Ε 1 429

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΕΝ ΤΩ ΠΡΑΚΤΙΚΩ ΛΥΚΕΙΩ ΑΘΗΝΩΝ

Λεονταρίτου (Διον. Π.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ Ε΄ ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΠΑΛΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ

ΟΕΣΒ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
1949

ΦΧΣΙΚΗ Ε/Γ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

E 1 ΦΕΚ

ΔΙΟΝ. Π. ΛΕΟΝΤΑΡΙΤΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΕΝ ΤΩ ΠΡΑΚΤΙΚΩ ΛΥΚΕΙΩ ΑΘΗΝΩΝ

Λεονταρίτου (Διον. Π.)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΑ ΤΗΝ Ε' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΠΑΛΑΙΟΥ ΤΥΠΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ
1949

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΥΛΗ - ΚΙΝΗΣΙΣ - ΔΥΝΑΜΕΙΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ

ΥΛΗ

1. Τὸ πᾶν εἰς τὴν Φύσιν, τὸ ζῷον, τὸ φυτόν, ὁ βράχος, ὁ ἀήρ, τὸ νέφος, ὁ ποταμός, ἐξαφανίζεται ἀδιακόπως καὶ ἀναφαίνεται, ἀλλάσσει σταθερῶς ὄψιν, ἀλλὰ δὲν καταστρέφεται. Τοῦτο τὸ πᾶν εἶναι ἡ **ὕλη**, ἡ ὁποία ἀδιαλείπτως ἀποσυντίθεται καὶ ἀνασυντίθεται, ἀναπαριστῶσα συνεχῶς ὅμοια ἀντικείμενα.

Ζῷον τι ἀποθνήσκει. Ἡ ὕλη, ἐκ τῆς ὁποίας συνίσταται τὸ σῶμά του, ἀποσυντίθεται. Καὶ ἄλλα μὲν ἐκ τῶν προϊόντων τῆς ἀποσυνθέσεως διασκορπίζονται ὑπὸ μορφὴν ἀερίων εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, ἄλλα δὲ ἀναμιγνύονται μετὰ τοῦ ἐδάφους ὡς στερεὰ καὶ ὑγρά. Ὡρισμέναι ἐκ τῶν οὐσιῶν τούτων θὰ ἀπορροφηθοῦν ὑπὸ τῶν φυτῶν, τὰ ὁποῖα παραλαμβάνουν ἐκ τοῦ ἀέρος διὰ τῶν φύλλων καὶ ἐκ τοῦ ἐδάφους διὰ τῶν ριζῶν των τὰς ἀναγκαίας διὰ τὴν ἀνάπτυξίν των τροφάς. Τὰ φυτὰ πάλιν θὰ χρησιμεύσουν ὡς τροφὴ τῶν φυτοφάγων ζῴων καὶ ταῦτα θὰ καταβροχθισθοῦν ὑπὸ τῶν σαρκοφάγων θηρίων καὶ τῶν ἀνθρώπων καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς.

Πᾶν ὅ,τι δύναται νὰ ζυγισθῇ εἶναι ὕλη.

ΣΩΜΑΤΑ

2. **Σῶμα** καλεῖται πᾶν μέρος ὕλης, τὸ ὁποῖον καταλαμβάνει θέσιν τινὰ εἰς τὸ διάστημα καὶ τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν διά τινος τῶν αἰσθήσεών μας. Τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος, τὸ ὁποῖον ἐκφεύγει ἐκ τῶν πνευμόνων μας ἢ ἐκ τῆς ἑστίας, τὸ ἐκ τῆς πηγῆς ἀνα-

βλύζον ὕδωρ, ὁ χάλιξ τῆς ὁδοῦ, ἓν πτηνόν, ἡ ἴς τοῦ ἐρίου, τεμάχιον σιδήρου, εἷς ἰχθὺς κτλ. εἶναι **σώματα**.

Τὰ σώματα ὑποπίπτουν εἰς τὰς αἰσθήσεις ἡμῶν κατὰ διαφόρους τρόπους, τοὺς ὁποίους καλοῦμεν **ἰδιότητας** αὐτῶν. Οὕτω π. χ. ἡ ὕαλος ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ εἶναι διαφανής, ὁ λίθος νὰ εἶναι σκληρός, ἡ κιμωλία νὰ εἶναι λευκὴ κτλ. Ἐκ τῶν ἰδιοτήτων τῶν σωμάτων ἄλλαι μὲν ἀπαντοῦν εἴς τινα μόνον σώματα, ὡς π.χ. ἡ **διαφάνεια, ἡ μαγνητικὴ ἰδιότης** κτλ., ἄλλαι δὲ εἶναι γενικαί, παρατηρούμεναι ἐπὶ πάντων ἐν γένει τῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τὸ βάρος. Ἐπίσης γενικαὶ ἰδιότητες εἶναι ἡ **ἔκτασις**, τὸ **ἀδιαχώρητον**, τὸ **διαιρετόν**, τὸ **συμπιεστόν**, ἡ **ἐλαστικότης** κτλ.

3. Ἔκτασις.—Τὰ σώματα, οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι, καταλαμβάνουν πάντοτε ἓν μέρος τοῦ διαστήματος· ἐν ἄλλοις λόγοις, **ἔχουν ἔκτασιν ὁριζομένην διὰ τῶν τριῶν διαστάσεων : μήκους, πλάτους, ὕψους** (τὸ βάθος ἢ τὸ πάχος ἀντικαθιστοῦν πολλάκις τὸ ὕψος). Ἡ ἔκτασις εἶναι τοιουτοτρόπως συνώνυμος πρὸς τὸν ὄγκον.

4. Ἀδιαχώρητον.—Τὸ ἀδιαχώρητον εἶναι ἡ ἰδιότης κατὰ τὴν ὁποίαν δύο διακεκριμένα ὑλικὰ σώματα δὲν δύνανται νὰ συνυπάρχουν εἰς τὸν αὐτὸν χῶρον τοῦ διαστήματος.

5. Διαιρετόν.—Ἓν σῶμα δύναται νὰ διαιρεθῇ εἰς πολὺ μικρὰ τεμάχια· ἓν τεμάχιον π.χ. κιμωλίας δύναται νὰ διαιρεθῇ εἰς τεμαχίδια ἐξόχως μικρά, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶναι ἐπίσης κιμωλία, διατηρεῖ δηλ. τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τῆς κιμωλίας.

Ἡ γενικὴ αὕτη ἰδιότης τῶν σωμάτων, καθ' ἣν ταῦτα δύνανται νὰ διαιρεθοῦν εἰς ἐξόχως μικρὰ μέρη, χωρὶς νὰ χάσουν τὰς χαρακτηριστικὰς αὐτῶν ἰδιότητας, καλεῖται **διαιρετόν**.

Οὕτω κατασκευάζονται ἐξ ὑάλου ἀντικείμενα, ἔχοντα πάχος ἑνὸς μόνον χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου. Ἐκ τῆς πλατίνης λαμβάνομεν διὰ τοῦ συρματοσύρτου σύρματα διαμέτρου 0,8 τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου. Ἐκ τοῦ χρυσοῦ προκύπτουν διὰ σφυρηλασίας φύλλα ἔχοντα πάχος 0,1 τοῦ χιλιοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου. Πρέπει δηλ. νὰ θέσῃ τις ἐπ' ἀλλήλων δέκα χιλιάδας τοιούτων φύλλων, διὰ νὰ ἀποτελέσουν ταῦτα πάχος ἑνὸς χιλιοστομέτρου κλπ.

Μόρια καὶ ἄτομα. Πάντα τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα ἀποδεικνύουν, ὅτι τὸ σημεῖον, μέχρι τοῦ ὁποίου δύναται νὰ προχωρήσῃ ἡ διαίρεσις τῆς ὕλης, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὁρισθῇ. Ἀλλὰ διὰ τοῦτο δύναται ἆρά γε ἡ διαίρεσις νὰ χωρήσῃ καὶ πέραν παντὸς ὁρίου.

Εἰς τὴν παροῦσαν κατάστασιν τῆς Ἐπιστήμης παραδεχόμεθα, ὅτι **ἡ διαίρεσις τῆς ὕλης δὲν δύναται νὰ χωρήσῃ ἐπ᾽ ἄπειρον**. Καὶ ἂν ἀκόμη ὑποθέσωμεν, ὅτι μεταχειριζόμεθα μεθόδους διαιρέσεως πολὺ τελειοτέρας ἀπὸ ἐκείνας τὰς ὁποίας διαθέτομεν σήμερον, καὶ τότε ἀκόμη θὰ ἐσταματῶμεν ἐπὶ τέλους εἰς ἓν ὅριον ἀνυπέρβλητον, εἰς τὸ **μόριον**.

Τὸ μόριον εἶναι λοιπὸν ἡ ἐλαχίστη ποσότης ἑνὸς σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρχῃ, διατηροῦσα τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τοῦ σώματος.

Οἱ χημικοὶ παραδέχονται, ὅτι τὸ μόριον δύναται νὰ ὑποδιαιρεθῇ (ὄχι μηχανικῶς, ἀλλὰ διὰ χημικῶν ἀντιδράσεων) εἰς ἀκόμη μικρότερα μέρη, τὰ ὁποῖα λέγονται **ἄτομα**. Τὰ ἄτομα δὲν ὑφίστανται ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει ἢ μεμονωμένα, ἀλλὰ ἑνοῦνται μεταξύ των διὰ νὰ ἀποτελέσουν μόρια. Δὲν δυνάμεθα νὰ ἀφαιρέσωμεν κανὲν ἄτομον ἀπὸ τὸ μόριον, χωρὶς νὰ τὸ καταστρέψωμεν ἢ χωρὶς νὰ σχηματίσωμεν μόριον νέου σώματος· ἐπίσης τὰ ἄτομα ἑνὸς μορίου δύνανται νὰ ἀντικατασταθοῦν ἀπὸ ἄλλα ἄτομα καὶ νὰ ἀποτελέσουν μόριον νέας οὐσίας.

Σημείωσις. Αἱ πλέον πρόσφατοι ἐργασίαι κατέληξαν εἰς τὸ ὅτι ἕκαστον ἄτομον συνίσταται ἐξ ἑνὸς κεντρικοῦ πυρῆνος, ἠλεκτρισμένου θετικῶς, περὶ τὸν ὁποῖον στρέφονται μετὰ μεγίστης ταχύτητος σωμάτια ὅμοια, πολὺ μικρότερα, ἠλεκτρισμένα ἀρνητικῶς, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ἠλεκτρόνια**.

6. Συμπιεστόν. Μοριακοὶ πόροι.—Τὰ μόρια δὲν ἐφάπτονται ἀλλήλων. Γνωρίζομεν πράγματι, ὅτι ὅλα τὰ σώματα ἐλαττοῦνται κατ᾽ ὄγκον, ὅταν τὰ **συμπιέζωμεν** διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας ἢ διὰ ψύξεως· καὶ ἐπειδὴ δύο μόρια δὲν δύνανται νὰ κατέχουν συγχρόνως τὸν αὐτὸν χῶρον, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὄγκου τῶν σωμάτων προέρχεται ἀπὸ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ μεγέθους τῶν μεταξὺ τῶν μορίων κενῶν διαστημάτων. Τὰ διαστήματα ταῦτα καλοῦνται **μοριακοὶ πόροι**. Οἱ μοριακοὶ πόροι, ἀόρατοι διὰ τοῦ μικροσκοπίου, δὲν πρέπει νὰ συγχέωνται πρὸς τὰ φυσικὰ ἢ τυχαῖα χάσματα, τὰ ὁποῖα φέρουν σώματά τινα, καλούμενα **πορώδη**, ὡς ὁ σπόγγος, ἡ κίσσηρις κτλ.

Ἡ ἰδιότης, τὴν ὁποίαν ἔχουν πάντα τὰ σώματα, νὰ ἐλαττῶνται κατ᾽ ὄγκον, ὅταν συμπιέζωνται καλεῖται **συμπιεστόν**.

7. Ἐλαστικότης.—Τεμάχιον ἐλαστικοῦ ἐπιμηκύνεται, ἐὰν ἕλξωμεν τὰ ἄκρα του κατ᾽ ἀντιθέτους φοράς· ἀναλαμβάνει δὲ τὸ ἀρχικόν του μῆκος, εὐθὺς ὡς ἀφήσωμεν αὐτὸ ἐλεύθερον. Ἐπίσης ὁ ὄγκος ἑνὸς ἀερίου πιεζομένου ἐλαττοῦται· εὐθὺς ὅμως ὡς παύσῃ ἡ πίεσις, τὸ ἀέριον ἀναλαμβάνει τὸν ἀρχικόν του ὄγκον.

Ἡ ἰδιότης αὕτη πάντων τῶν σωμάτων, κατὰ τὴν ὁποίαν ταῦτα μετασχηματιζόμενα διὰ μηχανικῆς ἐνεργείας τείνουν νὰ ἀναλάβουν τὸ σχῆμά των, εὐθὺς ὡς παύσῃ νὰ ἐνεργῇ ἡ αἰτία τοῦ μετασχηματισμοῦ, καλεῖται **ἐλαστικότης**.

Ὁ μετασχηματισμὸς τῶν σωμάτων δύναται νὰ παραχθῇ διὰ ἕλξεως, διὰ συμπιέσεως, διὰ στρέψεως, διὰ κάμψεως.

Ἡ ἀντίδρασις, τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἐξασκεῖ ἐπὶ τῆς αἰτίας τοῦ μετασχηματισμοῦ, καλεῖται **ἐλαστικὴ δύναμις**.

Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις εἶναι ἴση πρὸς τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία παράγει τὸν μετασχηματισμόν.

Ἐλαστικὴ δύναμις ἑνὸς ἀερίου εἶναι ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ τὸ ἀέριον τοῦτο ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου συμπιέζεται. Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὕδατος χρησιμοποιεῖται ὡς κινητήριος δύναμις εἰς τὰς ἀτμομηχανάς.

ΑΙ ΤΡΕΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

8. Συνοχή.—Τὰ μόρια, ἐκ τῶν ὁποίων συνίστανται τὰ σώματα, παραμένουν συσσωρευμένα, διότι ἐξασκοῦν τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δὲ **ἀμοιβαίας ἕλξεις**. Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία τὰ συνδέει, καλεῖται **συνοχή**.

Ὅλα τὰ σώματα παρουσιάζονται ὑπὸ μίαν τῶν ἑπομένων τριῶν καταστάσεων : τὴν **στερεάν**, τὴν **ὑγράν**, τὴν **ἀεριώδη**.

9. Στερεὰ κατάστασις.—Τὰ στερεὰ σώματα (ξύλον, μάρμαρον, σίδηρος κτλ.) ἔχουν σχῆμα καὶ ὄγκον ὡρισμένον καὶ ἀντιτάσσουν ἀντίστασιν εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τοῦ σχήματος ἢ τοῦ ὄγκου των. Ἡ συνοχὴ τῶν μορίων των εἶναι σημαντικὴ καί, διὰ νὰ ἀποχωρισθοῦν ταῦτα, χρειάζεται δύναμις ἐξωτερικὴ μᾶλλον ἢ ἧττον μεγάλη.

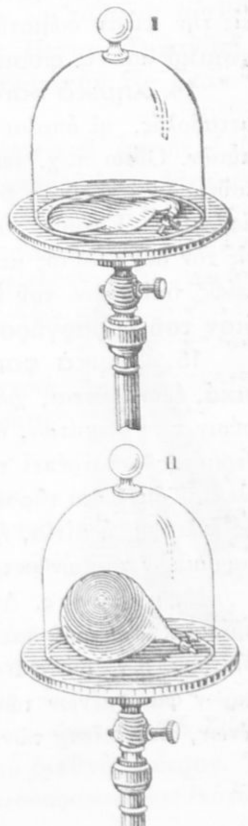
10. Ὑγρὰ κατάστασις.—**Τὰ ὑγρὰ ἔχουν ὄγκον ὡρισμένον** ὅπως τὰ στερεά· ἀλλὰ τὰ μόριά των, ἕνεκα τῆς πολὺ μικρᾶς συνοχῆς των, ὀλισθαίνουν εὐκόλως τὰ μὲν ἐπὶ τῶν δέ, **δὲν ἔχουν ἴδιον σχῆμα**, ἀλλὰ λαμβάνουν τὸ σχῆμα τῶν περιεχόντων αὐτὰ ἀγγείων, ἀπολήγουν δὲ εἰς ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν.

Τὰ ὑγρὰ εἶναι πολὺ ὀλίγον συμπιεστὰ καὶ τελείως ἐλαστικά.

11. Ἀεριώδης κατάστασις.—Τὰ ἀέρια δὲν ἔχουν οὔτε σχῆμα

οὔτε ὄγκον ὡρισμένον, τὰ μόριά των μίγνυνται καὶ ἐμφανίζονται ἄνευ συνοχῆς, εἶναι λίαν συμπιεστὰ καὶ ἡ ἐλαστικότης των εἶναι τελεία, ὅπως καὶ τῶν ὑγρῶν. Τὸ συμπιεστὸν καὶ τὴν ἐλαστικότητα τῶν ἀερίων ἀποδεικνύομεν διὰ τοῦ **δι' ἀέρος πυρείου**. Ἡ συσκευὴ αὕτη συνίσταται ἐξ ὑαλίνου κυλίνδρου μὲ παχέα τοιχώματα, κλειστοῦ κατὰ τὸ ἓν ἄκρον (σχ. 1). Διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ στομίου εἰσέρχεται ἐμβολεὺς ἐφαρμοζόμενος ἀεροστεγῶς. Ὅταν καταβιβάσωμεν τὸν ἐμβολέα, ὁ ἀὴρ συμπιέζεται καὶ ὁ ὄγκος του γίνεται ἐλάχιστος· εὐθὺς ὅμως ὡς παύσωμεν νὰ πιέζωμεν τὸν ἐμβολέα, ὁ πεπιεσμένος ἀὴρ ἀναβιβάζει αὐτόν, ἀναλαμβάνων τὸν ὄγκον του.

Σχ. 1



Σχ. 2

Τὰ ἀέρια δὲν ἔχουν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν. Διακρίνονται τῶν ὑγρῶν διὰ τῆς **διαχυτικότητός** των, ἕνεκα τῆς ὁποίας καταλαμβάνουν ὅλον τὸν προσφερόμενον χῶρον. Ἓν ἀέριον ὁμοιάζει μὲ ἐλατήριον σταθερῶς τεταμένον· τὰ μόριά του, ὡς εἴπομεν, ἐξασκοῦν ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου, τὸ ὁποῖον τὸ περιέχει, **πίεσιν** ἢ **ἐλαστικὴν δύναμιν**.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὴν ἐλαστικὴν ταύτην δύναμιν τῶν ἀερίων, θέτομεν κύστιν περιέχουσαν μικρὰν ποσότητα ἀέρος, καλῶς κλεισμένην, ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας (σχ. 2, I) καὶ ἀραιοῦμεν διὰ τῆς μηχανῆς ταύτης τὸν ἀέρα τοῦ κώδωνος. Βλέπομεν τότε τὴν κύστιν ἐξογκουμένην ταχέως ἕνεκα τῆς ἐκτάσεως τοῦ ὀλίγου ἀέρος, ὅστις ὑπῆρχεν ἐντὸς αὐτῆς (σχ. 2, II).

12. Μεταβολὴ τῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.— Ἐν καὶ τὸ αὐτὸ σῶμα, διατηροῦν τὴν φύσιν του, δύναται νὰ ἐμφανισθῇ καὶ ὑπὸ τὰς τρεῖς καταστάσεις. Τὸ θεῖον π. χ. θερμαινόμενον καθίσταται ὑγρὸν καὶ κατόπιν ἀέριον· τὸ ὕδωρ ὑπάρχει εἰς κατάστασιν ἀτμοῦ εἰς τὸν ἀέρα, μεταβάλλεται δὲ εἰς πάγον διὰ τῆς ψύξεως. Ἐπίσης ἓν ἀέριον διὰ τῆς ψύξεως καθίσταται ὑγρόν, κατόπιν δὲ στερεόν.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΑ

13. Τὰ φαινόμενα, δηλ. αἱ μεταβολαὶ τὰς ὁποίας ὑφίστανται τὰ εἰς τὴν φύσιν σώματα, διαιροῦνται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: εἰς **χημικὰ** καὶ εἰς **φυσικὰ** φαινόμενα.

14. **Χημικὰ φαινόμενα.**—Τὰ σώματα δύνανται νὰ ὑφίστανται μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι ἐπιφέρουν μόνιμον ἀλλοίωσιν τῶν ἰδιοτήτων αὐτῶν. Οὕτω π. χ. τεμάχιον ἀσβεστολίθου πυρούμενον ἰσχυρῶς ἐλαττοῦται καὶ κατὰ τὸ βάρος καὶ κατὰ τὸν ὄγκον καὶ μετατρέπεται εἰς ἄσβεστον. Ἐπίσης, ἐὰν θερμάνωμεν ἐπ᾽ ἀρκετὸν χρόνον ὑδράργυρον εἰς τὸν ἀέρα, οὗτος μεταβάλλεται εἰς στερεάν τινα ἐρυθρὰν οὐσίαν, τελείως διάφορον τοῦ ὑδραργύρου, ἡ ὁποία καλεῖται **ἐρυθρὸν ὀξείδιον τοῦ ὑδραργύρου.** Τὰ φαινόμενα ταῦτα καλοῦνται **χημικά.**

15. **Φυσικὰ φαινόμενα.**—Ἄλλα φαινόμενα, καλούμενα **φυσικά,** ἐκδηλοῦνται, χωρὶς νὰ ἐπιφέρουν μονίμους ἀλλοιώσεις εἰς τὴν φύσιν τῶν σωμάτων, ὅπως π. χ. ἡ μεταβολὴ τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἡ θερμότης μετατρέπει εἰς ἀτμόν, ἢ ἡ μεταβολὴ τῆς ὑάλου, τὴν ὁποίαν ἠλεκτρίζομεν διὰ τῆς τριβῆς. Αἱ μεταβολαὶ αὗται ἐξαφανίζονται εὐθὺς ὡς ἐκλείψῃ ἡ αἰτία, ἡ ὁποία τὰς παρήγαγεν. Ἡ μελέτη κυρίως τῶν παροδικῶν τούτων μεταβολῶν εἶναι τὸ ἀντικείμενον τῆς Φυσικῆς.

Σημείωσις. Διατηροῦμεν τὴν διαίρεσιν τῶν φαινομένων εἰς χημικὰ καὶ φυσικὰ διὰ λόγους καθαρῶς ταξινομικούς· ἡ διάκρισις αὕτη σήμερον δὲν δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀκριβής, καθ᾽ ὅσον μεταξὺ τῶν ἄκρων φαινομένων τῶν δύο ὁμάδων ὑπάρχει ὁλόκληρος σειρὰ φαινομένων, τὰ πλεῖστα τῶν ὁποίων παρουσιάζουν χαρακτῆρα μεικτόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΚΙΝΗΤΙΚΗ

16. **Ἠρεμία καὶ κίνησις.**—Ὅταν βλέπωμεν διάφορα ἀντικείμενα, τῶν ὁποίων αἱ ἀμοιβαῖαι ἀποστάσεις δὲν μεταβάλλονται, λέγομεν, ὅτι ταῦτα εὑρίσκονται ἐν ἠρεμίᾳ τὰ μὲν ὡς πρὸς τὰ δέ. Ἂν ὅμως αἱ

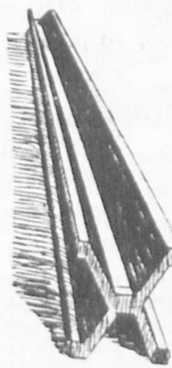
ἀποστάσεις σώματός τινος ἀπὸ τῶν ἀντικειμένων τούτων μεταβάλλωνται, λέγομεν, ὅτι τὸ σῶμα κινεῖται ὡς πρὸς αὐτά. Π.χ. ὅταν σῶμά τι πίπτη ἐντὸς αἰθούσης, αἱ ἀποστάσεις τοῦ σώματος τούτου ἀπὸ τὰ διάφορα σημεῖα τῆς αἰθούσης μεταβάλλονται.

Ἡ ἐπιστήμη, ἡ ὁποία ἐξετάζει τὴν κίνησιν καὶ τὰ αἴτια αὐτῆς, ὡς καὶ τὰ ἀποτελέσματα καὶ τὰς ἐφαρμογάς της, λέγεται **Μηχανική**. Ἡ Μηχανικὴ διαιρεῖται εἰς τρία μέρη: τὴν **Κινητικήν**, τὴν **Στατικὴν** καὶ τὴν **Δυναμικήν**.

Εἰς τὴν **Κινητικὴν** ἐξετάζομεν τὴν κίνησιν καθ᾿ ἑαυτήν, ὑπὸ ἔποψιν καθαρῶς ἀφῃρημένην καὶ γεωμετρικήν, χωρὶς νὰ λαμβάνωμεν ὑπ᾿ ὄψιν τὰς αἰτίας, αἱ ὁποῖαι τὴν παράγουν.

Εἰς τὰ δύο ἄλλα μέρη τῆς Μηχανικῆς ἐξετάζομεν τὰς δυνάμεις, δηλ. τὰς αἰτίας τῆς κινήσεως, θεωρουμένης εἴτε εἰς τὴν κατάστασιν τῆς ἰσορροπίας (**Στατικὴ**) εἴτε εἰς τὴν κατάστασιν τῆς ἐνεργείας (**Δυναμική**).

Ἀρχίζομεν ἀπὸ τὴν **Κινητικήν**, διότι ἡ ἔννοια τῆς κινήσεως συλλαμβάνεται διὰ τῆς ἀμέσου παρατηρήσεως.


Σχ. 3

17. Μέτρησις τῶν μηκῶν. Μονὰς μήκους.—

Διὰ νὰ μετρήσωμεν μῆκός τι, τὸ συγκρίνομεν πρὸς ἄλλο τι μῆκος ἐκλεγόμενον αὐθαιρέτως, τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν ὡς **μονάδα**.

Διὰ νὰ ὑπάρχῃ μονὰς ἀπολύτως ἀμετάβλητος, κατεσκεύασαν, ὑπὸ τὸ ὄνομα **διεθνὲς πρότυπον**, κανόνα ἐκ λευκοχρύσου (σχ. 3), φέροντα πλησίον τῶν ἄκρων του δύο γραμμάς, τῶν ὁποίων ἡ ἀπόστασις, ὅταν ἡ ῥάβδος εὑρίσκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0°, ὁρίζει τὸ **διεθνὲς μέτρον**. Τὸ μῆκος τοῦτο παριστᾷ (μὲ ἐλάχιστον λάθος) τὸ τεσσαρακοντάκις ἑκατομμυριοστὸν τοῦ μήκους τοῦ γηίνου μεσημβρινοῦ.

Ἀφ᾿ ἑτέρου, εἰς τὸ Διεθνὲς Συνέδριον τῶν Ἠλεκτρολόγων τοῦ 1881 ἐθεσπίσθη διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων μεγεθῶν σύστημα μονάδων, τὸ ὁποῖον ὠνομάσθη **σύστημα** C.G.S. (ἐκ τῶν ὀνομάτων τῶν τριῶν θεμελιωδῶν μονάδων του: centimètre, gramme, seconde). Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ἐξελέγη ὡς μονὰς μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον, ἤτοι τὸ ἑκατοστὸν τοῦ διεθνοῦς μέτρου.

18. Ἔννοια τοῦ χρόνου.—

Ἡ κίνησις ἑνὸς σώματος, δηλ. ἡ μετάβασίς του ἀπὸ μιᾶς θέσεως εἰς ἄλλην, γεννᾷ εἰς ἡμᾶς μίαν νέαν ἔννοιαν, τὴν ἔννοιαν τοῦ **χρονικοῦ διαστήματος**. Καθὼς δὲ εἰς τὴν Γεωμετρίαν ἀπὸ τὴν ἔννοιαν τοῦ πεπερασμένου τμήματος εὐθείας σχηματίζομεν τὴν γενικὴν ἔννοιαν τῆς ἀπειρομήκους εὐθείας, τοιουτοτρόπως καὶ ἐνταῦθα ἀπὸ τὴν ἔννοιαν τοῦ **πεπερασμένου** χρονικοῦ διαστήματος σχηματίζομεν τὴν γενικὴν ἔννοιαν τοῦ **ἀπείρου** χρόνου.

Ὁ χρόνος διὰ τὴν Μηχανικὴν εἶναι ποσὸν θεμελιῶδες, τοῦ ὁποίου ὅμως ἡ ἔννοια εἶναι τόσον ἁπλῆ, ὥστε δὲν δύναται νὰ ὁρισθῇ μὲ ἄλλας ἁπλουστέρας.

Ὁ χρόνος, ἀντιθέτως πρὸς τὸν χῶρον, ὅστις ἔχει τρεῖς διαστάσεις, εἶναι ποσὸν μὲ μίαν μόνον διάστασιν (μῆκος), ἀντιστοιχεῖ δηλ. πρὸς τὴν γραμμήν, ἡ ὁποία καὶ αὐτὴ ἔχει μόνον μῆκος, μὲ τὴν διαφοράν, ὅτι ὁ χρόνος δὲν δύναται νὰ διανυθῇ κατὰ δύο φοράς, ὅπως ἡ γραμμή, ἀλλὰ μόνον κατὰ μίαν, δηλ. ἀπὸ τὸ παρελθὸν ἢ τὸ παρὸν πρὸς τὸ μέλλον, οὐχὶ δὲ ἀντιστρόφως.

Ἑκάτερον τῶν ἄκρων χρονικοῦ διαστήματος λέγεται **χρονικὴ στιγμή**.

19. Μέτρησις τοῦ χρόνου.—Ὅπως πᾶν ποσόν, οὕτω καὶ ὁ χρόνος ἐπιδέχεται μέτρησιν. Ἡ μέτρησις τοῦ χρόνου στηρίζεται ἐπὶ κινήσεως, ἡ ὁποία ἐπὶ πολὺν χρόνον παραμένει ἀπολύτως ἡ αὐτή. Τοιαύτη κίνησις εἶναι π.χ. ἡ περιστροφὴ τῆς γῆς περὶ τὸν ἄξονά της ἢ καὶ ἡ κίνησις ἐκκρεμοῦς ὡρολογίου, ἡ ὁποία κανονίζεται συμφώνως πρὸς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς. Ἐπειδὴ δηλ. δὲν δυνάμεθα νὰ συγκρίνωμεν ἀπ᾿ εὐθείας δύο χρονικὰ διαστήματα, διὰ νὰ ἴδωμεν ἐὰν εἶναι ἴσα ἢ ἄνισα, τὰ συγκρίνομεν ἐμμέσως διὰ τῶν τοπικῶν διαστημάτων, τὰ ὁποῖα κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην διέτρεξε τὸ κινητὸν ἐντὸς τῶν χρονικῶν τούτων διαστημάτων. Καὶ ἂν μὲν τὰ τοπικὰ ταῦτα διαστήματα εἶναι ἴσα, λέγομεν **ἴσα** καὶ τὰ χρονικά· ἂν δὲ εἶναι ἄνισα, λέγομεν καὶ τὰ χρονικὰ **ἄνισα**· καὶ γενικῶς λέγομεν **λόγον** δύο χρονικῶν διαστημάτων τὸν λόγον τῶν ἀντιστοίχων τοπικῶν διαστημάτων κατὰ τὴν θεμελιώδη ταύτην κίνησιν.

Ὡς μονάδα τοῦ χρόνου λαμβάνομεν εἰς τὴν Μηχανικὴν τὸ δεύτερον λεπτόν, δηλ. τὸ $\frac{1}{86400}$ τῆς μέσης ἡλιακῆς ἡμέρας.

Ἀλγεβρικὴ τιμὴ χρονικοῦ διαστήματος. Κατὰ τοὺς ἀλγεβρικοὺς ὑπολογισμοὺς μετροῦμεν τὰ χρονικὰ διαστήματα ἀρχόμενοι ἀπὸ δοθείσης στιγμῆς, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **ἀρχὴν τοῦ χρόνου** ἢ

χρόνον μηδέν. Μεταγενεστέρα τῆς ἀρχῆς τοῦ χρόνου στιγμὴ παρίσταται τότε δι᾽ ἀριθμοῦ θετικοῦ, προγενεστέρα δὲ δι᾽ ἀριθμοῦ ἀρνητικοῦ.

ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

20. Ὁρισμοί.—Καλοῦμεν **κινητὸν** πᾶν σῶμα, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἐν κινήσει.

Ὁ τόπος τῶν θέσεων, τὰς ὁποίας τὸ κινητὸν καταλαμβάνει διαδοχικῶς εἰς τὸ διάστημα, καλεῖται **τροχιὰ** τοῦ κινητοῦ.

21. Κίνησις εὐθύγραμμος καὶ κίνησις καμπυλόγραμμος.—Ἐὰν θεωρήσωμεν ἓν μόνον σημεῖον τοῦ κινητοῦ ἢ κινητὸν ἀρκετὰ μικρόν, ὥστε νὰ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς σημεῖον, ἡ τροχιά του εἶναι γραμμή. Καθ᾽ ὅσον δὲ ἡ γραμμὴ αὕτη εἶναι εὐθεῖα ἢ καμπύλη, λέγομεν, ὅτι ἡ κίνησις εἶναι **εὐθύγραμμος** ἢ **καμπυλόγραμμος**. Οὕτω ἡ κίνησις σημείου σώματος πίπτοντος ἐλευθέρως εἶναι εὐθύγραμμος, ἐνῷ ἡ κίνησις σημείου βλήματος ριπτομένου πλαγίως εἶναι καμπυλόγραμμος.

22. Κίνησις εὐθύγραμμος ὁμαλή.—Καλοῦμεν **ὁμαλὴν** τὴν κίνησιν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κινητὸν διατρέχει ἴσα διαστήματα εἰς ἴσους χρόνους οἱουσδήποτε. Τὴν λέξιν **διάστημα** λαμβάνομεν ἐνταῦθα ὑπὸ τὴν περιωρισμένην ἔννοιαν τοῦ δρόμου τοῦ διανυομένου ἐπὶ τῆς τροχιᾶς ἢ μέρους τῆς τροχιᾶς.

Τὰ διανυόμενα διαστήματα μετροῦμεν, ἀρχόμενοι ἀπὸ σημείου τινὸς Ο (σχ. 4), τὸ ὁποῖον καλοῦμεν **ἀρχὴν τῶν διαστημάτων**, καὶ τοὺς χρόνους ἀπὸ ὡρισμένης στιγμῆς, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **ἀρχὴν τῶν χρόνων.**

Ταχύτης. Καλοῦμεν **ταχύτητα** εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν τὸ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου διανυόμενον διάστημα. Ἐὰν λάβωμεν τὸ μέτρον ὡς μονάδα τοῦ μήκους καὶ τὸ δευτερόλεπτον ὡς μονάδα τοῦ χρόνου, θὰ ἐκφράσωμεν τὴν ταχύτητα εἰς μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Μονὰς ταχύτητος. Εἰς τὸ σύστημα τῶν ἀπολύτων μονάδων (C. G. S.) τὸ ἑκατοστόμετρον εἶναι ἡ μονὰς τοῦ μήκους καὶ τὸ δευτερόλεπτον ἡ μονὰς τοῦ χρόνου. Ἡ ταχύτης δὲ ἐκφράζεται εἰς ἑκατοστόμετρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Συνεπῶς **μονὰς ταχύτητος** εἶναι ἡ ταχύτης κινητοῦ, κινουμένου ἰσοταχῶς καὶ διανύοντος ἓν ἑκατοστόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον.

Νόμοι. Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ προκύπτει, ὅτι εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν ἡ ταχύτης εἶναι σταθερά. Συνεπῶς τὸ εἰς 2,3,4. . . δευτερόλεπτα διανυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ διάστημα θὰ ἰσοῦται μὲ 2, 3, 4. . . φορὰς τὴν ταχύτητά του. Ἐντεῦθεν προκύπτουν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς ὁμαλῆς κινήσεως :

Νόμος τῶν ταχυτήτων. Ἡ ταχύτης εἶναι σταθερά.

Νόμος τῶν διαστημάτων. Τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους, εἰς τοὺς ὁποίους διηνύθησαν.

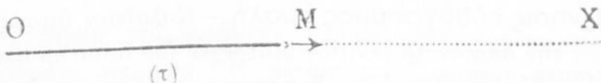
Ἐξισώσεις τῆς κινήσεως. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ τ τὴν ταχύτητα τῆς ὁμαλῆς κινήσεως καὶ διὰ α τὸ σταθερὸν διάστημα τὸ διανυόμενον ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς ἓν δευτερόλεπτον, θὰ ἔχωμεν κατὰ πρῶτον

$$\tau = \alpha \qquad (1)$$

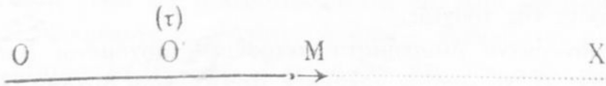
Ἐὰν ἡ ἀρχὴ τῶν διαστημάτων εἶναι τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται τὸ κινητὸν κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου (σχ. 4, τροχιὰ ΟΧ), ὁ νόμος τῶν διαστημάτων θὰ ἐκφρασθῇ διὰ τῆς ἐξισώσεως

$$\delta = \alpha\chi \qquad (2)$$

ἥτις παριστᾷ τὸ διανυθὲν διάστημα εἰς χ δευτερόλεπτα. Τὸ διάστημα



Σχ. 4



Σχ. 5

δ μετρεῖται θετικῶς μὲν κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως, ἀρνητικῶς δὲ κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν. Ἂν, τέλος, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν χρόνων τὸ κινητὸν εἶχεν ἤδη διανύσει τὸ διάστημα $OO' = \delta_o$ (σχ. 5, τροχιὰ ΟΧ), ὁ νόμος τῶν διαστημάτων θὰ ἐκφρασθῇ ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως

$$\delta = \delta^o + \alpha\chi \qquad (3)$$

Τὸ δ_o δύναται νὰ εἶναι θετικὸν ἢ ἀρνητικόν, ἐφ' ὅσον τὸ ΟΟ′ διηνύθη κατὰ τὴν θετικὴν φορὰν ἢ κατὰ τὴν ἀρνητικήν.

Ἀμφότεραι αἱ ἐξισώσεις (2) καὶ (3) ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ χρόνου, εἶναι δηλ. συναρτήσεις τοῦ χρόνου.

Αἱ ἐξισώσεις (1), (2) καὶ (3) καλοῦνται **ἐξισώσεις τῆς κινήσεως**. Ἐκ τούτων ἡ μὲν πρώτη εἶναι ἡ ἐξίσωσις τῶν **ταχυτήτων**, αἱ δὲ λοιπαὶ δύο αἱ ἐξισώσεις τῶν **διαστημάτων**.

Μία κίνησις ὁμαλή, καὶ γενικῶς οἱαδήποτε κίνησις, εἶναι πλήρως ὡρισμένη, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν τροχιὰν τοῦ κινητοῦ καὶ τὰς ἐξισώσεις τῆς κινήσεως, καθὼς καὶ τὴν ἀρχὴν τῶν διαστημάτων καὶ τὴν ἀρχὴν τῶν χρόνων.

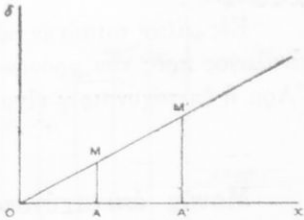
Σημείωσις. Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1), (2) καὶ (3) λαμβάνομεν

$$\text{εἴτε}\quad \tau=\frac{\delta}{\chi}\qquad \text{εἴτε}\quad \tau=\frac{\delta-\delta_0}{\chi}.$$

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν, ὅτι εἰς τὴν ὁμαλὴν κίνησιν **ταχύτης** εἶναι ἡ σχέσις τοῦ διανυθέντος διαστήματος πρὸς τὸν χρόνον, καθ' ὃν τοῦτο διηνύθη, ἢ μᾶλλον ἡ σχέσις τῆς αὐξήσεως τοῦ διαστήματος πρὸς τὴν αὔξησιν τοῦ χρόνου.

Γραφικὴ παράστασις τῆς ὁμαλῆς κινήσεως. Ἀντὶ νὰ παραστήσωμεν τὸν νόμον τῆς κινήσεως διὰ τύπου, δυνάμεθα νὰ τὸν παραστήσωμεν διὰ γραμμῆς. Ἡ γραμμὴ αὕτη λέγεται **γραφικὴ παράστασις** ἢ **διάγραμμα τῆς κινήσεως.**

Λαμβάνομεν δύο ἄξονας ὀρθογωνίους Οχ καὶ Οδ (σχ. 6). Ἐπὶ τοῦ ὁριζοντίου ἄξονος ἢ ἄξονος τῶν χρόνων, λαμβάνομεν τμήματα ΟΑ καὶ ΟΑ΄ **ἀνάλογα πρὸς τοὺς διαδοχικοὺς χρόνους,** κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν ὁποίων τὸ κινητὸν θὰ εὑρίσκεται εἰς κίνησιν. Ἐπὶ τῶν σημείων Α καὶ Α΄ φέρομεν καθέτους ἐπὶ τὸν Οχ καὶ ἐπὶ τῶν καθέτων τούτων λαμβάνομεν τμήματα ΜΑ καὶ Μ΄Α΄ ἀνάλογα πρὸς τὰ διαστήματα δ καὶ δ΄, τὰ ὁποῖα διηνύθησαν διαδοχικῶς ὑπὸ τοῦ κινητοῦ κατὰ τοὺς χρόνους χ καὶ χ΄. Κατὰ τὴν σχέσιν $\tau=\frac{\delta}{\chi}$, πρέπει νὰ ἔχωμεν



Σχ. 6

$$\frac{MA}{OA}=\frac{\delta}{\chi}=\tau$$

(διότι ΜΑ παριστᾷ τὸ διάστημα καὶ ΟΑ τὸν χρόνον)

$$\text{καὶ}\quad \frac{M'A'}{OA'}=\frac{\delta'}{\chi'}=\tau.\qquad \text{Ἄρα}\quad \frac{MA}{OA}=\frac{M'A'}{OA'}$$

Συνεπῶς τὰ σημεῖα Μ καὶ Μ΄ θὰ εὑρίσκωνται ἐπ' εὐθείας μετὰ τοῦ Ο. Τὸ διάγραμμα τῆς ὁμαλῆς κινήσεως θὰ εἶναι λοιπὸν εὐθεῖα.

23. Κίνησις μεταβαλλομένη. — Ἡ κίνησις καλεῖται **μεταβαλλομένη**, ὅταν τὸ κινητὸν διανύῃ εἰς ἴσους χρόνους ἄνισα διαστήματα.

Ἡ μεταβαλλομένη κίνησις δύναται νὰ εἶναι εὐθύγραμμος ἢ καμπυλόγραμμος.

24. Κίνησις εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη.—Ἡ ἁπλουστέρα τῶν μεταβαλλομένων κινήσεων καὶ συγχρόνως ἡ μᾶλλον ἐνδιαφέρουσα εἰς τὴν πρᾶξιν εἶναι ἡ εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις.

Μία κίνησις εὐθύγραμμος λέγεται **ὁμαλῶς μεταβαλλομένη**, ὅταν ἡ ταχύτης αὐτῆς αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται κατὰ ποσότητας ἴσας εἰς ἴσους χρόνους, **οἱουσδήποτε**. Καὶ κατὰ μὲν τὴν πρώτην περίπτωσιν ἡ κίνησις εἶναι **ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη**, κατὰ δὲ τὴν δευτέραν **ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη**.

Ἐπιτάχυνσις. Ἡ θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ ποσότης, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης μεταβάλλεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, καλεῖται **ἐπιτάχυνσις**.

Εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος $\Delta\tau$ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον $\Delta\chi$, κατὰ τὸν ὁποῖον ἡ μεταβολὴ ἐπῆλθεν. Ἄρα ἡ ἐπιτάχυνσις γ εἶναι τὸ σταθερὸν πηλίκον :

$$\frac{\Delta\tau}{\Delta\chi}=\gamma.$$

Μονὰς ἐπιταχύνσεως. Ἐὰν ἔχωμεν συγχρόνως $\Delta\tau=1$ καὶ $\Delta\chi=1$, ἡ ἐξίσωσις, ἥτις ὁρίζει τὸ γ, δίδει $\gamma=1$.

Λοιπὸν **μονὰς ἐπιταχύνσεως** εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις κινήσεως εὐθυγράμμου, ὁμαλῶς μεταβαλλομένης, τῆς ὁποίας ἡ ταχύτης μεταβάλλεται κατὰ τὴν μονάδα τῆς ταχύτητος εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἐξισώσεις τῆς εὐθυγράμμου ὁμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως. Ἔστωσαν εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν α μὲν ἡ ταχύτης εἰς χρόνον 0, τ δὲ ἡ ταχύτης εἰς χρόνον χ, ὁπότε ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος $\Delta\tau$ εἰς χρόνον χ θὰ εἶναι $\tau-\alpha$.

Κατὰ τὸν ὁρισμὸν ἔχομεν :

$$\frac{\tau-\alpha}{\chi}=\gamma, \quad \text{ἐξ ἧς} \quad \tau-\alpha=\gamma\chi \quad \text{καὶ} \quad \tau=\alpha+\gamma\chi. \tag{1}$$

Αὕτη εἶναι ἡ **ἐξίσωσις τῶν ταχυτήτων**.

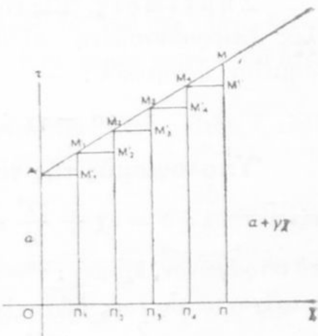
Τὸ εἰς χρόνον χ διανυόμενον διάστημα δίδεται ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως

$$\delta=\alpha\chi+\frac{\gamma\chi^2}{2} \tag{2}$$

ἥτις καλεῖται **ἐξίσωσις τῶν διαστημάτων**.

Σημείωσις 1. Τὴν ἐξίσωσιν τῶν διαστημάτων δυνάμεθα νὰ λάβωμεν διὰ γεωμετρικῆς μεθόδου ὡς ἑξῆς :

Λαμβάνομεν δύο ἄξονας ὀρθογωνίους Οτ τῶν ταχυτήτων καὶ Οχ τῶν χρόνων (σχ. 7). Ἐπὶ τοῦ Οτ λαμβάνομεν τμῆμα ΟΑ = α. ΜΠ εἶναι ἡ ταχύτης εἰς χρόνον χ ($\tau = \alpha + \gamma\chi$). Διαιροῦμεν τὸν χρόνον χ εἰς ὡρισμένον ἀριθμὸν μικροτέρων διαστημάτων $ΟΠ_1 = \chi_1$, $Π_1Π_2 = \chi_2$ κτλ. Φαντασθῶμεν ἤδη κινητόν, τὸ ὁποῖον ἀναχωρεῖ εἰς χρόνον 0 μετὰ ταχύτητος α καὶ τοῦ ὁποίου ἡ κίνησις παραμένει **ὁμαλὴ** κατὰ τὸν χρόνον χ_1. Κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον διανύει διάστημα $\alpha\chi_1$, τὸ ὁποῖον παρίσταται ὑπὸ τοῦ ἐμβαδοῦ τοῦ ὀρθογωνίου $ΑΜ_1'Π_1Ο$. Κατὰ τὸν χρόνον χ_2 δίδομεν εἰς τὸ κινητὸν τὴν σταθερὰν ταχύτητα $\tau_1 = Π_1Μ_1$. Ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας θὰ διανύσῃ τὸ διάστημα $\tau_1\chi_2$, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ ἐμβαδὸν τοῦ ὀρθογωνίου $Π_1Μ_1Μ_2'Π_2$, καὶ οὕτω καθεξῆς. Τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ τὸ κινητόν, θὰ εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν ἐμβαδῶν τῶν ὀρθογωνίων. Εἶναι φανερὸν ὅτι, ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν μερῶν, εἰς τὰ ὁποῖα διηρέσαμεν τὸν χρόνον χ, τόσον τὸ ὑπὸ τοῦ φανταστικοῦ κινητοῦ διανυόμενον διάστημα θὰ πλησιάζῃ πρὸς τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον τὸ πραγματικὸν κινητὸν θὰ διανύσῃ. Συγχρόνως τὸ ἄθροισμα τῶν ἐμβαδῶν τῶν ὀρθογωνίων θὰ πλησιάζῃ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τοῦ τραπεζίου ΟΑΜΠ. Πρέπει λοιπὸν νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι τὸ ἐμβαδὸν τοῦτο παριστᾷ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ τὸ κινητὸν κατὰ τὸν χρόνον χ. Ἔχομεν συνεπῶς :



Σχ. 7

$$\delta = \text{ἐμβαδὸν } ΟΑΜΠ = \frac{ΟΑ + ΜΠ}{2}\, ΟΠ \quad \text{ἢ}$$

$$\delta = \frac{\alpha + (\alpha + \gamma\chi)}{2}\,\chi = \frac{2\alpha + \gamma\chi}{2}\,\chi = \alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2}$$

Σημείωσις 2. Ἐὰν α=0, ἐὰν δηλ. τὸ κινητὸν δὲν ἔχῃ ἀρχικὴν ταχύτητα εἰς χρόνον 0, αἱ ἐξισώσεις (1) καὶ (2) γίνονται :

$$Τ = \gamma\chi \ (1') \quad \text{καὶ} \quad \delta = \frac{\gamma\chi^2}{2} \ (2').$$

Ὅταν τὸ κινητὸν εὑρίσκεται εἰς τὴν ἀρχὴν τῶν διαστημάτων κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου, καὶ ὅταν κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην ἡ ταχύτης του εἶναι 0, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τὰς ἑπομένας δύο προτάσεις, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τότε τοὺς νόμους τῆς ὁμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως :

α΄) Νόμος τῶν ταχυτήτων. Αἱ ταχύτητες αὐξάνονται ἀναλόγως πρὸς τοὺς χρόνους. Δηλ. μετὰ χρόνον διπλάσιον, τριπλάσιον, τετραπλάσιον κτλ. ἡ ταχύτης εἶναι 2, 3, 4 κλπ. φορὰς μεγαλυτέρα.

β΄) Νόμος τῶν διαστημάτων. Τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων, κατὰ τοὺς ὁποίους διηνύθησαν. Δηλ. ἐὰν α μέτρα εἶναι τὸ διανυθὲν διάστημα εἰς 1 δεύτερον λεπτόν, τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα θὰ διανυθῶσιν εἰς 2, 3, 4 κλπ. δεύτερα λεπτά, θὰ εἶναι 4α, 9α, 16α κτλ.

Σημείωσις. Εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ᾽ ἣν ἡ κίνησις εἶναι ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένη, αἱ ἐξισώσεις εἶναι αἱ αὐταί, ἀλλὰ τὸ γ ἔχει σημεῖον ἀρνητικόν :

$$\tau = \alpha - \gamma\chi \qquad \delta = \alpha\chi - \frac{\gamma\chi^2}{2}.$$

Ὑπολογισμὸς τῆς ταχύτητος ἐκ τοῦ διαστήματος. Ἐκ τῶν ἐξισώσεων : $\delta = \alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2}$ καὶ $\tau = \alpha + \gamma\chi$, ὑψοῦντες τὴν δευτέραν εἰς τὸ τετράγωνον, ἔχομεν : $\tau^2 = \alpha^2 + 2\alpha\gamma\chi + \gamma^2\chi^2$ καί, ἐξάγοντες τὸ 2γ κοινὸν παράγοντα εἰς τοὺς δύο τελευταίους ὅρους, ἔχομεν :

$\tau^2 = \alpha^2 + 2\gamma.\left(\alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2}\right)$. Καὶ ἐπειδὴ $\alpha\chi + \frac{\gamma\chi^2}{2} = \delta$, ἔχομεν :

$\tau^2 = \alpha^2 + 2\gamma\delta$. Ἤ, ἂν τὸ γ ἀρνητικόν, $\tau^2 = \alpha^2 - 2\gamma\delta$.

Ἂν εἰς τὴν ἐξίσωσιν $\tau^2 = \alpha^2 + 2\gamma\delta$ ὑποτεθῇ $\alpha = 0$, τότε $\tau^2 = 2\gamma\delta$.

Ἀνακεφαλαίωσις τῶν ἐξισώσεων. Ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος :

$$\tau = \gamma\chi \quad (1) \qquad \delta = \frac{\gamma\chi^2}{2} \quad (2) \qquad \tau = \sqrt{2\gamma\delta} \quad (3)$$

Μετ᾽ ἀρχικῆς ταχύτητος α :

$$\tau = \alpha \pm \gamma\chi \quad (1') \qquad \delta = \alpha\chi \pm \frac{\gamma\chi^2}{2} \quad (2') \qquad \tau = \sqrt{\alpha^2 \pm 2\gamma\delta} \quad (3')$$

Σημείωσις. Θέτοντες εἰς τὴν (2) $\chi = 1$, ἔχομεν $\delta = \frac{\gamma}{2}$ καὶ $\gamma = 2\delta$. Ἤτοι ἡ ἐπιτάχυνσις εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυομένου εἰς τὴν πρώτην μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἀ ρ ι θ μ η τ ι κ α ὶ ἐ φ α ρ μ ο γ α ί. α΄) Λίθος ἀφήνεται νὰ πέσῃ ἀπὸ ὕψος 100 μέτρων. Ποίαν ταχύτητα θὰ ἔχῃ, ὅταν φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος καὶ ποία θὰ εἶναι ἡ διάρκεια τῆς πτώσεως;

$$\text{Ἔχομεν } \tau = \sqrt{2\gamma\delta}.$$

Ἐπειδὴ ἡ πτῶσις τῶν σωμάτων πραγματοποιεῖ, θεωρητικῶς, τοὺς νόμους τῆς ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως, διὰ τοῦτο ἀρκεῖ εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ γ διὰ $g=9{,}8$, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις ἡ ὀφειλομένη εἰς τὴν βαρύτητα.

Ἔχομεν λοιπὸν $\tau = \sqrt{2.9{,}8.100} = 44{,}2$ μ.

Διάρκεια τῆς πτώσεως:

Ἐκ τοῦ τύπου $\frac{g\chi^2}{2} = \delta$ ἔχομεν: $\chi = \sqrt{\frac{2\delta}{g}} = \sqrt{\frac{200}{9{,}8}} = 4'',5.$

β΄) Ρίπτομεν σῶμα κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ᾽ ἀρχικῆς ταχύτητος 125 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐπὶ πόσον χρόνον θὰ ἀνέρχεται καὶ εἰς ποῖον ὕψος θὰ φθάσῃ;

Εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ σῶμα θὰ ἀνέρχεται, μέχρις ὅτου ἡ ταχύτης του μηδενισθῇ. Θὰ ἔχωμεν λοιπὸν ἐκ τοῦ τύπου:

$$\tau = \alpha - g\chi \qquad \alpha - g\chi = 0 \qquad \text{καὶ} \qquad \chi = \frac{\alpha}{g} = \frac{125}{9{,}8} = 12'',7.$$

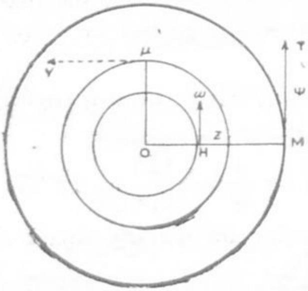
Διὰ νὰ εὕρωμεν δὲ τὸ ὕψος εἰς τὸ ὁποῖον θὰ φθάσῃ, ἀρκεῖ εἰς τὸν τύπον $\delta = \alpha\chi - \frac{g\chi^2}{2}$ νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χ διὰ τῆς τιμῆς του, $\frac{\alpha}{g}$. Θὰ ἔχωμεν τότε:

$$\delta = \frac{\alpha^2}{g} - \frac{g}{2}\cdot\frac{\alpha^2}{g^2} = \frac{\alpha^2}{2g}, \text{ συνεπῶς } \delta = \frac{125^2}{19{,}6} = 797{,}2 \text{ μέτρα.}$$

25. Κίνησις καμπυλόγραμμος.—Ἡ καμπυλόγραμμος κίνησις δύναται νὰ εἶναι ὁμαλὴ ἢ μεταβαλλομένη.

Κίνησις ὁμαλὴ κυκλική. Μία τῶν καμπυλογράμμων κινήσεων, τῶν συχνοτέρων εἰς τὰς ἐφαρμογάς, εἶναι ἡ κίνησις σημείου, τὸ ὁποῖον μετατίθεται ἐπὶ περιφερείας (κυκλικὴ κίνησις). Τὰ σημεῖα τῶν περισσοτέρων μηχανῶν, τῶν μυλολίθων, τῶν ὑδραυλικῶν τροχῶν κτλ. ἀνήκουν εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην. Πολλάκις αἱ κινήσεις αὗται εἶναι ὁμαλαί, δηλ. τὰ ὑπὸ τοῦ σημείου τούτου ἐπὶ τῆς τροχιᾶς του διανυόμενα τόξα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους, καθ᾽ οὓς τὸ σημεῖον τὰ διήνυσεν. Ἡ ταχύτης τοῦ σημείου εἰς τὰς περιπτώσεις ταύτας εἶναι τὸ μῆκος τοῦ τόξου τοῦ διαγραφομένου εἰς ἓν δεύτερον λεπτὸν καὶ καλεῖται **γραμμικὴ** ἢ **περιφερειακὴ ταχύτης.** Δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ἐπίσης, ὅτι ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ σημείου εἶναι ὁ λόγος $\tau=\frac{\delta}{\chi}$ τοῦ μήκους δ τοῦ ὑπὸ τοῦ σημείου τούτου διανυθέντος τόξου πρὸς τὸν χρόνον χ, τὸν ὁποῖον τὸ σημεῖον ἐχρειάσθη διὰ νὰ τὸ διανύσῃ.

Γωνιώδης ταχύτης. Καλοῦμεν **γωνιώδη ταχύτητα** τῆς κινήσεως σημείου Μ, τὸ ὁποῖον μετατίθεται μὲ κίνησιν ὁμαλὴν ἐπὶ περιφερείας, τὴν ταχύτητα ω, τὴν ὁποίαν θὰ ἔχῃ κινητὸν Η (σχ. 8), εὑρισκόμενον πάντοτε ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτῖνος ΟΜ μετὰ τοῦ Μ καὶ διαγράφον περιφέρειαν ἀκτῖνος 1. Αὕτη εἰς κίνησιν κυκλικὴν καὶ ὁμαλὴν εἶναι σταθερὰ καὶ ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν γωνίαν (ἐκφραζομένην εἰς ἀκτίνια), τὴν ὁποίαν διαγράφει ἡ ΟΜ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.



Σχ. 8

Ἐπειδὴ αἱ ταχύτητες τ καὶ ω τῶν Μ καὶ Η εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτῖνας τῶν περιφερειῶν, τὰς ὁποίας τὰ σημεῖα ταῦτα διαγράφουν, ἔχομεν, ἐὰν ΟΜ $=\alpha$:

$$\frac{\tau}{\omega}=\frac{\alpha}{1}, \text{ ἐξ ἧς } \tau=\alpha.\omega.$$

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν, ὅτι ἡ **γραμμικὴ ταχύτης** τῆς κυκλικῆς κινήσεως σημείου εὑρισκομένου εἰς ἀπόστασιν α ἀπὸ τοῦ κέντρου ἰσοῦται μὲ τὴν γωνιώδη ταχύτητα ω, πολλαπλασιασθεῖσαν ἐπὶ τὴν ἀπὸ τοῦ κέντρου ἀπόστασιν.

Περίοδος καὶ **συχνότης. Περίοδος** Τ εἶναι ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος ἵνα τὸ κινητὸν Μ διανύσῃ ὁλόκληρον τὴν περιφέρειαν· **συχνότητα** δὲ Ν τῆς κινήσεως καλοῦμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν περιόδων εἰς ἓν δεύτερον λεπτόν.

Ἔχομεν λοιπόν, $T=\frac{1}{N}$. Ἀφ' ἑτέρου εἰς 1'' τὸ κινητὸν διαγράφει γωνίαν

$$\omega=\frac{2\pi}{T} \quad \text{ἢ} \quad \omega=\frac{2\pi}{\frac{1}{N}}=2\pi N.$$

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. α') Ποία ἡ γωνιώδης ταχύτης τῆς Γῆς ἐκτελούσης μίαν στροφὴν εἰς 24 ὥρας ἢ 86400'';

Ἔχομεν $\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2.3,14}{86400}=0,000072.$

β΄) Ποία ἡ γωνιώδης ταχύτης τροχοῦ ἐκτελοῦντος 45 στροφὰς κατὰ λεπτόν;

Ἔχομεν $N=\frac{45}{60}=\frac{3}{4}$ καὶ

$$\omega=2\pi N=2.3,14\cdot\frac{3}{4}=\frac{3,14.3}{2}=4,71.$$

Κίνησις περιστροφική. Λέγομεν ὅτι **σῶμά τι στερεὸν εὑρίσκεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν**, ὅταν κατὰ τὴν κίνησιν πάντα τὰ σημεῖα τοῦ σώματος τὰ εὑρισκόμενα ἐπὶ μιᾶς εὐθείας παραμένουν σταθερά. Ἡ εὐθεῖα αὕτη καλεῖται **ἄξων τῆς περιστροφῆς**.

Εἰς μίαν τοιαύτην κίνησιν ἕκαστον σημεῖον τοῦ σώματος γράφει περιφέρειαν, τῆς ὁποίας τὸ κέντρον εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος καὶ τῆς ὁποίας τὸ ἐπίπεδον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦτον.

Ὅταν ἡ περιστροφικὴ κίνησις εἶναι ὁμαλή, ἡ κίνησις ἑκάστου σημείου εἶναι κυκλικὴ ὁμαλή. Αἱ ἐπίκεντροι γωνίαι, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ τόξα τὰ γραφόμενα ὑπὸ ἑκάστου σημείου, εἶναι ἴσαι διὰ τοὺς αὐτοὺς χρόνους. Πάντα δηλαδὴ τὰ σημεῖα τοῦ στερεοῦ στρέφονται μετὰ τῆς αὐτῆς γωνιώδους ταχύτητος, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **γωνιώδη ταχύτητα τῆς περιστροφῆς**. Ἡ περιστροφὴ εἶναι **ὁμαλή**, ἂν ἡ γωνιώδης ταχύτης εἶναι σταθερά· ἄλλως θὰ εἶναι **μεταβαλλομένη**.

Προβλήματα.

1ον. Κινητὸν εὑρισκόμενον ἐν ἠρεμίᾳ ὑποβάλλεται εἰς τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως σταθερᾶς καὶ συνεχοῦς, ἥτις μεταδίδει εἰς αὐτὸ ἐπιτάχυνσιν 6,25 μ. κατὰ δευτερόλεπτον. Ζητεῖται ὁ χρόνος, κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ κινητὸν διήνυσε διάστημα 2812,5 μέτρων.

2ον. Ποία εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις κινήσεως ὁμαλῶς μεταβαλλομένης, ἥτις κάμνει νὰ διανύσῃ ἓν χιλιόμετρον εἰς 5 δεύτερα λεπτὰ κινητὸν ἔχον ἀρχικὴν ταχύτητα 100 μ. κατὰ δευτερόλεπτον;

3ον. Κινητὸν ἀναχωρεῖ ἐκ τοῦ Α πρὸς τὸ Β, τὸ ὁποῖον ἀπέχει 20 χλμ., κινούμενον εὐθυγράμμως. Ἀναχωρεῖ ἐκ τοῦ Α μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 0, διανύει 500 μ. μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην, ὁπότε ἡ ἀποκτωμένη ταχύτης ἀνέρχεται εἰς 70 χλμ. καθ᾽ ὥραν, τὴν ὁποίαν διατηρεῖ μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς ἀπόστασιν 200 μ. ἀπὸ τοῦ Β, καὶ τὴν *ἀπόστασιν ταύτην τῶν 200 μ. διανύει μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιβραδυνομένην, τῆς ὁποίας ἡ ταχύτης μηδενίζεται εἰς τὸ Β. Ζητεῖται ὁ χρόνος, τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη τὸ κινητὸν διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν ΑΒ. (Λαμβάνομεν ὡς μονάδας τὴν ὥραν καὶ τὸ χιλιόμετρον).*

4ον. Σημεῖον τροχοῦ ἔχει γραμμικὴν ταχύτητα 1,2 μ. κατὰ δευτερόλεπτον καὶ ἀπέχει ἀπὸ τοῦ ἄξονος 0,4 μ. Ποία ἡ γωνιώδης ταχύτης του ;

5ον. Τροχὸς ἔχει γωνιώδη ταχύτητα 6. Ποία ἡ γραμμικὴ ταχύτης σημείου τοῦ τροχοῦ ἀπέχοντος ἀπὸ τοῦ ἄξονος 0,98 μ. ;

6ον. Ὀδοντωτὸς τροχὸς στρέφεται μὲ γωνιώδη ταχύτητα 5. Πόσας στροφὰς ἐκτελεῖ κατὰ λεπτόν ;

ΔΥΝΑΜΕΙΣ - ΣΤΑΤΙΚΗ

26. Ἀδράνεια τῆς ὕλης. Ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας.— Τὰ ὑλικὰ σώματα εἶναι ἀνίκανα νὰ μεταβάλλουν ἀφ᾿ ἑαυτῶν τὴν κατάστασίν των τῆς ἠρεμίας ἢ τῆς κινήσεως. Αἱ ἑπόμεναι δύο προτάσεις ὁρίζουν τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας :

α) Ἂν σῶμά τι εὑρίσκεται ἐν ἠρεμίᾳ εἰς τὸ διάστημα, παραμένει ἐν ἠρεμίᾳ, ἂν οὐδεμία ἐξωτερικὴ αἰτία ἐνεργῇ ἐπ᾿ αὐτοῦ.

β) Ἂν σῶμά τι εὑρίσκεται ἐν κινήσει εἰς τὸ διάστημα, ἡ κίνησις αὐτοῦ εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλή, ἂν οὐδεμία αἰτία ἐνεργῇ ἐπ᾿ αὐτοῦ.

Ἡ πρώτη πρότασις τῆς ἀρχῆς εἶναι ἀφ᾿ ἑαυτῆς φανερά. Πράγματι, οὐδέποτε βλέπομεν τὰ ὑλικὰ σώματα, ἐκτὸς τῶν ζώντων, νὰ τίθενται εἰς κίνησιν μόνα των.

Εἰς τὴν δευτέραν πρότασιν τῆς ἀρχῆς ἀγόμεθα διὰ τοῦ ἑπομένου πειράματος.

Σφαῖρα ριπτομένη ἐπὶ λειοτάτου ἐδάφους κινεῖται αἰσθητῶς κατ᾿ εὐθεῖαν γραμμήν. Εἶναι ἀληθές, ὅτι ἡ ταχύτης αὐτῆς δὲν εἶναι σταθερὰ καὶ ὅτι ἐλαττοῦται βραδέως. Ἀλλὰ τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἐξωτερικὰ αἴτια, εἰς τὴν τριβὴν δηλ. τῆς σφαίρας ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος.

Ἡ ἀρχὴ αὔτη δὲν ἔχει ἀποδειχθῆ ἀκριβῶς διὰ τοῦ πειράματος. Παραδεχόμεθα ὅμως τὴν ἀλήθειαν αὐτῆς διὰ τῆς ἐπαγωγῆς, ὅπως εἰς τὴν Γεωμετρίαν παραδεχόμεθα τὰ θεμελιώδη ἀξιώματα.

27. Ὁρισμὸς τῆς δυνάμεως.— Ὁσάκις σῶμά τι μεταβαίνει ἀπὸ τῆς καταστάσεως τῆς ἠρεμίας εἰς τὴν κατάστασιν τῆς κινήσεως ἢ μᾶλλον ὁσάκις εὑρίσκεται εἰς κίνησιν μεταβαλλομένην ἢ εἰς κίνησιν ὁμαλὴν μὴ εὐθύγραμμον, δυνάμεθα νὰ βεβαιωθῶμεν, ὅτι τὸ σῶμα ὑφίσταται ἐξωτερικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὕτη γενικῶς καλεῖται **δύναμις**.

Ἡ Φύσις παρέχει εἰς ἡμᾶς διάφορα παραδείγματα δυνάμεων. Π. χ. αἱ μυϊκαὶ προσπάθειαι τοῦ ἀνθρώπου καὶ τῶν ζῴων, ἡ βαρύτης, ἥτις εἶναι ἡ αἰτία τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, αἱ ἠλεκτρικαὶ καὶ μαγνητικαὶ δυνάμεις κλπ.

Ὑλικὸν σημεῖον. Θὰ ὑποθέσωμεν κατ᾽ ἀρχάς, ὅτι αἱ δυνάμεις ἐνεργοῦν ἐπὶ σωμάτων πολὺ μικρῶν διαστάσεων ἐν σχέσει πρὸς τὰ λοιπὰ σώματα, πρὸς τὰ ὁποῖα τὰ συγκρίνομεν. Τὰ τοιαῦτα σώματα λέγονται **ὑλικὰ σημεῖα.**

Ἐὰν οὐδεμία δύναμις ἐνεργῇ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, τοῦτο θὰ εὑρίσκεται ἢ εἰς ἠρεμίαν ἢ εἰς κίνησιν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλήν. Οὐδεμίαν δηλ. ὑφίσταται **ἐπιτάχυνσιν**. Τὸ ἀποτέλεσμα λοιπὸν μιᾶς δυνάμεως εἶναι νὰ μεταδώσῃ εἰς ὑλικὸν σημεῖον ἐπιτάχυνσιν.

Ταχύτης εἰς δοθεῖσαν στιγμήν. Ἐὰν εἰς δεδομένην στιγμὴν χ καταργήσωμεν τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, τοῦτο ἐξακολουθεῖ νὰ κινῆται μετὰ ταχύτητος, τὴν ὁποίαν εἶχε καθ᾽ ἣν στιγμὴν κατηργήσαμεν τὴν δύναμιν.

Θὰ λάβῃ λοιπὸν κίνησιν εὐθύγραμμον ὁμαλήν, διευθυνομένην κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς εἰς τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἀφῃρέσαμεν τὴν δύναμιν. Τὴν ταχύτητα τῆς ὁμαλῆς ταύτης κινήσεως καλοῦμεν **ταχύτητα τῆς μεταβαλλομένης κινήσεως κατὰ τὴν στιγμὴν χ.**

Ἡ ἀνωτέρω πρότασις, ἡ ὁποία συμπληροῖ τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας, ἐπαληθεύεται διὰ τοῦ πειράματος. Ἐάν, στρέφοντες λίθον διὰ σφενδόνης, ἀφήσωμεν τὸ ἓν τῶν ἄκρων αὐτῆς ἐλεύθερον, θὰ ἴδωμεν τὸν λίθον ἐκσφενδονιζόμενον κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιᾶς, τὴν ὁποίαν οὗτος διέγραφεν.

Ὡς πρὸς δὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ταχύτητος, τὴν ὁποίαν λαμβάνει ἓν σῶμα, ὅταν καταργῶμεν τὴν δύναμιν, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπ᾽ αὐτοῦ, ἀποδεικνύεται, ὅτι εἶναι ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν εἶχεν ἡ κίνησις, καθ᾽ ἣν στιγμὴν κατηργήσαμεν τὴν δύναμιν. (Τὰ πειράματα ταῦτα γίνονται διὰ τῆς μηχανῆς τοῦ Atwood, ὡς θὰ μάθωμεν κατωτέρω).

28. Ἔννοια τῆς μάζης.— Ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις ἐνεργήσῃ διαδοχικῶς ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, δὲν μεταδίδει εἰς αὐτὰ τὴν ἰδίαν ἐπιτάχυνσιν. Ἐὰν π. χ. ἕλξωμεν διαδοχικῶς, μετὰ τῆς αὐτῆς μυϊκῆς ἰσχύος, δύο λέμβους πολὺ διαφόρων διαστάσεων, εὑρισκομένας ἐν ἰσορροπίᾳ ἐπὶ ἠρεμοῦντος ὕδατος, θὰ ἴδωμεν, ὅτι ἡ μικροτέρα θὰ κινηθῇ πολὺ ταχύτερον ἀπὸ τὴν μεγαλυτέραν. Τὰ διάφορα σώματα δὲν ἀντιτάσσουν λοιπὸν τὴν ἰδίαν ἀντίστασιν εἰς τὴν κίνησιν, δὲν εἶναι δηλ. εἰς τὸν αὐτὸν βαθμὸν **ἀδρανῆ**. Τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες, ὅτι δύο σώματα, λαμβανόμενα κατὰ τύχην, **δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν μᾶζαν**. Θὰ εἶναι τουναντίον τῆς αὐτῆς μάζης, ἐάν, ἀφοῦ ὑποστῶσι διαδοχικῶς τὴν ἐνέργειαν τῆς αὐτῆς δυνάμεως, λάβουν τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν.

Σύγκρισις τῶν μαζῶν. Θὰ εἴπωμεν, ὅτι δύο σώματα ἔχουν τὴν αὐτὴν μᾶζαν, ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ εἰς αὐτὰ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν. Σῶμά τι Β θὰ ἔχῃ μᾶζαν διπλασίαν τῆς μάζης ἑνὸς ἄλλου σώματος Α, ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὸ Β καὶ εἰς σῶμα ἀποτελούμενον ἐκ τῆς ἑνώσεως δύο μαζῶν ἴσων πρὸς τὴν τοῦ Α. Τὸ Β θὰ ἔχῃ μᾶζαν ν φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ Α, ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις μεταδίδῃ τὴν αὐτὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὸ Β καὶ εἰς σῶμα ἀποτελούμενον ἀπὸ ν μάζας ἴσας πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ Α.

Ἡ μᾶζα λοιπὸν σώματος ὁμοιομεροῦς θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν ὄγκον του, δηλ. πρὸς τὸ ποσὸν τῆς ὕλης, τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα περιέχει.

Μονὰς C. G. S. τῆς μάζης. Γραμμάριον. Εἰς τὸ σύστημα τῶν μονάδων C. G. S. ἡ μονὰς τῆς μάζης εἶναι μία ἀπὸ τὰς θεμελιώδεις μονάδας καὶ ὀνομάζεται **γραμμάριον**. Τὸ γραμμάριον εἶναι περίπου ἡ μᾶζα ἑνὸς κυβικοῦ δακτύλου ὕδατος εἰς 4°. Εἶναι ἀκριβῶς τὸ χιλιοστὸν τῆς μάζης τοῦ **προτύπου χιλιογράμμου**, τὸ ὁποῖον εἶναι κύλινδρος ἐκ λευκοχρύσου κατατεθειμένος εἰς τὸ Διεθνὲς Γραφεῖον τῶν Μέτρων καὶ Σταθμῶν.

29. Ὁρισμὸς τῶν στοιχείων τῆς δυνάμεως.—**Σημεῖον ἐφαρμογῆς, διεύθυνσις καὶ φορά, ἔντασις**. Ἐὰν δύναμίς τις μεταδίδῃ εἰς ὑλικὸν σημεῖον ἐπιτάχυνσιν, λέγομεν, ὅτι ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο ἢ ὅτι τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι **τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της**. Ὅταν δύναμίς τις ἐνεργῇ ἐπὶ σώματος, τοῦ ὁποίου δὲν δυνάμεθα νὰ ἀγνοήσωμεν τὰς διαστάσεις, ὑπάρχει πάντοτε ἓν σημεῖον τοῦ σώματος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου αὕτη ἐνεργεῖ ἀπ' εὐθείας καὶ τοῦτο εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς. Ἐὰν π. χ. ἕλκωμεν διὰ σχοινίου βάρος τι, τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι προσ-

δεδεμένον τὸ σχοινίον, εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν.

Θὰ καλέσωμεν **διεύθυνσιν** καὶ **φορὰν** μιᾶς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ὑλικοῦ σημείου, τὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν τῆς ἐπιταχύνσεως, τὴν ὁποίαν αὕτη μεταδίδει εἰς τὸ ὑλικὸν σημεῖον. Ἐάν, εἰδικῶς, τὸ ὑλικὸν σημεῖον εὑρίσκεται εἰς ἠρεμίαν, ἡ διεύθυνσις καὶ φορὰ τῆς δυνάμεως θὰ εἶναι ἡ διεύθυνσις καὶ φορά, κατὰ τὰς ὁποίας τὸ ὑλικὸν σημεῖον θὰ μετατεθῇ.

Ἔντασις. Θὰ καλέσωμεν **ἔντασιν** δυνάμεως τὸ γινόμενον τῆς μάζης τοῦ ὑλικοῦ σημείου, ἐφ᾽ οὗ αὕτη ἐνεργεῖ, ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν, τὴν ὁποίαν λαμβάνει τὸ ὑλικὸν τοῦτο σημεῖον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασίν της.

Ἐάν, λοιπόν, καλέσωμεν Δ τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως, μ τὴν μᾶζαν τοῦ ὑλικοῦ σημείου καὶ γ τὴν ἐπιτάχυνσιν, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς αὐτὸ ἡ δύναμις, ἔχομεν :

$$\Delta = \mu\,\gamma \tag{1}$$

Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τούτου συνάγομεν τὰ ἑξῆς πορίσματα :

α) Ἐὰν δύο δυνάμεις ἐντάσεων Δ καὶ Δ' ἐνεργοῦν ἐπὶ δύο ὑλικῶν σημείων τῆς αὐτῆς μάζης μ, θὰ μεταδίδουν εἰς αὐτὰ ἐπιταχύνσεις γ καὶ γ' ἀναλόγους πρὸς τὰς ἐντάσεις των. Διότι θὰ ἔχωμεν :

$$\Delta = \mu\gamma \quad \text{καὶ} \quad \Delta' = \mu\gamma'.$$

Διαιροῦντες δὲ αὐτὰς κατὰ μέλη, λαμβάνομεν :

$$\frac{\Delta}{\Delta'} = \frac{\gamma}{\gamma'}.$$

β) Ἐὰν ἡ αὐτὴ δύναμις ἐντάσεως Δ ἐνεργῇ διαδοχικῶς ἐπὶ δύο ὑλικῶν σημείων διαφόρων μαζῶν μ καὶ μ', αἱ ἐπιταχύνσεις γ καὶ γ', τὰς ὁποίας ταῦτα λαμβάνουν, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς μάζας των. Διότι ἔχομεν :

$$\Delta = \mu\gamma \quad \text{καὶ} \quad \Delta = \mu'\gamma', \quad \text{ὅθεν} \quad \mu\gamma = \mu'\gamma' \quad \text{ἢ} \quad \frac{\gamma}{\gamma'} = \frac{\mu'}{\mu}.$$

30. Μονὰς δυνάμεως. Δύνη.—Ἐὰν εἰς τὴν σχέσιν $\Delta = \mu\gamma$ δεχθῶμεν $\mu = 1$ καὶ $\gamma = 1$, θὰ ἔχωμεν καὶ $\Delta = 1$. Ὥστε **μονὰς δυνάμεως** εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία μεταδίδει τὴν μονάδα τῆς ἐπιταχύνσεως εἰς ὑλικὸν σημεῖον ἔχον μᾶζαν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα τῆς μάζης.

Εἰδικῶς εἰς τὸ σύστημα C.G.S. μονὰς τῆς δυνάμεως εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία μεταδίδει εἰς ὑλικὸν σημεῖον ἔχον μᾶζαν ἑνὸς γραμμαρίου, ἐπιτάχυνσιν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα C.G.S. τῆς ἐπιταχύνσεως. Ἡ δύναμις αὕτη ὠνομάσθη **δύνη**.

31. Παράδειγμα δυνάμεως.—Ἐὰν σῶμα ἀρκετὰ μικρόν, ὥστε νὰ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ὑλικὸν σημεῖον, ἀφήσωμεν ἐλεύθερον εἰς τὸ κενόν, τοῦτο πίπτει μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην κατά τινα εὐθεῖαν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **κατακόρυφον** καὶ ἡ ὁποία διευθύνεται σχεδὸν πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Τὸ ὑλικὸν τοῦτο σημεῖον ὑφίσταται λοιπὸν τὴν ἐνέργειαν δυνάμεως, ἡ ὁποία ἕλκει αὐτὸ πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως, διότι ἡ ἐπιτάχυνσις μένει σταθερά.

Τὴν ἐπιτάχυνσιν ταύτην μετροῦμεν, ὡς θὰ μάθωμεν, διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ἡ τιμὴ αὐτῆς ἐν Ἀθήναις εἶναι περίπου 980 C.G.S., σημειοῦται δὲ γενικῶς διὰ τοῦ g.

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ Β τὸ βάρος σώματος εἰς δύνας (δηλ. τὴν ἑλκτικὴν δύναμιν τῆς Γῆς ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου) καὶ διὰ μ τὴν μᾶζαν αὐτοῦ εἰς γραμμάρια, κατὰ τὴν σχέσιν $\Delta = \mu\gamma$ θὰ ἔχωμεν $B = \mu g$.

Εἰδικῶς, τὸ βάρος 1 γραμμαρίου ἐν Ἀθήναις ($\mu = 1$) εἶναι $B = g.1 = 980$ δύνας.

Ἄρα 1 δύνη$=\dfrac{1}{980}$ γρ.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ὑλικὸν σημεῖον ζυγίζει 2 γρ. Ἐφαρμόζομεν ἐπ' αὐτοῦ δύναμιν σταθερὰν 3 γρ. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις ἡ παραγομένη ὑπὸ τῆς δυνάμεως ταύτης;

Ἐκ τῶν τύπων $\Delta = \mu\gamma$ καὶ $B = \mu g$ λαμβάνομεν:

$$\frac{\Delta}{B} = \frac{\gamma}{g} \quad \text{καὶ} \quad \gamma = \frac{\Delta g}{B} = \frac{3.9,8}{2} = 14,7 \ \mu.$$

Προβλήματα.

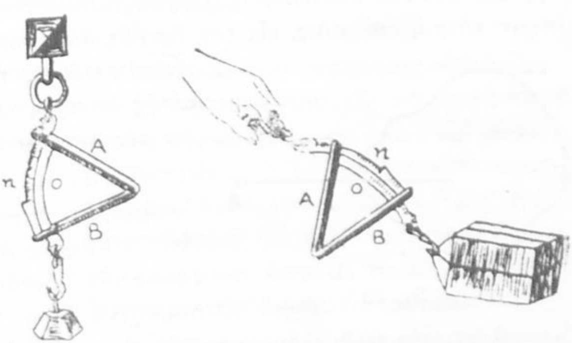
1ον. Ποία εἶναι ἡ σταθερὰ δύναμις, ἥτις εἰς 4'' θὰ κάμῃ σῶμα βάρους 4 χλγ. νὰ διανύσῃ 100 μέτρα;

2ον. Δύναμις σταθερὰ 6 χλγ. κάμνει σῶμά τι νὰ διανύσῃ 100 μ. εἰς 4''. Ποῖον τὸ βάρος τοῦ σώματος τούτου;

3ον. Ποία σταθερὰ δύναμις πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς ὑλικὸν σημεῖον, βάρους 5 γρ., διὰ νὰ εἶναι ἡ παραγομένη ἐπιτάχυνσις 2 μ. κατὰ δευτερόλεπτον;

32. Περίπτωσις, καθ' ἣν αἱ δυνάμεις δὲν παράγουν κινη-

σιν. — **Παραμορφώσεις τῶν στερεῶν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν δυνάμεων.** Πολλάκις δύναμίς τις, ἐνεργοῦσα ἐπὶ σώματος στερεοῦ, εὑρισκομένου εἰς ἠρεμίαν, δὲν θέτει αὐτὸ εἰς κίνησιν, π.χ. ὅταν προσπαθῶμεν νὰ ἐγείρωμεν πολὺ βαρὺ σῶμα, ὅταν ὠθῶμεν κώλυμα ἀνθιστάμενον κτλ. Ἐὰν ἐξετάσωμεν μετὰ προσοχῆς τὰς περιπτώσεις ταύτας, θὰ ἴδωμεν, ὅτι τὸ στερεὸν σῶμα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις, ὑφίσταται παραμόρφωσιν μᾶλλον ἢ ἧττον σημαντικήν. Ἐὰν π.χ. κρεμάσωμεν βάρος διὰ νήματος ἐλαστικοῦ, βλέπομεν, ὅτι τὸ νῆμα ἐπιμηκύνεται αἰσθητῶς καὶ τέλος ἰσορροπεῖ. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ νῆμα χαλύβδινον, παράγεται μὲν ἐπιμήκυνσις, ἀλλ᾽ αὕτη εἶναι πολὺ ἀσθενὴς καὶ ἔχει ἀνάγκην, διὰ νὰ γίνῃ καταφανής, λεπτῶν πειραματικῶν μέσων. Ἡ αἰτία τῆς ἰσορροπίας εἶναι ἡ ἀνάπτυξις, ἕνεκα τῆς παραμορφώσεως τοῦ σώματος, νέας δυνάμεως, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **ἀντίδρασιν** τοῦ σώματος καὶ ἡ ὁποία καταστρέφει τὸ ἀποτέλεσμα τῆς πρώτης. Ἐὰν τὸ σῶμα, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφηρμοσμένη ἡ δύναμις, εἶναι ἐλατήριον ἐκ χάλυβος ἢ γενικῶς σῶμα πολὺ **ἐλαστικόν**, ἡ δὲ δύναμις καὶ συνεπῶς ἡ παραγομένη παραμόρφωσις δὲν εἶναι πολὺ σημαντική, τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ ἐνέργεια τῆς δυνάμεως παύσῃ, τὸ σῶμα λαμβάνει ἀφ᾽ ἑαυτοῦ τὴν ἀρχικήν του μορφήν. Αἱ λεπτομέρειαι αὗται ἐπιτρέπουν νὰ συγκρίνωμεν μεταξύ των τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων δι᾽ ὀργάνων, τὰ ὁποῖα στηρίζονται ἐπὶ τῶν ἰδιοτήτων τῶν ἐλατηρίων καὶ τὰ ὁποῖα καλοῦμεν **δυναμόμετρα**.

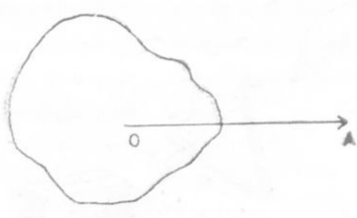


Σχ. 9

Δυναμόμετρα. Ταῦτα συνίστανται κυρίως ἔκ τινος ἐλατηρίου, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαστικότης δύναται νὰ ἰσορροπήσῃ δυνάμεις μεταβλητάς.

Τὸ ἁπλούστερον καὶ εὐχρηστότερον δυναμόμετρον συνίσταται ἐξ ἐλάσματος χαλυβδίνου, ἠγκωνισμένου κατὰ τὸ μέσον του (σχ. 9). Εἰς τὸ ἄκρον ἑκάστου σκέλους εἶναι προσηλωμένον τόξον μετάλλινον, τὸ ὁποῖον, διερχόμενον ἐλευθέρως δι᾽ ὀπῆς τοῦ ἄλλου σκέλους, καταλήγει τὸ μὲν εἰς ἄγκιστρον, τὸ δὲ εἰς δακτύλιον, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ ἐξαρτήσωμεν τὸ ὄργανον ἀπὸ σταθεροῦ στηρίγματος. Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν τὸ δυναμόμετρον τοῦτο, ἀφοῦ ἐξαρτήσωμεν αὐτὸ ἀπὸ σταθεροῦ στηρίγματος, κρεμῶμεν εἰς τὸ ἄγκιστρον διαδοχικῶς βάρη ἑνός, δύο, τριῶν κλπ. χιλιογράμμων. Τότε τὸ ἀνώτερον σκέλος κάμπτεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἡ δὲ λόγῳ τῆς παραμορφώσεως ταύτης ἀναπτυσσομένη ἀντίδρασις ἰσορροπεῖ τὸ βάρος. Σημειοῦμεν τότε ἐπὶ τοῦ ἀκινήτου ἐξωτερικοῦ τόξου, εἰς τὸ σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ ἑκάστοτε τὸ ἄκρον τοῦ ἀνωτέρου σκέλους, 1, 2, 3 κτλ.

Προκειμένου ἤδη νὰ μετρήσωμεν δύναμίν τινα, στερεοῦμεν τὸ ὄργανον διὰ τοῦ δακτυλίου καὶ ἐφαρμόζομεν τὴν δύναμιν εἰς τὸ ἄγκιστρον· τότε ἡ διαίρεσις, εἰς τὴν ὁποίαν θὰ φθάσῃ τὸ ἄκρον τοῦ ἀνωτέρου σκέλους, μᾶς δίδει διὰ τῆς ἐπ᾽ αὐτῆς ἀναγραφομένης τιμῆς τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως εἰς χιλιόγραμμα.



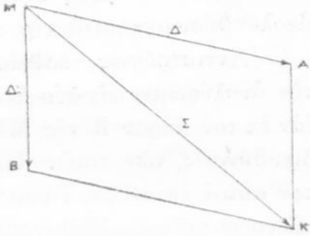
Σχ. 10

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι αἱ κάμψεις τοῦ ἐλάσματος εἶναι αἰσθητῶς ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων, δηλ. πρὸς τὰ διαδοχικὰ βάρη. Τοῦτο ἀφ᾽ ἑνὸς μὲν διευκολύνει τὴν βαθμολογίαν τοῦ ὀργάνου, ἀφ᾽ ἑτέρου δὲ μᾶς δεικνύει ὅτι **δυνάμεις ἐνεργοῦσαι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν προστίθενται.**

33. Γραφικὴ παράστασις τῶν δυνάμεων.—Πᾶσαν δύναμιν παριστῶμεν γραφικῶς (σχ. 10) διὰ βέλους ΟΑ, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν τῆς δυνάμεως καὶ τοῦ ὁποίου ἡ ἀρχὴ εὑρίσκεται εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως. Δίδομεν δὲ εἰς αὐτὸ μῆκος ἀνάλογον πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς δυνάμεως. Πρὸς τοῦτο παριστῶμεν τὴν μονάδα τῆς δυνάμεως δι᾽ ὡρισμένου μήκους καὶ λαμβάνομεν ἐπὶ τοῦ βέλους τὸ μῆκος τοῦτο τόσας φορὰς ὅσας μονάδας περιέχει ἡ δύναμις.

Ἐὰν π.χ. παραστήσωμεν τὴν δύνην διὰ βέλους μήκους ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, δύναμιν τριῶν δυνῶν θὰ παραστήσωμεν διὰ βέλους μήκους τριῶν ἑκατοστομέτρων.

34. Σύνθεσις καὶ ἀνάλυσις δυνάμεων.—Ὅταν πολλαὶ δυνάμεις εἶναι ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σῶμα, δυνάμεθα πάντοτε νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ μιᾶς δυνάμεως, ἡ ὁποία, ἐνεργοῦσα μόνη ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου, νὰ παράγῃ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὅπερ παράγουν αἱ δυνάμεις αὗται συγχρόνως ἐνεργοῦσαι.



Σχ. 11

Γενικῶς, ὁσάκις μία δύναμις δύναται οὕτω νὰ ἀντικαταστήσῃ δύο ἢ περισσοτέρας ἄλλας δυνάμεις, καλεῖται **συνισταμένη** τῶν δυνάμεων τούτων, αἱ δὲ δυνάμεις αὗται καλοῦνται **συνιστῶσαι** αὐτῆς.

Ἡ ἀντικατάστασις δυνάμεων διὰ τῆς συνισταμένης αὐτῶν λέγεται **σύνθεσις** δυνάμεων, ἡ δὲ ἀντικατάστασις μιᾶς δυνάμεως διὰ τῶν συνιστωσῶν αὐτῆς καλεῖται **ἀνάλυσις** δυνάμεως.

35. Σύνθεσις δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον.—Εἴδομεν, ὅτι δύο δυνάμεις τῆς αὐτῆς διευθύνσεως καὶ φορᾶς, ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, προστίθενται· δυνάμεθα λοιπὸν νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ μιᾶς δυνάμεως, ἡ ὁποία νὰ ἔχῃ ἔντασιν ἴσην μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν δυνάμεων τούτων.

Σχ. 12

Ἐὰν ὅμως αἱ δυνάμεις, ἂν καὶ ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ σχηματίζουν γωνίαν μικροτέραν τῶν 180°, διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν συνισταμένην, πρέπει νὰ κατασκευάσωμεν παραλληλόγραμμον ἔχον ὡς προσκειμένας πλευρὰς τὰς δύο δυνάμεις (παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων).

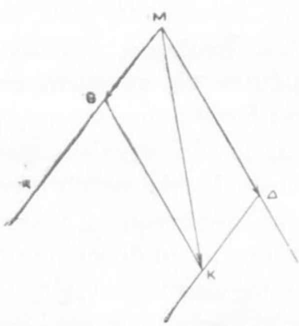
Ἔστωσαν αἱ δυνάμεις ΜΑ καὶ ΜΒ, ἐντάσεων Δ καὶ Δ΄ (σχ. 11), ἐφηρμοσμέναι εἰς τὸ σημεῖον Μ. Ἡ συνισταμένη των Σ δίδεται κατὰ μέγεθος, διεύθυνσιν καὶ φορὰν ὑπὸ τῆς διαγωνίου ΜΚ τοῦ παραλληλογράμμου τοῦ κατασκευαζομένου μὲ τὰς δύο ταύτας δυνάμεις.

Ἐὰν ἔχωμεν περισσοτέρας δυνάμεις Δ, $Δ_1$, $Δ_2$, $Δ_3$ ἐφηρμοσμένας εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον Α (σχ. 12), ἀντικαθιστῶμεν τὰς δυνάμεις Δ καὶ $Δ_1$

διὰ τῆς συνισταμένης των $Α\Sigma_1$. Ἀντικαθιστῶμεν ἔπειτα τὰς $Α\Sigma_1$ καὶ Δ_2 διὰ τῆς συνισταμένης των $Α\Sigma_2$. Τέλος, συνθέτοντες τὰς $Α\Sigma_2$ καὶ Δ_3 φθάνομεν εἰς μίαν μόνην συνισταμένην, ἀντικαθιστῶσαν τὸ ὅλον σύστημα τῶν δυνάμεων.

Ἡ συνισταμένη αὕτη εἶναι ἡ αὐτή, οἱανδήποτε σειρὰν καὶ ἐὰν ἀκολουθήσωμεν κατὰ τὴν σύνθεσιν τῶν δυνάμεων.

Ἀντιστρόφως, δοθείσης δυνάμεως (σχ. 13) ΜΚ, δυνάμεθα νὰ τὴν ἀναλύσωμεν εἰς δύο ἄλλας, διευθυνομένας κατὰ τὰς ΜΧ καὶ ΜΨ, ἐὰν ἐκ τοῦ ἄκρου Κ τῆς ΜΚ φέρωμεν παραλλήλους πρὸς τὰς δοθείσας διευθύνσεις, τῶν τριῶν δυνάμεων ΜΚ, ΜΔ, ΜΒ εὑρισκομένων ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου Τὰ μεγέθη τῶν συνιστωσῶν παρίστανται ὑπὸ τῶν πλευρῶν τοῦ παραλληλογράμμου, τοῦ ὁποίου ἡ ΜΚ εἶναι ἡ διαγώνιος.



Σχ. 13

36. Εἰδικαὶ περιπτώσεις.—Ἔστωσαν δύο δυνάμεις Δ καὶ Δ΄. Ὡς φαίνεται ἐκ τοῦ σχήματος 11, ἡ συνισταμένη των Σ θὰ αὐξάνεται, ἐφ᾽ ὅσον ἡ γωνία Μ ἐλαττοῦται καὶ θὰ τείνῃ πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο συνιστωσῶν.

Ἐὰν ἡ γωνία $M=0$, ἡ Δ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῆς Δ΄ καὶ $\Sigma=\Delta+\Delta'$.

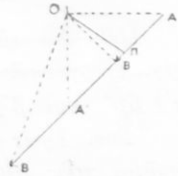
Τουναντίον ἡ συνισταμένη ἐλαττοῦται, ἐφ᾽ ὅσον ἡ γωνία αὐξάνεται. Διὰ $M=180^\circ$, ἡ συνισταμένη Σ θὰ ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν τῶν δύο συνιστωσῶν καὶ θὰ ἔχῃ φοράν, κατὰ τὴν φορὰν τῆς μεγαλυτέρας.

Εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ᾽ ἣν αἱ δύο αὗται δυνάμεις εἶναι ἴσαι κατὰ τὴν ἔντασιν, ἡ ἐνέργειά των μηδενίζεται.

Ὥστε δύο δυνάμεις ἴσαι καὶ κατ᾽ εὐθεῖαν ἀντίθετοι ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως, ἤτοι ἔχουν συνισταμένην 0. Λέγομεν τότε, ὅτι αἱ δυνάμεις αὗται εὑρίσκονται **ἐν ἰσορροπίᾳ**.

Τέλος, ὅταν περισσότεραι τῶν δύο δυνάμεων τῆς **αὐτῆς διευθύνσεως** ἐνεργοῦν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου, δυνάμεθα νὰ δώσωμεν, κατὰ συνθήκην, τὸ σημεῖον + εἰς τὰς ἐνεργούσας κατὰ τὴν μίαν φορὰν καὶ τὸ σημεῖον — εἰς τὰς ἐνεργούσας κατὰ φορὰν ἀντίθετον. Τότε ἡ συνισταμένη τοῦ συνόλου τῶν δυνάμεων εἶναι τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν συνιστωσῶν.

√37. **Ροπαὶ τῶν δυνάμεων.**—Συμβαίνει πολλάκις ἐν στερεὸν σῶμα, τὸ ὁποῖον ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν μιᾶς ἢ περισσοτέρων δυνάμεων, νὰ εἶναι στερεωμένον δι᾽ ἑνὸς σημείου του ἢ νὰ εἶναι ὑποχρεωμένον νὰ μετατίθεται στρεφόμενον περὶ σταθερὸν ἄξονα (π.χ. ἐκκρεμές, μοχλός, ζυγὸς κτλ.). Ἡ μόνη δυνατὴ κίνησις διὰ τὸ σῶμα τοῦτο εἶναι κίνησις περιστροφικὴ περὶ τὸ σημεῖον τοῦτο ἢ περὶ τὸν ἄξονα τοῦτον.



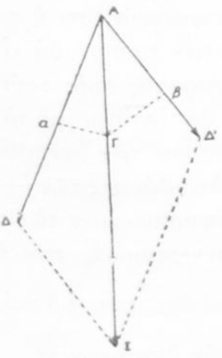
Σχ. 14

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, ἡ ἐνέργεια ἑκάστης δυνάμεως δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς ἐντάσεώς της, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς **ροπῆς τῆς δυνάμεως** ταύτης.

Ἡ ροπὴ δυνάμεως ΑΒ (σχ. 14) ὡς πρὸς τὸ σταθερὸν σημεῖον Ο εἶναι τὸ γινόμενον ΑΒ.ΟΠ τῆς ἐντάσεως τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὴν ἀπόστασίν της ΟΠ ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ σημείου.

Εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ γινόμενον τοῦτο μηδενίζεται, ὅταν ἡ ἀπόστασις ΟΠ μηδενίζεται, δηλ. ὅταν τὸ σταθερὸν σημεῖον εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς διευθύνσεως τῆς δυνάμεως.

Ἐπίσης εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ ροπὴ αὕτη διατηρεῖ τὴν αὐτὴν τιμήν, ἐὰν ἡ δύναμις ὀλισθαίνῃ κατὰ τὴν διεύθυνσίν της καὶ λαμβάνῃ π. χ. τὴν θέσιν Α΄ Β΄.



Σχ. 15

Τὸ σταθερὸν σημεῖον Ο καλεῖται **κέντρον τῶν ροπῶν.** Αἱ δὲ ἀποστάσεις τῶν δυνάμεων ἀπὸ τοῦ κέντρου τῶν ροπῶν, ὅπως π.χ. ἡ ΟΠ, καλοῦνται **μοχλοβραχίονες** τῶν δυνάμεων τούτων.

Ἀποδεικνύεται, ὅτι αἱ ροπαὶ δύο δυνάμεων ἐφηρμοσμένων εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον ὡς πρὸς οἱονδήποτε σημεῖον τῆς συνισταμένης των εἶναι ἴσαι, δηλ. θὰ ἔχωμεν (σχ. 15):

$$\Delta.\Gamma\alpha = \Delta'.\Gamma\beta$$

Σημείωσις. Τοῦτο εἶναι μία περίπτωσις θεωρήματος, τὸ ὁποῖον εἶναι γνωστὸν ὑπὸ τὸ ὄνομα «**θεώρημα τῶν ροπῶν**» ἢ «θεώρημα τοῦ Varignon».

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τῆς συνισταμένης τῶν δυνάμεων $\Delta_1=4$ χλγ. καὶ $\Delta_2=3$ χλγ., αἱ ὁποῖαι τέμνονται καθέτως εἰς τὸ σημεῖον Ο.

Ἐπειδὴ τὸ παραλληλόγραμμον τῶν δυνάμεων τούτων θὰ εἶναι ὀρθογώνιον, θὰ ἔχωμεν :

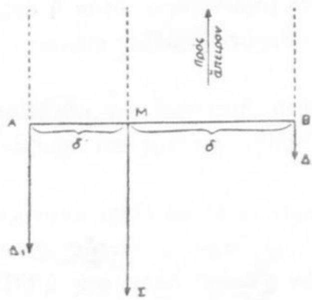
$$\Sigma^2 = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 = 16 + 9 = 25 \qquad \Sigma = \sqrt{25} = 5 \text{ χλγ.}$$

Προβλήματα.

1ον. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων ἴσων, ἐντάσεως 6 χλγ., ἐνεργουσῶν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σημείου καὶ σχηματιζουσῶν γωνίας α') 60° καὶ β') 120°.

2ον. Τρεῖς δυνάμεις Α, Β, Γ, τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ὁποίων ἰσοῦται πρὸς 100 χλγ., εὑρίσκονται ἐν ἰσορροπίᾳ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις ἑκάστης τῶν τριῶν τούτων δυνάμεων, γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ Α σχηματίζει μετὰ τῆς Β γωνίαν 120°, μετὰ τῆς Γ δὲ γωνίαν 150°.

3ον. Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνισταμένη τριῶν δυνάμεων ἴσων, σχηματιζουσῶν γωνίας 120° πρὸς ἀλλήλας.

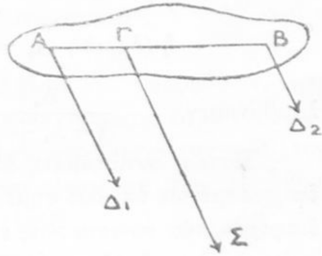


Σχ. 16

38. Σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων.—Ἔστωσαν αἱ παράλληλοι καὶ ὁμόρροποι δυνάμεις Δ_1 καὶ Δ_2, ἐφηρμοσμέναι ἐπὶ δύο σημείων Α καὶ Β, ἀκλονήτως συνδεδεμένων (σχ. 16). Εἶναι φανερόν, ὅτι ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων τούτων θὰ εἶναι παράλληλος καὶ ὁμόρροπος πρὸς ταύτας, ἡ δὲ ἔντασίς της θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν δυνάμεων. Ἀφ' ἑτέρου δυνάμεθα νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι αἱ διευθύνσεις τῶν δυνάμεων τούτων τέμνονται εἰς τὸ **ἄπειρον** καὶ νὰ ἐφαρμόσωμεν τὸ θεώρημα τῶν ῥοπῶν ὡς πρὸς ἓν σημεῖον Μ τῆς συνισταμένης των. Θὰ ἔχωμεν τότε $\Delta_1 . \delta' = \Delta_2 . \delta$ ἢ $\dfrac{\Delta_1}{\Delta_2} = \dfrac{\delta}{\delta'}$, ἤτοι αἱ ἀποστάσεις δ καὶ δ' εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἐντάσεις τῶν δυνάμεων.

Συνεπῶς : Ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων, ἐφηρμοσμένων ἐπὶ δύο σημείων ἀκλονήτως συνδεδεμένων, εἶναι παράλληλος καὶ ὁμόρροπος πρὸς τὰς συνιστώσας καὶ ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν. Τὸ δὲ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ταύτης διαιρεῖ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἑνοῦσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν εἰς δύο τμήματα, ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς συνιστώσας.

Σημείωσις. Εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα ὑπεθέσαμεν, ὅτι αἱ δυνάμεις εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἑνοῦσαν τὰ σημεῖα τῆς ἐφαρμογῆς των. Ἀλλὰ τὸ θεώρημα εἶναι γενικὸν καὶ δύναται νὰ ἐφαρμοσθῇ καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν, καθ' ἣν αἱ δυνάμεις σχηματίζουν οἱασδήποτε γωνίας μὲ τὴν εὐθεῖαν τὴν ἑνοῦσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς των· ἀρκεῖ νὰ παραμένουν παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας.



Σχ. 17

39. Ἀνάλυσις δυνάμεως εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους.—Περίπτωσις, καθ' ἣν δίδονται τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν. Ἔστω Σ ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ἀναλύσωμεν εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους πρὸς αὐτήν, ἐφηρμοσμένας εἰς τὰ σημεῖα Α καὶ Β (σχ. 17). Ἄγομεν τὴν ΑΒ καὶ ἐφαρμόζομεν τὴν Σ εἰς τὸ σημεῖον Γ, ὅπου ἡ διεύθυνσίς της συναντᾷ τὴν ΑΒ. Πρέπει νὰ ἔχωμεν τὰς σχέσεις $\Delta_1+\Delta_2=\Sigma$ καὶ $\frac{\Delta_1}{\Delta_2}=\frac{\Gamma B}{A\Gamma}$.

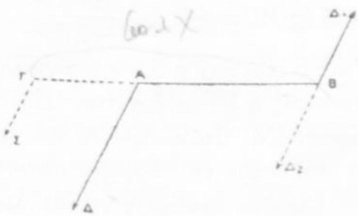
Ἐκ τῆς δευτέρας λαμβάνομεν:

$$\frac{\Delta_1}{\Gamma B}=\frac{\Delta_2}{A\Gamma}=\frac{\Delta_1+\Delta_2}{\Gamma B+A\Gamma}=\frac{\Sigma}{AB}$$

ἐξ ὧν

$$\Delta_1=\Sigma\frac{\Gamma B}{AB} \quad \text{καὶ} \quad \Delta_2=\Sigma\frac{A\Gamma}{AB}.$$

40. Σύνθεσις δυνάμεων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων.— Ἔστωσαν Δ, Δ_1 (σχ. 18) δύο δυνάμεις παράλληλοι καὶ ἀντίρροποι ἐνεργοῦσαι ἐπὶ τῶν σημείων Α καὶ Β, καὶ ὑποθέσωμεν ὅτι $\Delta>\Delta_1$.



Σχ. 18

Ἀναλύομεν τὴν μεγαλυτέραν δύναμιν Δ εἰς δύο ἄλλας παραλλήλους καὶ ὁμορρόπους πρὸς αὐτήν, τὴν μὲν Δ_2 ἴσην πρὸς τὴν Δ_1, ἐφηρμοσμένην εἰς τὸ σημεῖον Β, τὴν δὲ $\Sigma=\Delta-\Delta_1$ ἐφηρμοσμένην εἰς σημεῖον Γ, ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῆς ΑΒ τοιοῦτον, ὥστε

$$\frac{\Delta_2}{\Delta-\Delta_1}=\frac{A\Gamma}{AB}, \quad \text{ἐξ ἧς} \quad A\Gamma=\frac{\Delta_1 \cdot AB}{\Delta-\Delta_1} \quad (\text{ἐπειδὴ } \Delta_2=\Delta_1).$$

4 ΑΓ = 2·60 / 4 = 120 / 3 = 10

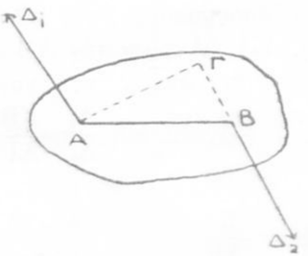
Αἱ δυνάμεις $Δ_1$ καὶ $Δ_2$, ὡς ἴσαι καὶ κατ' εὐθεῖαν ἀντίθετοι, ἐξουδετεροῦνται. Ὥστε μένει μόνον ἡ δύναμις $Σ = Δ - Δ_1$, ἥτις προφανῶς εἶναι ἡ ζητουμένη συνισταμένη.

Ἐκ τῆς σχέσεως $$\frac{Δ_2}{Δ - Δ_1} = \frac{ΑΓ}{ΑΒ} \qquad (1)$$

ἢ (ἐπειδὴ $Δ_2 = Δ_1$) $$\frac{Δ_1}{Δ - Δ_1} = \frac{ΑΓ}{ΑΒ} \qquad (2)$$

λαμβάνομεν $$\frac{Δ_1}{Δ - Δ_1 + Δ_1} = \frac{ΑΓ}{ΑΒ + ΑΓ} \quad ἢ \quad \frac{Δ_1}{Δ} = \frac{ΑΓ}{ΒΓ} \qquad (3)$$

Ὥστε ἡ συνισταμένη δύο δυνάμεων παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων ἐφηρμοσμένων ἐπὶ δύο σημείων ἀκλονήτως συνδεδεμένων ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν τῶν συνιστωσῶν, εἶναι παράλληλος πρὸς αὐτὰς καὶ ὁμόρροπος πρὸς τὴν μεγαλυτέραν, τὸ δὲ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς κεῖται ἐπὶ τῆς προεκτάσεως τῆς εὐθείας τῆς ἑνούσης τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν συνιστωσῶν, πρὸς τὸ μέρος τῆς μεγαλυτέρας οὕτως, ὥστε αἱ ἀπ' αὐτῶν ἀποστάσεις αὐτοῦ νὰ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς δοθείσας δυνάμεις.



