρον.

Εἰς τὸ σχῆμα 502 δεικνύεται τὸ «ἀκουστικὸν» μιᾶς τηλεφωνικῆς συσκευῆς εἰς δύο τομάς, περιλαμβάνον τὸ μικρόφωνον καὶ τὸ ἀκουστικόν.



Σχ. 502. Τηλέφωνον. Συνδυασμὸς μικροφώνου καὶ ἀκουστικοῦ εἰς μίαν συσκευήν.

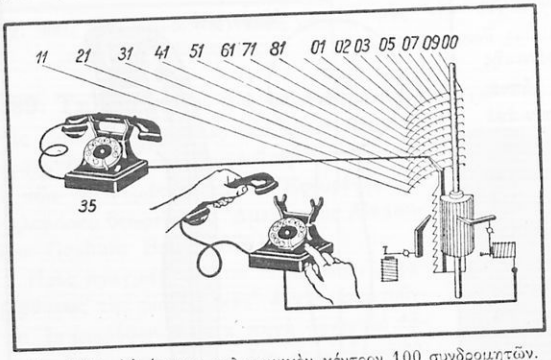
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

***290. Αὐτόματα τηλέφωνα καὶ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας αὐτῶν.** Εἰς παλαιοτέραν ἐποχὴν ἑκάστη τηλεφωνικὴ συσκευὴ συνεδέετο μὲ εἰδικὴν διάταξιν, διὰ τῆς ὁποίας ἕκαστος συνδρομητὴς εἶχε τὴν δυνατότητα νὰ εἰδοποιῇ τὸν καλούμενον συνδρομητήν, μετὰ τοῦ ὁποίου ἐπεθύμει νὰ ἔχῃ τηλεφωνικὴν συνδιάλεξιν. Οἱ ἀγωγοὶ τῆς τηλεφωνικῆς συσκευῆς κατέληγον πρὸς τὸ τηλεφωνικὸν κέντρον ἐπὶ τοῦ πίνακος συνδέσεως, ὅτε διὰ τῆς τηλεφωνικῆς κλήσεως τοῦ κέντρου εἰδοποιεῖτο ὁ ἐπὶ τούτῳ ὑπάλληλος διὰ καταλλήλου σήματος, π.χ. διὰ τῆς ἀφῆς μικρᾶς λυχνίας, καὶ οὗτος ἀπεκαθίστα τὴν ἐπικοινωνίαν μεταξὺ τῶν δύο συνδρομητῶν.

Μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου κατεδείχθη ὅτι ἡ μεσολάβησις ὑπαλλήλου διὰ τὴν ἀποκατάστασιν τῆς ἐπικοινωνίας μεταξὺ τῶν συνδρομητῶν εἶχεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ μειονέκτημα νὰ ἐπιφέρῃ ἀπώλειαν χρόνου, ἀφ' ἑτέρου δὲ νὰ εἶναι καὶ δαπανηρά. Ὡς ἐκ τούτου ἐδημιουργήθη ὁ κλάδος τῆς **αὐτομάτου τηλεφωνίας,** ἡ ὁποία σήμερον εἶναι εὐρύτατα διαδεδομένη εἰς ὅλα τὰ πολιτισμένα κράτη.

Ἡ αὐτόματος τηλεφωνία πραγματοποιεῖται ὡς ἑξῆς. Ὡρισμένοι ἀριθμοὶ συνδρομητῶν ὑπάγονται εἰς ἓν τηλεφωνικὸν κέντρον, πρὸς τὸ ὁποῖον καταλήγουν αἱ γραμμαὶ συνδέσεως τῶν τηλεφωνικῶν συσκευῶν αὐτῶν. Ἡ τηλεφωνικὴ συσκευὴ ἑκάστου συνδρομητοῦ εἶναι ἐφωδιασμένη μὲ στρεπτὸν περὶ ἄξονα δίσκον φέροντα ὀπὰς ἀντιστοιχούσας εἰς τοὺς ἀριθμοὺς ἀπὸ 1-9 καὶ 0.

Ἐὰν περιστρέψωμεν τὸν δίσκον πρὸς τὰ δεξιὰ μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ δακτύλου, μέχρι π.χ. τοῦ ἀριθμοῦ 2, καὶ ἀφήσωμεν ἀκολούθως αὐτὸν ἐλεύθερον, οὗτος ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν καὶ μεταβιβάζει διὰ τῆς γραμμῆς εἰς τὸν **ἐπιλογέα,** ἕνα δι' ἕκαστον συνδρομητήν, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται εἰς τὸ τηλεφωνικὸν κέντρον, δύο ρευματικὰς κρούσεις. Ἐὰν τὸν δίσκον μετατοπίσωμεν μέχρις 6 ἢ μέχρι μηδὲν καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸν ἐλεύθερον, οὗτος μεταβιβάζει 6 ἢ 10 κρούσεις. Διὰ τῶν ρευματικῶν τούτων κρούσεων ὁ ἐπιλογεὺς διεγείρεται καὶ προκαλεῖ αὐτομάτως τὴν σύνδεσιν τῶν συνδρομητῶν.



Σχ. 503. Αὐτόματον τηλεφωνικὸν κέντρον 100 συνδρομητῶν.

Εἰς τὸ σχῆμα 503 δεικνύεται αὐτόματον τηλεφωνικὸν κέντρον διὰ τὴν ἐξυπηρέτησιν 100 συνδρομητῶν.

Ὁ ἐπιλογεὺς ἑνὸς τοιούτου κέντρου φέρει 100 ἐπαφάς, ἀποτελεῖται δὲ ἀπὸ ἕνα κύλινδρον, ὁ ὁποῖος παρουσιάζει δύο ἐλευθερίας κινήσεως, ἤτοι μίαν περιστροφικὴν κίνησιν περὶ ἄξονα καὶ ἑτέραν μεταφορικὴν κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ καταλλήλων μοχλῶν διεγειρομένων ὑπὸ ἠλεκτρονόμων, οἱ ὁποῖοι δέχονται τὰς ἠλεκτρικὰς κρούσεις τοῦ καλοῦντος συνδρομητοῦ, τὰς ὁποίας μεταβιβάζουν ὡς κινητικὰς κρούσεις ἐπὶ τῶν μοχλῶν, οἱ ὁποῖοι οὕτω μετατοπίζουν τὸν κύλινδρον μέσῳ τοῦ ὁποίου ἐπιτυγχάνεται ἡ αὐτόματος σύνδεσις τῶν συνδρομητῶν. Οὕτως, ὁ ἐπιλογεὺς δύναται νὰ μετατοπισθῇ κατακορύφως κατὰ 10 βήματα ὡς καὶ νὰ περιστραφῇ κατὰ 10 βήματα. Ἐπὶ τοῦ ἐπιλογέως ὑφίσταται εἷς μοχλὸς ἐπαφῆς, ὁ ὁποῖος κινεῖται πρὸ τῶν ἐπαφῶν κυλινδρικοῦ πίνακος διανομῆς, ὁ ὁποῖος περικλείει τὰς συνδέσεις τῶν 100 συνδρομητῶν. Εἰς τὴν θέσιν ἠρεμίας ὁ μοχλὸς εὑρίσκεται κάτω καὶ ἀριστερά.

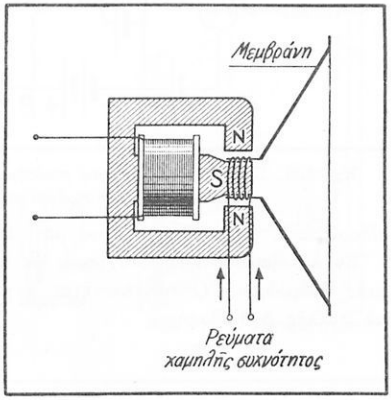
Εὐθὺς ὡς συνδρομητὴς τις σηκώσῃ τὸ ἀκουστικὸν τῆς συσκευῆς του, αὐτὴ συνδέεται αὐτομάτως μετὰ τοῦ ἀριστεροῦ (ἀνυψωτικοῦ) μαγνήτου τοῦ ἐπιλογέως της.

Ἐὰν ὁ καλῶν ἐκλέξῃ τὸν ἀριθμὸν 3, τότε αἱ τρεῖς διαδοχικαὶ κρούσεις διεγείρουν τὸν ἠλεκτρονόμον, ὁ ὁποῖος ἀναγκάζει τὸν πρὸς τὰ ἀριστερὰ μοχλὸν νὰ ἀνυψώσῃ τὸν ἐπιλογέα κατὰ 3 βήματα καὶ οὕτως ὁ μοχλὸς ἐπαφῆς φέρεται εἰς τὸ ὕψος τῆς τρίτης σειρᾶς τοῦ πίνακος διανομῆς. Ἀκολούθως,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἡ συσκευὴ συνδέεται αὐτομάτως μετὰ τοῦ δεξιοῦ (περιστροφικοῦ) μαγνήτου. Ἐὰν ὁ καλῶν συνδρομητὴς ἀκολούθως ἐκλέξῃ τὸν ἀριθμὸν 5, τότε αἱ 5 διαδοχικαὶ ρευματικαὶ κρούσεις προκαλοῦν διὰ τοῦ δεξιοῦ (περιστροφικοῦ) μαγνήτου περιστροφὴν τοῦ ἐπιλογέως κατὰ 5 βήματα καὶ ὁ μοχλὸς ἐπαφῆς παραμένει ἀκίνητος εἰς τὸν ἀριθμὸν 35. Οὕτως ὁ καλῶν συνδρομητὴς συνδέεται αὐτομάτως πρὸς τὸν ἀνταποκρινόμενον συνδρομητήν, τὸν ἔχοντα ἀριθμὸν 35.

291. Μεγάφωνον. Τὸ μεγάφωνον ἀποτελεῖ διάταξιν, ἥτις μετατρέπει τὰ μικρᾶς ἐντάσεως μικροφωνικὰ ρεύματα εἰς ἦχον μεγάλης ἐντάσεως, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ ἀκουστικόν, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ τὴν αὐτὴν ἐργασίαν, παράγον ὅμως ἦχον μικρᾶς ἐντάσεως.



Σχ. 504. Τομὴ ἠλεκτροδυναμικοῦ μεγαφώνου.

Ἐκ τῶν διαφόρων χρησιμοποιουμένων σήμερον τύπων μεγαφώνων περιγράφομεν τὸν μᾶλλον εὔχρηστον καὶ συνήθη τοῦ ἠλεκτροδυναμικοῦ μεγαφώνου (σχ. 504).

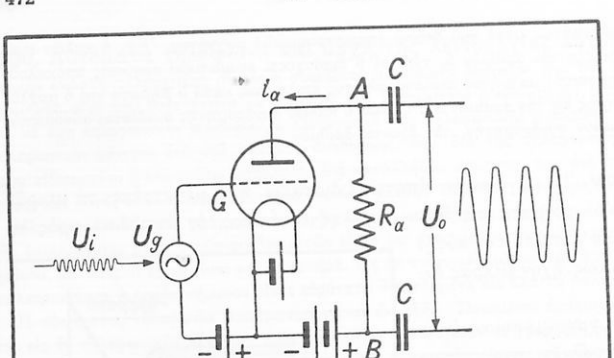
Εἰς τὸ μεγάφωνον τοῦτο ἡ μεμβράνη σχήματος χωνίου φέρει εἰς τὸ ἄκρον αὐτῆς περιελιγμένον ἐλαφρὸν πηνίον τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ εἰς τὸ διάκενον ἰσχυροῦ ἠλεκτρομαγνήτου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κινῆται ἐλευθέρως. Διὰ τοῦ κινητοῦ τούτου πηνίου διέρχεται, ἀφοῦ προηγουμένως ἐνισχυθῇ καταλλήλως, τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις ὑφίσταται διαρκεῖς μεταβολάς. Λόγῳ δὲ τῶν ἐπὶ τοῦ πηνίου ἀσκουμένων δυνάμεων κατὰ Laplace, τίθεται τοῦτο εἰς ἐξηναγκασμένην ταλάντωσιν ἐντὸς τοῦ διακένου τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Ἡ ταλάντωσις αὕτη μεταδίδεται ἀπ' εὐθείας εἰς τὴν μεμβράνην τοῦ μεγαφώνου, ἥτις παλλομένη, μὲ τὸν αὐτὸν ρυθμόν, ἀναπαράγει τὸν ἦχον.

Τὰ μεγάφωνα εἶναι ἀπαραίτητον συμπλήρωμα τῶν ραδιοφωνικῶν συσκευῶν, χρησιμοποιούμενα προσέτι εἰς αἰθούσας θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κλπ.

292. Ἐνισχυτής. Ὁ ἐνισχυτὴς εἶναι συσκευὴ διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐνισχύσωμεν ἀσθενεῖς τάσεις ἢ ἀσθενῆ ρεύματα, ἡ λειτουργία δὲ αὐτοῦ στηρίζεται ἐπὶ τῆς γνωστῆς ἰδιότητος τοῦ πλέγματος τῆς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας νὰ ἐπιφέρῃ μεταβολὴν τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, ὅταν μεταβάλλεται ἡ τάσις τοῦ πλέγματος.

Τὴν ἀρχὴν λειτουργίας ἑνὸς ἁπλοῦ ἐνισχυτοῦ, δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν εἰς τὸ σχῆμα 505. Θεωρήσωμεν μιὰν ἀσθενῆ ἐναλλασσομένην τάσιν (σῆμα) U_g ἐφαρμοζομένην μεταξὺ τοῦ πλέγματος καὶ τῆς καθόδου τῆς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα. Αἱ μεταβολαὶ τῆς τάσεως πλέγματος (σήματος), προκαλοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τῆς ἐντάσεως τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος i_a, τὸ ὁποῖον, διαρρέον τὴν ἀνοδικὴν ἀντίστασιν R_a, δημιουργεῖ ἀναλόγους μεταβολὰς τῆς τάσεως τῆς ἐπικρατούσης εἰς τὰ ἄκρα αὐτῆς A καὶ B. Ἡ ἐναλλασσομένη αὕτη τάσις εἶναι τῆς ἰδίας κυματομορφῆς καὶ τῆς αὐτῆς συχνότητος μὲ τὴν τοῦ σήματος, τὸ δὲ πλά-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 505. Σχηματική παράστασις συνδεσμολογίας πρὸς ἐνίσχυσιν ἀσθενοῦς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

τος αὐτῆς εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλύτερον τοῦ πλάτους τοῦ σήματος, λόγῳ τῆς ἐνισχύσεως τῆς λυχνίας.

Ὑπάρχουν διάφοροι τύποι ἐνισχυτῶν, ἕκαστος τῶν ὁποίων χρησιμοποιεῖται δι' εἰδικὴν ἐργασίαν. Ὁ ἀνωτέρω περιγραφεὶς ἁπλοῦς ἐνισχυτὴς καλεῖται, εἰδικώτερον, «ἐνισχυτὴς τάσεως μετ' ἀντιστάσεως».

Ἓν ἁπλοῦν σύστημα ἐνισχυτοῦ, ὡς τὸ ἀνωτέρω, καλεῖται συνήθως «ἐνισχυτὴς μιᾶς βαθμίδος». Ὅταν ἀπαιτῆται μεγάλη ἐνίσχυσις, χρησιμοποιεῖται «ἐνισχυτὴς μὲ πολλὰς βαθμίδας».

ΙΙ. ΦΩΝΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΧΩΝ

293. Ὁμιλῶν κινηματογράφος. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοκυττάρου, ὡς εἴδομεν, γίνεται καὶ εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον. Εἰς παλαιοτέραν ἐποχήν, ὁ ὁμιλῶν κινηματογράφος ἐπραγματοποιεῖτο διὰ τῆς καταγραφῆς τῆς ὁμιλίας ἐπὶ φωνογραφικῆς πλακὸς καθ' ὃν χρόνον ἐγυρίζετο ἡ κινηματογραφικὴ ταινία εἰς τὸ στούντιο καὶ ἐν συγχρονισμῷ πρὸς αὐτήν. Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας, διὰ τῆς κινηματογραφικῆς διατάξεως, μὲ κατάλληλον ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου, ἀπεδίδετο ἡ ὁμιλία διὰ μεγαφώνων, ἐν συγχρονισμῷ πρὸς τὴν προβαλλομένην ταινίαν.

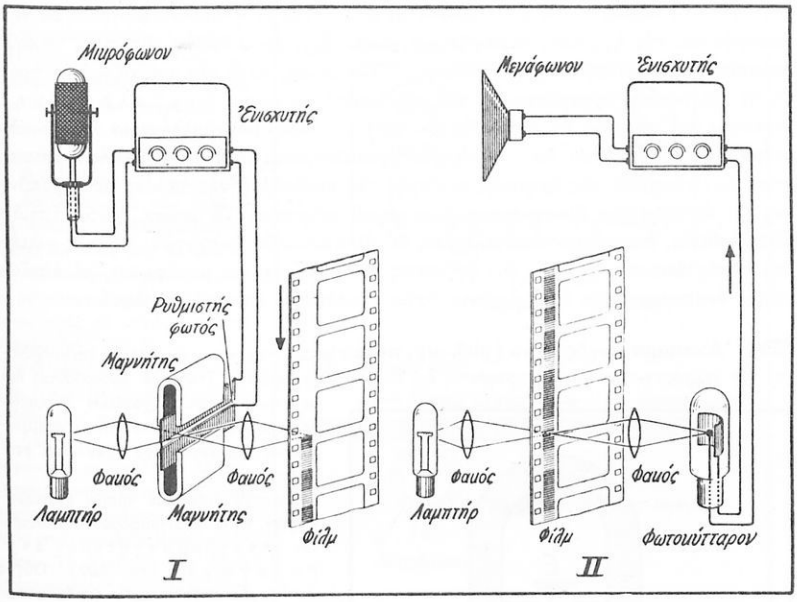
Σήμερον, δὲν χρησιμοποιεῖται πλέον ἡ μέθοδος αὕτη, ἀλλὰ ἡ ὁμιλία καταγράφεται ἐπὶ τοῦ φίλμ εἰς παράπλευρον θέσιν, οὕτω δὲ τὸ φίλμ παρουσιάζει δύο διακεκριμένας ἀπ' ἀλλήλων περιοχάς: τὴν ἠχητικὴν καὶ τὴν ὀπτικήν. Ἡ ἐγγραφὴ τῶν ἤχων (φωνοληψία) γίνεται ὑπὸ μορφὴν ζώνης εἴτε μεταβλητῆς ἀμαυρώσεως εἴτε μεταβλητοῦ πλάτους.

Ἡ ἐγγραφὴ τοῦ ἤχου ἐπὶ ταινίας ὑπὸ μορφὴν ζώνης μεταβλητῆς ἀμαυρώσεως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 506,Ι. Ἡ ὅλη συσκευὴ ἐγγραφῆς περιλαμβάνει τὰ ἀκόλουθα τμήματα:

1) Τὸ μικρόφωνον. Οἱ ἤχοι προσπίπτοντες ἐπ' αὐτοῦ μετατρέπονται εἰς μεταβαλλόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα (μικροφωνικὸν ρεῦμα).

2) Τὸν ἐνισχυτήν. Οὗτος ἐνισχύει τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα καὶ ὁδηγεῖ τοῦτο

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 506. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἐγγραφῆς (I) καὶ ἀναπαραγωγῆς (II) τοῦ ἤχου εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον.

εἰς τὸν «ρυθμιστὴν φωτός», ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἐλάσματα ἐκ κράματος ἀργιλίου, ἀπέχοντα μεταξύ των περίπου 0,025 mm ἕως 752 mm.

3) Τὸ μεταβαλλόμενον μικροφωνικὸν ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τῶν ἐλασμάτων αὐτῶν, ἀναγκάζει ταῦτα νὰ μετακινοῦνται πρὸ τῶν πόλων τῶν ἰσχυρῶν μαγνητῶν. Τοιουτοτρόπως μεταβάλλεται τὸ εὖρος τῆς σχισμῆς μεταξὺ τῶν ἐλασμάτων.

4) Αἱ μεταβολαὶ τῆς σχισμῆς προξενοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς ἐντάσεως εἰς τὸ διερχόμενον δι' αὐτῆς φῶς τῆς πηγῆς.

5) Τὸ φῶς τῆς μεταβλητῆς ἐντάσεως ἐστιάζεται ἐπὶ τοῦ ἄκρου τῆς κινουμένης φωτοπαθοῦς ταινίας.

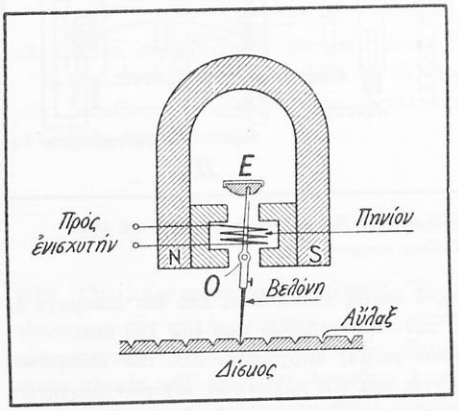
6) Ἡ φωτοπαθὴς κινηματογραφικὴ ταινία ἐμφανίζεται καὶ ἐκ τῆς ἀρνητικῆς λαμβάνεται ἡ θετική. Οὕτως, ἡ θετικὴ αὕτη ταινία φέρει ἀποτυπωμένον ἴχνος τοῦ ἤχου, συνιστάμενον ἐκ φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν ζωνῶν, τῶν ὁποίων αἱ ἀποχρώσεις ποικίλλουν ἀντιστοίχως πρὸς τὸν ἀρχικὸν ἦχον, ὅστις προσέβαλε τὸ μικρόφωνον.

Ἡ συσκευὴ ἀναπαραγωγῆς τῶν ἤχων, τῶν ἐγγεγραμμένων ἐπὶ τοιαύτης ταινίας, δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 506, ΙΙ. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦν λυχνίαν σταθερᾶς ἰσχύος καὶ διαβιβάζουν τὸ φῶς αὐτῆς διὰ μέσου τῆς ἠχητικῆς περιοχῆς τῆς προβαλλομένης ταινίας, οὕτως, ὥστε ἡ φωτεινὴ δέσμη νὰ ἑστιάζεται, διά τινος φακοῦ, ἐπὶ τοῦ ἄκρου τῆς ταινίας, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἔχει ἐγγραφῆ ὀπτικῶς ὁ ἦχος. Τὸ φῶς διερχόμενον ἐκ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τῆς ἠχητικῆς περιοχῆς τοῦ φίλμ ὑφίσταται ἀπορρόφησιν, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἀμαυρώσεως τῆς ἠχητικῆς περιοχῆς καὶ ἀκολούθως, ἀφοῦ διέλθῃ διά τινος φακοῦ, προσπίπτει ἐπὶ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου. Ἐπομένως, κατὰ τὴν συνεχιζομένην προβολὴν τῆς ταινίας, προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου φῶς μεταβαλλομένης ἐντάσεως καὶ συνεπῶς διέρχεται διὰ τοῦ φωτοκυττάρου μεταβαλλόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα· ἤτοι αἱ φωτειναὶ διακυμάνσεις, αἱ προκαλούμεναι ὡς ἐκ τῆς διαφόρου ἐπιφανείας τῶν γραμμῶν τῆς ἠχητικῆς περιοχῆς τῆς προβαλλομένης ταινίας μετατρέπονται εἰς ἀντιστοίχους διακυμάνσεις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο, ἐπειδὴ εἶναι ἀσθενές, ἐνισχυόμενον καταλλήλως δι' ἠλεκτρονικῶν ἐνισχυτῶν, μερικὰς χιλιάδας φορὰς ἄνω τῆς ἀρχικῆς του ἐντάσεως, διαβιβάζεται εἰς μεγάφωνον, τὸ ὁποῖον οὕτως ἀναπαράγει τὸν ἦχον ἐκεῖνον, ὅστις προσέπεσεν ἐπὶ τοῦ μικροφώνου.

***294. Ἀναπαραγωγὸς ἤχου (pick-up, πικάπ).** Διὰ τῆς συσκευῆς ταύτης ἐπιτυγχάνομεν τὴν ἀναπαραγωγὴν ἤχου, ἐγγραφέντος ἐπὶ δίσκου γραμμοφώνου. Τοῦτο δὲ κατορθοῦται διὰ μετατροπῆς τῶν μηχανικῶν δονήσεων βελόνης, συρομένης ἐπὶ δίσκου γραμμοφώνου, εἰς ἀντίστοιχα ἠλεκτρικὰ ρεύματα.



Σχ. 507. Ἠλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἤχου (πικάπ).

Ἐκ τῶν διαφόρων τύπων ἀναπαραγωγῶν ἤχου περιγράφομεν κατωτέρω τὸν ἠλεκτρομαγνητικὸν ἀναπαραγωγὸν (σχ. 507). Οὗτος κατ' ἀρχὴν συνίσταται ἐκ μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου NS, ἐντὸς τοῦ διακένου τοῦ ὁποίου εὑρίσκεται ὀπλισμὸς ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, στρεπτὸς περὶ ἄξονα O, φέρων εἰς τὸ ἄκρον αὐτοῦ βελόνην. Ὁ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ὀπλισμὸς περιβάλλεται ὑπὸ πηνίου, κρατεῖται δὲ εἰς ὡρισμένην θέσιν διὰ τεμαχίου ἐλαστικοῦ E, τοποθετημένου κατὰ τὸ ἄνω ἄκρον αὐτοῦ.

Ἡ διὰ τοῦ ὀπλισμοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ὀπλισμοῦ. Ἐπομένως, ὅταν ὁ ἠλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς τεθῇ ἐπὶ τοῦ στρεφομένου γραμμοφωνικοῦ δίσκου, αἱ δονήσεις τῆς βελόνης, ἐξαρτώμεναι ἐκ τῶν ἑκάστοτε βαθῶν τῶν αὐλάκων τῶν κυκλικῶν σπειρῶν τοῦ δίσκου, μετακινοῦν τὸν ὀπλισμόν. Ἕνεκα ὅμως τῶν μετακινήσεων τοῦ ὀπλισμοῦ μεταβάλλεται ἡ διὰ τοῦ πηνίου διερχομένη μαγνητικὴ ροή, ὁπότε εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἐμφανίζεται μεταβαλλομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς. Συνεπῶς, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἀναπτύσσεται μεταβαλλομένη τάσις, ἡ ὁποία, διὰ καταλλήλου ἐνισχυτοῦ, θέτει εἰς λειτουργίαν τὸ μεγάφωνον, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει τὸν ἐπὶ τοῦ δίσκου ἀποτυπωθέντα ἦχον. Οἱ νεωτέρου τύπου ἀναπαραγωγοὶ ἤχου φέρουν κρυστάλλους, παράγοντας τάσιν βάσει τοῦ φαινομένου τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ (§ 217).

*** 295. Μαγνητόφωνον.** Τοῦτο εἶναι ὄργανον διὰ τοῦ ὁποίου ἀποτυπώνεται ἦχος ἐπὶ ταινίας, ἥτις φέρει στρῶμα ἐκ κόνεως σιδήρου, ὑπὸ μορφὴν περιοχῶν διαφόρου μαγνητίσεως. Τὸ μαγνητόφωνον (σχ. 508, I) δύναται ἐπίσης νὰ ἀναπαραγάγῃ τὸν ἦχον. Ὁ τρόπος οὗτος ἐγγραφῆς ἤχων (μαγνητικὴ ἐγγραφὴ) ἀνεπτύχθη κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη καὶ εἰς πλείστας περιπτώσεις πλεονεκτεῖ τοῦ

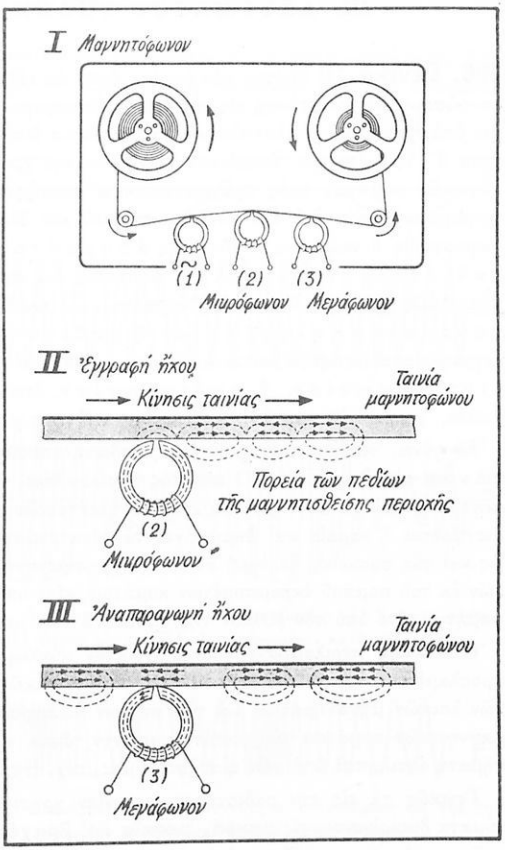
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

συνήθους τρόπου ἠχογραφήσεως ἐπὶ γραμμοφωνικῶν δίσκων.

Ἡ μαγνητοφωνικὴ ταινία συνάπτεται κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῆς εἰς τοὺς λαιμοὺς δύο τροχαλιῶν εἰς τρόπον ὥστε ἐκτυλιγομένη ἐκ τῆς μιᾶς νὰ περιτυλίσσεται περὶ τὴν ἄλλην. Κατὰ τὴν κίνησιν αὐτῆς διέρχεται πρὸ τῶν αἰχμῶν τῶν πόλων δύο ἠλεκτρομαγνητῶν, ἐξ ὧν ὁ εἷς (2) διεγείρεται ὑπὸ τοῦ ἐνισχυμένου μικροφωνικοῦ ρεύματος, ὁ δὲ ἄλλος (3) συνδέεται πρὸς τὸ μεγάφωνον τοῦ ὀργάνου (σχ. 508, I).

Κατὰ τὴν ἠχογράφησιν διεγείρεται ὁ ἠλεκτρομαγνήτης (2), ὁ συνδεδεμένος πρὸς τὸ μικρόφωνον, ὑπὸ τοῦ κυμαινομένου μικροφωνικοῦ ρεύματος, ἡ δὲ μαγνήτισις αὐτοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ περιβάλλοντος αὐτὸν πηνίου. Τὸ πλεῖστον τῆς οὕτω προκαλουμένης μεταβαλλομένης μαγνητικῆς ροῆς ὁδεύει ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου, διὰ τῆς κινουμένης ταινίας, πρὸς τὸν ἕτερον καὶ καταλείπει ἐπ' αὐτῆς ποιάν τινα παραμένουσαν μαγνήτισιν, τὸ μέγεθος τῆς ὁποίας ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν διακυμάνσεων τοῦ πεδίου. Οὕτως, ἡ ταινία περιέχει ἐν ἑαυτῇ τὸν μαγνητικῶς ἀποτυπωθέντα ἦχον (σχ. 508, II).

Πρὸς ἀναπαραγωγὴν τοῦ ἤχου, ἡ ταινία, διερχομένη πρὸ τῆς σχισμῆς τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, τοῦ συνδεδεμένου πρὸς τὸ μεγάφωνον, προκαλεῖ διὰ τῶν διαφόρως μαγνητισθέντων περιοχῶν αὐτῆς, μεταβλητὴν μαγνητικὴν ροήν, ἕνεκα τῆς ὁποίας ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου μεταβλητὴ τάσις, ἥτις προκαλεῖ ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἀκριβῶς μορφῆς πρὸς τὸ ρεῦμα ἐγγραφῆς. Τοῦτο ἐνισχυόμενον καταλλήλως παράγει διὰ του μεγαφώνου τὸν ἀποτυπωθέντα ἦχον (σχ. 508, III).



Σχ. 508. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς μαγνητικῆς ἐγγραφῆς ἤχου. (I) Μαγνητόφωνον. (II) Κατὰ τὴν ἠχογράφησιν καταλείπεται ἐπὶ τῆς ταινίας παραμένουσα μαγνήτισις. (III) Κατὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τοῦ ἤχου ἡ παραμένουσα μαγνήτισις τῆς ταινίας προκαλεῖ μεταβαλλομένην μαγνητικὴν ροήν.

Συνήθως, ἐκτὸς τῶν δύο ἀναφερθέντων ἠλεκτρομαγνητῶν, ὑπάρχει παρ' αὐτοὺς καὶ τρίτος, ὅμοιος πρὸς τοὺς ἄλλους ἠλεκτρομαγνήτης (1) (σχ. 508, I) χρησιμοποιούμενος πρὸς διαγραφὴν ἀπὸ τῆς ταινίας ἐγγραφέντος ἤχου. Διὰ τῶν περιελίξεων αὐτοῦ διέρχεται ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ δὲ τοιουτοτρόπως ὑπ' αὐτοῦ δημιουργούμενον ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον διαγράφει τὰς διαφόρους ἐπὶ τῆς ταινίας ἠχοεγγραφάς.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΙΙΙ. ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

296. Γενικά. Ἡ ἰδιότης τὴν ὁποίαν ἔχει, ὡς εἴδομεν, τὸ ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων, νὰ ἀναπτύσσῃ εἰς τὸν χῶρον ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διεγείρεται ὑπὸ ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων, καὶ τὰ ὁποῖα διαδίδονται, ὡς γνωστόν, ὑπὸ ταχύτητα $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, ἀπετέλεσε τὴν βάσιν τῆς χρησιμοποιήσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πρὸς πραγματοποίησιν συστήματος τηλεπικοινωνίας, ἄνευ τῆς χρησιμοποιήσεως, διὰ τὴν σύνδεσιν πομποῦ καὶ δέκτου, ἀγωγοῦ σύρματος. Οὕτω διεμορφώθη ὁ νεώτατος κλάδος τῆς ἀσυρμάτου τηλεπικοινωνίας ἢ ραδιοτηλεπικοινωνίας, ὁ ὁποῖος διὰ πρώτην φορὰν ἐπραγματοποιήθη πρακτικῶς ὑπὸ τοῦ **Marconi (Μαρκόνι).** Ὁ κλάδος οὗτος ὑποδιαιρεῖται εἰς τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν ἢ ραδιοτηλεγραφίαν, ὅπου τὰ τηλεγραφήματα μεταβιβάζονται κωδικοποιημένα, καὶ εἰς τὴν ἀσύρματον ραδιοτηλεφωνίαν, ἢ ραδιοφωνίαν, ὅπου μεταβιβάζεται ἀπ' εὐθείας ἡ ὁμιλία, χωρὶς τὴν μεσολάβησιν κωδικοποιήσεως.

Ἐν γένει, οἱαδήποτε ἐγκατάστασις ραδιοτηλεπικοινωνίας περιλαμβάνει τὸν πομπὸν καὶ τὸν δέκτην. Ὁ **πομπὸς** περιλαμβάνει τὸ ἀνοικτὸν κύκλωμα ἢ κεραίαν ἐκπομπῆς καὶ τὸ σύστημα παραγωγῆς ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων, διὰ τῶν ὁποίων διεγείρεται ἡ κεραία καὶ δημιουργεῖ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα εἰς τὸν χῶρον, ὡς καὶ τὰς συσκευὰς ἐκείνας, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν διὰ τὴν «διαμόρφωσιν» τῶν ἐκ τοῦ πομποῦ ἐκπεμπομένων κυμάτων, εἴτε ὑπὸ τὸν ρυθμὸν τοῦ μορσικοῦ ἀλφαβήτου εἴτε ὑπὸ τὸν ρυθμὸν τῆς ὁμιλίας ἢ τῶν μουσικῶν ἤχων.

Ὁ **δέκτης** περιλαμβάνει ἐπίσης ἀνοικτὸν κύκλωμα ἢ κεραίαν λήψεως, ἡ ὁποία προσλαμβάνει τὴν ἐνέργειαν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ὡς καὶ τὸ σύνολον τῶν λοιπῶν μηχανημάτων διὰ τῶν ὁποίων μετατρέπεται ἡ ἐνέργεια τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων εἰς τοιαύτην μορφήν, ὥστε νὰ δύναται αὕτη νὰ προκαλέσῃ σήματα ἀντιληπτὰ ὑπὸ τῶν αἰσθήσεών μας, π.χ. τῆς ἀκοῆς ἢ τῆς ὁράσεως.

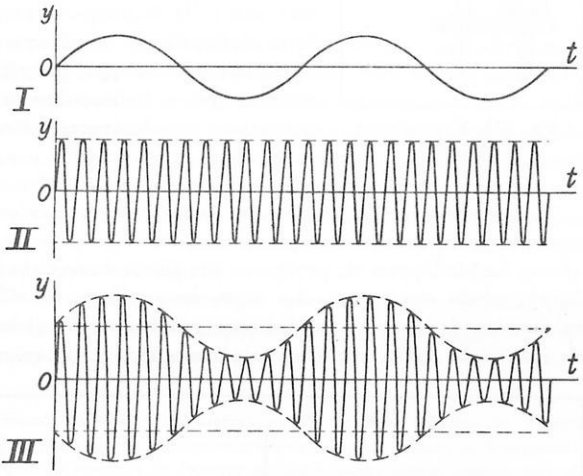
Γενικῶς τὰ εἰς τὴν ραδιοτηλεπικοινωνίαν χρησιμοποιούμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα διακρίνονται εἰς **μακρά, μεσαῖα** καὶ **βραχέα.** Ἡ χρησιμοποίησις τῶν μακρῶν κυμάτων περιορίζεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ διὰ τοῦτο εἰς τοὺς συγχρόνους ραδιοφωνικοὺς δέκτας χρησιμοποιοῦνται ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ κλῖμαξ μεσαίων καὶ κλῖμαξ βραχέων κυμάτων, ἀναγράφονται δὲ εἰς αὐτοὺς τὰ μήκη κύματος εἰς μέτρα (m) ἢ αἱ ἀντίστοιχοι συχνότητες εἰς χιλιοκύκλους (kc), ἢ μεγακύκλους (Mc).

297. Διαμόρφωσις καὶ φώρασις ὑψισύχνων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ὡς γνωστόν, ἦχος προσπίπτων ἐπὶ μικροφώνου προκαλεῖ μικροφωνικὸν ρεῦμα ἀναλόγου μορφῆς καὶ χαμηλῆς συχνότητος. Τὸ μικροφωνικὸν τοῦτο ρεῦμα, ὁδηγούμενον εἰς ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων (κεραία), δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐκπεμφθῇ ὑπὸ μορφὴν ἠλεκτρομαγνητικοῦ κύματος, λόγῳ τῆς χαμηλῆς αὐτοῦ συχνότητος. Ἡ ἐκπομπὴ εἶναι δυνατὴ μόνον δι' ὑψισύχνους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Διὰ τοῦτο ἡ διάταξις ἐκπομπῆς περιλαμβάνει γεννήτριαν ὑψισύχνων ταλαντώσεων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

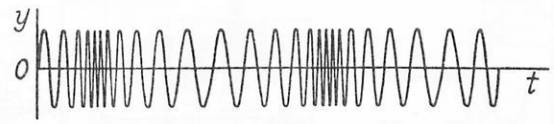
(ταλαντωτής). Ἡ μετάδοσις δὲ τοῦ σήματος διὰ τοῦ πομποῦ ἐπιτελεῖται διὰ τοῦ ἀκολούθου τρόπου.

Τὸ κυμαινόμενον μικροφωνικὸν ρεῦμα μεταβάλλει, τῇ βοηθείᾳ καταλλήλου διατάξεως, τὸ πλάτος τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ κύματος, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ὁ πομπός, διὰ μίξεως τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος μετὰ τοῦ ὑψισύχνου τοῦ ταλαντωτοῦ. Ἡ προκύπτουσα ὑψίσυχνος ταλάντωσις μεταβλητοῦ πλάτους καλεῖται «διαμορφωμένον κατὰ πλάτος κῦμα». Τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπὸ τοῦ πομποῦ ἠλεκτρομαγνητικὸν κῦμα, ὅταν πρὸ τοῦ μικροφώνου δὲν παράγεται ἦχος, εἶναι σταθεροῦ πλάτους, ὀνομάζεται δὲ «φέρον κῦμα», διότι τοῦτο χρησιμεύει πρὸς μεταφορὰν τοῦ ἤχου μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.



Σχ. 509. Διαμόρφωσις ὑψισύχνου ταλαντώσεως. (Ι) Χαμηλὴ συχνότης. (ΙΙ) Φέρον κῦμα (ΙΙΙ). Διαμορφωμένον κατὰ πλάτος κῦμα.

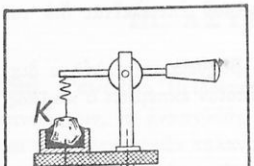
Εἰς τὸ σχῆμα 509 παριστῶνται γραφικῶς μία ταλάντωσις ὑψηλῆς συχνότητος (ΙΙ), ὡς καὶ μία χαμηλῆς τοιαύτης (Ι), ἐκ τῆς συνθέσεως τῶν ὁποίων λαμβάνομεν συνισταμένην ταλάντωσιν, ἥτις ἔχει τὴν μορφὴν τῆς καμπύλης (ΙΙΙ). Τὸ μεταβλητὸν πλάτος γ τῆς συνισταμένης ταλαντώσεως μεταβάλλεται ἁρμονικῶς μεταξὺ μιᾶς μεγίστης τιμῆς $\alpha+\beta$ καὶ μιᾶς ἐλαχίστης $\alpha-\beta$ (ὅπου $\alpha>\beta$). Τοῦτο δὲ διότι ἄλλοτε ἀθροίζονται καὶ ἄλλοτε ἀφαιροῦνται τὰ πλάτη, ὅταν συμπίπτουν αἱ φάσεις καὶ ὅταν ἔχωμεν διαφορὰν φάσεως 180^0 (βλ. καὶ § 16, σελ. 43, τόμος ΙΙ).



Σχ. 510. Διαμόρφωσις κατὰ συχνότητα συνισταμένη εἰς τὴν δημιουργίαν πυκνῶν καὶ ἀραιῶν ταλαντώσεων.

Ἐκτὸς τῆς διαμορφώσεως κατὰ πλάτος ἤρχισε τελευταίως χρησιμοποιουμένη καὶ ἑτέρα μέθοδος διαμορφώσεως καλουμένη **διαμόρφωσις κατὰ συχνότητα.** Κατ' αὐτὴν τὸ μὲν πλάτος διατηρεῖται σταθερόν, ἡ δὲ συχνότης μεταβάλλεται περιοδικῶς περὶ μέσην τινὰ τιμὴν (σχ. 510), ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὴν διαμόρφωσιν κατὰ πλάτος, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ συχνότης τοῦ φέροντος κύματος διατηρεῖται σταθερὰ καὶ μεταβάλλεται

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

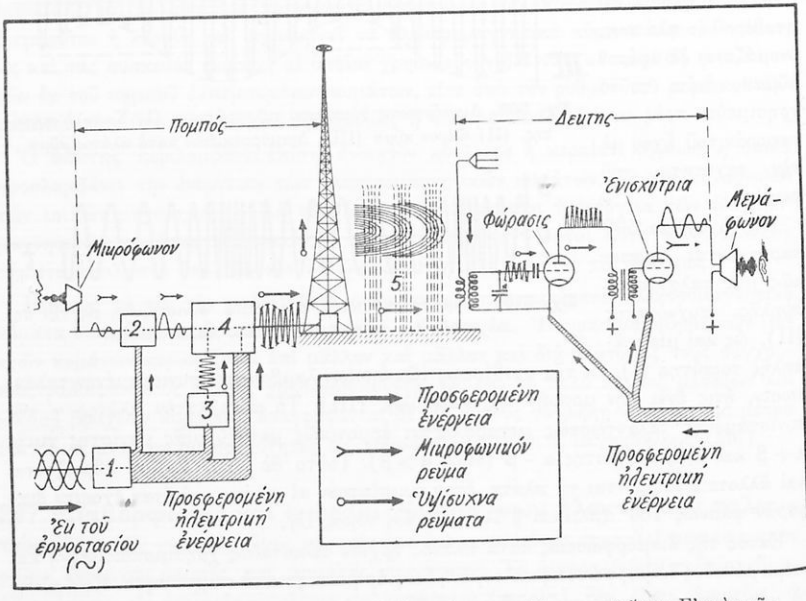


Σχ. 511. Κρυσταλλικὸς φωρατής.

περιοδικῶς τὸ πλάτος. Διὰ τῆς μεθόδου ταύτης, ἥτις χρησιμοποιεῖται κυρίως πρὸς διαμόρφωσιν βραχέων καὶ ὑπερβραχέων κυμάτων, ἀποφεύγονται κατὰ τὴν λῆψιν διάφοροι παρασιτικαὶ ἐνοχλήσεις ἐκ τυχαίων ἠλεκτρικῶν διαταραχῶν (π.χ. ἠλεκτρικῶν μηχανῶν, ἀστραπῶν, κλπ.). Ἡ διαμόρφωσις κατὰ συχνότητα ἐφαρμόζεται εὐρέως εἰς τὴν τηλεόρασιν καὶ τὴν ραδιοφωνίαν.

Εἰς τὴν ραδιοφωνίαν, διὰ τῆς ὁποίας μεταδίδονται σύνθετοι ἤχοι, ἡ διαμορφοῦσα ταλάντωσις παρουσιάζει πολύπλοκον περιοδικότητα, ἀνάλογον πρὸς τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα. Διὰ τοῦτο καὶ ἡ μορφὴ τοῦ διαμορφουμένου κύματος κατὰ τὴν διάρκειαν ἐκπομπῆς συνθέτου ἤχου εἶναι πολυπλοκωτέρα.

Τὰ ὑπὸ τοῦ πομποῦ ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα προσπίπτοντα ἐπί τινος δέκτου προκαλοῦν ἐπὶ τῆς κεραίας αὐτοῦ ὑψισύχνους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, αἵτινες διαβιβαζόμεναι εἰς μεγάφωνον δὲν δίδουν ἀκουστικὸν ἀποτέλεσμα, λόγῳ τῆς ὑψηλῆς αὐτῶν συχνότητος. Διὰ τοῦτο ἀποχωρίζεται ἐκ τοῦ φέροντος κύματος ἡ ταλάντωσις, ἡ ὁποία τὸ διεμόρφωσε (χαμηλὴ συχνότης) καὶ μετατρέπεται αὕτη εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τῆς ἰδίας πρὸς αὐτὴν μορφῆς. Τὸ τελευταῖον τοῦτο ἀποτελεῖ



Σχ. 512. Σχηματικὴ παράστασις τῆς δι' ἀσυρμάτου μεταδόσεως τοῦ ἤχου. Εἰς τὸ σχῆμα δηλοῦν: 1 Μετασχηματιστὴς καὶ ἀνορθωτικὴ ἐγκατάστασις. 2 Ἐνισχυτής. 3 Ταλαντωτής. 4 Διαμόρφωσις καὶ ἐνίσχυσις. 5 Διαμορφωμένον ἠλεκτρομαγνητικὸν κῦμα.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν λεγομένην **φώρασιν,** ἡ δὲ διάταξις δι' ἧς ἐπιτυγχάνεται αὕτη καλεῖται **φωρατής.**

Ἁπλουστάτην μορφὴν φωρατοῦ ἀποτελεῖ ὁ **κρυσταλλικὸς φωρατής,** ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἐκ μικροῦ τεμαχίου κρυστάλλου Κ (σχ. 511), π.χ. γαληνίτου (θειοῦχος μόλυβδος), ὁ ὁποῖος συγκρατεῖται καταλλήλως ἐπὶ μεταλλικῆς βάσεως. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κρυστάλλου ἐφάπτεται ἐλαφρῶς τὸ ἄκρον σύρματος ἐκ μετάλλου μεγάλης ἀγωγιμότητος.

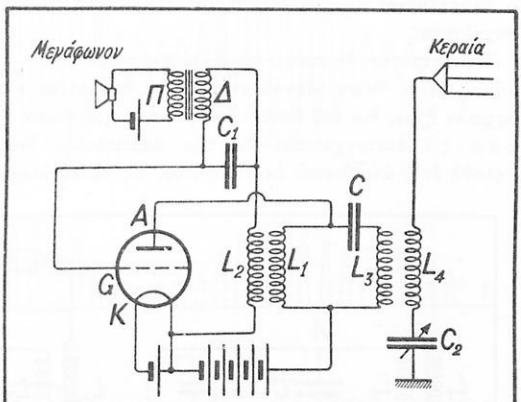
Ἡ διατάξις αὕτη παρουσιάζει τὴν ἰδιότητα τῆς μονοπλεύρου ἀγωγιμότητος, δηλαδὴ ὅταν δι' αὐτῆς διαβιβάζωμεν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τότε διὰ τὴν μίαν ἐναλλαγὴν τοῦ ρεύματος αὕτη παρουσιάζει μικρὰν ἀντίστασιν καὶ ἀφήνει τὸ ρεῦμα νὰ διέλθῃ, ἐνῷ διὰ τὴν ἄλλην ἐναλλαγὴν παρουσιάζει μεγάλην ἀντίστασιν, μὴ ἐπιτρέπουσα οὕτω τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος. Μὲ ἄλλους λόγους ὁ κρυσταλλικὸς φωρατὴς παρουσιάζει ἀνορθωτικὴν ἰδιότητα.

Μετὰ τὴν διέλευσίν του διὰ τοῦ φωρατοῦ, ἀφοῦ τὸ ρεῦμα ἐνισχυθῇ καταλλήλως, διαβιβάζεται εἰς τὸ μεγάφωνον, τὸ ὁποῖον ἀναπαράγει τοιουτοτρόπως τὸν ἦχον, ὅστις διήγειρε τὸ μικρόφωνον τοῦ πομποῦ.

Εἰς τὸ σχῆμα 512 παριστᾶται συμβολικῶς ὁ τρόπος τῆς ἐκπομπῆς καὶ λήψεως, ἀφ' ἧς στιγμῆς προσπέσῃ ὁ ἦχος ἐπὶ τοῦ μικροφώνου τοῦ πομποῦ μέχρις ὅτου ἀναπαραχθῇ ὑπὸ τοῦ μεγαφώνου τοῦ δέκτου.

298. Πομπός. Εἷς πομπὸς (σχ. 513) ἀποτελεῖται κυρίως ἐξ ἑνὸς κυκλώματος Thomson (L_1 L_3 C), τὸ ὁποῖον, τῇ βοηθείᾳ τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας, ἐκτελεῖ ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, αἵτινες διεγείρουν ἐν συνεχείᾳ ἓν ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων (κεραία τοῦ πομποῦ), τὸ ὁποῖον καὶ ἐκπέμπει εἰς τὸν χῶρον ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθεροῦ πλάτους καὶ ὑψηλῆς συχνότητος, ἴσης ἀκριβῶς πρὸς τὴν ἰδιοσυχνότητα τοῦ κυκλώματος Thomson (φέρον κῦμα).

Αἱ διακυμάνσεις τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος μεταβιβάζονται μέσῳ τοῦ δευτερεύοντος Δ τοῦ μετασχηματιστοῦ εἰς τὸ πλέγμα G τῆς ἠλεκτρονικῆς λυχνίας. Οὕτως, αἱ ἀμείωτοι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις τοῦ κυκλώματος L_1 L_3 C, ὑφίστανται διαμόρφωσιν ἀντίστοιχον πρὸς τὰς διακυμάνσεις τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος, ὁμοίαν δὲ διαμόρφωσιν θὰ παρουσιάζουν καὶ τὰ ὑπὸ τῆς κεραίας ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα (διαμορφωμένον κῦμα), ἀποτελοῦντα τὸν φορέα τῆς ὁμιλίας.



Σχ. 513. Τυπικὴ διάταξις ραδιοτηλεγραφικοῦ καὶ ραδιοτηλεφωνικοῦ πομποῦ. Τὸ μικρόφωνον διαμορφώνει τὰ ὑπὸ τῆς κεραίας ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ὑπὸ τὸν ρυθμὸν τῆς ὁμιλίας.

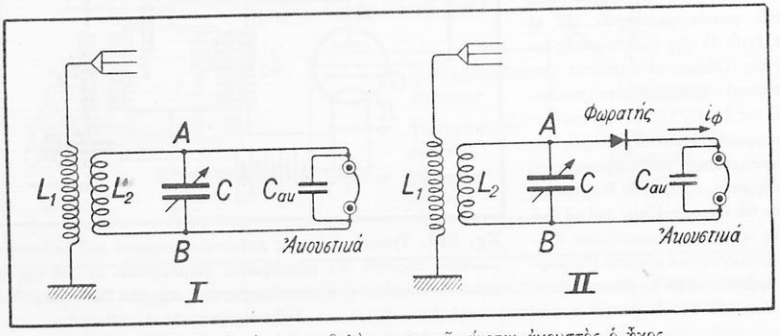
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

299. Δέκται. α) Δέκτης μὲ κρυσταλλικὸν φωρατήν. Εἰς ἁπλοῦς δέκτης ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ μίαν κεραίαν (ἀνοικτὸν κύκλωμα Thomson), ἥτις εἶναι συνεζευγμένη ἐπαγωγικῶς πρὸς ἓν κλειστὸν κύκλωμα Thomson L_2C (σχ. 514). Τὸ ὑπό τινος πομποῦ ἐκπεμπόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν κῦμα, προσπίπτον ἐπὶ τῆς κεραίας, λόγῳ τοῦ ἐναλλασσομένου ἠλεκτρικοῦ πεδίου αὐτοῦ, προκαλεῖ ἐντὸς αὐτῆς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ συχνότης εἶναι ἀκριβῶς ἴση πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ προσπίπτοντος κύματος. Ἐπειδή, ὅμως, ἡ κεραία εἶναι συνεζευγμένη ἐπαγωγικῶς μὲ τὸ κλειστὸν κύκλωμα Thomson, τοῦτο ἀρχίζει νὰ ταλαντοῦται, ὁπότε εἰς τὰ ἄκρα τοῦ μεταβλητοῦ πυκνωτοῦ C ἐμφανίζεται ἐναλλασσομένη τάσις τῆς ἰδίας συχνότητος. Διὰ μεταβολῆς δὲ τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ μεταβάλλεται καὶ ἡ ἰδιοσυχνότης ταλαντώσεως τοῦ κυκλώματος.

Ὡς ἐκ τούτου, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν, ὥστε ἡ ἰδιοσυχνότης ταλαντώσεως τοῦ κυκλώματος νὰ γίνῃ ἴση πρὸς τὴν συχνότητα τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων τοῦ πομποῦ (συντονισμός). Τότε, αἱ ταλαντώσεις τοῦ κυκλώματος L_2C, αἱ ὁποῖαι θὰ δημιουργοῦνται ἀπὸ τὰ προσπίπτοντα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, θὰ ἔχουν μέγιστον πλάτος.

Ἐάν, ἀκολούθως, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτοῦ συνδέσωμεν ἐν παραλλήλῳ ἀκουστικά, ταῦτα θὰ διαρρέωνται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος μεγάλης συχνότητος. Δὲν θὰ παράγεται, ὅμως, οὐδὲν ἀκουστικὸν ἀποτέλεσμα, λόγῳ τῆς ἀδρανείας τῆς πλακὸς τῶν ἀκουστικῶν, ἥτις, δὲν δύναται νὰ ταλαντοῦνται μὲ τόσον μεγάλην συχνότητα. Ἀλλὰ καὶ ἐὰν ἦτο δυνατὸν νὰ ἐξερευθῇ τρόπος, ὥστε νὰ ταλαντοῦται ἡ πλάξ εἰς τόσον μεγάλας συχνότητας, πάλιν δὲν θὰ παρήγετο ἀκουστικὸν ἀποτέλεσμα, λόγῳ τοῦ ὅτι ὁ παραγόμενος ἦχος θὰ εἶχε συχνότητα ὑπερβαίνουσαν τὸ ἀνώτατον ὅριον ἀκουστῆς συχνότητος.

Ὡς ἐκ τούτου, θὰ πρέπει νὰ δ ι α χ ω ρ ί σ ω μ ε ν τὸ σῆμα ἀπὸ τὸ διαμορφωμένον κῦμα, ὁπότε τοῦτο ὁδηγούμενον εἰς τὰ ἀκουστικὰ ἢ τὸ μεγάφωνον νὰ παρέχῃ τὸν ἀρχικὸν ἦχον, διὰ τοῦ ὁποίου ἐγένετο ἡ διαμόρφωσις. Ὁ διαχωρισμὸς αὐτὸς (φ ώ ρ α σ ι ς) ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς παρεμβολῆς ἑνὸς κρυσταλλικοῦ «φωρατοῦ», δηλαδὴ ἑνὸς ἀνορθωτοῦ ἐκ γαληνίτου, εἰς τὸ κύκλωμα τῶν ἀκουστικῶν.

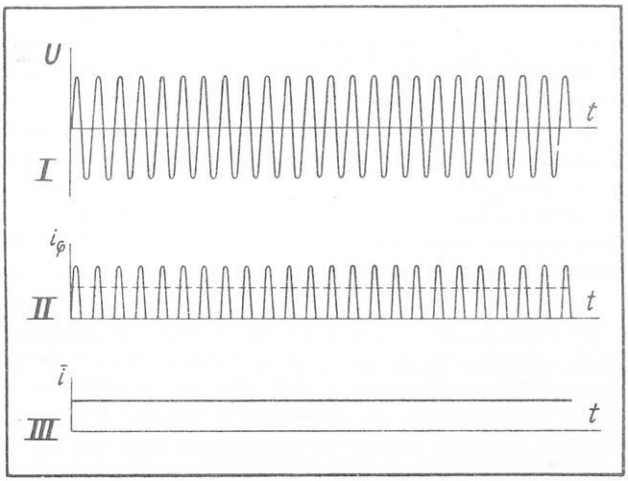


Σχ. 514. Μετὰ τὴν παρεμβολὴν φωρατοῦ γίνεται ἀκουστὸς ὁ ἦχος.

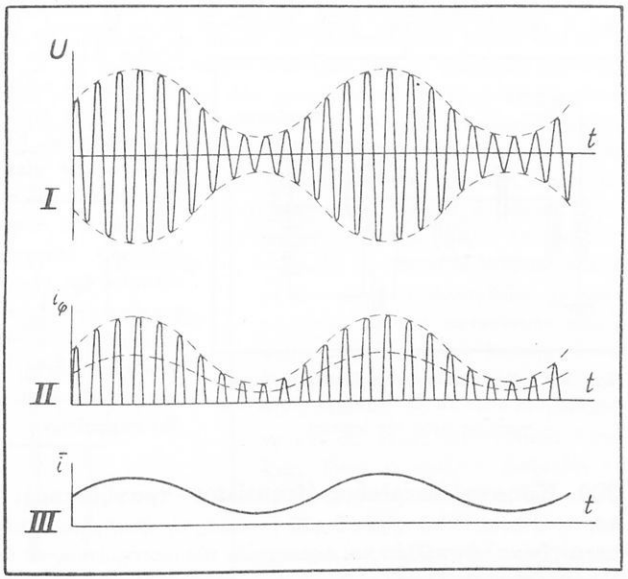
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τὴν πληρεστέραν κατανόησιν τοῦ φαινομένου τῆς φωράσεως ἐξετάζομεν τὰς δύο βασικὰς περιπτώσεις αὐτῆς :

1) Ὑποθέτομεν ὅτι τὸ προσπίπτον ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου κῦμα δὲν εἶναι διαμορφωμένον (φέρον κῦμα). Τότε αἱ ταλαντώσεις αἱ δημιουργούμεναι ἐπὶ τοῦ κυκλώματος Thomson LC ἔχουν σταθερὸν πλάτος καὶ ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτοῦ παριστᾶται ὑπὸ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 515, I. Ἡ τάσις αὕτη προκαλεῖ ρεῦμα τῆς αὐτῆς μορφῆς εἰς τὰ ἀκουστικά. Ὅταν ὅμως παρεμβάλωμεν τὸν φωρατὴν (ἀνορθωτὴν) εἰς τὸ κύκλωμα τῶν ἀκουστικῶν, τότε τὸ δι' αὐτοῦ διερχόμενον ρεῦμα εἶναι ἡμιανορθωμένον (σχ. 515, II). Ἀποδεικνύεται



Σχ. 515. Ἐὰν τὸ κῦμα δὲν ὑπέστη διαμόρφωσιν (I), τὸ διὰ τοῦ ἀκουστικοῦ μετὰ τὴν φώρασιν (II), διερχόμενον ρεῦμα ἔχει σταθερὰν ἔντασιν (III).



Σχ. 516. Ἐὰν τὸ κῦμα ὑπέστη διαμόρφωσιν (I), διὰ τοῦ ἀκουστικοῦ μετὰ τὴν φώρασιν (II), διέρχεται ρεῦμα ἔχον τὴν μορφὴν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος (III),

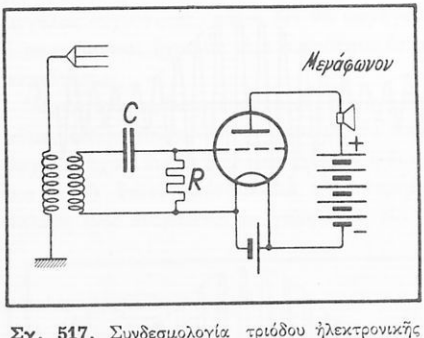
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

δὲ ὅτι ἡ μέση τιμὴ τῆς ἐντάσεως $\overline{I}$ τοῦ ἡμιανορθωμένου τούτου ρεύματος, εἶναι σταθερὰ (σχ. 515, III) καὶ οὕτω διὰ τῶν ἀκουστικῶν θὰ διέρχεται σταθερὸν ρεῦμα μὲ ἀποτέλεσμα ἡ πλὰξ τοῦ ἀκουστικοῦ νὰ παραμένῃ ἀκίνητος. Οὕτως, ἐν μὴ διαμορφωμένον ἠλεκτρομαγνητικὸν κῦμα δὲν παράγει ἦχον.

2) Ὑποθέτομεν ὅτι τὸ προσπῖπτον ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου κῦμα εἶναι διαμορφωμένον (σχ. 516, I). Τότε, τὸ ρεῦμα τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ φωρατοῦ, εἶναι ἡμιανορθωμένον, ἀλλὰ δὲν ἔχει σταθερὸν πλάτος (σχ. 516, II). Συνεπῶς, ἡ μέση τιμὴ τῆς ἐντάσεως $\overline{I}$ τοῦ ρεύματος τούτου (σχ. 516, III) δὲν θὰ εἶναι σταθερά, οὖσα τῆς ἰδίας ἀκριβῶς μορφῆς πρὸς τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διεμόρφωσε τὸ φέρον κῦμα τοῦ πομποῦ. Τὸ ρεῦμα τοῦτο, διερχόμενον διὰ τοῦ ἀκουστικοῦ, ἀναπαράγει τὸν ἦχον, ὅστις διεμόρφωσε τὸ φέρον κῦμα τοῦ πομποῦ.

β) Ραδιόφωνον. Ἐνίοτε ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία προσλαμβάνεται ὑπὸ τῆς κεραίας δέκτου τινὸς εἶναι μικρά, ὡς λ.χ. εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ ἀκτινοβολῶν πομπὸς εἶναι μικρᾶς ἰσχύος ἢ εἶναι πολὺ ἀπομεμακρυσμένος τοῦ δέκτου. Ὡς ἐκ τούτου ἡ ἐνέργεια αὕτη δὲν εἶναι ἱκανὴ νὰ διεγείρῃ τὰ ἀκουστικὰ ἢ τὸ μεγάφωνον τοῦ δέκτου. Ἕνεκα τούτου, τὸ λαμβανόμενον σῆμα ὑπὸ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου, πρέπει νὰ ἐνισχυθῇ πρὶν φθάσῃ εἰς τὸν φωρατὴν (ἐνίσχυσις ὑψηλῆς συχνότητος), ὡς ἐπίσης ἐνισχύεται καὶ μετὰ τὴν φώρασιν (ἐνίσχυσις χαμηλῆς συχνότητος).

Εἰς τοὺς συγχρόνους δέκτας γίνεται τόσον ἡ ἐνίσχυσις ὑψηλῆς συχνότητος ὅσον καὶ ἡ χαμηλῆς τοιαύτης, χρησιμοποιοῦνται δὲ ὡς φωραταί, τρίοδοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται ἐνίσχυσις καὶ φώρασις συγχρόνως.



Σχ. 517. Συνδεσμολογία τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας διὰ φώρασιν. Ἡ λυχνία συνδέεται ἐπαγωγικῶς πρὸς τὴν κεραίαν.

Οἱ δέκται τοιούτου εἴδους καλοῦνται ραδιόφωνα. Εἷς ἁπλοῦς τύπος ραδιοφώνου μὲ μίαν ἠλεκτρονικὴν λυχνίαν εἶναι ὁ τοῦ σχήματος 517.

Ἐκτὸς τοῦ τύπου τούτου τῶν ραδιοφώνων ὑπάρχουν καὶ δέκται καταλλήλοι διὰ τὴν λῆψιν ἑνὸς διαμορφωμένου κατὰ συχνότητα κύματος. Οἱ δέκται οὗτοι πλεονεκτοῦν, ὡς καὶ ἀνωτέρω ἐλέχθη, τῶν κοινῶν δεκτῶν κατὰ τὸ ὅτι εἶναι ἀπηλλαγμένοι σχεδὸν παρασίτων.

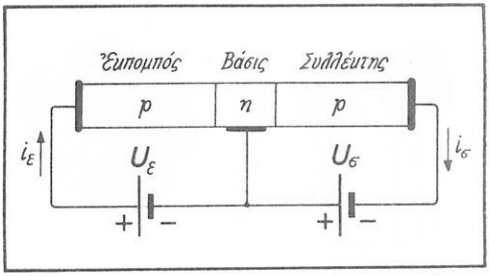
300. Κρυσταλλοτρίοδος (transistor - τρανζίστορ).

Ἡ κρυσταλλοτρίοδος τείνει κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη νὰ ἐκτοπίσῃ τὴν ἠλεκτρονικὴν λυχνίαν ἐκ τῶν κυκλωμάτων, ἕνεκα τῶν πολλῶν καὶ σημαντικῶν πλεονεκτημάτων, τὰ ὁποῖα συγκεντρώνει. Συνήθως παρουσιάζεται ὑπὸ τὴν μορφὴν τῆς συνενώσεως εἰς ραβδίον τριῶν τεμαχίων κρυστάλλων γερμανίου, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἀγωγιμότητα τύπου p, εἰς δὲ τὸ μέσον ἀγωγιμότητα τύπου n (βλ. § 212), ἢ καὶ ἀντιστρόφως, εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἕκαστον δὲ τῶν τριῶν τμημάτων τοῦ ραβδίου εὑρίσκεται συντετηγμένον ἀνὰ ἓν ἠλεκτρόδιον (σχ. 518).

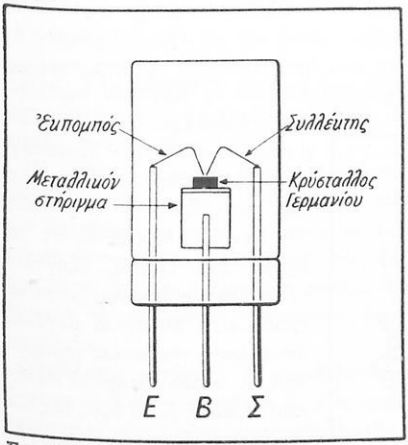
Τὸ στήριγμα τοῦ κεντρικοῦ κρυστάλλου ἀποτελεῖ τὴν βάσιν, τὸ ἀριστερὸν ἄκρον τὸν ἐκπομπὸν καὶ τὸ δεξιὸν τὸν συλλέκτην τῆς κρυσταλλοτριόδου.



Σχ. 518. Κρυσταλλοτρίοδος (ἀρχή).

Μεταξὺ τοῦ κεντρικοῦ τμήματος καὶ τῶν δύο ἄκρων τοῦ ραβδίου, ἐφαρμόζονται αἱ τάσεις U_ε καὶ U_σ, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἀριστερὸν τμῆμα διαρρέεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος i_ε, τὸ δὲ δεξιὸν ὑπὸ τοῦ ρεύματος i_σ. Ἐὰν μεταβληθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος i_ε, μεταβάλλεται, ὡς δεικνύεται, καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος i_σ. Ἐπομένως δυνάμεθα διὰ μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος i_ε, τοῦ διαρρέοντος τὸ ἀριστερὸν τμῆμα, νὰ προκαλῶμεν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ διαρρέοντος τὸ δεξιὸν τμῆμα τῆς κρυσταλλοτριόδου. Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι αἱ κρυσταλλοτρίοδοι παρουσιάζουν ἰδιότητας παρεμφερεῖς πρὸς τὰς τῶν τριόδων ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἀντὶ ἐκείνων εἰς τὴν κατασκευὴν ἐνισχυτῶν.

Αἱ κρυσταλλοτρίοδοι παρουσιάζουν σημαντικὰ πλεονεκτήματα ἔναντι τῶν συνήθων τριόδων ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν. Ἔχουν ἀνωτέραν ἐκείνων ποιοτικὴν ἀπόδοσιν, εἰς μικρὸν δὲ μέγεθος μεγάλην ἀντοχήν. Δὲν χρειάζεται κενὸν ἀέρος διὰ τὴν κατασκευήν των καὶ δὲν ἀπαιτοῦνται νήματα θερμάνσεως καὶ ρεῦμα πυρακτώσεως καθόδου.



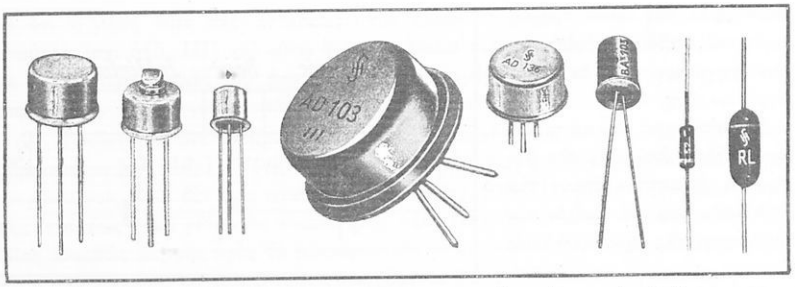
Σχ. 519. Σχηματικὴ παράστασις κρυσταλλοτριόδου. Οἱ πόδες Ε, Β, Σ συνδέονται ἀντιστοίχως μετὰ τοῦ ἐκπομποῦ, τῆς βάσεως καὶ τοῦ συλλέκτου.

Εἶναι μηχανικῶς ἀνθεκτικώτεραι καὶ δὲν παρουσιάζουν μικροφωνικὰς ἀνωμαλίας. Ἐμφανίζουν μικρὰν ἀπώλειαν ἰσχύος καὶ ἔχουν ὑψηλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως.

Ἕνεκα τῶν ἀνωτέρω πλεονεκτημάτων αὐτῶν αἱ κρυσταλλοτρίοδοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν μικρῶν φορητῶν ραδιοφώνων, λειτουργούντων διὰ μικρᾶς ἰσχύος, ὁσημέραι δὲ ἡ χρῆσις αὐτῶν γενικεύεται εἰς τὰ ραδιόφωνα καὶ εἰς ἄλλας ἠλεκτρονικὰς διατάξεις, ὅπου ἐκτοπίζουν βαθμηδὸν τὰς τριόδους ἠλεκτρονικὰς λυχνίας.

Εἰς τὸ σχῆμα 519 παριστᾶται σχηματικῶς κρυσταλλοτρίοδος λυχνία μετὰ τῶν κυρίων ἐξαρτημάτων αὐτῆς εἰς δὲ τὸ σχῆμα 520 δεικνύονται διάφοροι τύποι κρυσταλλοτριόδων.

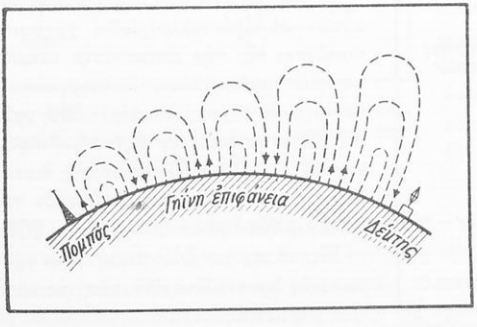
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 520. Ἐξωτερικὴ ὄψις διαφόρων κρυσταλλοτριόδων εἰς φυσικὸν μέγεθος.