Σχ. 19

41. Ζεῦγος. Εἰδικὴ περίπτωσις εἶναι ἐκείνη, καθ' ἣν αἱ δύο παράλληλοι καὶ ἀντίρροποι δυνάμεις εἶναι ἴσαι (σχ. 19). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ συνισταμένη εἶναι μηδέν. Πράγματι, ἡ σχέσις (3) δύναται νὰ γραφῇ :

$$\frac{ΒΓ}{Δ} = \frac{ΑΓ}{Δ_1} = \frac{ΒΓ - ΑΓ}{Δ - Δ_1} = \frac{ΑΒ}{Δ - Δ_1}, \quad ἐξ\ ἧς\ ΒΓ = ΑΒ \cdot \frac{Δ}{Δ - Δ_1}.$$

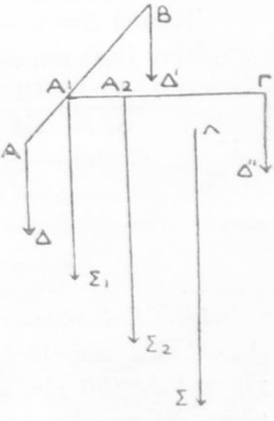
Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἡ δύναμις $Δ_1$ αὐξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον· τότε ἡ διαφορὰ $Δ - Δ_1$ ἐλαττοῦται, συνεπῶς ἡ ΒΓ αὐξάνεται. Ἡ συνισταμένη $Σ = Δ - Δ_1$ ἐλαττοῦται ἀπείρως. Καὶ ὅταν $Δ_1 = Δ$, θὰ ἔχωμεν $Σ = 0$ καὶ $ΒΓ = \infty$. Εἶναι λοιπὸν ἀδύνατον νὰ εὕρωμεν συνισταμένην καὶ συνεπῶς νὰ ἰσορροπήσωμεν τὰς δύο δυνάμεις Δ καὶ $Δ_1$.

Τὸ σύστημα δύο δυνάμεων ἴσων, παραλλήλων καὶ ἀντιρρόπων, ἐφηρμοσμένων ἐπὶ δύο διαφόρων σημείων τοῦ αὐτοῦ σώματος, καλεῖται **ζεῦγος δυνάμεων**.

Τὸ ζεῦγος ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ στρέψῃ τὸ σῶμα, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφηρμοσμένον.

42. Σύνθεσις πολλῶν παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων δυνάμεων.—Ἔστωσαν Δ, Δ΄, Δ΄΄. . . ., δυνάμεις παράλληλοι καὶ ὁμόρροποι ὁσαιδήποτε (σχ. 20). Δυνάμεθα προφανῶς νὰ συνθέσωμεν τὰς Δ καὶ Δ΄ καὶ νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν διὰ τῆς συνισταμένης αὐτῶν Σ_1. Κατόπιν, συνθέτοντες τὰς Σ_1 καὶ Δ΄΄, θὰ ἔχωμεν συνισταμένην Σ_2, ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν τριῶν δυνάμεων $\Delta+\Delta'+\Delta''$ καὶ οὕτω καθ᾽ ἑξῆς :

Οὕτω σύστημα δυνάμεων παραλλήλων καὶ ὁμορρόπων, ἐφηρμοσμένων εἰς σημεῖα ἀκλονήτως συνδεδεμένα, δύναται νὰ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ μιᾶς συνισταμένης Σ, παραλλήλου καὶ ὁμορρόπου πρὸς τὰς δυνάμεις ταύτας, τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις νὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν συνιστωσῶν καὶ τῆς ὁποίας ἡ θέσις εἶναι τελείως ὡρισμένη.



Σχ. 20

43. Σύνθεσις πολλῶν δυνάμεων παραλλήλων, μὴ ὁμορρόπων.—Δυνάμεθα προφανῶς νὰ συνθέσωμεν ὅλας τὰς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν κατὰ τὴν μίαν φοράν. Αὗται ἔχουν συνισταμένην Σ_1, ἴσην μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν, παράλληλον πρὸς αὐτὰς καὶ ἐνεργοῦσαν κατὰ τὴν φοράν των. Δυνάμεθα νὰ συνθέσωμεν κατόπιν ὅλας τὰς δυνάμεις τὰς ἐνεργούσας κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν. Αὗται θὰ ἔχουν συνισταμένην Σ_2, ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς. Δυνάμεθα τέλος νὰ συνθέσωμεν τὰς δύο δυνάμεις Σ_1 καὶ Σ_2. Θὰ ἔχωμεν οὕτω μίαν δύναμιν Σ ἐντελῶς ὡρισμένην, ἡ ὁποία θὰ εἶναι ἡ συνισταμένη ὅλου τοῦ συστήματος. Ἐὰν αἱ Σ_1 καὶ Σ_2 ἔχουν τὴν αὐτὴν ἔντασιν, χωρὶς νὰ ἐνεργοῦν κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθεῖαν, τὸ σύστημα τῶν δυνάμεων καθίσταται **ζεῦγος**. Ἐὰν αἱ ἴσαι δυνάμεις Σ_1 καὶ Σ_2 ἐνεργοῦν εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, κατὰ τὴν αὐτὴν εὐθεῖαν, ἐπειδὴ εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς, ἐξουδετεροῦνται καὶ συνεπῶς τὸ σύστημα ἰσορροπεῖ.

44. Κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων.—Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν ἑκάστην μερικὴν συνισταμένην εἰς τὸ σημεῖον, ὅπου αὕτη συναντᾷ τὴν εὐθεῖαν τὴν συνδέουσαν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν δύο συνιστωσῶν, τὸ οὕτως ὁριζόμενον σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς τελικῆς συνισταμένης καλεῖται **κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων**. Τὸ σημεῖον τοῦτο ἔχει μίαν ἰδιότητα ἀξιοσημείωτον : Ἐὰν αἱ δυνάμεις στρέφωνται περὶ τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς αὐτῶν, διαμένουσαι πάντοτε παράλληλοι, τὸ κέντρον τῶν παραλλήλων δυνάμεων παραμένει σταθερόν. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει, καὶ ἐὰν μεταβληθοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν αἱ ἐντάσεις ὅλων τῶν δυνάμεων τοῦ συστήματος.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας ΑΒ ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις παράλληλοι καὶ τῆς αὐτῆς φορᾶς, ἡ $\Delta_1=3$ χλγ. καὶ ἡ Δ_2. Ἡ συνισταμένη αὐτῶν ἔχει ἔντασιν 8 χλγ. καὶ εἶναι ἐφηρμοσμένη εἰς ἀπόστασιν 15 ἑκ. ἀπὸ τοῦ ἄκρου Α τῆς εὐθείας ΑΒ. Ζητεῖται τὸ μῆκος τῆς ΑΒ.

Ἐπειδὴ $\Sigma=\Delta_1+\Delta_2$, θὰ ἔχωμεν $\Delta_2=\Sigma-\Delta_1=8-3=5$.

Ἐὰν Γ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης, θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{\Delta_1}{\Delta_2}=\frac{\Gamma B}{\Gamma A} \text{ ἢ } \frac{\Delta_1}{\Gamma B}=\frac{\Delta_2}{\Gamma A}=\frac{\Delta_1+\Delta_2}{\Gamma B+\Gamma A}=\frac{\Sigma}{AB}$$

ἐξ ἧς

$$AB=\frac{\Sigma.\Gamma A}{\Delta_2}=\frac{8.15}{5}=24 \text{ ἑκ.}$$

Προβλήματα

1ον. Ἐπὶ εὐθείας ΑΒ, μήκους 88 ἑκ., ἐνεργοῦν τρεῖς δυνάμεις Δ_1, Δ_2, Δ_3, παράλληλοι καὶ ὁμόρροποι. Ἐκ τούτων ἡ μὲν $\Delta_1=10$ χλγ. καὶ $\Delta_3=30$ χλγ. εἰς τὰ ἄκρα τῆς εὐθείας, ἡ δὲ $\Delta_2=4$ χλγ. εἰς τὸ μέσον. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ δύναμις, ἥτις δύναται νὰ ἰσορροπήσῃ τὰς τρεῖς ταύτας δυνάμεις.

2ον. Εἰς τὰς κορυφὰς κανονικοῦ ἑξαγώνου ὁριζοντίου ἐφαρμόζομεν βάρη 1, 2, 3, 4, 5, 6 χλγ. Νὰ εὑρεθῇ τὸ κέντρον τῶν ἓξ τούτων δυνάμεων.

3ον. Δίδονται δύο ἴσαι δυνάμεις ὀρθογώνιοι $A\Delta_1$ καὶ $A\Delta_2$, ἐντάσεως δ χλγ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπόστασις τῆς συνισταμένης των ΑΣ ἀπὸ σημείου Ο τῆς προεκτάσεως τῆς $\Sigma\Delta_2$ τοιούτου, ὥστε $\Delta_2 O=2\delta$.

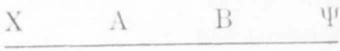
4ον. Τρεῖς δυνάμεις παράλληλοι, ἐντάσεως 1, 4, 7 χλγ., εἶναι ἐφηρμοσμέναι εἰς τρία σημεῖα Α,Β,Γ εὐθείας τοιαῦτα, ὥστε ΑΒ=ΒΓ =μ. Ἡ τρίτη δύναμις εἶναι φορᾶς ἀντιθέτου πρὸς τὴν τῶν δύο ἄλλων. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ κέντρον Ο τῶν τριῶν τούτων δυνάμεων.

ΔΥΝΑΜΙΚΗ

ΕΡΓΟΝ ΤΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ - ΕΝΕΡΓΕΙΑ

45. Μηχανικὸν ἔργον δυνάμεως σταθερᾶς κατὰ μέγεθος καὶ διεύθυνσιν.—Λέγομεν, ὅτι δύναμίς τις ἐκτελεῖ ἔργον, ὅταν τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς αὐτῆς μετατίθεται. Ἡ ἁπλουστέρα περίπτωσις εἶναι ἐκείνη, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μετάθεσις γίνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως. Καλοῦμεν τότε **ἔργον** τῆς δυνάμεως, διὰ τὴν μετάθεσιν ΑΒ, τὸ γινόμενον τοῦ διαστήματος ΑΒ=δ (σχ. 21) ἐπὶ τὴν ἔντασιν Δ τῆς δυνάμεως. Ἔχομεν λοιπόν, παριστῶντες διὰ Ε τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τοῦ ἔργου: Ε=Δ.δ.

Ὑποθέσωμεν π.χ., ὅτι ἀνυψοῦμεν 10 χιλιόγρ. εἰς ὕψος 1 μέτρου. Ἐκτελοῦμεν ὡρισμένον ἔργον. Ἂν εἴχομεν ἀνυψώσει τὰ 10 χλγ. εἰς ὕψος 2 μέτρων, θὰ εἴχομεν ἐκτελέσει διπλάσιον ἔργον. Ἐπίσης διπλάσιον ἔργον θὰ ἐκτελέσωμεν, καὶ ἐὰν ἀνυψώσωμεν 20 χλγ. εἰς ὕψος 1 μέτρου. Οὕτω τὸ ἔργον εἶναι προφανῶς ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ ἀνυψωθὲν βάρος, δηλ. πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς καταβαλλομένης δυνά-



Σχ. 21

μεως, καὶ πρὸς τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον αὕτη ἔφερε τοῦτο, δηλ. πρὸς τὸ ὑπὸ τοῦ σημείου τῆς ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως διανυθὲν διάστημα.

46. Μονάδες ἔργου.—**Χιλιογραμμόμετρον**. Erg. Joule. Ὁ ὁρισμὸς τοῦ ἔργου προσδιορίζει τὴν μονάδα.

Πράγματι, ἂν εἰς τὸν τύπον τοῦ ἔργου θέσωμεν Δ=1 καὶ δ=1, θὰ ἔχωμεν καὶ Ε=1.

Ὥστε μονὰς ἔργου εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ἡ μονὰς τῆς δυνάμεως μεταθέτουσα τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κατὰ τὴν μονάδα τοῦ μήκους πρὸς τὴν διεύθυνσίν της.

Εἰδικῶς εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον μονὰς δυνάμεως εἶναι τὸ βάρος τοῦ χιλιογράμμου καὶ μονὰς μήκους τὸ μέτρον, ὡς μονὰς ἔργου λαμβάνεται τὸ **χιλιογραμμόμετρον**. Τοῦτο εἶναι τὸ ἔργον τὸ ἀναγκαιοῦν διὰ νὰ ἀνυψωθῇ 1 χιλιόγρ. κατὰ 1 μέτρον.

Εἰς τὸ σύστημα C.G.S., εἰς τὸ ὁποῖον μονὰς δυνάμεως εἶναι ἡ δύνη καὶ μονὰς μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον, μονὰς ἔργου, ἡ ὁποία καλεῖται erg, εἶναι τὸ ἔργον μιᾶς δύνης μεταθετούσης τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της κατὰ ἓν ἑκατοστόμετρον πρὸς τὴν διεύθυνσίν της.

Τὰ erg εἶναι πολὺ μικρὰ μονάς. Διὰ τοῦτο εἰς τὸ σύστημα C.G.S. λαμβάνεται μία δευτερεύουσα μονάς, ἡ joule$=10^7$ ergs.

Τιμὴ τοῦ χιλιογραμμομέτρου εἰς ergs. Γνωρίζομεν, ὅτι τὸ βάρος 1 χλγ. ἰσοδυναμεῖ μὲ 980000 δύνας. Συνεπῶς 1 χιλιογραμμόμετρον$=980000\times100=98.000\,000$ ergs.

$$\text{ἢ}\quad \frac{98000000}{10^7}=9{,}80\ \text{joules.}$$

47. Κινητήριον καὶ ἀνθιστάμενον ἔργον.—Ἐὰν ἡ μετάθεσις γίνεται κατὰ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις αὕτη εἶναι **κινητήριος** καὶ ὅτι ἐκτελεῖ **ἔργον κινητήριον**. Τοιαύτη εἶναι π.χ. ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν ἓν βάρος. Δύναται ὅμως νὰ συμβαίνῃ, ὥστε μία δύναμις νὰ ἐνεργῇ κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν μετάθεσιν, τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ὑφίσταται. Τοῦτο συμβαίνει π. χ., ὅταν ρίπτωμεν βλῆμα κατακορύφως ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Τὸ βάρος τοῦ βλήματος εἶναι δύναμις διευθυνομένη κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν τῆς μεταθέσεως. Λέγομεν τότε, ὅτι ἡ δύναμις εἶναι **ἀνθισταμένη** καὶ ὅτι ἐκτελεῖ ἔργον **ἀνθιστάμενον**.

Θεωροῦμεν τὸ μὲν κινητήριον ἔργον ὡς θετικόν, τὸ δ' ἀνθιστάμενον ὡς ἀρνητικόν.

Ἀλλ' ἐπειδὴ ἡ δρᾶσις εἶναι πάντοτε ἴση μὲ τὴν ἀντίδρασιν, δυνάμεθα νὰ προσθέσωμεν, ὅτι **τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον εἶναι ἴσον μὲ τὸ κινητήριον**.

48. Ἰσχὺς κινητῆρος.—Ὁ κινητὴρ εἶναι μηχανή, ἡ ὁποία ἐκτελεῖ ἔργον. Ἐκτιμῶμεν τὴν ἰσχὺν τοῦ κινητῆρος εὑρίσκοντες τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου Ε, τὸ ὁποῖον οὗτος ἐξετέλεσε, διὰ τοῦ χρόνου χ, τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη διὰ νὰ τὸ ἐκτελέσῃ. Εἶναι τότε ἡ ἰσχὺς ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον ὁ κινητὴρ παρέχει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου :

$$\text{Ἰσχὺς}=\frac{E}{\chi}. \qquad \text{Ἐὰν } \chi=1'',\ \text{ἰσχὺς}=E.$$

Ἐὰν $\chi=1$ καὶ $E=1$, ἔχομεν ἰσχὺς$=1$.

Ὅθεν μονὰς ἰσχύος εἶναι ἡ ἰσχὺς κινητῆρος, ὅστις ἐκτελεῖ τὴν μονάδα τοῦ ἔργου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἐὰν $\chi=1$ δεύτερον λεπτὸν καὶ $E=1$ erg, μονὰς ἰσχύος (εἰς τὸ σύστημα C.G.S.) εἶναι τὸ κατὰ δευτερόλεπτον erg, δηλ. ἡ ἰσχὺς κινητῆρος, ὅστις ἐκτελεῖ ἓν erg κατὰ δεύτερον λεπτόν.

Ἐὰν $\chi=1''$ καὶ $E=1$ joule, μονὰς ἰσχύος εἶναι τὸ watt, ἤτοι ἡ ἰσχὺς κινητῆρος ἐκτελοῦντος ἔργον 1 joule κατὰ δευτερόλεπτον.

Πολλαπλάσια τοῦ watt εἶναι τὸ hectowatt=100 watts καὶ τὸ kilowatt=1000 watts.

Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα μονὰς ἰσχύος εἶναι ἡ ἰσχὺς κινητῆρος ἐκτελοῦντος 1 χιλιογραμμόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον. Τὴν μονάδα ταύτην σπανίως μεταχειριζόμεθα. Ταύτην ἀντικατέστησεν ὁ ἵππος (ch).

Ἵππος εἶναι ἡ ἰσχύος κινητῆρος, ὅστις ἐκτελεῖ 75 χιλιογραμμόμετρα κατὰ δεύτερον λεπτόν.

Τιμὴ ἵππου εἰς watts. Γνωρίζομεν, ὅτι 1 χιλιογραμμόμετρον ἰσοδυναμεῖ μὲ 9,80 joules. Εἷς ἵππος ἰσοδυναμεῖ λοιπὸν μὲ $9,80\times75=735$ watts.

Ἐν Ἀγγλίᾳ ἡ συνήθης μονὰς ἰσχύος εἶναι τὸ horse-power (h-p), τοῦ ὁποίου ἡ τιμὴ εἶναι 75,9 χιλιογραμμόμετρα κατὰ δεύτερον λεπτόν.

49. Ἐνέργεια.—Ὅταν ἀνυψώνωμεν βάρος τι, παράγομεν ἔργον, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν εἰς χιλιογραμμόμετρα. Θὰ εἴπωμεν τότε, ὅτι ἀναπτύσσομεν **ἐνέργειαν**. Ἐπίσης, θὰ εἴπωμεν, ὅτι σύστημά τι ἐγκλείει ἐνέργειαν, ὅταν τὸ σύστημα τοῦτο θὰ εἶναι ἱκανὸν νὰ παραγάγῃ ἔργον. Οὕτω π.χ., ὅταν χορδίζωμεν ὡρολόγιον, παράγομεν ὡρισμένην ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀποθηκεύει τὸ ἐλατήριον· ἐὰν θέσωμεν μικρὸν στέλεχος μεταξὺ τῶν τροχῶν, ἡ κίνησις σταματᾷ· ἡ ἐνέργεια παύει τότε νὰ εἶναι ὁρατή, καὶ ἐν τούτοις ὑφίσταται. Ἡ κεκρυμμένη αὕτη ἐνέργεια, ἡ λανθάνουσα, καλεῖται **δυναμική**. Πράγματι, ἐὰν ἐξαγάγωμεν τὸ μεταξὺ τῶν τροχῶν στέλεχος, ἡ κίνησις ἄρχεται πάλιν, ἡ ἐνέργεια τοῦ ἐλατηρίου καθίσταται πάλιν ὁρατή· ἡ ἐνέργεια αὕτη καλεῖται **κινητική**.

Ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ παράδειγμα τοῦ βάρους, τὸ ὁποῖον ἀνυψοῦται. Ὅταν τὸ σῶμα φθάσῃ εἰς ὡρισμένον ὕψος, θέτομεν αὐτὸ ἐπί τινος ὑποστηρίγματος· ἡ ἐνέργειά μας παρήγαγεν ὡρισμένον κινητήριον ἔργον, διὰ νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν ἀντίστασιν· ἐπειδὴ τὸ σῶμα ἔπαυσε νὰ ἀνέρχεται, φαίνεται, ὅτι ἡ ἐνέργεια αὕτη ἀπωλέσθη· πραγματικῶς ὅμως, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἐλατηρίου, αὕτη ἔχει ἀποθηκευθῆ:

εἶναι δυναμική. Διότι, ἐὰν αἰφνιδίως ἀφαιρέσωμεν τὸ ὑποστήριγμα, τὸ σῶμα θὰ πέσῃ πάλιν, καὶ τὸ ἐκτελεσθὲν κατὰ τὴν ἀνύψωσιν ἔργον Β.Υ (Β τὸ βάρος, Υ τὸ ὕψος) θὰ ἀποδοθῇ· διότι, ὅταν τὸ σῶμα φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος, θὰ ἔχῃ ἐκτελέσει ἔργον κατ᾽ ἀντίθετον φορὰν ἴσον πρὸς Β.Υ, δηλ. ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια θὰ ἔχῃ μετατραπῇ εἰς κινητικήν. Ἂν δὲν ὑπῆρχον αἱ τριβαὶ καὶ ἂν τὸ σῶμα ἦτο τελείως ἐλαστικόν, ὅπως π.χ. σφαῖρα ἐξ ἐλεφαντόδοντος πίπτουσα ἐπὶ ἀκάμπτου ἐπιπέδου, θὰ παρετηροῦμεν, ὅτι ἡ σφαῖρα θὰ ἀνεπήδα μέχρι τοῦ σημείου τῆς ἀναχωρήσεως, ἐξ οὗ ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ κατὰ τὴν πτῶσιν παραγόμενον ἔργον εἶναι ἴσον πρὸς τὸ τῆς ἀνυψώσεως.

Μεταξὺ λοιπὸν τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας καὶ τῆς κινητικῆς ὑπάρχει σχέσις, τὴν ὁποίαν καθιστᾷ φανερὰν ὁ ἑπόμενος πίναξ.

Λάβωμεν τὸ παράδειγμα σώματος βάρους Β ἀνυψουμένου εἰς ὡρισμένον ὕψος Υ:

	ἐνέργεια δυναμική	ἐνέργεια κινητική	ὁλικὴ ἐνέργεια
Εἰς ὕψος Υ	Β. Υ	0	Β. Υ
Εἰς τὸ ἔδαφος	0	Β. Υ	Β. Υ

Παρατηροῦμεν οὕτω, ὅτι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς κινητικὴν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως, τῆς κινητικῆς αὐξανομένης, ἐνῷ ἡ δυναμικὴ ἐλαττοῦται. Ἡ ὁλικὴ ὅμως ἐνέργεια παραμένει σταθερά.

Ἡ διαπίστωσις αὐτὴ εἶναι σπουδαιοτάτη καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν θεωρήσωμεν ὡς γενικὴν εἰς τὴν φύσιν· αἱ δυνάμεις μετατρέπονται, ἡ ἐνέργεια ἐμφανίζεται ὑπὸ διαφόρους μορφάς, ὡς θερμότης, ἠλεκτρισμός, μαγνητισμὸς κτλ., ἀλλὰ τὸ ἄθροισμα τῆς ἐνεργείας παραμένει σταθερὸν (ἀφθαρσία τῆς ἐνεργείας).

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Μηχανὴ δύναται νὰ ἀνυψώσῃ 1800 χλγ. εἰς ὕψος 25 μ. ἐντὸς 30΄΄. α΄) Ποῖον ἔργον ἐκτελεῖ; β΄) Ποία ἡ ἰσχύς της;

Ἔχομεν Ε = 1800.25 = 45.000 χιλιογραμμόμετρα.

$$\text{Ἰσχὺς} = \frac{\text{Ε}}{\chi} = \frac{45000}{30} = 1500 \text{ χλγρμ.} = \frac{1500}{75} = 20 \text{ ἵπποι.}$$

Προβλήματα

1ον. Ἐργάτης ἀναβιβάζων φορτία κατακορύφως δύναται νὰ ὑψώσῃ βάρος 65 χλγ. μὲ ταχύτητα 1 ἑκατ. κατὰ δευτερόλεπτον καὶ ἐπὶ

6 ώρας την ημέραν. Ποίον έργον θα εκτελέση εν όλω εις μίαν ημέραν;

2ον. Ροή ύδατος παρέχουσα 120 κ. μ. ύδατος κατά λεπτόν ενεργεί επί τροχού υδρομύλου από ύψους 2 μέτρων. Ποίον το έργον, το οποίον η πτώσις αύτη εκτελεί εις 10 ώρας;

Λαμβανομένου δε υπ' όψιν ότι επί του άξονος του τροχού ενεργούν μόνον τα $\frac{3}{4}$ του έργου τούτου, του υπολοίπου χανομένου διά διαφόρους αιτίας, να προσδιορισθή εις ίππους η χρησιμοποιουμένη ισχύς.

3ον. Κινητήρ ισχύος 10 ίππων κινεί αντλίαν, η οποία αποστέλλει ύδωρ εις δεξαμενήν ευρισκομένην εις ύψος 25 μ. Γνωστού όντος, ότι ένεκα των τριβών τα $\frac{3}{5}$ μόνον του κινητηρίου έργου χρησιμοποιούνται, ζητείται ποίον όγκον ύδατος θα συσσωρεύσωμεν εντός δεξαμενής εις 4 ώρας.

ΚΕΝΤΡΟΜΟΛΟΣ ΚΑΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΟΣ ΔΥΝΑΜΙΣ

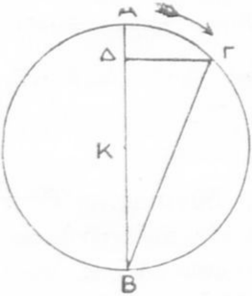
√ 50. **Κεντρομόλος καί φυγόκεντρος δύναμις.**— Όταν σώμά τι στρέφεται περί κέντρον με κίνησιν κυκλικήν, πρέπει να παραδεχθώμεν, ότι ασκείται έλξις υπό του κέντρου τούτου. Άλλως, δυνάμει της αδρανείας, το κινητόν θα διέφευγε κατ' ευθείαν γραμμήν κατά μίαν εφαπτομένην. Τούτο π.χ. συμβαίνει εις την σφενδόνην. Όλοι γνωρίζομεν ότι χρειάζεται προσπάθεια σταθερά διά να συγκρατήσωμεν τον λίθον, ο οποίος τείνει ακαταπαύστως να εκτιναχθή μακράν. Εάν η προσπάθεια αύτη και μίαν μόνον στιγμήν παύση ή εάν το σχοινίον κοπή, ο λίθος θα διαφύγη.

Η δύναμις, η οποία αναγκάζει το κινητόν να διαγράφη κυκλικήν τροχιάν, ωνομάσθη **κεντρομόλος**. Αλλ' επειδή δεν δύναται να νοηθή δράσις άνευ αντιδράσεως, είναι φανερόν ότι η κεντρομόλος δύναμις, η εξασκουμένη επί του στρεφομένου σώματος διά να το εμποδίση να απομακρυνθή εκ του κέντρου, θα συνοδεύεται από ίσην και αντίθετον αντίδρασιν. Η αντίδρασις αύτη καλείται **φυγόκεντρος δύναμις**.

51. **Τιμή της κεντρομόλου δυνάμεως.**— Θεωρήσωμεν κινητόν εις το Α (σχ. 22) στρεφόμενον κατά την φοράν του βέλους περί το κέντρον Κ με κίνησιν ομαλήν. Η διεύθυνσίς του κατά πάσαν στιγμήν είναι εφαπτομένη εις την περιφέρειαν· αλλ' εις το τέλος της πρώτης

μονάδος τοῦ χρόνου τὸ κινητόν, ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς κεντρομόλου δυνάμεως, ἔχει ἔλθει εἰς τὸ Γ, ἀφοῦ διέγραψε τὸ τόξον ΑΓ, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὡς ταυτιζόμενον μετὰ τῆς χορδῆς του, ἐὰν τὸ τόξον ὑποτεθῇ ἀπείρως μικρόν. Τὸ σῶμα ἔχει πέσει λοιπὸν κατὰ ΑΔ.

Ἀλλὰ κατὰ τὸν τύπον $\Delta = \mu\gamma$ (1), ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως, τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ὑπολογίσωμεν, ἐκφράζεται διὰ τοῦ γινομένου τῆς μάζης μ τοῦ κινητοῦ ἐπὶ τὴν ἀντίστοιχον ἐπιτάχυνσιν, ἡ δὲ ἐπιτάχυνσις εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυθέντος κατὰ τὴν πρώτην μονάδα τοῦ χρόνου. Καί, ἐπειδὴ τὸ εἰς τὴν πρώτην μονάδα τοῦ χρόνου διανυθὲν διάστημα εἶναι ΑΔ, ἡ ἐπιτάχυνσις ἡ ὀφειλομένη εἰς τὴν κεντρομόλον δύναμιν θὰ ἰσοῦται μὲ $2.\mathrm{A\Delta} = \gamma$



Σχ. 22.

$$\text{ἄρα } \mathrm{A\Delta} = \frac{\gamma}{2}.$$

Ἀφ᾿ ἑτέρου τὸ τόξον (ἢ ἡ χορδὴ) ΑΓ εἶναι τὸ διάστημα τὸ διανυθὲν ὑπὸ τοῦ κινητοῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου κατὰ τὴν ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, δηλ. ἡ ταχύτης τ τοῦ κινητοῦ, ἤτοι

$$\mathrm{A\Gamma} = \tau.$$

Ἐὰν δὲ παραστήσωμεν δι᾿ α τὴν ἀκτῖνα τῆς διαγραφομένης περιφερείας, ἔχομεν:

$$\mathrm{AB} = 2\alpha.$$

Ἐκ τοῦ ὀρθογωνίου τριγώνου ΑΓΒ ἔχομεν:

$$\mathrm{A\Gamma}^2 = \mathrm{AB.A\Delta} \quad \text{ἢ} \quad \tau^2 = 2\alpha \cdot \frac{\gamma}{2} \quad \text{ἢ} \quad \gamma = \frac{\tau^2}{\alpha}.$$

Καί, ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν (1), λαμβάνομεν:

$$\Delta = \frac{\mu\tau^2}{\alpha}.$$

52. Ἔκφρασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.—Ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι ἡ ἀντίδρασις τῆς κεντρομόλου. Ἐπομένως ὁ τύπος θὰ εἶναι ὁ αὐτός. Ἀλλ᾿ ἂν αἱ ἐντάσεις εἶναι ἴσαι, δὲν πρέπει νὰ λησμονῶμεν, ὅτι ἐνταῦθα αἱ φοραὶ θὰ εἶναι ἀντίθετοι. Θὰ ἔχωμεν λοιπόν, ἐὰν Φ ἡ ἔντασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως:

$$\Phi = \Delta = \frac{\mu\tau^2}{\alpha}. \qquad (2)$$

53. Νόμοι.—Ἐκ τῶν τύπων τούτων συνάγομεν τοὺς ἑπομένους νόμους τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως :

α′) Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο διαφόρους μάζας, διαγραφούσας μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος δύο περιφερείας τῆς αὐτῆς ἀκτῖνος, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς μάζας ταύτας.

β′) Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἴσας μάζας, διαγραφούσας περιφερείας τῆς αὐτῆς ἀκτῖνος μετὰ διαφόρων ταχυτήτων, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ταχυτήτων τούτων.

γ′) Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἴσας μάζας, κινουμένας μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος καὶ διαγραφούσας περιφερείας διαφόρων ἀκτίνων, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτῖνας ταύτας.

Ὁ τύπος (2) δὲν περιλαμβάνει τὸν χρόνον μιᾶς ὁλοκλήρου περιφορᾶς. Ἐὰν καλέσωμεν χ τὸν χρόνον τοῦτον, ἐπειδὴ τὸ κινητὸν εἰς χρόνον χ διαγράφει τὴν περιφέρειαν 2πα μὲ κίνησιν ὁμαλήν, θὰ ἔχωμεν :

$$\tau.\chi = 2\pi\alpha \quad \text{ἢ} \quad \tau = \frac{2\pi\alpha}{\chi}.$$

Εἰσάγοντες δὲ εἰς τὸν τύπον (2) τὴν τιμὴν ταύτην τοῦ τ, ἔχομεν :

$$\Phi = \frac{\mu}{\alpha} \cdot \frac{4\pi^2\alpha^2}{\chi^2}$$

ἢ μετὰ τὴν ἁπλοποίησιν :

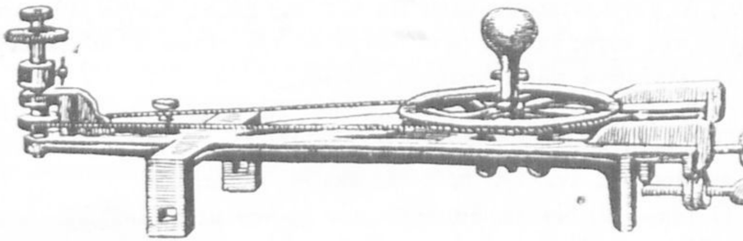
$$\Phi = \frac{4\pi^2\alpha.\mu.}{\chi^2}.$$

Συνεπῶς :

δ′) Αἱ φυγόκεντροι δυνάμεις διὰ δύο ἴσας μάζας, διαγραφούσας εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον περιφερείας διαφόρων ἀκτίνων, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀκτῖνας ταύτας.

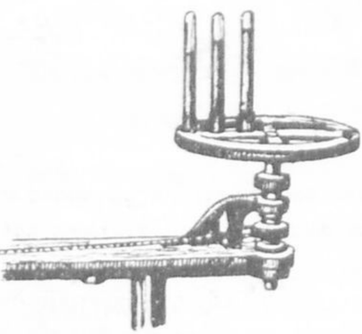
Πειραματικαὶ ἀποδείξεις. Ἡ παραγωγὴ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως καὶ οἱ νόμοι αὐτῆς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς διὰ τῆς ἐν τῷ σχήματι 23 παριστωμένης μηχανῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ κοχλιώσωμεν διαφόρους συσκευὰς καὶ νὰ θέσωμεν αὐτὰς εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Α′) Θέτομεν ἐπὶ τῆς μηχανῆς δίσκον φέροντα, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 24, τρεῖς ὁμοίους ὑαλίνους σωλῆνας εἰς ἀποστάσεις 1,2,3, ἀπὸ τοῦ ἄξονος καὶ πλήρεις κεχρωσμένου ὕδατος. Θέτομεν κατόπιν τὴν συσκευὴν εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι τὸ ὕδωρ ἐκφενδονίζεται ἐκ τῶν σωλήνων, ὅπερ ἀποδεικνύει τὴν ἀνάπτυξιν φυγοκέντρου δυνάμεως· τόσον δὲ περισσότερον ὕδωρ ἐκσφενδονίζεται, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ σωλῆνος ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Ἐὰν συγκρίνωμεν τὴν κατάπτωσιν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος εἰς

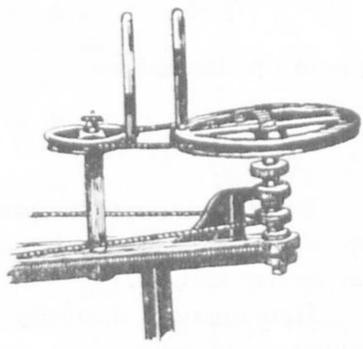


Σχ. 23

τοὺς τρεῖς σωλῆνας, διαπιστοῦμεν, ὅτι τὸ ποσὸν τοῦ ἐκσφενδονισθέντος ὕδατος εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν ἀπόστασιν τῶν διαφόρων σωλήνων ἀπὸ τοῦ ἄξονος. Τοῦτο ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι **ἀνάλογος τῆς ἀκτῖνος**, ὅταν οἱ χρόνοι τῆς περιστροφῆς καὶ αἱ μᾶζαι εἶναι ἴσαι.

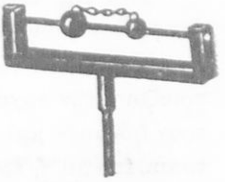


Σχ. 24



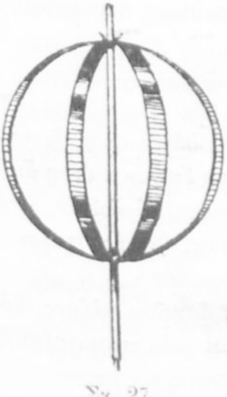
Σχ. 25

Β΄) Ἀφαιροῦμεν τοὺς σωλῆνας καὶ κοχλιοῦμεν εἰς τὴν μηχανὴν καὶ δεύτερον δίσκον, τοῦ ὁποίου ἡ διάμετρος εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς τοῦ πρώτου, συνδέομεν δὲ αὐτοὺς διὰ λωρίου, ὡς δεικνύει τὸ σχῆμα 25. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν δίσκων τούτων, ἄνωθεν τοῦ λωρίου, κοχλιοῦμεν δύο ἰσοπαχεῖς σωλῆνας πλήρεις κεχρωσμένου ὕδατος. Κατὰ τὴν περιστροφὴν ἀμφότεροι οἱ σωλῆνες ἔχουν τὴν αὐτὴν ταχύτητα, δηλ. τὴν ταχύτητα, τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς αὐτοὺς τὸ λωρίον, ἀλλ' ὁ σωλὴν ὁ εὑρισκόμενος ἐπὶ τοῦ μικροῦ δίσκου παρουσιάζει διπλασίαν κατάπτωσιν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Συνεπῶς ὑφίσταται φυγόκεντρον δύναμιν διπλασίαν ἀπὸ τὴν τοῦ σωλῆνος τοῦ μεγαλυτέρου δίσκου, ὅπερ ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι **ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὰς ἀκτῖνας,** ὅταν αἱ μᾶζαι καὶ αἱ ταχύτητες εἶναι ἴσαι.



Σχ. 26

Γ΄) Θέτομεν ἐπὶ τῆς μηχανῆς τὴν ἐν τῷ σχήματι 26 συσκευήν, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν σειρὰν σχετικῶν πειραμάτων. Π.χ. 1) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ σύρματος δύο ἴσας σφαίρας, ἰσάκις ἀπεχούσας ἀπὸ τοῦ ἄξονος καὶ προσδεδεμένας διὰ νήματος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι αὗται ἰσορροποῦν κατὰ τὴν περιστροφήν. Τοῦτο ἀποδεικνύει, ὅτι **εἰς ἴσας μάζας ἀντιστοιχοῦν ἴσαι φυγόκεντροι δυνάμεις,** ὅταν αἱ ἀκτῖνες εἶναι ἴσαι καὶ ἡ ταχύτης ἡ αὐτή. 2) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ σύρματος δύο σφαίρας, ὧν αἱ μᾶζαι ἔχουν λόγον 2 πρὸς 1, συνδεδεμένας διὰ νήματος. Μεταβάλλοντες τὰς ἀποστάσεις αὐτῶν ἀπὸ τοῦ ἄξονος, παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν ὅτι ἡ μεγαλυτέρα ἕλκει πρὸς ἑαυτὴν τὴν μικροτέραν, ἄλλοτε ὅτι ἡ μικροτέρα ἕλκει τὴν μεγαλυτέραν καὶ ἄλλοτε ὅτι αἱ δύο σφαῖραι ἰσορροποῦν.



Σχ. 27

Τέλος, διὰ τῆς ἐν τῷ σχήματι 27 συσκευῆς ἐξηγοῦμεν τὴν πλάτυνσιν περὶ τοὺς πόλους καὶ τὴν ἐξόγκωσιν περὶ τὸν ἰσημερινόν, ἃς ὑπέστη ἡ Γῆ, ἕνεκα τῆς περιστροφικῆς αὐτῆς κινήσεως, ὅτε ἀκόμη εὑρίσκετο ἐν διαπύρῳ καὶ τετηκυίᾳ καταστάσει.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ὑλικὸν σημεῖον βάρους 5 γρ. διανύει περιφέρειαν κύκλου, ἀκτῖνος 0,8 μ. μετὰ ταχύτητος σταθερᾶς 4 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον. Ποία ἡ ἔντασις τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ σημεῖον τοῦτο ;

$$\text{Ἔχομεν } \Phi = \frac{\mu\tau^2}{\alpha} \text{ καὶ } \mu = \frac{B}{g}$$

$$\text{ἄρα } \Phi = \frac{B}{g} \cdot \frac{\tau^2}{\alpha} = \frac{5.4^2}{9,8.0,8} = 10,2 \text{ γρ.}$$

54. Φαινόμενα ἐξηγούμενα διὰ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.—Πλεῖστα φαινόμενα ἐξηγοῦνται διὰ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως.

Διὰ τῆς ἐνεργείας τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως οἱ τροχοὶ ἁμάξης ἐκσφενδονίζουν μακρὰν τὸν ἐπ' αὐτῶν προσκολλώμενον πηλόν.

Οἱ ὁδηγοὶ τῶν ἁμαξοστοιχιῶν εἰς τὰς στροφὰς τῆς γραμμῆς μετριάζουν τὴν ταχύτητα, ἵνα ἐλαττώσουν τὴν ἀναπτυσσομένην φυγόκεντρον δύναμιν καὶ ἀποφύγουν τὴν ἐκτροχίασιν. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον τοποθετεῖται ἡ ἐξωτερικὴ ῥάβδος ὀλίγον ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐσωτερικήν, ὥστε ἡ ἁμαξοστοιχία νὰ κλίνῃ πρὸς τὰ ἔσω. Λαμβάνει τότε αὕτη διεύθυνσιν τοιαύτην, ὥστε ἡ συνισταμένη τοῦ βάρους της καὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως νὰ εἶναι κάθετος ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ συνεπῶς νὰ ἰσορροπῆται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τούτου.

Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον οἱ ἵπποι καὶ οἱ ἀναβάται εἰς τὰ ἱπποδρόμια κλίνουν τὸ σῶμά των πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς των.

Ἐὰν εἰς σφαιρικὸν ἢ κυλινδρικὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδωρ, δώσωμεν ταχεῖαν περιστροφικὴν κίνησιν, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἐλευθέρα αὐτοῦ ἐπιφάνεια κοιλαίνεται, καὶ τοσοῦτον περισσότερον, ὅσον ἡ περιστροφικὴ κίνησις εἶναι ταχυτέρα κτλ.

Προβλήματα

1ον. Σφαῖρα μεταλλική, μάζης 500 γρ., προσδεδεμένη εἰς τὸ ἓν ἄκρον σχοινίου, μήκους 1 μ., περιστρέφεται περὶ τὸ ἕτερον τούτου ἄκρον μετὰ ταχύτητος τοιαύτης, ὥστε νὰ διαγράφῃ μίαν καὶ ἡμίσειαν στροφὴν κατὰ δευτερόλεπτον: Νὰ προσδιορισθῇ ἡ τάσις, ἣν ὑφίσταται τὸ νῆμα.

2ον. Κρεμῶμεν ἀπὸ χορδήν, μήκους 1,5 μ., δοχεῖον πλῆρες ὕδατος, τοῦ ὁποίου τὸ ὁλικὸν βάρος εἶναι 3 χγρ. καὶ τὸ περιστρέφομεν οὕτως, ὥστε νὰ διαγράφῃ κύκλον κατακόρυφον.

Ζητεῖται:

α) Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ δοχείου, δηλ. πόσους κύκλους πρέπει νὰ διαγράφῃ κατὰ δευτερόλεπτον, διὰ νὰ μὴ πίπτῃ τὸ ὕδωρ:

β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τάσις τῆς χορδῆς εἰς δύνας, ὅταν τὸ δοχεῖον διαγράφῃ δύο κύκλους εἰς 1'' μὲ κίνησιν ὁμαλήν.

γ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ μεγίστη καὶ ἡ ἐλαχίστη τιμὴ τῆς τάσεως ταύτης.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΒΑΡΥΤΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΓΕΝΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ ΕΠΙ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ

55. **Βαρύτης.**—Πάντα τὰ σώματα, στερεὰ ἢ ὑγρά, φερόμενα εἰς ὕψος τι καὶ ἀφιέμενα ἐλεύθερα, **πίπτουν**, ἤτοι **διευθύνονται πρὸς τὴν Γῆν**· ἐὰν τεθοῦν ἐπὶ ὑποστηρίγματος, ἐξασκοῦν ἐπὶ τούτου ὡρισμένην πίεσιν. Λέγομεν τότε, ὅτι ταῦτα εἶναι **βαρέα**.

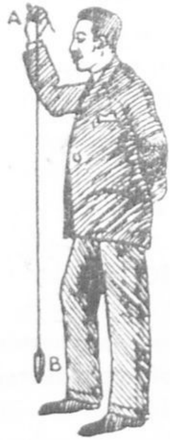
Καὶ τὰ ἀέρια εἶναι βαρέα· ἐὰν δὲ τὰ πλεῖστα τῶν ἀερίων, ὁ καπνός, τὰ ἀερόστατα, ἀνυψοῦνται εἰς τὸν ἀέρα, τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἀήρ, ὁ ὁποῖος εἶναι καὶ αὐτὸς βαρύς, ἐξασκεῖ ἐπὶ ὅλων τῶν σωμάτων τούτων ὦσιν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω πολὺ μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν δρᾶσιν, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἐπὶ τῶν σωμάτων τούτων ἡ βαρύτης. Ἡ ὦσις αὕτη τὰ ἀνυψοῖ, καθὼς τὸ ὕδωρ ἀνυψοῖ τεμάχιον φελλοῦ, τὸ ὁποῖον βυθίζομεν ἐντὸς αὐτοῦ καὶ ἔπειτα τὸ ἀφίνομεν ἐλεύθερον.

Ἡ αἰτία τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, δηλ. ἡ δύναμις ἡ ὁποία τείνει νὰ παρασύρῃ ὅλα τὰ σώματα πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς, καλεῖται **βαρύτης**. Ἐπειδὴ ἡ βαρύτης εἶναι δύναμις, διὰ νὰ ὁρισθῇ τελείως, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν: α) τὴν διεύθυνσιν καὶ φορὰν αὐτῆς, β) τὴν ἔντασιν, γ) τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς της.

56. **Διεύθυνσις τῆς βαρύτητος. Νῆμα τῆς στάθμης.**—Διεύθυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι ἡ γραμμή, τὴν ὁποίαν ἀκολουθεῖ σῶμα βαρὺ πῖπτον ἐλευθέρως. Ἡ διεύθυνσις αὕτη καλεῖται **κατακόρυφος** καὶ δίδεται ὑπὸ τοῦ νήματος τῆς στάθμης. Τοῦτο εἶναι νῆμα εὔκαμπτον, ἀπὸ τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου ἐξαρτᾶται σῶμα κυλινδροκωνικὸν (σχ. 28) ἐξ ὀρειχάλκου. Ὅταν τὸ νῆμα τοῦτο, ἀφοῦ στερεωθῇ κατὰ τὸ ἀνώτερον αὐτοῦ ἄκρον, ἀφεθῇ ἐλεύθερον, τείνεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς

βαρύτητος. Καὶ ἐπειδὴ **ἡ τάσις αὐτοῦ ἰσορροπεῖ** τὴν βαρύτητα, αἱ δύο αὗται δυνάμεις εἶναι κατ' ἀνάγκην τῆς αὐτῆς διευθύνσεως.

Ἡ διεύθυνσις τοῦ νήματος τῆς στάθμης εἶναι κάθετος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠρεμούντων ὑγρῶν (σχ. 29). Εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλα τὰ σώματα εἰς τὸν αὐτὸν τόπον. Διότι, ἐὰν τοποθετήσωμεν παραπλεύρως ἀλλήλων πολλὰ νήματα τῆς στάθμης, ἐκ διαφόρων οὐσιῶν συνιστάμενα, διαπιστοῦμεν, ὅτι αἱ διευθύνσεις των εἶναι παράλληλοι ὅταν εὑρίσκωνται ἐν ἰσορροπίᾳ.

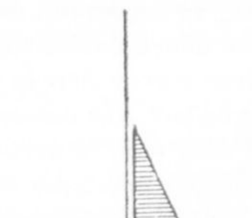


Σχ. 28

Πᾶν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τῆς κατακορύφου τόπου τινὸς καλεῖται **κατακόρυφον ἐπίπεδον**. Πᾶν δὲ ἐπίπεδον κάθετον ἐπὶ τὴν κατακόρυφον καλεῖται **ἐπίπεδον ὁριζόντιον**.

Ἡ βαρύτης διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς. Ἡ ἐπιφάνεια τῶν ὑδάτων σχηματίζει, εἰς ἕκαστον τόπον, ἐπίπεδον ὁριζόντιον, ἐφαπτόμενον τῆς γηΐνης σφαίρας. Αἱ δὲ κατακόρυφοι, ὡς κάθετοι εἰς πᾶν σημεῖον ἐπὶ τὸ κατὰ τὸ σημεῖον τοῦτο ἐφαπτόμενον εἰς τὴν σφαῖραν ἐπίπεδον, ἔχουν τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Ἐπομένως ἡ βαρύτης διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τῆς Γῆς.

Σημείωσις. Ὅταν θεωρῶμεν δύο σημεῖα, τὰ ὁποῖα δὲν ἀπέχουν πολὺ ἀπ' ἀλλήλων, δυνάμεθα, ἕνεκα τῆς σμικρότητος τῆς σχηματιζομένης γωνίας, νὰ θεωρήσωμεν τὰς κατακορύφους τῶν σημείων τούτων ὡς αἰσθητῶς παραλλήλους.


Σχ. 29

Ἡ φορά, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐνεργεῖ ἡ βαρύτης κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν, εἶναι ἡ φορὰ ἡ παράγουσα τὴν τάσιν τοῦ νήματος, ἐκ τῶν ἄνω δηλ. πρὸς τὰ κάτω. Ἡ δύναμις λοιπὸν διευθύνεται πάντοτε πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ ἀντίδρασις συνεπῶς τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως διευθύνεται κατ' ἀντίθετον φοράν, δηλ. ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.

57. Ἔντασις τῆς βαρύτητος. Βάρος.—Ὅταν ἓν σῶμα εἶναι διῃρημένον εἰς τεμάχια, ἕκαστον τεμάχιον, ὁσονδήποτε μικρὸν καὶ ἂν εἶναι, πίπτει, ὅταν ἀφεθῇ ἐλεύθερον, ὅπως καὶ ὁλόκληρον τὸ σῶμα. Πρέπει λοιπὸν νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι τὰ μόρια ἑνὸς σώματος ὑπόκεινται ἕκαστον εἰς τὴν ἐνέργειαν μιᾶς κατακορύφου δυνάμεως, διευθυνομένης ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Ὅλαι αἱ δυνάμεις αὗται εἶναι ἴσαι καὶ δύνανται νὰ θεωρηθοῦν παράλληλοι. Ἐμάθομεν ὅμως, ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀντικαταστήσωμεν αὐτὰς διὰ μιᾶς μόνης, ἥτις, ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ σώματος, θὰ παράγῃ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, τὸ ὁποῖον παράγουν καὶ αἱ δυνάμεις αὗται.

Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν ἐνεργειῶν τῆς βαρύτητος ἐπὶ τοῦ σώματος, ἰσοῦται δὲ μὲ τὸ ἄθροισμα ὅλων τῶν ὡς ἀνωτέρω μικρῶν κατακορύφων δυνάμεων καὶ ἔχει καὶ αὐτὴ διεύθυνσιν κατακόρυφον. Τὸ μέγεθος αὐτῆς παριστᾷ τὸ **βάρος** τοῦ σώματος. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ ὁρίσωμεν τὸ **βάρος** ἑνὸς σώματος ὡς τὴν ἔντασιν τῆς συνισταμένης ὅλων τῶν ἐνεργειῶν, τῶν ἐξασκουμένων ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου ὑπὸ τῆς βαρύτητος.

Ἐπειδὴ τὸ βάρος ἑνὸς σώματος εἶναι δύναμις, πρέπει νὰ ὑπολογίζεται εἰς δύνας ἢ χιλιόγραμμα. Δυνάμεθα δὲ νὰ τὸ προσδιορίσωμεν κατὰ προσέγγισιν διὰ δυναμομέτρου, ὅπως εἶναι ὁ μετ᾽ ἐλατηρίου ζυγός.

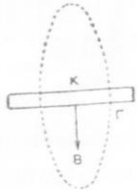
Κέντρον τοῦ βάρους. Κέντρον τοῦ βάρους ἑνὸς σώματος εἶναι τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ὅλων τῶν ἐνεργειῶν, τῶν ἐξασκουμένων ἐπὶ τοῦ σώματος τούτου ὑπὸ τῆς βαρύτητος.

58. Κέντρον τοῦ βάρους τῶν ὁμοιομερῶν σωμάτων.— Λέγομεν, ὅτι σῶμά τι εἶναι **ὁμοιομερές,** ὅταν ἡ ὕλη αὐτοῦ εἶναι ὁμαλῶς διανεμημένη καθ᾽ ὅλην αὐτοῦ τὴν ἔκτασιν, ὥστε, δύο οἱοιδήποτε ἴσοι ὄγκοι, λαμβανόμενοι ἀπὸ δύο διάφορα μέρη τοῦ σώματος, νὰ ἔχουν τὸ αὐτὸ βάρος.

Εἰς ὅλα τὰ ὁμοιομερῆ σώματα, ἡ θέσις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχήματος τοῦ σώματος. Ἐὰν τοῦτο εἶναι γεωμετρικῶς ὡρισμένον, ἡ ἀναζήτησις τοῦ κέντρου τοῦ βάρους ἀποτελεῖ πρόβλημα πάντοτε δυνατόν. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν τὸ κέντρον τοῦ βάρους προσδιορίζεται κατὰ προσέγγισιν.

Οὕτω π.χ., ἐὰν τὸ σῶμα παρουσιάζῃ κέντρον ἢ ἄξονα ἢ ἐπίπεδον συμμετρίας, τὸ κέντρον τοῦ βάρους του συμπίπτει μετὰ τοῦ κέντρου τούτου ἢ εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος ἢ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τῆς συμμετρίας. Ἐπίσης, ἐὰν ἐπιφάνειά τις ἔχῃ διάμετρον, τὸ κέντρον τοῦ βάρους της εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς διαμέτρου ταύτης. Τὸ κέντρον τοῦ βάρους περιφερείας, κύκλου, σφαίρας, πολυγώνου κανονικοῦ, συμπίπτει μετὰ τοῦ γεωμετρικοῦ των κέντρου. Τὸ κέντρον τοῦ βάρους παραλληλογράμμου, παραλληλεπιπέδου, πολυέδρου κανονικοῦ συμπίπτει μὲ τὸ σημεῖον τῆς τομῆς τῶν διαγωνίων.

Σημείωσις. Μία ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία δὲν ἔχει πάχος καὶ μία γραμμή, ἡ ὁποία ἔχει μίαν μόνον διάστασιν, δὲν δύνανται νὰ ἔχουν βάρος καὶ συνεπῶς καὶ κέντρον βάρους. Ἀλλὰ δυνάμεθα νὰ ἐννοήσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν γραμμὴν διῃρημένας, τὴν μὲν εἰς στοιχεῖα ἐπιφανειακά, τὴν δὲ εἰς στοιχεῖα γραμμικά, εἰς τὰ ὁποῖα ὑποθέτομεν ἐφηρμοσμένα βάρη ἀνάλογα πρὸς τὰς διαστάσεις των. Αἱ δυνάμεις αὗται ἔχουν συνισταμένην ἴσην πρὸς τὸ ἄθροισμά των. Τὸ σημεῖον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς συνισταμένης ταύτης καλεῖται κέντρον τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας ἢ τῆς γραμμῆς.



Σχ. 30.

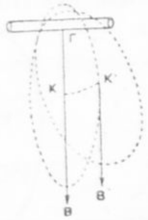
59. Συνθήκη ἰσορροπίας τῶν στερεῶν σωμάτων. — Ἡ ἐνέργεια τῆς βαρύτητος ἐπὶ σώματος συντίθεται πάντοτε, ὡς ἐμάθομεν, εἰς μίαν μόνον δύναμιν κατακόρυφον, διευθυνομένην ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω καὶ ἐφηρμοσμένην εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος. Ἵνα λοιπὸν τὸ σῶμα ἰσορροπῇ, πρέπει καὶ ἀρκεῖ ἡ δύναμις αὐτη, δηλ. τὸ βάρος τοῦ σώματος, νὰ ἰσορροπῆται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὑποστηρίγματος.

α) Σώματα κινητὰ περὶ ὁριζόντιον ἄξονα. Τοιαύτη εἶναι ἡ περίπτωσις τροχοῦ ἢ τοῦ δίσκου τῶν σχημάτων τῆς ἑπομένης σελίδος.

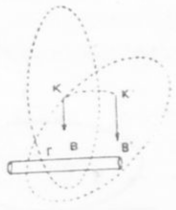
Ἰσορροπία ἀδιάφορος. Ἐὰν ὁ ἄξων διέρχεται ἀκριβῶς διὰ τοῦ κ. β. τοῦ σώματος (σχ. 30), εἰς οἱανδήποτε θέσιν καὶ ἂν εὑρίσκεται τὸ σῶμα, τὸ βάρος του ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἄξονος καὶ συνεπῶς ἰσορροπεῖ εἰς ὅλας τὰς θέσεις. Ἡ ἰσορροπία αὕτη καλεῖται **ἀδιάφορος**.

Ἰσορροπία εὐσταθὴς καὶ ἀσταθής. Ἐὰν ὁ ἄξων δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κ. β., ὑπάρχουν δύο θέσεις ἰσορροπίας (κατὰ τὰς ὁποίας τὸ βάρος ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἄξονος), αἱ θέσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἡ κατακόρυφος τοῦ κ. β. συναντᾷ τὸν ἄξονα.

Τὸ κ. β. δύναται νὰ κεῖται κάτωθεν (σχ. 31) ἢ ἄνωθεν (σχ. 32) τοῦ ἄξονος. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν λέγομεν, ὅτι τὸ σῶμα εὑρίσκεται εἰς **εὐσταθῆ ἰσορροπίαν**. Διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν αὐτὸ ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας καὶ τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον, τὸ βάρος τοῦ Β τὸ ἐπαναφέρει εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν, ἡ ἰσορροπία λέγεται **ἀσταθής,** διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον τὸ σῶμα ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, τὸ βάρος του τείνει νὰ τὸ ἀπομακρύνῃ ἔτι μᾶλλον, διὰ νὰ τὸ φέρῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς εὐσταθοῦς ἰσορροπίας.



Σχ. 31

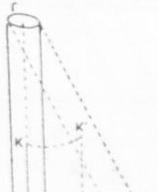


Σχ. 32

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Εἰς μὲν τὴν πρώτην θέσιν τὸ κ. β. κεῖται ὅσον τὸ δυνατὸν κατωτέρω τοῦ ἄξονος, εἰς δὲ τὴν δευτέραν ὅσον τὸ δυνατὸν ἀνωτέρω αὐτοῦ· εἰς τὴν θέσιν τῆς ἀδιαφόρου ἰσορροπίας τὸ κ. β. διατηρεῖ τὸ αὐτὸ ὕψος κατὰ τὴν κίνησιν τοῦ σώματος.

β) Στερεὸν σῶμα κινητὸν περὶ σημεῖον. Τοιαύτη εἶναι π. χ. ἡ περίπτωσις κανόνος κρεμαμένου **διὰ δακτυλίου**. Ἐὰν τὸ σημεῖον τῆς ἐξαρτήσεως δὲν συμπίπτῃ μετὰ τοῦ κ. β., ὑπάρχουν δύο θέσεις ἰσορροπίας: ἡ μὲν εὐσταθὴς (σχ. 33), ἡ δὲ ἀσταθὴς (σχ. 34), τοιαῦται, ὥστε ἡ κατακόρυφος τοῦ κ.β. νὰ συναντᾷ τὸ σημεῖον τῆς ἐξαρτήσεως.

γ) **Σώματα στηριζόμενα ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου δι᾽ ἑνὸς σημείου**. Ὅταν τὸ σημεῖον τῆς ἐπαφῆς μένῃ σταθερὸν κατὰ τὴν μετάθεσιν τοῦ σώματος, ἡ περίπτωσις αὕτη ἀνάγεται εἰς τὴν προηγουμένην. Ἄλλοτε τὸ σημεῖον τῆς ἐπαφῆς δὲν εἶναι σταθερόν· τοιαύτη ἡ περίπτωσις ᾠοῦ, ὅπερ δύναται νὰ κυλίεται ἐπὶ τραπέζης. Ὑπάρχουν δύο θέσεις ἰσορροπίας, αἱ δύο θέσεις καθ᾽ ἃς ἡ κατακόρυφος τοῦ κ.β. διέρχεται διὰ τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως. Τὸ βάρος τότε ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ στηρίζῃ τὸ ᾠὸν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου. Καὶ ἡ μὲν θέσις, καθ᾽ ἣν τὸ κ.β. κεῖται ὅσον τὸ δυνατὸν κατωτέρω (σχ. 35), εἶναι εὐσταθής,

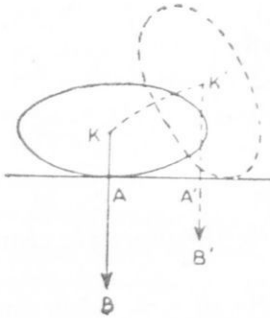


Σχ. 33

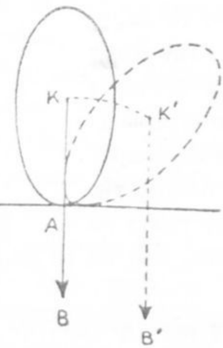
Σχ. 34

διότι, ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸ σῶμα ἐκ τῆς θέσεως ταύτης, τὸ βάρος του τείνει νὰ τὸ ἐπαναφέρῃ εἰς ταύτην· τοὐναντίον, ἡ θέσις, καθ' ἣν τὸ κ. β. κεῖται ὅσον τὸ δυνατὸν ὑψηλότερον (σχ. 36), εἶναι ἀσταθής.

Ὅταν μία σφαῖρα κυλίεται ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, εὑρίσκεται εἰς ἰσορροπίαν ἀδιάφορον καθ' ὅλας αὐτῆς τὰς θέσεις. Τὸ κ. β. διατηρεῖ σταθερὸν ὕψος καὶ ἡ κατακόρυφος τούτου συναντᾷ πάντοτε τὸ σημεῖον τῆς στηρίξεως.

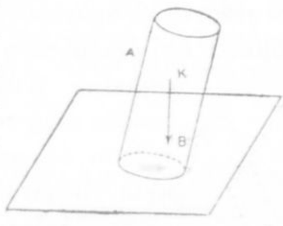


Σχ. 35

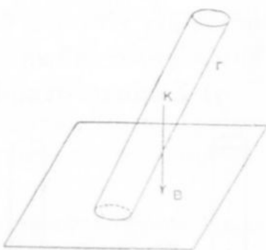


Σχ. 36

δ) Σώματα στηριζόμενα διὰ βάσεως ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Διὰ νὰ εὑρίσκεται ἐν τοιοῦτον σῶμα ἐν ἰσορροπίᾳ, πρέπει καὶ ἀρκεῖ ἡ κατακόρυφος τοῦ κ.β. νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς βάσεως, διὰ τῆς ὁποίας τὸ σῶμα στηρίζεται. Εἶναι πράγματι φανερόν, ὅτι ὁ κύλινδρος Α εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, τὸ δὲ βάρος του (σχ. 37) τείνει νὰ στηρίξῃ αὐτὸν ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος. Ὁ κύλινδρος Γ τοὐναντίον (σχ. 38) δὲν θὰ ἰσορροπήσῃ, ἐὰν ἀφήσωμεν αὐτὸν ἐλεύθερον.



Σχ. 37



Σχ. 38

Τὸ μετὰ τριῶν τροχῶν ποδήλατον, τὸ ὁποῖον στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους διὰ τριῶν σημείων, εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ, διότι ἡ κατακόρυφος τοῦ κ. β. πίπτει ἐντὸς τοῦ τριγώνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ πολύγωνον τῆς βάσεως.

Προβλήματα.

1ον. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς περιμέτρου τριγώνου.

2ον. Νὰ προσδιορισθῇ τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας τριγώνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

60. Πρῶτος νόμος.—Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον, πάντα τὰ σώματα πίπτουν μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος.

61. Δεύτερος νόμος.—Τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα ὑπὸ σώματος, τὸ ὁποῖον, ἀναχωροῦν ἐκ τῆς ἠρεμίας, πίπτει ἐλευθέρως, εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων, καθ' οὓς διηνύθησαν.

62. Τρίτος νόμος.—Αἱ ταχύτητες αἱ κτηθεῖσαι ὑπὸ σώματος, τὸ ὁποῖον, ἀναχωροῦν ἐκ τῆς ἠρεμίας, πίπτει ἐλευθέρως, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τοὺς διαρρεύσαντας ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς πτώσεως.

Οἱ νόμοι οὗτοι ἀφορῶσιν εἰς τὴν πτῶσιν **ἐν τῷ κενῷ**.

Οἱ δύο τελευταῖοι χαρακτηρίζουν **κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην** καὶ ὁ εἷς εἶναι συνέπεια τοῦ ἄλλου. Ἐκφράζονται συνεπῶς διὰ τῶν ἐξισώσεων :

$$\delta = \frac{g\chi^2}{2} = \frac{1}{2}g\chi^2 \qquad \tau = g\chi. \qquad \Delta = \frac{1}{2}\gamma\chi^2$$

Ἡ σταθερὰ αὔξησις τῆς ταχύτητος κατὰ δεύτερον λεπτὸν ἢ ἡ **ἐπιτάχυνσις** g εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυομένου κατὰ τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεως.

$\tau = \sqrt{2g\delta}$ εἶναι ἡ κτηθεῖσα ταχύτης ὑπὸ σώματος πίπτοντος ἀπὸ ὕψους δ εἰς τὸ κενόν, ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος.

Εἶναι δηλ. ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ῥίζαν τοῦ ὕψους τῆς πτώσεως.

Γνωρίζομεν, ὅτι τὸ βάρος σώματος εἶναι δύναμις **σταθερὰ κατὰ τὴν διεύθυνσιν** εἰς ὡρισμένον τόπον. Ἐκ τοῦ ὅτι δὲ ἡ κίνησις εἶναι ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη προκύπτει, ὅτι τὸ βάρος τοῦτο εἶναι **δύναμις σταθερὰ καὶ κατὰ τὸ μέγεθος**, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς πτώσεως.

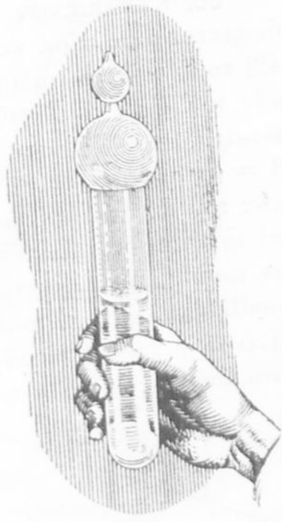
63. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ἀνωτέρω νόμων.—Πρῶτος νόμος. Ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ πέσουν συγχρόνως, ἀπὸ τὸ αὐτὸ ὕψος, νόμισμα μεταλλικὸν καὶ δίσκος ἐκ χάρτου, τῶν αὐτῶν διαστάσεων, τὸ νόμισμα θὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος πρὸ τοῦ χαρτίνου δίσκου. Ὁ λόγος εἶναι ὅτι, ἐπειδὴ τὸ βάρος τοῦ νομίσματος εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ χάρτου, ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι διὰ τὸ νόμισμα σχετικῶς μικροτέρα. Ἀλλ' ἐὰν θέσωμεν τὸν ἐκ χάρτου δίσκον ἐπὶ τοῦ νομίσματος καὶ ἀφήσωμεν τὸ σύστημα νὰ πέσῃ (τοῦ νομίσματος διατηρουμένου ὁριζοντίου), θὰ ἴδωμεν, ὅτι καὶ τὰ δύο φθάνουν εἰς τὸ ἔδαφος συγχρόνως. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ ἀὴρ δὲν ἐπιφέρει πλέον ἀντίστασιν εἰς τὸν χάρτην, καθόσον ἐκτοπίζεται ὑπὸ τοῦ νομίσματος.

Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὴν ἐπίδρασιν τῆς βαρύτητος μόνης, πρέπει λοιπὸν νὰ καταργήσωμεν τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἀέρος. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν διὰ τοῦ **σωλῆνος τοῦ Νεύτωνος** (σχ. 39). Ὁ σωλὴν οὗτος ἔχει ὕψος 2 περίπου μέτρων καὶ διάμετρον 7—8 ἑκατ. καὶ εἶναι κλειστὸς κατὰ τὸ ἓν ἄκρον, κατὰ δὲ τὸ ἕτερον καταλήγει εἰς μεταλλικὸν πόδα μετὰ στρόφιγγος, διὰ τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κοχλιωθῇ εἰς τὴν ἀεραντλίαν. Εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτοῦ διάφορα σώματα, π.χ. σφαῖραν ἐκ μολύβδου, τεμάχιον φελλοῦ, τμῆμα πτεροῦ· ἔπειτα δὲ ἀραιοῦμεν τὸν ἐντὸς αὐτοῦ ἀέρα ὅσον τὸ δυνατὸν περισσότερον. Ἐὰν ἀναστρέψωμεν τότε ἀποτόμως τὸν σωλῆνα, παρατηροῦμεν, ὅτι ὅλα τὰ ἐντὸς αὐτοῦ σώματα φθάνουν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος συγχρόνως. Ἐὰν ὅμως ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ βαθμηδὸν ὁ ἀήρ, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῶν διαρκειῶν τῆς πτώσεως τῶν διαφόρων σωμάτων καθίσταται τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ποσότης τοῦ εἰσελθόντος ἀέρος εἶναι μεγαλυτέρα.

Σχ. 39

64. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος.—α) Εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος ὀφείλεται ὁ διασκορπισμὸς τῶν ὑγρῶν, τὰ ὁποῖα πίπτουν εἰς τὸν ἀέρα· εἰς τὸ κενὸν ἡ πτῶσις των γίνεται δι' ὅλης τῆς μάζης των, ὅπως ἡ τῶν στερεῶν. Τοῦτο ἀποδεικνύεται διὰ τῆς **ὑδροσφύρας** (σχ. 40). Αὕτη εἶναι σωλὴν ὑάλινος περιέχων ὕδωρ καὶ κενὸς ἀέρος. Ὅταν τὸν ἀναστρέψωμεν ἀποτόμως, τὸ ὕδωρ πίπτει μετὰ ξηροῦ κρότου, ὁμοίου μὲ τὸν κρότον στερεᾶς μάζης, ἡ ὁποία κτυπᾷ τὸν πυθμένα τοῦ σωλῆνος.

β) Διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν νὰ ἐπιταχυνθῇ ἡ κίνησις ὀργάνων τινῶν, τὰ ἀναγκάζομεν νὰ παρασύρουν τροχὸν μὲ πτερύγια. Ὁ τροχὸς οὗτος ὑφίσταται ἀντίστασιν ἐκ μέρους τοῦ ἀέρος τόσον μεγαλυτέραν, ὅσον ἡ ταχύτης τῆς στροφῆς εἶναι μεγαλυτέρα.



Σχ. 40

γ) Οἱ ἀεροναῦται χρησιμοποιοῦν τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, μεταχειριζόμενοι τὰ **ἀλεξίπτωτα** (σχ. 41), διὰ τῶν ὁποίων κατέρχονται ἐγκαταλείποντες τὸ σκάφος των ἐν περιπτώσει ἀτυχήματος ἢ δι' ἄλλους λόγους.

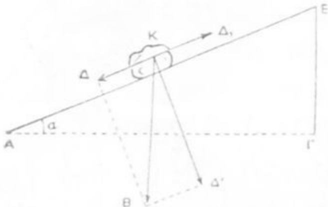
δ) Τέλος, ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος ὑποστηρίζονται οἱ χαρταετοί, τὰ ἀεροπλάνα καὶ τὰ πτηνά, ὅσα πλανῶνται εἰς τὸν ἀέρα.

Σχ. 41

65. Δεύτερος νόμος: Νόμος τῶν διαστημάτων.— Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τούτου, ὡς καὶ τοῦ νόμου τῶν ταχυτήτων, παρουσιάζονται δύο μεγάλαι δυσκολίαι: α) Ἡ αὔξουσα ταχύτης τῆς πτώσεως, ἡ ὁποία καθιστᾷ δύσκολον τὴν παρατήρησιν, διότι μικρὸν λάθος κατὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου συνεπάγεται σημαντικὸν λάθος διὰ τὸ διάστημα. β) Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος. Ἡ ἐπιβράδυνσις τοὐναντίον τῆς κινήσεως εὐκολύνει τὰς μετρήσεις, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ ἐλάττωσις τῆς ταχύτητος ἐλαττώνει τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος.

Πρὸς τοῦτο ἐπενοήθησαν διάφοροι συσκευαί, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιβραδύνεται ἡ ταχύτης τῆς πτώσεως, χωρὶς νὰ μεταβληθῇ ἡ σχέσις μεταξὺ διαστήματος καὶ χρόνου. Τοιαῦται εἶναι τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood καὶ ἄλλαι.

66. Κεκλιμένον ἐπίπεδον.—Τοῦτο συνίσταται ἐξ ἐπιπέδου ἀκάμπτου καὶ λείου, κεκλιμένου ἐπὶ τοῦ ὁρίζοντος. Ἔστω ΑΕΓ (σχ. 42) τομὴ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου ὑπὸ ἐπιπέδου καθέτου ἐπὶ τὴν τομήν του μετὰ τοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Θεωρήσωμεν σῶμα μάζης μ μετατιθέμενον ἄνευ τριβῆς κατὰ τὸ μῆκος τοῦ ἐπιπέδου ΕΑ. Τὸ βάρος Β = μg τοῦ σώματος τούτου, ἐφηρμοσμένον εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους του Κ, δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο δυνάμεις: τὴν Δ′, κάθετον ἐπὶ τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἡ ὁποία ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τούτου, ἐὰν διέρχεται διὰ τοῦ σημείου τῆς στηρίξεως, καὶ τὴν Δ, παράλληλον πρὸς τὸ μῆκος ΑΕ τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου, ἡ ὁποία τείνει νὰ μεταθέσῃ τὸ σῶμα. Ἐπειδὴ αἱ ὀξεῖαι γωνίαι ΓΑΕ καὶ ΔΒΚ εἶναι ἴσαι, ὡς ἔχουσαι τὰς πλευράς των καθέτους, τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα ΑΓΕ καὶ ΒΔΚ εἶναι ὅμοια. Συνεπῶς ἔχομεν:



Σχ. 42

$$\frac{ΚΔ}{ΚΒ} = \frac{ΕΓ}{ΑΕ} \quad ἢ \quad \frac{Δ}{Β} = \frac{υ}{μ'} \quad (1)$$

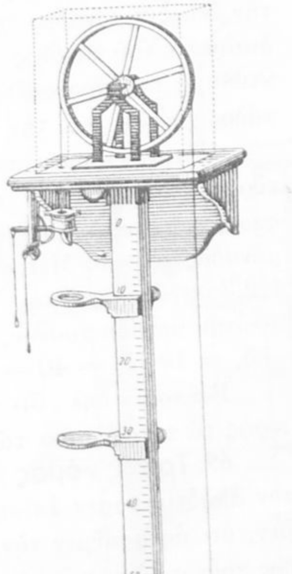
(ἔνθα υ = ΕΓ, τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου, καὶ μ′ = ΑΕ, τὸ μῆκος αὐτοῦ), ἐκ τῆς ὁποίας $Δ = Β\frac{υ}{μ'}$.

Τὸ σῶμα θὰ τεθῇ λοιπὸν εἰς κίνησιν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως Δ, ἡ ὁποία εἶναι σταθερὰ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως, καθὼς εἶναι καὶ τὸ βάρος Β. Συνεπῶς θὰ λάβῃ ἐπιτάχυνσιν γ, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ ἐλαττώσωμεν κατὰ βούλησιν, ἐλαττοῦντες τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου. Διότι, ἐὰν εἰς τὴν (1) θέσωμεν Δ = μγ καὶ Β = μg, θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{μγ}{μg} = \frac{υ}{μ'} \quad ἢ \quad \frac{γ}{g} = \frac{υ}{μ'} \quad καὶ \quad γ = g\frac{υ}{μ'}.$$

Τοιουτοτρόπως, ἐλαττοῦντες τὸ υ, ἐπιβραδύνομεν τὴν κίνησιν τὴν ὀφειλομένην εἰς τὴν βαρύτητα, ὥστε νὰ καταστήσωμεν εὐκολωτέραν τὴν παρατήρησιν.

Πραγματοποιοῦμεν εὐκόλως κεκλιμένον ἐπίπεδον, κατασκευάζοντες μακρὰν αὔλακα εἰς μεταλλίνην δοκὸν κεκλιμένην, εὐθυτάτην καὶ λειοτάτην. Ἀφίνοντες τότε ἐλευθέραν εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς αὔλακος σφαῖραν ἐξ ἐλεφαντοστοῦ ἢ χάλυβος καὶ προσδιορίζοντες τὰ ὑπὸ ταύτης διανυόμενα διαστήματα εἰς 1, 2, 3 ... δευτερόλεπτα, εὑρίσκομεν, ὅτι **τὰ διαστήματα ταῦτα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων.**



Σχ. 43

67. Μηχανὴ τοῦ Atwood.—Εἰς τὴν μηχανὴν τοῦ Atwood ἡ ἐνεργοῦσα δύναμις εἶναι ἓν βάρος σταθερόν, ὅπως εἰς τὴν ἐλευθέραν πτῶσιν. Ἐλαττοῦμεν ὅμως τὴν ἐνέργειάν του, ἀναγκάζοντες αὐτὸ νὰ παρασύρῃ ἐκτὸς τῆς μάζης του καὶ ἄλλην μᾶζαν μεγαλυτέραν.

Ἡ μηχανὴ τοῦ Atwood συνίσταται ἐκ κατακορύφου κανόνος, ὅστις φέρει εἰς τὴν κορυφήν του τροχαλίαν πολὺ ἐλαφράν, κινητὴν περὶ ὁριζόντιον ἄξονα (σχ. 43). Ἐπὶ τῆς αὔλακος τῆς τροχαλίας διέρχεται λεπτὸν νῆμα, φέρον εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐξηρτημένας δύο ἴσας μάζας Μ. Τὸ βάρος τοῦ νήματος δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν· ἑπομένως τὰ βάρη τῶν δύο μαζῶν θὰ εὑρίσκωνται ἐν ἰσορροπίᾳ δι' ὅλας τὰς θέσεις αὐτῶν. Ἐπιφορτίζομεν τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἴσας μάζας μὲ πρόσθετον μᾶζαν μ, ἡ ὁποία παρασύρει τὸ σύστημα. Εἰς τὴν περίπτωσιν ἐλευθέρας πτώσεως, τὸ πρόσθετον βάρος θὰ παρέσυρε μόνον τὴν μᾶζαν του μ· ἤδη παρασύρει τὴν μᾶζαν 2Μ+μ.

68. Ἀπόδειξις τοῦ νόμου τῶν διαστημάτων.—Ἡ μᾶζα κατέρχεται παραλλήλως πρὸς κατακόρυφον κανόνα διῃρημένον. Ἐπὶ τοῦ κανόνος τούτου δύναται νὰ στερεοῦται διὰ πιεστικοῦ κοχλίου εἰς διάφορα ὕψη δίσκος μετάλλινος πλήρης. Κατάλληλον χρονόμετρον, παραπλεύρως τῆς μηχανῆς τοποθετούμενον, μᾶς δίδει ἴσας μονάδας χρόνου. Κατ' ἀρχάς, ἡ μᾶζα Μ+μ ἀναβιβάζεται, ὥστε ἡ κατωτέρα βάσις της νὰ κεῖται ἀπέναντι τοῦ μηδενὸς τοῦ διῃρημένου κανόνος. Δι' εἰδικῆς διατάξεως (σχ. 43), τὸ σύστημα Μ+μ παύει νὰ ὑποστηρίζεται, καθ' ἣν στιγμὴν τὸ κτύπημα τοῦ χρονομέτρου δεικνύει τὴν ἔναρξιν μονάδος χρόνου. Διὰ δοκιμῶν, θέτομεν τὸν δίσκον εἰς διαίρεσιν τοῦ κανόνος τοιαύτην, ὥστε νὰ ἀκούσωμεν **συγχρόνως** τὸ κτύπημα τοῦ χρονομέτρου, δεικνύοντος τὴν ἔναρξιν τῆς δευτέρας μονάδος χρόνου, καὶ τὴν κροῦσιν τῆς μάζης ἐπὶ τοῦ πλήρους δίσκου.

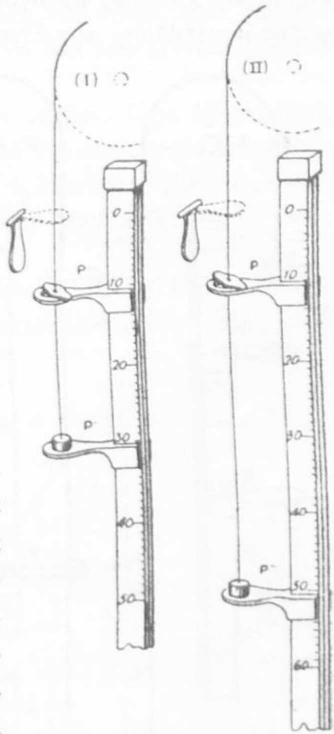
Ἐπαναφέρομεν τὸ σύστημα Μ+μ εἰς τὸ μηδὲν καὶ ζητοῦμεν νὰ εὕρωμεν διὰ δοκιμῶν εἰς ποίαν διαίρεσιν πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν δίσκον, ἵνα ἡ κατερχομένη μᾶζα κτυπήσῃ ἐπ' αὐτοῦ μετὰ δύο, τρεῖς κτλ. μονάδας χρόνου. Μετροῦμεν οὕτω τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα εἰς 1,2,3 μονάδας χρόνου. Ἐὰν τὸ διάστημα δ, τὸ διανυόμενον κατὰ τὴν πρώτην μονάδα χρόνου, εἶναι π.χ. 10 ἑκατ., θὰ ἔχωμεν :

$$\delta_1 = 10 \quad \delta_2 = 40 = 10.4 \quad \delta_3 = 90 = 10.9 \quad \delta_4 = 160 = 10.16$$

Βλέπομεν δηλ., ὅτι **τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων**.

69. Τρίτος νόμος : Νόμος τῶν ταχυτήτων.—Τὸν νόμον τοῦτον ἀποδεικνύομεν ἐπίσης διὰ τῆς μηχανῆς τοῦ Atwood. Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἀφαιροῦμεν τὴν πρόσθετον μᾶζαν μ μετὰ πτῶσιν μιᾶς μονάδος χρόνου. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας, τὸ ὑπόλοιπον σύστημα 2Μ θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ κινῆται, ἀλλ' ἡ κίνησίς του θὰ καταστῇ ὁμαλὴ καὶ ἡ ταχύτης τῆς κινήσεως ταύτης θὰ εἶναι ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σύστημα ὁλόκληρον (2Μ+μ) μετὰ πτῶσιν μιᾶς μονάδος χρόνου. Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν τὴν μᾶζαν μ μετὰ πτῶσιν δύο μονάδων χρόνου, ἡ ταχύτης τῆς ὁμαλῆς κινήσεως, τὴν ὁποίαν θὰ λάβῃ τὸ σύστημα 2Μ, θὰ εἶναι ἡ ταχύτης, ἣν ἀποκτᾷ τὸ σύστημα 2Μ+μ μετὰ πτῶσιν δύο μονάδων χρόνου καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Συνεπῶς διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὸν νόμον, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν ἑκάστην φορὰν τὰ διαστήματα τὰ διανυόμενα ὑπὸ τοῦ συστήματος 2Μ εἰς μίαν μονάδα χρόνου μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς μάζης μ.

Τοποθετοῦμεν λοιπὸν εἰς τὴν διαίρεσιν 10, ὅπου, ὡς εἴδομεν, φθάνει τὸ σύστημα 2Μ+μ εἰς τὸ τέλος τῆς πρώτης μονάδος τοῦ χρόνου, δακτυλιοειδῆ δίσκον, ὅστις ἀφίνει μὲν τὴν μᾶζαν Μ νὰ διέλθῃ, κρατεῖ ὅμως ατὰ τὴν δίοδον αὐτῆς τὴν πρόσθετον μᾶζαν μ, ἡ ὁποία εἶναι ὀλίγον μακροτέρα τῆς ἐσωτερικῆς διαμέτρου τοῦ δακτυλίου (σχ. 44). Ἀφίνομεν κατόπιν τὸ σύστημα 2Μ+μ ἐλεύθερον ἀπὸ τοῦ 0 τῆς κλίμακος. Μετὰ πτῶσιν μιᾶς μονάδος χρόνου ἀφαιρεῖται ὑπὸ τοῦ δακτυλίου ἡ μᾶζα μ, ἡ δὲ μᾶζα Μ ἐξακολουθεῖ νὰ κατέρχεται. Ζητοῦμεν διὰ δοκιμῶν νὰ τὴν σταματήσωμεν εἰς τὸ τέλος τῆς δευτέρας μονάδος χρόνου· εὑρίσκομεν οὕτω, ὅτι πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν πλήρη δίσκον εἰς τὴν διαίρεσιν 30. Συνεπῶς ἡ μᾶζα Μ μόνη διήνυσεν εἰς μίαν μονάδα χρόνου 30—10=20 ἑκ. Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα, ζητοῦντες νὰ σταματήσωμεν τὴν μᾶζαν Μ εἰς δύο μονάδας χρόνου (σχ. 44), τρεῖς μονάδας χρόνου κτλ., μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῆς προσθέτου μάζης μ. Εὑρίσκομεν τοιουτοτρόπως, ὅτι διανύει μόνη 40, 60... ἑκατ., δηλ. διανύει 20 ἑκατ. κατὰ μονάδα χρόνου. Συνεπῶς ἡ κίνησίς της **κατέστη ὁμαλή**, καὶ διὰ νὰ εὕρωμεν τὰς ταχύτητας τοῦ κινητοῦ μετὰ 1, 2, 3 ... μονάδας χρόνου, ἀρκεῖ νὰ ἀφαιρέσωμεν τὴν μᾶζαν μ μετὰ πτῶσιν 1, 2, 3 ... μονάδων χρόνου καὶ νὰ ζητήσωμεν ποῦ πρέπει νὰ θέσωμεν τὸν πλήρη δίσκον, διὰ νὰ σταματήσωμεν τὴν Μ εἰς τὸ τέλος μιᾶς μονάδος χρόνου ἀπὸ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν ἀφῃρέθη ἡ μᾶζα μ.



Σχ. 44

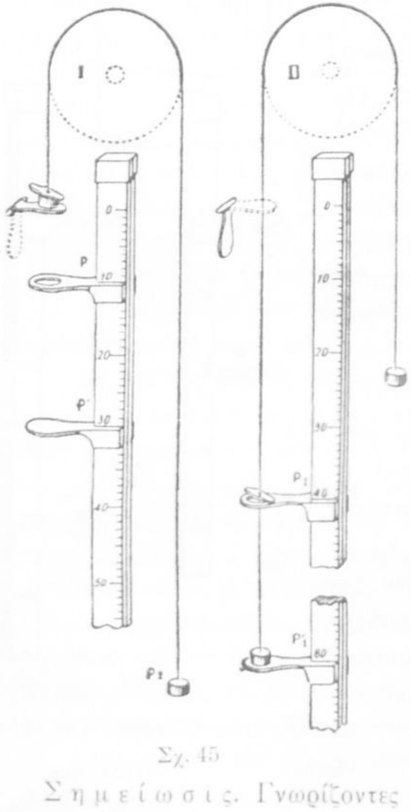
Πειραματιζόμενοι οὕτω, λαμβάνομεν τὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα (σχ. 45):

Διάρκειαι πτώσεως	Θέσις δακτυλίου	Θέσις πλήρους δίσκου	Ταχύτητες ὁμαλῆς κινήσεως
1 μονὰς χρόνου	10 ἑκ.	30 ἑκ.	20 ἑκ.
2 μονάδες »	40 »	80 »	40 »
3 » »	90 »	150 »	60 »

Δηλ. αἱ ταχύτητες γίνονται 2, 3, 4... φορὰς μεγαλύτεραι μετὰ χρόνους πτώσεων 2, 3, 4... φορὰς μεγαλυτέρους. Ἄρα **αἱ κτηθεῖσαι ταχύτητες εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τοὺς διαρρεύσαντας ἀπὸ τῆς ἀρχῆς τῆς πτώσεως.**

70. **Προσδιορισμός τοῦ g.**—Εἰς τὴν μηχανὴν τοῦ Atwood ἡ ἐπιτάχυνσις γ τῆς ἐπιβραδυνθείσης κινήσεως καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις g τῆς ἐλευθέρας πτώσεως συνάγονται ἡ μία ἐκ τῆς ἄλλης. Τὸ βάρος β τῆς μάζης μ μεταδίδει τὴν ἐπιτάχυνσιν γ εἰς τὴν μᾶζαν 2M+μ. Συνεπῶς κατὰ τὸν τύπον Δ=μγ, ἔχομεν:

$$\beta = (2M+\mu)\gamma. \qquad (1)$$



Σχ. 45

Ἀλλ' ἡ μᾶζα μ, πίπτουσα ἐλευθέρως καὶ μόνη, θὰ λάβῃ ἐπιτάχυνσιν g. Ἑπομένως ἔχομεν: $\beta = \mu g$.

Ἄρα, ἀντικαθιστῶντες τὸ β εἰς τὴν (1) διὰ τῆς τιμῆς του, ἔχομεν:

$$\mu g = (2M+\mu)\gamma, \quad \text{ἐξ ἧς}$$

$$g = \frac{2M+\mu}{\mu}\gamma \quad \text{ἢ} \quad g = \frac{2B+\beta}{\beta}\gamma$$

διότι αἱ μᾶζαι εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ βάρη. Αἱ μᾶζαι M καὶ μ προσδιορίζονται διὰ τοῦ ζυγοῦ, ἡ δὲ γ εἶναι ἴση μὲ τὸ διπλάσιον τοῦ διαστήματος τοῦ διανυθέντος κατὰ τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεως. Συνεπῶς λαμβάνομεν τὸ g κατὰ προσέγγισιν. Μὲ μεγαλυτέραν προσέγγισιν λαμβάνεται τὸ g διὰ τοῦ ἐκκρεμοῦς, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Σημείωσις. Γνωρίζοντες τὸ g, διὰ τοῦ αὐτοῦ τύπου δυνάμεθα νὰ προσδιορίσωμεν τὸ γ. Ἔχομεν:

$$\gamma = g \cdot \frac{\mu}{2M+\mu} \quad \text{ἢ} \quad \gamma = g\,\frac{\beta}{2B+\beta}.$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄

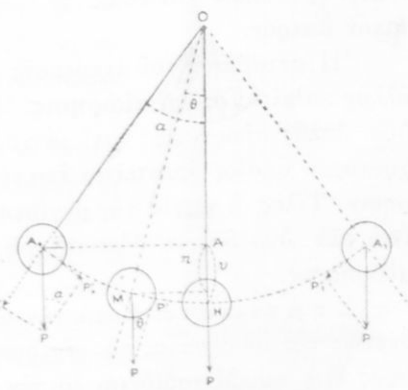
ΕΚΚΡΕΜΕΣ

71. Ὁρισμοί.—Ὀνομάζομεν **ἐκκρεμὲς** πᾶν σῶμα βαρύ, κινητὸν περὶ ἄξονα ὁριζόντιον, ὅστις δὲν διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ σώματος.

Ἁπλοῦν ἐκκρεμὲς καλοῦμεν ὑλικὸν σημεῖον βαρὺ ἐξηρτημένον διὰ νήματος μὴ ἐκτατοῦ καὶ ἄνευ βάρους ἀπὸ σταθεροῦ σημείου. Τοῦτο εἶναι ἐκκρεμὲς φανταστικόν, τοῦ ὁποίου ἡ ἐπινόησις χρησιμεύει διὰ τὴν διατύπωσιν τῶν νόμων τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Πᾶν ἄλλο ἐκκρεμὲς καλεῖται **σύνθετον**.

72. Αἰώρησις.—Ἔστω ἐκκρεμὲς ἀποτελούμενον ἀπὸ βαρεῖαν σφαῖραν, ἡ ὁποία κρέμαται διὰ μεταλλικοῦ σύρματος λεπτοτάτου. Θεωρήσωμεν τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους του Η. Ὁ ὁριζόντιος ἄξων τῆς ἐξαρτήσεως τέμνει τὸ ἐπίπεδον τοῦτο εἰς τὸ Ο (σχ. 46). Ὅταν ἡ κατακόρυφος Ρ ἡ ἀγομένη διὰ τοῦ κέντρου τοῦ βάρους διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τῆς ἐξαρτήσεως, τὸ ἐκκρεμὲς εὑρίσκεται εἰς εὐσταθῆ ἰσορροπίαν, διότι τὸ βάρος τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄξονος. Ἀπομακρύνομεν τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του οὕτως, ὥστε νὰ φέρωμεν τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ εἰς τὸ A_0 καὶ τὸ ἀφίνομεν ἔπειτα ἐλεύθερον. Τὸ βάρος αὐτοῦ Ρ δύναται νὰ ἀναλυθῇ, κατὰ τὸν κανόνα τοῦ παραλληλογράμμου τῶν δυνάμεων, εἰς δύο συνιστώσας P_0' καὶ P_0'', ἐν τῷ κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ OHA_0. Ἐκ τούτων ἡ μὲν δύναμις P_0'', εὑρισκομένη κατὰ τὴν προέκτασιν τοῦ νήματος, οὐδὲν φέρει ἀποτέλεσμα, ἡ δὲ δύναμις P_0', ἥτις εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν P_0'', τείνει νὰ ἐπαναφέρῃ τὸ ἐκκρεμὲς εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας. Ἡ δύναμις αὕτη ἐλαττοῦται μετὰ τῆς γωνίας α· ἀλλ᾽ ἐπειδὴ ἐνεργεῖ πάντοτε κατὰ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως, ἐφ᾽ ὅσον τὸ ἐκκρεμὲς δὲν ἔχει φθά-



Σχ. 46

σει εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του ΟΗ, ἡ ταχύτης βαίνει αὐξανομένη μέχρι τοῦ Η. Ὅταν τὸ ἐκκρεμὲς φθάσῃ εἰς τὴν θέσιν ΟΗ, ἡ δύναμις P_0' ἔχει μηδενισθῆ. Τὸ ἐκκρεμὲς ἐν τούτοις δὲν σταματᾷ, ἕνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος. Εὐθὺς ὡς διέλθῃ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας, ἡ συνιστῶσα P_0' ἐνεργεῖ κατὰ φορὰν ἀντίθετον τῆς κινήσεως καὶ ἡ τιμή της αὐξάνεται, ἐφ᾽ ὅσον τὸ ἐκκρεμὲς ἀπομακρύνεται τῆς θέσεως ΟΗ. Συνεπῶς ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ τέλος μηδενίζεται.

Τὸ ἐκκρεμὲς ἐπανέρχεται τότε εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας, ὑπερβαίνει ἐκ νέου ταύτην, λόγῳ τῆς κτηθείσης ταχύτητος, ἐπιστρέφει πάλιν πρὸς τὸ σημεῖον τῆς ἀναχωρήσεως καὶ οὕτω καθ᾽ ἑξῆς. Θεωρητικῶς ἡ κίνησις αὕτη πρέπει νὰ ἐξακολουθήσῃ ἐπ᾽ ἄπειρον, ἀλλ᾽ ἕνεκα τῶν τριβῶν καὶ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀέρος, ἡ ταχύτης τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐλαττοῦται ὁλοὲν καὶ τέλος τὸ ἐκκρεμὲς ἠρεμεῖ μετὰ χρόνον μᾶλλον ἢ ἧττον μακρόν.

Ἡ μετάβασις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀπὸ τῆς μιᾶς ἄκρας θέσεως εἰς τὴν ἄλλην καλεῖται **ἁπλῆ αἰώρησις.** Ἡ **πλήρης αἰώρησις** περιλαμβάνει δύο ἁπλᾶς αἰωρήσεις κατ᾽ ἀντιθέτους φοράς. **Περίοδος** δὲ εἶναι ὁ χρόνος, ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται ἵνα τὸ κινητὸν ἐκτελέσῃ μίαν πλήρη αἰώρησιν. Τέλος, ἡ γωνία τῆς μεγίστης ἀπομακρύνσεως, ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν δύο ἄκρων θέσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς, καλεῖται **πλάτος** τῆς αἰωρήσεως.

Σημείωσις. Κατὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας τὸ κέντρον τοῦ βάρους αὐτοῦ ἀνέρχεται καθ᾽ ὕψος $HA = υ$. Μεταδίδεται λοιπὸν εἰς τὸ ἐκκρεμὲς δυναμικὴ ἐνέργεια $Mgυ$, ἔνθα Μ ἡ μᾶζα τοῦ ἐκκρεμοῦς. Κατὰ τὴν κατάβασιν ἐκ τοῦ Α, εἰς τὸ Η ἡ δυναμικὴ αὕτη ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς κινητικήν, ἥτις πάλιν μεταμορφοῦται εἰς δυναμικὴν ἐκ τοῦ Η εἰς τὸ Α, κ.ο.κ.

73. Διάρκεια τῆς αἰωρήσεως.— Ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἶναι ἀνεξάρτητος τοῦ πλάτους τῆς αἰωρήσεως, ὅταν τοῦτο εἶναι πολὺ μικρόν. Αὕτη διὰ μίαν ἁπλῆν αἰώρησιν εἶναι:

$$\chi = \pi \sqrt{\frac{\mu}{g}},$$

ἔνθα χ ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἰς δεύτερα λεπτά, π ὁ λόγος τῆς περιφερείας πρὸς τὴν διάμετρον, μ τὸ μῆκος ΟΗ τοῦ ἐκκρεμοῦς, g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος. Τὰ μ καὶ g ὑπολογίζονται διὰ τῆς αὐτῆς μονάδος μήκους.

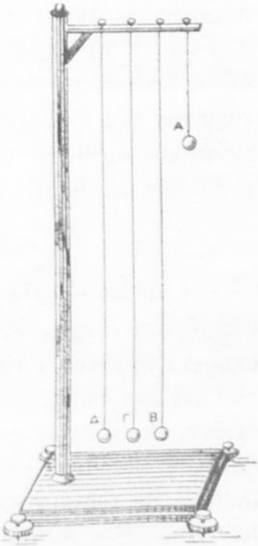
74. **Νόμοι τῶν αἰωρήσεων.**—Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου τῆς διαρκείας τῶν μικρῶν αἰωρήσεων συνάγομεν τοὺς ἑξῆς νόμους :

α) **Νόμος τοῦ ἰσοχρόνου τῶν μικρῶν αἰωρήσεων.**—Αἱ μικραὶ αἰωρήσεις ἁπλοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἰσόχρονοι, οἱονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἀπομακρύνομεν πολὺ ὀλίγον τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του καὶ τὸ ἀφίνομεν ἐλεύθερον, διὰ χρονομέτρου δὲ προσδιορίζομεν τὴν διάρκειαν 100 αἰωρήσεων. Ἀναμένομεν, ἵνα τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων γίνῃ περίπου τὸ ἥμισυ, καὶ μετροῦμεν ἐκ νέου τὴν διάρκειαν ἄλλων 100 αἰωρήσεων. Εὑρίσκομεν, ὅτι ἡ διάρκεια αὕτη εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τῶν προηγουμένων. Δυνάμεθα νὰ ἐξακολουθήσωμεν οὕτω, ἕως ὅτου τὸ ἐκκρεμὲς ἠρεμήσῃ.

Σημείωσις. Λαμβάνοντες τὸ ἑκατοστὸν τῆς εὑρεθείσης διαρκείας, εὑρίσκομεν τὴν διάρκειαν μιᾶς αἰωρήσεως.

β) **Νόμος τῶν οὐσιῶν καὶ μαζῶν.** Ἡ διάρκεια τῆς αἰωρήσεως εἰς τὸν ἴδιον τόπον εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς οὐσίας, ἐκ τῆς ὁποίας σύγκειται τὸ βαρὺ ὑλικὸν σημεῖον, ἀνεξάρτητος δὲ ἐπίσης τοῦ σχήματος καὶ τοῦ βάρους αὐτοῦ.



Σχ. 47.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Λαμβάνομεν νήματα τοῦ αὐτοῦ μήκους, ἐκ τῶν ὁποίων ἐξαρτῶμεν μικρὰς μάζας, σχήματος καὶ ὄγκου οἱουδήποτε, ἐκ διαφόρων οὐσιῶν, π.χ. λευκοχρύσου, μολύβδου, ἐλεφαντοστοῦ κτλ. (σχ. 47). Ἀπομακρύνομεν τὰ ἐκκρεμῆ ταῦτα κατὰ τὴν αὐτὴν μικρὰν γωνίαν καὶ τὰ ἀφίνομεν ἐλεύθερα κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμήν. Μετροῦντες τὰς διαρκείας τῶν αἰωρήσεων αὐτῶν, διαπιστοῦμεν, ὅτι εἶναι αἱ αὐταὶ δι' ὅλα τὰ ἐκκρεμῆ.

γ) **Νόμος τῶν μηκῶν.** Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον αἱ διάρκειαι τῶν μικροῦ πλάτους αἰωρήσεων ἐκκρεμῶν διαφόρων μηκῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς τετραγωνικὰς ῥίζας τῶν μηκῶν τῶν ἐκκρεμῶν τούτων.

Δοθέντων δύο ἐκκρεμῶν μήκους μ καὶ μ΄, ἐὰν χ καὶ χ΄ αἱ διάρκειαι τῶν αἰωρήσεών των, θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{\chi}{\chi'} = \sqrt{\frac{\mu}{\mu'}}.$$

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἐὰν θέσωμεν συγχρόνως εἰς αἰώρησιν τρία ἐκκρεμῆ, ὧν τὰ μήκη εἶναι μεταξύ των ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4 καὶ 9, βεβαιούμεθα, ὅτι αἱ διάρκειαι τῶν μικρῶν αἰωρήσεων αὐτῶν αὐξάνονται ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2 καὶ 3.

75. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος. — Ὁ ἀριθμὸς g παριστᾷ εἰς δύνας τὸ βάρος τῆς μονάδος τῆς μάζης εἰς δοθέντα τόπον. Διότι κατὰ τὴν σχέσιν Β=μg τὸ βάρος τῆς μονάδος τῆς μάζης εἰς δύνας ἐκφράζεται διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀριθμοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἰς ἑκατοστόμετρα (ἐὰν μ=1, Β=g). Διὰ τοῦτο τὸν ἀριθμὸν τοῦτον ὀνομάζομεν **ἔντασιν τῆς βαρύτητος** εἰς τὸν δοθέντα τόπον. Ἐκ τοῦ τύπου τοῦ ἐκκρεμοῦς λαμβάνομεν :

$$\chi^2 = \pi^2 \frac{\mu}{g} \qquad \text{ἐξ οὗ} \qquad g = \frac{\pi^2 \mu}{\chi^2}$$

Ἐὰν λοιπὸν εἰς δοθέντα τόπον μετρήσωμεν τὴν διάρκειαν χ μιᾶς αἰωρήσεως ἐκκρεμοῦς καὶ προσδιορίσωμεν τὸ μῆκος αὐτοῦ μ, εὑρίσκομεν τὴν ἔντασιν τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον τοῦτον.

Αἱ μετρήσεις, αἱ ὁποῖαι ἐγένοντο εἰς διάφορα μέρη τῆς Γῆς, ἀπέδειξαν, ὅτι ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, καθ᾿ ὅσον ὑψούμεθα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης καὶ καθ᾿ ὅσον πλησιάζομεν εἰς τὸν ἰσημερινόν. Οὕτω εἰς πλάτος 80° g = 983, εἰς τὸν ἰσημερινὸν g = 978, ἐν Ἀθήναις g = 979,99· εἰς πλάτος 45° καὶ παρὰ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης g = 980,6.

Προβλήματα

1ον. Σῶμά τι πίπτει ἄνευ ἀρχικῆς ταχύτητος ἐξ ὕψους Υ καὶ διανύει τὸ ἥμισυ τοῦ ὕψους τούτου κατὰ τὸ τελευταῖον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεως. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ὕψος Υ καὶ ἡ ὁλικὴ διάρκεια τῆς πτώσεως (g = 981).

2ον. Ρίπτομεν σῶμά τι κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ᾿ ἀρχικῆς ταχύτητος α. Νὰ εὑρεθοῦν αἱ χρονικαὶ στιγμαί, καθ᾿ ἃς θὰ διέλθῃ τοῦτο ἀπὸ τὸ ἥμισυ τοῦ μεγίστου ὕψους, εἰς ὃ εἶναι δυνατὸν νὰ φθάσῃ.

3ον. Σῶμα ρίπτεται κατακορύφως ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω καὶ φθάνει εἰς ὕψος 122,5 μ. Ζητεῖται ἡ ἀρχικὴ ταχύτης του καὶ ὁ χρόνος, ὃν ἐχρειάσθη διὰ νὰ ἀνέλθῃ.

4ον. Βλῆμά τι ἐκσφενδονίζεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος 490 μ. Ἐπὶ πόσον χρόνον θὰ ἀνέρχεται καὶ εἰς ποῖον ὕψος θὰ φθάσῃ;

5ον. Σῶμά τι ρίπτεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω καὶ φθάνει εἰς ὕψος υ μέτρων. Ζητεῖται ἡ ἀρχικὴ ταχύτης του α καὶ ὁ χρόνος, ὃν ἐχρειάσθη ἵνα ἀνέλθῃ εἰς τὸ ὕψος υ.

6ον. Βλῆμα ἐκσφενδονίζεται κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω μετ' ἀρχικῆς ταχύτητος 245 μ. Μετὰ πόσον χρόνον θὰ πέσῃ πάλιν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους καὶ ποίαν ταχύτητα θὰ ἔχῃ ἀποκτήσει τὴν στιγμήν, καθ' ἣν θὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος; ($g = 980$).

7ον. Ποίαν κλίσιν πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς κεκλιμένον ἐπίπεδον, ἵνα σῶμά τι τηρηθῇ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ἐν ἰσορροπίᾳ διὰ δυνάμεως ἴσης πρὸς τὸ 0,1 τοῦ βάρους αὐτοῦ;

8ον. Ποῖον ὕψος πρέπει νὰ ἔχῃ κεκλιμένον ἐπίπεδον μήκους 300 μ., ἐν τόπῳ ἔνθα $g = 980$, ἵνα ἡ ἐπιτάχυνσις σώματος κυλιομένου ἐπ' αὐτοῦ εἶναι 49 ἑκ.;

9ον. Ἐπὶ κεκλιμένου ἐπιπέδου μήκους 5 μ. καὶ ὕψους 3 μ. κατέρχεται σφαῖρα βάρους 5 χγρ., ἀναβιβάζουσα σῶμα βάρους 2 χγρ. συνδεδεμένον μετ' αὐτῆς διὰ νήματος διαπερῶντος τὴν αὔλακα τροχαλίας τοποθετημένης ἐπὶ τῆς κορυφῆς τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. Ζητεῖται ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος, ἵνα τὸ ἀνασυρόμενον σῶμα διανύσῃ τὸ ὕψος τοῦ ἐπιπέδου.

10ον. Αἱ δύο μᾶζαι μηχανῆς τοῦ Atwood ζυγίζουν ἑκατέρα 20 γρ. Ἐπιφορτίζομεν τὴν μίαν δι' ἑνὸς γραμ. Ποία θὰ εἶναι διὰ τῆς μηχανῆς ταύτης ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς πτώσεως ἐν τόπῳ, ἔνθα $g = 981$;

11ον. Εἰς μηχανὴν τοῦ Atwood τὰ δύο ἴσα βάρη ἔχουν ἕκαστον μᾶζαν 40 γρ. καὶ ὕψος 2 ἑκ. Θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἑνὸς πρόσθετον βάρος 3 γρ. Εἰς ποίαν διαίρεσιν τῆς κλίμακος πρέπει νὰ θέσωμεν: α) τὸν δακτύλιον, β) τὸν δίσκον, ἵνα τὸ πρόσθετον βάρος ἀφαιρεθῇ μετὰ πτῶσιν 2'' καὶ ὁ ἀπαλλαγεὶς τοῦ προσθέτου βάρους κύλινδρος φθάσῃ εἰς τὸν κατώτερον δίσκον 3'' μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τοῦ προσθέτου βάρους; ($g = 981$).

12ον. Ὑποθέτομεν μηχανὴν τοῦ Atwood ἐνεργοῦσαν ἐντὸς ὑγροῦ πυκνότητος δ μὲ μάζας πυκνότητος δ'. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ νήματος κρέμαται μᾶζα M καὶ εἰς τὸ ἄλλο μᾶζα M'. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις γ τῆς κινήσεως ἐν τῇ μηχανῇ;

13ον. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς Γῆς πρέπει νὰ τεθῇ σῶμα, τὸ ὁποῖον ὑποτίθεται ὅτι παρασύρεται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ ἰσημερινοῦ ὑπὸ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς Γῆς, ἵνα τὸ φαινόμενον βάρος του μηδενισθῇ ;

Γνωρίζομεν, ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς καὶ εἰς τὸν ἰσημερινὸν τὸ φαινόμενον βάρος σώματος εἶναι κατὰ τὸ $\frac{1}{289}$ *μικρότερον τοῦ βάρους, τὸ ὁποῖον θὰ εἶχε τοῦτο, ἂν ἡ Γῆ ἦτο ἀκίνητος.*

14ον. Ἐκκρεμές, τὸ ὁποῖον κτυπᾷ δευτερόλεπτα εἰς ἕνα τόπον, ἔχει μῆκος 98 ἑκ. Ζητεῖται : α) τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον εἰς τὸν αὐτὸν τόπον κάμνει 25 αἰωρήσεις κατὰ 1′ καὶ β) τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον θὰ διανύσῃ εἰς τὸ πρῶτον δευτερόλεπτον τῆς πτώσεώς του σῶμα πῖπτον ἐλευθέρως εἰς τὸν αὐτὸν τόπον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ΄

ΑΠΛΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

76. Ὁρισμοί.—Καλοῦμεν **μηχανὰς** ὄργανα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦμεν εἴτε διὰ νὰ ἰσορροπήσωμεν ὡρισμένας δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι λέγονται **ἀντιστάσεις** (ἢ **ἀνθιστάμεναι δυνάμεις**), εἴτε διὰ νὰ μεταθέσωμεν τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων τούτων διὰ μέσου ἄλλων δυνάμεων, καλουμένων **κινητηρίων δυνάμεων**, αἱ ὁποῖαι δὲν εἶναι οὔτε ἴσαι οὔτε κατ᾿ εὐθεῖαν ἀντίθετοι πρὸς τὰς πρώτας.

Ἡ ἁπλῆ μηχανὴ ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς μόνου ὀργάνου προσηλωμένου μὲ ὡρισμένας συνδέσεις, ὅπως π.χ. ὁ μοχλός, ἡ τροχαλία, τὸ βαροῦλκον κτλ.

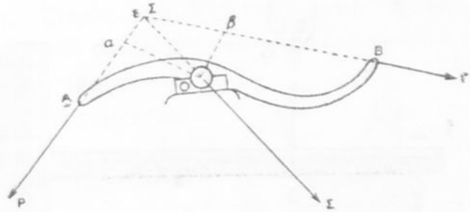
Ἡ σύνθετος μηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ περισσότερα ὄργανα, τὰ ὁποῖα εἶναι καὶ ταῦτα ἁπλαῖ μηχαναί, ὅπως π.χ. ἡ ἀτμομηχανή.

ΜΟΧΛΟΣ

77. Ὁ μοχλὸς γενικώτερον εἶναι σῶμα στερεόν, οἱασδήποτε μορφῆς, κινητὸν περὶ σταθερὸν σημεῖον. Ἐπὶ τοῦ μοχλοῦ ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις, ἡ **κυρίως δύναμις** καὶ ἡ **ἀντίστασις**. Αἱ δύο αὗται δυνάμεις τείνουν νὰ περιστρέψουν αὐτὸν κατ᾿ ἀντιθέτους φοράς.

Συνήθως δίδουν εἰς τὸν μοχλὸν μορφὴν ῥάβδου ἀκάμπτου, κινητῆς περὶ σταθερὸν σημεῖον, τὸ ὁποῖον λέγεται **ὑπομόχλιον** (σχ. 48).

Ἀναλόγως τῆς σχετικῆς θέσεως τῶν σημείων ἐφαρμογῆς τῶν δυνάμεων ὡς πρὸς τὸ ὑπομόχλιον, διακρίνομεν τρία εἴδη μοχλῶν:

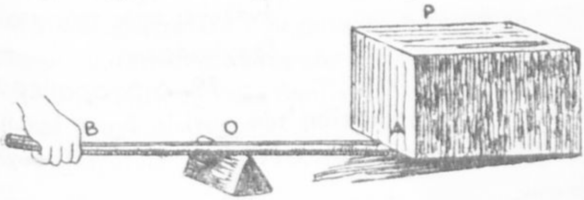


Σχ. 48

α) **Μοχλὸν τοῦ πρώτου εἴδους**, ὅταν τὸ ὑπομόχλιον εὑρίσκεται μεταξὺ δυνάμεως καὶ ἀντιστάσεως (σχ. 48 καὶ 49).

β) **Μοχλὸν τοῦ δευτέρου εἴδους**, ὅταν ἡ ἀντίστασις εὑρίσκεται μεταξὺ δυνάμεως καὶ ὑπομοχλίου (σχ. 50).

γ) **Μοχλὸν τοῦ τρίτου εἴδους**, ὅταν ἡ δύναμις εὑρίσκεται μεταξὺ ἀντιστάσεως καὶ ὑπομοχλίου (σχ.51).



Σχ. 49

Αἱ ἀποστάσεις Οα καὶ Οβ (σχ. 48 τοῦ ὑπομοχλίου Ο ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τῶν δυνάμεων λέγονται **μοχλοβραχίονες** τῶν δυνάμεων τούτων.

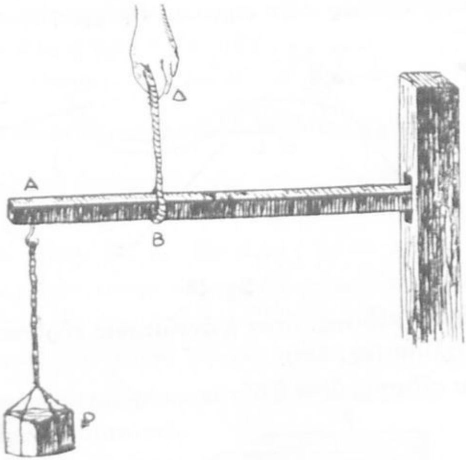
Σημείωσις. Ἐν τῇ πραγματικότητι ὁ μοχλὸς στρέφεται περὶ ἄξονα σταθερὸν καὶ οὐχὶ περὶ σταθερὸν σημεῖον. Ἀλλ᾽ ἐπειδὴ αἱ δυνάμεις ἐνεργοῦν ἐν ἐπιπέδῳ καθέτῳ πρὸς τὸν ἄξονα τοῦτον, ἐξετάζομεν τί συμβαίνει εἰς τὴν τομὴν τῆς μηχανῆς ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου τούτου καὶ διὰ τοῦτο ἀγόμεθα εἰς τὴν περίπτωσιν σταθεροῦ σημείου.


Σχ. 50

78. Συνθήκη ἰσορροπίας τοῦ μοχλοῦ.—Ἵνα πραγματοποιηθῇ ἡ ἰσορροπία, πρέπει καὶ ἀρκεῖ αἱ δύο δυνάμεις Ρ καὶ Γ (σχ. 48) νὰ συντίθενται εἰς μίαν συνισταμένην, ἡ ὁποία νὰ διέρχεται διὰ τοῦ σταθεροῦ σημείου Ο, τὸ ὁποῖον ἐξασκεῖ τότε ἀντίδρασιν ἴσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς.

Διὰ νὰ συμβαίνῃ τοῦτο, πρέπει :

α) Αἱ δύο δυνάμεις P καὶ Γ νὰ εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μετὰ τοῦ σταθεροῦ σημείου O.



Σχ. 51

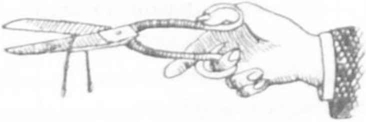
β) Αἱ ῥοπαὶ τῶν δύο τούτων δυνάμεων ὡς πρὸς τὸ σημεῖον O νὰ εἶναι ἴσαι, ἤτοι

P.Οα=Γ.Οβ (σχ. 48)

ἢ $\frac{P}{\Gamma}=\frac{o\beta}{o\alpha}$

ὅπερ δεικνύει, ὅτι αἱ ἐντάσεις τῶν δύο δυνάμεων πρέπει νὰ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τοὺς μοχλοβραχίονάς των.

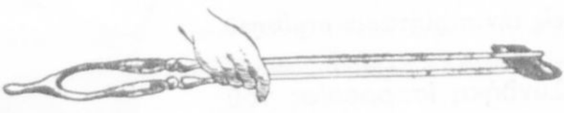
79. Διάφοροι ἐφαρμογαὶ τῶν μοχλῶν.—Τὰ διάφορα εἴδη τῶν μοχλῶν ἔχουν ἐφαρμοσθῆ εἰς πλῆθος ἐργαλείων καὶ συσκευῶν. Οὕτω τὸν πρωτογενῆ μοχλὸν



Σχ. 52

Σχ. 53

ἀπαντῶμεν εἰς τὸν ζυγόν, τὸν στατῆρα, τὴν ψαλίδα (σχ. 52), τὴν ἡλάγραν κτλ.· τὸν δευτερογενῆ εἰς τὴν χειράμαξαν, τὸν καρυοθραύστην



Σχ. 54

(σχ. 53), τὴν μάχαιραν τῶν βιβλιοδετείων, τὴν κώπην τῆς λέμβου κτλ.· τὸν τριτογενῆ εἰς τὴν πυράγραν (σχ. 54), τὰς διαφόρους λαβίδας, τὸ ἀκονιστήριον (σχ. 55) κτλ.

ΖΥΓΟΣ

80. Ὁ ζυγὸς εἶναι ὄργανον, διὰ τοῦ ὁποίου συγκρίνομεν μεταξύ των τὰ βάρη τῶν σωμάτων.

Περιγραφή. Ὁ **συνήθης ζυγὸς** (σχ. 56) συνίσταται ἐξ ἑνὸς πρωτογενοῦς μοχλοῦ, ὅστις καλεῖται **φάλαγξ**. Ἐκ τῶν δύο ἄκρων τῆς φάλαγγος ἐξαρτῶνται **δίσκοι** ἰσοβαρεῖς, ἐπὶ τῶν ὁποίων θέτομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ πρὸς στάθμισιν ἀντικείμενον, ἀφ' ἑτέρου δὲ τὰ σταθμά. Ἡ φάλαγξ διαπερᾶται εἰς τὸ μέσον αὐτῆς ὑπὸ χαλυβδίνου τριγωνικοῦ πρίσματος (σχ. 57), τοῦ ὁποίου ἡ ἀκμὴ ἀποτελεῖ τὸν ἄξονα, περὶ τὸν ὁποῖον στρέφεται ἡ φάλαγξ· στηρίζεται δὲ ἡ ἀκμὴ αὕτη ἐπὶ δύο λείων πλακῶν χ, ψ ἐξ ἀχάτου ἢ χάλυβος. Τοιουτοτρόπως ἐλαττοῦται σημαντικῶς ἡ τριβὴ τοῦ ἄξονος. Τὰ ἄκρα τῆς φάλαγγος διαπερῶνται κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ὑπὸ δύο μικροτέρων τριγωνικῶν πρισμάτων, τῶν ὁποίων αἱ ἀκμαὶ εἶναι ἐστραμμέναι πρὸς τὰ ἄνω, παραλλήλως πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ κεντρικοῦ πρίσματος. Ἐπὶ τῶν ἀκμῶν τούτων στηρίζονται ἀγκιστροειδεῖς κρεμαστῆρες, ἀπὸ τῶν ὁποίων ἐξαρτῶνται διὰ συρμάτων οἱ δίσκοι. (Αἱ ἀκμαὶ τῶν τριῶν τούτων πρισμάτων εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον καὶ διευθύνονται καθέτως πρὸς τὸν κατὰ μῆκος ἄξονα τῆς φάλαγγος). Τέλος, εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τῆς φάλαγγος καὶ καθέτως πρὸς αὐτὴν εἶναι προσηλωμένη μακρὰ βελόνη, ἥτις ταλαντεύεται ἐνώπιον τόξου α, φέροντος χαραγμένας διαιρέσεις. Τὸ τόξον τοῦτο φέρεται ὑπὸ τῆς ὀρειχαλκίνης στήλης, ἐπὶ τῆς ὁποίας ὑπάρχουν καὶ αἱ πλάκες χ, ψ, καὶ ἥτις

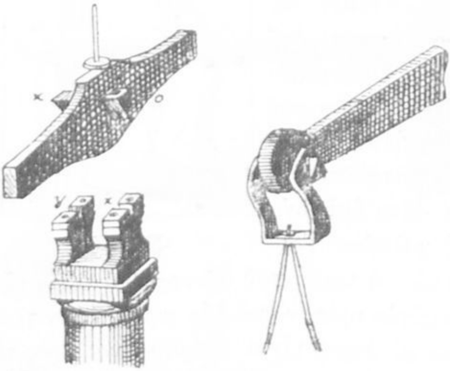
Σχ. 55

Σχ. 56

στηρίζεται ἐπὶ τῆς τραπέζης διὰ τριῶν ποδῶν μὲ ἰσοπεδωτικοὺς κοχλίας.

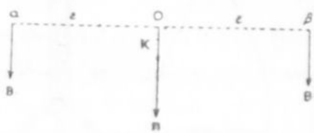
Ὅταν ἡ φάλαγξ εἶναι ὁριζοντία, ἡ αἰχμὴ τῆς βελόνης ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ μέσον τοῦ τόξου, ὅπου εἶναι χαραγμένον 0.

81. **Θεωρία τοῦ ζυγοῦ.**—α) Ὅταν ἡ φάλαγξ εἶναι μόνη, ἄνευ τῶν δίσκων, διατίθεται τοιουτοτρόπως, ὥστε ἡ κατακόρυφος τοῦ κέντρου τοῦ βάρους αὐτῆς νὰ συναντᾷ τὸν ἄξονα τῆς στηρίξεως. Διὰ νὰ εἶναι λοιπὸν δυνατὸν νὰ πραγματοποιῆται εὐσταθὴς ἰσορροπία, πρέπει τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς φάλαγγος νὰ εὑρίσκεται κάτωθεν τῆς ἀκμῆς τοῦ πρίσματος. Ἐὰν ἡ φάλαγξ εἶναι τελείως συμμετρικὴ καὶ ὡς πρὸς τὰς διαστάσεις καὶ ὡς πρὸς τὴν διανομὴν τῆς μάζης της, ἐν τῇ θέσει τῆς ἰσορροπίας αὐτῆς εἶναι ὁριζοντία.



Σχ. 57

β) Ὅταν προσθέσωμεν τοὺς δίσκους, ἕνεκα τῆς εὐκινησίας τῆς ἐξαρτήσεώς των, τὰ βάρη αὐτῶν ἐφαρμόζονται πάντοτε εἰς τὰ ἄκρα α καὶ β τῆς φάλαγγος (σχ. 58). Ἡ συνισταμένη τῶν δύο τούτων παραλλήλων δυνάμεων ἐφαρμόζεται λοιπόν, οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θέσις τῆς φάλαγγος, εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον τῆς εὐθείας αβ. Ἐὰν τὸ σημεῖον τοῦτο κεῖται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς στηρίξεως Ο, ἡ θέσις τῆς ἰσορροπίας, τὴν ὁποίαν εἶχεν ἡ φάλαγξ μόνη, δὲν μεταβάλλεται· ἄλλως ἡ φάλαγξ διατίθεται οὕτως, ὥστε ἡ συνισταμένη τοῦ συνόλου τῶν βαρῶν τῆς φάλαγγος καὶ τῶν δίσκων νὰ συναντᾷ τὸν ἄξονα τῆς στηρίξεως. Γενικῶς, ὁ κατασκευαστὴς φροντίζει, ὥστε ἡ φάλαγξ νὰ εἶναι ὁριζοντία εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας καὶ συγχρόνως ἡ βελόνη νὰ δεικνύῃ τὸ μηδέν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνει εὐκόλως, προσθέτων κατάλληλον βάρος εἰς ἕνα τῶν δίσκων ἢ ἕνα τῶν βραχιόνων τῆς φάλαγγος.



Σχ. 58

82. **Ἁπλῆ στάθμισις.—Ἀκρίβεια.** Διὰ νὰ σταθμίσωμεν σῶμά τι θέτομεν αὐτὸ ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν δίσκων, ἐπὶ δὲ τοῦ ἑτέρου θέτομεν σταθμά, μέχρις ὅτου ἡ βελόνη δείξῃ τὸ μηδέν, λάβῃ δηλ. τὴν θέ-

σιν, τὴν ὁποίαν εἶχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί. Ἡ ἐργασία αὕτη, καλουμένη **ἁπλῆ στάθμισις**, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται πάντοτε εἰς τὰς ἐμπορικὰς σταθμίσεις, δίδει τὸ βάρος τοῦ σώματος, ἐὰν ὁ ζυγὸς εἶναι **ἀκριβής**.

Λέγομεν, ὅτι ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβής, ἂν ἡ φάλαγξ αὐτοῦ διατηρῇ τὴν αὐτὴν θέσιν ἰσορροπίας, καὶ ὅταν οἱ δίσκοι εἶναι κενοὶ καὶ ὅταν φέρουν ἴσα βάρη.

Συνθήκη ἀκριβείας. Ἵνα ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβής, πρέπει καὶ ἀρκεῖ οἱ βραχίονες Οα καὶ Οβ τῆς φάλαγγος νὰ εἶναι ἴσοι.

Διότι, ἂν θέσωμεν ἴσα βάρη Β, Β (σχ. 58) εἰς τοὺς δίσκους, ἡ συνισταμένη τῶν βαρῶν τούτων θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ μέσου τῆς αβ καί, ἐὰν τὸ σημεῖον τοῦτο (δηλ. τὸ μέσον τῆς αβ) εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς στηρίξεως, ἡ συνισταμένη ἐξουδετεροῦται ὑπὸ τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ὑποστηρίγματος, ἡ δὲ φάλαγξ θὰ διατηρῇ τὴν αὐτὴν θέσιν, τὴν ὁποίαν εἶχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί. Θὰ κλίνῃ τοὐναντίον ἡ φάλαγξ, ἐὰν ὁ ἄξων τῆς στηρίξεως δὲν διέρχεται διὰ τοῦ μέσου τῆς αβ.

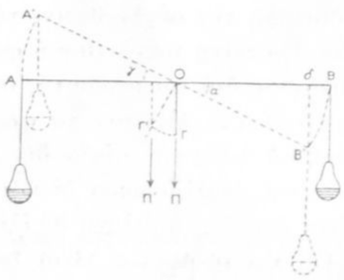
Ἐπαλήθευσις τῆς ἀκριβείας. Θέτομεν τὰ φορτία ἐπὶ τῶν δίσκων οὕτως, ὥστε ἡ βελόνη νὰ λάβῃ τὴν αὐτὴν θέσιν, τὴν ὁποίαν εἶχε καὶ ὅτε οἱ δίσκοι ἦσαν κενοί, ἐναλλάσσομεν δὲ κατόπιν τὰ φορτία ταῦτα. Ἐὰν ὁ ζυγὸς εἶναι ἀκριβής, ἡ βελόνη θὰ ἔλθῃ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Διότι, ἐὰν Οα=Οβ καὶ τὰ φορτία εἶναι ἴσα, ἐναλλάσσοντες τὰ φορτία οὐδόλως μεταβάλλομεν τὴν ἰσορροπίαν τῆς φάλαγγος. Ἀλλ᾿ ἂν π. χ., τοῦ Οβ ὄντος μεγαλυτέρου τοῦ Οα, εἴχομεν θέσει εἰς τὸ α φορτίον μεγαλύτερον τοῦ ἐπὶ τοῦ β, κατὰ τὴν ἐναλλαγὴν θὰ θέσωμεν τὸ βαρύτερον σῶμα πρὸς τὸ μέρος τοῦ μεγαλυτέρου βραχίονος καὶ τὸ ἐλαφρότερον πρὸς τὸ μέρος τοῦ μικροτέρου, καὶ ἡ φάλαγξ θὰ κλίνῃ προφανῶς πρὸς τὸ μέρος τοῦ μεγαλυτέρου βραχίονος.

83. Διπλῆ στάθμισις.—Ὅταν οἱ δύο βραχίονες τῆς φάλαγγος δὲν εἶναι ἴσοι, ὁ ζυγὸς δὲν εἶναι ἀκριβής. Δυνάμεθα ἐν τούτοις νὰ εὕρωμεν καὶ δι᾿ αὐτοῦ τὸ ἀκριβὲς βάρος, μεταχειριζόμενοι τὴν μέθοδον τοῦ Borda, ἡ ὁποία καλεῖται **μέθοδος τῆς διπλῆς σταθμίσεως**. Πρὸς τοῦτο θέτομεν τὸ σταθμιστέον σῶμα εἰς τὸν ἕνα τῶν δίσκων καὶ ἰσορροποῦμεν αὐτὸ διὰ χόνδρων μολύβδου ἢ δι᾿ ἄμμου, τὴν ὁποίαν θέτομεν εἰς τὸν ἕτερον δίσκον. Κατόπιν ἀφαιροῦμεν ἐκ τοῦ δίσκου τὸ σῶμα καὶ τὸ ἀντικαθιστῶμεν διὰ σταθμῶν, ἕως ὅτου ἡ ἰσορροπία ἀποκατασταθῇ εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Τὸ ἄθροισμα τῶν σταθμῶν τούτων παριστᾷ τὸ βάρος τοῦ σώματος. Διότι καὶ κατὰ τὰς δύο ταύτας σταθμίσεις τὸ σῶμα καὶ τὰ σταθμὰ ἐνήργησαν διαδοχικῶς ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ βραχίονος, διὰ νὰ ἰσορροπήσουν τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν.

84. Εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ.—Λέγομεν, ὅτι ζυγός τις εἶναι εὐαίσθητος, ὅταν δεικνύῃ διὰ μεγάλης κλίσεως τῆς φάλαγγος σμικροτάτην διαφορὰν μεταξὺ τῶν βαρῶν, τὰ ὁποῖα πρόκειται νὰ συγκρίνωμεν.

Ἡ εὐαισθησία τοῦ ζυγοῦ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα:

α) Ὅσον οἱ βραχίονες τῆς φάλαγγος εἶναι μακρότεροι. Εἰς τὸ σχῆμα 59 ὑποθέσωμεν, ὅτι ἐπὶ τοῦ πρὸς τὰ δεξιὰ δίσκου ἐτέθη πρόσθετον βάρος β. Τότε ἡ φάλαγξ θὰ λάβῃ νέαν τινὰ θέσιν ἰσορροπίας Α΄Β΄. Τὸ βάρος β εἶναι ἐφηρμοσμένον εἰς τὸν μοχλοβραχίονα Οδ. Ἀλλ᾽ ὁ βραχίων οὗτος, ὁ ὁποῖος εἶναι προβολὴ τοῦ ΟΒ΄ ἐπὶ τοῦ ΟΒ, θὰ εἶναι τόσον μεγαλύτερος, ὅσον ὁ βραχίων τῆς φάλαγγος εἶναι μακρότερος. Ἄρα τὸ ἀποτέλεσμα τοῦ β αὐξάνεται μετὰ τοῦ μήκους τοῦ βραχίονος.



Σχ. 58

β) Ὅσον τὸ βάρος τῆς φάλαγγος εἶναι μικρότερον.

γ) Ὅσον τὸ κέντρον τοῦ βάρους τῆς φάλαγγος εἶναι πλησιέστερον πρὸς τὸν ἄξονα τῆς στηρίξεως. Διότι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἀντιτίθεται εἰς τὴν κλίσιν τῆς φάλαγγος, εἶναι ἀκριβῶς τὸ βάρος Π τῆς φάλαγγος ἐφηρμοσμένον εἰς τὸν μοχλοβραχίονα Ογ, Ογ δὲ εἶναι ἡ προβολὴ τοῦ ΟΓ΄=ΟΓ, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μικροτέρα, ὅσον καὶ ἡ ΟΓ εἶναι μικροτέρα. Ἄρα, ὅσον αἱ ποσότητες Π καὶ ΟΓ εἶναι μικρότεραι, τόσον ἡ ἀντίστασις εἰς τὴν κλίσιν θὰ εἶναι μικροτέρα.

85. Ἀποτελέσματα σταθμίσεων.—Μέτρησις τῆς μάζης. Ὁ ζυγὸς δεικνύει ἂν τὰ βάρη δύο σωμάτων εἶναι ἴσα εἰς τὸν τόπον, ὅπου γίνεται ἡ στάθμισις. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὴν στάθμισιν εἰς ἄλλον τόπον, τὰ βάρη τῶν δύο σωμάτων θὰ ἔχουν μεταβληθῆ, καθὼς ἐπίσης καὶ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος, ἀλλὰ θὰ παραμένουν ἴσα, καὶ ὁ ζυγὸς θὰ δώσῃ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα. Τοῦτο δεικνύει, ὅτι αἱ μᾶζαι τῶν δύο σωμάτων εἶναι ἴσαι. Διότι, ἐὰν μ καὶ μ΄ αἱ μᾶζαι αὐτῶν, Β καὶ Β΄ τὰ βάρη, g δὲ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον ὅπου εὑρίσκονται, θὰ ἔχωμεν $B = \mu g$ καὶ $B' = \mu' g$. Καὶ ἐάν, ἐπειδὴ ὁ ζυγὸς ἰσορροπεῖ, $B = B'$, θὰ εἶναι καὶ $\mu g = \mu' g$, ἄρα καὶ $\mu = \mu'$. Εἰς ἄλλον τόπον, ὅπου ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος εἶναι g_1, τὰ βάρη B καὶ B΄ θὰ λάβουν τὰς τιμὰς B_1 καὶ B'_1, τοιαύτας, ὥστε $B_1 = \mu g_1$ καὶ $B'_1 = \mu' g_1$. Καὶ ἐὰν $\mu = \mu'$, τότε καὶ $B_1 = B'_1$. Διὰ τοῦτο ὁ ζυγὸς δίδει τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα. Ἓν πρῶτον συμπέρασμα εἶναι, ὅτι, ὅταν κατασκευάζωμεν σταθμά, 1 π.χ. γρ., ἀναζητοῦμεν διὰ τοῦ ζυγοῦ μᾶζαν λευκοχρύσου, ἥτις νὰ ἔχῃ τὸ αὐτὸ βάρος μὲ ἕνα κυβικὸν δάκτυλον ὕδατος 4^o. Ἔχει λοιπὸν τοῦτο τὴν αὐτὴν μᾶζαν, ἓν γραμμάριον. Δηλ. οἱ ἐπὶ τῶν σταθμῶν ἀριθμοὶ παριστοῦν τὴν μᾶζαν αὐτῶν. Ὁ ζυγός, ὅστις δίδει διὰ δοθὲν σῶμα τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα, ὁποιοσδήποτε καὶ ἂν εἶναι ὁ τόπος εἰς τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ στάθμισις, μετρεῖ τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος τούτου (ποσὸν ἀμετάβλητον) καὶ ὄχι τὸ βάρος του, τὸ ὁποῖον μεταβάλλεται μετὰ τοῦ τόπου. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὸ βάρος, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὴν ἔντασιν g τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον ὅπου εὑρισκόμεθα. Τὸ βάρος ὑπολογίζεται τότε εἰς δύνας διὰ τοῦ τύπου:

$$B = \mu g.$$

86. Πυκνότητες. Εἰδικὰ βάρη.—Ὅλα τὰ σώματα ὑπὸ τὸν αὐτὸν ὄγκον δὲν ἔχουν τὴν αὐτὴν μᾶζαν. Πυκνότης ἢ εἰδικὴ μᾶζα σώματος ὁμοιομεροῦς εἶναι ἡ μᾶζα αὐτοῦ κατὰ μονάδα ὄγκου. **Πυκνότης** οὐσίας τινὸς εἶναι λοιπὸν τὸ βάρος εἰς γραμμάρια ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστομέτρου ἐκ τῆς οὐσίας ταύτης. Ἐὰν δ ἡ πυκνότης τοῦ σώματος καὶ Ο ὁ ὄγκος του, ἡ μᾶζα αὐτοῦ θὰ εἶναι $M = O\delta$.

Καλοῦμεν **εἰδικὸν βάρος** οὐσίας τινὸς τὸ βάρος εἰς δύνας ἢ τὸ ἀπόλυτον βάρος ἑνὸς κυβικοῦ ἑκατοστομέτρου τῆς οὐσίας ταύτης. Τὸ εἰδικὸν βάρος σώματος πυκνότητος δ εἶναι δg.

Ἡ πυκνότης ἑνὸς σώματος εἶναι ἀμετάβλητος, ἀλλὰ τὸ εἰδικόν του βάρος μεταβάλλεται, ὅπως καὶ τὸ g, μετὰ τοῦ τόπου τῆς παρατηρήσεως. Ἡ πυκνότης τοῦ καθαροῦ ὕδατος εἰς 4 βαθμοὺς εἶναι πανταχοῦ ἴση πρὸς 1· τὸ εἰδικὸν αὐτοῦ βάρος εἶναι 981 δύναι περίπου.

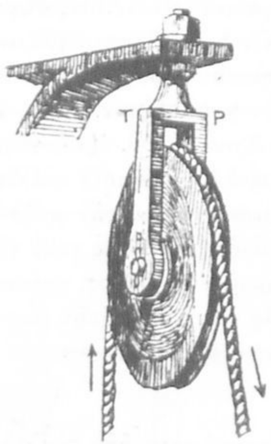
Ἡ πυκνότης τοῦ ὑδραργύρου εἰς 0^o εἶναι 13,59· τὸ εἰδικόν του βάρος εἰς 0^o εἶναι 13,59.981.

Εἰς τὸν αὐτὸν τόπον τὰ εἰδικὰ βάρη (δg καὶ $\delta' g$) εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰς πυκνότητας.

ΤΡΟΧΑΛΙΑΙ, ΠΟΛΥΣΠΑΣΤΑ, ΒΑΡΟΥΛΚΟΝ

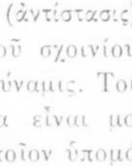
87. Τροχαλίαι.—Ἡ τροχαλία εἶναι δίσκος ξύλινος ἢ μετάλλινος, ὁ ὁποῖος φέρει καθ' ὅλην τὴν περιφέρειάν του αὔλακα, διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται σχοινίον ἢ ἅλυσις.

Ὁ δίσκος οὗτος δύναται νὰ περιστρέφεται ἐλευθέρως περὶ ἄξονα, ὁ ὁποῖος διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου αὐτοῦ καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου αὐτοῦ. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ ἄξονος τούτου στηρίζονται εἰς τὰ δύο σκέλη ἐπικαμποῦς στελέχους ΤΡ, τὸ ὁποῖον λέγεται **τροχαλιοθήκη** (σχ. 60).



Σχ. 60

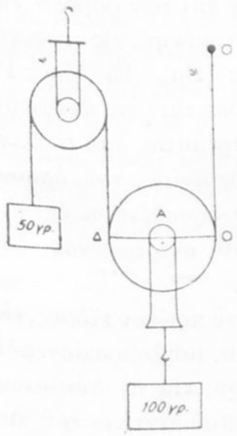
88. Παγία τροχαλία.—Ἡ τροχαλία λέγεται **παγία**, ὅταν ἡ τροχαλιοθήκη στερεοῦται ἀκλονήτως εἰς ἓν σημεῖον (σχ. 60). Εἰς τὴν παγίαν τροχαλίαν τὸ σῶμα, τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἀνυψώσωμεν (ἀντίστασις), προσδένεται εἰς τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σχοινίου, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις. Τοιουτοτρόπως ἡ παγία τροχαλία εἶναι μοχλὸς πρώτου εἴδους, εἰς τὸν ὁποῖον ὑπομόχλιον μὲν εἶναι ὁ ἄξων Ο, βραχίων τῆς δυνάμεως ἡ ἀπόστασις τοῦ ἄξονος ἀπὸ τοῦ ἑνὸς σχοινίου καὶ μοχλοβραχίων τῆς ἀντιστάσεως ἡ ἀπόστασις τοῦ ἄξονος ἀπὸ τοῦ ἄλλου σχοινίου. Ἐὰν εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ σχοινίου κρεμάσωμεν ἴσα βάρη, θὰ ἴδωμεν, ὅτι ταῦτα ἰσορροποῦν (διότι οἱ βραχίονες εἶναι ἴσοι ὡς ἀκτῖνες τοῦ αὐτοῦ κύκλου). Ἄρα εἰς τὴν παγίαν τροχαλίαν ἡ δύναμις εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀντίστασιν, μὲ τὴν διαφοράν, ὅτι εὐκολυνόμεθα εἰς τὸ νὰ ἀνυψώνωμεν διάφορα ἀντικείμενα. Ἐπίσης ἔχομεν τὸ πλεονέκτημα, ὅτι ἡ δύναμις ἐνεργεῖ ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Π.χ. διὰ νὰ ἀντλήσωμεν ὕδωρ ἀπὸ φρέαρ, εἶναι εὐκολώτερον μὲ τὴν τροχαλίαν νὰ σύρωμεν το σχοινίον ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω, ἀντὶ νὰ ἀναβιβάζωμεν τὸ πλῆρες ὕδατος δοχεῖον, σύροντες τὸ σχοινίον ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.



Σχ. 61

89. Κινητὴ τροχαλία.—Ἡ κινητὴ τροχαλία (σχ. 61) διαφέρει ἀπὸ τὴν **παγίαν** κατὰ τὸ ὅτι ὁ ἄξων αὐτῆς μετατίθεται, ὅταν ἡ τροχαλία στρέφεται. Εἰς τὴν κινητὴν τροχαλίαν τὸ ἓν ἄκρον τοῦ σχοινίου προσδένεται εἰς ἓν σταθερὸν σημεῖον, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον ἐνεργεῖ ἡ δύναμις ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ ἀντίστασις, δηλ. τὸ βάρος τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἀνυψώσωμεν, κρέμαται δι' ἀγκίστρου ἀπὸ τοῦ ἄκρου τῆς τροχαλιοθήκης.

Ἐὰν τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ σχοινίου διαβιβάσωμεν διὰ τῆς αὔλακος παγίας τροχαλίας (σχ. 62), ἵνα μεταβάλωμεν τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως (ἡ ἔντασις αὐτῆς, ὡς εἴπομεν ἀνωτέρω, μένει ἡ αὐτὴ) καὶ κρεμάσωμεν εἰς τὸ ἐλεύθερον μὲν ἄκρον τοῦ σχοινίου βάρος 50 γρ., εἰς δὲ τὸ ἄγκιστρον βάρος 100 γρ. θὰ ἴδωμεν, ὅτι τὰ δύο βάρη ἰσορροποῦν.

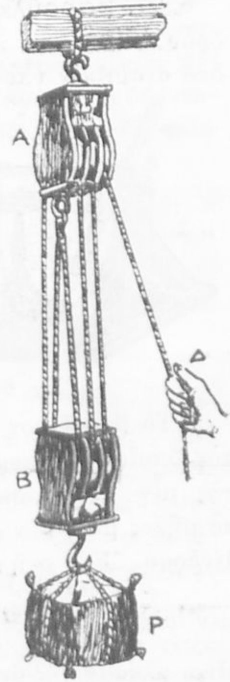


Σχ. 62

Ἄρα εἰς τὴν κινητὴν τροχαλίαν ἡ δύναμις ἡ ἰσορροποῦσα τὴν ἀντίστασιν εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς ἀντιστάσεως, ὅταν τὰ νήματα εἶναι παράλληλα, ὅπως εἰς τὰ ἔναντι σχήματα.

90. Πολύσπαστον.—

Τὸ πολύσπαστον εἶναι συνδυασμὸς κινητῶν καὶ παγίων τροχαλιῶν.



Σχ. 63

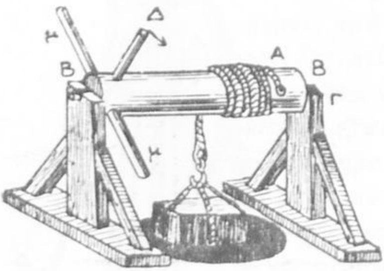
Τὸ σχῆμα 63 παριστᾷ πολύσπαστον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο τροχαλιοθήκας, ἑκάστη τῶν ὁποίων φέρει ἴσον ἀριθμὸν τροχαλιῶν περιστρεφομένων περὶ τὸν αὐτὸν ἄξονα. Ἡ ἀνωτέρα παγία τροχαλιοθήκη φέρει πρὸς τὰ κάτω δακτύλιον, εἰς τὸν ὁποῖον προσδένεται τὸ σχοινίον. Τοῦτο κατερχόμενον περιβάλλει τὴν αὔλακα τῆς πρώτης κινητῆς τροχαλίας, ἔπειτα δὲ ἀνερχόμενον περιβάλλει τὴν αὔλακα τῆς πρώτης παγίας τροχαλίας· κατερχόμενον, περιβάλλει τὴν αὔλακα τῆς δευτέρας κινητῆς καὶ οὕτω καθεξῆς, ἐξέρχεται δὲ τέλος ἐκ τῆς τελευταίας τῶν παγίων τροχαλιῶν.

Εἰς τὸ ἄκρον τοῦτο τοῦ σχοινίου ἐφαρμόζεται ἡ δύναμις.

Ἐὰν ἑκάστη τροχαλιοθήκη ἔχῃ π. χ. τρεῖς τροχαλίας, ἐπειδὴ τὸ βάρος διανέμεται εἰς $2 \times 3 = 6$ σχοινία, ἕκαστον σχοινίον θὰ ὑφίσταται πίεσιν ἴσην μὲ τὸ 1/6 τῆς ἀντιστάσεως, ἑπομένως καὶ ἡ δύναμις, ἡ ὁποία θὰ ἰσορροπῇ τὴν ἀντίστασιν, θὰ εἶναι τὸ 1/6 ταύτης.

Ἐὰν ἑκάστη τροχαλιοθήκη φέρῃ 4 τροχαλίας, ἡ δύναμις θὰ εἶναι τὸ $\frac{1}{2\times4}=\frac{1}{8}$ τῆς ἀντιστάσεως Ρ· καὶ γενικῶς, ἐὰν 2. ν ὁ ὁλικὸς ἀριθμὸς τῶν τροχαλιῶν τοῦ πολυσπάστου, $\Delta=\frac{P}{2.\nu}$.

91. Βαροῦλκον.—Τὸ βαροῦλκον ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ κυλίνδρου Α (σχ. 64), κινητοῦ περὶ ἄξονα ὁριζόντιον ΒΒ στηριζόμενον ἐπὶ δύο σταθερῶν ὑποστηριγμάτων. Διὰ τῶν ῥάβδων μμ ἐξασκοῦμεν δύναμιν Δ κάθετον ἐπὶ τῶν ῥάβδων καὶ συνεπῶς ἐφαπτομένην εἰς περιφέρειαν ἀκτῖνος Βμ. Τὸ βάρος Ρ, τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἀνυψωθῇ (ἀντίστασις), κρέμαται ἀπὸ τὸ ἐλεύθερον ἄκρον σχοινίου, τοῦ ὁποίου τὸ ἄλλο ἄκρον προσδένεται ἐπὶ μικροῦ δακτυλίου στερεωμένου ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου.



Σχ. 64

Τὸ βαροῦλκον δύναται νὰ θεωρηθῇ μοχλὸς τοῦ πρώτου εἴδους, εἰς τὸν ὁποῖον τὸ ὑπομόχλιον μὲν εἶναι εἰς τὸν ἄξονα, μοχλοβραχίονες δὲ τῆς μὲν ἀντιστάσεως εἶναι ἡ ἀκτὶς τοῦ κυλίνδρου, τῆς δὲ δυνάμεως τὸ μῆκος μιᾶς τῶν ῥάβδων μμ λογιζόμενον μέχρι τοῦ κέντρου τοῦ κυλίνδρου. Ἐὰν α ἡ ἀκτὶς τοῦ κυλίνδρου καὶ Α ἡ ἀκτὶς Βμ, διὰ νὰ ἔχωμεν ἰσορροπίαν, πρέπει $\frac{\Delta}{P}=\frac{\alpha}{A}$ καὶ $\Delta=P\,\frac{\alpha}{A}$, ἤτοι ἡ δύναμις θὰ εἶναι κλάσμα τῆς ἀντιστάσεως, ἐκφραζόμενον ὑπὸ τοῦ λόγου τῆς ἀκτῖνος τοῦ κυλίνδρου πρὸς τὴν ἀκτῖνα τῆς περιφερείας τῆς διαγραφομένης ὑπὸ τοῦ ἄκρου τοῦ στροφάλου.

Προβλήματα

1ον. Τὸ ἄκρον κανόνος μήκους 80 ἑκ. στηρίζομεν ἐπὶ σταθεροῦ σημείου, εἰς τὸ ἄλλο δὲ ἄκρον κρεμῶμεν βάρος 50 γρ. καὶ ἰσορροποῦμεν τὸ σύστημα κρατοῦντες διὰ τῆς χειρὸς τὸν κανόνα ἀπό τινος σημείου ἀπέχοντος 20 ἑκ. ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ σημείου. Ποίαν δύναμιν καταβάλλει ἡ χείρ μας; (Τὸ βάρος τοῦ κανόνος δὲν ὑπολογίζεται).

2ον. Ποίαν δύναμιν θὰ καταβάλωμεν διὰ νὰ ἰσορροπήσωμεν τὸ ἀνωτέρω βάρος τῶν 50 γρ., ἐὰν ἐναλλάξωμεν τὴν θέσιν τοῦ βάρους καὶ τῆς χειρός μας ;

3ον. Εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ ΑΔ πρώτου εἴδους, μήκους 1 μέτρου, καὶ τοῦ ὁποίου τὸ βάρος δὲν ὑπολογίζεται, ἐνεργεῖ δύναμις 50 χγρ., τῆς ὁποίας ἡ διεύθυνσις σχηματίζει μετὰ τοῦ μοχλοῦ γωνίαν 150°. Εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον κρέμαται βάρος 800 χγρ. καὶ ὁ μοχλὸς ἰσορροπεῖ ὁριζοντίως. Ζητεῖται ἡ ἀπόστασις τοῦ ὑπομοχλίου ἀπὸ τῆς ἀντιστάσεως.

4ον. Ἐπὶ τῆς ἀκμῆς Ο μαχαιρίου τίθεται ὁριζοντίως κανὼν ΑΒ μήκους Δ καὶ βάρους Λ, εἰς τὰ δύο δὲ αὐτοῦ ἄκρα κρέμανται δύο σώματα, βάρους Π καὶ Κ. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ θέσις τοῦ Ο, ἵνα ὁ κανὼν ἰσορροπῇ ὁριζοντίως. $K > \Pi$.

5ον. Εἰς ζυγὸν μὴ ἀκριβῆ ὁ εἷς βραχίων α ὑπερέχει τοῦ ἄλλου β κατὰ τὸ 0,01 τοῦ β. Ἔμπορός τις κάμνει 100 ζυγίσεις τοῦ ἑνὸς χιλιογράμμου, θέτων τὸ πρὸς ζύγισιν σῶμα ἐναλλὰξ εἰς τὸν ἕνα δίσκον καὶ εἰς τὸν ἄλλον. Ποῖον εἶναι τὸ κέρδος ἢ ἡ ζημία του ἐπὶ τοῦ παραδιδομένου ἐμπορεύματος ;

1/

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ. ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ

ΠΙΕΣΕΙΣ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

92. Γενικαὶ ἰδιότητες τῶν ὑγρῶν.—Τὰ ὑγρὰ χαρακτηρίζονται διὰ τῆς εὐκολίας, μετὰ τῆς ὁποίας τὰ μόριά των δύνανται νὰ ὀλισθαίνουν ἐπ᾿ ἀλλήλων. Διὰ τοῦτο λέγονται καὶ **ρευστά.** Τὰ ὑγρὰ εἶναι πολὺ ὀλίγον συμπιεστά. Ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὄγκου, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν ἰσχυροτάτων πιέσεων, εἶναι ἀνεπαίσθητος. Ἀναλαμβάνουν δ᾿ ἀμέσως τὸν ἀρχικὸν αὐτῶν ὄγκον, μόλις ἡ συμπίεσις παύσῃ νὰ ἐνεργῇ. Διὰ τοῦτο λέγομεν, ὅτι τὰ ὑγρὰ εἶναι **τελείως ἐλαστικά.** Εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ὑγρῶν παραδεχόμεθα, ὅτι ἡ ρευστότης των εἶναι τελεία καὶ ὅτι εἶναι ἐντελῶς ἀσυμπίεστα, ἂν καὶ οὐδὲν ὑγρὸν ἔχει ἀκριβῶς τὰς ἰδιότητας ταύτας.

93. Ἔννοια τῆς πιέσεως.—Ὅταν σῶμά τι στηρίζεται ἐπὶ ὑποστηρίγματος, ἐξασκεῖ ἐπὶ τούτου ὡρισμένην ὤθησιν, ἡ ὁποία παρίσταται διὰ τοῦ βάρους του.

Θεωρήσωμεν, διὰ τὸ ἁπλούστερον, μίαν σφαῖραν, ἡ ὁποία στηρίζεται ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου· ἡ ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ἐπιφερομένη πίεσις εἶναι δύναμις κατακόρυφος, ἡ ὁποία παριστᾷ τὸ βάρος Β τῆς σφαίρας. Ἐπειδὴ τοῦτο ἰσορροπεῖ, εἶναι φανερόν, ὅτι ἐξουδετεροῦται ὑπὸ μιᾶς ἄλλης δυνάμεως ἴσης καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ὑπὸ τοῦ ἐπιπέδου.

Ἐὰν τὸ σῶμα, ἀντὶ νὰ στηρίζεται δι᾿ ἑνὸς σημείου ὅπως ἡ σφαῖρα, ἔχῃ βάσιν ὁριζοντίαν ἐμβαδοῦ ε, τελείως ἐφηρμοσμένην ἐπὶ τοῦ ὑποστηρίγματος, τὸ βάρος Π θὰ διανεμηθῇ ἐφ᾽ ὅλης τῆς βάσεως ταύτης. Εἰς τὴν περίπτωσιν ἴσης διανομῆς τοῦ βάρους Π, ἕκαστον σημεῖον τοῦ σώματος θὰ μεταβιβάσῃ ἓν ἴσον μέρος τοῦ βάρους εἰς τὸ ὑποστήριγμα καὶ ἑκάστη μονὰς ἐπιφανείας τοῦ ὑποστηρίγματος θὰ δεχθῇ ποσότητα ἐκ τῆς δυνάμεως ταύτης $\pi = \dfrac{\Pi}{\varepsilon}$.

Τὴν ποσότητα ταύτην π τῆς δυνάμεως, τῆς ἐξασκουμένης ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, καλοῦμεν **πίεσιν.**

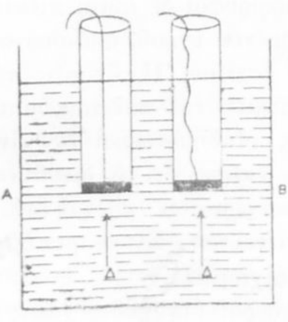
94. Πιέσεις ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν ὑγρῶν.—Τὰ ὑγρὰ εἶναι βαρέα, ἐξασκοῦν δὲ διὰ τοῦ βάρους των πιέσεις ἐπὶ τῶν πυθμένων τῶν δοχείων ἐντὸς τῶν ὁποίων περιέχονται. Καὶ τὰ ἀνώτερα ἐπίσης μέρη τῶν ὑγρῶν ἐπιφέρουν πιέσεις ἐπὶ τῶν κατωτέρων, αἱ κατακόρυφοι δὲ αὗται πιέσεις, λόγῳ τῆς ρευστότητος τοῦ οὕτω συμπιεζομένου ὑγροῦ, δημιουργοῦν πιέσεις πλαγίας ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου. Ἡ ὕπαρξις τῶν πιέσεων τούτων ἀποδεικνύεται, ἐὰν ἀνοίξωμεν ἐπὶ τοῦ τοιχώματος ὀπάς, διὰ τῶν ὁποίων ἀναπηδᾷ τὸ ὑγρόν, οἱαδήποτε καὶ ἐὰν εἶναι τῶν ὀπῶν τούτων ἡ θέσις. Παρατηροῦμεν ἐπίσης, ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς ἀναπηδήσεως τοῦ ὑγροῦ πλησίον τῶν τοιχωμάτων, προτοῦ δηλ. ἡ βαρύτης τὴν παρεκκλίνῃ, εἶναι κάθετος ἐπὶ τούτων. Συνάγομεν ὅθεν, ὅτι ἡ **πίεσις εἶναι κάθετος ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων.**

Εἰς ἓν σημεῖον οἱονδήποτε ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ δυνάμεθα, χωρὶς νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἰσορροπίαν, νὰ ὑποθέσωμεν, ὅτι ὑπάρχει ἓν στερεὸν ἐπίπεδον. Ἐπειδὴ τοῦτο ἰσορροπεῖ, πρέπει νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τούτου ἐξασκοῦνται πιέσεις ἴσαι καὶ ἀντίθετοι. Συνεπῶς εἰς ἕκαστον σημεῖον τὸ ὑγρὸν ὑφίσταται, καθ᾽ ὅλας τὰς φοράς, πιέσεις ἴσας καὶ ἀντιθέτους ἀνὰ δύο.

95. Ὁμαλότης τῆς πιέσεως ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου.—Λαμβάνομεν σωλῆνα ὑάλινον, τοῦ ὁποίου τὸ κατώτερον ἄνοιγμα κλείεται διὰ λεπτοῦ ὑαλίνου δίσκου. Ὁ δίσκος οὗτος διατηρεῖται προσηλωμένος ἐπὶ τοῦ ἀνοίγματος διὰ νήματος προσδεδεμένου εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ. Βυθίζομεν τὸν σωλῆνα κατακορύφως εἰς τὸ ὕδωρ οὕτως, ὥστε ὁ δίσκος νὰ εὑρίσκεται ἐπὶ ὁριζοντίου ἐπιπέδου οἱουδήποτε ΑΒ, καὶ ἀφίνομεν τὸ νῆμα. Ὁ δίσκος παραμένει προσηλωμένος ἐπὶ τοῦ σωλῆνος, ἕνεκα τῆς πιέσεως τῆς ἐξασκουμένης ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 65). Τὴν πίεσιν ταύτην καλοῦμεν **ἄνωσιν**.

Ἐὰν χύσωμεν ἠρέμα ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ὁ δίσκος θὰ ἀποσπασθῇ, ὅταν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος θὰ εὑρίσκεται καὶ ἐντὸς καὶ ἐκτὸς τοῦ σωλῆνος ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου. Ἡ πίεσις τότε, τὴν ὁποίαν ἐπιφέρει ἡ στήλη τοῦ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὕδατος, μετρεῖ τὴν πίεσιν Δ, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἐπιφάνεια τοῦ ἐπιπέδου ΑΒ ἴση μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ δίσκου.

Σημείωσις. Ἐπειδή, κατὰ τὸν ὁρισμόν, ἡ πίεσις μετρεῖται διὰ τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, δυνάμεθα νὰ ὑποθέσωμεν, ὅτι ὁ κύλινδρος ἔχει τομὴν 1 τετρ. ἑκατ. Ἐὰν υ ἑκατ. τὸ ὕψος τῆς ἐντὸς τοῦ σωλῆνος στήλης τοῦ ὕδατος, τότε ὁ ὄγκος τοῦ ὕδατος θὰ εἶναι 1 . υ = υ κυβ. ἑκατ. Συνεπῶς τὸ βάρος αὐτοῦ, δηλ. ἡ ἄνωσις, θὰ ἰσοῦται μὲ υ γραμμάρια. Ἐὰν πρόκειται περὶ ἄλλου ὑγροῦ, τοῦ ὁποίου ἡ πυκνότης εἶναι δ, τότε : ἄνωσις = υ.δ.



Σχ. 65

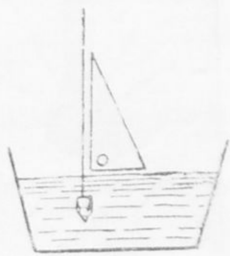
Ἐὰν μεταθέσωμεν τὸν σωλῆνα οὕτως, ὥστε ὁ δίσκος νὰ μένῃ πάντοτε εἰς τὸ ἐπίπεδον ΑΒ, παρατηροῦμεν, ὅτι ἀποσπᾶται πάντοτε ὑπὸ τὴν πίεσιν τῆς αὐτῆς στήλης ὕδατος. Συνεπῶς: ἐντὸς ὑγροῦ ἰσορροποῦντος, ἐπιφάνειαι λαμβανόμεναι ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πίεσιν (ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας κατὰ τὸν ὁρισμόν).

Ἀντιστρόφως, πᾶν ἐπίπεδον ἐντὸς ἰσορροποῦντος ὑγροῦ, εἰς τὸ ὁποῖον ἴσαι ἐπιφάνειαι πιέζονται ἐξ ἴσου, εἶναι ὁριζόντιον. Ἐπίσης ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγροῦ, δηλ. ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία ἐφάπτεται τῆς ἀτμοσφαίρας, εἶναι εἰς μικρὰν ἔκτασιν ἐπίπεδον ὁριζόντιον, διότι ὑφίσταται εἰς ὅλα αὐτῆς τὰ σημεῖα τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἥτις εἶναι ἡ ἀτμοσφαιρική.

Διὰ νὰ ἐπαληθεύσωμεν τοῦτο πειραματικῶς, φέρομεν νῆμα τῆς στάθμης ὑπεράνω δοχείου περιέχοντος ὕδωρ καὶ ἀφίνομεν νὰ βυθισθῇ ἡ μᾶζα, ἡ ὁποία κρέμαται ἐκ τοῦ νήματος (σχ. 66). Ὅταν τὸ νῆμα τοῦτο ἰσορροπήσῃ, πλησιάζομεν γνώμονα οὕτως, ὥστε ἡ μικρὰ τούτου πλευρὰ νὰ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι τὸ νῆμα ἀκολουθεῖ ἀκριβῶς τὴν διεύθυνσιν τῆς μεγάλης πλευρᾶς τῆς ὀρθῆς γωνίας. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὴν ἐπαλήθευσιν ταύτην καὶ κατὰ πᾶσαν ἄλλην διεύθυνσιν καὶ μὲ οἱονδήποτε ὑγρόν, δυνάμεθα νὰ συμπεράνωμεν, ὅτι **ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγροῦ ἐν ἰσορροπίᾳ εἶναι ἐπίπεδον ὁριζόντιον.**

96. Μεταβολαὶ τῆς πιέσεως μετὰ τοῦ βάθους.—Ἐὰν βυθίσωμεν διαδοχικῶς τὸν σωλῆνα μὲ τὸν δίσκον εἰς δύο διάφορα βάθη ὑγροῦ εὑρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ καὶ ἐπαναλάβωμεν ἑκάστην φορὰν τὸ προηγούμενον πείραμα, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ πίεσις αὐξάνεται μετὰ τοῦ βάθους. Ἐὰν δὲ προσδιορίσωμεν τὰς πιέσεις εἰς δύο διάφορα βάθη, συνάγομεν τὸ ἑπόμενον θεμελιῶδες θεώρημα:

Ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο σημεῖα ὑγροῦ εὑρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ μετρεῖται διὰ τοῦ βάρους στήλης ἐκ τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἥτις ἔχει ὡς βάσιν μὲν ἓν τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον καὶ ὡς ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν δύο σημείων.



Σχ. 66

Σημείωσις. Ἐὰν π ἡ πίεσις εἰς τὸ κατώτερον σημεῖον εὑρισκόμενον εἰς βάθος υ΄, π΄ ἡ πίεσις εἰς τὸ ἀνώτερον εὑρισκόμενον εἰς βάθος υ΄΄, καὶ δ ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ, θὰ ἔχωμεν:

$$\pi = \upsilon'\delta \quad \text{καὶ} \quad \pi' = \upsilon''\delta,$$

συνεπῶς $\pi - \pi' = \upsilon'\delta - \upsilon''\delta$ ἢ $\pi - \pi' = \delta(\upsilon' - \upsilon'')$.

Καί, ἐὰν θέσωμεν $\upsilon' - \upsilon'' = \upsilon$, θὰ ἔχωμεν $\pi - \pi' = \upsilon\delta$.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί.—α) Ποία ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο ἐντὸς τοῦ ὕδατος σημεῖα, τῶν ὁποίων ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις εἶναι 1 μέτρον;

Ἔχομεν $\upsilon = 100$ ἑκατ. καὶ $\delta = 1$. Ἄρα $\pi - \pi' = 100$ γρ. κατὰ τετραγ. ἑκατ.

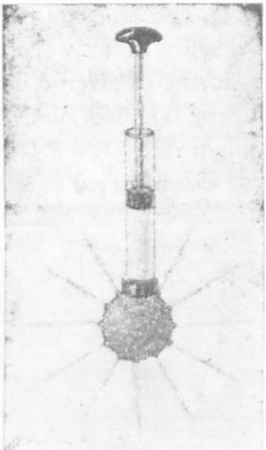
β) Ποία κατακόρυφος ἀπόστασις πρέπει νὰ χωρίζῃ δύο σημεῖα ἐντὸς ὑδραργύρου ($\delta = 13{,}6$), διὰ νὰ παρουσιάζουν διαφορὰν πιέσεως 1 χγρ. (κατὰ τετρ. ἑκατ.);

Θὰ ἔχωμεν: $\pi - \pi' = \upsilon\delta$ καὶ $\upsilon = \dfrac{\pi - \pi'}{\delta} = \dfrac{1000}{13{,}6} = 73{,}5$ ἑκ.

ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΠΑΣΚΑΛ

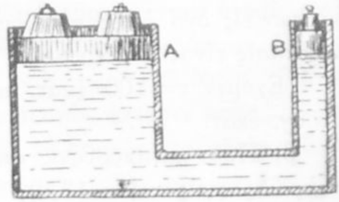
97. Ἀρχὴ τοῦ Πασκάλ.—Μία σημαντικὴ ἰδιότης τῶν ὑγρῶν εἶναι, ὅτι μεταδίδουν τὰς πιέσεις τὰς ἐξασκουμένας ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῶν.

Διὰ νὰ μελετήσωμεν τὴν μετάδοσιν τῶν πιέσεων, χρησιμοποιοῦμεν σφαῖραν κοίλην, τῆς ὁποίας ἡ ἐπιφάνεια φέρει ὀπὰς μικρὰς καθ' ὅλην αὐτῆς τὴν ἔκτασιν. Ἡ σφαῖρα αὕτη εἶναι συνδεδεμένη μετὰ κυλινδρικοῦ σωλῆνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ κινῆται ἐμβολεὺς ἐφαρμοζόμενος ὑδατοστεγῶς (σχ. 67). Ἐάν, ἀφοῦ πληρώσωμεν τὴν σφαῖραν καὶ μέρος τοῦ σωλῆνος μὲ ὕδωρ, πιέσωμεν τὸν ἐμβολέα, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ ὕδωρ ἐκτοξεύεται μετὰ δυνάμεως ἐξ ὅλων τῶν ὀπῶν συγχρόνως. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν, ὅτι **τὰ ὑγρὰ μεταδίδουν τὰς πιέσεις καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις.**



Σχ. 67

Θεωρήσωμεν ἤδη σύστημα δύο κατακορύφων σωλήνων κυλινδρικῶν συγκοινωνούντων δι' ὁριζοντίου σωλῆνος, τῶν ὁποίων ὁ εἷς ἔχει τομὴν 100 φορὰς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν τομὴν τοῦ ἄλλου. Ἀφοῦ πληρώσωμεν αὐτὸ μὲ ὕδωρ μέχρι τινός, κλείομεν τοὺς κυλίνδρους δι' ἐμβολέων Α καὶ Β (σχ. 68). Οἱ ἐμβολεῖς οὗτοι ἐφαρμόζονται ὑδατοστεγῶς ἐπὶ τῶν κυλίνδρων, ἀποτελοῦνται ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας, ἔχουν τὸ αὐτὸ πάχος καὶ βάσεις ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους. Ἐὰν κατόπιν ἐπιφέρωμεν ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως Β οἱανδήποτε πίεσιν, π. χ. ἐὰν θέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ βάρος 10 γρ., θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι, διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν τὸν ἐμβολέα Α ν' ἀνυψωθῇ, θὰ χρειασθῇ νὰ θέσωμεν ἐπ' αὐτοῦ βάρος 1000 γρμ. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν, ὅτι **ἡ πίεσις μετεδόθη ὁλόκληρος ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως Α** (διότι, ἐὰν Ε ἡ τομὴ τοῦ ἐμβολέως Β, θὰ ἔχωμεν :



Σχ. 68

$$\text{πίεσις ἐπὶ τοῦ } B = \frac{10}{E}, \text{ πίεσις ἐπὶ τοῦ } A = \frac{1000}{100E} = \frac{10}{E}).$$

Ἐκ τῶν παρατηρήσεων τούτων ὁ Πασκὰλ συνήγαγε τὴν ἑξῆς ἀρχήν : Πᾶσα πίεσις, ἡ ὁποία ἐπιφέρεται καθέτως ἐπὶ μέρους τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ εὑρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, μεταδίδεται ἀκεραία εἰς πᾶσαν ἴσην ἐπιφάνειαν λαμβανομένην ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου ἢ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ.

Ἐκ τῆς ἀρχῆς ταύτης προκύπτει, ὅτι ἐπιφάνεια διπλασία, τριπλασία τῆς πιεζομένης ἐπιφανείας θὰ δεχθῇ πίεσιν διπλασίαν, τριπλασίαν. Γενικῶς, ἐὰν Δ ἡ πίεσις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται καθέτως ἐπὶ ἐπιφανείας Ε ὑγροῦ εὑρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου (τὸ ὑγρὸν ὑποτίθεται ἀπηλλαγμένον τῆς ἐπιδράσεως τῆς βαρύτητος), καὶ Δ΄ ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν δέχεται ἐπιφάνεια οἱαδήποτε Ε΄ τοῦ δοχείου, θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{\Delta'}{\Delta} = \frac{E'}{E} \quad \text{ἢ} \quad \Delta' = \Delta . \frac{E'}{E}.$$

Ἡ ἀρχὴ τοῦ Πασκὰλ μᾶς παρέχει συνεπῶς μέσον πολλαπλασιασμοῦ τῶν δυνάμεων.

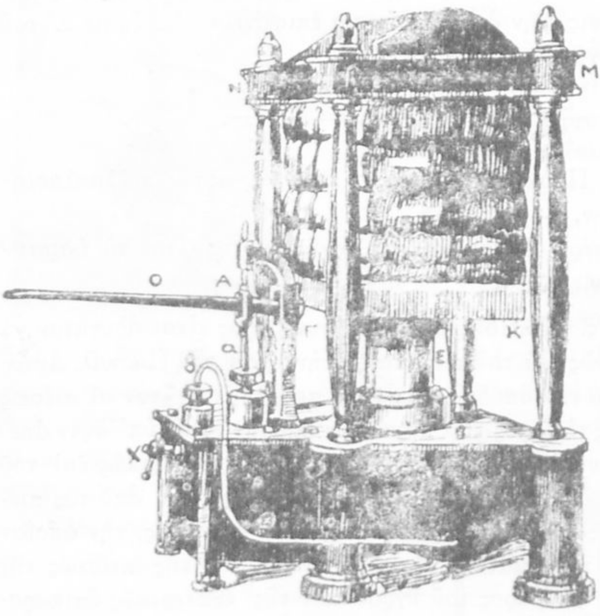
Ἡ σπουδαιοτέρα ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς ταύτης εἶναι τὸ **ὑδραυλικὸν πιεστήριον**.

Σημείωσις. Ἐπειδὴ τὰ ὑγρὰ ἔχουν βάρος εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀποδείξωμεν ἀκριβῶς διὰ τοῦ πειράματος τὴν ἀρχὴν τοῦ Πασκάλ. Δυνάμεθα ἐν τούτοις νὰ τὴν ἀποδείξωμεν κατὰ προσέγγισιν, ὅταν αἱ πιέσεις αἱ ὀφειλόμεναι εἰς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ δὲν λαμβάνωνται ὑπ᾿ ὄψιν ἀπέναντι πολὺ μεγαλυτέρων πιέσεων ἐξασκουμένων ἐξωτερικῶς ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ. Ἀλλ᾿ ὅταν αἱ πιέσεις αὗται δὲν διαφέρουν πολὺ ἀπὸ τὰς πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται ἐξωτερικῶς, τότε ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν δέχεται μέρος τῶν τοιχωμάτων, εἶναι τὸ ἄθροισμα τῆς πιέσεως τῆς προερχομένης ἀπὸ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ καὶ τῆς ἐξωτερικῶς ἐπιφερομένης πιέσεως. Δυνάμεθα τότε νὰ εἴπωμεν ὅτι, ἐὰν μέρος τῶν τοιχωμάτων ὑφίσταται αὔξησιν πιέσεως, ἡ αὔξησις αὕτη μεταδίδεται ἀκεραία καθ᾿ ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἄλλωστε ἡ διαφορὰ τῶν πιέσεων εἰς δύο σημεῖα τοῦ ὑγροῦ προέρχεται ἐκ τῆς ἐνεργείας τῆς βαρύτητος.

98. **Ὑδραυλικὸν πιεστήριον.**—Τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἐπιφέρωμεν πολὺ μεγάλας πιέσεις, χρησιμοποιοῦντες δυνάμεις σχετικῶς μικράς.

Συνίσταται ἐκ δύο κυλινδρικῶν δοχείων ἀνίσων τομῶν (σχ. 69). Τὸ μικρότερον δοχεῖον εἶναι μεικτὴ ἀντλία, ἡ ὁποία ἀναρροφᾷ ὕδωρ ἐκ πλαγίου δοχείου καὶ συμπιέζει αὐτὸ διὰ μεταλλικοῦ σωλῆνος εἰς τὸ μέγα δοχεῖον, τὸ ὁποῖον κυρίως ἀποτελεῖ τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον. Τὰ πρὸς συμπίεσιν ἀντικείμενα τοποθετοῦνται μεταξὺ πλακὸς ἐφηρμοσμένης ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως τοῦ μεγάλου δοχείου καὶ ἑτέρας πλακὸς παραλλήλου πρὸς τὴν πρώτην, ἡ ὁποία διατηρεῖται σταθερὰ ἐπὶ τεσσάρων σιδηρῶν στύλων.

Ὁ ἐμβολεὺς τοῦ μικροῦ δοχείου τίθεται εἰς κίνησιν διὰ μοχλοῦ Ο. Οὕτω ἡ ἐπιφάνειά του δέχεται πίεσιν, ἡ ὁποία ἰσοῦται πρὸς τὴν δύναμιν Δ τὴν ἐξασκουμένην εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ, πολλαπλασιασθεῖσαν ἐπὶ τὸν λόγον τοῦ μεγάλου μοχλοβραχίονος πρὸς τὸν μικρόν. Ἐὰν δὲ πολλαπλασιάσωμεν τὴν πίεσιν ταύτην ἐπὶ τὸν λόγον τῆς τομῆς τοῦ μεγάλου δοχείου πρὸς τὴν τομὴν τοῦ μικροῦ, λαμβάνομεν τὴν τελικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τῶν πρὸς συμπίεσιν σωμάτων.



Σχ. 69

Ἐφαρμογή. Ἔστω Δ = 50 χγρ., ὁ λόγος τῶν μοχλοβραχιόνων = 10 καὶ ὁ λόγος τῶν τομῶν τῶν δοχείων = 100. Ἡ τελικὴ πίεσις θὰ εἶναι = 50.10.100 = 50000 χγρ.

Τὸ ὑδραυλικὸν πιεστήριον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν σφυρηλασίαν τῶν μετάλλων, τὴν δοκιμὴν τῆς ἀντοχῆς τῶν ἁλύσεων, διὰ τὴν ἐξαγωγὴν τοῦ ἐλαίου ἐκ τῶν πυρήνων, διὰ τὸν ἀποχωρισμὸν τοῦ ἐλαϊκοῦ ὀξέος ἀπὸ τὰ ἄλλα παχέα ὀξέα εἰς τὴν βιομηχανίαν τῶν κηρίων, διὰ τὴν ἀνύψωσιν βαρέων σωμάτων (ὑδραυλικὸς κρίκος), διὰ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ ὄγκου ὑφασμάτων, βάμβακος, χάρτου κλπ.

Προβλήματα

1ον. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μεγάλου κυλίνδρου ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου εἶναι ἑκατονταπλασία τῆς τοῦ μικροῦ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται ἔμβολεὺς μὲ μοχλὸν τοῦ δευτέρου εἴδους, οὗτινος οἱ μοχλοβραχίονες ἔχουν λόγον 4 πρὸς 1. Ἐὰν ἐφαρμόσωμεν εἰς τὸ ἄκρον τοῦ μοχλοῦ δύναμιν 5 χγρ., μὲ ποίαν δύναμιν θὰ ἀνυψωθῇ ὁ ἐμβολεὺς τοῦ μεγάλου κυλίνδρου;

2ον. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μικροῦ ἐμβόλου ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου ἔχει ἐμβαδὸν 3 τετρ. ἑκατ. καὶ ἡ τοῦ μεγάλου 1,8 τετραγ. παλαμῶν. Ποίαν πίεσιν θὰ ἐπιφέρῃ τὸ μέγα ἔμβολον, ἐὰν ἐπὶ τοῦ μικροῦ ἐφαρμόσωμεν 4 χιλιόγραμμα;

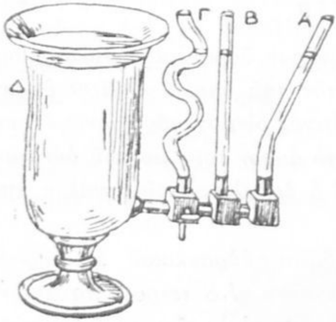
3ον. Θέτομεν τὸ μικρὸν δοχεῖον ὑδραυλικοῦ πιεστηρίου εἰς συγκοινωνίαν μετὰ λέβητος πλήρους ὕδατος. Ποίαν δύναμιν πρέπει νὰ ἐξασκήσωμεν εἰς τὸ ἄκρον α τοῦ μοχλοῦ αβγ, ὅστις κινεῖ τὸν ἐμβολέα τοῦ μικροῦ δοχείου, συνδεδεμένον μετὰ τούτου κατὰ τὸ β, ἵνα τὰ τοιχώματα τοῦ λέβητος δεχθοῦν πίεσιν 10 χγρ. κατὰ τετρ. ἑκατ.; Διάμετρος ἐμβολέως=0,04 μ., αβ=0,60 μ., αγ=0,75.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ
ΠΙΕΣΕΙΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΑΙ ΕΙΣ ΤΗΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑ

ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΟΥΝΤΑ ΔΟΧΕΙΑ

99. Ἰσορροπία ὑγροῦ ἐντὸς συγκοινωνούντων δοχείων.— Ὅταν ὑγρόν τι εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ ἐντὸς δύο ἢ περισσοτέρων δοχείων, τὰ ὁποῖα συγκοινωνοῦν μεταξύ των (καὶ εἶναι ἀνοικτὰ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν), αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ εἰς ὅλα τὰ δοχεῖα εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον (σχ. 70). Ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς τὴν ἀρχὴν ταύτην διὰ τῆς συσκευῆς, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 71. Χύνομεν ἐρυθρὸν ὑγρὸν εἰς τὸ χωνίον. Τὸ ὑγρὸν διέρχεται διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ σωλῆνος καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν ὑάλινον σωλῆνα. Δυνάμεθα τότε μὲ νῆμα στάθμης καὶ γνώμονα νὰ βεβαιωθῶμεν, ὅτι αἱ ἐλεύθεραι ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ εἰς τὰ δύο δοχεῖα εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον.

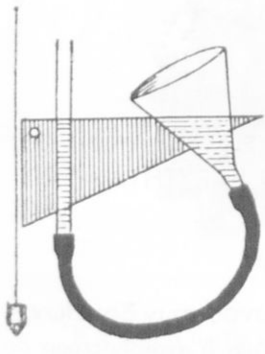


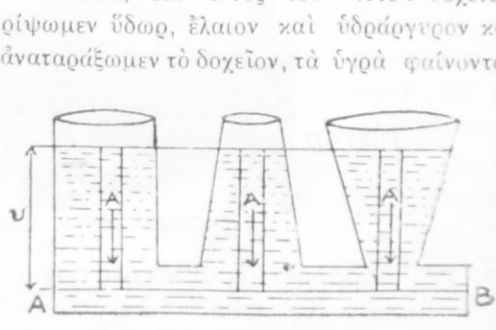
Σχ. 70

Ἐξηγοῦμεν τὴν ἀρχὴν ταύτην θεωροῦντες ἓν ὁριζόντιον ἐπίπεδον ΑΒ κοινὸν εἰς πολλὰ συγκοινωνοῦντα δοχεῖα (σχ. 72). Ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τούτου καὶ ἐντὸς ἑκάστου δοχείου λαμβάνομεν μίαν μονάδα ἐπιφανείας. Ὅλαι αἱ μονάδες αὗται τῆς ἐπιφανείας, ὡς ἐμάθομεν, πρέπει νὰ ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἀφοῦ εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου. Τοῦτο ὅμως θὰ συμβαίνῃ, ἐὰν αἱ ἀποστάσεις αὐτῶν ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας εἶναι ἴσαι.

100. Ἰσορροπία πολλῶν ὑγρῶν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου. —Ὅταν πολλὰ ὑγρά, τὰ ὁποῖα δὲν δύνανται νὰ ἀναμιχθοῦν οὔτε νὰ ἐπιδράσουν ἐπ' ἀλλήλων χημικῶς, εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ δοχεῖον, ὑπέρκεινται ἀλλήλων κατὰ τάξιν αὐξούσης πυκνότητος ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω.

Οὕτω, ἐὰν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ δοχείου ρίψωμεν ὕδωρ, ἔλαιον καὶ ὑδράργυρον καὶ ἀναταράξωμεν τὸ δοχεῖον, τὰ ὑγρὰ φαίνονται


Σχ. 71



Σχ. 72

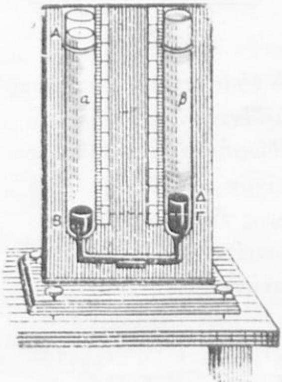
ὅτι ἀναμιγνύονται· ἀλλ' ὅταν ἀφήσωμεν τὸ δοχεῖον ἐν ἠρεμίᾳ, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ ὑδράργυρος θὰ εὑρίσκεται εἰς τὸν πυθμένα, ἄνωθεν δὲ αὐτοῦ τὸ ὕδωρ, καὶ ἐπὶ τοῦ ὕδατος τὸ ἔλαιον· ἐπὶ πλέον διαπιστοῦμεν, ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ χωρισμοῦ μεταξὺ τῶν ὑγρῶν τούτων εἶναι ὁριζόντιαι.

101. Ἰσορροπία δύο ἑτερογενῶν ὑγρῶν ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων.—Ἐὰν ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων (ἀνοικτῶν ἄνωθεν) χύσωμεν δύο διάφορα ὑγρά, π. χ. ὑδράργυρον καὶ ὕδωρ, παρατηροῦμεν, ὅτι τὰ κατακόρυφα ὕψη τοῦ ὑδραργύρου καὶ τοῦ ὕδατος, μετρούμενα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν ΒΓ (σχ. 73), εἶναι ἄνισα.

Ἔστω υ τὸ ὕψος ΒΑ τοῦ ὕδατος εἰς τὸ δοχεῖον α καὶ υ΄ τὸ ὕψος ΓΔ τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ δοχεῖον β, δ ἡ πυκνότης τοῦ ὕδατος καὶ δ΄ ἡ τοῦ ὑδραργύρου. Αἱ πιέσεις (ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας) ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ΒΓ εἶναι υδ εἰς τὸ δοχεῖον α καὶ υ΄δ΄ εἰς τὸ δοχεῖον β, καὶ ἐπειδὴ εἶναι ἴσαι (διότι τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ΒΓ εὑρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ), θὰ ἔχωμεν :

$$υδ = υ'δ' \qquad ἢ \qquad \frac{υ}{υ'} = \frac{δ'}{δ}.$$

Ἤτοι τὰ κατακόρυφα ὕψη δύο διαφόρων ὑγρῶν (δηλ. ἀνίσου πυκνότητος καὶ μὴ ἐπιδρώντων χημικῶς ἐπ᾽ ἀλλήλων) ἐντὸς δύο συγκοινωνούντων δοχείων, μετρούμενα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν.



Σχ. 73

Π ε ι ρ α μ α τ ι κ ὴ ἀ π ό δ ε ι ξ ι ς. Ἂς μετρήσωμεν τὰ ὕψη τοῦ ὑδραργύρου καὶ τοῦ ὕδατος, εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα, ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν.

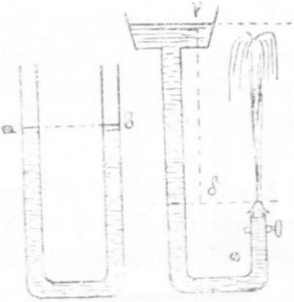
Εὑρίσκομεν π.χ. υ = 340 χιλιοστά, υ΄ = 25 χιλιοστά. Συνεπῶς :

$$\frac{ΒΑ}{ΓΔ} = \frac{340}{25} = \frac{13,6}{1} \qquad καὶ \qquad ΒΑ = 13,6.ΓΔ.$$

Πράγματι δὲ ὁ ὑδράργυρος εἶναι 13,6 φορὰς πυκνότερος ἀπὸ τὸ ὕδωρ.

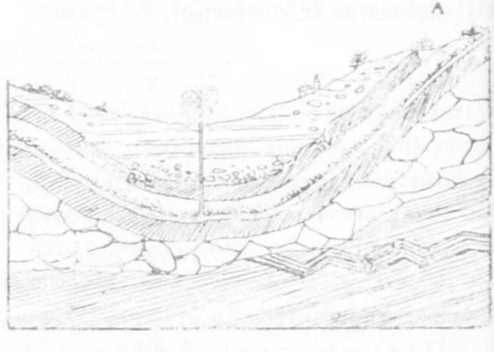
102. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἰσορροπίας ὑγροῦ ἐντὸς συγκοινωνούντων δοχείων.—α) Τὰ **ὑδραγωγεῖα** τῶν πόλεων κατασκευάζονται πάντοτε εἰς ὑψηλὸν μέρος, ἵνα δύναται τὸ ὕδωρ νὰ ἀνέρχεται εἰς τοὺς ὑψηλοτέρους ὀρόφους τῶν οἰκιῶν καὶ νὰ φθάνῃ εἰς τὰς ὑψηλοτέρας συνοικίας τῆς πόλεως.

β) **Ἀναβρυτήρια**. Τὸ σχῆμα 74 ἀρκεῖ ὅπως ἐξηγήσῃ τὴν κατασκευὴν τῶν ἀναβρυτηρίων. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα, ἡ ὁποία εὑρίσκεται εἰς τὸ βραχὺ σκέλος, τὸ ὕδωρ θὰ ἀναπηδήσῃ, διότι τείνει νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ εἰς τὴν δεξαμενήν. Ἡ ἀντίστασις ὅμως τοῦ ἀέρος, ἡ σύγκρουσις τῶν σταγόνων, αἱ ὁποῖαι ἐπαναπίπτουν, καθὼς καὶ ἡ ἕνεκα τῆς ῥοῆς ἐλάττωσις τῆς πιέσεως ἐλαττώνουν τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον φθάνει τὸ ὕδωρ.



Σχ. 74

γ) **Ἀρτεσιανὰ φρέατα**. Ταῦτα εἶναι ὀπαὶ στεναί, αἱ ὁποῖαι ἀνοίγονται εἰς τὸ ἔδαφος δι᾽ εἰδικῶν τρυπάνων μέχρις ὑπογείων δεξαμενῶν ὕδατος, καὶ ἐντὸς τῶν ὁποίων τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται φυσικῶς τεῖνον νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ὕψος τῆς ἀνωτέρας ἐπιφανείας του εἰς τὴν δεξαμενὴν ταύτην (σχ. 75).



Σχ. 75

Ἐὰν κατασκευάσωμεν ὀπὰς εἰς σημεῖα τοῦ ἐδάφους, τὰ ὁποῖα κεῖνται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος εἰς τὴν ὑπόγειον δεξαμενήν, τὸ ὕδωρ θὰ ἀνυψωθῇ ἐντὸς αὐτῶν, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας ταύτης, καὶ οὕτω θὰ ἔχωμεν ἓν **κοινὸν φρέαρ**.


Σχ. 76

δ) **Ἀεροστάθμη**. Αὕτη χρησιμεύει διὰ νὰ ἐξελέγχωμεν τὴν ὁριζοντιότητα εὐθείας, ἐπὶ τῆς ὁποίας τὴν θέτομεν. Συνίσταται ἀπὸ ἕνα ὑάλινον σωλῆνα κλειστὸν κατ᾽ ἀμφότερα τὰ ἄκρα καὶ ἐλαφρῶς κεκαμμένον (σχ. 76). Ὁ σωλὴν περιἔχει φυσαλίδα ἀέρος ὑπεράνω λίαν εὐκινήτου ὑγροῦ, ἐκ τοῦ ὁποίου εἶναι πλήρης (π. χ. οἰνοπνεύματος ἢ αἰθέρος). Τὸ ἐπίπεδον τοῦ χωρισμοῦ τῆς φυσαλίδος καὶ τοῦ ὑγροῦ εἶναι πάντοτε ὁριζόντιον. Ὁ σωλὴν οὗτος εἶναι ἐγκεκλεισμένος ἐντὸς ὀρειχαλκίνης θήκης, τῆς ὁποίας ἡ βάσις εἶναι ἀκριβῶς παράλληλος πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ. Τὸ ὄργανον κανονίζεται οὕτως ὥστε, ὅταν ἡ βάσις αὕτη εἶναι ὁριζοντία, ἡ φυσαλὶς νὰ περιλαμβάνεται μεταξὺ δύο ἐγκαρσίων γραμμῶν τοῦ κυρτοῦ μέρους τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος. Ἐὰν ἡ βάσις τεθῇ ἐπὶ εὐθείας ὁριζοντίας, ἡ φυσαλὶς σταματᾷ μεταξὺ τῶν δύο γραμμῶν· ἐὰν ἡ εὐθεῖα δὲν εἶναι ὁριζοντία, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, πάντοτε ὁριζοντία, δὲν εἶναι πλέον παράλληλος πρὸς τὴν βάσιν καὶ ἡ φυσαλὶς δὲν παραμένει μεταξὺ τῶν γραμμῶν.

Διὰ νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὴν ὁριζοντιότητα ἐπιπέδου τινός, τοποθετοῦμεν τὴν βάσιν τῆς ἀεροστάθμης διαδοχικῶς κατὰ δύο εὐθείας τοῦ ἐπιπέδου σχεδὸν καθέτους πρὸς ἀλλήλας· ἐὰν αἱ εὐθεῖαι αὗται εἶναι ὁριζόντιαι, τὸ ἐπίπεδον εἶναι ὁριζόντιον (διότι περιέχει δύο ὁριζοντίας, αἱ ὁποῖαι δὲν εἶναι παράλληλοι).

ΠΙΕΣΕΙΣ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΑΙ ΕΙΣ ΤΗΝ ΒΑΡΥΤΗΤΑ

103. Πίεσις ἐπὶ τοῦ ὁριζοντίου πυθμένος δοχείου.—Εἰς ἕκαστον τετραγ. ἑκατοστόμετρον τοῦ **ὁριζοντίου πυθμένος** ἡ πίεσις θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος ὑγρᾶς στήλης, ἡ ὁποία ἔχει ὡς βάσιν ἓν τετραγ. ἑκ. καὶ ὡς ὕψος τὴν ἀπόστασίν του ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ (θεμελιῶδες θεώρημα). Ἐὰν π ἡ πίεσις αὕτη, υ ἑκατ. τὸ ὕψος τῆς ὑγρᾶς στήλης καὶ δ ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ, θὰ ἔχωμεν :

$$\pi = 1.\upsilon.\delta \quad \gamma\rho.$$

Ἐπομένως ἡ ὁλικὴ πίεσις ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἐπιφανείας Ε τετρ. ἑκατ. θὰ εἶναι :

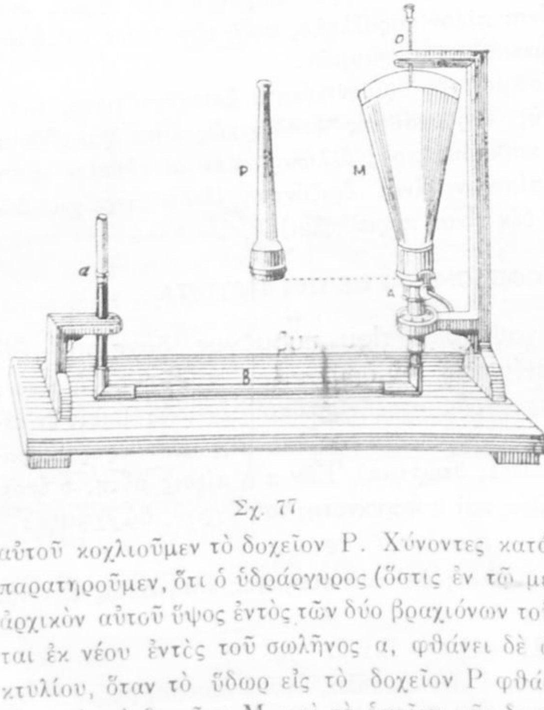
$$\Pi = E.\pi = E.\upsilon.\delta. \quad \gamma\rho.$$

Ἐπειδὴ δὲ Ευ εἶναι ὁ ὄγκος στήλης ὑγροῦ ἐχούσης βάσιν Ε καὶ ὕψος υ, δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν, ὅτι **ἡ ὁλικὴ πίεσις**, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ πυθμὴν τοῦ δοχείου, ἰσοῦται πρὸς τὸ βάρος στήλης ἐκ τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἡ ὁποία ἔχει βάσιν τὴν ἐπιφάνειαν Ε τοῦ πυθμένος καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν αὐτοῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας, οἱονδήποτε καὶ ἐὰν εἶναι τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου.

Π ε ι ρ α μ α τ ι κ ὴ ἀ π ό δ ε ι ξ ι ς. Αὕτη ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ Haldat.

Ἡ συσκευὴ αὕτη συνίσταται ἐξ ἑνὸς σωλῆνος κεκαμμένου ΑΒα, εἰς τὸ ἓν ἄκρον Α τοῦ ὁποίου εἶναι δυνατὸν νὰ κοχλιωθοῦν διαδοχικῶς τὰ δοχεῖα **Μ** καὶ Ρ, ἔχοντα ὕψος μὲν τὸ αὐτό, ἀλλὰ σχῆμα καὶ χωρητικότητα διάφορον (σχ. 77).

Διὰ νὰ ἐκτελέσωμεν τὸ πείραμα, χύνομεν πρῶτον ὑδράργυρον εἰς τὸν σωλῆνα ΑΒα ἕως ὅτου ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ φθάση ὀλίγον κατωτέρω τῆς στρόφιγγος Α. Κοχλιοῦμεν τότε ἐπὶ τοῦ σωλῆνος τὸ δοχεῖον Μ, τὸ ὁποῖον πληροῦμεν ὕδατος. Τὸ ὕδωρ διὰ τοῦ βάρους αὐτοῦ πιέζει τὸν ὑδράργυρον, ὁ ὁποῖος ὑψοῦται εἰς τὸν σωλῆνα α. Τὸ ὕψος τοῦ ὑδραργύρου σημειοῦμεν διὰ δακτυλίου κινητοῦ κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος, σημειοῦμεν δ' ἐπίσης καὶ τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ δοχείου Μ διὰ τοῦ κινητοῦ στελέχους Ο. Κατόπιν κενοῦμεν τὸ δοχεῖον Μ διὰ τῆς στρόφιγγος Α, ἀφαιροῦμεν αὐτὸ καὶ ἀντ' αὐτοῦ κοχλιοῦμεν τὸ δοχεῖον Ρ. Χύνοντες κατόπιν ἐντὸς αὐτοῦ ὕδωρ παρατηροῦμεν, ὅτι ὁ ὑδράργυρος (ὅστις ἐν τῷ μεταξὺ εἶχεν ἀναλάβει τὸ ἀρχικὸν αὐτοῦ ὕψος ἐντὸς τῶν δύο βραχιόνων τοῦ σωλῆνος ΑΒα) ὑψοῦται ἐκ νέου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος α, φθάνει δὲ ἀκριβῶς μέχρι τοῦ δακτυλίου, ὅταν τὸ ὕδωρ εἰς τὸ δοχεῖον Ρ φθάση τὸ ὕψος, τὸ ὁποῖον εἶχεν εἰς τὸ δοχεῖον Μ, καὶ τὸ ὁποῖον μᾶς δεικνύει ὁ δείκτης Ο.



Σχ. 77

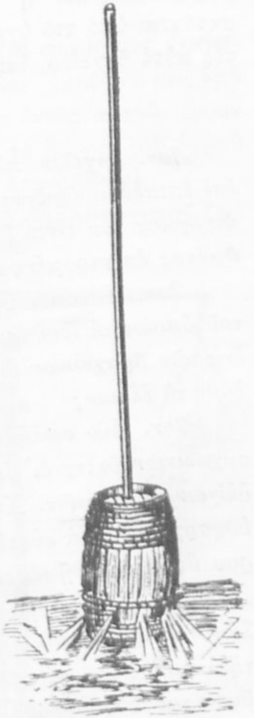
Ἐκ τούτου συμπεραίνομεν, ὅτι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἐδέχθη ὁ ὑδράργυρος κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΒα, εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ ὅτι ἑπομένως ἡ πίεσις αὕτη δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου καὶ τὴν ποσότητα τοῦ ὑγροῦ, ἀλλὰ μόνον ἀπὸ τὸ βάθος καὶ τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ.

Σημείωσις. Ὡς πυθμὴν κατ' ἀμφοτέρας τὰς φάσεις τοῦ πειράματος ἐχρησίμευσεν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα Α.

104. Πιέσεις ἐπὶ ἐπιπέδου πλαγίου τοιχώματος.—Εἴδομεν, ὅτι ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἐπιφέρει ὑγρόν τι ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ περιέχοντος αὐτὸ δοχείου, εἶναι κάθετος πρὸς αὐτά. **Ἡ ὁλικὴ πίεσις**, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται στοιχεῖον ἐπίπεδον πλαγίου τοιχώματος, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ἐκ τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἡ ὁποία ἔχει βάσιν μὲν τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ὕψος δὲ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τοῦ κέντρου τοῦ βάρους τοῦ στοιχείου ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

Διότι αἱ πιέσεις μεταδίδονται ἐξ ἴσου κατὰ πᾶσαν φορὰν καὶ ἡ πίεσις θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν θὰ ὑφίστατο τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ἂν καθίστατο ὁριζόντιον διὰ στροφῆς περὶ τὸ κέντρον του.

Συνεπῶς, ἐπειδὴ ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ τὸ ὑγρὸν ἐπὶ μέρους τοῦ πλαγίου τοιχώματος, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕψος τοῦ ὑγροῦ ὑπεράνω τοῦ τοιχώματος τούτου, συνάγομεν, ὅτι δυνάμεθα νὰ ἐπιφέρωμεν σημαντικὰς πιέσεις διὰ σχετικῶς μικρᾶς ποσότητος ὑγροῦ.



Σχ. 78

Διὰ νὰ ἀποδείξῃ τοῦτο ὁ Πασκάλ, ἐφήρμοσε σωλῆνα στενὸν καὶ μακρὸν ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας βάσεως κάδου πλήρους ὕδατος (σχ. 78), κατόπιν δὲ ἔχυσεν ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Εὐθὺς ὡς τοῦτο ἀνῆλθεν εἰς ἀρκετὸν ὕψος, ὁ κάδος διερράγη ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς σημαντικῆς πιέσεως, τὴν ὁποίαν ἐπέφερε τὸ ὕδωρ ἐπ' αὐτοῦ.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἔστω 5 μέτρα τὸ μέσον ὕψος τοῦ ὕδατος ἄνωθεν μιᾶς σανίδος τοῦ βαρελίου, 80 ἑκατ. τὸ ὕψος καὶ 10 ἑκατ. τὸ πλάτος τῆς σανίδος. Ἡ ἐπιφάνεια τῆς σανίδος εἶναι 80.10=800 τετρ. ἑκ. καὶ ἡ πίεσις, ἣν ὑφίσταται, εἶναι τὸ βάρος στήλης ὕδατος ὄγκου 800.500=400.000 κυβ. ἑκατ.=400.000 γρ.=400 χλγ.

105. Συνισταμένη τῶν πιέσεων ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν τοι-

χωμάτων.—Ἐὰν θέσωμεν διαδοχικῶς ἐπὶ τοῦ δίσκου ζυγοῦ διάφορα δοχεῖα, οἱωνδήποτε σχημάτων, κατ' ἀρχὰς μὲν κενά, ἔπειτα δὲ περιέχοντα τὴν αὐτὴν ποσότητα ὕδατος, ὁ ζυγὸς θὰ δείξῃ πάντοτε τὴν αὐτὴν αὔξησιν βάρους καὶ ἡ αὔξησις αὕτη θὰ εἶναι ἀκριβῶς ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου εἰς ἕκαστον δοχεῖον. Συνεπῶς συμπεραίνομεν, ὅτι **ἡ συνισταμένη** ὅλων τῶν πιέσεων, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται ὑπὸ τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τοῦ συνόλου τῶν τοιχωμάτων τοῦ περιέχοντος αὐτὸ δοχείου, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ.

Προβλήματα

1ον. Δοχεῖον πλῆρες ὑδραργύρου, ἔχον σχῆμα κώνου, στηρίζεται ἐπὶ ἐπιπέδου ὁριζοντίου. Ἡ βάσις αὐτοῦ ἔχει ἐμβαδὸν 150 τ. δακτ., ὁ δὲ ὄγκος του εἶναι ἴσος πρὸς μίαν κυβ. παλάμην. Ποία ἡ ἐπὶ τοῦ πυθμένος ἐπιφερομένη πίεσις;

2ον. Χύνομεν ὕδωρ μέχρι τοῦ μέσου τοῦ ὕψους ὑοειδοῦς σωλῆνος, τοῦ ὁποίου οἱ ἴσοι βραχίονες ἔχουν ὕψος 42 ἑκ. Γεμίζομεν ἔπειτα τὸν ἕνα τῶν βραχιόνων δι' ἐλαίου πυκνότητος 0,8. Ποῖον ὕψος θὰ καταλάβῃ τὸ ἔλαιον;

3ον. Δύο σωλῆνες κατακόρυφοι, ἔχοντες ἕκαστος τομὴν 2 τ. ἑκ. καὶ συγκοινωνοῦντες δι' ὁριζοντίου σωλῆνος, περιέχουν ὑδράργυρον ὕψους ὀλίγων ἑκατοστῶν. Χύνομεν εἰς τὸν ἕνα 60 γρ. ὑγροῦ ἐλαφροτέρου τοῦ ὑδραργύρου. Νὰ εὑρεθῇ κατὰ πόσα χιλιοστὰ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου θὰ μετατεθῇ εἰς τὸν ἄλλον σωλῆνα.

4ον. Σωλὴν ὑοειδὴς περιέχει ὑδράργυρον. Εἰς τὸ ἕτερον τῶν σκελῶν αὐτοῦ προσθέτομεν τερεβινθέλαιον πυκνότητος 0,87. Ἐὰν τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ τερεβινθελαίου εἶναι 68 χιλιοστά, πόσον θὰ εἶναι τὸ ὕψος τοῦ ὑδραργύρου ἀπὸ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ χωρισμοῦ τῶν δύο ὑγρῶν;

5ον. Δύο κυλινδρικοὶ σωλῆνες ἔχοντες τομὰς 25 τ. ἑκ. καὶ 10 τ. ἑκ. συγκοινωνοῦν διὰ σωλῆνος (τοῦ ὁποίου ἡ χωρητικότης δὲν ὑπολογίζεται), ὅστις εἰς τὸ μέσον φέρει στρόφιγγα. Ὁ μεγαλύτερος περιέχει ἔλαιον (πυκνότης=0,8), τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται 25 ἑκ. ἄνωθεν τοῦ πυθμένος, ὁ δὲ μικρότερος περιέχει ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται 50 ἑκ. ὑπεράνω τοῦ πυθμένος. Ἀνοίγομεν τὴν στρόφιγγα. Εἰς ποῖον ὕψος θὰ ἀνέλθῃ εἰς ἕκαστον σωλῆνα τὸ ὕδωρ;

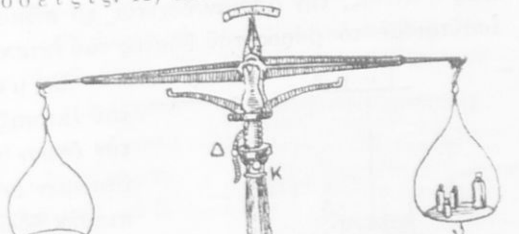
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄

ΑΡΧΗ ΤΟΥ ΑΡΧΙΜΗΔΟΥΣ

ΕΠΙΠΛΕΟΝΤΑ ΣΩΜΑΤΑ

106. Συνισταμένη τῶν πιέσεων ὑγροῦ ἐπὶ σώματος ἐμβαπτισμένου ἐντός αὐτοῦ.—Αἱ πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ἐπιφέρονται ὑπὸ ὑγροῦ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σώματος εὑρισκομένου ἐντὸς αὐτοῦ, ἔχουν συνισταμένην ἴσην καὶ ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὸ βάρος τοῦ ὑγροῦ τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑπὸ τοῦ σώματος (Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους).

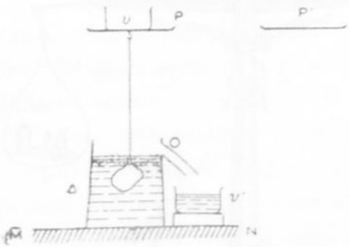
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Α) **Διὰ τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ**. Οὗτος εἶναι συνήθης ζυγός, τοῦ ὁποίου ἕκαστος δίσκος φέρει κάτωθεν ἄγκιστρον καὶ τοῦ ὁποίου ἡ φάλαγξ δύναται νὰ ὑψωθῇ ἢ νὰ καταβιβασθῇ διὰ κοχλίου Κ κατὰ βούλησιν (σχ. 79). Ὑπὸ τὸν ἕνα δίσκον ἐξαρτῶμεν κοῖλον κύλινδρον Α ἐξ ὀρειχάλκου καὶ ὑπὸ τοῦτον ἕτερον Β πλήρη, τοῦ ὁποίου ὁ ὄγκος εἶναι ἀκριβῶς ἴσος μὲ τὴν χωρητικότητα τοῦ πρώτου. Ἐπὶ δὲ τοῦ ἑτέρου δίσκου θέτομεν βάρη, ἕως ὅτου ἀποκατασταθῇ ἡ ἰσορροπία. Ἐὰν τότε πληρώσωμεν μὲ ὕδωρ τὸν κύλινδρον Α, ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται· ἀλλ' ἐὰν συγχρόνως ἐμβαπτίσωμεν τὸν κύλινδρον Β ὁλόκληρον ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ δοχείου Ε, τὸ ὁποῖον φέρομεν ὑπ' αὐτόν, ἡ ἰσορροπία ἐκ νέου ἀποκαθίσταται. Ὁ κύλινδρος Β ὑφίσταται λοιπὸν διὰ τῆς καταδύσεως αὐτοῦ ἄνωσιν ἴσην μὲ τὸ βάρος τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἐχύσαμεν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου



Σχ. 79

Α, ἴσην δηλ. μὲ τὸ βάρος τοῦ ὑπ' αὐτοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος.

Β) Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὴν ἀρχὴν ταύτην μὲ **σῶμα οἱασδήποτε μορφῆς** θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ δοχεῖον κενὸν υ (σχ. 80) καὶ ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα κάτωθεν τοῦ αὐτοῦ δίσκου. Ἀφοῦ ἰσορροπήσωμεν τὸν ζυγὸν διὰ σταθμῶν, τὰ ὁποῖα θέτομεν εἰς τὸν ἕτερον δίσκον, ἐμβαπτίζομεν τὸ σῶμα ἐντὸς δοχείου Δ πλήρους ὕδατος μέχρι τοῦ πλευρικοῦ στομίου Ο. Παρατηροῦμεν τότε : α) ὅτι ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ὁ ζυγὸς κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν σταθμῶν, (ὅπερ ἀποδεικνύει, ὅτι τὸ σῶμα δέχεται πίεσιν ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω)· β) ὅτι ἡ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται, ἐὰν χύσωμεν εἰς τὸ δοχεῖον υ τὸ ἐκτοπισθὲν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τὸ δοχεῖον υ΄. Συνεπῶς ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν δέχεται τὸ σῶμα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ὕδατος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὑπὸ τοῦ σώματος.



Σχ. 80

Σημείωσις. Ἐπειδὴ ὁ ὄγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὕδατος ἰσοῦται μὲ τὸν ὄγκον τοῦ σώματος, ἐάν, ἀντὶ νὰ θέσωμεν ἐντὸς τοῦ δοχείου υ τὸ ἐκτοπισθὲν ὕδωρ, θέσωμεν σταθμὰ μέχρις ἀποκαταστάσεως τῆς ἰσορροπίας, τὰ σταθμὰ ταῦτα εἰς γραμμάρια θὰ δεικνύουν τὸν ὄγκον τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος καὶ συνεπῶς **τὸν ὄγκον τοῦ σώματος** εἰς κυβ. ἑκατοστά. Ἐὰν π.χ. τὰ σταθμὰ ταῦτα εἶναι 150 γρ., ὁ ὄγκος τοῦ σώματος θὰ εἶναι 150 κυβ. ἑκατ., ἀφοῦ ἓν γραμμάριον ὕδατος ἔχει ὄγκον ἑνὸς κυβ. ἑκατοστοῦ.

Παρατήρησις. Σημειωτέον, ὅτι καὶ τὸ ἀντίστροφον τῆς ὡς ἀνωτέρω ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους ἀληθεύει. Δηλαδὴ πᾶν σῶμα ἐμβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ἰσορροποῦντος ἐπιφέρει ἐπ' αὐτοῦ πιέσεις, τῶν ὁποίων ἡ συνισταμένη εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ.

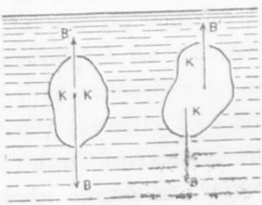
Τὴν ἀλήθειαν ταύτην δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν πειραματικῶς ὡς ἑξῆς :

Ἐπὶ τοῦ ἑνὸς δίσκου ζυγοῦ θέτομεν ἀγγεῖον περιέχον ὕδωρ, ἰσορροποῦμεν δὲ διὰ σταθμῶν. Λαμβάνομεν κατόπιν τοὺς δύο κυλίνδρους, τὸν πλήρη ὑπὸ τὸν κοῖλον, καὶ καταβιβάζομεν τὸ σύστημα, κρατοῦντες αὐτὸ διὰ νήματος, μέχρις ὅτου ὁ πλήρης ἐμβαπτισθῇ ὁλόκληρος ἐντὸς τοῦ ὕδατος τοῦ ἀγγείου. Ἀμέσως ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ἡ φάλαγξ **κλίνει πρὸς τὸ μέρος τοῦ ἀγγείου.** Ἂν ἀφαιρέσωμεν ὅμως ἐκ τοῦ ὕδατος, ὅσον χρειάζεται, ἵνα πληρωθῇ ὁ κοῖλος κύλινδρος, ἡ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται.

Κατόπιν τῆς παρατηρήσεως ταύτης εἶναι εὔκολον νὰ ἐξηγηθῇ καὶ τὸ ἑξῆς φαινόμενον:

Ἂν θέσωμεν ἐπὶ τοῦ ἑνὸς δίσκου ζυγοῦ δοχεῖον πλῆρες ὕδατος καὶ πλησίον αὐτοῦ σῶμά τι καὶ ἰσορροπήσωμεν, κατόπιν δὲ ρίψωμεν τὸ σῶμα ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἡ ἰσορροπία οὐδόλως διαταράσσεται.

107. Συνέπειαι τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους.—Πᾶν σῶμα ἐμβαπτισμένον ἐντὸς ὑγροῦ ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων κατακορύφων καὶ ἀντιθέτου φορᾶς: τοῦ **βάρους** αὐτοῦ Β (σχ. 81), ἐφηρμοσμένου εἰς τὸ κέντρον τοῦ βάρους Κ, καὶ τῆς **ἀνώσεως** Β΄, ἐφηρμοσμένης εἰς τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως Κ΄, εἰς τὸ κέντρον δηλ. τοῦ βάρους τοῦ ἐκτοπιζομένου ὄγκου τοῦ ὑγροῦ.



Σχ. 81

Ἂν τὸ στερεὸν καὶ τὸ ὑγρὸν εἶναι σώματα ὁμοιομερῆ, τὰ κέντρα βάρους αὐτῶν συμπίπτουν εἰς ἓν μόνον καὶ αἱ δυνάμεις Β καὶ Β΄ εἶναι κατ' εὐθεῖαν ἀντίθετοι. Ἐν ἐναντίᾳ περιπτώσει, τὰ σημεῖα ἐφαρμογῆς Κ καὶ Κ΄ τοῦ βάρους καὶ τῆς ἀνώσεως εἶναι διάφορα.

Αἱ δυνάμεις Β καὶ Β΄, παράλληλοι καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, ἔχουν πάντοτε συνισταμένην ἴσην μὲ τὴν διαφορὰν αὐτῶν. Ὡς ἐκ τούτου:

α) **Ἐὰν τὸ βάρος εἶναι μεγαλύτερον τῆς ἀνώσεως** (Β > Β΄), τὸ σῶμα πίπτει πρὸς τὸν πυθμένα, παρασυρόμενον ὑπὸ τῆς σταθερᾶς δυνάμεως (Β—Β΄). Τοῦτο π. χ. θὰ συμβῇ, ἐὰν ρίψωμεν ᾠὸν ἐντὸς δοχείου περιέχοντος καθαρὸν ὕδωρ.

β) **Ἐὰν τὸ βάρος εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἄνωσιν** (Β=Β΄), τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ. Τοῦτο π.χ. συμβαίνει, ἐὰν ρίψωμεν ᾠὸν ἐντὸς καταλλήλου διαλύματος μαγειρικοῦ ἅλατος.

γ) **Ἐὰν ἡ ἄνωσις εἶναι μεγαλυτέρα τοῦ βάρους** (Β΄ > Β), τὸ σῶμα ἀνέρχεται πρὸς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς σταθερᾶς δυνάμεως Β΄—Β, συνεπῶς μὲ κίνησιν ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένην. Ἀφ' ἧς ὅμως στιγμῆς τὸ σῶμα ἀναδύεται ἐκ τοῦ ὑγροῦ, ἡ δύναμις Β΄ ἐλαττοῦται, διότι ἐλαττοῦται ὁ ὄγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, μέχρις ὅτου γίνῃ ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος, ὁπότε ἔπρεπε τὸ σῶμα νὰ ἰσορροπήσῃ. Ἀλλ' ἕνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητος, τὸ σῶμα ὑπερβαίνει τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας, κατόπιν ἐπανέρχεται πάλιν εἰς ταύτην ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τοῦ βάρους του καὶ τέλος ἰσορροπεῖ, ἀφοῦ ἐκτελέσῃ σειρὰν παλμικῶν κινήσεων. Λέγομεν τότε, ὅτι τὸ σῶμα **ἐπιπλέει**. Ὅπως π. χ. ἐπιπλέει πῶμα ἐκ φελλοῦ ἐπὶ τοῦ ὕδατος ἢ μόλυβδος ἐπὶ τοῦ ὑδραργύρου.

108. Συνθῆκαι ἰσορροπίας τῶν ἐπιπλεόντων σωμάτων.— Ἵνα σῶμά τι ἐπιπλέον ἰσορροπῇ, πρέπει :

α) Τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ νὰ εἶναι ἴσον μὲ τὸ βάρος τοῦ σώματος.

β) Τὸ κέντρον τοῦ βάρους τοῦ σώματος καὶ τὸ κέντρον τῆς ἀνώσεως νὰ εὑρίσκωνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κατακορύφου.

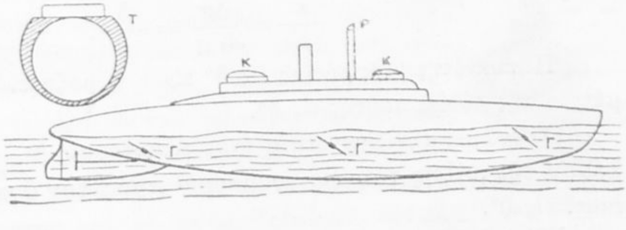
109. Ἐφαρμογαὶ διάφοροι.—Ἡ ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους ἔχει πολλὰς ἐφαρμογάς. Δι' αὐτῆς ἐξηγεῖται διατὶ μία λέμβος βυθίζεται ὀλιγώτερον εἰς τὴν θάλασσαν παρὰ εἰς τὸ γλυκὺ ὕδωρ, διατὶ οἱ ἰχθύες δύνανται νὰ ἀνέρχωνται καὶ νὰ κατέρχωνται ἐντὸς τοῦ ὕδατος συμπιέζοντες περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον τὴν νηκτικὴν αὐτῶν κύστιν. Ἐπίσης διατὶ τὰ πτώματα τῶν πνιγομένων ἀνέρχονται μετά τινας ἡμέρας εἰς τὴν ἐπιφάνειαν· τοῦτο συμβαίνει, διότι ταῦτα ἐξογκοῦνται ὑπὸ τῶν ἀερίων, τὰ ὁποῖα προέρχονται ἐκ τῆς ἀποσυνθέσεως, καὶ συνεπῶς ὁ ὄγκος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ἑπομένως καὶ ἡ ἄνωσις, αὐξάνεται.

Πλῆθος συσκευῶν εἶναι ἐφαρμογαὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους, π. χ. τὰ σωσίβια, οἱ σημαντῆρες, τὰ ὑποβρύχια, οἱ πλωτῆρες, οἱ ὁποῖοι δεικνύουν τὸ ὕψος τοῦ ὕδατος ἐντὸς τῶν ἀτμολεβήτων κτλ.

Ὑποβρύχια πλοῖα. Τὸ ὑποβρύχιον συνίσταται ἀπὸ ἓν κέλυφος χαλύβδινον ἀτρακτοειδές, ἐγκαρσίας τομῆς γενικῶς κυκλικῆς. Εἰς τὸν πυθμένα τοῦ ὑποβρυχίου εὑρίσκονται κλειστὰ διαμερίσματα, περιέχοντα ὕδωρ. Τὰ διαμερίσματα ταῦτα, τὰ ὁποῖα περιέχουν τὸ ὑγρὸν ἕρμα, εἶναι πολὺ στερεά, διὰ νὰ δύνανται νὰ ἀντέχουν εἰς τὴν πίεσιν τοῦ πεπιεσμένου ἀέρος, ὁ ὁποῖος ἐκδιώκει τὸ ὕδωρ, ὅταν πρόκειται τὸ πλοῖον νὰ ἀνέλθῃ. Τέλος, ἕλιξ τοποθετημένη εἰς τὸ ὀπίσθιον μέρος χρησιμεύει διὰ τὴν κίνησιν τοῦ πλοίου (σχ. 82).

Τὸ ὑποβρύχιον εἶναι ἐφωδιασμένον μὲ διαφόρους ἀντλίας, μὲ δοχεῖα πεπιεσμένου ἀέρος, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει διὰ τὴν ἐκδίωξιν τοῦ ὕδατος ἐκ τῶν διαμερισμάτων καὶ τὸν ἀερισμόν, μὲ περισκόπιον, διὰ τοῦ ὁποίου οἱ ἐν αὐτῷ κατοπτεύουν τὸν ὁρίζοντα, ὅταν τὸ πλοῖον εὑρίσκεται ὑπὸ τὸ ὕδωρ, μὲ μανόμετρα, τὰ ὁποῖα δεικνύουν τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν καὶ συνεπῶς τὸ βάθος, εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται τὸ πλοῖον, καὶ τέλος μὲ κινητῆρας διὰ τὴν κίνησιν τῆς ἕλικος, τῶν ἀντλιῶν κλπ.