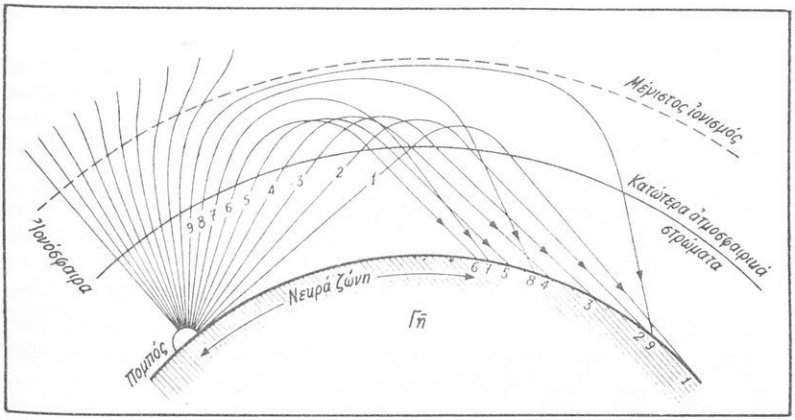
301. Διάδοσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ἓν ἐκ τῶν πρώτων φαινομένων, τὰ ὁποῖα παρετηρήθησαν κατὰ τὴν διάδοσιν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἶναι ὅτι ταῦτα δὲν διαδίδονται ὡς τὰ ὀπτικὰ κύματα, ἀλλὰ προκειμένου περὶ μακρῶν κυμάτων ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς χρησιμεύει ὡς ὁδηγὸς αὐτῶν. Οὕτω ταῦτα δύνανται νὰ παρακολουθοῦν τὴν καμπυλότητα τοῦ ἐδάφους, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 521, ἐν τῷ ὁποίῳ ἐμφαίνεται ἡ διαμόρφωσις τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τῶν εἰς τὸν χῶρον διαδιδομένων ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Οὕτω, παρετηρήθη ὅτι σήματα ραδιοτηλεγραφικῶν πομπῶν μεγάλης ἰσχύος δύνανται νὰ ληφθοῦν ὑπὸ σταθμῶν λήψεως εὑρισκομένων εἰς τοὺς ἀντίποδας. Ἐν τούτοις παρετηρήθη ὅτι, ἐκτὸς τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας, ἡ ὁποία κατὰ τὴν δίοδόν της παρακολουθεῖ τὴν καμπυλότητα τῆς Γῆς καὶ καλεῖται **ἀκτινοβολία ἐδάφους,** μέρος αὐτῆς ἀκτινοβολεῖται πρὸς τὰ ἄνω, εἰς τὸν χῶρον, καὶ καλεῖται **ἀκτινοβολία χώρου.** Τὸ φαινόμενον αὐτὸ εἰς μέγιστον βαθμὸν συμβαίνει εἰς τὴν περίπτωσιν πομπῶν βραχέων κυμάτων.

Ἡ ἀκτινοβολία χώρου, εἰσχωροῦσα εἰς τὰ ἀνώτατα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ ἀκολούθως ἐντὸς τῆς ἰονοσφαίρας (ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐκ διαφόρων στρωμάτων), ἀνακλᾶται ἐπὶ τοῦ στρώματος Heaviside - Kennelly (Χιβιζάϊντ - Κένελυ) ἐπ' αὐτῆς καὶ ἐπιστρέφει ἐκ νέου πρὸς τὴν Γῆν, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 522. Οὕτως, ἐξηγοῦνται αἱ παρατηρούμεναι μεγάλαι ἐμβέλειαι, ἢ ἄλλως, αἱ μεγάλαι ἀποστάσεις, τὰς ὁποίας γεφυρώνουν οἱ πομποὶ βραχέων κυμάτων. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ὕψος τῆς ἰονοσφαίρας εἶναι μικρότερον ἐν καιρῷ ἡμέρας καὶ μεγαλύτερον ἐν καιρῷ νυκτός, ἕνεκα τοῦ λό-



Σχ. 521. Διαμόρφωσις γραμμῶν ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἀκτινοβολουμένου ὑπὸ κεραίας προσγειωμένης.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 522. Ἀνάκλασις ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας.

γου τούτου ἐλαττοῦται οὐσιωδῶς ἡ ἐμβέλεια τῶν πομπῶν βραχέων κυμάτων ἐν καιρῷ ἡμέρας.

Τελευταίως μάλιστα καθιερώθη νὰ χρησιμοποιῆται ἄλλο μῆκος κύματος διὰ λειτουργίαν ἐν καιρῷ ἡμέρας καὶ ἄλλο μῆκος κύματος ἐν καιρῷ νυκτός. Ἡ ἀκτινοβολία ἐδάφους τῶν βραχέων κυμάτων περιορίζεται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πομποῦ, διότι ὑφίσταται ἔντονον ἀπορρόφησιν. Μεταξὺ δὲ τῆς περιοχῆς τῆς ἀκτινοβολίας ἐδάφους καὶ τῆς περιοχῆς ὅπου ἀναφαίνεται ἡ ἀκτινοβολία χώρου ἐπὶ τῆς Γῆς, δι' ἀνακλάσεως αὐτῆς ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας, ὑφίσταται ἡ περιοχὴ τῆς **ζώνης σιγῆς** (ἢ **νεκρᾶς ζώνης**), εἰς τὴν ὁποίαν τιθέμενος δέκτης οὐδόλως ἐπηρεάζεται.

***302. Τηλεόρασις.** Διὰ τοῦ ὅρου **τηλεόρασις** ἐννοοῦμεν τὴν μεταβίβασιν κινουμένων εἰκόνων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις δι' ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων τῆς κατηγορίας τῶν ὑπερβραχέων.

Ἡ ἀπόστασις, εἰς τὴν ὁποίαν διαδίδεται ἀπ' εὐθείας ἡ τηλεόρασις, εἶναι σχετικῶς μικρὰ (80 km περίπου). Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι χρησιμοποιεῖ αὕτη κατ' ἀνάγκην ὑπερβραχέα κύματα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τὸ μειονέκτημα νὰ μὴ ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας, ἀλλ' οὔτε νὰ ἀκολουθοῦν κατὰ τὴν διάδοσίν των τὴν γηΐνην καμπυλότητα. Διὰ τῆς χρήσεως ἐν τούτοις ἐνδιαμέσων σταθμῶν ἀναμεταδόσεως, εἶναι δυνατὸν νὰ καλύψωμεν οἱασδήποτε ἀποστάσεις, μεταδίδοντες τηλεορατικὰ προγράμματα.

Ἀνάλυσις εἰκόνος. Ἡ μεταβίβασις ὁλοκλήρου εἰκόνος ἀντικειμένου τινὸς δὲν δύναται νὰ γίνῃ ταυτοχρόνως δι' ἑνὸς συνθέτου σήματος. Ὡς ἐκ τούτου, διὰ νὰ μεταβιβάσωμεν μίαν εἰκόνα, ἐκμεταλλευόμεθα ἀφ' ἑνὸς μὲν τὴν ἀδράνειαν τοῦ ὀφθαλμοῦ ἢ ἄλλως τὴν διάρκειαν ἐντυπώσεως, ἡ ὁποία εἶναι 1/25 τοῦ δευτερολέπτου, ἀφ' ἑτέρου δὲ «ἀναλύομεν» τὴν εἰκόνα εἰς μικρὰ τμήματα.

Ἡ ἀνάλυσις αὕτη συνίσταται εἰς τὸν χωρισμὸν τῆς εἰκόνος εἰς μικρὰ τμήματα καὶ

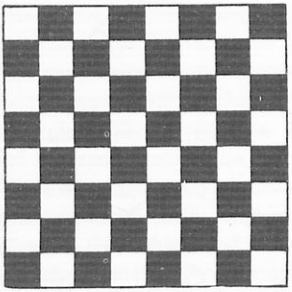
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν μεταβίβασιν τούτων, τοῦ ἑνὸς κατόπιν τοῦ ἄλλου, ὡς ἐὰν ἐπρόκειτο περὶ «μωσαϊκοῦ» ἀποτελουμένου ἐκ πολλῶν ψηφίδων.

Ἡ σειρὰ ἐκπομπῆς τῶν ψηφίδων ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς «σαρώσεως» τῆς εἰκόνος κατὰ ὁριζοντίας λωρίδας, ὅταν δὲ ἐπιτελεσθῇ ἡ ἐκπομπὴ τῶν ψηφίδων μιᾶς λωρίδος, ἀρχίζει ἡ ἐκπομπὴ τῶν ψηφίδων τῆς ἑτέρας λωρίδος καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς μέχρις ὅτου σαρωθῇ ὅλη ἡ εἰκών. Τοῦτο δὲ θὰ πρέπει νὰ συμβῇ ἐντὸς 1/25 τοῦ δευτερολέπτου, χρονικὸν διάστημα κατὰ τὸ ὁποῖον διαρκεῖ ἡ ὀπτικὴ ἐντύπωσις.

Ὅσον ὁ ἀριθμὸς τῶν λωρίδων αὐξάνεται τόσον αὐξάνεται καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων τῆς ὑπὸ ἐκπομπὴν εἰκόνος, συνεπῶς ἡ λαμβανομένη εἰκὼν παρουσιάζει περισσότερα στοιχεῖα καὶ εἶναι πλέον ἀκριβής.

Πρὸς κατανόησιν τῆς σαρώσεως τῆς εἰκόνος θὰ ἐκτελέσωμεν τὸ ἑξῆς ἀνάλογον πείραμα. Ὑποθέτομεν ὅτι ἔχομεν τὸ σχῆμα 523, ἤτοι ἄβακα ζατρικίου, καὶ θέλομεν νὰ κατασκευάσωμεν ταύτην εἰς ἄλλην πόλιν δίδοντες πρὸς τοῦτο ὁδηγίας τηλεφωνικῶς.



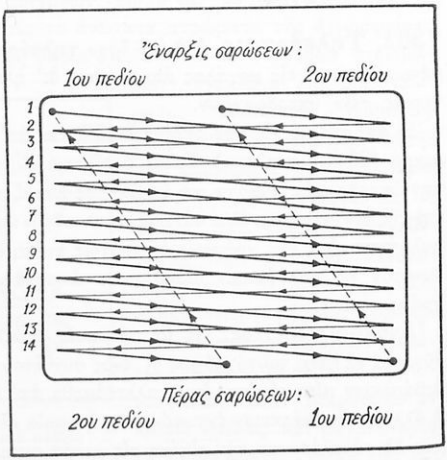
Σχ. 523. Ἀνάλυσις εἰκόνος (ἀρχή).

Συμφωνοῦμεν, ἡ κατασκευὴ νὰ ἀρχίσῃ ἀπὸ τὴν ἄνω ἀριστερὰν γωνίαν καὶ ἐν συνεχείᾳ δίδομεν τὰς ἑξῆς ὁδηγίας. Πρώτη σειρά: Πρῶτον τετραγωνίδιον λευκόν, δεύτερον τετραγωνίδιον μαῦρο κ.ο.κ. Δευτέρα σειρά: Πρῶτον τετραγωνίδιον μαῦρο, δεύτερον τετραγωνίδιον λευκὸν κ.ο.κ. Συνεχίζομεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον μέχρις ὅτου τελειώσωμεν τὴν εἰκόνα.

Εἰς τοὺς συγχρόνους πομποὺς τηλεοράσεως, ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς 625 ὁριζοντίας γραμμὰς ἢ 525 γραμμὰς (ὅπως εἰς τὰς Ἡνωμένας Πολιτείας τῆς Ἀμερικῆς) καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ χρόνος σαρώσεως ἑκάστης λωρίδος θὰ εἶναι : $1/25 \cdot 1/625$ sec $= 64$ μ sec.

Εἰς τὴν πρᾶξιν ἀντὶ νὰ σαρωθῇ ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν ὑπὸ διαδοχικῶν ὁριζοντίων γραμμῶν ἀνιχνεύσεως, ἡ σάρωσις διενεργεῖται μὲ ἅλματα (σχ. 524). Πρῶτον σαροῦνται αἱ περιττοῦ ἀριθμοῦ γραμμαὶ (π.χ. 1, 3, 5, κλπ.) καὶ ἐν συνεχείᾳ ἐπιστρέφει ἡ δέσμη ἐξερευνήσεως εἰς τὴν κορυφὴν τῆς εἰκόνος καὶ ἀνιχνεύει τὰς ὑπολοίπους (ἀρτίου ἀριθμοῦ) γραμμὰς (π.χ. 2, 4, 6, κλπ.).

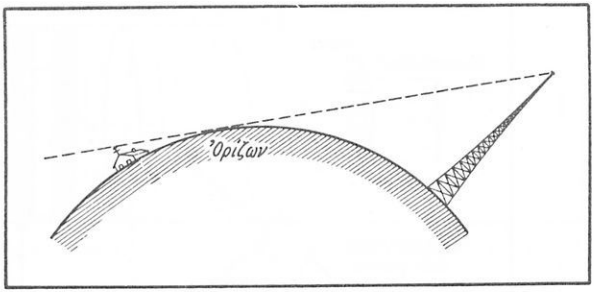
Ἡ μέθοδος αὕτη ὀνομάζεται ἀσυνεχὴς σάρωσις.



Σχ. 524. Σχηματικὴ παράστασις σαρώσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκπομπὴ σημάτων τηλεοράσεως. Ὡς εἴδομεν, ἡ μεταβίβασις μιᾶς λωρίδος εἰκόνος γίνεται εἰς τὸ λίαν μικρὸν χρονικὸν διάστημα τῶν 64 μ sec. Τοῦτο καθιστᾷ ἀναγκαίαν τὴν χρησιμοποίησιν ὑπερβραχέων κυμάτων διὰ τοὺς ἐξῆς λόγους. Ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι ἑκάστη λωρὶς διαιρεῖται εἰς 640 ψηφῖδας, ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος διατίθεται διὰ τὴν ἐκπομπὴν μιᾶς ψηφῖδος θὰ εἶναι ἴσος πρὸς 64/640 μ sec = 0,1 μ sec.



Σχ. 525. Τὰ ὑπὸ τῆς τηλεοράσεως χρησιμοποιούμενα κύματα δὲν διαδίδονται πέραν τοῦ ὀπτικοῦ ὁρίζοντος.

Τὸ σῆμα τῆς ψηφῖδος φέρεται ἐπὶ τοῦ φέροντος κύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι διαμορφωμένον κατὰ πλάτος, ἀναλόγως μὲ τὴν φωτεινότητα τῆς ψηφῖδος. Διὰ τὴν πιστὴν ἀπόδοσιν τῆς ψηφῖδος ἀπαιτοῦνται περὶ τὰς 20 ταλαντώσεις τοῦ φέροντος κύματος καὶ ὡς ἐκ τούτου δι' ἑκάστην ταλάντωσιν αὐτοῦ διατίθεται χρόνος ἴσος πρὸς $1 \cdot 0{,}1/20$ μ sec $= 0{,}005$ μ sec. Περίοδος ὅμως 0,005 μ sec ἀντιστοιχεῖ εἰς συχνότητα :

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{0{,}005\ \mu\text{sec}} = \frac{1}{0{,}005 \cdot 10^{-6}\ \text{sec}} = 200\ \text{MHz}$$

Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου συνάγομεν ὅτι εἰς τὴν τηλεόρασιν χρειάζονται ἀπαραιτήτως ὑπερβραχέα κύματα. Τὰ ἰονοσφαιρικὰ ὅμως στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας, τὰ ὁποῖα ἀνακλοῦν τὰ μικρὰ κύματα ἐπιτρέπουν τὴν διέλευσιν τῶν ὑπερβραχέων κυμάτων καὶ ὡς ἐκ τούτου τὰ κύματα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιεῖ ἡ τηλεόρασις δὲν δύνανται νὰ διαδοθοῦν πέραν τοῦ ὀπτικοῦ ὁρίζοντος, διότι ταῦτα ἀνακόπτονται καὶ ἀπορροφῶνται ἀπὸ τὴν καμπυλότητα τῆς Γῆς (σχ. 525).

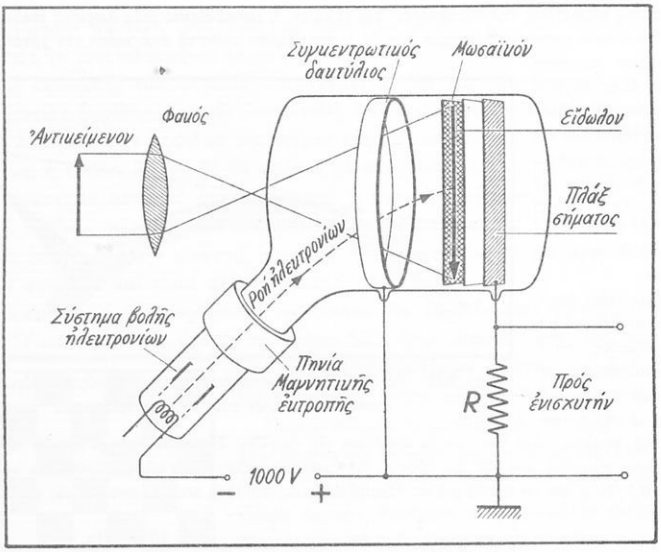
Τὸ πρόβλημα τοῦτο ἐλύθη διὰ τῶν πύργων ἀναμεταδόσεως, οἵτινες συνδέονται πρὸς τοὺς σταθμοὺς ἐκπομπῆς, ἐπιτυγχανομένης οὕτω καὶ τῆς ὑπερποντίου μεταδόσεως τῶν προγραμμάτων τηλεοράσεως.

Πομπὸς ἐκπομπῆς. Εἰς τὴν τηλεόρασιν, τὸ ἀντίστοιχον τοῦ μικροφώνου εἶναι ἡ διάταξις λήψεως τῆς εἰκόνος, ἥτις πρόκειται νὰ μεταβιβασθῇ. Ἐκ τῶν διαφόρων συστημάτων ἐκπομπῆς περιγράφομεν ἐν γενικαῖς γραμμαῖς τὸ **εἰκονοσκόπιον Zworykin (Σβορύκιν).** Τοῦτο εἶναι κατ' ἀρχὴν εἷς εἰδικὸς καθοδικὸς σωλὴν (σωλὴν Braun) (σχ. 526), τοῦ ὁποίου τὰ κύρια μέρη εἶναι τὸ σύστημα ἐκπομπῆς καὶ ἐπιταχύνσεως τῶν ἠλεκτρονίων, καλούμενον ἠ λ ε κ τ ρ ο ν ι κ ὸ ν τ η λ ε β ό λ ο ν, ἡ ὀρθογώνιος πλάξ ἐξερευνήσεως καὶ ὁ συγκεντρωτικὸς δακτύλιος.

Τὸ ἠλεκτρονικὸν πολυβόλον δύναται νὰ ἐκπέμπῃ δέσμην ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα σαρώνουν τὴν πλάκα ἐξερευνήσεως 60 φορὰς ἀνὰ δευτερόλεπτον καθέτως καὶ 15 750 φορὰς ἀνὰ δευτερόλεπτον ὁριζοντίως κατὰ μῆκος 525 γραμμῶν (προκειμένου διὰ τὰς Η.Π.Α.), αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν κατὰ ἓν μικρὸν κλάσμα τοῦ ἑκατοστομέτρου.

Ἡ πλὰξ ἐξερευνήσεως ἀποτελεῖται ἐκ λεπτοῦ φύλλου μαρμαρυγίου (μίκας), τοῦ ὁποίου ἡ προσθία ἐπιφάνεια εἶναι κεκαλυμμένη διὰ μεγάλου ἀριθμοῦ μικροσκοπικῶν σταγονιδίων ἐξ ἀργυρούχου καισίου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐξαιρετικῶς φωτοευπαθὲς καὶ τοιουτοτρόπως ἕκαστον σταγονίδιον ἀποτελεῖ μικρὸν φωτοκύτταρον. Ἡ ὀπισθία ὄψις τοῦ φύλλου τοῦ μαρμαρυγίου εἶναι κεκαλυμμένη δι' ἑνὸς ἠλεκτρικῶς ἀγωγίμου στρώματος κολλοειδοῦς γραφίτου, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸ καλώδιον ἐξόδου. Ἡ ὅλη διάταξις ἐνεργεῖ ὡς πλῆθος μικροσκοπικῶν πυκνωτῶν, τῶν ὁποίων ὁ εἷς ὀπλισμὸς εἶναι τὸ φωτοευπαθὲς σταγονίδιον, ὁ δὲ ἄλλος, ὁ αὐτὸς δι' ὅλους, εἶναι συνδεδεμένος μὲ ἓν κοινὸν καλώδιον, μέσῳ τοῦ ὁποίου δύνανται οὗτοι νὰ ἐκφορτίζωνται.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 526. Εἰκονοσκόπιον Zworykin (ἀρχή).

Ὁ συγκεντρωτικὸς δακτύλιος, ἀποτελούμενος ἐκ λευκοχρύσου, συλλέγει τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὴν διερευνομένην πλάκα ἐξερευνήσεως καὶ εἶναι ὁμοίως συνδεδεμένος μὲ τὸ καλώδιον ἐξόδου, τὸ ὁποῖον ὁμοῦ μετὰ τοῦ καλωδίου, τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ τὸν γραφίτην, ἀποτελεῖ τὸ ζεῦγος καλωδίων τὸ ἀποδίδον τὸ σῆμα τοῦ κυκλώματος.

Κατὰ τὴν μετάδοσιν εἰκόνων διὰ τῆς τηλεοράσεως, τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἑστιάζεται ἐπὶ τῆς πλακὸς ἐξερευνήσεως τοῦ εἰκονοσκοπίου μὲ ἕνα φακόν. Ὅπου τὸ φῶς εἶναι περισσότερον ἔντονον τὰ φωτοευαίσθητα σωματίδια ἐκπέμπουν μεγάλον ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων, ἐνῷ, ὅπου ἡ ἔντασις τοῦ φωτὸς εἶναι ἐλαχίστη, ἐκπέμπονται ἐλάχιστα ἠλεκτρόνια. Τοιουτοτρόπως παράγεται ἕνας τύπος μωσαϊκοῦ διαφορετικῶν θετικῶν δυναμικῶν, σχηματιζομένης οὕτω μιᾶς ἠλεκτρονικῆς εἰκόνος ἐπὶ τῶν εὐαισθήτων σταγονιδίων τοῦ φύλλου τοῦ μαρμαρυγίου.

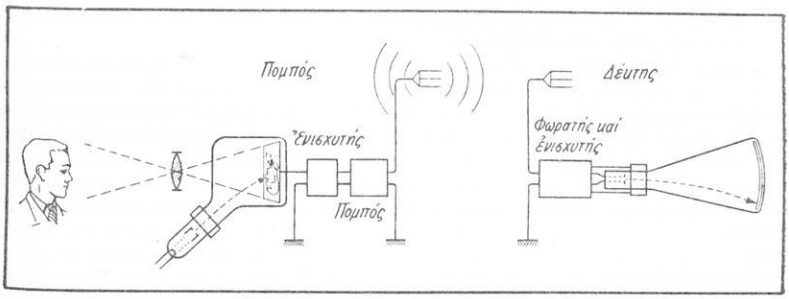
Ὅταν ἡ ἠλεκτρονικὴ δέσμη ἐξερευνᾷ τὸ μωσαϊκὸν αὐτὸ τῶν δυναμικῶν, οἱ φορτισμένοι στοιχειώδεις πυκνωταὶ (φωτοευαίσθητα σταγονίδια) ἀπορροφοῦν ἀρκετὰ ἠλεκτρόνια καὶ ἐπανέρχονται εἰς τὸ δυναμικὸν ἰσορροπίας. Τοιουτοτρόπως ἔχομεν ἠλεκτρικοὺς παλμοὺς (ἠλεκτρικὰς ὠθήσεις), γνωστοὺς ὡς σήματα video, μεταξὺ τῆς πλακὸς ἐξερευνήσεως καὶ τοῦ συγκεντρωτικοῦ δακτυλίου, οἱ ὁποῖοι ἐνισχύονται καὶ ἐκπέμπονται. Ἐπειδὴ ὁ φακὸς δίδει εἴδωλον ἀνεστραμμένον ἡ ἐξερεύνησις πρέπει νὰ ἀρχίζῃ ἀπὸ τὸ κάτω μέρος τῆς πλακὸς ἐξερευνήσεως.

Ἑτέραν διάταξιν ἐκπομπῆς ἀποτελεῖ ἡ εἰκονοσκοπικὴ ὀρθικὸν (orthicon), ἥτις εἶναι 100 ἕως 1000 φορὰς περισσότερον εὐαίσθητος τοῦ εἰκονοσκοπίου καὶ ὡς ἐκ τούτου δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν τηλεοπτικὴν μετάδοσιν σκηνῶν ἐχουσῶν πολὺ ἀσθενῆ φωτισμόν.

Ἡ διάταξις αὕτη δύναται νὰ «βλέπῃ» ὡς ὁ ἀνθρώπινος ὀφθαλμός, δηλαδὴ ἔχει τόσον μεγάλην εὐαισθησίαν ὥστε διεγείρεται ἀπὸ ἀσθενεῖς φωτισμούς, ὡς καὶ ὁ ὀφθαλμός, ἀλλὰ δὲν εἶναι κατάλληλος δι' ἰσχυροὺς φωτισμούς. Ἀντιθέτως, τὸ εἰκονοσκόπιον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ μόνον διὰ σκηνάς, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἰσχυροὺς φωτισμούς.

Συστήματα λήψεως (δέκται). Ἡ λῆψις τῆς εἰκόνος διὰ τοῦ δέκτου καὶ ὁ σχηματισμὸς αὐτῆς ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος δὲν γίνεται ὁλόκληρος ταυτοχρόνως, ἀλλὰ κατὰ στοιχεῖα, ὅπως

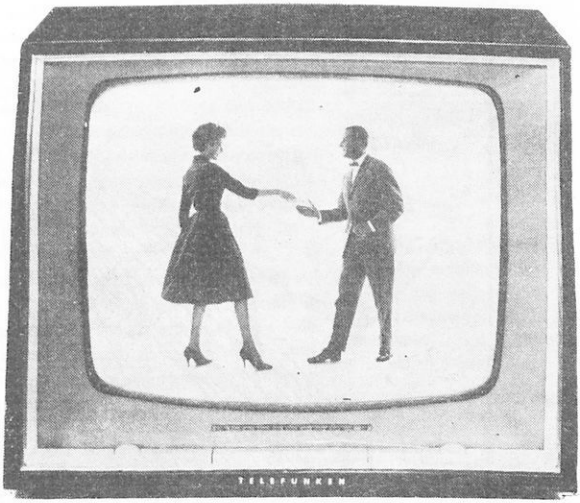
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 527. Σχηματική παράστασις πομποῦ καὶ δέκτου τηλεοράσεως (ἀρχή).

ἀκριβῶς καὶ ἡ ἀνάλυσις εἰς τὸν πομπόν. Διὰ τὴν πιστὴν ἀνασύνθεσιν τῆς εἰκόνος πρέπει ἕκαστον στοιχεῖον νὰ ἀναπαραχθῇ κατὰ τὴν ἰδίαν σειρὰν ὡς καὶ κατὰ τὴν ἀνάλυσιν, ἐπὶ πλέον δὲ ἡ λαμπρότης ἑκάστου στοιχείου εἰς τὸ φθορίζον διάφραγμα νὰ ἀντιστοιχῇ εἰς τὴν λαμπρότητα τοῦ ἀντιστοίχου στοιχείου τῆς ἐκπεμπομένης εἰκόνος.

Τὸ πλέον οὐσιῶδες μέρος μιᾶς συσκευῆς λήψεως (δέκτου) τηλεοράσεως εἶναι τὸ «κινησιοσκόπιον», τὸ ὁποῖον εἶναι κυρίως ἕνας καθοδικὸς παλμογράφος (σχ. 527, δεξιά). Οἱ ἠλεκτρικοὶ παλμοὶ εἰς τὴν κεραίαν λήψεως προκαλοῦνται ἀπὸ τὰ διαδιδόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἐνισχύονται καὶ ὁδηγοῦνται εἰς τὸ «κινησιοσκόπιον» ὅπου μία ἠλεκτρονικὴ δέσμη, εὑρισκομένη ἐν συγχρονισμῷ πρὸς τὸν ἐκπέμποντα σταθμόν, προξενεῖ εἰς τὴν φθορίζουσαν ὀθόνην σωλῆνος Braun τῆς λυχνίας τὸν σχηματισμὸν τῆς εἰκόνος. Ἡ ἔντασις τῆς ἠλεκτρονικῆς δέσμης μεταβάλλεται συμφώνως πρὸς τὰς μεταβλητὰς ἐντάσεις τοῦ φωτὸς τοῦ προερχομένου ἀπὸ τὰ διάφορα μέρη τοῦ προβαλλομένου διὰ τῆς τηλεοράσεως ἀντικειμένου. Ἐπὶ τῆς ὀθόνης, ὅθεν, τῆς λυχνίας ἀναπαράγεται πιστῶς τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 528).



Σχ. 528. Ὀθόνη δέκτου τηλεοράσεως.

***303. Τηλεφωτογραφία.** Διὰ τοῦ ὅρου τούτου ἐννοοῦμεν τὴν δι' ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μετάδοσιν εἰκόνων, ἀποτυπωμένων ἐπὶ φωτογραφίας, εἰς μεγάλας ἀποστάσεις τῇ βοηθείᾳ ραδιοφωνικῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ἡ ἀρχὴ ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ τηλεφωτογραφία

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

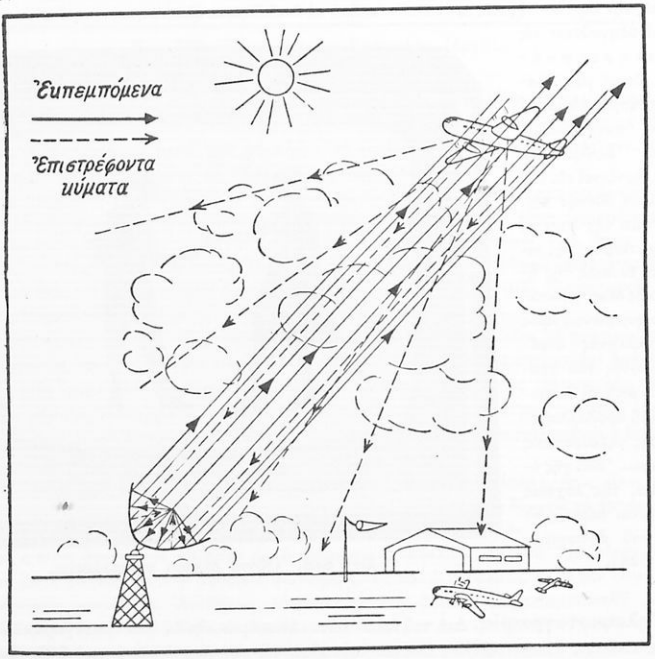
εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν ἀρχὴν τῆς τηλεοράσεως, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἐν προκειμένῳ, ὁ διὰ τὴν μετάδοσιν διαθέσιμος χρόνος εἶναι ἀπεριόριστος.

Ὁ χρόνος σαρώσεως εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν εἶναι ἀσυγκρίτως μεγαλύτερος ἀπὸ τὸν χρόνον σαρώσεως τῆς τηλεοράσεως. Τοῦτο διότι διὰ τῆς τηλεοράσεως μεταβιβάζονται σκηναὶ ἀνθρώπων καὶ γενικῶς ἀντικειμένων κινουμένων καί, ὡς ἐκ τούτου, διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ ἡ μεταβίβασις θὰ πρέπει νὰ σταλοῦν ἀλληλοδιαδόχως πολλαὶ εἰκόνες, ἐλάχιστα διαφέρουσαι ἀπ' ἀλλήλων, ἑκάστη δὲ εἰς χρόνον τὸ πολὺ ἴσον πρὸς 1/25 sec. Ὡς ἐκ τούτου, εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν εἶναι δυνατὴ ἡ χρησιμοποίησις ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων τῆς συνήθους ραδιοφωνίας. Οὕτως, ἡ ἐμβέλεια τῶν πομπῶν μεταβιβάσεως τηλεφωτογραφιῶν καθίσταται ἴση πρὸς τὴν συνήθη ἐμβέλειαν τῶν ραδιοφωνικῶν πομπῶν.

304. Ραδιοεντοπιστὴς (radar - ραντάρ). Ὁ ραδιοεντοπιστὴς εἶναι συσκευή, τῇ βοηθείᾳ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐντοπίσωμεν, εἰς ὡρισμένας δὲ περιπτώσεις καὶ νὰ παρατηρήσωμεν διάφορα ἀντικείμενα, χρησιμοποιοῦντες πρὸς τοῦτο ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

Ἐκ τῆς μελέτης τῶν ἰδιοτήτων τῶν βραχέων κυμάτων ἐδείχθη ὅτι ταῦτα παρουσιάζουν μεγάλην ὁμοιότητα πρὸς τὸ φῶς, παρουσιαζομένων σκιῶν ὄπισθεν λόφων ἢ διαφόρων ἄλλων φυσικῶν καὶ τεχνητῶν ἐμποδίων, παρεμβαλλομένων εἰς τὴν πορείαν αὐτῶν. Οὕτω, διὰ τῆς χρήσεως μεταλλικῶν ἀνακλαστήρων τὰ βραχέα κύματα δύνανται νὰ ἀνακλασθοῦν κατὰ πλήρη ἀντιστοιχίαν πρὸς τὸ φῶς τὸ ἀνακλώμενον ὑπό τινος κατόπτρου, ἢ νὰ σταλοῦν πρὸς ὡρισμένην κατεύθυνσιν, ὑπὸ μορφὴν δέσμης, ὡς τοῦτο γίνεται διὰ τῶν προβολέων φωτός.

Ἀπαρχὴ ἀναπτύξεως τοῦ ραντὰρ ὑπῆρξε τὸ πείραμα τῶν Tuvé καὶ Breit ἐπὶ τῶν βραχέων κυ-



Σχ. 529. Σχηματικὴ παράστασις λειτουργίας ραδιοεντοπιστοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μάτων κατὰ τὸ ἔτος 1925. Οἱ ἀνωτέρω ἐρευνηταὶ ἐξέπεμπον βραχὺ παλμὸν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, μήκους κύματος ἀντιστοιχοῦντος πρὸς βραχέα κύματα, κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω καὶ τῇ βοηθείᾳ καταλλήλου δέκτου, εὑρισκομένου εἰς τὸν τόπον τοῦ πομποῦ, ἐλάμβανον τὴν ἠχὼ (ἀνακλώμενον κῦμα) τοῦ σήματος, λόγῳ ἀνακλάσεως αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ στρώματος Heaviside τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἐφ' ὅσον δὲ τὸ σῆμα μεταδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἦτο δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ὕψος τοῦ ἀνακλῶντος στρώματος διὰ τῆς μετρήσεως τοῦ χρονικοῦ διαστήματος μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς τοῦ σήματος καὶ τῆς λήψεως τούτου.

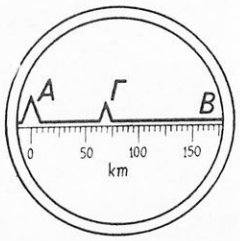
Ἡ τελειοποίησις τοῦ ραντὰρ εἰς τὴν σημερινήν του μορφὴν ἔγινε κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ δευτέρου Παγκοσμίου πολέμου, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἀντὶ τοῦ στρώματος Heaviside τοῦ πειράματος, ὁ παλμὸς τοῦ ραντὰρ ἀνακλᾶται ἐπί τινος ὑλικοῦ ἀντικειμένου, ὡς π.χ. ἐπὶ ἀεροπλάνου ἢ πλοίου κ.ο.κ.

Εἰς τὴν ἐξέλιξιν τοῦ ραντὰρ συνέτεινε κατὰ πολὺ ἡ κατασκευὴ λυχνίας παραγωγῆς μικροκυμάτων, δηλαδὴ κυμάτων μήκους κύματος τῆς τάξεως 1 cm καὶ μικροτέρου. Ἡ λυχνία αὕτη καλεῖται λυχνία «μάγνετρον» (magnetron), λόγῳ δὲ τοῦ πολὺ μικροῦ μήκους κύματος τῶν ὑπ' αὐτῆς παραγομένων κυμάτων, καὶ τῆς ἀρκετὰ μεγάλης ἰσχύος τῶν παλμῶν αὐτῶν, κατέστη δυνατὴ ἡ ἐκπομπὴ λεπτῆς καὶ ἰσχυρᾶς δέσμης ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

Τοῦτο παρέχει τὴν δυνατότητα ἀφ' ἑνὸς μὲν τοῦ ἀκριβοῦς καθορισμοῦ τῆς διευθύνσεως τοῦ στόχου καὶ ἀφ' ἑτέρου τῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ ἀπὸ τῆς θέσεως τοῦ ραδιοεντοπιστοῦ. Λόγῳ τῶν πλεονεκτημάτων τούτων αἱ συσκευαὶ ραντὰρ ἔχουν καταστῆ ἀπαραίτητοι διὰ τὴν ἀκριβῆ καὶ ἐλεγχομένην βολὴν τῶν πυροβόλων τῶν πολεμικῶν σκαφῶν, ἀντιαεροπορικῶν πυροβόλων κλπ., καθὼς ἐπίσης διὰ τὴν ναυσιπλοΐαν, γενικῶς, λόγῳ τῆς δυνατότητος ἐπισημάνσεως τμημάτων ξηρᾶς, ὑφάλων, ἑτέρων πλοίων καὶ παντὸς εἴδους ὑλικῶν ἐμποδίων, ἀνεξαρτήτως τῶν συνθηκῶν ὁρατότητος.

Τὸ σχῆμα 529 δίδει σχηματικὸν διάγραμμα μιᾶς συσκευῆς ραντὰρ ὡς καὶ τοῦ τρόπου λειτουργίας αὐτῆς.

Τὸ ραντὰρ ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ δύο κυρίως μερῶν, ἤτοι ἐκ τοῦ πομποῦ καὶ τοῦ δέκτου. Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς ἀποστάσεως εἰς τὴν ὁποίαν εὑρίσκεται ἀντικείμενόν τι ἐκπέμπεται πρὸς αὐτὸ ὑπὸ τοῦ πομποῦ σῆμα βραχείας διαρκείας. Τὸ σῆμα τοῦτο ἀνακλᾶται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἐπιστρέφον συλλαμβάνεται ὑπὸ τοῦ δέκτου. Διὰ μετρήσεως τοῦ χρόνου τοῦ παρερχομένου ἀπὸ τῆς στιγμῆς τῆς ἐκπομπῆς, μέχρι τῆς λήψεως τῶν ἀνακλασθέντων ἐπὶ τοῦ ἐμποδίου κυμάτων, γνωστῆς οὔσης τῆς ταχύτητος διαδόσεως αὐτῶν (ἴσης, ὡς γνωστόν, πρὸς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός), εὑρίσκομεν τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ σημείου ἐγκαταστάσεως τοῦ ραδιοεντοπιστοῦ.



Σχ. 530. Αἰχμαὶ ἠλεκτρομαγνητικῶν σημάτων ἐπὶ τῆς ὀθόνης ραδιοεντοπιστοῦ. Ἡ πρώτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ἐκπεμπόμενον κῦμα, ἡ δευτέρα εἰς τὸ ἐπιστρέφον.

Ὁ δέκτης περιλαμβάνει κατ' ἀρχὴν σωλῆνα Braun, ἐπὶ δὲ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος αὐτοῦ, τὸ ἐκπεμπόμενον καὶ τὸ ἐπιστρέφον μετὰ τὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ στόχου σῆμα, ἀποτυποῦνται ὑπὸ μορφὴν κατακορύφων αἰχμῶν (σχ. 530). Ἐκ τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο τούτων αἰχμῶν, ἥτις ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μεσολαβοῦντος μεταξὺ ἐκπομπῆς καὶ λήψεως χρόνου, παρέχεται δι' ἀναγνώσεως ἐπὶ κλίμακος ἡ ἀπόστασις τοῦ στόχου.

***305. Ραδιοαστρονομία.** Μία ἐκ τῶν ἐσχάτως ἐφαρμοζομένων μεθόδων ἐρεύνης τοῦ κοσμικοῦ διαστήματος εἶναι ἡ λῆψις τῶν ραδιοκυμάτων τῶν προερχομένων ἐξ αὐτοῦ. Ἡ μέθοδος αὕτη ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς ραδιοαστρονομίας, μιᾶς νέας ἐπιστήμης ἐμφανισθείσης πρὸ 25 μόλις ἐτῶν καὶ ἡ ὁποία ἀσφαλῶς πρόκειται νὰ προαγάγῃ τὰς γνώσεις μας ἐπὶ τοῦ σύμπαντος περισσότερον ταχέως ἀπὸ κάθε ἄλλην μέθοδον χρησιμοποιηθεῖσαν μέχρι τοῦδε εἰς τὴν ἀστρονομίαν.

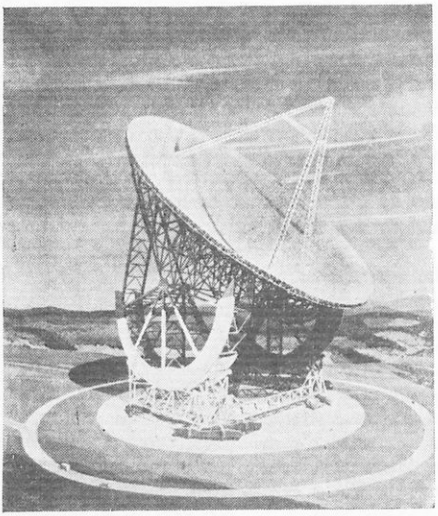
Κατὰ τὸ ἔτος 1930 ὁ Φυσικὸς Karl G. Jansky, ἀσχολούμενος μὲ τὴν μελέτην τῶν θορύβων τῶν ραδιοφωνικῶν δεκτῶν, διεπίστωσεν ὅτι οἱ θόρυβοι αὐτοὶ ὀφείλονται ἀφ' ἑνὸς μὲν εἰς γηΐνους αἰτίας, ὡς π.χ. αἱ ἀτμοσφαιρικαὶ ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις, ἀφ' ἑτέρου δὲ εἰς ἐξωγηΐνους τοιαύτας. Διὰ τὴν ἑρμηνείαν τῶν ἐξωγηΐνων τούτων αἰτιῶν ραδιοθορύβων ἐδέχθη ὁ Jansky ὅτι οὗτοι ὀφείλονται εἰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τὴν λῆψιν, ὑπὸ τοῦ ραδιοφώνου, ραδιοκυμάτων προερχομένων ἐκ τοῦ διαστήματος καὶ τὰ ὁποῖα ἔχουν μῆκος κύματος τῆς τάξεως μεγέθους 1 cm ἕως 200 m.

Αἱ πληροφορίαι αἵτινες δύνανται νὰ συλλεγοῦν ὑπὸ τῶν Ἀστρονόμων διὰ τῆς μελέτης τῶν ἐξωγηΐνων τούτων ραδιοκυμάτων εἶναι πολὺ περισσότεραι ἀπὸ τὰς συλλεγομένας διὰ τῶν παρατηρήσεων τῇ βοηθείᾳ τῶν κοινῶν ὀπτικῶν τηλεσκοπίων. Ἡ δὲ εἰκὼν τοῦ ἀπωτάτου διαστήματος, ἡ σχηματιζομένη ἀπὸ τὰς πληροφορίας τῶν ραδιοκυμάτων, εἶναι διαφορετικὴ ἀπὸ τὴν λαμβανομένην διὰ τῶν διαφόρων ὀπτικῶν μέσων. Οἱ κοινοὶ ἀστέρες, ἐξαιρουμένου τοῦ Ἡλίου, δὲν ἐκπέμπουν ραδιοκύματα, πλεῖστοι ὅμως ἄλλοι ἀστέρες, ἀόρατοι διὰ τοῦ κοινοῦ ὀπτικοῦ τηλεσκοπίου, ἐκπέμπουν ραδιοκύματα καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον ὀνομάζονται ρ α δ ι ο α σ τ έ ρ ε ς.

Ἔχει παρατηρηθῆ ὅτι τὰ ραδιοκύματα τὰ προερχόμενα ἐκ τοῦ Ἰσημερινοῦ τοῦ Γαλαξίου, τοῦ γιγαντιαίου νεφελώματος εἰς τὸ ὁποῖον ἀνήκει καὶ τὸ ἡλιακὸν μας σύστημα, εἶναι ἰσχυρότερα καὶ ἐξασθενοῦν καθὼς αὐξάνει τὸ γαλαξιακὸν πλάτος (ἀντίστοιχον τοῦ γεωγραφικοῦ πλάτους), ἄνωθεν καὶ κάτωθεν τοῦ γαλαξιακοῦ Ἰσημερινοῦ. Σήμερον εἶναι γενικῶς παραδεκτὸν ὅτι τὸ μέγιστον μέρος τῆς ἐξωγηΐνου ἀκτινοβολίας, πηγάζει ἀπὸ τὰ ἄτομα τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον, ὡς συμπεραίνεται ὑπὸ διαφόρων θεωριῶν, ὑπῆρξε τὸ ἀρχικὸν στοιχεῖον τοῦ σύμπαντος, δεδομένου ὅτι καὶ σήμερον ἁπαντᾶται ἐν ἀφθονίᾳ εἰς τὸν Ἥλιον, τοὺς ἀπλανεῖς ἀστέρας, καθὼς καὶ τὸν ἐξωγήϊνον χῶρον. Ἀκόμη καὶ εἰς τὸ ἐλαχίστης πυκνότητος μεσοαστρικὸν διάστημα ὑπάρχει τουλάχιστον ἓν ἄτομον ἀνὰ κυβικὸν ἑκατοστόν.



Σχ. 531. Σύγχρονον γιγαντιαῖον ραδιοτηλεσκόπιον, διαμέτρου ἀνακλαστικῆς ἐπιφανείας 183 m.

Αἱ σήμερον χρησιμοποιούμεναι συσκευαὶ λήψεως τῶν ραδιοκυμάτων εἶναι γνωσταὶ ὑπὸ τὴν ὀνομασίαν «ρ α δ ι ο τ η λ ε σ κ ό π ι α».

Ἓν τοιοῦτον ὄργανον ἀποτελεῖται ἀπὸ σύστημα κεραιῶν λήψεως πελωρίων διαστάσεων, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμέναι μετὰ εἰδικῶν εὐαισθήτων ἐνισχυτῶν ἀσθενῶν ρευμάτων (σχ. 531).

306. Διαφοραὶ μεταξὺ ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πομπῶν ραδιοφώνου καὶ τηλεοράσεως. Μεταξὺ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων τῶν χρησιμοποιουμένων ὑπὸ τῶν ραδιοφωνικῶν πομπῶν καὶ ἐκείνων τῆς τηλεοράσεως, ὑφίστανται αἱ ἀκόλουθοι κυρίως διαφοραί.

α) Τὰ ραδιοφωνικὰ κύματα (μακρὰ-μεσαῖα-βραχέα), ἔχουν μῆκος κύματος μεγαλύτερον τοῦ μήκους κύματος τῶν κυμάτων τῆς τηλεοράσεως (ὑπερβραχέα), ὡς καὶ τοῦ ραδιοεντοπιστοῦ (μικροκύματα).

β) Τὰ ραδιοφωνικὰ κύματα παρουσιάζουν μεγάλην ἐμβέλειαν, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ ἄλλα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν μικρὰν τοιαύτην.

γ) Τὰ ραδιοφωνικὰ κύματα ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καὶ παρακολουθοῦν τὴν καμπυλότητα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ κύματα τῆς τηλεοράσεως καὶ τοῦ ραδιοεντοπιστοῦ, τὰ ὁποῖα δὲν ἐμφανίζουν τὰς ἰδιότητας ταύτας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

307. Ἠλεκτρικὰ κύματα τηλεπικοινωνιῶν. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν τηλεπικοινωνίαν, ὑποδιαιροῦνται δὲ εἰς διαφόρους κατηγορίας ἀναλόγως τοῦ μήκους κύματος.

1) Μακρὰ κύματα ($\lambda > 600$ m). Ὑφίστανται μικρὰν ἀπορρόφησιν κατὰ τὴν διάδοσίν των καὶ ὡς ἐκ τούτου διαδίδονται εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν.

2) Μεσαῖα κύματα ($\lambda = 600$ m ἕως 200 m). Χρησιμοποιοῦνται ὁμοίως εἰς τὴν ραδιοφωνίαν.

3) Βραχέα κύματα ($\lambda = 200$ m ἕως 10 m). Τὰ ἐπιφανειακὰ κύματα τῶν βραχέων κυμάτων ὑφίστανται μεγάλην ἀπορρόφησιν. Ἀντιθέτως τὰ κύματα χώρου ὑφίστανται ἀμελητέαν ἀπορρόφησιν καὶ ὡς ἐκ τούτου διαδίδονται εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.

4) Ὑπερβραχέα κύματα ($\lambda < 10$ m). Τὰ κύματα ταῦτα δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας, ἀλλὰ διαπεροῦν αὐτὴν καὶ ἐκφεύγουν ἔξωθεν τῆς Γῆς χωρὶς νὰ ἐπιστρέφουν εἰς αὐτήν. Ταῦτα διαδίδονται μόνον διὰ τῶν κυμάτων ἐπιφανείας ὡς καὶ ἀπ' εὐθείας ὅπως τὰ φωτεινά. Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν τηλεόρασιν.

5) Μικροκύματα ($\lambda = 1$ m ἕως 0,1 m). Διαδίδονται εὐθυγράμμως ὅπως τὰ φωτεινὰ κύματα. Χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν τηλεφωνικὴν σύνδεσιν σχετικῶς ὀλίγων ἀπεχόντων περιοχῶν. Τοιαῦτα κύματα χρησιμοποιεῖ καὶ ὁ Ο.Τ.Ε. Ἐπίσης τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ ραντάρ.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Ἐρωτήσεις

1. Ποῖα τὰ μέρη τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου. Ἐξηγήσατε τὸν τρόπον λειτουργίας του.
2. Διατί προτιμᾶται τὸ τηλέτυπον ἀντὶ τοῦ κοινοῦ τηλεγράφου.
3. Ἐξηγήσατε τὴν λειτουργίαν τοῦ μικροφώνου. Τί εἶναι τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα.
4. Ἐξηγήσατε τὴν λειτουργίαν τοῦ ἀκουστικοῦ.
5. Ποία εἶναι ἡ πηγὴ τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα τηλεφώνου.
6. Ἐξηγήσατε τὴν λειτουργίαν τοῦ μεγαφώνου. Ποία ἡ λειτουργία ἁπλοῦ ἐνισχυτοῦ.
7. Ποῖα εἶναι τὰ κυριώτερα μέρη τῆς συσκευῆς ἐγγραφῆς τοῦ ἤχου ἐπὶ τῆς ταινίας κινηματογράφου, ὡς καὶ τῆς συσκευῆς ἀναπαραγωγῆς.
8. Πῶς λειτουργεῖ ὁ ἠλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἤχου ;
9. Πῶς γίνεται ἡ ἐγγραφή, ἡ ἀναπαραγωγὴ καὶ ἡ ἀπόσβεσις ἤχου διὰ μαγνητοφώνου ;
10. Τί εἶναι τὸ φέρον κῦμα καὶ τί χρησιμεύει εἰς τὴν ραδιοφωνίαν.
11. Διακρίνατε μεταξὺ τῆς διαμορφώσεως πλάτους καὶ διαμορφώσεως συχνότητος.
12. Ἡ ἀκουστικὴ συχνότης εἶναι ἴση, μεγαλυτέρα, ἢ μικροτέρα τῆς ραδιοσυχνότητος.
13. Διατί τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα, ὁδηγούμενον εἰς τὴν κεραίαν ἑνὸς πομποῦ δὲν ἀκτινοβολεῖται.
14. Κατονομάσατε τὰ βασικὰ μέρη ἑνὸς ἁπλοῦ πομποῦ καὶ ἑνὸς ἁπλοῦ δέκτου ραδιοκυμάτων.
15. Εἰς τί χρησιμεύει ἡ κρυσταλλοτρίοδος καὶ ποῖα τὰ πλεονεκτήματα αὐτῆς ἔναντι τῆς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας. Πῶς διαδίδονται τὰ ραδιοκύματα διὰ μέσου τοῦ χώρου ;
16. Τί εἶναι εἰκονοσκόπιον. Τί εἶναι ἡ εἰκονοσκοπικὴ ὀρθικόν.
17. Ποῖα τὰ βασικὰ μέρη πομποῦ τηλεοράσεως. Περιγράψατε τὴν λειτουργίαν ἑκάστου.
18. Διατί εἰς τὴν τηλεόρασιν χρησιμοποιοῦνται ὑπερβραχέα κύματα ;
19. Τὰ ὑπερβραχέα κύματα διαδίδονται εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ;
20. Τί εἶναι τὸ κινησιοσκόπιον.
21. Ποία ἡ βασικὴ ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ ραντάρ.
22. Τίνι τρόπῳ ὁμοιάζει ὁ ραδιοεντοπιστὴς πρὸς ἠχητικὴν συσκευὴν βυθομετρήσεως.
23. Ποῖα εἶναι τὰ εἴδη τῶν ραδιοκυμάτων τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὴν τηλεπικοινωνίαν.
24. Διατί ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα μεγάλου μήκους κύματος ἐνδείκνυνται διὰ τὴν σύνδεσιν μεγάλων ἀποστάσεων.

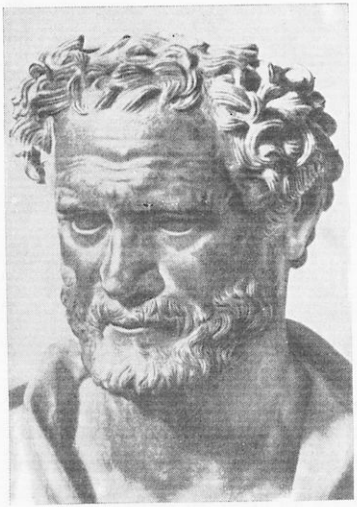
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΕ'

ΑΤΟΜΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

308. Ἱστορικὴ ἀναδρομή. Πρῶτοι οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες φιλόσοφοι ἠσχολήθησαν μὲ τὸ πρόβλημα τῆς συγκροτήσεως γενικῶς τῆς ὕλης. Μεταξὺ αὐτῶν διακρίνονται ὁ **Θαλῆς** ὁ Μιλήσιος (640 - 550 π.Χ.), ὁ **Ἀναξαγόρας** ὁ Κλαζομένιος (500 - 428 π.Χ.), ὁ **Ἐμπεδοκλῆς** ὁ ἐξ Ἀκράγαντος τῆς Σικελίας (περίπου 490 - 430 π.Χ.), ὁ **Λεύκιππος** καὶ ὁ μαθητής του, ὁ μέγας Φιλόσοφος καὶ Φυσιοδίφης **Δημόκριτος** ὁ ἐξ Ἀβδήρων τῆς Θράκης (470 - 360 π.Χ.).



ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ Ο ΑΒΔΗΡΙΤΗΣ
(470 - 360 π.Χ.)
Ἀρχαῖος Ἕλλην Φιλόσοφος, ἱδρυτὴς τῆς ἀτομικῆς θεωρίας.

Ἄφθαρτον δόξαν ἀποτελεῖ διὰ τὸν Λεύκιππον καὶ τὸν Δημόκριτον ἡ ὑπ' αὐτῶν διατυπωθεῖσα «ἀτομικὴ θεωρία».

Κατὰ τὸν Δημόκριτον, τὰ πρῶτα ἀπαραίτητα στοιχεῖα διὰ τὴν γένεσιν πάντων τῶν ὄντων εἶναι τὸ ὂν καὶ τὸ μὴ ὄν· καὶ ὂν μὲν εἶναι τὸ πλῆρες, τὸ πληροῦν δηλαδὴ τὸν χῶρον, ἤτοι ἡ ὕλη τῶν ὄντων, μὴ ὂν δὲ εἶναι τὸ κενόν, ἤτοι ὁ κενὸς χῶρος, ὅστις εἶναι ἄπειρος. Ἀλλὰ καὶ ἡ ὕλη τῶν ὄντων ἐξ ἀπείρων μικρῶν σωματιδίων ἀποτελεῖται, τὰ ὁποῖα εἶναι τόσον μικρά, ὥστε δὲν ὑποπίπτουν εἰς τὴν κατ' αἴσθησιν ἀντίληψίν μας. Τὰ σωματίδια αὐτά, χωριζόμενα ἀπ' ἀλλήλων διὰ τοῦ μεταξὺ αὐτῶν ὑπάρχοντος κενοῦ χώρου, εἶναι καθ' ἑαυτὰ ἁπλᾶ καὶ ἀδιαίρετα, δι' ὃ καὶ ἄτομα, δηλαδὴ ἄτμητα, ἐκλήθησαν, ὡς τοιαῦτα δὲ τὰ ἄτομα εἶναι αἰώνια, ἄφθαρτα καὶ ἀδιαίρετα. Τὰ ἄτομα εἶναι ἄπειρα κατὰ τὸ πλῆθος, ἔχουν ἀπειρίαν σχημάτων, διὰ στροβιλισμοῦ δὲ ἔρχονται τὰ μὲν εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὰ δὲ καὶ οὕτω γεννῶνται ἑνώσεις, ὅπως τὸ πῦρ, τὸ ὕδωρ, ὁ ἀήρ, καὶ ἡ Γῆ, διότι καὶ ταῦτα ἀποτε-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λοῦνται ἐξ ἀτομικῶν τινων συστημάτων, δηλαδὴ ἐκ διαφόρων ἀτόμων, ἅτινα εἶναι ἀναλλοίωτα. Καὶ ὁ Ἥλιος καὶ ἡ Σελήνη ἀποτελοῦνται ἐκ τοιούτων ἀτόμων. Τὰ ἄτομα, συνδεδεμένα κατὰ διαφόρους τρόπους, γεννοῦν τὰ διάφορα σώματα. Ἡ γένεσις (εἴτε ζωικοῦ ὀργανισμοῦ, εἴτε φυτικοῦ, εἴτε ἐν γένει κόσμου τινὸς) εἶναι κατὰ διαφόρους τρόπους ἕνωσις ἀτόμων. Ἡ καταστροφὴ τούτων ὀφείλεται εἰς τὸν διαχωρισμὸν τῶν ἀτόμων.

Κατὰ τὸν Δημόκριτον **«νόμῳ γὰρ χροιή, νόμῳ γλυκύ, νόμῳ πικρόν, ἐτεὴ δ' ἄτομα καὶ κενόν».** Δηλαδὴ τὸ χρῶμα ὑπάρχει ἐπὶ τῇ βάσει νόμου, ἐπὶ τῇ βάσει δὲ νόμου ὑπάρχει ἡ ἰδιότης τοῦ γλυκέος, ἐπὶ τῇ βάσει νόμου ὑπάρχει ἡ ἰδιότης τοῦ πικροῦ, εἰς τὴν πραγματικότητα δὲ (μόνον) ὑπάρχουν τὰ ἄτομα (τῆς ὕλης) καὶ τὸ κενόν.

Ἡ ἀτομικὴ θεωρία τῆς ὕλης τοῦ Δημοκρίτου καὶ τοῦ διδασκάλου του Λευκίππου ὑπεστηρίχθη ἀπὸ τὸν **Ἐπίκουρον** (340 - 270 π.Χ.), ἀλλὰ βαθμιαίως ἔχασε τὴν σπουδαιότητά της, καθ' ὅσον τὴν ἀπέρριψε τόσον ὁ **Ἀριστοτέλης** ὅσον καὶ οἱ διάδοχοί του, οὐδεμία δὲ πειραματικὴ βάσις ὑπῆρχε πρὸς ὑποστήριξίν της. Αὕτη ἦτο μία τῶν πολλῶν φιλοσοφικῶν θεωριῶν τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων καὶ ὡς τοιαύτη ἐξηφανίσθη πρὸ τῆς ἐπιβολῆς τῶν γνωμῶν τοῦ Ἀριστοτέλους.

Ὅπως δὲ ἡ ἀνθρωπίνη γνῶσις ἐχρειάσθη 2000 περίπου ἔτη ἕως ὅτου ὁ **Κοπέρνικος** (1473 - 1543) ἐπαναλάβῃ τὴν θεωρίαν τοῦ **Ἀριστάρχου,** Σαμίου Μαθηματικοῦ καὶ Ἀστρονόμου (310 - 230 π.Χ.), ὅτι ἡ Γῆ εἶναι πλανήτης καὶ τιμηθῇ τὸ ὄνομα τοῦ Ἀριστάρχου, οὕτω μετὰ 2300 ἔτη ἀνέλαμψεν ὑπὸ νέαν μορφὴν ἡ ἀτομικὴ θεωρία τῶν Λευκίππου καὶ Δημοκρίτου διὰ τῶν ἐργασιῶν τοῦ **Dalton** (Δάλτων, 1766 - 1844).

Ὁ Dalton, Ἄγγλος Χημικὸς καὶ Φυσιοδίφης, ὑπῆρξεν ἱκανὸς πειραματιστής, ἐπεξειργάσθη δὲ ἐπὶ τὸ τελειότερον τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν τοῦ Δημοκρίτου, ἥτις κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ παρελθόντος αἰῶνος ἤρχισε νὰ γίνεται εὐρύτερον γνωστή.

Ἡ νέα μορφὴ τῆς ἀτομικῆς θεωρίας διέφερεν ἀπὸ τὴν φιλοσοφικὴν τοῦ Δημοκρίτου, διότι ἐν τῷ μεταξὺ εἶχε διαμορφωθῇ καλῶς ἡ ἔννοια τοῦ χημικοῦ στοιχείου, ὡς σώματος μὴ δυναμένου διὰ χημικῆς ἀναλύσεως νὰ διαχωρισθῇ εἰς ἁπλούστερα συστατικὰ χημικῶς ἀνόμοια.

Τὸ ἄτομον, κατὰ Δημόκριτον, εἶναι ἐλάχιστον τμῆμα τῆς ὕλης, μὴ χωριζόμενον εἰς μικρότερα μέρη, ἐνῷ τὸ ἄτομον κατὰ τὸν Dalton εἶναι πράγματι τὸ ἄτομον στοιχείου τινός.

309. Ἀτομικὴ Φυσική. Ἡ Ἀτομικὴ Φυσικὴ εἶναι εἷς ἐκ τῶν νεωτέρων κλάδων τῆς Φυσικῆς καὶ ἀρχικῶς τὸ περιεχόμενον αὐτῆς περιελαμβάνετο εἰς τὴν Φυσικοχημείαν ἢ τὴν Χημικὴν Φυσικήν, ὡς ἐλέγετο τὸ περισσότερον φυσικὸν τμῆμα τῆς Φυσικοχημείας.

Ἀργότερον (1920), ἡ Ἀτομικὴ Φυσικὴ ἤρχισε νὰ ἀναπτύσσεται ταχύτατα ὥστε νὰ καθίσταται ἀδύνατος ἡ διδασκαλία της ὡς κεφαλαίου τῆς Φυσικοχημείας, αἱ δὲ ἐργαστηριακαὶ ἐγκαταστάσεις της νὰ χρειάζωνται μεγάλας δαπάνας, λόγῳ τῶν ἀπαιτουμένων ὀργάνων μεγάλης ἀκριβείας καὶ πειραματικῶν συνθηκῶν, ὅπως τὰ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰδικὰ φασματοσκόπια, ἡ παραγωγὴ ἰσχυρῶν ἠλεκτρικῶν καὶ μαγνητικῶν πεδίων, αἱ χαμηλαὶ καὶ ὑψηλαὶ θερμοκρασίαι κλπ.

Ἐκτὸς τούτου τὸ θεωρητικὸν τμῆμα τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς ἀνεπτύχθη εἰς ἐξαιρετικὸν βαθμόν, ἰδίως μετὰ τὸ 1925, μὲ συνέπειαν νὰ περιορισθῇ ἡ μελέτη τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς εἰς στενὸν ἐπιστημονικὸν κύκλον.

Ἐν τῷ μεταξὺ (1932) ἐνεφανίσθη μία παραφυάς, ἡ Πυρηνικὴ Φυσική, ἡ ὁποία τόσον ταχέως ἐξηπλώθη, ὥστε ὄχι μόνον παρεμέρισε τὴν Ἀτομικὴν Φυσικήν, ἐξ ἧς προῆλθεν, ἀλλὰ καὶ τὴν ἀπερρόφησε σχεδὸν τελείως.

Σήμερον εἶναι ἐλάχιστα τὰ βιβλία, τὰ ἀναφερόμενα εἰς τὴν καθαρὰν Ἀτομικὴν Φυσικήν, πάντοτε δὲ ἀναφέρονται καὶ εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικήν, τῆς ὁποίας ἡ καταπληκτικὴ ἄνοδος εἰς τὸ στερέωμα τῆς Ἐπιστήμης ἐκάλυψε τὴν πρόοδον τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς καὶ σχεδὸν ἐξήντλησε τὰς δυνατότητάς της.

Τὰ κυριώτερα θέματα τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς εἶναι ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα σχετίζονται μὲ τὴν δομὴν τοῦ ἀτόμου, τὰς φυσικὰς καὶ ἐν μέρει τὰς χημικάς του ἰδιότητας, τὴν δομὴν τοῦ στερεοῦ ἰδίως σώματος καὶ τὴν σύνθεσιν τῶν μορίων.

Πολλὰ κεφάλαια τῆς Γενικῆς Φυσικῆς ἔχουν ὠφεληθῆ ἀπὸ τὴν πρόοδον τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς, ἀκόμη δὲ πολλαὶ ἐφαρμογαὶ χρήσιμοι διὰ τὸν ἄνθρωπον ὀφείλονται εἰς τοὺς μελετητάς της. Οὕτω, τὰ φαινόμενα τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων ἐντὸς ἀερίων ἀποτελοῦν σήμερον μίαν τῶν κυριωτέρων πηγῶν φωτισμοῦ. Αἱ ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι, αἱ νεώτεραι κρυσταλλικαὶ ἐνισχύτριαι, ἡ τηλεόρασις, ἡ κατασκευὴ ἰσχυρῶν μαγνητῶν, ἡ ἔρευνα τῶν ἀλλοιώσεων τῶν σωμάτων διὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen, αἱ ὑπεραγωγιμότητες, ἄλλαι ἰδιορρυθμίαι τῆς ὕλης εἰς πολὺ χαμηλὰς θερμοκρασίας, αἱ ἐπιδράσεις ἠλεκτρικῶν καὶ μαγνητικῶν πεδίων κλπ., ἀνήκουν ἢ προέρχονται ἀπὸ ἐρεύνας, αἵτινες ἐγένοντο ἀρχικῶς ἀπὸ Ἀτομικοὺς Ἐπιστήμονας.

Ἐπίσης αἱ μεγάλαι θεωρίαι καὶ μέθοδοι ἐρεύνης τῆς σημερινῆς Φυσικῆς, ὅπως ἡ θεωρία τῶν κβάντων, ἡ κυματομηχανική, ἡ θεωρία τῶν πεδίων καὶ ἄλλαι, ἔχουν ἐκκινήσει ἀπὸ τὸν στίβον τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς. Ἡ ἐπίδρασίς της εἶναι ἐντόνως καταφανὴς καὶ εἰς τὰς βιολογικὰς ἐπιστήμας, ἡ δὲ νεωτέρα Ἀστροφυσικὴ δὲν ἦτο δυνατὸν νὰ ἀναπτυχθῇ ἄνευ τῶν δεδομένων τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς.

310. Θεωρία τῶν κβάντων. Ὡς εἴδομεν εἰς τὴν Ὀπτικὴν (τόμ. ΙΙ, § 97), κατὰ καιροὺς διετυπώθησαν διάφοροι θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, διὰ τὴν ἐξήγησιν δὲ τῶν διαφόρων φαινομένων τῆς Φυσικῆς ἢ Κυματικῆς Ὀπτικῆς ἐδέχθημεν ὡς ἰσχύουσαν τὴν ἠ λ ε κ τ ρ ο μ α γ ν η τ ι κ ὴ ν θ ε ω ρ ί α ν περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, δηλαδὴ ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ μορφὴν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ἡ θεωρία ὅμως αὕτη δὲν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἑρμηνεύσῃ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, ὡς τὸ φ ω τ ο η λ ε κ τ ρ ι κ ὸ ν φ α ι ν ό μ ε ν ο ν, τοὺς νόμους τοὺς διέποντας τὴν διάταξιν τῶν γραμμῶν τῶν φασμάτων, τὴν κατανομὴν ἐνεργείας εἰς τὸ φάσμα διαπύρου στερεοῦ κλπ.

Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῶν φαινομένων τούτων, πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια δὲν παράγεται κατὰ συνεχῆ τρόπον ἀλλὰ κατ' ἀ σ υ ν ε χ ῆ· δηλαδὴ κατὰ διακεκριμένα στοιχειώδη ποσὰ ἐνεργείας, τὰ ὁποῖα ὁ Planck ἐκάλεσε

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κβάντα φωτὸς (ἐκ τῆς λατινικῆς λέξεως quantum = ποσόν). Ταῦτα ἐκλήθησαν ἀργότερον **φωτόνια.** Ἡ θεωρία αὕτη περὶ φωτὸς καλεῖται **θεωρία τῶν κβάντων,** ἡ δὲ διατύπωσίς της ἐπέφερε τὴν μεγαλυτέραν ἐπανάστασιν εἰς τὴν Φυσικὴν τοῦ εἰκοστοῦ αἰῶνος.



MAX PLANCK (1858 - 1947)
Εἷς τῶν διασημοτέρων Φυσικῶν τῆς ἐποχῆς μας, θεμελιωτὴς τῆς θεωρίας τῶν κβάντων.

Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην, ἑκάστη δέσμη φωτὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ μεγάλον ἀριθμὸν «πακέτων ἐνεργείας», τῶν φωτονίων. Ἡ ὁλικὴ ἐνέργεια, ἡ μεταφερομένη ὑπὸ τῆς δέσμης, εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνεργειῶν ὅλων τῶν φωτονίων αὐτῆς, ἐνῷ ἡ ταχύτης τῶν φωτονίων ἰσοῦται πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός. Κατὰ συνέπειαν φωτόνιον ἐν ἠρεμίᾳ δὲν νοεῖται.

Ἡ ἐνέργεια Ε ἑκάστου φωτονίου μονοχρωματικῆς δέσμης φωτὸς συχνότητος ν, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$E = h \cdot \nu \qquad (1)$$

ὅπου h παγκόσμιος σταθερά, ἡ ὁποία καλεῖται **σταθερὰ δράσεως τοῦ Planck** καὶ εἶναι ἴση πρὸς :

$$h = 6{,}62 \cdot 10^{-27}\ \text{erg} \cdot \text{sec}$$ **(ἐργιοδευτερόλεπτα)**

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐνέργεια ἑκάστου φωτονίου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας. Ἐὰν δὲ διαιρέσωμεν ἀμφότερα τὰ μέλη διὰ τοῦ τετραγώνου τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς θὰ ἔχωμεν — κατὰ Einstein — τὴν δι' ἕκαστον φωτόνιον ἰσοδύναμον μᾶζαν, ἤτοι $m = h\nu/c^2$, ἐξ ἧς προκύπτει ἡ ὁρμὴ αὐτοῦ : $mc = h\nu/c$.

Δέσμη μονοχρωματικῆς ἀκτινοβολίας ἀποτελεῖται ἀπὸ μεγάλον ἀριθμὸν φωτονίων τῆς αὐτῆς ἐνεργείας, ἐνῷ ἑκάστη μὴ μονοχρωματικὴ φωτεινὴ πηγὴ πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς ἐκπέμπουσα μέγαν ἀριθμὸν φωτονίων διαφόρου ἐνεργείας.

Ἡ τοιαύτη εἰκὼν τῆς κατὰ φωτόνια ἐκπομπῆς τοῦ φωτὸς ἰσχύει καὶ διὰ τὴν ἀπορρόφησιν τοῦ φωτὸς ὡς καὶ τὴν ἀνταλλαγὴν ἐνεργείας πρὸς τὰ στοιχειώδη σωματίδια τοῦ μικροκόσμου. Εἰς τοιαύτας περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας πρέπει νὰ θεωρήσωμεν ἓν πρὸς ἓν φωτόνια καθωρισμένης ἐνεργείας, ἡ ἔννοια τοῦ κύματος ἐξαφανίζεται τελείως.

Ἰδιαιτέρως ὀφείλει νὰ τονισθῇ ἡ σημασία τῆς σταθερᾶς δράσεως τοῦ Planck h. Ὡς φαίνεται ἀμέσως, διὰ νὰ παριστᾷ τὸ γινόμενον $h \cdot \nu$ ἐνέργειαν, πρέπει τὸ h νὰ ἔχῃ διαστάσεις ἐνεργείας ἐπὶ χρόνον, καθ' ὅσον τὸ ν ἔχει διαστάσεις ἀντιστρόφου χρόνου [(ἐνέργεια × χρόνος) × 1/χρόνος = ἐνέργεια]. Ἀλλὰ τὸ γινόμενον ἐνερ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γείας ἐπὶ χρόνον, εἶναι ἐκ τῆς Μηχανικῆς γνωστόν, ὡς δρᾶσις, ἐνῷ τὸ πηλίκον ὡς ἰσχύς.

Εἶναι λοιπὸν ἡ σταθερὰ h, ἡ παγκόσμιος σταθερὰ τῆς δράσεως καὶ ἰσοῦται κατὰ τὸν Planck πρὸς τὴν ἐλαχίστην δυνατὴν ἐν τῷ κόσμῳ ἀδιαίρετον, στοιχειώδη ποσότητα δράσεως, τὸ κβάντον τῆς δράσεως.