Ἡ ἰσορροπία τῶν ὑποβρυχίων, λόγῳ τοῦ σχήματός των, εἶναι ἀσταθής. Εἶναι δυνατὸν διὰ τῆς λειτουργίας τῶν ἀντλιῶν νὰ διορθοῦται ἑκάστην στιγμὴν ἡ τάσις τοῦ ὑποβρυχίου πρὸς ἄνοδον ἢ κάθοδον· ἐν τούτοις προτιμοῦν νὰ διατηροῦν εἰς αὐτὰ μίαν τάσιν πρὸς ἄνοδον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Τὰ διευθετοῦν λοιπὸν οὕτως, ὥστε τὸ βάρος Β΄ τοῦ ὑποβρυχίου νὰ μένῃ μικρότερον ἀπὸ τὴν ἄνωσιν Β καὶ τὸ ὑποβρύχιον νὰ δύναται νὰ ἀνέρχεται ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως Β—Β΄. Ἀλλ᾽ ὅταν τὸ ὑποβρύχιον, ὠθούμενον ὑπὸ τῆς ἕλικός του, τίθεται εἰς κίνησιν ὁριζοντίαν κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ, τὸ ὕδωρ συναντᾷ τὰ πλάγια πτερύγια Γ, Γ (σχ. 82), τὰ ὁποῖα εἶναι ἐπίπεδα κεκλιμένα, τοποθετημένα οὕτως, ὥστε ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς



Σχ. 82

κινήσεως ἡ πίεσις τοῦ ὕδατος νὰ παράγῃ ἐμβύθισιν τοῦ ὑποβρυχίου. Εἶναι φανερόν, ὅτι διὰ μεταβολῆς τῆς κλίσεως τῶν πτερυγίων ἢ τῆς ταχύτητος, τὸ ὑποβρύχιον βυθίζεται περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον. Ἐὰν ἡ ἕλιξ σταματήσῃ, τὸ ὑποβρύχιον ἀνέρχεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἄνευ οὐδενὸς χειρισμοῦ. Συνεπῶς τὸ ὑποβρύχιον μόνον ἐν πορείᾳ δύναται νὰ καταδυθῇ.

Σημείωσις. Τὰ ἀνωτέρω πλοῖα ἢ **κυρίως ὑποβρύχια** ἀντικατεστάθησαν δι᾽ ἄλλων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **καταδυόμενα**. Ταῦτα κατασκευάζονται εἰδικῶς διὰ νὰ πλέουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν, καταδύονται δὲ μόνον ἐφ᾽ ὅσον χρόνον εἶναι ἀνάγκη. Ταῦτα εἶναι γενικῶς πλοῖα μεγάλα, ἐπιδεκτικὰ καταδύσεως. Ἔχουν δύο διαφόρους κινητῆρας, τὸν ἕνα (διὰ πετρελαίου) διὰ νὰ πλέουν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, τὸν ἄλλον (ἠλεκτρικὸν) διὰ νὰ πλέουν ὑπὸ τὸ ὕδωρ. Ἔχουν διπλᾶ τοιχώματα· τὸ ἐσωτερικὸν δὲ ἔχει τομὴν κυκλικὴν καθὼς τὸ τῶν κυρίως ὑποβρυχίων. Τὸ διάστημα μεταξὺ τῶν δύο τοιχωμάτων εἶναι διῃρημένον εἰς διαμερίσματα, ἐντὸς τῶν ὁποίων εἰσάγεται τὸ ὕδωρ τὸ ἀναγκαιοῦν διὰ τὴν κατάδυσιν.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΥΚΝΟΤΗΤΩΝ

110. Τὰ βάρη ἴσων ὄγκων διαφόρων οὐσιῶν, π. χ. χαλκοῦ, ὑάλου, φελλοῦ, κτλ., εἶναι διάφορα. Τὰς διαφορὰς ταύτας χαρακτηρίζομεν μετροῦντες τὸ **εἰδικὸν βάρος** ἑνὸς σώματος ἢ τὸ **βάρος τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου** τοῦ σώματος τούτου.

Ἐπειδὴ τὸ εἰδικὸν βάρος εἶναι τὸ γινόμενον τῆς πυκνότητος ἐπὶ τὴν ἐπιτάχυνσιν τῆς βαρύτητος (σελ. 73), ἡ σύγκρισις τῶν εἰδικῶν βαρῶν, **εἰς τὸν ἴδιον τόπον**, ἀνάγεται εἰς τὴν σύγκρισιν τῶν πυκνοτήτων. Ἐὰν ε καὶ ε΄ τὰ εἰδικὰ βάρη δύο σωμάτων καὶ δ καὶ δ΄ αἱ πυκνότητες αὐτῶν, θὰ ἔχωμεν εἰς τὸν ἴδιον τόπον :

$$\frac{\varepsilon}{\varepsilon'} = \frac{\delta g}{\delta' g} = \frac{\delta}{\delta'}.$$

Ἡ πυκνότης μιᾶς οὐσίας εἰς ϑ° εἶναι ἡ μᾶζα ἑνὸς κυβ. ἑκατοστομέτρου τῆς οὐσίας ταύτης εἰς ϑ°.

Θὰ ἔχωμεν τὴν πυκνότητα ἑνὸς σώματος εἰς ϑ°, ἐὰν λάβωμεν τὸν **λόγον τῆς μάζης του** εἰς γραμμάρια **πρὸς τὸν ὄγκον του** εἰς κυβ. ἑκατ. εἰς ϑ°.

Ἐὰν ἡ μέτρησις γεωμετρικῶς τοῦ ὄγκου τοῦ σώματος εἶναι δύσκολος, δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν μᾶζαν ὄγκου ὕδατος εἰς 4° ἴσου πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ σώματος. Τοιουτοτρόπως ἡ πυκνότης ἑνὸς σώματος εἶναι ὁ λόγος τῶν μαζῶν ἴσων ὄγκων τοῦ σώματος εἰς ϑ° καὶ τοῦ ὕδατος εἰς 4°.

Ἑπομένως, διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πυκνότητα σώματός τινος, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν διὰ τῆς μεθόδου τῆς διπλῆς σταθμίσεως : α) τὸ βάρος τοῦ σώματος εἰς γραμμάρια, β) τὸ βάρος εἰς γραμμάρια ὄγκου ὕδατος εἰς 4°, ἴσου πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ σώματος εἰς ϑ°. Τὸ πηλίκον τοῦ πρώτου ἐξαγομένου διὰ τοῦ δευτέρου θὰ εἶναι ἡ πυκνότης τοῦ σώματος εἰς ϑ°.

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Εἰς τὰς συνήθεις θερμοκρασίας (περὶ τοὺς 15°) τὰ βάρη ἴσων ὄγκων ὕδατος εἰς 4° καὶ εἰς ϑ° διαφέρουν ἐλάχιστα. Τοιουτοτρόπως **πρακτικῶς** ἡ πυκνότης ἑνὸς σώματος εἰς ϑ° εἶναι ὁ λόγος τῶν βαρῶν εἰς ϑ° ὄγκου τινὸς τοῦ σώματος πρὸς ἴσον ὄγκον ὕδατος·

ναι

111. Εὕρεσις τῆς πυκνότητος τῶν στερεῶν.—Α) Διὰ τῆς μεθόδου τῆς ληκύθου. Ἡ ἀκριβεστέρα μέθοδος πρὸς προσδιορισμὸν τῆς πυκνότητος τῶν στερεῶν καὶ τῶν ὑγρῶν εἶναι ἡ μέθοδος τῆς **ληκύθου**.

Μεταχειριζόμεθα μικρὰν λήκυθον, ἡ ὁποία κλείεται διὰ πώματος ὑαλίνου ἐσμυρισμένου. Τὸ πῶμα τοῦτο προεκτείνεται πρὸς τὰ ἄνω εἰς τριχοειδῆ σωλῆνα, ὁ ὁποῖος καταλήγει εἰς χωνίον (σχ. 83). Ἐπὶ τοῦ τριχοειδοῦς σωλῆνος ὑπάρχει χαραγμένον σημεῖον τι α, μέχρι τοῦ ὁποίου πρέπει νὰ πληροῦται ἑκάστοτε ἡ λήκυθος.

α) Θέτομεν τὴν λήκυθον, πλήρη ὕδατος ἀπεσταγμένου, ἐντὸς τηκομένου πάγου. Ὅταν πλέον ἡ θέσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος δὲν μεταβάλλεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὕδατος ὑπεράνω τοῦ σημείου α δι᾿ ἀπορροφητικοῦ χάρτου. Ἐξάγομεν τὴν λήκυθον ἀπὸ τὸν πάγον καὶ ἀφίνομεν νὰ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, κατόπιν δὲ σπογγίζομεν αὐτὴν καλῶς καὶ τὴν θέτομεν ἐπὶ τοῦ ἑνὸς δίσκου ζυγοῦ, παραπλεύρως δὲ θέτομεν καὶ μικρὰ τεμάχια ἐκ τοῦ σώματος, τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πυκνότητα, καὶ ἰσορροποῦμεν διὰ χόνδρων μολύβδου. Ἔπειτα ἀφαιροῦμεν τὰ τεμάχια τοῦ σώματος καὶ τὰ ἀντικαθιστῶμεν διὰ Β γραμμαρίων. Τὰ γραμμάρια ταῦτα θὰ παριστοῦν τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.

Σχ. 83

β) Ἀφαιροῦμεν τὰ σταθμὰ καὶ τὴν λήκυθον ἀπὸ τὸν δίσκον καὶ εἰσάγομεν τὰ τεμάχια τοῦ σώματος ἐντὸς αὐτῆς. Θέτομεν τὴν λήκυθον ἐντὸς τηκομένου πάγου, ἕως ὅτου ἡ θέσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος παύσῃ νὰ μεταβάλλεται, τότε δὲ ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὕδατος ὑπεράνω τοῦ σημείου α. Ἐξάγομεν τὴν λήκυθον ἀπὸ τὸν πάγον καὶ ἀφοῦ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος σπογγίζομεν αὐτὴν καλῶς καὶ τὴν ἐπαναφέρομεν ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ. Ἰσορροπία δὲν ὑφίσταται πλέον, διότι ποσότης τις ὕδατος ἐξεδιώχθη· προσθέτομεν τότε Β΄ γραμμάρια πρὸς τὸ μέρος τῆς ληκύθου, ἕως ὅτου ἡ φάλαγξ ἰσορροπήσῃ ἐκ νέου. Τὰ νέα ταῦτα σταθμὰ παριστοῦν προφανῶς τὴν μᾶζαν ὄγκου ὕδατος εἰς 0° ἴσου μὲ τὸν ὄγκον τοῦ σώματος. Θὰ ἔχωμεν τότε

$$\delta = \frac{B}{B'}.$$

Τὸ κυριώτερον πλεονέκτημα τῆς μεθόδου ταύτης εἶναι, ὅτι πειρα-ματιζόμεθα ἐπὶ τεμαχίων τοῦ σώματος ἀρκετὰ μικρῶν, ὥστε νὰ ἀπο-φεύγωμεν τὰς ἐσωτερικὰς κοιλότητας.

Β) **Διὰ τῆς μεθόδου τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ.** Ἡ μέθοδος αὕτη εἶναι ἄμεσος ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους. Κατὰ ταύτην :

α) Ἐξαρτῶμεν τὸ σῶμα διὰ λεπτοῦ νήματος ἀπὸ τοῦ ἀγκίστρου τοῦ ἑνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ (σχ. 84) καὶ ἰσορροποῦμεν αὐτὸ δι' ὀλίγης ἄμ-μου, τὴν ὁποίαν θέτομεν εἰς τὸν ἄλλον δίσκον. Ἀφαιροῦμεν κατόπιν τὸ σῶμα καὶ ἀντικαθιστῶμεν αὐτὸ διὰ σταθμῶν, ἕως ὅτου ἀποκατασταθῆ πάλιν ἡ ἰσορροπία, ἔστωσαν δὲ Β γραμμάρια τὰ σταθμά, τὰ ὁποῖα ἐχρειάσθησαν πρὸς τοῦτο. Τότε ὁ ἀριθμὸς Β πα-ριστᾶ προφανῶς τὴν μᾶζαν τοῦ σώματος.

Σχ. 84

β) Ἀφαιροῦμεν τὰ σταθμὰ καὶ ὑπὸ τὸν αὐτὸν δίσκον ἐξαρτῶμεν πάλιν τὸ σῶμα. Ἐμβαπτίζομεν τότε τὸ σῶμα ὁλόκληρον ἐντὸς τοῦ ὕδατος δοχείου, τὸ ὁποῖον τοποθε-τοῦμεν ὑπ' αὐτό.

Ἐπειδὴ τὸ ἐμβαπτισθὲν σῶμα ὑφίσταται ἄνωσιν (ἴσην πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος), προσθέ-τομεν ἐπὶ τοῦ ἀντιστοίχου δίσκου Β′ γραμμάρια, τὰ ὁποῖα ἐπαναφέρουν τὴν φάλαγγα εἰς τὴν πρώτην αὐτῆς θέσιν τῆς ὁριζοντιότητος· ὁ ἀριθμὸς Β′ παριστᾶ τὴν μᾶζαν ὄγκου ὕδατος ἴσου πρὸς τὸν τοῦ σώματος.

Διαιροῦντες τέλος τὸ Β διὰ τοῦ Β′, εὑρίσκομεν τὴν ζητουμένην πυκνότητα, ἤτοι :

$$\delta = \frac{B}{B'}.$$

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Ἐὰν τὸ σῶμα, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν πυκνό-τητα, διαλύεται εἰς τὸ ὕδωρ, λαμβάνομεν τὴν πυκνότητα αὐτοῦ ἐν σχέ-σει πρὸς ὑγρόν, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δὲν διαλύεται. Κατόπιν δὲ πολλα-πλασιάζομεν τὴν οὕτω εὑρεθεῖσαν πυκνότητα ἐπὶ τὴν πυκνότητα τοῦ βοηθητικοῦ ὑγροῦ ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ.

Ἐὰν π. χ. πρόκειται νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πυκνότητα τοῦ σακ-χάρου, μεταχειριζόμεθα τὴν μέθοδον τῆς ληκύθου ἐπὶ ἐλαίου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὸ σάκχαρον εἶναι τελείως ἀδιάλυτον.

Ἔστω Β ἡ μᾶζα τοῦ σακχάρου, Β′ ἡ μᾶζα ἴσου ὄγκου ὕδατος, Β′′ ἡ μᾶζα ἴσου ὄγκου ἐλαίου.

Τότε ἡ πυκνότης τοῦ σακχάρου ὡς πρὸς τὸ ἔλαιον εἶναι :

$$\delta_1 = \frac{B}{B''} \quad (1)$$

ἡ δὲ πυκνότης τοῦ ἐλαίου ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ θὰ εἶναι :

$$\delta_2 = \frac{B''}{B'} \quad (2)$$

Πολλαπλασιάζοντες κατὰ μέλη τὰς ἰσότητας (1) καὶ (2), ἔχομεν :

$$\delta_1 \,.\, \delta_2 = \frac{B}{B''} \cdot \frac{B''}{B'} = \frac{B}{B'} = \delta$$

ἤτοι τὴν πυκνότητα τοῦ σακχάρου ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ.

ΠΙΝΑΞ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΟΣ ΣΤΕΡΕΩΝ ΤΙΝΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Λευκόχρυσος	21,35	Κασσίτερος	7,29
Χρυσὸς	19,33	Ψευδάργυρος	7,2
Μόλυβδος	11,38	Ἀδάμας	3,5
Ἄργυρος	10,5	Μάρμαρον	2,84
Χαλκὸς	8,9	Ἀργίλιον	2,57
Νικέλιον	8,28	Ὕαλος	2,5
Χάλυψ	7,7	Θεῖον	2
Σίδηρος χυτὸς	7,6	Φελλὸς	0,24

112. Εὕρεσις τῆς πυκνότητος τῶν ὑγρῶν.—Α) Διὰ τῆς μεθόδου τῆς ληκύθου. Διὰ τὰ ὑγρὰ μεταχειριζόμεθα λήκυθον ἰδιαιτέρου σχήματος (σχ. 85). Αὕτη συνίσταται ἀπὸ ἓν δοχεῖον κυλινδρικὸν β, τὸ ὁποῖον προεκτείνεται πρὸς τὰ ἄνω εἰς τριχοειδῆ σωλῆνα, καταλήγοντα εἰς χωνίον α, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ κλείσωμεν διὰ πώματος ὑαλίνου. Ἐπὶ τοῦ τριχοειδοῦς στελέχους ὑπάρχει χαραγμένον σημεῖον γ, μέχρι τοῦ ὁποίου πρέπει νὰ πληροῦται αὕτη. Ἀφ᾽ οὗ πληρώσωμεν τὴν λήκυθον εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος διὰ τοῦ ὑγροῦ, τοῦ ὁποίου ζητεῖται ἡ πυκνότης, φέρομεν αὐτὴν ἐντὸς τηκομένου πάγου, καί, ὅταν λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τούτου, ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὑγροῦ ὑπεράνω τοῦ σημείου γ. Ἀφίνομεν τὴν συσκευὴν νὰ ἀναλάβῃ τὴν ἐξωτερικὴν θερμοκρασίαν, ὅπως ἀποφύγωμεν τὴν ἀπόθεσιν δρόσου ἐπ᾽ αὐτῆς, σπογγίζομεν καλῶς, τὴν φέρομεν ἐπὶ τοῦ δίσκου ζυγοῦ καὶ ἰσορροποῦμεν διὰ χόνδρων μολύβδου. Κατόπιν κενοῦμεν τὴν λήκυθον, ξηραίνομεν αὐτὴν ἐσωτερικῶς καὶ τὴν ἐπαναφέρομεν κενὴν ἐπὶ τοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ. Διὰ νὰ ἀποκαταστήσωμεν τὴν ἰσορροπίαν, προσθέτομεν ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ δίσκου σταθμὰ Β γραμ. Ταῦτα παριστοῦν τὴν μᾶζαν τοῦ ὑγροῦ τοῦ περιεχομένου ἐντὸς τῆς ληκύθου εἰς 0° μέχρι τοῦ σημείου γ. Ἐπαναλαμβάνοντες τὰ αὐτὰ μὲ ὕδωρ ἀπεσταγμένον, λαμβάνομεν τὴν μᾶζαν Β′ τοῦ ὕδατος τοῦ περιεχομένου εἰς τὴν λήκυθον εἰς 0°.

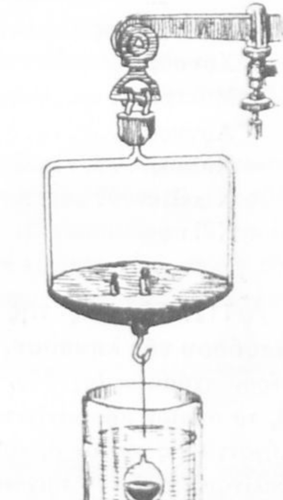
Σχ. 85

Ἡ πυκνότης τοῦ ὑγροῦ θὰ εἶναι τότε :

$$\delta = \frac{B}{B'}$$

B) **Διὰ τῆς μεθόδου τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ.** Ἀπὸ τοῦ ἀγκίστρου τοῦ ἑνὸς δίσκου τοῦ ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ ἐξαρτῶμεν σῶμά τι, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τὸ ὑγρόν, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα, νὰ μὴν ἐπιδρᾷ χημικῶς. Συνήθως μεταχειριζόμεθα κοίλην ὑαλίνην σφαῖραν, καταλλήλως ἑρματισθεῖσαν διὰ μολύβδου ἢ ὑδραργύρου (σχ. 86). Τὴν σφαῖραν ταύτην ἰσορροποῦμεν μὲ ἄμμον, κατόπιν δὲ ἐμβαπτίζομεν αὐτὴν διαδοχικῶς πρῶτον μὲν εἰς τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ, ἔπειτα δὲ εἰς τὸ ὑγρόν, τοῦ ὁποίου ζητοῦμεν τὴν πυκνότητα. Ἡ ἰσορροπία ἑκάστοτε καταστρέφεται, τὰ δὲ Β′ καὶ Β γραμμάρια, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀνάγκη νὰ προσθέσωμεν διὰ ν᾿ ἀποκαταστήσωμεν αὐτήν, παριστοῦν προφανῶς τὸ μὲν πρῶτον τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκτοπισθέντος ὕδατος, τὸ δὲ δεύτερον τὴν μᾶζαν τοῦ ἐκτοπισθέντος ἴσου ὄγκου ὑγροῦ.

Ἔχομεν λοιπόν: $\delta = \frac{B}{B'}$.


Σχ. 86

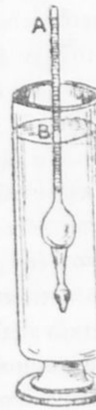
Σημείωσις. Κατὰ τὸν ἀνωτέρω προσδιορισμὸν τῶν πυκνοτήτων τῶν στερεῶν ὡς καὶ τῶν ὑγρῶν δὲν ἐμετρήσαμεν τὸ βάρος ἴσου ὄγκου ὕδατος εἰς 4° ἀλλὰ εἰς 0°. Διὰ τοῦτο, ὅταν πρόκειται περὶ μεγάλης ἀκριβείας, πολλαπλασιάζομεν τὴν οὕτως εὑρεθεῖσαν πυκνότητα ἐπὶ τὴν πυκνότητα τοῦ ὕδατος εἰς 0°, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ 0,9998.

ΠΙΝΑΞ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΟΣ ΥΓΡΩΝ ΤΙΝΩΝ

Ὑδράργυρος	13,596
Ὕδωρ θαλάσσιον	1,026
Ὕδωρ ἀπεσταγμένον εἰς 4° . . .	1,000
Ὕδωρ ἀπεσταγμένον εἰς 0°. . . .	0,999
Ἔλαιον ἐλαιῶν	0,915
Ἀπόλυτον οἰνόπνευμα	0,795

113. Ὑπολογισμὸς τοῦ εἰδικοῦ βάρους.—Τὸ εἰδικὸν βάρος ἐκφράζεται εἰς δύνας, ἰσοῦται δέ, ὡς ἐμάθομεν, μὲ τὸ γινόμενον τῆς πυκνότητος τοῦ σώματος ἐπὶ τὴν ἔντασιν τῆς βαρύτητος g. Ἡ πυκνότης εἶναι ἀμετάβλητος, ἀλλὰ τὸ εἰδικὸν βάρος μεταβάλλεται, ὅπως τὸ g, μετὰ τοῦ τόπου τῆς παρατηρήσεως.

Σημείωσις. **Σχετικὸν εἰδικὸν βάρος** ἑνὸς σώματος Α ὡς πρὸς ἓν σῶμα Β εἶναι ὁ λόγος τῶν βαρῶν ἴσων ὄγκων ἐκ τοῦ Α καὶ τοῦ Β καὶ **εἶναι τὸ αὐτὸ εἰς ὅλους τοὺς τόπους**. Ἐὰν τὸ σῶμα τῆς συγκρίσεως εἶναι τὸ ὕδωρ, τὸ σχετικὸν εἰδικὸν βάρος **εἶναι ὁ ἴδιος ἀριθμὸς μὲ τὴν πυκνότητα**.



Σχ. 87

114. Ἀραιόμετρα.—Τὰ **ἀραιόμετρα** εἶναι πλωτῆρες, οἱ ὁποῖοι ἐρματίζονται καταλλήλως, ὥστε νὰ διατηρῶνται κατακόρυφοι ἐντὸς τῶν ὑγρῶν. Ἀποτελοῦνται ἐκ κοίλης ὑάλου καὶ καταλήγουν πρὸς τὰ κάτω μὲν εἰς σφαιρικὴν ἐξόγκωσιν, ἡ ὁποία περιέχει ὑδράργυρον ἢ χόνδρους μολύβδου (σχ. 87), πρὸς τὰ ἄνω δὲ εἰς στέλεχος κυλινδρικόν, τὸ ὁποῖον φέρει τὴν κλίμακα.

Ἐπειδὴ ἓν ἀραιόμετρον θὰ ἰσορροπῇ ἐντὸς ὑγροῦ, ὅταν τὸ βάρος του ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ἕπεται ὅτι θὰ βυθίζεται τόσον περισσότερον, ὅσον τὸ ὑγρὸν εἶναι ἀραιότερον. Ἑπομένως τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα εἶναι **σταθεροῦ βάρους** καὶ **μεταβλητοῦ βυθιζομένου ὄγκου**.

Ἄλλοτε ἐχρησιμοποίουν διὰ τὰ ἀραιόμετρα αὐθαιρέτους βαθμολογίας, γενικῶς τὰς τοῦ Baumé· σήμερον δὲν παραδέχονται πλέον εἰς τὰς ἐμπορικὰς σχέσεις τὰς ἐνδείξεις ταύτας, ἀλλὰ μόνον τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν, αἱ ὁποῖαι δίδονται ἀπ' εὐθείας ὑπὸ τῶν **πυκνομέτρων**.

Ὀξυζύγια Baumé. Τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα ἐχρησίμευον διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά. Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν ὀξυζύγιον, τὸ ἑρματίζομεν οὕτως ὥστε νὰ βυθίζεται σχεδὸν μέχρι τοῦ ἀνωτάτου ἄκρου τοῦ στελέχους ἐντὸς καθαροῦ ὕδατος, ἐκεῖ δὲ σημειοῦμεν 0. Μετὰ ταῦτα ἐμβαπτίζομεν τὸ ἀραιόμετρον ἐντὸς ἁλατούχου διαλύματος, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ 15 γρ. ξηροῦ θαλασσίου ἅλατος καὶ 85 γρ. ὕδατος. Ἐπειδὴ τὸ διάλυμα τοῦτο εἶναι πυκνότερον τοῦ ὕδατος, τὸ ὄργανον θὰ βυθισθῇ ὀλιγώτερον· σημειοῦμεν 15 εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς. Κατόπιν διαιροῦμεν τὸ μεταξὺ 0 καὶ 15 διάστημα εἰς 15 ἴσα μέρη καὶ ἐπεκτείνομεν τὴν βαθμολογίαν μέχρι τῆς βάσεως τοῦ στελέχους.

115. Οἰνοπνευματοζύγια Baumé. Ταῦτα ἐχρησίμευον διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά. Τὸ ἀραιόμετρον τοῦτο ἑρματίζομεν οὕτως, ὥστε νὰ βυθίζεται μέχρι τοῦ κατωτέρου μέρους τοῦ στελέχους ἐντὸς ἁλατούχου διαλύματος ἀποτελουμένου ἀπὸ 10 γρ. θαλασσίου ἅλατος καὶ 90 γρ. ὕδατος καὶ σημειοῦμεν ἐκεῖ τὸ 0. Ἐμβαπτίζομεν κατόπιν αὐτὸ ἐντὸς καθαροῦ ὕδατος, εἰς τὸ ὁποῖον βυθίζεται περισσότερον, ἐπειδὴ τὸ ὕδωρ εἶναι ἀραιότερον τοῦ ἁλατούχου διαλύματος, καὶ σημειοῦμεν 10 εἰς τὸ σημεῖον ἐπιπολῆς. Διαιροῦμεν κατόπιν τὸ μεταξὺ 0 καὶ 10 διάστημα εἰς 10 ἴσα μέρη καὶ ἐπεκτείνομεν τὰς διαιρέσεις μέχρι τῆς κορυφῆς τοῦ στελέχους.

Τὰ ἀραιόμετρα ταῦτα δὲν δεικνύουν δι᾽ ἁπλῆς ἀναγνώσεως τοῦ σημείου τῆς ἐπιπολῆς ἐντὸς διαφόρων διαλυμάτων οὔτε τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν, οὔτε τὰς διαλυμένας ποσότητας τοῦ ἅλατος, ἀλλὰ μόνον ἐὰν ἓν διάλυμα ἢ ἓν ὀξὺ ἔχῃ φθάσει εἰς ὡρισμένον βαθμὸν συμπυκνώσεως. Π. χ. τὸ ὀξυζύγιον πρέπει νὰ δεικνύῃ 66 εἰς τὸ πυκνὸν θειικὸν ὀξύ, 36 εἰς τὸ νιτρικὸν ὀξύ, 3 εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ. Τὸ δὲ οἰνοπνευματοζύγιον πρέπει νὰ δεικνύῃ 65 εἰς τὸν καθαρὸν αἰθέρα, 25 εἰς τὴν ἀγοραίαν ἀμμωνίαν κτλ.

116. Πυκνόμετρα.—Οὕτω καλοῦνται ἀραιόμετρα βαθμολογημένα οὕτως, ὥστε δι᾽ ἁπλῆς ἀναγνώσεως τῆς διαιρέσεως, μέχρι τῆς ὁποίας βυθίζονται, νὰ δίδουν τὰς πυκνότητας τῶν ὑγρῶν, ἐντὸς τῶν ὁποίων ἐπιπλέουν.

Ἀ ρ χ ή. Ἔστω ἀραιόμετρον διῃρημένον εἰς 1000 μέρη ἴσης χωρητικότητος καὶ ἑρματισμένον οὕτως, ὥστε νὰ βυθίζεται εἰς τὸ καθαρὸν ὕδωρ μέχρι τῆς διαιρέσεως 1000 εὑρισκομένης εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ στελέχους. Ἐὰν O_1 ὁ ὄγκος μιᾶς διαιρέσεως καὶ B τὸ βάρος τοῦ ἀραιομέτρου, θὰ ἔχωμεν προφανῶς :

Βάρος ἀραιομέτρου = βάρος ἐκτοπιζομένου ὕδατος, ἤτοι :

$$B = 1000.O_1$$

Ἐὰν τὸ ἀραιόμετρον τοῦτο βυθίζεται μέχρι τῆς διαιρέσεως 800 π. χ. ἐντὸς ὑγροῦ πυκνότητος $\delta > 1$, θὰ ἔχωμεν :

Βάρος ἀραιομέτρου = βάρος ἐκτοπιζομένου ὑγροῦ, ἤτοι :

$$B = 800.O_1.\delta.$$

Συνεπῶς $$800.O_1.\delta = 1000.O_1$$

καὶ $$\delta = \frac{1000}{800} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

Τὸ πηλίκον τοῦτο εὑρίσκεται προηγουμένως δι' ὅλας τὰς διαιρέσεις τῆς κλίμακος καὶ ἡ ἀντιστοιχοῦσα πυκνότης ἀναγράφεται ἀπέναντι ἑκάστης διαιρέσεως. Ἐὰν λοιπὸν τὸ πυκνόμετρον ἐπιπλέῃ ἐντὸς ὑγροῦ τινος, τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς μᾶς δίδει δι' ἁπλῆς ἀναγνώσεως τὴν πυκνότητα τοῦ ὑγροῦ τούτου.

Εἰς τὰ πυκνόμετρα τὰ χρησιμεύοντα διὰ τὰ πυκνότερα τοῦ ὕδατος ὑγρὰ τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς εἰς τὸ καθαρὸν ὕδωρ εὑρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τοῦ στελέχους, ἐνῷ εἰς τὰ πυκνόμετρα τὰ προωρισμένα διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά, τοῦτο εὑρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ στελέχους. Τέλος, κατασκευάζονται πυκνόμετρα **γενικὰ** ἐφωδιασμένα διὰ δευτέρου κινητοῦ ἕρματος, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ χρησιμοποιῶνται συγχρόνως καὶ διὰ τὰ πυκνότερα καὶ διὰ τὰ ἀραιότερα τοῦ ὕδατος ὑγρά. Διὰ τοῦτο καὶ φέρουν ταῦτα δύο κλίμακας.

Σχ. 88

117. Ἑκατοντάβαθμον οἰνοπνευματόμετρον τοῦ Gay-Lussac.—Τὸ οἰνοπνευματόμετρον τοῦ Gay-Lussac εἶναι ἀραιόμετρον, τὸ ὁποῖον δι' ἁπλῆς ἀναγνώσεως δεικνύει τὴν ἀναλογίαν ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν εἰς ὄγκους τοῦ καθαροῦ οἰνοπνεύματος, τὸ ὁποῖον περιέχεται εἰς ἓν οἰνοπνευματοῦχον ὑγρόν, εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν 15° Κελσίου (σχ. 88).

Διὰ νὰ βαθμολογήσωμεν ἀπ' εὐθείας ἓν οἰνοπνευματόμετρον, τὸ ἑρματίζομεν οὕτως, ὥστε τὸ σημεῖον τῆς ἐπιπολῆς νὰ εὑρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ στελέχους, εἰς τὸ καθαρὸν ὕδωρ θερμοκρασίας 15°, ὅπου σημειοῦμεν 0. Βυθίζομεν κατόπιν τὸ ὄργανον εἰς διάφορα ὑγρὰ θερμοκρασίας 15°, ἀποτελούμενα ἀπὸ 5, 10, 15... ὄγκους καθαροῦ οἰνοπνεύματος, εἰς τοὺς ὁποίους προσθέτομεν ἀπεσταγμένον ὕδωρ, διὰ νὰ ἔχωμεν ἑκάστοτε 100 ὄγκους, καὶ σημειοῦμεν διαδοχικῶς

5, 10, 15 . . . εἰς τὰ διάφορα σημεῖα τῆς ἐπιπολῆς. Τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα λαμβάνομεν τοιουτοτρόπως, διαιροῦμεν εἰς 5 ἴσα μέρη ἕκαστον διὰ νὰ ἔχωμεν τὴν κλίμακα.

Τὸ οἰνοπνευματόμετρον τοῦτο δίδει ἀκριβεῖς ἐνδείξεις μόνον εἰς ὑγρά, τὰ ὁποῖα περιέχουν ὕδωρ καὶ οἰνόπνευμα. Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ ποσὸν τοῦ οἰνοπνεύματος, τὸ περιεχόμενον π. χ. εἰς τὸν οἶνον, ἀποστάζομεν γνωστὸν ὄγκον οἴνου· κατόπιν εἰς τὸ ἐκ τῆς ἀποστάξεως ληφθὲν οἰνόπνευμα προσθέτομεν ὕδωρ μέχρις ὅτου λάβωμεν τὸν ἀρχικὸν ὄγκον τοῦ οἴνου, εἰς τὸ μεῖγμα δὲ τοῦτο βυθίζομεν τὸ οἰνοπνευματόμετρον.

Ἡ περιεκτικότης οἰνοπνευματούχου ὑγροῦ εἰς οἰνόπνευμα δίδεται δι᾽ ἁπλῆς ἀναγνώσεως, ὅταν ἡ θερμοκρασία εἶναι 15°· ἐὰν εἶναι διάφορος τῶν 15°, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν εἰδικοὺς πίνακας, οἱ ὁποῖοι μᾶς δίδουν τὴν ἀντίστοιχον διόρθωσιν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ΄

ΜΟΡΙΑΚΑΙ ΔΡΑΣΕΙΣ

118. Ὡρισμένα φυσικὰ φαινόμενα ἀποδίδονται εἰς εἰδικὴν ἐνέργειαν: θερμαντικήν, φωτεινήν, ἠλεκτρικήν, μαγνητικήν· ἄλλα φυσικὰ φαινόμενα εἶναι δράσεις ἑλκτικαί, καλούμεναι **μοριακαὶ** ἢ **δυνάμεις συνοχῆς,** αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται μεταξὺ τῶν μορίων τῶν σωμάτων. Εἰς τὰς δυνάμεις ταύτας, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν ἀπὸ ἐλαχίστης ἀποστάσεως, ὀφείλεται, ὡς ἐμάθομεν, ἡ συνοχὴ τῶν στερεῶν σωμάτων. Εἰς αὐτὰ ἡ δύναμις αὕτη εἶναι πολὺ μεγάλη, διότι τὰ μόρια κεῖνται πολὺ πλησίον ἀλλήλων.

Τὰ φαινόμενα τῆς συναφείας, δηλαδὴ τῆς ἕλξεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν γειτονικῶν μορίων δύο σωμάτων, εἶναι ἐπίσης συνέπεια τῶν δυνάμεων συνοχῆς. Διὰ νὰ δείξωμεν τὴν συνάφειαν μεταξὺ δύο στερεῶν σωμάτων, ἐφαρμόζομεν δύο πλάκας ὑαλίνας, τελείως λείας τὴν μίαν ἐπὶ τῆς ἄλλης. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε, ὅτι πολὺ δυσκόλως χωρίζονται. Ἐπειδὴ τὸ φαινόμενον παράγεται καὶ εἰς τὸ κενόν, δὲν δυνάμεθα νὰ ἀποδώσωμεν τὴν συνάφειαν εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἐπίσης εὐκόλως δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν τὴν συνάφειαν μεταξὺ τῶν ὑγρῶν καὶ τῶν στερεῶν. Ἐὰν π. χ. θέσωμεν δίσκον ὑάλινον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ, κατόπιν δὲ ἀνυψώσωμεν αὐτόν, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ δίσκος συνεπιφέρει ἐπὶ τῆς κατωτέρας ἐπιφανείας του στρῶμα ὑγροῦ. Ἐπίσης ἐὰν βυθίσωμεν ῥάβδον ὑαλίνην ἐντὸς ὕδατος καὶ τὴν ἐξαγάγωμεν κατόπιν, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι εἰς τὸ κατώτερον ἄκρον τῆς ῥάβδου μένει προσκεκολλημένη σταγὼν ὕδατος. Τὸ ὑγρόν, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται εἰς ἄμεσον ἐπαφὴν μετὰ τῆς ὑάλου, συγκρατεῖται ἕνεκα τῆς συναφείας, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τοῦ ὑγροῦ καὶ τοῦ στερεοῦ, τὸ ὑπόλοιπον δὲ τῆς σταγόνος διατηρεῖται ἕνεκα τῆς ἰδίας συνοχῆς τοῦ ὑγροῦ.

Πάντα τὰ φαινόμενα ταῦτα τῆς συναφείας παράγονται ἐν ἐπαφῇ. Εὐθύς, ὡς ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν σωμάτων καταστῇ αἰσθητή, οὐδὲν ἴχνος συναφείας ἐκδηλοῦται.

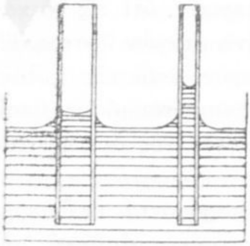
Τὰ φαινόμενα βαφῆς (χρώσεως) εἶναι ἐπίσης ἐφαρμογὴ τῶν φαινομένων συναφείας. Ἡ συνάφεια, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τῆς χρωστικῆς οὐσίας καὶ τοῦ στερεοῦ, κάμνει ὥστε ἡ χρωστικὴ οὐσία νὰ προσφύεται τελείως ἐπὶ τοῦ ὑφάσματος.

119. Τριχοειδές.—Τὰ φαινόμενα τῆς συναφείας μεταξὺ στερεῶν καὶ ὑγρῶν ἄγουν εἰς φαινομενικὰς ἐξαιρέσεις τῶν νόμων τῆς Ὑδροστατικῆς.

Εἰς τὴν Ὑδροστατικὴν παρατηροῦμεν, ὅτι πᾶν ὑγρὸν παρουσιάζει τοὺς ἑξῆς χαρακτῆρας: α) δὲν ἔχει σχῆμα ὡρισμένον, β) ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνειά του εἶναι ὁριζοντία, γ) ἐντὸς δύο ἢ περισσοτέρων συγκοινωνούντων δοχείων ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Οἱ νόμοι οὗτοι ὑποθέτουν, ὅτι τὰ ὑγρὰ μόρια δὲν ὑφίστανται τὴν ἐνέργειαν ἄλλων δυνάμεων ἐκτὸς τῆς βαρύτητος. Ἐνίοτε ὅμως οἱ νόμοι οὗτοι παρουσιάζονται ἐλλιπεῖς. Οὕτω α) ἐπὶ λείας ἐπιπέδου ἐπιφανείας μικρὰ σταγὼν ὑδραργύρου λσμβάνει σχῆμα, τὸ ὁποῖον πλησιάζει τόσον περισσότερον εἰς τὸ σφαιρικόν, ὅσον ἡ σταγὼν εἶναι μικροτέρα, β) ἡ ἐπιφάνεια ὑγροῦ πλησίον τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου δὲν εἶναι ὁριζοντία, γ) ἐντὸς στενοῦ ὑαλίνου σωλῆνος **(τριχοειδοῦς)** ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ δὲν εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μετὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐξωτερικοῦ ὑγροῦ, ἡ δὲ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος δὲν εἶναι ἐπίπεδος.

Αἱ φαινομενικαὶ αὗται ἐξαιρέσεις ἀποτελοῦν ὁμάδα φαινομένων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **τριχοειδῆ**, διότι ἡ ἐξήγησις αὐτῶν συνδέεται μὲ τὴν θεωρίαν τῶν ἀνυψώσεων καὶ ταπεινώσεων τῶν ὑγρῶν ἐντὸς στενῶν σωλήνων ἕνεκα τῆς συναφείας.

120. Ἀνυψώσεις καὶ ταπεινώσεις τριχοειδεῖς.—Τὰ φαινόμενα διαφέρουν ἐντὸς στενῶν σωλήνων, καθ᾽ ὅσον τὸ ὑγρὸν **διαβρέχει** ἢ **δὲν διαβρέχει** τὸ στερεόν. Ὑγρόν τι λέγομεν, ὅτι διαβρέχει ἓν στερεὸν (ὕδωρ καὶ ὕαλος), ὅταν ἡ συνάφειά του πρὸς τὸ στερεὸν ὑπερβαίνῃ τὴν συνοχήν του· δὲν τὸ διαβρέχει δέ, ἐὰν ἡ συνοχὴ αὐτοῦ ὑπερβαίνῃ τὴν συνάφειάν του πρὸς τὸ στερεὸν (ὑδράργυρος καὶ ὕαλος).



Σχ. 89

Ἐντὸς πολὺ στενοῦ σωλῆνος, ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ, ἀντὶ νὰ μένῃ ἐπίπεδος, λαμβάνει σχῆμα κοῖλον **(κοῖλος μηνίσκος)**, τὸ δὲ ὑγρὸν ἐσωτερικῶς ἀνυψοῦται ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐξωτερικοῦ ὑγροῦ (σχ. 89), ἐὰν τὸ ὑγρὸν διαβρέχῃ τὸν σωλῆνα. Ἐὰν τὸ ὑγρὸν δὲν διαβρέχῃ τὸν σωλῆνα, ἡ ἐλευθέρα αὐτοῦ ἐπιφάνεια εἶναι κυρτὴ **(κυρτὸς μηνίσκος)**, τὸ δὲ ὑγρὸν ἐσωτερικῶς ταπεινοῦται (σχ. 90). Ἡ διαφορὰ τοῦ ὕψους τῶν ἐπιφανειῶν εἶναι εἰς ἑκατέραν τῶν περιπτώσεων ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς τὸ κενόν, ὅπερ ἀποκλείει τὴν ἐπίδρασιν τῆς πιέσεως τοῦ ἀέρος.

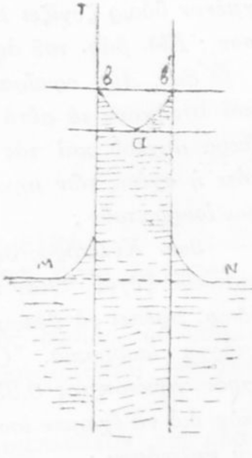
121. Νόμος τῶν ὑψῶν.—Ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα συμφωνοῦν εἰς τὸ ὅτι, διὰ τὸ αὐτὸ ὑγρὸν καὶ διὰ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, τὰ μέσα ὕψη τῆς ἀνυψώσεως ἢ ταπεινώσεως εἰς τοὺς κυλινδρικοὺς κατακορύφους σωλῆνας εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογα πρὸς τὰς ἀκτῖνας τῶν σωλήνων τούτων.

122. Διεύθυνσις τῆς τριχοειδοῦς δράσεως.—Ἡ διαφορὰ τοῦ ὕψους τῶν ἐπιφανειῶν ἐντὸς καὶ ἐκτὸς σωλῆνος τριχοειδοῦς ὀφείλεται εἰς δύναμιν κατακόρυφον, ἡ ὁποία λέγεται **τριχοειδὴς δρᾶσις**. Αὕτη εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ σωλῆνος καὶ ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ ἐκ τῆς κυρτότητος πρὸς τὴν κοιλότητα τοῦ μηνίσκου. Εἶναι λοιπὸν ἀνυψωτικὴ μέν, ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κοῖλος· καταβιβαστικὴ δέ, ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κυρτός. Ἐκ μέρους τοῦ ὑγροῦ ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ στερεοῦ ἴση καὶ ἀντίθετος ἀντίδρασις, ἡ ὁποία βυθίζει μὲν τὸν σωλῆνα, ἐὰν ὁ μηνίσκος

Σχ. 90

εἶναι κοῖλος· ἀνυψοῖ δὲ τὸν σωλῆνα ἐὰν ὁ μηνίσκος εἶναι κυρτός.

Σημείωσις. Τὰ τριχοειδῆ φαινόμενα ἐξηγοῦνται εὐκόλως, ἐὰν ἐξομοιώσωμεν τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τῶν ὑγρῶν μὲ μεμβράνην ἐλαστικὴν τεταμένην ἐπὶ τῶν ὑγρῶν. Οὕτω ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια ὑγροῦ ἐντὸς τριχοειδοῦς σωλῆνος ἐξομοιοῦται μὲ ἐλαστικὴν μεμβράνην τεταμένην βαβ΄ (σχ. 91), μορφῆς ἡμισφαιρικῆς, προσκεκολλημένην εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ σωλῆνος, τὸν ὁποῖον διαβρέχει τὸ ὑγρόν.



Σχ. 91

Ἡ μεμβράνη αὐτὴ καταβιβάζει τὸ ὑγρόν, τὸ ὁποῖον δὲν διαβρέχει τὸν σωλῆνα.

Προβλήματα.

1ον. Ποῖον τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ἐλαίου, τὸ ὁποῖον ἵσταται εἰς βαρομετρικὸν σωλῆνα εἰς ὕψος 11,68 μ., ὅταν παρακείμενον βαρόμετρον ὑδραργυρικὸν δεικνύῃ 76 ἐκ.;

2ον. Ἐπὶ ξυλίνης σχεδίας βάρους 96 χγρ. καὶ ὄγκου 200 κ. παλαμῶν ἵσταται ἄνθρωπος ὄρθιος. Ἡ σχεδία ἐπιπλέει ἐπὶ τοῦ ὕδατος βυθιζομένη ὁλόκληρος ἐντὸς αὐτοῦ. Ποῖον τὸ βάρος τοῦ ἀνθρώπου; Καὶ ποῖον τὸ εἰδ. βάρος τοῦ ξύλου τῆς σχεδίας;

3ον. Σφαῖρα ἐκ χρυσοῦ ζυγίζει 96,25 γρ. Ἐμβαπτιζομένη εἰς ὕδωρ ἐκτοπίζει ὄγκον ὕδατος βάρους 6 γρ. Εἶναι τελείως πλήρης ἡ σφαῖρα ἢ ἐνέχει κοιλότητα; Καὶ ἐν τῇ περιπτώσει ταύτῃ, ποῖον τὸ μέγεθος τῆς ἐγκλειομένης κοιλότητος; Εἰδ. βάρος χρυσοῦ 19,25.

4ον. Δοχεῖον χωρητικότητος 80 κυβ. παλαμῶν χωρεῖ 81,5 χγρ. γάλακτος. Μήπως ἐνοθεύθη τὸ γάλα δι᾽ ὕδατος; Καὶ ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, πόσον τὸ εἰσαχθὲν ὕδωρ; Εἰδ. βάρος γάλακτος=1,03.

5ον. Ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ὕδωρ καὶ ὑδράργυρον ἔχομεν σφαῖραν ἐκ σιδήρου ἐν ἰσορροπίᾳ. Τῆς σφαίρας ταύτης μέρος μὲν βυθίζεται εἰς τὸν ὑδράργυρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον εἰς τὸ ὕδωρ. Ζητεῖται ὁ λόγος τοῦ ὄγκου χ τοῦ βυθιζομένου εἰς τὸ ὕδωρ πρὸς τὸν ὄγκον ψ τὸν βυθιζόμενον εἰς τὸν ὑδράργυρον. Εἰδ. βάρος σιδήρου 7,8.

6ον. Ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον ζυγίζει 20 γρ. Ἐντὸς τοῦ ὕδα-

τος ζυγίζει 15 γρ. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ βάρος τοῦ ὑδραργύρου, τὸν ὁποῖον περιέχει. Εἰδ. βάρος ὑάλου 2,5.

7ον. Στέφανος χρυσοῦς βάρους 1200 γρ. βυθισμένος εἰς ἀπεσταγμένον ὕδωρ ζυγίζει 1127,5 γρ. Περιέχει ὁ στέφανος ἄργυρον καὶ πόσον ; Εἰδ. βάρ. τοῦ ἀργύρου 10,5, τοῦ χρυσοῦ 19.

8ον. Δύο σφαῖραι μεταλλικαί, τῶν ὁποίων τὰ εἰδ. βάρη εἶναι 5 καὶ 10, ἔχουν τὰ αὐτὰ βάρη εἰς τὸ κενόν. Ἐξαρτῶμεν αὐτὰς εἰς τὰ ἄκρα μοχλοῦ καὶ τὰς βυθίζομεν εἰς τὸ ὕδωρ. Ποία πρέπει νὰ εἶναι τότε ἡ σχέσις τῶν μηκῶν τῶν δύο μοχλοβραχιόνων, ἵνα αἱ δύο σφαῖραι ἰσορροποῦν ;

9ον. Κύλινδρος ὕψους 20 ἑκ. κρέμαται κάτωθεν τοῦ δίσκου ὑδροστατικοῦ ζυγοῦ. Ὅταν 5 ἑκ. τοῦ κυλίνδρου τούτου βυθίζωνται εἰς τὸ ὕδωρ, πρέπει νὰ θέσωμεν εἰς τὸν ἄλλον δίσκον βάρος 57 γρ. διὰ νὰ ὑπάρχῃ ἰσορροπία. Ὅταν δὲ 12 ἑκ. τοῦ κυλίνδρου βυθίζωνται εἰς ὑγρὸν πυκνότητος 0,83, πρέπει νὰ θέσωμεν 22 γρ. εἰς τὸν ἄλλον δίσκον διὰ νὰ ἔχωμεν ἰσορροπίαν. Ποῖον τὸ βάρος καὶ ποία ἡ πυκνότης τοῦ κυλίνδρου ;

10ον. Λήκυθος πλήρης ὕδατος ζυγίζει 44 γρ. Εἰσάγομεν εἰς αὐτὴν 10 γρ. σιδήρου καὶ ἀφαιροῦμεν τὴν περίσσειαν τοῦ ὕδατος ὑπεράνω τοῦ ὡρισμένου σημείου. Ἡ λήκυθος ζυγίζει τότε 52,7 γρ. Ποῖον τὸ εἰδ. βάρος τοῦ σιδήρου ;

11ον. Λήκυθος ζυγίζει κενὴ μὲν 14,72 γρ., πλήρης ὕδατος 39,74 γρ., πλήρης δὲ ἁλατούχου διαλύματος 44,85 γρ. Ποία ἡ πυκνότης τοῦ διαλύματος τούτου ;

12ον. Ἀραιόμετρον φέρει κλίμακα διῃρημένην εἰς ἴσα μέρη. Τὸ ἀραιόμετρον τοῦτο εἰς μὲν τὸ ὕδωρ δεικνύει Ν βαθμούς, εἰς δὲ τὸ οἰνόπνευμα (εἰδ. βάρος Π) μ βαθμούς. Ζητεῖται ἡ πυκνότης ὑγροῦ, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἀραιόμετρον δεικνύει ν βαθμούς.

13ον. Ἀραιόμετρον Baumé δεικνύει 5° εἰς τὸ καθαρὸν γάλα, 2°,2 δὲ εἰς γάλα ἀραιωμένον δι' ὕδατος. Ποία ἡ ἀναλογία τοῦ προστεθέντος ὕδατος ; Ἡ πυκνότης τοῦ ἁλατούχου διαλύματος, τὸ ὁποῖον ἐχρησίμευσε διὰ νὰ δώσῃ κατὰ τὴν βαθμολογίαν τὸ 15°, εἶναι 1,116.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΙΣ - ΒΑΡΟΜΕΤΡΑ - ΜΕΤΑΒΟΛΑΙ ΤΗΣ ΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΔΥΝΑΜΕΩΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

123. **Ἀέρια**.—Καλοῦμεν **ἀέρια** πάσας τὰς οὐσίας, αἱ ὁποῖαι ὑπὸ τὰς συνήθεις ἀτμοσφαιρικὰς συνθήκας παρουσιάζονται ὑπὸ τὴν ἀεριώδη κατάστασιν.

Πᾶν ἀέριον εἶναι ρευστὸν **εὐδιάχυτον, συμπιεστὸν** καὶ **ἐλαστικόν**.

Τὴν διαχυτικότητα τῶν ἀερίων ἀπεδείξαμεν, θέσαντες ὑπὸ τὸν κώδωνα τῆς ἀεραντλίας κύστιν καλῶς κλεισμένην, περιέχουσαν μικρὰν ποσότητα ἀέρος. Μετὰ τὴν ἀραίωσιν τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος ἡ κύστις ἐξωγκώθη (σχ. 2).

Ἕνεκα τῆς διαχυτικότητός του τὸ ἀέριον καταλαμβάνει μόνον τὸν πυθμένα, ἀλλὰ πληροῖ ὁλόκληρον τὸ δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐγκλείεται. Συνεπῶς δὲν ἔχει **ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν**.

124. **Συμπιεστὸν καὶ ἐλαστικότης τῶν ἀερίων**.—Τὰ ἀέρια εἶναι πολὺ μᾶλλον τῶν ὑγρῶν συμπιεστά· ὑφίστανται μεγάλην ἐλάττωσιν τοῦ ὄγκου των ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἀσθενῶν δυνάμεων.

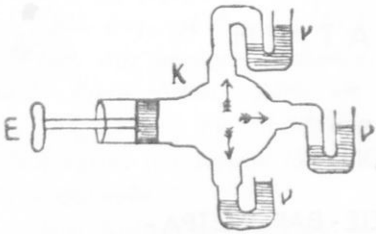
Τὸ συμπιεστὸν τῶν ἀερίων ἀπεδείξαμεν μὲ τὸ **δι᾿ ἀέρος πυρεῖον** (σχ. 1).

Τὰ ἀέρια εἶναι **τελείως ἐλαστικά**, ἀναλαμβάνουν δηλ. τὸν ὄγκον των, εὐθὺς ὡς παύσῃ ἡ συμπίεσις. Οὕτω ἐάν, ἀφοῦ συμπιέσωμεν ἀέριόν τι, ἀφήσωμεν ἐλεύθερον τὸ ἔμβολον, τοῦτο ἐπανέρχεται εἰς τὴν προτέραν θέσιν του ἕνεκα τῆς ἐλαστικότητος τοῦ ἀερίου.

125. **Μετάδοσις τῶν πιέσεων διὰ τῶν ἀερίων**.—Ὅπως τὰ ὑγρά, οὕτω καὶ τὰ ἀέρια, λόγῳ τῆς εὐκινησίας τῶν μορίων των, **με-**

ταδίδουν καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις τὰς πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ἐπιφέρονται ἐπ' αὐτῶν.

Διὰ νὰ δείξωμεν τοῦτο, χρησιμοποιοῦμεν δοχεῖον (σχ. 92) φέρον εἰς τὸ Κ κυλινδρικὸν σωλῆνα, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ ὀλισθαίνῃ ἐμβολεὺς Ε ἐφαρμοζόμενος ἀεροστεγῶς. Τὸ δοχεῖον τοῦτο φέρει ὑοειδεῖς σωλῆνας ν περιέχοντας ὑγρόν, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος εἰς τὰ δύο ἑκάστου σκέλη. Ἐὰν κατόπιν ὠθήσωμε τὸ ἔμβολον, ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος μεταδίδεται καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις καὶ ἀναγκάζει τὸ ὑγρὸν τῶν σωλήνων νὰ ἀνέλθῃ ἐξ ἴσου εἰς ἕκαστον σωλῆνα.



Σχ. 92

126. Βάρος τῶν ἀερίων.—Τὰ ἀέρια, ὅπως πάντα τὰ σώματα, ἔχουν βάρος (ἂν καὶ δὲν τὰ βλέπομεν νὰ πίπτουν). Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν, ὅτι ὁ ἀὴρ π. χ. ἔχει βάρος, ἐξαρτῶμεν ἐκ τοῦ ἑνὸς δίσκου πολὺ εὐπαθοῦς ζυγοῦ σφαῖραν ὑαλίνην, τῆς ὁποίας ὁ λαιμὸς φέρει στρόφιγγα, καὶ τὴν ἰσορροποῦμεν (σχ. 93) διὰ χόνδρων μολύβδου. Ἀφαιροῦμεν κατόπιν τὴν σφαῖραν καὶ ἐξάγομεν ἐξ αὐτῆς τὸν ἀέρα, ὅσον τὸ δυνατὸν τελειότερον, κλείομεν τὴν στρόφιγγα καὶ τὴν ἐξαρτῶμεν ἐκ νέου ἐκ τοῦ αὐτοῦ δίσκου τοῦ ζυγοῦ. Ἡ ἰσορροπία καταστρέφεται καὶ ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῶν χόνδρων· συνεπῶς ὁ ἀὴρ ἔχει βάρος. Διὰ νὰ ἐπαναφέρωμεν τὴν ἰσορροπίαν, πρέπει νὰ προσθέσωμεν εἰς τὸν ἄνωθεν τῆς σφαίρας δίσκον γραμμάριά τινα, τὰ ὁποῖα παριστοῦν προφανῶς τὸ βάρος τοῦ ἀέρος, ὅστις ἐξήχθη ἐκ τῆς σφαίρας.

Δι' ἀκριβεστέρων πειραμάτων εὑρέθη, ὅτι μία κυβ. παλάμη ἀέρος ζυγίζει 1,293 γραμ. ἢ 1,3 γραμ. περίπου.


Σχ. 93

127. Ἀτμόσφαιρα. Ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις.— Ἡ ἀτμόσφαιρα εἶναι τὸ στρῶμα τοῦ ἀέρος, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν γῆν.

Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀὴρ εἶναι μεῖγμα. Εἰς 100 κυβ. παλάμας ἀέρος ὑπάρχουν περίπου 21 κυβ. παλάμαι ὀξυγόνου, 78 κυβ. παλάμαι ἀζώτου, 1 κυβ. παλάμη ἀργοῦ, ἴχνη ἄλλων ἀερίων (κρυπτοῦ, νέου, ξένου, ἡλίου), μικραὶ ποσότητες ὑδρατμοῦ καὶ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος. Τὸ βάρος τῶν ἀνωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας συμπιέζει τὰ κατώτερα στρώματα καὶ ἡ πυκνότης αὐτῆς αὐξάνεται, καθ' ὅσον πλησιάζομεν πρὸς τὸ ἔδαφος. Ἡ ἐπιφάνεια τῆς γῆς ὑφίσταται πίεσιν ἴσην μὲ τὸ βάρος τῆς ἀτμοσφαίρας.

Καλοῦμεν **ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν** τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας τῶν σωμάτων τῶν εὑρισκομένων πλησίον τοῦ ἐδάφους. Ἡ πίεσις αὕτη δὲν δύναται νὰ ὑπολογισθῇ, καθ' ὅσον δὲν γνωρίζομεν οὔτε τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας, οὔτε τὸν νόμον τῆς ἐλαττώσεως τῆς πυκνότητος αὐτῆς, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα. Δίδεται ὅμως ἀπ' εὐθείας διὰ τοῦ πειράματος τοῦ Torricelli, ὅπως θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.

Σημείωσις. Εἰς 5500 μέτρα ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους, ἡ στήλη τοῦ ἀέρος χάνει τὸ ἥμισυ τοῦ βάρους της. Παραδέχονται, ὅτι ἄνωθεν τοῦ στρώματος τοῦ ἀέρος ἐξ ὀξυγόνου καὶ ἀζώτου ὑπάρχει ἀτμόσφαιρα ἐξ ἐλαφρῶν ἀερίων, ὅπως τὸ ὑδρογόνον, ἡ ὁποία δύναται νὰ ἐκτείνεται μέχρι πολὺ μεγάλου ὕψους. Πάντως, τὰ ἐξωτερικὰ στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας δὲν φθάνουν τὸ ὅριον, ὅπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις μηδενίζει τὴν βαρύτητα· ἄλλως θὰ διεσπείροντο εἰς τὸ διάστημα.

Σχ. 94

128. Συνέπειαι τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως. — Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις παρέρχεται συνήθως ἀπαρατήρητος, διότι αἱ πιέσεις, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας ἐπί τινος ἀντικειμένου, ἰσορροποῦν ἀλλήλας ἐπαισθητῶς. Ἐν τούτοις ἀποδεικνύομεν αὐτὴν διὰ διαφόρων πειραμάτων.

α) Ἐὰν ἐπὶ τῶν χειλέων ποτηρίου πλήρους ὕδατος ἐφαρμόσωμεν φύλλον χάρτου καὶ ἀναστρέψωμεν τὸ ποτήριον μετὰ προσοχῆς, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ ὕδωρ δὲν πίπτει. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι τὸ βάρος τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον περιέχεται ἐντὸς τοῦ ποτηρίου, εἶναι μικρότερον ἀπὸ τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 94).

β) Ἐὰν βυθίσωμεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος σωλῆνα ὑάλινον καὶ ἀναρροφήσωμεν τὸν ἀέρα ἀπὸ τὸ ἀνώτερον ἄκρον τοῦ σωλῆνος, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται ἐντὸς αὐτοῦ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος τοῦ εὑρισκομένου εἰς τὸ δοχεῖον. Πρὸ τῆς ἀναρροφήσεως ἡ πίεσις αὕτη ἐξησκεῖτο ἐξ ἴσου καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἐκτὸς αὐτοῦ. Μετὰ τὴν ἀναρρόφησιν ἐξέλιπεν ἡ ἐσωτερικὴ πίεσις, ἡ ὁποία ἐξουδετέρωνε τὴν ἐξωτερικὴν καὶ τὸ ὑγρὸν ἀνῆλθεν εἰς τὸν σωλῆνα.

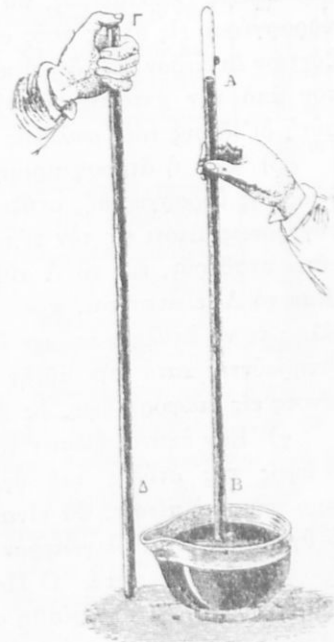
γ) **Πείραμα τῶν ἡμισφαιρίων τοῦ Μαγδεμβούργου.** Ἡ συσκευὴ αὕτη, ἐπινοηθεῖσα ὑπὸ τοῦ Otto de Guericke, δημάρχου τοῦ Μαγδεμβούργου, συνίσταται ἀπὸ δύο κοῖλα ἡμισφαίρια ὀρειχάλκινα, (σχ. 95), ἐφηρμοσμένα τὸ ἓν ἐπὶ τοῦ ἄλλου διὰ τῆς μεσολαβήσεως δερματίνου δακτυλίου ἀλειμμένου διὰ στέατος. Τὸ κατώτερον ἡμισφαίριον φέρει καὶ στρόφιγγα εἰς τὸν πόδα αὐτοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου κοχλιοῦται ἐπὶ τῆς ἀεραντλίας.

Σχ. 95

Ἐφ᾿ ὅσον τὰ ἡμισφαίρια περιέχουν ἀέρα, ἀποχωρίζονται εὐκόλως, διότι ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἡ ἀτμόσφαιρα, ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἐσωτερικοῦ ἀέρος· ἀλλ᾿ ὅταν οὗτος ἀφαιρεθῇ, ἀπαιτεῖται μεγάλη δύναμις ὅπως ἀποχωρισθοῦν τὰ ἡμισφαίρια.

129. Μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.—Πείραμα τοῦ Torricelli. Ὁ Torricelli, μαθητὴς τοῦ Γαλιλαίου, ἐξετέλεσε τῷ 1643 πείραμα, διὰ τοῦ ὁποίου ὄχι μόνον ἀποδεικνύεται ἡ ὕπαρξις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἀλλὰ δύναται καὶ νὰ μετρηθῇ. Τὸ πείραμα τοῦτο ἐπαναλαμβάνομεν ὡς ἑξῆς:

Πληροῦμεν τελείως μὲ ὑδράργυρον ὑάλινον σωλῆνα μήκους 80 ἑκατοστομέτρων καὶ ἐσωτερικῆς διαμέτρου 6—7 χιλιοστομέτρων, κλειστὸν κατὰ τὸ ἓν αὐτοῦ ἄκρον (σχ. 96). Ἀφοῦ κλείσωμεν τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον διὰ τοῦ δακτύλου, ἀναστρέφομεν αὐτὸν καὶ τὸν ἐμβαπτίζομεν ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου. Ἀποσύροντες τὸν δάκτυλον, βλέπομεν, ὅτι ὁ ὑδράργυρος καταπίπτει καὶ σταματᾷ εἰς ὕψος 76 περίπου ἑκατοστομέτρων ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην, ἀφίνων οὕτω ἄνωθέν του χῶρον κενόν, ὁ ὁποῖος λέγεται **βαρομετρικὸς θάλαμος**.



Σχ. 96

Ἐ ξ ή γ η σ ι ς. Θεωρήσωμεν δύο μονάδας ἐπιφανείας, τὴν μὲν μίαν β΄ ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης, τὴν δὲ ἄλλην β ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἀλλ' ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 97). Ἐπειδὴ αἱ δύο αὗται ἐπιφάνειαι εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ὑγροῦ εὑρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ, ὑφίστανται τὴν αὐτὴν πίεσιν. Καὶ ἐπὶ μὲν τοῦ στοιχείου β΄ ἐπιφέρεται ἀμέσως ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις, ἐνῷ ἐπὶ τοῦ β τὸ βάρος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης καὶ μόνον, διότι κατὰ τὸ α, ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου, ὑπάρχει χῶρος κενός. Συμπεραίνομεν λοιπόν, ὅτι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἰσορροπεῖ τὸ βάρος τῆς ἀνυψωμένης στήλης τοῦ ὑδραργύρου.

130. Τιμὴ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.—Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ λοιπὸν πίεσις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου εἶναι τὸ βάρος στήλης ὑδραργύρου, ἡ ὁποία ἔχει βάσιν ἓν τετρ. ἑκατοστόμετρον καὶ ὕψος τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα καὶ τὴν λεκάνην. Δι' ὕψος 76 ἑκατ. ἡ ἀνυψωμένη στήλη ἔχει βάρος 1.76.13,6=1033,6 γρ. Τὸ βάρος τοῦτο εἰς δύνας εἶναι περίπου 1033.980. Καλοῦμεν τοῦτο πίεσιν **μιᾶς ἀτμοσφαίρας**.

Σχ. 97

Παρατηρήσεις. α) Ἐὰν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις μένῃ σταθερά, καὶ τὸ κατακόρυφον ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης ἐντὸς τοῦ σωλῆνος μένει σταθερόν. Εἶναι δὲ ἀνεξάρτητον τοῦ σχήματος, τῆς διαμέτρου καὶ τῆς κλίσεως τοῦ σωλῆνος

Πράγματι, ἐὰν ἀναστρέψωμεν ἐντὸς τῆς αὐτῆς λεκάνης σωλῆνας τοῦ Torricelli διαφόρων σχημάτων καὶ διαμέτρων, ἄλλους κατακορύφους καὶ ἄλλους κεκλιμένους, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εἰς ὅλους τοὺς σωλῆνας θὰ εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον καὶ ὅτι ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τοῦ ἐπιπέδου τούτου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου ἐν τῇ λεκάνῃ θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ δι' ὅλους τοὺς σωλῆνας.

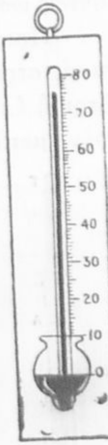
β) Ἐὰν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται, καὶ τὸ ὕψος τῆς ὑδραργυρικῆς στήλης πρέπει νὰ αὐξάνεται ἢ νὰ ἐλαττοῦται συγχρόνως. Διότι εἰς τὸν τύπον $\Delta = 76.13{,}6.980$, ἐπειδὴ τὸ $13{,}6.980$ μένει σταθερόν, ἐὰν τὸ Δ αὐξάνεται πρέπει καὶ τὸ 76 νὰ αὐξάνεται. Ἐὰν τὸ Δ ἐλαττοῦται, πρέπει καὶ τὸ 76 νὰ ἐλαττοῦται. Δυνάμεθα ἄλλως τε νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὸ συμπέρασμα τοῦτο πειραματικῶς, παρατηροῦντες κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν σωλῆνας Torricelli τοποθετημένους εἰς διάφορα ὕψη, ὡς θὰ μάθωμεν κατωτέρω.

γ) Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ Torricelli μὲ ἄλλο ὑγρόν, τὸ ὕψος τῆς στήλης τοῦ ὑγροῦ τούτου, ἡ ὁποία θὰ ἰσορροπῇ τὴν ἀτμοσφαιρικὴ πίεσιν, θὰ εἶναι τόσας φορὰς μεγαλύτερον, ὅσας φορὰς τὸ ὑγρὸν θὰ εἶναι ὀλιγώτερον πυκνόν.

Ἐ φ α ρ μ ο γ α ί. Ὁ Πασκάλ, διὰ νὰ ἐπιβεβαιώσῃ τὸ πείραμα τοῦ Torricelli, μετεχειρίσθη σωλῆνα μήκους 15 μέτρων, τὸν ὁποῖον ἐπλήρωσε μὲ ἐρυθρὸν οἶνον. Οὕτω διεπίστωσεν, ὅτι τὸ ὑγρὸν τοῦτο, τὸ ὁποῖον εἶναι περίπου 13,5 φορὰς ὀλιγώτερον πυκνὸν ἀπὸ τὸν ὑδράργυρον, ἀνυψώθη εἰς 10,40 μέτρα, δηλ. εἰς ὕψος περίπου 13,5 φορὰς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ τοῦ ὑδραργύρου.

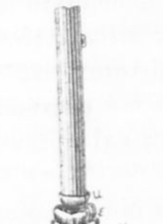
131. Βαρόμετρα.—Τὰ βαρόμετρα εἶναι ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν μετ' ἀκριβείας κατὰ πᾶσαν στιγμὴν καὶ εἰς πάντα τόπον τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Διότι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις μεταβάλλεται ὄχι μόνον ἀπὸ τόπου εἰς τόπον, ἀλλὰ καὶ εἰς τὸν αὐτὸν τόπον.

Κοινὸν βαρόμετρον. Τοῦτο εἶναι σωλὴν τοῦ Torricelli, στερεωμένος ἐπὶ κατακορύφου σανίδος, ἡ ὁποία ὑποβαστάζει ἀρκετὰ εὐρεῖαν λεκάνην, περιέχουσαν ὑδράργυρον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου βυθίζεται ὁ σωλήν. Κατὰ μῆκος τοῦ ἀνωτέρου μέρους τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει κλῖμαξ, τῆς ὁποίας τὸ μηδὲν συμπίπτει πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης (σχ. 98). Ὅταν ἡ πίεσις αὐξάνεται καὶ ὁ ὑδράργυρος ἀνυψοῦται εἰς τὸν σωλῆνα, ἡ ἐπιφάνειά του εἰς τὴν λεκάνην κατέρχεται καὶ συνεπῶς δὲν ἀντιστοιχεῖ πλέον εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος. Ἀλλ᾽ ἡ μεταβολὴ αὕτη εἰς τὴν λεκάνην δὲν λαμβάνεται ὑπ᾽ ὄψιν, καθ᾽ ὅσον αὕτη ἔχει διάμετρον πολὺ μεγαλυτέραν τῆς τοῦ σωλῆνος καὶ ἐπομένως αἱ ἀνυψώσεις καὶ καταπτώσεις τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἐπιφέρουν ἀνεπαίσθητον μεταβολὴν τοῦ ὕψους τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην.



Σχ. 98

Βαρόμετρον τοῦ Fortin. Τὸ βαρόμετρον τοῦτο ἀποτελεῖται κυρίως ἐκ κυλινδρικῆς λεκάνης ὑαλίνης (σχ. 99), ἡ ὁποία φέρει πυθμένα ἐκ δέρματος, ὅστις δύναται νὰ ἀνυψοῦται ἢ νὰ ταπεινοῦται διὰ μεγάλου κοχλίου εὑρισκομένου ὑπ᾽ αὐτόν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας βάσεως τῆς κυλινδρικῆς λεκάνης εἶναι στερεωμένη λεπτὴ ἀκὶς (α), ἐξ ἐλεφαντοστοῦ, τῆς ὁποίας ἡ αἰχμὴ πρέπει νὰ ἐφάπτεται πάντοτε τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης.



Σχ. 99

Κατὰ τὸ μέσον τῆς βάσεως ταύτης ὑπάρχει ὀπή, διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται ὁ βαρομετρικὸς σωλήν, τοῦ ὁποίου τὸ κατώτερον ἀνοικτὸν ἄκρον βυθίζεται ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου, τὸν ὁποῖον περιέχει ἡ λεκάνη. Ἵνα δὲ μὴ ὁ ὑδράργυρος ἐξέρχεται ἐκ τῆς λεκάνης κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ ὀργάνου, ἡ ὀπή, διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται ὁ βαρομετρικὸς σωλήν, κλείεται καλῶς διὰ δέρματος, διὰ τῶν πόρων τοῦ ὁποίου μεταδίδεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐπὶ τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης. Τὸ κατώτερον μέρος τῆς λεκάνης περιβάλλεται μὲ ὀρειχαλκίνην θήκην, ἡ ὁποία διὰ τριῶν ἥλων συνδέεται μετὰ τοῦ καλύμματος αὐτῆς. Καὶ ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν ἐπίσης περιβάλλεται μὲ ὀρειχαλκίνην θήκην, ἡ ὁποία πρὸς τὸ ἀνώτερον μέρος φέρει ἀπέναντι ἀλλήλων δύο ἐπιμήκεις θυρίδας, διὰ τῶν ὁποίων διακρίνεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (κατὰ τὸ Α, σχ. 100). Ἐπὶ τῆς θήκης ταύτης εἶναι χαραγμέναι εἰς χιλιοστὰ τοῦ μέτρου αἱ διαιρέσεις τῆς κλίμακος, τῆς ὁποίας τὸ μηδὲν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν αἰχμὴν τῆς ἀκίδος.

Ἡ ὀρειχαλκίνη θήκη εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος φέρει δακτύλιον (Γ), διὰ τοῦ ὁποίου ἐξαρτᾶται τὸ ὄργανον ἐκ σταθεροῦ ὑποστηρίγματος οὕτως ὥστε ὁ σωλὴν αὐτοῦ νὰ εἶναι κατακόρυφος.

Προκειμένου νὰ προσδιορίσωμεν τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἰς τόπον τινά, στρέφομεν τὸν κοχλίαν τῆς κινητῆς βάσεως τῆς λεκάνης, μέχρις ὅτου ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἐντὸς αὐτῆς ὑδραργύρου ἔλθη ἀκριβῶς εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς αἰχμῆς τῆς ἀκίδος, καὶ κατόπιν ἀναγινώσκομεν μετὰ τίνος διαιρέσεως τῆς κλίμακος συμπίπτει ἡ κυρτὴ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα.


Σχ. 100

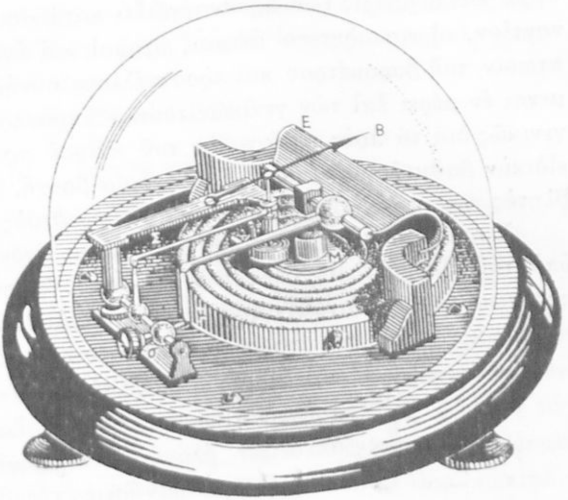
Προκειμένου δὲ νὰ μετακομίσωμεν τὸ ὄργανον στρέφομεν τὸν κοχλίαν, μέχρις ὅτου πληρωθῇ καὶ ἡ λεκάνη καὶ ὁ βαρομετρικὸς σωλὴν δι᾽ ὑδραργύρου, ὁπότε δὲν ὑπάρχει φόβος ἡ κροῦσις τοῦ ὑδραργύρου νὰ θραύσῃ τὸν σωλῆνα.

132. Μεταλλικὰ βαρόμετρα.—Τὰ βαρόμετρα ταῦτα συνίστανται κυρίως ἐκ μεταλλικοῦ τυμπάνου λεπτοῦ, ἑρμητικῶς κλειστοῦ καὶ περιέχοντος πολὺ ἀραιωθέντα ἀέρα. Ἕνεκα τῶν μεταβολῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως τὸ τύμπανον παραμορφοῦται, αἱ δὲ μικραὶ μετατοπίσεις τοῦ ἐλαστικοῦ τοιχώματος, μεγαλοποιούμεναι διὰ συστήματος μοχλῶν, ἐκδηλοῦνται διὰ κινήσεως βελόνης ἐπὶ τόξου βαθμολογημένου.

Τὰ βαρόμετρα ταῦτα βαθμολογοῦνται διὰ συγκρίσεως πρὸς βαρόμετρον ὑδραργυρικόν, ὡς λίαν δὲ εὐμετακόμιστα χρησιμοποιοῦνται εἰς πάσας τὰς παρατηρήσεις, αἱ ὁποῖαι δὲν ἀπαιτοῦν μεγάλην ἀκρίβειαν.

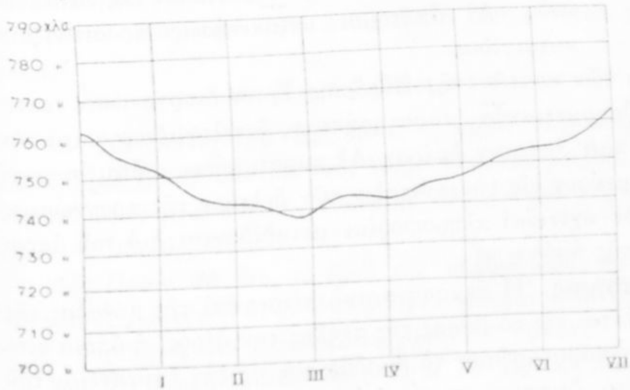
Εἰς τὸ βαρόμετρον τοῦ Vidi (σχ. 101) τὸ κενὸν τύμπανον ἔχει σχῆμα κυλινδρικῆς θήκης, τῆς ὁποίας ἡ μὲν κάτω βάσις εἶναι ἐπίπεδος, ἡ δὲ ἄνω φέρει συγκεντρικὰς αὔλακας, αἱ ὁποῖαι αὐξάνουν πολὺ τὴν εὐκαμψίαν αὐτῆς. Ἰσχυρὸν ἐλατήριον προσηλωμένον εἰς τὸ μέσον τῆς θήκης διατηρεῖ τὰς βάσεις ἀπομεμακρυσμένας ἀπ᾽ ἀλλήλων παρὰ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἥτις τείνει νὰ τὰς πλησιάσῃ. Ὅταν ἡ πίεσις αὐξάνεται, ἡ ἀνωτέρα βάσις κοιλαίνεται, καὶ ἡ κάμψις αὕτη προκαλεῖ τὴν κατακόρυφον μετατόπισιν βραχείας καὶ παχείας μεταλλικῆς στήλης Μ προσηλωμένης εἰς τὸ κέντρον τῆς ἄνω βάσεως. Ἡ κίνησις αὕτη μεταδίδεται διὰ τῆς μεσολαβήσεως τοῦ ἰσχυροῦ ἐλατηρίου Ε, τῶν συνηρθρωμένων στελεχῶν μ καὶ τοῦ ἄξονος σ, εἰς μικρὰν ἅλυσιν Σ.

ἡ ὁποία εἶναι σταθερῶς τεταμένη διὰ μικροῦ σπειροειδοῦς ἐλατηρίου καὶ περιτυλίσσεται ἐπὶ μικρᾶς τροχαλίας, τῆς ὁποίας ὁ ἄξων φέρει τὴν βελόνην. Ἡ βελόνη οὕτω μετακινεῖται ὑπεράνω πλαισίου διῃρημένου, τὸ ὁποῖον εἰς τὸ σχῆμα ἔχει ἀφαιρεθῆ διὰ νὰ καταστῇ τοῦτο εὐκρινέστερον.



Σχ. 101

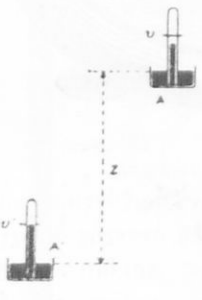
Γραφικὴ παράστασις τῶν πιέσεων. Τὰς μεταβολὰς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως παριστῶμεν γραφικῶς ὡς ἑξῆς: Λαμβάνομεν δύο ἄξονας ὀρθογωνίους (σχ. 102), τὸν ἄξονα τῶν ὡρῶν (ὁριζόντιον) καὶ τὸν ἄξονα τῶν πιέσεων (κατακόρυφον). Μία καμπύλη συνεχὴς διέρχεται διὰ τῶν σημείων, τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς παρατηρηθείσας πιέσεις.



Σχ. 102

133. Ἕτεραι χρήσεις τῶν βαρομέτρων. — Α) Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ. Αἱ μεταβολαὶ τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους παρέχουν χρησίμους ἐνδείξεις διὰ τὴν πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ. Οἱ βορειοανατολικοὶ ἄνεμοι προκαλοῦν ὕψωσιν τοῦ βαρομέτρου, ἐπειδὴ ὁ ψυχρὸς ἀὴρ εἶναι πυκνότερος τοῦ θερμοῦ· ἐπὶ πλέον, ἐπειδὴ διέρχονται σχεδὸν μόνον διὰ ἠπείρων, εἶναι ὀλίγον ὑγροὶ καὶ ἡ ἄφιξίς των προαναγγέλλει κατὰ κανόνα καλοκαιρίαν. Τοὐναντίον, οἱ νοτιοδυτικοὶ ἄνεμοι, θερμοὶ καὶ ὑγροί, προκαλοῦν κατάπτωσιν τοῦ βαρομέτρου καὶ προαγγέλλουν συνήθως βροχήν. Στηριζόμενοι ἐν μέρει ἐπὶ τῶν γενικῶν τούτων παρατηρήσεων, παραδεχόμεθα γενικῶς διὰ τὰ πρὸς πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ προοριζόμενα βαρόμετρα εἰδικὴν βαθμολογίαν (καταιγίς, ραγδαία βροχή, βροχὴ ἢ ἄνεμος, μεταβλητὸς καιρός, ὡραῖος καιρός, ὡραῖος σταθερὸς καιρός, πολὺ ξηρός).

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Αἱ τοιαύτης φύσεως ἐνδείξεις, αἱ παρεχόμεναι ὑπὸ τοῦ βαρομέτρου, δὲν εἶναι ἀπόλυτοι. Ἐὰν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν πρόγνωσιν τοῦ πιθανοῦ καιροῦ, πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ᾽ ὄψιν ὄχι μόνον τὰς μεταβολὰς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἀλλὰ καὶ τὰς μεταβολὰς τῆς θερμοκρασίας, τὴν ὄψιν τοῦ οὐρανοῦ καὶ τὰ προγνωστικά, τὰ ὁποῖα δι᾽ ἕκαστον τόπον ἡ πεῖρα ἀπέδειξεν ἀλάνθαστα. Ἐν γένει αἱ βραδεῖαι καὶ συνεχεῖς μετακινήσεις τῆς βαρομετρικῆς στήλης καθιστοῦν τὰς ὑπὸ τοῦ βαρομέτρου παρεχομένας ἐνδείξεις πιθανάς: βελτίωσιν μὲν τοῦ καιροῦ διὰ τὴν περίπτωσιν τῆς ἀνυψώσεως τῆς στήλης, τροπὴν δὲ ἐπὶ τὰ χείρω διὰ τὴν περίπτωσιν τῆς καταπτώσεως. Αἱ ἀπότομοι μετακινήσεις προοιωνίζουν καταιγίδας.



Σχ. 103

Τὰ πλεῖστα τῶν κρατῶν τῆς Εὐρώπης ἔχουν διοργανώσει τακτικὴν ὑπηρεσίαν βαρομετρικῶν παρατηρήσεων, ἐκτελουμένων κατὰ τὴν αὐτὴν ὥραν καὶ καθ᾽ ἑκάστην ἡμέραν. Αἱ παρατηρήσεις αὗται συγκεντρούμεναι χρησιμεύουν εἰς τὴν σύνταξιν τῶν δελτίων τῆς προγνώσεως τοῦ καιροῦ. Αἱ δὲ σχετικαὶ πληροφορίαι μεταδίδονται διὰ τοῦ ἀσυρμάτου πολλάκις τῆς ἡμέρας.

Β) **Ὑψιμέτρησις**. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας ὀφείλεται εἰς τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία πιέζει ταύτην. Ὅταν παρατηρῶμεν τὸ βαρόμετρον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους Α´, τοῦτο δεικνύει π. χ. υ´ ἑκατοστόμετρα (σχ. 103). Ἐὰν ὅμως ἀνέλθωμεν εἰς τὸ Α, εἰς ὕψος Ζ, ἡ πίεσις θὰ ἐλαττωθῇ κατὰ τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία εὑρίσκεται μεταξὺ Α´ καὶ Α. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου συνεπῶς κατέρχεται. Ἔστω υ ἑκ. τὸ ὕψος τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ βαρόμετρον Α. Ἡ ἐλάττωσις αὕτη υ'-υ=λ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως μετρεῖται ἀφ᾽ ἑνὸς μὲν διὰ τοῦ βάρους στήλης ἀέρος ὕψους Ζ ἑκατ., ἀφ᾽ ἑτέρου δὲ διὰ τοῦ βάρους ὑδραργυρικῆς στήλης ὕψους λ ἑκατ. Τὰ δύο ταῦτα βάρη λοιπόν, ἐκπεφρασμένα εἰς γραμμάρια, εἶναι ἴσα. Ἔχομεν ἄρα:

$$1.Z.0{,}001293 = 1.\lambda.13{,}6$$

$$\text{ἐξ ἧς} \quad \frac{Z}{\lambda} = \frac{13{,}6}{0{,}001293}.$$

Σημείωσις. Ἐὰν λ = 0,001 μέτρα, ἔχομεν:

$$\frac{Z}{0{,}001} = \frac{13{,}6}{0{,}001293} \quad \text{ἢ} \quad Z = \frac{13{,}6.0{,}001}{0{,}001293} = 10{,}5 \text{ μέτρα περίπου.}$$

Ὁ ἀνωτέρω ὑπολογισμὸς προϋποθέτει, ὅτι ἡ θερμοκρασία εἶναι 0°, ὅτι ὁ ἀὴρ εἶναι ἀσυμπίεστος, ὅτι τὸ εἰδικὸν βάρος τοῦ ὑδραργύρου εἶναι τὸ αὐτὸ εἰς πᾶν ὕψος. Οὐδεμία ὅμως τῶν ὑποθέσεων τούτων ἀληθεύει· ἡ θερμοκρασία, μεταβλητή, ὡς γνωρίζομεν, εἰς ἕκαστον τόπον, ἐλαττοῦται γενικῶς μετὰ τοῦ ὕψους, τοῦτο δὲ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ συστέλλῃ τὸν ἀέρα καὶ νὰ αὐξάνῃ τὸ βάρος του. Ὁ ἀὴρ τῶν κατωτέρων στρωμάτων συνθλιβόμενος ὑπὸ τῶν ἀνωτέρων καταλαμβάνει ὄγκον μικρότερον καὶ συνεπῶς εἶναι πυκνότερος. Τέλος, ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται αὐξανομένου τοῦ ὕψους καὶ ὁ ὑδράργυρος καθίσταται ὀλιγώτερον πυκνός. Διὰ τοῦτο ὁ ὑπολογισμὸς οὗτος ἐφαρμόζεται μόνον διὰ μικρὰ ὕψη. Διὰ μεγάλα ὕψη γίνεται χρῆσις εἰδικῶν τύπων.

Προβλήματα.

1ον. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς δύνας ἡ πίεσις, τὴν ὁποίαν ἐπιφέρει ἡ ἀτμόσφαιρα ἐπὶ ἐπιφανείας ἑνὸς τετρ. ἑκατοστομέτρου, ὅταν τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἶναι 75 ἑκ. Πυκνότης ὑδραργύρου 13,596. (Ἓν γραμμάριον = 980,68 δύνας).

2ον. Ποῖον θὰ ἦτο τὸ ὕψος τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς τόπον ἔνθα τὸ βαρόμετρον δεικνύει 76, ἂν ὁ ἀὴρ εἶχε σταθερὰν πυκνότητα καὶ ἡ ἔντασις τῆς βαρύτητος δὲν μετεβάλλετο μετὰ τοῦ ὕψους;

3ον. Τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἶναι 76 εἰς τὴν βάσιν λόφου ὕψους 300 μ. Ποῖον θὰ εἶναι εἰς τὴν κορυφήν;

4ον. Ποία ἡ πυκνότης τοῦ ἐλαίου, τὸ ὁποῖον ἀνέρχεται εἰς βαρομετρικὸν σωλῆνα εἰς ὕψος 11,68 μ. ὅταν τὸ ὑδραργυρικὸν βαρόμετρον δεικνύῃ 76 ἑκ.;

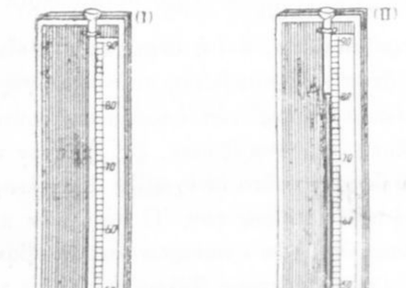
5ον. Πρόκειται νὰ κατασκευάσωμεν βαρόμετρον διὰ θειικοῦ ὀξέος (εἰδ. βάρος 1,8). Ποῖον τὸ ἐλάχιστον ὕψος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ἔχῃ ὁ βαρομετρικὸς σωλήν;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΝ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

134. Συμπιεστὸν καὶ ἐλαστικότης τῶν ἀερίων.—Ὅταν συμπιέζωμεν βαθμηδὸν ἓν ἀέριον, ὅπως π.χ. εἰς τὸ δι' ἀέρος πυρεῖον, αἰσθανόμεθα ἀντίστασιν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγάλην. Τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι, ὅσον ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου ἐλαττοῦται, τόσον ἡ ἐλαστική του δύναμις αὐξάνεται.

Ὁ νόμος τοῦ συμπιεστοῦ τῶν ἀερίων ἀνευρέθη σχεδὸν συγχρόνως ὑπὸ τοῦ Μαριόττου ἐν Γαλλίᾳ καὶ τοῦ Boyle ἐν Ἀγγλίᾳ.



Σχ. 104

135. Μεταβολαὶ τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τῶν ἀερίων.—Α) **Διὰ πιέσεις μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς.** Ἐπὶ ξυλίνης σανίδος κατακορύφου στερεώνομεν ὑάλινον σωλῆνα κεκαμμένον εἰς δύο ἄνισα σκέλη (σχ. 104). Κατὰ μῆκος τοῦ μικροῦ σκέλους, τὸ ὁποῖον εἶναι κλειστόν, ὑπάρχει κλῖμαξ, ἡ ὁποία δεικνύει ἴσας χωρητικότητας. Ἡ κατὰ μῆκος δὲ τοῦ μεγάλου σκέλους (τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνοικτὸν) κλῖμαξ προσδιορίζει μήκη εἰς ἑκατοστόμετρα. Τὰ μηδενικὰ τῶν δύο κλιμάκων εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου.

Χύνομεν διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὀλίγον ὑδράργυρον· τότε ἐντὸς τοῦ μικροῦ σκέλους ἐγκλείεται ἀήρ, ὅστις συμπιεζόμενος ἀντιδρᾷ καὶ ἀνυψοῖ τὸν ὑδράργυρον εἰς τὸ μεγαλύτερον σκέλος· κλίνοντες ὀλίγον τὸν σωλῆνα ἀφίνομεν νὰ ἐξέλθῃ μέρος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος, ὁπότε αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη ἔρχονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Προσθέτοντες βαθμηδὸν ὑδράργυρον καὶ κλίνοντες ὀλίγον τὸν σωλῆνα ἐπιτυγχάνομεν, ὥστε αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου νὰ εὑρίσκωνται εἰς τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ μηδενὸς τῶν κλιμάκων. Ἔχομεν τότε ἐγκεκλεισμένον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ὡρισμένον ὄγκον ἀέρος, π.χ. 10 κυβ. ἑκατ. ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας (διότι ἀμφότεραι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, συνεπῶς δέχονται ἀμφότεραι πίεσιν ἴσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, τὴν ὁποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος).

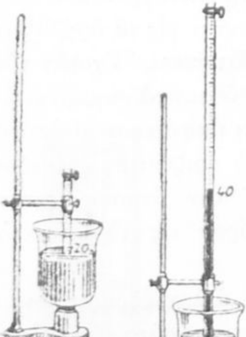
Χύνομεν κατόπιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἄλλον ὑδράργυρον· ἡ ἐπιφάνεια αὐτοῦ ἀνέρχεται ταχέως εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος, ἐνῷ εἰς τὸ κλειστὸν ἀνέρχεται βραδέως ἕνεκα τῆς ἀντιδράσεως τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος. Ἐξακολουθοῦμεν οὕτω χύνοντες ὑδράργυρον, μέχρις ὅτου ὁ ὄγκος τοῦ εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ἐγκεκλεισμένου ἀέρος γίνῃ 5 κυβ. ἑκατ., δηλ. τὸ ἥμισυ τοῦ ἀρχικοῦ.

Ἀναγιγνώσκοντες τότε εἰς τὴν κλίμακα τοῦ μεγάλου σκέλους τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη, παρατηροῦμεν, ὅτι αὕτη ἰσοῦται ἀκριβῶς πρὸς τὸ βαρομετρικὸν ὕψος κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ πειράματος. Ἄρα ὁ ἐγκεκλεισμένος εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ἀὴρ εὑρίσκεται ὑπὸ πίεσιν 2 ἀτμοσφαιρῶν. Διότι τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, τὸ διερχόμενον διὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ κλειστὸν σκέλος, δέχεται καὶ εἰς τὰ δύο σκέλη τὴν αὐτὴν πίεσιν τῶν δύο ἀτμοσφαιρῶν, τὴν ὁποίαν δέχεται εἰς τὸ ἀνοικτὸν σκέλος (δηλ. τὴν πίεσιν στήλης ὑδραργύρου ἴσης μὲ τὸ βαρομετρικὸν ὕψος, ἡ ὁποία ἰσοῦται μὲ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας, καὶ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐπιφέρεται ἐπὶ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸ σκέλος τοῦτο).

Ἑπομένως, τοῦ ὄγκου τοῦ ἀέρος ὑποδιπλασιασθέντος, ἡ ἐλαστική του δύναμις ἐδιπλασιάσθη.

Ἐὰν τὸ μῆκος τοῦ μεγάλου σκέλους τὸ ἐπιτρέπῃ, χύνομεν ἐντὸς αὐτοῦ καὶ ἄλλον ὑδράργυρον, μέχρις ὅτου ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος γίνῃ ἴσος πρὸς τὸ τρίτον τοῦ ἀρχικοῦ· θὰ παρατηρήσωμεν τότε, ὅτι ἡ ἐλαστική του δύναμις γίνεται τριῶν ἀτμοσφαιρῶν.

Β) **Διὰ πιέσεις μικροτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς**. Πρὸς τοῦτο βυθίζομεν ἐντὸς βαθείας λεκάνης, ἡ ὁποία περιέχει ὑδράργυρον (σχ. 105), κυλινδρικὸν σωλῆνα ὑάλινον. Ὁ σωλὴν οὗτος φέρει πρὸς τὰ ἄνω στρόφιγγα ἀνοικτὴν καὶ κλίμακα, ἡ ὁποία δεικνύει ἴσας χωρητικότητας. Αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων, εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην. Βυθίζομεν τὸν σωλῆνα μέχρι τῆς διαιρέσεως 20 καὶ κλείομεν τὴν στρόφιγγα. Ἔχομεν τότε ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὄγκον ἀέρος 20 κυβ. ἑκατ. ὑπὸ πίεσιν μιᾶς ἀτμοσφαίρας (διότι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου, καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην, δέχονται τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἴσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν, τὴν ὁποίαν δέχεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην).



Σχ. 105

Ἀνασύρομεν κατόπιν τὸν σωλῆνα· ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος αὐξάνεται, ἡ πίεσίς του δὲ ἐλαττοῦται, διότι ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην. Ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος γίνῃ 40 κυβ. ἑκατ., στερεοῦμεν τὸν σωλῆνα εἰς τὴν θέσιν ταύτην καί, μετροῦντες τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα καὶ εἰς τὴν λεκάνην, εὑρίσκομεν αὐτὴν ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ βαρομετρικοῦ ὕψους κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ πειράματος. Ὁ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἀὴρ εὑρίσκεται ἤδη ὑπὸ πίεσιν ἡμισείας ἀτμοσφαίρας (διότι τὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὴν λεκάνην δέχεται καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἐκτὸς αὐτοῦ τὴν αὐτὴν πίεσιν, ἴσην μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, τὴν ὁποίαν δέχεται καὶ ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια αὐτοῦ εἰς τὴν λεκάνην.

Συνεπῶς, πίεσις ἐγκεκλεισμένου ἀέρος + βάρος ὑδραργυρ. στήλης $\left(\frac{1}{2}\right.$ ἀτμοσφαίρας$\left.\right)$ = 1 ἀτμόσφαιρα. Ἄρα πίεσις ἐγκεκλεισμένου ἀέρος = 1 ἀτμ. $-\frac{1}{2}$ ἀτμ. $=\frac{1}{2}$ ἀτμοσφαίρας). Ἤτοι, τοῦ ὄγκου τοῦ ἀέρος διπλασιασθέντος, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις αὐτοῦ ὑπεδιπλασιάσθη.

136. Νόμος τοῦ Μαριόττου.—Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων συνάγομεν ὅτι : μᾶζα τις ἀερίου ὄγκου Ο ὑπὸ πίεσιν Π λαμβάνει, ὑπὸ πιέσεις 2Π, 3Π . . . ὄγκους $\frac{O}{2}$, $\frac{O}{3}$ . . . Ἐπίσης ἡ μᾶζα αὕτη λαμβάνει ὄγκους 2.Ο, 3.Ο . . . ὑπὸ πιέσεις $\frac{\Pi}{2}$, $\frac{\Pi}{3}$ . . .

Ἐὰν Ο καὶ Ο΄ οἱ ὄγκοι μάζης ἀερίου εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ὑπὸ πιέσεις Π καὶ Π΄, θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{O}{O'}=\frac{\Pi'}{\Pi} \quad \text{ἢ} \quad O\Pi = O'\Pi'.$$

Ἤτοι : Ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν, **οἱ ὄγκοι** δοθείσης μάζης ἀερίου εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς πιέσεις, τὰς ὁποίας αὕτη ὑφίσταται. Ἢ : διὰ δεδομένην μᾶζαν ἀερίου εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν τὸ γινόμενον ἑκάστοτε τοῦ ὄγκου αὐτῆς ἐπὶ τὴν πίεσιν εἶναι σταθερόν.

Σημείωσις. Τὸ γινόμενον τοῦτο εἶναι ὁ ὄγκος τοῦ ἀερίου ἀναχθεὶς εἰς τὴν μονάδα τῆς πιέσεως.

Δυνάμεθα πρὸς τοῦτο νὰ εἴπωμεν ὅτι : Ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν μεταβάλλεται ἀναλόγως πρὸς τὴν πίεσιν, τὴν ὁποίαν τὸ ἀέριον ὑφίσταται.

Διότι, ἔστω Μ ἡ μᾶζα ἀερίου, τὸ ὁποῖον ὑπὸ σταθερὰν θερμοκρασίαν καταλαμβάνει διαδοχικῶς τοὺς ὄγκους Ο καὶ Ο΄ ὑπὸ πιέσεις Π καὶ Π΄, δ δὲ ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου τούτου ὑπὸ πίεσιν Π, καὶ δ΄ ἡ πυκνότης του ὑπὸ πίεσιν Π΄. Θὰ ἔχωμεν $\delta=\frac{M}{O}$ καὶ $\delta'=\frac{M}{O'}$.

Καὶ διαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν : $\frac{\delta'}{\delta}=\frac{O}{O'}$.

Ἀλλὰ κατὰ τὰ ἀνωτέρω $\frac{O}{O'}=\frac{\Pi'}{\Pi}$. Ἄρα $\frac{\delta'}{\delta}=\frac{\Pi'}{\Pi}$.

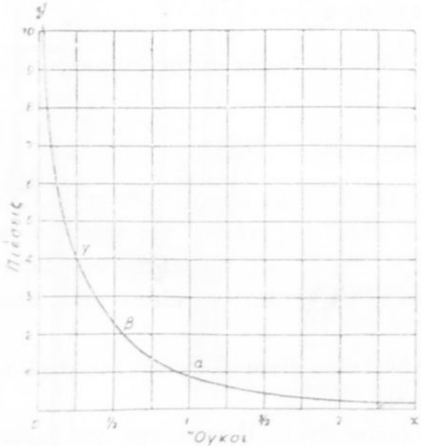
Παραδείγματα. α) Ἀέριον καταλαμβάνει ὄγκον 30 κυβ. ἐκ. ὑπὸ πίεσιν 75 ἐκ. ὑδραργύρου· ποίαν πίεσιν πρέπει νὰ ἐπιφέρωμεν εἰς αὐτό, ἵνα ὁ ὄγκος του γίνῃ 8 κυβ. ἐκ. ;

Ἔστω χ ἐκ. ὑδραργύρου ἡ ζητουμένη πίεσις. Τότε θὰ ἔχωμεν $8.\chi = 75.30$, ἐξ ἧς $\chi = \frac{75.30}{8} = 281$ ἐκ. ὑδραργύρου περίπου.

β) Ἀέριον καταλαμβάνει ὄγκον 22,4 κυβ. παλαμῶν ὑπὸ πίεσιν 1 χγρ κατὰ τετρ. ἐκ. Ποῖος θὰ εἶναι ὁ ὄγκος του ὑπὸ πίεσιν 6 χγρ. ;

Θὰ ἔχωμεν, ἐὰν χ ὁ ζητούμενος ὄγκος, $6.\chi = 22,4.1$

$$\text{καὶ } \chi = \frac{22,4}{6} = 3,7 \text{ κυβ. παλ.}$$



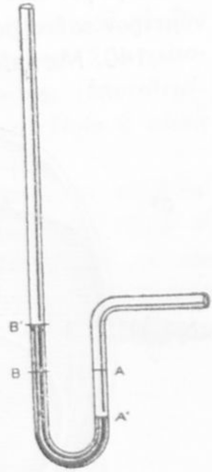
Σχ. 106

Γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου τοῦ Μαριόττου. Ὁ ἀνωτέρω νόμος παρίσταται γραφικῶς διὰ καμπύλης (σχ. 106). Αἱ τομαὶ ταύτης μετὰ τῶν κατακορύφων μὲν γραμμῶν δεικνύουν τοὺς ὄγκους δοθείσης μάζης ἀερίου, μετὰ δὲ τῶν ὁριζοντίων τὰς ἀντιστοιχούσας πιέσεις.

137. Μανόμετρα.—Τὰ μανόμετρα μετροῦν τὴν κατὰ τετραγωνικὸν ἑκατοστόμετρον πίεσιν τῶν ἀερίων ἢ τῶν ἀτμῶν ἐντὸς κλειστῶν δοχείων. Βιομηχανικῶς ἐκφράζομεν τὰς πιέσεις εἰς χιλιόγραμμα βάρους ἢ εἰς ἀτμοσφαίρας (1,033 χγρ.). Εἰς τὰς μετρήσεις ἀκριβείας ὑπολογίζομεν τὰς πιέσεις εἰς δύνας.

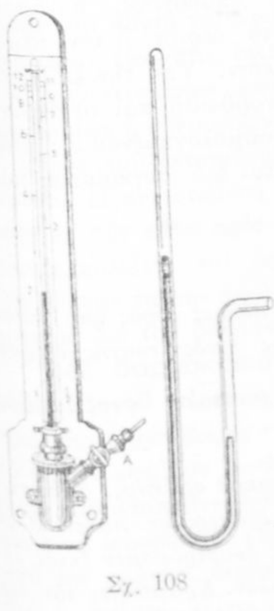
138. Ἀνοικτὸν μανόμετρον.—Τοῦτο συνίσταται ἐκ σωλῆνος κεκαμμένου, ὁ ὁποῖος περιέχει ὑδράργυρον (σχ. 107). Ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἐξασκεῖται διὰ τοῦ βραχέος σκέλους. Τὸ μακρὸν σκέλος εἶναι ἀνοικτόν. Αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον ΑΒ, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν. Ὁ ὑδράργυρος κατέρχεται εἰς τὸ βραχὺ σκέλος καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸ ἄλλο, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ὑπερβαίνῃ τὴν ἀτμοσφαιρικήν. Ἐὰν ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἶναι Α΄ Β΄ = Υ ἑκατ., ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσοῦται μὲ τὸ βάρος στήλης ὑδραργύρου, βάσεως ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστοῦ καὶ ὕψους Π + Υ, ἔνθα Π ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις εἰς στήλην ὑδραργύρου, ἐπὶ τοῦ Β΄. Ἐὰν Υ = 76, ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου εἶναι δύο ἀτμοσφαιρῶν.

Ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου εἰς τὸ Α εἶναι μικροτέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκεται ὑψηλότερον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος. Ἐὰν Υ ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου, τότε ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου, ἡ ἐξασκουμένη εἰς τὸ Α, αὐξηθεῖσα κατὰ τὸ βάρος τῆς στήλης Υ τοῦ ὑδραργύρου, ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν Π, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται εἰς τὸ Β. Ἄρα ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσορροπεῖται ὑπὸ στήλης ὑδραργύρου ἴσης πρὸς Π — Υ.



Σχ. 107

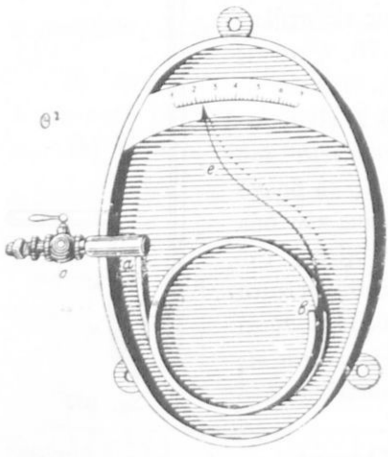
139. Κλειστὸν μανόμετρον. — Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ σωλῆνος ὑαλίνου μὲ ἰσχυρὰ τοιχώματα κεκαμμένου εἰς δύο κατακόρυφα σκέλη ἀνίσων τομῶν, ὁ ὁποῖος περιέχει ὑδράργυρον εἰς τὸ κατώτερον μέρος του (σχ. 108). Τὸ πλατύτερον σκέλος Α συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ ἀερίου, τοῦ ὁποίου πρόκειται νὰ προσδιορίσωμεν τὴν πίεσιν. Τὸ στενώτερον εἶναι κλειστὸν ἄνω καὶ περιέχει ἀέρα ξηρόν, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαστικὴ δύναμις αὐξάνεται, ὅταν ὁ ὄγκος του ἐλαττοῦται. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον εἰς τὰ δύο σκέλη, ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἰσοῦται μὲ τὴν πίεσιν τοῦ ἐγκεκλεισμένου ἀέρος. Ἐὰν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου αὐξάνεται, ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται εἰς τὸ κλειστὸν σκέλος καὶ συμπιέζει τὸν ἀέρα. Ὅταν παύσῃ νὰ ἀνέρχεται ὁ ὑδράργυρος, ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς πιέσεως τοῦ



Σχ. 108

πεπιεσμένου ἀέρος καὶ τῆς πιέσεως στήλης ὑδραργύρου ἴσης μὲ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν τῶν ἐπιφανειῶν αὐτοῦ εἰς τὰ δύο σκέλη. Τὸ μανόμετρον τοῦτο βαθμολογεῖται συγκριτικῶς πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.

140. Μεταλλικὰ μανόμετρα.—Μανόμετρον τοῦ Bourdon. Τὰ μεταλλικὰ μανόμετρα, καθὼς καὶ τὰ μεταλλικὰ βαρόμετρα, στηρίζονται ἐπὶ τῆς παραμορφώσεως, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται δοχεῖα μὲ ἐλαστικὰ μεταλλικὰ τοιχώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν πιέσεως. Τὸ μανόμετρον τοῦ Bourdon, τὸ ὁποῖον γενικῶς χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν βιομηχανίαν, συνίσταται ἐκ μεταλλίνου σωλῆνος, κεκαμμένου ἑλικοειδῶς εἰς μίαν καὶ ἡμίσειαν στροφὴν (σχ. 109). Ὁ σωλὴν οὗτος συγκοινωνεῖ διὰ τοῦ ἀνοικτοῦ ἄκρου α μετὰ τοῦ ὑποδοχέως, ὁ ὁποῖος περιέχει τὸ ἀέριον ἢ τὸν ἀτμόν, τοῦ ὁποίου πρόκειται νὰ μετρήσωμεν τὴν πίεσιν. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς πιέσεως ταύτης, ὁ σωλὴν τείνει νὰ ἀνορθωθῇ καὶ τὸ ἄκρον β ἐνεργεῖ ἐπὶ βελόνης ε, κινητῆς ἐπὶ τόξου, βαθμολογημένου εἰς ἀτμοσφαίρας. Τὰ μανόμετρα ταῦτα βαθμολογοῦνται διὰ συγκρίσεως πρὸς ἀνοικτὸν μανόμετρον.



Σχ. 109

Προβλήματα

1ον. Ποτήριον κυλινδρικὸν ὕψους 12 ἑκ. πλῆρες ἀέρος ὑπὸ πίεσιν 76 ἑκ. βυθίζεται ἀνεστραμμένον καὶ καθέτως ἐντὸς λεκάνης πλήρους ὑδραργύρου, κατὰ τὰ $\frac{3}{4}$ *τοῦ ὕψους του. Μέχρι ποίου ὕψους ὁ ὑδράργυρος θὰ εἰσχωρήσῃ εἰς τὸ ποτήριον;*

2ον. Χύνομεν ὑδράργυρον ἐντὸς βαρομετρικοῦ σωλῆνος, ἀφίνοντες ἐντὸς αὐτοῦ 15 κ. ἑκ. ἀέρος ξηροῦ ὑπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Κλείσαντες δὲ τὸ ἀνοικτὸν ἄκρον διὰ τοῦ δακτύλου, ἀναστρέφομεν ἐντὸς λεκάνης ὑδραργύρου καὶ ἀποσύρομεν τὸν δάκτυλον. Κρατοῦντες τὸν σωλῆνα κατακόρυφον, εὑρίσκομεν, ὅτι ὁ μὲν ἐγκλεισθεὶς ἀὴρ καταλαμβάνει ὄγκον 25 κ. ἑκατ., εἰς δὲ τὸν σωλῆνα ὑψοῦται στήλη ὑδραργύρου 302 χιλιοστομέτρων. Ποία ἡ ἐξωτερικὴ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ;

3ον. Ἐντὸς ἀνοικτοῦ μανομέτρου, τὸ ὁποῖον συγκοινωνεῖ μὲ δοχεῖον περιέχον πεπιεσμένον ἀέρα, ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται 570 χιλιοστὰ ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου τῆς λεκάνης (ὑποτιθεμένης σταθερᾶς). Τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἶναι 570 χμ. Ποία ἡ πίεσις τοῦ πεπιεσμένου ἀέρος ;

4ον. Τὸ ὕψος τοῦ σωλῆνος κλειστοῦ μανομέτρου εἶναι 67,7 ἑκ. ὑπεράνω τοῦ σημείου, εἰς τὸ ὁποῖον φθάνει ὁ ὑδράργυρος, ὅταν αἱ ἐπιφάνειαι εἶναι εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος καὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ εἰς τὴν λεκάνην διὰ πίεσιν 76 ἑκ. Διὰ ποίαν πίεσιν ὁ ὑδράργυρος θὰ ἀνέλθη εἰς 35,2 ἑκ. ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄

ΑΕΡΟΣΤΑΤΑ - ΑΕΡΟΠΛΑΝΑ

141. Ἀρχὴ τοῦ Ἀρχιμήδους.—Ἐπειδὴ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, καθὼς καὶ πάντα τὰ ἀέρια, ἔχουν βάρος καὶ ἐπειδὴ τὰ μόρια αὐτῶν εἶναι πολὺ εὐκίνητα, ἐπιφέρουν, ὅπως καὶ τὰ ὑγρά, ἐπὶ τῶν ἐντὸς αὐτῶν ἐμβαπτισμένων σωμάτων, πιέσεις, τῶν ὁποίων ἡ συνισταμένη εἶναι ἴση πρὸς τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ὄγκου τοῦ ἀερίου. Ἡ συνισταμένη αὕτη, διευθυνομένη ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω κατακορύφως, καλεῖται καὶ ἐνταῦθα **ἄνωσις**. Τὴν ἄνωσιν ταύτην ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς διὰ τοῦ βαροσκοπίου.

Σχ. 110

142. Βαροσκόπιον.—Τοῦτο εἶναι φάλαγξ ζυγοῦ φέρουσα εἰς μὲν τὸ ἓν ἄκρον της μικρὸν βάρος κυλινδρικόν, εἰς δὲ τὸ ἕτερον σφαῖραν κοίλην (σχ. 110). Τὰ βάρη ταῦτα τοποθετοῦνται τοιουτοτρόπως, ὥστε νὰ ἰσορροποῦν εἰς τὸν ἀέρα. Μετὰ ταῦτα φέρομεν τὴν συσκευὴν ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας καὶ ἀραιοῦμεν τὸν ἀέρα. Βλέπομεν τότε ὅτι ἡ φάλαγξ κλίνει πρὸς τὸ μέρος τῆς σφαίρας, τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει, ὅτι τὸ πραγματικὸν βάρος αὐτῆς εἶναι μεγαλύτερον ἐκείνου, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει εἰς τὸν ἀέρα. Ἡ ἰσορροπία δὲ τῶν δύο σωμάτων εἰς τὸν ἀέρα ἐξηγεῖται διὰ τῆς μεγαλυτέρας ἀνώσεως, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἐντὸς αὐτοῦ ἡ σφαῖρα.

143. Διορθώσεις τῶν σταθμίσεων.—Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ὑπὸ σώματος ἐπὶ τοῦ ἑνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ, εἶναι τὸ φαινόμενον βάρος του, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ πραγματικοῦ του βάρους καὶ τῆς ἀνώσεως τοῦ ἀέρος. Ἑπομένως, διὰ νὰ ἔχωμεν τὸ πραγματικὸν βάρος τοῦ σώματος, πρέπει εἰς τὸ φαινόμενον βάρος του νὰ προσθέσωμεν τὴν ἄνωσιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται εἰς τὸν ἀέρα. Αἱ ζυγίσεις λοιπὸν πρέπει νὰ ὑφίστανται διόρθωσιν καὶ ὡς πρὸς τὰ σταθμιστέα σώματα καὶ ὡς πρὸς τὰ σταθμά, τῶν ὁποίων ἡ τιμὴ ἔχει προσδιορισθῆ εἰς τὸ κενόν.

Ἔστω χ ἡ πραγματικὴ μᾶζα τοῦ σώματος εἰς τὸ κενὸν εἰς γραμμάρια, δ ἡ πυκνότης αὐτοῦ καὶ α ἡ μᾶζα ἑνὸς κυβ. ἑκατοστομέτρου ἀέρος ὑπὸ τὰς συνθήκας θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, κατὰ τὰς ὁποίας ἐγένετο ἡ στάθμισις. Τὸ πραγματικὸν βάρος τοῦ σώματος θὰ εἶναι χg. Ὁ ὄγκος τοῦ σώματος εἶναι $\frac{\chi}{\delta}$, συνεπῶς ἡ ἄνωσις, δηλ. τὸ βάρος τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος, θὰ ἰσοῦται μὲ $\frac{\chi}{\delta} \cdot \alpha g$.

Ἡ ἐπὶ τοῦ ζυγοῦ λοιπὸν ἐνεργοῦσα δύναμις, τὸ φαινόμενον δηλ. βάρος, θὰ εἶναι: $\chi g - \frac{\chi}{\delta} \cdot \alpha g = \chi g \left(1 - \frac{\alpha}{\delta}\right)$.

Ὁμοίως, ἂν Μ γρ. ἡ τιμὴ τῶν σταθμῶν, τὰ ὁποῖα ἀντικατέστησαν τὸ σῶμα κατὰ τὴν διπλῆν στάθμισιν, καὶ δ' ἡ πυκνότης τοῦ μετάλλου τῶν σταθμῶν, τὸ φαινόμενον βάρος αὐτῶν θὰ εἶναι $Mg\left(1 - \frac{\alpha}{\delta'}\right)$. Καὶ ἐπειδὴ κατὰ τὴν διπλῆν στάθμισιν αἱ δύο δυνάμεις εἶναι ἴσαι, θὰ ἔχωμεν: $\chi g\left(1 - \frac{\alpha}{\delta}\right) = Mg\left(1 - \frac{\alpha}{\delta'}\right)$

$$\text{ὅθεν } \chi = M \frac{1 - \frac{\alpha}{\delta'}}{1 - \frac{\alpha}{\delta}} = M \frac{\delta\,(\delta' - \alpha)}{\delta'\,(\delta - \alpha)} \qquad (1)$$

Ἡ τοιαύτη περὶ τὰς σταθμίσεις ἀκρίβεια καθίσταται ἀπαραίτητος, ὅταν πρόκειται νὰ εὕρωμεν τὸ βάρος ἀερίων ἢ ἀτμῶν.

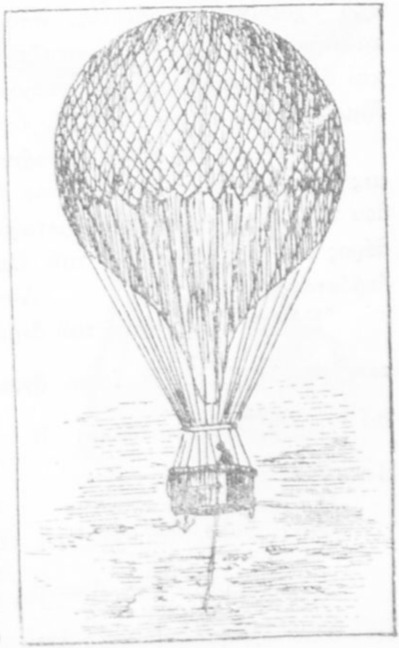
Συνέπειαι. Ἐκ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς τοῦ Ἀρχιμήδους προκύπτει, ὅτι πᾶν σῶμα ἐμβαπτισμένον εἰς τὸν ἀέρα ἢ εἰς οἱονδήποτε ἀέριον ὑφίσταται τὴν ἐνέργειαν δύο δυνάμεων κατακορύφων καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, τοῦ βάρους του Β καὶ τῆς ἀνώσεως Α τῆς ἐξασκουμένης ὑπὸ τοῦ ἀερίου. Ἑπομένως :

1ον) Ἐὰν $B > A$, τότε τὸ σῶμα πίπτει παρασυρόμενον ὄχι ὑπὸ τοῦ πραγματικοῦ του βάρους Β, ἀλλὰ ὑπὸ τοῦ φαινομενικοῦ $B - A$.

2ον) Ἐὰν $B = A$, τὸ σῶμα αἰωρεῖται εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν.

3ον) Ἐὰν $B < A$, τὸ σῶμα, ἀφιέμενον ἐλεύθερον, ἀνέρχεται κατακορύφως ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τῆς δυνάμεως $A - B$. Ἡ περίπτωσις αὕτη ἐφαρμόζεται εἰς τὰ θερμὰ ἀέρια, τὰ ὁποῖα ἀπομακρύνονται ἐκ τῆς ἑστίας, εἰς τοὺς ἀτμοὺς τοῦ ὕδατος, εἰς τὰ ἀερόστατα κτλ.

144. Ἀερόστατα.— Ταῦτα εἶναι συνήθως σφαῖραι ἐξ ἐλαφροῦ ὑφάσματος, αἱ ὁποῖαι, πληρούμεναι δι᾽ ἀερίου ἐλαφροτέρου τοῦ ἀέρος τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας, ἀνυψοῦνται ἐντὸς αὐτῆς συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τοῦ Ἀρχιμήδους (σχ. 111).



Σχ. 111

Τὰ πρῶτα ἀερόστατα κατεσκευάσθησαν ὑπὸ τῶν ἀδελφῶν Montgolfier καὶ ἐπληροῦντο διὰ θερμοῦ ἀέρος. Σήμερον πληροῦν τὰ ἀερόστατα διὰ φωταερίου ἢ δι᾽ ὑδρογόνου, ἐνίοτε δὲ καὶ δι᾽ ἡλίου, τὸ ὁποῖον ἔχει τὸ πλεονέκτημα νὰ εἶναι ἄκαυστον.

Κατασκευὴ τῶν ἀεροστάτων. Τὰ συνήθη ἀερόστατα ἔχουν σχῆμα σφαιρικόν. Τὸ περίβλημα ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὑφασμάτων μεταξίνων, μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεντίθεται φύλλον ἐκ καουτσούκ. Τοιουτοτρόπως καθίστανται ἀδιαπέραστα ὑπὸ τῶν ἀερίων.

Τὸ περίβλημα καταλήγει εἰς τὸ κατώτερον μέρος του εἰς ὀπὴν συνδεομένην μὲ σωληνοειδῆ προεκβολήν, διὰ τῆς ὁποίας πληροῦται τὸ ἀερόστατον διὰ τοῦ ἐλαφροῦ ἀερίου καὶ διὰ τῆς ὁποίας ἐκφεύγει κατὰ τὴν ἀνάβασιν ἡ περίσσεια τοῦ ἀερίου εἰς τὴν περίπτωσιν ὑπερβολικῆς ἐξογκώσεως τοῦ ἀεροστάτου. Εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τὸ περίβλημα φέρει ὀπὴν κλειομένην διὰ δικλεῖδος, τὴν ὁποίαν δύνανται οἱ ἀεροναῦται νὰ ἀνοίξουν διὰ σχοινίου, τὸ ὁποῖον εἶναι προσδεδεμένον ἐπ᾿ αὐτῆς. Τὸ ἀερόστατον καλύπτεται κατὰ τὸ ἀνώτερον μέρος του ὑπὸ σχοινίνου πλέγματος, ἀπὸ τοῦ ὁποίου ἐξαρτᾶται ἡ λέμβος· εἰς ταύτην ἐπιβαίνουν οἱ ἀεροναῦται καὶ τοποθετοῦνται διάφορα ὄργανα καὶ ἄλλα ἀντικείμενα, π.χ. βαρόμετρον, θερμόμετρον, πυξίς, ἀνάλογον ἕρμα (σάκκοι πλήρεις ἄμμου), σχοινίον μετ᾿ ἀγκύρας κ.τ.λ. (σχ. 111).

Ἀνυψωτικὴ δύναμις τῶν ἀεροστάτων. Ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμις Δ ἀεροστάτου, θεωρουμένου ἄνευ τοῦ περικαλύμματος καὶ τῆς λέμβου του, εἶναι ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ βάρους Β τοῦ ἐκτοπιζομένου ἀέρος καὶ τοῦ βάρους β τοῦ ἐλαφροῦ ἀερίου, τὸ ὁποῖον πληροῖ τὸ ἀερόστατον, ἤτοι : $\Delta = B - \beta$. (1)

Ἐὰν δ ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα, δηλ. ὁ λόγος τῶν βαρῶν β καὶ Β, ἴσων ὄγκων ἀερίου καὶ ἀέρος, ἤτοι $\delta = \frac{\beta}{B}$, θὰ ἔχωμεν, οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ θερμοκρασία καὶ ἡ πίεσις, $B = \frac{\beta}{\delta}$.

Ἄρα ἀντικαθιστῶντες εἰς τὴν (1) ἔχομεν :

$$\Delta = \frac{\beta}{\delta} - \beta = \beta\left(\frac{1}{\delta} - 1\right) = \beta . \frac{1-\delta}{\delta}.$$

Δηλ. ὡρισμένον βάρος ἀερίου φανερώνει ὡρισμένην ἀνυψωτικὴν δύναμιν.

Ἔστω π.χ. ἀερόστατον περιέχον κατὰ τὴν ἀναχώρησιν 100 χγρ. ὑδρογόνου, πυκνότητος 0,07. Ἡ ἀνυψωτική του δύναμις θὰ εἶναι

$$\Delta = 100\frac{1-0{,}07}{0{,}07} = 1328 \text{ χγρ.}$$

Δηλ. τὸ μέγιστον βάρος περικαλύμματος, δικτύου, σχοινίων, λέμβου, ἕρματος, ὀργάνων καὶ ἀεροναυτῶν δύναται νὰ εἶνε 1328 χγρ. Ἐὰν ὑποθέσωμεν, ὅτι ἐκτὸς τοῦ ἀερίου του φέρει καὶ βάρος 1200 χγρ., ἡ πραγματικὴ ἀνυψωτικὴ δύναμις θὰ εἶναι :

$$\Delta_1 = 1328 - 1200 = 128 \text{ χγρ.}$$

Τὸ ἀερόστατον, τελείως πεπληρωμένον, ἀνέρχεται καὶ τὸ ἀέριον τείνει νὰ λάβῃ ὄγκον μεγαλύτερον, διότι ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἐλαττοῦται. Ἡ θυρὶς πληρώσεως, εὑρισκομένη εἰς τὸ κατώτερον μέρος, ἐπιτρέπει νὰ ἐξέλθῃ μέρος τοῦ ἀερίου, διότι ἄλλως τὸ ἀερόστατον θὰ διερρήγνυτο. Οὕτως, ἀνερχομένου τοῦ ἀεροστάτου, μέρος τοῦ ἀερίου ἐξέρχεται καὶ συνεπῶς ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμις ἐλαττοῦται, μέχρις ὅτου μηδενισθῇ, ὁπότε τὸ ἀερόστατον παύει νὰ ἀνέρχεται. Τότε θὰ εἶναι :

$$\beta.\frac{1-\delta}{\delta} = \Pi$$

(ἔνθα Π τὸ βάρος τοῦ περικαλύμματος, τοῦ δικτύου κλπ.)

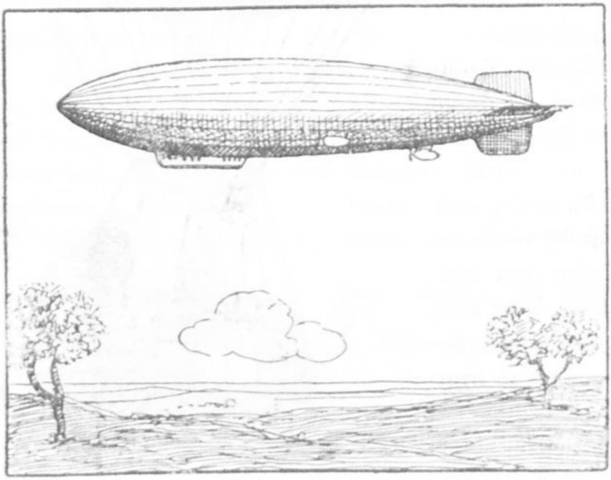
Διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἀκόμη περισσότερον, πρέπει νὰ ἀπορριφθῇ μέρος τοῦ ἕρματος (σχ. 112).

Σχ. 112

Διὰ νὰ κατέλθῃ τὸ ἀερόστατον, πρέπει νὰ ἀφεθῇ νὰ ἐκφύγῃ μέρος τοῦ ἀερίου καὶ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ ἀέρος, ὅστις εἶναι βαρύτερος· πρὸς τοῦτο ἀνοίγουν τὴν δικλεῖδα, σύροντες τὸ σχοινίον. Τότε ἐκφεύγει ἀέριον καὶ εἰσέρχεται ἀὴρ κάτωθεν, διότι σχηματίζεται ἐντὸς τοῦ ἀεροστάτου ρεῦμα ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω, μεταξὺ τῶν δύο θυρίδων (τῆς θυρίδος πληρώσεως, ἥτις εἶναι ἀνοικτή, καὶ τῆς ἀνοιγείσης δικλεῖδος).

Ἀπό τινων ἐτῶν, τοποθετοῦν ἐντὸς τοῦ ἀεροστάτου μικρὸν θύλακον, τὸν ὁποῖον δύνανται νὰ πληρώσουν μὲ ἀέρα διὰ φυσητῆρος. Ὁ ἀὴρ οὗτος δὲν ἀναμιγνύεται μετὰ τοῦ ἀερίου· διατηρεῖται τοιουτοτρόπως τὸ ἀέριον καθαρὸν καὶ ἀφ' ἑτέρου τὸ ἀερόστατον διατηρεῖ τὸ περίβλημά του τεταμένον.

145. Διευθυνόμενα ἀερόστατα.—Τὰ συνήθη ἀερόστατα παρασύρονται ὑπὸ τοῦ ἀνέμου. Διὰ τοῦτο ἐζήτησαν νὰ κατασκευάσουν ἀερόστατα, τὰ ὁποῖα νὰ δύνανται νὰ ἀνθίστανται ἐναντίον τῶν ἀτμοσφαιρικῶν ρευμάτων καὶ νὰ διευθύνωνται εἰς τὸν ἀέρα, καθὼς τὰ πλοῖα εἰς τὸ ὕδωρ. Ἐν τούτοις ὑπάρχει μεγάλη διαφορὰ μεταξὺ τῶν δύο τούτων προβλημάτων. Διότι εἰς τὰ ἀτμοσφαιρικὰ ρεύματα γίνεται μεταφορὰ τῆς ἀερώδους μάζης, ἐντὸς τῆς ὁποίας εὑρίσκεται τὸ ἀερόστατον· τοὐναντίον εἰς τὸ ὕδωρ (ἐκτὸς τῆς περιπτώσεως ρεόντων ὑδάτων καὶ θαλασσίων ρευμάτων) δὲν γίνεται μεταφορὰ τοῦ ὕδατος. Διὰ νὰ διευθύνεται τὸ ἀερόστατον ἐντὸς τοῦ ἀέρος, πρέπει ἡ ταχύτης του νὰ εἶναι τοὐλάχιστον ἴση πρὸς τὴν τοῦ ἀνέμου. Ἂν καὶ τὸ πρόβλημα τῆς ἀεροπλοΐας δὲν ἔχει ἀκόμη τελείως λυθῆ, ἔφθασαν ἐν τούτοις εἰς ἀξιόλογα ἀποτελέσματα.



Σχ. 113

Τὰ διευθυνόμενα ἀερόστατα ἔχουν σχῆμα ἐπίμηκες διὰ νὰ ἐλαττώνουν τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Ἡ λέμβος των φέρει μίαν ἢ δύο ἕλικας, κινουμένας διὰ ἠλεκτρικῶν κινητήρων ἢ κινητήρων δι' ἐκρήξεων. Κανονίζουν δὲ τὴν διεύθυνσιν διὰ πηδαλίου (σχ. 113).

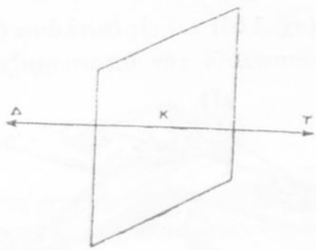
146. Ἀεροπλάνα.—Ταῦτα βασίζονται ἐπὶ ἀρχῆς τελείως διαφόρου τῆς τῶν ἀεροστάτων. Ἐνῷ τὰ ἀερόστατα εἶναι ἐλαφρότερα τοῦ ἀέρος, τὰ ἀεροπλάνα εἶναι βαρύτερα αὐτοῦ.

Ἡ λειτουργία ἀεροπλάνου (ἄντωσις) διατηρεῖται πράγματι ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν ἀντιτάσσει ὁ ἀὴρ εἰς μίαν ἐπιφάνειαν ἐν κινήσει.

Θεωρήσωμεν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν ἄκαμπτον ἑνὸς τετραγωνικοῦ μέτρου, τὴν ὁποίαν θέλομεν νὰ μεταθέσωμεν ταχέως ἐντὸς τοῦ ἀέρος κατὰ διεύθυνσιν κάθετον πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν ταύτην (σχ. 114). Θὰ δοκιμάσωμεν ὡρισμένην ἀντίστασιν, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπολογισθῇ εἰς χιλιόγραμμα. Τὸ πείραμα δεικνύει :

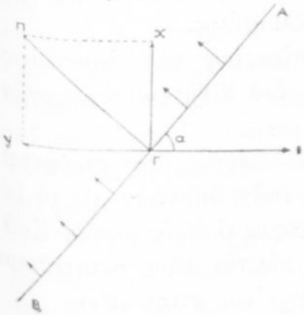
1) Ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν θεωρουμένην ἐπιφάνειαν (τῆς ταχύτητος παραμενούσης σταθερᾶς).

2) Ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος. Θεωρήσωμεν ἤδη, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια εἶναι ἀκίνητος καὶ κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου, τοῦ ὁποίου ἡ ταχύτης εἶναι τ μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον. Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης θὰ εἶναι ἡ αὐτή, ἡ ὁποία θὰ ἦτο καὶ ἂν ὁ ἀὴρ ἦτο ἀκίνητος καὶ ἡ ἐπιφάνεια ἐκινεῖτο ἀντιθέτως μὲ ταχύτητα τ.



Σχ. 114

Ὑποθέσωμεν, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοποθετεῖται πλαγίως ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου (σχ. 115). Ἡ περίπτωσις αὕτη πραγματοποιεῖται εἰς τοὺς **χαρταετοὺς** τῶν παίδων. Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀνέμου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ταύτης εἶναι πάλιν δύναμις ΓΠ κάθετος ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν. Ἡ δύναμις αὕτη ἀναλύεται εἰς δύο ἄλλας, τὴν ψ ὁριζοντίαν καὶ τὴν χ κατακόρυφον, ἡ ὁποία τείνει νὰ ἀνυψώσῃ τὴν ἐπιφάνειαν καὶ ἡ ὁποία συνεπῶς ἀντιτάσσεται πρὸς τὸ βάρος τῆς ἐπιφανείας. Τὴν δύναμιν ταύτην καλοῦμεν **ἄνωσιν**.



Σχ. 115

Ἡ ἄνωσις αὐξάνεται καθὼς τὸ τετράγωνον τῆς ταχύτητος. Συνεπῶς, ἐὰν ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου αὐξάνεται, θὰ ἔλθῃ στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν θὰ γίνῃ ἴση ἢ μεγαλυτέρα τοῦ βάρους τῆς ἐπιφανείας, ἥτις θὰ διατηρῆται τότε ἐν ἰσορροπίᾳ ἢ θὰ ἀνυψωθῇ.

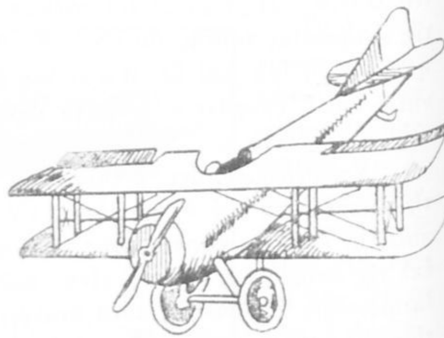
Εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα θὰ φθάσωμεν, ἐὰν ὑποθέσωμεν τὸν ἀέρα ἀκίνητον καὶ τὴν ἐπιφάνειαν μετατιθεμένην κατὰ διεύθυνσιν πλαγίαν πρὸς τὸ ἐπίπεδόν της.

Εἰς τὸν χαρταετὸν τὴν ἄνωσιν παράγει ὁ ἄνεμος· εἰς τὰ ἀεροπλάνα ἡ ἄνωσις δημιουργεῖται διὰ τῆς μεταθέσεως τούτων ὁριζοντίως μὲ ταχύτητα ἀπὸ 60 ἕως 90 καὶ πλέον χλμ. καθ' ὥραν.

Ἐὰν μεταβληθῇ ἡ κλίσις τῆς ἐπιφανείας ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς κινήσεως, καὶ ἡ ἄνωσις θὰ μεταβληθῇ. Εἶναι λοιπὸν δυνατὸν νὰ κινῆται εἰς ὡρισμένον ὕψος ἢ νὰ ἀνυψοῦται ἢ νὰ κατέρχεται τὸ ἀεροπλάνον διὰ μικρᾶς μεταβολῆς τῆς κλίσεως τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τῆς ὁποίας φέρεται, ἢ καὶ μέρους τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

Σημείωσις α΄. Τὰ ἀεροπλάνα διαιροῦνται εἰς **μονοπλάνα** (σχ. 116) καὶ εἰς **διπλάνα** (σχ. 117), καθ᾽ ὅσον αἱ πτέρυγες, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὴν **ὑποστηρίζουσαν ἐπιφάνειαν**, συνίστανται ἀπὸ μίαν

Σχ. 116



Σχ. 117

μόνον ἐπιφάνειαν ἢ ἀπὸ δύο ὑπερκειμένας τοιαύτας.

Σημείωσις β΄. Ἡ μετάθεσις ὁριζοντίως τῶν ἀεροπλάνων γίνεται διὰ μεγάλων **ἑλίκων**, κινουμένων διὰ κινητηρίων μηχανῶν, εὑρισκομένων ἐπὶ τοῦ ἀεροπλάνου.

Ἡ **ἕλιξ** εἶναι ἓν εἶδος κοχλίου (βίδας), ὁ ὁποῖος, ὅταν στρέφεται, βιδώνεται εἰς τὸν ἀέρα, ὅπως μία συνήθης βίδα βιδώνεται εἰς τὸ ξύλον. Ὅταν αὕτη βιδώνεται εἰς τὸ ξύλον, προχωρεῖ ἐντὸς αὐτοῦ. Καθ᾽ ὅμοιον τρόπον καὶ ἡ ἕλιξ, ὅταν βιδώνεται εἰς τὸν ἀέρα, μετατίθεται καὶ παρασύρει τὸ ἀεροπλάνον, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι στερεωμένη.

Προβλήματα

1ον. Ἀερόστατον σφαιρικὸν αἰωρεῖται εἰς τὸν ἀέρα. Εἶναι κατεσκευασμένον ἐκ λεπτοῦ ὑφάσματος, τοῦ ὁποίου τὸ βάρος εἶναι 30 γρ. κατὰ τετρ. παλάμην, εἶναι δὲ πλῆρες φωταερίου. Ποία ἡ διάμετρος τοῦ ἀεροστάτου; Βάρος μιᾶς κυβ. παλ. φωταερίου=0,646 γρ.

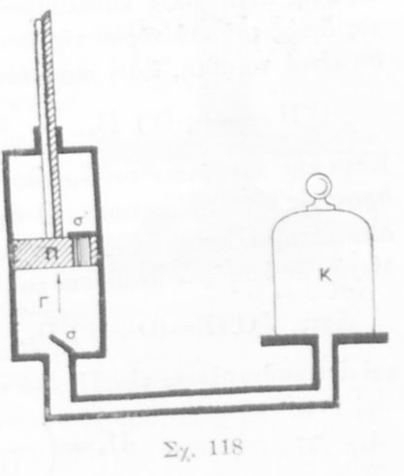
2ον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀνυψωτικὴ δύναμις σφαιρικοῦ ἀεροστάτου, τοῦ ὁποίου τὸ περίβλημα ζυγίζει 78,54 χγρ. καὶ τὸ ὁποῖον εἶναι πλῆρες ὑδρογόνου, ζυγίζοντος 0,1 χγρ. κατὰ κυβ. μέτρον. Τὸ ὕφασμα, ἐκ τοῦ ὁποίου εἶναι κατεσκευασμένον τὸ περίβλημα, ζυγίζει 0,250 χγρ. κατὰ τετρ. μέτρον. Γνωρίζομεν πρὸς τούτοις, ὅτι 1 κυβ. μέτρον ἀέρος ζυγίζει 1,3 χγρ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ΄

ΑΕΡΑΝΤΛΙΑΙ

147. Αἱ ἀεραντλίαι περιλαμβάνουν τὰς **πνευματικὰς μηχανάς**, προωρισμένας νὰ ἀραιώνουν τὸν ἀέρα (ἢ ἄλλο τι ἀέριον), ὁ ὁποῖος περιέχεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, καὶ τὰς **ἀεριοθλιπτικὰς μηχανάς**, διὰ τῶν ὁποίων συμπιέζομεν ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου ἀέρα (ἢ ἄλλο τι ἀέριον).

148. **Πνευματικὴ μηχανή.** — Ἡ πνευματικὴ μηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ κοῖλον κύλινδρον Γ (σχ. 118), ὁ ὁποῖος εἰς τὸ κέντρον τῆς βάσεώς του φέρει ὀπὴν κλειομένην διὰ δικλεῖδος σ. Ἐκ τῆς ὀπῆς ταύτης ἄρχεται σωλήν, ὁ ὁποῖος καταλήγει εἰς τὸ κέντρον μεταλλικοῦ δίσκου ἐπιπέδου. Ὑάλινος κώδων Κ καλύπτει τὸν δίσκον τοῦτον. Ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου Γ κινεῖται ἔμβολον, τὸ ὁποῖον ἐφαρμόζεται ἀεροστεγῶς καὶ φέρει παρὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ ὀχετόν. Ὁ ὀχετὸς οὗτος κλείεται διὰ δικλεῖδος σ΄, ἡ ὁποία ἀνοίγεται ὅπως καὶ ἡ σ ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω.



Σχ. 118

Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται, τείνει νὰ σχηματισθῇ κάτωθεν αὐτοῦ κενόν. Τότε ὁ ἀὴρ τοῦ κώδωνος, ἕνεκα τῆς ἐλαστικότητός του, ἀνοίγει τὴν δικλεῖδα σ καὶ λόγῳ τῆς διαχυτικότητός του πληροῖ τὸν κύλινδρον. Ἡ δικλεὶς σ΄ παραμένει κλειστὴ διὰ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως (ἡ πίεσις τοῦ ἐσωτερικοῦ ἀερίου ἔχει ἐλαττωθῆ, ἕνεκα τῆς αὐξήσεως τοῦ ὄγκου του). Ὅταν τὸ ἔμβολον θὰ φθάσῃ εἰς τὸ τέλος τοῦ δρόμου του, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀερίου παύει νὰ ἐλαττοῦται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου καὶ ἡ δικλεὶς σ, πιεζομένη ἐξ ἴσου καὶ ἐκ τῶν κάτω καὶ ἐκ τῶν ἄνω, καταπίπτει λόγῳ τοῦ βάρους της.

Ἐὰν ἤδη καταβιβασθῇ τὸ ἔμβολον, ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀὴρ συμπιέζεται, ἐπειδὴ ἐλαττοῦται ὁ ὄγκος του· ὅταν δὲ ἡ ἐλαστική του δύναμις ὑπερβῇ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἡ δικλεὶς σ΄ ἀνοίγεται. Ἅπας τότε ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀὴρ ἐκφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου.

Δι᾿ ἀλλεπαλλήλων ἀναβάσεων καὶ καταβάσεων τοῦ ἐμβόλου ὁ ἀὴρ ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀραιοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον καὶ ἡ ἐλαστική του δύναμις διαρκῶς ἐλαττοῦται.

Ἐλαστικὴ δύναμις ἐντὸς τοῦ κώδωνος μετὰ ν καταβάσεις τοῦ ἐμβόλου. Κατ᾿ ἀρχὰς τὸ ἔμβολον ἐγγίζει τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου. Ἡ ἀερώδης μᾶζα τοῦ κώδωνος ἔχει ὄγκον π.χ. Ο΄ καὶ ἐλαστικὴν δύναμιν Π (τὴν ἀτμοσφαιρικήν). Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνυψωθῇ, ἡ ἀερώδης αὕτη μᾶζα καταλαμβάνει ὄγκον Ο΄+Ο (ἔνθα Ο ὁ ἐσωτερικὸς ὄγκος τοῦ κυλίνδρου τῆς ἀντλίας). Ἡ ἐλαστικὴ αὐτῆς δύναμις Π_1 θὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε κατὰ τὸν νόμον τοῦ Μαριόττου:

$$O'\Pi = (O+O')\ \Pi_1, \qquad \text{ἐξ ἧς} \qquad \Pi_1 = \frac{O'}{O+O'}\cdot \Pi \qquad (1)$$

Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, ὁ ἀὴρ ἐξωθεῖται ἐκτὸς τοῦ **κυλίνδρου** εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. **Ὁ ὄγκος τοῦ ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀέρος δὲν μεταβάλλεται**, ἑπομένως καὶ ἡ πίεσις αὐτοῦ μένει ἡ αὐτὴ Π_1. Μετὰ τὴν δευτέραν ἀνάβασιν τοῦ ἐμβόλου ἡ πίεσις εἶναι Π_2 τοιαύτη,

$$\text{ὥστε} \quad O'\Pi_1 = (O+O')\ \Pi_2, \quad \text{ἐξ ἧς} \quad \Pi_2 = \frac{O'}{O+O'}\cdot \Pi_1$$

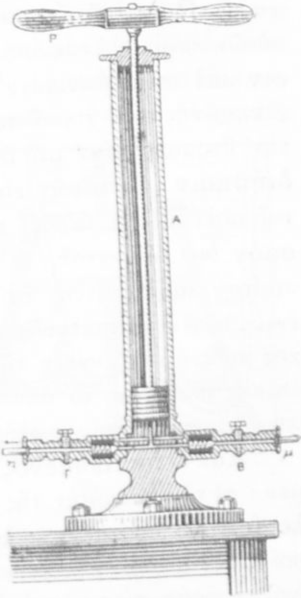
καὶ ἀντικαθιστῶντες τὴν Π_1 διὰ τῆς τιμῆς της ἐκ τῆς (1) ἔχομεν:

$$\Pi_2 = \left(\frac{O'}{O+O'}\right)^2 \cdot \Pi$$

καὶ γενικῶς μετὰ τὴν νιοστὴν ἀνάβασιν:

$$\Pi_\nu = \left(\frac{O'}{O+O'}\right)^\nu \cdot \Pi.$$

Ἐπιζήμιος χωρητικότης. Ἡ ἀραίωσις ἐν τούτοις τοῦ ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀέρος δὲν προχωρεῖ ἐπ' ἄπειρον, τοῦ ν αὐξανομένου, ὅπως δεικνύει ὁ ἀνωτέρω τύπος. Πράγματι, καὶ ἐὰν ὑποθέσωμεν, ὅτι τὸ ἔμβολον καὶ αἱ δικλεῖδες ἔχουν τελείαν ἐφαρμογήν, φθάνει στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ μηχανὴ δὲν λειτουργεῖ πλέον ἐπωφελῶς. Διότι εἶναι πρακτικῶς ἀδύνατον νὰ κατασκευασθῇ ἔμβολον, τοῦ ὁποίου ἡ κατωτέρα ἐπιφάνεια νὰ προσαρμόζεται ἀκριβῶς εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου. Ὅταν τὸ ἔμβολον εὑρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ δρόμου του, ὑπάρχει πάντοτε κάτωθεν τούτου ὡρισμένον διάστημα ἐλεύθερον. Τὸ διάστημα τοῦτο καλεῖται **ἐπιζήμιος χωρητικότης**. Ὅταν ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος γίνῃ ἴση πρὸς τὴν πίεσιν τοῦ ἀέρος τῆς ἐπιζημίου χωρητικότητος (ὅστις πληροῖ τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν ἀνάβασιν τοῦ ἐμβόλου) ἡ δικλεὶς σ δὲν ἀνοίγεται πλέον.



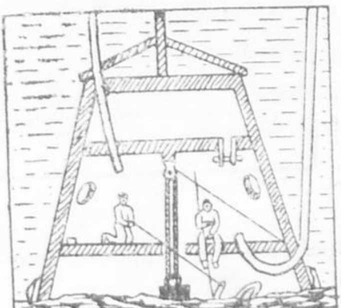
Σχ. 119

149. Ἀεριοθλιπτικὴ μηχανή.—Ἡ ἀεριοθλιπτικὴ μηχανὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ κύλινδρον μικρᾶς διαμέτρου (σχ. 119), ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται ἔμβολον πλῆρες (μὴ φέρον δικλεῖδα). Εἰς τὴν βάσιν τοῦ κυλίνδρου ὑπάρχουν δύο ὁριζόντιοι σωλῆνες μὲ στρόφιγγας καὶ δικλεῖδας (ο παρὰ τὸ Β καὶ ν παρὰ τὸ Γ). Αἱ δικλεῖδες αὗται χρησιμεύουν ἡ μὲν διὰ τὴν ἀναρρόφησιν, ἡ δὲ διὰ τὴν συμπίεσιν τοῦ ἀερίου. Ἡ δικλεὶς τῆς ἀναρροφήσεως ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἔξω πρὸς τὰ ἔσω, ἡ δὲ τῆς συμπιέσεως ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὸν ὑποδοχέα.

Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνέρχεται τείνει νὰ σχηματισθῇ ὑπ' αὐτὸ κενόν. Διὰ τοῦτο ἡ μὲν δικλεὶς ο ἀνοίγεται ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως, ἡ δὲ ἄλλη δικλεὶς ν διατηρεῖται κλειστή, ἕνεκα τῆς πιέσεως τῆς προερχομένης ἐκ τοῦ ὑποδοχέως. Ὁ ἐξωτερικὸς λοιπὸν ἀὴρ πληροῖ τὸν κύλινδρον. Καταβιβαζομένου κατόπιν τοῦ ἐμβόλου, ὁ ὑπ' αὐτὸ ἀὴρ συμπιεζόμενος τὴν μὲν δικλεῖδα ο διατηρεῖ κλειστήν, ὅταν δὲ ἡ πίεσίς του καταστῇ ἀρκετὰ ἰσχυρά, ἀνοίγει τὴν δικλεῖδα ν καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν ὑποδοχέα. Ἐὰν ἀναβιβάσωμεν πάλιν τὸ ἔμβολον, ὁ κύλινδρος πληροῦται ἀέρος ὑπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν καὶ κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου ὁ ἀὴρ οὗτος συμπιέζεται εἰς τὸν ὑποδοχέα. Ἡ προσπάθεια βαίνει αὐξανομένη, ἕνεκα τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἐντὸς τοῦ ὑποδοχέως συμπιεζομένου ἀέρος, ὅστις ἀντιτάσσεται εἰς τὸ ἄνοιγμα τῆς βαλβῖδος ν.

150. Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἠραιωμένου καὶ τοῦ συμπεπιεσμένου ἀέρος.—Ἡ ἀραίωσις τοῦ ἀέρος ἐφαρμόζεται, διὰ νὰ βεβαιωθῶμεν ἐὰν οἱ ὑδραγωγοὶ ἢ ἀεριαγωγοὶ σωλῆνες δὲν παρουσιάζουν διαφυγάς. Πρὸς τοῦτο παρατηροῦμεν ἂν δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν ἐντὸς αὐτῶν κενόν. Ἀναφέρομεν πρὸς τούτοις **τὴν ἐν τῷ κενῷ ἐξάτμισιν καὶ συμπύκνωσιν** τῶν σακχαρωδῶν χυμῶν (τῶν σιροπίων, τῆς γλυκερίνης, τοῦ χυμοῦ τοῦ κρέατος κτλ.), οἱ ὁποῖοι θὰ ἠλλοιοῦντο εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν· τὴν **ταχεῖαν διήθησιν** τῶν ὑγρῶν εἰς τὸ κενόν· τὸν **ἀερισμὸν** δι᾽ ἀναρροφήσεως τοῦ μολυσμένου ἀέρος τῶν ἐργαστηρίων καὶ θεάτρων· τὸν **καθαρισμὸν** διὰ τοῦ κενοῦ, δι᾽ ἀναρροφήσεως δηλ. τῆς κόνεως, παραπετασμάτων καὶ ταπήτων· ἐπίσης τὸ **μερικὸν κενόν**, τὸ ὁποῖον παράγουν ἐντὸς τῶν ἀποστακτικῶν κεράτων, κατὰ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ λιθάνθρακος πρὸς διευκόλυνσιν τῆς **παραγωγῆς καὶ ἐκλύσεως** τοῦ ἀερίου· ἐπίσης τὸ **κενόν**, τὸ ὁποῖον παράγουν εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς λυχνίας διαπυρώσεως καὶ τοὺς σωλῆνας τῶν ἀκτίνων X κτλ.

Καὶ ὁ **πεπιεσμένος ἀὴρ** χρησιμοποιεῖται συχνάκις. Ἀναφέρομεν : α) τὴν διανομὴν τῆς ὥρας εἰς ὁλόκληρον πόλιν δι᾽ **εἰδικῶν ὡρολογίων** λειτουργούντων διὰ πεπιεσμένου ἀέρος. Ρεῦμα ἀέρος ἀναχωροῦν καθ᾽ ἕκαστον λεπτὸν ἐξ ὑποδοχέως πλήρους πεπιεσμένου ἀέρος ὑπὸ μικρὰν πίεσιν καὶ διατρέχον δίκτυον σωλήνων, μετακινεῖ κατὰ μίαν διαίρεσιν τὴν βελόνην ἑκάστου τῶν ὡρολογίων τῆς συνοικίας. β) Τὴν μεταβίβασιν τῶν τηλεγραφημάτων, ἐγκλειομένων ἐντὸς κοίλου ἐμβολέως κυλινδρικοῦ. Ὁ ἐμβολεὺς οὗτος ἐξακοντίζεται ἐντὸς σωλῆνος ἐκ χυτοσιδήρου ἕως τὸν ἄλλον σταθμὸν διὰ πεπιεσμένου ἀέρος, ὅστις διοχετεύεται ὄπισθεν αὐτοῦ. γ) Τὴν διανομὴν πεπιεσμένου ἀέρος ὡς **κινητηρίου δυνάμεως** διὰ τὴν κίνησιν μικρῶν κινητήρων. δ) Τὴν λειτουργίαν τῶν **φυσητήρων** τῶν σιδηρουργείων καὶ τῶν ὑψικαμίνων. ε) Τὸν ἀερισμὸν τῶν σηράγγων καὶ τῶν αἰθουσῶν τῶν θεάτρων. στ) Τὴν διὰ πεπιεσμένου ἀέρος ἐξόγκωσιν τῶν κοίλων ἐλαστικῶν περιβλημάτων τῶν τροχῶν τῶν ποδηλάτων καὶ αὐτοκινήτων. ζ) Τὴν διὰ πεπιεσμένου ἀέρος λειτουργοῦσαν **τροχοπέδην** (φρένο) τῶν τραίνων. η) Τὴν λειτουργίαν τῶν **διατρητικῶν μηχανῶν**, τῶν χρησιμοποιουμένων διὰ τὴν **διάνοιξιν σηράγγων**, ἐντὸς τῶν ὁποίων ἡ χρῆσις ἀτμομηχανῶν θὰ καθίστα τὸν ἀέρα ἀκατάλληλον πρὸς ἀναπνοήν. θ) Τὴν **ἐκτόξευσιν τῶν τορπιλλῶν**. Αἱ τορπίλλαι, τεθεῖσαι εἰς τοὺς τορπιλλοβλητικοὺς σωλῆνας, τοὺς ὁποίους φέρουν τὰ πολεμικὰ πλοῖα, ἐκτοξεύονται διὰ τῆς ἐνεργείας πεπιεσμένου ἀέρος. ι) Τὰς **ὑποβρυχίους ἐργασίας**. Διὰ νὰ ἐκτελέσουν διαφόρους ἐργασίας ὑπὸ τὸ ὕδωρ ποταμῶν ἢ θαλασσῶν, μεταχειρίζονται τὸν **καταδυτικὸν κώδωνα**. Οὗτος εἶναι εὐρύχωρον κιβώτιον, ἀνοικτὸν κάτωθεν καὶ ὑδατοστεγῶς ἐκ πάντων τῶν λοιπῶν μερῶν κεκλεισμένον (σχ. 120). Τὸ κιβώτιον τοῦτο καταβιβάζεται μετὰ τῶν ἐργαλείων καὶ τῶν ἐργατῶν ὑπὸ τὸ ὕδωρ, ἐπὶ τοῦ πυθμένος τῆς θαλάσσης, εἰς ἣν θέσιν πρόκειται νὰ ἐκτελεσθῇ ἡ ἐργασία. Ἀποστέλλεται κατόπιν εἰς τὸν κώδωνα ἀήρ, ὅστις ἐκδιώκει τὸ ὕδωρ, καὶ οἱ ἐργάται δύνανται τότε νὰ ἐργάζωνται ἐπὶ τοῦ πυθμένος.


Σχ. 120.

Σκάφανδρον. Τὸ σκάφανδρον εἶναι ὄργανον, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, ὑπὸ τῶν δυτῶν. Τοῦτο εἶναι συνεχὲς διπλοῦν ἐκ καουτσοὺκ περίβλημα τοῦ σώματος, τοῦ ὁποίου ἑκάστη χειρὶς περατοῦται εἰς τὸν καρπὸν τῆς χειρὸς καὶ πιέζεται ἔξωθεν διὰ ψελίου ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας. Τὸ εἰδικὸν τοῦτο ἔνδυμα συνδέεται τελείως ὑδατοστεγῶς μὲ χαλκοῦν κράνος, τὸ ὁποῖον εἶναι καὶ τὸ κυριώτερον μέρος τῆς ἐξαρτήσεως (σχ. 121). Τὸ κράνος τοῦτο συγκοινωνεῖ διὰ σωλῆνος μὲ ἀντλίαν, ἡ ὁποία ἀποστέλλει ἀέρα ἐντὸς αὐτοῦ, καθὼς καὶ εἰς ὁλόκληρον τὸ ἐλαστικὸν περίβλημα τοῦ σώματος τοῦ δύτου. Ἡ περίσσεια τοῦ ἀέρος ὡς καὶ τὰ προϊόντα τῆς ἐκπνοῆς ἐξέρχονται διὰ βαλβῖδος, ἥτις ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω. Ὁ δύτης δύναται νὰ βλέπῃ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις διὰ τεσσάρων θυρίδων, κλειομένων μὲ παχείας ὑάλους, ἐξ ὧν ἡ μία εὑρίσκεται ἔμπροσθεν, αἱ δύο εἰς τὰ πλάγια καὶ ἡ ἄλλη εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ κράνους. Ὁ δύτης δύναται τὰ συνεννοῆται μετὰ τῶν ἐντὸς τοῦ πλοίου δι' ἄλλου σωλῆνος, ἀρχομένου ἐκ τοῦ κράνους, εἴτε καὶ διὰ τηλεφώνου. Διὰ νὰ δύναται δὲ νὰ διατηρῆται εἰς τὸν πυθμένα παρὰ τὴν ἄνωσιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται, φέρει παχείας πλάκας ἐκ μολύβδου, μίαν ἐπὶ τοῦ στήθους καὶ ἄλλην ἐπὶ τῆς ράχεως. Ἐπίσης καὶ τὰ ὑποδήματα αὐτοῦ φέρουν πρὸς τὰ κάτω παχεῖαν πλάκα μολυβδίνην.

Σχ. 121.

Τέλος, εἰς τὴν ὀσφύν του φέρει ὁ δύτης προσδεδεμένον σχοινίον, διὰ τοῦ ὁποίου δύναται νὰ ἀνασύρεται.

Πρὸς ἀποφυγὴν τῶν ἐκ τῶν ἀποτόμων μεταβολῶν τῆς πιέσεως κινδύνων, ἡ κατάβασις πρέπει νὰ γίνεται βραδέως, ἔτι δὲ βραδύτερον ἡ ἀνάβασις, ὑπὸ τὴν ἀναλογίαν ἑνὸς μέτρου κατὰ λεπτόν.

Προβλήματα

1ον. Τεμάχιον λευκοχρύσου εἰδ. βάρος 22 ἰσορροπεῖται εἰς τὸν ἀέρα (εἰς 0° καὶ ὑπὸ πίεσιν 76) διὰ σταθμῶν ἐξ ὀρειχάλκου 100 γρ. Ποία εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ τεμαχίου τοῦ λευκοχρύσου εἰς τὸ κενόν; Εἰδ. βάρος ὀρειχάλκου 8,4.

2ον. Ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος πνευματικῆς μηχανῆς εἶναι 5 ἑκ. μετὰ 10 ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως, ἐνῷ ἡ ἀρχικὴ πίεσις ἐντὸς αὐτοῦ ἦτο 75 ἑκ. Πόσον θὰ εἶναι ἡ πίεσις ἐντὸς τοῦ κώδωνος μετὰ 20 ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως;

3ον. Ὁ κώδων πνευματικῆς μηχανῆς ἔχει χωρητικότητα 379 ἑκατοστῶν τῆς κυβ. παλάμης καὶ ὁ κύλινδρος 58 ἑκ. τῆς κυβικῆς παλάμης. Μετὰ πόσας ἀναβάσεις τοῦ ἐμβολέως ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος θὰ γίνῃ τὸ $\frac{1}{10}$ τῆς ἀρχικῆς;

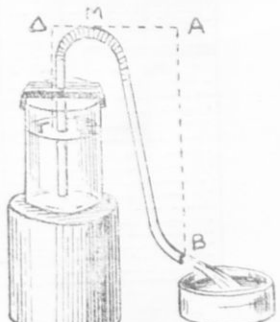
4ον. Ποία ἡ ἀναλογία τῶν χωρητικοτήτων τοῦ κώδωνος καὶ τοῦ κυλίνδρου τῆς πνευματικῆς ἀντλίας, ἐὰν εἰς τὸ τέλος τῆς 4ης ἀναβάσεως τοῦ ἐμβολέως ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος ἔχει γίνει τὰ $\frac{81}{256}$ τῆς ἀρχικῆς ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε′

ΣΙΦΩΝ, ΣΙΦΩΝΙΟΝ, ΥΔΡΑΝΤΛΙΑΙ

151. Σίφων.—Ὁ σίφων εἶναι σωλὴν κεκαμμένος εἰς δύο σκέλη ἄνισα (σχ. 122), χρησιμεύει δὲ διὰ νὰ μεταγγίζωμεν ὑγρὰ διὰ συνεχοῦς ροῆς, χωρὶς νὰ ἀνοίξωμεν ὀπὴν εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

Λειτουργία. Διὰ νὰ μεταγγίσωμεν ὑγρόν τι ἐκ δοχείου Μ (σχ. 123) εἰς ἄλλο, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται χαμηλότερα, πληροῦμεν διὰ τοῦ μεταγγιστέου ὑγροῦ σίφωνα ΑΕΔ καὶ διατηροῦντες κλειστὰ τὰ δύο αὐτοῦ στόμια ἀναστρέφομεν αὐτὸν καὶ βυθίζομεν τὸ βραχὺ σκέλος εἰς τὸ δοχεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται εἰς τὸ μεγαλύτερον ὕψος. Ἐὰν ἀνοίξωμεν τότε τὰ δύο στόμια, τὸ ὑγρὸν ρέει, διερχόμενον διὰ τοῦ σίφωνος, ἐκ τοῦ δοχείου Μ πρὸς τὸ Ν.

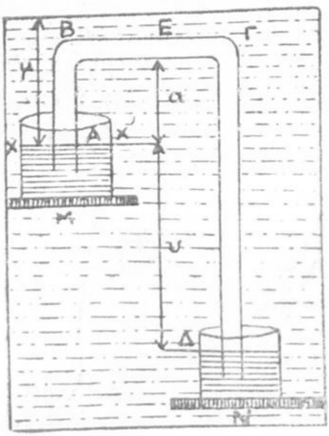


Σχ. 122

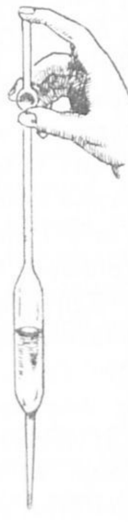
Ἐξήγησις. Ὑποθέσωμεν, ὅτι εἰς τὸν κεκαμμένον σωλῆνα (σχ. 123), τοῦ ὁποίου οἱ δύο βραχίονες ἔχουν χωριστὰ ἕκαστος ὕψος μικρότερον τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν (1033 ἑκατ. διὰ τὸ ὕδωρ, 76 ἑκατ. διὰ τὸν ὑδράργυρον), παρεντίθεται εἴς τι σημεῖον τοῦ ὁριζοντίου μέρους αὐτοῦ διάφραγμα Ε. Τὰ δύο χωρισμένα ἤδη μέρη ΑΒΕ καὶ ΔΓΕ, τὰ ὁποῖα εἶχον πληρωθῆ ὑγροῦ, μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῶν πωμάτων, θὰ μείνουν πλήρη ἕνεκα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως Π. Ἡ πίεσις ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Ε θὰ εἶναι Π—α (Π εἰς στήλην ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ), ἡ δὲ πίεσις ἐκ δεξιῶν πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἐπὶ τοῦ Ε θὰ εἶναι Π—(α+υ). Ἡ διαφορὰ διευθύνεται ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ εἶναι ἴση πρὸς Π—α—Π+α+υ=υ, μετρουμένη εἰς ὕψος τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν τρυπήσωμεν τὸ διάφραγμα, ἡ ροὴ θὰ ἀρχίση ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά, ἡ τομὴ Ε θὰ ἀντικατασταθῆ ὑπὸ ἄλλης καὶ τὸ ὑγρὸν τοῦ δοχείου Μ θὰ μεταβαίνῃ εἰς τὸ Ν. Ἡ ταχύτης τῆς ροῆς ἐλαττοῦται μετὰ τοῦ υ.

Ἵνα ὁ σίφων δυνηθῇ νὰ λειτουργήσῃ, πρέπει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εἰς τὸ δοχεῖον Μ νὰ εὑρίσκεται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐντὸς τοῦ δοχείου Ν ὑγροῦ, ἡ δὲ πίεσις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας χχ′ νὰ διατηρῇ τὸν σίφωνα πλήρη ἢ ἡ κατακόρυφος ἀπόστασις τοῦ ὑψηλοτέρου σημείου τοῦ σίφωνος ἀπὸ τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν τοῦ μεταγγιστέου ὑγροῦ νὰ εἶναι μικροτέρα τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν (μετρουμένην μὲ στήλην τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ).

Σημείωσις. Ὅταν ἡ τομὴ τοῦ σωλῆνος εἶναι μικρά, δὲν εἶναι ἀνάγκη ὁ μακρὸς βραχίων νὰ βυθίζεται εἰς τὸ ὑγρόν. Σίφων ὅμως μεγάλης τομῆς πρέπει νὰ ἔχῃ καὶ τὰ δύο ἄκρα του βυθισμένα. Ἄλλως θὰ ἀνέλθῃ ἀὴρ εἰς τὸν μακρὸν βραχίονα καὶ θὰ διαιρέσῃ τὴν στήλην.



Σχ. 123

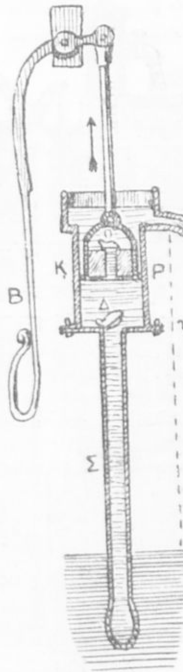


Σχ. 124

152. Σιφώνιον.—Οὕτω καλεῖται μικρὸν ὄργανον, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται κυρίως εἰς τὰ χημικὰ ἐργαστήρια πρὸς ἄντλησιν ὀλίγου ὑγροῦ ἐκ δοχείου, τὸ ὁποῖον δὲν θέλουν ἢ δὲν δύνανται νὰ μετακινήσουν. Τὸ σιφώνιον εἶναι σωλὴν ὑάλινος, εὐθύς, ἀνοικτὸς κατ᾽ ἀμφότερα τὰ ἄκρα (σχ. 124). Τὸ κατώτερον αὐτοῦ ἄκρον εἶναι αἰχμηρόν. Ἐμβαπτίζομεν τὸ κάτω μέρος τοῦ ὀργάνου τούτου ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ, ἐνῷ τὸ ἀνώτερον στόμιον εἶναι ἀνοικτόν. Τὸ ὄργανον πληροῦται μέχρι τινός, κατὰ τὴν ἀρχὴν τῶν συγκοινωνούντων δοχείων. Φράσσομεν τότε διὰ τοῦ δακτύλου τὸ ἀνώτερον στόμιον καὶ ἀποσύρομεν τὸ ὄργανον ἐκτὸς τοῦ ὑγροῦ. Τὸ ὑγρὸν ἐκρέει, ἕως ὅτου ἡ πίεσις τοῦ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ ὀργάνου ἀέρος, αὐξηθεῖσα κατὰ τὴν πίεσιν τὴν ὀφειλομένην εἰς τὸ βάρος τῆς στήλης τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον ἔμεινεν ἐντὸς τοῦ σιφωνίου, ἰσορροπήσῃ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Τὴν στιγμὴν ταύτην ἡ ἐκροὴ παύει.

153. Ὑδραντλίαι.—Αἱ ὑδραντλίαι εἶναι συσκευαὶ χρησιμεύουσαι διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῶν ὑγρῶν.

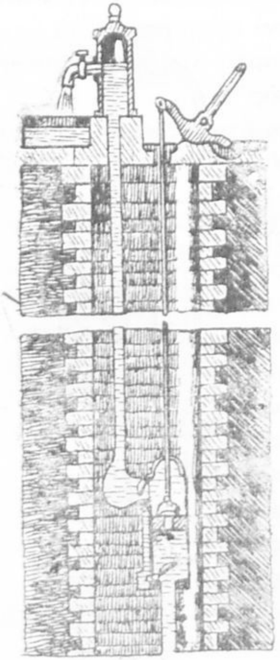
Ὑδραντλία ἀναρροφητική. Αὕτη συνίσταται ἐκ κυλίνδρου Κ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται ἔμβολον Ρ (σχ. 125). Τὸ ἔμβολον φέρει κατὰ τὸν ἄξονά του ὀχετὸν κλειόμενον ἄνωθεν διὰ δικλεῖδος Ο, ἥτις ἀνοίγεται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ὁ κύλινδρος συγκοινωνεῖ δι' ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος Σ μετὰ τῆς δεξαμενῆς, ἥτις περιέχει τὸ πρὸς ἀνύψωσιν ὑγρόν. Εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος ὑπάρχει δικλεὶς Δ, ἡ ὁποία ἀνοίγεται ἐπίσης ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω· εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος ὁ κύλινδρος φέρει πλευρικὸν σωλῆνα διὰ τὴν ἐκροὴν τοῦ ὑγροῦ. Ἡ ἀντλία αὕτη λειτουργεῖ κατ' ἀρχὰς ὡς ἀεραντλία.



Σχ. 125

Ὅταν τὸ ἔμβολον εὑρίσκεται εἰς τὸ κατώτερον μέρος τοῦ δρόμου του, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ καὶ ἐντὸς τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος καὶ ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς εὑρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Ὅταν ἀναβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον, τείνει νὰ σχηματισθῇ κάτωθεν αὐτοῦ κενόν· ἡ δικλεὶς Ο παραμένει κλειστὴ ἕνεκα τοῦ βάρους της καὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως· ἡ δικλεὶς Δ ἀνοίγεται πιεζομένη ὑπὸ τοῦ ἀέρος τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος, ὅστις εὑρίσκεται ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ὁ ἀὴρ οὗτος εἰσέρχεται τότε ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, ὁ ὄγκος του αὐξάνεται καὶ συνεπῶς ἐλαττοῦται ἡ ἐλαστική του δύναμις. Ἕνεκα τούτου τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται μέχρι τινὸς ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Τὸ βάρος τῆς ὑγρᾶς ταύτης στήλης, προστιθέμενον εἰς τὴν πίεσιν τοῦ ἀραιωθέντος ἐσωτερικοῦ ἀέρος, ἰσορροπεῖ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐντὸς τῆς δεξαμενῆς ὑγροῦ. Ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ δρόμου του, ἡ δικλεὶς Δ κλείεται ἕνεκα τοῦ βάρους της. Ὅταν καταβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον, ὁ ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀὴρ συμπιέζεται, ἡ πίεσίς του ἀνοίγει τὴν δικλεῖδα Ο καὶ ὁ ἀὴρ ἐκφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν.

Ἐὰν ἀναβιβάσωμεν πάλιν τὸ ἔμβολον, τὸ ὑγρὸν ἐξακολουθεῖ νὰ ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου νέα ποσότης ἀέρος ἐκφεύγει. Μετὰ ὀλίγας ἀναβάσεις καὶ καταβάσεις τοῦ ἐμβόλου, ἐὰν τὸ ὕψος τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος δὲν ὑπερβαίνῃ τὸ βαρομετρικὸν ὕψος εἰς στήλην τοῦ αὐτοῦ ὑγροῦ (10,33 μ. διὰ τὸ ὕδωρ), τὸ ὑγρὸν φθάνει εἰς τὴν δικλεῖδα Δ, τὴν ἀνοίγει καὶ εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον.


Σχ. 126

Ἐὰν ἡ κατωτέρα ἐπιφάνεια τοῦ ἐμβόλου ἀνυψωμένου δὲν ἀπέχει περισσότερον τῶν 10,33 μ. (προκειμένου περὶ ὕδατος) ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑγροῦ τῆς δεξαμενῆς, τὸ ὑγρόν, ἀκολουθοῦν κατὰ τὴν ἄνοδον αὐτοῦ τὸ ἔμβολον, σχηματίζει στήλην συνεχῆ καὶ πληροῖ τὸν κύλινδρον.

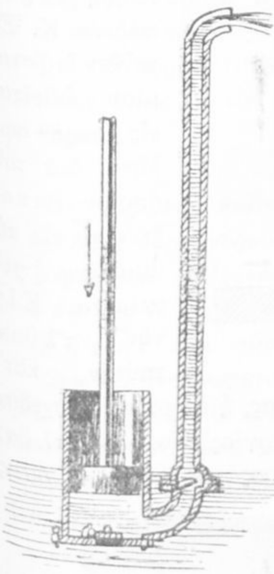
Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, ἡ δικλεὶς Δ κλείεται, τὸ δὲ ὑγρὸν συμπιεζόμενον ἀνοίγει τὴν δικλεῖδα Ο καὶ ἀνέρχεται ὑπεράνω τοῦ ἐμβόλου. Κατὰ τὴν ἑπομένην ἀνάβασιν τὸ ὑγρὸν φέρεται μέχρι τοῦ σωλῆνος ἐκροῆς, ὁπόθεν ἐκρέει.

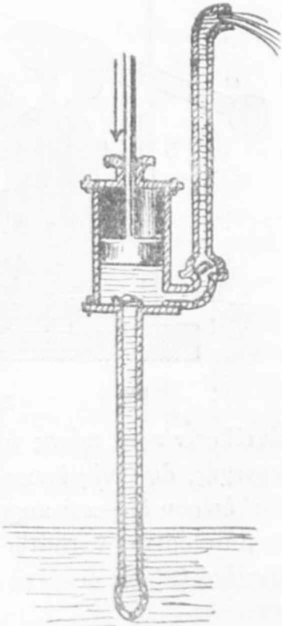
Ἀφ' ἧς στιγμῆς τὸ ὑγρὸν πληρώσῃ τὸν κύλινδρον, ἑκάστη ἀνάβασις τοῦ ἐμβόλου ἀνυψοῖ ὄγκον ὑγροῦ ἴσον πρὸς τὴν χωρητικότητα τοῦ κυλίνδρου.

Σημείωσις. Ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις δύναται νὰ ἰσορροπήσῃ βάρος στήλης ὕδατος ὕψους $0,76 \times 13,6 = 10,33$ μ. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως, ἕνεκα διαφόρων ἀτελειῶν, ἡ ἀνωτέρω ἀντλία δὲν δύναται νὰ ἀνυψώσῃ τὸ ὕδωρ ὑπὲρ τὰ 8 μέτρα. Δυνάμεθα ὅμως νὰ ἀνυψώσωμεν ὅσον θέλομεν τὸν σωλῆνα τῆς ἐκροῆς (σχ. 126).

Ὑδραντλία καταθλιπτική. Αὕτη δὲν ἔχει ἀναρροφητικὸν σωλῆνα (σχ. 127). Ὁ κύλινδρος ἐμβαπτίζεται ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ καὶ φέρει εἰς τὴν κατωτέραν βάσιν του δικλεῖδα, ἡ ὁποία ἀνοίγεται ἐκ τῶν κάτω πρὸς τὰ ἄνω. Ὁ πλάγιος σωλήν, διὰ τοῦ ὁποίου ἐκτοξεύεται τὸ ὑγρόν, ἄρχεται ἀπὸ τὸ κατώτερον μέρος τοῦ κυλίνδρου, μετὰ τοῦ ὁποίου συγκοινωνεῖ δι᾽ ὀπῆς. Ἡ ὀπὴ αὕτη κλείεται ὑπὸ δικλεῖδος, ἥτις ἀνοίγεται ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω. Ἔμβολον δὲ πλῆρες κινεῖται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου.

Ὅταν τὸ ἔμβολον ἀνυψοῦται, τείνει νὰ σχηματισθῇ κενὸν ὑπ᾽ αὐτὸ καὶ ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ὠθεῖ τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου διὰ τῆς δικλεῖδος τῆς βάσεως. Ὅταν τὸ ἔμβολον σταματήσῃ, ἡ δικλεὶς αὕτη κλείεται ἕνεκα τοῦ βάρους της. Κατὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, ἡ πλαγία δικλεὶς ἀνοίγεται καὶ τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται εἰς τὸν πλάγιον σωλῆνα. Μετά τινας ἀναβάσεις καὶ καταβάσεις τοῦ ἐμβόλου τὸ ὑγρὸν ἐκτοξεύεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρου μέρους τοῦ σωλῆνος. Ἡ ἀντλία αὕτη εἰς ἑκάστην κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου παρέχει ὄγκον ὑγροῦ ἴσον πρὸς τὴν χωρητικότητα τοῦ κυλίνδρου.

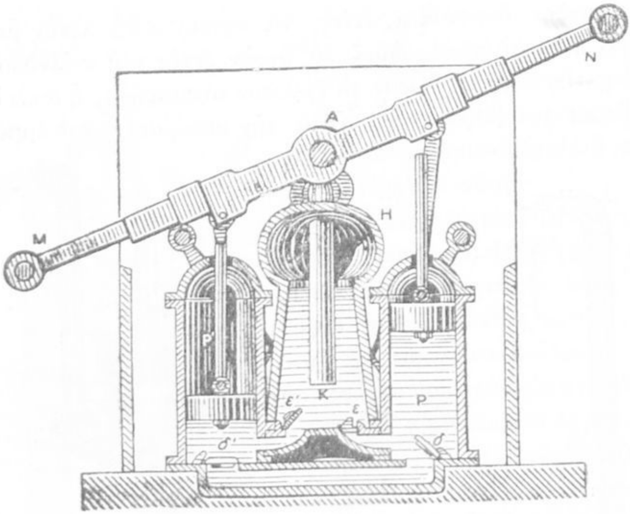

Σχ. 127


Σχ. 128

Οὐδὲν ὅριον ὑπάρχει εἰς τὸ ὕψος τοῦ πλαγίου σωλῆνος καὶ συνεπῶς εἰς τὸ ὕψος, εἰς τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν τὸ ὑγρόν. Τὸ ὑγρὸν ἀνυψοῦται ἀπ᾽ εὐθείας διὰ τῆς πιέσεως, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ τὸ ἔμβολον. Ἡ δύναμις λοιπόν, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ τὴν κατάβασιν τοῦ ἐμβόλου, αὐξάνεται μετὰ τοῦ ὕψους τοῦ πλαγίου σωλῆνος.

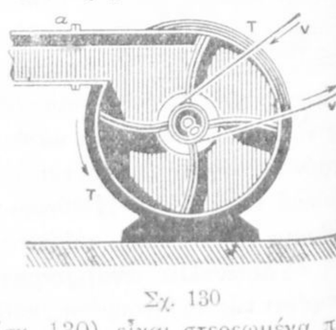
Ὑδραντλία ἀναρροφητικὴ ἅμα καὶ καταθλιπτική. Αὕτη διαφέρει τῆς προηγουμένης, καθ᾽ ὅσον φέρει καὶ ἀναρροφητικὸν σωλῆνα (σχ. 128). Ἡ ἀντλία αὕτη λειτουργεῖ κατὰ πρῶτον μὲν ὡς ἀναρροφητική, μέχρις ὅτου φέρῃ τὸ ὑγρὸν μέχρι τῆς δικλεῖδος τῆς βάσεως τοῦ κυλίνδρου, κατόπιν δὲ ὡς καταθλιπτική.

Πυροσβεστικὴ ὑδραντλία. Ἡ ἀντλία αὕτη εἶναι συνδυασμὸς δύο καταθλιπτικῶν ἀντλιῶν (σχ. 129) εὑρισκομένων ἐντὸς δεξαμενῆς ὕδατος. Τὰ ἔμβολα τούτων κινοῦνται ἐναλλὰξ οὕτως, ὥστε ἐὰν τὸ ἓν ἀναρροφᾷ ὕδωρ ἐκ τῆς δεξαμενῆς, τὸ ἄλλο ἀποστέλλει αὐτὸ εἰς τὸν πλήρη ἀέρος κώδωνα Κ. Ἐκεῖθεν διὰ στομίου ὠθεῖται εἰς μακρὸν σωλῆνα, διὰ τοῦ ὁποίου ἐκτοξεύεται εἰς τὰ καιόμενα ἀντικείμενα. Εἰς τὴν ἀντλίαν ταύτην, κατ' ἀντίθεσιν πρὸς πάσας τὰς προηγουμένας ἀντλίας, ἡ ἐκροὴ εἶναι σχεδὸν συνεχής, ἀφ' ἑνὸς ἕνεκα τῆς διαδοχικῆς λειτουργίας τῶν δύο ἀντλιῶν, ἀφ' ἑτέρου δὲ—καὶ κυριώτατα—ἕνεκα τοῦ ἀέρος τοῦ κώδωνος, ὅστις συμπιεζόμενος ὑπεράνω τοῦ ὑγροῦ ἀντιδρᾷ ἐπ' αὐτοῦ καὶ τὸ ἐξακοντίζει συνεχῶς.



Σχ. 129

154. Ἀντλίαι διὰ φυγοκέντρου δυνάμεως.—Διὰ τῶν μηχανῶν τούτων, αἵτινες στηρίζονται ἐπὶ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώνωμεν τὰ ὑγρά, νὰ ἀραιώνωμεν καὶ νὰ συμπιέζωμεν τὰ ἀέρια.



Σχ. 130

Ἀρχή. Ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος (σχ. 130) εἶναι στερεωμένα πτερύγια, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν πρὸς ἄλληλα γωνίας ἴσας, καὶ τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα περιέχουν τὸν ἄξονα. Τὸ σύστημα τοῦτο τιθέμενον εἰς ταχεῖαν περιστροφὴν συμπαρασύρει τὸ ρευστὸν (ὑγρὸν ἢ ἀέριον) ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὑρίσκεται. Τὸ ρευστὸν τοῦτο ὑφίσταται λοιπὸν τὴν ἐνέργειαν φυγοκέντρου δυνάμεως, ἥτις αὐξάνεται μετὰ τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τοῦ ἄξονος.

Ἐὰν τὸ σύστημα εἶναι ἐγκεκλεισμένον ἐντὸς κυλινδρικοῦ κιβωτίου τὸ πληροῦν τὸ κιβώτιον ρευστὸν θὰ πιέζῃ τὰ τοιχώματα αὐτοῦ, διότι θὰ τείνῃ νὰ ἐκτιναχθῇ. Ἓν πλάγιον ἄνοιγμα ἐπιτρέπει εἰς τὸ ρευστὸν νὰ διαφύγῃ διατηροῦν τὴν κατὰ τὴν ἐφαπτομένην ταχύτητα, ἥτις εἶχε μεταδοθῇ εἰς αὐτὸ ὑπὸ τῶν πτερυγίων. Ἀνανεοῦμεν τὸ ρευστόν, θέτοντες τὸ τοῦτο περιέχον δοχεῖον εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τοῦ κέντρου ὅπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἶναι μηδέν.

Εἰς τὰς τοιαύτας μηχανάς, λόγῳ τῆς φυγοκέντρου δυνάμεως, εἰς μὲν τὸ κέντρον γίνεται ἀναρρόφησις, ὅπως εἰς τὴν πνευματικὴν μηχανὴν ἢ τὴν ἀναρροφητικὴν ὑδραντλίαν, εἰς δὲ τὴν περιφέρειαν γίνεται συμπίεσις, ὅπως εἰς τὴν καταθλιπτικὴν ἀεραντλίαν ἢ τὴν καταθλιπτικὴν ὑδραντλίαν.

Προβλήματα

1ον. Σιφώνιον κυλινδρικὸν ὕψους 25 ἑκ. εἶναι βυθισμένον κατὰ 20 ἑκ. ἐντὸς ὑδραργύρου. Τὸ κλείομεν διὰ τοῦ δακτύλου εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος καὶ τὸ ἐξάγομεν κατακορύφως ἐκ τοῦ ὑδραργύρου. Ποῖον ὕψος θὰ ἔχῃ τὸ ὑγρόν, τὸ ὁποῖον θὰ μείνῃ ἐντὸς τοῦ σιφωνίου, ὅταν παύσῃ ἡ ροή; Ἀτμ. πίεσις 75 ἑκ.

2ον. Ὁ ἀναρροφητικὸς σωλὴν ὑδραντλίας ἔχει ὕψος 4 μέτρα καὶ τομὴν 3 τετρ. ἑκ. Ὁ κύλινδρος τῆς ἀντλίας ἔχει τομὴν 200 τετρ. ἑκ. Ποῖον πρέπει νὰ εἶναι τὸ ὕψος τοῦ κυλίνδρου, ἵνα διὰ τῆς πρώτης ἀναβάσεως τοῦ ἐμβόλου τὸ ὕδωρ πληρώσῃ τὸν ἀναρροφητικὸν σωλῆνα; Ἀτμ. πίεσις 75 ἑκ.

3ον. Ὁ κύλινδρος ὑδραντλίας ἔχει ὕψος 40 ἑκ., ἡ δὲ κάτω βάσις του ἀπέχει 6 μέτρα ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος ἐν τῇ δεξαμενῇ. Ἡ τομὴ τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος εἶναι τὸ 1/5 τῆς τομῆς τοῦ κυλίνδρου. Εἰς ποῖον ὕψος θὰ ἀνέλθῃ τὸ ὕδωρ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος, ὅταν ἀνυψώσωμεν τὸ ἔμβολον; Ἀτμ. πίεσις 76 ἑκ.

4ον. Ὁ σωλὴν ἀναρροφητικῆς ὑδραντλίας εἶναι πλήρης ἀέρος ὑπὸ τὴν ἀτμοσφ. πίεσιν, τοῦ ἐμβόλου ὄντος εἰς τὴν κατωτέραν θέσιν του. Ζητεῖται μέχρι ποίου ὕψους θὰ ἀνυψωθῇ τὸ ὑγρόν, ὅταν ἀναβιβάσωμεν τὸ ἔμβολον· υ καὶ ε εἶναι τὸ ὕψος καὶ ἡ τομὴ τοῦ ἀναρροφητικοῦ σωλῆνος, υ΄ καὶ ε΄ τὸ ὕψος καὶ ἡ τομὴ τοῦ κυλίνδρου τῆς ἀντλίας.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟΝ

ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΑ

155. Γενικὰ ἀποτελέσματα τῆς θερμότητος.—Θερμοκρασία καὶ ποσότης θερμότητος. Ὅταν λαμβάνωμεν ἀνὰ χεῖρας τεμάχιον πάγου, δοκιμάζομεν ὅ,τι καλοῦμεν **αἴσθημα τοῦ ψυχροῦ**. Τοὐναντίον, δοκιμάζομεν τὸ **αἴσθημα τοῦ θερμοῦ** πλησιάζοντες τὴν χεῖρα εἰς ἀνημμένην ἑστίαν. Ἡ αἰτία εἰς τὴν ὁποίαν ἀποδίδομεν τὰ αἰσθήματα ταῦτα τοῦ ψυχροῦ καὶ τοῦ θερμοῦ εἶναι ἡ **θερμότης**. Ἡ θερμότης πρὸς τούτοις ἐπιφέρει τὸν βρασμὸν τοῦ ὕδατος, τὴν τῆξιν τοῦ πάγου, τὴν διαπύρωσιν τοῦ σιδήρου. Τέλος, σχεδὸν πάντα τὰ σώματα αὐξάνονται κατ᾿ ὄγκον, ὅταν ὑφίστανται τὴν ἐνέργειαν τῆς θερμότητος. Τοῦτο ἐκφράζομεν λέγοντες, ὅτι τὰ σώματα **διαστέλλονται**.

Βυθίσωμεν ἐντὸς δοχείου, περιέχοντος ὕδωρ ψυχρόν, μᾶζαν μετάλλου ἰσχυρῶς θερμανθεῖσαν· τὸ ὕδωρ θερμαίνεται, ἐνῷ τὸ μέταλλον ψύχεται, ὡς ἐὰν εἶχε μεταδώσει εἰς τὸ ὕδωρ μέρος τῆς θερμότητός του.

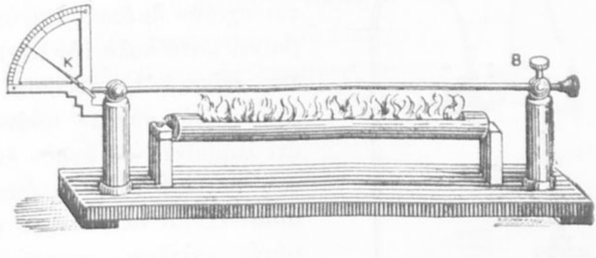
Ἡ φλὸξ φωταερίου π.χ. εἶναι πηγὴ θερμότητος. Ἐὰν θέσωμεν ὑπεράνω τῆς φλογὸς ταύτης δοχεῖον πλῆρες ὕδατος, τοῦτο λαμβάνει συνεχῶς ἐκ τῆς θερμότητος ταύτης καὶ παρατηροῦμεν, ὅτι καθίσταται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον θερμότερον, ἐφ᾿ ὅσον ἀπορροφᾷ **ποσότητας** θερμότητος ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγαλυτέρας. Διὰ νὰ ἐκφράσωμεν, ὅτι τὰ σώματα εἶναι περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον θερμά, λέγομεν, ὅτι ἔχουν **θερμοκρασίας διαφόρους**: ὑψηλοτέραν μὲν τὸ θερμότερον, ταπεινοτέραν δὲ τὸ ὀλιγώτερον θερμόν.

Ἐὰν ἀφήσωμεν **ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον** ἄνωθεν **τῆς αὐτῆς φλογὸς** κατὰ πρῶτον μὲν μικρὰν ποσότητα ὕδατος, κατόπιν δὲ ὀλίγον μεγαλυτέραν, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ μικροτέρα ποσότης καθίσταται θερμοτέρα τῆς ἄλλης· πρέπει νὰ θερμάνωμεν τὴν δευτέραν ἐπὶ περισσότερον χρόνον, νὰ μεταδώσωμεν δηλ. εἰς αὐτὴν περισσοτέραν θερμότητα, ἵνα θερμανθῇ καὶ αὕτη ὅσον ἡ πρώτη. Ἡ **θερμοκρασία** λοιπὸν ἑνὸς σώματος, ἡ ὁποία εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐνεργείας τῆς θερμότητος ἐπὶ τούτου, πρέπει νὰ διακριθῇ ἀπὸ τὴν **ποσότητα τῆς θερμότητος**, ἡ ὁποία τὴν παράγει.

Ποσότης τις θερμότητος δύναται νὰ εἶναι διπλασία, τριπλασία κτλ. ἄλλης. Εἶναι λοιπὸν αὕτη μέγεθος δυνάμενον νὰ μετρηθῇ. Θὰ ἴδωμεν, ὅτι δὲν συμβαίνει τὸ αὐτὸ διὰ τὴν θερμοκρασίαν.

Πρῶται ἔννοιαι ἐπὶ τῆς διαστολῆς τῶν σωμάτων. Τὴν διαστολὴν τῶν σωμάτων δυνάμεθα νὰ καταστήσωμεν φανερὰν διά τινων ἁπλῶν πειραμάτων.

156. α) Διαστολὴ τῶν στερεῶν. — Λαμβάνομεν ῥάβδον μεταλλικὴν (σχ. 131), τὸ ἓν ἄκρον τῆς ὁποίας στερεοῦμεν εἰς τὸ Β. Τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τῆς ῥάβδου ταύτης τίθεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ μικροτέρου βραχίονος μοχλοῦ Κ, ὅστις δύναται νὰ κινηθῇ ἐπὶ τόξου. Ὑπὸ τὴν ῥάβδον ὑπάρχει ἐπιμήκης σκαφίς, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἀνάπτομεν οἰνόπνευμα. Ἡ βελόνη εὑρίσκεται κατ' ἀρχὰς εἰς τὸ μηδὲν τοῦ τόξου· καθ' ὅσον ὅμως ἡ ῥάβδος θερμαίνεται, ἡ βελόνη ἀνέρχεται. Τοῦτο δεικνύει τὴν κατὰ μῆκος διαστολὴν τῆς ῥάβδου.



Σχ. 131

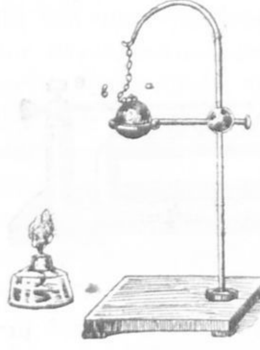
Ὅταν στερεόν τι θερμαίνεται, ὅλαι αἱ διαστάσεις του αὐξάνονται. Οὕτω:

Διὰ τοῦ μεταλλικοῦ δακτυλίου (σχ. 132) διέρχεται ἐλευθέρως, εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, σφαῖρα α ἐκ χαλκοῦ ἔχουσα τὴν αὐτὴν περίπου διάμετρον μετὰ τοῦ δακτυλίου. Ἐὰν ἡ σφαῖρα αὕτη θερμανθῇ διὰ λύχνου οἰνοπνεύματος, χωρὶς νὰ θερμανθῇ καὶ ὁ δακτύλιος, δὲν δύναται πλέον νὰ διέλθῃ διὰ μέσου τοῦ δακτυλίου· συνεπῶς ὁ ὄγκος τῆς σφαίρας ηὐξήθη.

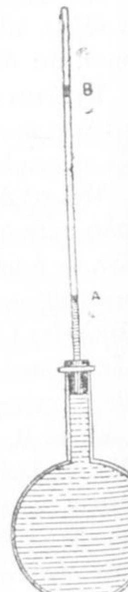
Διέρχεται ὅμως ἡ σφαῖρα διὰ τοῦ δακτυλίου, ἐὰν συγχρόνως θερμάνωμεν καὶ τοῦτον. Γενικῶς, σῶμά τι κοῖλον αὐξάνεται κατ' ὄγκον, ὡς ἐὰν ἦτο πλῆρες.

Σημείωσις. Σώματά τινα, ὅπως π. χ. τὸ καουτσούκ, τὸ ἀργίλιον, θερμαινόμενα συστέλλονται, ἀντὶ νὰ διαστέλλωνται.

157. β) **Διαστολὴ τῶν ὑγρῶν.**—Ἡ διαστολὴ τῶν ὑγρῶν εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς τῶν στερεῶν. Διὰ νὰ δείξωμεν τοῦτο, πληροῦμεν ὑαλίνην σφαῖραν, καταλήγουσαν εἰς εὐθὺν σωλῆνα, διὰ κεχρωσμένου ὑγροῦ (σχ. 133). Ἐὰν θέσωμεν ἀποτόμως τὴν σφαῖραν ταύτην ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος, βλέπομεν κατ' ἀρχὰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑγρᾶς στήλης νὰ κατέρχεται, ἕνεκα τῆς διαστολῆς τῆς σφαίρας. Ἀλλ' ἐπειδὴ ἡ διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς διαστολῆς τῆς ὑάλου, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ ἀνέρχεται σχεδὸν ἀμέσως καὶ ὑπερβαίνει κατὰ πολὺ τὴν ἀρχικήν της θέσιν. Ἡ αὔξησις τοῦ ὄγκου, τὴν ὁποίαν φαίνεται ὅτι λαμβάνει τὸ ὑγρὸν ἐντὸς τοῦ δοχείου του, τὸ ὁποῖον διαστέλλεται ὀλιγώτερον ἀπὸ αὐτό, καλεῖται **φαινομένη διαστολὴ** τοῦ ὑγροῦ. Αὕτη προφανῶς εἶναι μικροτέρα τῆς **ἀπολύτου διαστολῆς του**, δηλ. τῆς αὐξήσεως τοῦ ὄγκου, τὴν ὁποίαν πράγματι τοῦτο ὑφίσταται.



Σχ. 132



Σχ. 133

158. γ) **Διαστολὴ τῶν ἀερίων.**—Τὴν μεγάλην διαστολὴν τῶν ἀερίων καθιστῶμεν φανερὰν διὰ τῆς αὐτῆς συσκευῆς. Πρὸς τοῦτο ἀφίνομεν εἰς τὴν ἀνωτέρω σφαιρικὴν φιάλην τὰ $\frac{2}{3}$ τοῦ κεχρωσμένου ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον περιεῖχε, καὶ καταβιβάζομεν τὸν σωλῆνα, ὥστε νὰ βυθισθῇ ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν κατόπιν ἐφαρμόσωμεν τὰς παλάμας μας ἐπὶ τῆς φιάλης, τὸ ὑγρὸν ἀνέρχεται ταχέως ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ ὑγρὸν πιέζεται ὑπὸ τοῦ ἐντὸς τῆς φιάλης ἀέρος, ὅστις, θερμαινόμενος ὑπὸ τῆς θερμότητος τῆς χειρός μας, διαστέλλεται.

Εἰς τὸ πείραμα τοῦτο, ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀέρος παραμένει ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Λέγομεν τότε, ὅτι ὁ ἀὴρ διαστέλλεται ὑπὸ **σταθερὰν πίεσιν**.

Ἐὰν ὅμως ἐμποδίσωμεν τὴν διαστολὴν τοῦ ἀερίου, ἡ ἐλαστική του δύναμις βαθμηδὸν αὐξάνεται.

Κλείομεν σφαιρικὸν δοχεῖον διὰ πώματος φέροντος ἀσφαλιστικὸν σωλῆνα, χύνομεν ἐντὸς του σωλῆνος τούτου ὀλίγον ὑδράργυρον καὶ κατόπιν βυθίζομεν τὸ δοχεῖον ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος (σχ. 134). Ὁ ὑδράργυρος τότε κατέρχεται εἰς τὸν μικρὸν βραχίονα καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν μέγαν, ἕνεκα τῆς διαστολῆς τοῦ ἐντὸς τοῦ δοχείου ἀέρος. Ἐπαναφέρομεν τὸν ὑδράργυρον εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν α εἰς τὸν μικρὸν βραχίονα, χύνοντες ἐντὸς τοῦ μεγαλυτέρου ὑδράργυρον. Ἡ ἀπόστασις υ τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου δίδει τὴν αὔξησιν τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τοῦ ἀερίου ὑπὸ **σταθερὸν ὄγκον**.

Σχ. 134

Σημείωσις. Εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα τὰ σώματα, ὅταν ψυχθοῦν, ἀναλαμβάνουν τὸν ἀρχικόν των ὄγκον. Ἐκ τούτου ἀποδεικνύεται, ὅτι ἡ ψύξις προκαλεῖ τὴν συστολὴν τῶν σωμάτων.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΙ

159. Γενικαὶ ἔννοιαι τῶν θερμοκρασιῶν.—Δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν διὰ συγκρίσεως τὰς θερμοκρασίας τῶν σωμάτων ἁπτόμενοι αὐτῶν· ἀλλ᾽ ὁ τρόπος οὗτος τῆς ἐνεργείας δὲν θὰ εἶναι κατάλληλος διὰ σώματα πολὺ θερμὰ ἢ πολὺ ψυχρά· διὰ τὰ λοιπὰ ἡ μέθοδος αὕτη δὲν θὰ δώσῃ ἀρκετὴν ἀκρίβειαν.

Διὰ τοῦτο προκειμένου νὰ ἐκτιμήσωμεν τὰς θερμοκρασίας μετὰ ὡρισμένης ἀκριβείας, καταφεύγομεν εἰς τὰς **μεταβολὰς τοῦ ὄγκου**, τὰς ὁποίας ὑφίστανται τὰ σώματα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος.

Θεωρήσωμεν τὴν ἀνωτέρω σφαιρικὴν φιάλην (σχ. 133) πλήρη ὑδραργύρου. Ἐφ᾽ ὅσον ἡ ἐπιφάνεια τούτου εἰς τὸν σωλῆνα μένει σταθερά, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὀργάνου εἶναι **στάσιμος**. Ἐὰν ἴδωμεν, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τούτου ἀνέρχεται, ἡ φαινομένη αὕτη διαστολὴ τοῦ ὑδραργύρου δεικνύει, ὅτι οὗτος θερμαίνεται. Λέγομεν τότε, ὅτι ἡ θερμοκρασία του **ἀνέρχεται**. Ἀντιστρόφως, πτῶσις τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου θὰ δείξῃ **πτῶσιν** τῆς θερμοκρασίας.

Ἂς βυθίσωμεν τὴν φιάλην ταύτην ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος. Τὸ ὕδωρ ψύχεται ὀλίγον, θερμαῖνον τὴν φιάλην καὶ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἀνέρχεται· ἄρα ἡ θερμοκρασία του ἀνέρχεται. Τοῦτο θὰ ἐξακολουθῇ νὰ συμβαίνῃ, ἕως ὅτου τὰ δύο σώματα γίνουν ἐξ ἴσου θερμά· αἱ θερμοκρασίαι των τότε θὰ εἶναι ἴσαι. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου μένει στάσιμος, διότι ἡ φιάλη λαμβάνει ἀπὸ τὸ ὕδωρ τόσην θερμότητα, ὅσην παραχωρεῖ εἰς αὐτό. Ἐφοδιάζοντες λοιπὸν τὸν σωλῆνα τοῦ ὀργάνου μὲ κλίμακα βαθμολογημένην, διὰ νὰ σημειώνωμεν τὸ ὕψος τοῦ ὑδραργύρου, δυνάμεθα νὰ **συγκρίνωμεν** τὰς θερμοκρασίας τῶν διαφόρων μέσων, ἐντὸς τῶν ὁποίων φέρομεν τὸ ὄργανον διαδοχικῶς.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω βλέπομεν, ὅτι ἡ θερμοκρασία δὲν εἶναι μέγεθος δυνάμενον νὰ μετρηθῇ.

Διὰ νὰ δυνηθῶμεν λοιπὸν νὰ σπουδάσωμεν τὰς θερμοκρασίας, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν συμβατικὴν κλίμακα διῃρημένην, εἰς τὴν ὁποίαν μία θερμοκρασία θὰ παρίσταται ὑπὸ ἀριθμοῦ τόσον μεγαλυτέρου, ὅσον καὶ ἡ θερμοκρασία αὕτη θὰ εἶναι περισσότερον ὑψηλή.

160. Θερμοκρασίαι σταθεραί.— Ἐὰν φέρωμεν ἐντὸς τηκομένου πάγου τὸ ἀνωτέρω ὄργανον, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου εἰς τὸν σωλῆνα θὰ παραμένῃ σταθερὰ εἰς ὡρισμένον σημεῖον, ἐφ᾽ ὅσον ὑπάρχει τεμάχιον πάγου ἄτηκτον. Γενικῶς, σῶμα **βυθισμένον** ἐντὸς τηκομένου πάγου δὲν μεταβάλλεται κατ᾽ ὄγκον. Ἄρα ἡ θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου εἶναι σταθερά. Κατὰ συνθήκην, ὀνομάζομεν τὴν θερμοκρασίαν ταύτην 0.

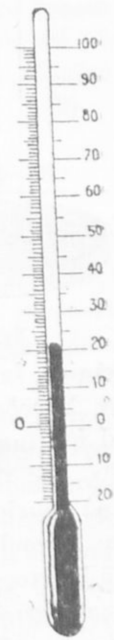
Ἐὰν θέσωμεν τὸ ὄργανον ἐντὸς τῶν ἀτμῶν ζέοντος ὕδατος, ὑπὸ ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν 76 ἑκ., ὁ ὑδράργυρος καταλαμβάνει τὸ σφαιρικὸν δοχεῖον καὶ τὸν σωλῆνα μέχρις ὕψους πολὺ μεγαλυτέρου ἀπὸ τὸ ὕψος, τὸ ὁποῖον εἶχε λάβει ἐντὸς τοῦ τηκομένου πάγου. Τὸ ὕψος τοῦτο δὲν μεταβάλλεται, ἐφ᾽ ὅσον δὲν μεταβάλλεται ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις. Ὁ ἀτμὸς λοιπὸν τοῦ ζέοντος ὕδατος ὑπὸ πίεσιν 76 ἑκ. ἔχει θερμοκρασίαν σταθεράν. Κατὰ συνθήκην ὀνομάζομεν τὴν θερμοκρασίαν ταύτην 100.

Ἡ κλῖμαξ τῶν θερμοκρασιῶν, τῆς ὁποίας τὰ δύο σταθερὰ σημεῖα χαρακτηρίζονται διὰ τοῦ 0 καὶ τοῦ 100, εἶναι ἡ μᾶλλον χρησιμοποιουμένη καὶ καλεῖται **ἑκατονταδική**.

161. Θερμόμετρα.—Τὰ θερμόμετρα εἶναι ὄργανα, τὰ ὁποῖα διὰ τῆς μεταβολῆς τοῦ ὄγκου τοῦ περιεχομένου των μᾶς γνωρίζουν τὴν θερμοκρασίαν σώματος (ἢ περιοχῆς), μετὰ τοῦ ὁποίου ἐτέθησαν εἰς ἐπαφήν.

Τὰ μᾶλλον χρησιμοποιούμενα θερμόμετρα εἶναι τὰ δι᾽ ὑδραργύρου, μὲ κλίμακα ἑκατονταδικήν.

Θερμόμετρον δι᾽ ὑδραργύρου.—Εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν θερμομέτρων προτιμῶμεν τὸν ὑδράργυρον, διότι οὗτος ὡς μέταλλον ἄγει τὴν θερμότητα καλύτερον ἀπὸ ὅλα τὰ ἄλλα ὑγρὰ καὶ τίθεται τοιουτοτρόπως ταχύτερον ἀπὸ ἐκεῖνα εἰς ἰσορροπίαν θερμοκρασίας μετὰ τοῦ περιβάλλοντος. Ἐπὶ πλέον, διαστέλλεται κανονικώτατα καὶ ζέει εἰς 357°, παραμένων ὑγρὸς μέχρι —39°. Τέλος εὐκόλως λαμβάνεται καθαρὸς καὶ καθίσταται ὁρατὸς ἐντὸς πολὺ λεπτοῦ σωλῆνος.

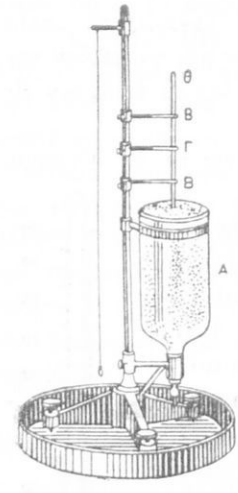


Σχ. 135

Τὰ ὑδραργυρικὰ θερμόμετρα συνίστανται ἐκ σωλῆνος ὑαλίνου πολὺ μικρᾶς ἐσωτερικῆς διαμέτρου, ὁ ὁποῖος ἀπολήγει κατὰ τὸ ἓν ἄκρον εἰς κυλινδρικὸν ἢ σφαιρικὸν δοχεῖον περιέχον ὑδράργυρον. Τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ σωλῆνος εἶναι κλειστὸν (σχ. 135).

Βαθμολογία τοῦ θερμομέτρου. Προσδιορισμὸς τοῦ μηδενός.—Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ μηδέν, εἰσάγομεν τὸ θερμόμετρον ἐντὸς τριμμένου πάγου οὕτως ὥστε τὸ μέρος τοῦ θερμομέτρου τὸ περιέχον τὸν ὑδράργυρον νὰ εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ πάγου (σχ. 136). Ὅταν ὁ ὑδράργυρος παύσῃ νὰ συστέλλεται, ὅταν δηλ. ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου μείνῃ στάσιμος εἰς ὡρισμένον σημεῖον τοῦ σωλῆνος, χαράσσομεν εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ τηκομένου πάγου, τὸ 0.

Προσδιορισμὸς τοῦ 100.—Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὸ 100, τοποθετοῦμεν τὸ θερμόμετρον ἐντὸς εἰδικῆς συσκευῆς (σχ. 137), ἐντὸς τῆς ὁποίας παράγονται διὰ βρασμοῦ ἀτμοὶ ὕδατος. Τὸ δοχεῖον δὲν πρέπει νὰ βυθίζεται εἰς τὸ ὕδωρ· τὸ διατηροῦμεν εἰς ἀπόστασιν δύο περίπου ἑκατοστῶν ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τοῦ ζέοντος ὕδατος. Ὁ ὑδράργυρος, θερμαινόμενος ὑπὸ τῶν ἀτμῶν, διαστέλλεται καὶ ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ὅταν παύσῃ νὰ ἀνέρχεται, ὅταν δηλ. ἡ ἐπιφάνειά του μείνῃ στάσιμος εἰς ὡρισμένον σημεῖον τοῦ σωλῆνος, χαράσσομεν εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος, τὸ 100.

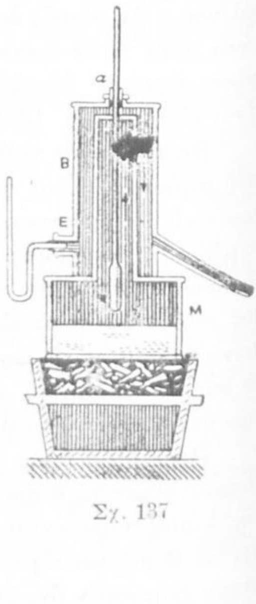


Σχ. 136

Ἀφ᾽ οὗ προσδιορίσωμεν τοιουτοτρόπως τὰ δύο σταθερὰ σημεῖα, διαιροῦμεν τὸ μεταξὺ αὐτῶν διάστημα εἰς 100 ἴσα μέρη, τὰ ὁποῖα καλοῦμεν **βαθμούς**, καὶ ἐπεκτείνομεν τὰς διαιρέσεις ὑπεράνω τῶν 100 καὶ κάτω τοῦ 0.

Οἱ βαθμοὶ σημειοῦνται διὰ μικροῦ μηδενικοῦ, τὸ ὁποῖον γράφομεν ὡς ἐκθέτην ἐπὶ τοῦ ἀριθμοῦ τοῦ δεικνύοντος τὴν θερμοκρασίαν, πρὸς διάκρισιν δὲ σημειοῦμεν διὰ τοῦ—(πλὴν) τὰς κάτω τοῦ μηδενὸς θερμοκρασίας.

162. Ἄλλαι κλίμακες.— Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω ἑκατονταβάθμου κλίμακος (κλῖμαξ τοῦ Κελσίου, ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ προτείναντος αὐτὴν Σουηδοῦ φυσικοῦ Κελσίου), ὑφίστανται καὶ ἡ κλῖμαξ τοῦ Ρεωμύρου καὶ ἡ τοῦ Φαρενάϊτ. Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ Ρεωμύρου τὰ σταθερὰ σημεῖα εἶναι 0 (θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου) καὶ 80 (θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος), τὸ δὲ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα ἔχει διαιρεθῇ εἰς 80 ἴσα μέρη. Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ Φαρενάϊτ, τὰ σταθερὰ σημεῖα εἶναι τὸ 32 (θερμοκρασία τοῦ τηκομένου πάγου) καὶ τὸ 212 (θερμοκρασία τῶν ἀτμῶν τοῦ ζέοντος ὕδατος), τὸ δὲ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα ἔχει διαιρεθῇ εἰς 180 ἴσα μέρη.



Σχ. 137

163. Μετατροπὴ τῶν θερμομετρικῶν βαθμῶν.—Γενικῶς, μετατρέπομεν τοὺς θερμομετρικοὺς βαθμοὺς διὰ τῆς σχέσεως:

$$\frac{K}{5} = \frac{P}{4} = \frac{\Phi - 32}{9}$$

Διότι, ἐὰν ἐπὶ θερμομέτρου φέροντος καὶ τὰς τρεῖς κλίμακας καλέσωμεν $\varkappa$ τὸ μῆκος μιᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Κελσίου, ϱ τὸ μῆκος μιᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Ρεωμύρου καὶ φ τὸ μῆκος μιᾶς διαιρέσεως τῆς κλίμακος Φαρενάϊτ, τὸ διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ 0 καὶ 100 ἰσοῦται πρὸς $100\varkappa = 80\varrho = 180\varphi$. (1)

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ Κ, Ρ καὶ Φ τοὺς ἀριθμοὺς τῶν βαθμῶν τῶν σημειουμένων ἐπὶ τῶν τριῶν κλιμάκων **διὰ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν**, τὸ μῆκος τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ τοῦ μηδενὸς καὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου εἶναι ἐπὶ τῶν τριῶν κλιμάκων τὸ αὐτό. Ἄρα $K\varkappa = P\varrho = (\Phi - 32)\varphi$. (2)

Διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς (2) καὶ (1) λαμβάνομεν:

$$\frac{K}{100} = \frac{P}{80} = \frac{\Phi - 32}{180} \quad \text{ἢ} \quad \frac{K}{5} = \frac{P}{4} = \frac{\Phi - 32}{9}.$$

(Κ=βαθμοὶ Κελσίου, Ρ=βαθμοὶ Ρεωμύρου, Φ=βαθμοὶ Φαρενάϊτ).

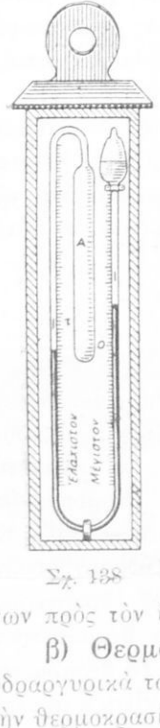
164. Οἰνοπνευματικὸν θερμόμετρον.—Διὰ τὸν προσδιορισμὸν πολὺ χαμηλῶν θερμοκρασιῶν χρησιμοποιεῖται τὸ δι' οἰνοπνεύματος θερμόμετρον, διότι ὁ ὑδράργυρος πήγνυται εἰς θερμοκρασίαν —39° Κ, ἐνῷ τὸ οἰνόπνευμα πήγνυται εἰς θερμοκρασίαν —130°,7 Κ.

Τὰ θερμόμετρα ταῦτα ἔχουν σωλῆνα εὐρύτερον τῶν ὑδραργυρικῶν, διότι τὸ οἰνόπνευμα διαστέλλεται πολὺ περισσότερον τοῦ ὑδραργύρου. Βαθμολογοῦνται δὲ διὰ συγκρίσεως πρὸς ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον.

165. Θερμόμετρα μεγίστου καὶ ἐλαχίστου.—Τὰ θερμόμετρα ταῦτα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μετεωρολογίαν. Ταῦτα εἶναι κατεσκευασμένα τοιουτοτρόπως, ὥστε νὰ διατηροῦν τὰς ἐνδείξεις τῆς ὑψηλοτέρας καὶ τῆς ταπεινοτέρας θερμοκρασίας, αἱ ὁποῖαι ἐσημειώθησαν ἐντὸς ὡρισμένου χρονικοῦ διαστήματος.

α) Θερμόμετρον Six καὶ Bellani. Τὸ σχῆμα 138 παριστᾷ θερμόμετρον μεγίστου καὶ ἐλαχίστου τῶν Six καὶ Bellani. Ταῦτο περιέχει ὑδράργυρον, πρὸς τὰ ἄνω δέ, ἐντὸς τῶν δύο βραχιόνων, οἰνόπνευμα. Ὁ πρὸς τὰ ἀριστερὰ βραχίων, **τελείως πλήρης,** συγκοινωνεῖ μετὰ τοῦ δοχείου Α, ὁ δὲ πρὸς τὰ δεξιὰ εἶναι ἐν μέρει πεπληρωμένος. Δύο δεῖκται ἐκ χάλυβος εὑρίσκονται ἐντὸς τοῦ οἰνοπνεύματος, ἄνωθεν τοῦ ὑδραργύρου, εἰς τοὺς δύο βραχίονας. Ἐλαφρὰ τριβὴ ἐπὶ τῆς ὑάλου ἀρκεῖ νὰ τοὺς διατηρῇ, παρὰ τὸ βάρος των, εἰς οἱανδήποτε θέσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος τοῦ θερμομέτρου.

Διὰ νὰ μεταχειρισθῶμεν τὸ ὄργανον, φέρομεν τὸν δείκτην ἑκάστου βραχίονος εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ὑδραργύρου, χρησιμοποιοῦντες πρὸς τοῦτο ἐξωτερικῶς μαγνήτην, διὰ τοῦ ὁποίου τὸν καταβιβάζομεν.



Σχ. 138

Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται, τὸ οἰνόπνευμα διαστέλλεται καὶ πιέζει τὸν ὑδράργυρον ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιά. Ὁ δείκτης τοῦ ἀριστεροῦ βραχίονος παραμένει εἰς τὴν θέσιν του, τὸ δὲ οἰνόπνευμα διέρχεται πέριξ αὐτοῦ, χωρὶς νὰ τὸν μετακινήσῃ. Ὁ δείκτης τότε τοῦ δεξιοῦ βραχίονος ἀνωθεῖται ὑπὸ τοῦ ὑδραργύρου μέχρι σημείου, ἀπὸ τοῦ ὁποίου δὲν κατέρχεται, ὅταν κατέλθῃ ἡ θερμοκρασία. Ἀντιστρόφως, ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέλθῃ, ὁ ὑδράργυρος προχωρῶν εἰς τὸν ἀριστερὸν βραχίονα ἀνυψοῖ τὸν δείκτην, ὅστις εὑρίσκεται πρὸς τὸ μέρος τοῦτο. Ὁ ἄλλος δείκτης παραμένει εἰς τὴν θέσιν του. Ὁ ἀνυψωθεὶς δείκτης δὲν κατέρχεται πλέον. Οἱ δύο βραχίονες φέρουν ἕκαστος κλίμακα, ἡ ὁποία ἐχαράχθη διὰ συγκρίσεως πρὸς θερμόμετρον ὑδραργυρικόν. Ὁ πρὸς τὰ ἀριστερὰ δείκτης δεικνύει τὴν ἐλαχίστην θερμοκρασίαν, ὁ δὲ πρὸς τὰ δεξιὰ τὴν μεγίστην (διὰ τῶν ἄκρων αὐτῶν τῶν ἐστραμμένων πρὸς τὸν ὑδράργυρον).