Γενικῶς, ὅταν ἐν φυσικὸν μέγεθος, ὡς π.χ. ἡ δρᾶσις, χαρακτηρίζεται ἀπὸ στοιχειώδη, ἀδιαίρετον ποσότητα, ἐλαχίστην δυνατὴν ἐν τῷ κόσμῳ, ὀνομάζεται σήμερον **κβαντισμένον μέγεθος** ἢ **κβαντωμένον.**

Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς ἐννοίας αὐτῆς δυνάμεθα νὰ ἀναφέρωμεν τὸ ἀκόλουθον παράδειγμα : Ἡ ἐν Ἑλλάδι περιουσία εἰς ρευστὸν χρῆμα ἔχει ὡς ἐλάχιστον ἀδιαίρετον ποσὸν χρήματος δυνάμενον νὰ ἀνταλλαγῇ, τὸ κέρμα πεντάλεπτον. Πᾶσα ἑπομένως ποσότης χρημάτων μετὰ τῶν ὁποίων συναλλασσόμεθα εἶναι ἀναγκαίως ἴση πρὸς ἀκέραιόν τι πολλαπλάσιον τοῦ πενταλέπτου. Κατὰ συνέπειαν ἡ περιουσία εἰς ρευστὸν χρῆμα εἶναι κβαντισμένη μὲ κβάντον χρημάτων τὸ κέρμα πεντάλεπτον.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ὑπολογίσατε τὴν ἐνέργειαν Ε ἑνὸς φωτονίου ἐρυθροῦ φωτός, μήκους κύματος 6000 Å. Δίδονται : $h = 6{,}62 \cdot 10^{-27}$ erg · sec καὶ $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec.

Λύσις. Ἐκ τοῦ τύπου $E = h \cdot \nu$ καὶ δεδομένου ὅτι ἡ συχνότης ν συνδέεται πρὸς τὸ μῆκος κύματος λ διὰ τῆς σχέσεως : $\nu = c/\lambda$, προκύπτει : $E = h \cdot c/\lambda$. (1)

Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον (1) τὰ δεδομένα : $h = 6{,}62 \cdot 10^{-27}$ erg · sec, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec καὶ $\lambda = 6000$ Å $= 6000 \cdot 10^{-8}$ cm, εὑρίσκομεν :

$$E = 3{,}31 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$$

Μετατρέποντες τὰ erg εἰς μονάδας ἠλεκτρονιοβόλτ μὲ βάσιν 1 eV $= 1{,}6 \cdot 10^{-12}$ erg, εὑρίσκομεν :

$$E = 2 \text{ eV, περίπου.}$$

Πρακτικὸς μνημονικὸς κανών : Διαιροῦντες τὸν ἀριθμὸν 1 2 3 4 5 διὰ τοῦ μήκους κύματος λ εἰς Å, εὑρίσκομεν τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτονίου εἰς eV. Οὕτω : 12 345/6000 = 2 eV, περίπου.

311. Δομὴ τοῦ ἀτόμου. Συμφώνως πρὸς τὰς συγχρόνους ἀντιλήψεις ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἐξ **ἀτόμων,** τῶν ἐλαχίστων δηλαδὴ ἀδιαιρέτων καὶ ἀτμήτων διὰ τὴν Χημείαν συστατικῶν παντὸς σώματος.

Ὑφίσταται μεγάλος ἀριθμὸς φαινομένων (ἀγωγιμότης μετάλλων, φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἠλεκτρόλυσις κλπ.) ἀποδεικνυόντων ὅτι ἐκ παντὸς ὑλικοῦ σώματος — χημικῶν στοιχείων καὶ χημικῶν ἑνώσεων, μετάλλων καὶ ἀμετάλλων, ὑγρῶν, στερεῶν καὶ ἀερίων — δύνανται διὰ καταλλήλων μέσων νὰ ἀποσπασθοῦν **ἠλεκτρόνια.**

Ἕκαστον ἄτομον, περιέχει ἓν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια. Τὸ ἠλεκτρόνιον ἀποτελεῖ οὕτως ἓν τῶν βασικῶν συστατικῶν ἐξ ὧν συγκροτοῦνται ὅλα τὰ ἄτομα τῆς ὕλης.

Ἀφ' ἑτέρου, ὡς γνωστόν, ἕκαστον ἄτομον εἶναι ὑπὸ συνήθεις συνθήκας συνολικῶς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον. Ἐφ' ὅσον δὲ τὰ ἐντὸς αὐτοῦ περικλειόμενα ἠλεκτρόνια φέρουν ἀρνητικὸν φορτίον, ἔπεται ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀτόμου ὑφίσταται καὶ θετικὸν φορτίον, ἀπολύτως ἴσον καὶ ἀντίθετον πρὸς τὸ συνολικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρονίων, τὸ ὁποῖον ἐξουδετεροῖ τὸ φορτίον αὐτῶν καὶ οὕτω τὸ ἄτομον ἐμφανίζεται ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου (συμβολιζόμενον μὲ —e) ἀποτελεῖ τὴν ἐλαχίστην ποσότητα ἀρνητικοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἥτις ἀπαντᾷ εἰς τὴν φύσιν καὶ καλεῖται ὡς ἐκ τούτου στοιχειῶδες ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον.

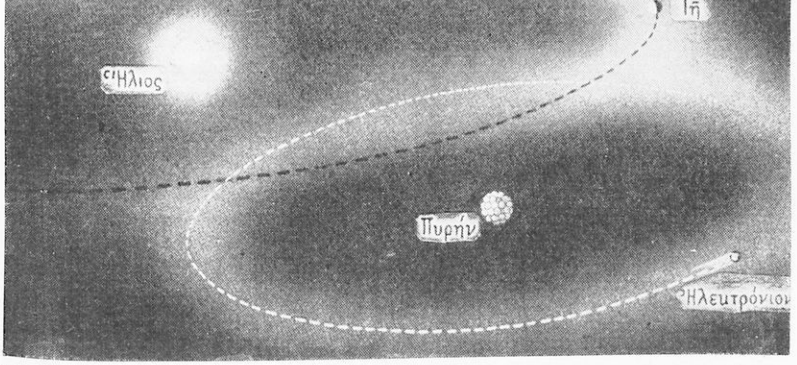
Εὑρέθη προσέτι ὅτι καὶ διὰ τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον ὑφίσταται ἐλαχίστη τις δυνατὴ ποσότης ἐξ αὐτοῦ, εἶναι δὲ αὕτη ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ καλεῖται στοιχειῶδες θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον (+e).

Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι, πᾶν ἠλεκτρικὸν φορτίον εἶναι ἀκέραιον πολλαπλάσιον τοῦ στοιχειώδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου e.

Ἐὰν ἓν ἢ καὶ περισσότερα ἠλεκτρόνια, λόγῳ ἐξωτερικῆς τινος αἰτίας, ἀπομακρυνθοῦν τοῦ ἀτόμου, τότε ὑπερτερεῖ τὸ θετικὸν φορτίον καὶ ἔχομεν ἄτομον θετικῶς φορτισμένον, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν μονοσθενὲς ἢ πολυσθενὲς θετικὸν ἰόν, ἀναλόγως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα ἐλλείπουν. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν περισσείας ἠλεκτρονίων προκύπτει ἀρνητικὸν ἰόν.

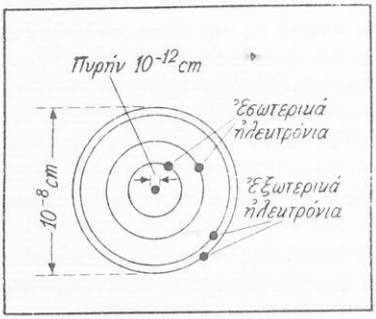
Ἐξ ἄλλου, ἡ συνολικὴ μᾶζα τῶν ἠλεκτρονίων ἑνὸς ἀτόμου ἀποτελεῖ μόνον μικρὸν μέρος τῆς συνολικῆς μάζης αὐτοῦ, καθ' ὅσον ἔχει διαπιστωθῆ ὅτι, ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι 1836 φορὰς μικροτέρα τῆς μάζης τοῦ πλέον ἐλαφροῦ ἀτόμου, τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου. Δεχόμεθα λοιπὸν ὅτι ὁλόκληρος σχεδὸν ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου, συνδεομένη μετὰ τοῦ ἐντὸς αὐτοῦ περιεχομένου θετικοῦ φορτίου, εἶναι συσσωρευμένη εἰς ἓν σωματίδιον, εὑρισκόμενον εἰς τὸ κέντρον τοῦ ἀτόμου, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **πυρὴν** τοῦ ἀτόμου.

Πέριξ τοῦ πυρῆνος καὶ εἰς μεγάλας σχετικῶς ἀποστάσεις περιστρέφονται ἐπὶ ἐλλειπτικῶν ἢ κυκλικῶν τροχιῶν τὰ ἠλεκτρόνια τοῦ ἀτόμου, ἀποτελοῦντα οὕτω σύστημα περίπου ὅμοιον πρὸς τὸ τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἥλιον (σχ. 532).



Σχ. 532. Τὸ ἄτομον ὁμοιάζει κατὰ τὴν δομήν του πρὸς τὸ Ἡλιακὸν σύστημα. Τὰ ἠλεκτρόνια περιστρέφονται ὡς πλανῆται περὶ κεντρικόν τινα πυρῆνα, εἰς μεγάλας σχετικῶς ἀποστάσεις ἀπ' αὐτοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 533. Σχηματική παράστασις ἀτόμου. Ἡ σχέσις τῶν μεγεθῶν πυρῆνος καὶ συνόλου ἀτόμου εἶναι ὡς ἡ μεταξὺ τῆς κεφαλῆς καρφίτσας καὶ μιᾶς μέσου μεγέθους οἰκίας.

διαστάσεων τοῦ ὅλου ἀτόμου καὶ συνεπῶς οὗτος κατέχει ἐλάχιστον μέρος ἐντὸς τοῦ ὑπὸ τοῦ ὅλου ἀτόμου καταλαμβανομένου χώρου (σχ. 533).

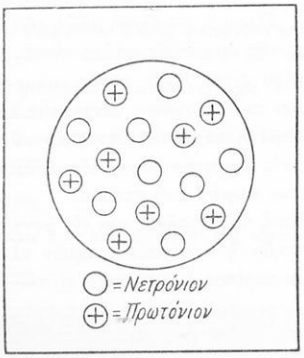
Ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου, κατὰ τὰς σημερινὰς ἀντιλήψεις, συγκροτεῖται ἐκ δύο εἰδῶν **στοιχειωδῶν σωματιδίων** τῶν **πρωτονίων** καὶ τῶν **νετρονίων** (σχ. 534).



Σχ. 535. Εἰς τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου, ἔχον ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z = 1, ὁ πυρὴν ἀποτελεῖται ἀπὸ 1 πρωτόνιον περὶ τὸ ὁποῖον περιστρέφεται ἓν ἠλεκτρόνιον.

Ὅσον ἀφορᾷ τὰς διαστάσεις τοῦ πυρῆνος εὑρέθη ὅτι ἡ ἀκτίς του εἶναι τῆς τάξεως μεγέθους 10^{-13} ἕως 10^{-12} cm, π. χ. ἡ διάμετρος τοῦ πυρῆνος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι $3 \cdot 10^{-13}$ cm, ἐνῷ τοῦ οὐρανίου $1{,}9 \cdot 10^{-12}$ cm.

Ἐφ' ὅσον, ὅμως, ἡ ἀκτὶς τοῦ ἀτόμου εἶναι τῆς τάξεως μεγέθους 10^{-8} cm (π.χ. διὰ τὸ ἄτομον τοῦ ὀξυγόνου $0{,}74 \cdot 10^{-8}$ cm καὶ διὰ τὸ νάτριον $1{,}9 \cdot 10^{-8}$ cm), προκύπτει ὅτι αἱ διαστάσεις τοῦ πυρῆνος εἶναι 10^4 ἕως 10^5 φορὰς μικρότεραι τῶν



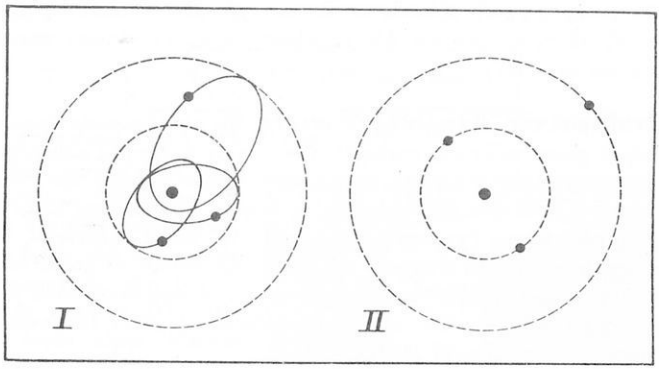
Σχ. 534. Ὁ πυρὴν συνίσταται ἐκ πρωτονίων καὶ νετρονίων.

Ἐπειδὴ τὰ σωματίδια ταῦτα ἔχουν πολλὰς κοινὰς ἰδιότητας χαρακτηρίζονται γενικῶς μὲ τὴν κοινὴν ὀνομασίαν **νουκλεόνια.**

Τὸ πρωτόνιον εἶναι σωματίδιον μάζης 1836 φορὰς μεγαλυτέρας τῆς τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ φέρει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, ἤτοι ἀπολύτως ἴσον πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου.

Ὀνομάζομεν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z ἑνὸς στοιχείου τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων, τὰ ὁποῖα φέρει ἕκαστος πυρὴν αὐτοῦ. Προφανῶς, ὅταν τὸ ἄτομον δὲν ἔχῃ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 536. (Ι) Τὸ ἄτομον τοῦ λιθίου ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ πυρῆνος καὶ ἐκ 3 περιφερειακῶν ἠλεκτρονίων. (ΙΙ) Τὰ δύο ἠλεκτρόνια ἀνήκουν εἰς τὸν πρῶτον φλοιόν, τὸ ἕτερον δὲ εἰς τὸν δεύτερον φλοιόν.

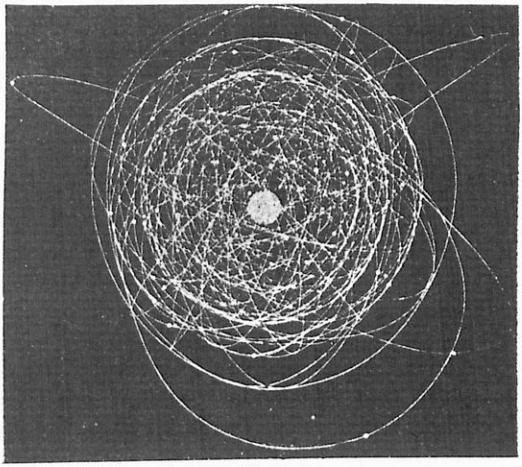
καταστῆ ἰόν, ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς αὐτοῦ συμπίπτει πρὸς τὸν ὁλικὸν ἀριθμὸν τῶν περιφερομένων περὶ τὸν πυρῆνα ἠλεκτρονίων αὐτοῦ.

Τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίδιον ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον καὶ ἔχει μᾶζαν ἐλαφρῶς μεγαλυτέραν τῆς τοῦ πρωτονίου.

Ἐξ αὐτῶν συνάγεται, ὅτι τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι ἴσον πρὸς $+Ze$ καὶ ὀφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὰ ἐντὸς αὐτοῦ περιεχόμενα πρωτόνια.

Τὸ ἁπλούστερον ὅλων τῶν ἀτόμων εἶναι τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου. Συνίστανται ἐξ ἑνὸς πρωτονίου, ὡς πυρῆνος, πέριξ τοῦ ὁποίου περιστρέφεται ἓν ἠλεκτρόνιον (σχ. 535).

Τὸ ἄτομον τοῦ ἡλίου ($Z = 2$), ἀποτελεῖται ἐκ πυρῆνος συγκροτουμένου ἐκ δύο πρωτονίων καὶ δύο νετρονίων, πέριξ τοῦ ὁποίου περιστρέφονται δύο ἠλεκτρόνια. Ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου τοῦ λιθίου ($Z = 3$, $A = 7$) σύγκειται ἐκ 3 πρωτονίων καὶ 4 νετρονίων πέριξ δὲ αὐτοῦ περιστρέφονται 3 ἠλεκτρόνια (σχ. 536). Τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου ($Z = 92$), τὸ βαρύ-



Σχ. 537. Ὑπόδειγμα τοῦ ἀτόμου τοῦ οὐρανίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τερον τῶν ἐν τῇ φύσει ἀπαντώντων ἀτόμων, ἀποτελεῖται ἐκ πυρῆνος συγκροτουμένου ἐξ 92 πρωτονίων καὶ 146 νετρονίων, πέριξ τοῦ ὁποίου περιφέρονται 92 ἠλεκτρόνια (σχ. 537).

312. Σταθεραὶ τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν χρησιμοποιοῦμεν χαρακτηριστικὰς σταθεράς, τῶν ὁποίων ὁ ἀκριβὴς καθορισμὸς ἔχει ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς τῶν διαφόρων μεγεθῶν τῶν ἀτόμων καὶ μορίων, ὅπως ἡ διάμετρος αὐτῶν, ἡ μᾶζα, ἡ θερμικὴ των ἐνέργεια κλπ.

α) Ἀτομικὸν βάρος (χημικοῦ στοιχείου). Ὡς βάσις λαμβάνεται, ὡς γνωστόν, τὸ χημικῶς καθαρὸν στοιχεῖον ὀξυγόνον, τοῦ ὁποίου τὰ ἄτομα θεωροῦμεν πανομοιότυπα — κατὰ μᾶζαν — μεταξύ των καὶ εἰς τὸ προκύπτον οὕτω πως μέσον ἄτομον ὀξυγόνου ἀποδίδομεν αὐθαιρέτως μᾶζαν 16 μονάδων ἀτομικοῦ βάρους (ἐν συντομίᾳ 16 MAB).

Συγκρίνοντες ποσότητα στοιχείου τινός, ἔστω χλωρίου, μάζης x, πρὸς ποσότητα ὀξυγόνου μάζης x′, ὑπὸ τὰς ἀκολούθους προϋποθέσεις : α) Ἀμφότεραι αἱ ποσότητες νὰ περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν N ἀτόμων καὶ β) τὰ ἄτομα τοῦ στοιχείου δὲν ἔχουν μεταξύ των οἱανδήποτε διαφορὰν κατὰ μᾶζαν, καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὁ λόγος τῶν μαζῶν x/x′ ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῆς μάζης ἑνὸς μέσου ἀτόμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὴν μᾶζαν ἑνὸς μέσου ἀτόμου ὀξυγόνου. Πολλαπλασιάζοντες τὸν λόγον αὐτὸν ἐπὶ τὸ 16 ἔχομεν τὸ **ἀτομικὸν βάρος** τοῦ χημικῶς καθαροῦ στοιχείου. Ὅθεν,

$$\text{χημικὸν ἀτομικὸν βάρος} = \frac{\text{μᾶζα N ἀτόμων στοιχείου τινὸς}}{\text{μᾶζα N ἀτόμων ὀξυγόνου}} \cdot 16$$

Ὥστε, τὸ ἀτομικὸν βάρος εἶναι πηλίκον δύο μετρήσεων μαζῶν, ἤτοι καθαρὸς ἀριθμός, ἀλλὰ ἱστορικῶς ἔχει ἐπικρατήσει ἡ ὀνομασία βάρος, ἐνῷ πράγματι δὲν πρόκειται περὶ βάρους, ἄρα δὲν μεταβάλλεται ἀπὸ τόπου εἰς τόπον τῆς Γῆς, κλπ.

β) Ἡ σταθερὰ Loschmidt (Λόσμιτ)[1]. Ὁ Αὐστριακὸς Φυσικὸς J. Loschmidt ὑπελόγισε τὸ 1865, βάσει τῆς κινητικῆς θεωρίας τῶν ἀερίων, τὸν ἀριθμὸν τοῦ κατὰ κυβικὸν ἑκατοστὸν ἀερίου, ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας καὶ θερμοκρασίαν μηδὲν βαθμῶν Κελσίου, περιεχομένων μορίων.

Κατὰ τὴν ὑπόθεσιν ὅμως τοῦ Ἰταλοῦ Φυσικοῦ Avogadro (Ἀβογκάντρο) τὰ γραμμομόρια τῶν ἀερίων καταλαμβάνουν ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω κανονικὰς συνθήκας ὄγκον 22 414 cm^3, ἄρα δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τελικῶς πόσα μόρια ἀερίου περιέχονται εἰς ἓν γραμμομόριον του. Ἡ οὕτω προκύπτουσα τιμή, ἀριθμοῦ μορίων ἀνὰ Mol, ἔχει μετρηθῆ διὰ πολλῶν μεθόδων καὶ ἀπ' εὐθείας, χωρὶς τὴν ἀναγκαστικὴν ὕπαρξιν ἀερίου. Δυνάμεθα π.χ. νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν σταθερὰν ταύτην, ἥτις πρὸς τιμὴν τοῦ Loschmidt φέρει τὸ ὄνομά του, ἀπὸ μετρήσεις τῶν ἀποστάσεων μεταξὺ διαδοχικῶν διαστρώσεων κυβικοῦ τινος κρυστάλλου, ὅπως τὸ NaCl, τοῦ ὁποίου τὴν δομὴν ἐρευνῶμεν διὰ τῶν ἀκτίνων Röntgen.

1. Εἰς τὴν ἀγγλοσαξωνικὴν βιβλιογραφίαν ἀναφέρεται ὡς σταθερὰ Avogadro.

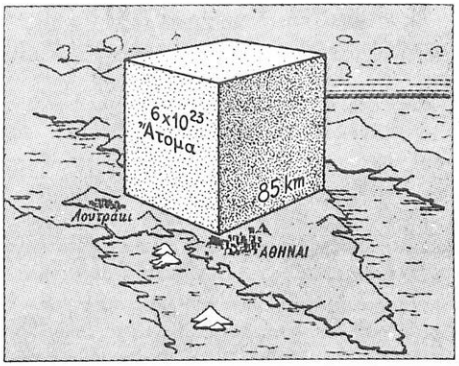
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ σήμερον ἀποδεκτὴ τιμὴ τῆς σταθερᾶς Loschmidt εἶναι :

$$N_L = 6{,}023 \cdot 10^{23} \text{ μόρια/Mol}$$

ἤ, κατ' ἐπέκτασιν, ἄτομα ἀνὰ γραμμοάτομον.

Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς εἶναι ἐξαιρετικὰ μεγάλος. Οὕτω, π.χ. ἂν δεχθῶμεν ὅτι κάθε ἄτομον χαλκοῦ εἶχεν ὄγκον, τὸν ὄγκον μιᾶς κεφαλῆς καρφίτσας, τότε N ἄτομα — τὸ ἓν παρὰ τὸ ἄλλο — θὰ κατεῖχον ὄγκον κύβου πλευρᾶς 85 χιλιομέτρων (σχ. 538).



Σχ. 538. Ἐὰν ἕκαστον τῶν ἐντὸς 1 γραμμοατόμου (63,54 gr) χαλκοῦ περιεχομένων ἀτόμων χαλκοῦ εἶχε τὸν ὄγκον τῆς κεφαλῆς καρφίτσας, τότε ταῦτα τιθέμενα τὸ ἓν παρὰ τὸ ἄλλο θὰ κατελάμβανον ὄγκον (85 km³).

γ) Ἀντιστοιχία τῆς μονάδος ἀτομικοῦ βάρους (MAB) πρὸς τὸ γραμμάριον. Ἐφ' ὅσον μᾶς εἶναι γνωστὴ ἡ τιμὴ τῆς σταθερᾶς Loschmidt καὶ δεχθῶμεν αὐθαιρέτως ὅτι τὸ στοιχεῖον ὀξυγόνον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα μὴ διαφέροντα μεταξύ των κατὰ μᾶζαν, θὰ ἔχωμεν :

$$\text{μᾶζα } N_L \text{ ἀτόμων ὀξυγόνου} = 1 \text{ γραμμοάτομον ὀξυγόνου} = 16 \text{ gr}$$

$$\text{ἄρα, μᾶζα ἑνὸς μέσου ἀτόμου ὀξυγόνου} = \frac{16}{6{,}023 \cdot 10^{23}} \text{ gr} = 26{,}564 \cdot 10^{-24} \text{ gr.}$$

Ἐκ τῆς τιμῆς αὐτῆς προκύπτει ὅτι : 1 μονὰς ἀτομικοῦ βάρους = 1 MAB = $26{,}564 \cdot 10^{-24}$ gr/16 ἤτοι :

$$1 \text{ MAB} = 1{,}6603 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$$

Μὲ βάσιν τὴν ἀντιστοιχίαν ταύτην οἱονδήποτε ἀτομικὸν βάρος τῆς Χημείας μετατρέπεται εἰς τὴν πραγματικὴν εἰς γραμμάρια μᾶζαν ἑνὸς μέσου ἀτόμου τοῦ στοιχείου. Π.χ. ἄτομον βολφραμίου ἀτομικοῦ βάρους 183,86 ἔχει μᾶζαν 183,86 MAB = $305{,}263 \cdot 10^{-24}$ gr.

δ) Διάμετρος ἀτόμων. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς σταθερᾶς Loschmidt δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν κατὰ πρώτην προσέγγισιν τὴν διάμετρον τῶν ἀτόμων.

Δεχόμενοι π.χ. τὰ ἄτομα τοῦ χαλκοῦ ὡς μικροὺς κύβους (ἢ σφαίρας) καὶ τούτους ὡς τοποθετημένους πλησίον ἀλλήλων ἐν ἐπαφῇ, θὰ ἔχωμεν (ἐπειδὴ ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ ἰσοῦται πρὸς 8,9 gr/cm³ καὶ τὸ γραμμοάτομον αὐτοῦ πρὸς 63,54 gr)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀριθμὸν ἀτόμων χαλκοῦ ἀνὰ $cm^3 = \frac{8,9}{63,54} \cdot N_L = 8,43 \cdot 10^{22}$ ἄτομα/cm^3.

Ἑπομένως, ὁ ὄγκος ἑνὸς ἀτόμου χαλκοῦ θὰ εἶναι $1/8,43 \cdot 10^{22} = 11,85 \cdot 10^{-24}$ cm^3 καὶ ἡ διάμετρος ἑνὸς ἀτόμου, θεωρουμένου κατὰ προσέγγισιν ὡς κύβου, ἴση περίπου πρὸς $2,8 \cdot 10^{-8}$ cm, ἤτοι 2,8 Å.

Γενικῶς ὅλαι αἱ μετρήσεις καταλήγουν εἰς τιμὰς διαμέτρων ὀλίγων Ångström.

Τὰ ἄτομα εἶναι τόσον μικρὰ ὥστε καὶ μὲ τὰς μεγαλυτέρας δυνατὰς μεγεθύνσεις μικροσκοπίων εἶναι ἀδύνατον νὰ παρατηρηθοῦν. Ἡ ἐλαχίστη ποσότης ὑλικοῦ τινος, ὁρατὴ διὰ τοῦ καλυτέρου ὀπτικοῦ μικροσκοπίου, ἀποτελεῖται τουλάχιστον ἀπὸ 1 δισεκατομμύριον ἀτόμων.

ε) Μονὰς ἀτομικῶν μαζῶν (ΜΑΜ). Εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν τὸ μέγεθος « ἀτομικὸν βάρος », ὡς ἔχει ὁρισθῆ βάσει τῆς ἐννοίας τοῦ χημικῶς καθαροῦ στοιχείου, δὲν ἔχει καμμίαν πραγματικὴν σημασίαν, διότι τὰ πλεῖστα τῶν χημικῶν στοιχείων δὲν ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἄτομα τῆς αὐτῆς μάζης. Οὕτω, τὸ χημικῶς καθαρὸν ἀέριον ὀξυγόνον τῆς φύσεως δύναται δι' εἰδικῶν φυσικῶν μεθόδων νὰ διαχωρισθῆ εἰς 3 εἴδη ὀξυγόνου διαφέροντα κατὰ τὴν μᾶζαν τῶν ἀτόμων των. Τὰ ἐλαφρότερα ἄτομα ἀποτελοῦν τὸ μεγαλύτερον ποσοστὸν τοῦ ὀξυγόνου (99,759 %) τὰ ἀμέσως μεγαλυτέρας μάζης εἶναι πολὺ ὀλίγα (0,037 %), ἐνῷ τὰ ἀκόμη μεγαλυτέρας μάζης ἀποτελοῦν τὸ ὑπολειπόμενον ποσοστὸν (0,204 %).

Διὰ τὸν ὁρισμὸν τοῦ χημικοῦ ἀτομικοῦ βάρους ἐδέχθημεν ὅλα τὰ ἄτομα τοῦ ὀξυγόνου ὡς ἰσότιμα κατὰ μᾶζαν καὶ εἰς τὸ μέσον αὐτὸ ἄτομον ἀπεδώσαμεν τὴν αὐθαίρετον τιμὴν 16 ΜΑΒ. Τώρα ὅμως πρέπει νὰ ἀποδώσωμεν τὴν τιμὴν αὐτὴν εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἀτόμου τοῦ ἐλαφροτέρου εἴδους ἐκ τῶν 3 ὀξυγόνων ἤ, ὅπως ὀρθότερον λέγομεν, εἰς τὸ ἄτομον τοῦ ἐλαφροῦ **ἰσοτόπου** τοῦ ὀξυγόνου. Ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ τὰ ἄλλα δύο ἰσότοπα τοῦ ὀξυγόνου ἀποκτοῦν ἀτομικὰ βάρη διάφορα τοῦ 16.

Ἀκριβέστερον, ἡ σύνθεσις τοῦ χημικῶς καθαροῦ ὀξυγόνου, ἀτομικοῦ βάρους 16 εἶναι :

O^{16}	99,759 %	16,0000 νέα τιμὴ
O^{17}	0,037 %	17,0045 » »
O^{18}	0,204 %	18,0049 » »

Τὰς νέας τιμὰς μαζῶν ὀνομάζομεν **ἀτομικὰς μάζας ἰσοτόπων** ἢ **ἰσοτοπικὰς μάζας,** διότι τὸ μέγεθος **ἀτομικὴ μᾶζα στοιχείου** δὲν ἔχει νόημα, ἐφ' ὅσον ἓν στοιχεῖον δὲν σύγκειται ἀπὸ ἓν εἶδος ἀτόμων, ὅπως τὸ καθαρὸν ἰσότοπον. Τὸν ἀκέραιον 16 ἢ 17 κλπ., δηλαδὴ τὸν πλησιέστατον ἀκέραιον ἀριθμὸν πρὸς τὴν ἀκριβῆ τιμὴν τῆς ἀτομικῆς μάζης καλοῦμεν **μαζικὸν ἀριθμὸν** Α τοῦ ἰσοτόπου.

Εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν ἐγκαταλείπομεν τὸν ὅρον **στοιχεῖον,** ἁρμόζοντα εἰς τὴν Χημείαν, καὶ χρησιμοποιοῦμεν τὸν ὅρον **ἰσότοπον,** διὰ νὰ εἰδικεύσωμεν δὲ περὶ ποίου ἰσοτόπου πρόκειται ἀναφέρομεν τὸν μαζικὸν ἀριθμόν του. Π.χ., ἀντὶ νὰ λέγωμεν ἀορίστως τὸ στοιχεῖον χλώριον, γράφομεν τὸ ἰσότοπον χλώριον—35, ὁπότε ἐννοοῦμεν ἓν καθωρισμένον εἶδος χλωρίου μὲ ἄτομα μαζικῶς πανομοιότυπα μεταξύ των, ἀτομικῆς μάζης πολὺ πλησίον τοῦ 35 (34,980).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἡ νέα αὐθαίρετος **μονὰς ἀτομικῶν μαζῶν** τῆς ὁποίας τὸ 16πλάσιον ἀποδίδεται εἰς τὸ ἐλαφρὸν ἰσότοπον τοῦ ὀξυγόνου, συμβολίζεται διὰ τοῦ MAM (ἀγγλιστὶ AMU, γερμανιστὶ AME). Τελευταίως, προτείνεται ἀντὶ τοῦ ὀξυγόνου τὸ ἰσότοπον ἄνθραξ μὲ ἀτομικὴν μᾶζαν 12,0000.

Μὲ βάσιν τὴν κλίμακα ταύτην ἡ σταθερὰ τοῦ Loschmidt λαμβάνει νέαν τιμὴν $N_L = 6{,}0248 \cdot 10^{23}\ Mol^{-1}$, ἄρα, προκύπτει διὰ τὴν μονάδα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ἡ ἀντιστοιχία :

$$1\ MAM = 1{,}6598 \cdot 10^{-24}\ gr$$

Μετατρέποντες τὴν μονάδα MAM εἰς ἐνέργειαν βάσει τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος ($E = m \cdot c^2$) εὑρίσκομεν :

$$1\ MAM = 14{,}9 \cdot 10^{-4}\ erg$$

Εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονὰς ἔργου χρησιμοποιεῖται τὸ **1 ἠλεκτρονιοβόλτ** (1 eV), τὸ ὁποῖον ἰσοῦται πρὸς τὸ παραγόμενον ἔργον κατὰ τὴν μετακίνησιν ἑνὸς ἠλεκτρονίου μεταξὺ δύο σημείων παρουσιαζόντων διαφορὰν δυναμικοῦ 1 V. Εἶναι δέ :

$$1\ eV = 1{,}6 \cdot 10^{-12}\ erg$$

Πολλαπλάσιαι μονάδες τοῦ 1 eV εἶναι αἱ :

$$1\ keV = 10^3\ eV \text{ καὶ } 1\ MeV = 10^6\ eV.$$

Κατόπιν τούτου ἔχομεν :

$$1\ MAM = 931{,}25 \cdot 10^6\ eV \quad \text{ἢ} \quad 1\ MAM = 931{,}25\ MeV.$$

313. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου. Τὸ ὑδρογόνον εἶναι τὸ ἐλαφρότερον ἐξ ὅλων τῶν στοιχείων καὶ τὸ πρῶτον κατὰ σειρὰν εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα. Ἀπὸ τὰς χημικὰς ἑνώσεις τοῦ στοιχείου τὴν συμπεριφορὰν του ὡς ἰόντος κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν καὶ τὰς ἠλεκτρικὰς ἐκκενώσεις ἐντὸς ἡραιωμένου ἀερίου ὑδρογόνου, ἐγνώρισεν μέχρι τοῦ 1913, ὅτι τὸ ἄτομόν του ἀπετελεῖτο ἐκ πυρῆνος θετικῶς φορτισμένου, κληθέντος π ρ ῶ τ ο ν (proton), ἤ, ὡς ἐπεκράτησεν ἐν Ἑλλάδι πρὸς ἀποφυγὴν συγχύσεως, **πρωτόνιον.**

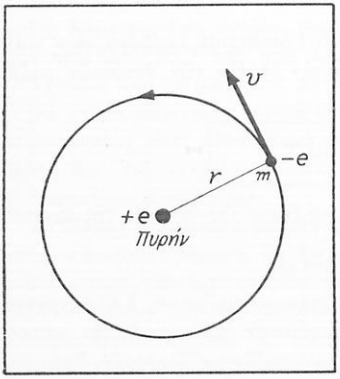
Ἐφ' ὅσον ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς εἶναι $Z = 1$, ἕπεται ὅτι ἔχει ἓν μόνον πλανητικὸν ἠλεκτρόνιον.

Ἔστω, ὅτι ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου παραμένει ἀκίνητος καὶ περὶ αὐτὸν στρέφεται τὸ ἠλεκτρόνιον, ἐπὶ τροχιᾶς, ἐπὶ τὸ ἁπλούστερον κυκλικῆς, μὲ κέντρον τό, ὡς σημεῖον θεωρούμενον, πρωτόνιον (σχ. 539). Διὰ νὰ διαγράφῃ τὸ ἠλεκτρόνιον κυκλικὴν τροχιὰν περὶ τὸν πυρῆνα θὰ πρέπει ἐπ' αὐτοῦ νὰ ἀσκῆται κεντρομόλος δύναμις. Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι προφανῶς ἡ δύναμις κατὰ Coulomb, ἥτις ἀσκεῖται μεταξὺ τῶν δύο σωματιδίων πρωτονίου καὶ ἠλεκτρονίου, ἤτοι :

$$\frac{e \cdot e}{r^2} = \frac{m \cdot v^2}{r} = m \cdot \omega^2 \cdot r \qquad \text{Ἰσορροπία δυνάμεων ἠλεκτρονίου — πυρῆνος} \qquad (1)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ὅπου e τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου ἢ τοῦ πρωτονίου, r ἡ μεταξὺ τοῦ πρωτονίου καὶ ἠλεκτρονίου ἀπόστασις (ἀκτὶς τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς τοῦ ἠλεκτρονίου), θεωρουμένων τῶν δύο σωματιδίων ὡς ὑλικῶν σημείων, m ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου, υ ἡ γραμμικὴ καὶ ω ἡ γωνιακὴ ταχύτης του.



Σχ. 539. Ἡ ἠλεκτροστατικὴ ἕλξις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι ἡ κεντρομόλος δύναμις ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὁποίας τοῦτο διαγράφει περὶξ τοῦ πυρῆνος κυκλικὴν τροχιὰν ἀκτῖνος r.

Τὸ ἠλεκτρόνιον μάζης m καὶ ταχύτητος υ, κινούμενον ἐπὶ τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς, κέκτηται ὁρμὴν m · υ, διὰ πολλαπλασιασμοῦ δὲ αὐτῆς ἐπὶ τὴν ἀκτῖνα r λαμβάνομεν τὸ νέον μέγεθος, τὴν στροφορμὴν τοῦ ἠλεκτρονίου (ροπὴν τῆς ὁρμῆς).

Γνωρίζομεν ὅμως ὅτι ἡ στροφορμὴ εἶναι μέγεθος ἔχον τὰς αὐτὰς διαστάσεις μὲ τὸ γινόμενον ἐνεργείας ἐπὶ χρόνον, δηλαδὴ τὴν δρᾶσιν. Ἐφ' ὅσον λοιπὸν ἡ στροφορμὴ εἶναι μέγεθος φυσικῶς ταυτόσημον πρὸς τὴν δρᾶσιν, ἡ δὲ δρᾶσις ἐν τῷ κόσμῳ — κατὰ Planck — δὲν δύναται νὰ λάβῃ οἱασδήποτε τιμάς, παρὰ μόνον πολλαπλασίας τῆς σταθερᾶς h, πρέπει καὶ ἡ στροφορμὴ νὰ μὴ δύναται νὰ λάβῃ τυχοῦσαν τιμήν.

Βάσει τούτου ὁ **Bohr (Μπὼρ)** διετύπωσε τὴν **κβαντικὴν μηχανικὴν συνθήκην,** διὰ τῆς ὁποίας καθορίζει τὸν τρόπον τῆς ἐκλογῆς τῶν τροχιῶν ἐκείνων, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρονίου δὲν προκαλεῖ ἀκτινοβολίαν. Ἡ συνθήκη αὕτη διατυποῦται ὡς ἑξῆς : **«Ἡ δρᾶσις διὰ πλήρη περιστροφὴν τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ ἐπιτρεπομένης τινὸς τροχιᾶς ὀφείλει νὰ εἶναι ἴση πρὸς ἀκέραιον πολλαπλάσιον τοῦ h· ἢ ἄλλως, ἡ στροφορμὴ τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ ἐπιτρεπομένης τινὸς τροχιᾶς διὰ πλήρη ἐπ' αὐτῆς περιστροφὴν τοῦ ἠλεκτρονίου, εἶναι ἴση πρὸς ἀκέραιον πολλαπλάσιον τοῦ h».**

Ἡ μαθηματικὴ διατύπωσις τῆς συνθήκης ταύτης ἐκφράζεται ὡς ἀκολούθως :

$$2\pi \cdot m \cdot \upsilon \cdot r = n \cdot h$$

ἔνθα $n = 1, 2, 3, \ldots$, ἢ $2\pi \cdot m \cdot \omega \cdot r^2 = n \cdot h$

ἤτοι :

$$m \cdot \upsilon \cdot r = m \cdot \omega \cdot r^2 = n \cdot \frac{h}{2\pi} \qquad \text{Κβαντικὴ μηχανικὴ συνθήκη} \qquad (2)$$

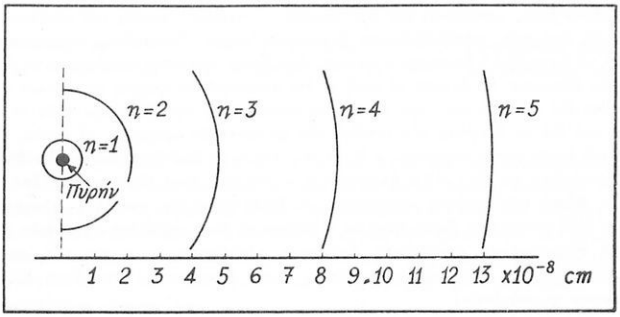
Ὁ ἀκέραιος ἀριθμὸς n, χαρακτηριστικὸς τῆς τροχιᾶς, συμφώνως πρὸς τὴν κβαντικὴν μηχανικὴν συνθήκην τοῦ Bohr, ὀνομάζεται **κύριος κβαντικὸς ἀριθμὸς τοῦ ἠλεκτρονίου.**

Ἐκ τῶν σχέσεων (1) καὶ (2) ὑπολογίζομεν τὰς ἀκτῖνας τῶν ἐπιτρεπομένων τροχιῶν, ὅτε προκύπτει :

$$r_n = \frac{h^2 / 4\pi^2}{e^2 \cdot m} \cdot n^2 = \sigma\tau\alpha\theta \cdot n^2 \qquad (3)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου προκύπτει ὅτι αἱ ἀκτῖνες τῶν τροχιῶν βαίνουν ὡς τὰ τετράγωνα τῶν ἀκεραίων ἀριθμῶν 1, 2, 3,... Ὅθεν θὰ ἔχωμεν $r_2 = 2^2 \cdot r_1$, $r_3 = 3^2 \cdot r_1$ καὶ γενικῶς $r_n = n^2 \cdot r_1$.



Σχ. 540. Τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου δύναται νὰ περιστρέφεται πέριξ τοῦ πυρῆνος μόνον ἐπὶ ὡρισμένων ἐπιτρεπομένων τροχιῶν.

Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μικροτέρα ἀκτὶς ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν τροχιὰν τὴν ἔχουσαν κύριον κβαντικὸν ἀριθμὸν $n = 1$.

Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὸν τύπον (3) τὰς σταθερὰς h, e, καὶ m διὰ τῶν τιμῶν των (εἰς μονάδας τοῦ συστήματος C.G.S.) καὶ θέσωμεν διαδοχικῶς $n = 1, 2, 3$, κλπ., εὑρίσκομεν διὰ τὴν ἀκτῖνα τῆς πρώτης ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς, τῆς δευτέρας τοιαύτης κ.ο.κ., τὰς τιμὰς :

$r_1 = 0{,}53$ Å, $r_2 = 2{,}12$ Å

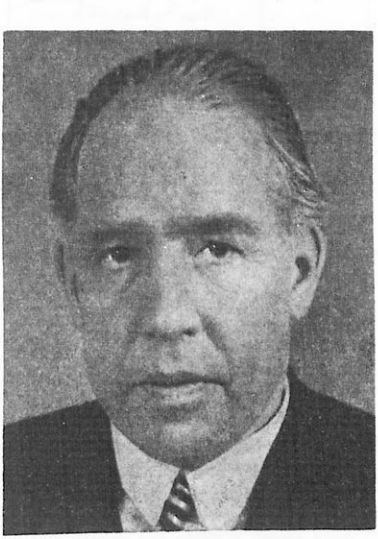
$r_3 = 4{,}77$ Å κ.ο.κ.

Τὸ σχῆμα 540 δίδει τὰς οὕτως ὑπολογισθείσας τιμὰς τῶν ἀκτίνων τῶν τροχιῶν τοῦ ἠλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου.

Ὁ Bohr δέχεται ὅτι εἰς τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου, εὑρισκόμενον ὑπὸ συνήθη κατάστασιν, τὸ ἠλεκτρόνιον περιφέρεται ἐπὶ τῆς ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς, τῆς ἐχούσης τὴν μικροτέραν ἀκτῖνα, ἥτις καλεῖται **θεμελιώδης τροχιά.**

Ἐκ τῶν σχέσεων (1) καὶ (2) ὑπολογίζομεν ἐπίσης τὴν ταχύτητα τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς, κυρίου κβαντικοῦ ἀριθμοῦ n, ἴσην πρὸς :

$$v_n = \frac{e^2}{h/2\pi} \cdot \frac{1}{n} = \text{σταθ} \cdot \frac{1}{n} \qquad (4)$$



NIELS BOHR (1885 - 1962)

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου προκύπτει ὅτι ἡ ταχύ-Διάσημος Δανὸς Φυσικός, ὀνομαστὸς διὰ τὰς της μειοῦται ἀναλόγως τοῦ κβαντικοῦ ἀριθμοῦθεωρητικὰς αὐτοῦ ἐργασίας ἐπὶ τῆς δομῆς τοῦ τῆς τροχιᾶς. ἀτόμου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Θέτοντες εἰς τὸν τύπον (4) $n = 1$, εὑρίσκομεν, $v = 2{,}18 \cdot 10^8$ cm/sec, ἤτοι, ἡ ταχύτης τοῦ ἠλεκτρονίου, κινουμένου ἐπὶ τῆς πρώτης ἐπιτρεπομένης (τῆς μικροτέρας ἀκτῖνος) τροχιᾶς, ἰσοῦται πρὸς τὸ 1/137 τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν.

Τὸ ἠλεκτρόνιον ὅμως κινούμενον ἐπὶ τῆς καμπύλης, γενικῶς, τροχιᾶς του κέκτηται ἐπιτάχυνσιν, ἰσοδυναμεῖ ἄρα πρὸς μεταβαλλόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἑπομένως, συμφώνως πρὸς τὴν § 278 πρέπει νὰ ἀκτινοβολῇ ἐνέργειαν συνεχῶς. Ἐὰν ὅμως συνέβαινε τοιοῦτον τι τὸ ἠλεκτρόνιον, χάνον συνεχῶς ἐνέργειαν, θὰ ἔπρεπε νὰ κινῆται ἐπὶ σπειροειδοῦς τροχιᾶς μὲ τελικὸν ἀποτέλεσμα τὴν πτῶσιν του ἐπὶ τοῦ πυρῆνος. Διὰ νὰ ἄρῃ ἀκριβῶς αὐτὴν τὴν ἀντίφασιν πρὸς τὰ πειραματικὰ δεδομένα καὶ διὰ νὰ ἐξηγήσῃ τὴν γένεσιν τῶν φασματικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι χαρακτηριστικαὶ τοῦ ἐκπέμποντος στοιχείου, ὁ Bohr ἠναγκάσθη νὰ δεχθῇ καὶ δευτέραν αὐθαίρετον συνθήκην, διατυπουμένην ὡς ἑξῆς. «**Τὰ ἠλεκτρόνια κινοῦνται περὶ τὸν πυρῆνα ἐπὶ τῶν ἐπιτρεπομένων, βάσει τῆς πρώτης συνθήκης τοῦ Bohr τροχιῶν, χωρὶς ἡ κίνησίς των νὰ συνοδεύεται ἀπὸ ἐκπομπὴν ἀκτινοβολίας. Ἐκπομπὴ ἀκτινοβολίας λαμβάνει χώραν μόνον ὅταν τὸ ἠλεκτρόνιον μεταπίπτῃ ἀπό τινος ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς μεγαλυτέρας ἐνεργείας εἰς τροχιὰν μικροτέρας ἐνεργείας, καθ' ἕκαστον δὲ τοιοῦτον ἅλμα ἐκπέμπεται ἓν μόνον φωτόνιον**».

Ἡ ἐκπεμπομένη κατὰ τὴν πτῶσιν τοῦ ἠλεκτρονίου ποσότης ἐνεργείας, ἥτις ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν διαφορὰν ΔΕ τῶν ἐνεργειῶν ἐπὶ τῶν δύο τροχιῶν, ἐμφανίζεται ὡς φωτόνιον hν, ἔνθα h ἡ σταθερὰ τοῦ Planck καὶ ν ἡ συχνότης τῆς ἐκπεμπομένης ἀκτινοβολίας. Ἐὰν δὲ καλέσωμεν $E_{αρχ}$ τὴν ὁλικὴν ἐνέργειαν τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀρχικῆς τροχιᾶς καὶ $E_{τελ}$ τὴν ὁλικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ ἠλεκτρόνιον ἐπὶ τῆς τελικῆς τροχιᾶς ($E_{αρχ} > E_{τελ}$), ἡ ὀπτικὴ συνθήκη διατυποῦται ὡς ἀκολούθως :

$E_{αρχ} - E_{τελ} = h \cdot ν$	Ὀπτικὴ κβαντικὴ συνθήκη

(5)

***314. Ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου.** Ἡ ὁλικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου κατὰ τὴν κίνησίν του ἐπὶ τινος ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῆς κινητικῆς καὶ τῆς δυναμικῆς του ἐνεργείας, ἤτοι :

$$E_{ολ} = E_{κιν} + E_{δυν} \qquad (1)$$

α) Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια ἰσοῦται πρὸς $E_{κιν} = 1/2\ m \cdot v^2$. Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης καὶ τῆς σχέσεως (1) προκύπτει διὰ τὴν κινητικὴν ἐνέργειαν τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ τινος ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς ἀκτῖνος r :

$$E_{κιν} = \frac{e^2}{2r} \qquad (2)$$

β) Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, ἥτις προέρχεται ἐκ τῆς ἑλκτικῆς δυνάμεως, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρονίου ὁ πυρήν, ὑπολογίζεται διὰ τῶν ἀκολούθων συλλογισμῶν. Τὸ ἠλεκτρόνιον κινεῖται ἐντὸς τοῦ πεδίου Coulomb τοῦ πυρῆνος κατὰ τρόπον, ὥστε τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς του τροχιᾶς νὰ συμπίπτῃ διαρκῶς πρὸς τὸν πυρῆνα, ἑπομένως ὅλα τὰ σημεῖα τῆς τροχιᾶς του θὰ ἀπέχουν τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν r ἐκ τοῦ πυρῆνος, ἴσην πρὸς τὴν ἀκτῖνα τῆς τροχιᾶς. Τότε, εἰς πᾶν σημεῖον τῆς τροχιᾶς του, θὰ ἔχωμεν σταθερὰν τινα τιμὴν δυναμικοῦ U καὶ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου, φορτίου — e, εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς τροχιᾶς θὰ εἶναι $E_{δυν} = -e \cdot U$.

Ἀλλὰ ἐπειδὴ ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου (πρωτόνιον) φέρει φορτίον ἀπολύτως ἴσον πρὸς e, εἶναι, ὡς γνωστὸν (§ 64, σελ. 96), $U = e/r$, ἄρα :

$$E_{δυν} = -e \cdot \frac{e}{r} = -\frac{e^2}{r} \qquad (3)$$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Κατὰ συνέπειαν ἡ ὁλικὴ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου, ὅταν τοῦτο κινῆται ἐπὶ ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς κβαντικοῦ ἀριθμοῦ n, εἶναι :

$$E_{ολ} = -\frac{e^2}{2r} \qquad (4)$$

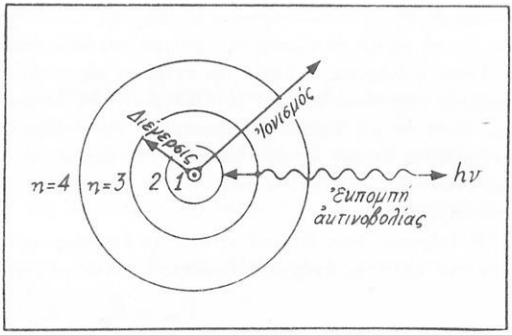
Ἀντικαθιστῶντες τὴν τιμὴν τοῦ r ἐκ τῆς ἐξισώσεως (3) τῆς προηγουμένης παραγράφου θὰ ἔχωμεν διὰ τὴν ὁλικὴν ἐνέργειαν τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ τῆς νιοστῆς ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς :

$$E_{ολ} = -\frac{e^4 \cdot m}{2(h^2/4\pi^2)} \cdot \frac{1}{n^2} \qquad (5)$$

Ἡ ἀρνητικὴ τιμὴ τῆς ὁλικῆς ἐνεργείας δηλοῖ ὅτι ὑφίστανται ἑλκτικαὶ δυνάμεις μεταξὺ τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ τοῦ πρωτονίου καὶ ἐπομένως καταβάλλομεν ἔργον διὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ ἠλεκτρονίου ἐκ τινος ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς εἰς ἑτέραν περισσότερον ἀπέχουσαν τοῦ πυρῆνος.

Προκύπτει ὅθεν ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης ὅτι ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου δὲν δύναται νὰ λάβῃ μίαν ἀκολουθίαν τυχουσῶν τιμῶν, ἀλλὰ μόνον ὡρισμένας τιμάς, σαφῶς διακεκριμένας ἀλλήλων, αἵτινες ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ κβαντικοῦ ἀριθμοῦ ἑκάστης τροχιᾶς. Αἱ τιμαὶ δηλαδὴ τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι κβαντωμέναι.

***315. Διέγερσις καὶ ἰονισμὸς τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου.** Τὸ μοναδικὸν ἠλεκτρόνιον τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, ὑπὸ συνήθη κατάστασιν, περιστρέφεται πέριξ τοῦ πυρῆνος εἰς τὴν πλησιεστέραν πρὸς αὐτὸν τροχιάν. Ἐπομένως, εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς, εἰς τὴν ὁποίαν ἔχει τὴν ἐλαχίστην τιμὴν ὁλικῆς ἐνεργείας E_1 καὶ κινούμενον ἐπ' αὐτῆς δὲν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ἐνέργειαν, ὡς π.χ. εἰς τὴν περίπτωσιν λίθου εὑρισκομένου ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.



Σχ. 541. Διέγερσις, ἐκπομπὴ ἀκτινοβολίας καὶ ἰονισμὸς εἰς τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου.

Ἐὰν τώρα, λόγῳ ἐξωτερικοῦ τινος αἰτίου (π.χ. λόγῳ συγκρούσεως μὲ ἄλλο ἄτομον ἢ μὲ ἠλεκτρόνιον, ἢ φωτόνιον), τὸ ἄτομον προσλάβῃ ἐνέργειαν, τὸ ἠλεκτρόνιον παύει κινούμενον ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς καὶ μεταπηδᾷ εἰς ἑτέραν ἐπιτρεπομένην τροχιὰν μεγαλυτέρας ἐνεργείας E_2 ἐπὶ τῆς ὁποίας καὶ περιφέρεται, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἔλαβε χώραν **διέγερσις** τοῦ ἀτόμου (σχ. 541).

Τὸ ἠλεκτρόνιον, ἀνυψωθὲν ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς, περιφέρεται ἐπ' αὐτῆς ἐπὶ χρονικὸν διάστημα τάξεως μεγέθους 10^{-9} ἕως 10^{-8} sec καὶ κατόπιν ἐπανέρχεται εἰς τὴν θεμελιώδη τροχιὰν ὑπὸ ταυτόχρονον ἐκπομπὴν φωτονίου (ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας).

Ἐὰν κατὰ τὴν διέγερσιν τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου μεταβῇ ἐκ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς, ὁλικῆς ἐνεργείας E_1, εἰς τὴν ἀμέσως ἑπομένην καὶ ἐπι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τρεπομένην τροχιάν, ὁλικῆς ἐνεργείας E_2, τότε κατὰ τὴν ἐπάνοδον τοῦ ἠλεκτρονίου εἰς τὴν θεμελιώδη τροχιὰν ἐκπέμπεται φωτόνιον ἐνεργείας :

$$h \cdot \nu_{2,1} = E_2 - E_1 \qquad (1)$$

Ἐὰν ὅμως τὸ ἠλεκτρόνιον μεταβῇ εἰς τὴν τρίτην ἐπιτρεπομένην τροχιὰν ὁλικῆς ἐνεργείας E_3 (σχ. 541) τότε δύναται νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν θεμελιώδη τροχιάν, εἴτε δι' ἑνὸς ἅλματος ὁπότε ἐκπέμπεται φωτόνιον ἐνεργείας :

$$h \cdot \nu_{3,1} = E_3 - E_1 \qquad (2)$$

εἴτε διὰ δύο διαδοχικῶν ἁλμάτων, δηλαδὴ ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ τὴν τροχιὰν ἐνεργείας E_2, ὁπότε ἐκπέμπονται δύο φωτόνια ἐνεργειῶν :

$$h \cdot \nu_{3,2} = E_3 - E_2 \quad \text{καὶ} \quad h \cdot \nu_{2,1} = E_2 - E_1 \qquad (3)$$

Προφανῶς ἐπειδή :

$$E_3 - E_1 = (E_3 - E_2) + (E_2 - E_1) \qquad (4)$$

ἕπεται ὅτι :

$$h \cdot \nu_{3,1} = h \cdot \nu_{3,2} + h \cdot \nu_{2,1}$$

ἢ

$$\nu_{3,1} = \nu_{3,2} + \nu_{1,2} \qquad (5)$$

Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου αἱ ἐνέργειαι E_1, E_2, E_3, κλπ. ἔχουν καθωρισμένας τιμάς, ἕπεται ὅτι τὸ φάσμα ἐκπομπῆς τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου θὰ εἶναι γραμμικόν.

Ὅταν ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία προσφέρεται εἰς τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου εἶναι πολὺ μεγάλη, τότε εἶναι δυνατὸν τὸ ἠλεκτρόνιον νὰ ἀπομακρυνθῇ ἀρκετὰ ἀπὸ τὸν πυρῆνα, ὥστε νὰ μὴ ὑφίσταται πρακτικῶς τὴν ἐπίδρασίν του. Ἡ ἀπομάκρυνσις τοῦ ἠλεκτρονίου ἐκ τοῦ ἀτόμου θὰ ἀφήσῃ ἓν θετικὸν συγκρότημα, τὸ ὁποῖον καλεῖται, ὡς γνωστόν, ἰόν, τὸ φαινόμενον δὲ τοῦτο καλεῖται ἰονισμὸς τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου.

Ἡ ἐνέργεια, ἥτις ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν ἑνὸς ἠλεκτρονίου ἐκ τοῦ ἀτόμου του καλεῖται **ἐνέργεια ἰονισμοῦ,** ὑπολογίζεται δὲ ἐκ τῆς σχέσεως :

$$E_{ιον} = E_\infty - E_n \qquad (6)$$

ἔνθα E_∞, E_n αἱ ἐνέργειαι τοῦ ἠλεκτρονίου ἀντιστοίχως εἰς τὰς τροχιὰς μὲ κβαντικοὺς ἀριθμούς, ∞ καὶ n.

316. Ἄτομα μὲ πολλὰ ἠλεκτρόνια. Ἀνωτέρω ἐξητάσαμεν τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἔχει ἓν μόνον ἠλεκτρόνιον. Τὰ ἄτομα τῶν ὑπολοίπων στοιχείων ἔχουν περισσότερα τοῦ ἑνὸς ἠλεκτρόνια, ὅσα καθορίζει ὁ ἀτομικὸς των ἀριθμός, κατ' ἀρχὴν δὲ ἕκαστον ἐξ αὐτῶν συμπεριφέρεται ὡς καὶ τὸ μοναδικὸν τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου.

Ὅταν τὸ ἄτομον ἔχῃ τὴν ἐλαχίστην δυνατὴν ὁλικὴν ἐνέργειαν, ὅτε ἡ κατάστασίς του αὕτη εἶναι ἡ σταθερωτέρα, ὀνομαζομένη καὶ θεμελιώδης, τὰ ἠλεκτρόνιά του θὰ ἔπρεπε νὰ καταλαμβάνουν ὅλα τὴν τροχιὰν ἐλαχίστης ὁλικῆς ἐνεργείας. Δὲν συμβαίνει ὅμως τοῦτο διότι συμφώνως πρὸς τὴν «**ἀπαγορευτικὴν ἀρχὴν τοῦ**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Pauli (Πάουλι)», «δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρχουν εἰς τὸ αὐτὸ ἄτομον δύο ἠλεκτρόνια εἰς τὴν αὐτὴν ἐνεργειακὴν κατάστασιν».

Κατὰ ταῦτα τὰ ἠλεκτρόνια κατανέμονται εἰς διαφόρους τροχιὰς περὶ τὸν πυρῆνα, διαφόρων ἐνεργειῶν, ἐνῷ συγχρόνως τείνουν νὰ καταλάβουν τὰς διαθεσίμους τροχιὰς μικροτέρας ἐνεργείας. Τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἐπὶ τροχιῶν τῆς αὐτῆς περίπου ἐνεργείας, λέγομεν ὅτι ἀνήκουν εἰς τὸν αὐτὸν «φλοιόν». Ἑπομένως, ἡ κατανομὴ τῶν ἠλεκτρονίων θὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε νὰ συμπληρωθοῦν πρῶτον οἱ ἐσώτατοι φλοιοί, ὁ εἷς μετὰ τὸν ἄλλον, τὰ τυχὸν δὲ ἀπομένοντα διαθέσιμα ἠλεκτρόνια θὰ καταλαμβάνουν τροχιὰς ἀνηκούσας εἰς τὸν ἀμέσως ἑπόμενον φλοιόν. Ὁ μέγιστος ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων ἑκάστου φλοιοῦ καθορίζεται ἐκ τῆς ἀρχῆς τοῦ Pauli καὶ εἶναι 2 διὰ τὸν ἐσώτατον φλοιόν, 8 διὰ τὸν ἀμέσως ἑπόμενον κ.ο.κ. Εἰς τὸ ἄτομον π.χ. τοῦ ὀξυγόνου (O), τὸ ὁποῖον ἔχει 8 ἠλεκτρόνια, δύο ἐξ αὐτῶν συμπληρώνουν τὸν ἐσώτατον φλοιόν, ἐνῷ τὰ ὑπόλοιπα 6 κινοῦνται ἐπὶ τροχιῶν ἀνηκουσῶν εἰς τὸν ἀμέσως ἑπόμενον. Εἰς τὸ ἄτομον ὅμως τοῦ μαγνησίου (Mg), τοῦ ὁποίου τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι 12, δύο συμπληρώνουν τὸν ἐσώτατον, ὀκτὼ ἄλλα τὸν ἀμέσως ἑπόμενον φλοιόν, τὰ δὲ ἀπομένοντα δύο καταλαμβάνουν τροχιὰς τοῦ τρίτου φλοιοῦ.

Ἡ ἐν συνεχείᾳ συμπλήρωσις τοῦ τρίτου, τετάρτου κλπ. φλοιῶν, δὲν βαίνει κατὰ τὸν ἁπλοῦν περιγραφέντα τρόπον, διότι ἐμφανίζονται κατανομαὶ τῶν ἠλεκτρονίων εἰς ὑ π ο φ λ ο ι ο ύ ς, δυναμένους νὰ ἀφίενται μὲ κενὰς θέσεις καὶ νὰ προτιμῶνται φλοιοὶ ἀνωτέρας τάξεως[1].

317. Διέγερσις ἀτόμου μὲ πολλὰ ἠλεκτρόνια. Τὰ ἄτομα μὲ πολλὰ ἠλεκτρόνια δύνανται νὰ διεγερθοῦν ὡς καὶ τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου. Κατὰ τὴν διέγερσιν δηλαδὴ αὐτῶν, ἓν τῶν ἠλεκτρονίων των μεταπηδᾷ εἰς τροχιὰν μεγαλυτέρας ἐνεργείας, κατὰ τὴν ἐπάνοδόν του δὲ εἰς τὴν ἀρχικήν του τροχιὰν ἐκπέμπεται ἓν φωτόνιον ἐνεργείας ἴσης πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν ἐνεργειῶν, τῶν χαρακτηριζουσῶν τὰς δύο τροχιάς.

Οὕτω, διεγείροντες τὰ διάφορα ἀέρια, ἄζωτον, ἥλιον, ἀργὸν κλπ. ἐντὸς σωλῆνος Geissler λαμβάνομεν τὰ φάσματα ἐκπομπῆς αὐτῶν.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Τὸ μῆκος κύματος τῆς κιτρίνης γραμμῆς D_1 τοῦ νατρίου εἶναι 5896 Å. Ποία εἶναι ἡ διαφορὰ ἐνεργείας μεταξὺ τῶν δύο ἐνεργειακῶν σταθμῶν κατὰ τὴν ἐκπομπὴν τῆς γραμμῆς ταύτης. Δίδονται $h = 6{,}62 \cdot 10^{-27}$ erg · sec καὶ $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec.

Λύσις. Ἡ διαφορὰ ἐνεργείας, θὰ ἰσοῦται πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἐκπεμπομένου φωτονίου κατὰ τὴν ἐπαναφορὰν τοῦ ἠλεκτρονίου ἐκ τῆς ἀνωτέρας εἰς τὴν κατωτέραν στάθμην, ἤτοι :

$$\Delta E = h \cdot \nu \qquad (1)$$

Ἐπειδὴ δὲ $\nu = c/\lambda$, ἕπεται ὅτι : $\Delta E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ (2)

Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον (2) τὰ δεδομένα : $h = 6{,}62 \cdot 10^{-27}$ erg · sec, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec καὶ $\lambda = 5896$ Å $= 5896 \cdot 10^{-8}$ cm, εὑρίσκομεν :

$$\Delta E = 3{,}37 \cdot 10^{-12} \text{ erg} = 2{,}1 \text{ eV περίπου}$$

1. Περισσοτέρας λεπτομερείας βλέπε εἰς βιβλίον : Κουγιουμζέλη - Περιστεράκη, «Στοιχεῖα Πυρηνικῆς Φυσικῆς », σελ. 117 κ. ἑ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

*** 318. Περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων.** Οἱ Mendelejeff καὶ Meyer (Μεντελέγιεφ καὶ Μάγερ) (1869) παρετήρησαν ὅτι αἱ χημικαὶ ἰδιότητες τῶν στοιχείων δεικνύουν περιοδικότητα ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀτομικὸν βάρος αὐτῶν. Οὕτω, κατεστρώθη ὑπὸ τοῦ Mendelejeff ὁ περιοδικὸς πίναξ τῶν στοιχείων, ὅπου ταῦτα κατετάχθησαν συμφώνως πρὸς τὰς χημικὰς καὶ φυσικὰς ἰδιότητάς των κατ' αὔξοντα ἀριθμὸν ἀπὸ τοῦ ὑδρογόνου (H) = 1 ἕως τοῦ οὐρανίου (U) = 92. Ὁ ἀριθμὸς οὗτος κατατάξεως καλεῖται **ἀτομικὸς ἀριθμὸς** (Z) τοῦ στοιχείου, ἐκ τῆς λεπτομεροῦς δὲ σπουδῆς τῶν διαφόρων στοιχείων κατεδείχθη ὅτι «αἱ φυσικαὶ καὶ χημικαὶ ἰδιότητες τῶν στοιχείων εἶναι περιοδικαὶ συναρτήσεις τῶν ἀτομικῶν αὐτῶν ἀριθμῶν». Δηλαδὴ ἡ παράμετρος ἐκείνη, ἡ ὁποία καθορίζει τὰς φυσικὰς καὶ χημικὰς ἰδιότητας τοῦ ἀτόμου δὲν εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος, ἀλλὰ ὁ ἀτομικὸς ἀριθμός.

Ὁ παρατιθέμενος πίναξ εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου δεικνύει τὴν κατάταξιν τῶν στοιχείων κατὰ Mendelejeff εἰς ὁριζοντίους σειρὰς (περιόδους) καὶ εἰς καθέτους στήλας (ὁμάδας).

Ὁ πίναξ περιέχει ἀριθμὸν ὁριζοντίων σειρῶν (περιόδων) περιλαμβανουσῶν 2, 8, 8, 18, 18, 32 καὶ 16 (μὴ συμπεπληρωμένης σειρᾶς) στοιχεῖα ἀντιστοίχως. Εἰς ἑκάστην περίοδον συναντᾶται ὡρισμένη καὶ χαρακτηριστικὴ διαβάθμισις τῶν φυσικῶν καὶ χημικῶν ἰδιοτήτων ἀπὸ ἑνὸς στοιχείου εἰς τὸ ἑπόμενον. Εἰς μερικὰς θέσεις ἡ διαβάθμισις αὕτη εἶναι ἀρκετὰ ἐμφανὴς ὡς π.χ. Al, Si, P, S, Cl, A, εἰς ἄλλα ὅμως στοιχεῖα π.χ. Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, εἶναι σχετικῶς μικρά. Αἱ διαφοραὶ αὐταὶ ἔχουν ἐξηγηθῆ βάσει τῆς δομῆς τῶν ἀτόμων τῶν ἀντιστοίχων στοιχείων.

Αἱ περισσότεραι τῶν ὁμάδων ὑποδιαιροῦνται εἰς A καὶ B ὑποομάδας, ἤτοι ΙΑ, ΙΒ, ΙΙΑ, ΙΙΒ κλπ. Ὁμοιότητες ὀλιγώτερον σημαντικαὶ ὑπάρχουν μεταξὺ τῶν μελῶν μιᾶς ὑποομάδος A καὶ τῶν μελῶν τῆς ἀντιστοίχου ὑποομάδος B. Τὰ στοιχεῖα ἑκάστης ὑποομάδος ἔχουν ἀναλόγους ἰδιότητας, παρ' ὅλον ὅτι ὑφίσταται μία σταθερὰ ἀλλὰ βαθμιαία παραλλαγὴ ἀνάλογος τοῦ αὐξανομένου ἀτομικοῦ βάρους. Ἡ ἐπανάληψις αὕτη τῶν φυσικῶν καὶ χημικῶν χαρακτηριστικῶν, συναντωμένη κατὰ ὁμαλὰ διαστήματα, ἀποτελεῖ τὴν περιοδικότητα, ἡ ὁποία προεκάλεσε τὸ ἐνδιαφέρον τοῦ Mendelejeff καὶ ἄλλων ἐρευνητῶν.

Ἡ παρουσία τῆς ὁμάδος O, ἡ ὁποία περιλαμβάνει τὰ «ἀδρανῆ ἀέρια», ἐνέχει ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον. Οὐδὲν τῶν στοιχείων τῆς ὁμάδος αὐτῆς εἶχεν ἀνακαλυφθῆ μέχρι τοῦ 1895 καὶ ἑπομένως αἱ ὁμάδες τοῦ περιοδικοῦ πίνακος ἐμετροῦντο ἀρχικῶς ἀπὸ Ι μέχρι VIII. Ὅταν τὰ ἀδρανῆ ἀέρια ἀνεκαλύφθησαν, εὑρέθη ὅτι ἐσχημάτιζαν μίαν ὁμάδα μεταξὺ VII B καὶ IA. Διὰ νὰ ἀποφευχθῆ ὅμως μία ἐκ νέου πλήρης ἀρίθμησις τῶν ὁμάδων, ἐδόθη εἰς τὴν νέαν ὁμάδα τὸ σύμβολον 0 (μηδέν). Τὸ σύμβολον τοῦτο εἶναι ἰδιαιτέρως κατάλληλον, λόγῳ τῆς ἐξαιρετικῶς ἀδρανοῦς φύσεως (ἔλλειψις χημικῆς συγγενείας) τῶν στοιχείων αὐτῶν.

Ὑπάρχουν πολλὰ ἄλλα σημαντικοῦ ἐνδιαφέροντος χαρακτηριστικὰ τοῦ περιοδικοῦ πίνακος, θὰ περιορισθῶμεν ὅμως ἐνταῦθα εἰς τὴν ἐξέτασιν ἑνὸς ἐξ αὐτῶν, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον. Οὕτως, εἰς τὴν ὁμάδα ΙΙΙA καὶ τὴν περίοδον 6 παρουσιάζεται, εἰς τὴν θέσιν ἑνὸς μόνου στοιχείου, μία ὁλόκληρος σειρὰ ἐκ 15 στοιχείων μὲ ἀτομικοὺς ἀριθμοὺς ἀπὸ 57 μέχρι 71 συμπεριλαμβανομένου, ἡ ὁποία δίδεται ἀναλυτικῶς, κάτωθι τοῦ κυρίου πίνακος. Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ἀποτελοῦν τὴν καλουμένην **σειρὰν τῶν λανθανιδῶν** (ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ πρώτου στοιχείου) ἢ **σειρὰν τῶν σπανίων γαιῶν,** ὡς συνηθέστερον ὀνομάζεται. Αἱ ἰδιότητες τῶν στοιχείων αὐτῶν ὁμοιάζουν τόσον πολὺ μεταξύ των, ὥστε ὁ διαχωρισμός των νὰ ἀποτελῇ μέγα χημικὸν πρόβλημα.