β) Θερμόμετρα ἰατρικά. Ταῦτα εἶναι θερμόμετρα ὑδραργυρικὰ τοῦ μεγίστου, διὰ τῶν ὁποίων προσδιορίζομεν τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος. Εἶναι βαθμολογημένα εἰς δέκατα τοῦ βαθμοῦ, μεταξὺ 34° καὶ 44°. Ἐπειδὴ ἡ ἀνάγνωσις γίνεται μόνον μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ θερμομέτρου ἀπὸ τοῦ σώματος, εἶναι ἀνάγκη ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη νὰ μὴ δύναται νὰ ὀπισθοδρομήσῃ. Πρὸς τοῦτο ὁ σωλὴν φέρει στένωμα ὑπεράνω τοῦ δοχείου, τοῦτο δὲ ἐμποδίζει τὴν κίνησιν τοῦ ὑδραργύρου (σχ. 139). Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνυψοῦται, ὁ ὑδράργυρος διαστέλλεται, διέρχεται τὸ στένωμα καὶ ἀνέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα· ἀλλ' ὅταν ἡ θερμοκρασία ταπεινοῦται ὁ ὑδράργυρος συστέλλεται εὐθύς, ἀλλὰ τὸ στένωμα διατηρεῖ τὴν στήλην τοῦ ὑδραργύρου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ παράγεται κενὸν μεταξὺ τοῦ στενώματος καὶ τοῦ ὑδραργύρου τοῦ δοχείου. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ παρατηρήσωμεν ἀνέτως τὴν θερμοκρασίαν.


Σχ. 139

Πρὸ πάσης χρήσεως κανονίζομεν τὸ ὄργανον κρατοῦντες αὐτὸ μὲ τὸ δοχεῖον πρὸς τὰ ἔξω καὶ τινάσσοντες ἰσχυρῶς πρὸς τὰ κάτω· τοιουτοτρόπως ἡ ὑδραργυρικὴ στήλη ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ὑπολοίπου μάζης τοῦ ὑδραργύρου.

Προβλήματα

1ον. Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Ρεωμύρου:

α) 35 βαθμοὶ Κελσίου *β) 12 βαθμοὶ Φαρενάϊτ*

γ) — 12 » » *δ) 45 » »*

2ον. Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Κελσίου:

α) 28 βαθμοὶ Ρεωμύρου *β) 32 βαθμοὶ Φαρενάϊτ*

γ) 44 » » *δ) —40 » »*

3ον. Νὰ τραπῶσιν εἰς βαθμοὺς Φαρενάϊτ:

α) 40 βαθμοὶ Κελσίου *β) 32 βαθμοὶ Ρεωμύρου*

γ) —40 » » *δ) —30 » »*

4ον. Δύο θερμόμετρα, ἓν τοῦ Κελσίου καὶ ἓν τοῦ Φαρενάϊτ, τοποθετημένα παραλλήλως, ἔδειξαν κατά τινα στιγμὴν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν, χαρακτηριζόμενον διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου. Ζητεῖται: ποῖος ὁ ἀριθμὸς οὗτος καὶ ποῖον τὸ σημεῖον αὐτοῦ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΔΙΑΣΤΟΛΩΝ

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ

166. Συντελεσταὶ διαστολῆς.—Εἰς τὴν διαστολὴν σώματος στερεοῦ, δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν εἴτε τὴν αὔξησιν τῆς ἀποστάσεως δύο ἐκ τῶν σημείων αὐτοῦ (**γραμμικὴ** διαστολή), εἴτε τὴν αὔξησιν τοῦ ἐμβαδοῦ ὡρισμένου μέρους τῆς ἐπιφανείας του (κατ' **ἐπιφάνειαν** διαστολή), εἴτε τέλος τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου του (**κυβικὴ** διαστολή).

167. Γραμμικὴ διαστολή.—Καλέσωμεν μ_0 τὸ μῆκος ράβδου εἰς 0°, μ_ϑ δὲ τὸ μῆκος, τὸ ὁποῖον λαμβάνει ἡ αὐτὴ ράβδος εἰς ϑ°. Ἡ ὁλικὴ αὐτῆς γραμμικὴ διαστολὴ μεταξὺ 0° καὶ ϑ° εἶναι $\mu_\vartheta - \mu_0$, ἡ διαστολὴ κατὰ μονάδα μήκους (μετρουμένην εἰς 0°) εἶναι $\dfrac{\mu_\vartheta - \mu_0}{\mu_0}$

καὶ ἡ διαστολὴ κατὰ μονάδα μήκους δι᾽ ὕψωσιν θερμοκρασίας κατὰ 1° εἶναι $\frac{\mu_\vartheta - \mu_o}{\mu_o \vartheta}$.

Ἡ τελευταία αὕτη σχέσις καλεῖται **συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς**. Παραστήσωμεν αὐτὴν διὰ **λ**, ἤτοι

$$\frac{\mu_\vartheta - \mu_o}{\mu_o \vartheta} = \lambda \qquad (1)$$

Συντελεστὴς λοιπὸν τῆς γραμμικῆς διαστολῆς μιᾶς ράβδου εἶναι ἡ σταθερὰ ἐπιμήκυνσις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ μονὰς τοῦ μήκους τῆς ράβδου ταύτης, λαμβανομένη εἰς 0°, δι᾽ ὕψωσιν θερμοκρασίας κατὰ 1°.

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) λαμβάνομεν:

$$\mu_\vartheta - \mu_o = \mu_o \vartheta\lambda, \qquad \text{ἐξ ἧς} \qquad \mu_\vartheta = \mu_o + \mu_o \vartheta\lambda$$

ἢ

$$\mu_\vartheta = \mu_o (1 + \lambda\vartheta) \qquad (2)$$

τὸ $(1 + \lambda\vartheta)$ καλεῖται **διώνυμον τῆς γραμμικῆς διαστολῆς**.

Ἤτοι: διὰ νὰ εὕρωμεν τὸ μῆκος εἰς ϑ° μιᾶς ράβδου, πολλαπλασιάζομεν τὸ μῆκος αὐτῆς εἰς 0° ἐπὶ τὸ διώνυμον τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

Ἐὰν $\mu_{\vartheta'}$ τὸ μῆκος τῆς αὐτῆς ράβδου εἰς θερμοκρασίαν ϑ΄, θὰ ἔχωμεν:

$$\mu_{\vartheta'} = \mu_o (1 + \lambda\vartheta'). \qquad (3)$$

Καὶ διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς (3) καὶ (2) θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{\mu_{\vartheta'}}{\mu_\vartheta} = \frac{1 + \lambda\vartheta'}{1 + \lambda\vartheta}.$$

Ἤτοι τὰ μήκη $\mu_{\vartheta'}$ καὶ μ_ϑ τῆς αὐτῆς ράβδου εἰς δύο διαφόρους θερμοκρασίας εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ διώνυμα τῆς διαστολῆς.

168. Τύποι σχετικοὶ πρὸς τὴν κατ᾽ ἐπιφάνειαν διαστολήν.—Ἔστω E_o τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας στερεᾶς πλακὸς εἰς 0° καὶ E_ϑ τὸ ἐμβαδὸν αὐτῆς εἰς ϑ°. Ἡ αὔξησις τοῦ ἐμβαδοῦ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῆς ἀνυψοῦται κατὰ 1°, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\frac{E_\vartheta - E_o}{E_o \vartheta}$. Ἡ αὔξησις αὕτη εἶναι ὁ **συντελεστὴς τῆς κατ᾽ ἐπιφάνειαν διαστολῆς τοῦ σώματος**· παριστῶμεν τοῦτον δι᾽ ε. Οἱ τύποι οἱ σχετικοὶ πρὸς τὴν κατ᾽ ἐπιφάνειαν διαστολὴν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς τύπους τῆς γραμμικῆς διαστολῆς.

Ἤτοι $\quad E_\vartheta = E_o (1 + \varepsilon\vartheta) \quad$ καὶ $\quad E_{\vartheta'} = E_o (1 + \varepsilon\vartheta'),$

ἐξ ὧν

$$\frac{E_{\vartheta'}}{E_\vartheta} = \frac{1 + \varepsilon\vartheta'}{1 + \varepsilon\vartheta}.$$

Ὁ συντελεστὴς τῆς κατ᾽ ἐπιφάνειαν διαστολῆς σώματος στερεοῦ εἶναι αἰσθητῶς ἴσος πρὸς τὸ διπλάσιον τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς αὐτοῦ διαστολῆς, εἶναι δηλ. $\varepsilon = 2\lambda$.

Ἀπόδειξις. Ἔστω τετράγωνον πλευρᾶς μήκους ἑνὸς ἑκατοστομέτρου εἰς 0°. Τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 0° θὰ εἶναι 1 τετρ. ἑκατ., ἤτοι $E_0 = 1$. Ἐὰν θερμάνωμεν τὸ τετράγωνον τοῦτο εἰς 1°, τὸ μῆκος τῆς πλευρᾶς του γίνεται $1+\lambda$ (λ=συντελεστὴς γραμ. διαστολῆς) καὶ τὸ ἐμβαδὸν αὐτοῦ εἰς 1° γίνεται $(1+\lambda)^2$,

ἤτοι $E_1 = (1+\lambda)^2$ ἄρα $E_1 - E_0 = (1+\lambda)^2 - 1$

ἢ $E_1 - E_0 = 1 + 2\lambda + \lambda^2 - 1$ καὶ $E_1 - E_0 = 2\lambda + \lambda^2$.

Ἐπειδὴ ὁ λ εἶναι ἀριθμὸς πολὺ μικρός, τὸ τετράγωνον αὐτοῦ ὡς ἐλάχιστον δὲν λαμβάνεται ὑπ᾽ ὄψιν καὶ ἔχομεν $E_1 - E_0 = 2\lambda$.

Ἀλλὰ $E_1 - E_0$ παριστᾷ τὴν αὔξησιν, ἣν ὑφίσταται τὸ ἐμβαδὸν τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας δι᾽ αὔξησιν θερμοκρασίας κατὰ 1°, ἤτοι, κατὰ τὸν ὁρισμόν, τὸν συντελεστὴν ε. Ἔχομεν λοιπόν : $\varepsilon = 2\lambda$.

169. Τύποι σχετικοὶ πρὸς τὴν κυβικὴν διαστολήν.—Ἔστω O_0 ὁ ὄγκος εἰς 0° σώματος στερεοῦ καὶ O_ϑ ὁ ὄγκος αὐτοῦ εἰς ϑ°. Ἡ αὔξησις τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ ἀνυψοῦται κατὰ 1°, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $\dfrac{O_\vartheta - O_0}{O_0\,\vartheta}$. Ἡ αὔξησις αὕτη εἶναι ὁ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ σώματος. Παριστῶμεν αὐτὸ διὰ $\varkappa$.

Καὶ οἱ τύποι οἱ σχετικοὶ πρὸς τὴν κυβικὴν διαστολὴν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς τύπους τῆς γραμμικῆς διαστολῆς. Ἔχομεν :

$O_\vartheta = O_0\,(1+\varkappa\vartheta)$ καὶ $O_{\vartheta'} = O_0\,(1+\varkappa\vartheta')$, ἐξ ὧν $\dfrac{O_{\vartheta'}}{O_\vartheta} = \dfrac{1+\varkappa\vartheta'}{1+\varkappa\vartheta}$

Σκεπτόμενοι, ὅπως καὶ διὰ τὸν συντελεστὴν τῆς κατ᾽ ἐπιφάνειαν διαστολῆς, ἀνευρίσκομεν, ὅτι ὁ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς σώματος στερεοῦ εἶναι αἰσθητῶς ἴσος πρὸς τὸ τριπλάσιον τοῦ συντελεστοῦ τῆς γραμμικῆς αὐτοῦ διαστολῆς, $\varkappa = 3\,\lambda$.

170. Μεταβολὴ τῆς πυκνότητος μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—Ὅταν θερμαίνωμεν σῶμά τι, ὁ ὄγκος αὐτοῦ μεταβάλλεται, ἀλλ᾽ ἡ μᾶζα του μένει σταθερά. Θὰ ἔχωμεν λοιπὸν $M = O_0\,\delta_0$ καὶ $M = O_\vartheta\,\delta_\vartheta$, συνεπῶς $O_0\,\delta_0 = O_\vartheta \cdot \delta_\vartheta$, ἔνθα O_0 καὶ δ_0 παριστοῦν τὸν ὄγκον καὶ τὴν πυκνότητα τοῦ σώματος εἰς 0°, O_ϑ δὲ καὶ δ_ϑ τὸν ὄγκον καὶ τὴν πυκνότητα αὐτοῦ εἰς ϑ°. Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸν

O_θ διὰ τῆς τιμῆς του, παριστῶντες διὰ κ τὸν συντελεστὴν τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ σώματος, $[O_\theta = O_o(1+\kappa\theta)]$, ἔχομεν :

$$O_o\,\delta_o = O_o(1+\kappa\theta)\,\delta_\theta\,,\ \text{ἐξ οὗ}\ \delta_\theta = \frac{\delta_o}{1+\kappa\theta}\,.$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐφαρμόζεται καὶ εἰς τὰ ὑγρά, ὅπως καὶ εἰς τὰ στερεά.

Ἀ ρ ι θ μ η τ ι κ ὴ ἐ φ α ρ μ ο γ ή. Ἡ πυκνότης τοῦ ἀργύρου εἶναι 10,31 εἰς 0°. Ποία θὰ εἶναι ἡ πυκνότης του εἰς 150° ; Συντελεστὴς κυβ. διαστολῆς ἀργύρου=0,000058. Θὰ ἔχωμεν :

$$\delta_{150} = \frac{10{,}31}{1+0{,}000058.150} = 10{,}22$$

Π ρ ο β λ ή μ α τ α.

1ον. Ράβδος μεταλλική, εἰς 45° μὲν ἔχει μῆκος 140,2159 μέτρα, εἰς 8.5° δὲ ἔχει μῆκος 140,175 μ. Ποῖος ὁ συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ μετάλλου τούτου ;

2ον. Τὸ μῆκος ράβδου ἐκ ψευδαργύρου εἶναι 6,219 μέτρα, ὅταν αὕτη ἔχῃ θερμοκρασίαν 78°. Ποῖον θὰ εἶναι τὸ μῆκος αὐτῆς, ὅταν ἡ θερμοκρασία της θὰ εἶναι 15°. Συντελεστὴς τῆς γραμμικῆς διαστολῆς τοῦ ψευδαργύρου 0,000029.

3ον. Σφαῖρα ἐκ σιδήρου διαμέτρου 5,01 ἑκατοστομέτρων εἰς 0°, τίθεται ἐπὶ δακτυλίου ἐκ ψευδαργύρου διαμέτρου 5 ἑκατοστομ. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν πρέπει νὰ θερμανθῶσιν ἡ σφαῖρα καὶ ὁ δακτύλιος, ἵνα ἡ σφαῖρα διέλθῃ διὰ τοῦ δακτυλίου ; Συντελεστὴς διαστολῆς σιδήρου 0,0000118, ψευδαργύρου 0,000031.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΥΓΡΩΝ

171. Εἰς τὰ ὑγρά, ὡς ἐμάθομεν, διακρίνομεν τὴν **ἀπόλυτον** ἢ πραγματικὴν διαστολὴν καὶ τὴν **φαινομένην** διαστολήν. Ἐπειδὴ τὰ ὑγρὰ λαμβάνουν πάντοτε τὸ σχῆμα τοῦ δοχείου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχονται, θὰ ἐξετάσωμεν ἀπ᾿ εὐθείας τὴν κυβικὴν διαστολὴν αὐτῶν.

Ὁ συντελεστὴς τῆς κυβικῆς διαστολῆς ὑγροῦ εἶναι ἡ αὔξησις Δ, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ μονὰς τοῦ ὄγκου τοῦ ὑγροῦ τούτου δι᾿ ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας κατὰ ἕνα βαθμόν.

Εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῇ ἀπ᾿ εὐθείας ὁ συντελεστὴς οὗτος τῆς **ἀπολύτου διαστολῆς** δοθέντος ὑγροῦ, χωρὶς νὰ ὑπολογισθῇ προηγουμένως ἡ διαστολὴ τοῦ δοχείου.

Οὕτω οἱ Dulong καὶ Petit εὗρον, ὅτι ὁ συντελεστὴς τῆς ἀπολύτου διαστολῆς τοῦ ὑδραργύρου εἶναι $\frac{1}{5550}$.

172. Σχέσις μεταξὺ τῆς ἀπολύτου καὶ τῆς φαινομένης διαστολῆς.—Ἡ γνῶσις τῆς **ἀπολύτου διαστολῆς** ὑγροῦ τινος δὲν ἀρκεῖ. Εἰς τὴν πρᾶξιν πᾶν ὑγρὸν περιέχεται πάντοτε ἐντὸς δοχείου. Ἐντὸς τοῦ δοχείου τούτου βλέπομεν τὴν **φαινομένην διαστολὴν** τοῦ ὑγροῦ, ἡ ὁποία μεταβάλλεται μετὰ τῆς φύσεως τῆς οὐσίας, ἐκ τῆς ὁποίας ἀποτελεῖται τὸ τοίχωμα τοῦ δοχείου. Πρέπει λοιπὸν νὰ λάβωμεν ὑπ᾽ ὄψιν τὴν διαστολὴν τοῦ δοχείου, ἡ ὁποία συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μεταβάλλεται ἡ φαινομένη διαστολὴ τοῦ ὑγροῦ. Εἰς τὴν φαινομένην καὶ τὴν ἀπόλυτον διαστολὴν ὑγροῦ τινος ἀντιστοιχεῖ εἰς συντελεστὴς φαινομένης διαστολῆς δ καὶ εἰς συντελεστὴς ἀπολύτου διαστολῆς Δ. Ὁ τελευταῖος οὗτος εἶναι αἰσθητῶς ἴσος πρὸς τὸν συντελεστὴν τῆς φαινομένης διαστολῆς, αὐξηθέντα κατὰ τὸν συντελεστὴν κ τῆς κυβικῆς διαστολῆς τοῦ δοχείου, ἤτοι $\Delta = \delta + \kappa$.

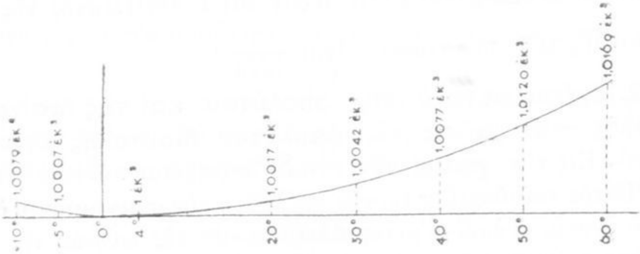
173. Μέγιστον τῆς πυκνότητος τοῦ ὕδατος.—Συνήθως, ὁ ὄγκος ὑγροῦ τινος αὐξάνεται σταθερῶς, ὅταν τὸ ὑγρὸν θερμαίνεται.

Τὸ ὕδωρ παρουσιάζει εἰδικὴν ἀνωμαλίαν. Λαμβανόμενον εἰς 0°, συστέλλεται μέχρι τῶν 4°, κατόπιν δὲ διαστέλλεται κανονικῶς. Εἰς 4° ὁ ὄγκος ὡρισμένης μάζης ὕδατος εἶναι ὁ ἐλάχιστος, ἡ δὲ πυκνότης αὐτοῦ μεγίστη.

Ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου **ὁ φαινόμενος** ὄγκος τοῦ ὕδατος εἶναι ἐλάχιστος, περὶ τοὺς 5°. Πράγματι, ἐὰν ψύξωμεν συγχρόνως, ἀπὸ τῶν 15° περίπου, ὑδραργυρικὸν θερμόμετρον καὶ σωλῆνα θερμομετρικόν, ὁ ὁποῖος περιέχει ὕδωρ, αἱ ἐπιφάνειαι τῶν ὑγρῶν κατέρχονται συγχρόνως εἰς τοὺς δύο σωλῆνας. Περὶ τοὺς 5° ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ θερμομετρικοῦ σωλῆνος φαίνεται **στάσιμος**. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ ψύχωμεν, ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται, ἐνῷ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου ἐξακολουθεῖ νὰ κατέρχεται.

Κατὰ τὸν χειμῶνα, ἡ ψῦξις τῶν λιμνῶν, τῶν ἑλῶν, τῶν ποταμῶν γίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Τὸ ψυχθὲν ὕδωρ πίπτει καὶ τὸ ὕδωρ τοῦ πυθμένος ἀνέρχεται. Οὕτω ὅλη ἡ μᾶζα τοῦ ὕδατος δύναται νὰ φθάσῃ εἰς θερμοκρασίαν 4°. Μεταξὺ 4° καὶ 0° τὸ ὕδωρ, ὡς ὀλιγώτερον πυκνόν, παραμένει εἰς τὴν ἐπιφάνειαν καὶ πήγνυται.

Κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον ἡ θερμοκρασία εἰς τὸ βάθος διατηρεῖται εἰς 4° καὶ ἡ ζωὴ ἐκεῖ ἐξακολουθεῖ νὰ ὑφίσταται.



Σχ. 140

Παραθέτομεν γραφικὴν παράστασιν τῶν μεταβολῶν τοῦ ὄγκου ἑνὸς γραμμαρίου ὕδατος εἰς διαφόρους θερμοκρασίας (σχ. 140).

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΗΣ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ

174. Μηχανικὰ ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς καὶ συστολῆς τῶν στερεῶν.—Ράβδος σιδηρᾶ μήκους ἑνὸς μέτρου διαστέλλεται κατὰ 0,123 ἑκατοστόμ. ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῆς ὑψωθῇ κατὰ 100°. Εὑρέθη, ὅτι, διὰ νὰ ἐπιφέρωμεν τὴν αὐτὴν ἐπιμήκυνσιν ἐπὶ σιδηρᾶς ράβδου τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ 1 τετρ. ἑκατ. τομῆς, εἶναι ἀνάγκη νὰ ὑποβάλωμεν αὐτὴν εἰς ἕλξιν 2600 χιλιογράμμων. Εἶναι λοιπὸν προφανὲς ὅτι, ἐὰν ἐμποδίσωμεν τὴν ράβδον ταύτην νὰ διασταλῇ, ἐφαρμόζοντες τὰ ἄκρα αὐτῆς ἐπὶ δύο ἀκλονήτων ὑποστηριγμάτων, ἡ ράβδος θὰ ἐπιφέρῃ ἐπὶ τούτων δι' ὑψωσιν θερμοκρασίας κατὰ 100° τὴν πελωρίαν πίεσιν τῶν 2600 περίπου χιλιογράμμων.

Τὰ τεράστια ταῦτα μηχανικὰ ἀποτελέσματα χρησιμοποιοῦμεν εἴς τινας περιστάσεις ἐν τῇ βιομηχανίᾳ. Διὰ νὰ περιβάλωμεν π.χ. τοὺς τροχοὺς τῶν ἁμαξῶν διὰ σιδηρῶν στεφανῶν, ἀφ' οὗ θερμάνωμεν ἱκανῶς τὴν στεφάνην, εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτῆς τὸν ξύλινον τροχόν, ἐφαρμοζόμενον ἀκριβῶς εἰς τὴν ὑψηλὴν ταύτην θερμοκρασίαν. Ὅταν ὅμως ἡ στεφάνη ψυχθῇ, συστέλλεται καὶ περισφίγγει ἰσχυρῶς τὸν τροχόν.

Ἐπίσης τὰ φύλλα τῶν ἐκ ψευδαργύρου στεγῶν προσηλοῦνται μόνον κατὰ τὸ ἓν αὐτῶν ἄκρον, διὰ νὰ δύνανται νὰ διαστέλλωνται καὶ συστέλλωνται ἐλευθέρως.

Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἀφίνονται μικρὰ διαστήματα μεταξὺ τῶν διαδοχικῶν ῥάβδων τῶν σιδηροδρόμων, διὰ νὰ δύνανται αὗται νὰ διαστέλλωνται ἐλευθέρως κατὰ τὸ θέρος.

Ἐπίσης δοχεῖον ὑάλινον μὲ παχείας παρειάς, θερμαινόμενον ἄνευ προφυλάξεως, θραύεται. Διότι, ἐπειδὴ ἡ ὕαλος εἶναι δυσθερμαγωγός, τὰ μέρη τοῦ δοχείου, τὰ ὁποῖα ἐθερμάνθησαν, διαστέλλονται καὶ χωρίζονται ἀπὸ τὰ συνεχόμενα μέρη, τὰ ὁποῖα παραμένουν ψυχρά.

175. Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν στερεῶν.—Α) Διόρθωσις εἰς τὰς μετρήσεις τῶν μηκῶν. Αἱ διαιρέσεις αἱ σημειούμεναι ἐπὶ τῶν βαθμολογημένων κανόνων ἐπιμηκύνονται, ὅταν ὑψοῦται ἡ θερμοκρασία, ἕνεκα δὲ τούτου ἡ τιμὴ αὐτῶν μόνον εἰς 0° εἶναι ἀκριβής. Ἂν λοιπὸν καθ' οἱανδήποτε μέτρησιν ἀνεγνώσαμεν μ ἑκατοστόμετρα ἐπὶ κανόνος, τοῦ ὁποίου ἡ θερμοκρασία εἶναι θ° καὶ ὁ συντελεστὴς τῆς διαστολῆς λ, τὸ ἀληθὲς μῆκος θὰ εἶναι: $\mu' = \mu(1 + \lambda\theta)$.

Β) **Ἐκκρεμῆ ἐπανορθωτικά**. Γνωρίζομεν, ὅτι ἡ κίνησις τῶν ὡρολογίων ρυθμίζεται ὑπὸ ἐκκρεμοῦς, τοῦ ὁποίου αἱ μικραὶ αἰωρήσεις εἶναι πᾶσαι τῆς αὐτῆς διαρκείας, ἐφ' ὅσον τὸ μῆκος τοῦ ἐκκρεμοῦς μένει σταθερόν.

Σχ. 141

Ὑποθέσωμεν ἤδη, ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς ἔχει κατασκευασθῆ ἐξ ἑνὸς μόνον μετάλλου. Ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται, τὸ ἐκκρεμὲς ἐπιμηκύνεται καί, ἐπειδὴ **τότε αἰωρεῖται βραδύτερον**, τὸ ὡρολόγιον ὑστερεῖ. Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει, ὅταν ἡ θερμοκρασία κατέρχεται. Διὰ τὴν ἐξουδετέρωσιν τῆς ἐνεργείας τῆς θερμότητος, ἐπενοήθησαν τὰ **ἐπανορθωτικὰ ἐκκρεμῆ**, τὰ ὁποῖα ἔχουν πάντοτε τὴν αὐτὴν περίοδον αἰωρήσεως, ὁποιαιδήποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας. Τοιοῦτον π.χ. εἶναι τὸ **ἐκκρεμὲς** Leroy. Ὁ φακὸς τοῦ ἐκκρεμοῦς τούτου (σχ. 141) ἐξαρτᾶται ἀπὸ σειρὰν ῥάβδων ἐναλλὰξ χαλυβδίνων καὶ ὀρειχαλκίνων, συνδυασμένων κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ὅσον ἡ διαστολὴ τοῦ χάλυβος τείνει νὰ καταβιβάσῃ τὸν φακόν, τόσον ἀκριβῶς τείνει νὰ ἀναβιβάσῃ αὐτὸν ἡ τοῦ ὀρειχάλκου.

Σημείωσις. Εἰς τὸ παρατιθέμενον σχῆμα ὁ χάλυψ παρίσταται διὰ βαθυτέρου χρώματος.

176. Ἐφαρμογαὶ τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν.—Μηχανικὰ

ἀποτελέσματα τῆς διαστολῆς τῶν ὑγρῶν. Τὰ ὑγρὰ εἶναι πολὺ ὀλίγον συμπιεστά. Ἐὰν λοιπὸν θερμαίνωμεν ὑγρόν τι ἐντὸς δοχείου κλειστοῦ καὶ τελείως πλήρους, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δὲν δύναται νὰ διασταλῆ, τὸ ὑγρὸν ἐξασκεῖ ἐπὶ τῶν παρειῶν πιέσεις ὑπερβολικάς, αἱ ὁποῖαι ἐπιφέρουν τὴν θραῦσιν τοῦ δοχείου, ἐὰν τοῦτο δὲν εἶναι πολὺ ἀνθεκτικόν. Θερμόμετρον π.χ. θραύεται, εὐθὺς ὡς τὸ ὑγρόν του φθάσῃ εἰς τὸ ἀνώτατον μέρος τοῦ στελέχους καὶ δὲν ἔχῃ πλέον θέσιν διὰ νὰ διασταλῆ. Διὰ τοῦτο φροντίζουν νὰ ἀφίνουν εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ στελέχους μικρὰν κοιλότητα, ὅπου νὰ δύναται τὸ ὑγρὸν νὰ ἐκχειλίζῃ, ἐὰν τὸ ὄργανον ἀχθῆ τυχαίως εἰς πολὺ ὑψηλὴν θερμοκρασίαν.

Π ρ ο β λ ή μ α τ α.

1ον. Ἡ πυκνότης τοῦ ὑδραργύρου εἶναι 13,6 εἰς 0°. Ποία θὰ εἶναι ἡ πυκνότης του εἰς 20°;

2ον. Ἐπὶ κανόνος ἐξ ὀρειχάλκου, βαθμολογημένου εἰς 0°, ἀναγνώσκομεν μεταξὺ δύο σημείων διάστημα 87,2 ἑκατοστομέτρων εἰς 28°. Ποία εἶναι ἡ πραγματικὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων; Συντελεστὴς διαστολῆς ὀρειχάλκου 0,000019.

3ον. Σωλὴν κυλινδρικὸς ἐξ ὑάλου μήκους ἑνὸς μέτρου καὶ διαμέτρου δύο ἑκατοστομέτρων εἰς 0° περιέχει ὑδράργυρον μέχρις ὕψους 0,95 μέτρου. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν πρέπει νὰ θερμανθῆ ὁ σωλὴν, ἵνα πληρωθῆ τελείως διὰ τοῦ ὑδραργύρου τούτου; Συντελεστὴς διαστολῆς ὑδραργύρου $\frac{1}{5550}$, ὑάλου $\frac{1}{38700}$.

ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

177. Τὰ ἀέρια εἶναι τὰ μᾶλλον διασταλτὰ ἐκ τῶν σωμάτων, ἡ δὲ διαστολὴ αὐτῶν παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέραν κανονικότητα καὶ οἱ διάφοροι αὐτῶν συντελεσταὶ παρουσιάζουν τὰς ὀλιγωτέρας μεταξύ των διαφοράς. Ἐπὶ μακρὸν μάλιστα παρεδέχθησαν, ὅτι πάντα τὰ ἀέρια διαστέλλονται ἐξ ἴσου διὰ τὴν αὐτὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας. Τοῦτο προέκυπτεν ἐκ πειραμάτων, γενομένων σχεδὸν ταυτοχρόνως ὑπό τε τοῦ Gay-Lussac ἐν Γαλλίᾳ καὶ τοῦ Daltou ἐν Ἀγγλίᾳ.

178. Γενικὰ ἀποτελέσματα.—Νόμοι τοῦ Gay-Lussac. Ἀπὸ τὰ πειράματα ταῦτα ὁ Gay-Lussac κατέληξεν εἰς τὰ αὐτὰ γενικὰ ἀποτελέσματα, εἰς τὰ ὁποῖα καὶ ὁ Dalton. Τὰ ἀποτελέσματα ταῦτα ἐκφράζονται ὑπὸ τῶν ἑπομένων νόμων :

α) Πάντα τὰ ἀέρια διαστέλλονται ἐξ ἴσου μεταξὺ 0° καὶ 100°.

β) Πάντα τὰ ἀέρια ἔχουν τὸν αὐτὸν συντελεστὴν διαστολῆς $\left(\text{ὅστις εἶναι ἴσος πρὸς } 0{,}00366 \text{ ἢ } \frac{1}{273}\right)$.

γ) Ἡ διαστολὴ τῶν ἀερίων εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν.

ΠΥΚΝΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΩΝ

179. Εἰδικὴ μᾶζα τῶν ἀεριωδῶν σωμάτων.—Πυκνότης ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Ἡ **εἰδικὴ μᾶζα** ἢ ἡ **ἀπόλυτος πυκνότης** (δηλ. ἡ μᾶζα τῆς μονάδος τοῦ ὄγκου) ἀερίου τινὸς ἢ ἀτμοῦ μεταβάλλεται πολὺ μετὰ τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς πιέσεως. Διότι ὁ ὄγκος μιᾶς μάζης ἀερίου ἢ ἀτμοῦ αὐξάνεται πολύ, ὅταν ἡ θερμοκρασία ἀνέρχεται καὶ ὅταν ἡ πίεσις ἐλαττοῦται, ὁπότε ἡ εἰδικὴ μᾶζα ἐλαττοῦται. Διὰ τοῦτο εὑρίσκομεν δι᾽ ὅλα τὰ ἀεριώδη σώματα τὴν πυκνότητα ὡς πρὸς τὸν ἀέρα, δηλ. τὸ πηλίκον $\delta = \frac{M}{M'}$ τῆς μάζης ὡρισμένου ὄγκου τοῦ ἀερίου διὰ τῆς μάζης ἴσου ὄγκου ἀέρος, ἀμφοτέρων λαμβανομένων εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν πίεσιν.

Ἐὰν τὸ θεωρούμενον ἀέριον καὶ ὁ ἀὴρ ἀκολουθοῦν ἀκριβῶς τοὺς αὐτοὺς νόμους συμπιεστοῦ καὶ διαστολῆς, ἴσοι ὄγκοι εἰς δοθεῖσαν θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν θὰ μένουν ἴσοι καὶ εἰς πᾶσαν ἄλλην θερμοκρασίαν καὶ ὑπὸ πᾶσαν ἄλλην πίεσιν. Τότε ἡ πυκνότης δ θὰ εἶναι σταθερά.

Διὰ νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ παραβάλλωνται αἱ πυκνότητες τῶν διαφόρων ἀερίων, συνεφωνήθη νὰ προσδιορίζωνται αἱ μᾶζαι M καὶ M' εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0° καὶ ὑπὸ τὴν κανονικὴν πίεσιν, ἡ ὁποία παρίσταται δι᾽ 76 ἑκατ. ὑδραργύρου. Αἱ πυκνότητες τῶν ἀερίων, αἱ ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας προσδιοριζόμεναι, καλοῦνται **κανονικαί**.

Οὕτω ἡ κανονικὴ πυκνότης τοῦ ὀξυγόνου εἶναι 1,1052, τοῦ ὑδρογόνου 0,006947, τοῦ χλωρίου 2,491 κτλ. Τέλος προσδιωρίσθη ἡ **ἀπόλυτος πυκνότης** ἢ ἡ εἰδικὴ μᾶζα τοῦ ἀέρος ὑπὸ τὰς κανονικὰς συνθήκας. ἡ μᾶζα ἑνὸς κυβ. δακτύλου ἀέρος εἶναι 0,001293 γραμμάρια. Ἡ μᾶζα μιᾶς κυβ. παλάμης ἀέρος εἶναι 1,293 γρ.

Προβλήματα.

1ον. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν πρέπει νὰ θερμάνωμεν ὄγκον τινὰ ἀέρος, ἵνα διπλασιασθῇ, τῆς πιέσεως παραμενούσης σταθερᾶς;

2ον. 15 λίτρα ἀέρος ψύχονται ἀπὸ 27° εἰς 7°. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ὄγκου των;

3ον. Ὁ ὄγκος μάζης τινὸς ἀερίου εἰς 15° εἶναι 400 κυβ. ἑκατοστόμετρα. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν ὁ ὄγκος του θὰ εἶναι 500 κυβ. ἑκατ., τῆς πιέσεως παραμενούσης σταθερᾶς;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΘΕΡΜΙΔΟΜΕΤΡΙΑ

180. Πηγαὶ θερμότητος.—Τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἀνυψοῦν τὴν θερμοκρασίαν τῶν πέριξ σωμάτων, εἶναι πηγαὶ θερμότητος. Τοιαῦτα π.χ. εἶναι ὁ ἥλιος, σῶμα θερμὸν ψυχόμενον, ὑγρὸν πηγνύμενον, ἀτμὸς συμπυκνούμενος, εὔφλεκτοι ὗλαι καιόμεναι, οἱ ζῶντες ὀργανισμοί, ἀγωγὸς διαρρεόμενος ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος κτλ.

Διὰ νὰ θερμάνωμεν σῶμά τι, διὰ νὰ τὸ τήξωμεν, διὰ νὰ τὸ ἐξαερώσωμεν, θέτομεν αὐτὸ εἰς συγκοινωνίαν μετὰ πηγῆς θερμότητος.

181. Ποσότης θερμότητος.—Ἐκ τοῦ ὅτι πρέπει σταθερῶς νὰ καίωμεν τὸ αὐτὸ βάρος ἄνθρακος, διὰ νὰ θερμάνωμεν σῶμά τι ἀπὸ 0° εἰς θ°, συμπεραίνομεν, ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο ἀπαιτεῖ πάντοτε τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος διὰ νὰ μεταστῇ ἀπὸ 0° εἰς θ°. Ἡ θέρμανσις ἀπὸ 0° εἰς θ° δύο ἢ τριῶν ὁμοίων σωμάτων τοῦ αὐτοῦ βάρους ἀπαιτεῖ ποσότητα θερμότητος διπλασίαν ἢ τριπλασίαν ἐκείνης, τὴν ὁποίαν ἐχρειάσθη τὸ ἓν ἐξ αὐτῶν. Ἡ ποσότης λοιπὸν τῆς θερμότητος εἶναι **μέγεθος τὸ ὁποῖον δύναται νὰ μετρηθῇ**.

Ἡ ἔννοια τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος διακρίνεται ἀπὸ τὴν ἔννοιαν τῆς θερμοκρασίας. Δύο σώματα Α καὶ Β **τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας**, εὑρίσκονται εἰς θερμικὴν ἰσορροπίαν, ἂν καὶ αἱ ποσότητες τῆς θερμότητός των δύνανται νὰ εἶναι **διάφοροι.** Μεταξὺ δύο σωμάτων **διαφόρων θερμοκρασιῶν**, τὰ ὁποῖα ἐγκλείουν ποσότητας θερμότητος **ἴσας**, γίνεται ἀνταλλαγὴ θερμαντικὴ μέχρις ἐξισώσεως τῶν θερμοκρασιῶν.

Οὕτω καὶ εἰς δύο συγκοινωνοῦντα δοχεῖα ὑπάρχει ἰσορροπία, ἐὰν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ἐντὸς αὐτῶν ὑγροῦ εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, οἱαιδήποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ τομαὶ τῶν δοχείων καὶ συνεπῶς αἱ ποσότητες τοῦ ὑγροῦ. Ἐὰν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑγροῦ δὲν εὑρίσκωνται εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον, τὸ ὑγρὸν κινεῖται ἀπὸ τοῦ δοχείου, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑγροῦ εὑρίσκεται ὑψηλότερον, πρὸς τὸ ἄλλο. Ἡ ἰσορροπία ἀποκαθίσταται, ὅταν ἀμφότεραι αἱ ἐπιφάνειαι εὑρεθοῦν εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Αἱ θερμοκρασίαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ὕψη τοῦ ὑγροῦ, αἱ δὲ ποσότητες τῆς θερμότητος εἰς τὰς ποσότητας τοῦ ὑγροῦ.

Σκοπὸς τῆς θερμιδομετρίας. Ἡ θερμιδομετρία μετρεῖ τὰς ποσότητας τῆς θερμότητος, αἱ ὁποῖαι ἀπορροφῶνται ἢ παραχωροῦνται ὑπὸ σώματος, τοῦ ὁποίου ἡ θερμοκρασία μεταβάλλεται ἢ τὸ ὁποῖον ὑφίσταται μεταβολὴν καταστάσεως.

Θερμὶς (calorie). Ὑπολογίζομεν τὰς ποσότητας τῆς θερμότητος διὰ μονάδος, ἥτις εἰς τὸ σύστημα C.G.S. εἶναι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς ἓν γραμμάριον ὕδατος, διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἡ θερμοκρασία του κατὰ ἕνα βαθμόν. Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται **κανονικὴ θερμὶς** ἢ ἁπλῶς **θερμίς**.

Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, λαμβάνεται ὡς μονὰς ἡ **μεγάλη θερμίς**, ἡ ὁποία εἶναι ποσότης θερμότητος ἴση μὲ 1000 κανονικὰς θερμίδας.

182. Μέτρησις ποσότητος θερμότητος διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων.—Τὸ πείραμα δεικνύει, ὅτι ἀπαιτεῖται πάντοτε νὰ προσληφθῇ ἢ νὰ ἀποδοθῇ μία θερμίς, διὰ νὰ ἀνυψωθῇ ἢ καταβιβασθῇ κατὰ 1° ἡ θερμοκρασία ἑνὸς γραμμαρίου ὕδατος. Πράγματι ἐὰν ἀναμείξωμεν ταχέως 1 γρ. ὕδατος εἰς 0° καὶ 1 γρ. ὕδατος εἰς 2°, λαμβάνομεν 2 γρ. ὕδατος εἰς 1°. Συνάγομεν λοιπόν, ὅτι τὸ δεύτερον γραμμάριον ψυχθὲν ἀπὸ 2° εἰς 1° παρεχώρησε μίαν θερμίδα εἰς τὸ 1 γρ. ὕδατος, διὰ νὰ τὸ θερμάνῃ ἀπὸ 0° εἰς 1°. Γενικῶς, ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ ἴσας ποσότητας ὕδατος εἰς ἄλλας θερμοκρασίας, εὑρίσκομεν πάντοτε, ὅτι ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι ὁ **μέσος ὅρος** τῶν ἀρχικῶν θερμοκρασιῶν (ὑπὸ τὸν ὅρον ἡ ὑψηλοτέρα θερμοκρασία νὰ μὴ ὑπερβαίνῃ τοὺς 50°).

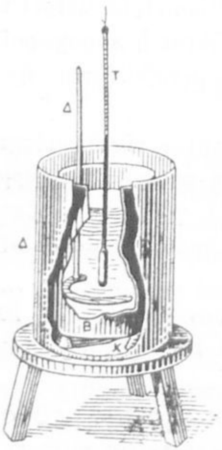
Κατὰ ταῦτα, διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν τὴν θερμοκρασίαν ἑνὸς γραμμαρίου ὕδατος ἀπὸ $\theta°$ εἰς $\theta'°$, πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς αὐτὸ (ϑ′—ϑ) θερμίδας. Ἑπομένως ἡ ποσότης Π τῆς θερμότητος, ἡ ἀναγκαιοῦσα διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας Β γραμμαρίων ὕδατος ἀπὸ ϑ° εἰς ϑ′°, δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$Π = Β\ (ϑ' - ϑ) \text{ θερμίδες.} \qquad (1)$$

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ποία ποσότης θερμότητος χρειάζεται διὰ νὰ θερμάνωμεν εἰς 100° δύο χιλιόγραμμα ὕδατος θερμοκρασίας 15°; Ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον :

$Π = Β\ (ϑ' - ϑ) = 2000\ (100 - 15) = 2000.85 = 170.000$ θερμίδες.

Χρησιμοποιοῦμεν τὴν σχέσιν (1) εἰς τὴν μέτρησιν τῶν ποσοτήτων τῆς θερμότητος διὰ τῆς **μεθόδου τῶν μειγμάτων.** Πρὸς τοῦτο παραχωροῦμεν τὰς ποσότητας ταύτας τῆς θερμότητος εἰς δεδομένην μᾶζαν ὕδατος Β γρ. καὶ παρατηροῦμεν τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς ϑ′—ϑ, ὅθεν συνάγομεν τὸ Π.



Σχ. 142

Τὸ δοχεῖον τὸ προωρισμένον νὰ περιλάβῃ τὸ ὕδωρ καλεῖται **θερμιδόμετρον δι' ὕδατος.** Τοῦτο εἶναι δοχεῖον κυλινδρικὸν (σχ. 142) ἐκ πολὺ λεπτοῦ ὀρειχάλκου, τοῦ ὁποίου ἡ ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια εἶναι τελείως λεία, πρὸς ἐλάττωσιν τῆς διαχύσεως τῆς θερμότητος. Τοῦτο στηρίζεται διὰ τριῶν τεμαχίων φελλοῦ (ὁ ὁποῖος εἶναι πολὺ δυσθερμαγωγὸν σῶμα) ἐπὶ τοῦ πυθμένος δευτέρου δοχείου ἐξ ὀρειχάλκου, ἐσωτερικῶς λείου, τὸ ὁποῖον πέμπει πάλιν πρὸς τὸ πρῶτον δι' ἀνακλάσεως ὅλην σχεδὸν τὴν ὑπὸ τούτου ἀκτινοβολουμένην θερμότητα.

Αἱ θερμοκρασίαι, ἀρχικὴ καὶ τελική, τοῦ ὕδατος δίδονται ὑπὸ λίαν εὐαισθήτου θερμομέτρου, στερεωμένου ἐπὶ ξυλίνου ὑποστηρίγματος. Τέλος, διὰ τοῦ στελέχους Δ ἀνακινεῖται τὸ ὕδωρ, ὥστε νὰ καταστῇ ἡ θερμοκρασία του ἴση καθ' ὅλην αὐτοῦ τὴν μᾶζαν.

Ἐπειδὴ ἡ πρὸς μέτρησιν θερμότης δὲν μεταδίδεται μόνον εἰς τὸ ὕδωρ, ἀλλ' ἐν μέρει καὶ εἰς τὸ θερμιδόμετρον, εἰς τὴν ῥάβδον καὶ εἰς τὸ θερμόμετρον, πρέπει νὰ ὑπολογισθοῦν καὶ αἱ ποσότητες αὗται. Τὰ σώματα ταῦτα, διὰ νὰ μεταβοῦν ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας ϑ° εἰς τὴν θερμοκρασίαν ϑ′°, ἀπορροφοῦν ποσότητα θερμότητος ἀνάλογον πρὸς τὴν

$(\vartheta'-\vartheta)$, ἔστω π. χ. $\beta\,(\vartheta'-\vartheta)$. Ὁ παράγων λοιπὸν β εἶναι κατὰ τὸν τύπον (1) ἴσος πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ ὕδατος, ἡ ὁποία θὰ ἐχρειάζετο τόσην θερμότητα, ὅσην τὰ ἀνωτέρω σώματα, διὰ νὰ θερμανθῇ ἀπὸ θ° εἰς θ'°. Τοῦτο εἶναι τὸ **ἰσοδύναμον αὐτῶν εἰς ὕδωρ**. Ἡ ποσότης λοιπὸν τῆς παραχωρουμένης θερμότητος ἐν συνόλῳ εἶναι :

$$\Pi = B\,(\vartheta'-\vartheta) + \beta\,(\vartheta'-\vartheta) = (B+\beta)\,(\vartheta'-\vartheta). \quad (2)$$

183. Εἰδικαὶ θερμότητες γενικῶς.— Ὅταν καίωμεν 1 γρ. ἄνθρακος, ὥστε ἡ ἐκλυομένη θερμότης νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν θέρμανσιν 1000 γρ. ὕδατος, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ τούτου ἀνυψοῦται κατὰ 8°. Ἂν ἡ αὐτὴ ποσότης θερμότητος ἐχρησιμοποιεῖτο διὰ τὴν θέρμανσιν τῆς αὐτῆς μάζης σιδήρου, χαλκοῦ, ὑδραργύρου, ἡ ὕψωσις τῆς θερμοκρασίας θὰ ἦτο περίπου 70° διὰ τὸν σίδηρον, 80° διὰ τὸν χαλκόν, 240° διὰ τὸν ὑδράργυρον. Παρατηροῦμεν οὕτω, ὅτι αἱ διάφοροι οὐσίαι ὑπὸ ἴσην μᾶζαν δὲν θερμαίνονται κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν, ὅταν παραχωρῶμεν εἰς αὐτὰς τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος. Δηλ. ἀπαιτοῦν αὗται διαφόρους ποσότητας θερμότητος, διὰ νὰ θερμανθοῦν κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν βαθμῶν.

Καλοῦμεν **εἰδικὴν θερμότητα** σώματός τινος τὸν ἀριθμὸν τῶν θερμίδων, τὸν ὁποῖον πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς ἓν γραμμάριον τοῦ σώματος τούτου, ἵνα ὑψωθῇ ἡ θερμοκρασία του κατὰ 1°.

Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ ε τὴν εἰδικὴν θερμότητα σώματός τινος, ἡ ἀναγκαία ποσότης τῆς θερμότητος διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἀπὸ θ° εἰς θ'° τῆς θερμοκρασίας 1 γρ. ἐκ τοῦ σώματος τούτου θὰ εἶναι $\varepsilon\,(\vartheta'-\vartheta)$. Συνεπῶς ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἥτις θὰ χρειασθῇ διὰ τὴν ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας B γρ. τοῦ σώματος τούτου ἀπὸ θ εἰς θ' βαθμούς, δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου $\Pi = B\varepsilon\,(\vartheta'-\vartheta)$ θερμίδες.

Εἶναι φανερόν, ὅτι τὸ ἀνωτέρω σῶμα, ψυχόμενον ἀπὸ θ'° εἰς θ°, παραχωρεῖ ποσότητα θερμότητος ἴσην τῇ Π. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν, ὅτι **ἡ εἰδικὴ θερμότης** ἑνὸς σώματος μετρεῖται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν θερμίδων, τὰς ὁποίας παραχωρεῖ 1 γραμμάριον τοῦ σώματος τούτου, ὅταν ἡ θερμοκρασία του κατέρχεται κατὰ 1 βαθμόν.

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Κατὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς θερμίδος, ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ὕδατος εἶναι 1.

184. Προσδιορισμὸς τῶν εἰδικῶν θερμοτήτων τῶν στερεῶν καὶ τῶν ὑγρῶν. –Μέθοδος τῶν μειγμάτων. Ἀρχή. Μετροῦμεν διὰ θερμιδομέτρου τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν παραχωρεῖ ὡρισμένη μᾶζα τοῦ σώματος, ὅταν ψύχεται ἀπὸ μιᾶς θερμοκρασίας εἰς ἄλλην.

Π ε ι ρ ά μ α τ α. Α) Κατὰ πρῶτον προσδιορίζομεν τὸ **ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ** τοῦ θερμιδομέτρου, ὡς ἑξῆς:

Χύνομεν ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου 200 γρ. ὕδατος, τοῦ ὁποίου προσδιορίζομεν τὴν θερμοκρασίαν. Ἔστω αὕτη $\vartheta_1 = 15^\circ{,}2$. Προσθέτομεν ταχέως 200 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας π. χ. $\vartheta_2 = 25^\circ{,}6$, ἀναταράσσομεν καὶ σημειοῦμεν τὴν τελικὴν θερμοκρασίαν. Ἔστω αὕτη $\vartheta_3 = 20^\circ{,}2$. Τὰ 200 γρ. τοῦ θερμοτέρου ὕδατος, ψυχθέντα ἀπὸ $25^\circ{,}6$ εἰς $20^\circ{,}2$ παρεχώρησαν $200.(25{,}6 - 20{,}2) = 200.5{,}4 = 1080$ θερμίδας. Τὰ 200 γρ. τοῦ ψυχροῦ ὕδατος θερμανθέντα ἀπὸ $15^\circ{,}2$ εἰς $20{,}2$ ἀπερρόφησαν $200.(20{,}2 - 15{,}2) = 200.5 = 1000$ θερμίδας. Προφανῶς ἡ διαφορὰ $1080 - 1000 = 80$ θερμίδες ἀπερροφήθη ὑπὸ τοῦ θερμιδομέτρου καὶ τῶν ἐξαρτημάτων του, τῶν ὁποίων ἡ θερμοκρασία ἀνῆλθεν ἀπὸ $15^\circ{,}2$ εἰς $20^\circ{,}2$, ἤτοι κατὰ 5°. Τὸ ἰσοδύναμον λοιπὸν αὐτῶν εἰς ὕδωρ εἶναι $\frac{80}{5} = 16$.

Τὸ θερμιδόμετρον καὶ τὰ ἐξαρτήματά του ἀπορροφοῦν **16 θερμίδας** κατὰ βαθμόν, δηλ. φέρονται ὡς **16 γραμμάρια ὕδατος**.

Β) Προσδιορισμὸς τῆς εἰδικῆς θερμότητος π. χ. τοῦ ἀργιλίου.

α) Προσδιορίζομεν τὴν μᾶζαν ἑνὸς τεμαχίου ἐξ αὐτοῦ διὰ τοῦ ζυγοῦ. Ἔστω αὕτη $\beta = 78$ γρ.

β) Δένομεν τὸ τεμάχιον τοῦτο εἰς τὸ ἄκρον λεπτοῦ σιδηροῦ σύρματος καὶ τὸ εἰσάγομεν ἐντὸς ζέοντος ὕδατος. Ἀφίνομεν αὐτὸ ἐπί τινα χρόνον, ὥστε νὰ λάβῃ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος τούτου, ἡ ὁποία ἔστω ὅτι εἶναι $\vartheta = 100^\circ$.

γ) Χύνομεν ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου (τοῦ ὁποίου τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ εἶναι $\Gamma = 16$ γρ.) μᾶζαν ὕδατος $B = 200$ γρ. θερμοκρασίας ἔστω $\vartheta_\alpha = 15^\circ{,}2$.

δ) Διὰ τοῦ σιδηροῦ σύρματος ἐξάγομεν τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ ζέον ὕδωρ καὶ τὸ εἰσάγομεν ταχέως ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου, ἀναταράσσομεν τὸ ὕδωρ διὰ τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον κρατοῦμεν μὲ τὸ σύρμα, καὶ παρακολουθοῦμεν τὴν πορείαν τοῦ θερμομέτρου. Ὅταν τοῦτο παύσῃ νὰ ἀνέρχεται, σημειοῦμεν τὴν θερμοκρασίαν, εἰς ἣν ἔφθασεν. Ἔστω αὕτη $\vartheta_\tau = 21^\circ{,}2$.

ε) Ὑ π ο λ ο γ ι σ μ ό ς. Σημειοῦμεν, ὅτι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἔχασε τὸ σῶμα ψυχθέν, ἰσοῦται μὲ τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀπερρόφησε τὸ θερμιδόμετρον.

Ἔστω ἤδη χ ἡ ζητουμένη εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἀργιλίου. Τὰ 78 γρ. αὐτοῦ ψυχθέντα ἀπὸ 100° εἰς $21^{\circ},2$ παρεχώρησαν $\beta\chi\,(\vartheta-\vartheta_{\tau})=$ $78.(100-21,2)\chi=78.78,8.\chi$ θερμίδας.

Τὰ $B+\Gamma=(200+16)$ γρ. ὕδατος θερμανθέντα ἀπὸ $\vartheta_{\alpha}=15^{\circ},2$ εἰς $\vartheta_{\tau}=21^{\circ},2$ ἀπερρόφησαν $(B+\Gamma)\,(\vartheta_{\tau}-\vartheta_{\alpha})=216.(21,2-15,2)$ $=216.6$ θερμίδας. Ἔχομεν λοιπὸν τὴν ἐξίσωσιν:

$$\beta\chi\,(\vartheta-\vartheta_{\tau})=(B+\Gamma)\,(\vartheta_{\tau}-\vartheta_{\alpha}) \quad \text{ἢ} \quad 78.78,8.\chi=216.6$$

$$\text{ἐξ ἧς} \quad \chi=\frac{216.6}{78.78,8}=0,21.$$

Σημείωσις. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν εἰδικὴν θερμότητα ὑγροῦ ἢ στερεοῦ εἰς κόνιν, ἐγκλείομεν τὸ σῶμα ἐντὸς δοχείου. Προσδιορίζομεν προηγουμένως τὸ ἰσοδύναμον Γ΄ εἰς ὕδωρ τοῦ δοχείου τούτου. Ἡ ἐξίσωσις τότε γράφεται:

$$\beta\chi\,(\vartheta-\vartheta_{\tau})+\Gamma'\,(\vartheta-\vartheta_{\tau})=(B+\Gamma)\,(\vartheta_{\tau}-\vartheta_{\alpha}).$$

Προβλήματα.

1ον. Πόσην θερμότητα ἀποβάλλουν 500 γρ. ὑδραργύρου ψυχόμενα ἀπὸ 20° εἰς 12°, τῆς εἰδικῆς θερμότητος τοῦ ὑδραργύρου οὔσης 0,033;

2ον. Θερμιδόμετρον περιέχει 70 γρ. ὕδατος εἰς 10°. Χύνομεν ἐντὸς αὐτοῦ 50 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας 50°. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 25°. Ποῖον τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου;

3ον. Ἔχομεν δύο δοχεῖα περιέχοντα ὕδωρ, τὸ μὲν πρῶτον θερμοκρασίας 15°, τὸ δὲ δεύτερον 95°. Πόσον πρέπει νὰ λάβωμεν ἐξ ἑκατέρου, ἵνα ἀποτελέσωμεν μεῖγμα 325 κυβ. παλαμῶν, θερμοκρασίας 35°; Ὑποτίθεται, ὅτι οὐδεμία ἀπώλεια ἢ ἀπορρόφησις θερμότητος γίνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος.

4ον. Δοχεῖον ἐξ ὀρειχάλκου βάρους 45 γρ. περιέχει 400 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας 10°. Ἐμβαπτίζομεν ἐντὸς αὐτοῦ 100 γρ. σιδήρου. Ἡ τελικὴ θερμοκρασία εἶναι 11°. Ποία ἦτο ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ σιδήρου; Εἰδικὴ θερμότης ὀρειχάλκου 0,0939, σιδήρου 0,1137.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ΄

ΜΕΤΑΒΟΛΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

ΤΗΞΙΣ ΚΑΙ ΠΗΞΙΣ

185. Μεταβολαὶ τῆς καταστάσεως γενικῶς.—Ἐκτὸς τῶν μεταβολῶν τοῦ ὄγκου, τὰς ὁποίας ἐμελετήσαμεν ὑπὸ τὸ ὄνομα τῶν **διαστολῶν,** τὰ σώματα, ὅταν ὑπόκεινται εἰς μεταβολὰς θερμοκρασίας, δύνανται νὰ ὑφίστανται καὶ μεταβολὰς καταστάσεως. Θερμάνωμεν θεῖον μετὰ προσοχῆς ἐντὸς ὑαλίνου σωλῆνος. Τὸ θεῖον διαστέλλεται καὶ ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ μικρὸν κατὰ μικρὸν ἀνυψοῦται. Ἀλλὰ κατὰ δεδομένην στιγμὴν παρατηροῦμεν, ὅτι σχηματίζεται στρῶμα ὑγρόν. Λέγομεν τότε, ὅτι γίνεται **τῆξις**. Κατόπιν, ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ θερμαίνωμεν, τὸ ὑγρὸν θεῖον μετατρέπεται εἰς ἀτμόν.

Ἀντιστρόφως, ὁ ἀτμὸς τοῦ θείου ψυχόμενος μεταπίπτει κατὰ πρῶτον εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ ὑγροῦ θείου καὶ κατόπιν εἰς τὴν τοῦ στερεοῦ. Αἱ διάφοροι αὗται μεταβολαί: **τῆξις**, **ἐξαερίωσις**, **ὑγροποίησις**, **στερεοποίησις**, οὐδόλως ἀλλοιοῦν τὴν φύσιν τοῦ θείου· εἶναι μεταβολαὶ φυσικῆς καταστάσεως.

186. Τῆξις.—Τῆξιν καλοῦμεν τὴν μετάβασιν ἑνὸς σώματος ἀπὸ τῆς στερεᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ὑγράν, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος.

Ὅταν θερμαίνωμεν βαθμηδὸν σῶμά τι στερεὸν ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν, δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς διάφορα φαινόμενα:

α) Γενικῶς τὸ σῶμα τήκεται, δηλ. μεταπίπτει ἐκ τῆς στερεᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ὑγρὰν ἄνευ ἐνδιαμέσων καταστάσεων, ὅπως π.χ. ὁ πάγος, ὁ κασσίτερος, ὁ μόλυβδος, ὁ φωσφόρος κτλ.

β) Σώματά τινα στερεά, καθὼς ὁ ἱσπανικὸς κηρός, ἡ ὕαλος, ὁ σίδηρος κτλ. ἁπαλύνονται κατὰ πρῶτον, κατόπιν δὲ εἰς ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν λαμβάνουν τὴν σύστασιν ζύμης, ἀποκτῶντα πλαστικότητά τινα, καὶ τέλος μεταπίπτουν εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, ὅταν φθάσουν εἰς τὴν θερμοκρασίαν, ἡ ὁποία κυρίως καλεῖται **θερμοκρασία τῆς τήξεως**.

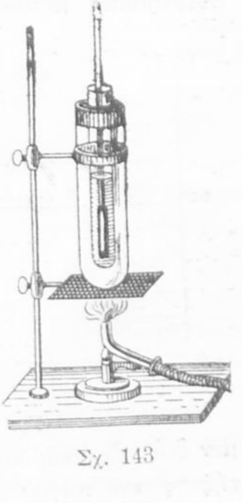
γ) Τὸ στερεὸν μετατρέπεται κατ᾽ εὐθεῖαν εἰς ἀτμόν, χωρὶς νὰ διέλθῃ διὰ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἐξάχνωσις. Τοῦτο π.χ. παρατηρεῖται εἰς τὸ ἀρσενικόν.

δ) Πολλὰ σύνθετα ὀργανικὰ σώματα ἀποσυντίθενται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, ὅπως π.χ. ὁ βάμβαξ, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον, ἡ δεξτρίνη κτλ.

ε) Ὡρισμένα τινὰ στερεὰ σώματα, καλούμενα διὰ τοῦτο **ἔμμονα,** δὲν μεταβάλλονται οὔτε εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν καὶ παρουσιάζονται ἄτηκτα, ὅπως π.χ. ἡ ἄσβεστος, ἡ ἄργιλος, ἡ μαγνησία, ὁ ἄνθραξ κτλ. Πράγματι ὅμως τὰ σώματα ταῦτα εἶναι μόνον **δύστηκτα,** διότι τήκονται εἰς πολὺ ὑψηλοτέραν θερμοκρασίαν, π.χ. εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς ὀξυυδρικῆς φλογὸς ἢ τῆς ἠλεκτρικῆς καμίνου.

Εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν πρώτην ἐκ τῶν ἀνωτέρω περιπτώσεων.

Περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τῆς τήξεως. Ἐντὸς δοκιμαστικοῦ σωλῆνος θέτομεν μικρὰ τεμάχια ναφθαλίνης καὶ θερμόμετρον. Τὸν σωλῆνα τοῦτο περιβάλλομεν διὰ δευτέρου σωλῆνος εὐρυτέρου (σχ. 143), τὸν ὁποῖον θερμαίνομεν ἠπίως. Τοιουτοτρόπως πραγματοποιοῦμεν μεταξὺ τῶν δύο σωλήνων λουτρὸν δι' ἀέρος, τὸ ὁποῖον παράγει βραδεῖαν καὶ κανονικὴν θέρμανσιν τῆς ναφθαλίνης. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ θερμοκρασία αὐτῆς **ἀνυψοῦται** κατ' ἀρχὰς βραδέως, κατόπιν σταθεροποιεῖται εἰς ὡρισμένην τιμὴν (80°). Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην **ἄρχεται ἡ τῆξις. Ὅταν ὅλον τὸ σῶμα γίνῃ ὑγρόν,** ἡ θερμοκρασία ὅλης τῆς μάζης αὐτοῦ **ἀνυψοῦται** ἐκ νέου.


Σχ. 143

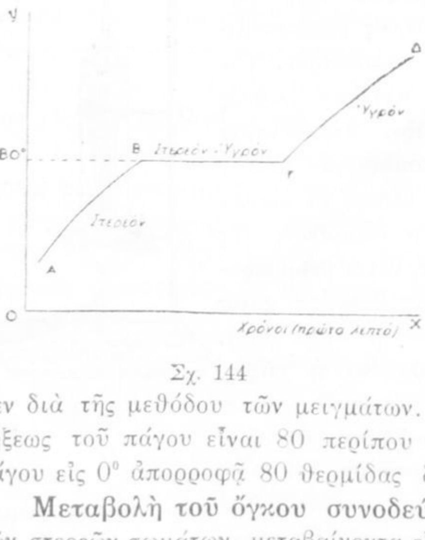
Τὸ φαινόμενον τοῦτο παριστῶμεν διὰ διαγράμματος, τὸ ὁποῖον δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας τοῦ θερμαινομένου σώματος συναρτήσει τοῦ χρόνου. Ἡ καμπύλη χαρακτηρίζεται ἀπὸ **βαθμίδα ὁριζοντίαν,** ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς **τὸ σταθερὸν** τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως (σχ. 144).

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἑπομένους νόμους:

Νόμοι τῆς τήξεως: 1ος νόμος: Ὑπὸ σταθερὰν πίεσιν, ἡ τῆξις παράγεται πάντοτε διὰ τὸ αὐτὸ καθαρὸν σῶμα εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν σημεῖον τῆς τήξεώς του. Οὕτω π.χ. σημεῖον τήξεως τοῦ πάγου ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν εἶναι τὸ 0, τῆς ναφθαλίνης 80°, τοῦ θείου 114°,5, τοῦ κασσιτέρου 232°, τοῦ μολύβδου 325° κτλ.

2ος νόμος: Ἡ τῆξις δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα θὰ ἀρχίσῃ νὰ τήκεται, ἡ θερμοκρασία μένει ἀμετάβλητος, ἕως ὅτου τὸ σῶμα τακῇ ὁλόκληρον.

Θερμότης τήξεως. Ἐπειδὴ ἡ θερμοκρασία παραμένει οὕτω σταθερὰ καθ᾽ ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς τήξεως, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν, ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία παραχωρεῖται ὑπὸ τῆς ἑστίας εἰς τὴν τηκομένην μᾶζαν χρησιμοποιεῖται ἐξ ὁλοκλήρου διὰ νὰ φέρῃ τὰ μόρια εἰς σχετικὰς θέσεις διαφόρους ἀπὸ ἐκείνας, τὰς ὁποίας ταῦτα κατεῖχον κατὰ τὴν στερεὰν κατάστασιν ὑπὸ τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Ἡ τοιουτοτρόπως μεταμορφουμένη εἰς **ἔργον** ποσότης τῆς θερμότητος ἀλλάσσει ἀπὸ σώματος εἰς σῶμα καὶ ἀποτελεῖ δι᾽ ἕκαστον ἐξ αὐτῶν εἰδικὴν ἰδιότητα.



Σχ. 144

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἀπορροφᾶται ὑπὸ ἑνὸς γραμμαρίου στερεοῦ σώματος, διὰ νὰ μεταφέρῃ τοῦτο εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν ἄνευ μεταβολῆς τῆς θερμοκρασίας, καλεῖται **θερμότης τήξεως** τοῦ στερεοῦ σώματος. Ταύτην προσδιορίζομεν διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων. Οὕτω εὑρέθη ὅτι ἡ θερμότης τήξεως τοῦ πάγου εἶναι 80 περίπου θερμίδες. Δηλ. ἓν γραμμάριον πάγου εἰς 0° ἀπορροφᾷ 80 θερμίδας διὰ νὰ μετατραπῇ εἰς ὕδωρ 0°.

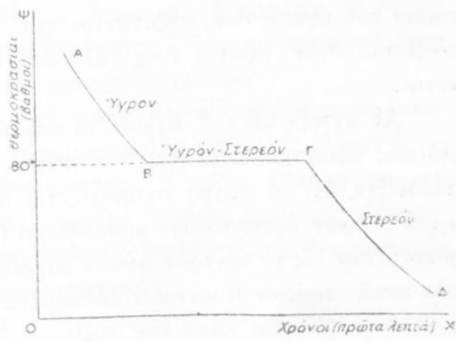
Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου συνοδεύουσα τὴν τῆξιν. Τὰ πλεῖστα τῶν στερεῶν σωμάτων, μεταβαίνοντα εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν, αὐξάνονται κατ᾽ ὄγκον. Τὸ λαμβανόμενον ὑγρὸν εἶναι συνεπῶς ὀλιγώτερον πυκνὸν ἀπὸ τὸ στερεόν. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν τῆξιν τοῦ θείου, τοῦ κηροῦ, τοῦ μολύβδου, τὰ μέρη τὰ μένοντα ἀκόμη στερεὰ παραμένουν πάντοτε εἰς τὸν πυθμένα τοῦ δοχείου.

Σώματά τινα ἐν τούτοις, καθὼς ὁ πάγος, ὁ χυτοσίδηρος, τὸ βισμούθιον, μεταβαίνοντα εἰς ὑγρὰν κατάστασιν, ὑφίστανται ἐλάττωσιν τοῦ ὄγκου των καὶ συνεπῶς αὔξησιν τῆς πυκνότητός των. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον παρατηροῦμεν ἐπὶ πάντων τούτων τῶν σωμάτων, ὅτι τὰ μέρη τὰ μένοντα ἀκόμη στερεὰ ἐπιπλέουν.

187. Πῆξις.—Πῆξις εἶναι ἡ μετάβασις ἑνὸς σώματος ἀπὸ τῆς ὑγρᾶς καταστάσεως εἰς τὴν στερεὰν διὰ ψύξεως.

Περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τῆς πήξεως. Ἀπομακρύνομεν τὴν πυρὰν ἀπὸ τὴν τακεῖσαν ναφθαλίνην καὶ ἀφίνομεν τὴν ὑγρὰν ναφθαλίνην νὰ ψυχθῇ βραδέως.

Τὰ προηγούμενα φαινόμενα ἀναπαράγονται κατ᾿ ἀντίθετον φοράν. Δηλ. ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ **κατέρχεται,** κατόπιν σταθεροποιεῖται εἰς τοὺς 80° ὅπως καὶ εἰς τὴν τῆξιν. Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην στερεὰ μόρια ἀναφαίνονται ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ· **ἄρχεται ἡ πῆξις.** Ἡ θερμοκρασία ἀρχίζει νὰ κατέρχεται ἐκ νέου, **ὅταν ὅλη ἡ μᾶζα στερεοποιηθῇ.** Τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 145 δεικνύει τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας τοῦ ψυχομένου σώματος συναρτήσει τοῦ χρόνου. Ἡ **βαθμὶς στερεοποιήσεως** ΒΓ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν μὲ τὴν **βαθμίδα τῆς τήξεως** τοῦ προηγουμένου σχήματος.



Σχ. 145

Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἑπομένους νόμους:

Πρῶτος νόμος: Δι᾿ ἕκαστον καθαρὸν σῶμα ἡ πῆξις παράγεται εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν, ἡ ὁποία εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τῆς τήξεως.

Δεύτερος νόμος: Ἡ θερμοκρασία τῆς μάζης, ἡ ὁποία πήγνυται, εἶναι σταθερὰ καθ᾿ ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου, οἱαιδήποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ ἐξωτερικαὶ αἰτίαι τῆς ψύξεως.

Ἐκ τοῦ δευτέρου τούτου νόμου προκύπτει, ὅτι ἡ πῆξις συνοδεύεται ἀπὸ ἔκλυσιν θερμότητος. Ἡ θερμότης αὕτη, ἡ ὁποία διατηρεῖ σταθερὰν τὴν θερμοκρασίαν τῆς μάζης παρὰ τὴν ψῦξιν, εἶναι ἀκριβῶς ἴση μὲ τὴν ἀπορροφηθεῖσαν κατὰ τὴν τῆξιν.

188. Ὑπέρτηξις.—Λέγομεν, ὅτι ὑγρόν τι εὑρίσκεται **ἐν ὑπερτήξει,** ὅταν ἡ θερμοκρασία του **κατέλθῃ** κάτωθεν τοῦ σημείου

τῆς στερεοποιήσεώς του, **χωρὶς ἐν τῷ μεταξὺ νὰ στερεοποιηθῇ**. Ἡ ἐξαίρεσις αὕτη εἰς τὸν πρῶτον νόμον τῆς πήξεως παρατηρεῖται ἐπὶ πλείστων ὑγρῶν, ὅταν τὰ ἀφίνωμεν νὰ ψυχθοῦν προφυλαγμένα ἀπὸ πάσης διαταράξεως καὶ πρὸ παντός, ὅταν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ οὐδὲν ὑπολείπεται μέρος στερεὸν τῆς αὐτῆς οὐσίας.

Μεταβολὴ τοῦ ὄγκου συνοδεύουσα τὴν πῆξιν. Διὰ τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα αὐξάνονται κατ᾽ ὄγκον τηκόμενα, ἡ πῆξις συνοδεύεται ὑπὸ ἐλαττώσεως τοῦ ὄγκου. Λέγομεν τότε, ὅτι τὰ σώματα ταῦτα ὑφίστανται συστολήν. Διὰ τοῦτο ὁ φωσφόρος δὲν προσκολλᾶται εἰς τοὺς κυλινδρικοὺς τύπους, ἐντὸς τῶν ὁποίων χύνεται.

Ἀντιστρόφως, τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα τηκόμενα ὑφίστανται ἐλάττωσιν τοῦ ὄγκου των, αὐξάνονται κατ᾽ ὄγκον, ὅταν πηγνύωνται. Οὕτω τὸ βισμούθιον θραύει τοὺς ὑαλίνους σωλῆνας, ἐντὸς τῶν ὁποίων χύνεται.

Αἱ μεταβολαὶ τοῦ ὄγκου, αἱ ὁποῖαι συνοδεύουν τὴν πῆξιν, εἶναι εἰδικῶς ἀξιοσημείωτοι διὰ τὸν πάγον. Ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς Tyndal ἀπέδειξεν, ὅτι ὁ πάγος σχηματίζεται διὰ τῆς ἑνώσεως μεγάλου ἀριθμοῦ μικρῶν ἀστεροειδῶν κρυστάλλων (ἄνθη τοῦ πάγου), οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν εἰς τὸ κέντρον αὐτῶν μικρὸν διάστημα κενόν. Ἡ ὕπαρξις τῶν κενῶν τούτων διαστηματίων προκύπτει ἀπὸ τὴν αὔξησιν τοῦ ὄγκου, ἡ ὁποία παράγεται κατὰ τὴν πῆξιν.

Ἡ αὔξησις τοῦ ὄγκου, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ὕδωρ στερεοποιούμενον, ἐπιφέρει πολὺ ἰσχυρὰ μηχανικὰ ἀποτελέσματα. Κατὰ τὸν χειμῶνα σωλῆνες, οἱ ὁποῖοι ἀφέθησαν πλήρεις ὕδατος, συχνάκις θραύονται. Ἡ διασταλτικὴ αὕτη δύναμις ἐξηγεῖ πῶς καταστρέφονται τὰ φυτὰ ὑπὸ τοῦ ψύχους· τὸ ὕδωρ, τὸ ὁποῖον σχηματίζει κατὰ μέγα μέρος τὸν χυμὸν αὐτῶν, στερεοποιεῖται ἐντὸς τῶν τριχοειδῶν ἀγγείων, τῶν ὁποίων τὰ τοιχώματα σχίζονται διὰ τῆς ἐκτάσεως τοῦ πάγου. Πολλοὶ λίθοι πορώδεις θρυμματίζονται κατὰ τὴν ἐποχὴν τῶν παγετῶν. Ἡ θρυμμάτισις αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν πῆξιν τοῦ ὕδατος τῆς βροχῆς, τὸ ὁποῖον εἶχεν εἰσδύσει ἐντὸς τῶν πόρων των.

ΔΙΑΛΥΣΙΣ - ΚΡΥΣΤΑΛΛΩΣΙΣ

189. Διάλυσις.—Λέγομεν, ὅτι στερεόν τι σῶμα **διαλύεται** ἐντὸς ὑγροῦ, ὅταν σχηματίζῃ μετὰ τούτου ὑγρὸν μεῖγμα ὁμοιομερές, τὸ ὁποῖον καλεῖται **διάλυμα**.

Ἡ διάλυσις στερεοῦ σώματος ἐντὸς ὑγροῦ εἶναι **ὑγροποίησις, ἡ ὁποία γίνεται εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν.**

Σῶμά τι εἶναι συνήθως διαλυτὸν εἰς ὡρισμένα ὑγρά. Πολλὰ μεταλλικὰ ἅλατα διαλύονται εἰς τὸ ὕδωρ. Τὸ οἰνόπνευμα, ὁ αἰθήρ, ἡ βενζίνη, τὸ ὀξεικὸν ὀξὺ διαλύουν πλῆθος ὀργανικῶν οὐσιῶν. Τὸ σάκχαρον, λίαν διαλυτὸν εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι ἀδιάλυτον εἰς τὸ οἰνόπνευμα· τὸ λίπος, ἀδιάλυτον εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι διαλυτὸν εἰς τὴν βενζίνην.

Μία διάλυσις λέγεται **κεκορεσμένη,** ἐὰν τὸ διαλυτικὸν ὑγρὸν ἐγκλείῃ τὸ μέγιστον μέρος τοῦ στερεοῦ, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ διαλύσῃ.

190. Θερμότης διαλύσεως.—Ἡ διάλυσις καθὼς καὶ ἡ **τῆξις** ἀπορροφᾷ θερμότητα. Ἐὰν ἡ διάλυσις συνοδεύεται ὑπὸ χημικοῦ ἀποτελέσματος, ὑπάρχουν δύο ἀντίθετοι δράσεις: ἡ **χημική,** ἡ ὁποία εἶναι πηγὴ θερμότητος, καὶ ἡ **ὑγροποίησις,** ἡ ὁποία ἀπορροφᾷ θερμότητα. Αἱ ἀναλογίαι ἔχουν λοιπὸν οὐσιώδη σημασίαν.

Ἐὰν ρίψωμεν ὀλίγον πάγον εἰς πολὺ θειϊκὸν ὀξύ, ἔχομεν ἔκλυσιν θερμότητος· τοὐναντίον, ἐὰν ρίψωμεν πολὺν πάγον εἰς ὀλίγον θειϊκὸν ὀξύ, ἔχομεν ἀπορρόφησιν θερμότητος. Ἐὰν δὲν ὑπάρχῃ χημικὴ δρᾶσις ἢ ἐὰν ἡ ἐκλυομένη διὰ τῆς χημικῆς δράσεως θερμότης εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀπορροφωμένην ὑπὸ τῆς διαλύσεως, ἡ θερμοκρασία καταπίπτει. Τὸ μεῖγμα εἶναι τότε **ψυκτικόν.**

191. Μείγματα ψυκτικά.—Ἓν τοιοῦτον μεῖγμα περιέχει τοὐλάχιστον ἓν στερεόν, διὰ νὰ παραχθῇ ἐντὸς αὐτοῦ ψῦξις διὰ διαλύσεως.

Πολὺ χρησιμοποιούμενον μεῖγμα εἶναι τὸ τοῦ τριμμένου πάγου καὶ τοῦ θαλασσίου ἅλατος, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ καταβιβάσωμεν τὴν θερμοκρασίαν εἰς -22°.

192. Κρυστάλλωσις.—Ὅταν ἡ ἐπάνοδος εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν στερεοῦ τινος σώματος, τὸ ὁποῖον ὑγροποιήθη, γίνεται ἀρκετὰ βραδέως, τὰ μόρια συσσωματοῦνται ἐνίοτε, σχηματίζοντα γεωμετρικὰ στερεά, μὲ ἐπιπέδους ἕδρας, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **κρύσταλλοι** (σχ. 146).

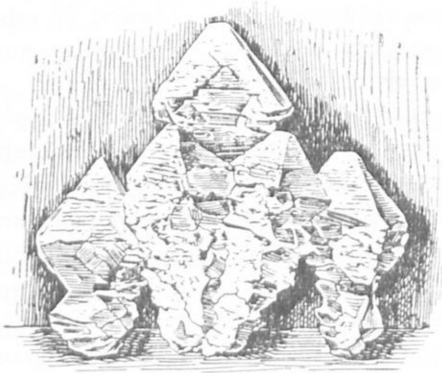
Ἡ κρυστάλλωσις δύναται νὰ γίνῃ **διὰ ξηρᾶς ὁδοῦ,** ἄνευ διαλυτικοῦ:

α) **Διὰ τήξεως,** μὲ σώματα, τῶν ὁποίων τὸ σημεῖον τῆς τήξεως δὲν εἶναι πολὺ ὑψηλόν, ὅπως π. χ. τὸ θεῖον.

β) **Δι᾽ ἐξαχνώσεως,** μὲ σώματα ὡς τὸ ἀρσενικόν, τὰ ὁποῖα μεταβαίνουν ἐκ τῆς ἀεριώδους καταστάσεως εἰς τὴν στερεάν, χωρὶς νὰ διέλθουν διὰ τῆς ὑγρᾶς.

Ἡ κρυστάλλωσις γίνεται ἐπίσης μετὰ διάλυσιν, **δι᾿ ὑγρᾶς ὁδοῦ**:

α) **Δι᾿ ἐξατμίσεως**. Εἰς δεδομένην θερμοκρασίαν μία κεκορεσμένη διάλυσις ἀφίνει νὰ ἀποτεθῇ μέρος τοῦ στερεοῦ, ὅταν ἐξατμίζωμεν τὸ διαλυτικὸν ὑγρὸν (ἅλας θαλάσσιον ἐντὸς ὕδατος).



Σχ. 146

β) **Διὰ ψύξεως**. Ἐὰν κεκορεσμένη διάλυσις ἔχῃ παρασκευασθῇ ἐν θερμῷ, ὅταν ψυχθῇ τὸ ὑγρόν, δὲν συγκρατεῖ διαλυμένον ὅλον τὸ στερεόν, τὸ ὁποῖον περιεῖχε (θειϊκὸς χαλκὸς ἐν ὕδατι).

Ἡ κρυστάλλωσις, ὅπως πᾶσα στερεοποίησις, συνοδεύεται ἀπὸ ἔκλυσιν θερμότητος.

193. Ὑπέρκορος.—Τοῦτο εἶναι φαινόμενον ἀνάλογον πρὸς τὴν **ὑπέρτηξιν**. Κεκορεσμένη διάλυσις ἐν θερμῷ δύναται γενικῶς, ὅταν λαμβάνωμεν ὡρισμένας προφυλάξεις, νὰ ὑφίσταται πτῶσιν τῆς θερμοκρασίας περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον σημαντικήν, χωρὶς τὸ διαλυμένον σῶμα νὰ ἀποτίθεται ἢ νὰ κρυσταλλοῦται· τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ὑπέρκορος**.

Προβλήματα

1ον. Ἀναμιγνύομεν 300 γρ. τηκομένου πάγου καὶ 700 γρ. ὕδατος θερμοκρασίας 100°. Ποία θὰ εἶναι ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ μείγματος;

2ον. Πόσα χιλιόγραμμα πάγου 0° τήκονται διὰ 50 χγρ. ζέοντος ὕδατος;

3ον. Πόσον ζέον ὕδωρ εἶναι ἀναγκαῖον, διὰ νὰ τηχθῶσιν 25 χγρ. πάγου 0°;

4ον. Ἡ Γῆ δέχεται παρὰ τοῦ Ἡλίου κατὰ τὴν μεσημβρίαν 3 θερμίδας κατὰ τετραγωνικὴν παλάμην καὶ κατὰ δεύτερον λεπτόν. Ποῖον πάχος πάγου θὰ δυνηθῇ νὰ τήξῃ ἡ ἡλιακὴ θερμότης εἰς μίαν ὥραν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους; (Πυκνότης τοῦ πάγου 0,92. Θερμότης τήξεως τοῦ πάγου 80).

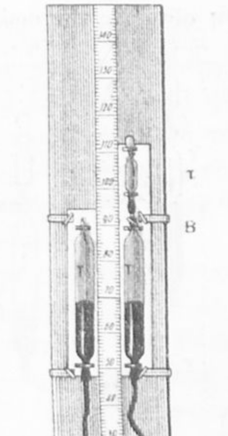
ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΑΤΜΩΝ

194. Ἐξαερίωσις γενικῶς.—Λέγομεν, ὅτι ὑγρόν τι (ἢ καὶ στερεὸν) **ἐξαεριοῦται**, ὅταν μετατρέπεται εἰς ἀέριον, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν τότε **ἀτμόν**. Ἡ λέξις **ἀτμὸς** δὲν ἀναφέρεται συνεπῶς εἰς νέαν τινὰ (τετάρτην) κατάστασιν τῆς ὕλης· μόνον δεικνύει, ὅτι τὸ θεωρούμενον σῶμα δὲν εἶναι ἀέριον εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν. Ὁ σχηματισμὸς τῶν ἀτμῶν γίνεται εἰς πᾶσαν θερμοκρασίαν διὰ τὰ πλεῖστα τῶν ὑγρῶν καὶ διά τινα στερεὰ (ἰώδιον, καφφουρά). Συνεπῶς δὲν ὑπάρχει ἐνταῦθα σημεῖον **ἐξαεριώσεως** ἀνάλογον πρὸς τὸ **σημεῖον τήξεως**.

Τὸ ὑγρὸν λέγεται πτητικόν, ἐὰν γίνεται ἀτμὸς εἰς θερμοκρασίαν ὄχι πολὺ ὑψηλήν.

Ἡ ἐξαερίωσις ὑγροῦ τινος δύναται νὰ γίνῃ κατὰ δύο τρόπους: Ἐὰν τὸ ὑγρὸν ἔχῃ ἀφεθῆ εἰς τὸν ἐλεύθερον ἀέρα ἐντὸς δοχείου, ὁ ὄγκος αὐτοῦ ἐλαττοῦται ὀλίγον κατ᾽ ὀλίγον ἕνεκα τῆς βραδείας παραγωγῆς ἀτμῶν ἐκ τῆς ἐπιφανείας· λέγομεν, τότε ὅτι γίνεται **ἐξάτμισις**. Ἐὰν τὸ αὐτὸ ὑγρὸν θερμαίνεται βαθμηδόν, φθάνει στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν βλέπομεν πομφόλυγας ἀτμοῦ σχηματιζομένας ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ, αἱ ὁποῖαι θραύονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν. Λέγομεν, τότε ὅτι τὸ ὑγρὸν **ζέει**.

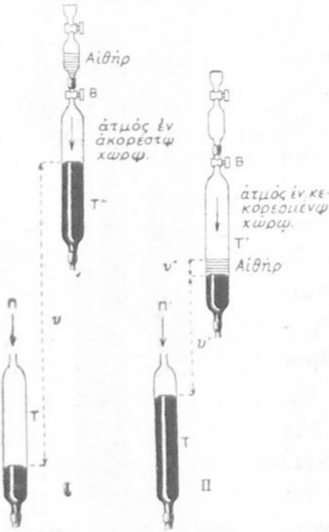
195. Σχηματισμὸς τῶν ἀτμῶν εἰς τὸ κενόν.—Ὅταν ὑγρόν τι εἰσαχθῇ εἰς τὸ κενόν, γίνεται ἀκαριαία παραγωγὴ ἀτμῶν, τῶν ὁποίων ἡ ἐλαστικὴ δύναμις δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὴν τῶν ἀερίων.



Σχ. 147

Διὰ νὰ δείξωμεν τοῦτο, μεταχειριζόμεθα τὴν ὑπὸ τοῦ σχήματος 147 παριστωμένην συσκευήν. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο εὐρύχωρα ὑάλινα δοχεῖα, τὰ ὁποῖα περιέχουν ὑδράργυρον καὶ συγκοινωνοῦν διὰ μακροῦ σωλῆνος ἐκ καουτσούκ. Τὰ δοχεῖα ταῦτα εἶναι προσηλωμένα ἐπὶ λεπτῶν τεμαχίων ἐκ ξύλου. Τὰ τεμάχια ταῦτα δύνανται νὰ ὀλισθαίνουν κατὰ μῆκος κατακορύφου σανίδος, ἑκατέρωθεν κλίμακος διῃρημένης εἰς ἑκατοστόμετρα, ἡ ὁποία εἶναι χαραγμένη ἐπὶ τῆς σανίδος ταύτης. Διὰ πιεστικῶν κοχλιῶν δύνανται νὰ προσηλοῦνται τὰ δοχεῖα ἐπὶ τῆς σανίδος. Τέλος, τὸ ἓν δοχεῖον Τ εἶναι ἀνοικτὸν εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῷ τὸ ἄλλο Τ′ διὰ στρόφιγγος ἐξ ὑάλου Β δύναται νὰ συγκοινωνῇ μετὰ χοανοειδοῦς δοχείου τ, τὸ ὁποῖον περιέχει αἰθέρα καὶ φέρει πῶμα ἐσμυρισμένον.

Ἀφοῦ ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα Β καὶ ἀφαιρέσωμεν τὸ πῶμα τοῦ δοχείου τ, ἀνυψοῦμεν τὸν σωλῆνα Τ, ἕως ὅτου ὁ ὑδράργυρος πληρώσῃ τελείως τὸν σωλῆνα Τ′. Κλείομεν τότε τὴν στρόφιγγα Β, πωματίζομεν τὸ δοχεῖον τ καὶ καταβιβάζομεν τὸν σωλῆνα Τ. Ἐδημιουργήθη οὕτω εἰς τὸν σωλῆνα Τ′ βαρομετρικὸς θάλαμος, ἡ δὲ κατακόρυφος ἀπόστασις τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τοὺς δύο σωλῆνας μετρεῖ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Ἐὰν ἀνοίξωμεν κατόπιν τὴν στρόφιγγα Β ἐπὶ κλάσμα τι τοῦ δευτερολέπτου οὕτως, ὥστε νὰ εἰσέλθουν εἰς τὸν βαρομετρικὸν θάλαμον σταγόνες τινὲς αἰθέρος, οὗτος ἐξαφανίζεται ἀκαριαίως καὶ συγχρόνως ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ὑδραργύρου κατέρχεται εἰς τὸν σωλῆνα Τ′ (σχ. 148 Ι).



Σχ. 148

Ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος, ὅστις καταλαμβάνει τὸ διάστημα τὸ ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, εἶναι προφανῶς ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ἠλαττωμένην κατὰ τὴν κατακόρυφον ἀπόστασιν υ τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου εἰς τοὺς δύο σωλῆνας.

Ἀφίνομεν νὰ διέλθουν ἐκ νέου σταγόνες τινὲς αἰθέρος εἰς τὸν σωλῆνα Τ′′ ἐξαεριοῦνται καὶ αὗται καὶ ὁ ὑδράργυρος ὑφίσταται νέαν κατάπτωσιν, τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος αὐξάνεται. Ἐν τούτοις ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τούτου δὲν αὐξάνεται ἐπ' ἄπειρον. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν νὰ εἰσάγωμεν αἰθέρα, φθάνει στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐξαερίωσις παύει. Τὸ ὑγρὸν σχηματίζει τότε μικρὸν στρῶμα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, τοῦ ὁποίου ἡ ἐπιφάνεια δὲν μετακινεῖται πλέον (σχ. 148 ΙΙ). Ὅταν **περίσσεια αἰθέρος** εὑρίσκεται οὕτω ἐν ἐπαφῇ μετὰ τοῦ ἀτμοῦ, τὸ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου διάστημα ἐγκλείει τὴν μεγίστην ποσότητα ἀτμοῦ αἰθέρος, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ περιέχῃ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος.

Λέγομεν τότε, ὅτι ὁ χῶρος οὗτος **εἶναι κεκορεσμένος** ἢ ἀκόμη ὅτι ὁ ἀτμὸς εὑρίσκεται **ἐν χώρῳ κεκορεσμένῳ**. Ἀλλὰ καὶ ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ τούτου, ὑπολογιζομένου τοῦ μικροῦ στρώματος υ΄΄ τοῦ αἰθέρος, ὅστις ὑπέρκειται τοῦ ὑδραργύρου, δὲν δύναται νὰ γίνῃ μεγαλυτέρα. Καλοῦμεν ταύτην **μεγίστην ἐλαστικὴν δύναμιν ἢ μεγίστην τάσιν** τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος.

Κατὰ ταῦτα, ἐφ᾽ ὅσον ὁ ἀτμὸς δὲν εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ περισσείας τοῦ παράγοντος αὐτὸν ὑγροῦ, ὁ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου χῶρος **δὲν εἶναι κεκορεσμένος** καὶ ὁ ἀτμός, ὁ ὁποῖος πληροῖ αὐτόν, εὑρίσκεται **ἐν ἀκορέστῳ χώρῳ**. Οἱ ἐν ἀκορέστῳ χώρῳ ἀτμοὶ φέρονται ὡς ἀέρια καὶ ἀκολουθοῦν κατὰ μεγάλην προσέγγισιν τοὺς νόμους τοῦ Μαριόττου καὶ τοῦ Gay - Lussac. Οἱ ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ ἀτμοὶ ἔχουν ἰδιαιτέρας ἰδιότητας, τὰς ὁποίας θὰ ἐξετάσωμεν.

196 Γενικαὶ ἰδιότητες τῶν ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ ἀτμῶν.— α) Διαθέτομεν τὸ ὄργανον οὕτως, ὥστε ὁ ὑπεράνω τοῦ ὑδραργύρου χῶρος τοῦ σωλῆνος Τ΄ νὰ εἶναι κεκορεσμένος δι᾽ ἀτμῶν αἰθέρος. Κατόπιν δοκιμάζομεν νὰ μεταβάλωμεν τὴν μεγίστην τάσιν τοῦ ἀτμοῦ τούτου, μεταθέτοντες τὸν σωλῆνα Τ. Ἐὰν ἀνεγείρωμεν τὸν σωλῆνα τοῦτον, ὁ ὄγκος τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος ἐλαττοῦται, ἀλλ᾽ ἡ τάσις αὐτοῦ **δὲν μεταβάλλεται**. Θὰ ἴδωμεν μόνον, ὅτι τὸ πάχος τοῦ στρώματος τοῦ ὑγροῦ αἰθέρος αὐξάνεται, διότι μέρος τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος ἐπανέρχεται εἰς τὴν ὑγρὰν κατάστασιν. Ἐὰν καταβιβάσωμεν τὸν σωλῆνα Τ οὕτως, ὥστε ὁ ὄγκος τοῦ ἀτμοῦ νὰ αὐξηθῇ, ἡ τάσις μένει καὶ τότε ἀμετάβλητος· διότι μέρος τοῦ ὑγροῦ μετατρέπεται εἰς ἀτμὸν καὶ τὸ ὕψος αὐτοῦ ἐλαττοῦται. Καταβιβάζοντες ἐπαρκῶς τὸν σωλῆνα Τ, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν τελείαν ἐξαερίωσιν τοῦ ὑγροῦ. Ἐξακολουθοῦντες νὰ καταβιβάζωμεν τὸν σωλῆνα Τ, διαπιστοῦμεν, ὅτι ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ, ὅστις εὑρίσκεται ἤδη **ἐν μὴ κεκορεσμένῳ χώρῳ**, βαίνει ἐλαττουμένη, ἐφ᾽ ὅσον ὁ ὄγκος του αὐξάνεται, καὶ τοῦτο συμφώνως μὲ τὸν νόμον τοῦ Μαριόττου, ὅπερ δεικνύει, ὅτι οἱ μὴ ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ ἀτμοὶ φέρονται ὅπως πάντα τὰ ἀέρια.

β) Ἐὰν περιφέρωμεν τὴν φλόγα λύχνου κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος Τ΄, ὅταν οὗτος περιέχῃ ἀτμοὺς ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ, ἡ ἀπόστασις τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὑδραργύρου υ' ἐλαττοῦται, ὅπερ δεικνύει, ὅτι ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ αὐξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον. Ἐὰν ἀφήσωμεν τὸν σωλῆνα Τ' νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν, ὁ ὑδράργυρος ἀνέρχεται ὀλίγον κατ' ὀλίγον καὶ τέλος ἀναλαμβάνει τὴν προτέραν του θέσιν. Ἄρα ἡ μεγίστη τάσις ἀτμοῦ ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ αὐξάνεται, ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία ὑψοῦται.

γ) Τέλος, ἂς ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ προηγουμένου ἐδαφίου, χρησιμοποιοῦντες διάφορα ὑγρά, π.χ. οἰνόπνευμα, ὕδωρ. Θὰ παρατηρήσωμεν τὰ αὐτὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα καὶ μὲ τὸν αἰθέρα, ἀλλ' ἡ τάσις τοῦ ἀτμοῦ θὰ εἶναι μικροτέρα εἰς τὸ οἰνόπνευμα παρὰ εἰς τὸν αἰθέρα καὶ ἀκόμη μικροτέρα εἰς τὸ ὕδωρ. Συνάγομεν λοιπόν, ὅτι εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν ἡ μεγίστη τάσις ἀτμοῦ εὑρισκομένου ἐν κεκορεσμένῳ χώρῳ μεταβάλλεται μετὰ τῆς φύσεως τοῦ παράγοντος τὸν ἀτμὸν τοῦτον ὑγροῦ.

ΕΞΑΤΜΙΣΙΣ ΚΑΙ ΒΡΑΣΜΟΣ

197. Ἐξάτμισις.—Ἐντὸς περιωρισμένου χώρου ὑγρόν τι ἐξαεριοῦται, ἐφ' ὅσον ὁ ἀτμὸς αὐτοῦ δὲν κορεννύει τὸν χῶρον.

Ἡ ἐξαερίωσις ὑγροῦ ἐντὸς περιωρισμένου χώρου γίνεται πλήρης, ἐάν, καθ' ὅσον παράγεται ὁ ἀτμός, τὸν ἀφαιροῦμεν δι' ἀεραντλίας ἢ τὸν ἀπορροφῶμεν δι' ἀντιδράσεως.

Εἰς ἀπεριόριστον ἀτμόσφαιραν, ὅπου ὁ χῶρος δὲν δύναται νὰ εἶναι κεκορεσμένος, τὰ πλεῖστα τῶν ὑγρῶν ἐξαεριοῦνται βαθμηδὸν καὶ τέλος ἐξαφανίζονται.

Ἡ ἐξαερίωσις ὑγροῦ ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας του εἰς ἀπεριόριστον ἀτμόσφαιραν καλεῖται εἰδικῶς **ἐξάτμισις**.

198. Ταχύτης ἐξατμίσεως εἰς ἀπεριόριστον ἀτμόσφαιραν.—**Ταχύτης ἐξατμίσεως** εἰς ἀπεριόριστον ἀτμόσφαιραν καλεῖται **τὸ βάρος τοῦ ἐξατμιζομένου ὑγροῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.**

Προσδιορίζοντες τὴν ταχύτητα τῆς ἐξατμίσεως διὰ σταθμίσεως τοῦ ὑγροῦ πρὸ τῆς ἐξατμίσεως καὶ μετ' αὐτήν, καθορίζομεν τὰς συνθήκας αἱ ὁποῖαι ἐπιδροῦν ἐπὶ ταύτης.

199. Νόμοι τοῦ Dalton.—α) Ἡ ταχύτης τῆς ἐξατμίσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ.

Αἱ ἅλυκαί, εἰς τὰς ὁποίας τὸ θαλάσσιον ὕδωρ ἐκτίθεται εἰς μεγάλας ἐκτάσεις, εἶναι ἐφαρμογὴ τῆς ἀρχῆς ταύτης.

β) Ἡ ταχύτης τῆς ἐξατμίσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν μεταξὺ τῆς μεγίστης τάσεως Δ τοῦ ἀτμοῦ τοῦ ὑγροῦ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ πειράματος καὶ τῆς τάσεως δ, τὴν ὁποίαν ἔχει κατὰ τὴν αὐτὴν στιγμὴν ὁ ἀτμὸς τοῦ ὑγροῦ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν.

Ἡ διαφορὰ αὕτη Δ — δ καλεῖται **παράγων ἐξατμίσεως.** Κατὰ τὸν νόμον τοῦτον, εἰς ἀέρα ἀπολύτως ξηρόν, ὅπου δ = 0, ἡ ἐξάτμισις τοῦ ὕδατος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ Δ. Εἰς ἀέρα κεκορεσμένον, εἰς τὸν ὁποῖον δ = Δ, ἡ ἐξάτμισις τοῦ ὕδατος ἰσοῦται μὲ τὸ μηδέν.

Ὑψουμένης τῆς θερμοκρασίας, ἡ μεγίστη τάσις Δ αὐξάνεται, συνεπῶς δὲ καὶ ἡ ταχύτης τῆς ἐξατμίσεως. Πράγματι, διάβροχον ἀντικείμενον ξηραίνεται ταχέως, ὅταν θερμανθῇ.

Ρεῦμα ἀέρος ἐπιταχύνει τὴν ἐξάτμισιν, διότι συμπαρασύρει τοὺς σχηματιζομένους ἀτμοὺς καὶ φέρει συνεχῶς ἀέρα ξηρότερον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἐξατμιζομένου ὑγροῦ. Ἡ ἐξάτμισις λοιπὸν ἐπιταχύνεται διὰ τῆς ἀνανεώσεως τοῦ ἀέρος.

Ἡ ταχύτης τῆς ἐξατμίσεως εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν.

Εἰς τὸ κενὸν ἡ ἐξάτμισις γίνεται ἀκαριαίως.

Οἱ νόμοι οὗτοι περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον $T = \frac{KE(\Delta - \delta)}{\Pi}$

ὅπου Κ σταθερὸς συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὑγροῦ, Ε τὸ μέγεθος τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐξατμιζομένου ὑγροῦ, Π ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις καὶ (Δ — δ) ὁ παράγων ἐξατμίσεως.

200. Βρασμός. — Ὅταν θερμαίνωμεν ὑγρόν τι βαθμηδόν, γίνεται εὐθὺς ἐξ ἀρχῆς ἐξάτμισις εἰς τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ, συγχρόνως δὲ καὶ θέρμανσις ἐντὸς τῆς μάζης αὐτοῦ. Πέραν ὡρισμένου σημείου, ἡ θερμοκρασία δὲν ἀνυψοῦται πλέον καὶ γίνεται τότε βρασμός, παραγωγὴ δηλ. πομφολύγων ἀτμοῦ ἐντὸς τῆς μάζης τοῦ ὑγροῦ.

201. Νόμοι τοῦ βρασμοῦ. — α) Ὑπὸ δεδομένην πίεσιν, ὁ βρασμὸς ἄρχεται εἰς θερμοκρασίαν, ἡ ὁποία εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον ὑγρόν.

Ἡ θερμοκρασία αὕτη καλεῖται **σημεῖον ζέσεως**. Τὸ σημεῖον ζέσεως ὑπὸ πίεσιν 76 ἑκ. καλεῖται **κανονικόν.**

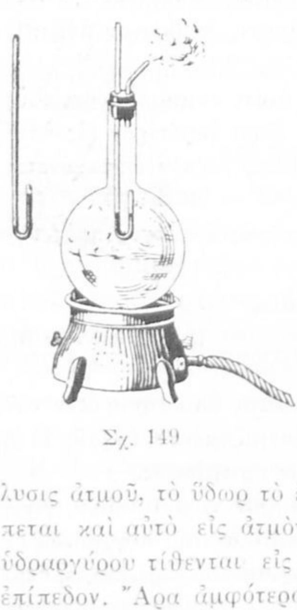
β) Καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ, παρὰ τὴν συνεχῆ δρᾶσιν τῆς ἑστίας, ἡ θερμοκρασία καθαροῦ ὑγροῦ μένει σταθερά.

Οἱ δύο οὗτοι νόμοι ἀποδεικνύονται διὰ τοῦ θερμομέτρου. Ἡ σταθερότης τῆς θερμοκρασίας κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ ὀφείλεται εἰς τὴν **θερμότητα ἐξαεριώσεως**. Ἡ θερμότης τῆς ἑστίας χρησιμοποιεῖται ὁλόκληρος, καθὼς καὶ εἰς τὴν τῆξιν, εἰς τὸ νὰ παραγάγῃ τὸ ἀναγκαῖον ἐσωτερικὸν ἔργον διὰ τὴν μεταβολὴν τῆς καταστάσεως ἄνευ ὑψώσεως τῆς θερμοκρασίας.

Ὑγρὸν ζέον μὲ μεγάλας πομφόλυγας δὲν εἶναι θερμότερον ἀπὸ ὅ,τι θὰ ἦτο, ἂν ἔζεεν ἠπίως. Ἐξαεριοῦται ὅμως ταχύτερον.

Ἐπὶ τοῦ νόμου τούτου στηρίζεται, ὡς εἴδομεν, ὁ προσδιορισμὸς τοῦ σημείου 100 τῆς ἑκατονταδικῆς κλίμακος τοῦ θερμομέτρου.

γ) Κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ βρασμοῦ ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἐκλυομένου ἀτμοῦ ἰσοῦται πρὸς τὴν πίεσιν, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ ὑγροῦ.



Σχ. 149

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὸν νόμον τοῦτον εἰς τὴν περίπτωσιν βρασμοῦ εἰς ἐλεύθερον ἀέρα, μεταχειριζόμεθα σωλῆνα κεκαμμένον, τοῦ ὁποίου τὸ βραχὺ σκέλος εἶναι κλειστὸν καὶ τὸ μέγα ἀνοικτὸν (σχ. 149). Ἀφοῦ πληρώσωμεν τὸ μικρὸν σκέλος μὲ ὑδράργυρον, εἰσάγομεν εἰς αὐτὸ μικρὰν ποσότητα ὕδατος, ἀφοῦ τὴν ἀπαλλάξωμεν προηγουμένως ἀπὸ τὸν διαλυμένον ἀέρα διὰ βρασμοῦ. Κατόπιν εἰσάγομεν τὸν σωλῆνα ἐντὸς σφαιρικῆς φιάλης, ἡ ὁποία περιέχει ὕδωρ, τὸ ὁποῖον θέτομεν εἰς βρασμόν. Εὐθὺς ὡς ἀρχίσῃ ἡ ἔκλυσις ἀτμοῦ, τὸ ὕδωρ τὸ ἐγκεκλεισμένον εἰς τὸ βραχὺ σκέλος μετατρέπεται καὶ αὐτὸ εἰς ἀτμὸν καὶ βλέπομεν τότε, ὅτι αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ ὑδραργύρου τίθενται εἰς ἀμφότερα τὰ σκέλη εἰς τὸ αὐτὸ ὁριζόντιον ἐπίπεδον. Ἄρα ἀμφότεραι αἱ ἐπιφάνειαι δέχονται τὴν αὐτὴν πίεσιν καὶ συνεπῶς ἡ ἐλαστικὴ δύναμις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ σχηματισθέντος εἰς τὸ βραχὺ σκέλος ἰσοῦται μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν.

202. Περιγραφὴ τοῦ φαινομένου τοῦ βρασμοῦ τοῦ ὕδατος.—Ὅταν θερμάνωμεν ὕδωρ ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου (σχ. 150), παρατηροῦμεν κατὰ πρῶτον ἐκλυομένας μικρὰς φυσαλίδας, αἱ ὁποῖαι προέρχονται ἀπὸ τὸν διαλυμένον ἀέρα καὶ ἀπὸ τὸν ἀέρα τὸν περιλαμβανόμενον μεταξὺ τοῦ ὑγροῦ καὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου. Βραδύτερον, ἐφ' ὅσον ἡ θερμοκρασία ἀνυψοῦται, ἐμφανίζονται ἐπὶ τῶν ἀπ' εὐθείας θερμαινομένων τοιχωμάτων τοῦ δοχείου φυσαλίδες μεγαλύτεραι, αἱ ὁποῖαι εἶναι **πομφόλυγες ἀτμοῦ**. Ἡ ἐλαστικὴ αὐτῶν δύναμις, κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ σχηματισμοῦ των, εἶναι ἴση πρὸς τὴν πίεσιν τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀέρος, ηὐξημένην κατὰ τὴν πίεσιν τῆς ὑπερκειμένης ὑγρᾶς στήλης. Αἱ φυσαλίδες αὗται σμικρύνονται, ἐφ' ὅσον ἀνέρχονται, καὶ ἐπὶ τέλους ἐξαφανίζονται, διότι συμπυκνοῦνται ἐρχόμεναι εἰς ἐπαφὴν μὲ στρώματα ὀλιγώτερον θερμά, ὅπου ἡ ἐλαστική των δύναμις καθίσταται μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Ὅταν ὅλη ἡ μᾶζα θερμανθῇ ἐπαρκῶς, πομφόλυγες σχηματισθεῖσαι εἰς τὸν πυθμένα ἢ ἐπὶ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου δὲν συμπυκνοῦνται πλέον ἐξογκοῦνται τὴν φορὰν ταύτην, καθ' ὅσον ἀνέρχονται, διότι ἡ ἐλαστική των δύναμις ἐλαττοῦται, ἐπειδὴ ἡ ὑπερκειμένη ὑγρὰ στήλη ἐλαττοῦται, καθ' ὅσον αἱ φυσαλίδες ἀνέρχονται. Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἔχουν ἐλαστικὴν δύναμιν ἴσην πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν καὶ ἡ θερμοκρασία αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαστικὴν ταύτην δύναμιν (100^0 ὑπὸ πίεσιν 76).

Σχ. 150

ΣΥΝΘΗΚΑΙ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΥΣΑΙ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟΝ ΤΗΣ ΖΕΣΕΩΣ

203. Πτῶσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως ὑπὸ μικρὰς πιέσεις. —Ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ πίεσις ἐλαττοῦται, ὁ ἀτμὸς τοῦ ὑγροῦ λαμβάνει εἰς θερμοκρασίαν χαμηλοτέραν μεγίστην ἐλαστικὴν δύναμιν, ἴσην πρὸς τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Συνεπῶς τὸ σημεῖον τῆς ζέσεως ἐλαττοῦται.

Ἡ πτῶσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως παρατηρεῖται παρὰ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς γῆς ἐντὸς ἀνοικτοῦ δοχείου, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα. Ὑπὸ πίεσιν 76 έκ. τὸ ὕδωρ ζέει εἰς 100^0.

Εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ Puit de Dôme, ὅπου ἡ πίεσις εἶναι 63 έκ., τὸ σημεῖον τῆς ζέσεως τοῦ ὕδατος εἶναι 95^0, ἐπὶ δὲ τοῦ Λευκοῦ ὄρους $84,5^0$. Ἡ παρατήρησις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως τοῦ ὕδατος ἐπιτρέπει εἰς ἡμᾶς νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ὕψος τοῦ τόπου.

204. Ἀνύψωσις τοῦ σημείου τῆς ζέσεως μετὰ τῆς πιέσεως.— Ἐὰν ἡ πίεσις ὑπερβαίνῃ τὰ 76 ἑκ., ἡ θερμοκρασία τοῦ ὑγροῦ ὑψοῦται ἄνω τοῦ κανονικοῦ σημείου τῆς ζέσεως. Ὑπὸ πίεσιν δύο ἀτμοσφαιρῶν τὸ ὕδωρ ζέει εἰς 120°.

205. Ἐπίδρασις τοῦ βάθους τοῦ ὑγροῦ ἐπὶ τῆς θερμοκρασίας τῆς ζέσεως.— Ὁ ἀτμὸς σχηματίζεται, ὅταν ἡ ἐλαστική του δύναμις εἶναι τοὐλάχιστον ἴση πρὸς τὴν ἐπ᾿ αὐτοῦ ἐξασκουμένην πίεσιν.