Ἡ ὕπαρξις τῆς σειρᾶς τῶν λανθανιδῶν προεκάλεσε πολλὰς συζητήσεις, σχετικῶς μὲ τὴν πιθανότητα ὑπάρξεως καὶ μιᾶς ἀναλόγου σειρᾶς, ἀρχομένης ἀπὸ τὸ στοιχεῖον Ἀκτίνιον, ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ 89 καὶ καλουμένης **σειρᾶς τῶν ἀκτινιδῶν.**

Ἡ λεπτομερὴς μελέτη τῶν ἰδιοτήτων τῶν νέων «τεχνητῶν» στοιχείων, ἤτοι Ποσειδωνίου (Np, 93), Πλουτωνίου (Pu, 94), Ἀμερικίου (Am, 95), Κιουρίου (Cm, 96), Μπερκελίου (Bk, 97), Καλιφορνίου (Cf, 98), Αἰνστανίου (Es, 99), Φερμίου (Fm, 100), Μενδελεβίου (Md, 101), Νομπελίου (No, 102) καὶ Λωρενσίου (Lw, 103), ὡς καὶ ἡ ἐπανεξέτασις τῶν ἰδιοτήτων τοῦ Οὐ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρανίου (92), κατέδειξαν σαφῶς, ὅτι τὰ στοιχεῖα ταῦτα ἔχουν ἰδιότητας, αἱ ὁποῖαι τὰ καθιστοῦν μέλη μιᾶς σειρᾶς ἀναλόγου πρὸς τὴν τῶν λανθανιδῶν.

Κατὰ τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν ἐξηγεῖται ἡ περιοδικότης τῶν χημικῶν ἰδιοτήτων τῶν στοιχείων ὡς ἑξῆς. Εἰς τοὺς χημικοὺς δεσμούς, τὰ στοιχεῖα λαμβάνουν μέρος μόνον διὰ τῶν πρὸς τοῦτο διαθεσίμων ἠλεκτρονίων των (τῶν ἀσυμπληρώτων φλοιῶν) δηλαδὴ διὰ τῶν ἠλεκτρονίων των τοῦ ἐξωτάτου φλοιοῦ (ὑποφλοιοῦ), τὰ ὁποῖα καλοῦνται ἠλεκτρόνια σθένους. Οὕτως, αἱ χαρακτηριστικαὶ ἰδιότητες τῶν μετάλλων τῶν ἀλκαλίων ὀφείλονται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἐξώτατος φλοιὸς τῶν ἀτόμων των περιέχει ἓν μόνον ἠλεκτρόνιον (ἠλεκτρόνιον σθένους).

Τὰ ἄτομα τῶν εὐγενῶν ἀερίων, ὡς ἔχοντα ἀτομικὸν ἀριθμὸν κατὰ μονάδα μικρότερον τῶν ἀτόμων τῶν μετάλλων τῶν ἀλκαλίων, στεροῦνται ἠλεκτρονίου σθένους καὶ συνεπῶς ἔχουν ὅλους τοὺς φλοιούς ἢ ὑποφλοιούς των συμπληρωμένους. Εἰς τὴν ἔλλειψιν ἀκριβῶς ἠλεκτρονίων σθένους ὀφείλεται καὶ ἡ χημικὴ ἀδράνεια αὐτῶν.

Ἐξετάζοντες ἤδη τὸν τρόπον καθ' ὃν συμπληροῦνται οἱ φλοιοί, ὁ εἷς κατόπιν τοῦ ἄλλου, παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς : Ἀρχόμενοι ἀπό τινος στοιχείου — π.χ. ἐξ ἑνὸς τῶν μετάλλων τῶν ἀλκαλίων ἔστω ἀπὸ τοῦ Li — μὲ ἓν ἠλεκτρόνιον σθένους καὶ προχωροῦντες διαδοχικῶς εἰς τὰ ἑπόμενα στοιχεῖα, θὰ συναντήσωμεν ὡς δεύτερον στοιχεῖον, ἔχον ἄτομα μὲ δύο ἠλεκτρόνια σθένους (Βηρύλλιον — Be), κατόπιν στοιχεῖον ἔχον ἄτομα μὲ τρία ἠλεκτρόνια σθένους (Βόριον — B) κλπ., μέχρις ὅτου φθάσωμεν εἰς στοιχεῖον (Φθόριον — F) μὲ ἄτομα ἔχοντα 7 ἠλεκτρόνια, εἰς τὰ ὁποῖα δηλαδὴ ἐλλείπει ἓν ἠλεκτρόνιον σθένους διὰ νὰ συμπληρωθῇ ὁ ἐξώτατος φλοιός. Τὸ ἄτομον τοῦ ἀμέσως ἑπομένου στοιχείου ἔχει συμπληρωμένον τὸν ἐξώτατον φλοιόν του (Νέον — Ne). Μετὰ τοῦτο συναντῶμεν ἄτομον (Νάτριον — Na), τὸ ὁποῖον ἔχει ἐκ νέου ἓν ἠλεκτρόνιον σθένους (εἰς τὸν ἑπόμενον φλοιόν). Οὕτως, ἐμφανίζεται ἐκ νέου ἓν στοιχεῖον μὲ τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τῶν μετάλλων τῶν ἀλκαλίων.

Διὰ τοῦ τρόπου τούτου, προχωροῦντες συνεχῶς, δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν τὴν περιοδικότητα τῶν χημικῶν ἰδιοτήτων τῶν στοιχείων εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Τί εἶναι τὸ φωτόνιον.

2. Τί καλοῦμεν ἀτομικὸν ἀριθμόν.

3. Τί εἶναι ἡ μονὰς 1 ΜΑΜ.

4. Διὰ ποῖον λόγον ὁ Bohr διετύπωσε τὴν δευτέραν αὐτοῦ συνθήκην.

5. Τί ἐννοοῦμεν ὅταν λέγωμεν ὅτι τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου εἶναι: α) διηγερμένον, β) ἰονισμένον.

6. Ποῖον τὸ χαρακτηριστικὸν τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς τοῦ ἠλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου.

7. Εἶναι δυνατὸν ἄτομον εὑρισκόμενον εἰς θεμελιώδη κατάστασιν νὰ ἐκπέμψῃ φωτόνιον ; Διατί ;

Β' Προβλήματα

1. Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἴσον πρὸς 63,54. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου χαλκοῦ, β) ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων χαλκοῦ, τῶν περιεχομένων εἰς 1 cm^3 χαλκοῦ, γ) ἡ τιμὴ τοῦ γραμμοατόμου τοῦ χαλκοῦ. Ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἴση πρὸς 8,93 gr/cm^3, μᾶ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ζα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου $= 1,67 \cdot 10^{-24}$ gr. Παρατήρησις. Δεχόμεθα ὅτι ὅλα τὰ ἄτομα τοῦ χαλκοῦ ἔχουν τὴν αὐτὴν μᾶζαν.
('Απ. α' m ἀτόμου χαλκοῦ $= 108,018 \cdot 10^{-24}$ gr, β' $8,26 \cdot 10^{22}$ ἄτομα χαλκοῦ, γ' 63,54 gr χαλκοῦ.)

2. Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ ἀζώτου εἶναι ἴσον πρὸς 14. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ἀζώτου, β) ἡ μᾶζα ἑνὸς μορίου ἀζώτου, γ) ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων ἀζώτου, τῶν περιεχομένων εἰς 1 λίτρον ἀζώτου, εὑρισκόμενον ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας. Μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὑδρογόνου $= 1,67 \cdot 10^{-24}$ gr. Παρατήρησις. Δεχόμεθα ὅτι τὸ ἄζωτον συνίσταται ἐξ ὁμοίων κατὰ τὴν μᾶζαν ἀτόμων.
('Απ. α' m ἀτόμου ἀζώτου $= 23,38 \cdot 10^{-24}$ gr, β' m μορίου ἀζώτου $= 46,76 \cdot 10^{-24}$ gr, γ' $5,34 \cdot 10^{22}$ ἄτομα ἀζώτου.)

3. Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι ἴσον πρὸς 1. Δίδεται ἡ σταθερὰ Loschmidt, ἴση πρὸς $6,02 \cdot 10^{23}$ Mol^{-1}. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὑδρογόνου.
('Απ. $m_H = 1,66 \cdot 10^{-24}$ gr.)

4. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων χαλκοῦ, τῶν περιεχομένων εἰς 1 mgr χαλκοῦ. Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἴσον πρὸς 63,5. Σταθερὰ Loschmidt $= 6,02 \cdot 10^{23}$ ἄτομα/γραμμοάτομον.
('Απ. $9,48 \cdot 10^{18}$ ἄτομα χαλκοῦ.)

5. Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ ἡλίου εἶναι ἴσον πρὸς 4: α) Ποία ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ἡλίου, β) πόσα ἄτομα ἡλίου περιέχονται εἰς 1 λίτρον ἡλίου, εὑρισκόμενον ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας. Τὸ ἥλιον εἶναι ἀέριον μονατομικόν. Σταθερὰ Loschmidt $= 6 \cdot 10^{23}$ ἄτομα/γραμμοάτομον.
('Απ. α' $m_{He} = 6,68 \cdot 10^{-24}$ gr, β' n $= 2,68 \cdot 10^{22}$.)

6. Πόσα μόρια ὕδατος περιέχονται εἰς 1 mm^3 ὕδατος. Πυκνότης τοῦ ὕδατος (θεωρουμένη ὡς σταθερὰ) $= 1$ gr/cm^3, μοριακὸν βάρος αὐτοῦ $= 18$, σταθερὰ Loschmidt $= 6 \cdot 10^{23}$ μόρια/Mol.
('Απ. $3,32 \cdot 10^{19}$ μόρια ὕδατος.)

7. Νὰ ὑπολογισθοῦν εἰς μονάδας Angström (Å) ἡ ἀκτὶς τοῦ μορίου τοῦ ὕδατος καὶ ἡ ἀκτὶς τοῦ ἀτόμου τοῦ θείου. Μοριακὸν βάρος τοῦ ὕδατος $= 18$, πυκνότης αὐτοῦ (θεωρουμένη ὡς σταθερὰ) $= 1$ gr/cm^3, ἀτομικὸν βάρος τοῦ θείου $= 32$, πυκνότης αὐτοῦ $= 2,07$ gr/cm^3, σταθερὰ Loschmidt $= 6,02 \cdot 10^{23}$ μόρια (ἄτομα)/Mol (γραμμοάτομον).
('Απ. α' r $= 1,912$ Å, β' ν $= 1,81$ Å.)

8. Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ σιδήρου εἶναι 55,84. Ζητοῦνται: α) ἡ μᾶζα ἑνὸς γραμμοατόμου σιδήρου, β) ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου σιδήρου, γ) ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων σιδήρου, τῶν περιεχομένων ἐντὸς 1 cm^3 σιδήρου. Πυκνότης τοῦ σιδήρου $= 7,6$ gr/cm^3, μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὑδρογόνου $= 1,67 \cdot 10^{-24}$ gr. ('Απ. α' 55,84 gr, β' m ἀτόμου σιδήρου $= 93,25 \cdot 10^{-24}$ gr, γ' n $= 8,15 \cdot 10^{22}$ ἄτομα σιδήρου.)

9. Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ ὀξυγόνου (O_2) εἶναι 16. Ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ: α) ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὀξυγόνου, β) ἡ μᾶζα ἑνὸς μορίου ὀξυγόνου, γ) ἡ μᾶζα ἑνὸς γραμμομορίου ὀξυγόνου. Μᾶζα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου $= 1,67 \cdot 10^{-24}$ gr.
('Απ. α' m ἀτόμου ὀξυγόνου $= 26,72 \cdot 10^{-24}$ gr, β' m μορίου ὀξυγόνου $= 53,44 \cdot 10^{-24}$ gr, γ' 32 gr.)

10. Νὰ εὑρεθῇ: α) ὁ ἀριθμὸς τῶν γραμμομορίων τῶν περιεχομένων ἐντὸς 1 m^3 ὀξυγόνου (O_2) εὑρισκομένου ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας, β) ἡ μᾶζα 1 m^3 ὀξυγόνου ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας, γ) ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων ὀξυγόνου, τὰ ὁποῖα περιέχονται ἐντὸς αὐτοῦ καὶ δ) ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐντὸς αὐτοῦ περιεχομένων μορίων.
('Απ. α' m $= 44,64$ Mol, β' m $= 1428$ gr, γ' n $= 5,34 \cdot 10^{24}$ ἄτομα ὀξυγόνου, δ' n $= 2,67 \cdot 10^{25}$ μόρια.)

11. α) Ποία ἡ συχνότης μονοχρωματικῆς ἀκτινοβολίας Röntgen, μήκους κύματος 0,001 Å καὶ β) ποία ἡ ἐνέργεια ἑνὸς φωτονίου αὐτῆς. Δίδονται h $= 6,6 \cdot 10^{-27}$ ἐργιοδευτερόλεπτα, c $= 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec.
('Απ. α' ν $= 3 \cdot 10^{-21}$ sec^{-1}, β' E $= 1,98 \cdot 10^{-5}$ erg.)

12. Ἡ τάσις ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen εἶναι 230 000 V. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συχνότης καὶ τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας Röntgen, τὴν ὁποίαν παρέχει ὁ σωλήν. Σταθερὰ δράσεως τοῦ Planck $= 6,55 \cdot 10^{-27}$ erg . sec. Ταχύ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

της τοῦ φωτὸς ἐν τῷ κενῷ $= 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. Φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου $= 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου.

Παρατήρησις. Δεχόμεθα ὅτι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἕκαστον ἠλεκτρόνιον κινούμενον ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου τοῦ σωλῆνος, μετατρέπεται κατὰ τὴν πρόσκρουσίν του ἐπὶ τῆς ἀνόδου ἐξ ὁλοκλήρου εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen. Τὸ αὐτὸ θὰ δεχθῶμεν καὶ εἰς τὰς λοιπὰς ἀσκήσεις τοῦ κεφαλαίου τούτου.

('Απ. $\nu = 5{,}58 \cdot 10^{19}$ sec^{-1}, $\lambda = 0{,}0537 \cdot 10^{-8}$ cm.)

13. Ποία τάσις πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen διὰ νὰ δώσῃ οὗτος ἀκτινοβολίαν Röntgen μήκους κύματος 1 Å. $h = 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ erg · sec, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, $e = 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου. ('Απ. U = 12 400 V.)

14. Ὑπὸ ποίας τάσεως πρέπει νὰ διεγερθῇ σωλὴν ἀκτίνων Röntgen διὰ νὰ δώσῃ φωτόνια ἐνεργείας $1{,}6 \cdot 10^{-7}$ erg. $h = 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ erg · sec, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, $e = 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου. ('Απ. U = 10^5 V περίπου.)

15. Ἡ ὑψηλὴ τάσις, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen εἶναι 10 kV. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης μὲ τὴν ὁποίαν ἕκαστον ἠλεκτρόνιον προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἀνόδου. $h = 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ erg · sec, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, μᾶζα ἠρεμίας ἑνὸς ἠλεκτρονίου $= 9 \cdot 10^{-28}$ gr, φορτίον αὐτοῦ $= 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου. ('Απ. $\upsilon = 5{,}96 \cdot 10^9$ cm/sec.)

16. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ λόγος τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀκτινοβολιῶν Röntgen τὰς ὁποίας ἐκπέμπει σωλὴν ἀκτίνων Röntgen, ὅταν μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου αὐτοῦ ἐφαρμοσθῇ τάσις α) 10 kV, β) 50 kV. ('Απ. $\lambda_1/\lambda_2 = 5$.)

17. α) Ποία ἡ ταχύτης τοῦ ἠλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, ὅταν τοῦτο περιφέρεται περὶ τὸν πυρῆνα μὲ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς, ἀποτελούσης περιφέρειαν κύκλου ἀκτῖνος $5{,}28 \cdot 10^{-9}$ cm, τῆς ὁποίας τὸ κέντρον συμπίπτει πρὸς τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου. β) Ποία ἡ συχνότης τῆς κινήσεως τοῦ ἠλεκτρονίου. Μᾶζα ἠρεμίας τοῦ ἠλεκτρονίου $= 9 \cdot 10^{-28}$ gr, φορτίον αὐτοῦ $= 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου.

('Απ. $\upsilon = 2{,}2 \cdot 10^8$ cm/sec, $\nu = 6{,}6 \cdot 10^{15}$ sec^{-1}.)

18. α) Νὰ ὑπολογισθῇ (εἰς dyn καὶ kgr*) ἡ κεντρομόλος δύναμις, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ὁ πυρὴν ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, ὅταν τοῦτο περιστρέφεται μὲ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς, ἀποτελούσης περιφέρειαν ἀκτῖνος $5{,}3 \cdot 10^{-9}$ cm, μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς $2 \cdot 10^8$ cm/sec. β) Ποία ἡ γωνιακὴ ταχύτης τῆς κινήσεως τοῦ ἠλεκτρονίου. Μᾶζα ἠρεμίας τοῦ ἠλεκτρονίου $= 9 \cdot 10^{-28}$ gr.

('Απ. α′ $F_K = 6{,}8 \cdot 10^{-3}$ dyn, $F_K = 6{,}9 \cdot 10^{-9}$ kgr*, β′ $\omega = 3{,}77 \cdot 10^{16}$ rad/sec.)

19. Κατὰ τὴν διέγερσιν ἑνὸς ἀτόμου ὑδρογόνου τὸ ἠλεκτρόνιον μεταφέρεται ἐκ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς, εἰς τὴν ὁποίαν περιφέρεται μονίμως, εἰς τὴν δευτέραν τῶν ἐπιτρεπομένων τροχιῶν, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι κατὰ $16{,}3 \cdot 10^{-12}$ erg μεγαλυτέρα τῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν ἔχει τοῦτο, ὅταν κινῆται ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μῆκος κύματος τῆς μονοχρωματικῆς ἀκτινοβολίας, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται, ὅταν τὸ ἠλεκτρόνιον ἐπανέλθῃ ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς. $h = 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ erg · sec, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. ('Απ. $\lambda = 1215 \cdot 10^{-8}$ cm.)

20. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ συνολικὴ ἐνέργεια, ἥτις ἀπαιτεῖται ὅπως τὸ ἠλεκτρόνιον ἑκάστου τῶν ἀτόμων ὑδρογόνου, τῶν περιεχομένων εἰς 1 m^3 ὑδρογόνου (ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας), μεταφερθῇ ἐκ τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς εἰς τὴν δευτέραν τῶν ἐπιτρεπομένων τροχιῶν. Τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται κατὰ τὴν ἐπάνοδον τοῦ ἠλεκτρονίου ἐκ τῆς δευτέρας εἰς τὴν θεμελιώδη τροχιὰν εἶναι 1215 Å · h $= 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ ἐργιοδευτερόλεπτα, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, σταθερὰ Loschmidt $= 6{,}02 \cdot 10^{23}$ μόρια/Mol. ('Απ. $E_{ολ} = 2{,}1 \cdot 10^7$ cal.)

21. Τὸ μῆκος κύματος (διὰ τὸ κενὸν) τοῦ μονοχρόου φωτὸς τῆς μιᾶς τῶν δύο ἰωδῶν γραμμῶν τοῦ ὁρατοῦ φάσματος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι ἴσον πρὸς 4340 Å, τῆς δὲ ἑτέρας 3970 Å. Νὰ ὑπολογισθῇ (εἰς eV) ἡ εἰς ἑκάστην τῶν γραμμῶν ἀντιστοιχοῦσα διαφορὰ τιμῶν τῶν ὁλικῶν ἐνεργειῶν τοῦ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἠλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ δύο ἐπιτρεπομένων τροχιῶν αὐτοῦ. $h = 6{,}6 \cdot 10^{-27}$ erg · sec, $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, 1 eV $= 1{,}6 \cdot 10^{-12}$ erg.

('Απ. $E_{\alpha\rho\chi} - E_{\tau\varepsilon\lambda} = 2{,}85$ eV, $E'_{\alpha\rho\chi} - E'_{\tau\varepsilon\lambda} = 3{,}11$ eV.)

22. Νὰ δειχθῇ ὅτι ἡ συχνότης $\nu_{3,2}$ τῆς μονοχρωματικῆς ἀκτινοβολίας, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται ὅταν τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου μεταπίπτῃ ἐκ τῆς τρίτης ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς εἰς τὴν δευτέραν ἐπιτρεπομένην τροχιάν, εἶναι ἴση πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν συχνοτήτων $\nu_{3,1}$ καὶ $\nu_{2,1}$ τῶν μονοχρωματικῶν ἀκτινοβολιῶν, αἱ ὁποῖαι ἐκπέμπονται, ὅταν τὸ ἠλεκτρόνιον μεταπίπτῃ ἀντιστοίχως : α) ἐκ τῆς τρίτης ἐπιτρεπομένης τροχιᾶς εἰς τὴν πρώτην, β) ἐκ τῆς δευτέρας εἰς τὴν πρώτην. Σταθερὰ δράσεως τοῦ Planck $= h$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΣΤ'

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

319. Δομὴ τοῦ πυρῆνος. Ἰσότοπα. Ὡς εἴδομεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς (§ 311), ὁ πυρὴν ἑκάστου ἀτόμου ἀποτελεῖται μόνον ἀπὸ βαρέα σχετικῶς σωματίδια, τὰ πρωτόνια ($_1p^1$) καὶ τὰ νετρόνια ($_0n^1$), τὰ ὁποῖα εἶναι γνωστὰ ὑπὸ τὸ κοινὸν ὄνομα « νουκλεόνια » (ἐκ τοῦ nucleus = πυρήν).

Τὸ δομικὰ ταῦτα συστατικὰ παντὸς πυρῆνος, ἐκτὸς βεβαίως τοῦ ὑδρογόνου τοῦ ὁποίου ὁ πυρὴν εἶναι αὐτὸ τοῦτο τὸ πρωτόνιον, παρουσιάζουν πολλὰς ὁμοίας ἰδιότητας. Οὕτως, ἔχουν περίπου τὴν αὐτὴν πολλαπλασίαν μᾶζαν, ἐν σχέσει πρὸς τὴν μᾶζαν m_0 ἠρεμίας τοῦ ἠλεκτρονίου (1836 m_0 τὸ πρωτόνιον, 1839 m_0 τὸ νετρόνιον), κέκτηνται τὴν αὐτὴν στροφορμὴν (spin), στρεφόμενα ὡς στρόβοι περὶ τὸν ἑαυτόν των, ἐμφανίζουν μαγνητικὰς ἰδιότητας, δρῶντα ὡς μικροὶ μαγνῆται (δίπολα) καὶ ἕλκονται μεταξύ των δι' ἰδίων, ἀγνώστου φύσεως, δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται « πυρηνικαὶ δυνάμεις » καὶ δροῦν μόνον ὅταν τὰ σωματίδια πλησιάζουν πολὺ μεταξύ των. Τοιαύτης φύσεως ἕλξεις, κατανικῶσας τὰς ἠλεκτρικὰς ἢ μαγνητικὰς δυνάμεις, ὑφίστανται καὶ τὰ ὁμοειδῆ νουκλεόνια, ἤτοι ὑπάρχουν ἕλξεις μεταξὺ δύο πρωτονίων ἢ μεταξὺ δύο νετρονίων. Ἡ κυρίως διαφορὰ των ἔγκειται εἰς τὸ ὅτι τὸ πρωτόνιον φέρει ἓν στοιχειῶδες φορτίον θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ εἶναι ἀπείρου ζωῆς, ἐνῷ τὸ νετρόνιον ἐμφανίζεται ὡς οὐδέτερον σωματίδιον πεπερασμένης ζωῆς, διασπώμενον αὐτομάτως εἰς πρωτόνιον, εἰς ἠλεκτρόνιον καὶ εἰς ἓν ἄλλο σχεδὸν μηδενικῆς μάζης οὐδέτερον σωματίδιον, τὸ ὁποῖον θεωρητικῶς προεβλέφθη ἀπὸ τὸν Pauli καὶ ὠνομάσθη ἀπὸ τὸν Fermi « μικρὸν νετρόνιον » ἤ, κατὰ τὸ ἰταλικὸν ὑποκοριστικόν, «νετρῖνον» $_0\nu^0$ (neutrino)[1].

Ἡ διάσπασις αὕτη τοῦ νετρονίου παρατηρεῖται ἐκτὸς τοῦ πυρῆνος, ἤτοι σμῆνος νετρονίων δὲν δύναται νὰ διατηρηθῇ ἐπ' ἄπειρον, ἀλλὰ μετατρέπεται κατὰ τὴν σχέσιν :

$$\text{νετρόνιον} \rightarrow \text{πρωτόνιον} + \text{ἠλεκτρόνιον} + \text{νετρίνον}$$

ἢ συμβολικῶς :

$$_0n^1 \rightarrow {}_1p^1 + {}_{-1}e^0 + {}_0\nu^0$$

1. Διὰ περισσότερα περὶ νετρίνου, βλέπε : Κουγιουμζέλη — Περιστεράκη, «Στοιχεῖα Πυρηνικῆς Φυσικῆς», σελὶς 171 § 100.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀντιθέτως, ἐντὸς τοῦ πυρῆνος τὰ νετρόνια φαίνεται ὅτι ἐναλλάσσονται πρὸς τὰ πρωτόνια καὶ δὲν παρουσιάζεται ἡ διάσπασις ὡς ἀνεγράφη εἰς τὴν προηγουμένην σελίδα.

Βάσει τῆς ἀνωτέρω δομῆς τοῦ πυρῆνος, κάθε πυρὴν χαρακτηρίζεται ἀπὸ δύο ἀκεραίους ἀριθμοὺς τὸν « ἀτομικὸν ἀριθμὸν » Z, δηλοῦντα τὴν τάξιν τοῦ στοιχείου εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα, συγχρόνως δὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος (Z = ἀτομικὸς = πρωτονικὸς ἀριθμός) καὶ τὸν «μαζικὸν ἀριθμὸν» A, ἐκφράζοντα τὸ σύνολον τῶν σωματιδίων τοῦ πυρῆνος, ἤτοι τὸ πλῆθος τῶν πρωτονίων καὶ νετρονίων του. Ἑπομένως, ἡ διαφορὰ A-Z = N παριστᾷ τὸν ἀριθμὸν τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

Κατὰ τὴν διεθνῶς γενομένην ἀποδεκτὴν γραφήν, ὁ πυρὴν συμβολίζεται μὲ τὸ γράμμα τοῦ στοιχείου εἰς τὸ ὁποῖον ἀνήκει καὶ μὲ δύο ἀκεραίους ἀριθμούς, ὡς δείκτας. Συνήθως τίθεται κάτω ἀριστερὰ ὁ Z καὶ ἄνω δεξιὰ ὁ A, π.χ. $_1H^1$, $_2He^4$, $_{92}U^{238}$ κλπ.

Ἐὰν ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος μεταβληθῇ, τότε ἐπέρχεται «μ ε τ α σ τ ο ι χ ε ί ω σ ι ς». Ἀντιθέτως, ἂν μεταβληθῇ μόνον ὁ ἀριθμὸς τῶν νετρονίων, τότε δὲν θὰ ἐ π έ λ θ η μ ε τ α σ τ ο ι χ ε ί ω σ ι ς, ἀλλὰ θὰ ἔχωμεν πυρῆνα τοῦ αὐτοῦ μὲν στοιχείου διαφόρου ὅμως μάζης. Οὕτω :

$$_1H^1 + {}_0n^1 = {}_1H^2 = \text{βαρὺ ὑδρογόνον (δευτέριον, ἄλλως } {}_1D^2)$$

$$_1H^2 + {}_0n^1 = {}_1H^{3*} = \text{ὑπερβαρὺ ὑδρογόνον (τρίτιον, ἄλλως } {}_1T^3)$$

$$_{11}Na^{23} + {}_0n^1 = {}_{11}Na^{24*} \quad \text{κ.ο.κ.}$$

(Ὁ ἀστερίσκος δηλοῖ ὅτι ὁ πυρὴν εἶναι ἀσταθής, βλ. κατωτέρω).

Ὁ ἀριθμὸς Z ἰσοῦται προφανῶς καὶ πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν περὶ τὸν πυρῆνα ἠλεκτρονίων τοῦ οὐδετέρου ἀτόμου, ἀλλὰ ἡ μεταβολὴ τῶν ἠλεκτρονίων δὲν μεταστοιχειώνει τὸ ἄτομον, ἁπλῶς τὸ καθιστᾷ ἰόν. Ὅθεν, εἶναι ὀρθοτέρα ἡ σύνδεσις τοῦ Z πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος.

Ἐξ ἄλλου, ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς A δὲν ἐκφράζει τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ στοιχείου, διότι εἶναι πάντοτε ἀκέραιος ἀριθμός, ἐνῷ ὅλα τὰ ἀτομικὰ βάρη ἔχουν δεκαδικὰ ψηφία, ἐκτὸς τοῦ αὐθαιρέτως τεθέντος 16 διὰ τὸ ὀξυγόνον. Δύναται πάντως νὰ λεχθῇ ὅτι ὁ A εἶναι ὁ πλησιέστερος ἀκέραιος πρὸς τὸ ἀτομικὸν βάρος (μᾶζαν) ἑνὸς πυρῆνος.

Προκειμένου περὶ τοῦ βαρέος ὑδρογόνου ἢ δευτερίου, ἀπαντᾷ τοῦτο ἐν ἀναλογίᾳ 1:6000 εἰς πᾶσαν ποσότητα ὕδατος, ἡνωμένον ὡς «βαρὺ ὕδωρ» τοῦ τύπου D_2O καὶ δύναται νὰ παρασκευασθῇ δι' ἐπανειλημμένων ἠλεκτρολύσεων ἢ διαχύσεων ἢ ἄλλων μεθόδων ἐκ τοῦ κοινοῦ ὕδατος[1].

Τὸ βαρὺ ὕδωρ ἔχει μεγίστην σημασίαν εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν καὶ Τεχνολογίαν, εἶναι ὑγρὸν ὅπως τὸ ὕδωρ, πηγνύμενον εἰς 3,82 °C καὶ ζέον εἰς 101,4 °C ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας.

320. Κατηγορίαι πυρήνων. Ἐφ' ὅσον κατὰ τὰς σημερινὰς ἀντιλήψεις οἱ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια καὶ χαρακτηρίζονται ἀπὸ δύο ἀκεραίους

1. Βλ. Κουγιουμζέλη – Περιστεράκη, « Στοιχεῖα Πυρηνικῆς Φυσικῆς », σελ. 33 - 34.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀριθμοὺς Z καὶ A, δυνάμεθα βάσει τούτων νὰ διακρίνωμεν τοὺς πυρῆνας ὡς ἀκολούθως :

α) Ἰσότοποι. Ἰ σ ό τ ο π ο ι καλοῦνται οἱ πυρῆνες, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z καὶ διάφορον τὸν A, δηλαδὴ ἔχουν τὸν αὐτὸν πρωτονικὸν ἀριθμὸν καὶ διάφορον τὸν μαζικὸν ἀριθμόν. Ἤτοι, οἱ ἰσότοποι πυρῆνες διαφέρουν κατὰ τὸν ἀριθμὸν τῶν νετρονίων των (νετρονικὸς ἀριθμός).

Π α ρ α δ ε ί γ μ α τ α : Ἐλαφρὸν ὑδρογόνον $_1H^1$, βαρὺ ὑδρογόνον ἢ δευτέριον $_1H^2$ ἢ $_1D^2$, ὑπερβαρὺ ὑδρογόνον ἢ τρίτιον $_1H^3$ ἢ $_1T^3$. Ἐπίσης ἥλιον $_2He^3$ καὶ ἥλιον $_2He^4$.

β) Ἰσοβαρεῖς. Ἰ σ ο β α ρ ε ῖ ς πυρῆνες καλοῦνται ἐκεῖνοι, οἱ ὁποῖοι ἔχουν κοινὸν τὸν μαζικὸν ἀριθμὸν A καὶ διαφέρουν κατὰ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z, ἤτοι ἔχουν τὰ αὐτὰ συνολικῶς νουκλεόνια, ἀλλὰ διάφορον τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων καὶ νετρονίων των.

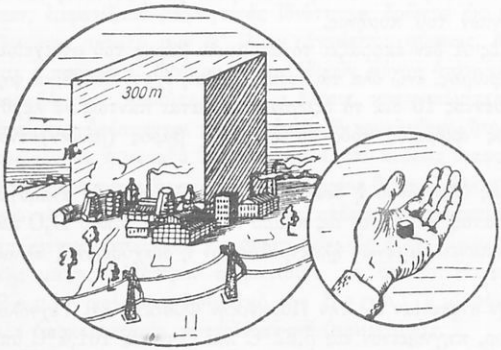
Π α ρ α δ ε ί γ μ α τ α : $_6C^{14}$ (ἄνθραξ—14), 6 πρωτόνια, 8 νετρόνια, $_7N^{14}$ (ἄζωτον —14), 7 πρωτόνια, 7 νετρόνια, ἢ $_2He^3$ (ἥλιον—3) 2 πρωτόνια, 1 νετρόνιον, $_1H^3$ (τρίτιον) 1 πρωτόνιον, 2 νετρόνια.

γ) Ἰσότονοι. Ἰ σ ό τ ο ν ο ι πυρῆνες καλοῦνται ἐκεῖνοι, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν νετρονίων N καὶ διάφορον τὸν ἀτομικὸν καὶ μαζικὸν ἀριθμόν. Οἱ ἰσότονοι πυρῆνες εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς ἰσοτόπους πυρῆνας, οἱ ὁποῖοι χαρακτηρίζονται ἀπὸ κοινὸν Z.

Π α ρ α δ ε ί γ μ α τ α : $_6C^{14}$ (N = 8), $_7N^{15}$ (N = 8), $_8O^{16}$ (N = 8) ἢ $_{14}Si^{30}$ (N = 16), $_{15}P^{31}$ (N = 16).

321. Ἡ φυσικὴ ραδιενέργεια.

Ὁ πυρήν, εἰς τὸν ὁποῖον εἶναι συσσωρευμένη ὅλη σχεδὸν ἡ μᾶζα ἀτόμου τινός (σχ. 542), εὑρίσκεται εἰς τὸ κέντρον τοῦ ἀτομικοῦ συγκροτήματος, εἶναι γενικῶς μικρᾶς διαμέτρου, ὡς εἴδομεν, τῆς τάξεως τῶν 10^{-13} cm, ἐνῷ τὸ ἄτομον ἔχει διάμετρον τῆς τάξεως τῶν 10^{-8}cm. Τοῦτο δηλοῖ ὅτι ὁ πυρὴν εἶναι κατὰ διάμετρον 50-100 χιλιάδας φορὰς μικρότερος τῆς διαμέτρου τοῦ ἀτόμου. Οὕτω π.χ. διὰ τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου, ἐὰν φαντασθῶμεν τὸν πυρῆνα αὐτοῦ ἐν μεγεθύνσει, ὡς μίαν σφαῖραν ποδοσφαίρου, τότε τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦ ἀτόμου, περίπου ἴσον κατὰ διάμετρον πρὸς τὸν πυρῆνα, θὰ περιστρέφεται ἐπὶ κύκλου διαμέτρου 15 km. Παρατηροῦμεν ἀμέσως τὸν τεράστιον—



Σχ. 542. Ἐὰν ἦτο δυνατὸν νὰ ληφθῇ συμπαγὴς μᾶζα πυρήνων ὄγκου 1 cm³, ἐν τῇ ὁποίᾳ οἱ πυρῆνες εὑρίσκονται ὁ εἷς παρὰ τὸν ἄλλον, αὕτη θὰ ἐζύγιζεν ὅσον εἷς κύβος σιδήρου πλευρᾶς 300 μέτρων.

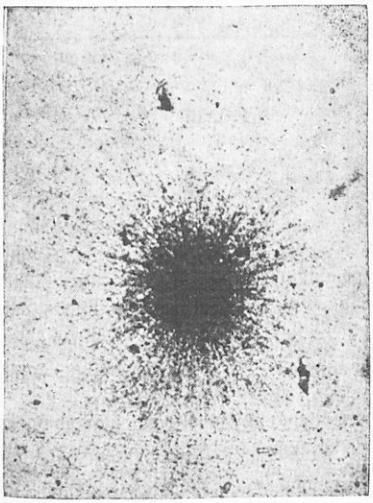
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

διὰ τὴν κλίμακα τοῦ μικροκόσμου—κενὸν χῶρον τοῦ ἀτόμου. Ἐν τούτοις, ὅμως, ὁ πυρὴν εἶναι ἐκεῖνος ὁ ὁποῖος συγκρατεῖ ἐπὶ τῆς τροχιᾶς του τὸ ἠλεκτρόνιον.

Λόγῳ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τῶν ἠλεκτρονίων τοῦ ἐξωτάτου φλοιοῦ ἀπὸ τοῦ πυρῆνος καὶ λόγῳ τοῦ ὅτι τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα καθορίζουν τοὺς χημικοὺς συνδέσμους μεταξὺ τῶν ἀτόμων πρὸς ἀποτέλεσιν χημικῆς τινος ἑνώσεως, ὁ πυρὴν γενικῶς δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπηρεασθῇ ἀπὸ τὰς ἰδιότητας τῆς χημικῆς ἑνώσεως, δηλαδὴ ὁ πυρὴν δὲν ἀντιλαμβάνεται—τρόπον τινὰ—ἐὰν τὸ ἄτομον εἰς τὸ ὁποῖον ἀνήκῃ εἶναι ἐν ὑγρᾷ ἢ ἐν ἀερίῳ καταστάσει ἢ εὑρίσκεται ἡνωμένον ἢ ὄχι μὲ ἄλλα ἄτομα. Οὕτως, ὁ πυρὴν ἀτόμου τινὸς ἀνθρακος δὲν γνωρίζει ἂν τὸ ἄτομον εἰς τὸ ὁποῖον ἀνήκῃ εἶναι ἄτομον διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος τῆς ἐκπνοῆς μας, ἢ ἄτομον ἀνθρακος τῆς ἐπιδερμίδος μας, ἢ τοῦ σακχάρου τοῦ αἵματός μας ἤ, μορίου τινὸς τῆς χλωροφύλλης φυτοῦ τινος κλπ. Ἐξ ἄλλου, δὲν φαίνεται νὰ ὑπάρχῃ διαφορὰ εἰς τὴν συμπεριφορὰν τοῦ πυρῆνος, ὅταν τὸ ἄτομον αὐτὸ τοῦ ἀνθρακος μεταβαίνῃ ἀπὸ ζῶντος ὀργανισμοῦ εἰς νεκρὸν καὶ ἐν συνεχείᾳ ἐπανέρχεται τυχὸν εἰς ζῶντα πάλιν ὀργανισμόν. Ἱστορικῶς τὸ πρῶτον φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον κύριον ρόλον παίζει ὁ πυρήν, εἶναι ἡ **φυσικὴ ραδιενέργεια,** ἡ ὁποία διεπιστώθη κατ' ἀρχὴν ὑπὸ τοῦ **Becquerel (Μπεκιερὲλ)** τὸ 1896.



HENRI BECQUEREL (1852 - 1908)
Γάλλος Φυσικὸς ἀνακαλύψας τὴν φυσικὴν ραδιενέργειαν



Σχ. 543. Ἀμαύρωσις φωτογραφικῆς πλακὸς ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐτέθη μικρὰ ποσότης ραδιενεργοῦ οὐσίας. (Μεγέθυνσις × 250).

Ὁ Becquerel εἰργάζετο μὲ ἅλατα τοῦ οὐρανίου, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν φαινόμενα φθορισμοῦ ὅταν ἐκτίθενται εἰς φωτεινὰς ἀκτινοβολίας καὶ εἰς ἀκτῖνας Röntgen. Οὗτος ἐτοποθέτησε τὸ ἅλας τοῦ οὐρανίου ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακὸς κεκαλυμμένης διὰ μέλανος χάρτου καὶ περιέργως εἶδεν ὅτι μετὰ τὴν ἐμφάνισιν ἡ φωτογραφικὴ πλὰξ παρουσίαζεν ὡρισμένην μελανὴν κηλῖδα (σχ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

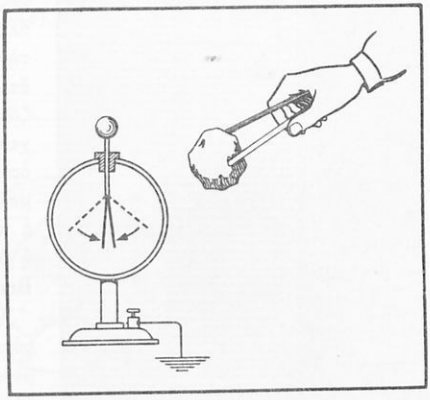


MARIE CURIE (1867 - 1934)

Διάσημος Γαλλίς, Πολωνὶς τὴν καταγωγήν Φυσικός, ἐργασθεῖσα μετὰ τοῦ συζύγου αὐτῆς ἐπὶ τῆς φυσικῆς ραδιενεργείας, ἐπιτυχοῦσα, ἐκτὸς ἄλλων, τὸν διαχωρισμὸν τοῦ ραδίου.

Τὸ πρόβλημα, ὅμως, ποία ἦτο ἡ πηγὴ τῆς νέας αὐτῆς ἀκτινοβολίας, ἀντιμετώπισαν μεταξὺ ἄλλων ἐρευνητῶν οἱ **Pierre** καὶ **Marie Curie (Πέτρος καὶ Μαρία Κιουρὶ)** οἱ ὁποῖοι καὶ ὠνόμασαν διὰ πρώτην φορὰν τὸ φαινόμενον τοῦτο **ραδιενέργειαν.** Τὸ ζεῦγος Curie εὗρεν ὅτι ἡ ἀκτινοβολία τοῦ Becquerel προεκάλει ἰονισμὸν τοῦ ἀέρος καὶ ὡς ἐκ τούτου κατὰ τὰς μελέτας των ἐχρησιμοποίουν ὡς ἀνιχνευτικὸν ὄργανον τὸ φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον (σχ. 544).

Κατέληξαν οὕτως εἰς δύο σπουδαῖα συμπεράσματα ἤτοι : α) Ἀπὸ ὅλα τὰ γνωστὰ σώματα, ραδιενέργειαν παρουσιάζουν αἱ ἑνώσεις οὐρανίου καὶ θορίου. β) Εἰς τὰ φυσικὰ ὀρυκτὰ τοῦ οὐρανίου ἡ ραδιενέργεια εἶναι πολὺ ἰσχυροτέρα παρὰ εἰς τὰς ὁμοίας περιεκτικότητος εἰς οὐράνιον χημικῶς καθαρὰς ἑνώσεις του. Τὸ δεύτερον τοῦτο γεγονὸς ὡδήγησε τὸ 543). Κατ' ἀρχὰς ἐνόμισεν ὅτι ἡ ἀκτινοβολία τοῦ ἅλατος τοῦ οὐρανίου ὠφείλετο εἰς ἀπορρόφησιν ἡλιακῆς φωτεινῆς ἐνεργείας ὑπὸ τοῦ ἅλατος καὶ ἀπόδοσιν αὐτῆς ἐκ τῶν ὑστέρων κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς παραμονῆς του ἐπὶ κεκαλυμμένης φωτογραφικῆς πλακός. Ὀλίγας ἡμέρας ἀργότερον ὁ Becquerel διεπίστωσεν ὅτι ἡ μελάνωσις τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς ἐπήρχετο καὶ ὅταν τὸ ἅλας τοῦ οὐρανίου δὲν εἶχεν ἐκτεθῆ εἰς τὸ φῶς τῆς ἡμέρας. Συνεπῶς, ἡ ἀόρατος ἀκτινοβολία, ἡ διαπερῶσα τὸν μαῦρον χάρτην ἢ καὶ ἄλλα λεπτὰ καλύμματα τῆς φωτογραφικῆς πλακός, οὐδεμίαν σχέσιν εἶχε μὲ προηγούμενον τυχὸν φωτισμὸν τοῦ ἅλατος οὐρανίου. Ἡ αἰτία, ἡ πηγὴ τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης, ἡ ὁποία ὡμοίαζε πολὺ πρὸς τὴν ἀκτινοβολίαν Röntgen, προήρχετο ἀπὸ αὐτὸ τοῦτο τὸ ἅλας τοῦ οὐρανίου καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι ἀπὸ τοῦ 1896 ἤρχισεν ἡ μελέτη καὶ ἀνάπτυξις τῆς κυρίως Πυρηνικῆς Φυσικῆς.



Σχ. 544. Ἡ ἀκτινοβολία, ἥτις ἐκπέμπεται ὑπὸ τῶν ὀρυκτῶν τοῦ οὐρανίου προκαλεῖ ἰονισμὸν τοῦ ἀέρος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ζεῦγος Curie εἰς τὴν σκέψιν ὅτι ὑπάρχει καὶ ἄλλο τι εἰς τὰ μεταλλεύματα τοῦ οὐρανίου, τὸ ὁποῖον ἀκτινοβολεῖ ἰσχυρότερον τοῦ οὐρανίου. Αἱ χημικαὶ ἀναλύσεις, τὰς ὁποίας διεξήγαγον, κατέληξαν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν δύο ἑτέρων ραδιενεργῶν στοιχείων, τοῦ **ραδίου** καὶ τοῦ **πολωνίου** (ὀνομασία δοθεῖσα πρὸς τιμὴν τῆς Marie Curie, Πολωνίδος τὴν καταγωγήν).

Τὸν διαχωρισμὸν τοῦ ραδίου ἐπέτυχε τὸ 1902 τελικῶς ἡ Marie Curie ὑπὸ μορφὴν ἅλατος καὶ τὴν ἀπομόνωσίν του ὡς μετάλλου τὸ 1910, ἐργαζομένη μόνη μετὰ τὸν θάνατον τοῦ συζύγου της (1906).

Τὸ ράδιον εἶναι ἀργυρόχρουν μαλακὸν μέταλλον, τὸ ὁποῖον ἀκόμη καὶ ὑπὸ τὸ φῶς τῆς ἡμέρας παρουσιάζει φωτεινὴν αἴγλην. Ἔχει πυκνότητα 6 gr/cm^3, τήκεται, περὶ τοὺς 700 °C καὶ 1 γραμμάριον αὐτοῦ, ὑπὸ μορφὴν ἑνώσεώς του, τιμᾶται σήμερον περίπου 600 000 δραχμάς. Ἡ ὁλικὴ μέχρι σήμερον ὑπὸ τῶν ἐπιστημόνων καὶ τῆς βιομηχανίας χρησιμοποιουμένη ποσότης δὲν ὑπερβαίνει τὰ 5 χιλιόγραμμα.

322. Τὰ φυσικῶς ραδιενεργὰ στοιχεῖα. Ραδιενέργειαν παρουσιάζουν ὄχι μόνον τὰ ἀναφερθέντα στοιχεῖα οὐράνιον, θόριον, πολώνιον καὶ ράδιον, ἀλλὰ ὅλα σχεδὸν τὰ στοιχεῖα τοῦ περιοδικοῦ συστήματος, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν πέραν τοῦ 82 (βλ. πίνακα περιοδικοῦ συστήματος, εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου). Ἐκ τῶν ὑπολοίπων στοιχείων τοῦ περιοδικοῦ συστήματος, φυσικὴν ραδιενέργειαν παρουσιάζουν τὰ στοιχεῖα κάλιον ($Z = 19$), ρουβίδιον ($Z = 37$), σαμάριον ($Z = 62$) λουτέκιον (κασσιόπειον) ($Z = 71$) καὶ ρήνιον ($Z = 75$). Ἐνδιαφέρον διὰ τὸν ἄνθρωπον παρουσιάζει τὸ κάλιον, συστατικὸν τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος, τοῦ ὁποίου μικρὸν ποσοστὸν (12/100 000), τὸ κάλιον $_{19}K^{40}$, παρουσιάζει ραδιενέργειαν. Οὕτω, δι' ἄνθρωπον μάζης 75 kgr, ὑπολογίζεται ὅτι περίπου 8000 πυρῆνες καλίου διασπῶνται ἀνὰ δευτερόλεπτον ἐντὸς τοῦ σώματός του.

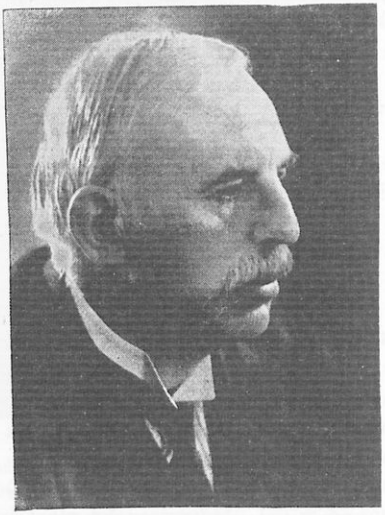
Ἐκτὸς τούτου, ἐντὸς τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος ὑπάρχει καὶ ποσότης ραδιενεργοῦ ἄνθρακος προσλαμβανομένου ἐκ τοῦ φυτικοῦ βασιλείου διὰ τῶν τροφῶν. Ὁ ἄνθραξ οὗτος ($_6C^{14}$) ἐμφανίζεται εἰς τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος τῆς ἀτμοσφαίρας, προερχόμενος ἐκ δράσεως κοσμικῶν ἀκτινοβολιῶν (βλ. § 342, Κοσμικαὶ ἀκτῖνες) ἐπὶ τοῦ ἀζώτου, ὑπολογίζεται δὲ ὅτι 2500 περίπου πυρῆνες τοιούτου ἄνθρακος διασπῶνται ἐντὸς τοῦ σώματός μας ἀνὰ δευτερόλεπτον. Ἤτοι, συνολικῶς, ἄνω τῶν 10 000 πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος διασπῶνται ἀνὰ δευτερόλεπτον ἐντὸς αὐτοῦ, τοῦ ρυθμοῦ τούτου διατηρουμένου ἀμεταβλήτου, λόγῳ τῆς εἰσαγωγῆς εἰς τὸν ὀργανισμὸν νέων ποσοτήτων καλίου—40 καὶ ἄνθρακος—14 διὰ τῶν τροφῶν.

323. Φύσις τῶν πυρηνικῶν ἀκτινοβολιῶν. Ἀκτῖνες α καὶ β. Ἀπὸ τὰς πρώτας μετρήσεις ἐπὶ τῶν ἀκτινοβολιῶν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων, εἶχε γίνει καταφανὲς ὅτι αὗται ἀπετελοῦντο ἀπὸ τρεῖς χαρακτηριστικὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ὠνομάσθησαν ἀκτινοβολίαι α, β καὶ γ.

Κατὰ τὴν δίοδον τῶν πυρηνικῶν ἀκτινοβολιῶν διὰ λεπτοτάτων φύλλων μετάλλου, διεπιστώθη ὅτι λεπτὸν φύλλον μετάλλου τινός, δύναται νὰ προκαλέσῃ αἰσθητὴν μεί-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ωσιν τοῦ ἰονισμοῦ, τὸν ὁποῖον προκαλοῦν αἱ ἀκτινοβολίαι αὗται. Ἐπομένως, ὑπάρχει συστατικὸν τῆς ἀκτινοβολίας, προκαλοῦν ἰσχυρὸν ἰονισμόν, ἀλλὰ μὴ δυνάμενον νὰ διαπεράσῃ λεπτὰ φύλλα μετάλλου π.χ. ἀλουμινίου (πάχους 0,03 mm). Εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτὴν ἐδόθη τὸ ὄνομα **ἀκτῖνες α,** ἐνῶ, τὸ τμῆμα ἀκτινοβολίας, τὸ ὁποῖον ἀπερροφᾶτο ὑπὸ στρώματος μετάλλου, πάχους μερικῶν χιλιοστομέτρων, ὠνομάσθη **ἀκτῖνες β.** Ἐξ ἄλλου, κατὰ τὴν δίοδον τῶν ἀκτίνων α καὶ β διὰ μαγνητικοῦ πεδίου καθέτου πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς δέσμης (σχ. 545 καὶ 547, I) παρατηρεῖται ἀπόκλισις αὐτῶν ἐκ τῆς ἀρχικῆς των διευθύνσεως. Ἐκ τῆς ἀποκλίσεως ταύτης διαπιστοῦται ὅτι αἱ ἀκτῖνες α ἀποτελοῦνται ἀπὸ θετικῶς φορτισμένα κινούμενα σωματίδια, ἐνῷ αἱ β ἀπὸ κινούμενα ἐλαφρὰ σωματίδια ἀρνητικῶς φορτισμένα. Ἐπίσης παρατηρεῖται ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῶν ἀκτίνων α εἶναι μικροτέρα τῆς τῶν ἀκτίνων β.



ERNEST RUTHERFORD (1871 - 1937)
Νεοζηλανδὸς Φυσικός, διάσημος διὰ τὰς ἐρεύνας αὐτοῦ ἐπὶ τῶν α καὶ β σωματιδίων. Εἶναι ὁ πρῶτος ὁ ὁποῖος ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ἄτομον περιέχει πυρῆνα καὶ εἰς αὐτὸν ὀφείλεται ἡ πρώτη διάσπασις τοῦ πυρῆνος.

Ἀνάλογος ἀνάλυσις τῆς δέσμης παρουσιάζεται ὅταν αὕτη διέρχεται δι' ἠλεκτρικοῦ πεδίου (σχ. 546 καὶ 547, II).

Διὰ τῶν πειραμάτων τούτων διεπιστώθη ὅτι αἱ ἀκτῖνες α συνίστανται ἀπὸ σωματίδια, τῶν ὁποίων ἡ μᾶζα εἶναι ἴση πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ πυρῆνος τοῦ He, ἐνῷ τὸ φορτίον των εἶναι $+2e$. Κατὰ ταῦτα τὰ σωματίδια α ἀποτελοῦνται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ δύο νετρόνια, δηλαδὴ συμπίπτουν μὲ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου He.

Ὁμοίως ἐδείχθη ὅτι αἱ ἀκτῖνες β ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια φορτίου $-e$ καὶ μάζης ἀμελητέας, ἀποδειχθέντος τοιουτοτρόπως ὅτι τὰ σωματίδια β εἶναι ἠλεκτρόνια.

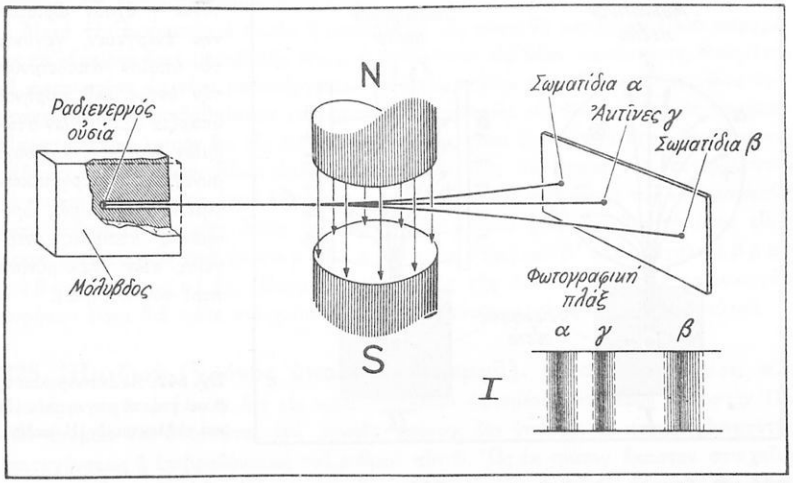
Ἀκτῖνες γ. Ἀπεδείχθη ἀκόμη ὅτι καὶ μετὰ τὴν ἀπορρόφησιν ὑπὸ στρωμάτων μετάλλων τῶν σωματιδίων α καὶ β, αἱ φωτογραφικαὶ πλάκες ἐξακολουθοῦν νὰ ἐπηρεάζωνται ἀπὸ τὸ παρασκεύασμα, ἀπόδειξις τῆς παρουσίας καὶ ἄλλου τύπου ἀκτινοβολίας, ἐξόχως διεισδυτικῆς, εἰς τὴν ὁποίαν ἐδόθη τὸ ὄνομα **ἀκτῖνες γ.**

Αἱ ἀκτῖνες γ δὲν ὑφίστανται ἀπόκλισιν ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, γεγονὸς τὸ ὁποῖον ἀποκλείει τὴν παρουσίαν φορτίου εἰς αὐτάς. Διερχόμεναι δι' ἀερίων προκαλοῦν ἰονισμὸν αὐτῶν. Οὕτως, ἐγένετο παραδεκτὸν ὅτι αἱ ἀκτῖνες γ εἶναι ἠλεκτρομαγνητικῆς φύσεως, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος εἶναι τῆς τάξεως τοῦ μήκους κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen ἢ καὶ ἀκόμη μικρότερον.

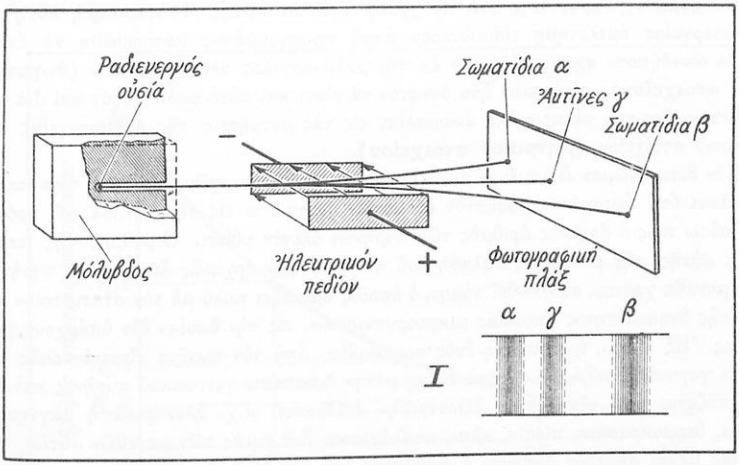
Ἡ διαφορὰ τῶν ἀκτίνων γ ἀπὸ τὰς ἀκτίνας Röntgen συνίσταται μόνον εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι αἱ γ εἶναι πυρηνικὴ ἀκτινοβολία, δηλαδὴ προέρχονται ἀπὸ τὴν μετάπτωσιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς εὐσταθεστέραν ἐνεργειακὴν κατάστασιν διηγερμένων πυρήνων, ἐνῷ αἱ Röntgen ἀπὸ μεταπτώσεις ἠλεκτρονίων εἰς διηγερμένα ἄτομα.



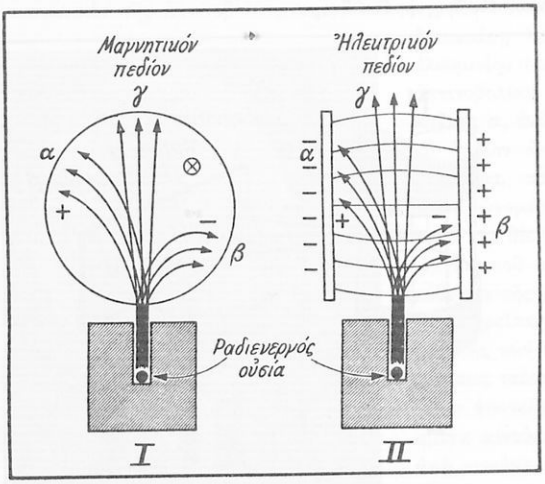
Σχ. 545. Τῇ ἐπιδράσει μαγνητικοῦ πεδίου, τὰ σωματίδια α καὶ β ὑφίστανται ἀντιθέτους ἀποκλίσεις ἐκ τῆς εὐθυγράμμου πορείας των, ἐνῷ ἡ ἀκτινοβολία γ οὐδόλως ἐπηρεάζεται ἐξ αὐτοῦ. (Ι) Σχηματικὴ παράστασις τῆς λαμβανομένης ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς εἰκόνος.



Σχ. 546. Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἀσκεῖ ἐπὶ τῶν σωματιδίων α καὶ β ἀντιθέτους δυνάμεις, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ὁποίων ταῦτα ἀποκλίνουν πρὸς τὴν πλευρὰν τῆς ἀρνητικῆς καὶ τῆς θετικῆς πλακὸς ἀντιστοίχως. Ἡ ἀκτινοβολία γ δὲν ἐπηρεάζεται ὑπ' αὐτοῦ. (Ι) Σχηματικὴ παράστασις τῆς λαμβανομένης ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακὸς εἰκόνος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τὸ φάσμα τῶν ἀκτίνων γ ἑκάστου ραδιενεργοῦ στοιχείου (ἰσοτόπου) εἶναι γραμμικόν, δηλαδὴ τὰ φωτόνια γ ἔχουν ὡρισμένην ἐνέργειαν, γεγονὸς τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει τὴν ἐντὸς τοῦ πυρῆνος ὕπαρξιν ὡρισμένων σταθμῶν ἐνεργείας καὶ οὐχὶ συνεχείας ἐνεργειακῶν τιμῶν. (Πρβλ. τὰς ὡρισμένας στάθμας ἐνεργείας τῶν ἠλεκτρονίων περὶ τὸν πυρῆνα).



Σχ. 547. Αἱ ἀκτινοβολίαι α, β καὶ γ εἰς τὸ μαγνητικὸν (I) καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν (II) πεδίον.

324. Ραδιενεργὸς παρακμή. Μέση διάρκεια ζωῆς τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων.

Ἀπὸ τὰς πρώτας μετρήσεις τῆς ραδιενεργείας εἶχε διαπιστωθῆ ὅτι ἡ ραδιενέργεια πολλῶν στοιχείων, περιεχομένων ἐντὸς ἑνὸς ραδιενεργοῦ παρασκευάσματος, παρουσίαζε σὺν τῷ χρόνῳ μείωσιν αὐτῆς. Ἡ **παρακμὴ** αὕτη τῆς ραδιενεργείας ἐμελετήθη εἰδικώτερον ἀφοῦ προηγουμένως κατωρθώθη νὰ ἀφαιρῆται οἱονδήποτε σχηματιζόμενον ἐκ τῆς ραδιενεργείας νέον στοιχεῖον **(θυγατρικὸν στοιχεῖον)**, τὸ ὁποῖον ἦτο δυνατὸν νὰ εἶναι καὶ αὐτὸ ραδιενεργὸν καὶ διὰ τῆς ραδιενεργείας του νὰ προκαλῆ ἀνωμαλίαν εἰς τὰς μετρήσεις τῆς ραδιενεργείας τοῦ ἀρχικοῦ στοιχείου **(μητρικοῦ στοιχείου)**.

Ἐὰν θεωρήσωμεν ὡρισμένον ἀριθμὸν ὁμοειδῶν ραδιενεργῶν πυρήνων, τότε παρατηρεῖται ὅτι, ὡρισμένον ποσοστὸν ἐξ αὐτῶν διασπᾶται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου καὶ οὕτω πως ὁ ἀρχικὸς ἀριθμὸς τῶν πυρήνων ὁλονὲν φθίνει. Ὁ ρυθμὸς τῆς παρακμῆς αὐτῆς, τῆς μειώσεως δηλαδὴ τοῦ πλήθους τῶν ἀρχικῶς διαθεσίμων πυρήνων ἀνὰ μονάδα χρόνου, ἀκολουθεῖ νόμον, ὁ ὁποῖος ὁμοιάζει πολὺ μὲ τὸν στατιστικὸν νόμον τῆς θνησιμότητος ἀποικίας μικροοργανισμῶν, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν ὑπάρχουν γεννήσεις. Ἐξ ἄλλου, ἡ ἐκπομπὴ ἑνὸς σωματιδίου ἀπὸ τὸν πυρῆνα εἶναι ἐντελῶς τυχαῖον γεγονός, ἀνεξάρτητον ἀπὸ ἐνδεχομένην διάσπασιν γειτονικοῦ πυρῆνος καὶ δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ οἱανδήποτε ἐξωτερικὴν ἐπίδρασιν, π.χ. ἠλεκτρικὰ ἢ μαγνητικὰ πεδία, θερμοκρασίαν, πίεσιν, κλπ., τουλάχιστον διὰ τιμὰς τῶν μεγεθῶν αὐτῶν, τὰς ὁποίας μέχρι σήμερον διαθέτει ὁ ἄνθρωπος ὑπὸ τὸν ἔλεγχόν του.

Ἡ μελέτη τοῦ ρυθμοῦ καθ' ὃν διασπῶνται τὰ ἄτομα ραδιενεργοῦ τινος στοιχείου, ἐπιβάλλει νὰ θεωρήσωμεν τοὺς πυρῆνας ἐν ὡρισμένῃ ἐνεργειακῇ καταστάσει, κά-

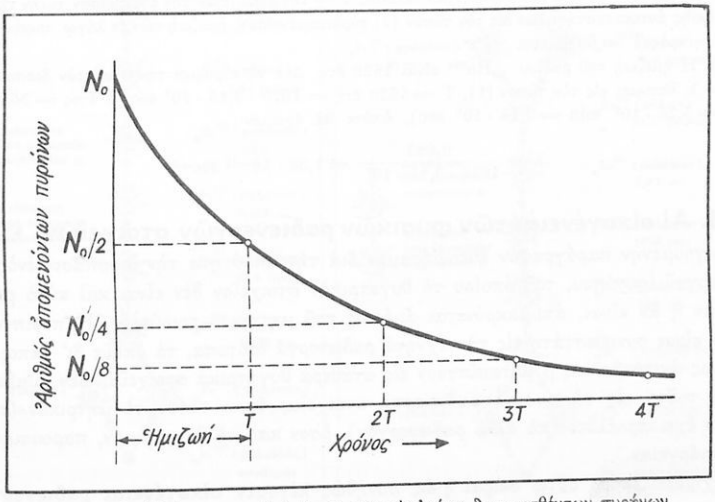
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ποτε δὲ τελείως τυχαίως προκαλεῖται τοιαύτη ἀναταραχὴ εἰς τὸν πυρῆνα, ὥστε νὰ ἐπακολουθῇ ἐκπομπὴ σωματιδίου τινός.

Μετὰ τὴν ἐκπομπὴν ὁ πυρὴν ἢ μεταπίπτει εἰς εὐσταθῆ κατάστασιν καὶ παραμένει ἐπ' ἄπειρον ἄνευ μεταβολῆς τινος, ἢ μεταπίπτει εἰς νέαν κατάστασιν, δυναμένην νὰ παρουσιάσῃ ἐκ νέου ραδιενέργειαν. Κατόπιν τούτου οἱ ραδιενεργοὶ πυρῆνες ὑφίστανται σειρὰν ὑποβαθμίσεων καὶ καταλήγουν τελικῶς εἰς τοὺς σταθεροὺς πυρῆνας. Παρατηροῦμεν λοιπὸν ὅτι εἷς πυρήν, π.χ. ραδίου, εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχῃ ζήσει ἑκατονταδας χιλιάδων ἐτῶν. Εἶναι ὅμως δυνατὸν καὶ ἐντὸς τοῦ προσεχοῦς δευτερολέπτου νὰ παύσῃ ὑφιστάμενος ἀφοῦ ἐκπέμψῃ σωματίδιον α. Ἡ πιθανότης τοῦ νὰ διασπασθῇ ἕνας ραδιενεργὸς πυρὴν ἐντὸς τοῦ προσεχοῦς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος εἶναι μικρὰ διὰ στοιχεῖα τινὰ (μακρόβια στοιχεῖα) καὶ δι' ἄλλα μεγάλη (βραχύβια στοιχεῖα). Ἑπομένως, ὁ ρυθμὸς τῆς διασπάσεως τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων εἶναι διὰ κάθε στοιχεῖον (ὀρθότερον ἰσότοπον) χαρακτηριστικὸς αὐτοῦ.

325. Ἡμιζωὴ (χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ). Μέση ζωή. Βάσει τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι εἰς κάθε στοιχεῖον ὡρισμένον σταθερὸν ποσοστὸν (λ) τῶν ἀτόμων του διασπᾶται ἀνὰ μονάδα χρόνου, δὲν ὑπάρχει δὲ καμμία δυνατότης ἐπιταχύνσεως ἢ ἐπιβραδύνσεως τοῦ ρυθμοῦ αὐτοῦ. Ὡς ἐκ τούτου ἕκαστον στοιχεῖον χαρακτηρίζεται ἀπὸ ὡρισμένον χρόνον, μετὰ τὸν ὁποῖον δοθεῖσα ἀρχικῶς ποσότης ἀπομένει ἡ ἡμίσεια. Ὁ χρόνος αὐτὸς καλεῖται **ἡμιζωὴ (T)** (ὄχι μέση ζωή), ἢ ἄλλως, **χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ** τοῦ στοιχείου.

Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τούτου καθίσταται προφανὲς ὅτι μετὰ πάροδον δύο ἡμιζωῶν (2T)



Σχ. 548. Ἐλάττωσις τοῦ ἀριθμοῦ τῶν μὴ ἀκόμη διασπασθέντων πυρήνων ραδιενεργοῦ ἰσοτόπου συναρτήσει τοῦ χρόνου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μᾶς ἀπομένει ποσότης ραδιενεργοῦ στοιχείου ἴση πρὸς τὸ 1/4 τῆς ἀρχικῆς (σχ. 548). Μετὰ πάροδον χρόνου τριῶν ἡμιζωῶν (3T) θὰ ἔχωμεν διαθέσιμα τὸ 1/8 τῶν ἀρχικῶν μας πυρήνων κ.ο.κ.

Μαθηματικῶς, ἡ σταθερὰ λ, ὀνομαζομένη **σταθερὰ διασπάσεως,** συνδέεται πρὸς τὴν ἡμιζωὴν T διὰ τῆς ἐξισώσεως[1] :

$$T = 0{,}693/\lambda \qquad (1)$$

Ἐκτὸς τῆς ἡμιζωῆς T, παριστώσης τὸν χρόνον μεθ' ὃν μᾶς ἀπομένουν τὰ 50 % τῶν ἀρχικῶς διαθεσίμων πυρήνων, χρησιμοποιεῖται πολλάκις καὶ ἡ **μέση ζωὴ (τ),** ὡς ὁ χρόνος μετὰ τὸν ὁποῖον ὑπολείπονται τὸ 1/e τῆς ἀρχικῆς ποσότητος. Ἐπειδὴ ὁ ἀριθμὸς e (βάσις τῶν φυσικῶν λογαρίθμων) εἶναι 2,7. . ., ἔπεται ὅτι ἡ μέση ζωὴ παριστᾷ τὸν χρόνον μεθ' ὃν ὑπολείπονται τὰ 37 % τῆς ἀρχικῆς ποσότητος, ἄρα ὁ χρόνος τ εἶναι μεγαλύτερος τῆς ἡμιζωῆς T. Αἱ ἀντίστοιχοι σχέσεις εἶναι :

$$(\text{μέση ζωή})\ \tau = \frac{1}{\lambda} = 1{,}44\ T\ (\text{ἡμιζωή}) \qquad (2)$$

Διὰ N_0 ἀρχικὸν ἀριθμὸν πυρήνων καὶ λ σταθερὰν διασπάσεως, θὰ μᾶς περισσεύσουν μετὰ χρόνον τινὰ t πυρῆνες, τόσοι, ὥστε νὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ (3)

καὶ ἀνὰ μονάδα χρόνου θὰ ἔχωμεν ἀριθμὸν διασπωμένων πυρήνων :

$$-\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N \qquad (4)$$

ὅπου N ὁ ἑκάστοτε θεωρούμενος ἀριθμὸς πυρήνων, τοῦ σημείου (—) δηλοῦντος ὅτι ἡ μεταβολὴ τοῦ N ἡ (ΔN) εἶναι μείωσις τοῦ N.

Παραδείγματα. 1) Εἰς ποσότητά τινα ραδιενεργῶν πυρήνων, συνισταμένην κατά τινα στιγμὴν ἐκ 30 000 πυρήνων, διαπιστοῦται ὅτι διασπῶνται 3 πυρῆνες ἀνὰ δευτερόλεπτον. Ἡ μέση ζωὴ τ προκύπτει ἐκ τῆς σχέσεως (4), ἐὰν θέσωμεν εἰς αὐτὴν $N = 30\,000$, $\Delta N = 3$ καὶ $\Delta t = 1$ sec, ὁπότε θὰ ἔχωμεν $3/1 \text{ sec} = \lambda \cdot 30\,000$, ἔνθα λ ἡ σταθερὰ διασπάσεως. Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν σχέσιν (2) εὑρίσκομεν τελικῶς $\tau = 10^4$ sec. Ἐὰν τὴν εὑρεθεῖσαν τιμὴν τῆς μέσης ζωῆς ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὸν τύπον (2) εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ἡμιζωὴ τῶν ἐν λόγῳ πυρήνων εἶναι ἴση πρὸς $T = 6930$ sec.

2) Ἡ ἡμιζωὴ τοῦ ραδίου $_{88}Ra^{226}$ εἶναι 1620 ἔτη. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν σταθερὰν διασπάσεως αὐτοῦ λ, θέτομεν εἰς τὸν τύπον (1), $T = 1620$ ἔτη $= 1620 \cdot 3{,}15 \cdot 10^7$ sec (1 ἔτος $= 365$ ἡμέραι $= 5{,}26 \cdot 10^5$ min $= 3{,}15 \cdot 10^7$ sec), ὁπότε θὰ ἔχωμεν :

$$\lambda = \frac{0{,}693}{1620 \cdot 3{,}15 \cdot 10^7} = 1{,}38 \cdot 10^{-11}\ \text{sec}^{-1}$$

326. Αἱ οἰκογένειαι τῶν φυσικῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον ἐθεωρήσαμεν διὰ τὴν ἁπλότητα τὴν διάσπασιν ἑνὸς ραδιενεργοῦ ἰσοτόπου, τοῦ ὁποίου τὸ θυγατρικὸν στοιχεῖον δὲν εἶναι καὶ αὐτὸ ραδιενεργὸν ἢ ἂν εἶναι, ἀπομακρύνεται ἀμέσως τοῦ μητρικοῦ τοιούτου. Ἡ περίπτωσις αὕτη εἶναι συνηθεστάτη εἰς τὰ τεχνητὰ ραδιενεργὰ ἰσότοπα, τὰ ὁποῖα δι' ἐκπομπῆς κυρίως ἀκτινοβολίας β μεταπίπτουν εἰς σταθερὰ θυγατρικὰ στοιχεῖα. Δὲν συμβαίνει ὅμως τοῦτο εἰς τὰ φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα, ὅπου τόσον τὸ μητρικὸν (τὸ ὁποῖον ἔχει προέλθει ἀπὸ ἄλλο ραδιενεργόν), ὅσον καὶ τὸ θυγατρικόν, παρουσιάζουν ραδιενέργειαν.

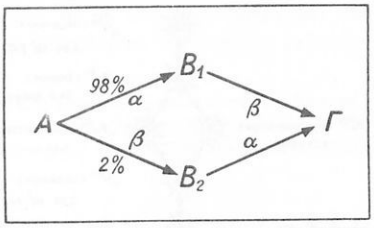
Σχηματίζονται οὕτω σειραὶ ἢ ὡς συνήθως λέγομεν **οἰκογένειαι ραδιενεργῶν**

[1] Ἡ σταθερὰ 0,693 εἶναι ὁ φυσικὸς λογάριθμος τοῦ 2.

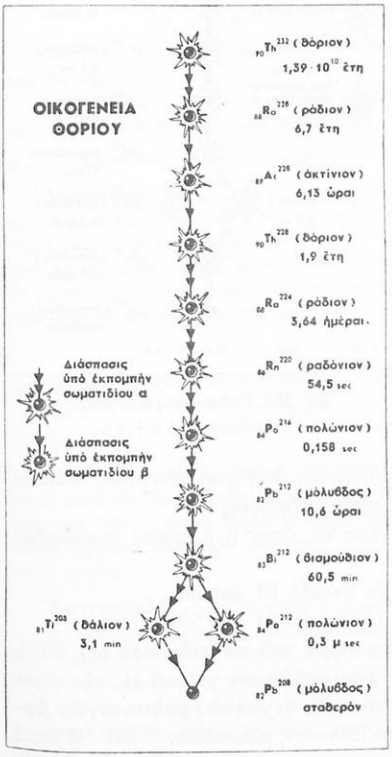
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

στοιχείων, αἱ ὁποῖαι ἀρχίζουν ἀπὸ ἓν λίαν μακρόβιον στοιχεῖον καὶ καταλήγουν εἰς ἓν σταθερὸν ἰσότοπον τοῦ μολύβδου.

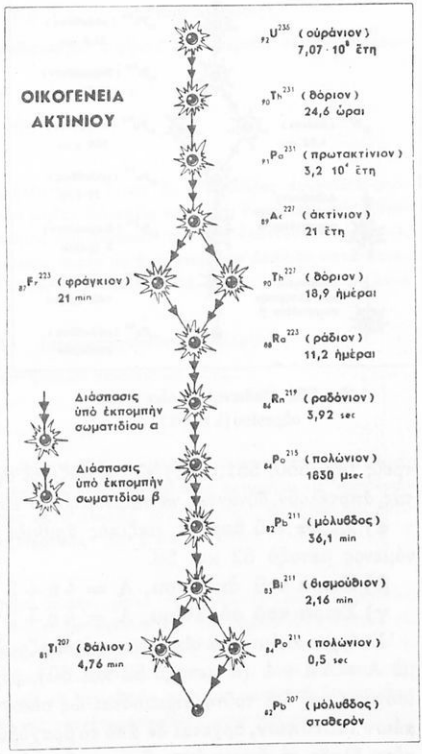
Εἰς πολλὰς περιπτώσεις δὲν ἔχομεν μοναδικὸν τρόπον ραδιενεργοῦ μετατροπῆς, ἀλλὰ δύναται τὸ στοιχεῖον, ἔστω τὸ Α, κατὰ μέγα ποσοστὸν νὰ μετατραπῇ δι' ἀκτινοβολίας α εἰς τὸ στοιχεῖον B_1 καὶ κατὰ τὸ ὑπόλοιπον μικρὸν ποσοστὸν δι' ἀκτινοβολίας β, εἰς τὸ στοιχεῖον B_2 (σχ. 549). Τὰ δύο αὐτὰ στοιχεῖα τῆς οὕτω πως ἐμφανισθείσης «διακλαδώσεως» εἶναι ραδιενεργά, εἰς τρόπον ὥστε νὰ καταλήγουν ἀμφότερα εἰς τὸ ἐν συνεχείᾳ μέλος τῆς οἰκογενείας, τὸ Γ. Αἱ οἰκογένειαι τῶν φυσικῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἶναι



Σχ. 549. Τὸ στοιχεῖον Γ προκύπτει ἐκ τῆς διασπάσεως τῶν στοιχείων B_1 καὶ B_2 τῆς διακλαδώσεως καὶ ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν κατὰ μονάδα μικρότερον τοῦ Α.

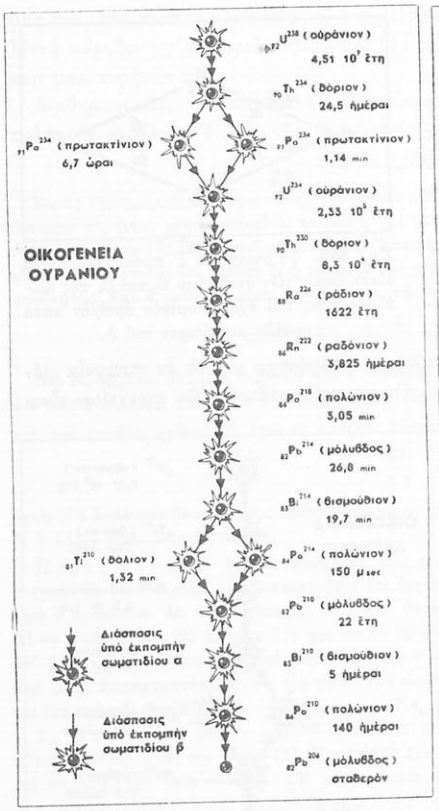


Σχ. 550. Ραδιενεργὸς οἰκογένεια θορίου (4n).



Σχ. 551. Ραδιενεργὸς οἰκογένεια ἀκτινίου (4n+3).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 552. Ραδιενεργὸς οἰκογένεια οὐρανίου $(4n+2)$.



Σχ. 553. Ραδιενεργὸς οἰκογένεια ποσειδωνίου $(4n+1)$.

τρεῖς (σχ. 550, 551, 552) καὶ οἱ μαζικοὶ ἀριθμοὶ τῶν διαφόρων ἰσοτόπων, τὰ ὁποῖα τὰς ἀποτελοῦν, δύνανται νὰ ταξινομηθοῦν εἰς τρεῖς κατηγορίας :

α) Σειρὰ τοῦ θορίου, μαζικὸς ἀριθμὸς $A = 4n$, ὅπου n ἀκέραιος περιλαμβανόμενος μεταξὺ 52 καὶ 58.

β) Σειρὰ τοῦ ἀκτινίου, $A = 4n+3$ (n μεταξὺ 51 καὶ 58).

γ) Σειρὰ τοῦ οὐρανίου, $A = 4n+2$ (n μεταξὺ 51 καὶ 59).

Ὑπάρχει ἀκόμη μία οἰκογένεια, ὀνομαζομένη **σειρὰ τοῦ ποσειδωνίου** (σχ. 553), μὲ $A = 4n+1$ (n μεταξὺ 52 καὶ 60), μὴ περιλαμβάνουσα γνωστὰ εἰς τὴν φύσιν ἰσότοπα καὶ διὰ τοῦτο σημειοῦται ὡς οἰκογένεια τῶν **τεχνητῶς ραδιενεργῶν βαρέων ἰσοτόπων,** ἀρχεται δὲ ἀπὸ τὸ βραχύβιον ἰσότοπον, πλουτώνιον — 241. Ἡ σειρὰ αὕτη ἔλαβε τὸ ὄνομα ἐκ τοῦ μακροβιωτέρου της στοιχείου, τοῦ ποσειδωνίου — 237,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ ὄχι ἐκ τοῦ ἀρχηγοῦ τῆς οἰκογενείας, τοῦ πλουτωνίου. Δὲν περιλαμβάνει ἀέριόν τι στοιχεῖον, ὡς αἱ προηγούμεναι, καὶ καταλήγει εἰς τὸ στοιχεῖον βισμούθιον καὶ ὄχι εἰς ἰσότοπόν τι τοῦ μολύβδου, ὡς αἱ τρεῖς οἰκογένειαι τῶν φυσικῶς ραδιενεργῶν ἰσοτόπων.

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Εἰς παλαιότερα βιβλία ἀναφέρεται ἡ σειρὰ τοῦ οὐρανίου μὲ τὰ ἑξῆς ὀνόματα : Οὐράνιον I (UI) ἀντὶ $_{92}U^{238}$, Οὐράνιον X_1 (UX_1) ἀντὶ $_{90}Th^{231}$, Οὐράνιον X_2 (UX_2) ἀντὶ $_{91}Pa^{234}$ (χρον. ὑποδ. 1,14 min), Οὐράνιον Z (UZ) ἀντὶ $_{91}Pa^{234}$ (χρον. ὑποδ. 6,7 h), Οὐράνιον II (UII) ἀντὶ $_{92}U^{234}$ κ.ο.κ.

327. Μεταβολαὶ τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων κατὰ τὴν ἐκπομπὴν α, β ἢ γ.

Ἀκτινοβολία — α. Ὡς εἴδομεν ἀνωτέρω τὰ σωματίδια α εἶναι πυρῆνες τοῦ ἀτόμου He, δηλαδὴ ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν $Z = 2$ καὶ μαζικὸν $A = 4$. Κατὰ ταῦτα ὁ πυρήν, ὁ ὁποῖος θὰ προκύψῃ ἀπό τινα ἄλλον πυρῆνα μετὰ τὴν ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου α (θυγατρικὸς πυρήν), θὰ ἔχῃ ἀτομικὸν ἀριθμὸν κατὰ δύο μονάδας καὶ μαζικὸν ἀριθμὸν κατὰ 4 μονάδας μικρότερον τοῦ μητρικοῦ. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ὁ θυγατρικὸς πυρὴν θὰ ἔχῃ δύο πρωτόνια καὶ δύο νετρόνια ὀλιγώτερα τοῦ μητρικοῦ. Συνεπῶς τὸ θυγατρικὸν ἰσότοπον θὰ προηγῆται τοῦ μητρικοῦ εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα κατὰ δύο θέσεις.

$$A_\Theta = A_M - 4 \qquad Z_\Theta = Z_M - 2 \qquad \text{(μεταστοιχείωσις)}.$$

Γενικῶς, τὴν ἐκπομπὴν σωματιδίων α ὑπὸ ραδιενεργοῦ πυρῆνος X, δυνάμεθα νὰ παραστήσωμεν ὡς ἑξῆς :

$$_ZX^M \longrightarrow {}_2He^4 + {}_{Z-2}Y^{M-4}$$

ὅπου $_{Z-2}Y^{M-4}$ ὁ προκύπτων θυγατρικὸς πυρήν,

π.χ. $_{88}Ra^{226} \longrightarrow {}_2He^4 + {}_{86}Rn^{222}$

Ἀκτινοβολία — β. Τὰ σωματίδια β ὡς ἠλεκτρόνια ἔχουν ἐν στοιχειώδες ἀρνητικὸν φορτίον, ἤτοι ἀτομικὸν ἀριθμὸν $Z = -1$ καὶ μαζικὸν μηδέν. Συνεπῶς κατὰ τὴν ἐκπομπὴν ἑνὸς ἀρνητικοῦ φορτίου ἐκ τοῦ πυρῆνος, ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ μητρικοῦ πυρῆνος ἐλαττοῦται κατὰ −1, ἤτοι αὐξάνει κατὰ μονάδα. Κατὰ ταῦτα ὁ θυγατρικὸς πυρὴν θὰ ἔχῃ ἀτομικὸν ἀριθμὸν κατὰ μονάδα μεγαλύτερον τοῦ μητρικοῦ, ἐνῷ μαζικὸν τὸν αὐτὸν καὶ συνεπῶς θὰ ἔπεται τοῦ μητρικοῦ κατὰ μίαν θέσιν εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα.

$$A_\Theta = A_M \qquad Z_\Theta = Z_M + 1 \qquad \text{(μεταστοιχείωσις, ἰσοβαρὴς)}$$

Τὴν ἐκπομπὴν σωματιδίων β δυνάμεθα νὰ παραστήσωμεν γενικῶς ὡς ἑξῆς :

$$_ZX^M \longrightarrow {}_{-1}e^0 + {}_{Z+1}Y^M$$

π.χ. $_{11}Na^{24} \longrightarrow {}_{-1}e^0 + {}_{10}Ne^{24}$

Τὸ ἠλεκτρόνιον δὲν προϋπάρχει ἐντὸς τοῦ πυρῆνος τοῦ β — ραδιενεργοῦ ἰσοτόπου, ἀλλὰ παράγεται κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς αὐτοῦ ἀπὸ τὴν μετατροπὴν ἑνὸς νετρονίου εἰς πρωτόνιον (βλ. σελ. 516). Οὕτως, ἐξηγεῖται καὶ ἡ αὔξησις κατὰ μονάδα τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει κατὰ τὴν ἐκπομπὴν + β ποζιτρονίων, (βλ. § 332), ὁπότε ἐλαττοῦται ὁ Z κατὰ μονάδα.

Ἀκτινοβολία — γ. Συνήθως ὁ προκύπτων πυρήν, μετὰ τὴν ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου α ἢ β, εὑρίσκεται εἰς διηγερμένην κατάστασιν, ὁπότε μεταπίπτει εἰς τὴν θεμελιώδη, δηλαδὴ εἰς τὴν εὐσταθεστέραν δυνατὴν κατάστασιν αὐτοῦ,διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἑνὸς ἢ περισσοτέρων φωτονίων γ.

Ἐπειδὴ ἓν φωτόνιον γ, οὔτε ἀτομικὸν οὔτε μαζικὸν ἀριθμὸν ἔχει, ἕπεται ὅτι, μετὰ τὴν ἐκπομπὴν γ, ὁ προκύπτων πυρὴν κατέχει τὴν αὐτὴν θέσιν εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα μετὰ τοῦ διηγερμένου τοιούτου, διότι δὲν ἐπέρχεται οὐδεμία μεταβολὴ εἰς τὸν ἀτομικὸν ἀλλὰ οὔτε καὶ εἰς τὸν μαζικὸν ἀριθμὸν τοῦ πυρῆνος.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ πειραμάτων, ἐξαιρετικῶς λεπτῶν, ἔχει ἐξακριβωθῆ ὅτι αἱ ἀκτῖνες γ χρονικῶς ἕπονται τῶν ἀκτινοβολιῶν α ἢ β. Κατὰ συνέπειαν, ἡ κυρίως ραδιενέργεια τοῦ πυρῆνος, ἀποδίδει μόνον σωματίδια α ἢ β (οὐδέποτε καὶ τὰ δύο μαζί), προκύπτει δὲ θυγατρικὸς πυρὴν ἀνήκων προφανῶς εἰς ἄλλο στοιχεῖον τοῦ περιοδικοῦ συστήματος (μεταστοιχείωσις). Ὁ σχηματισθεὶς πυρήν, δυνατὸν νὰ εἶναι σταθερός, ὁπότε δὲν ὑπάρχει λόγος ἄλλης ἐκπομπῆς, π.χ. ὁ τεχνητῶς καταστὰς ραδιενεργὸς φωσφόρος — 32, μετὰ τὴν ἐκπομπὴν β, μεταπίπτει εἰς θεῖον χωρὶς ἀκτινοβολίαν γ. Συνήθως, ὅμως, συμβαίνει νὰ δημιουργῆται θυγατρικὸς πυρὴν ἐν καταστάσει διεγέρσεως, ὁπότε καὶ ἠρεμεῖ δι' ἐκπομπῆς φωτονίων γ, ὅπως π.χ. τὸ ραδιενεργὸν κοβάλτιον —60 ἐκπέμπει β καὶ μεταστοιχειοῦται εἰς διηγερμένον νικέλιον, ὅπερ, ἐκπέμπον ἐν συνεχείᾳ φωτόνια γ, σταθεροποιεῖται. (Πρβλ. Θερμότητα ἀκτινοβολουμένην ἀπὸ κάνην ὅπλου μετὰ τὴν ἐκτίναξιν τοῦ βλήματος).

328. Ἀνιχνεύσεις καὶ μετρήσεις ἀκτινοβολιῶν. Ἀλληλεπίδρασις ἀκτινοβολιῶν καὶ ὑλικῶν σωμάτων. Κατὰ τὰς πυρηνικὰς διασπάσεις καὶ μεταβολάς, καθὼς καὶ κατὰ τοὺς βομβαρδισμοὺς στόχων ὑπὸ σωματιδίων, προερχομένων ἀπὸ ἐπιταχυντικὰς μηχανάς (βλ. § 337), παρουσιάζονται γενικῶς σωματίδια μεγάλης ἐνεργείας. Ταῦτα εἶναι εἴτε σωματίδια μεγάλης κινητικῆς ἐνεργείας, φορτισμένα ἠλεκτρικῶς, ὅπως τὰ σωματίδια α, τὰ σωματίδια β, τὰ πρωτόνια κλπ., ἢ ἀφόρτιστα, ὅπως τὰ νετρόνια, εἴτε ἀκτινοβολίαι ἠλεκτρομαγνητικῆς φύσεως, μεγάλης ἐνεργείας, ὅπως φωτόνια γ, ἢ φωτόνια ἀκτίνων Röntgen. Συνήθως πρόκειται περὶ μικτῶν ἀκτινοβολιῶν, ὅπως πράγματι συμβαίνει εἰς τὴν περίπτωσιν ἑνὸς ραδιενεργοῦ παρασκευάσματος.

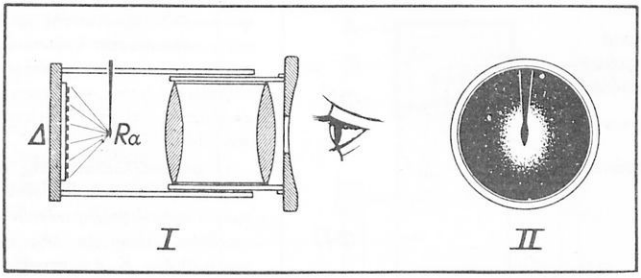
Ὅλαι αἱ ἀνωτέρω ἀκτινοβολίαι δύνανται νὰ ἀνιχνευθοῦν, νὰ διαπιστωθοῦν, ἀπὸ τὰς ἀλληλεπιδράσεις των μὲ τὰ ὑλικὰ σώματα. Εἶναι δὲ δυνατὸν—λόγῳ τῆς μεγάλης ἐνεργείας ἡ ὁποία τὰ χαρακτηρίζει—ἕκαστον σωματίδιον ἢ φωτόνιον νὰ διαπιστωθῆ κεχωρισμένως. Τοιαύτη εὐαισθησία εἰς τὰς μετρήσεις τῆς Φυσικῆς εἶναι σπανιωτάτη, πάντως δυνάμεθα σήμερον νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν ὕπαρξιν πυρηνικῆς διαταραχῆς ἐπισυμβάσης εἰς ἓν καὶ μόνον ἄτομον, εὑρισκόμενον ἐντὸς ἑνὸς τεραστίου πλήθους ἀτόμων.

Αἱ μετρητικαί μας μέθοδοι στηρίζονται ἐπὶ τῆς διαστάσεως, τοῦ ἰονισμοῦ ἢ τῆς διεγέρσεως τῶν μορίων καὶ ἀτόμων τοῦ ὑλικοῦ σώματος. Ἐκ τῶν προαναφερθέντων σωματιδίων, τὰ φορτισμένα σωματίδια δροῦν ἀμέσως, ἐνῷ τὰ ἀφόρτιστα σωματίδια, δηλαδὴ τὰ φωτόνια καὶ τὰ νετρόνια, δροῦν ἐμμέσως διὰ τῶν δευτερογενῶς ἐκλυομένων φορτισμένων σωματιδίων. Τὰ φορτισμένα σωματίδια ἀποβάλλουν τὴν κινητικήν των ἐνέργειαν, διότι ἡ ἐνεργειά των χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν ἰονισμόν, τὴν διέγερσιν τῶν ἀτόμων ἢ τὴν διάστασιν τῶν μορίων. Οὕτως, ἓν ἠλεκτρόνιον ἀρχικῆς ἐνεργείας 1 MeV δύναται νὰ παραγάγῃ 30 000 περίπου ζεύγη ἰόντων. Ἡ ἱκανότης διεισδύσεως τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι μεγάλη ἐν σχέσει πρὸς ἄλλα φορτισμένα σωματίδια, ἀλλὰ λόγῳ διαφόρων αἰτίων ταῦτα ἀποκλίνουν ἐντόνως κατὰ τὴν διαδρομήν των, μὲ ἄλλους λόγους διατρέχουν τὴν πορείαν των ὡς τεθλασμένην γραμμήν.

Αἱ πλέον χρήσιμοι σήμερον διατάξεις ἀνιχνεύσεως καὶ ἀπαριθμήσεως σωματιδίων εἶναι οἱ ἀπαριθμηταὶ σπινθηρισμῶν, οἱ ἀπαριθμηταὶ Geiger-Müller, καθὼς καὶ διατάξεις φωτογραφήσεως τῶν ἰχνῶν τῶν σωματιδίων. Κατωτέρω περιγράφομεν τὰς κυριωτέρας ἐξ αὐτῶν, συμπεριλαμβάνοντες καὶ τὸ σπινθηροσκόπιον Crookes δι' ἱστορικοὺς λόγους.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

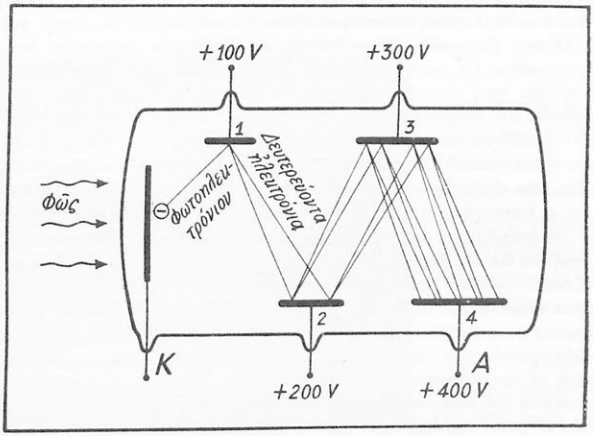
α) Σπινθηροσκόπιον Crookes (Κρούξ). Αἱ πρῶται μετρήσεις τοῦ πλήθους τῶν σωματιδίων α, τῶν ἐκπεμπομένων ἀπὸ ραδιενεργόν τινα οὐσίαν, ἐγένοντο ὑπὸ τοῦ Crookes, ὅστις καὶ κατεσκεύασεν εἰδικὸν πρὸς τοῦτο ὄργανον, ὀνομαζόμενον **σπινθηροσκόπιον.** Τοῦτο ἀποτελεῖται (σχ. 554) ἀπό



Σχ. 554. (Ι) Σπινθηροσκόπιον. (ΙΙ) Σπινθηρισμοὶ ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος στρώματος παρατηρούμενοι μέσῳ τῶν φακῶν τοῦ ὀργάνου.

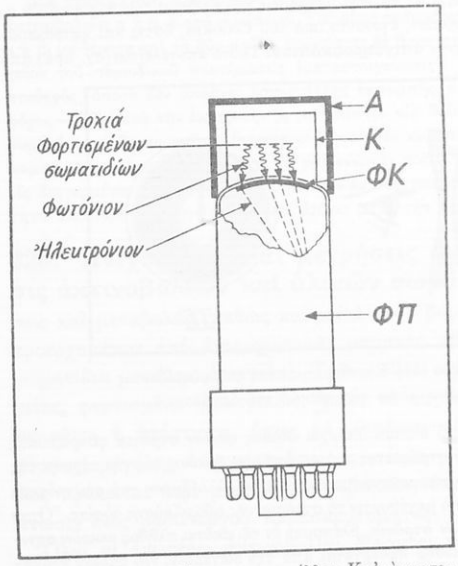
τινα μικρὸν σωληνίσκον, εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ ὁποίου ὑπάρχει δίσκος φέρων στρῶμα φθοριζούσης τινὸς οὐσίας. Εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ στρώματος τούτου ὑπάρχει βελόνη, εἰς τὴν αἰχμὴν τῆς ὁποίας εὑρίσκεται μικρὰ ποσότης ραδιούχου παρασκευάσματος. Εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ σωληνίσκου ἔχομεν ἕνα φακόν, διὰ τοῦ ὁποίου βλέπομεν ὑπὸ μεγέθυνσιν τὸ στρῶμα τῆς φθοριζούσης οὐσίας. Ὅταν παρατηρήσωμεν μέσῳ τοῦ φακοῦ τὸ φθορίζον στρῶμα, βλέπομεν ἐν τῷ σκότει πλῆθος μικρῶν σπινθηρισμῶν ἐπὶ τοῦ στρώματος. Ἕκαστος σπινθὴρ προέρχεται ἀπὸ τὴν διέγερσιν, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ εἰς τὰ μόρια τῆς φθοριζούσης οὐσίας ἡ ἐπ' αὐτῶν κρούσις σωματιδίων α ἐκ τῆς ραδιενεργοῦ οὐσίας. Ὅταν τὸ παρασκεύασμα τοῦ ραδίου εἶναι ἀρκετὰ ἀσθενές, δυνάμεθα μετ' ἀκριβείας νὰ μετρήσωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν σπινθήρων ἀνὰ ὥραν καὶ μὲ γνωστὴν τὴν στερεὰν γωνίαν τοῦ παρασκευάσματος ὡς πρὸς τὸν δίσκον καὶ τὴν παραδοχὴν ὅτι τὸ παρασκεύασμα ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις ὁμοιομόρφως, εὑρίσκομεν δι' ἀναγωγῆς πόσα σωματίδια α ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς ἐξεταζομένης οὐσίας ἀνὰ γραμμάριον καὶ ἀνὰ δευτερόλεπτον πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.

β) Ἀπαρίθμησις σπινθηρισμῶν. Σήμερον εἶναι γνωστὸς ἕνας μεγάλος ἀριθμὸς οὐσιῶν, αἱ ὁποῖαι δίδουν τὰ φαινόμενα τοῦ σπινθηρισμοῦ, ὅταν προσβάλλωνται ἀπὸ ἀκτινοβολίας. Διὰ τὰ σωματίδια β χρησιμοποιοῦμεν κυρίως ὀργανικὰς ἑνώσεις (ὅπως τοῦ ἀνθρακενίου ἢ στιλβενίου), ἐνῷ διὰ τὰς ἀκτῖνας γ χρησιμοποιοῦμεν ἀνοργάνους ἑνώσεις (ὅπως τὸ ἰωδιοῦχον νάτριον μετὰ προσμίξεών τινων). Αἱ ἑνώσεις αὗται, προσβαλλόμεναι ἀπὸ τὰς ἀκτι-



Σχ. 555. Σχηματικὸν διάγραμμα φωτοπολλαπλασιαστοῦ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 556. Συναρμολόγησις κρυστάλλου Κ ἐπὶ φωτοπολλαπλασιαστοῦ ΦΠ. Α, περίβλημα ἐκ φύλλου ἀργιλίου. ΦΚ, φωτοκάθοδος.

νοβολίας παράγουν μικρὰς λάμψεις, λόγῳ διεγέρσεως τῶν μορίων ἢ ἀτόμων των, παρατηροῦνται δὲ μὲ εἰδικὸν φωτοηλεκτρονικὸν ὄργανον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **φωτοπολλαπλασιαστὴς** καὶ διὰ τοῦ ὁποίου μετατρέπεται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια τοῦ σπινθῆρος εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, αὐξανομένη μέσῳ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου καὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου (σχ. 555).

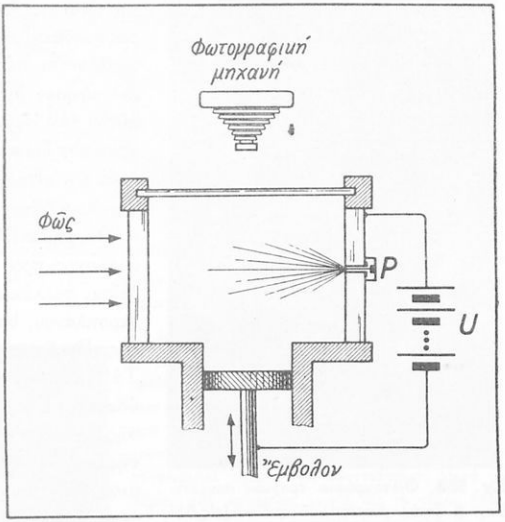
Ὁ φωτοπολλαπλασιαστὴς συνίσταται ἐκ μιᾶς φωτοπαθοῦς καθόδου καὶ ὡρισμένου ἀριθμοῦ βοηθητικῶν θετικῶν ἠλεκτροδίων. Ὅταν ἐκ τῆς (διαφανοῦς) φωτοκαθόδου Κ ἀποσπασθῇ ὑπὸ ἑνὸς φωτονίου ἓν ἠλεκτρόνιον, τοῦτο ἔλκεται πρὸς τὸ πρῶτον βοηθητικὸν ἠλεκτρόδιον, προσπίπτον δὲ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἠλεκτροδίου ἐκδιώκει ἐξ αὐτῆς 3-4 ἠλεκτρόνια. Ταῦτα ἕλκονται πρὸς τὸ ἑπόμενον ἠλεκτρόδιον, προσπίπτοντα δὲ ἐπ' αὐτοῦ ἐκδιώκουν ἕκαστον ἄλλα 3-4 ἠλεκτρόνια κ.ο.κ. Τὰ βοηθητικὰ ἠλεκτρόδια τῶν διαδοχικῶν βαθμίδων εἶναι κατὰ τοιοῦτον τρόπον διατεταγμένα, ὥστε ἕκαστον ἐκδιωκόμενον ἠλεκτρόνιον νὰ ἕλκεται πρὸς τὸ ἑπόμενον ἠλεκτρόδιον, ἐκ τοῦ ὁποίου ἀποσπᾷ ἕτερα δευτερογενῆ ἠλεκτρόνια κ.ο.κ. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ἐξ ἑκάστου ἀρχικοῦ φωτοηλεκτρονίου, προκύπτει μεγάλος ἀριθμὸς ἠλεκτρονίων εἰς τὸ τελικὸν ἠλεκτρόδιον Α καὶ συνεπῶς προκύπτει πολὺ μεγάλη ἐνίσχυσις τοῦ ἀρχικοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὁπότε εἶναι δυνατόν, τῇ βοηθείᾳ ἐνισχυτοῦ, λειτουργοῦντος μὲ ἠλεκτρονικὰς λυχνίας, νὰ καταμετρηθοῦν οἱ σπινθηρισμοὶ ὑπὸ μορφὴν ρευματικῶν ὠθήσεων.

Οὕτως, εἰς τοιοῦτος **ἀπαριθμητὴς σπινθηρισμῶν** ἀποτελεῖται ἐκ κρυστάλλου τινὸς ὀπτικῶς ἐφαπτομένου ἐπὶ φωτοπολλαπλασιαστικοῦ ὀργάνου (σχ. 556). Ἐν συνεχείᾳ, τὸ σύστημα τοῦτο συνδέεται πρὸς τροφοδοτικὴν συσκευὴν τάσεων καὶ ἐνισχυτικὴν διάταξιν. Αἱ τελικαὶ ρευματικαὶ ὠθήσεις εἴτε προκαλοῦν ἀναλαμπὰς εἰς μικρὰς λυχνίας ἀερίου νέου ἢ προκαλοῦν κινήσεις ἠλεκτρομαγνητικῶν καταμετρητῶν τοῦ τύπου τῶν καταμετρητῶν τηλεφωνικῶν συνδιαλέξεων, ὁπότε καὶ καταγράφονται οἱ ὑπὸ τοῦ φωτοπολλαπλασιαστοῦ παρατηρούμενοι σπινθηρισμοὶ τοῦ κρυστάλλου. Ἐφ' ὅσον οἱ σπινθηρισμοὶ προέρχονται ἀπὸ τὰ βομβαρδίσαντα τὸν κρύσταλλον σωματίδια β ἢ φωτόνια γ, ἐπιτυγχάνομεν τελικῶς τὴν καταμέτρησιν τῶν προσβαλλόντων τὸν κρύσταλλον σωματιδίων.

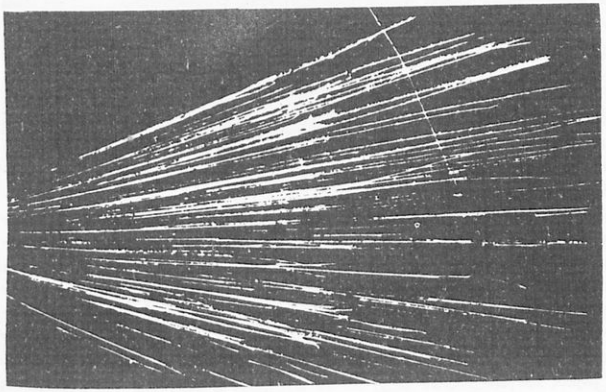
Οἱ ἀπαριθμηταὶ σπινθηρισμῶν εἶναι σήμερον εὐπαθέστατοι φωραταὶ ἀκτινοβολιῶν μὲ ἀρίστην ἀπόδοσιν διὰ τὰς ἀκτῖνας γ, διὰ τὰς ὁποίας ἄλλοι τρόποι ἀνιχνεύσεως καὶ καταμετρήσεως δὲν μᾶς ἐξυπηρετοῦν τόσον καλῶς. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι οἱ κρύσταλλοι σπινθηρισμοῦ, ὡς στερεὰ σώματα ἀποτελούμενα ἐξ ἀτόμων μᾶλλον μεγάλου ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ, παρουσιάζουν ἔντονον ἀπορρόφησιν εἰς τὰς ἀκτῖνας γ καὶ ἐφ' ὅσον τὰς ἀπορροφοῦν, ἡ ἐνέργειά των εὐκολώτερον ἀνιχνεύεται. Ἓν ἄλλο πλεονέκτημα τῶν σημερινῶν ἀπαριθμητῶν σπινθηρισμοῦ εἶναι ἡ ἱκανότης αὐτῶν νὰ διακρίνουν τὰ προκαλέσαντα τὸν σπινθηρισμὸν φωτόνια, διότι ἀναλόγως τῆς ἐνεργείας τῶν φωτονίων παρέχουν καὶ ἄλλης τιμῆς ρευματικὴν ὤθησιν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀπὸ τὸ πλῆθος καὶ τὸ ὕψος τῶν ὠθήσεων συμπεραίνομεν ἐπὶ τοῦ ἀριθμοῦ καὶ τῆς ἐνεργείας τῶν φωτονίων, τὰ ὁποῖα προσέβαλον τὸν σπινθηριστὴν (φασματοσκόπιον ἀκτίνων γ).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γ) Θάλαμος Wilson (Οὐίλσων). Μιὰ συσκευή, ἡ ὁποία ἐπιτρέπει τὴν παρατήρησιν τῶν τροχιῶν τῶν σωματιδίων εἶναι ὁ **θάλαμος Wilson.** Οὗτος ἀποτελεῖται ἐν τῇ ἁπλουστέρᾳ αὐτοῦ μορφῇ ἀπὸ ἓν μεταλλικὸν δοχεῖον ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχεται μῖγμα ἀέρος καὶ κεκορεσμένων ὑδρατμῶν (σχ. 557). Ἐντὸς τοῦ χώρου τούτου τοποθετεῖται συνήθως τὸ ραδιενεργὸν παρασκεύασμα καὶ φωτίζεται ὁ ὅλος θάλαμος πλευρικῶς, μέσῳ παραθύρου, διὰ λευκοῦ φωτός. Ἡ παρουσία τοῦ ραδιενεργοῦ παρασκευάσματος ἐντὸς τοῦ χώρου δὲν εἶναι ἀναγκαία, παρὰ μόνον ὅταν θέλωμεν νὰ εἴδωμεν τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ ἐν λόγῳ παρασκευάσματος, ἄλλως ὁ θάλαμος ἐκτίθεται ἁπλῶς εἰς ἀκτινοβολίαν τινά, ἔξωθεν προερχομένην, π.χ. εἰς τὴν κοσμικὴν ἀκτινοβολίαν (βλ. § 346). Κανονικῶς οὐδὲν παρατηροῦμεν ἐντὸς τοῦ χώρου τῶν κεκορεσμένων ἀτμῶν. Ὅταν ὅμως προκαλέσωμεν ἀπότομον ἐκτόνωσιν διὰ ταχείας μετακινήσεως τοῦ ἐμβόλου, τοῦ φράσσοντος ἐκ τῶν κάτω τὸ δοχεῖον, τότε ἡ πίεσις ἐλαττοῦται ἀποτόμως καὶ προκαλεῖται ψῦξις ἐξ ἐκτονώσεως (ἀπότομος αὔξησις τοῦ ὄγκου τοῦ κεκορεσμένου χώρου). Οἱ ἀτμοὶ καθίστανται ὑπέρκοροι καὶ τείνουν νὰ σχημα-



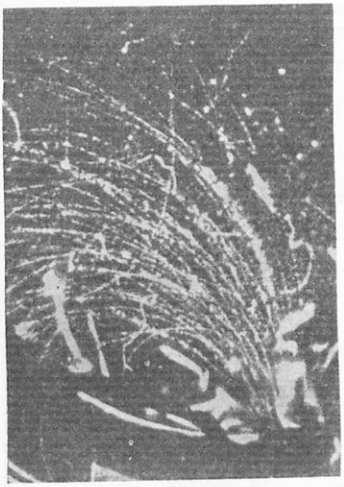
Σχ. 557. Θάλαμος Wilson (ἀρχή). Συγχρόνως πρὸς τὴν ἐκτόνωσιν γίνεται καὶ φωτογράφησις. Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον χρησιμεύει διὰ τὸν καθαρισμὸν τοῦ θαλάμου ἀπὸ ἰόντα πρὸ ἑκάστης ἐκτονώσεως.



Σχ. 558. Τροχιαὶ σωματιδίων α ἐντὸς θαλάμου Wilson.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

τίσουν σταγονίδια. Τὰ σταγονίδια ὅμως εἶναι δύσκολον νὰ σχηματισθοῦν ἐντὸς τοῦ ἀέρος τοῦ θαλάμου, διότι δὲν ὑπάρχουν ἰόντα, τὰ ὁποῖα νὰ ἀποτελέσουν κέντρα σταγονοποιήσεως. Ἐφ' ὅσον ὅμως διέρχεται σωματίδιόν τι, τὸ ὁποῖον ἰονίζει τὸν ἀέρα, παρατηροῦμεν σειρὰν σταγονιδίων, ἅτινα σχηματίζονται πέριξ τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ἐδημιούργησεν ἡ δίοδος τοῦ σωματιδίου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον παρατηροῦμεν ἐπὶ βραδὺ χρονικὸν διάστημα μία λευκὴν γραμμήν, ἡ ὁποία δὲν εἶναι ἄλλο τι παρὰ μία σειρὰ σταγονιδίων ὕδατος.



Σχ. 559. Φωτογραφία τροχιῶν σωματιδίων β ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (εἰς θάλαμον Wilson).

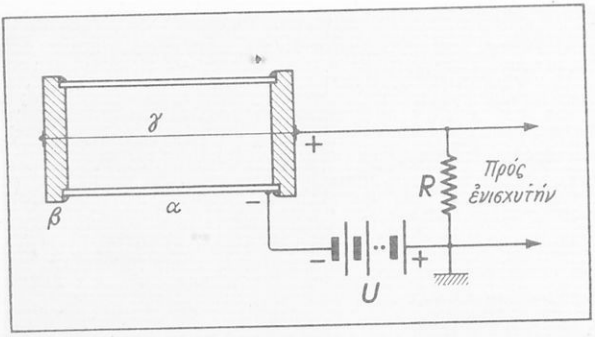
Ὁ σχηματισμὸς τῆς νεφώσεως αὐτῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν νέφωσιν, ἡ ὁποία παρατηρεῖται πολλάκις ὄπισθεν ἑνὸς πυραυλοκινήτου ἀεροπλάνου, ἱπταμένου εἰς ἀρκετὸν ὕψος, ἐντὸς εἰδικῶν συνθηκῶν ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Τὰ ἰονισμένα θερμὰ ἀέρια καὶ τὰ μόρια τοῦ ὕδατος, τὰ ὁποῖα ἐκτινάσσει ὁ κινητὴρ λόγῳ τῆς καύσεως τῆς βενζίνης (συντελούσης καὶ τῆς ψυχρᾶς ἀτμοσφαιρικῆς καταστάσεως), δημιουργοῦν σειρὰν σταγονιδίων ὄπισθεν τοῦ ἀεροπλάνου. Οὕτως, ἔχομεν λευκὴν ταινίαν νέφους, τὴν ὁποίαν δημιουργεῖ ἡ κίνησις τοῦ ἀεροπλάνου, τὸ ὁποῖον, σχεδὸν ἀόρατον λόγῳ τοῦ ὕψους, εὑρίσκεται ἐπὶ κεφαλῆς τῆς δημιουργουμένης νεφώσεως.

Ἀκριβῶς τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ εἰς τὸν θάλαμον Wilson, ὅπου τὸν ρόλον τοῦ ἀεροπλάνου παίζει τὸ ἰονίζον σωματίδιον. Συγχρόνως μὲ τὴν ἀπότομον πτῶσιν τῆς πιέσεως φωτογραφεῖται ὁ θάλαμος καὶ οὕτω λαμβάνονται φωτογραφίαι, ὡς αἱ τοῦ σχήματος 558. Ἐὰν ὁ θάλαμος τεθῇ ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἔχομεν καὶ καμπυλώσεις τῶν τροχιῶν (σχ. 559), λόγῳ ἐπιδράσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ κινουμένου ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἀποτελοῦν δὲ αἱ μετρήσεις τῶν ἀποκλίσεων αὐτῶν ἀρίστην μέθοδον διαγνώσεως τοῦ ποιοῦ τοῦ προκαλέσαντος τὴν νέφωσιν σωματιδίου.

δ) Φωτογραφικὴ μέθοδος παρατηρήσεως κινουμένων σωματιδίων. Ἡ δίοδος ἠλεκτρικῶς φορτισμένων σωματιδίων διὰ μέσου τῆς ὕλης εἶναι δυνατὸν νὰ φωτογραφηθῇ εἰς τὴν περίπτωσιν φωτοπαθοῦς γαλακτώματος.

Ὅταν ἓν σωματίδιον, τὸ ὁποῖον ἰονίζῃ, διέρχεται διὰ μέσου φωτοπαθοῦς στρώματος φωτογραφικῆς πλακὸς εἰδικῆς κατασκευῆς, τότε συναντᾷ κατὰ τὴν διαδρομήν του μικρὰ κρυσταλλίδια βρωμιούχου ἀργύρου καὶ προκαλεῖ διάστασιν τοῦ μορίου τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου, οὕτως ὥστε μετὰ τὴν ἐμφάνισιν τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς καὶ ὑπὸ μεγέθυνσιν διὰ μικροσκοπίου, νὰ παρατηροῦμεν σειρὰν μελανῶν στιγμάτων μεταλλικοῦ ἀργύρου (σχ. 560). Ἀπὸ τὴν μελέτην τῶν ἰχνῶν αὐτῶν δυνάμεθα σήμερον νὰ διαπιστώσωμεν ποῖον ἦτο τὸ σωματίδιον, τὸ ὁποῖον προεκάλεσε τὴν ἀναγωγὴν τοῦ ἀργύρου. Εἶναι εὐνόητον ὅτι μία διαδρομὴ πολλῶν ἑκατοστῶν εἰς τὸν ἀέρα ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ φωτοπαθὲς στρῶμα μὲ μῆκος ὀλίγων μικρῶν (π.χ. 50-60 μ), διότι ἡ πυκνότης τοῦ στρώματος διαφέρει πάρα πολὺ ἀπὸ τοῦ ἀέρος. Ἡ μέθοδος αὕτη ἐφηρμόσθη μὲ μεγάλην ἐπιτυχίαν εἰς τὴν με-

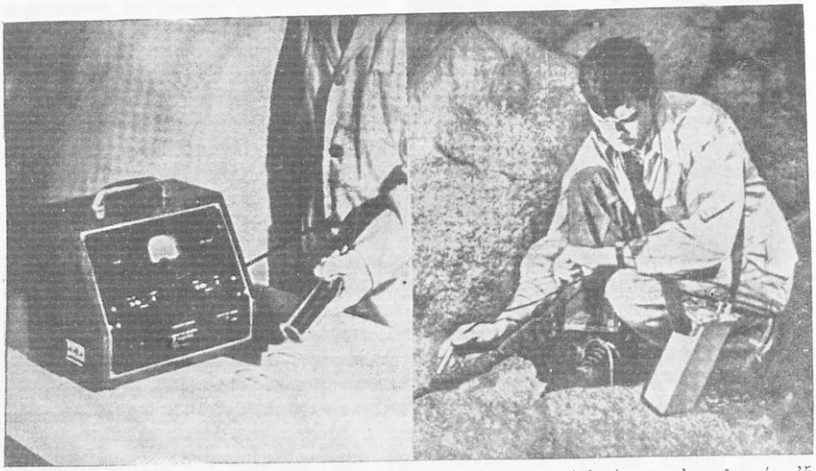
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 562. Συνδεσμολογία ἀπαριθμητοῦ Geiger-Müller. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται πρὸς τὴν Γῆν.

σεως (400-1500 V). Ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πηγῆς συνδέεται πρὸς τὴν Γῆν καὶ πρὸς ἐσωτερικὸν ἀγώγιμον τοίχωμα, εὑρισκόμενον ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος ἢ πρὸς τὸν μεταλλικὸν κύλινδρον, ἐὰν ὁ ἀπαριθμητὴς εἶναι ἐκ μετάλλου. Τὸ ἐντὸς τοῦ ἀπαριθμητοῦ ἀέριον εἶναι συνήθως μῖγμα ἀργοῦ μετὰ μικρᾶς ποσότητος ἀτμῶν ὀργανικῆς οὐσίας, π.χ. οἰνοπνεύματος, ὁλικῆς πιέσεως περίπου 0,1 τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ ὑάλινον ἢ μετάλλινον τοίχωμα εἶναι μᾶλλον λεπτόν, ὥστε νὰ μὴ ἀπορροφᾷ τὰς ἐκ τῶν ἔξω προσβαλλούσας τὸν ἀπαριθμητὴν ἀκτινοβολίας.

Προκειμένου περὶ σωματιδίων β, ἢ περὶ σωματιδίων α, τῶν ὁποίων ἡ ἱκανότης διεισδύσεως εἶναι πολὺ μικρά, χρησιμοποιεῖται ἀπαριθμητής, φέρων εἰδικὸν λεπτὸν παράθυρον ἐκ μαρμαρυγίου ἢ ἄλλης τινὸς οὐσίας. Λόγῳ τῆς μεγάλης σχετικῶς διαφορᾶς δυναμικοῦ μεταξὺ ἀνόδου-καθόδου, ὁ ἀπαριθμητὴς εὑρίσκεται εἰς πολὺ ἀσταθῆ κατάστασιν ἀπὸ πλευρᾶς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως καὶ εὐθὺς ὡς διέλθῃ μέσῳ αὐτοῦ



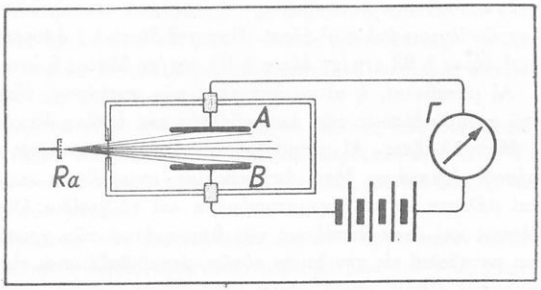
Σχ. 563. (Ι) Συσκευὴ ἀνιχνεύσεως καὶ μετρήσεως σωματιδίων β καὶ ἀκτίνων γ, ἀποτελουμένη ἐξ ἀπαριθμητοῦ, ἐνισχυτοῦ καὶ μετρητοῦ. (ΙΙ) Χρησιμοποίησις ἀπαριθμητικῆς διατάξεως διὰ τὴν ἀνεύρεσιν ραδιενεργῶν πετρωμάτων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἰονίζον σωματίδιον, προκαλεῖται μία ταχέως ἐξαπλουμένη καθ' ὅλον τὸ σῶμα του ἐκκένωσις καὶ συνεπείᾳ ταύτης διέρχεται ρεῦμα διὰ μέσου ἀντιστάσεώς τινος, ἡ ὁποία εἶναι ἐν σειρᾷ συνδεδεμένη πρὸς τὸν ἀπαριθμητήν. Λόγῳ τῆς ἀντιστάσεως ταύτης καὶ τῶν ἀτμῶν τῆς ὀργανικῆς οὐσίας, τῆς ὑπαρχούσης ἐν μίγματι μετὰ τοῦ ἀερίου τοῦ ἀπαριθμητοῦ, ἡ ἐκκένωσις δὲν συντηρεῖται, ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα του πίπτει καὶ μόριά τινα τῆς ὀργανικῆς οὐσίας διίστανται εἰς ἁπλούστερα συστατικὰ (π.χ. τῶν ἀτμῶν τοῦ οἰνοπνεύματος προκύπτουν διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, ὕδωρ, μεθάνιον, κλπ.). Οὕτως, ὁ ἀπαριθμητὴς ἀποσβέννυται καὶ ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικήν του κατάστασιν ἕτοιμος νὰ ἐπαναλάβῃ τὸ αὐτὸ μόλις διεγερθῇ ἀπὸ νέον ἰονίζον σωματίδιον.

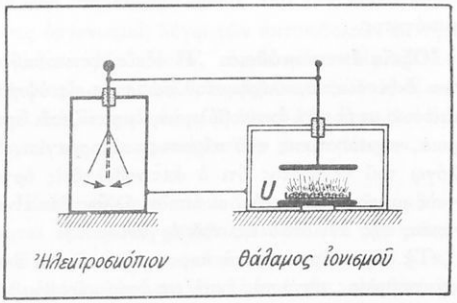
Ὁ ἀπαριθμητὴς Geiger-Müller ἀντιδρᾷ εὐκόλως εἰς τὰ σωματίδια α καὶ β, ἐνῷ εἰς τὰς ἀκτῖνας γ ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι πολὺ χαμηλὴ καὶ διὰ τοῦτο, ὡς προηγουμένως ἀνεφέραμεν, χρησιμοποιοῦμεν κυρίως δι' αὐτὰς τοὺς ἀπαριθμητὰς σπινθηρισμῶν.

στ) Θάλαμοι ἰονισμοῦ. Ὁ θάλαμος ἰονισμοῦ εἶναι εἷς μεταλλικὸς συνήθως θάλαμος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχουν δύο ἠλεκτρόδια (σχ. 564) ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἕν εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι τὸ μέταλλον τοῦ θαλάμου. Τὸ ἕτερον ἠλεκτρόδιον εἶναι καλῶς μονωμένον καὶ συγκοινωνεῖ μὲ φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον. Ὁ θάλαμος ἰονισμοῦ εἶναι τὸ ἱστορικῶς πρῶτον ὄργανον μετρήσεων τῶν ἀκτινοβολιῶν καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ χρησιμοποιῆται καὶ σήμερον ὑπὸ διαφόρους διαμορφώσεις. Οὕτως, εἶναι δυνατὸν τὸ μονωμένον ἠλεκτρόδιόν του νὰ συγκοινωνῇ μετὰ φορτισμένου ἠλεκτροσκοπίου, τὸ ὁποῖον, εὐθὺς ὡς δημιουργηθῇ ἐντὸς τοῦ θαλάμου ὁ ἰονισμός, ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται (σχ. 565).



Σχ. 564. Συνδεσμολογία θαλάμου ἰονισμοῦ. Αἱ ὑπὸ τοῦ ραδιενεργοῦ παρασκευάσματος ἐκπεμπόμεναι ἀκτινοβολίαι εἰσερχόμεναι ἐντὸς τοῦ θαλάμου προκαλοῦν ἰονισμὸν τοῦ ἀερίου αὐτοῦ.

Ἡ μεγαλυτέρα ταχύτης ἐκφορτίσεως μᾶς δεικνύει τὸ μεγαλύτερον ἀνὰ δευτερόλεπτον σχηματιζόμενον ὑπὸ τῆς ἀκτινοβολίας πλῆθος ἰόντων καὶ ἐκ τούτου συμπεραίνομεν διὰ τὸν ρυθμὸν τῆς ἀπορροφηθείσης ἐνεργείας ἐντὸς τοῦ θαλάμου ὡς καὶ διὰ τὸν ἀριθμὸν τῶν διελθόντων σωματιδίων εἰς τὴν θέσιν ὅπου ἔχει τεθῇ ὁ θάλαμος τοῦ ἰονισμοῦ. Ὅσον ἡ ἐκφόρτισις τοῦ ἠλεκτροσκοπίου εἶναι μεγαλυτέρα, μετὰ ὡρισμένον χρονικὸν διάστημα ἐκθέσεώς του εἰς ἀκτινοβολίαν, τόσον τὸ πλῆθος τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ἐσχηματίσθησαν κατὰ τὸ ἐν λόγῳ χρονικὸν διάστημα ἦτο μεγαλύτερον, δηλαδὴ ἡ ἀπορροφηθεῖσα ἐνέργεια ὑπῆρξε μεγαλυτέρα.



Σχ. 565. Αἱ ὑπὸ τῆς ραδιενεργοῦ οὐσίας ἐκπεμπόμεναι ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν ἰονισμὸν τοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων τοῦ θαλάμου ἀερίου καὶ ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων τοῦ φορτισμένου ἠλεκτροσκοπίου ἐλαττοῦται.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Μικρὸς φορητὸς θάλαμος ἰονισμοῦ, συνδεδεμένος μὲ μικροῦ ἐπίσης σχήματος φορτιζόμενον ἑκάστοτε ἠλεκτροσκόπιον, ὥστε τὸ ὅλον συγκρότημα νὰ ὁμοιάζῃ πρὸς στυλογράφον, χρησιμοποιεῖται ὡς ἀ τ ο μ ι κ ὸ ν δ ο σ ί μ ε τ ρ ο ν, φερόμενον καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς ἐργασίας ἀτόμου τινὸς πλησίον πηγῆς ἀκτίνων γ ἢ Röntgen.

329. Βιολογικὴ δρᾶσις τῶν ἀκτινοβολιῶν. Αἱ ἐκ τῶν ραδιοϊσοτόπων, ἀντιδραστήρων, ἐπιταχυντικῶν μηχανῶν καὶ πυρηνικῶν ἐκρήξεων, ἰονίζουσαι ἀκτινοβολίαι, προκαλοῦν σημαντικὰς μεταβολὰς ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώντων ὀργανισμῶν.

Εἰς τὰς ἐφαρμογὰς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν ποία εἶναι ἡ ἀπορροφουμένη ὑπὸ σώματός τινος ἐνέργεια, εἰς θέσιν τινὰ πρὸ τῆς πηγῆς ἀκτινοβολίας τινός, ἐὰν τὸ σῶμα ἐτίθετο εἰς τὴν ἐν λόγῳ θέσιν. Τὴν ἐνέργειαν τὴν ἀπορροφουμένην ὑπὸ 1 cm^3 (ἢ ἐντὸς 1 gr) τεθέντος εἰς περιοχήν τινα πεδίου ραδιενεργῶν ἀκτινοβολιῶν, καλοῦμεν δόσιν. Ὡς μονὰς «δόσεως» λαμβάνεται τὸ **1 röntgen (1 r),** τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς ποσότητα ἀκτινοβολίας γ ἢ Röntgen προκαλοῦσαν τὸν σχηματισμὸν $2{,}1 \cdot 10^9$ ζευγῶν ἰόντων ἀνὰ cm^3 ἀέρος. Παριστᾷ δὲ τὸ 1 r ἀπορρόφησιν ἐνεργείας 0,107 erg/cm^3 ἀέρος ἢ 83 erg/gr ἀέρος ἢ 93 erg/gr ὕδατος ἢ ἱστοῦ.

Αἱ μεταβολαί, ἢ αἱ καταστροφαὶ τῶν κυττάρων, ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ ποσοῦ καὶ τοῦ ρυθμοῦ δόσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν τὰς ὁποίας ἀπορροφοῦν ταῦτα.

Μεταλλάξεις. Αἱ μεταβολαί, τὰς ὁποίας ὑφίστανται τὰ κύτταρα, ὅταν ἀπορροφήσουν ὡρισμένην δόσιν ἀκτινοβολίας, σημειοῦνται κυρίως εἰς τὸν πυρῆνα αὐτῶν καὶ μάλιστα εἰς τὰ χρωματοσώματα καὶ τὰ γονίδια. Οὕτω, διὰ θραύσεως, ἀνασυνδέσεως καὶ ἀνακατατάξεως τῶν θραυσμάτων τῶν χρωματοσωμάτων δημιουργοῦνται μεταβολαὶ εἰς τὴν δομὴν αὐτῶν, μεταβιβαζόμεναι εἰς τὰ θυγατρικὰ κύτταρα. Αἱ τοιούτου εἴδους μεταλλάξεις (χρωματοσωματικαὶ μεταλλάξεις) ὀδηγοῦν, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, εἰς ἐκφύλισιν τῶν κυττάρων.

Αἱ μεταλλάξεις, αἵτινες ὀδηγοῦν εἰς δημιουργίαν ποικιλίας ὀργανισμῶν, ὀφείλονται εἰς μεταβολὰς τῶν μορίων τῶν γονιδίων (γονιδιακαὶ μεταλλάξεις), τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται ἐπὶ τῶν χρωματοσωμάτων καὶ ἀποτελοῦν τοὺς φορεῖς τῆς κληρονομικότητος.

Ὀξεῖα ἀκτινοπάθεια. Ἡ ὀξεῖα ἀκτινοπάθεια εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ὀλιγοχρόνου ἐκθέσεως ὁλοκλήρου τοῦ σώματος εἰς ὑψηλὴν δόσιν ἀκτινοβολίας. Κατ' αὐτήν, ἀμέσως μετὰ τὴν ἀκτινοβόλησιν, ἐμφανίζεται ὑπότασις καὶ ἐν συνεχείᾳ ἔμετοι, διάρροια, συμπύκνωσις τοῦ αἵματος, αἱμορραγίαι, γαστρεντερικὰ ἕλκη καὶ μολύνσεις, λόγῳ τοῦ γεγονότος ὅτι ὁ ἀκτινοβοληθεὶς ὀργανισμὸς καθίσταται εὐαίσθητος εἰς τοὺς μικροοργανισμούς, οἱ ὁποῖοι ἄλλως δὲν εἶναι παθογόνοι διὰ ὑγιᾶ ἄτομα (ἐλάττωσις τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὀργανισμοῦ).

Τὰ συμπτώματα αὐτὰ παρετηρήθησαν ἐπὶ ἀτόμων ἐκτεθέντων εἰς ἰσχυρὰς δόσεις ἀκτινοβολίας, κατὰ τὰς ἐκρήξεις ἀτομικῶν βομβῶν τῆς Χιροσίμα καὶ τοῦ Ναγκασάκι.

Οὕτως: α) Ἄτομα δεχθέντα δόσιν 600 r ἢ καὶ μεγαλυτέραν, παρουσίασαν ἀκαταστάσχετους ἐμέτους ὀλίγας ὥρας μετὰ τὴν ἔκρηξιν καὶ τὰς ἑπομένας ἡμέρας μεγάλην καταβολὴν τῶν δυνάμεων, διάρροιαν, φλεγμονὴν στόματος καὶ φάρυγγος νεκρωτι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κοῦ χαρακτῆρος μετὰ πυρετοῦ, μετ' ὀλίγας δὲ ἡμέρας ἐπῆλθεν ὁ θάνατος (ὑπεροξεῖα μορφή).

β) Ἄτομα δεχθέντα 300-400 r, περίπου, παρουσίασαν ναυτίαν καὶ ἐμέτους ὀλίγον μετὰ τὴν ἔκρηξιν, οὐχὶ ὅμως μακρᾶς διαρκείας. Μετὰ μίαν ἕως τρεῖς ἑβδομάδας ἐνεφανίσθη τριχόπτωσις, ἐρύθημα, διάρροια (συνήθως αἱματηρά), ἐξελκώσεις τοῦ δέρματος, τοῦ στόματος καὶ τοῦ φάρυγγος, μολύνσεις καὶ ἀναιμία. Εἰς τὰς περιπτώσεις μὴ ἐγκαίρου θεραπευτικῆς ἐπεμβάσεως ἐσημειώθησαν θάνατοι ἐπὶ 50 % τῶν πληγέντων (ὀξεῖα μορφή).

γ) Τέλος, ἐπὶ ἀτόμων δεχθέντων 100-200 r ἐσημειώθησαν τὰ συμπτώματα τῆς προηγουμένης (β) κατηγορίας, ἀλλὰ ἐλαφρότερα. Τὰ ἄτομα ταῦτα ἐπέζησαν ἐφ' ὅσον ἡ ἀκτινοπάθεια δὲν ἐσυνοδεύετο ὑπὸ ἐγκαυμάτων ἢ τραυματισμῶν.

Ἡ θνησιμότης ἐκ τῆς ὀξείας ἀκτινοπαθείας δύναται νὰ ἐλαττωθῇ δι' ἐπανειλημμένων μεταγγίσεων αἵματος, διὰ χορηγήσεως ἀντιβιοτικῶν κλπ., ἀλλὰ παραμένει ποιά τις τάσις πρὸς καρκῖνον.

Χρονία ἀκτινοπάθεια. Αὕτη εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς περιοδικῆς ἐπὶ ἱκανὸν χρόνον, ἢ συνεχοῦς ἐκθέσεως ἑνὸς ὀργανισμοῦ εἰς μικρὰς δόσεις ἀκτινοβολίας. Χρονίαν ἀκτινοπάθειαν παρουσιάζουν κυρίως ἄτομα χειριζόμενα πηγὰς ἢ συσκευὰς ἀκτινοβολιῶν, ἢ ἄτομα ὑποκείμενα εἰς ραδιοθεραπείαν ἐπὶ μακρόν.

Τὰ ἐμφανιζόμενα συμπτώματα εἶναι ἀνορεξία, ναυτία, ἔμετοι, διάρροια, κεφαλαλγία, ἴλιγγοι, ἀϋπνία, αἴσθημα κοπώσεως, ὑπότασις καὶ καρδιακὴ ἀρρυθμία. Τὰ συμπτώματα αὐτὰ εἶναι ἐντονώτερα, ὅταν ἀκτινοβολῆται ἡ κοιλία, παρὰ ὁ θώραξ, καὶ συνοδεύονται ὑπὸ αὐξήσεως τῶν οὔρων.

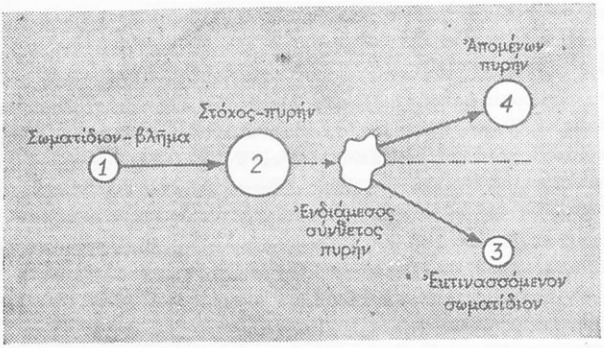
Λόγῳ τῆς βλαβερᾶς ἐπιδράσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν ἐπὶ τῶν ὀργανισμῶν καταδεικνύεται πόσον ἀναγκαία εἶναι ἡ λῆψις προστατευτικῶν μέτρων διὰ τοὺς χειριζομένους ὄργανα ἢ πηγὰς ἀκτινοβολιῶν. Οὕτως, ἔχει ἀποδειχθῆ ὅτι οἱ ἀσχολούμενοι μὲ ἐργασίας σχετικὰς μὲ ἀκτῖνας Röntgen καὶ ραδιοϊσότοπα, δέον νὰ μὴ δέχωνται δόσεις ἀνωτέρας τῆς μ ε γ ί σ τ η ς ἀ ν ε κ τ ῆ ς δ ό σ ε ω ς, ἡ ὁποία ἀνέρχεται εἰς 0,1 r καθ' ἑβδομάδα. Εἰς αὐτὴν τὴν δόσιν, ἡ καρκινογόνος δρᾶσις τῶν ἀκτινοβολιῶν εἶναι μηδαμινή, ὁ δὲ γενετικὸς κίνδυνος ἀσήμαντος.

Δέον νὰ σημειωθῇ ὅτι ὅλοι οἱ ζῶντες ὀργανισμοί, λόγῳ τῶν ἀκτινοβολιῶν ἐκ τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας, ἐκ φυσικῶν ραδιενεργῶν οὐσιῶν, εὑρισκομένων εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, εἰς τὸ ἔδαφος καὶ ἐντὸς τοῦ σώματος αὐτῶν, λαμβάνουν κατ' ἔτος δόσιν 0,15 r. Ἡ δόσις αὕτη εἶναι πολὺ μικρὰ διὰ νὰ προκαλέσῃ βλάβας, ἂν καὶ πολλαὶ ἐκ τῶν γονιδιακῶν μεταλλάξεων ἀποδίδονται εἰς τὴν φυσικὴν αὐτὴν ἀκτινοβόλησιν.

330. Πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις. Ἐκτὸς τῆς αὐτομάτου διασπάσεως τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων, ἕκαστος πυρὴν δύναται νὰ ὑποστῇ μεταβολήν τινα καὶ τεχνητῶς. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ βομβαρδισμοῦ αὐτῶν διὰ κινουμένων σωματιδίων (π.χ. α, πρωτόνια κλπ.) μεγάλης ταχύτητος, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἐπετεύχθη **πυρηνικὴ ἀντίδρασις.**

Εἰς τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις διακρίνομεν τὸ σωματίδιον - βλῆμα, τὸν στόχον - πυρῆνα, τὸν ἐνδιάμεσον τυχὸν πυρῆνα, τὸ ἐκτινασσόμενον ωματίδιον, τὸν ἀπομέ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 566. Σχηματικὸν διάγραμμα πυρηνικῆς ἀντιδράσεως.

νοντα νέον πυρῆνα (ἀσταθῆ ἢ εὐσταθῆ ἢ διηγερμένον) καὶ τέλος τὴν ἐκλυομένην ἐνέργειαν Q (σχ. 566).

Τὰς μεγάλας ταχύτητας τῶν χρησιμοποιουμένων βλημάτων προσδίδομεν εἰς αὐτὰ τῇ βοηθείᾳ τῶν κατωτέρω περιγραφομένων ἐπιταχυντικῶν διατάξεων. Εἶναι δὲ αἱ ταχύτητες αὗται ἀπαραίτητοι διὰ τὴν ὑπερνίκησιν, ὑπὸ θετικῶς φορτισμένου σωματιδίου, τῆς ἀπωστικῆς δυνάμεως, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἐπ' αὐτοῦ τὸ πεδίον Coulomb τοῦ θετικῶς φορτισμένου πυρῆνος, ὥστε τοῦτο νὰ κατορθώσῃ νὰ εἰσέλθῃ ἐντὸς αὐτοῦ καὶ νὰ συμβῇ ἡ πυρηνικὴ ἀντίδρασις. Διὰ τὸ νετρόνιον, λόγῳ τῆς ἐλλείψεως φορτίου ἐπ' αὐτοῦ, δὲν ἀπαιτοῦνται ταχύτητες ἵνα τοῦτο εἰσχωρήσῃ εἰς τὸν πυρῆνα καὶ ἐκτελέσῃ πυρηνικὴν ἀντίδρασιν. Διὰ τοῦτο περισσότερον δραστικὰ εἶναι τὰ βραδέα νετρόνια συλλαμβανόμενα εὐκόλως ὑπὸ τῶν πυρήνων.

Συμβολικῶς (στενογραφικῶς) γράφομεν τὴν ἀντίδρασιν μὲ πρῶτον τὸν στόχον-πυρῆνα, ἀνοίγομεν παρένθεσιν, γράφομεν τὸ σωματίδιον-βλῆμα, θέτομεν κόμμα καὶ γράφομεν τὸ ἀποβαλλόμενον σωματίδιον, κλείομεν τὴν παρένθεσιν καὶ σημειοῦμεν ἔξω αὐτῆς τὸν ἀπομένοντα πυρῆνα. Ἐὰν ὁ νέος πυρὴν εἶναι ραδιενεργός, θέτομεν συνήθως πλησίον τοῦ μαζικοῦ του ἀριθμοῦ ἕνα ἀστερίσκον.

***Παραδείγματα.** 1. Ἡ πρώτη ἐπιτευχθεῖσα μεταστοιχείωσις ὀφείλεται εἰς τὸν Rutherford (1919) καὶ συμβαίνει κατὰ τὴν προσβολὴν πυρῆνος ἀζώτου $_7N^{14}$ μὲ σωματίδια α ἔχοντα ἐνέργειαν ἀνωτέραν ὁρίου τινὸς (κατώφλιον ἀντιδράσεως). Ἐνδιαμέσως σχηματίζεται ἀσταθὴς πυρὴν φθορίου —18, διασπώμενος, ἅμα τῷ σχηματισμῷ του, εἰς πυρῆνα σταθεροῦ ἰσοτόπου τοῦ ὀξυγόνου ($_8O^{17}$) καὶ πρωτόνιον ($_1H^1$).

Κατὰ τὴν μεταστοιχείωσιν Rutherford τὰ προϊόντα τῆς ἀντιδράσεως ἔχουν μικροτέραν ὁλικὴν κινητικὴν ἐνέργειαν, ἀπὸ ὅ,τι εἶχε τὸ σωματίδιον α.

Τοιαύτη ἀντίδρασις ἀπορροφῶσα ἐνέργειαν (—Q) ὀνομάζεται κατὰ τὴν χημικὴν ὁρολογίαν, ἐ ν δ ό θ ε ρ μ ο ς, ἐνῷ συνήθης ἀντίδρασις μὲ ἔκλυσιν ἐνεργείας (ἔλλειμμα μάζης) καλεῖται ἐ ξ ώ θ ε ρ μ ο ς. Ὅθεν :

$$_7N^{14} + {}_2He^4 \rightarrow (_9F^{18}) \rightarrow {}_8O^{17} + {}_1H^1$$

ἢ συμβολικῶς

$$_7N^{14}\,(\alpha,p)\,{}_8O^{17} \qquad Q = -1{,}16\ \text{MeV}$$

331. Τεχνητὴ ραδιενέργεια. Πολλοὶ πυρῆνες, παραγόμενοι ἀπὸ πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, δὲν εἶναι σταθεροὶ ἀλλὰ μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου διασπῶνται μεταπίπτοντες εἰς σταθερούς. Στοιχεῖα, τῶν ὁποίων οἱ πυρῆνες προκύπτουν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ εἶναι ἀσταθεῖς ὀνομάζονται **τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα** ἢ **ραδιενεργὰ ἰσότοπα** μὴ ἀπαντῶντα εἰς τὴν φύσιν. Ταῦτα ἔχουν τὰς αὐτὰς χημικὰς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἰδιότητας μὲ τὰ εἰς τὴν φύσιν ἀπαντῶντα σταθερὰ ἰσότοπά των, διαφέροντα αὐτῶν μόνον ὡς πρὸς τὴν ἀστάθειάν των (ἐνέργειαν πυρῆνος).



IRÈNE JOLIOT - CURIE (1897 - 1956)

Γαλλὶς Φυσικός, ἀνακαλύψασα ὁμοῦ μετὰ τοῦ συζύγου της (1934) τὰ πρῶτα τεχνητῶς ραδιενεργὰ στοιχεῖα.



FRÉDÉRIC JOLIOT (1900 - 1958)

Γάλλος Φυσικός, ἀνακαλύψας ὁμοῦ μετὰ τῆς συζύγου του Εἰρήνης Joliot-Curie τὴν τεχνητὴν ραδιενέργειαν.