Ἐπειδὴ ἡ πίεσις αὕτη αὐξάνεται ἐντὸς ὑγροῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως ἀπὸ τῆς ἐλευθέρας ἐπιφανείας, ἡ θερμοκρασία ἐντὸς ὑγροῦ ζέοντος αὐξάνεται μετὰ τοῦ βάθους, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ θερμόμετρον ἔχει βυθισθῆ.

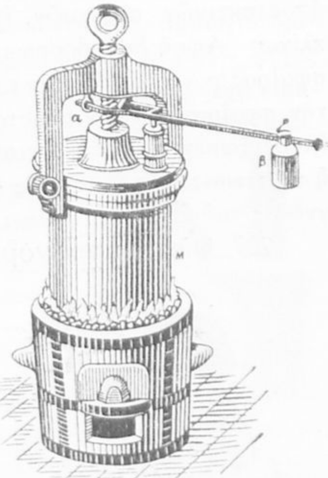
206. Ὑγρὸν θερμαινόμενον ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου.— Ὅταν ὑγρὸν θερμαίνεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, δὲν γίνεται βρασμός, ἐὰν πάντα τὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Βρασμὸς τότε γίνεται, ἐὰν ἓν μέρος τῶν τοιχωμάτων διατηρεῖται ψυχρότερον.

Α) Πάντα τὰ μέρη τοῦ τοιχώματος ἔχουν τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν. Τότε βρασμὸς δὲν γίνεται, διότι ὁ ἄνωθεν τοῦ ὑγροῦ ἐλεύθερος χῶρος **κορέννυται** ἀμέσως δι᾿ ἀτμοῦ, ὁ ὁποῖος προσθέτει ἀδιακόπως τὴν τάσιν του εἰς τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος περιέχεται ἐντὸς τοῦ δοχείου ὑπεράνω τοῦ ὑγροῦ. Οὕτω ἡ πίεσις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ βαίνει σταθερῶς αὐξανομένη, ἡ δὲ θερμοκρασία ὑψοῦται, ἐφ᾿ ὅσον θερμαίνομεν, χωρὶς νὰ παραχθῇ βρασμός. Ἡ ἐξαερίωσις δηλ. παύει. Τοιαύτη εἶναι ἡ περίπτωσις τῆς χύτρας τοῦ Papin.

Σημείωσις. Εἰς τὸν λέβητα τῆς ἀτμομηχανῆς βρασμὸς γίνεται, ἐφ᾿ ὅσον ἀφαιρεῖται ὁ ἐντὸς αὐτοῦ ἀτμός.

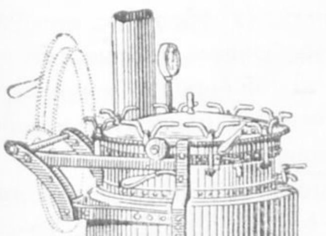
Χύτρα τοῦ Papin. Αὕτη εἶναι κυλινδρικὸν δοχεῖον Μ ἐξ ὀρειχάλκου (σχ. 151) μὲ ἰσχυρὰ τοιχώματα, ἐν μέρει πεπληρωμένον δι᾿ ὕδατος καὶ κλειόμενον διὰ καλύμματος ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου. Τὸ κάλυμμα τοῦτο διατηρεῖ πιεστικὸς κοχλίας στερεῶς προσηρμοσμένον. Τὸ ἐν λόγῳ κάλυμμα φέρει μικρὰν ὀπήν, ἡ ὁποία κλείεται διὰ δικλεῖδος. Ἐπὶ τῆς κεφαλῆς τῆς δικλεῖδος στηρίζεται τριτογενὴς μοχλός, ἐπιφορτισμένος μὲ κινητὸν βάρος. Κανονίζεται ἡ ἀπόστασις τοῦ βάρους ἀπὸ τὸ ὑπομόχλιον, οὕτως ὥστε ἡ δικλεὶς νὰ ἀνυψωθῇ καὶ παράσχῃ διέξοδον εἰς τὸν ἀτμόν, ὅταν οὗτος ἀποκτήσῃ ἐντὸς τῆς χύτρας πίεσιν ὡρισμένην. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον, ὡς προλαμβάνον τὴν διάρρηξιν τῆς συσκευῆς, τὸ ὄργανον τοῦτο ὠνομάσθη **δικλεὶς ἀσφαλείας**.

Τὸ ὕδωρ, τὸ θερμαινόμενον ἐντὸς τοῦ κλειστοῦ τούτου δοχείου, δύναται νὰ φθάσῃ εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τῶν 100°, χωρὶς νὰ τεθῇ εἰς βρασμόν, ὁ δὲ ἀτμὸς νὰ ἀποκτήσῃ τάσιν πολλῶν ἀτμοσφαιρῶν, ἀναλόγως τοῦ ἐπὶ τῆς δικλεῖδος βάρους. Ὅταν ἡ βαλβὶς ἀνοιχθῇ, ἡ πίεσις ἐλαττοῦται ἀποτόμως ἐντὸς τοῦ λέβητος καὶ παράγεται ζωηρὸς βρασμός. Ἡ θερμοκρασία κατέρχεται ἀμέσως εἰς τοὺς 100°, ἐὰν τὸ μέγεθος τῆς ὀπῆς ἐπιτρέπῃ εἰς τὸν ἀτμὸν νὰ ἐκφεύγῃ ἀρκετὰ ἐλευθέρως, ἵνα ἡ πίεσις κατέλθῃ εἰς 76 ἑκατ.



Σχ. 151

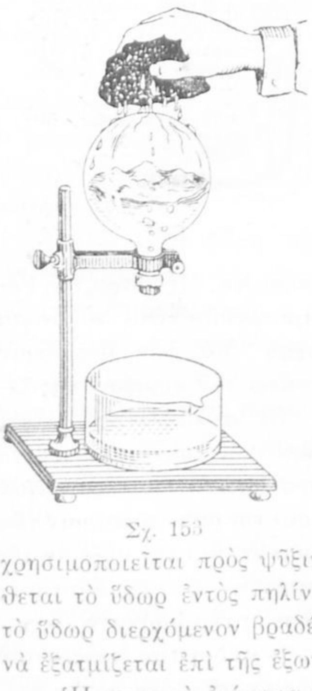
Αὐτόκλειστα. Ἡ χύτρα τοῦ Papin ἐχρησιμοποιήθη ὑπὸ τὸ ὄνομα **αὐτόκλειστον** διὰ τὴν θέρμανσιν τῶν ὑγρῶν ἄνω τοῦ σημείου τῆς ζέσεώς των. Τὰ **αὐτόκλειστα** εἶναι δοχεῖα ἀνθεκτικά, χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν ἀποστείρωσιν διατηρουμένων τροφίμων, διὰ τὴν σαπωνοποίησιν τῶν παχέων σωμάτων, διὰ τὴν αὔξησιν τῆς διαλυτικότητος τοῦ ὕδατος κατὰ διαφόρους ἐνεργείας τῆς βιομηχανικῆς χημείας, ὅπως π. χ. διὰ τὴν ἐντὸς αὐτοῦ διάλυσιν τῆς πηκτῆς τῶν ὀστῶν κτλ. Τὸ σχῆμα 152 δίδει ἰδέαν τοῦ συνόλου ἑνὸς αὐτοκλείστου χρησιμοποιουμένου διὰ τὴν ἀποστείρωσιν τροφίμων.



Σχ. 152

Β) Ἓν μέρος τοῦ τοιχώματος ἔχει θερμοκρασίαν μικροτέραν τῆς τοῦ ὑγροῦ. Βρασμὸς γίνεται ἐντὸς κλειστοῦ δοχείου, ἐὰν ἡ θερμοκρασία μέρους τοῦ τοιχώματος διατηρῆται κατωτέρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ ὑγροῦ (Ἀρχὴ τῆς ψυχρᾶς παρειᾶς). Τοιαύτη εἶναι ἡ περίπτωσις τῶν ἀποστακτικῶν συσκευῶν, ἐπίσης δὲ καὶ τοῦ **πειράματος** τοῦ Φραγκλίνου. Ἀφοῦ δηλ. βράσωμεν ὕδωρ ἐπί τινας στιγμὰς ἐντὸς ὑαλίνης σφαίρας καὶ ἐκδιώξωμεν τὸν ἀέρα διὰ τοῦ ἀτμοῦ, πωματίζομεν καλῶς τὴν σφαῖραν καὶ τὴν ἀναστρέφομεν (σχ. 153). Ὁ βρασμὸς παύει· ἀλλ᾽ ἐὰν ψύξωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς σφαίρας, ρίπτοντες ἐπ᾽ αὐτῆς ὕδωρ, ἡ ἐλάττωσις τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως, τὴν ὁποίαν παράγει ἡ συμπύκνωσις τοῦ ἀτμοῦ, ἐπιτρέπει εἰς τὸ ὑγρὸν νὰ τεθῇ ἐκ νέου εἰς βρασμόν.

207. Ψῦχος παραγόμενον διὰ τῆς ἐξαεριώσεως.—Ὁ σχηματισμὸς ἀτμοῦ ἀπαιτεῖ θερμότητα, ὅπως καὶ ἡ μετάβασις ἐκ τῆς στερεᾶς καταστάσεως εἰς τὴν ὑγράν. Ἓν ὑγρόν, τὸ ὁποῖον ἐξατμίζεται, θὰ λάβῃ ἀπὸ τὸν ἑαυτόν του καὶ τὰ γειτονικὰ σώματα τὴν ἀναγκαίαν θερμότητα, διὰ νὰ παραγάγῃ τὴν μεταβολὴν τῆς καταστάσεως. Ἐξ αὐτοῦ προκύπτει πτῶσις τῆς θερμοκρασίας. Οὕτω ὁ αἰθὴρ χυνόμενος ἐπὶ τῆς χειρὸς παράγει, ἐξατμιζόμενος, ζωηρὸν αἴσθημα ψύξεως. Χυνόμενος ἐπὶ τοῦ δοχείου θερμομέτρου περιβεβλημένου διὰ μουσελίνης, καταβιβάζει τὴν θερμοκρασίαν κάτω τοῦ 0^o.

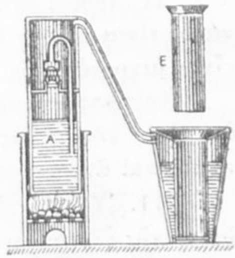

Σχ. 153

Ἐφαρμογὴ τοῦ ψύχους τοῦ παραγομένου διὰ τῆς ἐξατμίσεως. Τὸ ψῦχος τὸ παραγόμενον διὰ τῆς ἐξατμίσεως χρησιμοποιεῖται πρὸς ψῦξιν τοῦ ὕδατος κατὰ τὸ θέρος. Πρὸς τοῦτο τίθεται τὸ ὕδωρ ἐντὸς πηλίνων ἀγγείων, τὰ ὁποῖα εἶναι πορώδη, ὥστε τὸ ὕδωρ διερχόμενον βραδέως διὰ μέσου τῶν πόρων τῶν τοιχωμάτων νὰ ἐξατμίζεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς αὐτῶν ἐπιφανείας.

Ἡ ψυκτικὴ ἐνέργεια τῆς αὐτομάτου ἐξατμίσεως δύναται τοσοῦτον νὰ ἐνταθῇ διὰ καταλλήλων μέσων, ὥστε νὰ ἐπέλθῃ καὶ αὐτὴ ἡ **πῆξις** τοῦ ὕδατος.

208. Κατασκευὴ τοῦ πάγου δι᾽ ἐξαεριώσεως ὑγρᾶς ἀμμωνίας.—Δοχεῖον Α περιέχον κεκορεσμένον διάλυμα ἀμμωνίας συγκοινωνεῖ διὰ σωλῆνος μὲ κοῖλον δοχεῖον Γ, τὸ ὁποῖον σχηματίζει μετὰ τούτου περιοχὴν κλειστὴν (σχ. 154). Ὅταν θερμανθῇ τὸ δοχεῖον Α, ἡ ἀμμωνία ἐκλύεται καὶ ὑγροποιεῖται εἰς τὸ Γ. Ἐὰν κατόπιν βυθισθῇ τὸ δοχεῖον Α εἰς ψυχρὸν ὕδωρ, ἡ ὑγροποιηθεῖσα ἀμμωνία ἐξαεριοῦται, τὴν φορὰν ταύτην ἄνευ θερμότητος. Παράγει δὲ τόσον ψῦχος εἰς τὸ δοχεῖον Γ ὥστε, ἐὰν εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ δοχείου Γ ἔχῃ εἰσαχθῇ κύλινδρος Ε πλήρης ὕδατος, τὸ ὕδωρ τοῦ κυλίνδρου πήγνυται.

209. Θερμότης ἐξαεριώσεως.— Θερμότης ἐξαεριώσεως ὑγροῦ τινος εἰς θ° καλεῖται ὁ ἀριθμὸς τῶν θερμίδων, τὰς ὁποίας πρέπει νὰ παραχωρήσωμεν εἰς ἓν γραμμάριον τοῦ ὑγροῦ τούτου, διὰ νὰ μετατρέψωμεν αὐτὸ εἰς τὴν κατάστασιν ἀτμοῦ κεκορεσμένου χώρου καὶ εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν.



Σχ. 154

Οὕτω διὰ νὰ μετατραπῇ ἓν γραμμάριον ὕδατος, θερμανθὲν εἰς 100°, εἰς ἀτμὸν κεκορεσμένου χώρου, τῆς αὐτῆς θερμοκρασίας τῶν 100°, ἀπαιτοῦνται 537 θερμίδες. Ἡ θερμότης ἐξαεριώσεως λοιπὸν τοῦ ὕδατος εἰς 100° εἶναι 537 θερμίδες. Ἀντιστρόφως, ὅταν ἀτμὸς συμπυκνοῦται, παρέχει ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς ἐκείνην τὴν ὁποίαν ἔλαβε διὰ νὰ ἐξαεριωθῇ. Ἐπὶ τῆς ἰδιότητος ταύτης στηριζόμενοι προσδιορίζομεν τὴν θερμότητα ἐξαεριώσεως τοῦ ὕδατος καὶ τῶν περισσοτέρων ὑγρῶν διὰ τῆς μεθόδου τῶν μειγμάτων.

Προβλήματα

1ον. Πόσα γραμμάρια ὑδρατμοῦ (θερμοκρασίας 100°) πρέπει νὰ συμπυκνώσωμεν ἐντὸς δύο χιλιογράμμων ὕδατος 15°, ἵνα τὸ μεῖγμα λάβῃ θερμοκρασίαν 30°; Τὸ ὕδωρ περιέχεται ἐντὸς δοχείου ἐξ ὀρειχάλκου, βάρους 100 γρ. καὶ εἰδ. θερμ. 0,0939.

2ον. Ἐντὸς θερμιδομέτρου, τοῦ ὁποίου τὸ ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ εἶναι 1000 γρ., συμπυκνοῦμεν 26 γρ. ὑδρατμοῦ εἰς 100°. Ἡ ἀρχικὴ θερμοκρασία τοῦ θερμιδομέτρου εἶναι 4°, ἡ δὲ τελικὴ 20°. Ποία ἡ θερμότης ἐξαεριώσεως τοῦ ὕδατος εἰς 100°;

ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΙΣ ΤΩΝ ΑΤΜΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

210. Κρίσιμον σημεῖον.— Ἀπὸ φυσικῆς ἀπόψεως οὐδεμία οὐσιώδης διαφορὰ ὑπάρχει μεταξὺ ἀτμῶν καὶ ἀερίων. Ἐπειδὴ πάντα τὰ ἀέρια ἔχουν ὑγροποιηθῆ, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἀτμοὶ σωμάτων ὑγρῶν. Ἀφ᾿ ἑτέρου ἡ μελέτη τῶν ἀτμῶν δεικνύει, ὅτι ὅσον οὗτοι ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὸ σημεῖον τοῦ κόρου, εἴτε δι᾿ ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας εἴτε δι᾿ ἐλαττώσεως τῆς πιέσεως, τόσον αἱ ἰδιότητες αὐτῶν πλησιάζουν πρὸς τὰς ἰδιότητας τῶν ἀερίων. Αἱ μέθοδοι λοιπόν, διὰ τῶν ὁποίων ὑγροποιοῦνται τὰ ἀέρια καὶ οἱ ἀτμοί, πρέπει κατ᾿ ἀρχὴν νὰ εἶναι ἀνάλογοι.

Ἡ πρώτη ἀναγκαία συνθήκη, διὰ νὰ εἶναι ἡ ὑγροποίησις δυνατή, εἶναι ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀερίου ἢ τοῦ ἀτμοῦ πρέπει νὰ εἶναι μικροτέρα τῆς κρισίμου αὐτοῦ θερμοκρασίας.

Κρίσιμος θερμοκρασία ἀερίου ἢ ἀτμοῦ καλεῖται ἡ θερμοκρασία, ὑπεράνω τῆς ὁποίας εἶναι ἀδύνατον τοῦτο νὰ ὑγροποιηθῇ, ὁσηδήποτε πίεσις καὶ ἂν ἐφαρμοσθῇ ἐπ᾿ αὐτοῦ.

211. Ὑγροποίησις.—Ἡ **ὑγροποίησις** εἶναι φαινόμενον ἀντίθετον τῆς ἐξαεριώσεως, **ἡ μετάβασις,** δηλ. σώματός τινος ἀπὸ τῆς ἀεριώδους καταστάσεως εἰς τὴν ὑγράν.

Συνθῆκαι ὑγροποιήσεως τῶν ἀεριωδῶν σωμάτων. Διὰ νὰ ὑγροποιήσωμεν ἀέριον ἢ ἀτμόν, πρέπει νὰ ψύξωμεν αὐτὸ κάτω τῆς κρισίμου θερμοκρασίας του. Δυνάμεθα τότε νὰ τὸ ὑγροποιήσωμεν κατὰ δύο τρόπους:

α) Εἰς θερμοκρασίαν ἐπαρκῶς χαμηλήν, ἡ ὁποία εἶναι τὸ **κανονικὸν σημεῖον ζέσεως** τοῦ ὑγροῦ, τὸ ὁποῖον θὰ προέλθῃ ἐκ τῆς ὑγροποιήσεως. Τὸ ἀέριον ὑγροποιεῖται τότε ὑπὸ τὴν **ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν**.

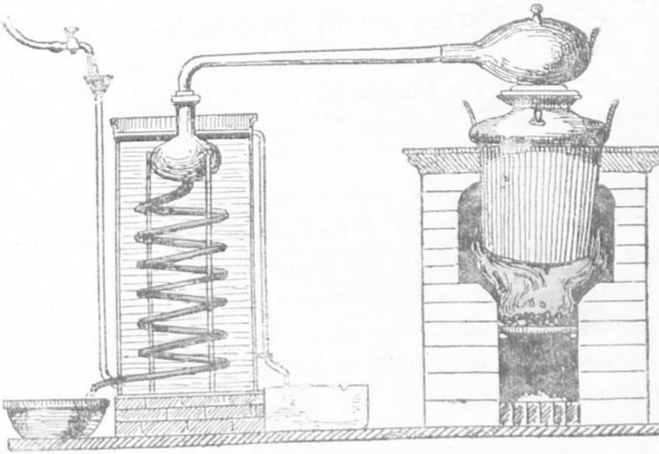
β) Εἰς θερμοκρασίαν ἀνωτέραν τοῦ κανονικοῦ σημείου ζέσεως, ἀλλὰ μικροτέραν τῆς κρισίμου θερμοκρασίας, ἡ ὑγροποίησις γίνεται δι᾿ ἐπαρκοῦς πιέσεως, μεγαλυτέρας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς. Τὸ ἀέριον ἄγεται εἰς κατάστασιν ἀτμοῦ κεκορεσμένου χώρου καὶ κατόπιν ὑγροποιεῖται.

212. Ἀπόσταξις.—**Ἀπόσταξις** ὑγροῦ τινος καλεῖται ἡ ἐξαερίωσις αὐτοῦ ἐντὸς πρώτου τινὸς δοχείου καὶ ἡ συμπύκνωσις τῶν παραγομένων ἀτμῶν εἰς δεύτερον δοχεῖον ψυχρότερον.

Τὸ σχῆμα 155 παριστᾷ συσκευὴν χρησιμοποιουμένην διὰ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ ὕδατος. Τοῦτο θερμαίνεται μέχρι ζέσεως ἐντὸς λέβητος. Οἱ παραγόμενοι ἀτμοὶ συμπυκνοῦνται ἐντὸς ὀφιοειδοῦς σωλῆνος, ἐμβαπτισμένου εἰς ψυκτῆρα πλήρη ψυχροῦ ὕδατος, διαρκῶς ἀνανεουμένου. Τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ συλλέγεται ἐντὸς ἐξωτερικοῦ δοχείου.

Κλασματικὴ ἀπόσταξις. Διὰ τῆς ἀποστάξεως χωρίζομεν ὑγρὰ ἀνίσως ἐξατμιστά. Κατὰ τὴν ἀπόσταξιν μείγματος δύο ὑγρῶν Α καὶ Β, τῶν ὁποίων τὰ σημεῖα ζέσεως εἶναι π. χ. 50° καὶ 100°, τὸ Α φθάνει εἰς τοὺς 50° καὶ ὁ ἀτμὸς αὐτοῦ συμπυκνοῦται· κατόπιν τὸ Β φθάνει εἰς τοὺς 100° καὶ συμπυκνοῦται καὶ τούτου ὁ ἀτμός. Τὸ μεῖγμα κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον χωρίζεται. Τοιουτοτρόπως τὸ ἀκάθαρτον πετρέλαιον παρέχει διάφορα προϊόντα διὰ τῆς κλασματικῆς ἀποστάξεως.

Ἐὰν αἱ θερμοκρασίαι ζέσεως τῶν Α καὶ Β δὲν ἀπέχουν πολύ, τὰ πρῶτα συλλεγόμενα μέρη τοῦ Α περιέχουν ὡρισμένην ποσότητα ἐκ τοῦ Β. Ἀποστάζοντες πάλιν τότε τὸ ληφθὲν ἀπόσταγμα, ἐλαττοῦ-



Σχ. 155

μεν τὴν ποσότητα τοῦ Β εἰς τὸ νέον προϊόν, καὶ οὕτω καθ' ἑξῆς. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον π.χ. ἀπαλλάσσομεν τελείως τὸ οἰνόπνευμα ἐκ τοῦ ὕδατος.

213. Στερεοποίησις τῶν ἀερίων.—Ὅταν ἀναγκάζωμεν ὑγροποιημένον τι ἀέριον νὰ ἐξατμισθῇ ταχύτατα, ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ καταπίπτει συνήθως ἀρκετά, ὥστε νὰ προκληθῇ ἡ πῆξις τοῦ ὑπολοίπου ὑγροῦ.

Οὕτω διὰ ταχείας ἐξατμίσεως ὁ ὑγροποιημένος ἀὴρ στερεοποιεῖται ὑπὸ μορφὴν ἡμιπήκτου μάζης, ἀποτελουμένης ἐκ τοῦ στερεοποιηθέντος ἀζώτου καὶ ἔτι ὑγροῦ ὀξυγόνου.

214. Βιομηχανικαὶ ἐφαρμογαὶ τῶν ὑγροποιημένων ἀε-

ρίων.—Ἡ **ἀμμωνία**, **τὸ διοξείδιον τοῦ θείου**, **τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος** εἰς ὑγρὰν κατάστασιν χρησιμοποιοῦνται πολὺ διὰ τὴν παραγωγὴν ταπεινῶν θερμοκρασιῶν, χρησίμων εἰς τὴν παρασκευὴν τοῦ πάγου καὶ τὴν διατήρησιν διαφόρων ἐδωδίμων, ὑποκειμένων εἰς σῆψιν, οἷον κρεάτων, γλυκισμάτων κτλ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

ΥΓΡΟΜΕΤΡΙΑ

215. Ἀτμὸς ὕδατος ἐν τῇ ἀτμοσφαίρᾳ.—Ἡ ἀτμόσφαιρα περιέχει πάντοτε ἀτμὸν ὕδατος **ἀόρατον**, προερχόμενον ἐκ τῆς συνεχοῦς ἐξατμίσεως ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῶν θαλασσῶν, τῶν λιμνῶν, τῶν ποταμῶν καὶ αὐτοῦ τοῦ ἐδάφους. Ἡ καθημερινὴ παρατήρησις ἀποδεικνύει τοῦτο. Πράγματι :

α) Βλέπομεν τὸν ἀτμὸν τοῦτον συμπυκνούμενον ὑπὸ μορφὴν λεπτοτάτης δρόσου ἐπὶ ψυχρῶν ἀντικειμένων, π. χ. ἐπὶ ψυχρᾶς φιάλης ἢ ἐπὶ τῶν ὑαλοπινάκων κατὰ τὸν χειμῶνα.

β) Ὡρισμέναι οὐσίαι ὑγροσκοπικαί, ὡς τὸ θειικὸν ὀξύ, ὁ ἀνυδρίτης τοῦ φωσφορικοῦ ὀξέος, ἀφιέμεναι εἰς τὸν ἀέρα, αὐξάνονται κατὰ βάρος, ἀπορροφῶσαι ὑδρατμοὺς ἐκ τοῦ ἀέρος.

Τὸ βάρος τῶν ὑδρατμῶν τῆς ἀτμοσφαίρας εἶναι **μεταβλητόν**. Τοῦτο ἐπιδρᾷ ἐπὶ πλείστων φαινομένων, π. χ. ἐπὶ τοῦ σχηματισμοῦ τῆς ὁμίχλης, τῶν νεφῶν, τῆς δρόσου κλπ. Τὰ φαινόμενα ταῦτα δὲν ἐξαρτῶνται μόνον ἀπὸ τὸ βάρος β τοῦ ὑδρατμοῦ, ὅστις περιέχεται εἰς ἑκάστην μονάδα ὄγκου ἀέρος κατὰ δεδομένην στιγμήν, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸ βάρος Β, τὸ ὁποῖον θὰ περιεῖχεν αὕτη εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἂν ὁ ἀὴρ ἦτο κεκορεσμένος. Λέγομεν, ὅτι ὁ ἀὴρ εἶναι **ὑγρός**, ὅταν ἡ διαφορὰ Β — β εἶναι μικρὰ καὶ μικρὰ πτῶσις τῆς θερμοκρασίας δύναται νὰ ἐπιφέρῃ συμπύκνωσιν τοῦ ἀτμοῦ. Ὁ ἀὴρ λέγεται **ξηρὸς** εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν, ὁπότε προκαλεῖ τὴν ἐξάτμισιν τοῦ ὕδατος.

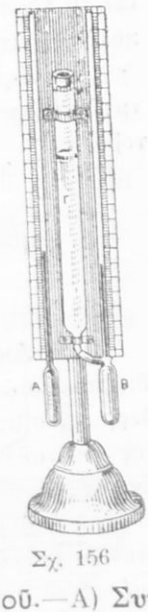
216. Σκοπὸς τῆς ὑγρομετρίας.—Σκοπὸς τῆς ὑγρομετρίας εἶναι ὁ προσδιορισμὸς τοῦ βάρους τοῦ ὑδρατμοῦ τοῦ περιεχομένου καθ' ὡρισμένην στιγμὴν εἰς γνωστὸν ὄγκον ἀέρος.

Ὑγρομετρικὴ κατάστασις. Ὁ λόγος $\frac{\beta}{B}$, ὅστις χαρακτηρίζει εἰς δεδομένην στιγμὴν τὴν ὑγρασίαν ἢ ξηρασίαν τοῦ ἀέρος, καλεῖται **ὑγρομετρικὴ κατάστασις τοῦ ἀέρος.** Ὁ λόγος οὗτος εἶναι τοσοῦτον μεγαλύτερος, ὅσον ὁ ἀὴρ εἶναι ὑγρότερος, λαμβάνει δὲ τὴν μεγίστην αὐτοῦ τιμὴν 1, ὅταν ὁ ἀὴρ εἶναι κεκορεσμένος, διότι τότε θὰ ἔχωμεν $\beta = B$.

Εἰς ἀέρα τελείως ξηρὸν $\frac{\beta}{B} = 0$.

217. Ὑγρόμετρα.—Τὰ ὑγρόμετρα εἶναι ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων προσδιορίζομεν τὴν ὑγρομετρικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος.

Ψυχρόμετρον τοῦ Αὐγούστου. Διὰ τοῦ ὑγρομέτρου τούτου, τὸ ὁποῖον ὑπὸ τοῦ ἐπινοήσαντος αὐτὸ καθηγητοῦ Αὐγούστου ἐκλήθη **ψυχρόμετρον,** ἀναγνωρίζομεν ἐμμέσως τὸν βαθμὸν τῆς ὑγρότητος τῆς ἀτμοσφαίρας διὰ τῆς ταχύτητος τῆς ἐξατμίσεως, ἥτις γίνεται ἐπὶ σώματος διαβρόχου ἐκτεθειμένου εἰς αὐτήν.



Σχ. 156

Τὸ ὄργανον τοῦτο συνίσταται ἀπὸ δύο θερμόμετρα Α καὶ Β (σχ. 156) προσηλωμένα παραλλήλως ἐπὶ κατακορύφου πλακός. Τὸ δοχεῖον τοῦ θερμομέτρου Β περιβάλλεται δι' ὑφάσματος συνεχῶς βρεχομένου διὰ ὕδατος, τὸ ὁποῖον φέρεται ἀπὸ τὸ δοχεῖον Γ διὰ θρυαλλίδος ἐκ βάμβακος. Τὸ ὕδωρ τοῦτο, ἐξατμιζόμενον ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δοχείου Β, ψύχει αὐτό· συνεπῶς τὸ θερμόμετρον Β δεικνύει σταθερῶς θερμοκρασίαν ϑ' κατωτέραν τῆς ϑ, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ θερμόμετρον Α. Ἡ διαφορὰ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ἐξάτμισις εἶναι ταχυτέρα, δηλ. ὅσον περισσότερον ὁ ἀὴρ ἀπέχει τοῦ σημείου τοῦ κόρου. Ἀπὸ τὴν διαφορὰν ταύτην τῶν θερμοκρασιῶν $(\vartheta - \vartheta')$ εὑρίσκεται ἡ ὑγρομετρικὴ κατάστασις τοῦ ἀέρος δι' εἰδικῶν πινάκων.

218. Χρησιμότης τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ὑδρατμοῦ.—Α) **Συντήρησις τῆς ζωῆς.** Τὰ φυτὰ καὶ τὰ ζῷα ἔχουν ἀνάγκην ὕδατος διὰ νὰ ζήσουν. Τὸ ὕδωρ τοῦτο παρέχεται εἰς αὐτὰ ἀπ' εὐθείας ὑπὸ τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ὑδρατμοῦ. Ἂν τὸ ὕδωρ δὲν ἐξέπεμπεν ἀτμούς, τὰ νέφη, ἡ βροχή, αἱ πηγαὶ δὲν θὰ ὑπῆρχον. Τὸ ὕδωρ θὰ συνεκεντροῦτο εἰς τὰς θαλάσσας, τὸ δ᾽ ἐσωτερικὸν τῶν ἠπείρων θὰ ἦτο ἔρημον καὶ ἀκατοίκητον.

B) **Μεταφορὰ θερμότητος καὶ ρυθμιστικὸς προορισμός.**— Ἡ ἐπιφάνεια τῆς θαλάσσης παραλαμβάνει παρὰ τοῦ Ἡλίου, ὅστις τὴν θερμαίνει, τὴν ἀναγκαίαν θερμότητα διὰ τὴν ἐξάτμισιν. Ὁ σχηματισθεὶς ἀτμός, παρασυρόμενος ὑπὸ τῶν ἀνέμων, συμπυκνοῦται περαιτέρω ὑπὸ μορφὴν νεφῶν καὶ βροχῆς. Ἀποδίδει τότε τὴν θερμότητα ἐξαεριώσεως, τὴν ὁποίαν ἀπερρόφησε κατὰ τὸν σχηματισμόν του.

Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ὑδρατμὸς μεταφέρει λοιπὸν τὴν θερμότητα. Ἐκ τούτου προκύπτει, ὅτι ἡ δριμύτης τῶν κλιμάτων ἐλαττοῦται, ἐπιβραδύνονται δὲ αἱ πολὺ ἀπότομοι μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας.

Γ) **Προστασία κατὰ τῆς ἀκτινοβολίας.**—Ὁ ἀόρατος ὑδρατμός, παρεντιθέμενος μεταξὺ τοῦ γηΐνου ἐδάφους καὶ τῶν οὐρανίων διαστημάτων, σχηματίζει ἓν εἶδος διαφράγματος, τὸ ὁποῖον προφυλάσσει τὸ ἔδαφος ἀπὸ πολὺ ἰσχυρᾶς ἡλιάσεως κατὰ τὴν ἡμέραν καὶ ἀπὸ πολὺ μεγάλης ψύξεως κατὰ τὴν νύκτα.

Τὰ νέφη καὶ αἱ ὁμίχλαι, αἱ ὁποῖαι σχηματίζονται ὑπὸ τοῦ ὑδρατμοῦ συμπυκνουμένου, ἐνεργοῦν ἀκόμη δραστικώτερον κατὰ τῆς ἀκτινοβολίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

219. Διάδοσις τῆς θερμότητος.—Ὅταν δύο σώματα ἀνίσων θερμοκρασιῶν εὑρίσκονται εἰς τὴν αὐτὴν περιοχήν, ἡ ἰσορροπία τῆς θερμοκρασίας τείνει νὰ ἀποκατασταθῇ διὰ διαδόσεως τῆς θερμότητος ἐκ τοῦ θερμοτέρου σώματος εἰς τὸ ψυχρότερον. Ἡ διάδοσις γίνεται:

Α) **Διὰ μεταφορᾶς.** Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον τῆς διαδόσεως ὅταν ἓν θερμὸν σῶμα εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ ρευστοῦ, θερμαίνει ἀμέσως τὰ στρώματα τοῦ ρευστοῦ, τὰ ὁποῖα ἐφάπτονται αὐτοῦ. Ταῦτα μεταφέρονται μετὰ τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἔλαβον, καὶ ἀντικαθίστανται δι᾽ ἄλλων, τὰ ὁποῖα ἐπίσης θερμαίνονται, καὶ οὕτω καθεξῆς.

Β) **Δι᾽ ἀγωγῆς.** Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον τῆς διαδόσεως ἡ θερμότης μεταβαίνει **ἀπὸ μορίου εἰς μόριον** ἐκ τῶν θερμοτέρων μερῶν εἰς τὰ ψυχρότερα, καὶ ἀνυψοῖ βραδέως τὴν θερμοκρασίαν αὐτῶν, **ἄνευ μεταφορᾶς** ὕλης καὶ **ἄνευ μεταβολῆς τῶν σχετικῶν θέσεων τῶν μορίων**.

Γ) **Δι᾿ ἀκτινοβολίας**. Εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν κίνησις θερμαντικὴ μεταδίδεται, ὅπως τὸ φῶς, **ἀπὸ ἀποστάσεως**, διὰ τοῦ αἰθέρος, μετὰ μεγίστης ταχύτητος, χωρὶς νὰ θερμάνῃ τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα διαπερᾷ, μέχρις ὅτου συναντήσῃ σῶμα, ὅπερ, ἀπορροφῶν ταύτην, θερμαίνεται.

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΔΙ᾿ ΑΓΩΓΗΣ

220. Εὐθερμαγωγὰ καὶ δυσθερμαγωγὰ σώματα.—Πάντα τὰ σώματα δὲν μεταδίδουν κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον μετὰ τῆς αὐτῆς εὐκολίας τὴν θερμότητα. Καλοῦμεν **εὐθερμαγωγὰ** μὲν ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα μεταδίδουν αὐτὴν εὐκόλως, ὅπως π. χ. τὰ μέταλλα· **δυσθερμαγωγὰ** δὲ ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα μεταδίδουν αὐτὴν δυσκόλως· τοιαῦτα εἶναι τὰ ξύλα, ἡ ὕαλος, αἱ ρητῖναι, καὶ πρὸ πάντων τὰ ὑγρὰ καὶ τὰ ἀεριώδη σώματα.

Ἐκ τῶν ὑγρῶν μόνον ὁ **ὑδράργυρος** ἀποτελεῖ ἐξαίρεσιν, καὶ τοῦτο ἕνεκα τῆς μεταλλικῆς αὐτοῦ φύσεως.

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

221. Ὑγρὰ ἢ ἀεριώδη ρεύματα.—Ὅταν θερμαίνωμεν ὑγρόν τι ἐντὸς δοχείου, τὰ θερμαινόμενα στρώματα διαστέλλονται, γίνονται συνεπῶς ἐλαφρότερα καὶ ἀνέρχονται, τὰ δὲ ἀνώτερα στρώματα ὡς βαρύτερα κατέρχονται. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον, ἐὰν ρίψωμεν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ ρινίσματα ξύλου, καθιστῶμεν φανερὰ **δύο ρεύματα ὑγρά**, ἓν ἀναβατικὸν εἰς τὸ κέντρον καὶ ἓν καταβατικὸν κατὰ μῆκος τῶν τοιχωμάτων (σχ. 157). Ἡ μεταφορὰ αὕτη τῆς θερμότητος ἐξισώνει τὰς θερμοκρασίας.


Σχ. 157

Εἰς ἀεριώδη μᾶζαν, τῆς ὁποίας τὰ μόρια εἶναι μᾶλλον διασταλτὰ καὶ μᾶλλον εὐκίνητα τῶν ὑγρῶν μορίων, ἡ μετάδοσις τῆς θερμότητος γίνεται ἐπίσης διὰ μεταφορᾶς. Ὁ ἀὴρ θερμαινόμενος ἐν ἐπαφῇ μετὰ θερμῆς ἐπιφανειας ἀνυψοῦται καὶ ἀντικαθίσταται ὑπὸ ἀέρος ψυχροῦ.

222. Θερμαγωγὸν τῶν ὑγρῶν.—Πάντα τὰ ὑγρά, ἐκτὸς τοῦ ὑδραργύρου, ἔχουν πολὺ μικρὰν ἀγωγιμότητα. Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τοῦτο, πληροῦμεν μὲ ὕδωρ σωλῆνα καὶ εἰς τὸν πυθμένα αὐτοῦ θέτομεν τεμάχιον πάγου συγκρατούμενον ἐκεῖ διὰ καταλλήλου ἕρματος. Ἐὰν θερμάνωμεν διὰ λύχνου τὸν σωλῆνα κατὰ τὸ μέσον διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν τὴν μεταφοράν, παρατηροῦμεν ὅτι, ἐνῷ τὸ ὕδωρ ζέει πρὸς τὸ ἀνώτερον μέρος, ὁ πάγος δὲν τήκεται.

223. Θερμαγωγὸν τῶν ἀερίων.—Ἡ ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων εἶναι ἀκόμη μικροτέρα ἀπὸ τὴν τῶν ὑγρῶν. Ἡ ἐλαχίστη αὕτη ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων ἀποκρύπτεται πολλάκις ὑπὸ τῶν **ρευμάτων μεταφορᾶς**.

Ἀλλ' ἐὰν ἐμποδίσωμεν τὴν παραγωγὴν τῶν ρευμάτων τούτων, ἐγκλείοντες τὰ ἀέρια ἐντὸς νηματωδῶν οὐσιῶν (βάμβακος, ἀχύρων, πτίλων κτλ.), ἡ κακὴ ἀγωγιμότης τῶν ἀερίων ἀναφαίνεται.

224. Θερμαγωγὸν τοῦ κενοῦ.—Τὸ θερμαγωγὸν τοῦ κενοῦ εἶναι μηδέν.

225. Ἐφαρμογαὶ τοῦ εὐθερμαγωγοῦ ἢ τοῦ δυσθερμαγωγοῦ τῶν σωμάτων.—Θερμικὴ ἀπομόνωσις. Τῆς εὐκολωτέρας ἢ δυσκολωτέρας μεταδόσεως τῆς θερμότητος ὑπὸ τῶν διαφόρων σωμάτων ἔχομεν πολυαρίθμους ἐφαρμογάς. Ἐὰν π.χ. θέλωμεν νὰ διατηρήσωμεν ὑγρόν τι ἐπὶ μακρὸν χρόνον θερμόν, θέτομεν αὐτὸ ἐντὸς δοχείου, τὸ ὁποῖον φέρει διπλᾶ τοιχώματα, τὸ μεταξὺ δὲ αὐτῶν κενὸν διάστημα πληροῦμεν διὰ σώματος δυσθερμαγωγοῦ, οἷον ρινισμάτων ξύλου, τετριμμένης ὑάλου, κόνεως ἀνθράκων, ἀχύρων κτλ.

Τὸ αὐτὸ μέσον μεταχειριζόμεθα καὶ διὰ νὰ ἐμποδίσωμεν σῶμά τι νὰ ἀπορροφήσῃ θερμότητα. Διὰ νὰ διατηρήσωμεν π. χ. τὸν πάγον κατὰ τὸ θέρος, περιβάλλομεν αὐτὸν δι' ἀχύρων ἢ διὰ μαλλίνου ὑφάσματος.

Ἡ θερμικὴ ἀπομόνωσις τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος ἐπιτυγχάνεται διὰ τῶν ἐνδυμάτων, τὰ ὁποῖα τὸ προστατεύουν κατὰ μὲν τὸν χειμῶνα ἀπὸ τοῦ ψύχους, κατὰ δὲ τὸ θέρος ἀπὸ τῆς ὑπερβολικῆς θερμότητος· τὰ ὑφάσματα, ἐκ τῶν ὁποίων κατασκευάζονται τὰ ἐνδύματα, ἀπομονοῦν κυρίως διὰ τοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον κρατοῦν μεταξὺ τῶν ἰνῶν αὐτῶν. Τὸ ἔριον καὶ ἡ μέταξα εἶναι τὰ καλλίτερα ἀπομονωτικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

226. Πηγαὶ θερμότητος.—Ἡ θερμότης εἶναι μία μορφὴ τῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται εἰς πλείστας περιπτώσεις. Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι ἐκλύουν ἐνέργειαν συνήθως ὑπὸ μορφὴν θερμότητος (καύσεις, ὀξειδώσεις κτλ.), καλοῦνται **ἐξωθερμικαί**. Ὑπάρχουν πρὸς τούτοις πολυάριθμα φυσικὰ φαινόμενα ἐπίσης ἐξωθερμικά, ὅπως π. χ. ἡ πῆξις ὑγροῦ, ἡ συμπύκνωσις ἀτμοῦ, ἡ κρυστάλλωσις στερεοῦ διαλελυμένου κτλ. Ἐπίσης τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς εἰς τὸν ἄνθρωπον καὶ τὰ ἀνώτερα ζῷα παράγουν θερμότητα κατὰ τρόπον συνεχῆ, οὕτω δὲ ἡ θερμοκρασία τοῦ ζῶντος ὀργανισμοῦ παραμένει ἐπαισθητῶς σταθερὰ καὶ ἀνωτέρα τῆς θερμοκρασίας τοῦ περιβάλλοντος. Καὶ ἡ δίοδος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ στερεοῦ ἀγωγοῦ παράγει θερμότητα.

Ἡ θερμότης εἶναι μία τῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας· ὑπάρχουν ὅμως καὶ ἄλλαι: ἡ μηχανική, ἡ ἠλεκτρική, ἡ χημικὴ ἐνέργεια, τὸ φῶς, ἡ ραδιενέργεια. Μία οἱαδήποτε τῶν μορφῶν τῆς ἐνεργείας λαμβάνει γένεσιν διὰ μετατροπῆς ἰσοδυνάμου ποσότητος ἄλλης μορφῆς ἐνεργείας, τοῦτο δὲ γενικῶς ἐπιτυγχάνεται διά τινος ὀργάνου ἢ μηχανῆς. Οὕτως ἡ ἀτμομηχανὴ μετατρέπει τὴν θερμότητα εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ δυναμοηλεκτρικὴ μηχανὴ τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἢ ἀντιστρόφως, οἱ ἠλεκτρικοὶ λαμπτῆρες μετατρέπουν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς φῶς κτλ.

227. Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμαντικὴν ἐνέργειαν.—Τὰ μᾶλλον ἐνδιαφέροντα παραδείγματα μετατροπῆς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἐνέργειαν θερμαντικὴν παρέχονται συχνότατα κατὰ τὴν τριβὴν καὶ τὴν κροῦσιν τῶν στερεῶν, καθὼς ἐπίσης καὶ κατὰ τὴν συμπίεσιν τῶν ἀερίων.

Οὕτω π. χ. εἶναι γνωστόν, ὅτι κομβίον μετάλλινον προστριβόμενον ἐπὶ τραπέζης θερμαίνεται. Ἐπίσης ὁ σίδηρος, ὅταν σφυρηλατῆται, θερμαίνεται. Εἰς τὸ δι' ἀέρος πυρεῖον, ἐὰν πιέσωμεν ἀποτόμως τὸν ἐμβολέα, ἀναπτύσσεται τόση θερμότης, ὥστε τεμάχιον ἀγαρικοῦ, τεθὲν ὑπὸ τὸν ἐμβολέα, ἀναφλέγεται.

228. Μετατροπὴ τῆς θερμαντικῆς ἐνεργείας εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.—Ἀντιστρόφως, ἡ θερμότης δύναται νὰ παραγάγη μηχανικὸν ἔργον. Διὰ τοῦτο πάντα τὰ σώματα διαστέλλονται δι' αὐτῆς παρὰ τὴν ἐξωτερικὴν πίεσιν. Ἡ ἀξιολογωτέρα τῶν μετατροπῶν τούτων εἰς τὴν ἐφαρμογὴν παράγεται εἰς τὰς ἀτμομηχανάς. Ὠθῶν τὸν ἐμβολέα ὁ ἀτμός, **ψύχεται.** Τὸ ἐκτελεσθὲν λοιπὸν ἔργον εἶναι τὸ ἀποτέλεσμα τῆς δαπανηθείσης θερμότητος. Ἐπίσης εἰς τοὺς δι' ἐκρήξεων κινητῆρας ἡ θερμότης ὀφείλεται εἰς τὴν καῦσιν τῆς βενζίνης ἢ τοῦ οἰνοπνεύματος ἢ τοῦ χρησιμοποιηθέντος καυσίμου ἀερίου καὶ ἡ θερμότης αὕτη μετατρέπεται εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

229. Μετατροπαὶ τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.—Ὁ ἥλιος εἶναι ἡ πρώτη πηγὴ σχεδὸν πάσης ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἐκδηλοῦται ἐπὶ τῆς Γῆς.

Ἡ ἡλιακὴ θερμότης ἐξαεριώνει τὸ ὕδωρ, σχηματίζει τὰ νέφη, προκαλεῖ τὴν γένεσιν τῆς βροχῆς, τῆς χιόνος, τοῦ πάγου, τῶν ρευμάτων τοῦ ὕδατος καὶ ἀποτελεῖ συνεπῶς τὴν ἰσχυροτέραν τῶν μηχανικῶν δυνάμεων. Ὁ Ἥλιος, διὰ τῆς ἀνίσου θερμάνσεως τοῦ ἀέρος εἰς διάφορα σημεῖα τῆς ἀτμοσφαίρας, παράγει τοὺς ἀνέμους, οἱ ὁποῖοι ἐξογκώνουν τὰ ἱστία τῶν πλοίων, στρέφουν τοὺς ἀνεμομύλους κτλ. Συντελεῖ ἐπίσης εἰς τὸ νὰ φύωνται τὰ φυτὰ καὶ διατηρεῖ συνεπῶς τὴν ζωὴν τοῦ ἀνθρώπου, καθὼς καὶ πάντων τῶν ζώων. Τὴν ἐνέργειαν ταύτην τὴν καταγομένην ἐκ τοῦ Ἡλίου, ὁ ὁποῖος παρέχει εἰς ἡμᾶς τὰς τροφάς, ὁ ὀργανισμὸς ἡμῶν διὰ χημικῆς ἐνεργείας, διὰ καύσεως, μετατρέπει εἰς θερμότητα καὶ κίνησιν. Τὰ ξύλα καὶ ἄλλαι καύσιμοι ὗλαι φυτικῆς ἢ ζωϊκῆς προελεύσεως, καιόμενα, ἀποδίδουν ἐπίσης τὴν ἡλιακὴν ἐνέργειαν.

Τὴν ἐκ τοῦ Ἡλίου προερχομένην ἐνέργειαν παρέχει εἰς τὰς ἀτμομηχανάς μας ὁ γαιάνθραξ, ἕλκων τὴν καταγωγήν του ἐκ τῶν φυτῶν.

230. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος.—Εἰς πάντα τὰ προηγούμενα παραδείγματα παρατηρεῖται ἐξαφάνισις μηχανικοῦ ἔργου, συμπίπτουσα μετὰ παραγωγῆς ὡρισμένης ποσότητος θερμότητος, ἢ ἀντιστρόφως, ἐξαφάνισις θερμότητος καὶ σύγχρονος παραγωγὴ ἔργου.

Ἡ ἀναλογία μεταξὺ τοῦ ἐξαφανιζομένου ἔργου καὶ τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος ἢ μεταξὺ τῆς δαπανωμένης θερμότητος καὶ τοῦ παραγομένου ἔργου ἄγει εἰς τὴν διατύπωσιν τῆς **ἀρχῆς τοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος καὶ τοῦ ἔργου,** κατὰ τὴν ὁποίαν: Κατὰ πᾶσαν μετατροπὴν μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἐνέργειαν θερμαντικὴν παρατηρεῖται σταθερὰ σχέσις μεταξὺ τῆς ποσότητος τοῦ ἔργου καὶ τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος, αἱ ὁποῖαι παρεμβαίνουν. Ἀρκεῖ ἡ τελικὴ κατάστασις τοῦ συστήματος νὰ παραμένῃ ὁμοία πρὸς τὴν ἀρχικὴν (δηλ. νὰ μὴ ὑπάρχῃ ἄλλη μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας). Ἡ σχέσις αὕτη εἶναι ἀνεξάρτητος τῆς φύσεως τῶν σωμάτων καὶ τοῦ μηχανισμοῦ, κατὰ τὸν ὁποῖον γίνεται ἡ μετατροπή. Ἐὰν Ε ἡ ποσότης τοῦ ἔργου καὶ Θ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, θὰ ἔχωμεν $\frac{E}{\Theta} = M$, ἔνθα Μ εἶναι μέγεθος σταθερόν, τοῦ ὁποίου ἡ τιμὴ ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων, τὰς ὁποίας θὰ ἐκλέξωμεν.

Ἐὰν θέσωμεν $\Theta = 1$, ἔχομεν $E = M$.

Δηλ. τὸ Μ εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσον πρὸς τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν, ὅταν δαπανῶμεν ποσότητα θερμότητος ἴσην μὲ τὴν μονάδα. Ἐπειδὴ δὲ μονὰς τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος εἶναι ἡ θερμίς, ὁ λόγος οὗτος καλεῖται **μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος**.

Εἰς τὸ σύστημα C.G.S. ἡ τιμὴ τοῦ Μ εἶναι $4{,}18 \times 10^7$ ergs ἢ 4,18 joules. Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον μονὰς τοῦ ἔργου εἶναι τὸ χιλιογραμμόμετρον (=9,81 joules) καὶ μονὰς τῆς ποσότητος τῆς θερμότητος ἡ μεγάλη θερμὶς (=1000 μικραί), ἡ τιμὴ τοῦ Μ εἶναι:

$$\frac{4{,}18 \times 1000}{9{,}81} = 426 \text{ χιλιογραμμόμετρα.}$$

Ἀντιστρόφως, τὸ **θερμαντικὸν ἰσοδύναμον** τῆς joule εἶναι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ὑπολογιζομένη εἰς θερμίδας, τὴν ὁποίαν λαμβάνομεν, ὅταν δαπανῶμεν ἔργον μιᾶς joule. Τὸ ἰσοδύναμον τοῦτο εἶναι προφανῶς τὸ ἀντίστροφον τοῦ μηχανικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμίδος, ἔχει δὲ ὡς τιμὴν $\frac{1}{4{,}18} = 0{,}24$ τῆς μικρᾶς θερμίδος. Εἰς τὸ μετρικὸν σύστημα, τὸ θερμαντικὸν ἰσοδύναμον τοῦ χιλιογραμμομέτρου ἔχει ὡς τιμὴν $\frac{1}{426} = 0{,}00236$ τῆς μεγάλης θερμίδος.

231. Ἀτμομηχαναί.—Μία θερμικὴ μηχανὴ μετατρέπει κανονικῶς τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὸν ἔργον ἢ κινητικὴν ἐνέργειαν. Εἰς τὴν ἀτμομηχανὴν ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται διὰ τῆς αὐξήσεως τῆς ἐλαστικῆς δυνάμεως τοῦ ἀτμοῦ.

Τὰ οὐσιώδη ὄργανα πάσης ἀτμομηχανῆς εἶναι τὰ ἑξῆς:

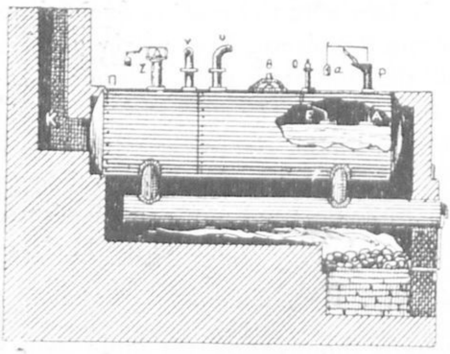
α) Ὁ **ἀτμογόνος λέβης**. Οὗτος εἶναι ἐπιμήκης σιδηροῦς κύλινδρος

ΠΡ (σχ. 158), ὁ ὁποῖος συγκοινωνεῖ μὲ δύο ἄλλους κυλίνδρους μικροτέρας διαμέτρου, κειμένους ὑπ᾽ αὐτὸν καὶ καλουμένους **βραστῆρας**.

Ὁ ἀτμὸς σχηματίζεται κατὰ πρῶτον εἰς τοὺς βραστῆρας, οἱ ὁποῖοι εὑρίσκονται ἐντὸς τῆς ἑστίας, καὶ ὁ ἀτμὸς οὗτος θερμαίνει τὸ ὕδωρ τοῦ κυλίνδρου ΠΡ συμπυκνούμενος ἐντὸς αὐτοῦ.

β) Ὁ **κύλινδρος**. Ὁ ἀτμὸς φέρεται ἐκ τοῦ λέβητος εἰς κυλινδρικὸν δοχεῖον, ὅπου κινεῖ ἐμβολέα διαμέτρου ἴσης μὲ τὴν ἐσωτερικὴν τοῦ κυλίνδρου (σχ. 159 καὶ 160). Τὸ στέλεχος Α τοῦ ἐμβολέως διέρχεται διὰ τῆς μιᾶς τῶν βάσεων τοῦ κυλίνδρου, ὀλισθαῖνον ἐντὸς κυτίου Β μετὰ στυπίου, ὅπερ ἐμποδίζει τὰς διαφυγὰς τοῦ ἀτμοῦ.

γ) Ὁ **πυκνωτής**. Οὗτος εἶναι δοχεῖον ἑρμητικῶς κλειστόν, κενὸν ἀέρος, διατηρούμενον διὰ ψυχροῦ ὕδατος εἰς ταπεινὴν θερμοκρασίαν. Κατὰ τὴν ἀρχὴν τῆς **ψυχρᾶς παρειᾶς**, ὁ ἀτμὸς τοῦ κυλίνδρου, μετὰ τοῦ ὁποίου τίθεται εἰς συγκοινωνίαν, συγκεντροῦται καὶ συμπυκνοῦται ἐκεῖ. Ὑπὸ τὰς συνθήκας ταύτας, ὁ ἐμβολεύς, κινούμενος ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου, δὲν ἐκδιώκει πλέον κατὰ τὴν ἐπιστροφήν του τὸν ἀτμὸν καὶ δὲν εἶναι ἠναγκασμένος νὰ ἀποκρούσῃ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Διότι ἡ πίεσις εἰς τὸν πυκνωτὴν δὲν ὑπερβαίνει τὴν μεγίστην τάσιν τοῦ ὑδρατμοῦ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τῆς συμπυκνώσεως, ἡ ὁποία εἶναι κατὰ πολὺ ἀσθενεστέρα τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως.



Σχ. 158

Τοιουτοτρόπως διὰ τῆς μεσολαβήσεως τοῦ **πυκνωτοῦ** περιορίζεται σημαντικῶς ἡ ἀντιδρῶσα δύναμις, τὴν ὁποίαν ἡ ἀτμόσφαιρα ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ἐμβολέως καὶ ἡ ὁποία ἐλαττώνει κατὰ πολὺ τὴν ὦσιν τοῦ ἀτμοῦ.

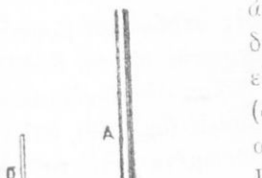
Αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρόμων δὲν ἔχουν πυκνωτάς, διότι μόνον τὸ ἀναγκαῖον πρὸς τροφοδότησιν τοῦ λέβητος ὕδωρ δύνανται νὰ φέρουν μεθ᾽ ἑαυτῶν. Εἰς τὰς μηχανὰς ταύτας ὁ ἀτμὸς ἐξερχόμενος τοῦ κυλίνδρου διευθύνεται εἰς τὴν καπνοδόχον καὶ ἡ ἐξακόντισις τοῦ ἀτμοῦ χρησιμοποιεῖται οὕτω πρὸς παραγωγὴν ἀναβατικοῦ ρεύματος ἐντὸς τῆς ἑστίας.

Ἡ χρῆσις τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι τοὐναντίον γενικὴ εἰς τὰς ἀμεταθέτους ἀτμομηχανὰς καὶ τὰς μηχανὰς τῶν ἀτμοπλοίων. Ὁ λέβης μάλιστα τῶν τοιούτων μηχανῶν τροφοδοτεῖται διὰ τοῦ θερμοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ τὸν πυκνωτήν.

δ) Ὁ **ἀτμονόμος σύρτης**. Ἡ διανομὴ τοῦ ἀτμοῦ εἰς τὸν κύλινδρον ἐκτελεῖται δι᾿ εἰδικοῦ μηχανισμοῦ, ὅστις ἐπιτρέπει εἰς τὸν ἀτμὸν νὰ διέρχεται ἐναλλὰξ ὑπεράνω καὶ ὑποκάτω τοῦ ἐμβολέως.

Σχ. 159

Ὁ ἀτμὸς ἐρχόμενος ἐκ τοῦ λέβητος διὰ τοῦ σωλῆνος χ (σχ. 159 καὶ 160) εἰσέρχεται ἐλευθέρως εἰς τὸν θάλαμον διανομῆς ε. Ἐπὶ τῆς μιᾶς ἕδρας τούτου ἀνοίγονται τρεῖς ὀχετοί. Οἱ δύο α καὶ β φέρουν τὸν ἀτμὸν εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 159). Ὁ μέσος ο ὁδηγεῖ αὐτὸν πρὸς τὸν πυκνωτήν. Κατὰ μῆκος τῆς αὐτῆς ἕδρας ὀλισθαίνει, διὰ παλινδρομικῆς κινήσεως, ὁ ἀτμονόμος σύρτης, ὁδηγούμενος ὑπὸ στελέχους σ καὶ καλύπτων ἑκάστοτε δύο ἐκ τῶν τριῶν ἀνοιγμάτων τῶν ὀχετῶν. Εἰς τὸ σχ. 160 ὁ ἀνώτερος ἀγωγὸς α εἶναι κλειστὸς καὶ ὁ ἀτμός, φθάνων ὑπὸ τὸν ἐμβολέα, ἀναγκάζει αὐτὸν νὰ ἀνέλθη. Συγχρόνως ὁ ἀτμὸς ὁ εὑρισκόμενος ἄνωθεν τοῦ ἐμβολέως ἀπωθεῖται διὰ τοῦ ὀχετοῦ α εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σύρτου καὶ ἀπὸ ἐκεῖ διὰ τοῦ ὀχετοῦ ο φέρεται εἰς τὸν πυκνωτήν. Τοὐναντίον εἰς τὸ σχῆμα 159 κλειστὸς εἶναι ὁ β καὶ ἑπομένως ὁ ἀτμός, φθάνων ὑπεράνω τοῦ ἐμβολέως, θὰ ἀναγκάση αὐτὸν νὰ κατέλθη, ἐνῷ διὰ τοῦ ὀχετοῦ β καὶ τῆς κοιλότητος ο τοῦ σύρτου ὁ πυκνωτὴς δέχεται τὸν ἀτμόν, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται ὑπὸ τὸν ἐμβολέα.

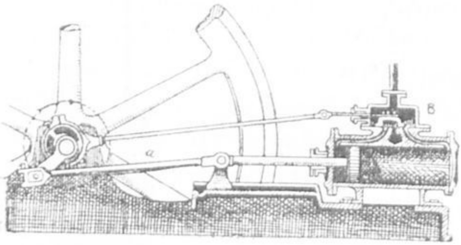


Σχ. 160

Μετατροπὴ τῆς παλινδρομικῆς κινήσεως τοῦ ἐμβολέως εἰς

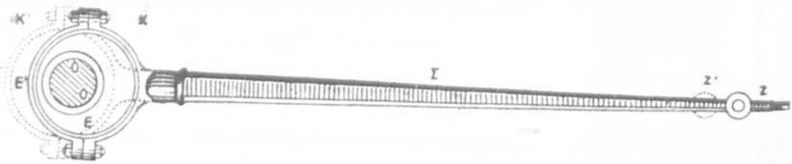
κίνησιν κυκλικήν. Τὸ στέλεχος τοῦ ἐμβολέως (σχ. 161) μεταδίδει τὴν κίνησιν διὰ τοῦ διωστῆρος α εἰς τὸ στρόφαλον η, τὸ ὁποῖον στρέφει τὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς, μετατρεπομένης οὕτω τῆς παλινδρομικῆς κινήσεως εἰς κυκλικήν.

Ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἄξονος στερεοῦται μέγας καὶ βαρύτατος τροχός, ὁ **σφόνδυλος,** κανονίζων τὴν κίνησιν καὶ συνεχίζων αὐτήν, καθ᾽ ἃς ἀκόμη στιγμὰς ὁ ἐμβολεὺς εὑρίσκεται εἰς τὰ **νεκρὰ σημεῖα,** δηλ. εἰς τὴν μίαν ἢ τὴν ἄλλην τῶν ἄκρων αὐτοῦ θέσεων, ὁπότε ὁ ἀτμὸς οὐδὲν ἐπιφέρει ἀποτέλεσμα.



Σχ. 161

232. Ἔκκεντρον.—Τοῦτο εἶναι δισκοειδὲς στρόφαλον βραχύτατον, ἐφηρμοσμένον ἐπὶ τοῦ ἄξονος τῆς περιστροφῆς οὕτως, ὥστε νὰ περιστρέφεται περί τι σημεῖον, ἐκτὸς τοῦ κέντρου αὐτοῦ εὑρισκόμενον. Ὁ δίσκος οὗτος περιβάλλεται διὰ δακτυλίου Κ (σχ. 162), ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι προσηλωμένη ἡ ῥάβδος Σ, συνηρθρωμένη μετὰ τοῦ στελέχους τοῦ ἀτμονόμου σύρτου, ὅστις τοιουτοτρόπως τίθεται εἰς αὐτόματον παλινδρομικὴν κίνησιν.



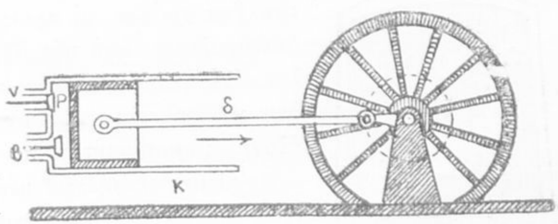
Σχ. 162

233. Μηχαναὶ δι᾽ ἐκρήξεων.—Οἱ δι᾽ ἐκρήξεων κινητῆρες χρησιμοποιοῦν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία παράγεται δι᾽ ἀναφλέξεως μείγματος ἀέρος καὶ εὐφλέκτων ἀτμῶν. Ἡ ἀνάφλεξις δὲν εἶναι συνεχής, ἀλλ᾽ ὀφείλεται εἰς σειρὰν ἐκρήξεων κατὰ κανονικὰ διαστήματα διαδεχόμενα ταχέως ἄλληλα.

Περιγραφή. Ἡ ἀνάφλεξις εἶναι ἐσωτερική, γινομένη ἐντὸς κυλίνδρου μὲ ἰσχυρὰ τοιχώματα, ὁ ὁποῖος ἔχει τριπλοῦν προορισμόν. Πράγματι χρησιμεύει οὗτος ὡς ἑστία, ὡς λέβης καὶ ὡς κύλινδρος. Τὸ ἀεριῶδες μεῖγμα συμπεπιεσμένον φέρεται διὰ τῆς ἐκρήξεώς του εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἡ ἐλαστικὴ δ' αὐτοῦ δύναμις ὠθεῖ τὸν ἐμβολέα P, ὁ ὁποῖος εἶναι τὸ κινητήριον ὄργανον. Ὁ ἐμβολεὺς ὠθεῖ τὸν διωστῆρα δ (σχ. 163) καὶ οὗτος θέτει εἰς κίνησιν τὸν ἄξονα διὰ τοῦ στροφάλου σ. Ὁ κύλινδρος εἶναι ἀνοικτὸς κατὰ τὸ ἓν τῶν ἄκρων αὐτοῦ καὶ κλειστὸς κατὰ τὸ ἕτερον. Εἰς τὸν θάλαμον ἐκρήξεως, ὅστις περιλαμβάνεται μετὰ τοῦ κλειστοῦ ἄκρου καὶ τοῦ ἐμβολέως, δύναται νὰ ἀνοίγεται βαλβὶς β, διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται τὸ ἀναφλέξιμον ἀέριον, καὶ βαλβὶς ν, διὰ τῆς ὁποίας ἐξέρχονται τὰ προϊόντα τῆς καύσεως τοῦ ἀερίου. Κατὰ τὴν ἠρεμίαν αἱ δύο αὗται βαλβῖδες παραμένουν κλεισταί.

Τὸ ἀεριῶδες μεῖγμα ἀναφλέγεται διὰ σπινθῆρος μαγνητοηλεκτρικῆς μηχανῆς, ὅστις ἐκρήγνυται μεταξὺ δύο συρμάτων ἐκ λευκοχρύσου.

Λειτουργία. Θεωρήσωμεν κινητῆρα μονοκύλινδρον μὲ **τέσσαρας χρόνους.** Ὁ κύκλος περιλαμβάνει τέσσαρας διαδοχικὰς διαδρομὰς τοῦ ἐμβολέως (διὰ δύο στροφὰς τοῦ στροφάλου καὶ τοῦ ἄξονος). Ὑποθέσωμεν, ὅτι ὁ κινητὴρ ἔχει τεθῆ εἰς κίνησιν καὶ ὅτι ἡ περιστροφὴ τοῦ σφονδύλου θέτει τὸν ἐμβολέα ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου εἰς παλινδρομικὴν κίνησιν.



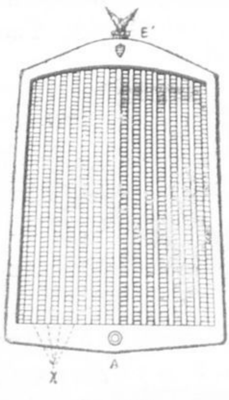
Σχ. 163

Π ρ ῶ τ ο ς χ ρ ό ν ο ς : Ἀ π ο μ ά κ ρ υ ν σ ι ς τ ο ῦ ἐ μ β ο λ έ ω ς κ α ὶ ἀ ν α ρ ρ ό φ η σ ι ς τ ο ῦ ἐ κ ρ η κ τ ι κ ο ῦ μ ε ί γ μ α τ ο ς. Παρασυρόμενος ὑπὸ τοῦ σφονδύλου ὁ ἐμβολεύς, ἀπομακρύνεται τοῦ πυθμένος τοῦ κυλίνδρου. Ἡ βαλβὶς τῆς ἀναρροφήσεως ἀνοίγεται, τὸ ἀεριῶδες μεῖγμα εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον καὶ πληροῖ αὐτόν, ὅταν ὁ ἐμβολεὺς φθάσῃ εἰς τὸ τέλος τοῦ δρόμου του.

Δ ε ύ τ ε ρ ο ς χ ρ ό ν ο ς : Ἐ π ι σ τ ρ ο φ ὴ τ ο ῦ ἐ μ β ο λ έ ω ς κ α ὶ σ υ μ π ί ε σ ι ς τ ο ῦ ἐ κ ρ η κ τ ι κ ο ῦ μ ε ί γ μ α τ ο ς. Ἡ βαλβὶς τῆς ἀναρροφήσεως κλείεται. Παρασυρόμενος πάντοτε ὑπὸ τοῦ σφονδύλου ὁ ἐμβολεύς, ἐπανέρχεται εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου καὶ ἀπωθεῖ τὸ ἀέριον, συμπιέζων αὐτὸ εἰς τὸν θάλαμον τῆς ἐκρήξεως. Κατὰ τοὺς δύο τούτους χρόνους ὁ ἄξων τῆς μηχανῆς ἐξετέλεσε μίαν πλήρη στροφήν.

Τ ρ ί τ ο ς χ ρ ό ν ο ς (ἀπομάκρυνσις τοῦ ἐμβολέως) : Ἀ ν ά φ λ ε-ξις, ἔκρηξις καὶ κινητήριον ἀποτέλεσμα. Ὁ ἐμβολεὺς εὑρίσκεται πλησίον τοῦ πυθμένος τοῦ κυλίνδρου. Αἱ δύο βαλβῖδες εἶναι κλεισταὶ καὶ ὁ θάλαμος ἐκρήξεως ἐγκλείει τὸ ἐκρηκτικὸν μεῖγμα συμπιεσμένον. Σπινθὴρ ἐκρήγνυται τότε ἐκεῖ, ἐκπυρσοκρότησις γίνεται, ὁ ἐμβολεὺς ἀπωθεῖται καὶ ἡ ἀναπτυχθεῖσα ἐνέργεια ἀποταμιεύεται ἐν μέρει εἰς τὸν σφόνδυλον.

Τέταρτος χρόνος (ἐπιστροφὴ τοῦ ἐμβολέως): Ἐξώθησις τῶν καέντων ἀερίων. Τὰ ἀέρια τῆς ἐκρήξεως ἔχουσι ψυχθῆ διὰ τῆς διαστολῆς καὶ τῆς ἐπαφῆς αὐτῶν μετὰ τῶν τοιχωμάτων τοῦ κυλίνδρου. Ὁ σφόνδυλος ἐξακολουθεῖ νὰ στρέφεται λόγῳ τῆς ἀδρανείας, ὁ ἐμβολεὺς ἐπανέρχεται εἰς τὸν πυθμένα τοῦ κυλίνδρου, ἡ βαλβὶς τῆς ἐξόδου τῶν ἀερίων ἀνοίγεται καὶ τὰ προϊόντα τῆς καύσεως ἐξωθοῦνται.



Σχ. 164

Ὁ ἐμβολεὺς δέχεται ἐνέργειαν μόνον κατὰ τὸν ἕνα χρόνον· αἱ τρεῖς ἄλλαι κινήσεις του διατηροῦνται ὑπὸ τῆς ἀδρανείας τοῦ σφονδύλου. Ἡ ἀνάφλεξις καὶ τὸ ἄνοιγμα τῶν βαλβίδων κανονίζεται δι᾽ ὀδοντωτῶν τροχῶν, ὧν οἱ ἄξονες παρασύρονται ὑπὸ τοῦ κινητῆρος.

Ὁ μετ᾽ ἐκρήξεων κινητὴρ δὲν δύναται νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν μόνος του. Διὰ τοῦτο πρέπει νὰ μεταδώσωσιν εἰς αὐτὸν ἀρχικὴν κίνησιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν μικρᾶς ἰσχύος, στρέφομεν τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος διὰ στροφάλου, διὰ νὰ ἀναρροφηθῇ τὸ καύσιμον ἀέριον καὶ συμπιεσθῇ διὰ τοῦ ἐμβολέως.

234. Ψυγεῖον.— Ἐπειδὴ κατὰ τὰς ἀλλεπαλλήλους ἐκρήξεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ κυλίνδρου ἀρκετὰ μεγάλη θερμότης, ἡ ὁποία μετά τινα ἀριθμῶν στροφῶν θὰ ἠδύνατο νὰ προκαλέσῃ τὴν ἀνάφλεξιν τοῦ ἀερίου εὐθὺς ὡς εἰσέλθῃ τοῦτο εἰς τὸν κύλινδρον, διὰ τοῦτο οὗτος περιβάλλεται ὑπὸ μεταλλικοῦ μανδύου, μεταξὺ δὲ τῶν τοιχωμάτων τοῦ κυλίνδρου καὶ τοῦ μανδύου κυκλοφορεῖ ψυχρὸν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ψύχει τὸν κύλινδρον. Τὸ ὕδωρ τοῦτο, θερμαινόμενον ἐξ ἐπαφῆς μετὰ τοῦ κυλίνδρου, ἀνέρχεται διὰ σωλῆνος εἴς τινα δεξαμενήν, ἀπὸ ἐκεῖ δὲ κατέρχεται εἰς τὸ **ψυγεῖον** (σχ. 164), τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τοῦ ἀέρος διὰ μεγάλης ἐπιφανείας, οὕτω δὲ ψυχθὲν ἐπανέρχεται εἰς τὸν μανδύαν.

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

235. Μετέωρα.—Μετέωρα εἶναι τὰ φαινόμενα τῆς ἀτμοσφαίρας, **Μετεωρολογία** δὲ ἡ ἐπιστήμη τῶν φαινομένων τούτων.

Α) ΥΔΑΤΩΔΗ ΜΕΤΕΩΡΑ

236. Δρόσος καὶ πάχνη.—**Δρόσον** καλοῦμεν τὰ ὑδάτινα σταγονίδια, τὰ ὁποῖα καλύπτουν ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον τὰ φύλλα τῶν φυτῶν τὴν πρωΐαν μετὰ νύκτα ἥσυχον καὶ ἀνέφελον.

Τὰ διάφορα ἀντικείμενα τὰ εὑρισκόμενα εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἀκαλύπτου ἐδάφους ἀκτινοβολοῦν θερμότητα πρὸς τὸ διάστημα. Κατὰ τὴν ἡμέραν τὸ ἔδαφος, φωτιζόμενον ὑπὸ τοῦ Ἡλίου, δέχεται ἐξ αὐτοῦ περισσοτέραν θερμότητα, ἀπὸ ὅσην ἀκτινοβολεῖ, καὶ θερμαίνεται. Κατὰ τὴν νύκτα μόνον ἀκτινοβολεῖ θερμότητα καὶ ἐπομένως ψύχεται. Δρόσος τότε παράγεται ἐπὶ τῶν διαφόρων ἀντικειμένων, ὅταν ταῦτα ψυχθοῦν ἐπαρκῶς, ὥστε ὁ ἐφαπτόμενος αὐτῶν ἀὴρ νὰ καταστῇ κεκορεσμένος.

Ἐὰν ἡ ψῦξις ἐξακολουθήσῃ καὶ μετὰ τὴν ἀπόθεσιν τῆς δρόσου, ὥστε ἡ θερμοκρασία τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀπετέθη αὕτη, νὰ κατέλθῃ ὑπὸ τὸ μηδέν, τὰ ὑδάτινα σταγονίδια πήγνυνται, ἀποτελεῖται δὲ τότε ἡ **πάχνη**.

Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τῶν ἐπιφανειῶν. Τὴν νύκτα, ὅταν ὁ οὐρανὸς εἶναι διαυγής, τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς γῆς σώματα ψύχονται, ἐὰν ἀκτινοβολοῦν πολλὴν θερμότητα καὶ πρὸ πάντων ἐὰν ἡ **ἀγωγιμότης** των εἶναι μικρά, διότι δὲν δέχονται οὕτω θερμότητα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Ἡ δρόσος π. χ. δὲν ἀναφαίνεται ἐπὶ τῶν λείων μετάλλων τὰ ὁποῖα ἀκτινοβολοῦν πολὺ ὀλίγην θερμότητα. Τὰ σκιερὰ σώματα καὶ πρὸ πάντων τὰ **πράσινα χόρτα**, τὰ ὁποῖα ἀκτινοβολοῦν πολλὴν θερμότητα καὶ ἡ ἀγωγιμότης των εἶναι μετρία, ψύχονται περισσότερον ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Ὁ ἀὴρ κατόπιν ψύχεται ἐν ἐπαφῇ μετ᾽ αὐτῶν καί, ἐὰν φέρῃ ἀρκετοὺς ὑδρατμούς, διὰ νὰ κορεσθῇ εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ψυχροῦ σώματος, ὁ ἀτμὸς οὗτος συμπυκνοῦται εἰς σταγονίδια.

Ἐπίδρασις τῶν στεγασμάτων καὶ τῶν νεφῶν. Ἓν ἀντικείμενον ψύχεται τόσον περισσότερον διὰ τῆς ἀκτινοβολίας, **ὅσον περισσότερον οὐρανὸν βλέπει.** Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ σχηματισμὸς τῆς δρόσου, ὅταν τὸ ἔδαφος δὲν εἶναι στεγασμένον καὶ ὁ οὐρανὸς εἶναι καθαρός. Ἡ παρουσία στεγάσματος, ἐπειδὴ ἐλαττώνει τὴν ἀκτινοβολίαν, δύναται νὰ ἐμποδίσῃ τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου. Διότι ἡ θερμότης, ἡ ὁποία χάνεται δι' ἀκτινοβολίας, σχεδὸν ἀντισταθμίζεται ἀπὸ τὴν θερμότητα, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει πρὸς τὰ κάτω τὸ στέγασμα. Διὰ τοῦτο ὑπὸ ὑπόστεγον, ὑπὸ τράπεζαν, ἡ χλόη μένει ξηρά. Τέλος, οὐδέποτε ὑπάρχει δρόσος, ἐὰν ὁ οὐρανὸς καλύπτεται ὑπὸ νεφῶν.

Ἐπίδρασις τοῦ ἀνέμου. Ὁ ἄνεμος ἐμποδίζει τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου, διότι ἀπομακρύνει τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα ἐφάπτονται τοῦ ἐδάφους καὶ ἀνανεώνει αὐτά, προτοῦ λάβουν καιρὸν νὰ ψυχθοῦν ἀρκετά, διὰ νὰ κορεσθοῦν. Τοὐναντίον μικρὰ διατάραξις τοῦ ἀέρος εὐνοεῖ τὸν σχηματισμὸν τῆς δρόσου, ἐπειδὴ ἀνανεώνει βραδέως τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα ἔχουν οὕτω τὸν καιρὸν νὰ ἀποθέσουν τὴν ὑγρασίαν των ἐπὶ τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα ἐψύχθησαν.

237. Ὀμίχλη καὶ νέφη. Ὅταν μᾶζα ὑγροῦ ἀέρος ψύχεται ἐπαρκῶς, ὁ ἀτμός, τὸν ὁποῖον περιέχει, ψύχεται ἐν μέρει καθ' ὅλην αὐτοῦ τὴν μᾶζαν. Σχηματίζεται τοιουτοτρόπως πλῆθος σταγονιδίων ὕδατος, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν **ὁμίχλην** μὲν ὅταν ἡ συμπύκνωσις γίνεται πλησίον τοῦ ἐδάφους, **νέφος** δὲ ὅταν αὐτὴ γίνεται εἰς ἀρκετὴν ἀπὸ τοῦ ἐδάφους ἀπόστασιν. Τὴν αὐτὴν ἐντύπωσιν αἰσθανόμεθα εὑρισκόμενοι ἐντὸς νέφους ἐπὶ τῆς κλιτύος ὄρους ἢ ἐν μέσῳ ὁμίχλης εἰς τὴν πεδιάδα.

Σύστασις τῆς ὁμίχλης καὶ τῶν νεφῶν. Τὰ ὑδάτινα σταγονίδια νέφους ἢ ὁμίχλης εἶναι πολὺ μικρὰ (διαμέτρου $\frac{1}{50}$ τοῦ χιλιοστομέτρου).

Τὰ σταγονίδια ταῦτα **δὲν αἰωροῦνται** εἰς τὸν ἀέρα, ἀλλὰ **πίπτουν συνεχῶς**, μὲ ταχύτητα ὅμως τόσον μικρὰν (περίπου ἓν ἑκατοστόμετρον κατὰ δευτερόλεπτον), ὥστε ὁ ἐλάχιστος ἄνεμος διατηρεῖ αὐτὰ ἐν αἰωρήσει ἢ τὰ ἀνυψοῖ. Ἡ ὑπερβολικὴ βραδύτης τῆς πτώσεώς των ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος. Αἱ κόνεις τοῦ ἀέρος πολὺ λεπότεραι, πίπτουν ἀκόμη βραδύτερον· αἱ σταγόνες τῆς βροχῆς, αἱ ὁποῖαι εἶναι πολὺ παχύτεραι, πίπτουν ταχύτερον.

Ἓν νέφος, τὸ ὁποῖον φαίνεται ἀκίνητον, δὲν ἀποτελεῖται διαρκῶς ἀπὸ τὰ αὐτὰ σταγονίδια. Διότι τὰ κατώτερα μέρη του μεταβάλλονται πάλιν εἰς ἀτμὸν ἀόρατον ἐντὸς τῶν θερμοτέρων στρωμάτων, ἐνῷ τὰ ἀνώτερα αὐξάνονται διὰ νέας συμπυκνώσεως.

238. **Βροχή.**—Τὰ ἐκ τῆς συμπυκνώσεως τῶν ὑδρατμῶν προερχόμενα σταγονίδια, τὰ ὁποῖα, ὡς εἴπομεν, πίπτουν βραδέως, ἐξατμίζονται πάλιν, ἐὰν συναντήσουν στρώματα θερμοτέρου ἀέρος. Συνεπῶς διὰ νὰ φθάσουν μέχρι τοῦ ἐδάφους, πρέπει τὸ μέγεθος τῶν σταγόνων νὰ ὑπερβαίνῃ ὡρισμένον ὅριον. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς συνενώσεως πολλῶν σταγονιδίων εἰς μίαν σ τ α γ ό ν α. Τότε ἡ ταχύτης τῆς πτώσεως αὐξάνεται κατὰ πολὺ καὶ ἡ σταγὼν φθάνει μέχρι τοῦ ἐδάφους, ὁπότε ἔχομεν τὸ φαινόμενον τῆς **βροχῆς**.

Σχ. 165

Αἱ σταγόνες τῆς βροχῆς εἶναι μεγαλύτεραι κατὰ τὸ θέρος παρὰ κατὰ τὸν χειμῶνα· ἐπίσης μεγαλύτεραι εἰς τὰς θερμὰς χώρας παρὰ εἰς τὰς ψυχράς, διότι ὁ κεκορεσμένος ἀήρ, ἐντὸς τοῦ ὁποίου παράγονται, περιέχει τόσον περισσοτέραν ποσότητα ὑδρατμῶν, ὅσον εἶναι θερμότερος.

239. **Χιών.**—Ἡ χιὼν προκύπτει ἀπὸ τὴν βραδεῖαν συμπύκνωσιν τοῦ ὑδρατμοῦ τῆς ἀτμοσφαίρας εἰς θερμοκρασίαν κατωτέραν τοῦ 0°. Ἡ χιὼν εἶναι ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἐστερεοποιήθη εἰς μικροὺς κρυστάλλους ἀστεροειδεῖς. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι φέρουν ἓξ ἀκτῖνας μὲ διακλαδώσεις μᾶλλον ἢ ἧττον πολυπλόκους (σχ. 165).

240. **Χάλαζα.**—Ἡ χάλαζα προκύπτει ἀπὸ τὴν ταχεῖαν συμπύκνωσιν τοῦ ὑδρατμοῦ κατ᾽ εὐθεῖαν εἰς τὴν στερεὰν κατάστασιν ἢ ἀπὸ τὴν ἀπότομον πῆξιν τῶν ἐν ὑπερτήξει ὑγρῶν σταγονιδίων.

Β') ΑΕΡΩΔΗ ΜΕΤΕΩΡΑ

241. Ἀερώδη μετέωρα.—Ταῦτα εἶναι φαινόμενα, τὰ ὁποῖα προκύπτουν ἐκ τῆς μεταφορᾶς μαζῶν ἀέρος τῆς ἀτμοσφαίρας.

242. Ἄνεμοι.—Ἂν κατὰ πᾶσαν στιγμὴν ἡ ἀτμοσφαιρικὴ πίεσις ἦτο παντοῦ ἡ αὐτή, δὲν θὰ ὑπῆρχον ἄνεμοι. Ἐὰν ὅμως, ἕνεκα διαφορᾶς πιέσεως μεταξὺ δύο γειτονικῶν μαζῶν ἀέρος, διαταραχθῇ ἡ ἰσορροπία, ὁ ἀὴρ τίθεται εἰς κίνησιν. Ὁ ἐν κινήσει ἀὴρ εἶναι ὁ ἄνεμος. Ὁ ἄνεμος πνέει ἀπὸ τὸ μέρος, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ πίεσις εἶναι ὑψηλοτέρα, πρὸς τὸ μέρος ὅπου αὕτη εἶναι ταπεινοτέρα. Ἡ πίεσις μεταβάλλεται π ρ ὸ π ά ν τ ω ν διὰ τῶν ἀνισοτήτων τῆς θερμοκρασίας.

Ἀνισότητες θερμοκρασίας. Ὅταν δύο μᾶζαι ἀέρος γειτονικαὶ εἶναι ἀνίσως θερμαί, παράγεται ἄνεμος. Διὰ τοῦ ἑπομένου πειράματος, τὸ ὁποῖον δανειζόμεθα ἐκ τῶν ὑγρῶν, θὰ ἐννοήσωμεν καλλίτερον τὴν παραγωγὴν τῶν ἀνέμων τούτων.

Σχ. 166

Δοχεῖον Ο (σχ. 166) περιέχει ὑγρὸν ἐν ἰσορροπίᾳ, διάφραγμα δὲ κατακόρυφον Βφ χωρίζει τὸ δοχεῖον εἰς δύο διαμερίσματα. Φαντασθῶμεν ὅτι θερμαίνομεν τὸ πρὸς τὰ ἀριστερὰ διαμέρισμα, ἐνῷ διατηροῦμεν ψυχρὸν τὸ πρὸς τὰ δεξιά. Τὸ ὑγρόν, τὸ ὁποῖον ἐθερμάνθη, διαστέλλεται, γίνεται ἐλαφρότερον καὶ ἡ ἐλευθέρα αὐτοῦ ἐπιφάνεια ἀνυψοῦται ἀπὸ Εφ εἰς Ε΄φ΄. Ἀφαιρέσωμεν τότε ἠρέμα τὸ διάφραγμα. Ἡ ἰσορροπία δὲν δύναται πλέον νὰ διατηρηθῇ. Τὸ θερμὸν ὑγρόν, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐλαφρότερον, κυλίεται ἐπὶ τοῦ ψυχροῦ εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος, ἐνῷ πρὸς τὰ κάτω, τὸ ψυχρὸν ὑγρόν, ὡς βαρύτερον, ὀλισθαίνει ὑπὸ τὸ θερμὸν ὕδωρ, τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως θὰ ἀνυψωθῇ. Ἐὰν διατηρήσωμεν σταθερὰν τὴν διαφορὰν τῆς θερμοκρασίας, ἡ ὁποία εἶναι ἡ αἰτία τῆς κινήσεως ταύτης, ἡ κυκλοφορία θὰ συνεχισθῇ κατὰ τὴν φορὰν τῶν βελῶν.

Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ διὰ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα. Τὸ ἔδαφος καὶ ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ὑδρατμὸς θερμαίνονται ὑπὸ τοῦ Ἡλίου καὶ θερμαίνουν τὸν ἀέρα δι' ἐπαφῆς. Ἂν δύο γειτονικαὶ χῶραι ἐθερμάνθησαν **ἀνίσως**, τὰ στρώματα τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα ὑπέρκεινται εἰς τὰς χώρας ταύτας, θὰ εἶναι **ἀνίσως** θερμά· θὰ παραχθῇ λοιπόν :

α) ἄνεμος πνέων πλησίον τοῦ ἐδάφους ἀπὸ τὴν ψυχρὰν χώραν πρὸς τὴν θερμήν.

β) ἀντίθετος ἄνεμος εἰς τὰ ὑψηλότερα στρώματα τῆς ἀεροσφαίρας.

Διεύθυνσις τῶν ἀνέμων. Εἴπομεν, ὅτι ὁ ἄνεμος εἶναι ἀὴρ ἐν κινήσει. Ἡ διεύθυνσις τῆς κινήσεως ταύτης εἶναι γενικῶς ὁριζοντία.

Προσδιορίζομεν τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου, ὀνομάζοντες τὸ μέρος τοῦ ὁρίζοντος, ἀπὸ τὸ ὁποῖον ὁ ἄνεμος ἔρχεται. Λέγομεν π.χ. **ἀνατολικὸς ἄνεμος**, διὰ νὰ δηλώσωμεν ἄνεμον, ὅστις πνέει ἐξ ἀνατολῶν πρὸς δυσμάς.

Διακρίνομεν ὀκτὼ κυρίας διευθύνσεις τῶν ἀνέμων, ἐξ ὧν καὶ ὀνομάζονται : **βορρᾶς** (τραμουντάνας), **βορειοανατολικὸς** (γραῖγος), **ἀνατολικὸς** (λεβάντες), **νοτιοανατολικὸς** (σιρόκος), **νότος** (ὄστρια), **νοτιοδυτικὸς** (γαρμπῆς), **δυτικὸς** (πουνέντες) καὶ **βορειοδυτικὸς** (μαΐστρος).

Τὴν παρὰ τὸ ἔδαφος διεύθυνσιν τῶν ἀνέμων προσδιορίζομεν διὰ τῶν **ἀνεμοδεικτῶν**, τοὺς ὁποίους προσανατολίζει ὁ ἄνεμος. Τοιοῦτον ἀνεμοδείκτην ἀποτελεῖ μεταξίνη ταινία (μέλαινα), μήκους ἡμίσεος περίπου μέτρου καὶ πλάτους 2—3 ἑκατ. Ἡ ταινία αὕτη προσδένεται διὰ νήματος εἰς τὸ ἄκρον μακροῦ καὶ εὐκάμπτου στελέχους, τὸ ὁποῖον τοποθετεῖται ὅσον τὸ δυνατὸν ὑψηλότερον. Ἐπίσης προσδιορίζεται ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου δι᾽ ἐλαφρῶν σωμάτων παρασυρομένων ὑπ᾽ αὐτοῦ, π.χ. κόνεως, καπνοῦ κτλ.

Τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀνέμων τῶν ὑψηλῶν τῆς ἀτμοσφαίρας χωρῶν παρακολουθοῦμεν μέχρις ὕψους 10 χλμ., παρατηροῦντες τὰ νέφη, τὰ ὁποῖα παρασύρονται. Διὰ μεγαλύτερα ὕψη, ὅπου δὲν ὑπάρχουν νέφη, πληροφορούμεθα ἐκ τῆς διευθύνσεως, τὴν ὁποίαν ἀκολουθοῦν τὰ βολιστικὰ ἀερόστατα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς τὰς χώρας ἐκείνας.

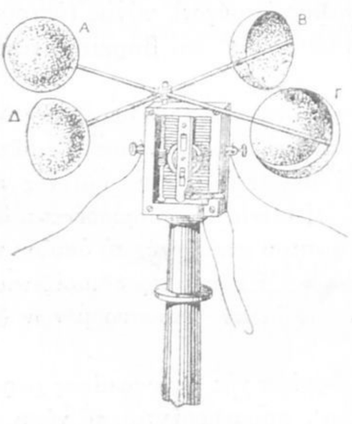
Ταχύτης τῶν ἀνέμων. Ἡ ταχύτης τῶν ἀνέμων μετρεῖται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ἀνεμόμετρα** (σχ. 167).

Εἰς μεγάλα ὕψη ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου συνάγεται ἐκ τῆς παρατηρήσεως τῶν νεφῶν ἢ τῶν βολιστικῶν ἀεροστάτων.

Ὀνομάζομεν **ἀσθενῆ** τὸν ἄνεμον, ὅταν ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἶναι μικροτέρα τῶν 4 μέτρων κατὰ δευτερόλεπτον˙ **μέτριον**, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα μέχρις 8 μ. (κατὰ δευτερόλεπτον)˙ **ἰσχυρόν**, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα μέχρι 12 μ.˙ **σφοδρόν**, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα μέχρι 14 μ.˙ **ὁρμητικόν**, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα μέχρις 20 μ.˙ **θύελλαν**, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα μέχρι 30 μ.˙ καὶ **λαίλαπα**, ὅταν ἔχῃ ταχύτητα ἄνω τῶν 30 μέτρων. Ἐπὶ τῆς ξηρᾶς ὁ ἄνεμος εἶναι συνήθως ὀλιγώτερον ἰσχυρὸς καὶ ὀλιγώτερον κανονικὸς παρὰ ἐπὶ τῆς θαλάσσης, ἕνεκα τῶν τριβῶν καὶ τῶν ἐμποδίων. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἡ ταχύτης τοῦ ἀνέμου αὐξάνεται μετὰ τοῦ ὕψους. Εἴς τινα χιλιόμετρα ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους διαπιστοῦμεν συχνάκις ταχύτητας 30 μ. κατὰ δευτερόλεπτον.

243. Ἄνεμοι περιοδικοί.—Οἱ περιοδικοὶ ἄνεμοι πνέουν κανονικῶς πρὸς μίαν διεύθυνσιν κατὰ τὰς αὐτὰς ἐποχὰς ἢ κατὰ τὰς αὐτὰς ὥρας τῆς ἡμέρας. Τοιοῦτοι ἄνεμοι εἶναι ἡ **αὔρα**, οἱ **μουσσῶνες**, ὁ **σιμοὺν** κτλ.

Αὔρα. Ἡ αὔρα εἶναι ἄνεμος περιοδικός, ἐπικρατῶν ἐπὶ τῶν παραλίων χωρῶν κατὰ τὸ θέρος, ἀλλάσσων δὲ διεύθυνσιν δὶς κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς ἡμέρας.



Σχ. 167

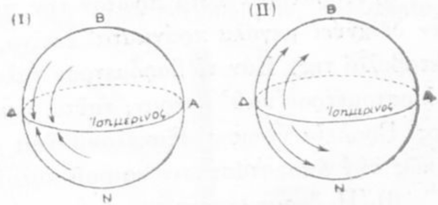
Ἡ **θαλασσία** αὔρα πνέει τὴν ἡμέραν ἀπὸ τῆς θαλάσσης πρὸς τὰς ἀκτάς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ ἔδαφος θερμαίνεται ταχύτερον τῶν ὑδάτων· ὁ ἀὴρ λοιπὸν ὑψοῦται ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς, ὁ δὲ ψυχρότερος ἀὴρ τῆς θαλάσσης συρρέει πρὸς τὴν ἀραιουμένην χώραν. Τὴν ἑσπέραν, μετὰ τὴν δύσιν τοῦ ἡλίου, ἀντίστροφον φαινόμενον παράγεται, διότι τὰ ὕδατα ψύχονται βραδύτερον τοῦ ἐδάφους. Ρεῦμα τότε ἀέρος ἀπὸ τῶν ἀκτῶν ὁρμᾶ, ὅπως ἀντικαταστήσῃ τὸν ἀέρα τῆς θαλάσσης, ὅστις ὡς θερμότερος ἀνέρχεται. Οὕτω γεννᾶται ἡ **ἀπόγειος αὔρα**.

Μουσσῶνες. Οὗτοι εἶναι ἄνεμοι περιοδικοί, οἱ ὁποῖοι παρατηροῦνται εἰς τὸν Ἰνδικὸν ὠκεανὸν καὶ εἰς τὰς θαλάσσας τῆς Κίνας, καὶ οἱ ὁποῖοι πνέουν ἓξ μῆνας κατὰ μίαν διεύθυνσιν (ἀπὸ τῆς θαλάσσης πρὸς τὴν ξηρὰν) καὶ ἑτέρους ἓξ κατ' ἀντίθετον.

Ὁ **σιμοὺν** εἶναι ἄνεμος καυστικός, πνέων ἐκ τῶν ἐρήμων τῆς Ἀσίας καὶ τῆς Ἀφρικῆς, χαρακτηρίζεται δὲ διὰ τῆς ὑψηλῆς του θερμοκρασίας καὶ τῆς ἄμμου, τὴν ὁποίαν ἀνυψοῖ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν καὶ μεταφέρει μεθ' ἑαυτοῦ. Ὁ ἄνεμος οὗτος εἰς τὸ Ἀλγέριον καὶ τὴν Ἰταλίαν εἶναι γνωστὸς ὑπὸ τὸ ὄνομα **σιρόκος**. Ἐν Αἰγύπτῳ, ὅπου εἶναι αἰσθητὸς ἀπὸ τοῦ τέλους τοῦ Ἀπριλίου μέχρι τοῦ Ἰουνίου, φέρει τὸ ὄνομα **χαμψίν**.

244. Ἄνεμοι σταθεροί.—Οἱ μᾶλλον ἀξιοσημείωτοι σταθεροὶ ἄνεμοι εἶναι οἱ **ἀληγεῖς**. Ἐπὶ ζώνης παραλλήλου πρὸς τὸν Ἰσημερινόν, πλάτους περίπου 500 χιλιομέτρων, αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες προσπίπτουσαι σχεδὸν κατακορύφως ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀναπτύσσουν θερμοκρασίαν ὁμαλήν, πολὺ ὑψηλήν, ὅπου ὁ ἀὴρ εἶναι ἤρεμος, **ὁριζοντίως**. Αὕτη εἶναι ἡ **ζώνη τῶν ἰσημερινῶν νηνεμιῶν**. Ὁ θερμανθεὶς ἀὴρ ἀνυψοῦται, τὸ δὲ παραγόμενον σχετικὸν κενὸν συμπληροῦται εἰς τὴν θερμὴν ταύτην ζώνην ὑπὸ δύο ρευμάτων ἀέρος, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς **ἀληγεῖς ἀνέμους**, ἐπικρατοῦντας εἰς τὰς **τροπικὰς χώρας**· ἐκ τούτων τὸ μὲν ἓν ἔρχεται ἐκ τοῦ βορείου ἡμισφαιρίου, τὸ δὲ ἄλλο ἐκ τοῦ νοτίου.

Τὰ στρώματα τοῦ θερμοῦ ἀέρος, ὅστις ἀνυψοῦται **κατακορύφως** ὑπεράνω τοῦ Ἰσημερινοῦ εἰς ὕψος πολλῶν χιλιομέτρων, ψύχονται εἰς τὰς ὑψηλὰς ταύτας χώρας τῆς ἀτμοσφαίρας, καὶ ἐπειδὴ τότε γίνονται βαρύτερα, κλίνουν βαθμηδὸν πρὸς τὸ ἔδαφος. Ὡς ἐκ τούτου δύο **ἀνώτερα ρεύματα**, ἀποτελοῦντα τοὺς **ἀνταληγεῖς**, διευθύνονται τὸ μὲν πρὸς τὸν βόρειον πόλον, τὸ δὲ πρὸς τὸ νότιον. Οἱ ἀληγεῖς καὶ οἱ ἀνταληγεῖς πνέουν καθ' ὅλον τὸ ἔτος (σχ. 168). Ἂν ἡ Γῆ ἦτο ἀκίνητος, οἱ ἀληγεῖς ἄνεμοι θὰ ἔπνεον καθέτως πρὸς τὸν ἰσημερινόν· ἀλλ' ἕνεκα τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς ἐκτρέπονται τῆς διευθύνσεως ταύτης. Οὕτω εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον ὁ ἀληγὴς μεταβάλλεται εἰς βορειοανατολικὸν ἄνεμον, εἰς δὲ τὸ νότιον εἰς νοτιοδυτικόν. Οἱ ἀνταληγεῖς πνέουν κατ' ἀντιθέτους φοράς.



Σχ. 168

245. Πρόγνωσις τοῦ καιροῦ.—**Μετεωρολογικοὶ χάρται.** Ἡ διανομὴ τῶν πιέσεων εἰς τὰς διαφόρους χώρας εἶναι στενῶς συνδεδεμένη μετὰ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς κυκλοφορίας. Ἐννοοῦμεν λοιπὸν πόσον ἐνδιαφέρον εἶναι νὰ γνωρίζωμεν καθ' ἑκάστην ἡμέραν τὴν διανομὴν ταύτην.

Ἑκάστην πρωΐαν οἱ μετεωρολογικοὶ σταθμοὶ ὅλης τῆς Εὐρώπης τηλεγραφοῦν εἰς τὸ κεντρικὸν μετεωρολογικὸν γραφεῖον τῶν Παρισίων τὰς πιέσεις τὰς παρατηρουμένας εἰς τοὺς σταθμούς των. Οἱ ἀριθμοὶ σημειοῦνται ἐπὶ χάρτου, συνδέονται δὲ διὰ καμπύλων γραμμῶν τὰ σημεῖα ἴσης πιέσεως. Αἱ καμπύλαι αὗται λέγονται **ἰσοβαρεῖς**. Σημειοῦται πρὸς τούτοις διὰ βελῶν ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνέμου εἰς τοὺς διαφόρους σταθμούς. Τοιουτοτρόπως λαμβάνεται ὁ **μετεωρολογικὸς χάρτης τῆς Εὐρώπης**. Συγκρίνεται κατόπιν οὗτος πρὸς τοὺς τῶν προηγουμένων ἡμερῶν καὶ ἡ σύγκρισις αὕτη εἶναι ἓν τῶν κυριωτέρων στοιχείων τῆς προγνώσεως τοῦ καιροῦ.

Ἀνάλογος ἐργασία γίνεται καὶ εἰς τὰς λοιπὰς χώρας ὅλου τοῦ κόσμου. Αἱ παρατηρήσεις τῶν ναυτικῶν δίδουν τὰ ἀναγκαῖα δεδομένα διὰ τὰς θαλάσσας.

Προγνώσεις τοπικαί. Εἰς δοθέντα τόπον παρατηρητὴς μὴ ἔχων εἰς τὴν διάθεσίν του μετεωρολογικοὺς χάρτας δύναται νὰ προΐδῃ μετὰ μεγάλης πιθανότητος τὸν καιρὸν ὡς ἀκολούθως :

α) Παρατηρεῖ κατὰ πρῶτον τὴν πίεσιν. Ἡ ἀπόλυτος αὐτῆς τιμὴ δὲν δεικνύει μεγάλα πράγματα· ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ἐνδιαφέρει, εἶναι αἱ μεταβολαί της. Ἐὰν τὸ βαρόμετρον ταλαντεύεται κατὰ δέκατά τινα τοῦ χιλιοστομέτρου καθ' ἡμέραν, τοῦτο δεικνύει ὅτι ὁ καιρὸς εἶναι στάσιμος. Βραδεῖα ὕψωσις, ἐξακολουθοῦσα ἐπὶ πολλὰς ἡμέρας, δεικνύει γενικῶς τὴν ἀποκατάστασιν καιροῦ καλοῦ.

β) Ἡ θερμοκρασία καὶ ἡ ὑγρασία εἶναι παράγοντες σημαντικοί. Ἄφθονος ἀπόθεσις δρόσου τὴν πρωΐαν δεικνύει σημαντικὴν νυκτερινὴν ψῦξιν καὶ συνεπῶς σχετικὴν ξηρότητα τῶν ὑψηλῶν τῆς ἀτμοσφαίρας χωρῶν, τὸ ὁποῖον εἶναι σημεῖον καλοῦ καιροῦ.

γ) Ἡ ὄψις τοῦ οὐρανοῦ παρέχει ἐπίσης πολυτίμους πληροφορίας, διότι αὕτη ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ὑγροσκοπικῆς καταστάσεως τῆς ἀτμοσφαίρας. Διὰ τοὺς αὐτόχθονας μιᾶς χώρας, τὸ χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ, τὸ σχῆμα καὶ αἱ κινήσεις τῶν νεφῶν ἀποτελοῦν σημεῖα σχεδὸν ἀλάνθαστα πρὸς πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ τῆς ἐπομένης ἡμέρας.

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α΄

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

246. **Ἀκουστική** εἶναι τὸ μέρος τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον ἔχει σκοπὸν τὴν σπουδὴν τῶν **ἤχων,** δηλ. τῶν ἐντυπώσεων, τὰς ὁποίας δεχόμεθα διὰ τῶν ὀργάνων τῆς ἀκοῆς.

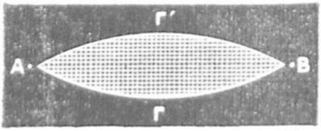
247. **Ἠχητικοὶ κραδασμοί.**— Οἱ ἦχοι προέρχονται ἀπὸ διαδοχικοὺς κραδασμούς, δηλ. ἀλληλοδιαδόχους κινήσεις, αἱ ὁποῖαι ἀναπαράγονται κατὰ πολὺ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα. Οἱ κραδασμοὶ τῶν ἠχογόνων σωμάτων εἶναι αἰωρήσεις, ἀνάλογοι πρὸς τὰς τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἐκτελούμεναι ἑκατέρωθεν μιᾶς μέσης θέσεως.

Τὰς παλμικὰς κινήσεις τῶν ἠχογόνων σωμάτων ἀποδεικνύομεν διὰ πολλῶν πειραμάτων :

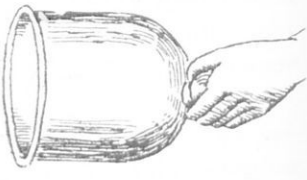
α) Ἐὰν στερεώσωμεν ἀκλονήτως κατὰ τὸ ἓν ἄκρον αὐτοῦ ἔλασμα ἐκ χάλυβος (σχ. 169) καί, ἀφοῦ ἀπομακρύνωμεν τὸ ἐλεύθερον ἄκρον ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, ἀφήσωμεν ἔπειτα αὐτὸ ἐλεύθερον, τοῦτο ἐπανέρχεται εἰς τὴν κατακόρυφον θέσιν του, τὴν ὑπερβαίνει, ἕνεκα τῆς κτηθεί-

Σχ. 169

σης ταχύτητος, καὶ ἐκτελεῖ ἑκατέρωθεν ταύτης παλινδρομικὰς κινήσεις. Ὅλα τὰ μέρη τοῦ ἐλάσματος ἐκτελοῦν τὰς παλμικάς των κινήσεις εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, ἀλλὰ τὸ πλάτος τῆς παλμικῆς κινήσεως διαφέρει ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως ἑκάστου σημείου ἀπὸ τοῦ σταθεροῦ ἄκρου.

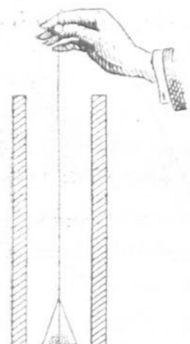


Σχ. 170



Σχ. 171

Ὅταν τὸ ἔλασμα εἶναι μακρόν, ἡ παλμικὴ κίνησις εἶναι ὁρατή, ἀλλὰ δὲν ἀκούεται ἦχος. Ἐὰν βραχύνωμεν ἐπαρκῶς τὸ ἔλασμα, ἀκούομεν ἦχον, ἀλλὰ αἱ παλμικαὶ κινήσεις εἶναι τόσον ταχεῖαι, ὥστε δὲν δυνάμεθα νὰ τὰς διακρίνωμεν.



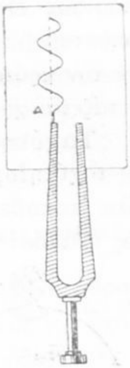
Σχ. 172

β) Ἐὰν τείνωμεν μεταξὺ δύο σημείων ἐλαστικὴν χορδὴν καί, ἀφοῦ ἀπομακρύνομεν αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας, τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἡ χορδὴ παράγει ἦχον, ἐνῷ συγχρόνως πάλλεται. Ἕνεκα τῆς ταχύτητος τῶν παλμικῶν της κινήσεων, ἡ χορδὴ δὲν διακρίνεται εἰς τὰς διαδοχικάς της θέσεις, ἀλλὰ παρουσιάζει σχῆμα ἀτρακτοειδὲς (σχ. 170).

γ) Ἐὰν ἐντὸς ὑαλίνου κώδωνος (σχ. 171) ρίψωμεν ἄμμον καὶ κατόπιν κρούσωμεν αὐτόν, θὰ ἴδωμεν, ὅτι ἡ ἄμμος ἀναπηδᾷ, ἐφ' ὅσον ὁ κώδων παράγει ἦχον.

δ) Εἰς τοὺς ἠχητικοὺς σωλῆνας τὸ ἠχογόνον σῶμα εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ ἐντὸς αὐτῶν ἀέρος. Διότι, ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοιούτου σωλῆνος ἠχοῦντος, τοῦ ὁποίου τὸ ἓν τοίχωμα εἶναι ὑάλινον, μεμβρᾶναν τεταμένην (σχ. 172), ἐπὶ τῆς ὁποίας ἐτέθη ὀλίγη ἄμμος, αἱ παλμικαὶ κινήσεις τοῦ ἀέρος μεταδίδονται εἰς τὴν μεμβρᾶναν, ἕνεκα τούτου δὲ βλέπομεν τὴν ἄμμον νὰ ἀναπηδᾷ.

ε) Τὴν παλμικὴν κίνησιν τῶν ἠχογόνων σωμάτων σπουδάζομεν πλήρως διὰ τῆς γραφικῆς μεθόδου. Πρὸς τοῦτο στερεώνομεν εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ἑνὸς σκέλους **διαπασῶν** (σχ. 173) ἀκίδα καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν σκελῶν του, ἡ ὁποία ἐφάπτεται ὑαλίνης πλακός, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχει τεθῆ λεπτὸν στρῶμα αἰθάλης. Ἐὰν ἀναγκάσωμεν τὸ διαπασῶν νὰ παραγάγῃ ἦχον καὶ σύρωμεν ταχέως τὴν πλάκα, λαμβάνομεν ἐπὶ ταύτης κυματοειδῆ γραμμὴν συνεχῆ καὶ κανονικήν, ἑκάστη κύμανσις τῆς ὁποίας ἀντιστοιχεῖ εἰς μίαν αἰώρησιν τοῦ ἠχοῦντος σώματος.



Σχ. 173

248. Μετάδοσις τῆς παλμικῆς κινήσεως.— Διὰ νὰ παραγάγουν ἐντύπωσιν ἐπὶ τοῦ ὠτὸς οἱ ἠχητικοὶ κραδασμοί, πρέπει νὰ μεταβιβασθοῦν μέχρις αὐτοῦ. Ἡ μεταβίβασις δύναται νὰ γίνῃ διὰ μέσου ἐλαστικοῦ, τὸ ὁποῖον νὰ τίθεται καὶ αὐτὸ εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ νὰ μεταδίδῃ ταύτην ἀπὸ μορίου εἰς μόριον. Τοιοῦτον **μέσον εἶναι ὁ ἀήρ**. Διότι, ἐὰν θέσωμεν μεταξὺ ἰσχυρῶς ἠχοῦντος κώδωνος καὶ τοῦ ὠτὸς μεμβρᾶναν λεπτὴν καὶ ἐλαστικὴν τεταμένην ἐπὶ κατακορύφου πλαισίου, κατὰ μῆκος τῆς ὁποίας κρέμαται ἐλαφρὸν ἐκκρεμὲς (σχ. 174), παρατηροῦμεν, ὅτι τοῦτο ἀναπηδᾷ, τὸ ὁποῖον δεικνύει ὅτι ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ ἀέρος μεταδίδεται εἰς τὴν μεμβρᾶναν.

Σχ. 174

Τὰ συμπαγῆ στερεὰ σώματα μεταδίδουν καλῶς τοὺς ἠχητικοὺς κραδασμούς. Οὕτως ἐὰν ἐφαρμόσωμεν τὸ οὖς εἰς τὸ ἓν ἄκρον μακρᾶς ξυλίνης δοκοῦ ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἐλαφρὸν κρότον, τὸν ὁποῖον παράγει ὡρολόγιον εὑρισκόμενον εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον.

Ἐπίσης καὶ διὰ τῶν ὑγρῶν μεταδίδεται ὁ ἦχος. Οὕτως οἱ δύται ἀκούουν τοὺς ἤχους, οἱ ὁποῖοι παράγονται ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἢ ἐπὶ τῆς παραλίας.

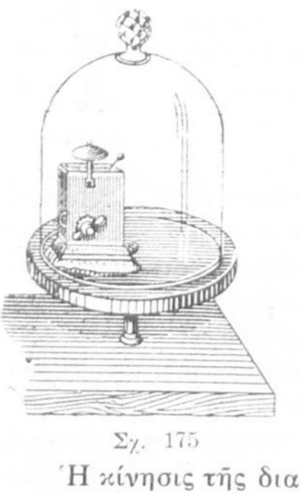
Τὰ στερεὰ σώματα, τὰ ἐστερημένα ἐλαστικότητος, ὅπως π.χ. παραπετάσματα, τάπητες, μαλακὰ σώματα, δὲν πάλλονται καὶ διὰ τοῦτο ἀποσβύνουν τὸν ἦχον.

Ὁ ἦχος δὲν μεταδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ. Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τοῦτο, θέτομεν ὑπὸ τὸν κώδωνα ἀεραντλίας κωδωνίσκον, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ ἠχῇ διὰ μηχανισμοῦ ὡρολογίου (σχ. 175). Ἐφ᾽ ὅσον ὁ κώδων τῆς ἀεραντλίας περιέχει ἀέρα, ὁ ἦχος τοῦ κωδωνίσκου ἀκούεται. Ἀραιοῦμεν κατόπιν δι᾽ ἀεραντλίας τὸν ἐντὸς τοῦ κώδωνος ἀέρα. Παρατηροῦμεν ὅτι, καθ᾽

ὅσον ἀραιοῦμεν τὸν ἀέρα, ὁ ἦχος καθίσταται ὁλοὲν ἀσθενέστερος καὶ παύει νὰ ἀκούεται ὅταν ὁ κώδων τῆς ἀεραντλίας κενωθῇ ἐπαρκῶς.

249. Ταχύτης τοῦ ἤχου.—Ἡ μετάδοσις τοῦ ἤχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Πράγματι, ἐὰν ἀπὸ ἀποστάσεως παρατηροῦμεν ὅπλον ἐκπυρσοκροτοῦν, πρῶτον βλέπομεν τὴν λάμψιν καὶ μετά τινα χρόνον ἀκούομεν τὸν κρότον, ἂν καὶ τὰ δύο παράγονται συγχρόνως, διότι ὁ ἦχος χρειάζεται χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ τὸ ἐν τῷ μεταξὺ διάστημα.

Ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα. Αἱ πρῶται ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ταχύτητος τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα ἐγένοντο κατὰ τὰ 1738. Δύο τηλεβόλα ἐτοποθετήθησαν εἰς δύο σταθμούς, τῶν ὁποίων ἐμετρήθη ἀκριβῶς ἡ ἀπόστασις. Τὰ πυροβόλα ταῦτα ἐξεπυρσοκρότουν ἀλληλοδιαδόχως ἀνὰ 10 λεπτὰ τῆς ὥρας. Παρατηρηταὶ δὲ εὑρισκόμενοι εἰς ἕκαστον σταθμὸν ἐσημείουν ἑκάστοτε τὸ μεσολαβοῦν χρονικὸν διάστημα μεταξὺ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν ἔβλεπον τὴν λάμψιν, καὶ τῆς στιγμῆς, καθ' ἣν ἤκουον τὸν κρότον. Ἐπειδὴ τὸ φῶς ἔχει παμμεγίστην ταχύτητα, ἡ λάμψις ἐγίνετο ἀντιληπτή, καθ' ἣν στιγμὴν παρήγετο ὁ ἦχος, καὶ συνεπῶς τὸ χρονικὸν διάστημα, τὸ μεσολαβοῦν μεταξὺ τῆς λάμψεως καὶ τοῦ ἤχου, ἦτο ὁ χρόνος, τὸν ὁποῖον ἐχρειάζετο ὁ ἦχος διὰ νὰ διανύσῃ τὴν μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν ἀπόστασιν.



Σχ. 175

Ἡ κίνησις τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἶναι ὁμαλή. Πρὸς προσδιορισμὸν τῆς φύσεως τῆς κινήσεως ἐτοποθέτησαν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν πολλοὺς παρατηρητάς, οἱ ὁποῖοι ἐσημείουν τοὺς χρόνους τοὺς μεσολαβοῦντας μεταξὺ λάμψεως καὶ κρότου. Παρετήρησαν λοιπόν, ὅτι οἱ χρόνοι οὗτοι ἦσαν ἀνάλογοι τῆς ἀποστάσεως τοῦ παρατηρητοῦ ἀπὸ τοῦ σταθμοῦ τῆς ἐκπυρσοκροτήσεως. Δηλ. ὁ ἦχος ἐχρειάζετο διπλάσιον, τριπλάσιον κτλ. χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ διπλασίαν, τριπλασίαν κτλ. ἀπόστασιν. Συνεπῶς ἡ κίνησις τῆς διαδόσεώς του ἦτο ὁμαλή. Ταχύτης λοιπὸν τοῦ ἤχου εἶναι τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον οὗτος διανύει εἰς ἓν δευτερόλεπτον.

Ἀποτελέσματα. Ἐκ τῶν γενομένων πειραμάτων συνήχθησαν τὰ ἑξῆς ἀποτελέσματα :

Εἰς ἀέρα ἤρεμον, ξηρὸν καὶ θερμοκρασίας 0°, ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἶναι 331 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον. Ἡ ταχύτης αὕτη **αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας**· εἰς ϑ° εἶναι $331\sqrt{1+\alpha\vartheta}$, ἔνθα α ὁ συντελεστὴς τῆς διαστολῆς τοῦ ἀέρος. Εἰς 15° φθάνει 340 μέτρα. Εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν, ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου, **ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἐλαστικὴν δύναμιν τοῦ ἀερίου**, εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὰς πεδιάδας καὶ ἐπὶ τῶν ὀρέων, ὅπου ὁ ἀὴρ εἶναι ἀραιότερος· ἐπίσης εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ κατὰ τὴν κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ κατὰ τὴν ὁριζοντίαν.

Εἰς ἀέριον πυκνότητος δ ὡς πρὸς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης εἰς ϑ° εἶναι

$331\sqrt{\dfrac{1+\alpha\vartheta}{\delta}}$, δηλ. ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς πυκνότητος τοῦ ἀερίου. Οὕτως, ἐπειδὴ ἡ πυκνότης τοῦ ὑδρογόνου εἶναι 16 φορὰς μικροτέρα τῆς τοῦ ὀξυγόνου, ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὑδρογόνον εἶναι 4 φορὰς μεγαλυτέρα παρὰ εἰς τὸ ὀξυγόνον.

Ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ. Κατὰ τὸ ἔτος 1827 οἱ Colladon καὶ Sturn ἐμέτρησαν τὴν ταχύτητα τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ τῆς λίμνης τῆς Γενεύης, μεταξὺ δύο πλοιαρίων τοποθετημένων εἰς ἀπόστασιν 13 χιλιομέτρων ἀπ᾿ ἀλλήλων. Ἀπὸ τοῦ ἑνὸς τῶν πλοιαρίων τούτων ἐκρέματο κώδων, ὅστις ἐκρούετο ἐντὸς τοῦ ὕδατος διὰ σφύρας, ἡ ὁποία συγχρόνως ἀνέφλεγε μικρὰν ποσότητα πυρίτιδος, ἥτις εὑρίσκετο ἐπὶ τῆς λέμβου. Εἰς τὸ ἄλλο πλοιάριον εὑρίσκετο παρατηρητής, ὅστις ἐφήρμοζεν εἰς τὸ οὖς αὐτοῦ τὸ λεπτὸν ἄκρον ἀκουστικοῦ κέρατος. Τοῦ κέρατος τούτου ὁ ὅλμος, κλεισμένος διὰ μεμβράνης καὶ βυθισμένος ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἦτο ἐστραμμένος πρὸς τὸν κώδωνα. Ὁ παρατηρητὴς ἐσημείου τὸ χρονικὸν διάστημα τὸ μεσολαβοῦν μεταξὺ τῆς λάμψεως τῆς ἀναφλεγομένης πυρίτιδος καὶ τῆς ἀντιλήψεως τοῦ ἤχου. Τοιουτοτρόπως εὑρέθη ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ εἰς θερμοκρασίαν 8° ἴση πρὸς 1435 μέτρα κατὰ δευτερόλεπτον.

Ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὰ στερεά. Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὰ στερεὰ εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα αὐτοῦ εἰς τὰ ρευστά· π.χ. εἰς τὸν χάλυβα εἶναι 5000 μέτρα, εἰς τὸν χαλκὸν 3700 μέτρα κλπ.

Σημείωσις. Τὴν ταχύτητα τοῦ ἤχου εἰς τὸν χυτοσίδηρον ἐμέτρησεν ὁ Biot ὡς ἑξῆς: Σωλὴν ἐκ χυτοῦ σιδήρου μήκους Μ μέτρων ἐκρούετο εἰς τὸ ἓν τῶν ἄκρων αὐτοῦ διὰ σφύρας. Παρατηρητὴς εὑρισκόμενος εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον ἤκουε δύο διαδοχικοὺς ἤχους. Πρῶτον τὸν διὰ τοῦ μετάλλου μεταδιδόμενον καὶ ἔπειτα τὸν διὰ τοῦ ἀέρος, ἐσημείου δὲ τὸν χρόνον δ, ὅστις παρήρχετο μεταξὺ τῆς ἀντιλήψεως τῶν δύο τούτων ἤχων. Ἐὰν τ ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα καὶ τ΄ εἰς τὸν χυτοσίδηρον, ἡ διάρκεια τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου διὰ μὲν τοῦ ἐν τῷ σωλῆνι ἀέρος ἦτο $\frac{M}{\tau}$, διὰ δὲ τοῦ μετάλλου $\frac{M}{\tau'}$. Καὶ ἐπειδὴ ἡ διαφορὰ τῶν δύο τούτων χρόνων ἦτο δ, ἔχομεν :

$$\frac{M}{\tau} - \frac{M}{\tau'} = \delta, \qquad \text{ἐξ ἧς} \qquad \tau' = \frac{M\tau}{M - \delta\tau}.$$

Τοιουτοτρόπως εὑρέθη, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν χυτοσίδηρον ἦτο 10,5 φορὰς μεγαλυτέρα παρὰ εἰς τὸν ἀέρα.

Προβλήματα.

1ον. Ποία ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτοῦ εἶναι 30°; Συντελεστὴς διαστολῆς ἀέρος $\alpha = \frac{1}{273}$.

2ον. Εἰς ποίαν θερμοκρασίαν ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι 336 μέτρα ;

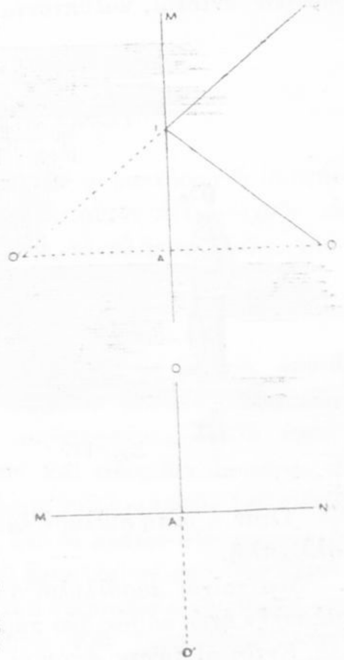
3ον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὑδρογόνον, ὅταν ἡ ταχύτης αὐτοῦ εἰς τὸν ἀέρα εἶναι 340 μ.

4ον. Σῶμά τι πίπτει ἐντὸς φρέατος καὶ ἀκούεται ὁ κρότος τῆς συγκρούσεως τοῦ σώματος ἐπὶ τοῦ ὕδατος τοῦ φρέατος 6 δευτερόλεπτα μετὰ τὴν ἔναρξιν τῆς πτώσεως. Ζητεῖται τὸ βάθος τοῦ φρέατος. Ταχύτης τοῦ ἤχου 340 μ. καὶ $g = 9{,}8$ *μ.*

250. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου. — Ὁ ἦχος ἀνακλᾶται ἐπὶ ἐπιπέδου ἀκάμπτου, καθὼς τὸ φῶς ἐπὶ κατόπτρου. Καλοῦμεν **ἠχητικὴν ἀκτῖνα** πᾶσαν εὐθύγραμμον διεύθυνσιν, ἡ ὁποία ἄρχεται ἀπὸ τῆς ἠχογόνου πηγῆς. Ἡ εὐθεῖα, ἡ ὁποία συνδέει ἠχογόνον σημεῖον Ο μὲ ἓν σημεῖον Ι τοῦ ἐπιπέδου, εἶναι ἀκτὶς προσπίπτουσα. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται εἰς τὸ Ι (σχ. 176) καὶ λαμβάνει διεύθυνσιν ΙΚ τοιαύτην, ὥστε νὰ φαίνεται ὅτι προέρχεται ἀπὸ ἓν ἠχογόνον κέντρον Ο΄ συμμετρικὸν τοῦ Ο ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον ΑΜ.

Ἠχώ - Ἀντήχησις. **Ἠχὼ** καλεῖται τὸ φαινόμενον τῆς ἐπαναλήψεως ἤχου τινός, ἕνεκα ἀνακλάσεως αὐτοῦ ἐπί τινος κωλύματος, π.χ. τοίχου, δάσους, βράχου κτλ. Ἐὰν παρατηρητὴς Ο ἐκπέμπῃ ἦχον σύντομον (ἄναρθρον) ἀπέναντι ἀνακλώσης ἐπιπέδου ἐπιφανείας ΜΝ (σχ. 176), εὑρισκομένης εἰς ἀπόστασιν ΑΟ, ὁ ἦχος οὗτος ἀνακλᾶται, ὡσεὶ προήρχετο ἀπὸ φανταστικὸν ἠχογόνον κέντρον Ο΄. Μεταξὺ τῆς στιγμῆς τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς στιγμῆς τῆς ἐπιστροφῆς τοῦ ἤχου τούτου μετὰ τροχιὰν 2.ΑΟ διὰ τὴν μετάβασιν καὶ ἐπιστροφὴν παρέρχεται χρόνος $\frac{2 \text{ΑΟ}}{\tau}$ (ἔνθα τ ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου).

Ἐὰν ὁ ἐξ ἀνακλάσεως ἦχος φθάσῃ εἰς τὸν παρατηρητὴν προτοῦ παρέλθῃ 0,1 δευτερολέπτου (μέση διάρκεια τῆς παραμονῆς τῆς ἠχητικῆς ἐντυπώσεως), ἡ νέα ἐντύπωσις ἐνισχύει καὶ παρατείνει ἁπλῶς τὴν πρώτην, δηλ. τὴν τοῦ ἀπ᾽ εὐθείας ἤχου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντήχησις**.



Σχ. 176

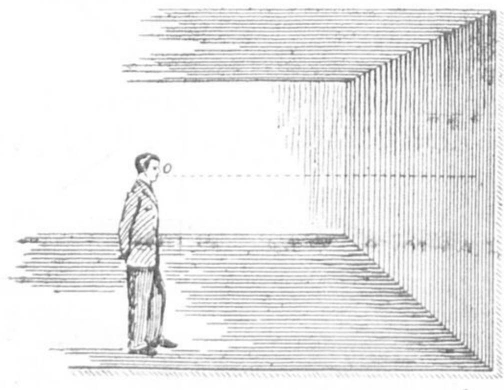
Διὰ νὰ ὑπάρξῃ ἠχώ, πρέπει ὁ ἦχος νὰ χρειασθῇ τουλάχιστον 0,1 τοῦ δευτερολέπτου διὰ νὰ διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν 2.ΟΑ, δηλαδὴ $\frac{2.\text{ΟΑ}}{340} = 0{,}1$, ἐξ ἧς λαμβάνομεν 2.ΟΑ = 34 καὶ ΟΑ = 17 μέτρα. Συνεπῶς ἡ Ο Α πρέπει νὰ εἶναι μεγαλυτέρα τῶν 17 μέτρων. Ἐὰν λοιπὸν ὁ παρατηρητὴς εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν ὀλίγον μεγαλυτέραν τῶν 17 μέτρων ἀπὸ τοῦ κωλύματος καὶ ἐκπέμψῃ ἦχον ἄναρθρον, θὰ ἀντιληφθῇ ἠχὼ (σχ. 177).

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Διὰ νὰ εἶναι ἡ ἠχὼ εὐκρινής, οἱ ἔναρθροι ἦχοι ἀπαιτοῦν ἐλαχίστην ἀπόστασιν, πολὺ μεγαλυτέραν παρὰ οἱ ἄναρθροι ἦχοι. Ἂν παραδεχθῶμεν, ὅτι ἀκούομεν εὐκρινῶς τέσσαρας συλλαβὰς κατὰ δευτερόλεπτον, θὰ ἀκούσωμεν συλλαβὴν ἀνακλασθεῖσαν κατόπιν τῆς συλλαβῆς, ἥτις ἔρχεται κατ᾽ εὐθεῖαν, ἐὰν παρέλθῃ ἓν τέταρτον δευτερολέπτου μεταξὺ τῆς ἀρχῆς τοῦ ἀπ᾽ εὐθείας ἤχου καὶ τῆς ἀρχῆς τοῦ ἀνακλωμένου ἤχου. Εἰς ἀπόστασιν ΟΑ τοιαύτην, ὥστε

$$\frac{2 . OA}{\tau} = \frac{1}{4} \quad \left(\text{ἐξ ἧς } OA = \frac{\tau}{8} = 42{,}5 \text{ μ. διὰ } \tau = 340 \right)$$

ἐὰν προφέρωμεν μίαν μόνον συλλαβήν, ἀκούομεν ἀμέσως τὴν ἀνακλωμένην.

Ὅταν περισσότεραι συλλαβαὶ προφέρωνται ἄνευ διακοπῆς, αἱ πρῶται ἀνακλασθεῖσαι συλλαβαὶ ἐπιτίθενται διὰ τὸ οὖς εἰς τὰς ἀπ᾿ εὐθείας ἐρχομένας συλλαβάς. Ἐπειδὴ δὲ αἱ ἀνακλασθεῖσαι εἶναι ὀλιγώτερον ἔντονοι, καλύπτονται ὑπὸ τῶν ἀπ᾿ εὐθείας, φθάνει δὲ μόνον ἡ τελευταία ἀνακλασθεῖσα, ὅταν ὁ ἀπ᾿ εὐθείας ἦχος ἔχῃ παύσει, καὶ τοιουτοτρόπως φαίνεται, ὅτι μόνη αὐτὴ ἐπαναλαμβάνεται. Ἡ ἠχὼ τότε εἶναι **μονοσύλλαβος**.



Σχ. 177

Αἱ ν τελευταῖαι συλλαβαὶ θὰ ἐπαναληφθοῦν, ἐὰν ἡ ἀπόστασις ΟΑ εἶναι ἴση πρὸς ν. 42,5. Ἡ ἠχὼ θὰ εἶναι τότε **πολυσύλλαβος**.

Ὅταν ἡ αὐτὴ συλλαβὴ ἐπαναλαμβάνεται πολλάκις, ἡ ἠχὼ καλεῖται **πολλαπλῆ**.

Δύο τοῖχοι παράλληλοι ἀπομακρυσμένοι δύνανται νὰ παραγάγουν πολλαπλῆν ἠχώ, καθὼς δύο παράλληλα κάτοπτρα δίδουν πολλὰ εἴδωλα.

Ἐντὸς αἰθούσης, ὅπου οἱ τοῖχοι, τὸ δάπεδον, ἡ ὀροφή, ἀνακλοῦν τὸν ἦχον, οἱ ἐξ ἀνακλάσεως ἦχοι δύνανται νὰ μὴ ἐπιτίθενται εἰς τοὺς ἀπ᾿ εὐθείας ἤχους· γίνεται τότε **σύγχυσις**. Ἀποφεύγομεν τὰς ἀνακλάσεις καλύπτοντες τοὺς τοίχους διὰ παραπετασμάτων, δηλ. οὐσιῶν μὴ ἐλαστικῶν, αἱ ὁποῖαι ἀποσβύνουν τὰς παλμικὰς κινήσεις.

Προβλήματα

1ον. Κραυγὴ παραχθεῖσα ὑπὸ παρατηρητοῦ ἐνώπιον τοίχου ἐπανέρχεται εἰς αὐτὸν μετὰ 1, 5 δευτερόλεπτα. Ποία ἡ ἀπόστασις τοῦ παρατηρητοῦ ἀπὸ τοῦ τοίχου;

2ον. Δύο παρατηρηταὶ Α καὶ Β εὑρίσκονται εἰς ἴσας ἀποστάσεις χ ἀπό τινος ἐπιπέδου ΓΔ. Ἡ ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασις αὐτῶν ΑΒ εἶναι 20 μέτρα. Ὁ παρατηρητὴς Α παράγει ἦχον, τὸν ὁποῖον ἀκούει ὁ Β πρῶτον μὲν δι' ἀμέσου διαδόσεως, ἔπειτα δὲ κατόπιν ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου ΓΔ. Ζητεῖται ἡ ἐλαχίστη τιμὴ τοῦ χ, ἵνα ὁ ἄμεσος ἦχος ἀκουσθῇ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου πρὸ τοῦ ἐξ ἀνακλάσεως. Ἡ θερμοκρασία εἶναι 15°.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β΄

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

251. Οἱ ἦχοι διακρίνονται διὰ τριῶν χαρακτήρων ἢ ἰδιοτήτων: **ἐντάσεως, ὕψους, χροιᾶς.** Αἱ ἰδιότητες αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ στοιχεῖα πάσης παλμικῆς κινήσεως: δηλ. τὸ **πλάτος** αὐτῆς, τὴν **συχνότητα** καὶ τὴν **μορφήν.**

Α΄) ΕΝΤΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

252. Διὰ τῆς **ἐντάσεως** διακρίνεται ἦχος τις ἰσχυρὸς ἀπὸ ἄλλου ἤχου ἀσθενοῦς. Ἐὰν θέσωμεν εἰς παλμικὴν κίνησιν διαπασῶν καὶ τὸ ἀφήσωμεν κατόπιν ἐλεύθερον, παρατηροῦμεν, ὅτι ὁ ἦχος, τὸν ὁποῖον παράγει, ἐξασθενεῖ βαθμηδὸν καὶ τέλος δὲν ἀκούεται πλέον. Ἐὰν ἐγγράψωμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις τοῦ διαπασῶν ἐπὶ αἰθαλωμένης ἐπιφανείας, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ πλάτος τῶν παλμῶν βαίνει ἐλαττούμενον μετὰ τῆς ἐκτάσεως τοῦ ἤχου καὶ τέλος μηδενίζεται μετ' αὐτῆς. Ἐπίσης ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου τοῦ διαπασῶν εἶναι τόσον μεγαλυτέρα ὅσον ἰσχυρότερον κρούομεν αὐτό. Ἐὰν ἐγγράψωμεν τοὺς παλμοὺς τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς διαφόρους κρούσεις, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου αὐξάνεται μετὰ τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν τοῦ διαπασῶν. Ὁ ὑπολογισμὸς ἀποδεικνύει, ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τοῦ πλάτους τῶν παλμῶν τοῦ ἠχογόνου σώματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου ἐλαττοῦται πρὸς τούτοις μετὰ τῆς πυκνότητος τοῦ μέσου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὁ ἦχος διαδίδεται. Τοιουτοτρόπως ὁ ἦχος κώδωνος ἠχοῦντος ἐντὸς ὑαλίνης σφαίρας γίνεται τόσον ἀσθενέστερος, ὅσον περισσότερον ἀραιοῦμεν τὸν ἀέρα τῆς σφαίρας.

Ἐπίσης ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως. Οὕτω 4 ὅμοιοι κώδωνες ἐξ ἴσου καὶ συγχρόνως πληττόμενοι ἀκούονται μετὰ τῆς αὐτῆς ἐντάσεως, μετὰ τῆς ὁποίας ἀκούεται ὁ ἦχος, τὸν ὁποῖον παράγει εἷς μόνον ὅμοιος κώδων ἐξ ἴσου πληττόμενος, ὅταν τεθῇ εἰς τὸ ἥμισυ τῆς ἀποστάσεως.

Τέλος ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται καὶ **ἐκ τῆς καταστάσεως τῆς ἀτμοσφαίρας**. Ὅσον αὕτη εἶναι ἠρεμωτέρα, τόσον ἡ ἔντασις τοῦ ἤχου εἶναι ἰσχυροτέρα. Ἐπίσης ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς **διευθύνσεως τοῦ πνέοντος ἀνέμου**. Ὅταν ὁ ἦχος ἔχῃ τὴν αὐτὴν μετὰ τοῦ ἀνέμου φοράν, ἡ ἔντασίς του εἶναι μεγαλυτέρα.

Β') ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

253. Διὰ τοῦ γνωρίσματος τοῦ **ὕψους** διακρίνονται οἱ ὀξεῖς ἦχοι ἀπὸ τοὺς βαρεῖς. Τὸ ὕψος ἤχου τινὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς **συχνότητος** τῶν παλμικῶν κινήσεων, δηλ. ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας τὸ ἠχογόνον σῶμα ἐκτελεῖ κατὰ δευτερόλεπτον, οἱαδήποτε καὶ ἂν εἶναι ἡ φύσις τοῦ ἠχογόνου σώματος. Δύο ἦχοι τοῦ αὐτοῦ ὕψους ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν παλμικῶν κινήσεων κατὰ δευτερόλεπτον. Διὰ ἦχον ὀξύν, ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ δευτερόλεπτον παλμικῶν κινήσεων εἶναι μεγαλύτερος παρὰ διὰ ἦχον βαρύν.

Ἡ συχνότης δὲν μεταβάλλεται, ὅταν ὁ ἦχος ἐξασθενῇ, δηλ. ὅταν τὸ πλάτος τῶν παλμικῶν κινήσεων ἐλαττοῦται.

Προσδιορισμὸς τοῦ ὕψους ἤχου τινός. Τὸ ὕψος ἤχου τινός, δηλ. τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας τὸ ἠχογόνον σῶμα ἐκτελεῖ κατὰ δευτερόλεπτον, προσδιορίζομεν κατὰ δύο μεθόδους:

α) Μέθοδος ἀκουστική. Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην ἀποκαθιστῶμεν **ὁμοφωνίαν,** δηλ. τὸ αὐτὸ ὕψος μεταξὺ τοῦ ἐξεταζομένου ἤχου καὶ τοῦ ἤχου συσκευῆς, ἡ ὁποία παρέχει μεταβλητοὺς ἤχους, τῶν ὁποίων εὐκόλως δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν συχνότητα. Ἡ συχνότης τοῦ ἤχου τοῦ ἐν ὁμοφωνίᾳ πρὸς τὸν ἐξεταζόμενον ἦχον εἶναι κατὰ τὰ ἀνωτέρω ἴση πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ ἐξεταζομένου ἤχου. Τὸ οὖς διακρίνει μετ' ἀκριβείας ἐὰν δύο ἦχοι εὑρίσκωνται ἐν ὁμοφωνίᾳ.

β) Μέθοδος γραφική. Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην τὸ ἠχογόνον σῶμα ἐγγράφει κυματοειδῆ γραμμήν, τῆς ὁποίας ὁ ἀριθμὸς τῶν κυμάνσεων, αἱ ὁποῖαι ἐνεγράφησαν εἰς ὡρισμένον χρόνον, εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας ἐξετέλεσε τὸ ἠχογόνον σῶμα κατὰ τὸν αὐτὸν χρόνον.

254. Ὅρια τῶν ἀντιληπτῶν ἤχων.—Μία ἠχητικὴ παλμικὴ κίνησις γίνεται ἀντιληπτὴ μεταξὺ ὡρισμένων ὁρίων, περιλαμβανομένων γενικῶς μεταξὺ 8 καὶ 24000 διπλῶν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον.

ΜΟΥΣΙΚΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ - ΚΛΙΜΑΚΕΣ

255. Διάστημα δύο ἤχων.—Ἡ σύγχρονος ἢ διαδοχικὴ ἀκρόασις δύο ἤχων παράγει ἐπὶ τοῦ ὠτός μας ἐντύπωσιν, ἥτις δὲν ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀπολύτου ὕψους των, ἀλλ' ἐκ τοῦ **διαστήματος** αὐτῶν. Τὸ διάστημα δύο ἤχων ἐκφράζει τὴν σχέσιν τῶν συχνοτήτων τῶν δύο τούτων ἤχων. Ἐπειδὴ κατὰ συνήθειαν λαμβάνουν ὡς ἀριθμητὴν τὴν συχνότητα τοῦ ὀξυτέρου ἤχου, τὸ διάστημα εἶναι πάντοτε ἀριθμὸς μεγαλύτερος τῆς μονάδος.

Τὸ οὖς ἡμῶν δέχεται εὐχαρίστως διαδοχικοὺς ἢ συγχρόνους ἤχους, τῶν ὁποίων τὰ διαστήματα εἶναι σχέσεις ἁπλαῖ. Διὰ τοῦτο οἱ χρησιμοποιούμενοι εἰς τὴν μουσικὴν ἦχοι σχηματίζουν σειρὰς ὡρισμένων διαστημάτων. Οἱ μουσικοὶ ἀναγνωρίζουν τὰ διαστήματα διὰ τῆς ἀκοῆς. Οἱ φυσικοὶ τὰ καθορίζουν διὰ τῶν σχέσεων τῶν συχνοτήτων.

256. Κλίμακες. Τὸ θεμελιῶδες στοιχεῖον τοῦ μουσικοῦ συστήματος εἶναι ἡ **κλῖμαξ**. Καλοῦμεν **κλίμακα** ὁμάδα 7 ἤχων, καλουμένων **φθόγγων**, οἱ ὁποῖοι σχηματίζουν μελῳδίαν συμβατικοῦ τύπου [1]. Ὁ βαρύτατος ἦχος καλεῖται **τονική**, οἱ ἕξ ἄλλοι διαδέχονται ἀλλήλους, παρουσιάζοντες μετὰ τοῦ πρώτου τὰ διαστήματα :

$$\frac{9}{8},\ \frac{5}{4},\ \frac{4}{3},\ \frac{3}{2},\ \frac{5}{3},\ \frac{15}{8}.$$

Τὸ μουσικὸν σύστημα ὁλόκληρον περιλαμβάνει πολλὰς κλίμακας, δηλ. ὁμάδας ἐξ 7 φθόγγων, αἱ ὁποῖαι διαδέχονται ἀλλήλας μὲ ὡρισμένα διαστήματα. Τὰ διαστήματα ταῦτα ἐπαναλαμβάνονται κατὰ τὴν αὐτὴν σειρὰν εἰς ἑκάστην κλίμακα.

Οἱ 7 φθόγγοι ἔχουν τὸ αὐτὸ ὄνομα εἰς ἑκάστην κλίμακα. Τὰ ὀνόματα τῶν φθόγγων τούτων μετὰ τῶν διαστημάτων ἑκάστου φθόγγου πρὸς τὸν πρῶτον εἶναι :

1. Εἰς τὴν μελῳδίαν οἱ ἦχοι εἶναι διαδοχικοί, εἰς τὴν ἁρμονίαν σύγχρονοι.

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2.

Μετὰ τὸν φθόγγον si, τελευταῖον οἱασδήποτε κλίμακος, ἔρχεται ὁ φθόγγος do, πρῶτος τῆς ἑπομένης κλίμακος· τὸ διάστημα τοῦ νέου τούτου do πρὸς τὸ προηγούμενον εἶναι 2 ἢ διάστημα **ὀγδόης**· τοῦτο εἶναι ἐπίσης τὸ διάστημα δύο φθόγγων τῆς αὐτῆς τάξεως εἰς δύο διαδοχικὰς κλίμακας.

Αἱ διαδοχικαὶ κλίμακες χαρακτηρίζονται δι' ἀριθμῶν, οἱ ὁποῖοι καλοῦνται **δεῖκται**. Οὗτοι αὐξάνονται μετὰ τῆς συχνότητος.

— 2 — 1 1 2 3 4 5 6 7.

Δύο φθόγγοι τῆς αὐτῆς τάξεως ὡς πρὸς τὸ do ἔχουν τὸ αὐτὸ ὄνομα εἰς δύο κλίμακας, ἀλλὰ διαφέρουν κατὰ τὸν δείκτην, διὰ δύο δὲ διαδοχικοὺς δείκτας τὸ διάστημά των εἶναι μία ὀγδόη.

257. Κανονικὸν διαπασῶν.— Ἐπειδὴ τὸ μουσικὸν σύστημα πρέπει νὰ περιλαμβάνεται μεταξὺ ὡρισμένων ὁρίων, ἀνεξαρτήτων τοῦ ἀπολύτου ὕψους τοῦ ἀποδιδομένου εἰς ἕνα τῶν φθόγγων, ἐκρίθη ἐπωφελὲς νὰ σταθεροποιηθῇ ἀμεταβλήτως, κατὰ συνθήκην, τὸ ὕψος ἑνὸς φθόγγου.

Εἰδικὸν συνέδριον, συνελθὸν τῷ 1885 εἰς τὴν Βιέννην, ἀπεφάσισε νὰ συνδυάσῃ ὅλους τοὺς φθόγγους πρὸς τὸν ἦχον ἑνὸς προτύπου ἢ **κανονικοῦ** διαπασῶν, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ 435 διπλοῦς παλμοὺς κατὰ δευτερόλεπτον εἰς θερμοκρασίαν 15°. Ὁ ἦχος οὗτος εἶναι κατὰ συνθήκην τὸ κανονικὸν la. Τὸ do τῆς κλίμακος, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ la τοῦτο, εἶναι φθόγγος 261 διπλῶν παλμῶν ($435 : \frac{5}{3}$).

258. Ἐπέκτασις τῆς μουσικῆς κλίμακος.— Ἡ κλῖμαξ, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κανονικὸν la, καλεῖται **θεμελιώδης**· τοὺς φθόγγους αὐτῆς προσδιορίζουν διὰ τοῦ δείκτου 3. Π.χ. do_3 re_3 . . la_3 si_3.

Αἱ ὑψηλότεραι κλίμακες ἔχουν τοὺς δείκτας 4, 5, 6. . ., αἱ βαρύτεραι τοὺς δείκτας 2, 1, — 1, — 2. . .

259. Διαδοχικὰ διαστήματα μιᾶς κλίμακος — Τόνοι καὶ ἡμιτόνια. Γράφωμεν διὰ μίαν κλίμακα εἰς μίαν πρώτην σειρὰν τὰ διαστήματα μεταξὺ οἱουδήποτε φθόγγου καὶ τοῦ πρώτου καὶ εἰς δευτέραν τὰ διαστήματα δύο φθόγγων διαδοχικῶν :

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

$$\frac{9}{8}:1=\frac{9}{8} \quad \frac{5}{4}:\frac{9}{8}=\frac{10}{9} \quad \frac{4}{3}:\frac{5}{4}=\frac{16}{15} \quad \frac{3}{2}:\frac{4}{3}=\frac{9}{8} \quad \frac{5}{3}:\frac{3}{2}=\frac{10}{9} \quad \frac{15}{8}:\frac{5}{3}=\frac{9}{8} \quad 2:\frac{15}{8}=\frac{16}{15}$$

Παρατηροῦμεν, ὅτι τὰ 7 διαδοχικὰ διαστήματα ἀνάγονται εἰς τρία· ἐκ τούτων τὸ μεγαλύτερον $\frac{9}{8}$ καλεῖται **μείζων τόνος**, τὸ $\frac{10}{9}$ **ἐλάσσων τόνος**, τὸ μικρότερον $\frac{16}{15}$ **μεῖζον ἡμιτόνιον**.

Τὰ διαστήματα $\frac{9}{8}$ καὶ $\frac{10}{9}$ συγχέονται, διότι ἔχουν λόγον $\frac{81}{80}$, ὅστις θεωρεῖται πρακτικῶς ἴσος μὲ τὴν μονάδα. Διὰ τοῦτο δίδεται τὸ ἴδιον ὄνομα τοῦ **τόνου** εἰς τὰ διαστήματα $\frac{9}{8}$ καὶ $\frac{10}{9}$. Τὸ κατόπιν διάστημα $\frac{16}{15}$ καλεῖται **ἡμιτόνιον**.

Δηλαδὴ μία κλῖμαξ σχηματίζεται ἐκ τῆς διαδοχῆς δύο τόνων καὶ ἑνὸς ἡμιτονίου, τριῶν τόνων καὶ ἑνὸς ἡμιτονίου. Ἐὰν παραστήσωμεν διὰ Τ τοὺς τόνους καὶ διὰ τ τὰ ἡμιτόνια, θὰ ἔχωμεν 2Τ, τ, 3Τ, τ.

260. Συγχορδίαι.—Ἡ σύγχρονος ἐκπομπὴ δύο ἢ περισσοτέρων ἤχων, χωριζομένων διὰ μουσικῶν διαστημάτων, ἀποτελεῖ **συγχορδίαν**.

Ἡ συγχορδία εἶναι **σύμφωνος** μέν, ἐὰν παράγῃ εὐάρεστον ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς, **διάφωνος** δὲ ἐὰν ἡ ἐντύπωσις εἶναι δυσάρεστος.

Τὰ σύμφωνα διαστήματα εἶναι ὀλίγα· τὸ μᾶλλον σύμφωνον εἶναι ἡ **ὁμοφωνία** $\frac{1}{1}$. Κατόπιν τὰ διαστήματα ὀγδόης $\frac{2}{1}$, πέμπτης $\frac{3}{2}$, τετάρτης $\frac{4}{3}$, μείζονος τρίτης $\frac{5}{4}$, ἐλάσσονος τρίτης $\frac{6}{5}$.

Τελεία συγχορδία. Ἡ παραγωγὴ τριῶν ἤχων, ἐκ τῶν ὁποίων οἱ δύο τελευταῖοι παρουσιάζουν μετὰ τοῦ πρώτου διαστήματα μείζονος τρίτης ἢ πέμπτης, δίδει συγχορδίαν, ἥτις καλεῖται **τελεία μείζων**.

Εἰς τὴν κλίμακα τοῦ do ἀντιστοιχεῖ ἡ τελεία συγχορδία do, mi, sol, εἰς τὴν ὁποίαν οἱ ἀριθμοὶ τῶν παλμῶν εἶναι ὡς οἱ ἀριθμοὶ 4, 5, 6.

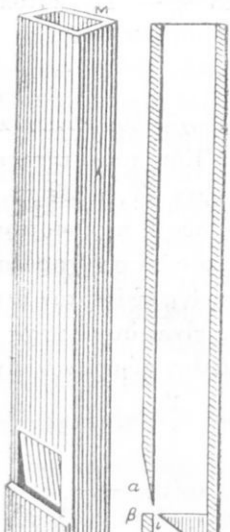
Ἑκάστη τῶν ἄλλων κλιμάκων χαρακτηρίζεται ὑπὸ μιᾶς τελείας συγχορδίας. Π.χ. διὰ τὴν κλίμακα τοῦ sol, ἔχομεν τὴν συγχορδίαν sol, si, re_2.

261. Ἁρμονικοὶ ἦχοι. – Καλοῦμεν **ἁρμονικοὺς** τοὺς ἤχους, τῶν ὁποίων αἱ συχνότητες εἶναι μεταξύ των καθὼς ἡ φυσικὴ σειρὰ τῶν ἀριθμῶν 1, 2, 3, 4, 5, 6. . . . . . Ὁ βαρύτατος ἦχος, ὁ πρῶτος τῆς σειρᾶς, καλεῖται **θεμελιώδης**, οἱ δὲ λοιποὶ **δεύτερος ἁρμονικός**, **τρίτος ἁρμονικὸς** τοῦ θεμελιώδους ἤχου κτλ.

ΗΧΗΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ

262. Ὁ ἠχητικὸς σωλὴν εἶναι σωλὴν μὲ ἀνθεκτικὰ καὶ λεῖα τοιχώματα, ὅστις ἀποδίδει ἦχον, ὅταν ὁ ἀήρ, τὸν ὁποῖον ἐγκλείει, τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν.

Ἡ δόνησις τοῦ ἀέρος παράγεται συνήθως ὑπὸ ἠχητικῆς πηγῆς, τῆς ὁποίας τὰ σχήματα ἄγονται εἰς δύο τύπους: ἐπιστόμιον μὲ στόμα καὶ ἐπιστόμιον μὲ γλωττίδα.



Σχ. 178

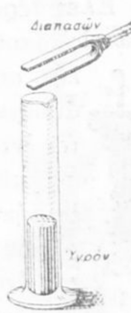
263. Ἐπιστόμιον μὲ στόμα.—Εἰς τὸ ἐπιστόμιον τοῦτο, τὸ χρησιμοποιούμενον εἰς τοὺς πλείστους τῶν σωλήνων τῶν πνευστῶν ὀργάνων, ὁ ἀὴρ ἐξέρχεται ἐκ φυσητῆρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εἶναι πεπιεσμένος. Διέρχεται διὰ σωλῆνος P (σχ. 178) καὶ φθάνει εἰς θάλαμον κλειστόν. Ἐξερχόμενος δὲ ἐκ τοῦ θαλάμου τούτου διὰ στενῆς σχισμῆς ι προσκρούει ἐπὶ ἐλάσματος α. Τοῦτο εἶναι λοξῶς τετμημένον καὶ σχηματίζει τὸ ἀνώτερον χεῖλος ἐγκαρσίου ἀνοίγματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **στόμα**. Τὸ ῥεῦμα τοῦ ἀέρος, θραυόμενον ἐπὶ τοῦ ἐλάσματος, παράγει σειρὰν ὤσεων, αἱ ὁποῖαι μεταδίδονται εἰς τὴν ἀερώδη στήλην.

Ὁ ἀὴρ πάλλεται ἐντὸς ἠχητικοῦ σωλῆνος. Πράγματι, ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 172) μικρὸν ὁριζόντιον δίσκον ἐκ μεμβράνης, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχομεν θέσει ὀλίγην ἄμμον, παρατηροῦμεν, ὅτι ἡ ἄμμος ἀναπηδᾷ, ὅταν ὁ σωλὴν παράγῃ ἦχον, ὅπερ καθιστᾷ φανερὰν τὴν παλμικὴν κατάστασιν τοῦ ἀέρος.

Ἐπίδρασις τῶν τοιχωμάτων. Τὸ ἠχοῦν σῶμα εἶναι ὁ ἀήρ. Τὰ τοιχώματα δὲν ἐπιδροῦν ἐπὶ τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου. Πράγματι, ἐὰν τοποθετήσωμεν ἐπὶ φυσητηρίου τρεῖς σωλῆνας τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς διαμέτρου, μὲ ὅμοια ἐπιστόμια, ἀλλὰ τὸν πρῶτον ἐκ ξύλου, τὸν δεύτερον ἐκ χαλκοῦ καὶ τὸν τρίτον ἐκ χονδροῦ χάρτου, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι καὶ οἱ τρεῖς ἦχοι ἔχουν τὸ αὐτὸ ὕψος· μόνον ἡ χροιὰ αὐτῶν διαφέρει.

Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἀερίου. Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου αὐξάνεται, ὅταν ἡ πυκνότης τοῦ ἀερίου ἐλαττοῦται. Ὁ ἦχος εἶναι ὀξύτερος εἰς τὸ ὑδρογόνον παρὰ εἰς τὸν ἀέρα· εἰς τὸ διοξείδιον τοῦ ἄνθρακος εἶναι βαρύτερος.

Ὁ ἠχητικὸς σωλὴν ἐνισχύει τὸν ἦχον. Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τοῦτο, φέρομεν ἄνωθεν κυλινδρικοῦ ὑαλίνου δοχείου (σχ. 179) ἓν διαπασῶν. Καθ' ὃν χρόνον τὸ διαπασῶν παράγει ἦχον, ρίπτομεν ὀλίγον κατ' ὀλίγον ἐντὸς τοῦ δοχείου ὕδωρ, οὕτως ὥστε νὰ σμικρύνωμεν βαθμηδὸν τὸ ὕψος τῆς ἐντὸς αὐτοῦ ἀερώδους στήλης· θὰ παρατηρήσωμεν τότε, ὅτι ὁ ἦχος τοῦ διαπασῶν ἐνισχύεται σημαντικῶς τὴν στιγμήν, καθ' ἣν ἡ στήλη τοῦ ἀέρος λάβῃ τὸ κατάλληλον μῆκος.



Σχ. 179

264. Νόμοι τῶν κυλινδρικῶν ἢ πρισματικῶν σωλήνων.—Εἰς σωλῆνας πολὺ μικρᾶς διαμέτρου ὡς πρὸς τὸ μῆκος των, τὸ ὕψος τῶν ἤχων ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους καὶ οὐχὶ ἐκ τῆς διαμέτρου. Σωλὴν εὐθὺς καὶ σωλὴν κεκαμμένος τοῦ αὐτοῦ μήκους ἀποδίδουν τοὺς αὐτοὺς ἤχους. Οἱ ἦχοι διαφέρουν, καθ' ὅσον τὸ ἀπέναντι τοῦ ἐπιστομίου ἄκρον τοῦ σωλῆνος εἶναι **κλειστὸν** ἢ **ἀνοικτόν**.

265. Νόμοι τῶν ἁρμονικῶν.—Σωλῆνες κλειστοί. Αἱ συχνότητες τῶν ὑπὸ κλειστοῦ σωλῆνος ἀποδιδομένων ἤχων εἶναι N, 3N, 5N, 7N...... Ὁ βαρύτατος ἦχος καλεῖται **θεμελιώδης**, οἱ ἄλλοι εἶναι οἱ **περιττοὶ ἁρμονικοὶ** τοῦ θεμελιώδους ἤχου.

Σωλῆνες ἀνοικτοί. Αἱ συχνότητες τῶν ἀποδιδομένων ἤχων εἶναι N', 2N', 3N'..... Οἱ ἀποδιδόμενοι ἦχοι εἶναι εἷς θεμελιώδης καὶ οἱ διαδοχικοὶ ἁρμονικοὶ αὐτοῦ.

Νόμος τῶν μηκῶν. α) Τὸ ὕψος τοῦ θεμελιώδους ἤχου διὰ σωλῆνας τοῦ αὐτοῦ εἴδους (εἴτε ἀνοικτοὺς εἴτε κλειστοὺς) εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογον πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σωλῆνος. Οὕτω δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν κατὰ μίαν ὀγδόην τὸν ἦχον σωλῆνος, βραχύνοντες αὐτὸν κατὰ τὸ ἥμισυ.

β) Κλειστὸς σωλὴν δίδει τὸν αὐτὸν θεμελιώδη ἦχον, τὸν ὁποῖον καὶ σωλὴν ἀνοικτὸς διπλασίου μήκους. Τὸν νόμον τοῦτον δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν καὶ ὡς ἑξῆς: Ὁ θεμελιώδης ἦχος κλειστοῦ σωλῆνος εἶναι κατὰ μίαν ὀγδόην βαρύτερος τοῦ θεμελιώδους ἤχου σωλῆνος ἀνοικτοῦ, τοῦ αὐτοῦ μήκους. Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν τὸν νόμον τοῦτον, κάμνομεν ἀνοικτὸν σωλῆνα νὰ ἀποδώσῃ τὸν θεμελιώδην ἦχον· ἐὰν κατόπιν κλείσωμεν διὰ σανίδος τὸ ἄκρον αὐτοῦ, θὰ ἀκούσωμεν ἦχον κατὰ μίαν ὀγδόην βαρύτερον.

266. Ἐπιστόμιον μετὰ γλωττίδος.—Εἰς ἠχητικὸν σωλῆνα, αἱ περιοδικαὶ ἔξοδοι τοῦ ρεύματος τοῦ ἀέρος δύνανται νὰ γίνωνται διὰ τῶν παλμικῶν κινήσεων ἐλαστικοῦ ἐλάσματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γλωττίς**. Ὁ σωλὴν ἐνισχύει ἕνα τῶν ἤχων τοῦ ἐλάσματος τούτου.

Ἐλευθέρα γλωττίς. Εἰς τοὺς σωλῆνας τῶν πνευστῶν ὀργάνων, ἡ γλωττὶς τοποθετεῖται εἰς τὸ ἀνώτερον μέρος τοῦ σωλῆνος. Ὁ σωλήν, στερεωμένος διὰ τοῦ ποδός του ἐπὶ φυσητηρίου, κλείεται ἄνωθεν διὰ ξυλίνου πρισματικοῦ κιβωτίου, τὸ ὁποῖον εἰσάγεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ἡ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος κοίλη προέκτασις τοῦ κιβωτίου τούτου φέρει πλαγίως ὀρθογώνιον θυρίδα ἐπιμήκη, ἐντὸς τῆς ὁποίας κινεῖται λεπτὸν ἔλασμα Γ ἐξ ὀρειχάλκου (σχ. 180). Τὸ ἔλασμα τοῦτο εἶναι προσηλωμένον διὰ τοῦ ἀνωτέρου ἄκρου του εἰς μίαν τῶν μικρῶν πλευρῶν τῆς θυρίδος. Ἡ γλωττὶς Γ καλεῖται **ἐλευθέρα**, διότι πάλλεται ἐλευθέρως καὶ ἀπὸ τὰ δύο μέρη τῆς θυρίδος, χωρὶς νὰ ἐφάπτηται τῶν χειλέων αὐτῆς. Ὁ ἀὴρ τοῦ φυσητηρίου φθάνει διὰ τοῦ σωλῆνος, ὠθεῖ τὸ ἔλασμα πρὸς τὰ ἔσω τοῦ κιβωτίου, οὕτω δὲ διέρχεται ἐλευθέρως καὶ ἐκφεύγει διὰ τῆς ὀπῆς Ο τοῦ καλύμματος. Λόγῳ τῆς ἐλαστικότητός του τὸ ἔλασμα ἐπανέρχεται εἰς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του, τὴν ὑπερβαίνει καὶ πάλλεται ἐγκαρσίως, ἀνοῖγον καὶ κλεῖον τὴν θυρίδα. Τοιουτοτρόπως παράγονται παλμικαὶ κινήσεις εἰς τὸν ἀέρα, ἑπομένως καὶ ἦχος, τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ταχύτητος τοῦ ρεύματος τοῦ ἀέρος.

Γλωττὶς ἐλευθέρα
Σχ. 180

Πλήττουσα γλωττίς. Εἰς ταύτην (σχ. 181) τὸ ἐλαστικὸν ἔλασμα εἶναι ὀλίγον πλατύτερον τῆς θυρίδος, ἑπομένως πάλλεται μόνον ἐκ τοῦ ἑνὸς μέρους αὐτῆς, πλῆττον τὰ χείλη τῆς ὀπῆς. Καὶ εἰς τὰ δύο εἴδη τῶν γλωττίδων καθιστῶμεν τὸν ἦχον ὀξύτερον, ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος τοῦ παλλομένου μέρους αὐτῆς διὰ τοῦ στελέχους σ.

ΠΑΛΜΟΙ ΤΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

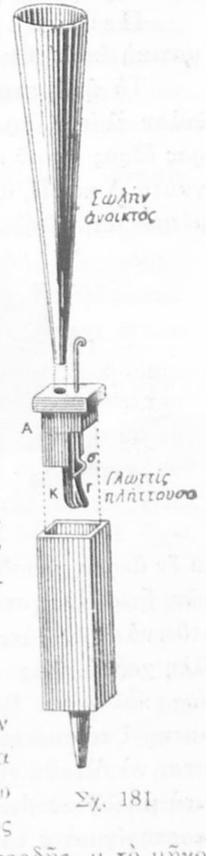
267. Τὰ ἐλαστικὰ στερεὰ σώματα σχηματίζουν πολλὰς ὁμάδας παλλομένων σωμάτων:

α) Σώματα, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος εἶναι μέγα σχετικῶς πρὸς τὸ πλάτος καὶ τὸ πάχος· τοιαῦτα εἶναι: 1) ῥάβδοι (ἄκαμπτοι), 2) χορδαὶ (εὔκαμπτοι).

β) Σώματα, τῶν ὁποίων τὸ πάχος εἶναι πολὺ μικρὸν ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος καὶ πλάτος· τοιαῦτα εἶναι: 1) πλάκες (ἄκαμπτοι), 2) μεμβρᾶναι (εὔκαμπτοι).

γ) Σώματα οἱουδήποτε σχήματος: κώδωνες, κύμβαλα κτλ.

Ἐκ τούτων θὰ ἐξετάσωμεν τὰς χορδάς.



Σχ. 181

268. **Ἐγκάρσιοι παλμοὶ τῶν χορδῶν.**—Αἱ ἠχητικαὶ χορδαὶ εἶναι νήματα ἐξ ἐντέρου ἢ ἐκ μετάλλου, προσηλωμένα κατὰ τὰ δύο ἄκρα των καὶ τεταμένα. Ἐὰν τοιαύτην χορδὴν ἕλξωμεν καθέτως πρὸς τὸ μῆκός της καὶ τὴν ἀφήσωμεν ἔπειτα ἐλευθέραν, αὕτη πάλλεται ταχέως ἑκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας της. Αἱ παλμικαὶ αὗται κινήσεις, αἱ κάθετοι πρὸς τὸ μῆκος τῆς χορδῆς, λέγονται **ἐγκάρσιοι**.

Νόμοι. Οἱ νόμοι τῶν ἐγκαρσίων παλμῶν τῶν χορδῶν περιλαμβάνονται εἰς τὸν θεωρητικῶς ἐξαγόμενον τύπον:

$$N = \frac{1}{2\alpha.\mu}\sqrt{\frac{Mg}{\pi\delta}}$$

ἔνθα N ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ δευτερόλεπτον πλήρων παλμικῶν κινήσεων χορδῆς κυλινδρικῆς, ἡ ὁποία πάλλεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος της καὶ ἀποδίδει οὕτω τὸν βαρύτατον ἦχον (θεμελιώδη), M τὸ τεῖνον βάρος εἰς γραμμάρια, (Mg εἰς δύνας), δ ἡ πυκνότης τῆς χορδῆς, μ τὸ μῆκος της εἰς ἑκατοστόμετρα, α ἡ ἀκτὶς τῆς τομῆς της εἰς ἑκατοστόμετρα.

Ἡ συχνότης λοιπὸν τοῦ θεμελιώδους ἤχου μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὸ μῆκος, τὴν διάμετρον καὶ τὴν τετραγωνικὴν ῥίζαν τῆς πυκνότητος τῆς χορδῆς, εἶναι δὲ ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ῥίζαν τοῦ τείνοντος βάρους.

Τὰ προσηλωμένα ἄκρα τῆς παλλομένης χορδῆς, τὰ ὁποῖα δὲν πάλλονται, λέγονται **δεσμοί**· τὸ δὲ μέσον, ὅπου οἱ παλμοὶ παρουσιάζουν τὸ μέγιστον αὐτῶν πλάτος, λέγονται **κοιλίαι.**

Σημείωσις. Ὁποιοσδήποτε καὶ ἂν εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐνδιαμέσων δεσμῶν, τὸ μῆκος μ τῆς χορδῆς περιλαμβάνει κατ᾽ ἀκέραιον ἀριθμὸν φορῶν τὸ μεταξὺ δύο δεσμῶν διάστημα.

Πειραματικὴ ἐπαλήθευσις. **Ἠχόμετρον.** Ἡ πειραματικὴ ἐπαλήθευσις γίνεται διὰ τοῦ **ἠχομέτρου**.

Τὸ **ἠχόμετρον** εἶναι μακρὸν ὀρθογώνιον κιβώτιον (σχ. 182) ἐκ ξύλου ἐλάτης, προωρισμένον νὰ ἐνισχύῃ τοὺς ἤχους. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρας ἕδρας αὐτοῦ εἶναι προσηλωμένα δύο τριγωνικὰ ξύλινα ὑποστηρίγματα Α καὶ Β, αἱ ἀκμαὶ τῶν ὁποίων εἶναι παράλληλοι καὶ ἀπέχουν ἓν μέτρον ἀπ᾽ ἀλλήλων. Ἐπὶ τῶν ἀκμῶν τείνονται δύο χορδαί, τῶν ὁποίων

Σχ. 182

τὸ ἓν ἄκρον προσδένεται στερεῶς· κατὰ τὸ ἕτερον ἄκρον ἡ μία τῶν χορδῶν, ἥτις εἶναι σταθερά, περιτυλίσσεται ἐπὶ ἄξονος, τὸν ὁποῖον δυνάμεθα νὰ στρέφωμεν διὰ κλειδὸς Κ, ἵνα μεταβάλλωμεν τὴν τάσιν αὐτῆς. Ἡ ἄλλη χορδή, ἥτις εἶναι μεταβλητή, διέρχεται διὰ τῆς αὔλακος τροχαλίας καὶ φέρει ἐξηρτημένον εἰς τὸ ἄκρον της βάρος, τὸ ὁποῖον τὴν διατηρεῖ τεταμένην. Μεταξὺ τῶν δύο σταθερῶν ἀκμῶν Α καὶ Β δύναται νὰ ὀλισθαίνῃ ὑπὸ τὴν χορδὴν ταύτην κινητὸν ὑποστήριγμα Γ κατὰ μῆκος κανόνος διῃρημένου εἰς ἑκατοστὰ τοῦ μέτρου. Διὰ τοῦ ὑποστηρίγματος τούτου μεταβάλλομεν τὸ παλλόμενον μῆκος τῆς μεταβλητῆς χορδῆς. Τὰς ἐγκαρσίας παλμικὰς κινήσεις τῆς χορδῆς προκαλοῦμεν εἴτε ἀπομακρύνοντες αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας διὰ τοῦ δακτύλου καὶ ἀφίνοντες ἔπειτα ἐλευθέραν, εἴτε προστρίβοντες ταύτην καθέτως πρὸς τὸ μῆκος της, διὰ δοξαρίου, ἐπιχρισμένου διὰ κόνεως κολοφωνίου.

α) **Νόμος τῶν μηκῶν**. Ἀφοῦ κανονίσωμεν διὰ βαρῶν τὴν τάσιν τῆς μεταβλητῆς χορδῆς, θέτομεν αὐτὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν. Συγχρόνως, τείνοντες διὰ τῆς κλειδὸς Κ τὴν σταθερὰν χορδήν, θέτομεν αὐτὴν εἰς ὁμοφωνίαν μετὰ τῆς μεταβλητῆς. Συνεπῶς αὕτη διατηρεῖ, διὰ τὴν σύγκρισιν, τὸν ἦχον τῆς μεταβλητῆς χορδῆς παλλομένης ἐξ ὁλοκλήρου.

Φέρομεν κατόπιν τὸ ὑποστήριγμα Γ εἰς τὸ μέσον τῆς μεταβλητῆς χορδῆς. Θέτοντες εἰς παλμικὴν κίνησιν τὸ ἓν ἥμισυ τῆς χορδῆς ταύτης, παρατηροῦμεν, ὅτι τὸ ὕψος τοῦ ἀποδιδομένου ἤχου εἶναι διπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ὑπὸ ὁλοκλήρου τῆς χορδῆς ἀποδιδομένου ἤχου, τὸν ὁποῖον μᾶς παρέχει ἡ σταθερὰ χορδή. Φέρομεν κατόπιν τὸ ὑποστήριγμα εἰς τὸ $\frac{1}{3}$ τῆς χορδῆς καὶ θέτοντες αὐτὸ εἰς παλμικὴν κίνησιν παρατηροῦμεν, ὅτι νῦν τὸ ὕψος τοῦ ἀποδιδομένου ἤχου εἶναι τριπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου τοῦ ὑπὸ ὁλοκλήρου τῆς χορδῆς ἀποδιδομένου. Ἄρα τοῦ μήκους τῆς χορδῆς ὑποδιπλασιασθέντος, ὑποτριπλασιασθέντος κτλ., τὸ ὕψος τοῦ ἤχου, καὶ συνεπῶς ἡ συχνότης αὐτοῦ, διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κτλ.

β) **Νόμος τῶν διαμέτρων**. Τείνομεν ἐπὶ τοῦ ἠχομέτρου δύο χορδὰς ὁμοίας, ὧν ἡ μία ἔχει διάμετρον διπλασίαν τῆς διαμέτρου τῆς ἄλλης. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἡ λεπτοτέρα χορδὴ δίδει ἦχον, τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος εἶναι διπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου τῆς ἄλλης. Ἤτοι τῆς διαμέτρου τῆς χορδῆς ὑποδιπλασιασθείσης, τὸ ὕψος τοῦ ἤχου διπλασιάζεται.

γ) **Νόμος τῶν βαρῶν**. Τείνομεν τὴν μεταβλητὴν χορδὴν διὰ βάρους ἑνὸς χιλιογράμμου. Θέτομεν κατόπιν αὐτὴν εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ σημειώνομεν τὸ ὕψος τοῦ ἀποδιδομένου ἤχου, θέτοντες ἐν ὁμοφωνίᾳ μετ᾽ αὐτῆς τὴν σταθερὰν χορδήν. Ἐὰν κατόπιν τὴν αὐτὴν χορδὴν τείνωμεν διὰ βάρους 4 χιλιογράμμων, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι τὸ ὕψος τοῦ ἀποδιδομένου τότε ἤχου εἶναι διπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τῆς σταθερᾶς χορδῆς. Ἄρα τοῦ τείνοντος βάρους τετραπλασιασθέντος, τὸ ὕψος τοῦ ἤχου ἐγένετο διπλάσιον, δηλ. ἀνάλογον πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ 4.

δ) **Νόμος τῶν πυκνοτήτων**. Τείνομεν ἐπὶ τοῦ ἠχομέτρου, διὰ τῶν αὐτῶν βαρῶν, δύο ὁμοίας χορδάς, ἀλλ᾽ ἐκ δύο διαφόρων μετάλλων, τῶν ὁποίων αἱ πυκνότητες νὰ εἶναι ὡς ὁ 4 πρὸς τὸν 1. Πειραματιζόμενοι ὡς ἀνωτέρω ἀποδεικνύομεν, ὅτι τὸ ἀραιότερον σύρμα ἀποδίδει ἦχον ὕψους διπλασίου τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τοῦ πυκνοτέρου. Ἤτοι τὸ ὕψος τοῦ ἤχου ἐγένετο διπλάσιον, ὅταν ἡ πυκνότης τῆς χορδῆς ἐγένετο ὑποτετραπλασία, δηλ. μεταβάλλεται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς πυκνότητος.

Ἀ ρ ι θ μ η τ ι κ ὴ ἐ φ α ρ μ ο γ ή. Νὰ εὑρεθῇ τὸ ὕψος τοῦ ἤχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ χορδῆς ἐκ χάλυβος πυκνότητος 7,8 ἐχούσης μῆκος ἑνὸς μέτρου, διάμετρον ἑνὸς χιλιοστοῦ τοῦ μέτρου καὶ τεινομένης ὑπὸ βάρους 42,54 χγρ.

Ἔχομεν $\alpha=0{,}05$ ἑκ. $\mu=100$ ἑκ. $M=42540$ γρ. $g=981$ $\pi=3{,}1416$ $\delta=7{,}8$. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον

$$N=\frac{1}{2\alpha\mu}\sqrt{\frac{Mg}{\pi\delta}},\quad \text{ἔχομεν}$$

$$N=\frac{1}{2.0{,}05.100}\sqrt{\frac{42540.981}{3{,}1416.7{,}8}},\quad \text{ἐξ ἧς } N=130{,}5.$$

Π ρ ο β λ ή μ α τ α

1ον. Δύο χορδαὶ μεταλλικαί, ἐκ τῆς αὐτῆς οὐσίας καὶ τοῦ αὐτοῦ πάχους, ἔχουν μήκη 1 μ. καὶ 1,20 μετρ. Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ σχέσις τῶν τάσεων αὐτῶν, ἵνα ἡ βραχυτέρα δώσῃ ἀριθμὸν παλμικῶν κινήσεων, ὅστις πρὸς τὸν τῆς ἄλλης νὰ ἔχῃ λόγον 3 : 2;

2ον. Δύο χορδαὶ ἰσομήκεις καὶ ἰσοπαχεῖς, ἡ μὲν ἐκ σιδήρου, ἡ δὲ ἐκ λευκοχρύσου, τεινόμεναι δι' ἴσων βαρῶν κραδαίνονται. Ἂν ἡ ἐκ σιδήρου χορδὴ ἐκτελῇ 880 παλμικὰς κινήσεις κατὰ δευτερόλεπτον, ποῖος ὁ ἀριθμὸς τῶν παλμικῶν κινήσεων, τὰς ὁποίας ἡ ἐκ λευκοχρύσου θὰ ἐκτελέσῃ εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον; Εἰδ. βαρ. σιδήρου 7,7, λευκοχρύσου 21,2.

3ον. Χορδὴ ἐκ χάλυβος, μήκους μ μέτρων καὶ χορδὴ ἐκ χαλκοῦ τοῦ αὐτοῦ μήκους, παρέχουσι τὸν αὐτὸν ἦχον, παλλόμεναι ἐγκαρσίως. Ἀντικαθιστῶμεν τὴν ἐκ χαλκοῦ χορδὴν διὰ χορδῆς ἐκ λευκοχρύσου τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς, χωρὶς νὰ ἀλλάξωμεν τὴν τάσιν. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μῆκος, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ δώσωμεν εἰς τὴν ἐκ χάλυβος χορδήν, ἵνα αὕτη ἀποδίδῃ ἦχον ὕψους διπλασίου τοῦ ὕψους τοῦ ἤχου τοῦ ἀποδιδομένου ὑπὸ τῆς ἐκ λευκοχρύσου χορδῆς. Εἰδ. βάρος λευκοχρύσου 21,2, χαλκοῦ 8,8.

ΣΥΝΗΧΗΣΙΣ Ἢ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

269. Αἱ περιοδικαὶ κινήσεις σώματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ τεθῇ εἰς παλμικὴν κίνησιν, εἶναι δυνατὸν νὰ προκληθοῦν ὑπὸ τῆς παρουσίας ἄλλου σώματος, τὸ ὁποῖον πάλλεται περιοδικῶς.

Ἡ πρόκλησις αὕτη τῶν παλμικῶν κινήσεων ἐξασκεῖται διὰ τοῦ ἐλαστικοῦ μέσου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὑρίσκονται τὰ δύο σώματα, ἢ διὰ τῆς μεσολαβήσεως κοινοῦ ἐλαστικοῦ ὑποστηρίγματος καὶ καλεῖται **συντονισμὸς** ἢ **συνήχησις**.

Οὕτω π.χ. ἐκ τεταμένου νήματος ἐξαρτῶμεν δύο ἐκκρεμῆ τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ συνεπῶς τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ θέτομεν τὸ ἓν ἐξ αὐτῶν εἰς αἰώρησιν. Παρατηροῦμεν μετ᾿ ὀλίγον, ὅτι καὶ τὸ ἄλλο ἐκκρεμὲς τίθεται εἰς αἰώρησιν ὑπὸ πλάτος, τὸ ὁποῖον ὀλίγον κατ᾿ ὀλίγον αὐξάνεται. Αἱ περιοδικαὶ λοιπὸν κινήσεις τοῦ πρώτου ἐκκρεμοῦς (διεγέρτου) μετεδόθησαν εἰς τὸ δεύτερον ἐκκρεμὲς (δέκτην) διὰ τοῦ νήματος καὶ τοῦ ἀέρος.

Αἱ αἰωρήσεις τοῦ δέκτου διατηροῦνται, ἐὰν αἱ ἰδιαίτεραι περίοδοι τῶν δύο σωμάτων (δηλ. αἱ περίοδοί των, ὅταν ἕκαστον τούτων αἰωρῆται ἀνεξαρτήτως τοῦ ἄλλου) εἶναι ἴσαι ἢ διαφέρουν ὀλίγον.

Ἐὰν ὅμως ἡ περίοδος τῆς παλμικῆς κινήσεως τοῦ δέκτου διαφέρῃ πολὺ ἀπὸ τὴν περίοδον τῆς κινήσεως τοῦ διεγέρτου, δὲν συμβαίνει συντονισμός. Οὕτω εἰς τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα, ἐὰν αἱ ἰδιαίτεραι περίοδοι τῶν δύο ἐκκρεμῶν (δηλ. τὰ μήκη των) διαφέρουν ὀλίγον, αἱ ἀμοιβαῖαι ἀντιδράσεις των τὰς ἐξισώνουν τελείως. Ἐὰν ὅμως αἱ περίοδοί των διαφέρουν πολύ, δὲν γίνεται μετάδοσις τῆς παλμικῆς κινήσεως.

Ἀνάλογα παραδείγματα μηχανικοῦ συντονισμοῦ, ὀφειλομένου εἰς συγχρόνους ὤσεις, παρέχονται ὑπὸ κοινῶν συνθέτων ἐκκρεμῶν, π. χ. αἰώρας ἢ κώδωνος. Ἀφοῦ ὠθήσωμεν πρὸς τὰ ἐμπρὸς αἰώραν, ἐνισχύομεν τὸ πλάτος τῆς αἰωρήσεως διὰ διαδοχικῶν ὤσεων τῆς αὐτῆς φορᾶς κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς τὴν περίοδον τῆς κινήσεως τῆς αἰώρας.

Παρόμοια φαινόμενα παρουσιάζονται καὶ εἰς τὴν Ἀκουστικήν. Οὕτω π. χ. ἐὰν ἀνεγείρωμεν τὸ κάλυμμα κλειδοκυμβάλου καὶ ἀνυψώσωμεν τὸ πιέζον τὰς χορδὰς ὄργανον, ἵνα δύνανται αὗται νὰ πάλλωνται ἐλευθέρως, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι πᾶς ἦχος παραγόμενος πλησίον τῶν χορδῶν καὶ διατηρούμενος ἐπὶ χρόνον ἀρκετόν, προκαλεῖ διὰ συντονισμοῦ τὴν παλμικὴν κίνησιν χορδῆς, ἀποδιδούσης τὸν αὐτὸν ἦχον ἢ ἕνα τῶν ἁρμονικῶν του.

Ἐπίσης, ἐὰν πλησίον διαπασῶν ἠρεμοῦντος θέσωμεν ἄλλο διαπασῶν τῆς αὐτῆς περιόδου ἠχοῦν, παρατηροῦμεν, ὅτι καὶ τὸ πρῶτον ἄρχεται ἠχοῦν. Ἐὰν σταματήσωμεν διὰ τῆς χειρὸς τὴν παλμικὴν κίνησιν τοῦ δευτέρου, **ὁ ἦχος τοῦ πρώτου** συνεχίζεται μόνος καὶ ἀκούεται εὐκρινῶς, ἐὰν πλησιάσωμεν τὸ οὖς εἰς αὐτό.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι, ἐὰν πλησίον τοῦ ἠχογόνου σώματος, τὰ ὁποῖον δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὡρισμένους ἤχους, παράγωμεν ἕνα ἐκ τῶν ἤχων τούτων, τὸ ἠχογόνον σῶμα τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν, ἐνισχῦον οὕτω τὸν διεγείραντα αὐτὸ ἦχον. Τὸ σῶμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἐνισχύει τὸν διεγείραντα ἦχον, καλεῖται **ἠχεῖον**. Ἡ ἐνίσχυσις εἶναι ἐντονωτάτη, ὅταν ὁ θεμελιώδης ἦχος τοῦ ἠχείου εἶναι τοῦ αὐτοῦ ὕψους πρὸς τὸν διεγείραντα ἦχον. Οὕτως ὁ ἀσθενὴς ἦχος διαπασῶν ἐνισχύεται σημαντικῶς, ἐὰν τὸ διαπασῶν τεθῇ ἐπὶ ξυλίνου κιβωτίου καταλλήλων διαστάσεων, ὥστε ἡ θεμελιώδης συχνότης του νὰ εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν τοῦ διαπασῶν.

Τῶν ἠχείων γίνεται χρῆσις πρὸς ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου εἰς τὰ διάφορα μουσικὰ ὄργανα, π. χ. εἰς τὸ ἠχόμετρον, τὸ βιολίον, τὴν κιθάραν κλπ.

Γ') ΧΡΟΙΑ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

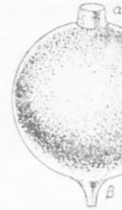
270. Ἦχοι τοῦ αὐτοῦ ὕψους ἀποδιδόμενοι ὑπὸ διαφόρων ὀργάνων διακρίνονται διὰ τῆς **χροιᾶς**. Ἡ χροιὰ ὀφείλεται εἰς τὴν συγχρόνως μὲ τὸν κύριον ἦχον παραγωγὴν πολλῶν ἐκ τῶν ἁρμονικῶν του.

271. **Ἦχος ἁπλοῦς. Ἦχος σύνθετος.**—Καλοῦμεν **ἁπλοῦν** τὸν ἦχον, ὅστις ἀντιστοιχεῖ εἰς ἕνα ὡρισμένον ἀριθμὸν παλμῶν κατὰ δευτερόλεπτον· ὁ ἦχος εἶναι ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον **σύνθετος** καὶ προκύπτει ἐκ τῆς συγχρόνου παραγωγῆς ἁπλῶν ἤχων.

Χορδὴ παλλομένη ἐγκαρσίως δύναται νὰ ἀποδώσῃ **διαδοχικῶς** ἕνα θεμελιώδη ἦχον καὶ τοὺς ἁρμονικούς του. Οἱ ἁρμονικοὶ συνυπάρχουν ἄλλως τε μετὰ τοῦ θεμελιώδους ἤχου. Ἐὰν π. χ. μία χορδὴ πάλλεται καθ' ὅλον αὐτῆς τὸ μῆκος, ὁ θεμελιώδης ἦχος, ὅστις ἐπικρατεῖ, συνοδεύεται ὑπὸ τῶν ἁρμονικῶν του. Καθ' ὃν χρόνον δηλ. ἡ χορδὴ πάλλεται ὁλόκληρος, ὑποδιαιρεῖται ἀφ' ἑαυτῆς εἰς 2, 3, 4... ἴσα τμήματα, τὰ ὁποῖα πάλλονται συγχρόνως.

Τὰ διαπασῶν, οἱ σφαιρικοὶ σωλῆνες, ἀποδίδουν ἤχους ἁπλοῦς. Τὸ διαπασῶν ἐκπέμπει ἁπλοῦν ἦχον, διότι οἱ ἁρμονικοί, οἱ συνοδεύοντες τὸν κύριον ἦχον, ἀποσβύνονται τάχιστα. Ἐπίσης σφαιρικὸς σωλὴν ἐνισχύει πρακτικῶς ἕνα ἦχον. Διὰ τὴν ἰδιότητά των ταύτην χρησιμοποιοῦμεν τὰ διαπασῶν καὶ τοὺς σφαιρικοὺς σωλῆνας διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῶν ἤχων. Ἐπειδὴ τὰ ὕψη τῶν ὑπὸ διαφόρων σφαιρικῶν σωλήνων ἐνισχυομένων ἤχων μεταβάλλονται κατὰ λόγον ἀντίστροφον πρὸς τὰς ἀκτῖνας των, δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν σειρὰν σφαιρικῶν σωλήνων, οἱ ὁποῖοι νὰ ἀποδίδουν ὡρισμένους ἤχους.

272. Ἀνάλυσις τῶν ἤχων. — Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῶν ἤχων χρησιμοποιοῦμεν κοίλας σφαίρας ἐξ ὑάλου ἢ χαλκοῦ (σχ. 183), αἱ ὁποῖαι φέρουν δύο ἐκ διαμέτρου ἀντίθετα στόμια, τὸ μὲν ἓν κυλινδρικὸν (α), τὸ δὲ ἕτερον κωνικὸν (β). Ἓν τοιοῦτον ἠχεῖον πάλλεται ἰσχυρῶς διὰ συντονισμοῦ, ὅταν ὁ ἦχος, τὸν ὁποῖον δύναται νὰ ἐνισχύσῃ, παράγεται πρὸ αὐτοῦ. Ὁ παρατηρητὴς εἰσάγει τὸ κωνικὸν στόμιον εἰς τὸ ἓν αὐτοῦ οὖς, φροντίζων συγχρόνως νὰ φράξῃ τὸ ἕτερον. Τοιουτοτρόπως τὸ οὖς μένει ἀνεπηρέαστον εἰς πάντα ἄλλον ἦχον, πλὴν τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ ἠχείου, ὅστις καὶ διακρίνεται εὐκρινέστατα.



Σχ. 183

Ἦχός τις ἀναγνωρίζεται ὡς ἁπλοῦς, ἐὰν κάμνῃ ἓν μόνον ἠχεῖον νὰ ἠχήσῃ· ὡς σύνθετος δέ, ἐὰν κάμνῃ νὰ ἠχήσουν περισσότερα ἠχεῖα.

Ἐὰν δύο ὄργανα ἀποδίδουν τὸν αὐτὸν φθόγγον τῆς κλίμακος, ἡ συχνότης των βεβαίως εἶναι ἡ αὐτή, ἀλλ᾿ εἰς τὸν κύριον ἦχον ἑκάστου προστίθενται ἁρμονικοὶ διάφοροι. Ἐὰν λοιπὸν κατασκευάσωμεν σειρὰν σφαιρικῶν ἠχείων καταλλήλων διὰ τὸν κύριον φθόγγον καὶ διὰ τοὺς ἁρμονικούς του, ἀναγνωρίζομεν δι᾿ ἕκαστον ὄργανον τοὺς εἰδικοὺς ἁρμονικούς, οἱ ὁποῖοι συνοδεύουν τὸν φθόγγον του. Πρὸς τοῦτο εἰσάγομεν διαδοχικῶς εἰς τὸ οὖς τὸ κωνικὸν στόμιον ἑκάστου ἠχείου τῆς σειρᾶς.

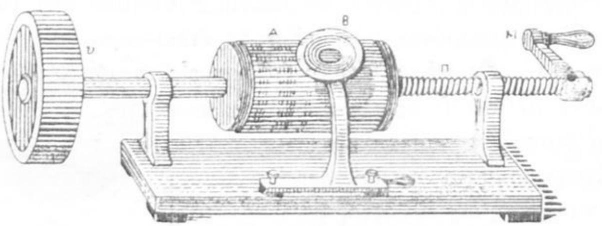
Ἦχός τις φαίνεται τόσον περισσότερον μουσικός, ὅσον εἶναι πλουσιώτερος εἰς ἁρμονικοὺς μικρᾶς ἐντάσεως, οἱ ὁποῖοι προστίθενται εἰς τὸν κύριον ἦχον.

Φύσις τῆς χροιᾶς. Δύο ἦχοι τοῦ αὐτοῦ ὕψους διακρίνονται ἀπ᾿ ἀλλήλων διὰ τῶν ἁρμονικῶν, οἱ ὁποῖοι προστίθενται εἰς τὸν ἐπικρατοῦντα ἦχον· ἡ συγχώνευσις τῶν αἰσθημάτων τῶν ὀφειλομένων εἰς τὸν κύριον ἦχον καὶ τοὺς προσθέτους ἁρμονικοὺς παράγει τὴν χροιάν (*).

ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΣ

273. Ὁ **φωνογράφος** εἶναι συσκευή, ἡ ὁποία ἀποδεικνύει ἀναμφισβητήτως τὴν φύσιν τοῦ ἤχου. Πράγματι, χρησιμεύει : α) διὰ τὴν ἐγγραφὴν μιᾶς παλμικῆς κινήσεως ἐπὶ κυλίνδρου ἐκ κηροῦ, β) διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῆς παλμικῆς ταύτης κινήσεως τῇ βοηθείᾳ λεπτοτάτου ἐλάσματος, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει τοὺς ἤχους τοὺς ἐκπεμφθέντας κατὰ τὴν πρώτην περίπτωσιν.

Ὁ φωνογράφος συνίσταται κυρίως ἐκ κυλίνδρου ὀρειχαλκίνου (σχ. 184), ὅστις διαπερᾶται ὑπὸ ἄξονος Π φέροντος βῆμα ἕλικος. Διὰ τῆς ἕλικος ὁ κύλινδρος στρεφόμενος ἰσοταχῶς περὶ τὸν ἄξονά του μετατίθεται συγχρόνως ἰσοταχῶς πρὸς τὰ πρόσω καὶ ὁριζοντίως. Ἐπὶ τοῦ κυλίνδρου ἐφαρμόζεται στρῶμα ἐκ σκληροῦ κηροῦ τελείως λείου. Ἐπὶ τῆς κυρτῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου στηρίζεται ὀξεῖα ἀκίς, ἥτις εἶναι προσηρμοσμένη καθέτως εἰς τὸ μέσον ἐλάσματος σχηματίζοντος τὸν πυθμένα κωνικοῦ ὅλμου Β.



Σχ. 184

Ὅταν ὁ κύλινδρος στρέφεται, ἡ ἀκὶς χαράσσει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ κυλίνδρου κανονικὴν ἑλικοειδῆ αὔλακα, σταθεροῦ βάθους. (Τὸ βῆμα τῆς αὔλακος ταύτης εἶναι ἴσον μὲ τὸ βῆμα τῆς ἕλικος τοῦ ἄξονος). Ἀλλ' ἐὰν ἐνώπιον τοῦ ὅλμου παράγεται ἦχός τις, ἐνῷ ὁ κύλινδρος στρέφεται, τὸ ἔλασμα τίθεται εἰς παλμικὴν κίνησιν τὴν ὁποίαν μεταδίδει εἰς τὴν ἀκίδα. Ἡ ἀκὶς τότε χαράσσει ἐπὶ τοῦ κηροῦ πολυπλόκους ἑλιγμούς, τῶν ὁποίων τὸ βάθος, ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ μορφὴ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ἔντασιν, τὸ ὕψος καὶ τὴν χροιὰν τοῦ ἐνεργήσαντος ἤχου.

Διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῶν ἐγγραφέντων ἤχων ἀρκεῖ νὰ ἐπανα-

(*) Ἡ χροιὰ τῆς ἀνθρωπίνης φωνῆς ὀφείλεται εἰς συνοδείαν ἁρμονικῶν, παραγομένων ὑπὸ τῆς συνηχήσεως τοῦ ἀέρος τοῦ περιεχομένου εἰς τὰς κοιλότητας τοῦ στόματος, τῆς ῥινὸς καὶ τοῦ λάρυγγος.

φέρωμεν τὴν ἀκίδα εἰς τὸ σημεῖον τῆς ἀναχωρήσεως καὶ νὰ θέσωμεν εἰς κίνησιν τὸν κύλινδρον κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν καθ᾿ ἣν καὶ ἀρχικῶς. Ἡ ἀκὶς ἀκολουθεῖ τότε τὸν πυθμένα τῆς ἐπὶ τοῦ κηροῦ ἐγγραφείσης κοίλης αὔλακος. Ἡ αὖλαξ ἀντιδρᾷ ἐπὶ τῆς ἀκίδος καὶ τὴν ἀναγκάζει νὰ ἐκτελῇ τὰς κινήσεις τῆς ἐγγραφῆς μὲ ὅλας τὰς λεπτομερείας των. Αἱ κινήσεις αὗται μεταδίδονται εἰς τὸ ἔλασμα. Τοῦτο δὲ τότε ἐκτελεῖ τὰς αὐτὰς παλμικὰς κινήσεις τὰς ὁποίας προηγουμένως μετέδωκεν εἰς αὐτὸ ὁ ἦχος, δι᾿ οὗ ἐχαράχθη ἡ αὖλαξ. Αἱ παλμικαὶ κινήσεις μεταδιδόμεναι εἰς τὸν ἀέρα ἀναπαράγουν τὸν ἀρχικὸν ἦχον μετὰ τῆς χροιᾶς του. Πρὸς ἐνίσχυσιν δὲ τοῦ παραγομένου ἤχου, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ ὅλμου μεταλλικὸς κῶνος.

Ὁ ἀρχικὸς φωνογράφος, ἐφευρεθεὶς ὑπὸ τοῦ Edison, ἐτελειοποιήθη βραδύτερον. Τὸ σχῆμα 185 παριστᾷ συσκευὴν τελειοποιηθεῖσαν, ἡ ὁποία ἐκλήθη ὑπὸ τῶν κατασκευαστῶν της **γραμμόφωνον** καὶ εἰς τὴν ὁποίαν ὁ κύλινδρος ἔχει ἀντικατασταθῇ ὑπὸ δίσκου.

Σχ. 185

Σ η μ ε ί ω σ ι ς. Ἐὰν διὰ τοῦ φωνογράφου ἐγγράψωμεν τὸν φθόγγον la, παραγόμενον ὑπὸ τοῦ διαπασῶν, καὶ τὸν αὐτὸν φθόγγον, παραγόμενον π. χ. ὑπὸ βιολίου, θὰ ἴδωμεν, ὅτι αἱ δύο χαραχθεῖσαι αὔλακες παρουσιάζουν εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον ἴσον ἀριθμὸν ἑλιγμῶν, ἀλλ᾿ ἡ μορφὴ τῶν ἑλιγμῶν τούτων εἶναι διάφορος. Συνεπῶς ἡ χροιὰ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μορφῆς τῆς παλμικῆς κινήσεως.

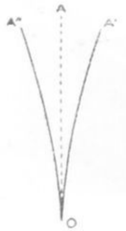
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ΄

ΠΑΛΜΙΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

274. Κίνησις παλμική.—Κατὰ τὴν κίνησιν ταύτην, ἓν μόριον τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον ἀπεμακρύνθη ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του, συμπαρασύρει τὰ ἄλλα γειτονικὰ μόρια, μετὰ τῶν ὁποίων εἶναι συνδεδεμένον. Ταῦτα ἀντιδροῦν καὶ τὸ ἐπαναφέρουν πρὸς τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του. Ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν τοῦτο λαμβάνει κατὰ τὴν κίνησιν τῆς ἐπιστροφῆς του, τὸ ἀναγκάζει νὰ ὑπερβῇ τὴν ἀρχικήν του θέσιν, καὶ τοιουτοτρόπως πάλλεται μεταξὺ δύο ἄκρων θέσεων, εὑρισκομένων ἑκατέρωθεν τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του.

Τὰς αἰωρήσεις ταύτας λαμβάνομεν, δι᾽ ἄθροισμα μορίων, ἐὰν μεταθέσωμεν τὸ ἀνώτερον ἄκρον χαλυβδίνου ἐλάσματος, τὸ ὁποῖον εἶναι προσηλωμένον κατὰ τὸ ἕτερον αὐτοῦ ἄκρον (σχ. 186), καὶ ἀφήσωμεν αὐτὸ κατόπιν ἐλεύθερον. Τὸ ἔλασμα ἐκτελεῖ τότε σειρὰν αἰωρήσεων ἑκατέρωθεν τῆς ἀρχικῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας.

Πλήρης αἰώρησις. Οὕτω καλεῖται ἡ κίνησις μεταβάσεως καὶ ἐπιστροφῆς, ἐκ τοῦ Α΄ δηλ. εἰς τὸ Α΄΄ καὶ ἐκ τοῦ Α΄΄ εἰς τὸ Α΄.



Σχ. 186

Ἁπλῆ αἰώρησις εἶναι ἡ κίνησις μόνον τῆς μεταβάσεως ἢ τῆς ἐπιστροφῆς. Ἡ ταχύτης τῆς κινήσεως εἶναι μηδὲν εἰς τὰς θέσεις Α΄ καὶ Α΄΄, μεγίστη δὲ εἰς τὴν θέσιν Α.

Πλάτος τῆς αἰωρήσεως μορίου παλλομένου εἶναι ἡ μεγίστη ἀπομάκρυνσις αὐτοῦ ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας.

Ἐφ᾽ ὅσον αἱ αἰωρήσεις παραμένουν πολὺ μικραί, εἶναι ἰσόχρονοι ἢ ἴσης διαρκείας, καθὼς καὶ αἱ αἰωρήσεις ἐκκρεμοῦς ἀνεξαρτήτως τοῦ πλάτους.

Ἡ κίνησις, ἡ ὁποία ἀναπαράγεται κατὰ ἴσα χρονικὰ διαστήματα, εἶναι **κίνησις περιοδική**.

Περίοδος Π εἶναι ἡ διάρκεια μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως καὶ ἰσοῦται μὲ τὸν χρόνον, ὅστις παρέρχεται μεταξὺ δύο διαδοχικῶν διαβάσεων ἑνὸς μορίου, κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, διὰ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του. **Ἡμιπερίοδος** δὲ εἶναι ἡ διάρκεια μιᾶς ἁπλῆς αἰωρήσεως.

Ὁ ἀριθμὸς Ν τῶν κατὰ δευτερόλεπτον περιόδων εἶναι ἡ συχνότης τῆς παλμικῆς κινήσεως.

Κατὰ τὸν ὁρισμὸν τοῦτον ἔχομεν $N = \frac{1}{\Pi}$ καὶ $N\Pi = 1$.

ΥΓΡΑ ΚΥΜΑΤΑ

275. Ἐπειδὴ ἡ διάδοσις παλμικῆς κινήσεως ἐντὸς ἐλαστικοῦ μέσου γίνεται ὁμαλῶς, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὡς παράδειγμα τὴν παλμικὴν κίνησιν, ἡ ὁποία παράγεται κατὰ τὴν πτῶσιν λίθου ἐπὶ τοῦ ὕδατος.

Διάδοσις τοῦ ὑγροῦ κύματος. Ἡ πτῶσις λίθου εἰς ἓν σημεῖον ὑγροῦ ἀκινήτου παράγει ἀπότομον ταπείνωσιν τοῦ ὑγροῦ. Ἀφοῦ φθάσῃ τοῦτο εἰς ὡρισμένον βάθος, ἐπαναφέρεται πρὸς τὴν ἀρχικήν του θέσιν ὑπὸ τῶν πλαγίων συνδέσμων του. Ἕνεκα τῆς κτηθείσης ταχύτητός του ὑπερβαίνει, κατὰ τὴν ἐπιστροφήν του, τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν. Ἀνύψωσις λοιπὸν διαδέχεται τὴν ταπείνωσιν. Τοιουτοτρόπως παράγονται παλμικαὶ κινήσεις κατακόρυφοι ἢ παλινδρομικαὶ κατακόρυφοι, ἑκάστη τῶν ὁποίων μεταδίδεται εἰς τὸ περὶ τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον ὑγρόν.

Ἐπειδὴ ἡ διάδοσις γίνεται κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον καθ᾽ ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἐκτείνεται περὶ τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον κυκλικὴ ταπείνωσις, ἡ ὁποία αὐξάνεται εἰς πλάτος. Τὴν ταπείνωσιν ταύτην διαδέχεται ἀνύψωσις ὁμοίως ἐκτεινομένη. Τοιουτοτρόπως σχηματίζονται κυκλικαὶ ρυτίδες ἀπὸ κοίλους καὶ κυρτοὺς ὁμοκέντρους δακτυλίους, τὰς ὁποίας ἀκολουθοῦν ἄλλαι, παραγόμεναι ἀπὸ τὰς περιοδικὰς ἀνυψώσεις καὶ ταπεινώσεις τοῦ κέντρου. Αἱ ρυτίδες αὗται διαδίδονται, ἀκόμη καὶ ὅταν ἔχῃ παύσει ἡ κίνησις τοῦ κέντρου.

Κατὰ τὴν διάδοσιν ταύτην **δὲν γίνεται μετακίνησις τοῦ ὑγροῦ**. Πράγματι, ἐὰν ρίψωμεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑγροῦ ρινίσματα ξύλου, θὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι κατὰ τὴν δίοδον τῆς ρυτίδος ταῦτα ἀνυψοῦνται ἢ ταπεινοῦνται κατακορύφως, χωρὶς νὰ μετατίθενται.

Αἱ ρυτίδες μικρὸν κατὰ μικρὸν ἐξαλείφονται, διότι ἡ δύναμις τῶν κεντρικῶν μορίων διασκορπίζεται ἐπὶ περιφερειῶν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον μεγαλυτέρων. Εἰς ἓν σημεῖον μιᾶς τῶν περιφερειῶν τούτων, ἥτις ἔχει ὡς κέντρον τὸ συγκρουσθὲν σημεῖον, χρειάζεται μία ἡμιπερίοδος, ἵνα ἓν ὑγρὸν μόριον φθάσῃ ἀπὸ τοῦ πυθμένος τοῦ κοίλου δακτυλίου εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ κυρτοῦ, μία δὲ περίοδος διὰ νὰ ἐπανέλθῃ εἰς τὸν πυθμένα.

Μῆκος κύματος. Τὴν αὐτὴν στιγμήν, δύο διαδοχικοὶ κοῖλοι δακτύλιοι περιλαμβάνουν μεταξὺ αὐτῶν ἕνα κυρτόν· τὸ σύνολον ἑνὸς κοίλου δακτυλίου καὶ τοῦ κυρτοῦ, ὅστις ἕπεται, σχηματίζει ἓν **κῦμα**.

Ἐπὶ ἀκτῖνος ἀγομένης ἐκ τοῦ κέντρου, ἡ ἀπόστασις, εἴτε τῶν ταπεινοτέρων σημείων δύο διαδοχικῶν κοίλων δακτυλίων εἴτε τῶν ὑψηλοτέρων δύο διαδοχικῶν κυρτῶν, εἶναι τὸ διάστημα τὸ διανυθὲν ὑπὸ τῆς παλμικῆς κινήσεως κατὰ μίαν περίοδον. Τὸ διάστημα τοῦτο λ, τὸ ὁποῖον καλεῖται **μῆκος κύματος**, μένει σταθερὸν καὶ ὅταν τὸ ὕψος τῶν κατακορύφων ἀνυψώσεων ἔχῃ ἐλαττωθῆ.

Τὸ διάστημα λ, δηλ. τὸ διάστημα τὸ διανυόμενον κατὰ τὴν διάρκειαν ἑνὸς παλμοῦ, εἶναι τὸ γινόμενον τῆς ταχύτητος Τ τῆς διαδόσεως τῆς παλμικῆς κινήσεως ἐπὶ τὴν περίοδον Π, ἤτοι: $\lambda = \Pi . T$

Προβλήματα.

1ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος ἐν τῷ ἀέρι ἤχου, τοῦ ὁποίου ἡ συχνότης εἶναι 435, τῆς ταχύτητος τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου ἐν τῷ ἀέρι οὔσης 331 μέτρα;

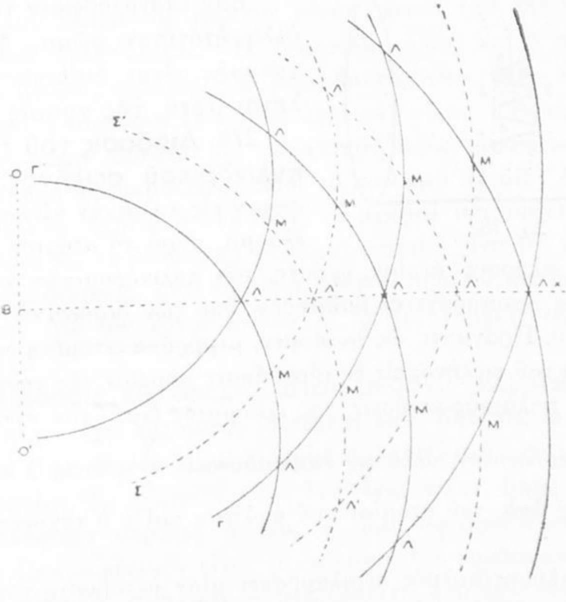
2ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος ἐν τῷ ἀέρι ἤχου, ὅστις ἀντιστοιχεῖ εἰς 40 παλμικάς κινήσεις κατὰ δευτερόλεπτον, εἰς θερμοκρασίαν, εἰς ἣν ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως ἐν τῷ ἀέρι εἶναι 336 μέτρα;

3ον. Ποῖον εἶναι τὸ μῆκος κύματος εἰς τὸ ὕδωρ τοῦ ἤχου τοῦ προηγουμένου προβλήματος; Ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸ ὕδωρ εἶναι 1435 μέτρα εἰς 8°.

ΣΥΜΒΟΛΗ

276. Ἀφίνομεν νὰ πέσουν ἐλευθέρως ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὕψους συγχρόνως δύο λίθοι ἰσομεγέθεις εἰς δύο γειτονικὰ σημεῖα Ο καὶ Ο′ τῆς ἐπιφανείας ὑγροῦ εὑρισκομένου ἐν ἰσορροπίᾳ. Αἱ κατακόρυφοι παλμικαὶ κινήσεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦνται εἰς τὰ δύο ταῦτα σημεῖα, παράγουν δύο συστήματα κυκλικῶν κυμάτων, τῶν ὁποίων κέντρα θὰ εἶναι τὰ σημεῖα Ο καὶ Ο′. Τὰ δύο ταῦτα συστήματα διασταυροῦνται, ἀλλ᾽ ἕκαστον διαδίδεται ἀνεξαρτήτως τοῦ ἄλλου. Εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας, ἡ κατακόρυφος μετάθεσις τῶν μορίων εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν μεταθέσεων, τὰς ὁποίας ἕκαστον τῶν κέντρων θὰ παρῆγε κεχωρισμένως. Εἰς δύο σημεῖα Λ ἐξ ἴσου ἀπέχοντα ἀπὸ τὰ Ο καὶ Ο′ (σχ. 187), ὅπου ἓν κύρτωμα τοῦ συστήματος τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ Ο συμπίπτει μὲ κύρτωμα τοῦ συστήματος τοῦ προερχομένου ἐκ τοῦ Ο′, τὸ ὕδωρ φθάνει εἰς ὕψος διπλάσιον ἄνωθεν τῆς ἀρχικῆς ἐπιφανείας. Εἰς τὰ σημεῖα Λ′, ὅπου συμπίπτουν κοιλώματα τῶν δύο συστημάτων, ἡ κατάπτωσις εἶναι διπλασία. Εἰς τὰ σημεῖα Μ, ὅπου κοίλωμα τοῦ πρώτου συστήματος συμπίπτει μὲ κύρτωμα τοῦ δευτέρου (ὅπερ συμβαίνει, ὅταν ἡ διαφορὰ τῶν ἀποστάσεων ΜΟ καὶ ΜΟ΄ ἰσοῦται μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμι - μηκῶν κύματος), αἱ κινήσεις ἐξαφανίζονται καὶ ἡ ἐπιφάνεια μένει εἰς μέσον ὕψος.

Ἡ ἐξαφάνισις κυρίως τῆς κινήσεως διὰ τῆς συμπτώσεως δύο ἀντιθέτων κινήσεων καλεῖται συμβολή.



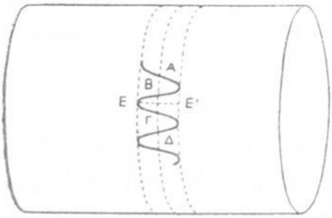
Σχ. 187

ΗΧΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

277. Θεωρήσωμεν διαπασῶν παλλόμενον, τοῦ ὁποίου ὁ εἷς τῶν βραχιόνων εἶναι ἐφωδιασμένος δι᾽ ἀκίδος, ἥτις στηρίζεται ἐλαφρῶς ἐπὶ τῆς κυρτῆς ἐπιφανείας κυλίνδρου στρεφομένου. Ἡ ἀκὶς πάλλεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου, γράφουσα γραμμὴν κυματοειδῆ ἐπὶ τῆς αἰθαλωμένης τούτου ἐπιφανείας (σχ. 188).

Δι᾽ ἕνα πλήρη παλμὸν τοῦ διαπασῶν, ἡ γραμμὴ συνίσταται ἀπὸ δύο ἡμίση κυματισμοῦ συμμετρικά. Ἐπὶ περιφερείας καθέτου πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου ἡ ἀπόστασις ΑΓ δύο σημείων τῆς γραμμῆς, λαμβανομένων κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, εἶναι σταθερά, ὅταν ἡ στροφὴ τοῦ κυλίνδρου εἶναι ὁμαλή.

Ὁ χρόνος, ὃν ἐχρειάσθη ὁ κύλινδρος διὰ νὰ στραφῇ κατὰ τὸ τόξον ΑΓ, εἶναι μία **περίοδος** τοῦ διαπασῶν. Ἡ ἀπόστασις ΕΕ΄ τῶν ἄκρων θέσεων εἶναι τὸ διπλάσιον τοῦ **πλάτους**. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κυματισμῶν, τοὺς ὁποίους ἔγραψεν εἰς ἓν δευτερόλεπτον, εἶναι ἡ συχνότης. Ἐπειδὴ τὸ διάστημα ΑΓ εἶναι σταθερόν, οἱ παλμοὶ εἶναι **ἰσόχρονοι**.

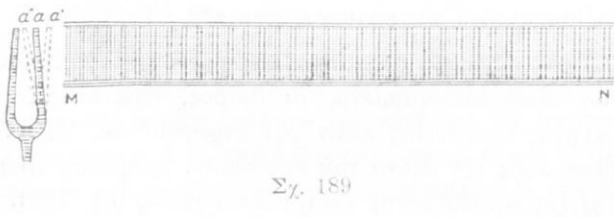


Σχ. 188

Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα μὲ ἄλλο ἠχογόνον σῶμα, ἡ μορφὴ τῆς γραμμῆς εἶναι διάφορος· **μεταβάλλεται μετὰ τῆς χροιᾶς τοῦ ἤχου**.

278. Διάδοσις τοῦ ἤχου ἐντὸς κυλινδρικοῦ σωλῆνος.— Ἐὰν θέσωμεν εἰς παλμικὴν κίνησιν ἐλαστικὸν ἔλασμα, παρὰ τὸ στόμιον κυλινδρικοῦ σωλῆνος πλήρους ἀερίου, ἑκάστη τῶν παλινδρομικῶν κινήσεων τοῦ ἐλάσματος ἀναπαράγεται βαθμηδὸν ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν στρωμάτων τοῦ ἀερίου. Πράγματι, ὡς ἐμάθομεν, μεμβράνα τεταμένη καθέτως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωλῆνος εἰς ἓν οἱονδήποτε σημεῖον τῆς τροχιᾶς, ἀναπαράγει τὰς παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἐλάσματος (κατὰ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν κατὰ δευτερόλεπτον, ἀλλὰ μὲ ἐπιβράδυνσιν $\frac{X}{\tau}$, ἔνθα X εἶναι ἡ ἀπόστασίς της ἀπὸ τοῦ στομίου τοῦ σωλῆνος καὶ τ ἡ ταχύτης τῆς διαδόσεως).

Εἷς πλήρης παλμὸς περιλαμβάνει μίαν μετάβασιν τοῦ ἐλάσματος ἐκ τοῦ α΄΄ πρὸς τὸ α΄ (σχ. 189), διαρκείας μιᾶς ἡμιπεριόδου, καὶ μίαν



Σχ. 189

μετάβασιν ἐκ τοῦ α΄ εἰς τὸ α΄΄, τῆς αὐτῆς διαρκείας. Ἡ ταχύτης τοῦ ἐλάσματος εἶναι μηδὲν εἰς τὸ α΄΄ καὶ α΄, ὅπου ἡ ἀπομάκρυνσις εἶναι μεγίστη, κατὰ δὲ τὴν διάβασιν αὐτοῦ διὰ τοῦ α, ὅπου ἡ ἀπομάκρυνσις εἶναι μηδέν, ἡ ταχύτης εἶναι μεγίστη.

Κατὰ τὴν μετάβασίν του ἐκ τοῦ α΄΄ εἰς τὸ α΄, τὸ ἔλασμα μεταθέτει τὸ παρακείμενον στρῶμα τοῦ ἀέρος, συμπιέζον αὐτό· τοῦτο μεταθέτει καὶ συμπιέζει τὸ ἑπόμενον στρῶμα καὶ εἰς μίαν ἡμιπερίοδον ἡ συμπίεσις φθάνει εἰς ἓν ἡμι-μῆκος κύματος. Κατὰ τὴν ἐπιστροφήν του ἐκ τοῦ α΄ εἰς τὸ α΄΄, τὸ ἔλασμα παρασύρει τὸ πρὸ αὐτοῦ συνεχόμενον στρῶμα τοῦ ἀέρος· τοῦτο παρασύρει τὸ ἑπόμενον, συνεπῶς σχηματίζεται ὄπισθεν τοῦ ἐλάσματος μερικὸν κενόν, ἕνεκα τοῦ ὁποίου ὁ ἀὴρ ὄπισθεν αὐτοῦ διαστέλλεται. Ἡ διαστολή, ὅπως καὶ ἡ συμπίεσις, φθάνει ἓν ἡμι-μῆκος κύματος, εἰς μίαν ἡμιπερίοδον. Μία συμπίεσις καὶ μία διαστολὴ παράγουν ἓν πλῆρες ἠχητικὸν κῦμα, μήκους λ. Ἡμίκυμα πεπυκνωμένον δύναται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὸ κύρτωμα ὑγροῦ κύματος, ἡμίκυμα δὲ ἠραιωμένον πρὸς τὸ κοίλωμα αὐτοῦ. Ἀλλὰ κατὰ τὴν διάδοσιν τῶν ἠχητικῶν κυμάτων, αἱ **μικραὶ** μεταθέσεις τῶν μορίων τοῦ ἀέρος εἰς τὰ διαδοχικὰ στρώματα αὐτοῦ γίνονται **κατὰ τὴν φορὰν τῆς διαδόσεως**, ἀντὶ νὰ εἶναι κάθετοι πρὸς αὐτήν, ὅπως εἰς τὰ ὑγρὰ κύματα. Διὰ τὸν λόγον τοῦτον αἱ ἠχητικαὶ κυμάνσεις λέγονται **ἐπιμήκεις**.

279. Διάδοσις εἰς ἀπεριόριστον μέσον.—Εἰς ἀπεριόριστον μέσον, τὸ ὁποῖον ἔχει τὰς αὐτὰς ἰδιότητας καθ᾽ ὅλας τὰς διευθύνσεις, τὰ σημεῖα τὰ εὑρισκόμενα εἰς τὴν αὐτὴν κίνησιν καταλαμβάνουν σφαιρικὰς ἐπιφανείας. Τὸ ἠχητικὸν κῦμα δὲν εἶναι πλέον, ὅπως ἐντὸς σωλῆνος, κυλινδρικὸν στρῶμα πάχους λ, ἀλλὰ σφαιρικὸν στρῶμα πάχους λ, τοῦ ὁποίου κέντρον εἶναι τὸ κέντρον τοῦ κραδασμοῦ.

280. Συμβολὴ ἠχητική.—Θεωρήσωμεν δύο ἠχητικὰς πηγὰς Σ καὶ Σ΄ **τῆς αὐτῆς περιόδου** καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, παλλομένας εἰς τὸ στόμιον σωλῆνος περιέχοντος ἀέρα. Ἀποδεικνύεται πειραματικῶς, ὅτι ἐπὶ τομῆς Μ καθέτου ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ σωλῆνος, ἡ μικρὰ μετάθεσις τοῦ ἀέρος γίνεται κατὰ τὸν ἄξονα. Εἶναι δὲ αὕτη ἑκάστην στιγμὴν διπλασία ἀπὸ τὴν μετάθεσιν, ἡ ὁποία θὰ ἐγίνετο μὲ μίαν μόνον πηγήν, ἐὰν ἡ διαφορὰ $ΣΣ' = ΣΜ - Σ'Μ$ ἰσοῦται **μὲ ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμι-μηκῶν κύματος**. Τοὐναντίον, ἡ μετάθεσις μηδενίζεται, δηλ. γίνεται **συμβολὴ** καὶ ἠρεμία συνεχής, ἐὰν ἡ διαφορὰ $ΣΣ' = ΣΜ - Σ'Μ$ ἰσοῦται **μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμι-μηκῶν κύματος**.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΥΛΗ-ΚΙΝΗΣΙΣ-ΔΥΝΑΜΕΙΣ

ΚΕΦ. Α'. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ

ΚΕΦ. Β'. ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΕΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΒΑΡΥΤΗΣ

ΚΕΦ. Α΄. ΓΕΝΙΚΑΙ ΕΝΝΟΙΑΙ ΕΠΙ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΟΣ

ΚΕΦ. Β΄. ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΠΤΩΣΕΩΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

ΚΕΦ. Γ΄. ΕΚΚΡΕΜΕΣ

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΕΡΟΣΤΑΤΙΚΗ

ΚΕΦ. Ε΄. ΥΓΡΟΜΕΤΡΙΑ

ΚΕΦ. ΣΤ΄. ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

ΚΕΦ. Ζ΄. ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟΝ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

ΜΕΡΟΣ ΕΒΔΟΜΟΝ

ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΚΕΦ. Α΄. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

ΚΕΦ. Β'. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΗΧΟΥ

ΚΕΦ. Γ'. ΠΑΛΜΙΚΑΙ ΚΙΝΗΣΕΙΣ

Ἀνάδοχος ἐκτυπώσεως & βιβλιοδεσίας : Α. ΣΙΔΕΡΗΣ, ὁδὸς Βερανζέρου 24 Ἀθῆναι