Οἱ **Joliot - Curie (Ζολιὸ - Κιουρὶ)** κατὰ τὸ ἔτος 1934 ἐβομβάρδισαν μὲ σωματίδια α τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου πολωνίου φύλλον ἀπὸ ἀργίλιον (ἀλουμίνιον). Κατὰ τὸν βομβαρδισμὸν τὸ ἀργίλιον ἔδειξε μίαν διπλῆν ραδιενέργειαν νετρονίων καὶ θετικῶν ἠλεκτρονίων (ποζιτρονίων). Τοῦτο ἐσήμαινε ὅτι ὁ πυρὴν τοῦ ἀργιλίου προσελάμβανεν ἓν σωματίδιον α καὶ τὸ συγκρότημα, τὸ ὁποῖον ἐσχηματίζετο, ἐξέπεμπε νετρόνιον καὶ ποζιτρόνιον. Ἡ ἀντίδρασις ἔπρεπε νὰ γραφῇ διὰ μόνον τὸ νετρόνιον ὡς ἑξῆς :

$$_{13}Al^{27} + {}_{2}\alpha^{4} \rightarrow {}_{15}P^{30} + {}_{0}n^{1}$$

Παρατηροῦμεν ὅτι ἔχομεν τὸν σχηματισμὸν ἑνὸς ἰσοτόπου πυρῆνος φωσφόρου. Ἀπομακρυνομένης ὅμως τῆς πηγῆς τῶν σωματιδίων α ἀπὸ τὸ ἀργίλιον, ἔπαυεν ἡ ἐκπομπὴ τῶν νετρονίων, ἐνῷ συνεχίζετο ἡ ἐκπομπὴ ποζιτρονίων. Ἡ διαπίστωσις αὕτη ἐδείκνυεν ὅτι ὁ σχηματισθεὶς φωσφόρος δὲν ἦτο σταθερόν τι ἰσότοπον τοῦ φωσφόρου, ἀλλὰ ἓν ραδιενεργὸν ἰσότοπον αὐτοῦ, διασπώμενον ὑπὸ ἐκπομπὴν ποζιτρονίου (καλουμένου καὶ σωματιδίου + β). Ἐὰν δεχθῶμεν τὴν ραδιενέργειαν ταύτην ὡς ἀληθῆ θὰ πρέπει νὰ ἰσχύῃ ἡ μετατροπὴ :

$$_{15}P^{30} \rightarrow {}_{14}Si^{30} + {}_{+1}e^{0}$$

Πιθανώτατα, λοιπόν, ἡ ἐπίδρασις τῶν σωματιδίων α ἐπὶ τοῦ ἀργιλίου νὰ κατέληγε

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

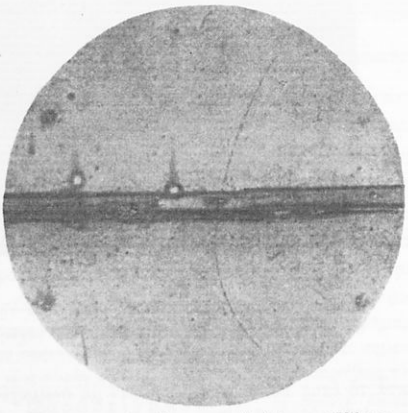
τελικῶς εἰς τὸν σχηματισμὸν ἑνὸς σταθεροῦ ἰσοτόπου τοῦ πυριτίου, μὲ ἐνδιάμεσον βαθμίδα τὸν πυρῆνα τοῦ + β ραδιενεργοῦ φωσφόρου.

Τὸ ζεῦγος Joliot-Curie ἐπεβεβαίωσε καὶ διὰ χημικῆς ἀναλύσεως τὴν ὕπαρξιν τοῦ ραδιενεργοῦ φωσφόρου (ἡμιζωὴ 3 min) καὶ οὕτω διὰ πρώτην φορὰν κατεσκευάσθη καὶ διεχωρίσθη ὑπὸ τοῦ ἀνθρώπου ραδιενεργὸν ἰσότοπον μὴ γνωστὸν ἐν τῇ φύσει, βεβαιωθείσης ἐξ ἄλλου καὶ τῆς δυνατότητος ὑπάρξεως ραδιενεργείας + β, δηλαδὴ θετικῶν ἠλεκτρονίων καὶ οὐχὶ ἁπλῶς β, ἤτοι ἀρνητικῶν ἠλεκτρονίων, ὡς συμβαίνει πάντοτε μὲ τὰ φυσικῶς ραδιενεργὰ στοιχεῖα.

332. Ποζιτρόνιον. Δίδυμος γένεσις. Τὰ πειράματα τῶν Joliot-Curie ἔδειξαν ὅτι οἱ ραδιενεργοὶ πυρῆνες, ἐκτὸς τῶν ἀκτινοβολιῶν α, β καὶ γ, δύνανται νὰ ἐκπέμπουν καὶ ἕτερον εἶδος σωματιδίων, τὰ **ποζιτρόνια (+β).**

Τὸ ποζιτρόνιον ἢ **ἀντιηλεκτρόνιον** ($+ {}_1e^0$) ἔχει μᾶζαν ἴσην πρὸς τὴν τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ φορτίον τὸ στοιχειῶδες θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον ἴσον πρὸς $+ 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Cb, ἀνεκαλύφθη δὲ ὑπὸ τοῦ **Anderson ("Αντερσον)** τὸ 1932 εἰς τὴν κοσμικὴν ἀκτινοβολίαν (σχ. 567).

Τὸ ποζιτρόνιον δὲν προϋπάρχει ἐντὸς τοῦ πυρῆνος τοῦ ραδιενεργοῦ ἰσοτόπου,



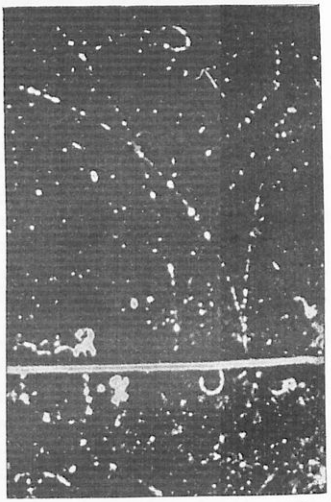
Σχ. 567. Τροχιὰ ποζιτρονίου εἰς θάλαμον Wilson. Ἡ καμπύλωσις τῆς τροχιᾶς ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ κινουμένου ποζιτρονίου.

ἀλλὰ παράγεται κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς του ἀπὸ τὴν μετατροπὴν ἑνὸς πρωτονίου εἰς ἓν νετρόνιον, ἐντὸς τοῦ πυρῆνος, κατὰ τὴν ἀντίδρασιν :

$$ {}_1H^1 + \text{ἐνέργεια} \rightarrow {}_1e^0 + n^1 + {}_0\nu^0 $$

Ἡ ἀντίδρασις αὕτη δὲν γίνεται αὐτομάτως, ἄλλως τὸ πρωτόνιον δὲν θὰ εἶχε ἄπειρον ζωήν.

Διὰ τῆς ἐκπομπῆς τοῦ ποζιτρονίου ὁ πυρὴν χάνει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον, διότι ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων του ἐλαττοῦται κατὰ μονάδα. Συνεπῶς, ὁ νέος πυρὴν θὰ ἔχῃ ἀτομικὸν ἀριθμὸν κατὰ μονάδα μικρότερον τοῦ ἀρχικοῦ, ἐνῷ θὰ ἔχῃ τὸν αὐτὸν μαζικὸν ἀριθμὸν μὲ τὸν ἀρχικόν, δηλαδὴ ὁ θυγατρικὸς πυρὴν θὰ εἶναι ἰσοβαρὴς πρὸς τὸν μητρικὸν ἀλλὰ μικρότερος ἐκείνου κατὰ μονάδα.



Σχ. 568. Διὰ τοῦ φύλλου μολύβδου διέρχονται φωτόνια γ, δύο δὲ ἐξ αὐτῶν ὑφίστανται ὑλοποίησιν δημιουργοῦντα 2 ζεύγη ἐξ ἑνὸς θετικοῦ καὶ ἑνὸς ἀρνητικοῦ ἠλεκτρονίου. Διακρίνονται αἱ τροχιαὶ τῶν σχηματισθέντων διδύμων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ποζιτρόνια δύνανται νὰ παραχθοῦν καὶ δι' ἄλλου τρόπου, ὅστις καλεῖται **«δίδυμος γένεσις»**. Τὸ φαινόμενον τοῦτο συμβαίνει ὅταν φωτόνιον μεγάλης ἐνεργείας (ἄνω τῶν 1,02 MeV) διέρχεται πλησίον βαρέος πυρῆνος, ὁπότε ὑλοποιεῖται, δηλαδὴ μετατρέπεται εἰς ἓν ζεῦγος ἐξ ἑνὸς ἠλεκτρονίου καὶ ἑνὸς ποζιτρονίου (σχ. 568). Εἶναι δηλαδὴ τὸ φαινόμενον τῆς διδύμου γενέσεως, μετατροπὴ ἐνεργείας εἰς μᾶζαν. Ἡ ἐλαχίστη ἐνέργεια Ε, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ ἔχῃ φωτόνιον ἵνα συμβῇ δίδυμος γένεσις, ἐφ' ὅσον θὰ παραχθοῦν δύο ἠλεκτρόνια, εἶναι :

$$E = 2\ m \cdot c^2 \qquad (1)$$

ὅπου m ἡ μᾶζα (ἠρεμίας) τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ c ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἐν τῷ κενῷ. Ἡ ἐνέργεια αὕτη εὑρίσκεται ἴση πρὸς 1,02 MeV. Τὸ ζεῦγος τὸ παραγόμενον ἀπὸ ὑλοποίησιν φωτονίου ἐνεργείας 1,02 MeV, θὰ ἔχῃ προφανῶς κινητικὴν ἐνέργειαν μηδέν. Ἐὰν τὸ ὑλοποιούμενον φωτόνιον ἔχῃ ἐνέργειαν $E > 1{,}02$ MeV, ἡ ἐπὶ πλέον ἐνέργεια (Ε—1,02 MeV) ἐμφανίζεται ὡς κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ζεύγους.

Τὸ ποζιτρόνιον, μετὰ τὸν σχηματισμόν του, κατὰ τὴν κίνησίν του χάνει ἐνέργειαν λόγῳ διεγέρσεων ἢ ἰονισμῶν, τοὺς ὁποίους προκαλεῖ, ὅταν δὲ χάσῃ ὅλην τὴν κινητικήν του ἐνέργειαν καὶ συναντήσῃ ἓν βραδέως κινούμενον ἠλεκτρόνιον ἐ ξ α ὐ λ ο ῦ τ α ι μετ' αὐτοῦ. Δηλαδὴ τὸ ζεῦγος ἠλεκτρονίου - ποζιτρονίου μετατρέπεται εἰς ἐνέργειαν καὶ συγκεκριμένως εἰς δύο φωτόνια ἴσης ἐνεργείας (0,511 MeV), ἀντιθέτως κινούμενα, διότι πρέπει νὰ ἰσχύῃ τὸ ἀξίωμα τῆς διατηρήσεως τῆς ὁρμῆς ὅπως π.χ. εἰς τὴν περίπτωσιν βλήματος καὶ ὅπλου ἴ σ η ς μ ά ζ η ς, ὁπότε θὰ κινηθοῦν ἀμφότερα κατ' ἀντιθέτους διευθύνσεις μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα. Ἡ συνολικὴ ἐνέργεια τῶν δύο φωτονίων ($2 \cdot 0{,}511$ MeV $= 1{,}02$ MeV) ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν μᾶζαν 2 m τοῦ ζεύγους κατὰ τὸν τύπον (1).

333. Ἐπιταχυντικαὶ διατάξεις. Αἱ διατάξεις αὗται, ὡς καὶ ἀνωτέρω ἐλέχθη, χρησιμοποιοῦνται διὰ νὰ προσδίδουν μεγάλας ἐνεργείας εἰς φορτισμένα σωματίδια (πυρῆνας ἡλίου, πρωτόνια, ἠλεκτρόνια κλπ.), εἶναι δὲ ἀπαραίτητοι διὰ τὸν βομβαρδισμὸν στόχων πρὸς ἐπιτέλεσιν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων ὡς καὶ ἄλλων πειραμάτων.

Ἑκάστη ἐπιταχυντικὴ διάταξις περιλαμβάνει καὶ συσκευὴν παραγωγῆς τῶν φορτισμένων σωματιδίων ὑπὸ μορφὴν διαυλικῶν ἀκτίνων (πρωτόνια, δευτερόνια κλπ.) ἢ ἐκ θερμιονικῆς ἐκπομπῆς καθόδου τινὸς (ἠλεκτρόνια).

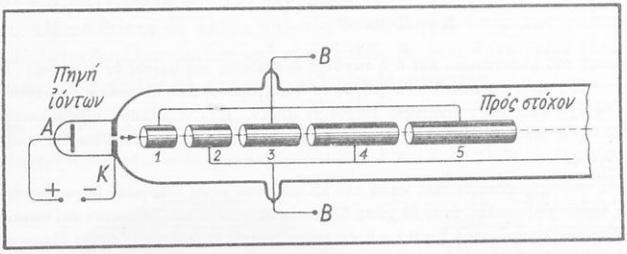
Ἐὰν U εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ἐπιταχύνουσα τὸ σωματίδιον φορτίου q καὶ μάζης m, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια $m \cdot v^2/2$, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σωματίδιον ἰσοῦται πρὸς $q \cdot U$, ἤτοι :

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = q \cdot U \qquad (1)$$

Ἐκ τοῦ τύπου (1) καταφαίνεται ὅτι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια εἶναι τόσον μεγαλυτέρα ὅσον ἡ τάσις U εἶναι μεγαλυτέρα. Ἡ τάσις αὕτη δύναται νὰ παρέχεται ἀπὸ μίαν μηχανὴν Van de Graaff (βλ. § 82) διὰ τεχνικοὺς ὅμως λόγους αὕτη δὲν δύναται νὰ ὑπερβαίνῃ τὰ 5 ἑκατομμύρια βόλτ. Ἕνεκα τούτου, πρὸς παροχὴν μεγαλυτέρων ἐνεργειῶν εἰς τὰ φορτισμένα σωματίδια, κατεσκευάσθησαν εἰδικὰ μηχανήματα, τῇ βοηθείᾳ τῶν ὁποίων τὰ σωματίδια ὑφίστανται ἐπανειλημμένας ὠθήσεις ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ὁπότε αἱ ἀπαιτούμεναι τάσεις εἶναι μικρότεραι. Τοιαῦτα μηχανήματα εἶναι οἱ γ ρ α μ μ ι κ ο ὶ ἐ π ι τ α χ υ ν τ α ί, τὸ κ ύ κ λ ο τ ρ ο ν, τὸ β ή τ α τ ρ ο ν κλπ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

α) Γραμμικοὶ ἐπιταχυνταί. Ἐν ἁπλοποιημένον διάγραμμα γραμμικοῦ ἐπιταχυντοῦ δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 569. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σειρὰν ὁμοαξονικῶν μεταλλικῶν σωλήνων 1, 2, 3, 4, κλπ., συνδεδεμένων ἐναλλὰξ πρὸς τοὺς πόλους πηγῆς ἐναλλασσομένης τάσεως, ὑψηλῆς συχνότητος, οὕτως, ὥστε δύο διαδοχικοὶ σωλῆνες νὰ εἶναι ἀντιθέτου πολικότητος κατά τινα χρονικὴν στιγμήν. Ὑποθέσωμεν τώρα ὅτι ἐντὸς τοῦ χώρου A K παράγομεν ἰόντα καὶ ἐξ αὐτῶν τὰ θετικά, κινούμενα πρὸς τὴν κάθοδον K, διέρχονται διὰ τῆς ὀπῆς, μὲ κατεύθυνσιν πρὸς τὸν σωλῆνα 1. Ἐὰν τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἐν τοιοῦτον φορτισμένον θετικῶς σωματίδιον πλησιάζῃ εἰς τὸν σωλῆνα 1 ὁ σωλὴν οὗτος εἶναι ἀντιθέτου πολικότητος,



Σχ. 569. Διάταξις γραμμικοῦ ἐπιταχυντοῦ.

τότε τὸ σωματίδιον θὰ ὑποστῇ ἔλξιν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος, ἤτοι θὰ ἐπιταχυνθῇ. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος οὐδεμία ἐπίδρασις ἐπὶ τοῦ σωματιδίου παρατηρεῖται (κλωβὸς Faraday). Τὸ μῆκος τοῦ σωλῆνος 1 εἶναι τόσον, ὥστε τὴν στιγμὴν καθ' ἣν τὸ σωματίδιον ἐξέρχεται ἐξ αὐτοῦ, νὰ ἔχῃ ἀλλάξει ἡ πολικότης τῶν σωλήνων. Οὕτω, τὸ σωματίδιον ὑφίσταται ἄπωσιν ὑπὸ τοῦ σωλῆνος 1 καὶ ἔλξιν ὑπὸ τοῦ σωλῆνος 2, κατὰ τὴν στιγμὴν καθ' ἣν τοῦτο διανύει τὸ διάκενον μεταξὺ τῶν δύο σωλήνων. Ἐπειδὴ τοιουτοτρόπως τὸ σωματίδιον ἀποκτᾷ μεγαλυτέραν ταχύτητα, ὁ σωλὴν 2 ἔχει μεγαλύτερον μῆκος οὕτως, ὥστε τοῦτο νὰ εὑρεθῇ εἰς τὸ διάκενον μεταξὺ τῶν σωλήνων 2 καὶ 3 εὐθὺς ὡς ἀλλάξῃ ἐκ νέου ἡ πολικότης τῶν σωλήνων.

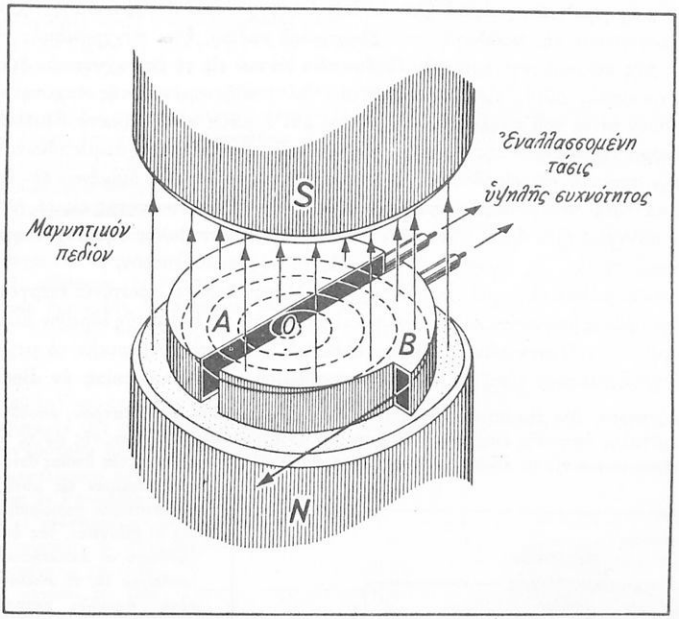
Τοιουτοτρόπως ἐπιτυγχάνομεν κλιμακωτὴν αὔξησιν τῆς ταχύτητος τῶν σωματιδίων καὶ τελικῶς μεγάλας τιμὰς κινητικῆς ἐνεργείας, χωρὶς νὰ διαθέτωμεν πηγὰς ὑψηλῆς τάσεως.

Δέον νὰ σημειωθῇ ὅτι ἡ ὅλη διάταξις τῆς πηγῆς τῶν σωματιδίων καὶ τῶν σωλήνων εὑρίσκεται ἐντὸς ἐπιμήκους κυλινδρικοῦ δοχείου ὑπὸ κατάλληλον κενόν.

β) Κύκλοτρον. Τὸ κύκλοτρον, τὸ ὁποῖον πρῶτος κατεσκεύασεν ὁ E. Lawrence (Λῶρενς), τὸ 1931, ἀποτελεῖται ἐκ δύο κοίλων ἡμικυλινδρικῶν ἠλεκτροδίων, τοποθετημένων ἐντὸς κυλινδρικοῦ ἀεροκένου δοχείου, εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν καὶ συνδεομένων πρὸς πηγὴν ἐναλλασσομένης τάσεως ὑψηλῆς συχνότητος. Τὸ ἀερόκενον δοχεῖον μετὰ τῶν δύο ἠλεκτροδίων τοποθετεῖται μεταξὺ τῶν πόλων ἰσχυροτάτου ἠλεκτρομαγνήτου (σχ. 570).

Εἰς τὸ κέντρον τοῦ διακένου μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων τοποθετεῖται μία πηγὴ θετικῶν ἰόντων (πρωτονίων, δευτερονίων κλπ.). Τὰ ἰόντα, λόγῳ τῆς ἀντιθέτου πολικότητος τῶν ἠλεκτροδίων A καὶ B, ἐπιταχύνονται, ἔστω ἐκ τοῦ A πρὸς τὸ B, εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων χῶρον, καὶ εἰσέρχονται ἐν συνεχείᾳ ἐντὸς τοῦ B. Ἐντὸς τῶν ἡμικυλινδρικῶν ἠλεκτροδίων ὑφίστανται μόνον τὸ ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ὁποίου τὰ κινούμενα ἰόντα διαγράφουν κυκλικὰς τροχιάς. Μετὰ διαδρομὴν τόξου 180^0 ἐντὸς τοῦ B, τὰ ἰόντα εἰσέρχονται εἰς τὸ διάκενον τῶν ἠλεκτροδίων, ὅπου ἐπιταχύνονται ἐκ νέου, διότι ἐν τῷ μεταξὺ ἔχει ἐπέλθει ἀλλαγὴ τῆς πολικότητος τῶν ἠλεκτροδίων, ἄρα ἡ συχνότης τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως πρέπει νὰ ρυθμισθῇ καταλλήλως, ἵνα ἐπιφέρῃ τὸ ἐπιδιωκόμενον ἀποτέλεσμα. Ἐπειδὴ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Σχ. 570. Σχηματικὸν διάγραμμα κυκλότρου. Μεταξὺ τῶν δύο πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου εὑρίσκονται τὰ εἰκονιζόμενα δύο κοῖλα ἠλεκτρόδια σχήματος D, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἐφαρμόζεται ὑψίσυχνος ἐναλλασσομένη τάσις, τῆς ὁποίας ἡ συχνότης εὑρίσκεται ἐν συμφωνίᾳ πρὸς τὴν συχνότητα τῆς κινήσεως τῶν ἐπιταχυνομένων σωματιδίων. Εἰς τὴν πραγματικότητα τὸ συνολικὸν μῆκος τῆς τροχιᾶς, τὴν ὁποίαν διαγράφει ἓν τοιοῦτον σωματίδιον ἐντὸς τοῦ ἀεροκένου χώρου μεταξὺ τῶν δύο πόλων εἶναι μήκους πολλῶν χιλιομέτρων (π.χ. 250 km).

τὰ ἰόντα, εἰσερχόμενα εἰς τὸ ἕτερον ἠλεκτρόδιον A, ἔχουν ἤδη μεγαλυτέραν κινητικὴν ἐνέργειαν, ἐκτρέπονται ὀλιγώτερον ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, διαγράφοντα οὕτω ἡμικυκλικὰς τροχιὰς μεγαλυτέρας ἀκτῖνος.

Ἑκάστην φορὰν καθ' ἣν τὰ ἰόντα εὑρίσκονται εἰς τὸν μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων χῶρον [1] ὑφίστανται αὔξησιν τῆς ταχύτητός των καὶ ἐπομένως ἔχομεν αὔξησιν τῆς ἀκτῖνος τῆς τροχιᾶς των ἐντὸς τῶν ἠλεκτροδίων.

Ἡ ὁλικὴ λοιπὸν τροχιὰ ἑνὸς ἰόντος θὰ ὁμοιάζῃ πρὸς σπειροειδῆ καμπύλην. Ὅταν ἡ ἀκτὶς τῆς τροχιᾶς τῶν ἰόντων γίνῃ ἴση μὲ τὴν ἀκτῖνα τῶν ἠλεκτροδίων, τὰ ἰόντα ἔλκονται δι' εἰδικῆς διατάξεως καὶ ἐξέρχονται δι' ἑνὸς λεπτοῦ παραθύρου.

Μεγαλυτέρας ἐπιταχύνσεις δυνάμεθα νὰ προσδώσωμεν εἰς τὰ σωματίδια διὰ τοῦ **συγχροκυκλότρου,** εἰς τὸ ὁποῖον διὰ μεταβολῆς τῆς συχνότητος ἐναλλασσομένης τά-

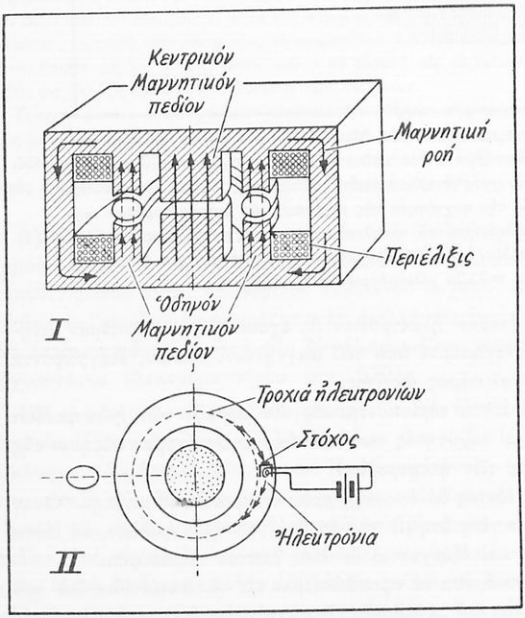
1. Ὅπως ἀποδεικνύεται ὁ χρόνος διαδρομῆς ἐντὸς ἑνὸς ἡμικυκλίου εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς ταχύτητος τῶν ἰόντων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

σεως, τῆς ἐφηρμοσμένης εἰς τὰ ἠλεκτρόδια, ἐπιτυγχάνεται συγχρονισμὸς τῆς κυκλικῆς κινήσεως καὶ τῆς ἐναλλαγῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἤτοι συγχρονισμὸς τῆς ἐναλλαγῆς τῆς πολικότητος πρὸς τὴν ἔξοδον τῶν ἰόντων εἰς τὸ ἐπιταχυντικὸν διάκενον. Ὁ συγχρονισμὸς οὗτος εἶναι ἀπαραίτητος, διότι αὐξανομένης τῆς ταχύτητος τῶν σωματιδίων ἐντὸς τοῦ κυκλότρου, αὐξάνεται καὶ ἡ μᾶζα αὐτῶν (κατὰ Einstein) μὲ ἀποτέλεσμα τὴν αὔξησιν τῆς περιόδου τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῶν σωματιδίων. Οὕτω, κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς εἰσόδου αὐτῶν ἐντὸς τοῦ ἐπιταχυντικοῦ διακένου δὲν θὰ ὑφίστανται πάντοτε συγχρονισμὸς πρὸς τὴν ἐναλλαγὴν τῆς πολικότητος εἰς τὰ ἠλεκτρόδια. Ὁ συγχρονισμὸς ὅμως οὗτος ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταβολῆς τῆς συχνότητος τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ὡς ἀνωτέρω ἐλέχθη, εἰς τὸ συγχροκύκλοτρον.

Εἰς τὴν Εὐρώπην τὸ μεγαλύτερον συγχροκύκλοτρον παρέχει πρωτόνια ἐνεργείας 600 MeV, ἔχει βάρος μαγνήτου 2500 τόννων καὶ ἀνήκει εἰς τὸ ἐν Γενεύῃ ἑδρεῦον Εὐρωπαϊκὸν Συμβούλιον Πυρηνικῶν Ἐρευνῶν (C.E.R.N.). Εἰς τὴν Ἀμερικὴν τὸ μεγαλύτερον συγχροκύκλοτρον εἶναι τὸ τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Καλιφορνίας ἐν Berkeley.

Τὸ βήτατρον. Διὰ τὴν ἐπιτάχυνσιν ἠλεκτρονίων κατεσκευάσθη τὸ **βήτατρον,** ἀποδίδον ἠλεκτρόνια μεγάλης κινητικῆς ἐνεργείας. Ὡς ἀνεφέρθη προηγουμένως, ἡ αὔξησις τῆς μάζης τῶν ἐπιταχυνομένων ἰόντων εἰς τὸ κύκλοτρον θέτει περιορισμοὺς εἰς τὰς ἐνεργείας, τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ προσδώσωμεν εἰς αὐτά. Πολὺ περισσότερον περιωρισμένα εἶναι αἱ ἐνέργειαι, τὰς ὁποίας θὰ ἠδύναντο νὰ ἀποκτήσουν τὰ ἠλεκτρόνια εἰς τὸ κύκλοτρον. Διʼ αὐτὸ ἀκριβῶς κατεσκευάσθη καὶ ἐλειτούργησεν ἐπιτυχῶς τὸ βήτατρον τὸ 1940 εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Illinois (Η.Π.Α.).



Σχ. 571. (Ι) Σχηματικὸν διάγραμμα βητάτρου (ἐν τομῇ). (ΙΙ) Ἐλλειπτικὴ διατομὴ τοῦ δακτυλιοειδοῦς σωλῆνος καὶ διαδρομὴ τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἐπιταχυνομένων ἠλεκτρονίων.

Ἡ λειτουργία τοῦ βητάτρου βασίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῶν ἐξ ἐπαγωγῆς ρευμάτων καὶ ἔχει ὡς ἑξῆς. Ἔστω ὅτι ἔχομεν ἕνα μεταβαλλόμενον μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου ἡ ροὴ διέρχεται διὰ μεταλλικοῦ δακτυλίου. Εἶναι προφανὲς ὅτι καθʼ ὃν χρόνον διαρκεῖ ἡ μεταβολή, θὰ γεννηθῇ ἐντὸς τοῦ δακτυλίου ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς, δηλαδὴ θὰ μετακινηθοῦν ἠλεκτρόνια ὑπὸ τοῦ στροβιλοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου μέσῳ τοῦ δακτυλίου.

Ἂν ἀντὶ τοῦ δακτυλίου θεωρήσωμεν ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια ἐντὸς κενοῦ δακτυλιοειδοῦς σωλῆνος, τότε αὐτὰ θὰ κινηθοῦν διὰ τὸν αὐτὸν ὡς ἀνωτέρω λόγον. Ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

571, I, ἠλεκτρόνια ἐκ τοῦ θερμαινομένου νήματος ἐγχέονται εἰς τὸν ἀερόκενον δακτυλιοειδῆ σωλῆνα. Ὁ δακτυλιοειδὴς αὐτὸς σωλὴν εὑρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἠλεκτρομαγνήτου, δημιουργοῦντος μεταβαλλόμενον μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου οἱ πόλοι εἶναι διαμορφωμένοι ὡς εἰς τὸ σχῆμα 571, I. Τὸ ὁδηγὸν μαγνητικὸν πεδίον ἀναγκάζει τὰ ἠλεκτρόνια, ὅπως εἰς τὸ κύκλοτρον, νὰ διαγράφουν κυκλικὴν τροχιάν. Τὸ κεντρικὸν μαγνητικὸν πεδίον προκαλεῖ διὰ τῆς μεταβολῆς του ἠλεκτρικὸν δακτυλιοειδὲς (στροβιλὸν) πεδίον, τὸ ὁποῖον ἐπιταχύνει τὰ ἠλεκτρόνια. Τὰ ἠλεκτρόνια ἐπιταχυνόμενα τείνουν νὰ διαγράφουν τροχιὰν μεγαλυτέρας ἀκτῖνος. Συγχρόνως ὅμως αὐξάνει τὸ ὁδηγὸν πεδίον, ἀναγκαζομένων τῶν ἠλεκτρονίων ὅπως διαγράφουν πάντοτε τὴν αὐτὴν τροχιάν.

Τὰ ἠλεκτρόνια ἐπιταχύνονται κατὰ τὸ 1/4 τῆς περιόδου τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, τὸ ὁποῖον τροφοδοτεῖ τὸν ἠλεκτρομαγνήτην καὶ μάλιστα ἀπὸ τὴν στιγμὴν καθ' ἣν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι μηδὲν μέχρι τῆς στιγμῆς καθ' ἣν τὸ ρεῦμα θὰ λάβῃ τὴν μεγίστην του τιμήν, ἤτοι κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς αὐξήσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Κατὰ τὸ χρονικὸν αὐτὸ διάστημα τὰ ἠλεκτρόνια ἔχουν ἤδη συμπληρώσει μερικὰς χιλιάδας στροφάς, ἀποκτήσαντα ἱκανὴν ἐνέργειαν. Τότε, δι' ἀποτόμου μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, διαστέλλομεν τὴν τροχιὰν καὶ ἀναγκάζομεν τὰ ἠλεκτρόνια ὅπως πλήξουν τὸν στόχον ὅστις πρόκειται νὰ βομβαρδισθῇ.

Σήμερον εἰς τὸ μεγάλον βήτατρον τοῦ Illinois (H.Π.Α.), εἰσάγονται ἠλεκτρόνια ἀρχικῆς ἐνεργείας 100 keV καὶ ἐπιταχύνονται, ὥστε νὰ ἀποκτήσουν ἐνέργειαν 300 MeV.

Συνδυασμὸν τῶν ἀρχῶν λειτουργίας τοῦ κυκλότρου καὶ βητάτρου ἀποτελεῖ ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τοῦ **συγχρότρου ἠλεκτρονίων.**

Τὸ μεγαλύτερον σύγχροτρον ἠλεκτρονίων λειτουργεῖ εἰς τὸ Ἰνστιτοῦτον Τεχνολογίας τῆς Καλιφορνίας ἐν Pasadena παρέχον ἠλεκτρόνια ἐνεργείας 1200 MeV (= 1,2 GeV).

Διὰ νὰ προσδώσωμεν ἀκόμη μεγαλυτέρας ἐνεργείας εἰς σωματίδια βαρύτερα τῶν ἠλεκτρονίων χρησιμοποιοῦμεν τὸ **σύγχροτρον πρωτονίων.** Τὰ ἀνὰ τὸν κόσμον σύγχροτρα πρωτονίων ἔχουν λάβει διαφόρους ὀνομασίας. Οὕτως, ἔχομεν τὸ **κόσμοτρον** (3 GeV) εἰς τὸ ἐργαστήριον τοῦ Brookhaven, πλησίον τῆς Νέας Ὑόρκης, τὸ **μπέβατρον** (6 GeV) εἰς τὴν Καλιφόρνιαν, τὸ **συγχροφάζοτρον** (10 GeV) τῆς Σοβιετικῆς Ἀκαδημίας Ἐπιστημῶν, τὸ μέχρι πρό τινος μεγαλύτερον ὅλων **σύγχροτρον** τοῦ C.E.R.N. εἰς τὴν Γενεύην (28 GeV), καὶ τέλος τὸ νεώτερον τοῦ Brookhaven (30 GeV), εἰς τὰ ὁποῖα ἐφημόσθη ἡ ἀρχὴ τῆς ἰσχυρᾶς ἑστιάσεως τῆς δέσμης, τοῦ Ἕλληνος ἠλεκτρολόγου - μηχανικοῦ Ν. Χριστοφίλου.

Σημείωσις: 1 GeV = 1000 MeV = 10^9 eV (G = Giga = Γίγας).

334. Σχάσις τῶν πυρήνων. Τὸ 1931 δύο Ἄγγλοι Φυσικοὶ οἱ Cockcroft καὶ Walton (Κόκροφτ καὶ Γουῶλτον), ἐβομβάρδισαν πυρῆνας λιθίου (Li) μὲ πρωτόνια καὶ εὗρον ὅτι παρήγοντο σωματίδια α, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶχε κινητικὴν ἐνέργειαν δωδεκάκις καὶ πλέον τῶν βλημάτων-πρωτονίων. Ἡ ἀντίδρασις δύναται νὰ ἐκφρασθῇ ὡς ἀκολούθως :

$$_3Li^7 + {}_1H^1 \rightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4 + 17{,}3 \text{ MeV}$$

Τὸ πείραμα τοῦτο εἶναι ἀξιοσημείωτον, διότι τὸ πρωτόνιον-βλῆμα συνενοῦται μὲ τὸν πυρῆνα τοῦ λιθίου καὶ προκαλεῖ τὴν διαίρεσιν τοῦ συνόλου εἰς δύο ἴσα τμήματα, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶναι ἓν α-σωματίδιον, δηλαδὴ πυρὴν ἀτόμου τοῦ ἡλίου καὶ συγχρόνως ἐκλύεται ἐνέργεια.

Εἰς τὴν βιολογίαν, ὅταν ἓν κύτταρον διαιρῆται πρὸς σχηματισμὸν δύο νέων κυττάρων, ἡ διαδικασία αὐτὴ καλεῖται σχάσις. Ὅταν ὁ πυρὴν ἑνὸς ἀτόμου διαιρῆται εἰς δύο ἴσα ἢ περίπου ἴσα τμήματα, ἡ διαδικασία καλεῖται ὁμοίως **σχάσις.** Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι ὁ πυρὴν τοῦ λιθίου ὑπέστη εἰς αὐτὸ τὸ πείραμα σχάσιν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τελευταίως χρησιμοποιεῖται ὁ ὅρος « σ χ ά σ ι ς » μόνον διὰ τὴν διάσπασιν τῶν **βαρέων πυρήνων,** ὡς τὸ οὐράνιον, εἰς δύο σχεδὸν ἴσα μέρη, ἐνῷ λέγοντες « διάσπασιν » ἐννοοῦμεν οἱανδήποτε ἄλλης μορφῆς ἐκπομπὴν ἐκ τοῦ πυρῆνος.

335. Μᾶζα καὶ ἐνέργεια. Τὸ πείραμα, κατὰ τὸ ὁποῖον εἰς πυρὴν λιθίου σχάζεται πρὸς σχηματισμὸν δύο σωματιδίων α, εἶναι ἀξιοσημείωτον καὶ δι' ἕνα ἄλλον λόγον. Διὰ πολὺ προσεκτικῶν μετρήσεων φαίνεται ὅτι ἓν μέρος τῆς μάζης ἐξαφανίζεται κατ' αὐτὴν τὴν σχάσιν. Ἂς θεωρήσωμεν τὰ ἀκόλουθα δεδομένα :

Μ ᾶ ζ α π ρ ὸ τ ῆ ς σ χ ά σ ε ω ς

Πυρὴν λιθίου	$11{,}6492 \cdot 10^{-24}$ gr
Πρωτόνιον	$1{,}6723 \cdot 10^{-24}$ gr
Ἀρχικὴ ὁλικὴ μᾶζα	$13{,}3215 \cdot 10^{-24}$ gr

Μ ᾶ ζ α μ ε τ ὰ τ ὴ ν σ χ ά σ ι ν

Σωματίδιον α	$6{,}6446 \cdot 10^{-24}$ gr
Σωματίδιον α	$6{,}6446 \cdot 10^{-24}$ gr
Τελικὴ ὁλικὴ μᾶζα	$13{,}2892 \cdot 10^{-24}$ gr
Ἄρα ἀ π ώ λ ε ι α μ ά ζ η ς	$13{,}3215 \cdot 10^{-24}$ gr
	$-13{,}2892 \cdot 10^{-24}$ gr
	$0{,}0323 \cdot 10^{-24}$ gr

Παρ' ὅλον ὅτι ἡ ἀπώλεια μάζης εἶναι ἐξαιρετικῶς μικρά, ἐν τούτοις εἶναι μεγαλυτέρα τῶν 0,2 % τῆς λαμβανούσης μέρος εἰς τὸ πείραμα μάζης καὶ συνεπῶς δὲν δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀμελητέα. Τίθεται ὅμως τὸ ἐρώτημα τί γίνεται ἡ ἐξαφανιζομένη μᾶζα.

Τὰ σχηματιζόμενα ἐκ τῆς σχάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ λιθίου σωματίδια α, ἔχουν μεγάλας ταχύτητας. Πράγματι, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια καὶ τῶν δύο εἶναι περίπου 17,3 MeV. Ἐξ ἄλλου, ἡ ἐνέργεια τοῦ βομβαρδίζοντος τὸν πυρῆνα τοῦ λιθίου πρωτονίου, πρέπει νὰ εἶναι περίπου 0,4 MeV. Συνεπῶς, παρατηρεῖται μία μεγάλη αὔξησις εἰς τὴν ὁλικὴν ἐνέργειαν κατὰ τὴν σχάσιν. Οὕτω τίθεται τὸ ἐρώτημα ἐὰν ἡ ἐξαφανιζομένη μᾶζα μετατρέπεται εἰς ἐνέργειαν.

Πολλὰ ἔτη πρὸ τοῦ πειράματος τούτου, ὁ Albert Einstein, εἶχε φθάσει εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ μᾶζα καὶ ἡ ἐνέργεια εἶναι δύο μεγέθη, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ μετατρέπωνται τὸ ἓν εἰς τὸ ἄλλο, ἐξέφρασε δὲ τὸ συμπέρασμά του τοῦτο διὰ τῆς περιφήμου σχέσεως :

$$\boxed{E = m \cdot c^2} \qquad (1)$$

εἰς τὴν ὁποίαν E εἶναι ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται ὅταν ἐξαφανίζεται μᾶζα m

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καὶ c ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενὸν (περίπου $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec). Ἐὰν ἡ μᾶζα m ἐκφράζεται εἰς gr, τότε ἡ ἐνέργεια θὰ προκύπτῃ εἰς erg.

Ἡ μᾶζα, ἡ ὁποία ἐξαφανίζεται κατὰ τὴν σχάσιν τοῦ πυρῆνος τοῦ λιθίου, ὡς καὶ ἡ ἐμφανιζομένη ἐνέργεια εἰς τὸ ἴδιον πείραμα, ἐπαληθεύουν τὸν τύπον (1) πλήρως.

Οὕτως, ἡ ἀπώλεια μάζης $\Delta m = 3{,}23 \cdot 10^{-26}$ gr, ὡς ὑπελογίσθη προηγουμένως, ἰσοδυναμεῖ πρὸς ἐνέργειαν κατὰ τὸν τύπον (1) ἴσην πρὸς :

$$E = \Delta m \cdot c^2 = 3{,}23 \cdot 10^{-26} \cdot 9 \cdot 10^{20} \text{ erg} = 29{,}07 \cdot 10^{-6} \text{ erg}$$

ἢ

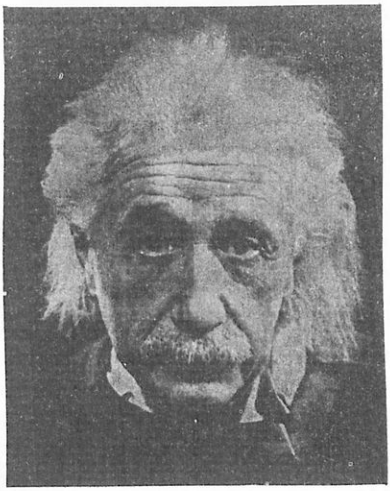
$$E = 18{,}2 \text{ MeV}$$

ἐπειδὴ $1 \text{ MeV} = 1{,}6 \cdot 10^{-6}$ erg ἢ $1 \text{ gr} = 5{,}6 \cdot 10^{26}$ MeV.

Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἐλευθερουμένης ἐνεργείας, λόγῳ ἀπωλείας μάζης Δm, δύναται νὰ γίνῃ καὶ διὰ τῆς χρήσεως τῶν ΜΑΜ. Οὕτω, λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὸν πίνακα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου, ἔχομεν :

Μᾶζα πρὸ τῆς σχάσεως	
Λίθιον	7,0182 ΜΑΜ
Ὑδρογόνον	+1,0081 ΜΑΜ
Ὁλικὴ μᾶζα	8,0263 ΜΑΜ
Μᾶζα μετὰ τὴν σχάσιν	
Ἥλιον	4,0038 ΜΑΜ
Ἥλιον	+4,0038 ΜΑΜ
	8,0076 ΜΑΜ
Ἀπώλεια μάζης	
	8,0263 ΜΑΜ
	−8,0076 ΜΑΜ
	0,0187 ΜΑΜ

Ἐπειδὴ δέ, ὡς γνωστὸν (σελ. 505), 1 ΜΑΜ = 931,25 MeV, ἡ εὑρεθεῖσα ἀπώλεια μάζης $\Delta m = 0{,}0187$ ΜΑΜ, ἰσοδυναμεῖ πρὸς :



ALBERT EINSTEIN (1879 - 1955)

Διάσημος Γερμανο-Ἰσραηλίτης Φυσικός, αἱ πολύπλευροι ἐργασίαι τοῦ ὁποίου, καὶ ἰδιαιτέρως ἡ θεωρία τῆς σχετικότητος, ἀνέδειξαν αὐτὸν ὡς ἕνα τῶν μεγαλυτέρων θεωρητικῶν φυσικῶν τῆς ἐποχῆς μας.

$$E = 0{,}0187 \cdot 931{,}25 \text{ MeV} = 17{,}5 \text{ MeV, περίπου.}$$

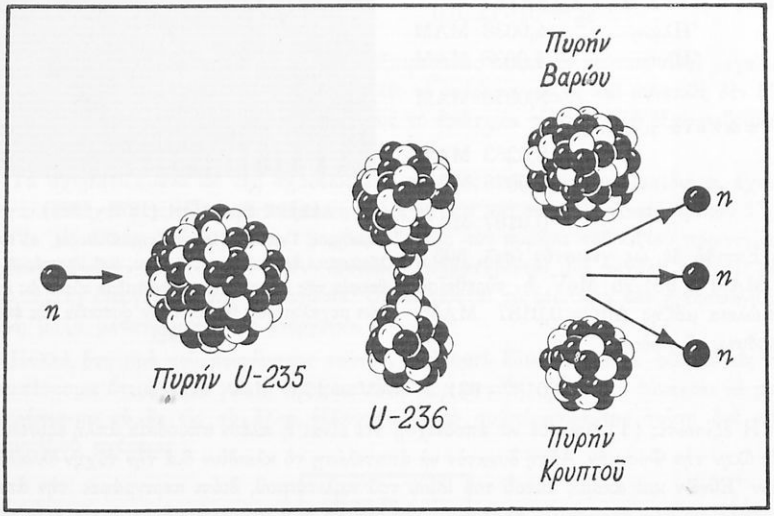
Ἡ ἐξίσωσις (1) δυνατὸν νὰ ἀποδειχθῇ ὅτι εἶναι ἡ πλέον σπουδαία ἁπλῆ ἐξίσωσις εἰς ὅλην τὴν Φυσικήν. Αὕτη δυνατὸν νὰ ἀποτελέσῃ τὸ κλειδίον διὰ τὴν τύχην ὁλοκλήρων Ἐθνῶν καὶ ἀκόμη αὐτοῦ τοῦ ἰδίου τοῦ πολιτισμοῦ, διότι περιγράφει τὴν ἀπελευθέρωσιν τῶν τεραστίων ποσοτήτων ἐνεργείας τῶν περικλειομένων ἐντὸς τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων (ὄχι ἀτομικὴ ἀλλὰ πυρηνικὴ ἐνέργεια).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



OTTO HAHN (έγεν. 1879)
Γερμανὸς Χημικὸς ἐπιτυχὼν τὸ 1938, ὁμοῦ μετὰ τῶν Λίζας Meitner καὶ Fritz Strassmann, τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.

336. Σχάσις τοῦ οὐρανίου—235. Τὸ 1938, οἱ **Hahn** καὶ **Strassmann, (Χὰν** καὶ **Στράσμαν),** βομβαρδίζοντες οὐράνιον μὲ νετρόνια ἀνεκάλυψαν ἐντὸς τοῦ ὑλικοῦ, μὲ τὸ ὁποῖον εἰργάζοντο, ἴχνη βαρίου. Τοῦτο, ἐκ πρώτης ὄψεως, ἐφαίνετο παράδοξον διότι ἕως τότε δὲν ἦτο γνωστὸς τρόπος λήψεως βαρίου ἀπὸ οὐράνιον. Ταχέως ἐδείχθη ὅτι μερικὰ τῶν ἀτόμων τοῦ οὐρανίου συμπεριφέρονται κατὰ ἕνα ἀσυνήθη καὶ ἀπροσδόκητον τρόπον ὅταν πλήττωνται ἀπὸ νετρόνια. Οὕτως, ἐδείχθη ὅτι ἓν ἄτομον τοῦ ἰσοτόπου U^{235} τοῦ οὐρανίου (περίπου 0,75 % τῶν ἀτόμων τοῦ φυσικοῦ οὐρανίου εἶναι U^{235}), δύναται νὰ συλλάβῃ ἓν νετρόνιον καὶ νὰ χωρισθῇ εἰς δύο σχεδὸν ἴσα μέρη. Τὰ δύο ταῦτα τμήματα εἶναι μέσοι πυρῆνες, ὡς τὸ βάριον καὶ τὸ κρυπτόν, ἐνῷ, ὡς καὶ ἀνωτέρω ἐλέχθη, ἡ ἀντίδρασις αὕτη ἀποτελεῖ **πυρηνικὴν σχάσιν.** Εἰς ἑκάστην σχάσιν



Σχ. 572. Σχάσις ἑνὸς πυρῆνος οὐρανίου—235 (σχηματικῶς). Ἓν νετρόνιον ἐνσωματοῦται πρὸς τὸν πυρῆνα οὐρανίου—235, σχηματιζομένου ἑνὸς ἀσταθοῦς πυρῆνος οὐρανίου—236. Οὗτος σχάζεται εἰς δύο μεγάλα καὶ ἄνισα θραύσματα, ἐνῷ ταυτοχρόνως ἐκπέμπονται 3 νετρόνια.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐπέρχεται ἀπώλεια μάζης, ἐλευθεροῦται δὲ ἐνέργεια ὑπὸ διαφόρους μορφὰς ὅπως ὑπὸ μορφὴν ἀκτίνων β, γ, ὡς κινητικὴ ἐνέργεια τῶν προϊόντων τῆς σχάσεως κλπ. καὶ τελικῶς ὡς θερμότης.

Ἡ κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρῆνος U^{235} ἐκλυομένη ἐνέργεια εἶναι περίπου 200 MeV, σχεδὸν δεκάκις μεγαλυτέρα τῆς ἐλευθερουμένης ἀπὸ ἕνα πυρῆνα λιθίου, ὁ ὁποῖος συλλαμβάνει ἓν πρωτόνιον, ὡς περιεγράφη εἰς τὸ παράδειγμα τῆς § 335. Τὸ σχῆμα 572 παριστᾷ μίαν τῶν δυνατῶν φάσεων τῆς σχάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ U^{235}, ὅταν βομβαρδίζεται ἀπὸ νετρόνια.

337. Ἁλυσωτὴ ἀντίδρασις. Ἡ σχάσις τοῦ πυρῆνος τοῦ U^{235} εἶναι ἀξιοσημείωτος καὶ δι' ἕνα ἄλλον λόγον. Ἐνῷ ἓν νετρόνιον συλλαμβανόμενον ὑπὸ τοῦ πυρῆνος προκαλεῖ τὴν σχάσιν αὐτοῦ, ἐκ τῆς σχάσεως ἐλευθερώνονται δύο ἢ τρία νέα νετρόνια. Δηλαδὴ ἐλευθεροῦνται περισσότερα νετρόνια κατὰ τὴν σχάσιν ἀπὸ ὅσα ἀπαιτοῦνται ἵνα συμβῇ αὕτη.

Οὕτως, ὅταν ὁ πρῶτος πυρὴν U^{235} συλλαμβάνει ἓν νετρόνιον καὶ σχάζεται, θὰ ἐλευθερώσῃ δύο νετρόνια (πρώτη γενεὰ νετρονίων). Ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι ἕκαστον ἀπὸ τὰ νετρόνια ταῦτα συλλαμβάνεται ἀπὸ ἕνα ἄλλον πυρῆνα U^{235}, τότε ἀπὸ τὴν σχάσιν ἑκάστου τῶν δύο τούτων πυρήνων θὰ ἐλευθερωθοῦν δύο νέα νετρόνια, ἤτοι τέσσαρα ἐν συνόλῳ (δευτέρα γενεὰ νετρονίων). Ἐὰν ἐπαναληφθῇ ἡ αὐτὴ διαδικασία μίαν ἀκόμη φορὰν ὁ ἀριθμὸς τῶν νετρονίων θὰ εἶναι ὀκτώ (τρίτη γενεὰ νετρονίων), μεθ' ἕκαστον δὲ τοιοῦτον διαδοχικὸν στάδιον, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐλευθέρων νετρονίων θὰ διπλασιάζεται. Οὕτως, ὁ ἀριθμὸς τῶν ὑφισταμένων σχάσιν πυρήνων, θὰ διπλασιάζεται μετὰ ἕκαστον στάδιον. Μίαν τοιαύτην ἀντίδρασιν, συντηρουμένην ἀφ' ἑαυτῆς καὶ ὁδεύουσαν μὲ συνεχῶς αὐξανόμενον ρυθμόν, ὀνομάζομεν **ἁλυσωτὴν ἀντίδρασιν.** Ἑκάστη ἁλυσωτὴ ἀντίδρασις διὰ νὰ ἐκκινήσῃ χρειάζεται κάποιαν διέγερσιν, ἓν ἔναυσμα, μετὰ ταῦτα δὲ θὰ ὁδεύσῃ ἀφ' ἑαυτῆς περιπλέκουσα συνεχῶς καὶ περισσοτέρους πυρῆνας κατὰ τὴν ἐξέλιξίν της.

Ἀνωτέρω ὑπεθέσαμεν ὅτι τὰ ἐξ ἑκάστης σχάσεως νετρόνια συλλαμβάνονται ὁπωσδήποτε ὑπὸ ἄλλων πυρήνων U^{235}. Τοῦτο ὅμως δὲν συμβαίνει ὅταν ἡ ποσότης τοῦ U^{235} εἶναι μικρά, διότι τότε τὰ νετρόνια διαφεύγουν πρὶν συναντήσουν ἄλλους πυρῆνας U^{235}. Κατόπιν τούτου ἡ ἁλυσωτὴ ἀντίδρασις δὲν θὰ χωρήσῃ. Ἐὰν ὅμως ἡ ποσότης τοῦ U^{235} εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη καὶ μάλιστα ἴση ἢ μεγαλυτέρα τῆς καλουμένης **κρισίμου ποσότητος (κρισίμου μάζης)** τὰ δευτερογενῆ νετρόνια ἔχουν μεγάλην πιθανότητα νὰ συναντήσουν ἄλλους πυρῆνας U^{235}, πρὶν διαφύγουν εἰς τὸ περιβάλλον. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην εἶναι δυνατὴ ἡ ἐξέλιξις τῆς ἁλυσωτῆς ἀντιδράσεως εἴτε μὲ ἐλεγχομένην ὑπὸ τοῦ ἀνθρώπου ταχύτητα (πυρηνικοὶ ἀντιδραστῆρες), εἴτε μὲ γεωμετρικῶς αὐξανομένην τοιαύτην, καταλήγουσα τελικῶς εἰς ἔκρηξιν (ἀτομικὴ βόμβα).

Ἡ σχάσις τοῦ πυρῆνος τοῦ U^{235} παρέσχεν ἐξ ἀρχῆς τὴν δυνατότητα μιᾶς ἁλυσωτῆς ἀντιδράσεως, ἡ ὁποία θὰ ἠδύνατο νὰ συντελέσῃ εἰς τὴν σχάσιν ὅλων τῶν πυρήνων τοῦ U^{235} εἴς τινα ποσότητα οὐρανίου καὶ τὴν ἀπελευθέρωσιν τεραστίων ποσοτήτων θερμότητος καὶ ἀκτίνων γ. Ἡ δυνατότης αὕτη ἦτο γνωστὴ εἰς τοὺς ἐπιστή-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

μονας (1940), πολὺ πρὶν γίνη πραγματικότης, διὰ τῆς κατασκευῆς τῶν πυρηνικῶν ἀντιδραστήρων ἢ τῆς ἀτομικῆς βόμβας (1945).

338. Πυρηνικοὶ ἀντιδραστῆρες. Ὁ ἀντιδραστὴρ εἶναι διάταξις διὰ τῆς ὁποίας λαμβάνομεν ἐνέργειαν ἐξ ἐλεγχομένης ἁλυσωτῆς ἀντιδράσεως, ἡ ὁποία λαμβάνει χώραν ἐντὸς αὐτοῦ. Ὁ πρῶτος ἀντιδραστὴρ ἐτέθη ἐν λειτουργίᾳ εἰς τὰς 2 Δεκεμβρίου 1942 εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Σικάγου ὑπὸ τοῦ Fermi καὶ παρήγαγεν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφὴν θερμότητος μὲ μεγίστην ἰσχὺν περίπου 200 Watt.



ENRICO FERMI (1901 - 1954)
Ἰταλὸς Φυσικός, σχεδιάσας τὸν πρῶτον πειραματικὸν πυρηνικὸν ἀντιδραστῆρα (1942) εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Σικάγου.

Ἡ γενικὴ ἀρχὴ ἑνὸς ἀντιδραστῆρος ἔχει ὡς ἀκολούθως. Τὰ ταχέα νετρόνια, τὰ ὁποῖα παράγονται ἀπὸ τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρῆνος U^{235} δὲν συλλαμβάνονται εὐκόλως ὑπὸ ἑτέρου πυρῆνος U^{235}, ἀλλὰ μόνον ὅταν ἐπιβραδυνθοῦν πολύ. Ἀντιθέτως, οἱ πυρῆνες τοῦ U^{238}, οἱ ὁποῖοι ὑπάρχουν ἐν ἀφθονίᾳ εἰς τὸ φυσικὸν οὐράνιον, δύνανται εὐκολώτερον νὰ συλλαμβάνουν νετρόνια μικρῶν ἐνεργειῶν χωρὶς νὰ σχάζωνται, μετατρέπονται δὲ δι' ἀκτινοβολίας β, ἀρχικῶς μὲν εἰς τὸ νέον βραχύβιον στοιχεῖον ποσειδώνιον — 239, ἐν συνεχείᾳ δὲ εἰς τὸ ἑπόμενον ὑπερουράνιον, τὸ μακρόβιον πλουτώνιον 239^1, ὅπερ παρουσιάζει ἰδιότητας ὁμοίας μὲ τὰς τοῦ οὐρανίου-235. Οἱ πυρῆνες U^{235} συλλαμβάνουν εὐκολώτερον νετρόνια πολὺ μικροτέρων ἐνεργειῶν. Διὰ νὰ διατηρηθῇ, συνεπῶς, ἡ ἁλυσωτὴ ἀντίδρασις εἰς τὸν ἀντιδραστῆρα, εἶναι ἀναγκαῖον νὰ ἐπιβραδυνθοῦν τὸ συντομώτερον τὰ νετρόνια πρὶν ἢ συλληφθοῦν ἀπὸ τοὺς πυρῆνας τοῦ U^{238}, ὁπότε θὰ δεσμευθοῦν καὶ δὲν θὰ συντηρήσουν τὴν ἁλυσωτὴν ἀντίδρασιν. Ἡ ἐπιβράδυνσις αὕτη ἐπιτυγχάνεται διὰ τοῦ **ἐπιβραδυντοῦ**, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ εἶναι γραφίτης ἢ βαρὺ ὕδωρ ἢ ἀκόμη σύνηθες ὕδωρ.

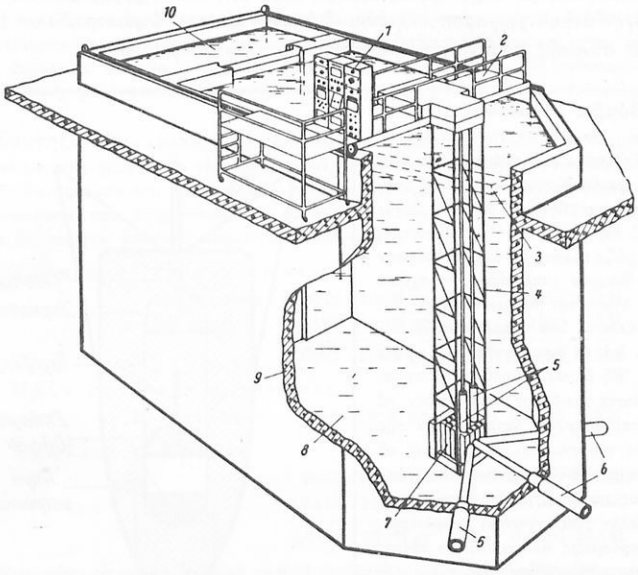
Εἰς ἕνα ἀντιδραστῆρα μὲ γραφίτην τὸ **ἀτομικὸν καύσιμον** εἶναι κρᾶμα οὐρανίου τοποθετημένον ἐντὸς μεταλλίνων σωλήνων εἰσερχομένων ἐντὸς ὀπῶν εἰς τὸν γραφίτην. Μερικὰ νετρόνια (πηγὴ νετρονίων), εἰσαγόμενα ἐντὸς τοῦ ἀντιδραστῆρος προκαλοῦν τὰς ἀρχικὰς σχάσεις τῶν πυρήνων τοῦ U^{235}. Τὸ πλεῖστον τῶν παραγομένων ταχέων νετρονίων ἐκ τῆς σχάσεως διαφεύγουν ἀπὸ τὸν σωλῆνα μὲ τὸ οὐράνιον πρὸς τὸν ἐπιβραδυντὴν γραφίτην. Ἡ στήλη εἶναι οὕτω σχεδιασμένη, ὥστε τὴν στιγμὴν

1. $_{92}U^{238} + {}_0n^1 \longrightarrow {}_{92}U^{239}\ \beta \longrightarrow {}_{93}Np^{239}\ \beta \rightarrow {}_{94}Pu^{239}$.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κατὰ τὴν ὁποίαν τὰ νετρόνια ταῦτα φθάνουν εἰς ἓν ἄλλο τεμάχιον οὐρανίου, νὰ ἔχουν ἐπιβραδυνθῇ τόσον, ὥστε νὰ δύνανται εὐκόλως νὰ συλληφθοῦν ἀπὸ τοὺς πυρῆνας τοῦ U^{235} αὐτοῦ τοῦ τεμαχίου οὐρανίου καὶ οὐχὶ ἀπὸ τοὺς πυρῆνας τοῦ U^{238}. Οὕτως, ὑπάρχουν περισσότερα νετρόνια μικρῶν ταχυτήτων διὰ νὰ συλληφθοῦν ἀπὸ πυρῆνας U^{235} καὶ νὰ παράγουν νέας σχάσεις.

Ἐὰν ἡ παροχὴ τῶν «βραδέων» νετρονίων εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη, τότε εἶναι δυνατὸν ἡ ἁλυσωτὴ ἀντίδρασις νὰ καταστῇ ἀνεξέλεγκτος μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἔκρηξιν τοῦ ἀντιδραστῆρος. Ἵνα μὴ συμβῇ τοιοῦτον τι εἰσάγονται αὐτομάτως ἐντὸς ὀπῶν τῆς στήλης **ράβδοι ἐλέγχου,** αἱ ὁποῖαι ἀπορροφοῦν νετρόνια, ἐλέγχουσαι οὕτω τὴν πορείαν τῆς ἁλυσωτῆς ἀντιδράσεως. Αἱ ράβδοι ἐλέγχου εἶναι ἐκ κραμάτων καδμίου ἢ βορίου, δηλαδὴ ὑλικῶν, τὰ ὁποῖα ἀπορροφοῦν ἐντόνως νετρόνια. Ὅταν αἱ ράβδοι εἰσχωροῦν βαθύτερον ἐντὸς τῆς στήλης ἀπορροφῶνται περισσότερα νετρόνια καὶ συνεπῶς διατίθενται ὀλιγώτερα διὰ σχάσιν πυρήνων U^{235}. Διὰ τοῦ τρόπου τούτου ἐπιβραδύνεται ἡ ἀντίδρασις. Ὅταν, ἐξ ἄλλου, εἶναι ἐπιθυμητὴ ἡ αὔξησις τοῦ ρυθμοῦ τῆς ἀντιδράσεως, αἱ ράβδοι ἐλέγχου σύρονται ὥστε νὰ εἰσχωροῦν ὀλιγώτερον ἐντὸς τῆς στήλης.



Σχ. 573. Ἀντιδραστὴρ τύπου κολυμβητικῆς δεξαμενῆς. 1 πίναξ παρακολουθήσεως λειτουργίας. 2 κινητὴ γέφυρα. 3 ἐπιφάνεια ὕδατος. 4 σύστημα στηρίξεως στοιχείων σχασίμου ὑλικοῦ καὶ ράβδων ἀσφαλείας καὶ ρυθμίσεως λειτουργίας. 5, 6 σωλῆνες διὰ τὴν ἔξοδον νετρονίων καὶ γ. 7 ράβδοι οὐρανίου. 8 ἐπιραδυντὴς ἐξ ὕδατος. 9 θώραξ ἐξ εἰδικοῦ σκυροκονιάματος. 10 δεύτερον διαμέρισμα τῆς δεξαμενῆς πλῆρες ἐπίσης ὕδατος, διὰ φύλαξιν στοιχείων σχασίμου ὑλικοῦ κλπ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Διὰ τὴν προστασίαν τοῦ προσωπικοῦ ἀπὸ τὰ διαφεύγοντα νετρόνια ἐκ τῆς στήλης ὡς καὶ ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας γ, τὰς προκυπτούσας ἐκ τῆς σχάσεως, ὁ ἀντιδραστὴρ θωρακίζεται καταλλήλως.

Ἐκτὸς τοῦ ἀνωτέρω περιγραφέντος τύπου ἀντιδραστῆρος ὑπάρχουν πλεῖστοι ὅσοι μεταξὺ τῶν ὁποίων καὶ ὁ ἀντιδραστὴρ τύπου κολυμβητικῆς δεξαμενῆς (σχ. 573). Τοιοῦτος εἶναι καὶ ὁ ἀντιδραστὴρ τοῦ Ἑλληνικοῦ Κέντρου Πυρηνικῶν Ἐρευνῶν «Δημόκριτος».

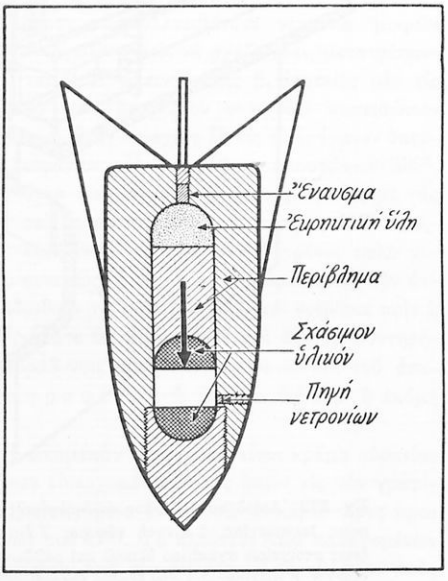
Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν ἀντιδραστῆρος ὡς ἐπιβραδυντὴς χρησιμοποιεῖται καθαρὸν ὕδωρ ἀντὶ γραφίτου. Ἐκτὸς τῆς ἐπιβραδύνσεως τῶν νετρονίων διὰ τοῦ ὕδατος ἐπιτυγχάνεται ἡ θωράκισις ὡς καὶ ἡ ψῦξις ἐκ τῆς παραγομένης θερμότητος, λόγῳ τῆς σχάσεως τοῦ U^{235}. Χρησιμοποιοῦνται καὶ εἰς τὸν τύπον αὐτὸν ράβδοι ἐκ κράματος βορίου διὰ τὴν ἀσφάλειαν καὶ τὴν ρύθμισιν τῆς λειτουργίας τοῦ ἀντιδραστῆρος.

Γενικῶς οἱ ἀντιδραστῆρες διακρίνονται εἰς **ἀντιδραστῆρας ἐρεύνης** καὶ **ἀντιδραστῆρας ἰσχύος.** Οἱ πρῶτοι χρησιμοποιοῦνται δι' ἐρευνητικοὺς σκοπούς, ἐνῷ οἱ δεύτεροι διὰ παραγωγὴν ἰσχύος. Εἰς τοὺς ἀντιδραστῆρας ἰσχύος ἡ ἐκλυομένη θερμότης παράγεται μὲ ταχύτερον ρυθμόν, ἀπάγεται δὲ καὶ χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν ἀτμοῦ χρησιμοποιουμένου διὰ τὴν κίνησιν ἀτμοστροβίλων (τουρμπινῶν) καὶ συνεπῶς παραγωγὴν ἐνεργείας ὑπὸ ἠλεκτρικὴν μορφήν.

***339. Βόμβα οὐρανίου.** Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν μίαν ἀλυσωτὴν ἀντίδρασιν, ταχέως ἐξελισσομένην, πρέπει τὰ ἐκ τῶν σχάσεων ἐλευθερούμενα νετρόνια νὰ πολλαπλασιάζωνται ὅσον τὸ δυνατὸν ταχύτερον καὶ περισσότερον. Ἡ ἀντίστοιχος κρίσιμος μᾶζα πρέπει νὰ ἔχῃ ἐπιφάνειαν ὅσον τὸ δυνατὸν μικροτέραν ἐν σχέσει πρὸς τὸν ὄγκον της (σχῆμα σφαίρας) καὶ νὰ περιβάλλεται ὑπὸ ἀνακλαστικῶν τοιχωμάτων διὰ τὰ διαφεύγοντα τῆς μάζης νετρόνια. Ἐξ ἄλλου, ἐπειδὴ πᾶσα πρόσμιξις καθιστᾷ τὸν ὄγκον μεγαλύτερον, αἱ πιθανότητες διαφυγῆς νετρονίων ἐκ τῆς ἐπιφανείας του γίνονται μεγαλύτεραι, αἱ δὲ διαδρομαὶ τῶν νετρονίων ἀπό τινος σχασθέντος πυρῆνος, μέχρις ὅτου συναντήσουν ἄλλον τινά, γίνονται μακρύτεραι. Ἄρα, ἡ πρόσμιξις ἄλλων ὑλικῶν πρέπει νὰ εἶναι κατωτέρα ὁρίου τινός.

Κατὰ πᾶσαν πιθανότητα ἡ κρίσιμος μᾶζα τοῦ οὐρανίου —235 εἶναι περίπου 50 kgr, ἐλαττουμένη ἂν τυχὸν περιβάλλεται ὑπὸ καλοῦ, ἀνακλαστικοῦ τῶν νετρονίων ὑλικοῦ.

Ὅλαι αἱ λεπτομέρειαι κατασκευῆς βομβῶν οὐρανίου (ἢ πλουτωνίου) εἶναι ἐξαι-



Σχ. 574. Σχηματικὸν διάγραμμα πιθανῆς διαμορφώσεως τοῦ μηχανισμοῦ βόμβας πυρηνικῶν σχάσεων (ἀτομικῆς βόμβας).

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ρετικῶς μυστικαί, πάντως εἶναι προφανὲς ὅτι τὸ σχάσιμον ὑλικὸν πρέπει νὰ διαχωρίζεται εἰς ὑποκρισίμους ποσότητας, τὰς ὁποίας μηχανισμός τις νὰ συνενώνῃ ταχύτατα εἰς ὑπερκρίσιμον.

Ἴσως ἡ ἐσωτερικὴ κατασκευὴ τῆς ἀτομικῆς βόμβας νὰ ὁμοιάζῃ μὲ τὴν τοῦ σχήματος 574. Παρατηροῦμεν δύο ὑποκρίσιμα τεμάχια σχασίμου ὑλικοῦ, πηγήν τινα βοηθητικῶν τῆς ἐκρήξεως νετρονίων, ἀδρανὲς ὑλικὸν περιβλήματος, χρησιμεῦον καὶ ὡς ἀνακλαστήρ, καψύλιον ἀναφλέξεως καὶ γόμωσιν κοινοῦ ἐκρηκτικοῦ ὑλικοῦ, σκοπὸν ἔχοντος τὴν ἰσχυροτάτην ὥθησιν τοῦ ἑνὸς ὑποκρισίμου τεμαχίου ἐπὶ τοῦ ἄλλου.

Ἀντὶ τῶν δύο μόνον ὑποκρισίμων τεμαχίων εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρχουν πολλὰ ἀκτινωτῶς διατεταγμένα, συνενούμενα συγχρόνως εἰς κοινὸν κέντρον, εὑρισκόμενον εἰς τὸ μέσον τῆς βόμβας, κατὰ τὴν ὡρισμένην στιγμὴν τῆς ἐκρήξεως.

Ἡ κατὰ τὴν ἔκρηξιν τῆς ἀτομικῆς βόμβας ἐκλυομένη ἐνέργεια ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ποσοῦ τοῦ σχασίμου ὑλικοῦ καὶ ἐκ τοῦ ποσοστοῦ του, τὸ ὁποῖον ἐσχάσθη. Τὸ ὑπόλοιπον ὑλικόν, σχάσιμον ἢ μή, θὰ ἐξατμισθῇ, λόγῳ τῶν ὑψίστων θερμοκρασιῶν, αἱ ὁποῖαι θὰ ἀναπτυχθοῦν εἰς τὸ κέντρον τῆς ἐκρήξεως, νοεῖται δὲ ὅτι πρέπει τὸ περίβλημα νὰ εἶναι παχύ, ὥστε νὰ ἀναπτυχθῇ ἡ ἀπαιτουμένη ἰσχυροτάτη πίεσις καὶ νὰ μὴ χαλαρωθῇ ἀμέσως ἡ ἔκρηξις.

Ἡ πρώτη δοκιμὴ ἀτομικοῦ ὅπλου ἐγένετο τὸν Ἰούλιον τοῦ 1945 εἰς τὸ Alamogordo τῆς Πολιτείας τοῦ Νέου Μεξικοῦ τῶν Η.Π.Α. Πρῶτος πολεμικὸς στόχος ὑπῆρξε τὴν 6ην Αὐγούστου 1945 ἡ ἰαπωνικὴ πόλις Χιροσίμα, ἐκ τῶν 260 000 κατοίκων τῆς ὁποίας περίπου 70 000 ἀπέθανον καὶ 80 000 ἐτραυματίσθησαν ἢ ἔπαθον ἐγκαύματα διαφόρων βαθμῶν ἢ ἀκτινοπληξίαν μετρίας δόσεως. Ἡ βόμβα ἐρρίφθη ἀπὸ ἀεροπλάνον καὶ ἐξερράγη εἰς ὕψος 600 περίπου μέτρων ἄνωθεν τῆς πόλεως. Ἡ ἀρχικὴ λαμπρότης τῆς ἐκρήξεως ἦτο πολὺ μεγαλυτέρα τῆς τοῦ Ἡλίου καὶ προεκλήθησαν πυρκαϊαὶ εἰς ἅπαντα τὰ καύσιμα ὑλικὰ ἐντὸς ἀποστάσεως 3,5 χιλιομέτρων. Ἡ ἰσοδύναμος ἰσχὺς τῆς πρώτης ἀτομικῆς βόμβας ἦτο 20 000 τόννων τῆς ἐκρηκτικῆς ἑνώσεως τρινιτροτολουόλης (T N T).

***340. Σύντηξις.** Ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας εἶναι δυνατὴ καὶ ἡ συνένωσις ἐλαφρῶν ἀτόμων ἢ σωματιδίων πρὸς παραγωγὴν νέων ἀτόμων μὲ σύγχρονον ἀπελευθέρωσιν ἐνεργείας. Ὡς παράδειγμα, ἂς θεωρήσωμεν ὅτι, δύο πρωτόνια καὶ δύο νετρόνια, ὑπὸ κατάλληλον θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν, συνενοῦνται πρὸς σχηματισμὸν ἑνὸς σωματιδίου α. Κατ' αὐτὴν τὴν ἀντίδρασιν θὰ ἐξαφανισθῇ μᾶζα ὡς φαίνεται ἀπὸ τοὺς κατωτέρω ὑπολογισμούς[1].

Μᾶζα πρὸ τῆς συνενώσεως

Δύο πρωτόνια	$3{,}3446 \cdot 10^{-24}$ gr	ἢ	2,0162 MAM
Δύο νετρόνια	$3{,}3497 \cdot 10^{-24}$ gr	ἢ	2,0180 MAM
	$6{,}6943 \cdot 10^{-24}$ gr	ἢ	4,0342 MAM

Μᾶζα μετὰ τὴν συνένωσιν

Ἓν σωματίδιον α	$6{,}6446 \cdot 10^{-24}$ gr	ἢ	4,0038 MAM

Ἀπώλεια εἰς μᾶζαν

	$6{,}6943 \cdot 10^{-24}$ gr	ἢ	4,0342 MAM
	$-6{,}6446 \cdot 10^{-24}$ gr	ἢ	4,0038 MAM
	$0{,}0497 \cdot 10^{-24}$ gr	ἢ	0,0304 MAM

Ἡ ἀπώλεια αὕτη εἰς μᾶζαν ἀποτελεῖ τὰ 0,71 % τῆς ὅλης μάζης τῆς λαμβανούσης χώραν εἰς τὴν ἀντίδρασιν. Συνεπῶς, ἐν ἀντιστοίχον ποσὸν ἐνεργείας π.χ. ὑπὸ μορφὴν ἀκτίνων γ καὶ θερμότητος θὰ ἐλευθεροῦτο κατ' αὐτὴν τὴν **σύντηξιν,** ὡς γενικῶς καλεῖται ἡ ἀντίδρασις αὕτη.

Ἡ ἐνέργεια αὕτη ὑπολογιζομένη ὡς καὶ εἰς τὴν § 335 εἶναι : $E = 0{,}0304 \cdot 931{,}25$ MeV $=$ 28,2 MeV, περίπου.

1. Ἡ μονὰς MAM ἀναφέρεται εἰς ἄτομα, τοῦτο ὅμως δὲν ἐπηρεάζει τὸν τελικὸν ὑπολογισμόν, διότι ἡ μᾶζα τῶν ἠλεκτρονίων ἀφαιρεῖται, συνυπολογιζομένη εἰς τὸ ἄτομον τοῦ ἡλίου.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Μέχρι σήμερον δὲν ἔχει ἐπιτευχθῆ ἡ κατασκευὴ ἑνὸς ἀντιδραστῆρος συντήξεως, λόγῳ τῶν μεγάλων δυσχερειῶν, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζονται διὰ τὴν ἐπίτευξιν τῶν εἰδικῶν συνθηκῶν θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, αἱ ὁποῖαι ἀπαιτοῦνται διὰ τὴν σύντηξιν.

Ἀντιθέτως, ἀντιδραστὴρ τοιαύτης συντήξεως ὑφίσταται ἐν τῇ φύσει καὶ εἶναι ὁ Ἥλιος, ὡς καὶ οἱ διάφοροι ἀπλανεῖς ἀστέρες, ἀποτελῶν ἕνα τεράστιον ἐργοστάσιον πυρηνικῆς ἐνεργείας. Ὁ Ἥλιος ἔχει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας του θερμοκρασίαν περίπου 6000 °C, ἐνῷ ἡ θερμοκρασία τοῦ κέντρου τῆς μάζης του ἀνέρχεται εἰς 20 ἑκατομμύρια βαθμῶν. Τὰ κύρια συστατικά του στοιχεῖα εἶναι τὸ ὑδρογόνον καὶ ἥλιον, εἰς πολὺ δὲ μικροτέραν ἀναλογίαν εὑρίσκονται τὰ λοιπὰ στοιχεῖα τῆς φύσεως. Ὡς ἐκ τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας τὰ στοιχεῖα εἶναι πάρα πολὺ ἰονισμένα καὶ τὰ ἐλαφρότερα ἐκ τούτων ἔχουν χάσει ὅλα τὰ ἠλεκτρόνιά των, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἐλευθέρως καὶ ἀπέμειναν ἀντὶ ἀτόμων καθαροὶ οἱ πυρῆνες. Ἡ κατάστασις αὕτη τῆς ἰονισμένης ὕλης ἀποτελεῖ μίαν ἰδιότυπον μορφὴν ἀερίου, μίαν τετάρτην κατάστασιν τῆς ὕλης, ἡ, ὡς ὀνομάζεται σήμερον, τὸ **πλάσμα.**

Ἡ ὑψηλὴ ὅμως θερμοκρασία προϋποθέτει μεγάλας κινητικὰς ἐνεργείας τῶν συστατικῶν τοῦ Ἡλίου καὶ δὴ τόσον μεγάλας, ὥστε αἱ συγκρούσεις τῶν ἐλαφρῶν ἰδίως πυρήνων κατὰ τὴν ἄτακτον καὶ ἄρρυθμον κίνησίν των (ὡς ἐὰν ἀπετέλουν θερμὸν ἀέριον) νὰ εἶναι σφοδραὶ καὶ ἱκαναὶ νὰ προκαλέσουν συγκόλλησιν τῶν συγκρουομένων ἐλαφρῶν πυρήνων, ὑπερνικουμένων οὕτω τῶν ἀπωστικῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐμφανίζονται μεταξὺ δύο πλησίον ἀλλήλων εὑρισκομένων καὶ ὁμωνύμως φορτισμένων πυρήνων. Διὰ βαρυτέρους πυρῆνας ἀπαιτοῦνται, ὡς εἶναι εὐνόητον, ἀκόμη μεγαλύτεραι θερμοκρασίαι.

Αἱ ἀνωτέρω σκέψεις καὶ οἱ γενόμενοι ὑπολογισμοὶ ἔδειξαν ὅτι εἶναι δυνατὴ ἡ κατασκευὴ πυρήνων ἡλίου ἀπὸ 4 πρωτόνια, ἐκ τῶν ὁποίων ἀπελευθεροῦνται 2 ποζιτρόνια ($+e$) καὶ δύο νετρίνα (ν_0), ἤτοι μὲ τὴν δὶς ἐμφάνισιν τῆς ἀκτινοβολίας $+\beta$.

Ἡ κατὰ τὴν σύντηξιν ταύτην τῶν τεσσάρων πρωτονίων παραγομένη ἐνέργεια, λόγῳ ἐλλείμματος μάζης, μὲ τὴν παραδοχὴν ὡς ἀμελητέας τῆς μάζης τῶν δύο νετρίνων, θὰ ἰσοῦται πρὸς :

$$4\ {}_1H^1 - 2e - {}_2He^4 = \Delta m$$

$$4 \cdot 1{,}00814 - 2 \cdot 0{,}00055 - 4{,}00380 = 0{,}02740$$

ἀντιπροσωπεύουσα περὶ τὰ 25,5 MeV.

Ἐπειδὴ τὰ 4 gr ἡλίου (δηλαδὴ τὸ γραμμοάτομον τοῦ ἡλίου) περιέχουν $6{,}023 \cdot 10^{23}$ ἄτομα ἡλίου, εἰς 1000 gr ἡλίου θὰ περιέχωνται $1{,}5 \cdot 10^{26}$ ἄτομα. Ἄρα κατὰ τὸν σχηματισμόν, ἑνὸς χιλιογράμμου ἡλίου ἐξ ὑδρογόνου, θὰ ἐκλυθῇ ἐνέργεια $1{,}5 \cdot 10^{26} \cdot 25{,}5$ MeV ἢ ἀντιστοίχως $148 \cdot 10^9$ χιλιοθερμίδες, ἀναλογοῦσαι εἰς καῦσιν 18 500 τόννων ἀνθρακίτου.

Οἱ ὑπολογισμοὶ δεικνύουν ὅτι πολλὰ ἑκατομμύρια τόννων ὑδρογόνου συντήκονται κάθε δευτερόλεπτον πρὸς ἀποτέλεσιν ἡλίου καὶ παρὰ τοῦτο ἡ μᾶζα τοῦ ἡλίου ἐπαρκεῖ διὰ νὰ διατηρηθῇ ἡ ἀντίδρασις μὲ τὸν αὐτὸν περίπου ρυθμὸν ἐπὶ 10^{11} ἔτη.

***341. Ἡ βόμβα ὑδρογόνου.** Ἡ ὑδρογονικὴ ἢ θερμοπυρηνικὴ βόμβα εἶναι πολεμικὸν ὅπλον στηριζόμενον εἰς τὴν ἔκλυσιν ἐνεργείας, προερχομένης ἐκ συντήξεως πυρήνων κυρίως ἰσοτόπων τοῦ ὑδρογόνου πρὸς σχηματισμὸν ἡλίου.

Τὴν δυνατότητα μιᾶς τοιαύτης ἀντιδράσεως, ἐχούσης ὡς ἔναυσμα τὴν ὑψίστην θερμοκρασίαν μιᾶς ἀτομικῆς βόμβας σχάσεως, προέβλεψεν ἤδη ἀπὸ τὸ 1942 ὁ Fermi.

Ἡ βόμβα ὑδρογόνου ἔχει ὡρισμένα πολεμικὰ πλεονεκτήματα ἔναντι τῆς ἀτομικῆς βόμβας : α) Ἡ ἀνὰ χιλιόγραμμον μάζης της ἐκλυομένη ἐνέργεια εἶναι μεγαλυτέρα. β) Δὲν ὑπάρχει περιορισμὸς εἰς τὴν αὔξησιν τῆς ἰσχύος της. γ) Δὲν ὑπάρχει κρίσιμος ἢ ὑποκρίσιμος μᾶζα. δ) Ἀναφλέγεται μόνον λόγῳ τῆς θερμοκρασίας, ἥτις ἀναπτύσσεται ἀπὸ μικρὰν βόμβαν σχάσεως καὶ συντηρεῖται ἡ ἀντίδρασίς της ἐφ' ὅσον ἐξακολουθῇ ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία. ε) Δὲν δημιουργοῦνται προϊόντα σχάσεως ἐντόνως ραδιενεργὰ (« καθαρὰ » βόμβα) παρὰ μόνον τὰ τοῦ ἐναύσματος. στ) Εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ὡς ὑλικὰ περιβλήματος ὡρισμένα στοιχεῖα, ὅπως τὸ κοβάλτιον (βόμβα κοβαλτίου), τὰ ὁποῖα καθίστανται σχετικῶς μακρόβια ραδιενεργὰ ἰσότοπα ὑπὸ τῶν νετρονίων τῆς βόμβας ὑδρογόνου. Ταῦτα θὰ ρυπάνουν διὰ τῆς κονιοποιήσεως των τὴν ἀτμό-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

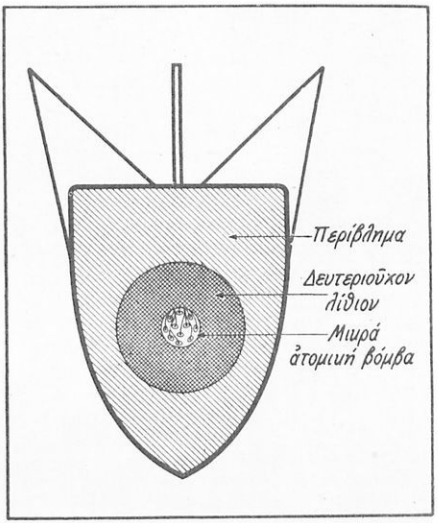
σφαιραν, διὰ τῆς ἐπιπτώσεώς των ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ τὰς κατωκημένας περιοχάς. Οὕτω, θὰ γίνῃ διὰ πολλὰ ἔτη ἐπικίνδυνος ἡ παραμονὴ ζώντων ὀργανισμῶν εἰς βομβαρδισθέντας νομοὺς ἢ ἐπαρχίας. Διατείνονται πολλοὶ ὅτι 10 - 20 ὑδρογονικαὶ βόμβαι μὲ κοβάλτιον ἐπαρκοῦν διὰ πλήρη ἐξαφάνισιν τῆς ἀνθρωπότητος ἐπὶ τῆς Γῆς.

Ἡ κυρία πηγὴ ἐνεργείας εἶναι ἡ σύντηξις τριτίου μὲ δευτέριον, ἀπαιτοῦσα μικροτέραν θερμοκρασίαν (40 ἑκατομμύρια ^{0}C), παρὰ ἡ σύντηξις δευτερίου μὲ δευτέριον (300 ἑκατομμύρια ^{0}C).

$$_1H^2 + {}_1H^3 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1 + 17{,}6 \text{ MeV}$$

Τὸ τρίτιον, ὡς μὴ εὑρισκόμενον ἐν τῇ φύσει, κατασκευάζεται ἀρχικῶς ἐν τῇ βόμβᾳ ἀπὸ νετρόνια, δρῶντα ἐπὶ δευτεριούχου λιθίου, ἀποτελοῦντος τὴν γόμωσιν τῆς βόμβας ὑδρογόνου :

$$_3Li^6 + {}_0n^1 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_1H^3 + 4{,}8 \text{ MeV}$$



Σχ. 575. Βόμβα συντήξεως πυρήνων ὑδρογόνου (ἀρχή).

Νετρόνια παράγει τὸ ἔναυσμα, δηλαδὴ ἡ μικρὰ βόμβα οὐρανίου ἢ πλουτωνίου, ἡ ἐγκλειομένη ἐντὸς τῆς ὑδρογονικῆς. Τὸ ἔναυσμα ἢ ἡ πυρηνικὴ πυροδότησις ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ ὑποκρίσιμα τεμάχια σχασίμου ὑλικοῦ, διατεταγμένα ἐπὶ κοίλης σφαίρας, τὰ ὁποῖα, ἐν δεδομένῃ στιγμῇ, ἐκσφενδονίζονται βιαιότατα πρὸς τὸ κέντρον τῆς σφαίρας ὅπου συσσωματούμενα ἀποτελοῦν ὑπερκρίσιμον ποσότητα (σχ. 575). Ἐκκινούσης τότε τῆς πυρηνικῆς ἐκρήξεως ἀναπτύσσεται ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία διὰ τὰς ἀντιδράσεις τῆς συντήξεως.

Ἡ πρώτη Ἀμερικανικὴ δοκιμὴ θερμοπυρηνικῆς ἐκρήξεως[1] ἐγένετο εἰς Eniwetok, νησῖδα τοῦ Εἰρηνικοῦ Ὠκεανοῦ, τὸν Νοέμβριον 1952.

Ἡ πρώτη βόμβα ἐρρίφθη τὴν 1ην Μαρτίου 1954 ἄνω τῆς κοραλλιογενοῦς περιοχῆς τοῦ Bikini τοῦ Εἰρηνικοῦ Ὠκεανοῦ, ἦτο δὲ ἰσοδυνάμου ἰσχύος πρὸς 15 μεγατόννους (ἑκατομμύρια τόννους) τρινιτροτολουόλης. Ἡ ἐκ τῆς ἐκρήξεως προελθοῦσα ρύπανσις ἦτο ἐξαιρετικῶς μεγάλη, διότι ἐχρησιμοποιήθη ὡς περίβλημα οὐράνιον —238 ἵνα καὶ αὐτὸ σχασθῇ διὰ τῶν ταχέων νετρονίων τῆς ἀντιδράσεως. Συνεπῶς, ἡ πρώτη βόμβα ὑδρογόνου ἦτο τριπλῆς πυρηνικῆς ἀντιδράσεως, ἤτοι : α) βραδέων νετρονίων σχάσεως U^{235} ἢ Pu^{239}, β) θερμοπυρηνικῆς συντήξεως ἰσοτόπων ὑδρογόνου καὶ γ) ταχέων νετρονίων σχάσεως U^{238} (δηλαδὴ σχάσις - σύντηξις - σχάσις).

Ἡ ἀργότερον δοκιμασθεῖσα ρωσικὴ βόμβα ἦτο ἐπίσης τριπλῆς ἐνεργείας μὲ τελευταῖον στάδιον τὴν σχάσιν θορίου ἀντὶ οὐρανίου —238.

Γενικῶς εἰς τὰς πυρηνικὰς ἢ θερμοπυρηνικὰς βόμβας, τὰ 50% τῆς ἐνεργείας ἀποδίδονται ὡς μηχανικὸν ἔργον καταστροφῶν, 35% ὡς θερμότης ἐξ ἀκτινοβολίας, 5% ἀποτελοῦν αἱ πρωτογενεῖς κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκρήξεως πυρηνικαὶ ἀκτινοβολίαι καὶ 10% αἱ δευτερογενεῖς ἢ καθυστερημέναι πυρηνικαὶ ἀκτινοβολίαι (α, β, γ, $_0n^1$, ν^0, κλπ.).

---

1. Ὁ ὅρος θερμοπυρηνικὴ νὰ μὴ ταυτίζεται μὲ τὴν ἀτομικὴν ἢ ὀρθότερον, τὴν πυρηνικὴν ἔκρηξιν, τὴν προερχομένην ἐκ σχάσεως καὶ μὴ σχετιζομένην μὲ ὑψηλὰς θερμοκρασίας ἐναύσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἀπὸ τὰ σωματίδια τῆς πρωτογενοῦς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας πολὺ ἐλάχιστα φθάνουν μέχρι τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς.

Ἡ δευτερογενὴς ἀκτινοβολία διαιρεῖται εἰς δύο συνιστώσας, τὴν **σκληράν,** περιλαμβάνουσαν ἀκτινοβολίας δυναμένας νὰ διαπεροῦν στρῶμα μολύβδου, πάχους μεγαλυτέρου ἀπὸ 12 cm καὶ τὴν **μαλακήν,** ἥτις ἀπορροφᾶται ὑπὸ στρώματος μολύβδου μικροτέρου τῶν 12 cm.

Ἡ σκληρὰ συνιστῶσα ἀποτελεῖ τὸ μεγαλύτερον ποσοστὸν τῆς δευτερογενοῦς ἀκτινοβολίας (80 - 90%), τὸ ὁποῖον φθάνει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ συνίσταται ἀπὸ **«μεσόνια»** ἢ **«βαρέα ἠλεκτρόνια»,** καθὼς ἡ μᾶζα των εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς τῶν ἠλεκτρονίων, ταῦτα διακρίνονται εἰς π - μεσόνια (πιόνια) καὶ τὰ ἐλαφρότερα τούτων μ - μεσόνια (μιόνια).

Ἡ μαλακὴ συνιστῶσα τῆς δευτερογενοῦς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας, ἀποτελεῖται ἀπὸ φωτόνια, ταχέα ἠλεκτρόνια καὶ ποζιτρόνια, μετατρεπομένων τῶν μὲν εἰς τὰ δὲ καὶ ἀντιστρόφως διὰ διδύμων γενέσεων καὶ ὑλοποιήσεων. Δημιουργεῖται οὕτως ἓν εἶδος κλιμακωτοῦ καταιγισμοῦ, ἐν εἶδος ἀκτινωτῶς ἐξελισσομένης γενέσεως φωτονίων καὶ σωματιδίων $\pm e$ ὁλονὲν μεγαλυτέρου ἀριθμοῦ καὶ μικροτέρας καθ' ἕκαστον ἐνεργείας (σχ. 576).

Μετρήσεις τῆς ἐντάσεως τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας εἰς τὰ διάφορα ὕψη γίνονται σήμερον τῇ βοηθείᾳ τῶν πυραύλων καὶ τῶν τεχνητῶν δορυφόρων. Οὕτω, κατεδείχθη ὅτι ἡ Γῆ περιβάλλεται ὑπὸ ζώνης πλήρους κοσμικῶν ἀκτίνων ποικίλων ἐνεργειῶν, τῆς ὁποίας μελέτη γίνεται σήμερον ἰδιαιτέρως ἐνδιαφέρουσα, ἐν ὄψει τῆς ἐπανδρώσεως πυραύλων καὶ τῆς δημιουργίας διαπλανητικῶν σταθμῶν.

***343. Τὰ στοιχειώδη σωματίδια.** Πρὸ τοῦ 1930 ὁ μικρόκοσμος ἐθεωρεῖτο ὡς ἀποτελούμενος ἀπὸ δύο ἠλεκτρικῶς φορτισμένα στοιχειώδη (ἀδιαίρετα, μὴ διασπάσιμα) σωματίδια ἀπείρου ζωῆς, τὰ θετικὰ πρωτόνια καὶ τὰ ἀρνητικὰ ἠλεκτρόνια καὶ ἓν ἀφόρτιστον, τὸ κβάντον τῆς φωτεινῆς ἐν γένει ἀκτινοβολίας, τὸ οὐδέτερον φωτόνιον.

Ὑπῆρχον βεβαίως δυσχέρειαι εἰς τὴν ἐξήγησιν τῶν διαφόρων ἀτομικῶν καὶ ἰδιαιτέρως πυρηνικῶν φαινομένων, ἀλλὰ δεδομένου ὅτι δὲν ἦσαν γνωστὰ ἕτερα στοιχειώδη σωματία, ἐγένοντο πολλαὶ ἀναγκαστικαὶ παραδοχαὶ καὶ βεβιασμέναι ἑρμηνεῖαι.

Τὸ σπουδαιότερον ὅμως γεγονὸς τῶν νεωτέρων χρόνων, ἀπὸ πλευρᾶς μελέτης τῶν στοιχειωδῶν σωματιδίων καὶ τῶν πρὸς αὐτὰ συνδεδεμένων ὑψηλῶν ἐνεργειῶν, εἶναι ἡ ἀνακάλυψις (1932-35) τοῦ νετρονίου καὶ ποζιτρονίου μὲ τὴν σύγχρονον περίπου πρότασιν τοῦ Pauli περὶ τῆς παραδοχῆς τοῦ νετρίνου ὡς σωματιδίου συνοδοῦ τοῦ ἠλεκτρονίου κατὰ τὴν ραδιενέργειαν β. Καὶ τὸ μὲν νετρόνιον μᾶς ἔδωσεν ἱκανοποιητικὴν λύσιν τοῦ προβλήματος τῆς δομῆς τοῦ πυρῆνος, τὸ δὲ ποζιτρόνιον τὴν πρώτην ἔνδειξιν περὶ τῆς ὑπάρξεως σειρᾶς σωματιδίων ἀντιθέτου — τρόπον τινὰ — συμπεριφορᾶς πρὸς τὰ ὅμοιά των καὶ γνωστὰ εἰς ἡμᾶς σωματίδια. Οὕτως, ἔχομεν ἀπὸ τοῦ 1935 τὴν πρώτην παρουσίαν τῶν **ἀντισωματιδίων** ἢ γενικώτερον τῆς **ἀντύλης.**

Ἓν ἀντισωματίδιον διαφέρει τοῦ σωματιδίου κατὰ τὸ ἀντίθετον σημεῖον ἑνὸς τοὐλάχιστον μεγέθους χαρακτηριστικοῦ τοῦ σωματιδίου. Ἐπειδὴ τὰ πλεῖστα τῶν σωματιδίων εἶναι φορτισμένα καὶ δὴ πάντοτε μὲ τὸ αὐτὸ στοιχειῶδες φορτίον (θετικὸν ἢ ἀρνητικόν), δυνάμεθα νὰ ἀντιπαρατάξωμεν πρὸς αὐτά, ὑπὸ τὸν τίτλον τοῦ ἀντισωματιδίου, τὰ ὅμοιά των σωματίδια μὲ τὸ ἀντίθετον φορτίον. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἔχομεν π.χ.

σωματίδια	ἠλεκτρόνιον	(−)	ἀντισωματίδια	ποζιτρόνιον	(+)
	μ - μεσόνιον	(−)		μ - μεσόνιον	(+)
	π - μεσόνιον	(+)		π - μεσόνιον	(−)
	πρωτόνιον	(+)		ἀντιπρωτόνιον	(−) κ.ο.κ.

Ὑπάρχουν ὅμως σωματίδια, ὅπως τὸ νετρόνιον, διὰ τὰ ὁποῖα δὲν ὑφίσταται φορτίον τι, ἄρα πρέπει ἄλλο χαρακτηριστικὸν μέγεθος τοῦ σωματιδίου νὰ εὑρεθῇ ὡς ἀντιθέτου σημείου καὶ ὡς τοιοῦτον λαμβάνεται συνήθως ἡ φορὰ τῆς μαγνητικῆς του ροπῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν καθ' ἣν ἐλλείπει τόσον τὸ φορτίον ὅσον καὶ ἡ μαγνητικὴ ροπή, ἡ κατάταξις ἀποτυγχάνει καὶ τὸ σωματίδιον δὲν ἔχει ἀντισωματίδιον.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω, δὲν γνωρίζομεν οὔτε ἀντιφωτόνια, οὔτε οὐδέτερα ἀντιπιόνια, τοὐλάχιστον πρὸς τὸ παρὸν καὶ ἐντὸς τῶν σημερινῶν μας θεωριῶν καὶ πειραματικῶν δεδομένων. Τοὐναντίον διὰ τὸ ἀντινετρόνιον δεχόμεθα ἀντίθετον τὴν μαγνητικήν του ροπὴν ὡς πρὸς τὴν τοῦ νετρονίου καὶ διὰ τὸ ἀντινετρίνο ἀντίθετον τὸ σπίν του ὡς πρὸς τὸ τοῦ νετρίνου [1].

Τὰ τελευταῖα δέκα ἔτη καὶ μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν εἰς τὴν κοσμικὴν ἀκτινοβολίαν τῶν πιονίων, ἀνευρέθησαν νέα σωματίδια θετικά, ἀρνητικὰ καὶ οὐδέτερα, ταξινομηθέντα εἰς δύο κυρίως κατηγορίας : **α) Τὰ Κ-μεσόνια ἢ καόνια** καὶ **β) Τὰ ὑπερόνια.** Ταῦτα χαρακτηρίζονται ἀπὸ βραχυτάτους χρόνους ζωῆς καὶ ἀσυνήθεις τρόπους διασπάσεων, ἀντιστάσεων κ.λ., δι' ὃ καὶ ἐκλήθησαν «ἰδιότυπα» σωματίδια.

Ἐν συμπεράσματι θεωροῦμεν ὅτι δύο εἶναι τὰ προσεχῶς ἀναμενόμενα ἀγαθὰ διὰ τὴν Ἐπιστήμην πρὸς ὄφελος τῆς Ἀνθρωπότητος : α) Ἡ ἀνακάλυψις τῆς ρυθμιζομένης ἀντιδράσεως τῆς συντήξεως τῶν ὑδρογόνων, πρᾶγμα ὅπερ εὐχόμεθα νὰ συμβῇ τὸ ταχύτερον διὰ τὸ καλὸν καὶ τὴν εὐημερίαν τοῦ ἀνθρώπου καὶ β) ἡ ἑρμηνεία τῶν περιέργων συμπεριφορῶν καὶ διασπάσεων τῶν στοιχειωδῶν σωματιδίων, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς φαίνεται νὰ μὴ συμβιβάζεται μὲ τὸ ὀλιγάριθμον τῶν θεμελιωδῶν φυσικῶν μεγεθῶν, θεμελίων τοῦ Φυσικοῦ Κόσμου.

Ἡ διὰ τῶν νεωτάτων ἐπιταχυντῶν δυνατότης τῆς τεχνητῆς κατασκευῆς τῶν περισσοτέρων στοιχειωδῶν σωματιδίων θὰ δώσῃ—ὡς ἐλπίζομεν—τὴν λύσιν τοῦ αἰνίγματος καὶ τὴν διάρθρωσιν νέας ταξινομήσεως, ἀποκαλυπτούσης ἐν τῇ ἁπλότητί της τὸ μεγαλεῖον τῆς Φύσεως καὶ τοῦ Δημιουργοῦ της.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α' Ἐρωτήσεις

1. Πυρὴν ἀτόμου περιέχει 3 πρωτόνια καὶ 5 νετρόνια. Ποῖος ὁ ἀτομικὸς καὶ ποῖος ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς αὐτοῦ. Ποῖον τὸ ὄνομα τοῦ στοιχείου.

2. Ποῖα στοιχεῖα καλοῦνται : α) ἰσότοπα, β) ἰσοβαρῆ, γ) ἰσότονα.

3. Ποῖα εἶναι τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ νετρονίου.

4. Ποῖαι αἱ διαφοραὶ μεταξὺ τῶν ἀτόμων τῶν διαφορετικῶν στοιχείων.

5. Πῶς ἐξηγοῦμεν τὸ γεγονὸς ὅτι τὰ ἀτομικὰ βάρη δὲν εἶναι πάντοτε ἀκέραιοι ἀριθμοί.

6. Ποῖα τὰ τρία εἴδη ἀκτινοβολιῶν, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν οἱ ραδιενεργοὶ πυρῆνες.

7. Πῶς συμπεριφέρονται αἱ πυρηνικαὶ ἀκτινοβολίαι ἐντός : α) Τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, β) τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

8. Ἀναφέρατε ἕνα τρόπον ἀνιχνεύσεως τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων.

9. Τί εἶναι ἡ φυσικὴ καὶ τί ἡ τεχνητὴ ραδιενέργεια.

10. Ἀναγράψατε τὴν ἀντίδρασιν κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ βηρύλλιον, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἀκτίνων α, μετατρέπεται εἰς ἄνθρακα ὑπὸ ἐκπομπὴν νετρονίων.

11. Εἰς πυρὴν οὐρανίου ($_{92}U^{238}$) διασπᾶται ὑπὸ ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου α. Ποῖος ὁ ἀτομικὸς καὶ ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ μετὰ τὴν ἐκπομπὴν τοῦ σωματιδίου ὑπολειπομένου πυρῆνος.

12. Τὸ ραδιενεργὸν ἰώδιον ($_{53}I^{131}$) διασπᾶται ὑπὸ ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου β ($-_1e^0$). Ποῖος ὁ ἀτομικὸς καὶ ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ προκύπτοντος ἐκ τῆς διασπάσεως πυρῆνος.

13. Ποῖος ὁ ἀτομικὸς καὶ ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ πυρῆνος, ὁ ὁποῖος σχηματίζεται κατὰ τὴν ἐνσωμάτωσιν ἑνὸς νετρονίου ($_0n^1$) εἰς ἕνα πυρῆνα οὐρανίου ($_{92}U^{238}$).

1. Ἀριστερόστροφος προχωροῦσα ἕλιξ καὶ δεξιόστροφος προχωροῦσα ἕλιξ.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

14. Πυρὴν ψευδαργύρου ($_{30}Zn^{66}$) βομβαρδιζόμενος δι' ἑνὸς νετρονίου ($_0n^1$), ὑφίσταται διάσπασιν ὑπὸ ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου α ($_2He^4$). Νὰ γραφῇ ἡ ἐξίσωσις τῆς πυρηνικῆς ἀντιδράσεως.

15. Εἰς τὴν ραδιενεργὸν οἰκογένειαν τοῦ οὐρανίου σχηματίζεται τὸ ράδιον ($_{88}Ra^{226}$), τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἓν σωματίδιον α μετατρεπόμενον εἰς ραδόνιον (Rn). Γράψατε τὴν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν δι' αὐτὴν τὴν μετατροπήν, παρέχοντες τὸν ἀτομικὸν καὶ μαζικὸν ἀριθμὸν τοῦ σχηματιζομένου ἰσοτόπου τοῦ ραδονίου.

16. Ἀναφέρατε πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τῆς τεχνητῆς ραδιενεργείας εἰς νοσοκομεῖα.

17. Ποία ἡ οὐσιώδης διαφορὰ μεταξὺ ἑνὸς κυκλότρου καὶ ἑνὸς βητάτρου.

18. Τί νοοῦμεν λέγοντες διάσπασις τοῦ ἀτόμου;

19. Τί ὀνομάζομεν ἁλυσωτὴν ἀντίδρασιν σχάσεως. Ἐξηγήσατε τὴν λειτουργίαν ἑνὸς ἀντιδραστῆρος οὐρανίου καὶ πῶς ἡ ἁλυσωτὴ ἀντίδρασις διατηρεῖται καὶ ρυθμίζεται.

20. Ἐξηγήσατε τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρῆνος.

21. Τί ὀνομάζομεν κρίσιμον μᾶζαν.

22. Διατί εἶναι πρὸς τὸ παρὸν ἀδύνατος ἡ κίνησις ἑνὸς αὐτοκινήτου μὲ ἀτομικὴν ἐνέργειαν.

23. Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ «σχάσεως» καὶ «συντήξεως» πυρήνων.

24. Διατί ἡ ἀτομικὴ βόμβα χρησιμοποιεῖται ὡς ἔναυσμα τῆς βόμβας ὑδρογόνου.

25. Ποία ἡ μαρτυρία διὰ τῆς ὁποίας θεωροῦμεν ὅτι αἱ κοσμικαὶ ἀκτῖνες προέρχονται ἐκ τοῦ κοσμικοῦ χώρου καὶ οὐχὶ ἐκ τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς Γῆς.

Β' Προβλήματα

1. Ὁ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ τοῦ ραδιενεργοῦ ἰωδίου ($_{53}I^{131}$) εἶναι ἴσος πρὸς 8 ἡμέρας. Ποῖον μέρος τῶν πυρήνων $_{53}I^{131}$, οἵτινες ὑπάρχουν κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 0$ εἰς μίαν ποσότητα πυρήνων τοῦ ἰσοτόπου $_{53}I^{131}$, ἔχει ἀπομείνει εἰς τὸ τέλος χρόνου 16 ἡμερῶν.

(Ἀπ. 1/4 τῶν ἀρχικῶν πυρήνων.)

2. Ὁ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ τοῦ ραδιενεργοῦ ἰωδίου ($_{53}I^{131}$) εἶναι ἴσος πρὸς 8 ἡμέρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χρονικὴ στιγμὴ καθ' ἣν εἰς μίαν ποσότητα πυρήνων $_{53}I^{131}$ τοῦ ἰσοτόπου ἔχει ἀπομείνει τὸ 1/8 τῶν πυρήνων, οἵτινες ὑπῆρχον εἰς αὐτὴν κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 0$. (Ἀπ. $t = 24$ ἡμ.)

3. Εἰς ποσότητα πυρήνων ἑνὸς ραδιενεργοῦ ἰσοτόπου ἔχουν ἀπομείνει κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 2$ καὶ 3/4 min τὸ 1/8 τῶν πυρήνων, οἵτινες ὑπῆρχον εἰς αὐτὴν κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 0$. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ τοῦ ἰσοτόπου. (Ἀπ. $T = 55$ sec.)

4. Νὰ εὑρεθῇ ὁ ἀριθμὸς Z τῶν πρωτονίων καὶ ὁ ἀριθμὸς N τῶν νετρονίων τῶν κάτωθι πυρήνων: $_2He^4$, $_7N^{14}$, $_8O^{16}$, $_{11}Na^{23}$, $_{92}U^{235}$. (Ἀπ. $Z = 2$, $N = 2$, $Z = 7$, $N = 7$, $Z = 8$, $N = 8$, $Z = 11$, $N = 12$, $Z = 92$, $N = 143$.)

5. Νὰ εὑρεθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων, τῶν περιφερομένων πέριξ τοῦ πυρῆνος ἑνὸς ἠλεκτρικῶς οὐδετέρου ἀτόμου: α) ἡλίου ($Z = 2$), β) ὀξυγόνου ($Z = 8$), γ) οὐρανίου ($Z = 92$), δ) ἑνὸς δισθενοῦς ἀρνητικοῦ ἰόντος ὀξυγόνου καὶ ε) ἑνὸς ἑξασθενοῦς θετικοῦ ἰόντος οὐρανίου.

(Ἀπ. α' 2, β' 8, γ' 92, δ' 10, ε' 86.)

6. α) Ποία ἡ ἀπωστικὴ δύναμις τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ εἰς πυρὴν χρυσοῦ ($Z = 79$) ἐπὶ ἑνὸς σωματιδίου α, εὑρισκομένου εἰς ἓν σημεῖον κείμενον εἰς ἀπόστασιν 10^{-12} cm ἀπὸ τοῦ πυρῆνος, β) ποία ἡ ἐπιτάχυνσις τὴν ὁποίαν κέκτηται τὸ σωματίδιον εἰς τὸ σημεῖον αὐτό. $e = 4{,}8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ – φορτίου, μᾶζα ἑνὸς σωματιδίου α $= 6{,}68 \cdot 10^{-24}$ gr.

(Ἀπ. α' $F = 3{,}6 \cdot 10^7$ dyn, β' $\gamma = 5{,}4 \cdot 10^{30}$ cm/sec^2.)

7. α) Εἰς πυρὴν οὐρανίου ($_{92}U^{238}$) διασπᾶται ὑπὸ ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου α. Ποῖος ὁ ἀτομικὸς καὶ ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ μετὰ τὴν ἐκπομπὴν τοῦ σωματιδίου ὑπολειπομένου πυρῆνος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ἀτομικὸς καὶ ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ θυγατρικοῦ πυρῆνος, τοῦ σχηματιζομένου ἐκ τῆς διασπάσεως ἑνὸς πυρῆνος ραδίου ($_{88}Ra^{226}$) ὑπὸ ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου α.

(Ἀπ. $Z = 90$, $M = 234$, $Z = 86$, $M = 222$.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

8. Τὸ ραδιενεργὸν ἰώδιον ($_{53}I^{131}$) διασπᾶται ὑπὸ ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου β ($-_1e^0$). Ποῖος ὁ ἀτομικὸς καὶ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ προκύπτοντος ἐκ τῆς διασπάσεως πυρῆνος.
('Απ. Z = 54, M = 131.)

9. Εἰς πυρὴν ἐκπέμπει ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας γ, ἐνεργείας 2,2 MeV. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συχνότης καὶ τὸ μῆκος κύματος (ἐν τῷ κενῷ) τῆς μονοχρωματικῆς ἀκτινοβολίας γ, τὴν ὁποίαν ἀντιπροσωπεύει τὸ φωτόνιον. Σταθερὰ δράσεως τοῦ Planck = $6,6 \cdot 10^{-27}$ erg · sec. Ταχύτης τοῦ φωτὸς ἐν τῷ κενῷ = $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. ('Απ. ν = $5,33 \cdot 10^{20}$ sec^{-1}, λ = $5,62 \cdot 10^{-11}$ cm.)

10. Ἓν πρωτόνιον ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας ἔκ τινος σημείου ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἐπιταχύνεται ἐντὸς αὐτοῦ, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τοῦ σημείου τούτου μέχρις ἑνὸς ἄλλου σημείου τοῦ πεδίου. Μεταξὺ τῶν δύο σημείων ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ 10^5 V. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια καὶ ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ πρωτόνιον εἰς τὸ τέλος τῆς διαδρομῆς του. Στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον = $4,8 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου, μᾶζα τοῦ πρωτονίου = $1,67 \cdot 10^{-24}$ gr. ('Απ. $E_{κιν} = 1,6 \cdot 10^{-7}$ erg, υ = $4,38 \cdot 10^8$ cm/sec.)

11. Ἓν σωματίδιον α κινεῖται μὲ ταχύτητα $1,52 \cdot 10^9$ cm/sec, καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 30 000 Gauss. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μέτρον τῆς ἐπ' αὐτοῦ ἐξασκουμένης δυνάμεως. e = $1,6 \cdot 10^{-20}$ ΗΜΜ-φορτίου. ('Απ. F = $1,46 \cdot 10^{-6}$ dyn.)

12. Ποῖος ὁ ἀτομικὸς καὶ ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς τοῦ πυρῆνος, ὁ ὁποῖος σχηματίζεται κατὰ τὴν ἐνσωμάτωσιν ἑνὸς νετρονίου ($_0n^1$) εἰς ἕνα πυρῆνα οὐρανίου ($_{92}U^{238}$). ('Απ. Z = 92, M = 239.)

13. Πυρὴν ψευδαργύρου ($_{30}Zn^{66}$) βομβαρδιζόμενος δι' ἑνὸς νετρονίου ($_0n^1$) ὑφίσταται διάσπασιν ὑπὸ ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματιδίου α ($_2He^4$). Νὰ γραφῇ ἡ ἐξίσωσις τῆς πυρηνικῆς ἀντιδράσεως.
('Απ. $_{30}Z^{66} + {}_0n^1 \rightarrow {}_{28}Ni^{63} + {}_2He^4$.)

14. Ποία ἡ ἐνέργεια (εἰς erg, cal καὶ MeV), ἡ ἐκλυομένη κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρῆνος τοῦ ἰσοτόπου $_{92}U^{235}$, ἐὰν κατ' αὐτὴν ἐξαφανίζεται 1 $^0/_{00}$ τῆς μάζης του. Ἀτομικὴ μᾶζα τοῦ ἰσοτόπου $_{92}U^{235}$ = = 235,11, 1 MAM = $1,66 \cdot 10^{-24}$ gr.
('Απ. E = $3,52 \cdot 10^{-4}$ erg, E = 220 MeV, E = $8,4 \cdot 10^{-12}$ cal.)

15. Κατὰ τὴν ἔκρηξιν ἀτομικῆς βόμβας ἐκλύεται ποσὸν ἐνεργείας ἴσον πρὸς τὸ ἐλευθερούμενον κατὰ τὴν ἔκρηξιν 20 000 περίπου τόννων τῆς ἐκρηκτικῆς ὕλης τρινιτροτολουόλης. Ἡ ἐνέργεια αὕτη προέρχεται ἐξ ὁλοκλήρου ἐκ τῆς μετατροπῆς μέρους τῆς μάζης τοῦ ὑλικοῦ τῆς βόμβας εἰς ἐνέργειαν. Ἐὰν κατὰ τὴν ἀποσύνθεσιν ἑνὸς γραμμαρίου τρινιτροτολουόλης ἐκλύεται ποσὸν ἐνεργείας 1 kcal, νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μέρος τῆς μάζης τοῦ ὑλικοῦ τῆς βόμβας, τὸ ὁποῖον ἐξαφανίζεται κατὰ τὴν ἔκρηξιν αὐτῆς. ('Απ. 0,932 gr.)

16. Κατὰ τὴν ἔκρηξιν ἀτομικῆς βόμβας εἰς τὴν ὁποίαν λαμβάνει χώραν ἁλυσωτὴ ἀντίδρασις εἰς $_{92}U^{235}$, ἐλευθεροῦται ποσὸν ἐνεργείας ἴσον πρὸς $2,11 \cdot 10^7$ kWh. Ἐὰν κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρῆνος $_{92}U^{235}$ ἐκλύεται ἐνέργεια ἴση πρὸς 200 MeV, νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Πόσαι σχάσεις τοιούτων πυρήνων ἔλαβον χώραν ἐντὸς τοῦ ὑλικοῦ τῆς βόμβας κατὰ τὴν ἔκρηξιν, β) ποία ἡ μᾶζα τοῦ ἰσοτόπου $_{92}U^{235}$, ἥτις ὑπέστη σχάσιν κατὰ τὴν ἔκρηξιν ὡς καὶ ἡ ἐπελθοῦσα ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ ὑλικοῦ τῆς βόμβας. Ἀτομικὴ μᾶζα τοῦ ἰσοτόπου $_{92}U^{235}$ = 235,11, 1 MAM = $1,66 \cdot 10^{-24}$ gr.
('Απ. α' n = $2,37 \cdot 10^{24}$, β' m = 925 gr, γ' Δm = 0,845 gr.)

17. Κατὰ τὴν σύντηξιν μίγματος δύο ἰσοτόπων τοῦ ὑδρογόνου συνολικῆς μάζης 1 kgr, αἱ περιεχόμεναι εἰς αὐτὸ ποσότητες τῶν δύο ἰσοτόπων ἀντιδροῦν πλήρως, ἐξαφανίζεται δὲ κατὰ τὴν ἀντίδρασιν περίπου 0,7 % τῆς μάζης τοῦ μίγματος. Πόση ἐνέργεια εἰς kWh ἐκλύεται κατὰ τὴν σύντηξιν c = $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. ('Απ. $1,75 \cdot 10^8$ kWh.)

18. Ποσότης πυρήνων ὑδρογόνου συνολικῆς μάζης 4,032 gr ὑφίσταται σύντηξιν, καθ' ἣν οὗτοι μετατρέπονται εἰς πυρῆνας ἡλίου συνολικῆς μάζης 4,002 gr. Δεχόμενοι ὅτι ἡ κατὰ τὴν σύντηξιν ἐκλυομένη ἐνέργεια ἐμφανίζεται ἐξ ὁλοκλήρου ὡς θερμότης, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ ἄνθρακος, θερμότητος καύσεως 8 kcal/gr, ἥτις ὑφισταμένη τελείαν καύσιν παρέχει ἐνέργειαν ἴσην πρὸς τὴν κατὰ τὴν σύντηξιν ἐκλυομένην. c = $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. ('Απ. 80 τόννοι.)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΥΝΤΟΜΟΣ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ἡ παρατιθεμένη σύντομος Ἱστορία τῆς Φυσικῆς, ἀποτελοῦσα συνέχειαν τοῦ ἀντιστοίχου μέρους τῆς ἱστορίας τοῦ πρώτου τόμου, ἀναφέρεται εἰς τὴν Ὀπτικήν, τὸν Μαγνητισμόν, τὸν Ἠλεκτρισμὸν καὶ τὴν Νεωτέραν Φυσικήν.

Ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτὸς καὶ οἱ νόμοι τῆς ἀνακλάσεως αὐτοῦ ἦσαν ἤδη γνωστὰ εἰς τοὺς ἀρχαίους, οἱ ὁποῖοι ἔκαμνον μάλιστα καὶ πρακτικὴν χρῆσιν αὐτῶν. Ἐξ ἀντιθέτου οἱ νόμοι τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς δὲν ἦσαν γνωστοὶ κατὰ τὴν ἀρχαιότητα, ὁ δὲ διάσημος Ἀλεξανδρινὸς Ἀστρονόμος **Πτολεμαῖος** (87-168 μ.Χ.), ὁ ὁποῖος ἠσχολήθη μὲ τὴν ἔρευναν τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς καὶ τὴν ἀναζήτησιν τῶν νόμων τοὺς ὁποίους ἀκολουθεῖ τὸ φαινόμενον τοῦτο, δὲν ἐπέτυχε νὰ λύσῃ τὸ πρόβλημα. Ἀλλὰ καὶ κατὰ τὸν μεσαίωνα ἡ ἀνεύρεσις τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς δὲν ἐπετεύχθη, μολονότι ἠσχολήθη μὲ αὐτὴν καὶ ὁ Γερμανὸς Ἀστρονόμος **Κέπλερος** (Johannes Kepler, 1571-1630), χωρὶς πρὸς τοῦτο νὰ κατορθώσῃ νὰ ἀνεύρῃ τὸν γνωστὸν νόμον τὸν συνδέοντα τὰ ἡμίτονα τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ διαθλάσεως. Τὸν νόμον τοῦτον ἀνεῦρεν ὁ Ὁλλανδὸς Φυσικὸς **Σνέλλιους** (Willibrord Snellius, 1591-1626).

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ καὶ ἡ μεγεθυντικὴ ἱκανότης αὐτῶν ἦσαν γνωστὰ εἰς τοὺς ἀρχαίους, ἀλλ' ἡ πρακτικὴ ἐφαρμογή των εἰς τὴν διόρθωσιν τῶν σφαλμάτων τοῦ ὀφθαλμοῦ διὰ τῶν ὀμματοϋαλίων ἐγένετο μόνον περὶ τὸν 13ον αἰῶνα. Ἡ τεχνικὴ τῆς κατεργασίας τῶν φακῶν ἀνεπτύχθη κυρίως ἐν Ὁλλανδίᾳ, ὅπου περὶ τὰ τέλη τοῦ 16ου καὶ κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 17ου αἰῶνος ἀνεκαλύφθη τὸ μικροσκόπιον καὶ τὸ τηλεσκόπιον.

Ὁ πρῶτος ὅστις ἐχρησιμοποίησε τὸ τηλεσκόπιον εἰς τὰς ἀστρονομικὰς ἐρεύνας ἦτο ὁ Ἰταλὸς Μαθηματικός, Ἀστρονόμος καὶ Φυσικὸς **Γαλιλαῖος** (Galileo Galilei, 1564-1642), ὁ ὁποῖος μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ τηλεσκοπίου ἀνεκάλυψε τέσσαρας ἐκ τῶν δορυφόρων τοῦ Διός, παρετήρησεν ὅτι ὁ πλανήτης Ἀφροδίτη παρουσιάζει ὅπως καὶ ἡ Σελήνη φάσεις, εὗρεν ὅτι ὁ Γαλαξίας ἀποτελεῖται ἐκ μεγάλου πλήθους ἀστέρων καὶ τέλος ὅτι ἡ Σελήνη παρουσιάζει ὄρη. Αἱ ἀνακαλύψεις αὗται τοῦ Γαλιλαίου, ὁ ὁποῖος θεωρεῖται ὁ θεμελιωτὴς τῆς πειραματικῆς ἐρεύνης εἰς τὴν Φυσικήν, διήγειραν κατὰ τὴν ἐποχὴν ἐκείνην μέγα ἐνδιαφέρον, ἕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου ἡ ὁλλανδικὴ διόπτρα ἀποκαλεῖται πολλάκις καὶ διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου. Ὀλίγον βραδύτερον, κατὰ τὸ ἔτος 1611, ὁ Κέπλερος ἀνήγγειλεν ὅτι κατεσκεύασεν ἴδιον ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον, εἰς τὸ ὁποῖον μάλιστα ἐδόθη τὸ ὄνομα αὐτοῦ.

Διὰ τοῦ τηλεσκοπίου καὶ μικροσκοπίου ἀπέκτησεν ἡ Φυσικὴ τὰ ὄργανα ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα δὲν παρουσίαζον μόνον σπουδαιοτάτην πρακτικὴν σημασίαν, ἀλλὰ πρὸς τούτοις κατώρθωσε δι' αὐτῶν νὰ διεισδύσῃ βαθύτερον εἰς τὴν σπουδὴν τῆς φύσεως, καὶ οὕτως ἐπετύχομεν νὰ πλουτίσωμεν μεγάλως τὰς γνώσεις ἡμῶν.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Αἱ πρῶται ὑποθέσεις ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτὸς διετυπώθησαν σχεδὸν ταυτοχρόνως ὑπὸ τοῦ Ἄγγλου Μαθηματικοῦ καὶ Φυσικοῦ **Νεύτωνος** (Sir Isaac Newton, 1643-1727) καὶ τοῦ Ὁλλανδοῦ Μαθηματικοῦ, Φυσικοῦ καὶ Ἀστρονόμου **Χόϊχενς** (Christian Huygens, 1629-1695), κατὰ τὸ ἔτος δὲ 1700 ἡ ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος διαμορφωθεῖσα θεωρία τῆς ἐκπομπῆς ἐθεωρεῖτο ὡς ἀκλόνητος. Ἡ ἀνακάλυψις ἐν ἔτει 1808 τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως τοῦ φωτὸς ὑπὸ τοῦ **Μάλους** (Malus, 1775 - 1812) δὲν ἐκλόνισε τὴν θεωρίαν τοῦ Νεύτωνος, ἡ ὁποία κατέπεσε μόνον ὅταν ὁ Γάλλος Φυσικὸς **Φρενὲλ** (Augustin Fresnel, 1788-1827) ἐπραγματοποίησε τὸ πείραμα τῆς συμβολῆς τοῦ φωτός. Οὕτως ἡ θεωρία τοῦ Νεύτωνος ἐξετοπίσθη καὶ ἐπεκράτησεν ἡ θεωρία τοῦ Χόϊχενς, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς ἀποτελεῖ κυματικὸν φαινόμενον.

Ἡ παραδοχὴ τοῦ αἰθέρος, ὡς μέσου διαδόσεως τῶν φωτεινῶν κυμάτων, ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν παραδοχὴν ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια, διὰ τὴν ἑρμηνείαν τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ἐδημιούργησαν μεγάλας δυσχερείας εἰς τὴν Φυσικήν. Πρὸς ἄρσιν τῶν δυσχερειῶν τούτων ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς **Μάξουελ** (James Maxwell, 1831-1879), καθηγητὴς τῆς Πειραματικῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τοῦ Cambridge, ἐπρότεινε τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς ἀποτελεῖ ἠλεκτρομαγνητικὸν φαινόμενον, τὰ δὲ φωτεινὰ κύματα δὲν εἶναι κύματα μηχανικά, δηλαδὴ δὲν ὀφείλονται εἰς τὰς μηχανικὰς ἰδιότητας τοῦ αἰθέρος, τὴν ἐλαστικότητα καὶ τὴν πυκνότητα, ἀλλ' εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, δηλαδὴ κύματα ὀφειλόμενα εἰς ἠλεκτρομαγνητικὰς ἰδιότητας τοῦ αἰθέρος. Ὁ Μάξουελ διετύπωσεν ὅλους τοὺς νόμους τοῦ ἠλεκτρομαγνητισμοῦ εἰς ἓν σύστημα ἁπλῶν σχετικῶς ἐξισώσεων.

Μεγάλην συμβολὴν εἰς τὴν ἐξύψωσιν τῶν γνώσεων ἡμῶν παρέσχεν ἡ ὑπὸ τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ **Κίρχωφ** (Gustav Kirchhoff, 1824-1887) καὶ τοῦ Γερμανοῦ Χημικοῦ **Μποῦνσεν** (Robert Wilhelm Bunsen, 1811-1899) ἀνακαλυφθεῖσα κατὰ τὸ 1859 φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις διὰ τῆς εἰσαγωγῆς εἰς τὴν Φυσικὴν ἔρευναν τοῦ φασματοσκοπίου, τὸ ὁποῖον εἰσήχθη ἀκολούθως καὶ εἰς τὴν Ἀστρονομίαν. Ἐκ τῆς σπουδῆς μάλιστα τῶν φασμάτων τῶν ἀστέρων προήχθησαν μεγάλως αἱ γνώσεις ἡμῶν ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὴν σύστασιν τῆς ὕλης καὶ τὴν κατάστασιν τῶν ἀστέρων.

Ἡ φωτογραφία ἀποτελεῖ μίαν τῶν σπουδαιοτάτων ἀνακαλύψεων εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Ὀπτικῆς. Ἡ φωτογραφικὴ μηχανὴ προῆλθεν ἐκ τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου, τὸν ὁποῖον ἀνεκάλυψεν ὁ Ἄγγλος φυσικοφιλόσοφος **Βάκων** (Roger Bacon, 1214-1294). Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος ἐβελτιώθη οὐσιωδῶς κατὰ τὸν 16ον αἰῶνα, ὅτε εἷς Ἰταλὸς ἐτοποθέτησεν εἰς τὴν ὀπὴν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου συγκλίνοντα φακόν, οὕτω δὲ ἐπὶ τῆς ἡμιδιαφανοῦς πλακὸς τοῦ θαλάμου ἐσχηματίζετο σαφέστερον καὶ ἐντονώτερον τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Ἐφευρέτης τῆς φωτογραφίας θεωρεῖται ὁ Γάλλος ζωγράφος **Νταγκὲρ** (Daguerre, 1789-1851). Οὗτος ἐν ἔτει 1838 ἐτοποθέτησεν εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον καὶ εἰς τὴν θέσιν τῆς ἡμιδιαφανοῦς πλακὸς πλάκα ἐξ ἀργύρου, τῆς ὁποίας ἡ ἐπιφάνεια ἦτο κεκαλυμμένη ὑπὸ φωτοπαθοῦς στρώματος ἀπὸ ἰωδιοῦχον ἄργυρον. Δι' ἐκθέσεως τῆς πλακὸς εἰς τὸ φῶς, ἐμφανίσεως καὶ στερεώσεως αὐτῆς, ἐλάμβανεν ὁ Νταγκὲρ τὰς πρωτογόνους φωτογραφίας, αἱ ὁποῖαι ἦσαν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἀρνητικαὶ καὶ αἱ ὁποῖαι ἐνεφάνιζον τὸ ἀριστερὸν ὡς δεξιὸν ἐνηλλαγμένον, ἦτο δὲ ἡ μέθοδος αὕτη τῆς φωτογραφίας γνωστὴ ὡς ν τ α γ κ ε ρ ο τ υ π ί α.

Κατὰ τὸν 18ον καὶ 19ον αἰῶνα διεμορφώθη ἡ νεωτέρα σπουδὴ τοῦ 'Ηλεκτρισμοῦ καὶ τοῦ Μαγνητισμοῦ.

Εἶναι γνωστὸν ὅτι οἱ Κινέζοι εἰς τοὺς τελευταίους π.Χ. αἰῶνας ἐχρησιμοποίουν κατὰ τὰ ταξίδια αὐτῶν ἐπὶ τῆς ξηρᾶς ὄργανα ἀντίστοιχα πρὸς τὰς πυξίδας διὰ τὸν προσανατολισμόν των, ἐνῷ ἀπὸ τοῦ 11ου μ.Χ. αἰῶνος ἤρχισεν ἡ χρησιμοποίησις τῆς πυξίδος καὶ ὑπὸ τῶν ναυτικῶν. 'Εξ ἄλλου, αἱ κατόπιν τριβῆς ἰδιότητες τοῦ ἠλέκτρου, ἦσαν γνωσταὶ εἰς τοὺς ἀρχαίους Ἕλληνας (**Θαλῆς** ὁ Μιλήσιος, 624-544 π.Χ.). 'Εν τούτοις, πέραν αὐτοῦ, οὐδεμία ἄλλη γνῶσις ἠλεκτρικῶν φαινομένων ἐπετεύχθη κατὰ τὴν ἀρχαιότητα καὶ τὸν μεσαίωνα. Αἱ ἐπιστημονικαὶ βάσεις τοῦ 'Ηλεκτρισμοῦ καὶ Μαγνητισμοῦ ἐτέθησαν βραδύτερον χάρις εἰς τὰς ἐρεύνας τοῦ Ἄγγλου ἰατροῦ **Τζίλμπερτ** (William Gilbert 1540-1603). 'Εν τούτοις, αἱ πρῶται σπουδαῖαι ἀνακαλύψεις, αἱ ὁποῖαι ἤγαγον εἰς τὴν βαθυτέραν γνῶσιν τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων, ἐγένοντο μόλις κατὰ τὸν 18ον αἰῶνα.

'Αλλὰ καὶ ἔκτοτε ἐχρειάσθησαν ἀρκεταὶ δεκάδες ἐτῶν διὰ νὰ ἀποκαλυφθοῦν οἱ νόμοι τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, δι' ὧν ἐπέτυχεν ἡ Φυσικὴ νὰ καταστήσῃ δυνατὴν τὴν χρησιμοποίησιν αὐτοῦ χάριν τῆς ἀνθρωπότητος.

Κατὰ τὰ τέλη τοῦ 18ου αἰῶνος ἀνεκαλύφθη εἷς νέος τρόπος παραγωγῆς ἠλεκτρισμοῦ, τὸν ὁποῖον μέχρις ἐκείνης τῆς ἐποχῆς παρήγαγον διὰ τριβῆς. Τὰς πρώτας ὠθήσεις πρὸς τοῦτο ἔδωσαν αἱ κατὰ τὸ ἔτος 1870 παρατηρήσεις τοῦ 'Ιταλοῦ καθηγητοῦ τῆς 'Ανατομίας εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Βολωνίας **Γαλβάνι** (Luigi Galvani 1737 - 1798, ζωικὸς ἠλεκτρισμός).

Τὴν ὀρθὴν ἑρμηνείαν τῶν ὑπὸ τοῦ Galvani παρατηρηθέντων φαινομένων ἔδωσεν ὁ καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Παβίας 'Αλέξανδρος **Βόλτα** (Alessandro Volta, 1745-1827), ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ὑπ' αὐτοῦ διαμορφωθείσης θεωρίας τοῦ ἠ λ ε κ τ ρ ι σ μ ο ῦ ἐ ξ ἐ π α φ ῆ ς μεταξὺ δύο διαφόρων μετάλλων. 'Εκ τῆς μελέτης τοῦ ἐν λόγῳ φαινομένου προέκυψεν ἡ ὑπὸ τοῦ Volta κατασκευὴ τοῦ πρώτου ἠλεκτρικοῦ στοιχείου. Οὕτως, ἐγένετο κατορθωτὴ ἡ δημιουργία πηγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τοιουτοτρόπως κατέστη δυνατὴ διὰ πειραμάτων ἡ σπουδὴ τῶν διαφόρων δράσεων αὐτοῦ. Τὸν βασικὸν δὲ νόμον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ὀφείλομεν εἰς τὸν Γερμανὸν Φυσικὸν καὶ Μαθηματικὸν **Ὦμ** (Georg Ohm 1789-1854), ἐνῷ κατὰ τὸ 1847 ὁ ἐπίσης Γερμανὸς Φυσικὸς Kirchhoff διὰ τῶν γνωστῶν αὐτοῦ κανόνων συνεπλήρωσε καὶ ἐπεξέτεινε τὸν νόμον τοῦ Ohm.

'Η ἀνάπτυξις ὅμως τοῦ ἠλεκτρισμοῦ προσέκρουεν εἰς μεγάλας δυσχερείας λόγῳ ἐλλείψεως πηγῶν πρὸς παραγωγὴν μεγάλων ποσοτήτων ἠλεκτρικῶν φορτίων. 'Η πρώτη χρησιμοποιηθεῖσα πηγή, τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, ἦτο κατάλληλον διὰ περιωρισμένην μόνον χρῆσιν, ὡς π.χ. διὰ τὸν τηλέγραφον.

Κατὰ τὸ 1820 ὁ Δανὸς Φυσικὸς **Ἔρστεντ** (Hans Christian Oersted, 1777-1851) ἀνεκάλυψε τὰς μαγνητικὰς ἰδιότητας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. 'Η περαιτέρω ἔρευνα ἐπὶ τοῦ Μαγνητισμοῦ καὶ 'Ηλεκτρομαγνητισμοῦ ἐγένετο εἰς τὴν Γοτίγγην (Göttingen) τῆς Γερμανίας ὑπὸ τῶν **Γκάους** (Carl Friedrich Gauss, 1777-1855) καὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Βέμπερ (Wilhelm Weber, 1804-1891), οἱ ὁποῖοι ἐπραγματοποίησαν κατὰ τὸ 1831 τὸν πρῶτον ἠλεκτρομαγνητικὸν τηλέγραφον, τὸν ὁποῖον ἀκολούθως ἐτελειοποίησε κατὰ τὸ 1837 ὁ Ἀμερικανὸς **Μὸρς** (Samuel Morse, 1791-1872), ὁ ὁποῖος διὰ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ μορσικοῦ ἀλφαβήτου κατέγραφε τὸ τηλεγράφημα ἐπὶ ταινίας. Οὕτως, ἐγκατεστάθησαν αἱ πρῶται τηλεγραφικαὶ γραμμαί, τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς ηὐξάνετο σὺν τῷ χρόνῳ, παραλλήλως πρὸς τὴν ἀνάπτυξιν καὶ ἐξάπλωσιν τῆς σιδηροδρομικῆς συγκοινωνίας.

Εἶναι ὅμως ἀναμφισβήτητον ὅτι ἡ πραγματικὴ χρησιμοποίησις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς τὴν δημοσίαν ζωὴν καὶ ἡ ἐκμετάλλευσις αὐτοῦ πρὸς ἐξυπηρέτησιν τῶν ἀναγκῶν μας ἐγένετο τότε μόνον ὅταν κατωρθώθη ἡ ἐγκατάστασις κέντρων παραγωγῆς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ὑπὸ μεγάλην κλίμακα καὶ παροχῆς τούτου εἰς τὴν κατανάλωσιν. Οἱ ἐφευρέται τῶν μεγάλων ἠλεκτρικῶν μηχανῶν εἶναι πολλοί, μεταξὺ ὅμως αὐτῶν προέχουν κατὰ κύριον λόγον τὰ ὀνόματα τῶν **Σῆμενς** (Werner von Siemens, 1816-1892), τοῦ **Ἔντισον** (Thomas Alva Edison, 1847-1931) καὶ τοῦ **Χαζελβάντερ** (Friedrich August Haselwander, 1859-1932).

Κατὰ τὸ 1820 ὁ **Ντέβυ** (Humphry Davy, 1778-1829) ἐπέτυχε διὰ πρώτην φορὰν τὴν διαπύρωσιν σύρματος ἐκ λευκοχρύσου δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, οὕτω δὲ ἔθεσε τὰς βάσεις τῆς πραγματοποιήσεως τῆς ἠλεκτρικῆς λυχνίας. Ἡ πραγματοποίησις ὅμως αὐτῆς διῆλθεν ἀπὸ διάφορα στάδια μέχρι τῆς τελειοποιήσεώς της εἰς τὴν μορφὴν ὑπὸ τὴν ὁποίαν χρησιμοποιεῖται σήμερον. Οὕτως, ἐπειδὴ ὁ λευκόχρυσος ἦτο μέταλλον δαπανηρόν, ἀνεζητήθησαν ἄλλα μέταλλα δύστηκτα καὶ χαμηλῆς τιμῆς, εἰς τρόπον ὥστε τὰ ἐξ αὐτῶν κατασκευαζόμενα σύρματα νὰ διατηροῦνται ἐπὶ μακρὸν εἰς κατάστασιν λευκοπυρώσεως.

Εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῶν γνώσεών μας ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ συνέβαλε καὶ ὁ **Ἀμπὲρ** (André Marie Ampère, 1775-1836), κυρίως ἀπὸ θεωρητικῆς ἀπόψεως, ἐπίσης δὲ ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς καὶ Χημικὸς **Φαραντέϋ** (Michael Faraday, 1791-1867), ὁ ὁποῖος θεωρεῖται πατὴρ τῆς πειραματικῆς ἐρεύνης. Οὗτος ἀνεκάλυψε τοὺς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως, καὶ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς, ἔθεσε δὲ πρὸς τούτοις τὰς βάσεις διὰ τὴν διαμόρφωσιν καὶ ἀνάπτυξιν τῆς θεωρίας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Τέλος, μεγάλην συμβολὴν διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ παρέσχε καὶ ὁ Μάξουελ διὰ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς του θεωρίας, τὴν ὁποίαν ἐπεβεβαίωσε πειραματικῶς ὁ Γερμανὸς Φυσικὸς **Χὲρτς** (Heinrich Hertz, 1857-1894). Διὰ τῶν πειραμάτων δὲ τοῦ Χὲρτς ἐτέθησαν αἱ βάσεις τῆς πραγματοποιήσεως τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας ὑπὸ τοῦ Ἰταλοῦ **Μαρκόνι** (Guglielmo Marconi, 1874-1937), ἡ ὁποία ἐξελίχθη σήμερον εἰς τὸν ἐκτενέστατον κλάδον τῆς τηλεπικοινωνίας.

Ἀπὸ τοῦ 19ου ὅμως αἰῶνος ἀρχίζει ἡ νεωτέρα περίοδος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καθ' ἣν ἐγένοντο ἁλματικαὶ πρόοδοι καὶ σπουδαιόταται ἀνακαλύψεις. Οὕτως, ὁ Γερμανὸς Φυσιολόγος καὶ Φυσικὸς **Χέλμολτς** (Hermann von Helmholtz, 1821-1894) ἐπὶ τῇ βάσει τῶν νόμων τῆς ἠλεκτρολύσεως εἰσάγει τὴν ἔννοιαν τοῦ ἠλεκτρονίου ἢ τοῦ στοιχειώδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου, ἡ ὁποία ἐπιβεβαιοῦται πειραματικῶς ὑπὸ τοῦ Ἀμερικανοῦ **Μίλλικαν** (Robert A. Millikan, 1868-1954). Ἐξ ἄλλου ὁ **Ραϊντ-**

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

γκεν (Wilhelm Conrad Röntgen, 1845 - 1923) ἀνακαλύπτει κατὰ τὸ 1895 τὰς ἀκτῖνας Röntgen, τῶν ὁποίων ἀργότερον ὁ **Λάουε** (Max von Laue, γενν. 1879) καθώρισε τὴν φύσιν. Ὁ Γάλλος Φυσικὸς **Μπεκερὲλ** (Bequerel, 1852-1908), ἐπίσης δὲ τὸ ζεῦγος **Κιουρὶ** (Pierre Curie, 1859-1906, Marie Curie, 1867-1934) ἀνακαλύπτουν τὸ φαινόμενον τῆς ἀκτινενεργείας εἰς τὸ οὐράνιον καὶ τὸ ράδιον.

Ὁ 20ὸς αἰὼν ἀποτελεῖ τὴν περίοδον τῆς νεωτέρας Φυσικῆς κατὰ τὴν ὁποίαν ἐγένοντο σπουδαιόταται καὶ συγκλονιστικαὶ ἀνακαλύψεις. Ἡ περίοδος αὕτη χαρακτηρίζεται ὑπὸ δύο σπουδαιοτάτων πνευματικῶν κατακτήσεων: τῆς θεωρίας τῶν κβάντων (1900), δημιουργὸς τῆς ὁποίας εἶναι ὁ Γερμανὸς Φυσικὸς **Πλὰνκ** (Max Planck, 1858-1947), καθηγητὴς τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Βερολίνου, καὶ τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος, δημιουργὸς τῆς ὁποίας εἶναι ὁ μεγάλος **Ἀλβέρτος Ἀϊνστάϊν** (Albert Einstein, 1879-1955). Αἱ δύο αὗται θεωρίαι συνέβαλον τὰ μέγιστα εἰς τὸν πλουτισμὸν τῶν γνώσεων ἡμῶν.

Ἡ θεωρία τοῦ Planck ἀνέτρεψεν ὅλας τὰς μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης κρατούσας ἀντιλήψεις εἰς τὴν κλασσικὴν Φυσικήν, ἔδωσε νέαν ὥθησιν εἰς τὴν φυσικὴν ἔρευναν καὶ ἐδημιούργησε τὴν Φυσικὴν τοῦ εἰκοστοῦ αἰῶνος. Κατ' ἀρχάς, ὅμως, αἱ ἐπαναστατικαὶ ἰδέαι τοῦ Planck συνήντησαν πολλαπλᾶς ἀντιδράσεις, κυρίως ἕνεκα προκαταλήψεως καὶ ἐλλείψεως πνεύματος προσαρμογῆς. Ὁ πρῶτος ὅστις παρεδέχθη πλήρως τὴν νέαν ἐπαναστατικὴν θεωρίαν ἦτο ὁ Einstein ἡ γνώμη τοῦ ὁποίου καὶ ἐβάρυνεν ἀποτελεσματικῶς εἰς τὴν παραδοχὴν τῆς θεωρίας τῶν κβάντων.

Ὁ Einstein ἐνεσωμάτωσε τὴν Μηχανικὴν τοῦ Νεύτωνος εἰς τὴν Μηχανικὴν τῆς σχετικότητος, ἐνῷ ἐξ ἄλλου μετέτρεψε ριζικῶς ἐννοίας τῆς Φυσικῆς, αἵτινες ἐθεωροῦντο ἀμετάβλητοι. Κατ' αὐτὸν ὁ χρόνος δὲν εἶναι ἀπόλυτος ἀλλὰ σχετικός, πρέπει δὲ νὰ θεωρῆται ὡς τετάρτη διάστασις τοῦ χώρου. Ὁ φυσικὸς χῶρος δὲν εἶναι εὐκλείδιος, δὲν ὑπόκειται δηλαδὴ εἰς τὰ πορίσματα τῆς εὐκλειδίου γεωμετρίας, ἀλλὰ παρουσιάζει καμπυλότητα, ἥτις μεταβάλλεται, ἐξαρτωμένη ἐκ τῆς διανομῆς τῶν ἀστρικῶν μαζῶν. Ὁ χῶρος δύναται κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρηθῇ ὡς σφαιρικός, εἶναι ἄνευ πέρατος ἀλλὰ ὄχι ἄπειρος. Ὁ χῶρος, ὁ χρόνος καὶ ἡ ἐνέργεια, δὲν εἶναι ἔννοιαι ἀνεξάρτητοι ἀλλήλων, ἀλλὰ δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς τρεῖς ὀντότητες, αἵτινες συνυπάρχουν πάντοτε ἡνωμέναι.

Κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας προήχθη οὐσιωδῶς ἡ μελέτη τῆς συγκροτήσεως τῆς ὕλης· εἰς τὰς ἐρεύνας αὐτὰς προέχουν, μεταξὺ ἄλλων, τὰ ὀνόματα τοῦ Νεοζηλανδοῦ Φυσικοῦ **Ράδερφορντ** (Lord Rutherford, 1871-1937), τοῦ Δανοῦ Φυσικοῦ **Μπὸρ** (Niels Bohr, γενν. 1885) ὡς ἐπίσης καὶ τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ **Σόμερφελντ** (Arnold Sommerfeld, 1868-1951).

Ὁ Rutherford ἔδωσεν εἰκόνα τῆς ἐσωτερικῆς συστάσεως τοῦ ἀτόμου ἀλλὰ δι' αὐτῆς δὲν ἐξηγεῖτο ἡ ἐξαιρετικὴ σταθερότης τῶν φυσικῶν ἀτόμων. Ὁ Bohr, λαμβάνων ὑπ' ὄψιν του τὰς ἀποκαλύψεις τοῦ Planck, συνέλαβε θεωρητικῶς τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν του, συμφώνως πρὸς τὴν ὁποίαν ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου, ἥτις παράγει τὸ φῶς, περιορίζεται εἰς τὰς κβαντικὰς μόνον τιμάς. Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐπαναστατικῆς ταύτης ἀρχῆς ἐπενόησε τὸ 1913 τὰς ἐπιτρεπομένας κβαντικὰς τροχιὰς τῶν ἠλεκτρονίων, ἐπιτυχὼν νὰ δώσῃ ἐξήγησιν τοῦ φάσματος τοῦ ὑδρογόνου καθὼς καὶ πολ-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

λῶν ἄλλων ἰδιοτήτων τῶν ἀτόμων. Αἱ ἰδέαι καὶ αἱ εἰσαχθεῖσαι νέαι συνθῆκαι ὑπὸ τοῦ Bohr ἐπηληθεύθησαν ὑπὸ τοῦ πειράματος καὶ ἔδωσαν ἐξήγησιν εἰς τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Τέλος, τὸ 1915 ὁ Sommerfeld ἐπέφερε διορθώσεις τινὰς εἰς τὴν ἐσωτερικὴν δομὴν τοῦ ἀτόμου ὅπως τὴν εἶχε παρουσιάσει ὁ Bohr.

Κατὰ τὴν αὐτὴν ἐποχὴν ἐπίσης ἀνεπτύχθησαν αἱ θεωρητικαὶ ἔρευναι, αἱ ὁποῖαι κατέληξαν εἰς τὴν διαμόρφωσιν τῶν νεωτέρων κλάδων τῆς κβαντικῆς μηχανικῆς. Εἰς τὰς ἐρεύνας αὐτὰς διακρίνονται τὰ ὀνόματα τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ **Χάϊζεμπεργκ** (Werner Heisenberg, γενν. 1902), ὅστις ἐθεμελίωσε τὴν ἀρχὴν τῆς ἀπροσδιοριστίας τοῦ Γερμανοῦ **Γιόρνταν** (Pascual Jordan), τοῦ Αὐστριακοῦ **Σρέντιγγερ** (Erwin Schrödinger γενν. 1887), τοῦ Ἄγγλου **Νταϊράκ** (Paul Dirac, γενν. 1902) καὶ τοῦ Γάλλου **Λουΐ ντὲ Μπρέϊγ** (Louis de Broglie, γενν. 1892).

Κατὰ τὰ ἔτη 1930-1933 οἱ Ἄγγλοι **Τσάντγουικ** (James Chadwick, γενν. 1891) καὶ Ἀμερικανὸς **Ἄντερσον** (Carl Anderson γεν. 1905), ἀνεκάλυψαν τὸ νετρόνιον καὶ τὸ ποζιτρόνιον, μὲ τὴν βοήθειαν δὲ τοῦ νετρονίου, κατὰ τὸ ἔτος 1938 οἱ **Χὰν** (Otto Hahn, γενν. 1879) καὶ **Στράσμαν** (Fritz Strassmann) κατώρθωσαν νὰ σχάσουν τὸν πυρῆνα τοῦ οὐρανίου ὑπὸ σύγχρονον ἔκλυσιν μεγάλου ποσοῦ ἐνεργείας, ἡ διάσπασις δὲ αὕτη τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου ἀποτελεῖ τὴν βάσιν ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐστηρίχθη ἡ κατασκευὴ τῆς ἀτομικῆς βόμβας.

Ἡ ἐπιστήμη τοῦ 19ου αἰῶνος εἶχεν ἑδραιωθῆ ἐπὶ τῶν βασικῶν ἀρχῶν τῆς συνεχείας, τῆς ἀντικειμενικότητος καὶ τῆς αἰτιοκρατίας, ἥτις ἐθεωρεῖτο ἀφ' ἑαυτῆς φανερὰ καὶ βάσει τῆς ὁποίας κάθε φαινόμενον εἶναι καθωρισμένον ἀπὸ τὸ προηγούμενόν του, καθορίζει δὲ ἐπακριβῶς ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον ἀκολουθεῖ.

Τοιουτοτρόπως, κατὰ τὴν ἀρχὴν ταύτην, ἡ πορεία τοῦ Κόσμου εἶναι αὐστηρῶς προκαθωρισμένη, οὖσα ἀπόρροια τῶν εἰδικῶν συνθηκῶν τῆς πρώτης στιγμῆς τῆς δημιουργίας. Ἀλλ' ἡ νεωτέρα ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ τελευταία αὐτὴ ἀρχὴ δὲν ἰσχύει εἰς τὰ φαινόμενα τοῦ μικροκόσμου, δηλαδὴ εἰς τὰ φαινόμενα τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Εἰς τὰ φαινόμενα ταῦτα δὲν ἀληθεύουν οἱ νόμοι τῆς κλασσικῆς μηχανικῆς ἀλλ' ἐκεῖνοι, τοὺς ὁποίους ἀνευρίσκομεν, ἔχουν ἰσχὺν μόνον διὰ μέσας τιμὰς τοῦ συνόλου τῶν παρατηρήσεων. Διὰ τοῦτο, ὀρθὸν εἶναι νὰ θεωροῦνται ὡς στατιστικοὶ νόμοι, οἵτινες δὲν δύνανται νὰ δώσουν ἀκριβῆ εἰκόνα τῆς ἀτομικῆς καταστάσεως τῶν διαφόρων στοιχείων. Αἰτιότης δὲν ὑπάρχει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς περιοχῆς τοῦ ὑλικοῦ ἀτόμου, τὰ ὁποῖα διέπονται ὑπὸ νόμων πιθανοτήτων ἢ στατιστικῶν.

Ἕνεκα τῶν ἀνωτέρω, ἡ ἐπιστήμη τοῦ 20οῦ αἰῶνος, κατόπιν μελετῶν καὶ ἀναζητήσεων, ἐγκατέλειψε τὰς τρεῖς βασικὰς ἀρχάς, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐστηρίζετο ἡ ἐπιστήμη τοῦ παρελθόντος αἰῶνος καὶ ἐδέχθη τὰς ἐπαναστατικὰς ἐννοίας τῆς ἀσυνεχείας, τῆς ἀλληλοεξαρτήσεως τοῦ παρατηρητοῦ μὲ τὸ παρατηρούμενον φαινόμενον καὶ τῆς ἐλευθεροκρατίας ἢ ἀπροσδιοριστίας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΡΑΒΕΙΑ NOBEL ΦΥΣΙΚΗΣ

Έτος	Όνομα	Κράτος	Έργασία
1901	W. C. Röntgen	Γερμανία	Ανακάλυψις ακτίνων Röntgen
1902	P. Zeeman H. A. Lorentz	Ολλανδία	Επίδρασις μαγνητικού πεδίου επί των φασματικών γραμμών. Θεωρία ηλεκτρονίου
1903	H. A. Becquerel Pierre Curie Marie Curie	Γαλλία	Ανακάλυψις της φυσικής ραδιενεργείας και έρευναι επ' αυτής
1904	Lord Rayleigh (J. W. Strutt)	Αγγλία	Έρευναι επί των ευγενών αερίων και ανακάλυψις του αργού
1905	Philipp Lenard	Γερμανία	Καθοδικαί ακτίνες
1906	J. J. Thomson	Αγγλία	Θεωρητικαί και πειραματικαί έρευναι επί των ηλεκτρικών εκκενώσεων διά των αερίων
1907	A. A. Michelson	Αμερική	Οπτικαί μετρήσεις μεγάλης ακριβείας και φασματοσκοπικαί έρευναι
1908	G. Lippman	Γαλλία	Έγχρωμος φωτογραφία, βάσει του φαινομένου της συμβολής
1909	G. Marconi C. F. Braun	Ιταλία Γερμανία	Ασύρματος τηλεγραφία
1910	J. D. Van der Waals	Ολλανδία	Καταστατική εξίσωσις αερίων
1911	Wilhelm Wien	Γερμανία	Ακτινοβολία μέλανος σώματος
1912	N. G. Dalén	Σουηδία	Εφεύρεσις αυτομάτων ρυθμιστών, χρησιμοποιουμένων διά φάρους και σήματα
1913	H. Kamerlingh Onnes	Ολλανδία	Έρευναι επί των ιδιοτήτων της ύλης εις χαμηλάς θερμοκρασίας και παραγωγή ύγρού ηλίου
1914	Max von Laue	Γερμανία	Περίθλασις ακτίνων Röntgen επί των κρυστάλλων
1915	W. H. Bragg W. L. Bragg	Αγγλία	Μελέτη της δομής κρυστάλλων δι' ακτίνων Röntgen. Μέτρησις μήκους κύματος ακτίνων Röntgen
1916	Δεν απενεμήθη		
1917	C. G. Barkla	Αγγλία	Χαρακτηριστική ακτινοβολία Röntgen των στοιχείων
1918	Max Planck	Γερμανία	Νόμος της ακτινοβολίας. Κβαντική θεωρία
1919	J. Stark	Γερμανία	Διαχωρισμός φασματικών γραμμών εις ηλεκτρικόν πεδίον
1920	C. E. Guillaume	Ελβετία	Φυσική των κραμάτων νικελίου-χάλυβος (Invar)

*

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ἔτος	Ὄνομα	Κράτος	Ἐργασία
1921	Albert Einstein	Γερμανία	Ἐπιτεύξεις εἰς τὴν Μαθηματικὴν Φυσικὴν (θεωρία σχετικότητος) καὶ ἑρμηνεία τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου
1922	Niels Bohr	Δανία	Ἔρευναι ἐπὶ τῆς δομῆς τῶν ἀτόμων καὶ ἑρμηνεία τῶν φασμάτων
1923	R. A. Milikan	Ἀμερικὴ	Μέτρησις τοῦ στοιχειώδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου
1924	M. Siegbahn	Σουηδία	Φασματοσκοπία ἀκτίνων Röntgen
1925	James Franck Gustav Hertz	Γερμανία	Κρούσις ἠλεκτρονίων καὶ ἀτόμων
1926	Jean Perrin	Γαλλία	Μοριακὴ Φυσική. Ἀσυνεχὴς δομὴ τῆς ὕλης
1927	A. H. Compton C. T. R. Wilson	Ἀμερικὴ Ἀγγλία	Φαινόμενον Compton Θάλαμος νεφώσεως
1928	O. W. Richardson	Ἀγγλία	Θερμιονικὸν φαινόμενον
1929	L. de Broglie	Γαλλία	Ὑλικὰ κύματα
1930	C. S. V. Raman	Ἰνδίαι	Φαινόμενον Raman
1931	Δὲν ἀπενεμήθη		
1932	W. Heisenberg	Γερμανία	Κβαντομηχανικὴ
1933	E. Schrödinger P. A. M. Dirac	Αὐστρία Ἀγγλία	Κυματομηχανικὴ Κβαντομηχανικὴ
1934	Δὲν ἀπενεμήθη		
1935	J. Chadwick	Ἀγγλία	Ἀνακάλυψις νετρονίου
1936	V. F. Hess	Αὐστρία	Ἀνακάλυψις τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας
	C. D. Anderson	Ἀμερικὴ	Ἀνακάλυψις τοῦ ποζιτρονίου
1937	C. J. Davisson G. P. Thomson	Ἀμερικὴ Ἀγγλία	Πειραματικὴ ἀνακάλυψις περιθλάσεως ἠλεκτρονίων ὑπὸ κρυστάλλων
1938	Enrico Fermi	Ἰταλία	Πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις ἐπισυμβαίνουσαι κατὰ τὴν ἐνσωμάτωσιν νετρονίων μὲ πυρῆνας
1939	E. O. Lawrence	Ἀμερικὴ	Κατασκευὴ κυκλότρου καὶ παραγωγὴ τεχνητῶν ραδιενεργῶν στοιχείων
1940	Δὲν ἀπενεμήθη		
1941	Δὲν ἀπενεμήθη		
1942	Δὲν ἀπενεμήθη		
1943	Otto Stern	Ἀμερικὴ	Συμβολὴ εἰς τὴν παραγωγὴν μοριακῶν καὶ ἀτομικῶν βλημάτων. Μετρήσεις μαγνητικῶν ροπῶν
1944	I. I. Rabi	Ἀμερικὴ	Μαγνητικαὶ ἰδιότητες τῶν πυρήνων

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Έτος	Όνομα	Κράτος	Έργασία
1945	Wolfgang Pauli	Αὐστρία	Ἀπαγορευτικὴ ἀρχὴ τοῦ Pauli
1946	P. W. Bridgman	Ἀμερικὴ	Φυσικὴ τῶν ὑψηλῶν πιέσεων
1947	E. V. Appleton	Ἀγγλία	Ἔρευνα τῆς ἰονοσφαίρας
1948	P. M. S. Blackett	Ἀγγλία	Χρησιμοποίησις τοῦ θαλάμου Wilson ἐν συνδυασμῷ πρὸς ἀπαριθμητὰς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας
1949	Hideki Yukawa	Ἰαπωνία	Θεωρητικὴ πρόβλεψις π-μεσονίων
1950	C. F. Powell	Ἀγγλία	Χρησιμοποίησις τῆς φωτογραφίας εἰς τὴν ἔρευναν τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας
1951	John Cockroft E. T. S.Walton	Ἀγγλία	Ὑψηλαὶ τάσεις πρὸς ἐπιτάχυνσιν σωματιδίων
1952	Felix Bloch E. M. Purcell	Ἀμερικὴ	Πυρηνικὴ ἐπαγωγή. Μετρήσεις spin
1953	F. Zernike	Ὁλλανδία	Μικροσκόπιον φασικῆς ἀντιθέσεως
1954	Max Born Walter Bothe	Ἀγγλία Γερμανία	Πυρηνικαὶ ἔρευναι
1955	W. E. Lamb Polykarp Kusch	Ἀμερικὴ	Διαταραχαὶ λεπτῆς ὑφῆς φάσματος ὑδρογόνου
1956	John Bardeen, W. H. Brattain W. B. Shockley	Ἀμερικὴ	Φυσικὴ τοῦ στερεοῦ σώματος. Κρυσταλλικαὶ λυχνίαι
1957	Chen Ning Yang Tsung Dao Lee	Ἀμερικὴ	Κατάργησις τοῦ ἀξιώματος τῆς συμμετρικῆς συμπεριφορᾶς (ἰσοτιμία, parity)
1958	Pavel A. Cherenkov Igor E. Tamm Ilya M. Frank	Ρωσία	Ἀνακάλυψις καὶ θεωρητικὴ ἑρμηνεία τῆς ἀκτινοβολίας Τσερένκωφ
1959	E. Segrè O. Chamberlain	Ἀμερικὴ	Παραγωγὴ ἀντινουκλεονίων
1960	D. A. Glaser	Ἀμερικὴ	Πυρηνικαὶ ἔρευναι
1961	R. Hofstadter R. Mössbauer	Ἀμερικὴ Γερμανία	Πυρηνικαὶ ἔρευναι Ἀκτῖνες γ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όνομα	Σύμβολον	erg	eV	J ἢ W sec	cal	kgr*m	kWh	kgr ἀνθρακίτου
1 Ἔργιον ἰσοῦται πρὸς		1	$6{,}24 \cdot 10^{11}$	10^{-7}	$2{,}39 \cdot 10^{-8}$	$1{,}02 \cdot 10^{-8}$	$2{,}78 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-15}$
1 Ἠλεκτρονιοβόλτ	»	$1{,}6 \cdot 10^{-12}$	1	$1{,}6 \cdot 10^{-19}$	$3{,}83 \cdot 10^{-20}$	$1{,}63 \cdot 10^{-20}$	$4{,}45 \cdot 10^{-26}$	$4{,}76 \cdot 10^{-27}$
1 Τζοὺλ	»	10^{7}	$6{,}24 \cdot 10^{18}$	1	0,239	0,102	$2{,}78 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-8}$
1 Θερμὶς	»	$4{,}19 \cdot 10^{7}$	$2{,}61 \cdot 10^{19}$	4,19	1	0,427	$1{,}16 \cdot 10^{-6}$	$1{,}25 \cdot 10^{-7}$
1 Χιλιογραμμόμετρον	»	$9{,}81 \cdot 10^{7}$	$6{,}12 \cdot 10^{19}$	9,81	2,34	1	$2{,}72 \cdot 10^{-6}$	$2{,}95 \cdot 10^{-7}$
1 Κιλοβατώριον	»	$3{,}6 \cdot 10^{13}$	$2{,}25 \cdot 10^{25}$	$3{,}6 \cdot 10^{6}$	$8{,}61 \cdot 10^{5}$	$3{,}67 \cdot 10^{5}$	1	0,108
1 kgr ἀνθρακίτου καιομένου	»	$3{,}34 \cdot 10^{14}$	$2{,}1 \cdot 10^{26}$	$3{,}34 \cdot 10^{7}$	$8 \cdot 10^{6}$	$3{,}4 \cdot 10^{6}$	9,28	1

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΥΜΒΟΛΑ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Ὡς ταῦτα κατὰ προτίμησιν χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ βιβλίον

α	=	ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον
α	=	θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως
α	=	ἠλεκτρικὸν ἰσοδύναμον θερμότητος
A	=	Ἀμπέρ, ἐνέργεια, ἀτομικὸν βάρος
A	=	ἔργον, ἐνέργεια πυκνωτοῦ
Å	=	Ångström
Ah	=	ἀμπερώριον
$\mathcal{B}$	=	μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ
B	=	βάρος, μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ
γ	=	ἐπιτάχυνσις
c	=	εἰδικὴ θερμότης
c	=	συντελεστὴς θερμοηλεκτρικῆς τάσεως
c	=	ταχύτης φωτὸς
c/sec	=	κύκλος ἀνὰ δευτερόλεπτον
cal	=	calorie (θερμίς)
C	=	χωρητικότης
°C	=	βαθμοὶ Κελσίου
Cb	=	Coulomb
CV	=	ἀτμόϊππος
δ	=	διάμετρος
d	=	ἀπόστασις, διάμετρος
Δ	=	ἀπόστασις
ε	=	εἰδικὸν βάρος
ε	=	σχετικὴ διηλεκτρικὴ σταθερὰ
ε*	=	ἀπόλυτος διηλεκτρικὴ σταθερὰ
ε_0	=	ἀπόλυτος διηλεκτρικὴ σταθερὰ κενοῦ
e	=	φορτίον ἠλεκτρονίου
eV	=	ἠλεκτρονιοβόλτ
erg	=	ἔργιον
$\mathcal{E}$	=	ἔντασις ἠλεκτρικοῦ πεδίου
E	=	ἐνέργεια, ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις
Z	=	ἀτομικὸς ἀριθμός
Z	=	σύνθετος ἀντίστασις
η	=	συντελεστὴς ἀποδόσεως
h	=	ὕψος
ΗΕΔ	=	ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις
ΗΣΜ	=	ἠλεκτροστατικὴ μονάς
ΗΣΜ	=	ἠλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων
ΗΜΜ	=	ἠλεκτρομαγνητικὴ μονάς
ΗΜΜ	=	ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων
h	=	ὕψος, ὥρα, πάχος
h	=	σταθερὰ δράσεως Planck
$\mathcal{H}$	=	ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου
H	=	Henry
Hz	=	Hertz
ΗΡ	=	ἀγγλικὸς ἵππος
$\mathcal{F}$	=	δύναμις
F	=	δύναμις
F	=	σταθερὰ τοῦ Faraday
g	=	ἐπιτάχυνσις βαρύτητος
grad	=	βαθμός
G	=	ἀγωγιμότης
θ	=	γωνία, θερμοκρασία
Θ	=	ροπὴ ἀδρανείας
i	=	ἔντασις ρεύματος
i*	=	ἔντασις ρεύματος εἰς ΗΜΜ-ἐντάσεως
$\mathcal{J}$	=	μαγνήτισις
j	=	πυκνότης ρεύματος
J	=	μηχανικὸν ἰσοδύναμον θερμότητος
q	=	ἠλεκτρικὸν φορτίον
Q	=	ποσὸν θερμότητος
κ	=	μαγνητικὴ ἐπιδεκτικότης
κ	=	εἰδικὴ ἀγωγιμότης
k	=	σταθερὰ
kW	=	κιλοβάτ (=10^3 Watt)
kWh	=	κιλοβατώρα
°K	=	βαθμοὶ Kelvin (ἀπόλυτοι)
λ	=	μῆκος κύματος,
λ	=	θερμικὸς συντελεστὴς γραμμικῆς διαστολῆς
l	=	μῆκος, ἀπόστασις
L	=	αὐτεπαγωγή, συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς
μ	=	μικρὸν (= 10^{-4} cm)
μ	=	σχετικὴ μαγνητικὴ διαπερατότης
μ*	=	ἀπόλυτος μαγνητικὴ διαπερατότης
μ_0	=	ἀπόλυτος μαγνητικὴ διαπερατότης κενοῦ
m	=	πλῆθος τι, μαγνητικὴ ποσότης, μᾶζα, μέτρον
min	=	λεπτόν
M	=	μηχανικὴ ροπή, συντελεστὴς ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς
$\mathcal{M}$*	=	μαγνητικὴ ροπὴ διπόλου ἢ μαγνήτου
Mx	=	Maxwell
ν	=	συχνότης
n	=	πλῆθος τι, λόγος μετασχηματιστοῦ
n	=	σθένος ἰόντος
n	=	σθένος
N	=	ἰσχύς, ἀριθμὸς σπειρῶν, Borrās (Nord)
N	=	ἀριθμὸς Loschmidt
Nt	=	Newton (μονὰς δυνάμεως)
ρ	=	εἰδικὴ ἀντίστασις, πυκνότης
r	=	μῆκος, ἀκτὶς
r	=	ἀπόστασις
rad	=	ἀκτίνιον
R	=	ἀντίστασις
σ	=	ἠλεκτρικὴ ἐπιφανειακὴ πυκνότης
s	=	διάστημα
S	=	ἐπιφάνεια, ἐμβαδόν, Νότος (Sud)
t	=	χρόνος
T	=	περίοδος, ἀπόλυτος θερμοκρασία
υ	=	ταχύτης
U	=	διαφορὰ δυναμικοῦ (τάσις)
V	=	Volt, ὄγκος
φ	=	γωνία
Φ	=	μαγνητικὴ ροή, ἠλεκτρικὴ ροὴ
x	=	μῆκος, ἀπόστασις
ω	=	γωνιακὴ ταχύτης
ω	=	κυκλικὴ συχνότης
Ω	=	Ohm
W	=	Watt

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΦΥΣΙΚΑΙ ΣΤΑΘΕΡΑΙ

Ὀνομασία σταθερᾶς	Σύμβολον	Ἀριθμητικὴ τιμὴ
Ταχύτης τοῦ φωτὸς ἐν τῷ κενῷ	c	$2{,}9979 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Σταθερὰ Loschmidt	N	$6{,}02486 \cdot 10^{23}$ Mol^{-1}
Φορτίον ἠλεκτρονίου	e	$4{,}803 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ-φορτίου
		$1{,}602 \cdot 10^{-20}$ ΗΜΜ-φορτίου
		$1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Cb
Μᾶζα (ἠρεμίας) ἠλεκτρονίου	m	$9{,}1083 \cdot 10^{-28}$ gr
		0,510976 MeV
		$5{,}48763 \cdot 10^{-4}$ MAM
Μᾶζα (ἠρεμίας) πρωτονίου	m_p	$1{,}67239 \cdot 10^{-24}$ gr
		938,211 MeV
		1,007593 MAM
Μᾶζα (ἠρεμίας) νετρονίου	m_n	$1{,}6747 \cdot 10^{-24}$ gr
		939,505 MeV
		1,008982 MAM
Σταθερὰ δράσεως τοῦ Planck	h	$6{,}62517 \cdot 10^{-27}$ erg · sec
Σταθερὰ Faraday	F	96522 Cb (γραμμοϊσοδύναμον)$^{-1}$
Εἰδικὸν φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου	e/m	$5{,}27305 \cdot 10^{17}$ ΗΣΜ-φορτίου · (gr)$^{-1}$
		$1{,}7589 \cdot 10^{7}$ ΗΜΜ-φορτίου · (gr)$^{-1}$
		$1{,}7589 \cdot 10^{8}$Cb · (gr)$^{-1}$
Λόγος τῆς μάζης τοῦ πρωτονίου πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρονίου	m_p /m	1836,12
Ἀκτὶς τῆς θεμελιώδους τροχιᾶς τοῦ ἠλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου	r_0	$5{,}29172 \cdot 10^{-9}$ cm
Ἀκτὶς τοῦ ἠλεκτρονίου	r_e	$2{,}81785 \cdot 10^{-13}$ cm
Σταθερὰ τοῦ Boltzmann	k	$1{,}38044 \cdot 10^{-16}$ erg · (grad)$^{-1}$
Παγκόσμιος σταθερὰ τῶν ἀερίων	R	$8{,}316 \cdot 10^{7}$erg · (Mol)$^{-1}$ · (grad)$^{-1}$
Ὄγκος τελείου ἀερίου εἰς 0 °C καὶ 1 atm	V_0	22420,7 cm^3 · (Mol)$^{-1}$
Σταθερὰ Stefan-Boltzmann	σ	$0{,}56687 \cdot 10^{-4}$ erg · (sec)$^{-1}$ · (cm)$^{-2}$ · (grad)$^{-4}$
Ἀπόλυτος διηλεκτρικὴ σταθερὰ (κενοῦ)	ε_0	$8{,}85 \cdot 10^{-12}$ F/m
Ἀπόλυτος μαγνητικὴ διαπερατότης (κενοῦ)	μ_0	$1{,}256 \cdot 10^{-6}$ V · sec/A · m

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Μέγεθος	Σύστημα MKSA-Giorgi	Μονάδες CGS καὶ σχέσις αὐτῶν πρὸς τὰς πρακτικὰς μονάδας	
		ΗΣΜ	ΗΜΜ
Ἠλεκτ. φορτίον q	Coulomb(Cb)	1 Cb $= 3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ-φορτίου	1 Cb$=10^{-1}$ ΗΜΜ-φορτίου
Ἔντασις ρεύματος i	Ampère (A)	1 A $= 3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ-ἐντάσ. ρεύματος	1 A$=10^{-1}$ ΗΜΜ-ἐντάσ. ρεύματος
Δυναμικόν, U,E τάσις	Volt (V)	1 ΗΣΜ-τάσεως $= 3 \cdot 10^2$ V	1 V $= 10^8$ ΗΜΜ - τάσεως
Ἔντασις ἠλεκτρικοῦ πεδίου $\mathscr{E}$	Volt/mètre (V/m)	1 ΗΣΜ-ἐντ. ἠλεκτρ. πεδ. $=3 \cdot 10^4$ V/m	1 V/m $= 10^6$ ΗΜΜ - ἐντ. ἠλεκτρ. πεδίου
Ἀντίστασις R	Ohm (Ω)	1 ΗΣΜ-ἀντιστάσεως $= 9 \cdot 10^{11}$ Ω	1 Ω $= 10^9$ ΗΜΜ-ἀντιστάσεως
Χωρητικότης C	Farad (F)	1 F $= 9 \cdot 10^{11}$ ΗΣΜ-χωρητικότητος	1 F $= 10^{-9}$ ΗΜΜ-χωρητικότητος
Ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς N	Watt (W)	1 W $= 10^7$ erg · sec^{-1}	1 W $= 10^7$ erg · sec^{-1}
Αὐτεπαγωγή, L,M ἀμοιβαία ἐπαγωγὴ	Henry (H)	1 ΗΣΜ-αὐτεπαγωγῆς $= 9 \cdot 10^{11}$ H	1 H $= 10^9$ ΗΜΜ - αὐτεπαγωγῆς
Ποσότης μαγνητισμοῦ m	Volt · sec (V · sec)	—	1 V · sec $= \frac{10^8}{4\pi}$ ΗΜΜ - ποσότητ. μαγν.
Ἔντασις μαγν. πεδίου $\mathscr{H}$	1 ἀμπεροστροφὴ /m	1 ἀμπεροστροφὴ/m $= 12\pi \cdot 10^7$ ΗΣΜ-ἐντ. μαγν. πεδίου	1 ἀμπεροστροφὴ/m $= 4\pi \cdot 10^{-3}$ Oersted
Μαγνητικὴ ροὴ Φ	V · sec $=$ Weber	1 Weber $= \frac{1}{300}$ ΗΣΜ - μαγν. ροῆς	1 Weber$=10^8$ Maxwell
Μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ $\mathscr{B}$	V · sec/m^2 $=$ Weber/m^2 ἢ Tesla	1 Weber/m^2 $= \frac{10^{-6}}{3}$ ΗΣΜ - μαγν. ἐπαγωγῆς	1 Tesla $= 10^4$ Gauss

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Μέγεθος	Μονὰς CGS	Μονὰς MKS	Σχέσις μονάδων CGS καὶ MKS
Μῆκος (*l*)	cm	m	1m $= 10^2$ cm
Μᾶζα (m)	gr	kgr	1 kgr $= 10^3$ gr
Χρόνος (t)	sec	sec	—
Δύναμις (F)	dyn	Nt	1Nt $= 10^5$ dyn
Ἔργον (A)	erg	Joule	1 Joule $= 10^7$ erg
Ἰσχὺς (N)	erg · sec^{-1}	Watt	1 Watt $= 10^7$ erg · sec^{-1}

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Περίοδος	Όμάς I A	Όμάς I B	Όμάς II A	Όμάς II B	Όμάς III A	Όμάς III B	Όμάς IV A	Όμάς IV B	Όμάς V A	Όμάς V B	Όμάς VI A	Όμάς VI B	Όμάς VII A	Όμάς VII B	Όμάς VIII A	Όμάς VIII B	Όμάς 0 A	Όμάς 0 B
1	1 H Ὑδρογόνον 1,0080																2 He Ἥλιον 4,003	
2	3 Li Λίθιον 6,940		4 Be Βηρύλλιον 9,013		5 B Βόριον 10,82		6 C Ἄνθραξ 12,011		7 N Ἄζωτον 14,008		8 O Ὀξυγόνον 16,0000		9 F Φθόριον 19,000				10 Ne Νέον 20,183	
3	11 Na Νάτριον 22,997		11 Mg Μαγνήσιον 24,32		13 Al Ἀργίλιον 26,98		14 Si Πυρίτιον 28,09		15 P Φωσφόρος 30,975		16 S Θεῖον 32,066		17 Cl Χλώριον 35,457				18 Ar Ἀργὸν 39,944	
4	19 K Κάλιον 39,100	29 Cu Χαλκὸς 63,54	20 Ca Ἀσβέστιον 40,08	30 Zn Ψευδάργυρος 65,38	21 Sc Σκάνδιον 44,96	31 Ga Γάλλιον 69,72	22 Ti Τιτάνιον 47,90	32 Ge Γερμάνιον 72,60	23 V Βανάδιον 50,95	33 As Ἀρσενικὸν 74,91	24 Cr Χρώμιον 52,01	34 Se Σελήνιον 78,96	25 Mn Μαγγάνιον 54,93	35 Br Βρώμιον 79,916	26 Fe Σίδηρος 55,85	27 Co Κοβάλτιον 58,94	28 Ni Νικέλιον 58,71	36 Kr Κρυπτὸν 83,80
5	37 Rb Ρουβίδιον 85,48	47 Ag Ἄργυρος 107,88	38 Sr Στρόντιον 87,63	48 Cd Κάδμιον 112,41	39 Y Ὕττριον 88,92	49 In Ἴνδιον 114,82	40 Zr Ζιρκόνιον 91,22	50 Sn Κασσίτερος 118,70	41 Nb Νιόβιον 92,91	51 Sb Ἀντιμόνιον 121,76	42 Mo Μολυβδαίνιον 95,95	52 Te Τελλούριον 127,61	43 Tc Τεχνήτιον 99	53 I Ἰώδιον 126,91	45 Ru Ρουθήνιον 101,1	45 Rh Ρόδιον 102,91	46 Pd Παλλάδιον 106,4	54 Xe Ξένον 131,3	
6	55 Cs Καίσιον 132,91	79 Au Χρυσὸς 197,0	56 Ba Βάριον 137,36	80 Hg Ὑδράργυρος 200,61	57 - 71 *) Σπάνιαι γαῖαι	81 Tl Θάλιον 204,39	72 Hf Ἅφνιον 178,50	82 Pb Μόλυβδος 207,21	73 Ta Ταντάλιον 180,95	83 Bi Βισμούθιον 209,00	74 W Βολφράμιον 183,86	84 Po Πολώνιον 210	75 Re Ρήνιον 186,22	85 At Ἄστατον 211	76 Os Ὄσμιον 190,2	77 Ir Ἰρίδιον 192,2	78 Pt Λευκόχρυσος 195,09	86 Rn Ραδόνιον 222	
7	87 Fr Φράγκιον 223		88 Ra Ράδιον 226,05		89 - 102 **) Ἀκτινίδαι													

*) Αἱ σπάνιαι γαῖαι (Λανθανίδαι)

57 La Λανθάνιον 138,92	58 Ce Δημήτριον 140,13	59 Pr Πρασεοδύμιον 140,92	60 Nd Νεοδύμιον 144,27	61 Pm Προμήθειον 147	62 Sm Σαμάριον 150,35	63 Eu Εὐρώπιον 152,0	64 Gd Γαδολίνιον 157,26	65 Tb Τέρβιον 158,93	66 Dy Δυσπρόσιον 162,51	67 Ho Ὄλμιον 164,94	68 Er Ἔρβιον 167,27	69 Tm Θούλιον 168,94	70 Yb Ὑττέρβιον 173,04	71 Lu Κασσιόπειον 174,99

**) Ἀκτινίδαι:

89 Ac Ἀκτίνιον 227	90 Th Θόριον 232,05	91 PA Πρωτακτίνιον 231	92 U Οὐράνιον 238,07	93 Np Ποσειδώνιον 237	94 Pu Πλουτώνιον 242	95 Am Ἀμερίκιον 243	96 Cm Κιούριον 247	97 Bk Μπερκέλιον 247	98 Cf Καλιφόρνιον 251	99 E Ἀϊνστάνιον 254	100 Fm Φέρμιον 253	101 Mv Μενδελέβιον 256	102 No Νομπέλιον 254	103 Lw Λωρένσιον 255

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ ΠΕΡΙ ΤΟΝ ΠΥΡΗΝΑ

			K	*L*		*M*			*N*				*O*				*P*			*Q*
Z	Στοιχεῖον		*1s*	*2s*	*2p*	*3s*	*3p*	*3d*	*4s*	*4p*	*4d*	*4f*	*5s*	*5p*	*5d*	*5f*	*6s*	*6p*	*6d*	*7s*
1	H	Ὑδρογόνον	1																	
2	He	Ἥλιον	2																	
3	Li	Λίθιον	2	1																
4	Be	Βηρύλλιον	2	2																
5	B	Βόρειον	2	2	1															
6	C	Ἄνθραξ	2	2	2															
7	N	Ἄζωτον	2	2	3															
8	O	Ὀξυγόνον	2	2	4															
9	F	Φθόριον	2	2	5															
10	Ne	Νέον	2	2	6															
11	Na	Νάτριον	2	2	6	1														
12	Mg	Μαγνήσιον	2	2	6	2														
13	Al	Ἀργίλιον	2	2	6	2	1													
14	Si	Πυρίτιον	2	2	6	2	2													
15	P	Φωσφόρος	2	2	6	2	3													
16	S	Θεῖον	2	2	6	2	4													
17	Cl	Χλώριον	2	2	6	2	5													
18	Ar	Ἀργόν	2	2	6	2	6													
19	K	Κάλιον	2	2	6	2	6		1											
20	Ca	Ἀσβέστιον	2	2	6	2	6		2											
21	Sc	Σκάνδιον	2	2	6	2	6	1	2											
22	Ti	Τιτάνιον	2	2	6	2	6	2	2											
23	V	Βανάδιον	2	2	6	2	6	3	2											
24	Cr	Χρώμιον	2	2	6	2	6	5	1											
25	Mn	Μαγγάνιον	2	2	6	2	6	5	2											
26	Fe	Σίδηρος	2	2	6	2	6	6	2											
27	Co	Κοβάλτιον	2	2	6	2	6	7	2											
28	Ni	Νικέλιον	2	2	6	2	6	8	2											
29	Cu	Χαλκὸς	2	2	6	2	6	10	1											
30	Zn	Ψευδάργυρος	2	2	6	2	6	10	2											
31	Ga	Γάλλιον	2	2	6	2	6	10	2	1										
32	Ge	Γερμάνιον	2	2	6	2	6	10	2	2										
33	As	Ἀρσενικὸν	2	2	6	2	6	10	2	3										
34	Se	Σελήνιον	2	2	6	2	6	10	2	4										
35	Br	Βρώμιον	2	2	6	2	6	10	2	5										
36	Kr	Κρυπτὸν	2	2	6	2	6	10	2	6										
37	Rb	Ρουβίδιον	2	2	6	2	6	10	2	6			1							
38	Sr	Στρόντιον	2	2	6	2	6	10	2	6			2							
39	Y	Ὕττριον	2	2	6	2	6	10	2	6	1		2							
40	Zr	Ζιρκόνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	2		2							
41	Nb	Νιόβιον	2	2	6	2	6	10	2	6	4		1							
42	Mo	Μολυβδαίνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	5		1							
43	Tc	Τεχνήτιον	2	2	6	2	6	10	2	6	5		2							
44	Ru	Ρουθήνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	7		1							
45	Rh	Ρόδιον	2	2	6	2	6	10	2	6	8		1							
46	Pd	Παλλάδιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10									
47	Ag	Ἄργυρος	2	2	6	2	6	10	2	6	10		1							
48	Cd	Κάδμιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2							
49	In	Ἴνδιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	1						
50	Sn	Κασσίτερος	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	2						
51	Sb	Ἀντιμόνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	3						

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ ΠΕΡΙ ΤΟΝ ΠΥΡΗΝΑ

			K	*L*		*M*			*N*				*O*				*P*			*Q*
Z	Στοιχεῖον		*1s*	*2s*	*2p*	*3s*	*3p*	*3d*	*4s*	*4p*	*4d*	*4f*	*5s*	*5p*	*5d*	*5f*	*6s*	*6p*	*6d*	*7s*
52	Te	Τελλούριον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	4						
53	I	Ἰώδιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	5						
54	Xe	Ξένον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6						
55	Cs	Καίσιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			1			
56	Ba	Βάριον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6			2			
57	La	Λανθάνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10		2	6	1		2			
58	Ce	Δημήτριον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	1	2	6	1		2			
59	Pr	Πρασεοδύμιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	3	2	6			2			
60	Nd	Νεοδύμιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	4	2	6			2			
61	Pm	Προμήθειον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	5	2	6			2			
62	Sm	Σαμάριον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	6	2	6			2			
63	Eu	Εὐρώπιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6			2			
64	Gd	Γαδολίνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	7	2	6	1		2			
65	Tb	Τέρβιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	8	2	6	1		2			
66	Dy	Δυσπρόσιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	10	2	6			2			
67	Ho	Ὄλμιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	11	2	6			2			
68	Er	Ἔρβιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	12	2	6			2			
69	Tm	Θούλιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	13	2	6			2			
70	Yb	Ὑττέρβιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6			2			
71	Lu	Κασσιόπειον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	1		2			
72	Hf	Ἄφνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	2		2			
73	Ta	Ταντάλιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	3		2			
74	W	Βολφράμιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	4		2			
75	Re	Ρήνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	5		2			
76	Os	Ὄσμιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	6		2			
77	Ir	Ἰρίδιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	7		2			
78	Pt	Λευκόχρυσος	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	9		1			
79	Au	Χρυσὸς	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		1			
80	Hg	Ὑδράργυρος	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2			
81	Tl	Θάλιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	1		
82	Pb	Μόλυβδος	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	2		
83	Bi	Βισμούθιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	3		
84	Po	Πολώνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	4		
85	At	Ἄστατον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	5		
86	Rn	Ραδόνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		
87	Fr	Φράγκιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		1
88	Ra	Ράδιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6		2
89	Ac	Ἀκτίνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	1	2
90	Th	Θόριον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10		2	6	2	2
91	Pa	Πρωτακτίνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	2	2	6	1	2
92	U	Οὐράνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	3	2	6	1	2
93	Np	Ποσειδώνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	5	2	6		2
94	Pu	Πλουτώνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	6	2	6		2
95	Am	Ἀμερίκιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6		2
96	Cm	Κιούριον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	7	2	6	1	2
97	Bk	Μπερκέλιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	8	2	6	1	2
98	Cf	Καλιφόρνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	10	2	6		2
99	E	Ἀϊνστάνιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	11	2	6		2
100	Fm	Φέρμιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	12	2	6		2
101	Mn	Μενδελέβιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	13	2	6		2
102	No	Νομπέλιον	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	6	10	14	2	6		2

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΠΙΝΑΞ ΑΤΟΜΙΚΩΝ ΜΑΖΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΤΙΝΩΝ ΙΣΟΤΟΠΩΝ

Πυρὴν	Ἀριθμὸς πρωτονίων (Z)	Ἀριθμὸς νετρονίων (A-Z)	Ἀτομικὴ μᾶζα	Πυρὴν	Ἀριθμὸς πρωτονίων (Z)	Ἀριθμὸς νετρονίων (A-Z)	Ἀτομικὴ μᾶζα
n^1	0	1	1,008982 (± 3)	Ca^{40}	20	20	39,97534 (± 9)
H^1	1	0	1,008142 (± 3)	Fe^{56}	26	30	55,95272 (± 10)
H^2	1	1	2,014732 (± 4)	Cu^{63}	29	34	62,94862 (± 20)
He^4	2	2	4,003860 (± 12)	As^{75}	33	42	74,9432 (± 10)
Li^7	3	4	7,01818 (± 12)	Sr^{86}	38	48	85,93533 (± 43)
Be^9	4	5	9,01494 (± 16)	Sr^{88}	38	50	87,93374 (± 53)
B^{10}	5	5	10,016110 (± 10)	Mo^{98}	42	56	97,93610 (± 40)
B^{11}	5	6	11,012811 (± 9)	Sn^{116}	50	66	115,93852 (± 70)
C^{12}	6	6	12,003807 (± 11)	Sn^{117}	50	67	116,94208 (± 47)
C^{13}	6	7	13,007538 (± 13)	Sn^{120}	50	70	119,94012 (± 72)
N^{14}	7	7	14,007525 (± 15)	Xe^{124}	54	70	123,9458 (± 10)
N^{15}	7	8	15,004928 (± 20)	Xe^{130}	54	76	129,9450 (± 10)
O^{16}	8	8	16,000000	Xe^{136}	54	82	135,9505 (± 10)
O^{17}	8	9	17,004507 (± 15)	Nd^{144}	60	84	143,9560 (± 8)
O^{18}	8	10	18,004875 (± 13)	Nd^{150}	60	90	149,9687 (± 8)
F^{19}	9	10	19,004414 (± 17)	Hf^{176}	72	104	175,9923 (± 11)
Ne^{20}	10	10	19,998771 (± 12)	W^{182}	74	108	182,0033 (± 11)
Ne^{22}	10	12	21,998329 (± 19)	W^{183}	74	109	183,0059 (± 13)
Al^{27}	13	14	26,990109 (± 23)	W^{184}	74	110	184,0052 (± 11)
Si^{28}	14	14	27,985792 (± 32)	Pt^{194}	78	116	194,0256 (± 14)
P^{31}	15	16	30,983622 (± 23)	Pt^{196}	78	118	196,0274 (± 6)
S^{32}	16	16	31,982272 (± 19)	Pb^{208}	82	126	208,0422 (± 15)
Cl^{35}	17	18	34,980064 (± 22)	U^{234*}	92	142	234,1138 (± 11)
Cl^{37}	17	20	36,977675 (± 21)	U^{235*}	92	143	235,1170 (± 10)
Ar^{40}	18	22	39,975022 (± 29)	U^{238*}	92	146	238,1249 (± 10)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

Α

'Αγωγιμότης 148
— ἀτμοσφαίρας 412
— αὐτοτελὴς 386
— μὴ αὐτοτελὴς 385
ἀγωγοί 67
ἀκλινεῖς καμπύλαι 47
ἀκουστικὸν 467
ἀκτῖνες α 521, 529
— β 521, 529
— γ 522, 529
— Röntgen 401
ἀκτινοβολία ἐδάφους 484
— χώρου 484
ἀκτινοπάθεια ὀξεῖα 538
— χρονία 539
ἀλεξικέραυνον 414
ἄλυσωτὴ ἀντίδρασις 551
ἀμείωτοι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις 444, 446
ἀμοιβαία ἐπαγωγὴ 247
Ampère (διεθνὴς μονὰς) 366
Ampère (φωτογραφία) 134
ἀμπερόμετρα 136, 306
ἀμπεροστροφὴ 201
ἀμπερώριον 135
ἀναγνώρισις πόλων 129
ἀνάλυσις εἰκόνος 485
ἀναπαραγωγὸς ἤχου 474
ἀνεμολόγιον 49
ἀνίχνευσις ἀκτινοβολιῶν 530
ἀνομοιογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίον 76
— μαγνητικὸν πεδίον 29, 30
ἀνόρθωσις 424
ἀνορθωτὴς δι' ὑδραργύρου 394
ἀντιδραστὴρ 552 κ.ἑ.
ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις 332
ἀντιπολωτικὰ 370
ἀντίστασις 141, 145.
ἀντισωματίδια 559
ἀντιὕλη 559
ἀπαγορευτικὴ ἀρχὴ τοῦ Pauli 510
ἀπαριθμητὴς σπινθηρισμῶν 531
— Geiger-Müller 535
ἀπόδοσις γεννητρίας 331
— κινητῆρος 333
ἀποκλισιόμετρον 43
ἀποσβεννύμεναι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις 445
ἀποτελέσματα ρεύματος 131
ἀρνητικὸν ἰὸν 71
ἀρνητικὰ φορτία 60
ἀστατικὸν σύστημα 51
ἀστασία 51
ἀστραπὴ 413
ἀσύγχρονοι κινητῆρες 336
ἀσφάλειαι 177
— αὐτόματοι 179
ἀτομικὴ φυσικὴ 495
ἀτομικὸν βάρος 502
— καύσιμον 552
ἀτομικὸς ἀριθμὸς 70, 500, 512
αὐτεπαγωγὴ 248
αὐτοαπομαγνήτισις 34
αὐτόματοι ἀσφάλειαι 179
αὐτομετασχηματιστὴς 299
αὐτορραδιογραφία 535

Β

Βαλλιστικὸν γαλβανόμετρον 315
βὰτ 173
βατόμετρα 318
Becquerel (φωτογραφία) 519
Bell (φωτογραφία) 468
βήτατρον 546
Bohr (φωτογραφία) 507
βολταϊκὸν τόξον 183, 392
βολτάμετρον 356
βολτόμετρα 140, 306
βόμβα οὐρανίου 554
— ὑδρογόνου 556
βομβητὴς 256
βόρειος πόλος μαγνήτου 16
βραχυκύκλωμα 175
βρόχος ὑστερήσεως 220
Watt 173

Γ

Γαλβανισμὸς 368
γαλβανόμετρα 305
γαλβανοπλαστικὴ 367
Gauss 25, 47
Gauss (φωτογραφία) 40
γεννήτριαι ἐναλλασ. ρεύμ. 333
— συνεχοῦς ρεύματος 328
γέφυρα Wheatstone 321
— διὰ χορδῆς 322
γεωγραφικὸς μεσημβρινὸς 41
γήϊνον ἠλεκτρικὸν πεδίον 409
— μαγνητικὸν πεδίον 40
Gilbert 57
Giorgi 64,
γραμμὴ πίστεως 50
γραμμικοὶ ἐπιταχυνταὶ 544
γραμμοάτομον 362
γραμμοϊσοδύναμον 362
γραμμομόριον 362
γυροσκοπικὴ πυξὶς 50
γωνία φάσεως 263

Δ

Δεῖκται 270
δέκται 480, 488
διακλάδωσις ἀμπερομέτρου 308
διακόπται 154
διαμαγνητικὰ σώματα 217
διαμόρφωσις 476
διανομὴ τριφασικοῦ ρεύματος 294
διάταξις Lecher 454
διαυλικαὶ ἀκτῖνες 399
διαφορὰ δυναμικοῦ 86, 137
— φάσεως 272
δίδυμος γένεσις 543
διέγερσις γεννητριῶν 329
— ἀτόμου ὑδρογόνου 509
διηλεκτρικὴ ἀντοχὴ 108
— σταθερὰ 64, 106
διηλεκτρικὸν ὑλικὸν 108
δίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία 422
δοκιμαστικὸν ἀγωγοῦ 91
— ἐπίπεδον 91
— τάσεως 390
δομὴ ἀτόμου 70, 498
— πυρῆνος 516
δυναμικὴ γραμμὴ 77
δυναμικὸν 85
— Γῆς 87
δυναμικὸς ἠλεκτρισμὸς 74

Ε

'Εγκλισιόμετρον 45
ἔγκλισις 45
εἰδικὴ ἀντίστασις 146
εἰκονοσκόπιον 487
Einstein (φωτογραφία) 549
ἐκκένωσις αἰγλης 388
— τόξου 391
ἐκφόρτισις ἠλεκτροσκοπίου 67
— συσσωρευτοῦ 377
ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια 71
ἐναλλασσόμενα μεγέθη 268
ἐναλλασσομένη τάσις 260
ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα 129, 258
ἐνέργεια ἰονισμοῦ 510

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐνέργεια μαγνητικοῦ πεδίου 252
— πυκνωτοῦ 113
ἐνεργὸς ἔντασις 266
— τάσις 266
ἐνισχυτὴς 471
ἔντασις ἠλεκτρικοῦ πεδίου 75, 76
— ἠλεκτρικοῦ ρεύματος 133
— μαγνητικοῦ πεδίου 24, 199
Edison (φωτογραφία) 181
ἐξηναγκασμένη ταλάντωσις 443
ἐπαγωγεύς 328
ἐπαγωγὴ 234
— ἀμοιβαία 247
ἐπαγωγικὸν πηνίον 253
ἐπαγώγιμον 329
ἐπαργύρωσις 367
ἐπιβραδυντὴς 552
ἐπιδερμικὸν φαινόμενον 447
ἐπιμετάλλωσις 366
ἐπιταχυνταὶ γραμμικοὶ 544
ἐπιφανειακὴ πυκνότης 90
ἐπιχάλκωσις 366
ἐπιχρύσωσις 367
ἔργον ἐναλλασσομένου ρεύματος 274
Ἔρστεντ πείραμα 194
ἐσωτερικὴ ἀντίστασις 164, 370

Z

Joliot-Curie Irène (φωτογραφία) 541
Joliot Frédéric (φωτογραφία) 541
Joule (φωτογραφία) 170
ζυγὸς στρέψεως 62
ζώνη σιγῆς 485

H

Hahn (φωτογραφία) 550
Henry 39, 249
Hertz μονὰς 260
Hertz (φωτογραφία) 450
ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις 139
ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα 369
ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ 77
— μηχαναὶ 326
— ταλαντώσεις 439
ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης 68
— — στερεῶν 344
ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις 141
— ἐγκατάστασις 342
— ἐκκένωσις 385
— θωράκισις 90
— ροὴ 83
— τάσις 137
ἠλεκτρικὸν δίπολον 109
— ἐκκρεμὲς 58
— ἰσοδύναμον 171
— κβάντον 70
ἠλεκτρικὸν κύκλωμα 153
— κῦμα 451
— πεδίον 75
— ῥεῦμα 127
— στοιχεῖον 127
— φάσμα 79
— φορτίον 57, 58, 243
ἠλεκτρικὸς κώδων 211
ἠλέκτρισις 57
— δι' ἐπαφῆς 97
— ἐξ ἐπαγωγῆς 97
ἠλεκτρισμὸς 58
— ἐπαφῆς 74
ἠλεκτροδυναμικοὶ μετρηταὶ 318
ἠλεκτροδυναμόμετρα 317
ἠλεκτρόλυσις 356
ἠλεκτρολύται 354
ἠλεκτρολυτικὴ διάστασις 354
ἠλεκτρολυτικὸς πυκνωτὴς 111
ἠλεκτρομαγνήτης 15, 210, 211
ἠλεκτρομαγνητικὰ ὄργανα 310
ἠλεκτρομαγνητικὴ ἐπαγωγὴ 234
— θεωρία Maxwell 458
ἠλεκτρομαγνητικὸν κῦμα 452, 456
— σύστημα 63
— φάσμα 460
ἠλεκτρομαγνητισμὸς 193
ἠλεκτρονικὴ ἀγωγιμότης 345
— θεωρία 69
ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον 435
ἠλεκτρονιοβόλτ 505
ἠλεκτρόνιον 69, 71, 498
ἠλεκτροπληξία 183, 184, 185
ἠλεκτροσκόπια 58, 66, 99
ἠλεκτροστατικαὶ μηχαναὶ 118
ἠλεκτροστατικὴ σειρὰ 74
ἠλεκτροστατικὸν πεδίον 75
— σύστημα 63
ἠλεκτροστατικὸς φακὸς 433
ἠλεκτροσυστολὴ 353
ἠλεκτροφόρον Volta 118
ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον 363
ἡμιαγωγοὶ 347
ἡμίζωη 525
ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα 266
HMM-ποσότητος μαγνητισμοῦ 23

Θ

Θάλαμος ἰονισμοῦ 537
— Wilson 533
Θαλῆς ὁ Μιλήσιος 57
θεμελιώδης τροχιὰ 507
θερμικὰ ὄργανα 314
θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως 149
θερμιονικὴ ἐκπομπὴ 418
θερμοηλεκτρικαὶ στῆλαι 351
θερμοηλεκτρισμὸς 349
θερμοστοιχεῖον 350
θετικὰ φορτία 60
θετικὸν ἰὸν 71
θεωρία Ampère 221
— Arrhenius 354
θυγατρικὸν στοιχεῖον 524

I

Ἰδιοπερίοδος 441
ἰδιοσυχνότης 442
ἰὸν 71
ἰονισμὸς ἀερίων 383
ἰοντικοὶ σωλῆνες 402
ἰσοβαρεῖς πυρῆνες 518
ἰσογώνιοι γραμμαὶ 46
ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι 93
ἰσότονοι πυρῆνες 518
ἰσότοποι πυρῆνες 518
ἰσότοπον 504, 516, 518
ἰσχὺς ἐναλλασσομένου ρεύματος 274
— συνεχοῦς ρεύματος 172

K

Καθοδικαὶ ἀκτῖνες 394
καθοδικὸς παλμογράφος 420
κανόνες Kirchhoff 156
κανὼν ἐκπωματιστοῦ 199
— τοῦ Lenz 245
καόνια 560
κβάντα 496
κερατοειδὴς ἀπαγωγὸς 415
κεραυνὸς 413
κιλοβατώρα 174
κιλοβατώριον 174
κιλοὼμ 145
κινηματογράφος ὁμιλῶν 472
κινησιοσκόπιον 489
κινητῆρες ἐναλλασσομένου 335
— συνεχοῦς ρεύματος 331
κορεσμὸς 219
κοσμικαὶ ἀκτῖνες 558
Coulomb (φωτογραφία) 21
κρίσιμος μᾶζα 551
κρυσταλλοδίοδος 348
κρυσταλλοτρίοδος 482
κυκλικὴ συχνότης 263
κύκλοτρον 544
κύκλωμα 128
— ἀνοικτὸν ταλαντώσεων 449
— κλειστὸν ταλαντώσεων 449
— μὲ αὐτεπαγωγὴν 275
— μὲ χωρητικότητα 279
— RC 285
— RCL 286
— RL 283
— Thomson 440
κύμανσις αἰωνία 47
κύτταρον σεληνίου 151
Curie Marie (φωτογραφία) 520

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Λ

Λαμπτῆρες φθορισμοῦ 392
Laplace (φωτογραφία) 225
λουγδουνικὴ λάγηνος 110
λυχνία μάγνετρον 491
— πυρακτώσεως 181
λυχνίαι αἴγλης 390
— ἀτμῶν ὑδραργύρου 392
— ἐμμέσου θερμάνσεως 427

Μ

Μαγνήτης 13
— μόνιμος 15
— παροδικὸς 15
— τεχνητὸς 14
— φυσικὸς 13, 14
μαγνητικὰ σώματα 13
μαγνητικαὶ γραμμαὶ 26
— καταιγίδες 48
μαγνητικὴ ἀπόκλισις 43
— βελόνη 15
— διαπερατότης 213
— ἔγκλισις 45
— ἐπαγωγὴ 31, 213
— ἐπιδεκτικότης 213
— θωράκισις 35
— μᾶζα 20
— ροὴ 30
— ροπὴ 32
— ρώμη πόλου 20
— ὑστέρησις 219
μαγνητικοὶ χάρται 46
— φακοὶ 434
μαγνητικὸν δίπολον 20
— κῦμα 452
— πεδίον 20, 24
— φάσμα 27
μαγνητικὸς ἰσημερινὸς 46
— κόρος 38
— μεσημβρινὸς 41
μαγνήτισις 213
— ἐξ ἐπαγωγῆς 18, 19, 33
— ἐξ ἐπαφῆς 18, 19, 33
— ἐξ ἐπιδράσεως 19
μαγνῆτις λίθος 13
μαγνητισμὸς 14
μαγνητίτης 13
μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανὴ 331
μαγνητόμετρα 46, 52
μαγνητομετρία 52
μαγνητοστατικὸν πεδίον 27
μαγνητόφωνον 474
Maxwell (φωτογραφία) 459
μεγάφωνον 471
μεγκώμ 145
μειονεκτήματα συνεχοῦς 339
μέση ζωὴ 525
μεταβίβασις ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας 339
μετασχηματισταὶ 296
μετάλλαξις 538
μέτρησις ἀντιστάσεων 321
μητρικὸν στοιχεῖον 524
μηχανὴ Van de Graaff 120
— Wimshurst 119
μικροφαράντ 103
μικρόφωνον 465
—ἠλεκτροδυναμικὸν 467
μικροὼμ 145
Millikan (φωτογραφία) 398
μονάδες ἀντιστάσεως 144
— αὐτεπαγωγῆς 248
— εἰδικῆς ἀντιστάσεως 147
— ἠλεκτρικῆς ἰσχύος 173
— μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς 215
μονὰς ἀμπὲρ 134
— ἀτομικοῦ βάρους (MAB) 503
— ἀτομικῶν μαζῶν (MAM) 504
—Coulomb 63
— Gauss 31
— ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου 76
—ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος 134
— Ζῆμενς 148
— Henry 249
— ἠλεκτρικῆς ροῆς 84
— Farad 103
— Maxwell 31, 215
— ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ 63, 64
— ποσότητος μαγνητισμοῦ 22
— τάσεως 86, 140
— Tesla 215
— χωρητικότητος 102
— Weber 216
μόνιμοι μαγνῆται 35
μονοφασικὴ γεννήτρια 334
μονωταὶ 67
μοριακὴ θεωρία 37
μοριακοὶ μαγνῆται 36
μὸρς 462
μορφαὶ μαγνητικῶν πεδίων 205

Ν

Νετρόνιον 70, 500
νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως 362
νόμος Biot - Savart 202
— ἠλεκτρικῆς ροῆς 84
— τοῦ Coulomb 21, 60, 61, 221
— τῆς ἐπαγωγῆς 241
— τοῦ Joule 170
— τοῦ Laplace 224
— τοῦ Ohm 142
νότιος πόλος μαγνήτου 16
νουκλεόνια 500

Ξ

Ξηροὶ ἀνορθωταὶ 348

Ο

Oersted 39
Oersted, μονὰς 25
Oersted (φωτογραφία) 196
Ohm (φωτογραφία) 142
οἰκογένειαι ραδιενεργῶν στοιχείων 526
ὁμιλῶν κινηματογράφος 472
ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίον 76, 94
— μαγνητικὸν πεδίον 29
ὀρθολογισμένον σύστημα 63
οὐδετέρα ζώνη 17

Π

Παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον 451
παλμογράφος μετὰ βρόχου 267
παραμαγνητικὰ σώματα 217
παραμένουσα μαγνήτισις 35, 220
πεδίον Coulomb 75
περιοδικὸν σύστημα στοιχείων 512
περίοδος 260
πηγαὶ ρεύματος 127
πηνίον ἀναδράσεως 447
—Ruhmkorff 253
πιεζοηλεκτρισμὸς 352
πικοφαράντ 103
Planck (φωτογραφία) 497
πλάσμα 556
ποζιτρόνιον 542
πολικὸν σέλας 415
πόλοι μαγνήτου 15
πόλος ἀρνητικὸς 128
— θετικὸς 128
πολύμετρα 314
πολυφασικὰ ρεύματα 291
πόλωσις διηλεκτρικοῦ 108
— ἠλεκτροδίων 360
πομπὸς 479, 487
ποσότης μαγνητισμοῦ 20
ποτενσιόμετρον 162
πραγματικὴ ἰσχὺς 274
προέλευσις μαγνητικῶν πεδίων 197
προσγείωσις 187
πρωτόνιον 70, 500, 505
πυκνότης ἠλεκτρικῶν γραμμῶν 82
— ἠλεκτρικοῦ φορτίου 90
— μαγνητικῶν γραμμῶν 30
— ρεύματος 137
πυκνωταὶ 104
πυκνωτὴς μαρμαρυγίου 111
— χάρτου 110
πυξὶς ἀποκλίσεως 43
— γυροσκοπικὴ 50

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

πυξὶς ἐγκλίσεως 45
— ἐφαπτομένων 315
— ναυτικὴ 49
πυρὴν 70
πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις 539
πτῶσις τάσεως 151

Ρ

Ράβδος ἐλέγχου 553
ραδιενεργὰ στοιχεῖα 521
ραδιενέργεια (τεχνητὴ) 540
—(φυσικὴ) 518
ραδιενεργὸς παρακμὴ 524
ραδιοαστρονομία 491
ραδιοεντοπιστὴς 490
ραδιοτηλεσκόπιον 492
ραδιόφωνον 482
ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς 235
— Foucault 246
ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις 161
Rutherford (φωτογραφία) 522
ρώτωρ 334

Σ

Σημεῖον Κιουρὶ 223
— κόρου 34
σθένος ἰόντος 361
σιδηρομαγνητικὰ σώματα 218
σπινθηριστὴς 445
σπινθηροσκόπιον Crookes 531
σταθερὰ διασπάσεως 526
— δράσεως 497
— Loschmidt 362, 502
— Faraday 363
σταθμὸς ἠλεκτροπαραγωγῆς 337
στατικὸς ἠλεκτρισμὸς 74
στάτωρ 334
στιγμιαία τιμὴ 265
στοιχεῖον Daniell 373
— Leclanché 371
— Volta 370
— Weston 374
στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον 70
συγχροκύκλοτρον 545
σύγχρονοι κινητῆρες 336
συλλέκτης 329
σύνδεσις ἀντιστάσεων 158
— ἠλεκτρικῶν πηγῶν 165
— κυκνωτῶν 114
συνεζευγμένα κυκλώματα 247
συνεκτικὴ δύναμις 220
συνεχὲς ρεῦμα 127
συντελεστὴς ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς 247
— αὐτεπαγωγῆς 248
— ἰσχύος 274
σύντηξις 555
συντονισμὸς 288
συσσωρευταὶ 375
συσσωρευτὴς Edison 378
σύστημα ἀναφλέξεως κινητήρων 255
— MKSA-Giorgi 23
συστοιχία 166
συχνότης 260
σφαιρικὸς πυκνωτὴς 106
σχάσις πυρήνων 547
— οὐρανίου—235 550
σωλὴν Braun 420
— Coolidge 402
— Geissler 389
σωλῆνες φωτεινῶν διαφημίσεων 391
σωληνοειδὲς 197

Τ

Τάσις 86
Tesla 448
τηλέγραφος 462
τηλεόρασις 485
τηλεπικοινωνία 462
τηλέτυπον 464
τηλέφωνον 468
— αὐτόματον 470
τηλεφωτογραφία 489
τράπεζα τοῦ Ampère 229
τρίοδος ἠλεκτρονικὴ λυχνία 425
τριφασικὴ γεννήτρια 335
τριφασικοὶ μετασχηματισταὶ 301
τριφασικὸν ρεῦμα 292
τροχὸς Barlow 345
τύπος ἀντιστάσεων 161
— τοῦ Laplace 203

Υ

Ὑπατομικὰ σωματίδια 69
ὑπεραγωγιμότης 151
ὑπεραγωγοὶ 151
ὑπερόνια 560
ὑψίσυχνα ρεύματα 439, 448

Φ

Φαινομένη ἰσχὺς 274
φαινόμενον Barkhausen 39
— Edison 419
— Peltier 351
— Seebeck 349
Faraday 39
Faraday (φωτογραφία) 235
φάσις 263, 272
φασματογράφος μαζῶν 400
Fermi (φωτογραφία) 552
φέρουσα δύναμις μαγνήτου 15
φορὰ ρεύματος 130
φορτίον εἰδικὸν 399
— ὑδροσταγόνων 411
φόρτισις ἠλεκτροσκοπίου 99
— συσσωρευτοῦ 376
φύσις μαγνητισμοῦ 221
φώρασις 479
φωρατὴς 479
φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον 428
φωτοηλεκτρόνια 430
φωτοκύτταρα 431
φωτοπολλαπλασιαστὴς 532
φωτοστοιχεῖον 432

Χ

Χάρτης ἀποκλίσεων 46
— ἰσοδυνάμων 47
χειριστήριον 463
χημικὸν ἰσοδύναμον 362
χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ 525
χωρητικότης 102, 105

Ψ

Ψῆκτραι 329, 332

Ω

Ὦμ, μονὰς ἀντιστάσεως 144
Ὦμ (φωτογραφία) 342

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Γυμνασίων, τῶν Τεχνικῶν Σχολῶν καὶ τοὺς ὑποψηφίους διὰ τὰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις τῶν Ἀνωτάτων Ἐκπαιδευτικῶν Ἱδρυμάτων.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας.

ΤΟΜΟΣ Ι

Μηχανικὴ - Θερμότης - Ἀκουστικὴ

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

Ὀπτικὴ - Μαγνητισμὸς - Ἠλεκτρισμὸς

Ἀτομικὴ καὶ Πυρηνικὴ Φυσικὴ

Ὅλα τὰ προβλήματα τὰ περιεχόμενα εἰς τὰ βιβλία «Στοιχεῖα Φυσικῆς» καὶ «Μαθήματα Φυσικῆς» εἶναι λελυμένα ἐντὸς τοῦ βιβλίου τούτου.

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ, ΤΕΥΧΟΣ Α'

Μηχανικὴ - Θερμότης - Ταλαντώσεις καὶ Κύματα - Ἀκουστικὴ

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ, ΤΕΥΧΟΣ Β'

Ὀπτικὴ - Μαγνητισμὸς - Ἠλεκτρισμὸς

Ἀτομικὴ καὶ Πυρηνικὴ Φυσικὴ

Γενικαὶ ἀσκήσεις ἀνωτέρας στάθμης διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν ἀνωτάτων Σχολῶν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν
ὡς καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας.

ΤΟΜΟΣ Ι

Μηχανικὴ - Ἀκουστικὴ - Θερμότης

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

Ὀπτικὴ - Μαγνητισμὸς - Ἠλεκτρισμὸς

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΝΕΩΤΕΡΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ἠλεκτρονικὴ - Ἀτομικὴ καὶ Πυρηνικὴ Φυσικὴ

Διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν
ὡς καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Γυμνασίων καὶ τῶν Τεχνικῶν Σχολῶν.
Ὅλαι αἱ ἀσκήσεις αἱ περιεχόμεναι εἰς τὸ βιβλίον Κουγιουμζέλη - Περιστεράκη «Στοιχεῖα Πυρηνικῆς Φυσικῆς» εἶναι λελυμέναι εἰς τὸ βιβλίον τοῦτο.

ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Κλασσικῶν Γυμνασίων.

Ἐγκεκριμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας.

ΤΟΜΟΣ Ι

Μηχανικὴ - Ἀκουστικὴ - Θερμότης

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

Ὀπτικὴ - Μαγνητισμὸς - Ἠλεκτρισμὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΚΟΥΓΙΟΥΜΖΕΛΗ - ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ Ι

ΜΗΧΑΝΙΚΗ • ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΚΥΜΑΤΙΚΗ

ΤΟΜΟΣ ΙΙΙ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΥΠΟ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Πρὸς χρῆσιν
τῶν μαθητῶν τῶν Γυμνασίων, τῶν Τεχνικῶν Σχολῶν καὶ τῶν ὑποψηφίων διὰ τὰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις τῶν Ἀνωτάτων Ἐκπαιδευτικῶν Ἱδρυμάτων.

Αἱ ἀσκήσεις αἱ περιεχόμεναι εἰς τὰ ἀνωτέρω βιβλία εἶναι λελυμέναι εἰς τὸ βιβλίον: Σ. Περιστεράκη «Ἀσκήσεις Φυσικῆς», Τόμοι Ι, ΙΙ καὶ ΙΙΙ.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΑΤΟΜΙΚΗ - ΠΥΡΗΝΙΚΗ

ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟΝ ΥΠΟ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ

Πρὸς χρῆσιν
τῶν μαθητῶν τῶν Γυμνασίων, τῶν Τεχνικῶν Σχολῶν καὶ τῶν ὑποψηφίων διὰ τὰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις τῶν Ἀνωτάτων Ἐκπαιδευτικῶν Ἱδρυμάτων.

Οἱ συγγραφεῖς κατορθώνουν κατὰ τρόπον ἄριστον νὰ ἁπλουστεύουν τὰ διάφορα ζητήματα χωρὶς νὰ ἀπομακρύνωνται τῆς ἐπιστημονικῆς ἀκριβείας. Μεγίστη σαφήνεια, πλῆθος σχημάτων ὑποβοηθούντων εἰς τὴν κατανόησιν τοῦ κειμένου, ἁπλότης εἰς τὴν διατύπωσιν, εἶναι μερικὰ ἀπὸ τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ βιβλίου τούτου, τὸ ὁποῖον ὁδηγεῖ τὸν μαθητὴν μέχρι τῶν σημείων, τὰ ὁποῖα ἀπασχολοῦν τὴν σημερινὴν Φυσικὴν καὶ τὰ ὁποῖα, ὡς γνωστόν, κινοῦν τὸ ἐνδιαφέρον τοῦ συνόλου σχεδὸν τῶν πολιτισμένων ἀνθρώπων.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



ΒΟΥΛΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΩΝ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

0020638085
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής