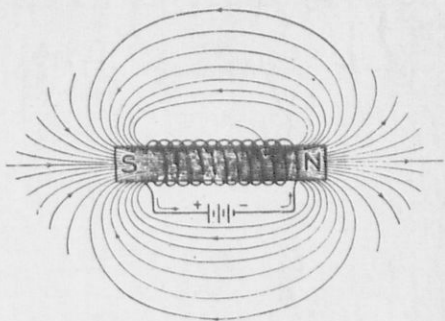




ΑΛΚΙΝΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

ΦΥΣΙΚΗ

ΔΙΑ
ΤΗΝ
ΣΤ' ΤΑΞΗΝ
ΤΩΝ
ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ
1966

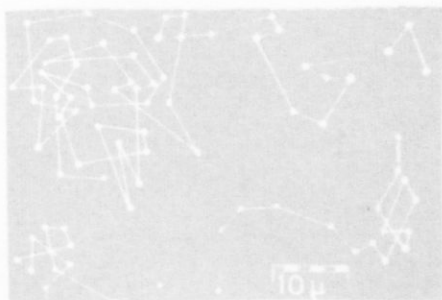
E

2

φ.ε.τ.

Μαΐου (Αγ. Ε.)

ΦΥΣΙΚΗ $\sigma_T/\Gamma = 240$



ΔΑΔΙΟΤΥΠΟ Ε. ΠΑΖΗ

Μαθηματικά (Αγίου Γεωργίου)

Φ Υ Σ Ι Κ Η

Φ Υ Σ Ι Κ Η



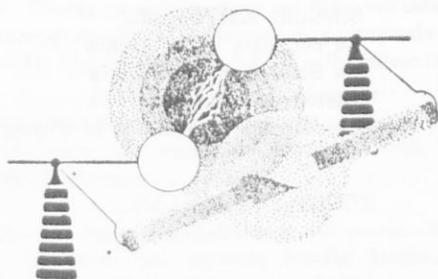
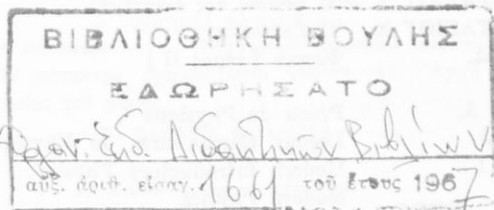
Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Ε 2 ΦΕΕ
ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

Μάζης (Αλκ. Ε.)

Φ Υ Σ Ι Κ Η

ΔΙΑ ΤΗΝ ΣΤ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1966

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- | | |
|------------------|---|
| ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ Γ. | Ἐπίτομος Φυσική |
| ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ Κ. | Φυσική (τόμος II) |
| MAZH A. | Φυσική (τόμος II και III) |
| MAZH A. | Ἡ διάσπασις τοῦ ατόμου |
| ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ Κ. | Φυσική (τόμος II) |
| ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Χ. | Ἡ γένεσις τῆς ἐπιστήμης |
| ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Χ. | Ὁ Γαλιλαῖος |
| ΧΟΝΔΡΟΥ Δ. | Φυσική (τόμος II) |
| BOUTARIC A. | Précis de Physique |
| TILLIEUX J. | Leçons élémentaires de Physique expérimentale |
| FREEMAN I. | Modern Introductory Physics |
| WHITE H. | Modern Physics |
| WESTPHAL W. | Physik |
| NOSTRAND VAN | Scientific Encyclopedia |
| ROUSSEAU P. | La conquête de la science |
| ROUSSEAU P. | La Science du XXe siècle |
| ROUSSEAU P. | Histoire de la science |
| SIMONET R. | Les derniers progrès de la Physique |

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Σελίς

1. 'Ορισμοί.—2. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.—3. Φωτεινὴ ἀκτίς. Φωτῆται δέσμαι.—4. 'Αποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός	11 - 15
--	---------

ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

5. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός.—6. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός	15 - 18
---	---------

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

7. Διάχυσις καὶ ἀνάκλασις.—8. 'Ορισμοί.—9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός	19 - 21
---	---------

Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

10. 'Επίπεδον κάτοπτρον.—11. Περιστροφή ἐπιπέδου κατόπτρου.—12. 'Επίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—13. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός	21 - 25
---	---------

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. 'Ορισμοί	25
--------------------	----

α) Κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα

15. Εἰδῶλον φωτεινοῦ σημείου.—16. Κυρία ἔστις.—17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.—18. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων καὶ θέσις τοῦ εἰδῶλου.—19. Εἰδῶλον ἀντικειμένου.—20. Πραγματικὸν ἢ φανταστικὸν εἰδῶλον ἀντικειμένου.—21. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοῖλα κάτοπτρα....	26 - 32
--	---------

β) Κυρτὰ σφαιρικά κάτοπτρα

22. Κυρία ἔστις καὶ ἔστιακὸν ἐπίπεδον.—23. Εἰδῶλον ἀντικειμένου.—24. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων	32 - 34
--	---------

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

26. 'Ορισμός.—27. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—28. Ὁρική γωνία.—29. Ἀπόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως.—30. Ὀλικὴ ἀνάκλασις.—31. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως	38 - 45
---	---------

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλακοῦς μὲ παραλλήλους ἑδρας.—33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.—34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.—35. Πρίσμα δλικῆς ἀνακλάσεως	45 - 52
---	---------

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

36. 'Ορισμοί.—37. Συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες φακοί.—38. Ὀπτικὸν κέντρον	52 - 54
--	---------

Α'. Συγκλίνοντες φακοί

39. Κυρία ἔστις. Ἐστιακὴ ἀπόστασις.—40. Ἐστιακὸν ἐπίπε-	
---	--

δον.—41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.—42. Εἰδῶλον ἀντικειμένου.—43. Εἰδῶλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.—44. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς	Σελίς 55 - 59
B'. Ἀποκλίνοντες φακοὶ	
45. Κυρία ἐστία.—46. Εἰδῶλον ἀντικειμένου.—47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν	59 - 62
Γ'. Ἴσχύς καὶ σφάλματα τῶν φακῶν	
48. Ἴσχύς φακοῦ.—49. Ὁμοξονικὸν σύστημα φακῶν.—50. Σφάλματα τῶν φακῶν	63 - 66
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ	
51. Κατασκευὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.—52. Κανονικὸς ὀφθαλμός. Προσαρμογή.—53. Πρεσβυωπία.—54. Μύωψ καὶ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμός. 55. Φανομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—56. Διόφθαλμος δρασις. Στερεοσκοπία.—57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως	66 - 71
ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ	
58. Ὀπτικὰ ὄργανα	72
Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ	
59. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστικὴ ἱκανότης τοῦ μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ	72 - 78
B'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ	
65. Διοπτρικά καὶ κατοπτρικά τηλεσκόπια.—66. Ἀστρονομικὴ δίοπτρα.—67. Δίοπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—68. Δίοπτρα τῶν ἐπιγείων.—69. Πρισματικὴ δίοπτρα.—70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον	78 - 83
Γ'. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ	
71. Περισκόπιον.—72. Φωτογραφικὴ μηχανή.—73. Προβολεὺς	84 - 87
ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	
74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.—75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.—77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.—78. Φασματοσκόπιον.—79. Οὐράνιον τῶζον	87 - 92
ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ	
80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.—81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν.—82. Φωτομετρικὰ μεγέθη.—83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—84. Νόμος τῆς φωτομετρίας.—85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.—86. Φωτόμετρον.—87. Ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς	92 - 100
ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ	
88. Θεωρία περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός.—89. Θεωρία τῆς ἐκπομπῆς.—90. Θεωρία τῶν κυμάνσεων.—91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.—92. Παράθλασις τοῦ φωτός.—93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος	

τοῦ φωτός.—94. Πόλωσις τοῦ φωτός.—95. Ἑρμηνεία τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.—96. Διπλῇ διάθλασις τοῦ φωτός.—97. Ἑρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—98. Πολωτικαὶ συσκευαὶ	Σελίς 100 - 113
--	--------------------

ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. Φάσματα ἐκπομπῆς.—100. Φάσματα ἀπορροφῆσεως.—101. Φάσματα ἀπορροφῆσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—102. Τὸ ἡλιακὸν φῶς.—103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.—104. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων	113 - 118
---	-----------

Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι.—106. Ἀπορρόφῃσις τῶν υπέρυθρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—108. Ἀπορρόφῃσις τῶν υπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. 109. Φθορισμός.—110. Φωσφορισμός.—111. Φωταύγεια.—112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.—113. Θεωρία τῶν χβάντα.—114. Φύσις τοῦ φωτός . . .	118 - 124
--	-----------

Γ'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ—ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ.—117. Φωτογραφία	124 - 128
---	-----------

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

118. Θεμελιώδεις ἔννοιαι.—119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—120. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.—121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.—122. Στοιχειώδεις μαγνήται.—123. Νόμος τοῦ Coulomb.—124. Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ	129 - 134
---	-----------

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

125. Μαγνητικὸν φάσμα.—126. Μαγνητικὸν πεδίων.—127. Διεύθυνσις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.—128. Μαγνητικὴ ροή . . .	134 - 138
--	-----------

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.—130. Μαγνητικὴ ἐγκλισις.—131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίων.—132. Ἐντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.—133. Ναυτικὴ πυξίς	138 - 144
---	-----------

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—135. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἀγωγοί.—136. Ἡλεκτροσκόπιον.—137. Νόμος τοῦ Coulomb.—138. Μονάδες ἡλεκτρικοῦ φορτίου.—139. Διανομὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου	145 - 149
--	-----------

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

Σελίς

140. Σπουδή τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ἡλεκ-
τρικοῦ πεδίου.—142. Δυναμικόν.—143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.—144.
Μονάδες δυναμικοῦ.—145. Σχέσεις μεταξὺ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυνα-
μικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀ-
γωγοῦ.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ 149 - 158

ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ἩΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον.—149. Ἐμφάνις ἡλεκ-
τρικῶν φορτίων.—150. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων 158 - 161

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

151. Παραγωγή ροῆς ἡλεκτρονίων.—152. Εἶδη γεννητριῶν.—
153. Δράσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. 154. Ἐντάσις τοῦ ἡλεκτρι-
κοῦ ρεύματος.—155. Κύκλωμα 161 - 167

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ OHM

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—157. Νόμος τοῦ Ohm
διὰ τμήμα ἀγωγοῦ.—158. Μονὰς ἀντιστάσεως.—159. Ἀντίστασις
ἀγωγοῦ.—160. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—
161. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως.—162. Κύτταρον σεληνίου.—
163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—164. Ροοστάται.—165. Μέτρη-
σις ἀντιστάσεως 167 - 174

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ἩΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. Ἐνέργεια καὶ ἰσχύς τοῦ ρεύματος.—167. Νόμος τοῦ Joule.—
168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος 175 - 179

ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλει-
στὸν κύκλωμα.—171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς
γεννητρίδας.—172. Ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μὲ
γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώμα-
τος.—174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν 179 - 186

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

175. Ἡλεκτρολύται.—176. Παραδείγματα ἡλεκτρολύσεων.—
177. Νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.—178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύ-
σεως.—179. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—180.
Συσσωρευταί.—181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—182. Θερμοηλεκτρικὸν
στοιχεῖον 186 - 196

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος.—184. Μαγνητικὸν πεδίον
εὐθύγραμμου ρεύματος.—185. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.—
186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—187. Ἡλεκτρομαγνήτης.
188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.—189. Ἐπίδρασις μα-
γνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.—190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρ.—

	Σελίς
191. Ὀργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων	196 - 209
ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	
192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.—195. Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—196. Ρεύματα Foucault.—197. Αὐτεπαγωγή	209 - 226
ΓΕΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναί.—199. Γενήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.....	216 - 220
ΓΕΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
202. Ἐναλλακτῆρες.—203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—204. Ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.—205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις.—206. Τριφασικά ρεύματα	220 - 228
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ	
207. Μετασχηματισταί.—208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον	228 - 232
ΠΥΚΝΩΤΑΙ	
210. Πυκνωταί.—211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.—215. Ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον	232 - 238
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	
216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκνώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—217. Λαμπτῆρες μὲ ἀραιὸν ἀέριον.—218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.—219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—220. Παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ..	238 - 244
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ	
221. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων.—222. Ἀκτῖνες Röntgen.—223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.—224. Σωλὴν Braun.—225. Τρίοδος λυχνία.—226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.—227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—228. Ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	244 - 252
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ	
229. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος.—230. Διαρκὴς Ἴονισμός τοῦ ἀέρος.—231. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.—232. Πολικὸν σέλας	252 - 256
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ	
233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. — 234. Φθίνουσαι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. — 235. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—236. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.—237. Διέγερσις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ	256 - 261

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.—239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.—	Σελίς
240. Μῆκος κύματος τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας	261 - 265

ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαί.—244. Πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—245. Δέκτης ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφωνον.—247. Διάδοσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἶδη κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία....	266 - 274
--	-----------

ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὁμιλῶν κινήματογράφος.—252. Μαγνητόφωνον.—253. Ἀναπαραγωγὸς ἤχου	274 - 276
---	-----------

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

254. Ραδιενεργὰ στοιχεῖα.—255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.—257. Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ.—258. Αἱ τέσσαρες σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων	277 - 280
--	-----------

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ἀτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.—260. Ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος.—261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—262. Ἀτομικὴ μᾶζα καὶ μαζικὸς ἀριθμὸς.—263. Συμβολικὴ γραφὴ τῶν ἀτομικῶν πυρήνων.—264. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος.—265. Ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρήνος.—266. Ἰσότοπα στοιχεῖα.—267. Ποζιτρόνιον	280 - 287
--	-----------

ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

268. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις.—269. Διάσπασις τοῦ πυρήνος τοῦ οὐρανίου.—270. Προέλευσις τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας.—271. Πρόβλεψις τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.—272. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ.—273. Ὑπερουράνια στοιχεῖα.—274. Τὰ ὑποατομικὰ σωματίδια.—275. Κοσμικαὶ ἀκτῖνες.—276. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.—277. Ἡ ἀντίλη	287 - 300
---	-----------

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ἡ ἐξέλιξις τῆς ὀπτικῆς. Ἡ ἐξέλιξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ	301 - 314
--	-----------

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1. Ὁρισμοί.— Καλοῦμεν **φῶς** τὸ αἴτιον, τὸ ὅποιον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὀράσεως. Ἐν σῶμα εἶναι ὀρατόν, ἐὰν στέλῃ φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας. Μερικὰ σώματα ἐκπέμπουν ἀφ' ἑαυτῶν φῶς καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάζονται **αὐτόφωτα** σώματα ἢ **φωτεινὰ πηγὰί** (ὁ ἥλιος, αἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, αἱ φλόγες κ. ἄ.).

Ἐν μὴ αὐτόφωτον σῶμα γίνεται ὀρατόν, ὅταν προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ τὸ φῶς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ μέρος τοῦ φωτὸς τούτου ἐκπεμφθῇ ὑπὸ τοῦ σώματος πρὸς ἕλας τὰς κατευθύνσεις· τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἐτερόφωτα** σώματα (ἡ Σελήνη, οἱ πλανῆται, τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ περίξ ἡμῶν σώματα). Τὸ φῶς, τὸ ὅποιον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτεινὰί πηγὰί (φυσικαὶ καὶ τεχνηταί), εἶναι πάντοτε τῆς αὐτῆς φύσεως καὶ ἀκολουθεῖ τοὺς ἰδίους νόμους.

Μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα (ὑαλός, ἀήρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα (ξύλον, πλάξ μετάλλου κ. ἄ.). Τέλος μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέρχεται, χωρὶς ὅμως νὰ εἶναι δυνατόν νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν τὸ σχῆμα τῶν φωτεινῶν ἀντικειμένων· τὰ σώματα αὐτὰ καλοῦνται **ἡμιδιαφανῆ** (γαλακτόχρους ὑαλός). Ἡ ἀνωτέρω διάκρισις τῶν σωμάτων εἰς διαφανῆ, ἀδιαφανῆ καὶ ἡμιδιαφανῆ δὲν εἶναι ἀπόλυτος. Διότι τὸ ὕδωρ, ὅταν σχηματίξῃ στρώμα μεγάλου πάχους, εἶναι ἀδιαφανές· ἀντιθέτως, πολὺ λεπτὸν φύλλον χρυσοῦ εἶναι ἡμιδιαφανές.

Ὅλαι αἱ συνήθεις φωτεινὰί πηγὰί ἔχουν αἰσθητὰς διαστάσεις. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἀναγκαζόμεθα εἰς πολλὰς περιπτώσεις νὰ ὑποθέσωμεν, χάριν ἀπλότητος, ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ δὲν ἔχει διαστάσεις· τότε λέγομεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι **φωτεινὸν σημεῖον**. Ἐν φωτεινὸν σημεῖον ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτῖνας πρὸς ἕλας τὰς διευθύνσεις.

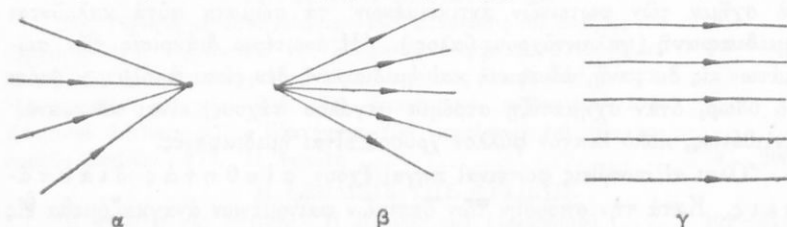
2. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.— Διάφορα φαινόμενα τῆς καθημερινῆς ζωῆς (π.χ. ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιάς ἐνὸς σώματος) μᾶς δίδουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν διαδίδεται κατ' εὐθεΐαν γραμμὴν. Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα πολλῶν ὁπτικῶν φαινομένων ἀπέδειξε τὸν ἀκόλουθον **νόμον τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός**:

Ἐντὸς ὁμογενοῦς καὶ ἰσοτρόπου μέσου τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

Ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός ἐπαληθεύεται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸ ἐξῆς ἀπλούστατον πείραμα (σχ. 1). Λαμβάνομεν δύο ἀδιαφανῆ διαφράγματα E_1 καὶ E_2 , ἕκαστον τῶν ὁποίων φέρει μικρὰν κυκλικὴν ὀπὴν. Ἐν λευκὸν νῆμα διέρχεται διὰ τῶν δύο ὀπῶν O_1 καὶ O_2 . Ὅπισθεν τοῦ διαφράγματος E_1 τοποθετοῦμεν φωτεινὴν πηγὴν, ὀπισθεν δὲ τοῦ διαφράγματος E_2 φέρομεν τὸν ὀφθαλμὸν μας. Ὅταν ἐπιτύχωμεν νὰ βλέπωμεν τὴν πηγὴν διὰ μέσου τῶν ὀπῶν O_1 καὶ O_2 , τότε τείνομεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ὀπαὶ O_1 , O_2 καὶ ὁ ὀφθαλμὸς μας εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας γραμμῆς, ἐπὶ πλέον δὲ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ νῆμα φωτίζεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος του.

σχ. 1. Ἀπόδειξις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

3. Φωτεινὴ ἀκτίς. Φωτειναὶ δέσμαι.— Ἡ εὐθεῖα γραμμὴ, κατὰ τὴν ὁποῖαν διαδίδεται τὸ φῶς, καλεῖται φωτεινὴ ἀκτίς. Αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες ἐκπορεύονται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν ὁμοιομόρφως πρὸς ὅλας



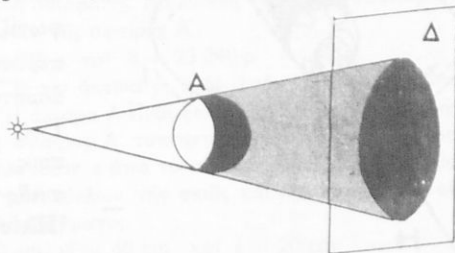
σχ. 2. Εἶδη φωτεινῶν δεσμῶν (α συγκλίνουσα, β ἀποκλίνουσα, γ παράλληλος). τὰς κατευθύνσεις. Πολλαὶ ἀκτίνες ἀποτελοῦν μίαν **φωτεινὴν δέσμην**. Ἐὰν ὅλαι αἱ ἀκτίνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης διέρχωνται δι' ἐνὸς σημείου,

τότε ή μὲν δέσμη καλεῖται **στιγματική**, τὸ δὲ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **ἐστία** τῆς δέσμης. Μία φωτεινὴ δέσμη δύναται νὰ εἶναι **συγκλίνουσα**, **ἀποκλίνουσα** ἢ **παράλληλος** (σχ. 2). Πολλὰ ὀπτικά φαινόμενα εἶναι δυνατόν νὰ ἐξετασθοῦν χωρὶς νὰ εἶναι ἀνάγκη νὰ γνωρίζωμεν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Εἰς τὰ φαινόμενα αὐτὰ αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες θεωροῦνται ὡς γεωμετρικαὶ ἀκτῖνες, ἥτοι φαίνεται ἰσχύων ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἡ τοιαύτη ἔρευνα τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἀποτελεῖ τὴν **Γεωμετρικὴν Ὀπτικήν**. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ὀπτικά φαινόμενα, εἰς τὰ ὅποια ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν ἰσχύει. Ἡ ἔρευνα τῶν φαινομένων τούτων ἀποτελεῖ τὴν **Φυσικὴν Ὀπτικήν**.

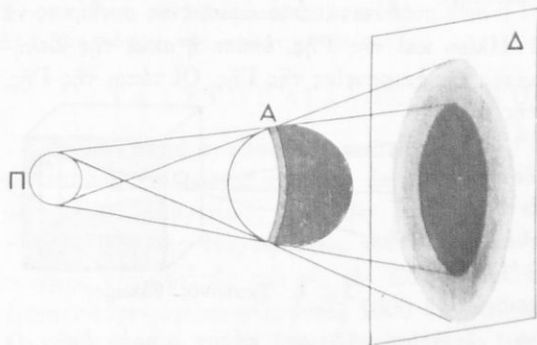
4. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. — α) **Σκιά.** Ἐὰν εἰς

τὴν πορείαν τῶν φωτεινῶν ἀκτῖνων παρεμβληθῇ ἓν ἀδιαφανὲς σῶμα, τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος ὑπάρχει χώρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δὲν εἰσέρχεται φῶς· ὁ χώρος οὗτος καλεῖται **σκιά**.

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι **σημεῖον** (σχ. 3), τότε ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν



Σχ. 3. Σχηματισμὸς σκιᾶς.

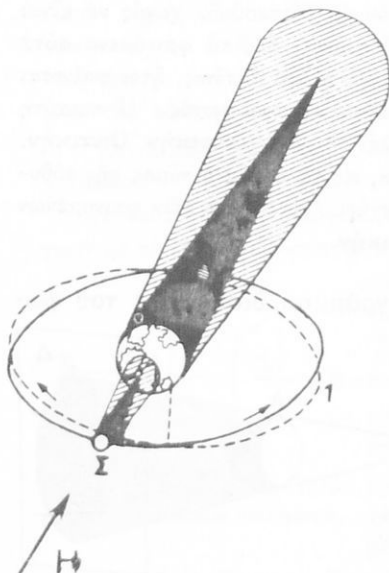


Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιᾶς καὶ παρασκιάς.

περιοχὴν γίνεται ἀποτόμως. Ἐὰν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχη **διαστάσεις** (σχ. 4), τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ **σκιά**, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν εἰσέρχεται καμμία φωτεινὴ ἀκτίς, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ **παρασκιά**, ἥτοι μία περι-

ὠρισμένα μόνον σημεῖα τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν περιοχὴν γίνεται βαθμιαίως.

β) Ἐκλείψεις τῆς Σελήνης καὶ τοῦ Ἡλίου. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σε-



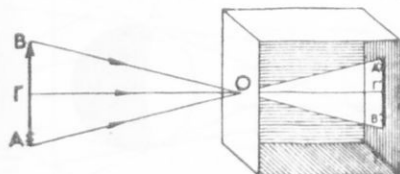
Σ. Εξηγησις τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.

(1 ἐκλειπτική, 2 τροχιά Σελήνης).

παρεμβληθῇ μεταξύ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὅποτε ἡ σκιά τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἑνὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς, οἱ εὐρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὁ λ ι κ ῆ ν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὅποιοι θὰ εὐρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιάς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μ ε ρ ι κ ῆ ν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου.

γ) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος εἶναι κλειστὸν κιβώτιον, φέρον μικρὰν ὀπὴν Ο (σχ. 6). Ἐὰν ἔμπροσθεν τῆς ὀπῆς τοποθετηθῇ φωτεινὸν ἀντικείμενον ΑΒ, τότε ἐπὶ τῆς ἀπέναντι τῆς ὀπῆς ἐπιφανείας σχηματίζεται ἀνέστραμ-

λήνης καὶ τοῦ Ἡλίου εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὅποια σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς Γῆς (σχ. 5). Ἡ Σελήνη, ὅταν εὐρίσκεται εἰς ἀντίθεσιν (π α ν σ έ λ η ν ο ς), δύναται ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὴν σκιάν τῆς Γῆς, ὅποτε ἡ Σελήνη δὲν φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλίον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ Σελήνη γίνεται ἀόρατος διὰ τοὺς κατοίκους τῆς Γῆς, τοὺς εὐρισκόμενους εἰς τόπους, οἵτινες εὐρίσκονται ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Γῆς. Αἱ δὲ ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὅποια σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς Σελήνης. Ὅταν ἡ Σελήνη εὐρίσκεται εἰς σύνοδον (Ν έ α Σ ε λ ῆ ν η), δύναται ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας νὰ



Σχ. 6. Σκοτεινὸς θάλαμος.

μένον τὸ εἶδωλον Α'Β' τοῦ ἀντικειμένου. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου τούτου εἶναι συνέπεια τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου Α'Β' προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΙ'}{ΟΓ}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Φωτεινὴ πηγή, ἡ ὁποία θεωρεῖται ὡς σημεῖον, εὐρίσκεται 5 m ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους. Πόσον εἶναι τὸ μήκος τῆς σκιάς, τὴν ὁποίαν ρίπτει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους κατακόρυφος ράβδος ὕψους 2 m, ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῆς ράβδου ἀπὸ τὴν κατακόρυφον, τὴν διερχομένην διὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, εἶναι 3 m ;

2. Δύο σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας Ρ καὶ ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν κέντρων τῶν Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ μεγαλύτερα σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγή, ἡ δὲ μικρότερα σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Νὰ εὐρεθῇ τὸ μήκος τοῦ σκιεροῦ κώνου, ὁ ὁποῖος σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς σφαίρας Α'.

Ἐφαρμογή : Ρ = 108 ρ καὶ δ = 23 240 ρ

3. Δύο ἴσαι σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀκτίνα ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο κέντρων τῶν Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγή, ἡ δὲ σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Ὅπισθεν τῆς σφαίρας Α' τοποθετεῖται διάφραγμα καθέτως πρὸς τὴν εὐθείαν ΟΟ', καὶ εἰς ἀπόστασιν ε ἀπὸ τὸ κέντρον Ο' τῆς ἀδιαφανοῦς σφαίρας. Νὰ εὐρεθῶν αἱ ἀκτίνες τῶν κύκλων τῆς σκιάς καὶ τῆς παρασκιάς, οἱ ὁποῖοι σχηματίζονται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος.

Ἐφαρμογή : ρ = 10 cm, δ = 40 cm καὶ ε = 20 cm

4. Σκοτεινὸς θάλαμος ἔχει σχῆμα κύβου ἀκμῆς 50 cm. Εἰς τὸ κέντρον τῆς μιᾶς κατακορύφου ἑδρας τοῦ ὑπάρχει μικρὰ ὀπή. Ἐπὶ τῆς ἑδρας, τῆς εὐρισκομένης ἀπέναντι τῆς ὀπῆς, λαμβάνομεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς ἀντικειμένου ἔχοντος ὕψος 300 m. Ἐὰν τὸ μήκος τοῦ εἰδώλου εἶναι 3 cm, πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν τόπον τῆς παρατηρήσεως;

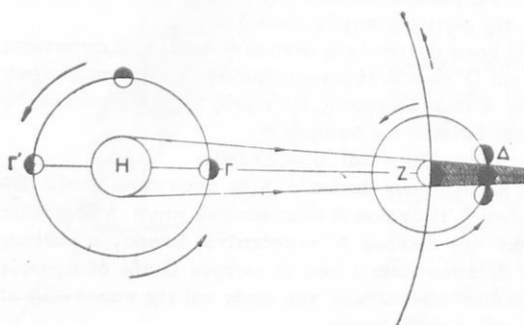
ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

5. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός.— Ὅταν τὸ φῶς μεταδίδεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἀπὸ ἓνα τόπον εἰς ἄλλον, φαίνεται ὅτι μεταδίδεται ἀκαριαίως, διότι δὲν μεσολαβεῖ αἰσθητὸς χρόνος μεταξὺ τῆς στιγμῆς τῆς ἀναχωρήσεως τοῦ φωτός ἐκ τοῦ ἑνὸς τόπου καὶ τῆς στιγμῆς τῆς ἀφίξεώς του εἰς τὸν ἄλλον. Πρῶτος ὁ Δανὸς ἀστρονόμος Römer εὗρεν ὅτι τὸ φῶς ἐντὸς 1000 δευτερολέπτων διατρέχει τὴν διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς, ἥτοι διατρέχει διάστημα 300 000 000 km. Ἐπομένως ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὸ κενὸν εἶναι :

$$c = 300\,000\,000 \text{ km/sec}$$

Διὰ διαφόρων μεθόδων κατάρθωσαν (Fizeau, Foucault, Michelson) νὰ μετρήσουν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς καὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς.

6. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.—α) Μέθοδος τοῦ Römer. Ὁ Römer (1675) κατάρθωσε νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς στηριζόμενος εἰς τὰς παρατηρήσεις του ἐπὶ τῆς κινήσεως τοῦ πρώτου δορυφόρου τοῦ Διὸς.



Σχ. 7. Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς κατὰ τὴν μέθοδον τοῦ Römer (ἀρχή).

Ὁ χρόνος μιᾶς περιφορᾶς τοῦ δορυφόρου τούτου περί τὸν Δία εἶναι 42,5 ὥραι (περίπου). Καθ' ἐκάστην περιφορὰν τοῦ ὁ δορυφόρος βυθίζεται ἐντὸς τῆς σκιᾶς τοῦ Διὸς (σχ. 7). Ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ τῆς τροχιάς της, τότε μεταξύ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ

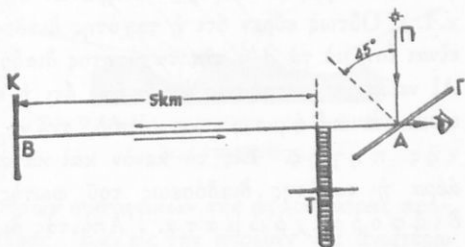
δορυφόρου Δ μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μὲ 42,5 ὥρας. Ἐφ' ὅσον ὁμοίως ἡ Γῆ κινεῖται ἐκ τῆς θέσεως Γ πρὸς τὴν ἐκ διαμέτρου ἀντίθετον θέσιν Γ', παρατηρεῖται μία διαρκῶς αὐξανόμενη καθυστέρησις εἰς τὴν ἔναρξιν τῆς ἐκλείψεως. Ἡ καθυστέρησις αὕτη λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς 1000 δευτερόλεπτα (περίπου), ὅταν ἡ Γῆ εὐρεθῇ εἰς τὴν θέσιν Γ'. Ἐφ' ὅσον ἡ Γῆ κινεῖται τώρα ἐκ τῆς θέσεως Γ' πρὸς τὴν θέσιν Γ, ἡ καθυστέρησις αὕτη βαίνει συνεχῶς ἐλαττωμένη, καὶ ὅταν ἡ Γῆ εὐρεθῇ πάλιν εἰς τὴν θέσιν Γ, τότε μεταξύ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ δορυφόρου μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μὲ 42,5 ὥρας. Ἡ μεγίστη καθυστέρησις τῶν 1000 δευτερολέπτων ὀφείλεται εἰς τὴν ἐξῆς αἰτίαν: ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ', τὸ φῶς, τὸ ἐκπεμπόμενον ἀπὸ τὸν δορυφόρον Δ, διατρέχει δρόμον κατὰ μίαν διάμετρον (ΓΓ') τῆς τροχιάς τῆς Γῆς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸν δρόμον, τὸν ὅποιον διατρέχει, ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ. Ἐπειδὴ ἡ διάμετρος τῆς τροχιάς τῆς Γῆς εἶναι 300 000 000 km,

έπεται ότι η ταχύτης διαδόσεως του φωτός εις τὸ κενὸν εἶναι :

$$c = \frac{s}{t} = \frac{300\,000\,000\text{ km}}{1\,000\text{ sec}} = 300\,000\text{ km/sec}$$

β) Μέθοδος τοῦ Fizeau. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι τόσο μεγάλη, ὥστε ἐντὸς ἐλαχίστου χρόνου τὸ φῶς διατρέχει πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἶναι δυνατόν νὰ μετρηθῇ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός, ἂν καταστῇ δυνατόν νὰ μετρηθῇ ὁ πολὺ μικρὸς χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὸ φῶς διατρέχει μίαν γνωστὴν μικρὰν ἀπόστασιν. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς ἐστηρίχθη ὁ Fizeau (1849), διὰ νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός μὲ γήινον πείραμα.

Ἡ ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Π (σχ. 8) προερχομένη φωτεινὴ ἀκτὶς ΠΑ προσπίπτει ἐπὶ μιᾷ ὑαλίνῃ πλακῶς Γ, ἀνακλᾶται ἐν μέρει ἐπ' αὐτῆς καὶ κατευθύνεται πρὸς τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον κάτοπτρον Κ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει καθέτως. Ἐκεῖ ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται δευτέραν ἀνάκλασιν, ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α καὶ διερχομένη διὰ τῆς πλακῶς Γ φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἡ ἀπόστασις τῆς πλακῶς Γ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον Κ εἶναι ὀλίγα μόνον χιλιόμετρα. Ἐμπροσθεν τῆς πλακῶς ὑπάρχει ὀδοντωτὸς τροχὸς Τ, ὁ ὁποῖος φέρει ἴσον ἀριθμὸν ὀδόντων καὶ διακένων τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ δύναται νὰ τεθῇ εἰς ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐστω ὅτι ὁ τροχὸς φέρει μ ὀδόντας· ἄρα ἔχει καὶ μ διάκενα. Ἐὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίῃ συνεχῶς αὐξανόμενη, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει τὸ ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιστρέφον φῶς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι, καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς διέτρεξε τὸ διάστημα $AB + BA = 2 \cdot AB$, εἰς ὁδοῦς τοῦ τροχοῦ μετεκινήθη καὶ κατέλαβε τὴν θέσιν τοῦ προηγουμένου διακένου (διὰ τοῦ ὁποίου διῆλθε τὸ φῶς βαῖνον πρὸς τὸ κάτοπτρον Κ). Ἐὰν κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ εἶναι ν, τότε τὸ φῶς, διὰ νὰ διατρέξῃ τὸ διάστημα 2s, χρειάζεται χρόνον : $t = \frac{1}{2\nu \cdot \mu}$



Σχ. 8. Μέτρησης τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός κατὰ τὴν μέθοδον τοῦ Fizeau.

Ἐπομένως ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι :

$$c = \frac{2 \cdot s}{t} = \frac{2 \cdot s}{\frac{1}{2\nu \cdot \mu}} = 4\nu \cdot \mu \cdot s$$

Μὲ τὴν ἀνωτέρω μέθοδον ὁ Fizeau εὗρεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα εἶναι : 300 000 km/sec.

γ) Νεώτεροι μετρήσεις τῆς ταχύτητος τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός. Ὁ Foucault (1854), τελειοποιήσας τὴν μέθοδον τοῦ Fizeau, κατώρθωσε νὰ μετρήσῃ ἐντὸς τοῦ ἐργαστηρίου τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός διὰ μέσου διαφόρων διαφανῶν σωμάτων (ἀέρος, ὕδατος, ὕδαλου κ.λ.). Οὕτως εὗρεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι ἴση μὲ τὰ 3/4 τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα. Αἱ νεώτεροι μετρήσεις ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς τὸ κενὸν καὶ κατὰ μεγάλην προσέγγισιν εἰς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ἡ αὐτὴ διὰ τὰ διάφορα χρώματα. Ἀπὸ τὰς διαφόρους λοιπὸν μετρήσεις εὐρέθη ὅτι :

I. Εἰς τὸ κενὸν ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι 300 000 km/sec (ἀκριβέστερον εἶναι : $c_0 = 299\,790$ km/sec).

II. Εἰς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐλάχιστα διαφέρει ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν.

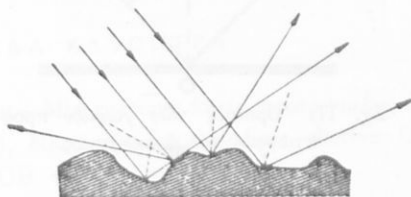
III. Εἰς τὰ διαφανῆ ὑλικά μέσα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι μικρότερα ἀπὸ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν.

Τὸ φῶς, διὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τὸν ἥλιον εἰς τὴν Γῆν, χρειάζεται 8,5 min. Ὁ πλησιέστερος πρὸς τὴν Γῆν ἀπλανὴς εἶναι ὁ αὐτοῦ Κενταύρου, καὶ ἀπέχει ἀπὸ τὴν Γῆν 4,3 ἔτη φωτός· ὁ Σείριος ἀπέχει 8,6 ἔτη φωτός, οἱ ἀστέρες τοῦ Γαλαξίου ἀπέχουν 3 000 — 10 000 ἔτη φωτός, οἱ δὲ ἔξω τοῦ Γαλαξίου εὐρισκόμενοι νεφελοειδεῖς ἀπέχουν ἀπὸ ἡμῶν ἐκατομμύρια ἑτῶν φωτός.

Σημείωσις. Αἱ ἀνωτέρω δοθεῖσαι τιμαὶ 1000 δευτερόλεπτα καὶ 42,5 ὥραι (ἀκριβὴς τιμὴ 42 h 8 min 32 sec) εἶναι τιμαὶ κατὰ προσέγγισιν, χάριν ἀπλότητος κατὰ τὸν ὑπολογισμόν. Οὕτω καὶ ἡ εὐρεθεῖσα τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός $c = 300\,000$ km/sec εἶναι κατὰ προσέγγισιν. Ἡ ἀκριβὴς τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν εἶναι : 299 790 km/sec.

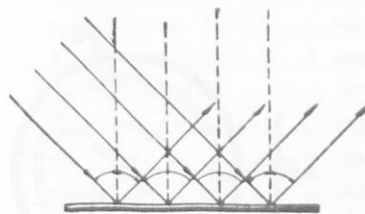
ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

7. Διάχυσις και ανάκλασις.—Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου μία λεπτὴ δέσμη ἡλιακοῦ φωτός. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν τεμάχιον λευκοῦ χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου καὶ ἂν σταθῶμεν, διακρίνομεν τὸν λευκὸν χάρτην. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ χάρτης διασκορπίζει πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτοῦ (σχ. 9). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις** τοῦ φωτός.



Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμάλου ἐπιφανείας.

Ἔνεκα τῆς διαχύσεως γίνονται ὁρατὰ ὅλα τὰ περίξ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας προκαλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἡλιακοῦ φωτός παρεμβάλωμεν μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν



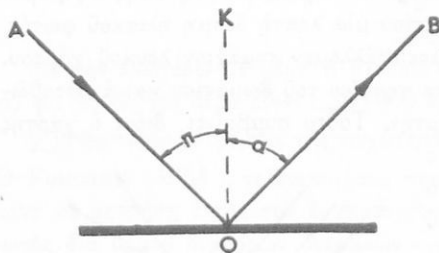
Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας.

μεταλλικὴν πλάκα, τότε ἡ προσπίπτουσα φωτεινὴ δέσμη ἀλλάσσει πορείαν καὶ κατευθύνεται πρὸς ὡρισμένην διεύθυνσιν (σχ. 10). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάκλασις** τοῦ φωτός. Ὡστε ἡ διάχυσις συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ τραχείας καὶ ἀνωμάλου ἐπιφανείας, ἐνῷ ἡ ἀνάκλασις συμβαίνει,

ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ λείας καὶ στιλπνῆς ἐπιφανείας. Ἀλλὰ καὶ μία λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἔχει πάντοτε μικρὰς ἀνωμαλίας, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν μικρὰν διάχυσιν. Τοῦτο καταφαίνεται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλὶς, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἐπὶ τῆς μεταλλικῆς πλακός, εἶναι ὁρατὴ ἀπὸ οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου παρατηροῦμεν τὴν πλάκα.

8. Ὁρισμοί.—Αἱ λεῖαι καὶ στιλπναὶ ἐπιφάνειαι, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀνάκλασιν τοῦ φωτός, καλοῦνται **κάτοπτρα**. Ἀναλόγως τῆς

μορφῆς, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια, διακρίνομεν διάφορα εἶδη κατόπτρων : ἐπίπεδα, σφαιρικά, κυλινδρικά, παραβολικά κάτοπτρα.

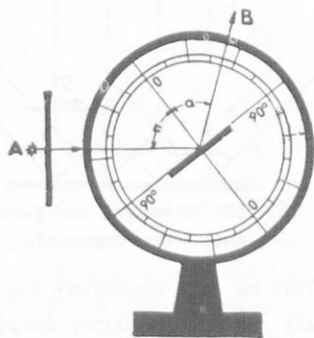


Σχ. 11. Ὅρισμός τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.

Ἡ ἀκτὶς AO καλεῖται **προσπίπτουσα** ἀκτὶς, ἡ δὲ ἀκτὶς OB καλεῖται **ἀνακλωμένη** ἀκτὶς (σχ. 11). Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως O φέρωμεν τὴν KO κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, τότε σχηματίζονται ἡ **γωνία προσπτώσεως** $\text{AOK} = \pi$ καὶ ἡ **γωνία ἀνακλάσεως**

$\text{BOK} = \alpha$. Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς AO καὶ ἡ κάθετος KO, καλεῖται **ἐπίπεδον προσπτώσεως**.

9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.—Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ ὠρισμένους νόμους, τοὺς ὁποίους δυνάμεθα νὰ εὗρωμεν κατὰ προσέγγισιν μὲ τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 12. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ κατακόρυφον γωνιομετρικὸν κύκλον, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένον μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον. Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς διαβιβάζεται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου λεπτή φωτεινὴ δέσμη. Ἡ ἀνακλωμένη λεπτή δέσμη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας μόνον, ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς μας εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται καὶ ἡ προσπίπτουσα δέσμη. Ὡστε ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου. Ἐὰν μεταβάλλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως π , εὐρίσκομεν ὅτι ἡ γωνία ἀνακλάσεως α εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Αἱ μετρήσεις ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἀπέδειξαν τοὺς ἑξῆς **νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός** :



Σχ 12. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

I. Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

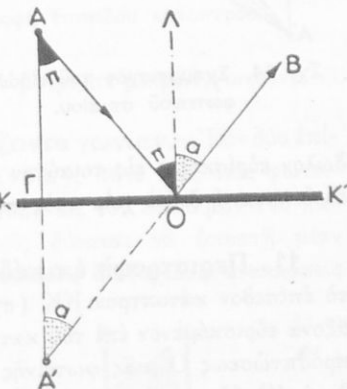
II. Ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Ἐφαρμογὴν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως ἔχομεν εἰς τὰ διάφορα κάτοπτρα.

Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

10. Ἐπίπεδον κάτοπτρον.—Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, προερχομένη ἀπὸ φωτεινὸν σημεῖον Α (σχ. 13), δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτὶνα Ο

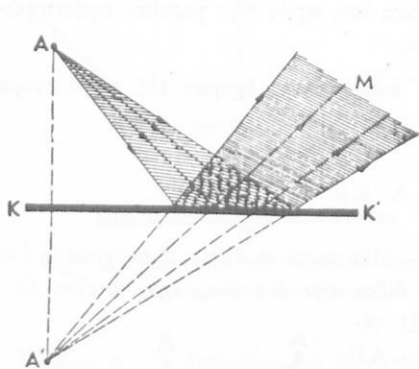
Ἡ προέκτασις τῆς ἀκτίνος ΟΒ τέμνει τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου ΑΓ εἰς τὸ σημεῖον Α'. Εὐκόλως συνάγεται ὅτι τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα ΑΓΟ καὶ Α'ΓΟ εἶναι ἴσα καὶ ἐπομένως εἶναι $ΑΓ = Α'Γ$. Εἰς τὸ συμπέρασμα τοῦτο καταλήγομεν δι' οἰανδήποτε ἀκτὶνα προερχομένην ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α. Οὕτως αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον Α' (σχ. 14). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κορυφὴ τῆς κωνικῆς δέσμης, ἡ ὁποία προκύπτει μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς προσπίπτουσας δέσμης. Τὸ σημεῖον Α' καλεῖται **εἰδῶλον** τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α καὶ ἐπειδὴ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς φανταστικὰς προεκτάσεις τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων καλεῖται **φανταστικὸν εἰδῶλον**. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου Α'Β' ἐνὸς ἀντικείμενου ΑΒ φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :



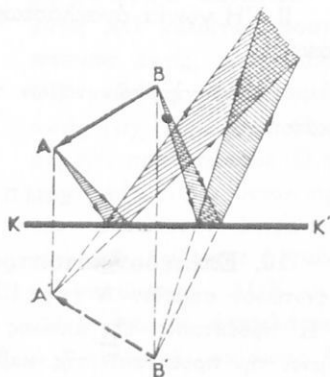
Σχ. 13. Ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου.

Τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον σχηματίζει εἰδῶλον φανταστικόν, τὸ ὁποῖον εἶναι ὀρθόν, ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ συμμετρικόν τούτου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

Τὸ εἶδωλον καὶ τὸ ἀντικείμενον εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον, ἀλλὰ δὲν εἶναι ἐφαρμοσίμα· ἤτοι τὸ εἶ-



Σχ. 14. Σχηματισμός τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου.



Σχ. 15. Σχηματισμός τοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου.

δωλον εὐρίσκεται εἰς τοιαύτην σχέσιν πρὸς τὸ ἀντικείμενον, εἰς ὅποιαν εὐρίσκεται ἡ δεξιὰ χεὶρ πρὸς τὴν ἀριστεράν.

11. Περιστροφή ἐπιπέδου κατόπτρου.— Ἀς θεωρήσωμεν ὅτι τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον KK (σχ. 16) στρέφεται κατὰ γωνίαν φ περὶ ἄξονα εὐρίσκόμενον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ σημείου προσπτώσεως O μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος AO , ἡ ὁποία διατηρεῖται σταθερά. Ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ κατόπτρου εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως KOA . Ὄταν τὸ κάτοπτρον στραφῇ κατὰ γωνίαν φ , ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς στρέφεται κατὰ γωνίαν :

$$\widehat{BOB'} = \widehat{AOB'} - \widehat{AOB}$$

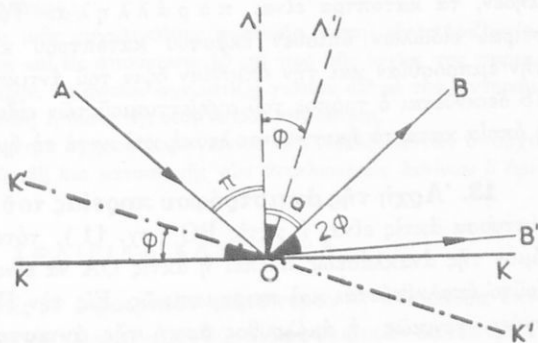
Ἐπειδὴ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως ἔχομεν :

$$\widehat{AOB} = 2 \cdot \widehat{AOA} = 2\pi, \quad \widehat{AOB'} = 2 \cdot \widehat{AOA'} = 2(\pi + \varphi)$$

Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$\widehat{BOB'} = 2(\pi + \varphi) - 2\pi \quad \text{ἤτοι} \quad \boxed{\widehat{BOB'} = 2\varphi}$$

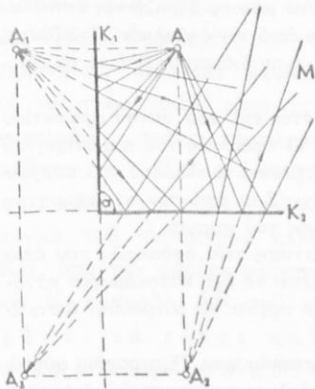
Όταν επίπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατά γωνίαν φ περί άξονα, κάθετον πρὸς τὸ επίπεδον προσπτώσεως σταθερᾶς άκτίνος, τότε ἡ ἀνακλωμένη άκτίς στρέφεται κατὰ διπλασίαν γωνίαν 2φ περί τὸν αὐτὸν άξονα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν.



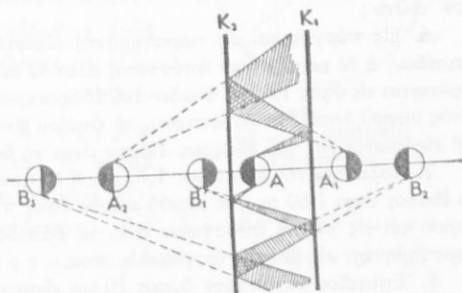
Σχ. 16. Στροφή επίπεδου κατόπτρου.

Ἡ άνωτέρω ιδιότης τοῦ ἐπίπεδου κατόπτρου χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν μικρῶν γωνιῶν.

12. Ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—Ἐάν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν, τότε ἡ ἐξ ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου προερχομένη δέσμη, πρὶν φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, δύναται νὰ ὑποστῇ μίαν ἢ περισσότερας διαδοχικὰς ἀνακλάσεις



Σχ. 17. Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.



Σχ. 18. Παράλληλα κάτοπτρα.

ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων (σχ. 17). Οὕτω σχηματίζονται πολλαπλᾶ εἰδῶλα καὶ μάλιστα τόσον περισσότερα, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία α

τὴν ὁποῖαν σχηματίζουν τὰ κάτοπτρα. Ἐὰν ἡ γωνία α εἶναι ἴση μὲ μηδέν, τὰ κάτοπτρα εἶναι παράλληλα. Τότε σχηματίζονται δύο σειραὶ εἰδώλων ὀπισθεν ἐκάστου κατόπτρου καὶ βλέπομεν ἐναλλάξ τὴν ἐμπροσθίαν καὶ τὴν ὀπισθίαν ὄψιν τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὸ σχῆμα 18 δεικνύεται ὁ τρόπος τοῦ σχηματισμοῦ τῶν εἰδώλων μιᾶς σφαίρας Α, ἡ ὁποία κατὰ τὸ ἥμισυ εἶναι λευκὴ καὶ κατὰ τὸ ἥμισυ μαύρη.

13. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.—Ἐὰν προσπίπτουσα ἀκτὶς εἶναι ἡ ἀκτὶς ΒΟ (σχ. 11), τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς ἀνακλάσεως πρέπει ἡ ἀκτὶς ΟΑ νὰ εἶναι ἀνακλωμένη ἀκτὶς. Τοῦτο ἐπαληθεύεται καὶ πειραματικῶς. Εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν ἰσχύει γενικῶς ἡ ἀκόλουθος **ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός**:

Ὅταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ὠρισμένον δρόμον, πάντοτε δύναται νὰ διατρέξῃ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς δρόμον, ἐὰν διαδοθῇ κατ' ἀντίθετον πορὰν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

5. Παρατηρητὴς βλέπει τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ ΑΒ μήκους 3 cm ἐντὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν. Ποῦ βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦ ὀφθαλμοῦ του; Ὑπὸ ποίαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦτο;

6. Εἰς πύργου καὶ εἰς παρατηρητὴς εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, ἡ δὲ μετὰ τῶν ἀπόστασις εἶναι 42 m. Ὁ ὀφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ εὐρίσκεται εἰς ὕψος 1,60 m ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους καὶ βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦ πύργου ἐντὸς μικροῦ ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον ἀπέχει 2 m ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν καὶ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ πύργου;

7. Παρατηρητὴς ἔχει ὕψος 1,70 m, ἡ δὲ ἀπόστασις τῶν ὀφθαλμῶν του ἀπὸ τὸ ἐδαφος εἶναι 1,60 m. Νὰ εὐρεθῇ πόσον ὕψος πρέπει νὰ ἔχῃ κατακόρυφον κάτοπτρον καὶ εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δάπεδον πρέπει νὰ στερεωθῇ, ὥστε ὁ παρατηρητὴς νὰ βλέπῃ τὸ εἶδωλόν του.

8. Ἐπίπεδον κάτοπτρον ὕψους 10 cm εἶναι κατακόρυφον. Ἐμπροσθεν αὐτοῦ καὶ εἰς ὀριζοντίαν ἀπόστασιν 20 cm εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος βλέπει ἐντὸς κατόπτρου κατακόρυφον τοῖχον εὐρισκόμενον ὀπισθεν αὐτοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν 2 m. Νὰ εὐρεθῇ τὸ ὕψος τοῦ τοίχου, τὸ ὁποῖον βλέπει ὁ παρατηρητὴς ἐντὸς τοῦ κατόπτρου.

9. Τετράγωνος αἵθουσα ἔχει πλευρὰν 5 m καὶ ὕψος 3,50 m. Ἀπὸ τὸ μέσον τῆς ὀροφῆς ἐξαρτᾶται ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ οὕτως, ὥστε νὰ ἀπέχῃ 50 cm ἀπὸ τὴν

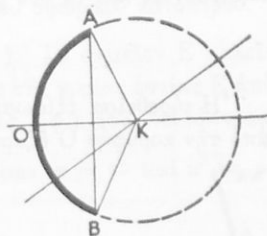
δροφὴν. Εἰς τὸ μέσον ἐνὸς τῶν τοίχων εὐρίσκεται κατακόρυφον ἐπίπεδον κατόπτρον, τὸ ὁποῖον ἔχει σχῆμα τετραγώνου καὶ πλευρὰν 50 cm. Πόση ἐπιφάνεια τοῦ δαπέδου φωτίζεται ἐξ ἀνακλάσεως;

10. Ἡ κεντρικὴ ἀκτὶς μιᾶς συγκλινούσης φωτεινῆς δέσμης εἶναι ὁριζοντία. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 cm πρὸ τῆς ἐστίας τῆς παρεμβάλλεται ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὴν κεντρικὴν ἀκτῖνα τῆς δέσμης. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τῆς νέας ἐστίας τῆς δέσμης.

11. Δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν 45° . Μεταξύ αὐτῶν ὑπάρχει φωτεινὸν σημεῖον Σ. Νὰ εὐρεθῇ διὰ κατασκευῆς τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων.

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὁρισμοί.—Εἰς τὸ **σφαιρικὸν κάτοπτρον** ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρική. Διακρίνομεν δύο εἴδη σφαιρικῶν κατόπτρων: τὰ **κοίλα** σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοίλῃ καὶ τὰ **κυρτὰ** σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή. Τὸ μέσον Ο τοῦ κατόπτρου (σχ. 19) καλεῖται **κορυφὴ** τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ κέντρο Κ τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καλεῖται **κέντρο καμπυλότητος** τοῦ κατόπτρου. Ἡ εὐθεῖα, ἡ διερχομένη διὰ τῆς κορυφῆς καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα, διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, καλεῖται **δευτερεύων ἄξων**. Διὰ νὰ σχηματισθῇ εὐκρινὲς εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου, πρέπει νὰ πληροῦνται αἱ ἐξῆς συνθῆκαι. α) Τὸ κάτοπτρον πρέπει νὰ ἔχῃ μικρὸν ἄνοιγμα· ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου καλεῖται ἡ γωνία ΑΚΒ, ὑπὸ τὴν ὁποίαν φαίνεται ἐκ τοῦ κέντρου Κ ἡ χορδὴ ΑΒ τοῦ κατόπτρου. β) Τὸ ἀντικείμενον πρέπει νὰ εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ πλησίον αὐτοῦ.



Σχ. 19. Σφαιρικὸν κάτοπτρον.

Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι πληροῦνται πάντοτε αἱ δύο ἀνωτέρω συνθῆκαι. Ἐπίσης θὰ θεωροῦμεν εἰς τὰ κατωτέρω τομὴν τοῦ κατόπτρου διερχομένην διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος.

I. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

15. Εἰδῶλον φωτεινοῦ σημείου.—Ἐν φωτεινὸν σημεῖον Α εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κύριου ἄξονος κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου (σχ. 20). Πᾶσα φωτεινὴ ἀκτὶς προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου Α ἀνακλᾶται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου σχηματίζουσα ἴσας γωνίας ($\alpha = \alpha'$) μετὰ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, δηλαδὴ μετὰ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. Οὕτως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς ἓν σημεῖον Α'. Εἰς τὸ τρίγωνον ΑΔΑ' ἢ ΔΚ εἶναι διχοτόμος τῆς γωνίας Δ καὶ ἐπομένως ἔχομεν τὴν σχέσιν :

$$AK : A'K = AD : A'D \quad (1)$$

Ἐπειδὴ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρὸν, τὸ σημεῖον Δ εὐρίσκεται πλησίον τῆς κορυφῆς Ο. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ λάβωμεν κατὰ προσέγγισιν $AD = AO = \pi$ καὶ $A'D = A'O = \pi'$. Τότε ἡ σχέση (1) γράφεται :

$$\frac{AK}{A'K} = \frac{AO}{A'O} \quad \eta \quad \frac{\pi - R}{R - \pi'} = \frac{\pi}{\pi'}$$

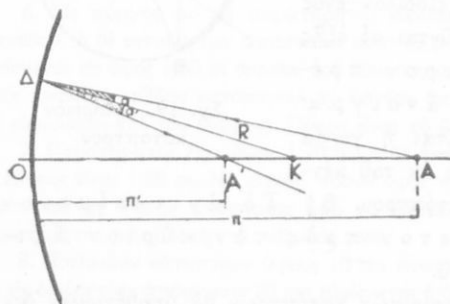
Ἀπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν εὐρίσκομεν :

$$\pi\pi' - \pi'R = \pi R - \pi\pi' \quad \eta \quad \pi'R + \pi R = 2\pi\pi'$$

Διαιροῦντες καὶ τὰ δύο μέλη τῆς ἐξισώσεως διὰ $\pi\pi'R$ εὐρίσκομεν :

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{2}{R} \quad (2)$$

Ἡ εὐρεθεῖσα ἐξίσωσις δεικνύει ὅτι ἡ ἀπόστασις π' τοῦ σημείου Α' ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν π τοῦ φωτεινοῦ



Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου φωτεινοῦ σημείου.

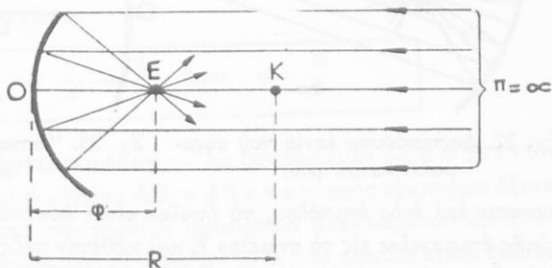
σημείου Α. Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὴν θέσιν Α',

σημείου ἀπὸ τὸ κατόπτρον καὶ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου. Ἐπομένως ὅλαι αἱ ἐκ τοῦ σημείου Α ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, ἐφ' ὅσον προσπίπτουν πλησίον τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, διέρχονται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των διὰ τοῦ σημείου Α'. Τὸ σημεῖον Α' εἶναι τὸ **πραγματικὸν εἰδῶλον** τοῦ φω-

τότε, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται εἰς τὴν θέσιν Α. Ὡστε τὰ σημεῖα Α καὶ Α' εἶναι συζυγῆ σημεῖα.

Εἶναι φανερόν ὅτι, ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Α τεθῇ εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ εἶδωλόν Α' θὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν ἰδίαν θέσιν· δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλόν του συμπίπτουν.

16. Κυρία ἐστία.— Ἀς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον Α μετακινούμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος συνεχῶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, ὥστε τελικῶς αἱ ἐκ τοῦ σημείου Α προερχόμεναι ἀκτίνες νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τότε ὅλαι αἱ ἀνακλῶμεναι ἀκτίνες διέρχονται



Σχ. 21. Κυρία ἐστία κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

διὰ τοῦ σημείου Ε τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 21). Τὸ σημεῖον Ε καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου. Ἡ ἀπόστασις τῆς κυρίας ἐστίας Ε ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο καλεῖται **ἐστιακὴ ἀπόστασις** (φ) τοῦ κατόπτρου.

Ἐὰν εἰς τὴν ἐξίσωσιν $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{2}{R}$ θέσωμεν $\pi = \infty$ καὶ $\pi' = \varphi$,

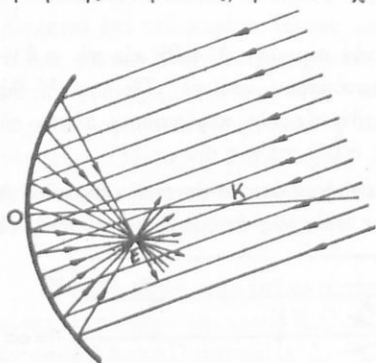
εὐρίσκομεν: $\frac{1}{\varphi} = \frac{2}{R}$. Ἀρα:

Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἰσοῦται μὲ τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

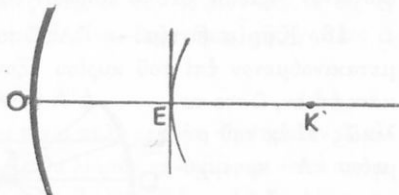
ἐστιακὴ ἀπόστασις: $\varphi = \frac{R}{2}$

17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.— Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν δέσμην ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ὅλαι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτίνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των, διέρχονται δι' ἑνὸς σημείου Ε' τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος· τὸ σημεῖον Ε' εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν $\varphi = R/2$ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ καλεῖται **δευτερεύουσα ἐστία** (σχ. 22).

Ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαὶ τοῦ κατόπτρου εὐρίσκονται ἐπὶ μιᾷ σφαιρικῇ ἐπιφανείᾳ, ἥ ὅποια ἔχει κέντρον τὸ Κ καὶ ἀκτῖνα $R/2$. Ἐπειδὴ δὲ μὲν τὸ κατόπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος, θυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαὶ εὐρί-



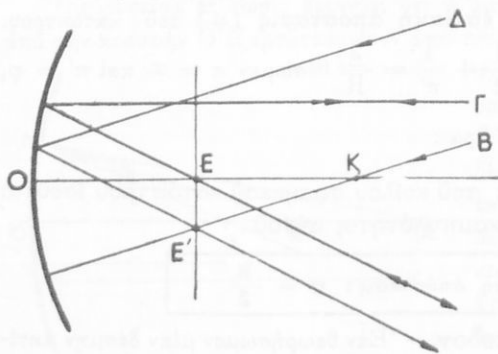
Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἐστία τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 23. Ἑστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου.

σκονται ἐπὶ ἐνὸς ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφαπτόμενον τῆς σφαιρικῆς αὐτῆς ἐπιφανείας εἰς τὸ σημεῖον Ε καὶ κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα· τὸ ἐπίπεδον τοῦτο καλεῖται **ἐστιακὸν ἐπίπεδον** τοῦ κατόπτρου (σχ. 23).

18. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων καὶ θέσις τοῦ εἰδώλου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ κατωτέρω συμπεράσματα ἐν σχέσει μὲ τὴν



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

πορείαν μερικῶν ἀκτίνων (σχ. 24) καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου Α' ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος :

I. Ὄταν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ἀντιστρόφως τὴν ἰδίαν πορείαν.

II. Ὄταν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας.

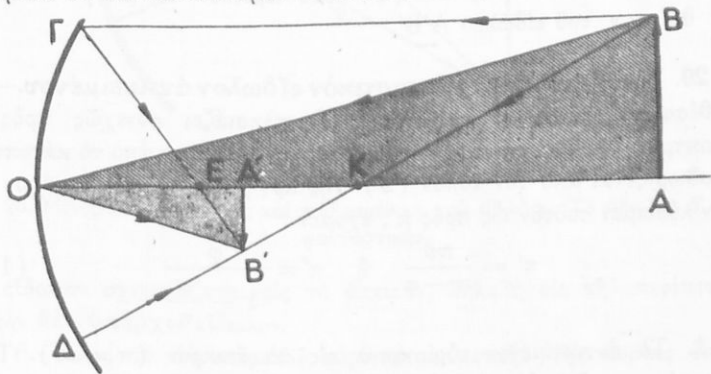
III. Όταν η προσπίπτουσα ακτίς διέρχεται διά της κυρίας έστιας, η ανακλωμένη ακτίς είναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

IV. Όταν μία ακτίς προσπίπτῃ παράλλῳως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, η ἀνακλωμένη ακτίς διέρχεται διά τῆς ἀντιστοίχου δευτερευούσης έστιας, ἡ ὁποία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ έστιακοῦ ἐπιπέδου.

V. Όταν φωτεινὸν σημεῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος· αἱ ἀποστάσεις τοῦ φωτεινοῦ σημείου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον συνδέονται μὲ τὴν σχέσηιν:

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi} \quad \text{ὅπου} \quad \varphi = \frac{R}{2}$$

19. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—* Ἀς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 25). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὠρισμένων ἀνακλωμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον A'B', τὸ ὁποῖον εἶναι ἐπίσης



Σχ. 25. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτίνες BΓ καὶ BΔ διδουν τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας ΓB' καὶ ΔB', αἱ ὁποῖαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον B' τοῦτο εἶναι τὸ εἶδωλόν τοῦ σημείου B. Τὰ εἶδωλα ὅλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας A'B', ἡ ὁποία

είναι κάθετος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἶδωλον $A'B'$ εἶναι **ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν**· συνεπῶς δυνάμεθα νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα AOB καὶ $A'OB'$ εὐρίσκομεν :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

Ὁ λόγος τοῦ μήκους (E) τοῦ εἰδώλου πρὸς τὸ μῆκος (A) τοῦ ἀντικειμένου καλεῖται **γραμμικὴ μεγέθυνσις**. Ἐὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν $OA' = \pi'$ καὶ $OA = \pi$, τότε τὸ **μέγεθος τοῦ εἰδώλου** προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{\pi'}{\pi} \quad \tilde{\eta} \quad \boxed{\frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}} \quad (1)$$

Αἱ ἀποστάσεις $OA = \pi$ καὶ $OA' = \pi'$ τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον δίδονται ἀπὸ τὴν γνωστὴν ἐξίσωσιν :

$$\boxed{\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}} \quad (2)$$

Οὕτως οἱ τύποι (1) καὶ (2) προσδιορίζουν τὸ μέγεθος καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου $A'B'$.

20. Πραγματικὸν ἢ φανταστικὸν εἶδωλον ἀντικειμένου.—Ἀς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον AB πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον (2) τῆς προηγουμένης παραγράφου 19. Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς π' , ἔχομεν :

$$\pi' = \frac{\pi\varphi}{\pi - \varphi} \quad \tilde{\eta} \quad \pi' = \frac{\varphi}{1 - \frac{\varphi}{\pi}} \quad (1)$$

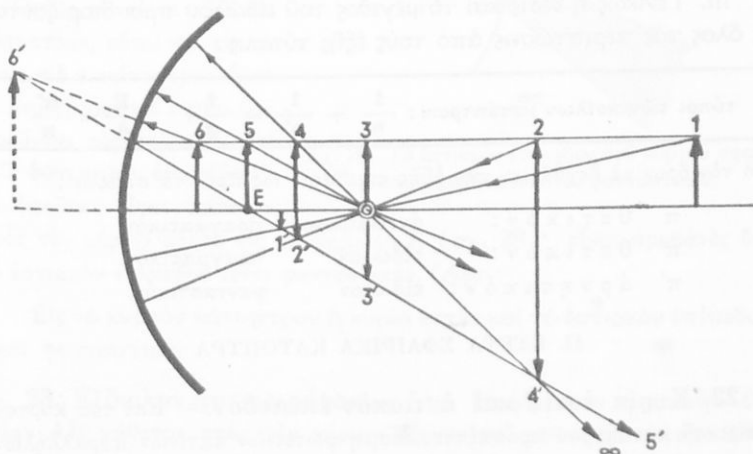
1. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($\pi = \infty$). Τότε εἶναι $\pi' = \varphi$, δηλαδή τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, εἶναι **πραγματικόν**, ἀλλ' εἶναι **σημεῖον**.

2. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος ($\pi > 2\varphi$). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς (σχ. 26) εὐρίσκεται ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος ($\varphi < \pi' < 2\varphi$), εἶναι δὲ **πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

3. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος ($\pi = 2\varphi$). Τότε εἶναι $\pi' = 2\varphi$, δηλαδή καὶ τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος, εἶναι δὲ **πραγματικόν, ἀνεστραμμένον** καὶ **ἴσον** μὲ τὸ ἀντικείμενον.

4. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρον καμπυλότητος ($\varphi < \pi < 2\varphi$). Τότε τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τοῦ κέντρον καμπυλότητος ($\pi' > 2\varphi$), εἶναι δὲ **πραγματικόν, ἀνεστραμμένον** καὶ **μεγαλύτερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

5. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν ($\pi = \varphi$). Τότε



Σχ. 26. Μεταβολὴ τῆς θέσεως καὶ τοῦ μεγέθους τοῦ εἰδώλου. Τὸ εἶδωλον 6' εἶναι φανταστικόν.

τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον, δηλαδή εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν **δὲν ὑπάρχει** εἶδωλον.

6. Τέλος τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου ($\pi < \varphi$). Τότε εἶναι $\frac{\varphi}{\pi} > 1$ καὶ ἀπὸ τὸν τύπον (1) συνάγεται ὅτι τὸ π' ἔχει ἀρνητικὴν τιμὴν ($\pi' < 0$). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς εὐρίσκεται ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι **φανταστικόν, ὀρθὸν** καὶ **μεγαλύτερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

21. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοῖλα κάτοπτρα.— Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα γενικά συμπεράσματα διὰ τὰ **κοῖλα σφαιρικά κάτοπτρα** :

I. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας, καὶ τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας, εἶναι δὲ πάντοτε **πραγματικὸν** καὶ **ἀνεστραμμένον**.

II. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπίσθεν αὐτοῦ, εἶναι δὲ πάντοτε **φανταστικόν**, ὀρθόν καὶ **μεγαλύτερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

III. Γενικῶς ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου προσδιορίζονται εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις ἀπὸ τοὺς ἐξῆς τύπους :

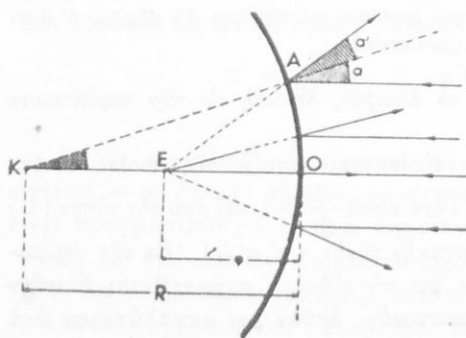
$$\text{τύποι τῶν κοίλων κατόπτρων : } \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

ὑπὸ τὸν ὅρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἐξῆς σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

π	θετικόν :	ἀντικείμενον	πραγματικόν
π'	θετικόν :	εἶδωλον	πραγματικόν
π'	ἀρνητικόν :	εἶδωλον	φανταστικόν.

II. ΚΥΡΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

22. Κυρία ἐστία καὶ ἐστιακὸν ἐπίπεδον.— Ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων **παρallήλων**



Σχ. 27. Ἡ κυρία ἐστία τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι φανταστική.

πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 27). Τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρὸν καὶ ἐπομένως δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὅτι κατὰ προσέγγισιν εἶναι $EO = EA$. Τὸ τρίγωνον KEA εἶναι ἰσοσκελές. Ἀρα εἶναι $EK = EA$ ἢ κατὰ προσέγγισιν :

$$EK = EO = \frac{R}{2}. \text{ Ὅλοι λοι-}$$

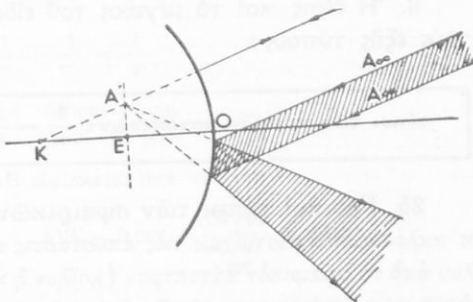
πὸν αἱ ἀνακλῶμεναι ἀκτῖνες φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ

τὴν **φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν** E , ἥ ὁποία εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. "Ωστε :

Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἰσοῦται μὲ τὸ ἡμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

$$\text{ἐστιακὴ ἀπόστασις : } \varphi = \frac{R}{2}$$

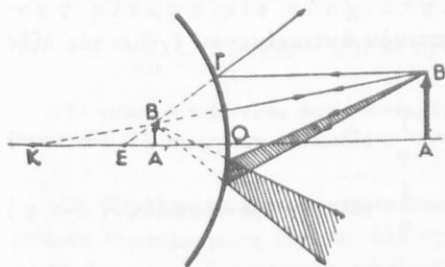
"Οπως εἰς τὸ κοῖλον κάτοπτρον, οὕτω καὶ εἰς τὸ κυρτὸν κάτοπτρον ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαι θεωροῦνται εὑρισκόμεναι ἐπὶ τοῦ **ἐστιακοῦ ἐπιπέδου**, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον E (σχ. 28)· εἶναι προφανές ὅτι τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον εἶναι φανταστικόν. "Αρα :



Σχ. 28. Τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι φανταστικόν.

Εἰς τὸ κυρτὸν κάτοπτρον ἡ κυρία ἐστία καὶ τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον εἶναι φανταστικά.

23. Εἶδωλον ἀντικειμένου.— Ἐὰς θεωρήσωμεν φωτεινὴν εὐθεῖαν AB κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου (σχ. 29).



Σχ. 29. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

Αἱ ἀκτίνες, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κυρίου ἄξονος ἢ οἰσυδῆποτε δευτερεύοντος ἄξονος, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. Ἐργαζόμενοι λοιπόν, ὅπως καὶ εἰς τὰ κοῖλα κάτοπτρα, κατασκευάζομεν τὸ εἶδωλον $A'B'$. Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται ὅπ

ισθεν τοῦ κατόπτρου, εἶναι δὲ πάντοτε ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. "Ωστε :

I. Εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα τὸ εἶδωλον εἶναι πάντοτε φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, σχηματίζεται δὲ πάντοτε μεταξὺ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του.

II. Ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου προσδιορίζονται ἀπὸ τοὺς ἐξῆς τύπους :

$$\text{τύποι τῶν κυρτῶν κατόπτρων: } \frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = -\frac{\pi'}{\pi}$$

25. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.— Ἐὰν π καὶ π' καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον (κοῖλον ἢ κυρτόν), E καὶ A καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς γραμμικὰς διαστάσεις τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου, τὸ ὅποῖον θεωροῦμεν καθεστὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τότε εἰς ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ἰσχύουν οἱ ἀκόλουθοι **γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων :**

$$\text{γενικοὶ τύποι σφαιρικῶν κατόπτρων: } \varphi = \frac{R}{2}, \quad \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι θὰ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικοὺς τοὺς ὅρους, οἱ ὅποιοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά. Οὕτω διὰ **πραγματικὸν ἀντικείμενον** ἔχομεν τὰς ἐξῆς περιπτώσεις :

$$\left. \begin{array}{l} \text{κοῖλον σφαιρικὸν} \\ \text{κάτοπτρον} \\ (\varphi > 0) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi} \text{ εἶδωλον πραγματικὸν } (\pi > \varphi) \\ \frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi} \text{ εἶδωλον φανταστικὸν } (\pi < \varphi) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{κυρτὸν σφαιρικὸν} \\ \text{κάτοπτρον} \\ (\varphi < 0) \end{array} \quad \frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi} \text{ εἶδωλον φανταστικὸν } (\pi' < 0)$$

Παράδειγμα 1) Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτῖνα καμπυλότητος $R = 60 \text{ cm}$. Καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοποθετεῖται εὐθεῖα AB μήκους

5 cm, εις απόστασιν 40 cm από τὸ κάτοπτρον. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου εἶναι :

$$\varphi = \frac{R}{2} = 30 \text{ cm}$$

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$$

εὐρίσκωμεν :

$$\pi' = \frac{\varphi \cdot \pi}{\pi - \varphi} = \frac{30 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm}}{(40 - 30) \text{ cm}} = 120 \text{ cm}$$

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου AB εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{\pi'}{\pi} \quad \text{ἄρα : } A'B' = 5 \text{ cm} \cdot \frac{120 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = 15 \text{ cm}$$

Τὸ εἶδωλον A'B' σχηματίζεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος, εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸν ἀντικείμενον AB.

2) Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτῖνα καμπυλότητος $R = 16 \text{ cm}$. Καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοποθετεῖται φωτεινὴ εὐθεῖα AB μήκους 10 cm, εις ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου εἶναι $\varphi = 8 \text{ cm}$. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi} \quad \text{ἔχομεν : } \pi' = \frac{\varphi \cdot \pi}{\varphi + \pi} = \frac{8 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm}}{(8 + 20) \text{ cm}} = \frac{160 \text{ cm}}{28 \text{ cm}} = 5,7 \text{ cm}$$

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου A'B' εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{\pi'}{\pi} \quad \text{ἄρα : } A'B' = 10 \text{ cm} \cdot \frac{5,7 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 2,85 \text{ cm}$$

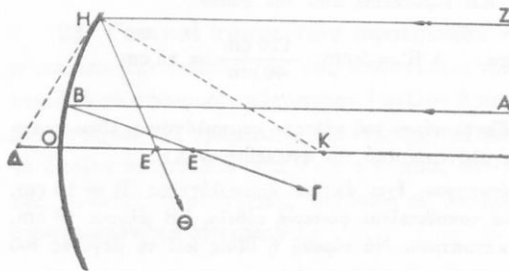
Τὸ εἶδωλον A'B' εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον AB.

25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.— Τὰ ἀνωτέρω εὑρεθέντα συμπεράσματα ἰσχύουν, ἐὰν πραγματοποιοῦνται οἱ ἐξῆς ὅροι :

α) τὸ ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ β) αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Ὅταν εἷς ἐκ τῶν δύο τούτων ὅρων δὲν πραγματοποιῶνται, τότε αἱ ἐξ ἑνὸς σημείου τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των ἐπὶ τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρώνονται.

νονται εις ἓν σημεῖον καὶ ἔνεκα τούτου τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον δὲν εἶναι καθαρὸν.

α) Σφαιρική ἐκτροπή. Εἰς ἓν κατόπτρον μεγάλου ἀνοίγματος (σχ. 30) ἡ πλησίον τῆς περιφερείας τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς ΖΗ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ΗΘ· αὕτη τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ μέσον τῆς ΚΔ. Ὅσον περισσότερον ἀπομακρύνεται τὸ σημεῖον προσπτώσεως Η ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο τοῦ κατόπτρου, τόσον περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὴν κορυφὴν τὸ σημεῖον Ε', δηλα-

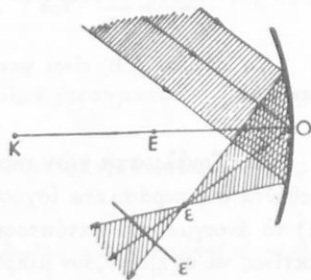


Σχ. 30. Σφαιρική ἐκτροπή.

δὴ ἡ τομὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος καὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Οὕτω διὰ τὰς ἀκτίνες, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν μακρὰν τῆς κορυφῆς, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι γενικῶς μικροτέρα τοῦ ἡμίσεος τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος

($\varphi < \frac{R}{2}$). Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων μεγάλου ἀνοίγματος ὀνομάζεται **σφαιρική ἐκτροπή**.

β) Ἀστigmatική ἐκτροπή. Ἐπὶ ἑνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀδιαφόρως ἂν τοῦτο εἶναι μικροῦ ἢ μεγάλου ἀνοίγματος, προσπίπτει φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων σχηματίζουσα μεγάλην γωνίαν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 31). Αἱ ἀνακλωμέναι ἀκτίνες δὲν σχηματίζουν κωνικὴν δέσμην, ἀλλὰ διέρχονται διὰ δύο μικρῶν εὐθειῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι κάθετοι μεταξύ των καὶ δὲν εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου· αἱ δύο αὐταὶ μικραὶ εὐθεῖαι καλοῦνται **ἐστιακαὶ γραμμαί**. Εἰς τὸ σχῆμα 31 ἡ μὲν ἐστιακὴ γραμμὴ ε εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, ἡ δὲ ἐστιακὴ γραμμὴ ε' εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπι-



Σχ. 31. Ἀστigmatική ἐκτροπή.

πέδου του σχήματος. Τò ἐλάττωμα τοῦτο τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων καλεῖται **ἀστιγματική ἐκτροπή**.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

12. Ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου κατόπτρου καὶ εἰς ἀπόστασιν δεκαπλάσιαν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως φ εὐρίσκεται φωτεινὸν σημεῖον. Πόσον ἀπέχει τὸ εἶδωλον ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν;

13. Κοῖλον σφαιρικὸν κατόπτρον ἔχει ἀκτίνα καμπυλότητος 40 cm. Ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ ἀντικείμενον AB, διὰ νὰ λάβωμεν εἶδωλον πραγματικὸν τρεῖς φορές μεγαλύτερον ἢ τέσσερας φορές μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου;

14. Κοῖλον σφαιρικὸν κατόπτρον ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ . Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον πρέπει νὰ τεθῇ ἀντικείμενον, διὰ νὰ λάβωμεν εἶδωλον φανταστικὸν διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου ἢ εἶδωλον πραγματικὸν διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου;

15. Κοῖλον σφαιρικὸν κατόπτρον δίδει ὀρθὸν εἶδωλον 5 φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον εἶναι 80 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κατόπτρον καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου.

16. Παρατηρητὴς βλέπει τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ AB μήκους 3 cm ἐντὸς κοίλου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν· ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου εἶναι 12 cm. Ὑπὸ ποίαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦτο; Νὰ συγκριθῇ ἡ φαινομένη αὐτὴ διάμετρος τοῦ εἰδώλου πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον θὰ ἐσχηματίζετο ὑπὸ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου εὐρισκομένου εἰς τὴν ἰδίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν.

17. Ἀντικείμενον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ ἓνα τοῖχον. Νὰ εὐρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν κοῖλον κατόπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως $\varphi = 20$ cm, διὰ νὰ λάβωμεν ἐπὶ τοῦ τοίχου εὐκρινὲς εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

18. Ἡ μέση φαινομένη διάμετρος τῆς Σελήνης εἶναι 31'. Πόση εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ εἰδώλου τῆς Σελήνης, τὸ ὁποῖον δίδει κοῖλον κατόπτρον ἐστιακῆς ἀποστάσεως 12,90 m;

19. Ἐν φωτεινὸν σημεῖον A ἀπέχει 40 cm ἀπὸ κοῖλον κατόπτρον K ἐστιακῆς ἀποστάσεως 30 cm. Καθέτως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κατόπτρου τοῦτου τοποθετεῖται ἐπίπεδον κατόπτρον K'. Ποῦ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ τὸ κατόπτρον τοῦτο, ὥστε αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ A', ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν διαδοχικῶς ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων, νὰ συγκεντρῶνονται εἰς τὸ σημεῖον A;

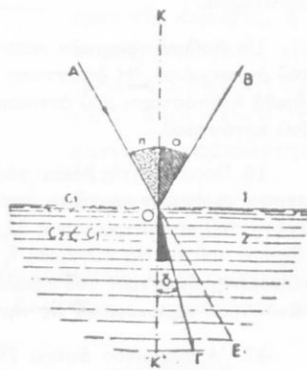
20. Κυρτὸν σφαιρικὸν κατόπτρον δίδει εἶδωλον 8 φορές μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀν-

τικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον φαίνεται ὅτι εἶναι 80 cm. Νὰ εὐρεθοῦν ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου.

21. Δύο σφαιρικά κάτοπτρα, τὸ ἐν κυρτὸν M_1 καὶ τὸ ἄλλο κοίλον M_2 ἔχουν τὴν ἴδιαν ἀκτῖνα καμπυλότητος 20 cm. Οἱ κύριοι ἀξονές των συμπίπτουν, αἱ δὲ κατοπτρικαὶ ἐπιφάνειαι των εἶναι ἡ μία ἀπέναντι τῆς ἄλλης οὕτως, ὥστε αἱ κορυφαὶ των νὰ ἀπέχουν 40 cm. Εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς τοποθετεῖται φωτεινὸν ἀντικείμενον. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἀκτίνων πρῶτον ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ καὶ ἔπειτα ἐπὶ τοῦ κοίλου κατόπτρου.

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

26. Ὁρισμός.—"Ὅταν μία λεπτὴ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων (μονοχρόου φωτός) προσπίπτῃ πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ δύο διαφανῶν μέσων, τότε μέρος μὲν τοῦ φωτός ἀνακλᾶται, ἄλλο δὲ μέρος τοῦ φωτός εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ δευτέρου διαφανοῦς μέσου. Ἡ ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου εἰσερχομένη ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ὠρισμένην διεύθυνσιν, ἡ ὁποία δὲν συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος (σχ. 32). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ γωνία $\Gamma Ο Κ'$ καλεῖται γωνία διαθλάσεως.



Σχ. 32. Διάθλασις τοῦ φωτός.

27. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—Ἐκ τῆς μελέτης τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός εὐρέθησαν οἱ ἀκόλουθοι **νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός**:

I. Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

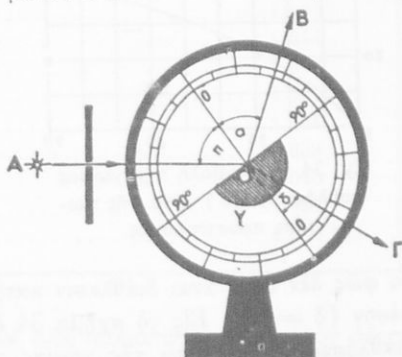
II. Ὁ λόγος τοῦ ἡμίτονου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι σταθερὸς καὶ καλεῖται δει-

κτης διαθλάσεως· οὗτος ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ μέσα :

$$\text{δείκτης διαθλάσεως : } n_{1,2} = \frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} = \frac{c_1}{c_2}$$

Ὁ δείκτης διαθλάσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός ἀποδεικνύονται πειραματικῶς μὲ τὴν συσκευὴν, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ σχῆμα 33. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου δίσκου τοποθετεῖται ὕαλινος ἡμικύλινδρος Υ'. Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς προσπίπτει εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος τοῦ κατακορύφου δίσκου. Τὸ φῶς, εἰσερχόμενον ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὴν ὑαλόν, ὑφίσταται διὰθλασιν· παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γωνία διαθλάσεως δ εἶναι μικρότερα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως π (ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον). Τὸ φῶς ἐξερχόμενον ἔπειτα ἀπὸ τὴν ὑαλόν εἰς τὸν ἀέρα $\delta \epsilon \nu$ ὑφίσταται διὰθλασιν, διότι προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς κυλινδρικής ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ τῶν δύο μέσων (εἶναι $\pi = 0^\circ$, ἄρα καὶ $\delta = 0^\circ$).



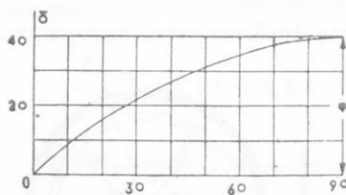
Σχ. 33. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

28. Ὅρικὴ γωνία.— Ἐκ τῶν δύο διαφανῶν μέσων ἐκεῖνο, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἔχει τὴν μικρότεραν τιμὴν, καλεῖται ὀπτικῶς πυκνότερον ἢ διαθλαστικώτερον. Οὕτω τὸ ὕδωρ, ἡ ὑαλὸς κ.ἄ. εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερα μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον δὲν εἶναι πάντοτε καὶ φυσικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ἄλλον μέσον· οὕτω τὸ οἶνόνπνευμα εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ὕδωρ. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον ἀναγνωρίζεται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι, ὅταν τὸ φῶς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου, ἡ σχηματι-

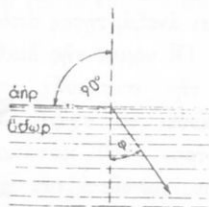
ῥομένη γωνία διαθλάσεως εἶναι πάντοτε μικρότερα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἄρα :

Ὅταν τὸ φῶς εἰσέρχεται εἰς ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον, ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον (σχ. 32).

Ἐὰν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως ($\pi = 0^\circ$) ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο μέσων (διαθλάσα ἐπιφάνεια), τότε



Σχ. 34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας διαθλάσεως (δ) μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως.



Σχ. 35. Ἡ ὀρικὴ γωνία ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν προσπτώσεως 90° .

τὸ φῶς δὲν ὑφίσταται διάθλασιν κατὰ τὴν εἰσοδὸν τοῦ εἰς τὸ δεύτερον μέσον ($\delta = 0^\circ$). Εἰς τὸ σχῆμα 34 δεικνύεται ἡ μεταβολὴ τῆς γωνίας διαθλάσεως συναρτήσῃ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Παρατηροῦμεν ὅτι, αὐξανομένης τῆς γωνίας προσπτώσεως π , αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ , ἀλλὰ παραμένει πάντοτε μικρότερα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ὅταν λοιπὸν ἡ γωνία προσπτώσεως π τείνῃ πρὸς τὴν ὀρικὴν τιμὴν 90° , ἡ γωνία διαθλάσεως τείνει πρὸς μίαν ὀρικὴν τιμὴν φ , ἡ ὁποία καλεῖται **ὀρικὴ γωνία** (σχ. 35). Ἡ τιμὴ τῆς ὀρικῆς γωνίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$v = \frac{\eta_{\mu 90^\circ}}{\eta_{\mu \varphi}} \quad \text{ἤ} \quad \boxed{\eta_{\mu \varphi} = \frac{1}{v}}$$

Τὸ ἡμίτονον τῆς ὀρικῆς γωνίας ἰσοῦται μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

29. Ἀπόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως.— Ὁ δείκτης διαθλάσεως, ὁ ὁποῖος ἀντιστοιχεῖ εἰς μετάβασιν τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸ κενὸν εἰς ἓν διαφανὲς σῶμα, καλεῖται **ἀπόλυτος δείκτης διαθλά-**

σεως τοῦ σώματος. Διὰ τὸν ἀέρα ὁ ἀπόλυτος δείκτης διαθλάσεως εἶναι 1,000 293. Εἰς τὴν πρᾶξιν λαμβάνομεν τὸν **σχετικὸν δείκτην διαθλάσεως** τοῦ σώματος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα καὶ ἀντιστοιχεῖ εἰς μεταβάσιν τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὸ θεωρούμενον σῶμα.

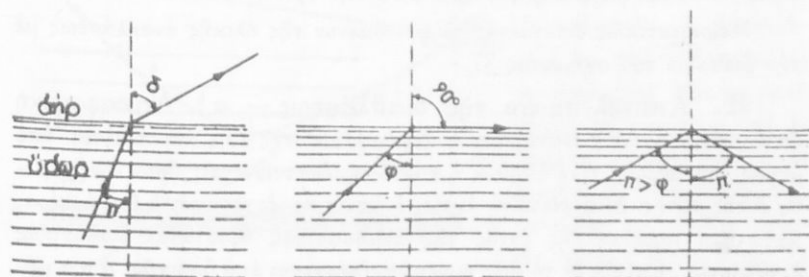
Δείκται διαθλάσεως ὡς πρὸς τὸν ἀέρα διὰ τὸ κίτρινον φῶς

Ἀδάμας	2,470
Διθειάνθραξ	1,629
Χλωριούχον νάτριον	1,544
Καναδικὸν βάλσαμον	1,540
Βενζόλιον	1,501
Οἰνόπνευμα	1,361
Ἰδωρ	1,333
Ἰαλος κοινὴ	1,540
Πυριτύαλος βαρεῖα	1,963
Ἀήρ	1,000 293

Ἀπὸ τὰς μετρήσεις εὐρέθη ὅτι :

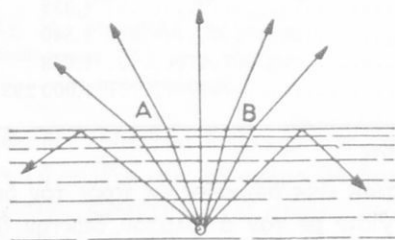
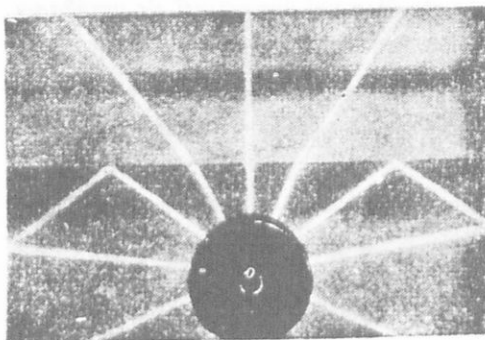
Ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως ἑνὸς σώματος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα ἰσοῦται κατὰ μεγάλην προσέγγισιν μὲ τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως τοῦ σώματος.

30. Ὀλικὴ ἀνάκλασις.—Ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον (π.χ. ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα), τότε συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ



Σχ. 36. Ὀλικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει, ὅταν εἶναι $\pi > \phi$.

φωτὸς ἢ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, δηλαδή ἡ γωνία διαθλάσεως εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ



Σχ. 37. Πειραματική διάταξις καὶ σχηματική παράστασις τῆς διατάξεως διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς τὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ὀρικὴν γωνίαν.

Πειραματικῶς δεικνύεται τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως μετὰ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 37.

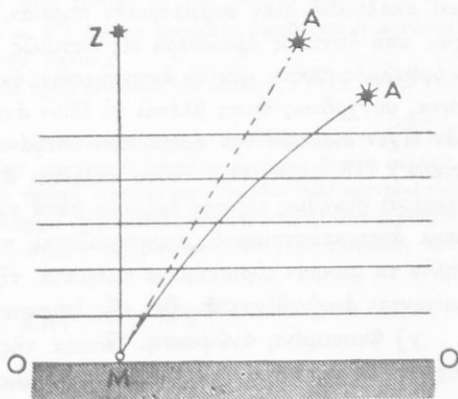
31. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.— α) Ἀτμοσφαιρική διάθλασις. Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα τῆς Γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώματα ἀέρος, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης ἐλαττώνεται, ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς αὐτῆς. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ ἕνα ἀστέρα, κατὰ τὴν πορείαν τῆς ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρᾶς ὑφίσταται διαδοχικὰς διαθλάσεις. Ἐπειδὴ δὲ τὸ φῶς συνεχῶς εἰσέρχεται ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον εἰς ὀπτικῶς πυκνότερον στρώμα, ἡ φωτεινὴ ἀκτίς δια-

τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἐὰν λοιπὸν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γωνία προσπτώσεως γίνῃ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ὀρικὴν γωνίαν ϕ , τότε δὲν εἶναι πλέον δυνατόν νὰ συμβῇ διάθλασις. Τὸ φῶς, ὅταν φθάσῃ εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο μέσων, δὲν διαθλάται, ἀλλ' ἀνακλάται ἐξ ὁλοκλήρου καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὀπτικῶς πυκνότερου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ὀλικὴ ἀνάκλασις**. Ὡστε :

Ὀλικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας δύο δια-

φανῶν μέσων, ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ τὸ

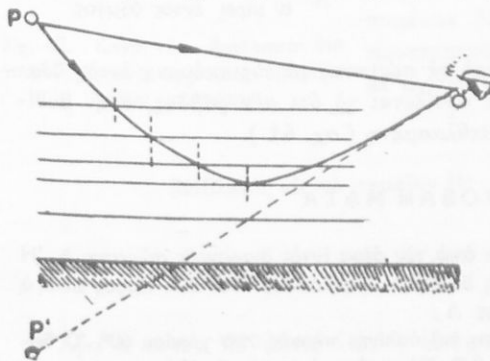
θλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον (σχ. 38). Οὕτως ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς λαμβάνει μορφήν καμπύλης, ὁ δὲ ὀφθαλμὸς νομίζει ὅτι ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν A' , ἥτοι βλέπει τὸν ἀστέρα κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς καμπύλης AM εἰς τὸ σημεῖον M . Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀτμοσφαιρική διάθλασις** καὶ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ παρουσιάζῃ τὸν ἀστέρα ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν πραγματικὴν του θέσιν ὡς πρὸς τὸν ὀρίζοντα. Ἡ φαινόμενη ἀνύψωσις τοῦ ἀστέρος εἶναι μεγαλυτέρα, ὅταν ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται



Σχ. 38. Ἀτμοσφαιρική διάθλασις.

πλησίον τοῦ ὀρίζοντος (περίπου $34'$). Ἐπειδὴ ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης εἶναι μικροτέρα τῶν $34'$, ἡ ἀτμοσφαιρική διάθλασις μᾶς παρουσιάζει τὸν δίσκον τοῦ Ἡλίου ἢ τῆς Σελήνης ὡς ἐπικαθήμερον τοῦ ὀρίζοντος, ἐνῶ πραγματικῶς δὲν ἀνέτειλεν ἀκόμη ἢ ἔχει δύσει πρὸς ὀλίγον. Δὲν συμβαίνει ἀτμοσφαιρική διάθλασις, μόνον ὅταν ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὸ Zenίθ.

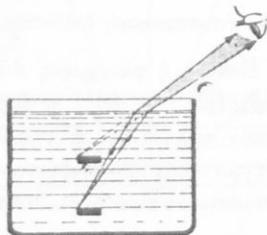
β) Ἀντικατοπτρισμός. Ὅταν εἰς μίαν περιοχὴν ἐπικρατῇ νηνεμία καὶ τὸ ἔδαφος θερμανθῇ πολὺ (π.χ. εἰς τὰς ἐρήμους), τότε τὰ πλησίον τοῦ ἐδάφους στρώματα τοῦ ἀέρος θερμαίνονται πολὺ καὶ εἶναι δυνατόν νὰ γίνουν ἀραιότερα ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, προερχομένη ἀπὸ ἓν ὑψηλὸν ἀντικείμενον, εἰσέρχεται τότε συνεχῶς ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον στρῶμα ἀέρος καὶ ἐπομένως διαθλάται ἀπομακρυνομένη



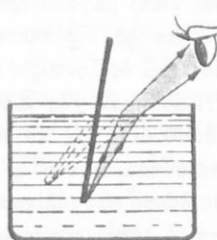
Σχ. 39. Ἀντικατοπτρισμός.

από την κάθετον (σχ. 39). Είς την διαχωριστικήν επιφάνειαν δύο τοιούτων στρωμάτων ή φωτεινή ακτίς υφίσταται τότε όλικην ανάκλασιν και ακολουθεῖ μίαν συμμετρικὴν πορείαν, διότι τώρα εἰσέρχεται συνεχῶς ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερα εἰς ὀπτικῶς πυκνότερα στρώματα. Οὕτως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει μὲν τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικότητά, συγχρόνως ὁμοῦς βλέπει τὸ ἴδιον ἀντικείμενον ἀνεστραμμένον, ὡς ἂν εἶχεν ἐνώπιόν του ἡρεμοῦσαν ἐπιφάνειαν ὕδατος (ἐπίπεδον κάτοπτρον). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντικατοπτρισμός** καὶ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους κατὰ τὰς μεσημβρινὰς ὥρας. Φαινόμενα ἀντικατοπτρισμοῦ παρατηροῦνται πολλάκις καὶ εἰς τὰς ἀκτὰς, ὅποτε τὰ μακρὰν εὐρισκόμενα τμήματα τῆς ξηρᾶς (ἀκρωτήρια, νῆσοι) φαίνονται ἀνυψωθέντα ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

γ) Φαινόμενη ἀνύψωσις. Ἐνεκα τῆς διαθλάσεως ὁ πυθμὴν ἐνὸς δοχείου, περιέχοντος ὕδωρ, υφίσταται μίαν φαινομένην ἀνύψωσιν. Ὁ-



Σχ. 40. Φαινόμενη ἀνύψωσις σώματος εὐρισκόμενου ἐντὸς ὕδατος.



Σχ. 41. Φαινόμενη θραύσις ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς ὕδατος.

μοίαν ἀνύψωσιν υφίστανται καὶ τὰ σώματα, τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς ὕδατος (σχ. 40). Εἰς τοῦτο δὲ ὀφείλεται τὸ ὅτι μία ράβδος, ὅταν βυθίζεται ἐντὸς ὕδατος, φαίνεται τεθλασμένη (σχ. 41).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

22. Φωτεινὴ ἀκτίς εἰσέρχεται ἀπὸ τὸν ἀέρα ἐντὸς διαφανοῦς σώματος Α. Ἡ γωνία προσπίπτσεως εἶναι 45° , ἡ δὲ γωνία διαθλάσεως εἶναι 30° . Πόσος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ σώματος Α;

23. Φωτεινὴ ἀκτίς προσπίπτει ἐπὶ ὑαλίνης πλάκῃς ὑπὸ γωνίαν 60° . Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι $3/2$. Πόση εἶναι ἡ γωνία διαθλάσεως;

24. Ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος εἶναι $4/3$. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ ὕδωρ ;

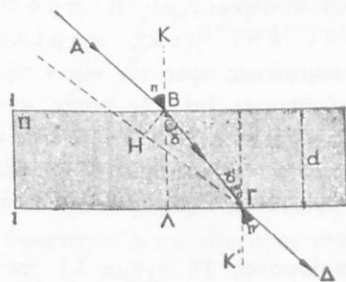
25. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν 45° ἐπὶ ὑαλίνης πλακός. Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι $n = \sqrt{2}$. Πόσῃ ἐκτροπῇ ὑφίσταται ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς κατὰ τὴν εἰσοδὸν τῆς εἰς τὴν ὑάλον ;

26. Πόση εἶναι ἡ ὀρικτὴ γωνία ὡς πρὸς τὸν ἀέρα τῆς ὑάλου ($n = 1,5$) καὶ τοῦ ἀδάμαντος ($n = 2,4$) ;

27. Δοχεῖον περιέχει ὕγρον, τὸ ὁποῖον ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n = \sqrt{2}$ καὶ σχηματίζει στήλην ὕψους 9 cm. Ἐπὶ τοῦ ὕγρου ἐπιπλέει κυκλικὸς δίσκος φελλοῦ, ὁ ὁποῖος ἔχει διάμετρον 8 cm καὶ πάχος ἀσήμαντον. Ἄνωθεν τοῦ κέντρου τοῦ δίσκου καὶ εἰς ἀπόστασιν 4 cm ὑπάρχει σημειώδης φωτεινὴ πηγή. Νὰ εὑρεθῇ ἡ διάμετρος τοῦ σκοτεινοῦ κύκλου, ὁ ὁποῖος σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ πυθμένος τοῦ δοχείου.

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλακὸς μὲ παραλλήλους ἑδρας.— Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον II χωρίζεται



Σχ. 42. Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ πλακὸς ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται παράλληλον μετατόπισιν.

ἀπὸ τὸ πέραν αὐτοῦ διαφανὲς μέσον I μὲ δύο παράλληλα ἐπίπεδα. Τότε τὸ μέσον II ἀποτελεῖ μίαν **πλακά μὲ παραλλήλους ἑδρας** (σχ. 42). Τοιοῦτον σύστημα διαφανῶν μέσων ἀποτελεῖ μία ὑαλινὴ πλάξ εὐρισκομένη ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Αἱ δύο γωνίαι δ καὶ δ' , αἱ σχηματιζόμεναι ἐντὸς τῆς ὑάλου, εἶναι ἴσαι ὡς ἐντὸς ἐναλλάξ. Ἐπομένως διὰ τὰς δύο διαθλάσεις τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος AB ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

$$\text{διάθλασις εἰς τὸ σημεῖον B: } n = \frac{\eta_{\mu \pi}}{\eta_{\mu \delta}}$$

$$\text{διάθλασις εἰς τὸ σημεῖον Γ: } n = \frac{\eta_{\mu \pi'}}{\eta_{\mu \delta'}}$$

Ἄρα $\pi = \pi'$. Ἡ ἀκτὶς ΓΔ, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὴν πλακά, εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα AB. Ὡστε διὰ τὴν

άνωτέρω μερικὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ πλάξ ἔχει ἑκατέρωθεν αὐτῆς τὸ ἴδιον διαφανὲς μέσον, συνάγεται τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διέρχεται διὰ πλακὸς μὲ παραλλήλους ἑδρας, τότε ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται μόνον παράλληλον μετατόπισιν.

33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.— α) Ὅρισμοί. Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλούμεν **πρίσμα** ἓν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένας ἐπιπέδους ἐπιφανείας. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται **ἀκμή** τοῦ πρίσματος. Ἡ διέδρος γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ἑδραι τοῦ πρίσματος, καλεῖται **διαθλαστικὴ γωνία** τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ τομὴ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ καλεῖται **κυρίως τομὴ** τοῦ πρίσματος. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τοῦ πρίσματος θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι πραγματοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθήκαι : α) Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς εὐρίσκεται ἐπὶ μιᾷς κυρίως τομῆς τοῦ πρίσματος. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίως τομῆς. β) Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι μονόχρουν. Διότι, ἂν ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπέσῃ λευκὸν φῶς, τοῦτο διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος ὑφίσταται ἀνάλυσιν εἰς πολλὰ ἀπλᾶ χρώματα.

β) Ἐρευνα τῆς διαθλάσεως διὰ πρίσματος. Τὸ σχῆμα 43 παριστᾷ μίαν κυρίαν τομὴν πρίσματος ἔχοντος διαθλαστικὴν γωνίαν A καὶ δείκτην διαθλάσεως n ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ZH διαθλάται εἰς τὰ σημεῖα H καὶ Θ . Διὰ τὰς δύο αὐτὰς διαθλάσεις ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

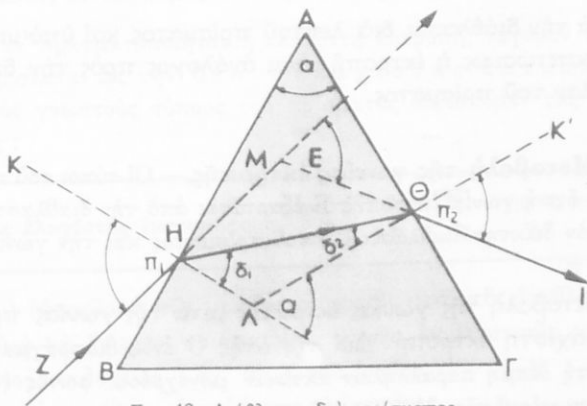
$$\begin{aligned} \eta\mu \pi_1 &= n \cdot \eta\mu \delta_1 \\ \text{καὶ} \quad \eta\mu \pi_2 &= n \cdot \eta\mu \delta_2 \end{aligned}$$

Ἡ γωνία α , τὴν ὁποίαν σχηματίζουν εἰς τὸ Λ αἱ δύο τεμνόμεναι κάθετοι, εἶναι ἴση μὲ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν A τοῦ πρίσματος. Ἐπειδὴ δὲ ἡ α εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου $\Lambda H \Theta$, ἔχομεν :

$$\alpha = \delta_1 + \delta_2 \quad \eta \quad A = \delta_1 + \delta_2$$

Ἡ γωνία E , τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ προεκτάσεις τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος ZH καὶ τῆς ἐξερχομένης ἀκτίνος ΘI , καλεῖται **γωνία ἐκτροπῆς** καὶ εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου $HM\Theta$. ἄρα εἶναι :

$$E = (\pi_1 - \delta_1) + (\pi_2 - \delta_2) \quad \text{ἢ} \quad E = \pi_1 + \pi_2 - (\delta_1 + \delta_2)$$



Σχ. 43. Διάθλασις διὰ πρίσματος.

Ἐπομένως ἔχομεν : $E = \pi_1 + \pi_2 - A$. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγεται τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Ὅταν μίᾳ φωτεινῇ ἀκτὶς διέρχεται διὰ πρίσματος, τότε ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος.

διάθλασις διὰ πρίσματος :	$\eta \mu \pi_1 = v \cdot \eta \mu \delta_1$	(1)
	$\eta \mu \pi_2 = v \cdot \eta \mu \delta_2$	(2)
	$A = \delta_1 + \delta_2$	(3)
	$E = \pi_1 + \pi_2 - A$	(4)

γ) Διάθλασις διὰ λεπτοῦ πρίσματος. Ἐὰν ἡ διαθλαστικὴ γωνία A τοῦ πρίσματος εἶναι πολὺ μικρά (λεπτόν πρῖσμα) καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως π_1 εἶναι ἐπίσης πολὺ μικρά, τότε ἀντὶ τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν αὐτὰς ταύτας τὰς γωνίας (εἰς ἀκτίνια)· εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν :

$$\pi_1 = v \cdot \delta_1 \quad \text{καὶ} \quad \pi_2 = v \cdot \delta_2$$

Ἄρα ἡ ἐκτροπὴ τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος εἶναι :

$$E = \nu \cdot \delta_1 + \nu \cdot \delta_2 - A = \nu \cdot (\delta_1 + \delta_2) - A = \nu \cdot A - A$$

ἤτοι ἔχομεν :

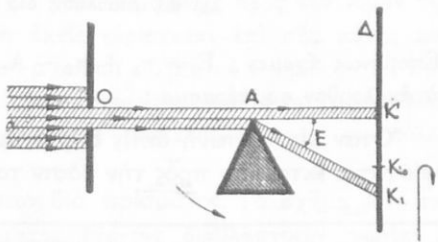
$$\text{διάθλασις διὰ λεπτοῦ πρίσματος: } E = A \cdot (\nu - 1)$$

Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ λεπτοῦ πρίσματος καὶ ὑπὸ μικρὰν γωνίαν προσπτώσεως ἡ ἐκτροπὴ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν τοῦ πρίσματος.

34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.— Οἱ τύποι τοῦ πρίσματος δεικνύουν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς E ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν A , τὸν δείκτην διαθλάσεως ν τοῦ πρίσματος καὶ τὴν γωνίαν προσπτώσεως π .

α) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἐλαχίστη ἐκτροπὴ. Διὰ τῆς ὁπῆς O ἐνὸς διαφράγματος διέρχεται λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (σχ. 44).

Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν πρῖσμα οὕτως, ὥστε μέρος τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης νὰ προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν του. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος παρατηροῦμεν τότε δύο φωτεινὰς κηλίδας· ἡ μὲν K προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτίννας τῆς δέσμης, αἱ ὁποῖαι δὲν διήλθον διὰ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ K_1 προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτίννας, αἱ ὁποῖαι ὑπέστησαν ἐκτροπὴν. Στρέφοντες τὸ πρῖσμα περὶ τὴν ἀκμὴν του μεταβάλλομεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως· ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἡ K_1 νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὴν K . Κατὰ τὴν τοιαύτην περιστροφὴν τοῦ πρίσματος ἡ γωνία προσπτώσεως βαίνει συνεχῶς ἐλαττουμένη. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ κηλὶς K_1 κατ' ἀρχὰς πλησιάζει πρὸς τὴν K , φθάνει εἰς τὴν θέσιν K_0 , ἔπειτα δὲ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν K . Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι διὰ



Σχ. 44. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως.

διήλθον διὰ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ K_1 προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτίννας, αἱ ὁποῖαι ὑπέστησαν ἐκτροπὴν. Στρέφοντες τὸ πρῖσμα περὶ τὴν ἀκμὴν του μεταβάλλομεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως· ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἡ K_1 νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὴν K . Κατὰ τὴν τοιαύτην περιστροφὴν τοῦ πρίσματος ἡ γωνία προσπτώσεως βαίνει συνεχῶς ἐλαττουμένη. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ κηλὶς K_1 κατ' ἀρχὰς πλησιάζει πρὸς τὴν K , φθάνει εἰς τὴν θέσιν K_0 , ἔπειτα δὲ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν K . Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι διὰ

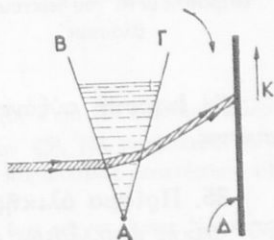
μὴν ὀρισμένην τιμὴν τῆς γωνίας προσπτώσεως ἢ γωνία ἐκτροπῆς, λαμβάνει μὴν ἐλάχιστην τιμὴν, ἢ ὁποία καλεῖται **ἐλάχιστη ἐκτροπή**.

Ἡ ἐλάχιστη ἐκτροπή πραγματοποιεῖται, ὅταν εἶναι $\pi_1 = \pi_2$, ὁπότε ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς καὶ ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς σχηματίζουν ἴσας γωνίας μετὰ τὰς ἑδρας τοῦ πρίσματος.

Ὅταν πραγματοποιεῖται ἡ ἐλάχιστη ἐκτροπή, λέγομεν ὅτι τὸ πρῖσμα εὐρίσκεται εἰς τὴν **θέσιν ἐλάχιστης ἐκτροπῆς**. Τότε ἀπὸ τοὺς γνωστοὺς τύπους τοῦ πρίσματος εὐρίσκομεν τὰς ἀκολουθοῦσας σχέσεις :

θέσις ἐλάχιστης ἐκτροπῆς :	$\pi_1 = \pi_2$	$\delta_1 = \delta_2$	$\eta \mu \pi_1 = n \cdot \eta \mu \delta_1$
	$A = 2\delta_1$	$E_{ελ} = 2\pi_1 - A$	

β) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας. Διὰ νὰ ἔχωμεν πρῖσμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας, χρησιμοποιοῦμεν δοχεῖον (σχ. 45), τοῦ ὁποίου αἱ δύο πλάγια ἑδραι εἶναι ὑάλιναι πλάκες δυνάμεναι νὰ στραφοῦν περὶ ὀριζόντιον ἄξονα. Ἐντὸς τοῦ σχηματιζομένου οὕτω πρίσματος γύνομεν διαφανὲς ὑγρὸν π.χ. ὕδωρ. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας τοῦ πρίσματος λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτός. Διατηροῦντες σταθερὰν τὴν ἑδραν AB, διὰ τῆς ὁποίας τὸ φῶς εἰσέρχεται εἰς τὸ πρῖσμα (π_1 σταθερόν), στρέφομεν τὴν ἑδραν AG, διὰ τῆς ὁποίας ἐξέρχεται ἡ δέσμη, καὶ οὕτω μεταβάλλομεν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν A. Παρατηροῦμεν ὅτι :



Σχ. 45. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

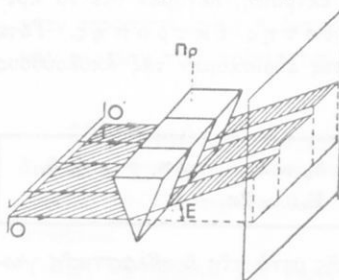
Ἡ ἐκτροπή αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

Ἐὰν συνεχισθῇ ἡ αὐξησης τῆς γωνίας, A, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς δὲν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρῖσμα, ἀλλ' ὑφίσταται ἐπὶ τῆς ἑδρας AG ὀλικὴν ἀνάκλασιν. Οὕτως εὐρέθη, ὅτι :

Ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα, ἐὰν ἡ διαθλαστικὴ γωνία αὐτοῦ εἶναι ἴση ἢ μικροτέρα τοῦ διπλασίου τῆς ὀρικῆς γωνίας.

$$\text{συνθήκη ἐξόδου τῆς ἀκτίνος: } A \leq 2\varphi$$

γ) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλά-



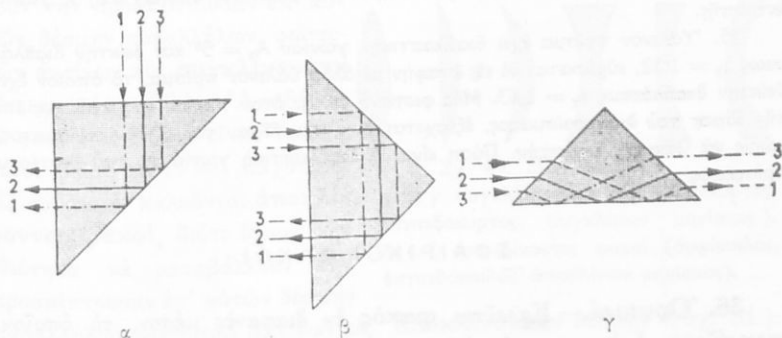
Σχ. 46. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

σεως. Λαμβάνομεν σύστημα πρισμάτων (σχ. 46), τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν (A σταθερόν), διαφορετικούς ὅμως δείκτας διαθλάσεως (πολύπρισμα). Ἐπὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισμάτων ἀφῆνομεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (πῖ σταθερόν). Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ πρίσματα αὐτὰ προκαλοῦν ἀνίσους ἐκτροπὰς τῶν ἀκτίνων. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ πρίσματος.

35. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως. — Ἡ λειτουργία τῶν πρισμάτων ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα αὐτὰ εἶναι συνήθως ὑάλινα (ὀρικὴ γωνία διὰ τὴν ὕαλον $\varphi = 40,5^\circ$). Ἡ κυρία τομὴ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως εἶναι ὁ ῥθo γ ὡ ν ι ο ν ἰ σ ο σ κ ε λ ἔ ς τρίγωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 47α αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς καθέτου ἑδρας τοῦ πρίσματος. Οὕτως αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσῃς ἑδρας ὑπὸ γωνίαν 45° , ἥτοι μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ὑφίστανται ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσῃς ἑδρας ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν ἄλλην κάθετον ἑδραν τοῦ πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν διάθλασιν. Τὸ πρίσμα λοιπὸν τοῦτο ἐκτρέπει τὰς ἀκτῖνας κατὰ 90° ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῶν διεύθυνσιν. Εἰς τὸ σχῆμα 47β φαίνεται πῶς αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις· οὕτως ὁμοῦ

επέρχεται αντίστροφη τῆς σειρᾶς τῶν ἀκτίνων καὶ ἀλλαγὴ τῆς κατεύθυνσews αὐτῶν. Τέλος εἰς τὸ σχῆμα 47γ, φαίνεται πῶς συμβαίνει ἀντι-



Σχ. 47. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

στροφὴ τῆς σειρᾶς τῶν ἀκτίνων, χωρὶς ὅμως νὰ ἀλλάξῃ ἡ κατεύθυνσις αὐτῶν. Τὰ πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰ ὀπτικά ὄργανα.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

28. Ἐπὶ μιᾷς ὑαλίνης πλακός, ἡ ὁποία ἔχει πάχος 2 cm καὶ δείκτην διαθλάσεως $n = \sqrt{2}$ προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν 45° . Νὰ κατασκευασθῇ ἡ πορεία τῆς ἀκτίνος καὶ νὰ μετρηθῇ μὲ τὸν κανόνα ἡ παράλληλος μετατόπισις τῆς ἀκτίνος.

29. Ἡ πλάξ τοῦ προηγούμενου προβλήματος ἔχει πάχος 4 cm. Νὰ κατασκευασθῇ πάλιν ἡ πορεία τῆς ἀκτίνος καὶ νὰ μετρηθῇ ἡ παράλληλος μετατόπισις τῆς ἀκτίνος. Τί συμπέρασμα ἐξάγεται ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν δύο ἀποτελεσμάτων;

30. Ὑάλινον πρίσμα ἔχει δείκτην διαθλάσεως $3/2$ καὶ διαθλαστικὴν γωνίαν 60° . Ὑπὸ ποίαν γωνίαν πρέπει νὰ προσπίπτῃ φωτεινὴ ἀκτὶς ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρᾶς τοῦ πρίσματος, ὥστε ἡ ἀκτὶς νὰ ὑφίσταται τὴν ἐλάχιστην ἐκτροπὴν;

31. Φωτεινὴ ἀκτὶς διέρχεται διὰ πρίσματος, ἔχοντος δείκτην διαθλάσεως $n = \sqrt{2}$ καὶ διαθλαστικὴν γωνίαν 60° . Πόση εἶναι ἡ γωνία ἐλαχίστης ἐκτροπῆς;

32. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρᾶς πρίσματος ἔχοντος δείκτην διαθλάσεως $n = 1,6$. Ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται ἐκτροπὴν 30° . Πόση εἶναι ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος;

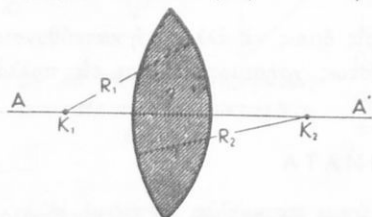
33. Πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν 45° καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν 30° . Πόση εἶναι ἡ ἐκτροπὴ;

34. Ἡ κυρία τομὴ πρίσματος εἶναι ἰσοπλευρον τρίγωνον $ABΓ$. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρας AB . Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι $n = \sqrt{2}$. Νὰ κατασκευασθῇ ἡ πορεία τῆς ἀκτίνος καὶ νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία ἐκτροπῆς.

35. Ὑάλινον πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν $A_1 = 5^\circ$ καὶ δείκτην διαθλάσεως $n_1 = 1,52$, εὐρίσκεται δὲ εἰς ἐπαφὴν μὲ ἄλλο ὑάλινον πρίσμα, τὸ ὁποῖον ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n_2 = 1,63$. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, ὅταν προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ ἑνὸς πρίσματος, ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν ἑδραν τοῦ ἄλλου πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπὴν. Πόση εἶναι ἡ διαθλαστικὴ γωνία A_2 τοῦ δευτέρου πρίσματος;

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

36. Ὅρισμοί.— Καλεῖται **φακὸς** ἐν διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἢ ἀπὸ μίαν ἐπίπεδον καὶ μίαν σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν. Αἱ ἀκτῖνες



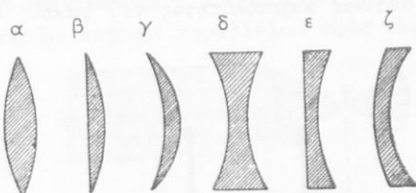
Σχ. 48. Σφαιρικοὶ φακοί.
 α_1 καὶ α_2 αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν καλοῦνται **ἀκτῖνες καμπυλότητος** τοῦ φακοῦ (σχ. 48)· τὰ δὲ κέντρα καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν τούτων καλοῦνται **κέντρα καμπυλότητος** τοῦ φακοῦ. Ἡ εὐθεῖα, ἣ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ φακοῦ. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τῶν φακῶν θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι ἰσχύουν αἱ ἐξῆς συνθῆκαι :

α) Ὁ φακὸς εὐρίσκεται ἐν τῷ αέρι, τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἴσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτῖνες εὐρίσκονται πλησίον τοῦ κύριου ἁξονος (κεντρικαὶ ἀκτῖνες). γ) Τὸ προσπίπτον φῶς εἶναι μονόχρονον.

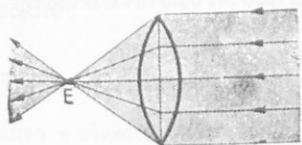
37. Συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες φακοί.— Οἱ συνθῆκαι φακοὶ κατασκευάζονται ἐξ ὑάλου. Ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπίπεδου ἐπιφανείας προκύπτουν ἐξ εἰδῶν φακῶν (σχ. 49). Οἱ φακοί, οἱ ὁποῖοι εἶναι παχύτεροι εἰς τὸ μέ-

σον και λεπτότεροι εις τὰ ἄκρα καλοῦνται **συγκλίνοντες φακοί**, διότι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ μεταβάλλουν τὴν προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτῶν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς **συγκλίνουσαν** δέσμην (σχ. 50). Ἀντιθέτως οἱ φακοί, οἱ ὁποῖοι εἶναι λεπτότεροι εἰς τὸ μέσον καὶ παχύτεροι εἰς τὰ ἄκρα, καλοῦνται **ἀποκλίνοντες φακοί**, διότι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ μεταβάλλουν τὴν προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτῶν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς **ἀποκλίνουσαν** δέσμην (σχ. 51).

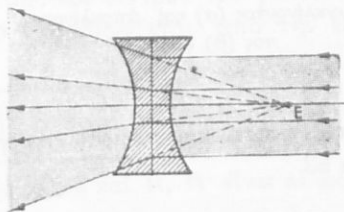


Σχ. 49. Εἶδη φακῶν.

α, β, γ συγκλίνοντες φακοί (ἀμφίκυρτος, ἐπιπεδόκυρτος, συγκλίνων μηνίσκος).
δ, ε, ζ ἀποκλίνοντες φακοί (ἀμφικόβυλος, ἐπιπεδόκοβλος, ἀποκλίνων μηνίσκος).

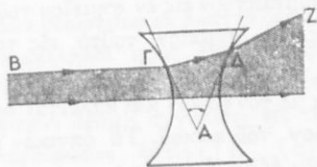
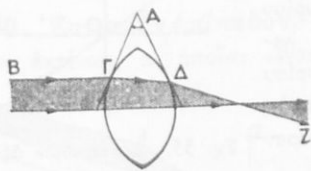


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.



Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

Ἡ ιδιότης αὐτὴ τῶν φακῶν ἐρμηνεύεται, ἂν θεωρήσωμεν ὅτι ὁ φακὸς

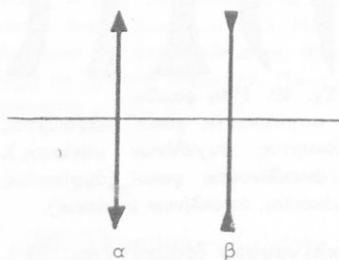


Σχ. 52. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ.

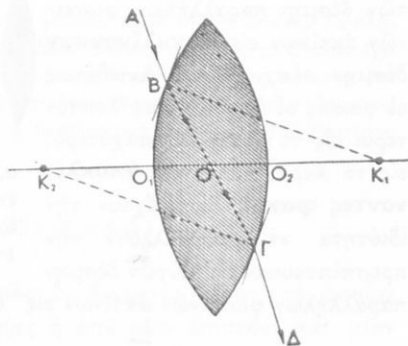
ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισματῶν, τῶν ὁποίων αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῇ (σχ. 52).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν φακοὺς, τῶν ὁποίων τὸ πάχος, μετρού-

μενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, εἶναι πολὺ μικρὸν ἐν σχέσει πρὸς τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τοῦ φακοῦ. Οἱ τοιοῦτοι φακοὶ καλοῦνται **λε-**



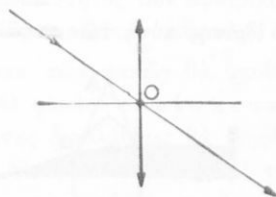
Σχ. 53. Σχηματική παράσταση συγκλίνοντος (α) καὶ ἀποκλίνοντος (β) φακοῦ.



Σχ. 54. Ἡ ἀκτίς ἢ διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου δὲν ὑφίσταται ἐκτροπήν.

πτοὶ φακοὶ καὶ παριστῶνται γραφικῶς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 53.

38. Ὀπτικὸν κέντρον.— Ὁ κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ τέμνει τὰς δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας εἰς δύο σημεῖα O_1 καὶ O_2 (σχ. 54). Εἰς τοὺς λεπτοὺς φακοὺς δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα συμπίπτουν εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυρίου ἄξονος. Τὸ σημεῖον τοῦτο εἰς τοὺς λεπτοὺς φακοὺς εἶναι ἡ τομὴ τοῦ κυρίου ἄξονος μὲ τὸν φακὸν καὶ καλεῖται **ὀπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ. Τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἔχει τὴν ἐξῆς ιδιότητα :



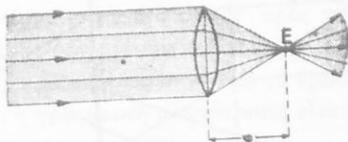
Σχ. 55. Δευτερεύων ἀξων φακοῦ.

Μία ἀκτίς διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν φακὸν χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπήν.

Πᾶσα εὐθεῖα διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, πλὴν τοῦ κυρίου ἄξονος, καλεῖται **δευτερεύων ἀξων** τοῦ φακοῦ (σχ. 55).

Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

39. Κυρία έστια. Έστιακή απόστασις.— 'Επὶ ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 56). "Όλοι αἱ ἐξερχόμεναι ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτίνες διέρχονται δι' ἐνὸς σημείου Ε τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **κυρία έστία** τοῦ φακοῦ. Ἡ απόστασις τῆς κυρίας έστίας ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καλεῖται **έστιακή**



Σχ. 56. Ἡ κυρία έστια συγκλίνοντος φακοῦ εἶναι πραγματική.

ἀπόστασις (φ) τοῦ φακοῦ. Αὕτη εἶναι $\sigma\tau\alpha\theta\epsilon\rho\acute{\alpha}$ καὶ ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φακοῦ. "Ωστε:

Ὁ συγκλίνων φακὸς ἔχει δύο πραγματικὰς κυρίας έστίας, αἱ ὁποῖαι εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Ἡ έστιακή ἀπόστασις (φ) τοῦ φακοῦ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

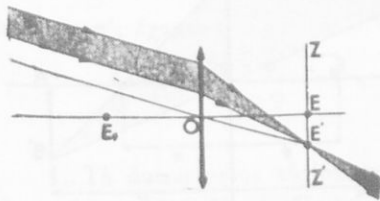
$$\frac{1}{\varphi} = (n - 1) \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right]$$

ὅπου n εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου καὶ R, R' εἶναι αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

Παράδειγμα. Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n = 1,5$ καὶ ἀκτῖνας καμπυλότητος $R = 40$ cm καὶ $R' = 60$ cm. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν

$$\frac{1}{\varphi} = (1,5 - 1) \cdot \left[\frac{1}{40} + \frac{1}{60} \right] \quad \text{εὐρίσκωμεν : } \varphi = 48 \text{ cm}$$

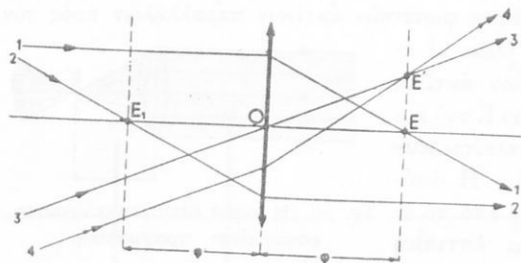
40. Έστιακὸν ἐπίπεδον.— Ἐὰν θεωρήσωμεν λεπτὴν δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι εἶναι παράλληλοι πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ἡ ἐξερχόμενη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη συγκλίνει εἰς τὴν δευτερεύουσαν έστίαν Ε' (σχ. 57). "Όλοι αἱ δευτερεύουσαι έστίαι τοῦ φακοῦ εὐρίσκονται κατὰ προσέγγισιν, ὅπως καὶ εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον, ἐπὶ τοῦ **έστιακοῦ ἐπιπέδου** ZZ', τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον



Σχ. 57. Έστιακὸν ἐπίπεδον φακοῦ.

πρὸς τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε.

41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.— Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα συμπε-



Σχ. 58. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

ράσματα διὰ τὴν πορείαν μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 58).

I. Ὄταν μία ἀκτὶς προσπίπτῃ παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἐξερ-

χομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας (ἀκτὶς 1).

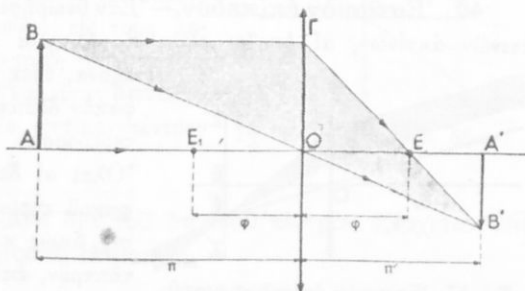
II. Ὄταν μία προσπίπτουσα ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτὶς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (ἀκτὶς 2).

III. Ὄταν μία ἀκτὶς διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, αὕτη ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν φακὸν χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπὴν (ἀκτὶς 3).

IV. Ὄταν μία ἀκτὶς προσπίπτῃ παράλληλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστοίχου δευτερευούσης ἐστίας, ἡ ὁποία εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου (ἀκτὶς 4).

42. Εἶδωλον ἀντικειμένου.— Ἀς θεωρήσωμεν ὡς φ ω τ ε ι ν ὸ ν ἀ ν τ ι κ ε ῖ μ ε ν ο ν μίαν εὐθεῖαν AB καὶ θ ε τ ο ν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 59).

Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλόν A'B', τὸ ὁποῖον εἶναι ἐπίσης καὶ θ ε τ ο ν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικει-



Σχ. 59. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδωλοῦ ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

μένου προερχόμεναι ἀκτίνες ΒΟ καὶ ΒΓ, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακόν, τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον Β', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἰδῶλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἰδῶλα ὧν τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας Α'Β', ἡ ὁποία εἶναι κἀθετος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἰδῶλον Α'Β' εἶναι **ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν**, δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα ΟΑΒ καὶ ΟΑ'Β' εὐρίσκομεν ὅτι ἡ **γραμμικὴ μεγέθυνσις** εἶναι:

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΑ'}{ΟΑ} \quad \eta \quad \boxed{\frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}} \quad (1)$$

ἂν ὀνομάσωμεν Α'Β' = Ε καὶ ΑΒ = Α. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα ΟΕΓ καὶ Α'ΕΒ' εὐρίσκομεν :

$$\frac{Α'Β'}{ΟΓ} = \frac{ΕΑ'}{ΟΕ} \quad \eta \quad \frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{\pi' - \varphi}{\varphi} \quad (2)$$

Ἐξισώνοντες τὰ δεύτερα μέλη τῶν ἐξισώσεων (1) καὶ (2) εὐρίσκομεν :

$$\frac{\pi'}{\pi} = \frac{\pi' - \varphi}{\varphi} \quad \eta \quad \boxed{\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}} \quad (3)$$

Αἱ εὑρεθεῖσαι ἐξισώσεις (1) καὶ (3) προσδιορίζουν τὸ μέγεθος καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδῶλου Α'Β'.

43. Εἰδῶλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ. —

Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸν συγκλίνοντα φακόν. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδῶλου ἀπὸ τὸν φακόν προσ-

διορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον : $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$. Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον

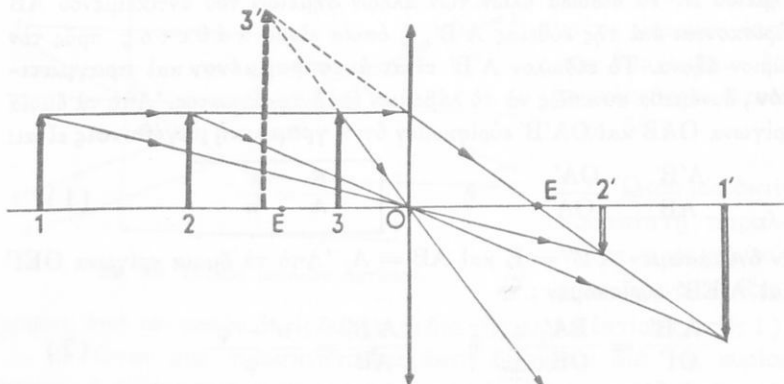
ὡς πρὸς π', ἔχομεν :

$$\pi' = \frac{\pi \cdot \varphi}{\pi - \varphi} \quad \eta \quad \pi' = \frac{\varphi}{1 - \frac{\varphi}{\pi}} \quad (1)$$

1. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($\pi = \infty$). Τότε εἶναι $\pi' = \varphi$, δηλαδή τὸ εἰδῶλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, εἶναι **πραγματικόν**, ἀλλ' εἶναι **σημεῖον**.

2. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας ($\pi > \varphi$).

Τότε τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τῆς ἄλλης κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ (σχ. 60), εἶναι δὲ **πραγματικόν** καὶ **ἀνεστραμμένον**.



Σχ. 60. Μεταβολὴ τῆς θέσεως καὶ τοῦ μεγέθους τοῦ εἵδωλου.
Τὸ εἶδωλον 3' εἶναι φανταστικόν.

3. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν ($\pi = \varphi$). Τότε τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον, δηλαδή εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν **δὲν ὑπάρχει** εἶδωλον.

4. Τέλος τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ ($\pi < \varphi$). Τότε εἶναι $\frac{\varphi}{\pi} > 1$ καὶ ἀπὸ τὸν τύπον (1) συνάγεται ὅτι τὸ π' ἔχει ἀρνητικὴν τιμὴν ($\pi' < 0$). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς εὐρίσκεται ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, καὶ εἶναι **φανταστικόν**, **ὀρθόν** καὶ **μεγαλύτερον** πάντοτε ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

44. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς.— Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἐξῆς γενικὰ συμπεράσματα διὰ τοὺς **συγκλίνοντας φακοὺς**:

I. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τῆς ἄλλης κυρίας ἐστίας, εἶναι δὲ **πραγματικόν** καὶ **ἀνεστραμμένον**.

II. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξύ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς

κυρίας έστίας, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, εἶναι δὲ φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

III. Γενικῶς ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου προσδιορίζονται εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις ἀπὸ τοὺς ἐξῆς τύπους :

$$\text{τύποι τῶν συγκλινόντων φακῶν : } \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

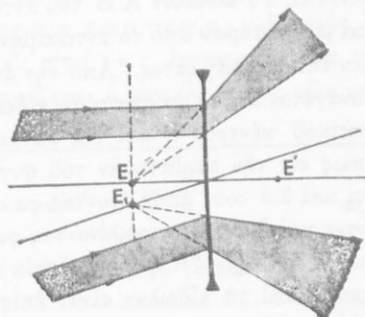
ὑπὸ τὸν ὅρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἐξῆς σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

π θετικόν :	ἀντικείμενον	πραγματικόν
π' θετικόν :	εἶδωλον	πραγματικόν
π' ἀρνητικόν :	εἶδωλον	φανταστικόν.

Β'. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

45. Κυρία έστία.— "Όταν ἐπὶ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ προσπίπτῃ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη εἶναι ἀποκλίνουσα καὶ φαίνεται προερχομένη ἀπὸ ἓν σημεῖον E τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 61). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κυρία έστία τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἡ ὁποία εἶναι φανταστική.

Ὁ ἀποκλίνων φακὸς ἔχει δύο φανταστικὰς κυρίας έστίας, αἱ ὁποῖαι εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ· ἡ έστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἀρνητικὴ καὶ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον σχέσιν :



Σχ. 61. Ἡ κυρία έστία καὶ αἱ δευτερεύουσαι έστίας τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικαί.

$$\frac{1}{\varphi} = (\nu - 1) \cdot \left(\frac{1}{-R} + \frac{1}{-R'} \right)$$

Ἐπὶ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα. Τότε ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν

$$\text{τύποι τῶν ἀποκλινόντων φακῶν: } \frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = -\frac{\pi'}{\pi}$$

47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν.— Ἐὰν π καὶ π' καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακὸν (συγκλίνοντα ἢ ἀποκλίνοντα), Ε καὶ Α καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς γραμμικὰς διαστάσεις τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον θεωροῦμεν κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, καὶ τέλος R καὶ R' τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, τότε εἰς ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ἰσχύουν οἱ ἀκόλουθοι γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν:

$$\begin{array}{l} \text{γενικοὶ τύποι σφαιρικῶν} \\ \text{φακῶν} \end{array} : \quad \frac{1}{\varphi} = (n-1) \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right]$$

$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi} \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι θὰ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικὰ τοὺς ὅρους π, π' καὶ φ, ὅταν οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά, τοὺς δὲ ὅρους R καὶ R', ὅταν ἀντιστοιχοῦν εἰς κοίλας ἐπιφανείας. Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα φαίνεται πῶς ἐφαρμόζεται ὁ γενικὸς τύπος τῶν φακῶν εἰς τὰς διαφόρους περιπτώσεις.

Γενικὸς τύπος φακῶν :		
Εἶδος φακοῦ	Εἶδωλον	Μορφή τοῦ γενικοῦ τύπου
Συγκλίνων	πραγματικόν	$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
	φανταστικόν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
Ἀποκλίνων	φανταστικόν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$

Παράδειγμα 1) Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως 1,5 καὶ

ἀκτῖνας καμπυλότητος 40 cm καὶ 60 cm. Εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ τὸν φακὸν τοποθετεῖται φωτεινὴ εὐθεῖα μήκους 5 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακὸν αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ εἶναι κυρταί· ἄρα αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος λαμβάνονται θετικά. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν γενικὴν σχέσιν :

$$\frac{1}{\varphi} = (\nu - 1) \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right) \quad \text{ἥτοι}$$

$$\frac{1}{\varphi} = 0,5 \cdot \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{60} \right) = \frac{2,5}{120}$$

$$\text{καὶ } \varphi = 48 \text{ cm}$$

Ἐπειδὴ δίδεται ὅτι εἶναι $\pi < \varphi$, ἔπεται ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

Ἡ ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακὸν εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi} \quad \text{ἢ} \quad \pi' = \frac{\pi \cdot \varphi}{\varphi - \pi} = \frac{40 \cdot 48}{48 - 40} = 240 \text{ cm}$$

Ἐὰν ἐλαμβάνετο ὁ γενικὸς τύπος : $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$, θὰ εὐρίσκετο ὅτι εἶναι :

$$\pi' = \frac{\pi \cdot \varphi}{\pi - \varphi} = \frac{40 \cdot 48}{40 - 48} = -240 \text{ cm}$$

Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον φανερώνει ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

$$E = A \cdot \frac{\pi'}{\pi} = 5 \text{ cm} \cdot \frac{240 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = 30 \text{ cm}$$

2) Ἐὰς ἐξετάσωμεν τὸ προηγούμενον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ φακὸς εἶναι ἀμφίκυρτος. Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακὸν αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος θὰ ληφθοῦν ἀρνητικά. Ἐπομένως εἶναι :

$$\frac{1}{\varphi} = (\nu - 1) \cdot \left(-\frac{1}{R} - \frac{1}{R'} \right) \quad \text{ἢ}$$

$$\frac{1}{\varphi} = -0,5 \cdot \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{60} \right) = -\frac{2,5}{120}$$

$$\text{καὶ } \varphi = -48 \text{ cm}$$

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἶναι πραγματικόν, ἔχομεν :

$$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi} \quad \text{ἥτοι}$$

$$\pi' = \frac{\pi \cdot \varphi}{\varphi + \pi} = \frac{40 \cdot 48}{48 + 40} = 21,8 \text{ cm}$$

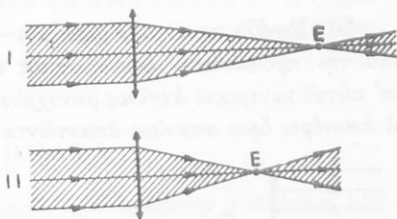
Τὸ δὲ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

$$E = A \cdot \frac{\pi'}{\pi} = 5 \text{ cm} \cdot \frac{21,8 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = 2,725 \text{ cm}$$

Γ'. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

48. Ίσχυς φακοῦ.— Ἐπὶ ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα· ἡ δέσμη αὐτὴ μετατρέπεται ἀπὸ τὸν φακὸν εἰς μίαν δέσμην τόσον περισσότερον συγκλίνουσαν, ὅσον μικρότερα εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ (σχ. 63). Οὕτω ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον ὀρισμόν:

Καλεῖται ἰσχύς (ἡ συγκεντρωτικὴ ἰκανότης) ἑνὸς φακοῦ τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστιακῆς του ἀποστάσεως.



Σχ. 63. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἰσχύος τοῦ φακοῦ.

$$\text{ἰσχύς φακοῦ: } P = \frac{1}{\varphi}$$

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω ὀρισμοῦ ἔπεται ὅτι εἰς μὲν τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς ἡ ἰσχύς εἶναι θετικὴ, εἰς δὲ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς εἶναι ἀρνητικὴ. Ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ ὑπολογίζεται εἰς διοπτρίας:

Διοπτρία (1 dpt) εἶναι ἡ ἰσχύς φακοῦ ἔχοντος ἐστιακὴν ἀπόστασιν 1 μέτρου.

Οὕτως, ἂν ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ εἶναι $\varphi = 20 \text{ cm}$, τότε ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ τούτου εἶναι:

$$\text{ἰσχύς φακοῦ} = \frac{1}{\text{ἐστιακὴ ἀπόστασις εἰς m}} = \frac{1}{0,20\text{m}} = 5 \text{ διοπτρίαι}$$

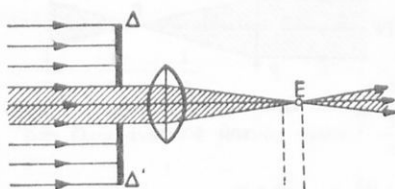
49. Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.— Ὅταν πολλοὶ λεπτοὶ φακοὶ ἔχουν κοινὸν κύριον ἄξονα, τότε οἱ φακοὶ οὗτοι σχηματίζουν **ὁμοαξονικὸν σύστημα**. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν ὅτι:

Ἡ ἰσχύς ἑνὸς ὁμοαξονικοῦ συστήματος λεπτῶν φακῶν, εὗρισκόμενων εἰς ἑπαφὴν, ἰσοῦται μὲ τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἰσχύων τῶν φακῶν τοῦ συστήματος.

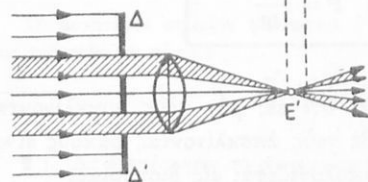
$$\text{ισχύς συστήματος φακῶν: } \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{\varphi_1} + \frac{1}{\varphi_2}$$

Ἡ σχέση αὕτη δίδει τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ τοῦ συστήματος.

50. Σφάλματα τῶν φακῶν.— Ἡ ἐξίσωσις τῶν φακῶν ἰσχύει ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ὁ φακὸς εἶναι λεπτὸς καὶ ὅτι προσπίπτουν ἐπ' αὐτοῦ κεντρικαὶ ἀκτῖνες μονοχρόου φωτός. Εἰς τὴν πραγματικότητα οἱ ἀνωτέρω ὅροι σπανίως ἀπαντῶνται. Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι



συνήθως λευκὸν φῶς, τὸ ὁποῖον διερχόμενον διὰ μέσου τῶν φακῶν ὑφίσταται ἀνάλυσιν. Οὕτως οἱ φακοὶ παρουσιάζουν διάφορα σφάλματα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ἐκτροπαί**.



Σχ. 64. Σφαιρική ἐκτροπή φακοῦ.

α) Σφαιρική ἐκτροπή. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν καμπυλότητα τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ. Αἱ ἀκτῖνες, αἱ διερχόμεναι διὰ τοῦ κεντρικοῦ καὶ τοῦ περιφερειακοῦ τμήματος τοῦ φακοῦ, δὲν συγκεντρώνονται εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον (σχ. 64). Διὰ νὰ περιορίσωμεν τὴν σφαιρικὴν ἐκτροπὴν θέτομεν

πρὸ τοῦ φακοῦ διὰ φ ρ α γ μ α, φέρον κυκλικὸν ἄνοιγμα, διὰ τοῦ ὁποῖου διέρχονται μόνον κεντρικαὶ ἀκτῖνες.

β) Ἀστigmatική ἐκτροπή. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν μεγάλῃν γωνίαν, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες μετὰ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ. Ὁ ἀστigmatισμὸς συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μὴ εἶναι εὐκρινὴ τὰ σχηματιζόμενα εἰδῶλα.

γ) Χρωματικὴ ἐκτροπή. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν ἀνάλυσιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ λευκὸν φῶς, ὅταν τοῦτο διέρχεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ. Καὶ ἡ ἐκτροπὴ αὕτη συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μὴ εἶναι εὐκρινὲς τὸ σχηματιζόμενον εἰδῶλον.

δ) Διωρθωμένον σύστημα φακῶν. Εἰς τὰ διάφορα ὀπτικά ὄργανα χρησιμοποιοῦνται σήμερον συστήματα φακῶν. Τὰ τοιαῦτα συστήματα

φακῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλοὺς φακοὺς (3 - 12), τῶν ὁποίων αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος, τὸ εἶδος τῆς ὑάλου καὶ αἱ μεταξὺ των ἀποστάσεις ἔχουν ἐκλεγῆ καταλλήλως. "Εν διωρθωμένον σύστημα εἶναι **ἀπλανητικόν, ἀχρωματικόν, ἀναστιγματικόν**. Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο τὸ εἶδωλον ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου εἶναι σημεῖον (ἀπλανητικόν), ἡ χρωματικὴ ἐκτροπὴ καταργεῖται (ἀχρωματικόν) καὶ ἐξαφανίζονται τὰ ἐλαττώματα ἐκ τῆς κλίσεως τῶν ἀκτίνων πρὸς τὸν ἄξονα (ἀναστιγματικόν).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

36. Αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος ἐνὸς φακοῦ, ἔχοντος δείκτην διαθλάσεως 1,50, εἶναι $R_1 = \pm 40$ cm καὶ $R_2 = \pm 60$ cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τῶν 4 εἰδῶν φακῶν, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ προκύψουν ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ τῶν ἀνωτέρω τεσσάρων τιμῶν τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος.

37. Ἡ μία ἀκτὶς καμπυλότητος ἀμφικύρτου φακοῦ εἶναι 15 cm, ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι 1,5 καὶ ἡ ἔστιακὴ του ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ ἄλλη ἀκτὶς καμπυλότητος;

38. Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει τὰς δύο ἀκτῖνας καμπυλότητος ἴσας μὲ 50 cm. Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ δι' ὠρισμένην ἀκτινοβολίαν εἶναι 45 cm. Πόσος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτήν;

39. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν ἔστιακῆς ἀποστάσεως φ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, διὰ νὰ εἶναι τὸ εἶδωλον 3 φορές μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον;

40. Φωτεινὸν σημεῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος συγκλίνοντος φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακὸν εἶναι κατὰ 80 cm μικροτέρα τῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν φακόν. Πόσον ἀπέχει τὸ εἶδωλον ἀπὸ τὸν φακόν;

41. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ φακὸν ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, ὥστε τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον νὰ ἔχη ἐπιφάνειαν 9 φορές μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀντικειμένου;

42. Φωτεινὴ εὐθεῖα μήκους 2 cm ἀπέχει 1 m ἀπὸ πέτασμα. Μεταξὺ τῆς εὐθείας καὶ τοῦ πετάσματος τοποθετεῖται συγκλίνων φακός, ὅποτε λαμβάνομεν εὐκρινὲς εἶδωλον διὰ δύο θέσεις τοῦ φακοῦ, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξύ των 40 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ καὶ αἱ διαστάσεις τῶν δύο εἰδώλων.

43. Εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ ἀμφίκυκλον φακὸν ἔστιακῆς ἀποστάσεως -12 cm, τοποθετεῖται ἀντικείμενον μήκους 10 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

44. Συμμετρικὸς ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n = 1,5$ καὶ ἐπιπλὴι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδραργύρου. Εἰς ὕψος 25 cm ὑπεράνω τοῦ φακοῦ τοποθετεῖται φωτεινὸν σημεῖον. Παρατηρεῖται τότε ὅτι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου σχη-

ματίζεται ἐκεῖ, ὅπου εὐρίσκεται καὶ τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

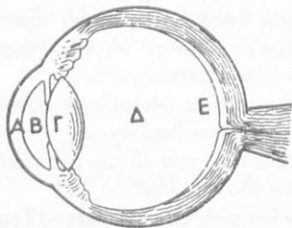
45. Μὲ ἓνα φακὸν ἰσχύος 5 διοπτριῶν θέλομεν νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ ἐνὸς τοίχου, ὁ ὁποῖος παίζει ρόλον πετάσματος, τὸ εἰδῶλον Α'Β' ἐνὸς ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ μήκος τοῦ εἰδῶλου πρέπει νὰ εἶναι 20 φορές μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μήκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοῖχον πρέπει νὰ τεθῇ ὁ φακὸς καὶ πόσον θὰ ἀπέχῃ τότε τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸν φακόν; Ὁ ὀπτικός ἀξων τοῦ φακοῦ εἶναι κάθετος πρὸς τὸν τοῖχον.

46. Ἀντικείμενον ΑΒ μήκους 10 cm ἀπέχει 40 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν Λ ἑστιακῆς ἀποστάσεως $f = 30$ cm. Θέλομεν νὰ λάβωμεν τὸ εἰδῶλον τοῦ ΑΒ ἐπὶ διαφράγματος ἀπέχοντος 6 m ἀπὸ τὸν φακὸν Λ. Πρὸς τοῦτο φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν φακὸν Λ ἓνα ἄλλον φακὸν Λ'. Νὰ εὑρεθῇ τὸ εἶδος τοῦ φακοῦ Λ' καὶ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ. Πόσον εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ εἰδῶλου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος;

37. Φακὸς Λ ἀπέχων 15 cm ἀπὸ ἀντικείμενον ΑΒ δίδει πραγματικὸν εἰδῶλον Α'Β' = 3 · ΑΒ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἄλλου φακοῦ Λ', ὁ ὁποῖος τιθέμενος εἰς ἀπόστασιν 10 cm ὀπισθεν τοῦ φακοῦ Λ δίδει νέον πραγματικὸν εἰδῶλον Α''Β'' = ν · Α'Β'. Πόση εἶναι ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ Λ', ἂν εἶναι $v = 2$ ἢ $v = 1$;

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

51. Κατασκευὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.—Ἀπὸ ὀπτικῆς ἀπόψεως ὁ ὀφθαλμὸς ἀποτελεῖται ἐκ σειρᾶς διαφανῶν μέσων, τὰ ὁποῖα χωρίζονται μεταξὺ των μὲ αἰσθητῶς σφαιρικὰς ἐπιφανείας· τὰ κέντρα τῶν ἐπιφανειῶν τούτων εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ ἄξονος. Ὅταν προχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ πρὸς τὸ ἐσωτερικόν, συναντῶμεν διαδοχικῶς τὰ ἑξῆς (σχ. 65) :

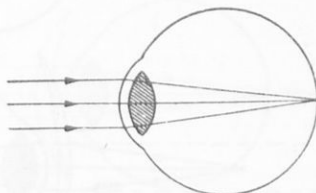


Σχ. 65. Τομή ὀφθαλμοῦ.

α) Τὸν διαφανῆ κερατοειδῆ χιτῶνα Α. β) Τὸ ὑδατῶδες ὑγρὸν Β. γ) Ἐν διάφραγμα ἔχον διάφορον χρῶμα εἰς τὰ διάφορα ἄτομα, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἱρίς καὶ φέρει εἰς τὸ μέσον κυκλικὸν ἄνοιγμα (κόρη) ἡ διάμετρος τῆς κόρης μεταβάλλεται ἀπὸ 2 ἕως 8 mm περίπου. δ) Ἐνα ἀμφικυρτον ἐλαστικὸν φακὸν Γ, ὁ ὁποῖος καλεῖται κρυσταλλώδης φακός. ε) Τὸ ὑαλῶδες ὑγρόν Δ. Τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ὀφθαλμοῦ καλύπτεται ἀπὸ μίαν μεμβράνην Ε, ἡ ὁποία καλεῖται ἀμφιβληστροειδῆς χιτῶν καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς διακλαδώσεις τοῦ ὀπτικοῦ

νεύρου. Διὰ νὰ εἶναι εὐκρινῶς ὁρατὸν ἐν ἀντικείμενον, πρέπει τὸ εἶδωλὸν τοῦ νὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Κατὰ προσέγγισιν ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ μὲ συγκλίνοντα φακόν, τοῦ ὁποῖου τὸ ὀπτικὸν κέντρον εὐρίσκεται 15 mm ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

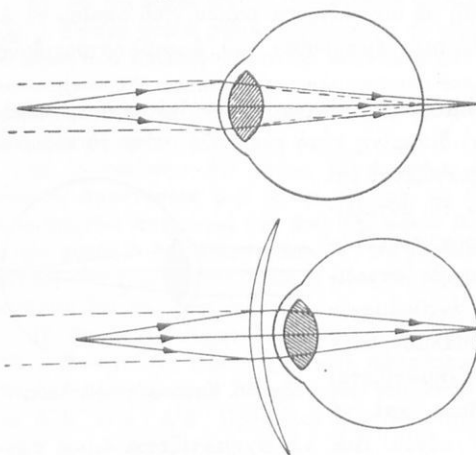
52. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Προσαρμογή. — Ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρῇ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίνῃ αὐτὸ εὐκρινῶς, τότε τὸ εἶδωλὸν τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, τὸ εἶδωλὸν σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ συνεχῶς πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, τότε τὸ εἶδωλὸν θὰ ἔπρεπε νὰ σχηματίζεται ὀπίσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ νὰ ἀπομακρύνεται συνεχῶς ἀπὸ αὐτόν. Διὰ νὰ σχηματίζεται ὅμως πάντοτε τὸ εἶδωλὸν ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, πρέπει νὰ τροποποιῇται ἐκάστοτε ὁ μηχανισμὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταβολῆς τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ· ἐφ' ὅσον ἐλαττώνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν, ὁ κρυσταλλώδης φακὸς γίνεται συγκεντρωτικώτερος. Ἡ ἱκανότης αὕτῃ τοῦ ὀφθαλμοῦ καλεῖται **προσαρμογή**. Ὁ **κανονικὸς ὀφθαλμὸς**, δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς, χωρὶς προσαρμογὴν, τὰ εἰς ἄπειρον εὐρισκόμενα ἀντικείμενα καὶ προσαρμοζόμενος δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα μέχρι ἀποστάσεως 25 cm. Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ εὑρεθῇ ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἐν ἀντικείμενον, διὰ νὰ διακρίνεται εὐκρινῶς, καλεῖται **ἐλάχιστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως**· αὕτη διὰ τὸν κανονικὸν ὀφθαλμόν εἶναι περίπου 25 cm.



Σχ. 66. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς.

53. Πρεσβυωπία. — Ἡ ἰσχὺς τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ, ὅταν οὗτος ἡρεμῇ, εἶναι 19 διοπτρίαι· διὰ τῆς προσαρμογῆς ἡ ἰσχὺς τοῦ αὐξάνεται εἰς 33 διοπτρίας. Αὕτη ὅμως ἡ ἱκανότης τοῦ ὀφθαλμοῦ, νὰ μεταβάλλῃ τὴν ἰσχύϊν τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ κατὰ 14 διοπτρίας, ἐλαττώνεται μὲ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν, διότι ἡ ἐλαστικότης τοῦ φακοῦ συνεχῶς ἐλαττώνεται. Οὕτως εἰς ἡλικίαν 20 ἐτῶν ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ

δύναται νὰ μεταβάλλεται κατὰ 10 διοπτρίας, εἰς ἡλικίαν 40 ἐτῶν κατὰ 4,5 διοπτρίας καὶ εἰς ἡλικίαν 60 ἐτῶν μόνον κατὰ 1 διοπτρίαν.

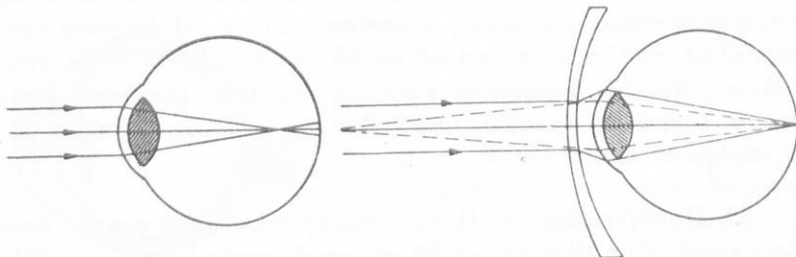


Σχ. 67. Πρεσβυωπικὸς ὀφθαλμὸς καὶ διόρθωσις αὐτοῦ.

Αὐτὴ ἡ ἐλάττωσις τῆς ἱκανότητος προσαρμογῆς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ ἀυξάνεται μὲ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως (**πρεσβυωπία**). Ὁ πρεσβύωψ βλέπει εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἀλλὰ δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διότι τότε τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Διὰ νὰ ἀναπληρωθῇ ἡ ἔλλειψις

ἱκανότητος προσαρμογῆς, ὁ πρεσβύωψ ὀφθαλμὸς χρησιμοποιεῖ συγχαλίνοντα φακὸν διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν πλησίον εὐρισκομένων ἀντικειμένων (σχ. 67).

54. Μύωψ καὶ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμὸς. — Εἰς τὸν μύωπα ὁ ὀφθαλμὸν ὁ ἄξων τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι μακρότερος τοῦ δέοντος, ἐπομένως τὸ

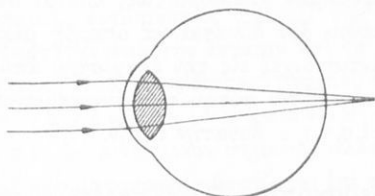


Σχ. 68. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς.

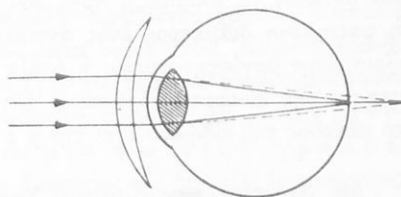
Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

εἶδωλον ἑνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 68). Οὕτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς χωρὶς προσαρμογὴν ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν ὑλίκων

μέτρων, διότι τότε μόνον, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀντιθέτως ὁ μύψ ὀφθαλμὸς δύναται προσαρμοζόμενος νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν πολὺ μικροτέραν τῶν 25 cm. Ἡ μυωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποίησεως ἀποκλίνοντος φακοῦ, ὁ ὁποῖος μετατοπίζει τὸ εἶδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 69). Εἰς τὸν **ὑπερμέτρωπα** ὀφθαλμὸν ὁ ἄξων τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι βραχὺς καὶ



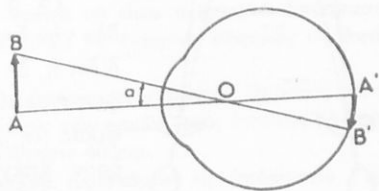
Σχ. 70. Ὑπερμετρωπικὸς ὀφθαλμὸς.



Σχ. 71. Διόρθωσις ὑπερμετρωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

ἐπομένως τὸ εἶδωλον ἑνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 70). Οὕτως ὁ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμὸς δὲν διακρίνει τίποτε χωρὶς προσαρμογὴν. Εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦτον ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ 25 cm. Ἡ ὑπερμετρωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποίησεως συγκλίνοντος φακοῦ, ὁ ὁποῖος μετατοπίζει τὸ εἶδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 71).

55. Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—Καλεῖται **φαινομένη διάμετρος** ἑνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 72) ἡ γωνία AOB = α ἡ σχηματιζομένη ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας OA καὶ OB, αἱ ὁποῖαι ἄγονται ἀπὸ τὸ κέντρο O τοῦ ὀφθαλμοῦ εἰς τὰ ἄκρα A καὶ B τοῦ ἀντικειμένου. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πολὺ μακρὰν, τότε ἡ γωνία α εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ μετρουμένη εἰς ἀκτίνια εἶναι :



Σχ. 72. Ἡ γωνία AOB καλεῖται φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.

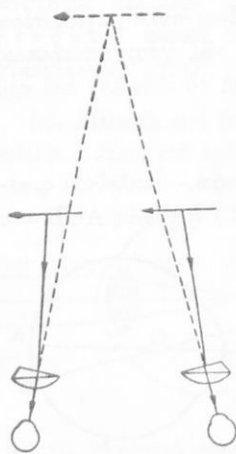
φαινομένη διάμετρος: $\alpha = \frac{AB}{OA}$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις φανερώνει ὅτι :

Ἡ φαινόμενη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τούτου ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν.

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου $A'B'$ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν φαινόμενην διάμετρον. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ἀντικείμενον δὲν δύναται νὰ πλησιάσῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμόν ἀπεριορίστως, ἔπεται ὅτι ἡ φαινόμενη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ μίαν ὀρισμένην μεγίστην τιμὴν, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν τοῦ ἀντικειμένου τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἔχει τὴν $\mu \epsilon \gamma \acute{\iota} \sigma \tau \eta \nu$ δυνατὴν τιμὴν.

56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία.—“Ὅταν παρατηροῦμεν ἓν ἀντικείμενον μὲ τοὺς δύο ὀφθαλμούς, τότε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἑκάστου ὀφθαλμοῦ σχηματίζεται ἰδιαίτερον εἶδωλον. Ἐν τούτοις βλέπομεν ἓν μόνον ἀντικείμενον. Ὅταν τὸ αὐτὸ ἀντικείμενον τὸ παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν μὲ τὸν ἓνα ὀφθαλμόν, ἄλλοτε δὲ μὲ τὸν ἄλλον ὀφθαλμόν, τότε τὸ θέαμα, τὸ ὁποῖον παρῳσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι ὀλίγον δια-



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου.

φορετικόν, ὅταν παρατηρῇται μὲ μόνον τὸν δεξιὸν ἢ τὸν ἀριστερόν ὀφθαλμόν. Αἱ μικραὶ αὐταὶ διαφοραὶ συντελοῦν εἰς τὸ νὰ μᾶς δίδουν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, δηλαδὴ νὰ ἀντιλαμβανώμεθα ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἡμᾶς χῶρον, ὅχι ὡς ἐπιφάνεια, ἀλλὰ ὡς στερεὸν ἔχον διαστάσεις.

Τὸ στερεοσκοπίον ἀναπαράγει σχεδὸν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ἡ διόφθαλμος ὄρασις. Λαμβάνομεν δύο φωτογραφίας τοῦ ἀντικειμένου μὲ δύο φωτογραφικὰ μηχανάκια, αἱ ὁποῖα ἀπέχουν μεταξὺ των, ὅσον ἀπέχουν οἱ δύο ὀφθαλμοί, ἥτοι 6 ἕως 7 cm. Αἱ δύο αὐταὶ εἰκόνες τοῦ ἀντικειμένου δὲν εἶναι τελείως ὅμοιαι· ἡ μία ἐξ αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ δεξιὸς ὀφθαλμός, ἡ δὲ ἄλλη εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ ἀριστερὸς ὀφθαλμός. Θέτομεν τὰς δύο αὐτὰς εἰκόνας ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεο-

σκοπίου (σλ. 73) καὶ παρατηροῦμεν συγχρόνως τὰς δύο εἰκόνας οὕτως, ὥστε ἕκαστος ὀφθαλμὸς νὰ βλέπῃ μόνον τὴν εἰκόνα, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς αὐτόν. Τὰ δύο εἰδῶλα συμπίπτουν εἰς ἓν μόνον εἶδωλον, τὸ ὁποῖον μᾶς δίδει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἀναγλύφου. Τὸ σύστημα παρατηρήσεως ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα φακοῦ καὶ πρίσματος.

57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως.—Ἡ γένεσις καὶ ἡ ἐξαφάνισις μιᾶς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως ἀπαιτεῖ τὴν πάροδον ὀρισμένου χρόνου, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἔντασιν καὶ τὰ χρώματα τοῦ φωτός. Ἐκάστη λοιπὸν ὀπτικὴ ἐντύπωσις διαρκεῖ περίπου ἐπὶ $1/10$ τοῦ δευτερολέπτου. Διὰ τοῦτο ἐν τὰς ἐξ ὧς κινούμενον φωτεινὸν σημεῖον δὲν διακρίνεται ὡς κινούμενον σημεῖον, ἀλλὰ ὡς μία φωτεινὴ γραμμὴ. Ἡ κινηματογραφία βασίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. Ἐπὶ τῆς θόδνης προβάλλονται διαδοχικῶς φωτογραφίαι ἐνὸς κινουμένου ἀντικειμένου ληφθεῖσαι κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα μὲ $1/24$ τοῦ δευτερολέπτου. Αἱ φωτογραφίαι αὗται προβάλλονται ἔπειτα μὲ τὸν ἴδιον ρυθμόν, ἦτοι 24 κατὰ δευτερόλεπτον. Ὁ παρατηρητὴς βλέπει προβαλλομένας τὰς διαδοχικὰς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, ἔνεκα ὅμως τῆς διαρκείας τῶν ὀπτικῶν ἐντυπώσεων, δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν συνεχῆ ἀλλαγὴν τῶν προβαλλομένων εἰκόνων καὶ νομίζει ὅτι βλέπει κινούμενον τὸ ἀντικείμενον.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

48. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τῶν 3 m. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ὥστε ὁ ὀφθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς τὰ μακρὰν εὐρισκόμενα ἀντικείμενα;

49. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς δὲν διακρίνει εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τῶν 10 cm. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἔστιακή ἀπόστασις τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ὥστε ὁ ὀφθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm ;

50. Εἰς ἓνα ὑπερμέτρωπα ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 90 cm. Νὰ εὐρεθῇ πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἰσχὺς τῶν φακῶν, τοὺς ὁποίους θὰ χρησιμοποιήσῃ, διὰ νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm.

51. Ὁφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 1 m. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἔστιακή ἀπόστασις τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, διὰ νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 25 cm ;

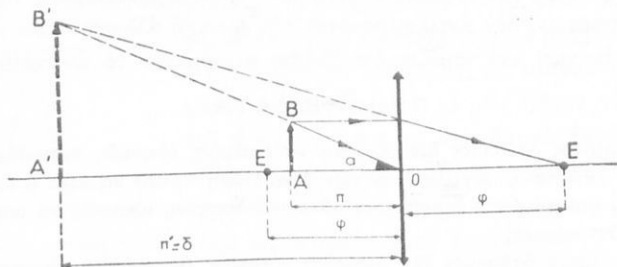
52. Γέρων, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 1,20 m, θέλει νὰ διαβάξῃ βιβλίον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν του. Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ, τὸν ὁποῖον θὰ χρησιμοποιήσῃ ;

ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

58. Ὀπτικά ὄργανα.—Εἶδομεν (§ 55) ὅτι, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ φαινόμενη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου, τόσον μεγαλύτερον εἶναι καὶ τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀπὸ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐξαρτᾶται καὶ τὸ πλῆθος τῶν λεπτομερειῶν, τὰς ὁποίας διακρίνομεν. Ἡ **μ ε γ ί σ τ η δ υ ν α τ ῆ φ α ι ν ο μ ῆ ν ῃ δ ι ᾱ μ ε τ ρ ο ς ἀ ν τ ι σ τ ο ι χ εῖ εἰς τὴν ἐ λ α χ ί σ τ η ν ἀ π ό σ τ α σ ι ν εὐ κ ρ ι ν ο ῦ ς ὁ ρ ᾱ σ ε ω ς**. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξησιν τῆς φαινομένης διαμέτρου, χρησιμοποιοῦμεν διάφορα **ὀπτικά ὄργανα**.

Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

59. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον.—Τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑνα συγκλίνοντα φακὸν μικρᾶς ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Τὸ πρὸς παρατήρησιν ἀντικείμενον AB (σχ. 74) τοποθετεῖται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας E καὶ τοῦ φακοῦ. Τὸ παρατηρούμενον τότε εἶδωλον A'B' εἶναι **ὀρθόν, φανταστικόν καὶ μεγαλύτερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Ὑποθέτομεν ὅτι ὁ ὀφθαλμὸς εὐρίσκεται σχεδὸν εἰς ἐπαφήν μὲ τὸν φα-



Σχ. 74. Ὁ συγκλίνων φακὸς ἀποτελεῖ ἀπλοῦν μικροσκόπιον

κόν. Τὸ εἶδωλον A'B' εἶναι εὐκρινές, ὅταν ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Τὸ εἶδωλον A'B' φαίνεται ὑπὸ γωνίαν α. Ἀρα ἡ μονὰς μήκους τοῦ ἀντικειμένου AB φαίνεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ ὑπὸ γωνίαν $\frac{\alpha}{AB}$.

Καλεῖται ἰ σ χ ῦ ς μικροσκοπίου ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ φακοῦ τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου.

$$\text{ἰσχύς ἀπλοῦ μικροσκοπίου: } P = \frac{\alpha}{AB}$$

(1)

Ἡ φαινομένη διάμετρος α τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς $\acute{\alpha}\kappa\tau\acute{\iota}\nu\iota\alpha$ καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου AB μετρεῖται εἰς $\mu\acute{\epsilon}\tau\rho\alpha$, ἐπομένως ἡ ἰσχὺς μετρεῖται εἰς $\delta\iota\omicron\pi\tau\rho\acute{\iota}\alpha\varsigma$.

Ἀπὸ τὸ ὀρθογώνιον τρίγωνον OAB εὐρίσκομεν: $AB = OA \cdot \epsilon\phi \alpha$. Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ γωνία α εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ ὅτι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ συνήθως εἶναι πολὺ μικρὰ, τότε δυνάμεθα κατὰ μεγάλην προσέγγισιν νὰ λάβωμεν: $AB = \varphi \cdot \alpha$. Ἐπομένως ἡ ἰσχὺς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου κατὰ προσέγγισιν εἶναι:

$$\text{ἰσχὺς ἀπλοῦ μικροσκοπίου} : P = \frac{1}{\varphi} \quad (2)$$

60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—Δι' ὅλα τὰ ὀπτικὰ ὄργανα ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὁρισμός:

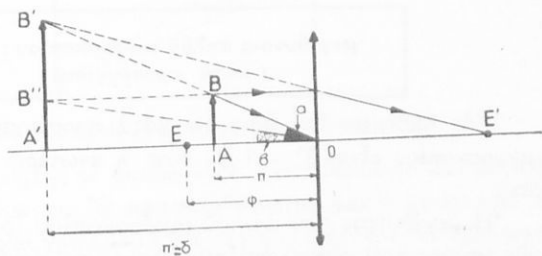
Μεγέθυνσις ἐνὸς ὀπτικοῦ ὀργάνου καλεῖται ὁ λόγος τῆς γωνίας α , ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ ὀργάνου τὸ εἶδωλον $A'B'$, πρὸς τὴν γωνίαν β , ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ὅταν τοῦτο εὐρίσκεται εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Ἡ οὕτως ὀριζομένη μεγέθυνσις εἶναι ἡ **γωνιακὴ μεγέθυνσις**, ἐνῶ ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι ἡ **γραμμικὴ μεγέθυνσις**:

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB}$$

Ἡ γωνία α ἔχει τὴν μεγαλύτεραν τιμὴν, ὅταν τὸ εἶδωλον $A'B'$ σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως (σχ. 75). Ἀπὸ τὴν σχέσιν $\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\varphi}$ εὐρίσκομεν:

$$\pi = \frac{\varphi \cdot \delta}{\varphi + \delta} \quad (1)$$



Σχ. 75. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς μεγεθύνσεως τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.

Αί γωνίαι α και β είναι πολύ μικράι. Έπομένως από τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα OAB και $OA'B''$ εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$\alpha = \frac{AB}{OA} \quad \text{ἤτοι} \quad \alpha = \frac{AB}{\pi}$$

$$\text{και} \quad \beta = \frac{A'B''}{OA'} \quad \text{ἤτοι} \quad \beta = \frac{AB}{\delta}$$

Συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω ὅρισμὸν ἔχομεν ὅτι ἡ μεγέθυνσις M εἶναι :

$$M = \frac{\alpha}{\beta} \quad \text{ἤτοι} \quad M = \frac{\delta}{\pi} \quad (2)$$

Ἐὰν εἰς τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν θέσωμεν τὴν τιμὴν τοῦ π ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν (1), εὐρίσκομεν ὅτι ἡ **μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου** εἶναι :

$$\text{μεγέθυνσις ἀπλοῦ μικροσκοπίου : } M = 1 + \frac{\delta}{\varphi} \quad (3)$$

Ἐπειδὴ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις φ τοῦ φακοῦ εἶναι συνήθως πολὺ μικρά, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν $\pi = \varphi$. Τότε ἀπὸ τὴν σχέσιν (2) εὐρίσκομεν ὅτι:

Ἡ μεγέθυνσις ἑνὸς ἀπλοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸν λόγον τῆς ἐλαχίστης ἀποστάσεως εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ.

$$\text{μεγέθυνσις ἀπλοῦ μικροσκοπίου : } M \frac{\delta}{\varphi} \quad (4)$$

(κατὰ προσέγγισιν)

Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι κατὰ προσέγγισιν ἡ ἰσχὺς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἶναι $P = 1/\varphi$, τότε ἡ ἀνωτέρω σχέσις (4) φανερώνει ὅτι :

Ἡ μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἰσχύος τοῦ φακοῦ ἐπὶ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ.

$$\text{μεγέθυνσις ἀπλοῦ μικροσκοπίου : } M = P \cdot \delta \quad (5)$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Παρατηρητὴς ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 25 cm παρατηρεῖ διὰ μέσου συγχλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 2 cm μικρὸν ἀντικείμενον μήκους 2 mm.

Ἡ ἰσχὺς τοῦ χρησιμοποιουμένου ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

$$P = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ διοπτρίαι}$$

Ἡ ἐπιτυγχανομένη μεγέθυνσις εἶναι :

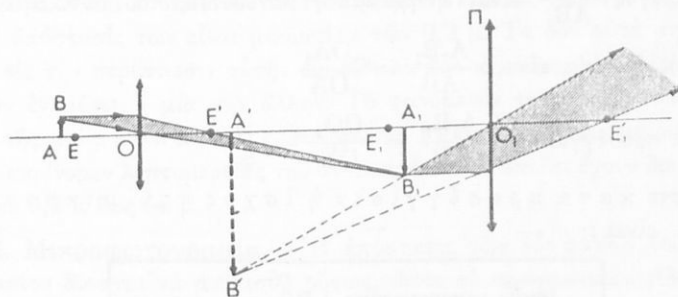
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} = 12,5$$

Ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

$$\alpha = P \cdot AB = 50 \cdot 0,002 = 0,1 \text{ rad} \quad \eta \quad \alpha = 5,7^\circ$$

61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—Τὸ σύνθετον μικροσκόπιον ἢ ἀπλῶς **μικροσκόπιον** χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παρατήρησιν πολλῶν μικρῶν ἀντικειμένων. Τὸ μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ ὅποιοι εἶναι καταλλήλως στερεωμένοι εἰς τὰ δύο ἄκρα σωλήνος.

Ὁ ἀντικείμενός φακὸς ἔχει πολὺ μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν ὀλίγον δὲ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας του τοποθετεῖται τὸ πολὺ μικρὸν ἀντικείμενον AB (σχ. 75). Οὕτως ὁ ἀντικείμενός φακὸς δίδει τὸ π ρ α γ-



Σχ. 76. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὸ σύνθετον μικροσκόπιον.

μ α τ ι κ ὸ ν εἰδῶλον A_1B_1 , τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Ὁ **προσοφθάμιος** φακὸς λειτουργεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 . τοῦτο σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του. Οὕτως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ φ α ν τ α σ τ ι κ ὸ ν εἰδῶλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον διὰ νὰ εἶναι εὐκρινές, πρέπει νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ. Τὸ ἀντικείμενον φωτίζεται κάτωθεν πολὺ ἰσχυρῶς μετὰ τὴν βοήθειαν κατόπτρου, ὥστε τὸ τελικὸν εἰδῶλον, τὸ ὁποῖον εἶναι πολὺ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, νὰ εἶναι φωτεινόν.

α) Ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου. Ὅπως εἶδομεν, ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου καλεῖται ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ μικροσκοπίου τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν λοιπὸν α εἶναι ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ τελικοῦ εἰδώλου Α'Β', τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὅρισμὸν ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

$$P = \frac{\alpha}{AB}$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται ὡς ἐξῆς :

$$P = \frac{\alpha}{A_1B_1} \cdot \frac{A_1B_1}{AB} \quad (1)$$

Ἀλλὰ $\frac{\alpha}{A_1B_1}$ εἶναι ἡ ἰσχύς P_π τοῦ προσοφθαλμίου, ἡ ὁποία ὡς γνωστὸν (§ 59) εἶναι :

$$P_\pi = \frac{1}{\varphi_\pi}$$

Ὁ δὲ λόγος $\frac{A_1B_1}{AB}$ εἶναι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις τοῦ ἀντικειμενικοῦ

$$(\S 42), \text{ ἡ ὁποία εἶναι : } \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{OA_1}{OA}$$

$$\text{ἡ κατὰ προσέγγισιν : } \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{OO_1}{OE} = \frac{l}{\varphi_\alpha}$$

Ὡστε κατὰ προσέγγισιν ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

$$\text{ἰσχύς μικροσκοπίου : } P = \frac{l}{\varphi_\pi \cdot \varphi_\alpha}$$

Εἰς τὰ συνήθη μικροσκόπια ἡ ἰσχύς ἀνέρχεται εἰς 3 000 διοπτρίας. Εἰς τὰ πολὺ καλὰ μικροσκόπια ἡ ἰσχύς ἀνέρχεται εἰς 10 000 διοπτρίας.

β) Μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου. Ὅπως εἰς τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον, οὕτω καὶ εἰς τὸ σύνθετον μικροσκόπιον εὐρίσκεται ὅτι :

Ἡ μεγέθυνσις (M) τοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἰσχύος (P) τοῦ μικροσκοπίου ἐπὶ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως (δ) τοῦ παρατηρητοῦ.

$$\text{μεγέθυνσις μικροσκοπίου : } M = P \cdot \delta \quad \text{ἢ} \quad M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_\pi \cdot \varphi_\alpha}$$

Κατὰ συνθήκην ἡ ἐμπορικὴ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου ὀρίζεται μὲ βάσιν τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ κανονικοῦ ὀφθαλμοῦ ($\delta = 25 \text{ cm}$).

Παράδειγμα. Εἰς ἓν μικροσκόπιον εἶναι :

$$l = 20 \text{ cm}, \quad \varphi_a = 1 \text{ cm} \quad \text{καὶ} \quad \varphi_\pi = 2 \text{ cm}.$$

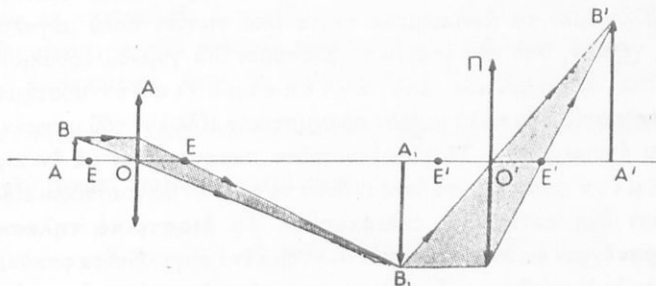
Ἡ ἰσχὺς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

$$P = \frac{0,20 \text{ m}}{0,02 \text{ m} \cdot 0,01 \text{ m}} = \frac{2000}{2} = 1000 \text{ διοπτρίαι}$$

Ἡ δὲ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου δι' ἓνα ὀφθαλμὸν ἔχοντα ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως $\delta = 10 \text{ cm}$ εἶναι : $M = 1000 \cdot 0,10 = 100$, ἥτοι ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον 100 φορές μεγαλύτερον.

62. Διαχωριστικὴ ικανότης τοῦ μικροσκοπίου.— Ἐκ πρώτης ὀψεως φαίνεται ὅτι εἶναι δυνατόν νὰ ἀυξηθῇ ἡ ἰσχὺς τοῦ μικροσκοπίου πέραν τῶν ἀνωτέρων ὁρίων ἰσχύος, τὰ ὁποῖα ἔχομεν σήμερον ἐπιτύχει. Ἐφ' ὅσον δὲ βαίνει ἀυξανομένη ἡ ἰσχὺς, αὐξάνονται καὶ αἱ λεπτομέρειαι, τὰς ὁποίας διακρίνει ὁ ὀφθαλμὸς. Παρὰ τὰς τεχνικὰς τελειοποιήσεις, δύο σημεῖα Α καὶ Β δὲν εἶναι δυνατόν νὰ φαίνωνται ὡς χωριστὰ σημεῖα, ὅταν ἡ ἀπόστασις των εἶναι μικρότερα τῶν $0,2 \mu$. Τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα δίδουν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὡς εἰδῶλα δύο κηλίδας, αἱ ὁποῖαι καλύπτουν ἓν μέρος ἢ μία τὴν ἄλλην. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παραθλάσεως τοῦ φωτὸς (§ 92). Διὰ τῶν μικροσκοπίων διακρίνομεν λεπτομερείας τοῦ ἀντικειμένου, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διαστάσεις ἀπὸ $0,2 \mu$ ἕως 50μ .

63. Μικροφωτογραφία.— Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ μικροσκοπίου δύναται νὰ ρυθμισθῇ οὕτως, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἶδῶλον



Σχ. 77. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδῶλου ὑπὸ τοῦ μικροσκοπίου.

A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικὸς, νὰ σχηματίζεται πρὸ τῆς κυ-

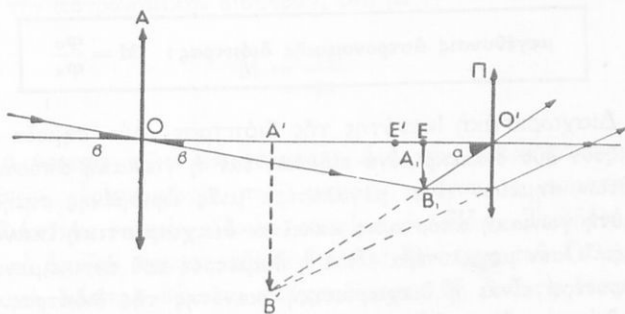
ρίας ἐστίας Ε' τοῦ προσοφθαλμίου (σχ. 77). Τότε ὁ προσοφθάλμιος δίδει τὸ π ρ α γ μ α τ ι κ ὸ ν εἶδωλον Α'Β', τὸ ὅποιον δύναται νὰ ληφθῇ ἐπὶ διαφράγματος ἢ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλάκός. Ἡ φωτογράφησις τῶν εἰδῶλων μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων καλεῖται **μικροφωτογραφία**· πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου φωτογραφικὴ μηχανή. Ἀντὶ φωτογραφικῆς μηχανῆς δύναται νὰ στερεωθῇ ἡ συσκευή λήψεως κινηματογραφικῶν εἰκόνων· ἡ **κινηματομικροφωτογραφία** παρέχει σήμερον πολὺτιμον βοήθειαν εἰς τὰς διαφόρους ἐρεῦνας καὶ τὴν διδασκαλίαν.

64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ.—Τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 , τὸ ὅποιον σχηματίζει ὁ ἀντικειμενικὸς φακός, πρέπει νὰ εἶναι πολὺ φωτεινὸν καὶ χωρὶς σφάλματα· διότι, ἂν τὸ εἶδωλον τοῦτο ἔχῃ σφάλματα, ταῦτα θὰ γίνουν μεγαλύτερα διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Γενικῶς ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι ἐν σύστημα φακῶν, διὰ τοῦ ὁποίου ἐπιδιώκεται αὐξήσις τῆς ἰσχύος τοῦ μικροσκοπίου καὶ διόρθωσις τῶν διαφόρων σφαλμάτων, τὰ ὅποια παρουσιάζουν οἱ φακοί. Ἀλλὰ καὶ ὁ προσοφθάλμιος φακὸς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι πάντοτε σύστημα φακῶν.

Β'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

65. Διοπτρικὰ καὶ κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.—Τὰ **τηλεσκόπια** εἶναι ὀπτικὰ ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων εὐρισκομένων πολὺ μακρὰν. Μὲ τὰ τηλεσκόπια ἐπιτυγχάνομεν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα ταῦτα ὑπὸ γωνίαν πολὺ μεγαλύτεραν ἀπὸ τὴν γωνίαν, ὑπὸ τὴν ὁποίαν τὰ βλέπομεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Τὰ τηλεσκόπια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀντικειμενικὸν σύστημα, τὸ ὅποιον σχηματίζει ἐν πολὺ μικρὸν πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο παρατηρεῖται μὲ ἐν προσοφθάλμιον σύστημα, τὸ ὅποιον δίδει τὸ τελικὸν φανταστικὸν εἶδωλον. Ὑπάρχουν δύο κατηγορίαι τηλεσκοπίων. Τὰ **διοπτρικὰ τηλεσκόπια** ἢ **διόπτραι** ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἓνα συγγλίνοντα φακὸν μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Τὰ δὲ **κατοπτρικὰ τηλεσκόπια** ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἐν κοίλον κάτοπτρον. Τὸ ἀντικειμενικὸν καὶ τὸ προσοφθάλμιον σύστημα εἶναι στερεωμένα καταλλήλως ἐπὶ μακροῦ σωλήνος.

66. Ἀστρονομικὴ διόπτρα.— Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα ἀποτελεῖται : α) Ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικὸν φακόν, ὁ ὁποῖος ἔχει πολὺ μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_a) καὶ δίδει τὸ πραγματικόν, μικρὸν καὶ ἀνέστραμμένον εἶδωλον A_1B_1 (σχ. 78). β) Ἀπὸ τὸν προσ-



Σχ. 78. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν.

οφθαλμικὸν φακόν, ὁ ὁποῖος ἔχει μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_n) καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 . Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται πλησίον τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ. Κατὰ τὴν παρατήρησιν χωρὶς προσαρμογὴν, ἡ κυρία ἐστία E τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ ἡ κυρία ἐστία E' τοῦ προσοφθαλμίου συμπίπτουν καὶ τὸ μῆκος l τοῦ ὄργανου εἶναι τότε : $l = \varphi_a + \varphi_n$.

α) Μεγέθυσις τῆς διόπτρας. Ὅπως εἰς τὰ μικροσκόπια, οὕτω καὶ εἰς τὰ τηλεσκόπια ἡ μεγέθυσις ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῆς φαινομένης διαμέτρου α τοῦ τελικοῦ εἰδώλου πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον β τοῦ ἀντικειμένου, ὅταν τὸ παρατηροῦμεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Ἄρα εἶναι : $M = \frac{\alpha}{\beta}$. Ἀπὸ τὰ τρίγωνα A_1OB_1 καὶ $A_1O'B_1$ εὐρίσκομεν ὅτι αἱ πολὺ μικραὶ γωνίαι α καὶ β εἶναι :

$$\alpha = \frac{A_1B_1}{O'A_1} \quad \text{ἢ κατὰ προσέγγισιν} \quad \alpha = \frac{A_1B_1}{\varphi_n}$$

$$\beta = \frac{A_1B_1}{OA_1} \quad \text{ἢ κατὰ προσέγγισιν} \quad \beta = \frac{A_1B_1}{\varphi_a}$$

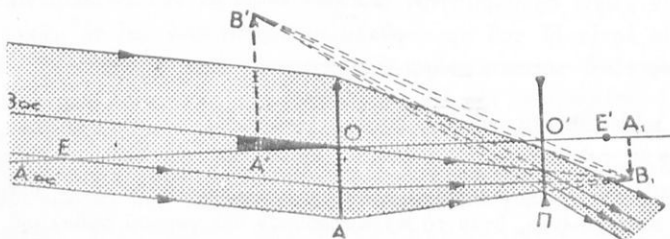
Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡ μεγέθυνσις τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῆς ἑστιᾶκῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου πρὸς τὴν ἑστιᾶκὴν ἀπόστασιν τοῦ προσοφθαλμίου.

$$\text{μεγέθυνσις ἀστρονομικῆς διόπτρας: } M = \frac{\varphi_{\alpha}}{\varphi_{\pi}}$$

β) Διαχωριστικὴ ἱκανότης τῆς διόπτρας. Δύο σημεῖα Α καὶ Β σχηματίζουν δύο διακεκριμένα εἶδωλα, ἐὰν ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων εἶναι μεγαλύτερα μιᾶς ὀρισμένης τιμῆς ω. Ἡ ὀρικὴ αὐτὴ γωνιακὴ ἀπόστασις καλεῖται **διαχωριστικὴ ἱκανότης** τῆς διόπτρας. Ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τόσον μικροτέρα εἶναι ἡ διαχωριστικὴ ἱκανότης τῆς διόπτρας. Αἱ καλύτεραι διόπτραι ἔχουν διαχωριστικὴν ἱκανότητα 0,12". Ἡ γωνία αὐτὴ εἶναι ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις δύο σημείων τῆς ἐπιφανείας τῆς Σελήνης, τὰ ὁποῖα ἀπέχουν μεταξύ των 230 μέτρα.

67. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—Εἰς τὴν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου ὁ ἀντικειμενικὸς εἶναι σ υ γ κ λ ί ν ω ν φακός, ὁ ὁποῖος δίδει τὸ πραγμα-



Σχ. 79. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου.

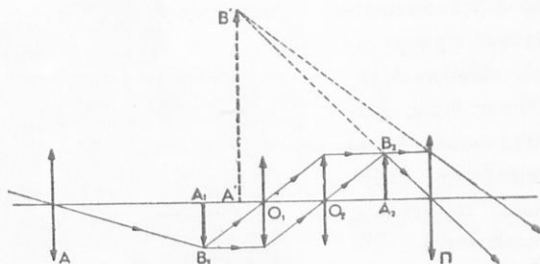
τικὸν εἶδωλον A_1B_1 (σχ. 79)· τοῦτο σχηματίζεται πολὺ πλησίον τῆς κυρίας ἑστίας Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Ὁ προσοφθαλμιος εἶναι ἀ π ο κ λ ί ν ω ν φακός, ὁ ὁποῖος παρεμβάλλεται μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τῆς ἑστίας του Ε. Οὕτω τὸ εἶδωλον A_1B_1 ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸν προσοφθαλμιον φακόν. Ἐὰν ἡ κυρία ἑστία Ε' τοῦ προσοφθαλμίου εὐρίσκεται πρὸ τῆς ἑστίας τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τότε ὁ

προσοφθάλμιος δίδει τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ A_1B_1 .

Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου εὐρίσκεται ὅτι εἶναι, ὅπως εἰς τὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν, ἴση μὲ :

$$M = \frac{\varphi_{\alpha}}{\varphi_{\pi}}$$

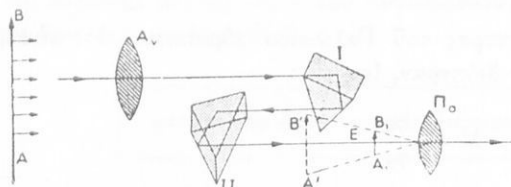
68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.— Διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, εὐρισκομένων πολὺ μακράν, πρέπει τὸ παρατηρούμενον διὰ τῆς διόπτρας τελικὸν εἶδωλον νὰ εἶναι ὀρθόν. Τοιοῦτον εἶναι τὸ εἶδωλον, τὸ ὁποῖον παρατηροῦμεν διὰ τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου. Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, ἂν ἐφοδιασθῇ μὲ **ἀνορθωτικὸν σύστημα**. Τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ . Τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ οὕτως, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός, νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ O_1 (σχ. 80). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σύστημα σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ δευτέρου φακοῦ O_2 τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 , τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον μὲ τὸ A_1B_1 , ἀλλ' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς αὐτό, καὶ συνεπῶς ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρατηροῦμεν τότε τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$ τοῦ ὀρθοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_2B_2 . Ἡ προσθήκη τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος προκαλεῖ αὐξήσιν τοῦ μήκους τῆς διόπτρας κατὰ 3φ .



Σχ. 80. Σύστημα ἀνορθώσεως τοῦ εἰδώλου εἰς τὴν διόπτραν τῶν ἐπιγείων.

ματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ O_1 (σχ. 80). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σύστημα σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ δευτέρου φακοῦ O_2 τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 , τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον μὲ τὸ A_1B_1 , ἀλλ' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς αὐτό, καὶ συνεπῶς ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρατηροῦμεν τότε τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$ τοῦ ὀρθοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_2B_2 . Ἡ προσθήκη τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος προκαλεῖ αὐξήσιν τοῦ μήκους τῆς διόπτρας κατὰ 3φ .

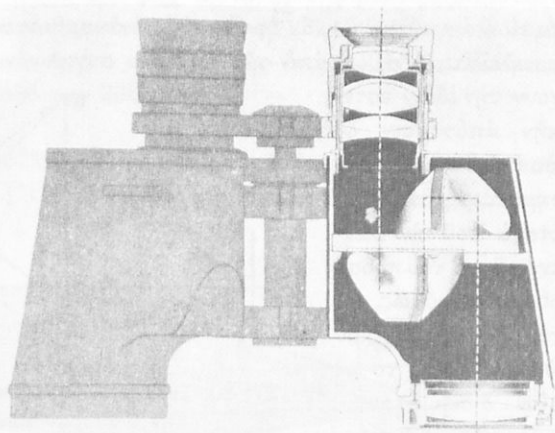
69. Πρισματική διόπτρα.—Εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρεμβάλλονται δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως I καὶ II (σχ. 81),



Σχ. 81. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν.

τῶν ὁποίων αἱ ἀκμαὶ εἶναι κάθετοι μεταξὺ τῶν. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὁποία ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν, ἐφίσταται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις ἐντὸς ἐκάστου

πρίσματος· αἱ ἀνακλάσεις αὗται προκαλοῦν τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρατηροῦμεν τὸ ὀρθὸν πρὸς τὸ ἀντικείμενον πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$. Οὕτως ὅμως ἐπιτυγχάνεται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι ἡ ἀκτίς διατρέχει τρεῖς φορές τὸ μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων διάστημα. Δύο τοι-

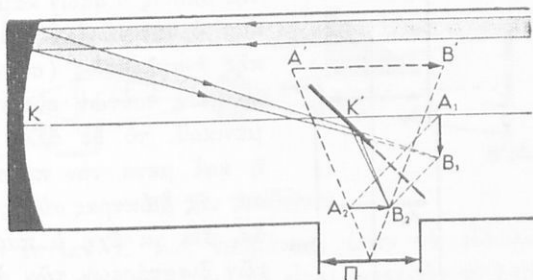


Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας.

οὔτοι διοπτρικοὶ σωληνες ἐνούμενοι καταλλήλως χρησιμοποιοῦνται διὰ διόφθαλμον ὄρασιν (σχ. 82). Αἱ διόφθαλμοι πρισματικαὶ διόπτραι παρέχουν στερεοσκοπικὴν ἀποψιν τοῦ εἰδώλου· διότι ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἀντικειμενικῶν εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο προσοφθαλμίων καὶ συνεπῶς ἕκαστος ὀφθαλμὸς παρατηρεῖ ἄλλην ἀποψιν τοῦ ἀντικειμένου.

70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον. Τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον

φέρει ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἓν κοίλον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 83). Τὸ κάτοπτρον Κ δίδει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 ἐνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ εἶδωλον A_1B_1 σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ἀνέστραμμένον. Πρὸ τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ κοίλου κατόπτρου τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον Κ' (ἢ πρῖσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως), τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ πραγ-



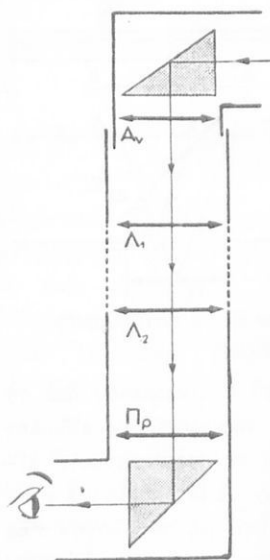
Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον.

ματικὸν εἶδωλον A_1B_1 ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον δίδει τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 . Παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἶδωλον Α'Β'. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἴση μετὰ τὸν λόγον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως (φ_a) τοῦ κοίλου κατόπτρου πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_π) τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, ἥτοι $M = \frac{\varphi_a}{\varphi_\pi}$.

Τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον ἔχει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν χρησιμοποιεῖ ἀντικειμενικὸν φακὸν μεγάλης διαμέτρου. Ἡ κατασκευὴ τοιούτων φακῶν παρουσιάζει πολὺ μεγάλης δυσκολίας (ἀκρίβειαν εἰς τὴν καταμυλότητα τῶν δύο ἐπιφανειῶν, ἀπόλυτον ὁμογένειαν τῆς ὑάλου κ.ἄ.). Τὸ κοίλον κάτοπτρον τοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ὑάλινον παραβολικὸν κάτοπτρον μεγάλης διαμέτρου. Οὕτω τὸ κάτοπτρον τοῦ τηλεσκοπίου τοῦ ὄρους Wilson ἔχει διάμετρον 2,5 m, τοῦ δὲ τηλεσκοπίου τοῦ ὄρους Palomar ἔχει διάμετρον 5 m. Ἀντιθέτως ἡ διάμετρος τοῦ μεγαλύτερου ἀντικειμενικοῦ φακοῦ εἶναι 1,02 m (ἀστρονομικὴ διόπτρα τοῦ Yerkes).

Γ'. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

71. Περισκόπιον.—Τὸ **περισκόπιον** χρησιμοποιεῖται κυρίως ὑπὸ τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εὐρίσκωνται ἐν καταδύσει, διὰ τὴν ἐξερεύνησιν τοῦ ὁρίζοντος. Τὸ περισκόπιον εἶναι μία διόπτρα τῶν ἐπιγείων,



Σχ. 84. Σχηματική παράστασις τοῦ περισκοπίου.

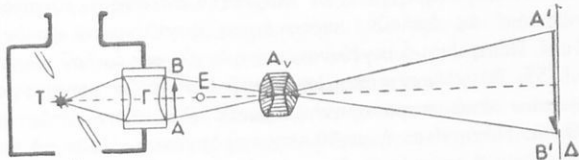
τῆς ὁποίας ὁ ἄξων κάμπτεται εἰς τὰ δύο ἄκρα κατ' ὀρθὴν γωνίαν χάρις εἰς δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως (σχ. 84)· τὸ ἐν ἐκ τῶν πρίσμάτων τούτων εὐρίσκεται πρὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τὸ δὲ ἄλλο πρίσμα εὐρίσκεται πρὸ ἢ καὶ μετὰ τὸν προσοφθάλμιον. Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας αὐτῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα, διὰ τὴν ἔχῃ ὁ παρατηρητὴς ἀκριβῆς ἰδέαν τῶν διαστάσεων τῶν ἀντικειμένων. Ἐπομένως ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν τὴν αὐτὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν. Τὸ σύστημα ἀνορθώσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὁμοίους συγκλίνοντας φακοὺς Λ_1 καὶ Λ_2 μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Ἐπειδὴ ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων φακῶν δὲν ἐπηρεάζει τὴν θέσιν ἢ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, τὸ μῆκος τοῦ περισκοπίου δύναται νὰ μεταβάλλεται διὰ τῆς προσεγγίσεως ἢ ἀπομακρύνσεως τῶν δύο φακῶν Λ_1 καὶ Λ_2 . Τὸ ἀνώτερον τμήμα τοῦ περισκοπίου εἶναι στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἄξονα διὰ τὴν κα-

τόπτευσιν τοῦ ὁρίζοντος.

72. Φωτογραφικὴ μηχανή.—Ἡ **φωτογραφικὴ μηχανή** εἶναι σκοτεινὸς θάλαμος (§ 4), ὁ ὁποῖος εἰς τὴν θέσιν τῆς μικρᾶς ὀπῆς φέρει συγκλίνοντα φακὸν (ἀντικειμενικὸς). Μὲ τὸν φακὸν τοῦτον ἐπιτυγχάνεται πολὺ μεγαλυτέρα φωτεινότης τοῦ εἰδώλου. Ὁ ἀντικειμενικὸς τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς εἶναι σύστημα φακῶν ἀπηλλαγμένον ἀπὸ τὰ ἐλαττώματα, τὰ ὁποῖα παρορσιάζει ὁ εἰς μόνον φακός.

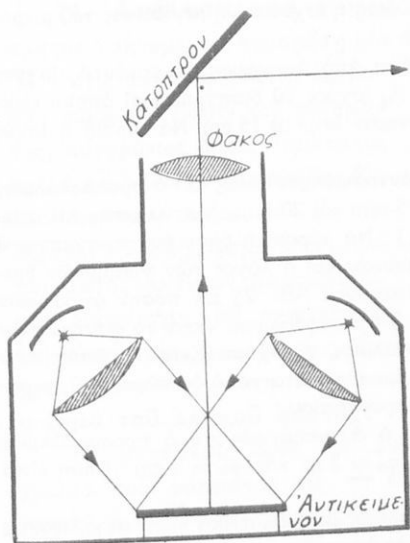
73. Προβολεὺς.—Ὁ **προβολεὺς** χρησιμεύει διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ διαφράγματος π ρ α γ μ α τ ι κ ο ὕ καὶ μεγεθυσμένου εἰ-

δώλου, τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι ὁρατὸν ἀπὸ πολλοὺς συγχρόνως παρατηρητάς. Ἐκάστη συσκευή προβολῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ συγκλίνον σύστημα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ μὲ ἓνα φακὸν (ἀντικειμενικὸς). Ἐν μικρὸν διαφανὲς ἀντικείμενον AB τοποθετεῖται ὀλίγον πέραν τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ (σχ. 85). ὁ φακὸς δίδει τότε ἐπὶ τοῦ πετάσματος τὸ πραγματικὸν καὶ μεγεθυμένον εἶδωλον $A'B'$. Ἡ μεγέθυνσις αὐξάνεται, ὅταν τὸ ἀντικείμενον AB πλη-



Σχ. 85. Προβολεύς.

σιάζη πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν E καὶ ἐπομένως, ὅταν τὸ εἶδωλον $A'B'$ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν συσκευήν. Διὰ νὰ εἶναι φωτεινὸν τὸ λαμβανόμενον μεγεθυμένον εἶδωλον, πρέπει τὸ ἀντικείμενον νὰ φωτισθῇ πολὺ ἰσχυρῶς. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιεῖται ἰσχυρά φωτεινὴ πηγὴ (ἤλεκτρικὸς λαμπτήρ ἢ ἤλεκτρικὸν τόξον), τῆς ὁποίας τὸ φῶς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου δι' ἐνὸς συγκλίνοντος συστήματος (συναγωγός). Διὰ τὴν προβολὴν ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων (π.χ. φωτογραφιῶν, κειμένων κ.τ.λ.) τὸ φῶς τῆς πηγῆς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου· αἱ ἐξ αὐτοῦ προερχόμεναι ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου καὶ ἀνακλῶμεναι ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ



Σχ. 86. Σχηματικὴ παράστασις ἐπισκοπίου.

(σχ. 86). Ἡ προβολὴ διαφανῶν ἀντικειμένων ὀνομάζεται **διασκοπικὴ** προβολή, ἡ δὲ προβολὴ ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων ὀνομάζεται **ἐπισκοπικὴ**. Αἱ συνήθεις συσκευαὶ προβολῆς ἐπιτρέπουν καὶ τὰ δύο εἴδη προβολῆς καὶ διὰ τοῦτο **καλοῦνται ἐπιδιασκοπικαί**.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

53. Παρατηρητής, τοῦ ὁποῖου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 12 cm, χρησιμοποιοῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακὸν ἑστιακῆς ἀποστάσεως 4 cm. Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις, τὴν ὁποίαν ἐπιτυγχάνει, καὶ πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν φακόν ;

54. Παρατηρητῆς ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 25 cm χρησιμοποιοῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακὸν ἑστιακῆς ἀποστάσεως 2 cm. Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις καὶ ἡ ἰσχὺς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου ;

55. Συγκλίνων φακὸς ἰσχύος 12 διοπτριῶν χρησιμοποιοῖται ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον ἀπὸ παρατηρητὴν ἔχοντα ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 20 cm. Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργάνου ; Ἐὰν τὸ παρατηρούμενον εἰδῶλον ἔχῃ μῆκος 4 cm πόσον εἶναι τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου ;

56. Σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο λεπτοῦς συγκλίνοντας φακοὺς, τῶν ὁποίων τὰ ὀπτικά κέντρα ἀπέχουν 15 cm. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου εἶναι 1 cm, τοῦ δὲ προσοφθαλμίου εἶναι 3 cm. Παρατηρητῆς, ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 25 cm, τοποθετεῖ τὸν ὀφθαλμὸν του πολὺ πλησίον τοῦ προσοφθαλμίου. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

57. Σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀντικειμενικὸν φακὸν Λ_1 ἰσχύος 200 διοπτριῶν καὶ ἀπὸ προσοφθάλμιον Λ_2 ἰσχύος 50 διοπτριῶν, οἱ ὁποῖοι εὐρίσκονται εἰς σταθερὰν μεταξὺ των ἀπόστασιν ἴσην μὲ 15 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργάνου.

58. Εἰς ἓν σύνθετον μικροσκόπιον ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοιχῶς ἑστιακὰς ἀποστάσεις 5 mm καὶ 20 mm. Ἀντικείμενον AB ἀπέχει 5,2 mm ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν. 1) Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τοῦ πραγματικοῦ εἰδῶλου A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδῶλου A_1B_1 καὶ τοῦ ἀντικειμένου AB. 2) Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικὸν πρέπει νὰ εὐρεθῇ ὁ προσοφθάλμιος, ὥστε τὸ φανταστικὸν εἰδῶλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον δίδει ὁ προσοφθάλμιος, νὰ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τὸν φακὸν τοῦτον, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου εὐρίσκεται καὶ ὁ ὀφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ; Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου ;

59. Εἰς μίαν ἀστρονομικὴν διόπτραν ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοιχῶς ἑστιακὰς ἀποστάσεις $\varphi_a = 2$ m καὶ $\varphi_p = 2$ cm. Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας ;

60. Ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος μιᾶς διόπτρας εἶναι συγκλίνοντες φακοί, οἱ ὁποῖοι ἔχουν ἀντιστοιχῶς ἑστιακὰς ἀποστάσεις $\varphi_a = 1$ m καὶ $\varphi_p = 10$ cm. Παρατηρητῆς, ἔχων κανονικὴν ὄρασιν, στρέφει τὸν ἄξονα τῆς διόπτρας πρὸς τὸ κέντρον τοῦ Ἥλιου, τοῦ ὁποῖου ἡ φαινομένη διάμετρος εἶναι 32'. Νὰ εὐρεθῇ ὑπὸ ποίαν γωνίαν (εἰς μοίρας) θὰ ἴδῃ ὁ παρατηρητῆς διὰ μέσου τῆς διόπτρας τὸν Ἥλιον.

61. Εἰς μίαν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου ὁ ἀντικειμενικὸς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν $\varphi_a = 50$ cm, ὁ δὲ προσοφθάλμιος ἔχει $\varphi_p = 10$ cm (κατ' ἀπόλυτον τιμὴν).

Ὁ ὀφθαλμὸς αὐτὸς παρατηρεῖ διὰ τῆς διόπτρας ἀντικείμενον ὕψους 20 m, εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν ἑνὸς χιλιομέτρου. Πόση εἶναι ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου, ὅταν τοῦτο παρατηρηθῇ διὰ τῆς διόπτρας;

62. Σφαιρικὸν κοίλον κάτοπτρον ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν $\Phi = 1$ m. Ὁ ἄξων του διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τοῦ Ἡλίου, μεταξύ δὲ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ μικροῦ κατόπτρου ἀπέχει 5 cm ἀπὸ τὴν ἐστίαν. Τὸ σύστημα τοῦτο δίδει πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ Ἡλίου, τὸ ὁποῖον παρατηρητῆς βλέπει διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως $\varphi = 2$ cm. 1) Ἄν ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ Ἡλίου εἶναι 0,009 rad, νὰ εὐρεθῶν αἱ διαστάσεις τοῦ εἰδῶλου, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ σύστημα τῶν δύο κατόπτρων. 2) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ φαινόμενη διάμετρος, ὑπὸ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητῆς βλέπει τὸν Ἡλίον διὰ τοῦ ὄργάνου. 3) Ποία εἶναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργάνου;

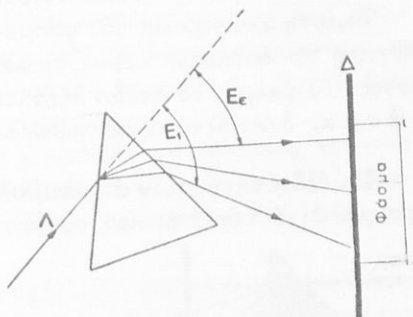
ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.— Ἐπὶ ἑνὸς πρίσματος ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ μία ἀκτίς λευκοῦ φωτός (σχ. 87).

Ἡ ἀκτίς αὕτη ὑφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος, συγχρόνως ὅμως ὑφίσταται καὶ ἀνάλυσιν εἰς πλῆθος ἄλλων ἀκτίνων. Διότι, ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν ἐξερχομένων ἐκ τοῦ πρίσματος ἀκτίνων παρεμβάλωμεν διάφραγμα, θὰ σχηματισθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία συνεχὴς ἐγχρωμὸς ταινία· αὕτη καλεῖται **φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός**.

Ἡ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἐν

χρῶμα τοῦ φάσματος εἰς τὸ ἐπόμενον γίνεται ἀνepsiσθητῶς. Κατὰ σειρὰν διακρίνονται κυρίως τὰ ἐξῆς χρώματα: ἐρυθρόν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν, βαθύ κυανοῦν καὶ ἰώδες. Ἡ τοιαύτη ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός εἰς πολλὰ χρώματα ἀποδεικνύει ὅτι τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύνθετον. Ἐκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὠρισμένον εἶδος φωτός, τὸ ὁποῖον καλεῖται γενικῶς **ἀκτινοβολία** (π.χ. ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία κ.τ.λ.).



Σχ. 87. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ πρίσματος.

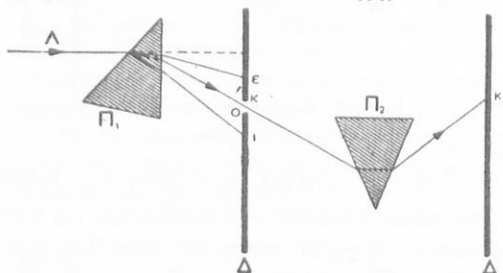
Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πρίσματος διαφορετικὴν ἐκτροπὴν. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία καὶ τὴν μεγαλυτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἰώδης ἀκτινοβολία. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν συνάγεται ὅτι ἐκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ὠρισμένον δείκτην διαθλάσεως. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως, ἔπεται ὅτι οἱ δεῖκται διαθλάσεως τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος $\beta \alpha \lambda \iota \nu \sigma \upsilon \nu \epsilon \chi \omega \varsigma$ $\alpha \upsilon \xi \alpha \nu \acute{o} \mu \epsilon \nu \omicron \iota$, καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐρυθρὰν πρὸς τὴν ἰώδην ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος.

Ὁ Νεύτων, στηριζόμενος εἰς τὰς ἀνωτέρω παρατηρήσεις, ἐξήγησε τὸν σχηματισμὸν τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτὸς ὡς ἑξῆς :

Τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ πληθὸς διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἴδιον δείκτην διαθλάσεως· κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ λευκοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος αἱ ἀκτινοβολίαι αὗται διαχωρίζονται, διότι ἐκάστη ἐξ αὐτῶν ὑφίσταται διάφορον ἐκτροπὴν.

Ἐκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ἐπὶ πλεόν τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν καὶ νὰ προκαλῇ τὴν ἐντύπωσιν ὠρισμένου χρώματος. Τὸ φάσμα, τὸ ὁποῖον ἐξητάσαμεν ἀνωτέρω, καλεῖται ὁ ρ α τ ὁ ν φ ά σ μ α, διότι ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι του εἶναι ὁραταί.

75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—Εἰς τὸ διάφραγμα Δ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ φάσμα, ἀνοίγομεν μικρὰν ὀπὴν Ο (σχ. 88)



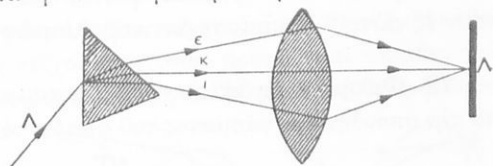
Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλά.

καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς μία ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κίτρινῃ. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη προσπίπτει ἔπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Π_2 . Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρῶτον Π_1 προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀκτι-

νοβολίας, ὅχι ὅμως περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς. Ὡστε :

Ἐκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλὴ καὶ δὲν δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς ἄλλας ἀπλουτέρας.

Ἐάν μὲ ἓνα συγκλίνοντα φακὸν συγκεντρώσωμεν ἐπὶ ἑνὸς διαφράγματος ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος, θὰ λάβωμεν λευκὸν φῶς (σχ. 89). Ἐκ τούτων συνάγεται ὅτι :

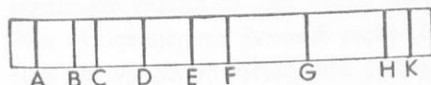


Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντρούμεναι δίδουν λευκὸν φῶς. Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.— Μὲ ἓν μικρὸν πρῖσμα ἐκτρέπομεν ἓν ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος καὶ συγκεντρώνομεν τὰ ὑπολοιπα χρώματα τοῦ φάσματος. Τότε δὲν λαμβάνομεν λευκὸν φῶς, ἀλλὰ νέον χρῶμα, τὸ ὁποῖον προῆλθεν ἀπὸ τὴν ἀνάμειξιν τῶν υπολοίπων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Οὕτως ἀφαιροῦντες τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα λαμβάνομεν ἐκ τῆς μείξεως τῶν υπολοίπων χρωμάτων πράσινον χρῶμα. Δύο χρώματα, ὅπως π.χ. τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὰ ὁποῖα ἀναμειγνύμενα ὑπὸ ὀρισμένης ἀναλογίας παράγουν λευκὸν φῶς, καλοῦνται **συμπληρωματικὰ χρώματα**. Ἐκαστον λοιπὸν χρῶμα τοῦ φάσματος εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ χρώματος, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ τὴν ἀνάμειξιν ὅλων τῶν ἄλλων χρωμάτων τοῦ φάσματος.

Ἑπάρχουν ὅμως καὶ ζεύγη ἀπλῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, τὰ ὁποῖα εἶναι συμπληρωματικὰ χρώματα, ὅπως εἶναι τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πρᾶσινον, τὸ πορτοκαλλόχρουν καὶ τὸ κυανοῦν, τὸ κίτρινον καὶ τὸ ἰώδες.

77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.— Δι' ἑνὸς πρίσματος ἀναλύομεν μίαν λεπτὴν δέσμην ἀκτίνων ἡλιακοῦ φωτός. Τότε λαμβάνομεν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὀρισμένας θέσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὑπάρχουν σκοτεινὰ ἱγραμμάτια. Αἱ γραμμαὶ αὗται καλοῦνται γραμμαὶ τοῦ Fraunhofer αἱ ζωηρότεραι ἐξ αὐτῶν χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 90). Αἱ σκοτεινὰ ἱγραμμάτια τοῦ

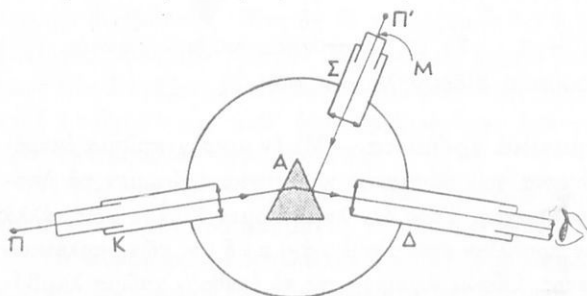


Σχ. 90. Αἱ σκοτεινὰ ἱγραμμάτια τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

ἡλιακοῦ φάσματος φανερώνουν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι πλῆρες λευκὸν φῶς, διότι ἐλλείπουν ἐξ αὐτοῦ μερικαὶ ἀκτινοβολίαι. Ὡστε :

Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς δὲν εἶναι συνεχές, διότι ἔλλειπουν ἐξ αὐτοῦ ὠρισμένοι ἀκτινοβολίαι.

78. Φασματοσκόπιον.— Τὸ **φασματοσκόπιον** χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφο-



Σχ. 91. Σχηματική παράστασις φασματοσκοπίου.

ροι φωτειναὶ πηγαί. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν πρίσμα Α, τοῦ ὁποῖου ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακόρυφος (σχ. 91). Τὸ πρίσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ ὀριζοντίου κύκλου.

Περίξ τοῦ πρίσματος δύνανται νὰ μετακινουῦνται ὀριζοντίως τρεῖς σωλῆνες Ὁ **κατευθυντήρ Κ** φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον του φέρει λεπτήν σχισμὴν παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Ἡ σχισμὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν Π, τῆς ὁποίας τὸ φῶς θέλομεν νὰ ἀναλύσωμεν.

Οὕτως ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων (ἦτοι αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως). Ἡ **διόπτρα Δ** συλλέγει τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται ἀπὸ τὸ πρίσμα. Ὁ ἀντικειμενικὸς τῆς διόπτρας σχηματίζει πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ φάσματος, τὸ δὲ εἶδωλον τοῦτο παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ τῆς διόπτρας. Ὁ **σωλὴν τῆς κλίμακος Σ** φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλον ἄκρον του, τὸ ὁποῖον συμπίπτει μὲ τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ φακοῦ, φέρει διαφανῆ μικρομετρικὴν κλίμακα Μ. Ἡ κλίμαξ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ φωτεινὴν πηγὴν. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τὴν κλίμακα μετατρέπονται ἀπὸ τὸν φακόν εἰς δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, ἡ ὁποία ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ πρίσματος καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν διόπτραν. Οὕτω παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ τῆς διόπτρας βλέπομεν συμπίπτοντα τὸ εἶδωλον τῆς κλίμακος καὶ τὸ εἶδωλον τοῦ φάσματος.

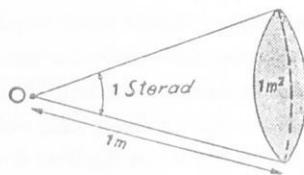
καὶ τέλος διάθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα. Ἐνεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητὴς βλέπει τὸ δευτερεῦον οὐράνιον τὸ ὅξον, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἰώδες χρῶμα I_2 φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ E_2 (σχ. 93).

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.— Ἀπὸ τὴν καθημερινὴν παρατήρησιν βεβαιούμεθα ὅτι αἱ φωτεινὰ πηγὰ εἶναι ὑλικά σώματα, τὰ ὁποῖα συνήθως ἔχουν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Ἡ παρατήρησις αὕτῃ ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει στενὴ σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτὸς καὶ τῆς θερμότητος. Ἀντιστρόφως βεβαιούμεθα ἐπίσης ὅτι, ἂν ἐπὶ ἐνὸς σώματος προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ σῶμα τοῦτο θερμαίνεται. Ἡ θέρμανσις τοῦ σώματος εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον περισσότερον εἶναι τὸ ποσὸν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἀπορροφᾷ τὸ σῶμα τοῦτο καὶ ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ ὑπὸ τοῦ σώματος ἀνακλῶμενον φῶς. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω στοιχειωδῶν παρατηρήσεων συνάγεται ὅτι :

Τὸ φῶς εἶναι μία μορφή ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν φωτεινὴν ἐνέργειαν.

81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν.— Ἐστω O τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἥ ὁποία ἔχει ἀκτῖνα ἴσην μὲ 1 μέτρον. Ἡ ἐπιφάνεια αὐτῆς



Σχ. 94. Ὁρισμὸς τῆς μονάδος τῶν στερεῶν γωνιῶν.

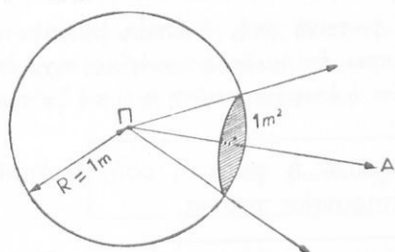
τῆς σφαίρας ἔχει ἐμβαδὸν 4π τετραγωνικά μέτρα. Ἄς θεωρήσωμεν τώρα ἕνα κῶνον, ὁ ὁποῖος ἔχει ὡς κορυφὴν τὸ O (σχ. 94) καὶ βάσιν ἐν τμήμα τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας ταύτης, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐμβαδὸν 1 m^2 . Λέγομεν τότε ὅτι ὁ κῶνος οὗτος ὀρίζει τὴν μονάδα τῶν στερεῶν γωνιῶν, ἥ ὁποία καλεῖται **στερα-**

κτίνιον (1 sterad). Ὡστε :

Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν εἶναι τὸ στερακτίνιον, ἥτοι ἡ στερεὰ γωνία, ἥ ὁποία ἔχει τὴν κορυφὴν τῆς εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτίνος ἴσης μὲ τὴν μονάδα τοῦ μήκους καὶ βαίνει ἐπὶ τμήματος τῆς σφαιρικῆς ταύτης ἐπιφανείας, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐμβαδὸν ἴσον μὲ τὴν μονάδα ἐπιφανείας

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω ὁρισμὸν προκύπτει ὅτι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ὅλον τὸν πᾶν τοῦ σημείου Ο ὡς ὅσον, ἰσοῦται μὲ 4π στερεακτίνια.

82. Φωτομετρικὰ μεγέθη.— α) Φωτεινὴ ροή. Ἐκάστη φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον ὁρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν.



Σχ. 95. Ὁρισμὸς τῆς μονάδος φωτεινῆς ροῆς.

Ἡ φωτεινὴ αὐτὴ ἐνέργεια διαδίδεται εἰς τὸ πᾶν τῆς πηγῆς διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον θεωροῦμεν ὡς ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον (π.χ. τὸ κενόν). Οὕτω δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὸ φῶς ὡς μίαν ροὴν φωτεινῆς ἐνεργείας.

Φωτεινὴ ροή (ἢ ρεῦμα φωτὸς) καλεῖται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία κατὰ δευτερόλεπτον διέρ-

χεται διὰ μιᾶς ἐπιφανείας.

β) Ἑντασις φωτεινῆς πηγῆς. Ἄς θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινὴν πηγὴν Π, ἡ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτίνος 1 m (σχ. 95). Κατὰ μίαν διεύθυνσιν ΠΑ ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον καὶ κατὰ μονάδα στερεᾶς γωνίας ὁρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν.

Ἑντασις φωτεινῆς πηγῆς καλεῖται ἡ φωτεινὴ ροή, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ἡ φωτεινὴ πηγὴ κατὰ μονάδα στερεᾶς γωνίας.

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπῃ φωτεινὴν ροὴν Φ, ἡ ὁποία περιέχεται ἐντὸς στερεᾶς γωνίας ω , τότε συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω ὁρισμὸν ἔχομεν :

$$\text{Ἑντασις φωτεινῆς πηγῆς: } I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (1)$$

Ἐστω ὅτι μία σημειώδης φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ὁμοιόρως φωτεινὴν ἐνέργειαν καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὕτην εἶναι εὐκόλουν νὰ εὐρεθῇ ἡ ὁλικὴ φωτεινὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον ἡ φωτεινὴ πηγὴ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἥτοι ἡ ὁλικὴ φωτεινὴ ροὴ τῆς πηγῆς. Ὡστε :

Ἡ ὀλική φωτεινὴ ροὴ μιᾶς σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς, τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τῆς πηγῆς ἐπὶ 4π.

$$\text{ὀλική φωτεινὴ ροή: } \Phi_{\text{ολ}} = 4\pi \cdot I$$

(2)

γ) Φωτισμὸς ἐπιφανείας. Ἡ φωτεινὴ ροή, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν, προσπίπτει ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας π.χ. ἐπὶ ἐνὸς φύλλου βιβλίου. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἐπιφάνεια αὕτη φωτίζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

Φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας καλεῖται ἡ φωτεινὴ ροή, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

$$\text{Φωτισμὸς ἐπιφανείας: } E = \frac{\Phi}{\sigma}$$

(3)

83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—Ἀνωτέρω ἐγνωρίσαμεν τὰ ἐξῆς φυσικὰ μεγέθη: φωτεινὴ ροή, ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς καὶ φωτισμὸς ἐπιφανείας. Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν φυσικῶν τούτων μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται κατάλληλοι μονάδες, αἱ ὁποῖαι προκύπτουν ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τῆς μονάδος ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς.

α) Μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς. Ὡς μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς πρέπει προφανῶς νὰ ληφθῇ ἡ ἔντασις μιᾶς προτύπου φωτεινῆς πηγῆς, ἡ ὁποία δίδει λευκὸν φῶς, διατηρεῖ σταθερὰν τὴν ἐκπομπὴν της καὶ εἶναι εὐκόλως πραγματοποιήσιμος.

Σήμερον δέχονται ὡς πρότυπον φωτεινὴν πηγὴν ἡλεκτρικὴν λυχνίαν διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦσαν ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας. Ἡ ἔντασις τῆς προτύπου φωτεινῆς πηγῆς λαμβάνεται ὡς μονὰς ἐντάσεως καὶ καλεῖται **κηρίον** (1 cd).

Μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς εἶναι τὸ 1 διεθνὲς κηρίον, ἥτοι ἡ ἔντασις μιᾶς ὠρισμένης προτύπου φωτεινῆς πηγῆς.

$$\text{μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς: } 1 \text{ διεθνὲς κηρίον}$$

Τὸ διεθνὲς κηρίον εἶναι περίπου ἡ ἔντασις ἐνὸς στεατικοῦ κηρίου κατὰ ὀριζοντίαν διεύθυνσιν.

β) Μονάς φωτεινής ροής. 'Από τὸν ὀρισμὸν τῆς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $I = \frac{\Phi}{\omega}$, συνάγεται ὅτι, ἂν εἶναι $I = 1$ κηρίον καὶ $\omega = 1$ στερακτίνιον, τότε καὶ ἡ φωτεινὴ ροὴ εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα τῆς φωτεινῆς ροῆς ($\Phi = 1$). Ἡ μονάς φωτεινῆς ροῆς καλεῖται **lumen** (1 lm). Ἄρα :

Μονάς φωτεινῆς ροῆς εἶναι τὸ 1 lumen, ἥτοι ἡ φωτεινὴ ροή, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει φωτεινὴ πηγὴ ἐντάσεως 1 κηρίου ἐντὸς στερεᾶς γωνίας ἴσης μὲ 1 στερακτίνιον.

μονάς φωτεινῆς ροῆς : 1 lum

Μία λοιπὸν σημειώδης φωτεινὴ πηγὴ, ἡ ὁποία καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις ἔχει τὴν αὐτὴν ἔντασιν I , ἐκπέμπει ὀλικὴν φωτεινὴν ροὴν ἴσην μὲ :

ὀλικὴ φωτεινὴ ροή : $\Phi_{ολ} = 4\pi \cdot I \text{ lumen}$

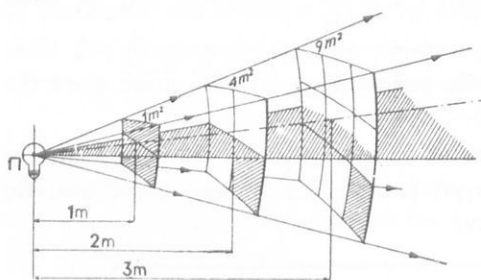
γ) Μονάς φωτισμοῦ. 'Απὸ τὸν ὀρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $E = \frac{\Phi}{\sigma}$, συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾷς ἐπιφανείας $\sigma = 1 \text{ m}^2$ προσπίπτῃ καθέτως φωτεινὴ ροὴ $\Phi = 1 \text{ lumen}$, τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι ἴσος μὲ τὴν μονάδα φωτισμοῦ ($E = 1$). Ἡ μονάς αὐτῆς φωτισμοῦ καλεῖται **lux** (1 lx). Ἄρα :

Μονάς φωτισμοῦ εἶναι τὸ 1 lux, ἥτοι ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον προκαλεῖ φωτεινὴ ροὴ 1 lumen, ὅταν προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ ἐπιφανείας 1 τετραγωνικοῦ μέτρου.

μονάς φωτισμοῦ : $1 \text{ lux} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ m}^2}$

'Απὸ τὸν ἀνωτέρω ὀρισμὸν τῆς μονάδος φωτισμοῦ ἔπεται ὅτι : φωτισμὸς 1 lux εἶναι ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον ἔχει ἐπιφάνεια ἀπέχουσα 1 m ἀπὸ φωτεινὴν πηγὴν ἐντάσεως 1 κηρίου, ὅταν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

84. Νόμος τῆς φωτομετρίας.—Ἄς θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινὴν πηγὴν Π, τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις I εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 96).



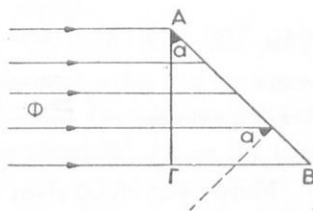
Σχ. 96. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως.

γώνου τῶν ἀκτίνων. Ἄρα ὁ φωτισμὸς E_k ἐκάστης σφαιρικῆς ἐπιφανείας εἶναι :

$$E_k = \frac{\Phi_{ολ}}{4\pi \cdot R^2} = \frac{4\pi \cdot I}{4\pi \cdot R^2} \quad \eta \quad E_k = \frac{I}{R^2} \quad (1)$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις προϋποθέτει ὅτι τὸ φῶς προσπίπτει καθεύων ἐπὶ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας. Ἐστω ὅτι μία δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας $AB = \sigma$ ὑπὸ γωνίαν πρόσπτωσης α (σχ. 97). Ἐὰν E εἶναι ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας, τότε ἐφ' ὁλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας AB προσπίπτει φωτεινὴ ροὴ $\Phi = E \cdot \sigma$. Ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ προσπίπτουσα καθεύτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας $AG = \sigma'$ προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν

$$E_k = \frac{I}{R^2} \cdot \text{ἐπομένως εἶναι } \Phi = E_k \cdot \sigma'$$



Σχ. 97. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς γωνίας πρόσπτωσης.

Ἐπειδὴ ὁμοῦς εἶναι : $\sigma = \sigma' \cdot \sin \alpha$, ἔπεται ὅτι εἶναι :

$$\Phi = E \cdot \sigma = E_k \cdot \sigma \cdot \sin \alpha \quad \eta \quad E = E_k \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (1) καὶ (2) συνάγεται ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ φωτισμοῦ :

Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν

τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸ συνημίτονον τῆς γωνίας προσπτώσεως.

$$\text{φωτισμὸς ἐπιφανείας: } E = \frac{I}{R^2} \cdot \sin \alpha$$

Ἐὰν αἱ ἀκτῖνες πρὸς πίπτουν καθετῶς ($\alpha = 0$), τότε ἡ ἐπιφάνεια δέχεται τὸν μέγιστον φωτισμὸν (καθετος φωτισμός):

$$E_{\kappa} = \frac{I}{R^2}$$

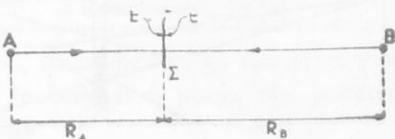
Παράδειγμα. Μία ὁριζοντία ὁδὸς φωτίζεται ὑπὸ ηλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἐντάσεως 500 κηρίων. Ὁ λαμπτήρ εὑρίσκεται εἰς ὕψος 5 m ἄνωθεν τῆς ὁδοῦ. Ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ λαμπτήρος εἶναι :

$$E_{\kappa} = \frac{I}{R^2} = \frac{500 \text{ cd}}{25 \text{ m}^2} = 20 \text{ lux}$$

Εἰς ἀπόστασιν 5 m ἀπὸ τὴν κατακόρυφον, τὴν διερχομένην διὰ τοῦ λαμπτήρος, ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ εἶναι :

$$E = \frac{I}{R_1^2} \cdot \sin \alpha = \frac{500}{50} \quad \sin 45^\circ = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 7 \text{ lux}$$

85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.—Ἡ **φωτομετρία** ἔχει ὡς σκοπὸν τὴν μέτρησιν τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν. Ἄς θεωρήσωμεν δύο φωτεινὰς πηγὰς Α καὶ Β (σχ. 98), τῶν ὁποίων αἱ ἐντάσεις εἶναι ἀντιστοίχως I_A καὶ I_B . Ἐστω ὅτι αἱ δύο αὐταὶ φωτειναὶ πηγαὶ προκαλοῦν τὸν αὐτὸν κάθετον φωτισμὸν ἐπὶ μιᾷ ἐπιφανείᾳ Σ, ὅταν αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν Σ εἶναι ἀντιστοίχως R_A καὶ R_B . Τότε ἔχομεν :



Σχ. 98. Σύγκρισις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν.

$$\frac{I_A}{R_A^2} = \frac{I_B}{R_B^2}$$

Ἡ εὑρεθεῖσα σχέσις ἀποτελεῖ τὴν **ἐξίσωσιν τῆς φωτομετρίας** καὶ φανερώνει ὅτι :

Ὅταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, αἱ

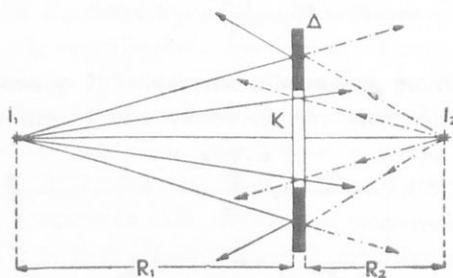
ἐντάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων τῶν πηγῶν τούτων ἀπὸ τὴν ἐξ ἴσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

$$\text{ἐξίσωσις φωτομετρίας: } \frac{I_A}{I_B} = \frac{R_A^2}{R_B^2}$$

Ἐὰν ἡ ἐνταση τῆς πηγῆς Α εἶναι $I_A = 30$ κηρία, αἱ δὲ δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου τὴν ἐπιφάνειαν Σ ἐξ ἀποστάσεως $R_A = 2$ m καὶ $R_B = 4$ m, τότε ἡ ἐνταση τῆς πηγῆς Β εἶναι :

$$I_B = \frac{R_B^2}{R_A^2} \cdot I_A = \frac{16}{4} \cdot 30 = 120 \text{ κηρία}$$

86. Φωτόμετρον.—Τὸ **φωτόμετρον** εἶναι ὄργανον, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν ἐντασιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ **φωτό-**



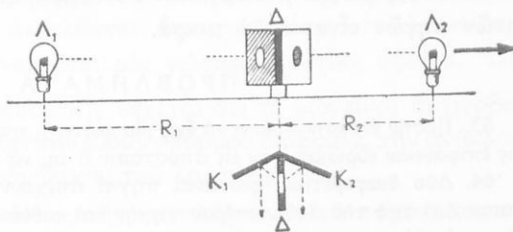
Σχ. 99. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen.

μετρον Bunsen ἀποτελεῖται ἀπὸ λευκὸν φύλλον χάρτου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὑπάρχει κυκλικὴ κηλὶς παραχθεῖσα ἀπὸ μίαν λιπαρὰν οὐσίαν. Ἡ κηλὶς εἶναι περισσότερον διαφανὴς ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπον μέρος τοῦ χάρτου. Τὸ διάφραγμα Δ μετὴν κηλίδαν Κ τοποθετεῖται μεταξὺ τῶν

δύο πρὸς σύγκρισιν φωτεινῶν πηγῶν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν, ἢ ὁποία συνδέει αὐτὰς (σχ. 99). Ὅταν ἡ κηλὶς Κ δέχεται τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐκ μέρους τῶν δύο πηγῶν, ἡ κηλὶς ἐξαφανίζεται καὶ τὸ διάφραγμα Δ φαίνεται ὁμοιομόρφως φωτισμένον. Ἐὰν τότε αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν κηλίδαν εἶναι R_1 καὶ R_2 , τότε θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέση :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

ἀπὸ τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται ἡ ἔντασις τῆς μιᾶς πηγῆς, ὅταν εἶναι γνωστὴ ἡ ἔντασις τῆς ἄλλης πηγῆς. Διὰ νὰ βλέπωμεν συγχρόνως τὰς δύο ὀψεις τοῦ διαφράγματος Δ , ὑπάρχουν ἐκατέρωθεν αὐτοῦ δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἀμβλείαν γωνίαν· ὁ ὀφθαλμὸς τίθεται εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ διαφράγματος Δ (σχ. 100). Εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται πολὺ ἀκριβέστερα φωτόμετρα.



Σχ. 100. Διάγραμμα φωτόμετρου τοῦ Bunsen.

87. Ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς.— Διὰ νὰ ἔχωμεν φῶς, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν μίαν ἄλλην μορφήν ἐνεργείας. Οὕτως εἰς τὸν ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα διὰ τὴν παραγωγὴν φωτεινῆς ἐνεργείας δαπανᾶται ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Καλεῖται ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς ὁ λόγος τῆς παραγόμενης φωτεινῆς ἐνεργείας πρὸς τὴν δαπανωμένην ἐνέργειαν.

$$\text{ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς : } A = \frac{\text{ὀλικὴ φωτεινὴ ροὴ}}{\text{δαπανωμένη ἰσχύς}}$$

Διὰ νὰ εὐρωμεν τὴν ἀπόδοσιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν μὲ πόσιν ἰσχύϊ εἰς Watt ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς τῆς φωτεινῆς ροῆς. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι :

Εἰς τὰς συνήθεις φωτεινὰς πηγὰς τὸ 1 lumen λευκοῦ φωτὸς ἰσοδυναμεῖ μὲ 0,01 Watt.

$$\text{μηχανικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φωτός : } 1 \text{ lumen} = 0,01 \text{ Watt}$$

Συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, ἔχων ἰσχύϊ καταναλώσεως 25 Watt, παράγει ὀλικὴν φωτεινὴν ροὴν 260 lumen, ἡ ὁποία ἰσοδυναμεῖ μὲ ἰσχύϊ 2,60 Watt. Ἄρα ἡ ἀπόδοσις τοῦ λαμπτήρος τούτου εἶναι :

$$A = \frac{2,60}{25} = 0,104 \quad \text{ἤτοι} \quad A = 10 \%$$

“Ὡστε μόνον τὰ 0,10 τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπονται εἰς φωτεινὴν ἐνέργειαν. Γενικῶς ἡ ἀπόδοσις τῶν συνήθων φωτεινῶν πηγῶν εἶναι πολὺ μικρά.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

63. Πόσην ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχη μία φωτεινὴ πηγή, ὥστε, ὅταν φωτίζει καθέτως ἐπιφάνειαν εὐρισκομένην εἰς ἀπόστασιν 6 m, νὰ προκαλῇ φωτισμὸν 20 lux ;

64. Δύο διαφορετικαὶ φωτειναὶ πηγαὶ ἀπέχουν μεταξύ των 6 m. Εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὴν ἀσθενεστέραν πηγὴν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν, ἡ ὁποία ἐνώνει τὰς δύο πηγάς, εὐρίσκεται φύλλον χάρτου, τοῦ ὁποῦ αἱ δύο ὀψεις φωτίζονται ἐξ ἴσου. Ποῖος εἶναι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ;

65. Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν μιᾶς ἐργασίας πρέπει νὰ ἔχωμεν ἐπὶ τῆς τραπέζης φωτισμὸν 50 lux. Πόσην ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχη ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, τὸν ὁποῖον θὰ τοποθετήσωμεν ἄνωθεν τῆς τραπέζης καὶ εἰς ὕψος 1,5 m ;

66. Δύο φωτειναὶ πηγαὶ Α καὶ Β ἀπέχουν μεταξύ των 150 cm. Καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν ΑΒ τοποθετεῖται μεταξύ τῶν δύο πηγῶν φωτόμετρον τοῦ Bunsen καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε νὰ ἐξαφανισθῇ ἡ κηλὶς. Ἐπειτα ἐναλλάσσονται αἱ δύο πηγαὶ καὶ παρατηρεῖται ὅτι, διὰ νὰ ἐξαφανισθῇ πάλιν ἡ κηλὶς, πρέπει αὕτη νὰ μετακινήθῃ κατὰ 30 cm. Ποῖος εἶναι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ;

67. Δύο ὅμοιοι λαμπτήρες εὐρίσκονται εἰς ὕψος 9 m ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους, ἡ δὲ ὀριζοντία ἀπόστασις των εἶναι 12 m. Ἐκαστος λαμπτήρ ἔχει ἔντασιν 500 κηρίων. Νὰ εὐρεθῇ ὁ φωτισμὸς τοῦ ἐδάφους : α) ἀκριβῶς κάτωθεν ἐκάστου λαμπτήρος καὶ β) εἰς τὸ μέσον τῆς μεταξύ τῶν λαμπτήρων ἀποστάσεως.

68. Μία φωτεινὴ πηγὴ παράγει φωτεινὴν ροὴν 60 lumen. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τῆς πηγῆς καὶ πόσον φωτισμὸν προκαλεῖ αὕτη καθέτως ἐπὶ ἐπιφανείας εὐρισκομένης εἰς ἀπόστασιν 2 m ;

69. Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ ἔχει ἰσχὺν 60 Watt καὶ φωτεινὴν ἰσχὺν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς 1,2 κηρία κατὰ Watt. Πόση εἶναι ἡ παραγομένη φωτεινὴ ροή ;

70. Νὰ εὐρεθῇ ὁ λόγος τῶν φωτισμῶν, τοὺς ὁποίους προκαλεῖ ὁ ἥλιος εἰς ἓνα τόπον, ὅταν ὁ ἥλιος εὐρίσκεται εἰς τὸ Zenith τοῦ τόπου καὶ ὅταν εἶναι εἰς ὕψος 30° ἄνωθεν τοῦ ὀρίζοντος.

ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ

88. Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. — Κατὰ τὸν 17ον αἰῶνα διετυπώθησαν δύο φυσικαὶ θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, αἱ ὁποῖαι προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ ὀπτικά φαινόμενα.

89. Θεωρία τῆς ἐκπομπῆς. — Ἡ θεωρία τῆς ἐκπομπῆς διετυπώθη ἀπὸ τὸν Νεύτωνα (1669), ὁ ὁποῖος ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι

ἀκτινοβολία μικροτάτων σωματιδίων. Τὰ σωματίδια αὐτὰ ἐκπέμπονται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν, διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ εἶναι τελείως ἐλαστικά, ἀνακλῶνται, ὅταν προσπέσουν ἐπὶ λείων ἐπιφανειῶν, ὅπως ἀκριβῶς ἀνακλᾶται μίᾳ τελείως ἐλαστικῇ σφαῖρα. "Ωστε:

I. Ἡ θεωρία τῆς ἐκπομπῆς δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι ἀκτινοβολία σωματιδίων καὶ ἐρμηνεύει τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν, τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διάθλασιν καὶ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός.

II. Ἡ θεωρία τῆς ἐκπομπῆς καταλήγει εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι μεγαλύτερα εἰς τὰ πυκνότερα μέσα.

90. Θεωρία τῶν κυμάνσεων.— Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων διευτώθη ἀπὸ τὸν Huygens (1677). Οὗτος ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι **κυμάνσεις**, αἱ ὁποῖαι διαδίδονται διὰ μέσου τοῦ **αἰθέρος**. Ὁ αἰθὴρ εἶναι ἓν ἀβαρὲς διαφανὲς μέσον, ἀπολύτως ἐλαστικόν, τὸ ὅποιον πληροῖ ὅλον τὸν χῶρον τοῦ Σύμπαντος καὶ τὰ μεταξὺ τῶν μορίων τῶν σωμάτων κενὰ διαστήματα. "Ωστε :

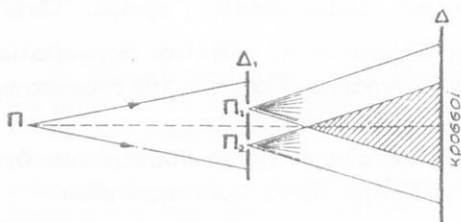
I. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις διαδιδόμεναι διὰ μέσου τοῦ αἰθέρος καὶ ἐρμηνεύει πολὺ περισσότερα ὀπτικά φαινόμενα ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

II. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων καταλήγει εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι μικρότερα εἰς τὰ πυκνότερα μέσα.

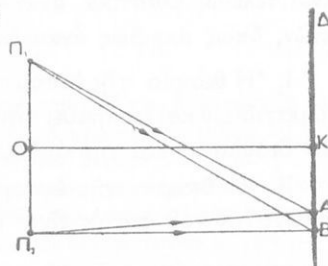
Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε, διότι ἐπεβεβαιώθη πλήρως ὑπὸ τοῦ πειράματος. Ἡ **ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία** τοῦ Maxwell (τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν) μᾶς ἀπαλλάσσει ἀπὸ τὴν ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν τὴν ὑπαρξιν τοῦ αἰθέρος, ἀλλὰ δὲν κατάρχει τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις. Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ λάβωμεν λοιπὸν ὑπ' ὄψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις, τὰς ὁποίας παρῶν ὅλα τὰ φωτοβολοῦντα σώματα.

91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.— Ἡ ἀπλουστερά διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν φαινομένων **συμβολῆς τοῦ φωτός** εἶναι ἡ ἀκόλουθος : Μία λεπτὴ φωτεινὴ σχισμὴ Π (σχ. 101) φωτίζει ἰσχυρῶς τὰς δύο παραλλήλους σχισμὰς Π₁ καὶ Π₂ τοῦ διαφράγματος Δ₁. Αἱ σχισμαὶ Π₁ καὶ Π₂ εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν Π. Ἡ ἀπόστασις Π₁Π₂ εἶναι πολὺ μικρά. Αἱ δύο σχισμαὶ Π₁ καὶ Π₂ εἶναι τότε δύο σύγ-

χρονοὶ φωτειναὶ πηγαί, δηλαδή εἶναι δύο σύγχρονα κέντρα παραγωγῆς φωτεινῶν κυμάνσεων. Αἱ κυμάνσεις αὐταὶ φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα Δ, ὅπου συμβάλλουν καὶ οὕτω



Σχ. 101. Παραγωγή φαινομένου συμβολῆς τοῦ φωτός.



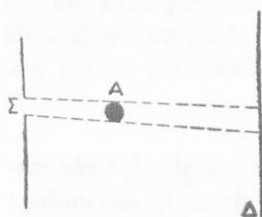
Σχ. 102. Ὁ σχηματισμὸς φωτεινοῦ ἢ σκοτεινοῦ κροσσοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο ἀκτίνων.

παράγονται **κροσσοὶ συμβολῆς**. Εἰς

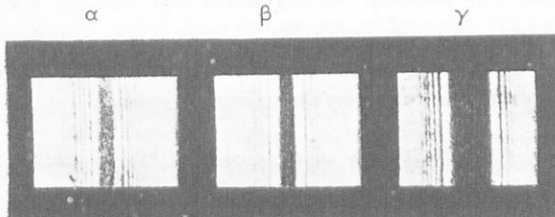
ὅσα σημεῖα, ὅπως π.χ. εἰς τὸ σημεῖον Α (σχ. 102), ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση μὲ ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται φωτεινοὶ κροσσοὶ ($\Pi_1 A - \Pi_2 A = 2\nu \cdot \frac{\lambda}{2}$). Ἀντιθέτως εἰς ὅσα σημεῖα, ὅπως π.χ. τὸ Β,

ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται σκοτεινοὶ κροσσοὶ [$\Pi_1 B - \Pi_2 B = (2\nu + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$]

92. Παραθλάσις τοῦ φωτός.— Μία λεπτή σχισμὴ Σ φωτίζεται ἰσχυρῶς μὲ μονόχρουν φῶς (σχ. 103). Ἐντὸς τῆς δέσμης τῶν ἀκτί-



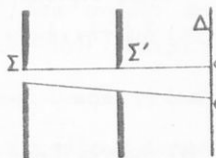
Σχ. 103. Φαινόμενα παραθλάσεως διὰ μικροῦ διαφράγματος (Α).



Σχ. 104. Φαινόμενα παραθλάσεως. (α μολυβδοκόνδυλον, β βελόνη, γ θρίξ).

νων καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν Σ τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτὸν Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

σύρμα. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ δὲν σχηματίζεται σαφῶς ἡ σκιά τοῦ ἀδιαφανοῦς σώματος, ὅπως προβλέπει ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός (§ 2), ἀλλὰ σύστημα φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν κροσσῶν (σχ. 104). Εἰς τὸ μέσον μάλιστα τῆς γεωμετρικῆς σκιάς εἶναι δυνατόν νὰ ὑπάρχῃ φωτεινὸς κροσσός. Ἐμ-προσθεν τῆς σχισμῆς Σ φέρομεν ἄλλην σχισμὴν Σ' (σχ. 105), ἡ ὁποία εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ . Τὸ ἄνοιγμα τῆς σχισμῆς Σ' εἶναι πολὺ μικρόν. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ σχηματίζεται τότε μία στενὴ φωτεινὴ ράβδωσις καὶ ἐκατέρωθεν αὐτῆς σκοτειναὶ καὶ φωτειναὶ ραβδώσεις. Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον καλεῖται **παράθλασις** τοῦ φωτός καὶ δεικνύει ὅτι ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν ἰσχύει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ πολὺ μικρῶν ἀντικειμένων ἢ διέρχεται διὰ πολὺ μικρῶν ὀπῶν. Ἡ παράθλασις τοῦ φωτός ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι κάθε σημεῖον τῆς σχισμῆς γίνεται κέντρον φωτεινῶν κυμάνσεων, αἱ ὁποῖαι φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα καὶ συμβάλλου-σαι παράγουν φωτεινοὺς καὶ σκοτεινοὺς κροσσούς. Ὡστε :



Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτῆς σχισμῆς.

Παράθλασις τοῦ φωτός συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ μικρῶν ἀντικειμένων ἢ διέρχεται διὰ πολὺ μικρῶν ὀπῶν.

93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός.— Τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς καὶ τῆς παραθλάσεως τοῦ φωτός ἀποδεικνύουν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις καὶ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ μετρήσωμεν διὰ διαφόρων μεθόδων τὸ μῆκος κύματος τῶν φωτεινῶν κυμάτων. Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων συνάγονται τὰ ἑξῆς :

I. Τὸ μῆκος κύματος τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας.

II. Τὰ μήκη κύματος τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν περιλαμβάνουν-ται μεταξὺ 0,8 μ καὶ 0,4 μ.

$$\text{ὁραταὶ ἀκτινοβολίαι: } 0,8 \mu - 0,4 \mu = 8000 \text{ \AA} - 4000 \text{ \AA}$$

Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως c μιᾶς κυμάνσεως, ἡ συχνότης αὐτῆς ν καὶ τὸ μῆκος κύματος λ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν: $c = \nu \cdot \lambda$. Ἐπειδὴ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$,

δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὴν συχνότητα ν μιᾶς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας, ὅταν γνωρίζωμεν τὸ μῆκος κύματος λ .

Οὕτως εὐρίσκόμεν :

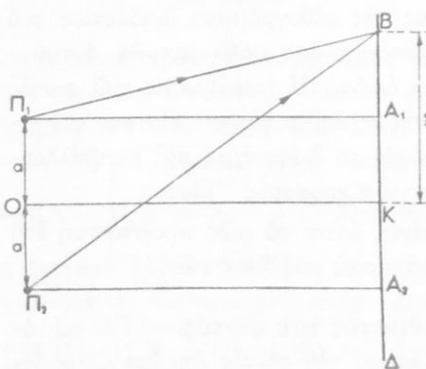
α) διὰ τὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν : $\lambda = 0,8 \mu = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$,

$$\text{ἄρα } \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{0,8 \cdot 10^{-4}} = 375 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

β) διὰ τὴν ἰώδη ἀκτινοβολίαν : $\lambda = 0,4 \mu = 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$,

$$\text{ἄρα } \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{0,4 \cdot 10^{-4}} = 750 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

* Παράδειγμα ὑπολογισμοῦ τοῦ μήκους τοῦ κύματος τοῦ φωτός. Ὡς θεωρήσωμεν δύο γειτονικὰς μονοχρωματικὰς φωτεινὰς πηγὰς

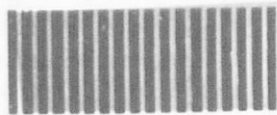


Σχ. 106. Διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός.

Π_1 καὶ Π_2 , αἱ ὁποῖαι εἶναι λεπταὶ σχισμαὶ καὶ ἐκπέμπουν ἀπολύτως συγχρόνους κυμάνσεις τῆς αὐτῆς συχνότητος (σχ. 106). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι $\Pi_1\Pi_2 = 2a$, ἡ δὲ ἀπόστασις ἐκάστης φωτεινῆς πηγῆς ἀπὸ τὸ διάφραγμα Δ εἶναι d ($\Pi_1A_1 = \Pi_2A_2 = OK = d$). Αἱ κυμάνσεις αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τὰς δύο πηγὰς Π_1 καὶ Π_2 φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα Δ , ὅπου συμβάλλουν. Οὕτως ἐπὶ τοῦ

διαφράγματος παράγονται **κροσσοὶ** **συμβολῆς**, ἥτοι διαδοχικαὶ φωτειναὶ καὶ σκοτειναὶ ταινίαι (σχ. 107).

Εἰς τὸ σημεῖον K σχηματίζεται ὁ **κεντρικὸς φωτεινὸς κροσσός**, διότι οἱ δρόμοι Π_1K καὶ Π_2K εἶναι ἴσοι καὶ ἐπομένως αἱ δύο κυμάνσεις φθάνουν εἰς τὸ K μετὰ διαφορὰν φάσεως μηδέν. Φωτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται ἐπίσης εἰς ὅσα σημεῖα ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ δρόμου (δ)



Σχ. 107. Κροσσοὶ συμβολῆς.

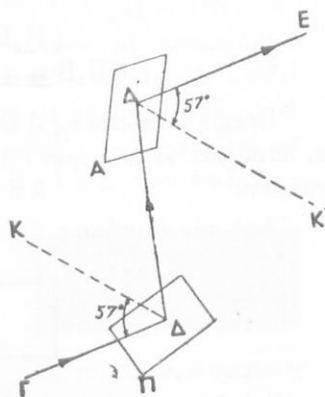
* Ἡ διδασκαλία τῆς παραγράφου ταύτης δὲν εἶναι ὑποχρεωτικὴ εἰς τὰς τάξεις κλασσικῆς κατευθύνσεως.

Π· ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν Π_1 καὶ Π_2 εἶναι πολὺ μικρὰ (τῆς τάξεως τοῦ χιλιοστομέτρου). Αἱ δύο σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι τότε δύο σύγχρονοι φωτειναὶ πηγαί. Ἐὰν π.χ. εἶναι $\Pi_1\Pi_2 = 2\text{ mm}$, $d = 100\text{ cm}$, ἡ δὲ ἀπόστασις τοῦ πέμπτου φωτεινοῦ κροσσοῦ ($\nu = 5$) ἀπὸ τὸν κεντρικὸν φωτεινὸν κροσσὸν εἶναι $x = 1,7\text{ mm}$, τότε τὸ μῆκος κύματος τῆς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας εἶναι :

108. Ὅπαι τοῦ Young.

$$\lambda = \frac{2 \cdot 1,7}{5 \cdot 1000} = \frac{0,68}{1000} \text{ mm} = 0,68 \mu$$

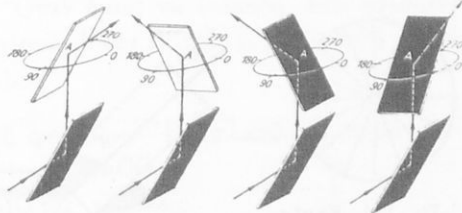
94. Πόλωση τοῦ φωτός.— Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν, καλεῖται **φυσικὸν φῶς**, ὅταν δὲν ἔχη ὑποστῇ καμμίαν ἀνάκλασιν ἢ διάθλασιν. Ἀφήνομεν μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός νὰ προσπέσῃ πλαγίως ἐπὶ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου. Στρέφομεν τὸ κάτοπτρον περὶ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα ὡς ἄξονα, διατηροῦντες σταθερὰν τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διαγράφει ἐπιφανείαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος δὲν μεταβάλλεται. Χρησιμοποιοῦμεν τώρα ὡς κάτοπτρον μίαν ὑαλίνην πλάκα Π, τῆς ὁποίας ἡ ὀπίσθια ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῇ μὲ στρῶμα αἰθάλης. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς πλακῆς Π μία ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός ΓΔ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 57° (σχ. 109). Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ δευτέρας ὁμοίας κα-



Σχ. 109. Πόλωση τοῦ φωτός ἐξ ἀνακλάσεως.

τοπτρικῆς πλακὸς Α καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως 57° . Ὡς ἐξετάσωμεν τὰς ιδιότητες τῆς νέας ἀνακλωμένης ἀκτίνος Δ'Ε. Πρὸς τοῦτο στρέφομεν τὸ κάτοπτρον Α περὶ τὴν ΔΔ' ὡς ἄξονα. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε διαγράφει πάλιν ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος μεταβάλλεται περιοδικῶς. Παρατηροῦμεν δὲ ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει τὴν μεγίστην ἔντασιν, ὅταν τὰ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως συμπίπτουν (θέσεις I, III εἰς τὸ σχ. 110). Ἀντιθέτως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει ἔντασιν μηδέν, δηλαδὴ καταργεῖται, ὅταν τὰ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως εἶναι κάθετα μεταξύ των (θέσεις II, IV εἰς τὸ σχ. 110). Εἰς τὰς ἐνδιαμέσους θέσεις ἡ ἔντασις τῆς Δ'Ε λαμβάνει ἐνδιαμέσους τιμὰς. Ἀπὸ τὸ πείραμα τοῦτο συνάγεται ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν ἔχει τὰς αὐτὰς ιδιότητες μετὰ τὴν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτὸς ΓΔ. Ἡ ἀκτὶς ΔΔ' δύναται νὰ καταργηθῇ διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως. Λέγομεν ὅτι ἡ ΔΔ' εἶναι ἀκτὶς **πεπολωμένου φωτὸς** (ἡ καὶ **πεπολωμένη ἀκτὶς**). Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π ὀνομάζεται **ἐπίπεδον πολώσεως** τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος. Ἡ ὠρισμένη γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ προσπίπτῃ ἡ ἀκτὶς τοῦ φυσικοῦ φωτὸς ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π, διὰ νὰ ὑποστῇ τὴν πόλωσιν, καλεῖται **γωνία πολώσεως**. Τέλος τὸ μὲν πρῶτον κάτοπτρον Π καλεῖται **πολωτής**, τὸ δὲ δεῦτερον κάτοπτρον Α καλεῖται **ἀναλύτης**. Ἐὰν ἡ ἀκτὶς φυσικοῦ φωτὸς ΓΔ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ πολωτοῦ Π ὑπὸ γωνίαν διὰφορον τῆς γωνίας πολώσεως τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν δύναται νὰ καταργηθῇ τελείως διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως τῆς ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου Α. Κατὰ μίαν ὁλόκληρον στροφὴν τοῦ ἀναλύτου ἡ ἔντασις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος Δ'Ε λαμβάνει δύο μεγίστας καὶ δύο ἐλάχιστας τιμὰς, ἀλλὰ οὐδέποτε μηδενίζεται. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἀκτὶς ΔΔ' εἶναι **μερικῶς πεπολωμένη**. Ὡστε :

Ὅταν τὸ φυσικὸν φῶς ἀνακλᾶται, ἐπέρχεται ὀλικὴ ἢ μερικὴ πόλωσις αὐτοῦ.



Σχ. 110. Ἐρευνα τῶν ιδιοτήτων τῆς πεπολωμένης ἀκτίνος φωτὸς.

95. Ἑρμηνεία τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.—Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἐρμηνεύεται, ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι :

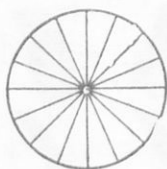
Τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιοι κυμάνσεις.

Εἰς μίαν φυσικὴν ἀκτῖνα φωτός οἱ κραδασμοὶ τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος γίνονται ἐπὶ εὐθειῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι μὲν κάθετοι πρὸς τὴν ἀκτῖνα τοῦ φωτός, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ἡ διεύθυνσις κραδασμοῦ καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, δὲν εἶναι ὠρισμένον. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ἐπίπεδον κραδασμῶν**, δύναται νὰ λάβῃ οἰανδήποτε θέσιν εἰς τὸν πῆριξ τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος χώρον (σχ. 111). Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποδεικνύει ὅτι :

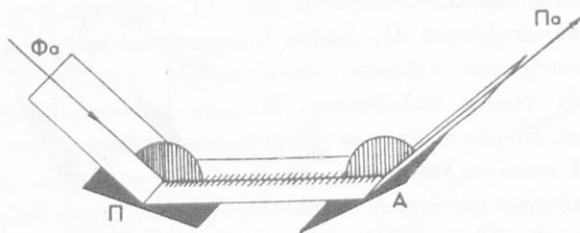
I. Εἰς μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

II. Εἰς μίαν ἀκτῖνα πεπολωμένου φωτός οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν εἶναι ὠρισμένον.

III. Εἰς τὴν ἐξ ἀνακλάσεως πεπολωμένην ἀκτῖνα τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν εἶναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον πολώσεως (σχ. 112).



Σχ. 111. Κραδασμοὶ εἰς φυσικὴν ἀκτῖνα φωτός.

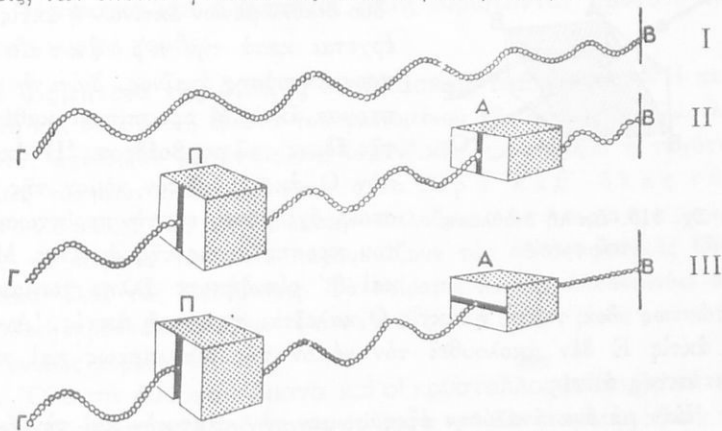


Σχ. 112. Κραδασμοὶ εἰς πεπολωμένην ἐξ ἀνακλάσεως ἀκτῖνα φωτός.

Τὸ ἀκόλουθον πείραμα ἐρμηνεύει μηχανικῶς τὴν πόλωσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος. Τὸ ἄκρον Β ἐνὸς σχοινίου εἶναι μονίμως στερεωμένον, ἐνῶ τὸ ἄλλο ἄκρον Γ τοῦ σχοινίου τὸ ἀναγκάζομεν νὰ ἐκτελῇ παλμικὴν κίνησιν (ἁρμονικὴν ταλάντωσιν). Τότε, κατὰ μῆκος τοῦ σχοινίου διαδίδεται μία ἐγκαρσία κύμάνσις (σχ. 113 I).

Ἡ διεύθυνσις τῆς κινήσεως τοῦ σημείου Γ δὲν εἶναι ὠρισμένη. Τὸ σχοινίον διέρχεται τώρα διὰ δύο σχισμῶν, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο παράλληλα ἐπίπεδα (σχ. 113 II).

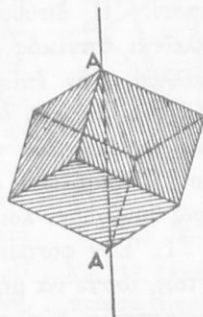
Ἡ πρώτη σχισμὴ Π ἐπιτρέπει νὰ διαδοθοῦν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κυμάνσεις, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμὴν.



Σχ. 113. Μηχανικὴ ἐρμηνεία τῶν ἰδιοτήτων τῆς πεπολωμένης φωτεινῆς ἀκτίνος.

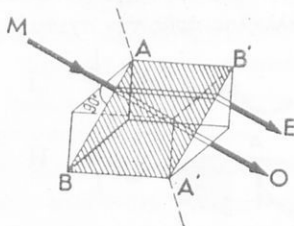
Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν σχισμὴν Α. Ὄταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ὀρισμένη κύμανσις (σχ. 113 II). Ὄταν ὅμως τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι κάθετα, τότε ἡ σχισμὴ Α δὲν ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῇ πέραν αὐτῆς ἡ κύμανσις (σχ. 113 III).

96. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.— Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίτου (CaCO_3)· εἶναι τελείως διαγυῆς καὶ σχίζεται εὐκόλως δίδουσα ρομβόεδρον, δηλαδὴ στερεὸν τοῦ ὁποίου αἱ ἑξ ἑδραὶ εἶναι ρόμβοι (σχ. 114). Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος ἀνήκει εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου ἀφῆσωμεν νὰ προσπέσῃ καθέτως μία φωτεινὴ ἀκτίς, τότε ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἑδραν ἐξέρχονται δύο παράλληλοι φωτειναὶ ἀκτῖνες, ἡ Ο καὶ ἡ Ε (σχ. 115). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον ἐπέρχεται διχασμὸς τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος εἰς δύο διαθλωμένας ἀκτῖνας, καλεῖται **διπλὴ διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ δὲ



Σχ. 114. Ὀπτικὸς ἄξων κρυστάλλου.

ισλανδική κρύσταλλος, ή οποία προκαλεί την διπλήν διάθλασιν, κα-

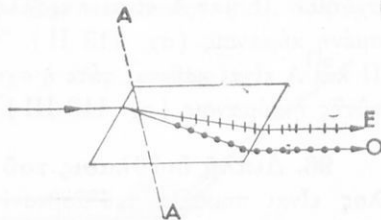


Σχ. 115. Διπλή διάθλασις του φωτός.

λεῖται **διπλοθλαστικόν** σώμα. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ ἀκτίς Ο ἐξέρχεται κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς προσπίπτουσας ἀκτίνος, διότι ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς Μ προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου. Ἡ ἀκτίς λοιπὸν Ο ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, ὅχι μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν καθέτου προσπτώσεως τῆς ἀκτίνος Μ, ἀλλὰ καὶ δι' οἰανδήποτε ἄλλην γωνίαν προσ-

πτώσεως· διὰ τοῦτο ἡ ἀκτίς Ο καλεῖται **τακτικὴ ἀκτίς**. Ἀντιθέτως ἡ ἀκτίς Ε δὲν ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται **ἐκτακτος ἀκτίς**.

Ἐὰν μὲ ἓνα ἀναλύτην ἐξετάσωμεν τὴν τακτικὴν καὶ τὴν ἐκτακτον ἀκτίνα, θὰ εὕρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο αὗται ἀκτίνες εἶναι ὁλικῶς πεπολωμέναι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο αὐτὰς ἀκτίννας εἶναι κάθετα μετὰξὺ των. Ὑπάρχει ὅμως μία διεύθυνσις ΑΑ', κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίς ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὕτη ΑΑ' καλεῖται **ὀπτικὸς ἄξων** τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξωνος ἢ εἶναι παράλληλον πρὸς αὐτόν, καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ κρυστάλλου (ἢ γραμμωτῇ ἐπιφάνειᾳ ΑΒΑ'Β' εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν λοιπὸν τὰ ἑξῆς :



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλώμεναι ἀκτίνες εἶναι πεπολωμέναι.

Ι. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, οὕτως, ὥστε νὰ μὴ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, τότε προκύπτουν δύο παράλληλοι διαθλώμεναι ἀκτίνες, ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἐκτακτος ἀκτίς.

ΙΙ. Ἡ τακτικὴ ἀκτίς ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, ἐνῶ ἡ ἐκτακτος ἀκτίς δὲν τὸν ἀκολουθεῖ.

III. Ἡ τακτική καὶ ἡ ἑκτακτος ἀκτὶς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένοι, τὰ δὲ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἶναι κάθετα μεταξύ τῶν.

IV. Ἡ τακτική καὶ ἡ ἑκτακτος ἀκτὶς εὐρίσκονται πάντοτε ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς.

97. Ἑρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—Ἡ πειραματική καὶ θεωρητική ἔρευνα τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός ἀπέδειξαν ὅτι ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν εἶναι σταθερά καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἰσότροπα σώματα, τὰ σώματα τὰ ὅποια παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς ιδιότητας καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ὀπτικῶς ἀνισότροπον σῶμα. Γενικῶς εὐρέθη ὅτι :

I. Ὅλα τὰ ἄμορφα σώματα καὶ οἱ κρύσταλλοι τοῦ κυβικοῦ συστήματος εἶναι ὀπτικῶς ἰσότροπα σώματα καὶ δὲν παρουσιάζουν τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως.

II. Οἱ κρύσταλλοι ὅλων τῶν ἄλλων κρυσταλλικῶν συστημάτων, ἐκτὸς τοῦ κυβικοῦ συστήματος, εἶναι ὀπτικῶς ἀνισότροπα σώματα καὶ παρουσιάζουν τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

98. Πολωτικαὶ συσκευαί.—Ἐπειδὴ οἱ διπλοθλαστικοὶ κρύσταλλοι δίδουν ὀλικῶς πεπολωμένας ἀκτῖνας, διὰ τοῦτο οἱ κρύσταλλοι οὗτοι χρησιμοποιοῦνται ὡς **πολωτικαὶ συσκευαί**. Τοιαύτη ἀπλὴ συσκευή εἶναι τὸ πρῖσμα Nicol. Τοῦτο εἶναι κρύσταλλος ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ὁ ὁποῖος ἔχει κοπῇ εἰς δύο (σχ. 117). Τὰ δύο ἡμίση τοῦ κρυστάλλου ἔχουν ἔπειτα συγκολληθῇ μὲ λεπτὸν στρώμα βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ. Ἡ τακτικὴ ἀκτὶς ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ καὶ ἐξαφανίζεται. Οὕτως ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν κρύσταλλον μόνον ἡ ἑκτακτος ἀκτὶς, κατὰ διευθύνσιν παράλληλον πρὸς τὴν προσπίπτουσαν. Ἡ ἐξερχομένη ἑκτακτος ἀκτὶς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Ἐν ἄλλο πρῖσμα Nicol δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς ἀναλύτης (σχ. 118).

Διὰ τὴν εὐκόλον παραγωγὴν πεπολωμένου φωτός χρησιμοποιεῖται



Σχ. 117. Ἀπὸ τὸ πρῖσμα Nicol ἐξέρχεται μόνον ἡ ἑκτακτος ἀκτὶς.

τελευταίως ἐν τεχνητῶς παρασκευαζόμενον σῶμα, τὸ **πολωτικὸν σῶμα**.

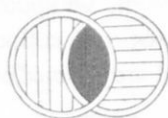


Σχ. 118. Χρήσις τοῦ πρίσματος Nicol ὡς πολωτοῦ (Π) καὶ ἀναλύτου (Α).

ἐνώσεως τῆς κινήσης (ἐρπαθίτης). Ἐκαστος τοιοῦτος κρύσταλλος συμπεριφέρεται ὅπως ἐν πρίσμα Nicol, δηλαδή ἀπορροφᾷ τὴν μίαν ἀκτῖνα καὶ ἀφήνει νὰ διέλθῃ μόνον ἡ ἄλλη ἀκτίς, ἡ ὁποία εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι ἀπλώνονται οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες

τῶν νὰ εἶναι παράλληλοι. Τὸ πολωτικὸν σῶμα τοποθετεῖται μεταξὺ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν ἢ διατάξεις αὐτὴ ἀποτελεῖ **πολωτὴν**. Μία ἄλλη ὅμοια διάταξις δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς **ἀναλύτης**. Εἰς τὴν θέσιν διασταυρώσεως ἐπέρχεται κατάργησις τοῦ διερχομένου φωτός (σχ. 119).

Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν β



Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον εισέρχεται εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτως οἱ φανοὶ τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἡ ὑαλίνη πλάξ, διὰ μέσου τῆς ὁποίας βλέπει ὁ ὁδηγός, φέρουν πολωτικὸν σῶμα (πολωτὴς), τοῦ ὁποῖου ὁ ἄξων σχηματίζει γωνίαν $\alpha = 45^\circ$ μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Εἰς ὅλα τὰ αὐτοκίνητα ἡ γωνία α εἶναι ἡ ἴδια καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Κατὰ τὴν διασταύρωσιν δύο ἀντιθέτως κινουμένων αὐτοκινήτων ἡ ἐμπροσθεν τοῦ ὁδηγοῦ ὑαλίνη πλάξ λειτουργεῖ ὡς ἀναλύτης διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου καὶ δὲν ἀφήνει νὰ διέλθῃ διὰ τῆς πλάκας τὸ φῶς τοῦτο· διότι οἱ ἄξονες πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι κάθετοι. Οὕτως ἀποφεύγεται ἡ ἐνόχλησις ἐκάστου ὁδηγοῦ ἀπὸ τὸ φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου.

Σχ. 119. Δίσκοι πολωτικοῦ σώματος. (α παράλληλοι, β διασταυρωμένοι).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

71. Εἰς τὸν δίσκον τὸ μήκος κύματος τοῦ ἐκτινασθέντος εἶναι $6438 \text{ \AA}$. Πόσον

είναι τὸ μήκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὴν ὕαλον, ἐὰν ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕαλου εἶναι 1,747 ;

72. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μήκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι 6000 Å. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης ;

73. Διὰ δύο εἶδη ὕαλου ὁ δείκτης διαθλάσεως αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι ἀντιστοιχῶς 1,4 καὶ 1,6 διὰ μίαν ὠρισμένην ἀκτινοβολίαν. Πόσος εἶναι ὁ λόγος τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὰ δύο εἶδη τῆς ὕαλου ;

74. Μία ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἀέρα μήκος κύματος 5000 Å. Νὰ μετρηθῇ εἰς μῆκη κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης 1cm ἀέρος καὶ 1cm ὕαλου, τῆς ὁποίας ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι 3/2.

75. Μία φωτεινὴ ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἀέρα μήκος κύματος $\lambda = 0,6 \mu$. Νὰ εὐρεθῇ ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης, ἂν ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἶναι 300 000 km/sec. Πόσον γίνεται τὸ μήκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἂν ἐντὸς αὐτοῦ ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι 225 000 km/sec ;

76. Δύο εὐθύγραμμοι φωτειναὶ πηγαὶ Α καὶ Β, παράλληλοι μεταξὺ των, ἀπέχουν ἡ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην 1 mm. Ἐπὶ πετάσματος Π, τὸ ὁποῖον εἶναι παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο πηγῶν, παρατηροῦμεν τοὺς κροσσοὺς συμβολῆς τοῦ φωτός τῶν δύο πηγῶν. Ἡ ἀπόστασις τοῦ πετάσματος ἀπὸ τὸ ἐπίπεδον τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἶναι 1 m. Αἱ δύο πηγαὶ ἐκπέμπουν μονόχρουν φῶς, ἔχον μήκος κύματος $\lambda = 0,47 \mu$. Νὰ εὐρεθῇ εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κεντρικὸν κροσσὸν εὐρίσκεται ὁ ἑνατος σκοτεινὸς κροσσός.

ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. **Φάσματα ἐκπομπῆς.**—Ἡ ἔρευνα τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαί, γίνεται μὲ τὸ φασματοσκόπιον (σχ. 92). Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἓν διάπυρον στερεὸν ἢ ὑγρὸν σῶμα, θὰ παρατηρήσωμεν **ἐν συνεχῆς φάσμα**, δηλαδὴ μίαν συνεχῆ σειρὰν ἀκτινοβολιῶν χωρὶς καμμίαν διακοπὴν. Τοιοῦτον φάσμα δίδουν π.χ. τὸ διάπυρον σύρμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον, ἡ φλόξ ἐνὸς κηρίου, τὰ διάπυρα μέταλλα κ.ἄ. Διὰ νὰ λάβωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν οἱ διάπυροι ἄτμοι τῶν μετάλλων, εἰσάγωμεν ἐντὸς τῆς φλογὸς τοῦ λύχνου Bunsen ἢ ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου, μικρὸν τεμάχιον ἐνὸς ἄλλου τοῦ μετάλλου τούτου. Τέλος τὰ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἀέρια (π.χ. ὕδρου, γόνου, ὀξυγόνου, ἄζωτου κ.ἄ.) τὰ ἀναγκάζομεν νὰ γίνουν φωτει-

να ληγαὶ διὰ τοῦ σωλῆνος τοῦ Geissler (σχ. 120). Ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος ὑπάρχει τὸ πρὸς ἐξέτασιν ἀέριον ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν. Ὅταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος παράγωνται ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις, τὸ ἀέριον φωτοβόλεϊ καὶ ἰδίως ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει εἰς τὸ στενότερον τμήμα τοῦ σωλῆνος. Ἐάν λοιπὸν ἐξετάσωμεν



τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει διὰ πυρὸν ἀέριον ἢ ἀτμός, θὰ παρατηρήσωμεν ἓν **ἀσυνεχὲς φάσμα**, δηλαδή ὠρισμένας μόνον φωτεινὰς γραμμάς. Ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ φωτοβολοῦντος αἵριου. Οὕτως τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας μόνον γραμμάς. Αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὰ ἐξῆς μήκη κύματος :

0,656 μ, 0,486 μ, 0,434 μ, 0,410 μ.

Οἱ διάπυροι ἀτμοὶ τοῦ νατρίου δίδουν φάσμα ἀπο-
 Σχ. 120. Σωλὴν τελούμενον ἀπὸ δύο κιτρίνας γραμμάς, αἱ ὁποῖαι εὐρί-
 Geissler διὰ τὴν δι- σκονταὶ ἢ μία πολὺ πλησίον τῆς ἄλλης. Ἀπὸ τὴν
 ἱγερσιν τῆς φωτο- ἔρευναν λοιπὸν τῶν φασμάτων συνάγονται τὰ ἀκόλου-
 βολίας αἵριων. θη διὰ τὰ **φάσματα ἐκπομπῆς** :

I. Τὰ διάπυρα στερεὰ καὶ ὑγρὰ σώματα δίδουν συνεχὲς φάσμα ἄρα τὰ σώματα αὐτὰ ἐκπέμπουν φῶς ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀκτινοβολίας ἀντιστοιχοῦσας εἰς ὅλα τὰ δυνατὰ μήκη κύματος.

II. Τὰ διάπυρα αἵρια δίδουν φάσμα γραμμῶν ἄρα τὰ σώματα αὐτὰ ἐκπέμπουν φῶς ἀποτελούμενον ἀπὸ τελείως ὠρισμένας ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι εἶναι χαρακτηριστικαὶ διὰ κάθε στοιχείου.

Ὅταν ἡ πίεσις τοῦ αἵριου αὐξάνεται, αἱ γραμμαὶ τοῦ φάσματος, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ αἷριον, διαπλατύνονται διαρκῶς καὶ τέλος ἐνώνονται. Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι :

Τὰ διάπυρα αἵρια ὑπὸ πολὺ μεγάλας πιέσεις ἐκπέμπουν φῶς, τὸ ὁποῖον δίδει φάσμα συνεχές.

100. Φάσματα ἀπορροφήσεως.— Μόνον τὸ κενὸν εἶναι τελείως διαφανές. Ἐπομένως τὸ φῶς διέρχεται διὰ τοῦ κενοῦ, χωρὶς νὰ ὑποστῇ καμμίαν ἀλλοίωσιν. Ἀντιθέτως, ὅλα τὰ διαφανῆ σώματα ἀπορροφοῦν πάντοτε μέρος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν.

Εὐκόλως δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν τὴν τοιαύτην ἀπορρόφησιν τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν διαφόρων διαφανῶν σωμάτων. Μὲ τὸ φασματοσκόπιον παρατηροῦμεν τὸ συνεχὲς φάσμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ κατευθυντήρος τοῦ φασματοσκοπίου τοποθετοῦμεν ὑαλίνην πλάκα σκοτεινοῦ ἐρυθροῦ χρώματος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἀπὸ τὸ προηγούμενον συνεχὲς φάσμα ἀπομένει μόνον τὸ τμήμα τοῦ σκοτεινοῦ ἐρυθροῦ χρώματος. Ὀλόκληρον τὸ ὑπόλοιπον μέρος τοῦ φάσματος ἐλλείπει, διότι αἱ ἀκτινοβολαὶ αὗται ἀπερροφήθησαν ἀπὸ τὴν ὑαλὸν. Τὸ παρατηρούμενον τότε φάσμα εἶναι ἐν **φάσμα ἀπορροφῆσεως**. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι :

Εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἕκαστον διαφανὲς σῶμα ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ὠρισμένας ἀκτινοβολίας.

101. Φάσματα ἀπορροφῆσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—Δι' ἡλεκτρικοῦ τόξου παράγουμεν ἐν συνεχὲς φάσμα. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου φέρομεν μὴ φωτεινὴν φλόγα φωταερίου. Εἰσάγουμεν ἐντὸς αὐτῆς τεμάχιον ἄλατος τοῦ νατρίου, ὁπότε ἡ φλὸξ ἀποκτᾷ τὸ ζωηρόν κίτρινον χρῶμα τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὸ συνεχὲς φάσμα ἐμφανίζονται δύο λεπταὶ σκοτειναὶ γραμμαὶ εἰς τὴν ἰδίαν ἀκριβῶς θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἐσχηματίζοντο προηγουμένως αἱ δύο χαρακτηριστικαὶ κίτριναι γραμμαὶ τῶν διαπύρων ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντιστροφή τῶν γραμμῶν τοῦ φάσματος** καὶ εἶναι γενικόν :

Ἐν διάπυρον ἀέριον ἀπορροφᾷ ἐκείνας μόνον τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὁποίας τὸ ἀέριον τοῦτο ἐκπέμπει.

102. Τὸ ἡλιακὸν φῶς.— Διὰ τοῦ φασματοσκοπίου λαμβάνομεν τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν συνεχὲς φάσμα, εἰς τὸ ὁποῖον ὅμως ὑπάρχει μεγάλος ἀριθμὸς σκοτεινῶν γραμμῶν. Ὡστε τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν **φάσμα ἀπορροφῆσεως**. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ἡλιακὸν φῶς. Μερικαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινάς γραμμάς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι, ζωηρότεραι, ὅταν ὁ ἥλιος εὐρίσκεται εἰς τὸν ὀρίζοντα, καὶ ἐξασθενοῦν ἐφ' ὅσον ὁ ἥλιος πλησιάζει πρὸς τὸ Zenith. Ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τῶν σκοτεινῶν τούτων γραμμῶν φανερώνει ὅτι αὗται

ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὀρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ὑπὸ τῆς γήινης ἀτμοσφαίρας. Αἱ ἴδιαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτός ἐνὸς φάρου, εὗρισκομένου εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν. Αἱ περισσότεραι ὅμως σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθερὰν τὴν ἐντασίν των, ἀνεξαρτήτως τῆς τροχιάς τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς γήινης ἀτμοσφαίρας. Ἡ ἀπορρόφησις τῶν ἀντιστοίχων ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ Ἡλίου. Πολλὰ ἀπὸ τὰς σκοτεινὰς γραμμὰς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος κατέχουν ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δίδουν ὀρισμένα διάπυρα ἀέρια. Οὕτω π.χ. εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα ὑπάρχει μία διπλῇ σκοτεινὴ γραμμὴ, καταλαμβάνουσα ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῆς διπλῆς κιτρίνης γραμμῆς τοῦ νατρίου.

Ἀπὸ τὴν σπουδὴν τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι εἰς τὸν Ἥλιον πρέπει νὰ διακρίνωμεν δύο μέρη. Τὸ ἐσωτερικὸν τμήμα, τὸ ὁποῖον καλεῖται φωτόσφαιρα, ἐκπέμπει ὁλόκληρον τὴν σειρὰν τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ συνεχοῦς φάσματος. Ἡ φωτόσφαιρα περιβάλλεται ὑπὸ τῆς ἡλιακῆς ἀτμοσφαίρας, ἡ ὁποία καλεῖται χρωμόσφαιρα. Αὕτη εἶναι ἐν στρώμα διαπύρων ἀερίων καὶ ἀτμῶν. Ἐντὸς τῆς χρωμοσφαίρας συμβαίνει ἡ ἀπορρόφησις ὀρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἡ φωτόσφαιρα, καὶ οὕτω προκύπτουν αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Ἐπειδὴ εἰς τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ὑπάρχει τὸ φάσμα ἀπορροφήσεως τῶν ἀτμῶν ἐνὸς στοιχείου, ἔπεται ὅτι εἰς τὴν χρωμόσφαιραν ὑπάρχει τὸ στοιχεῖον τοῦτο.

Ἐὰν ἡ χρωμόσφαιρα ᾔτο μόνη, τότε αὕτη θὰ ἔδιδεν ἐν φάσμα ἀποτελούμενον ἀπὸ φωτεινὰς γραμμὰς. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται κατὰ τὰς ὀλικὰς ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ Σελήνη καλύπτει ἐξ ὁλοκλήρου τὴν φωτόσφαιραν. Κατὰ τὴν στιγμὴν αὐτὴν τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸ ὄρατὸν ἀκόμη χεῖλος τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου, δίδει φάσμα ἀποτελούμενον ἀπὸ φωτεινὰς γραμμὰς. Τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τὸ φάσμα ἐκπομπῆς τῆς χρωμοσφαίρας.

103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.—Ἡ σπουδὴ τῶν φασμάτων ἐκπομπῆς καὶ ἀπορροφήσεως προσφέρει μεγάλας ὑπηρεσίας εἰς τὴν χημικὴν ἀνάλυσιν. Ὁ διὰ τῆς μελέτης τοῦ φάσματος προσδιορισμὸς ἐνὸς στοιχείου εἰς μίαν ἔνωσιν καλεῖται **φασματοσκοπικὴ**

ἀνάλυσις. Αὕτη εἶναι πολὺ περισσότερον εὐαίσθητος ἀπὸ τὴν χημικὴν ἀνάλυσιν. Οὕτως ἀρκεῖ $\frac{1}{14\,000\,000}$ τοῦ χιλιοστρογράμμου νατρίου, διὰ νὰ ἐμφανισθῇ ἡ διπλῇ κιτρίνη γραμμὴ τοῦ νατρίου. Ἐπὶ πλέον ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις ἐβοήθησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν νέων στοιχείων ἐκ τῆς παρουσίας εἰς τὸ φάσμα ὠρισμένων γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι δὲν ἀνήκον εἰς κανὲν γνωστὸν ἕως τότε στοιχεῖον. Οὕτως ἀνεκαλύφθησαν τὰ στοιχεῖα καίσιον, ρουβίδιον, θάλλιον, Ἰνδιον καὶ γάλλιον. Ἐπὶ πλέον ἡ μελέτη τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὠδήγησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν ἐνὸς νέου στοιχείου, τὸ ὁποῖον δὲν εἶχεν εὐρεθῇ ἕως τότε ἐπὶ τῆς Γῆς καὶ διὰ τοῦτο ὠνομάσθη **ἥλιον**. Ἡ ἀνακάλυψις τούτου ὀφείλεται εἰς τὸν Lockhyer (1868). Ἀργότερον ὁ Ramsay (1895) ἀνεκάλυψε φασματοσκοπικῶς ὅτι τὸ ἥλιον ὑπάρχει καὶ εἰς τὸν πλανήτην μας.

104. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων.— Εἰς τὴν φασματοσκοπικὴν ἀνάλυσιν στηρίζεται ἡ **Ἀστροφυσικὴ**, ἡ ὁποία ἐξετάζει τὴν φυσικὴν κατὰστασιν τῶν ἀστέρων. Ἡ τοιαύτη ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ φῶς τῶν πλανητῶν καὶ τῆς Σελήνης δίδει φάσμα ὅμοιον πρὸς τὸ ἡλιακὸν φάσμα. Οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες ἀναλόγως τοῦ φάσματός των, κατατάσσονται εἰς ὠρισμένον ἀριθμὸν τύπων ἀστέρων (φασματικοὶ τύποι). Μεταξὺ τούτων διακρίνονται αἱ ἀκόλουθοι κατηγορίαι ἀπλανῶν: Οἱ λευκοὶ καὶ κυανόλευκοι ἀστέρες, τῶν ὁποίων τὸ φάσμα ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ τὰς γραμμὰς τοῦ ἡλίου καὶ τοῦ ὕδρογόνου. Οἱ κίτρινοι ἀστέρες ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἥλιον, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν αἱ γραμμαὶ τῶν μετάλλων. Οἱ ἐρυθροκίτρινοι ἀστέρες, τῶν ὁποίων τὸ φάσμα παρουσιάζει χαρακτηριστικὰς ταινίας· αἱ ταινίαι φανερόνουν ὅτι ἐπὶ τῶν ἀστέρων τούτων ὑπάρχουν χημικαὶ ἐνώσεις. Οἱ ἐρυθροὶ ἀστέρες, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν αἱ χαρακτηριστικαὶ ταινίαι τοῦ ἀνθρακος. Οἱ ἐκτός τοῦ Γαλαξίου εὕρισκόμενοι σπειροειδεῖς νεφελοειδεῖς δίδουν συνεχὲς φάσμα, τὸ ὁποῖον διακόπτεται ἀπὸ μερικὰς σκοτεινὰς γραμμὰς (κυρίως τοῦ ἀσβεστίου, τὰς δύο γραμμὰς τοῦ ὕδρογόνου καὶ μερικὰς γραμμὰς ἀτμῶν μετάλλων). Ἡ μέτρησις τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς τὰς διαφόρους γραμμὰς ἀπέδειξεν ὅτι τὸ Σύνμπαν διαστέλλεται αὐτομάτως. Ἡ θεωρία τῆς σχετικότητος ἀποδίδει τὴν παρατηρουμένην διαστολὴν τοῦ Σύνμπαντος

εἰς ἓν εἶδος διαστολῆς τοῦ χώρου, ὁ ὁποῖος ἐξογκώνεται ὕπως μία φυσαλὶς σάπωνος.

Ἡ φασματοσκοπικὴ ἐξέτασις τῶν ἀστέρων ἀπέδειξεν ὅτι :

Ὅλα τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἀστέρας, ὑπάρχουν καὶ ἐπὶ τῆς Γῆς.

Ἐπὶ πλεόν, ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων ἐπέβαλε τὴν ιδέαν τῆς ἐξελίξεως τῆς ὕλης, πολὺ πρὸ τῆς ἀνακαλύψεως τῆς ραδιενεργείας. Οἱ μὴ διαλυτοὶ νεφελοειδεῖς εἶναι γιγαντιαῖοι σωροὶ διαπύρων ἀερίων· τὸ φάσμα των ἀποδεικνύει ὅτι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐλαφρὰ στοιχεῖα, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν τὸ ὕδρογόνον καὶ τὸ ἥλιον. Οἱ νεφελοειδεῖς οὗτοι εἶναι μία κατάστασις, ἡ ὁποία προηγείται τοῦ σχηματισμοῦ τῶν ἀστέρων. Ἐπομένως πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ διάφορα στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἀστέρας, σχηματίζονται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς προοδευτικῆς συμπτυκνύσεως τῆς ὕλης τῶν νεφελοειδῶν τούτων. Ἐφ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ἐξέλιξις, ἐμφανίζονται στοιχεῖα ἔχοντα διαρκῶς καὶ μεγαλυτέραν ἀτομικὴν μᾶζαν.

Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι.—Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ προκαλῇ θερμάνειν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων τοῦτο προσπίπτει. Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὰς θερμικὰς ιδιότητας τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτός ἐκτελοῦμεν τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Σχηματίζομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἐν διάπυρον στερεὸν σῶμα. Κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος τούτου μετακινούμεν εὐπαθὲς θερμομετρικὸν ὄργανον (θερμοηλεκτρικὴν στήλην). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμαντικὴ ἱκανότης τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαίνει συνεχῶς αὐξανομένη καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὸ ἰώδες πρὸς τὸ ἐρυθρὸν ἄκρον τοῦ φάσματος. Ἐὰν μετακινήσωμεν τὰ θερμομετρικὸν ὄργανον πέραν τοῦ ἐρυθροῦ, παρατηροῦμεν ἀκόμη μεγαλυτέραν ὕψωσιν τῆς θερμοκρασίας. Ὡστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἐρυθροῦ περιοχὴν τοῦ φάσματος ὑπάρχουν ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἐντόνους θερμικὰς ιδιότητας καὶ καλοῦνται **ὕπέρυθροι ἀκτινοβολίαι** ἢ καὶ **θερμικαὶ ἀκτινοβολίαι**. Αἱ ἀκτινοβολίαι αὗται ἔχουν προφανῶς μῆκην κύματος μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ μῆκην κύματος τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Εἰς τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν

αί διάφοροι φωτειναί πηγαι, εύρέθησαν υπέρυθροι ακτινοβολίαι, τών οποίων τὸ μήκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξύ 0,750 μ καὶ 300 μ. Εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα εύρίσκομεν ἐπίσης υπέρυθρους ακτινοβολίας. Τοιαύτας ακτινοβολίας ἐκπέμπουν ἀφθόνως καὶ ὅλαι γενικῶς αἱ συσκευαὶ θερμάνσεως (θερμάστραι, καλοριφέρ κ.ἄ.). Ὡστε :

I. Αἱ υπέρυθροι ακτινοβολίαι εἶναι ἀόρατοι, τὸ δὲ μήκος κύματος αὐτῶν εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μήκος κύματος τῆς ὁρατῆς ἐρυθρᾶς ακτινοβολίας.

II. Αἱ υπέρυθροι ακτινοβολίαι ἐξασκοῦν θερμικὰς δράσεις.

106. Ἀπορρόφησης τῶν υπέρυθρων ακτινοβολιῶν.—Ἡ ὕαλος, ὁ χαλαζίας, τὸ ὕδωρ ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς υπέρυθρους ακτινοβολίας. Ἀντιθέτως τὸ ὀρυκτὸν γλαριῶδες νάτριον εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανὲς διὰ τὰς υπέρυθρους ακτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν υπέρυθρων ακτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ ὀρυκτὸν γλαριῶδες νάτριον. Εἰς τὸ υπέρυθρον τμήμα τοῦ φάσματος εύρίσκομεν θέσεις, εἰς τὰς ὁποίας δὲν παρατηρεῖται καμμία θερμικὴ δράσις. Εἰς τὰς θέσεις αὐτάς δὲν ὑπάρχουν υπέρυθροι ακτινοβολίαι, ἤτοι εἶναι σκοτειναὶ γραμμὰὶ τοῦ θερμικοῦ φάσματος καὶ ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὀρισμένων υπέρυθρων ακτινοβολιῶν.

107. Ὑπεριώδεις ακτινοβολίαι.—Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ προκαλῇ χημικὰς δράσεις· οὕτω προκαλεῖ τὴν ἔνωσιν τοῦ ὕδρογόνου μὲ τὸ χλώριον, τὴν διάσπασιν τοῦ γλαριούχου ἀργύρου κ.ἄ. Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὰς χημικὰς ιδιότητας τῶν διαφόρων ακτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτός, προβάλλομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακός. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν τῆς φωτογραφικῆς πλακός, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἐρυθρὸν τμήμα τοῦ φάσματος δὲν προκαλεῖ καμμίαν προσβολὴν τῆς πλακός. Ἡ προσβολὴ αὐτῆς ἀρχίζει ἀπὸ τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρίνου καὶ βαίνουσα συνεχῶς αὐξανομένη συνεχίζεται πέραν τοῦ ἰώδους, ὅπου παρατηρεῖται ἡ μεγίστη προσβολὴ τῆς φωτογραφικῆς πλακός. Ὡστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἰώδους περιοχὴν τοῦ φάσματος ὑπάρχουν ἀόρατοι ακτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἐντόνους χημικὰς δράσεις καὶ καλοῦνται **υπεριώδεις ακτινοβολίαι** ἢ καὶ **χημικαὶ ακτινοβολίαι**. Αἱ ακτινοβολίαι αὗται ἔχουν μὴκὴν κύματος μικρότερα ἀπὸ τὸ μήκος κύματος

τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Κατὰ διαφόρους τρόπους κα-
τωρθώθη νὰ ἀπομονωθοῦν καὶ νὰ μελετηθοῦν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι,
τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0,4 μ καὶ 0,1 μ.
Εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα εὐρίσκομεν ἐπίσης ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας.
"Ὅλαι αἱ πηγαὶ λευκοῦ φωτὸς ἐκπέμπουν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Αὗται
εἶναι τόσον περισσότεραι, ὅσον ὑψηλοτέρα εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς φω-
τεινῆς πηγῆς. Οὕτω τὸ φῶς τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου εἶναι πολὺ πλουσιώ-
τερον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας ἀπὸ τὸ φῶς τῆς φλογὸς κηρίου.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν (§ 109)
πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἐπίσης ἐξασκοῦν ἐντό-
νους βιολογικὰς δράσεις. Οὕτως αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν
τὰ φαινόμενα τῆς ἡλιάσεως κατὰ τὸ θέρος· φονεύουν τὰ μικρόβια καὶ διὰ
τοῦτο εἰς τὰς ἀκτινοβολίας αὐτὰς ἀποδίδεται ἡ μικροβιοκτόνος ἐνέργεια
τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες εἶναι ἐπιβλαβεῖς διὰ τὸν
ὀφθαλμόν. "Ωστε :

I. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι εἶναι ἀόρατοι, τὸ δὲ μῆκος κύματος
αὐτῶν εἶναι μικρότερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς ὁρατῆς ἰώδους
ἀκτινοβολίας.

II. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι ἐξασκοῦν χημικὰς δράσεις, ἐπιδρῶν
ἐπὶ τῶν ὁργανισμῶν, διεγείρουν τὸν φθορισμὸν καὶ προκαλοῦν ἰο-
νισμὸν τῶν ἀερίων.

108. Ἀπορρόφησης τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν.—Ἡ ὕαλος,
τὸ ὕδωρ καὶ γενικῶς τὰ περισσότερα ἐκ τῶν διαφανῶν σωμάτων ἀπορ-
ροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὁλοκλήρου τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως
ὁ χαλαζίας εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανὴς διὰ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινο-
βολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων χρησιμο-
ποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ χαλαζιαν. Ὁ ἀήρ ἀπορροφᾷ ἐπίσης
τὰς ἀκτινοβολίας ταύτας. Ἐπομένως εἰς μεγαλύτερα ὕψη ἐντὸς τῆς ἀτμο-
σφαίρας τὸ ἥλιακὸν φῶς εἶναι πλουσιώτερον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας.

109. Φθορισμός.—Ἐντὸς δοχείου περιέχεται ὕδωρ. Ρίπτομεν ἐντὸς
τοῦ ὕδατος ὀλίγας σταγόνας διαλύματος θεικῆς κινίνης καὶ φωτίζομεν
τὸ δοχεῖον μὲ τὸ λευκὸν φῶς ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ ὕδωρ
τοῦ δοχείου, τὸ ὁποῖον προηγουμένως ἦτο, ἄχρουν, ἐκπέμπει τώρα ἐν
ἀνοιχτὸν κυανοῦν φῶς. Μόλις ὁμως παύσωμεν νὰ φωτίζωμεν τὸ διά-

λυμα, ἀμέσως διακόπτεται καὶ ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτὸς τοῦ-
του. Λέγομεν ὅτι τὸ διάλυμα τῆς θειϊκῆς κινίνης εἶναι ἐν φθορίζον
σῶμα. Ἐκτὸς τῆς θειϊκῆς κινίνης καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα ἔχουν τὴν
ιδιότητα νὰ φθορίζουν (π.χ. ἡ ὕαλος τοῦ οὐρανόου, τὸ φθοριδύχον ἀσβέ-
στιον, ὁ κυανιοῦχος βαριολευκόχρυσος, τὰ πετρέλαια, τὸ διάλυμα ἔσκου-
λίνης, οἱ ἀτμοὶ τοῦ ἰωδίου, τοῦ νατρίου, τοῦ ὕδραργύρου κ.ἄ.). Ἀπὸ
τὴν ἔρευναν τοῦ φαινομένου τοῦ **φθορισμοῦ** εὐρέθη ὅτι τὸ χρῶμα τοῦ
φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει τὸ φθορίζον σῶμα διαφέρει ἀπὸ τὸ προσπί-
πτον ἐπὶ τοῦ σώματος φῶς καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ σώματος.
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἐξῆς :

I. Φθορισμὸς εἶναι ἡ ιδιότης πολλῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν
χαρακτηριστικὸν φῶς, ἐφ' ὅσον ἐπ' αὐτῶν προσπίπτει τὸ φῶς μιᾶς
πηγῆς.

II. Αἱ ἀκτινοβολίαι, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ φθορίζοντα σώματα,
ὅταν ταῦτα φωτίζονται μὲ μονοχρωματικὴν ἀκτινοβολίαν, ἔχουν
μῆκος κύματος μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς διεγειροῦσης
ἀκτινοβολίας.

Ἡ ἀνωτέρω ιδιότης τῶν φθορίζόντων σωμάτων μᾶς βοηθεῖ νὰ ἀνα-
καλύψωμεν τὴν παρουσίαν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. Οὕτως, ἂν εἰς
τὸ ὑπεριώδες μέρος τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος θέσωμεν ὕαλον τοῦ οὐρανόου,
αὕτη ἐκπέμπει πράσινον φῶς. Τὸν φθορισμὸν διεγείρουν ἐπίσης αἱ ἀκτι-
νες, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ σώματα. Σήμερον γίνεται
εὐρεῖα χρῆσις τοῦ φθορισμοῦ εἰς τὸ νέον εἶδος τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτή-
ρων, οἱ ὁποῖοι καλοῦνται **λαμπτήρες φθορισμοῦ**.

110. Φωσφορισμός.—Καλύπτομεν τὴν μίαν ἐπιφάνειαν διαφρά-
γματος μὲ στρῶμα θειούχου ψευδαργύρου. Ἐκθέτομεν τὸ στρῶμα τοῦτο
ἐπ' ὀλίγον χρόνον εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς ἢ εἰς τὸ φῶς μιᾶς ἰσχυρᾶς πηγῆς
φωτὸς καὶ ἔπειτα φέρομεν τὸ διάφραγμα ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου.
Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ στρῶμα τοῦ θειούχου ψευδαργύρου ἐκπέμπει ζωη-
ρὸν πρασινωπὸν φῶς· ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτὸς τούτου διαρκεῖ ἐπὶ
μακρὸν χρόνον μετὰ τὴν κατάργησιν τοῦ προσ-
πίπτοντος φωτός. Λέγομεν ὅτι ὁ θειοῦχος ψευδαργυρὸς εἶναι
ἐν φωσφορίζον σῶμα. Ἐκτὸς τοῦ θειούχου ψευδαργύρου ὑπάρ-
χουν καὶ μερικὰ ἄλλα σώματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ φωσφο-

ρίζουν (π.χ. ὁ ἀδάμας, τὰ θειοῦχα ἄλατα τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ βαρίου, τοῦ στροντίου, τοῦ καδμίου). Ὁ **φωσφορισμός** παρατηρεῖται πάντοτε εἰς στερεὰ σώματα. Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτός καὶ ἡ διάρκεια τοῦ φωσφορισμοῦ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ σώματος. Ὡστε :

I. Φωσφορισμός εἶναι ἡ ιδιότης μερικῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν χαρακτηριστικὸν φῶς ἐπ' ἄρκετόν χρόνον μετὰ τὴν κατάργησιν τοῦ προσπίπτοντος φωτός.

II. Αἱ ἀκτινοβολίαι, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ φωσφορίζοντα σώματα, ὅταν ταῦτα φωτίζονται μὲ μονοχρωματικὴν ἀκτινοβολίαν, ἔχουν συνήθως μῆκος κύματος μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς διεγείρουσας ἀκτινοβολίας.

111. Φωταύγεια.—Ὁ φθορισμός καὶ ὁ φωσφορισμός εἶναι δύο περιπτώσεις ἑνὸς γενικοῦ φαινομένου, τὸ ὅποῖον καλεῖται **φωταύγεια**. Διὰ τὴν διέγερσιν τῆς φωταυγείας πρέπει νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ σώματος λευκὸν φῶς ἢ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι. Ἡ ἐκπομπὴ φωτός ἀπὸ τὰ φθορίζοντα καὶ τὰ φωσφορίζοντα σώματα συνδέεται πάντοτε μὲ ἀπορρόφησιν μέρους τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Μόνον αἱ ἀπορροφώμεναι ἀκτινοβολίαι εἶναι ἱκαναὶ νὰ προκαλέσουν τὴν φωταύγειαν. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ τὸ ἐπιβεβαιώσωμεν, ἂν ἀφήσωμεν μίαν φωτεινὴν δέσμην νὰ διέλθῃ διαδοχικῶς διὰ μέσου δύο διαλυμάτων θειϊκῆς κινίνης· θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μόνον τὸ πρῶτον διάλυμα φθορίζει. Ἡ φωταύγεια διέπεται (ἐκτὸς μερικῶν ἐξαιρέσεων) ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Stokes**:

Αἱ ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι διεγείρουν τὴν φωταύγειαν, μετατρέπονται πάντοτε εἰς ἀκτινοβολίας μὲ μεγαλύτερον μῆκος κύματος.

112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.—Θερμαίνομεν συνεχῶς ἓν σῶμα (π.χ. μίαν μεταλλικὴν σφαῖραν), ὥστε ἡ θερμοκρασία του νὰ βαίνει συνεχῶς αὐξανόμενη. Τὸ σῶμα ἐκπέμπει τότε κατ' ἀρχὰς ἀοράτους ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ σῶμα εἶναι τότε σκοτεινόν. Καθ' ὅσον προχωρεῖ ἡ θέρμανσις τοῦ σώματος, αὐξάνεται ἡ ἔντασις τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων καὶ ἐπὶ πλέον ἔρχεται στιγμὴ, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπῃ καὶ ὁρατὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν. Λέγομεν τότε ὅτι

τὸ σῶμα εἶναι ἐρυθροπυρωμένον. Ἐφ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ὕψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος, προχωρεῖ διαδοχικῶς καὶ ἡ ἐμφάνισις τῶν λοιπῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος καὶ τέλος τὸ σῶμα ἐκπέμπει, ἐκτὸς τῶν προηγουμένων ἀκτινοβολιῶν, καὶ ἀοράτους ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι :

Ι. Τὸ εἶδος τῆς ἀκτινοβολίας, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ἐν σῶμα, προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος.

ΙΙ. Ἐν διάπυρον σῶμα ἐκπέμπει γενικῶς μίγμα ἀκτινοβολιῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορα μήκη κύματος.

113. Θεωρία τῶν κβάντα.—Τὸ φῶς ἐκπέμπεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ὕλην, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα. Ἐκ πρώτης ὕψους φαίνεται ὅτι ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτινοβολίας συνεχῶς. Ἡ τοιαύτη ὁμως ἀντίληψις δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνευθοῦν θεωρητικῶς ὠρισμένα φαινόμενα. Πλήρη θεωρητικὴν ἐρμηνείαν τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀπορροφῆσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τὴν ὕλην δίδει ἡ **θεωρία τῶν κβάντα**, ἡ ὁποία διευπλώθη ἀρχικῶς ἀπὸ τὸν Planck (1900) καὶ θεωρεῖται σήμερον ὡς μία ἀπὸ τὰς ὠραιότερας κατακτήσεις τοῦ ἀνθρωπίνου πνεύματος. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὴν ἐνέργειαν ἀσυνεχῶς. Δέχεται δηλαδὴ ἡ θεωρία τῶν κβάντα ὅτι τὸ ἄτομον τῆς ὕλης ἐκπέμπει τὴν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφήν κοκκιδίων ἐνεργείας, τὰ ὁποῖα ὀνομάζει **κβάντα** (quanta). Ἀπὸ τὸ ἄτμω δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα ἀλλὰ ἐκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμέναι ὁμάδες κυμάτων (κυματοσυσμοί), ἐκάστη τῶν ὑποίων περικλείει ὠρισμένην ποσότητα ἐνεργείας. Ἡ ἐνέργεια q , τὴν ὁποίαν μεταφέρει ἕκαστον ἀπὸ τὰ κβάντα μιᾶς ἀκτινοβολίας συχνότητος ν , εἶναι ἀπολύτως ὠρισμένη καὶ ἴση μὲ :

$$q = h \cdot \nu$$

ὅπου h εἶναι μία παγκόσμιος σταθερά, ὀνομαζομένη **σταθερὰ τοῦ Planck**. αὕτη εἶναι ἴση μὲ $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.

114. Φύσις τοῦ φωτός.—Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ φωτεινὴ ἀκτινοβολία ἔχει ἀσυνεχῇ κατασκευὴν καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ διακεκριμέ-

να κοκκίδια ἐνεργείας, τὰ **κβάντα φωτός** ἢ **φωτόνια**. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας. Οὕτω τὰ φωτόνια τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας μεταφέρουν περισσοτέραν ἐνέργειαν ἀπὸ τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας. Ἡ τοιαύτη ἀντίληψις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός ἀποτελεῖ μίαν σύνθεσιν τῶν δύο παλαιότερων καὶ ἐκ πρώτης ὄψεως τελείως ἀντιθέτων ἀντιλήψεων τοῦ Νεύτωνος καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπωμεν ὅτι :

Τὸ φῶς ἔχει ἀφ' ἑνὸς μὲν τὰς ιδιότητας μιᾶς ἡλεκτρομαγνητικῆς κυμάνσεως, ἀλλὰ συγχρόνως ἔχει καὶ τὰς ιδιότητας μιᾶς σωματιδιακῆς ἀκτινοβολίας, τῆς ὁποίας τὰ σωματίδια (φωτόνια) κινοῦνται μὲ ταχύτητα $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec καὶ μεταφέρουν ἐνέργειαν $q = h \cdot \nu$.

Γ'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—Ὅταν τὸ λευκὸν φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ ἑνὸς σώματος, τότε μέρος τοῦ φωτός ἀπορροφᾶται. Ἡ ἀπορρόφησις αὕτῃ ἐξηγεῖ τὸ **χρῶμα**, τὸ ὁποῖον λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα. Εὐκόλως δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὁποίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ἐν σῶμα. Πρὸς τοῦτο φωτίζομεν τὸ σῶμα μὲ τὸ λευκὸν φῶς μιᾶς ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ ἐξετάζομεν διὰ τοῦ φασματοσκοπίου τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος ἢ καὶ διέρχεται διὰ μέσου τούτου, ἂν τὸ σῶμα εἶναι διαφανές. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι τὰ **διαφανῆ σώματα** (ὑἄλος, ὕδωρ, χαλαζίας κ.ἄ.), τὰ ὁποῖα φαίνονται ἄχρσα, ἀφήνουν νὰ διέλθουν δι' αὐτῶν ὅλαι σχεδὸν αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ **διαφανῆ σώματα**, τὰ ὁποῖα φαίνονται **ἐγχρσα** (χρωματίζονται ὑἄλοι, διαλύματα χρωστικῶν οὐσιῶν κ.ἄ.) ἀπορροφοῦν ὀρισμέναν ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία ὑἄλος φαίνεται πρασινῇ, διότι δι' αὐτῆς διέρχονται αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ πρασίνου, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀκτινοβολίαι ἀπορροφῶνται.

Τὰ **ἀδιαφανῆ σώματα** ὀφείλουν τὸ χρῶμα των εἰς τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος. Ἐὰν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ σῶμα φαίνεται μαῦρον. Ἀντιθέτως ἂν ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός διαχέωνται κατὰ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν,

τότε τὸ σῶμα φαίνεται λευκόν. Τέλος ἂν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὠρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ χρῶμα τοῦ σώματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς διαχεομένας ἀκτινοβολίας. Τὸ χρῶμα ἑνὸς σώματος ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ σώματος φωτός. Οὕτως ἐν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου, ὅταν τεθῇ εἰς τὸ ἐρυθρὸν τμήμα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, φαίνεται ἐρυθρόν· εἰς οἰανδήποτε ὅμως ἄλλην περιοχὴν τοῦ φάσματος φαίνεται μαῦρον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἕκαστον σῶμα ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ὠρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός, τὰς δὲ λοιπὰς ἀφήνει νὰ διέλθουν ἢ ἀνακλᾷ καὶ διαχέει.

Τὸ αὐτὸ σῶμα δύναται νὰ ἔχῃ ἐν χρῶμα, ὅταν παρατηρῇται ἐξ ἀνακλάσεως ἢ διαχύσεως καὶ ἄλλο χρῶμα, ὅταν εἶναι διαφανές. Οὕτω λεπτὰ διαφανῆ φύλλα χρυσοῦ φαίνονται πράσινα, ἐνῶ ὁ χρυσὸς παρατηρούμενος ἐξ ἀνακλάσεως φαίνεται ἐρυθροκίτρινος.

116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ.—“Ὅλα τὰ ἐτερόφωτα σώματα ἐκπέμπουν φῶς, ὅταν προσπέσῃ ἐπ’ αὐτῶν τὸ φῶς μιᾶς πηγῆς. Τότε ἕκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις μέρος τοῦ φωτός, τὸ ὅποῖον ἔλαβεν καὶ οὕτω τὸ σημεῖον τοῦ σώματος γίνεται μία δευτερεύουσα φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις τοῦ φωτός**. Διάχυσιν τοῦ φωτός προκαλοῦν καὶ τὰ μόρια τῶν ἀερίων, ὡς καὶ γενικώτερον μικρότατα σωματίδια, τὰ ὅποια εἶναι διασκορπισμένα ἀτάκτως ἐντὸς ἑνὸς διαφανοῦς μέσου. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι διὰ τὴν τοιαύτην διάχυσιν τοῦ φωτός ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ Rayleigh**:

Ἡ ἔντασις τοῦ διαχεομένου φωτός ἀπὸ μικρότατα αἰωρούμενα σωματίδια εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετάρτης δυνάμεως τοῦ μήκους κύματος λ τῆς ἀκτινοβολίας, ἢ ὅποια προσπίπτει ἐπὶ τῶν σωματιδίων.

$$\text{νόμος τοῦ Rayleigh : } I = \frac{A}{\lambda^4}$$

ὅπου A εἶναι μία σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν σωματιδίων.

Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ ὀφείλεται εἰς φαινόμενον διαχύσεως. Τὰ μόρια τῶν ἀερίων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας, φωτιζόμενα ἀπὸ τὸ ἥλιακὸν φῶς, διαχέουν τὰς προσπιπτούσας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτὸς πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἡ ἔντασις τῶν διαχεομένων ἀκτινοβολιῶν εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα διὰ τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὰ μικρότερα μήκη κύματος, δηλαδὴ διὰ τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας. Οὕτως εἰς τὸ διαχεόμενον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας φῶς ἐπικρατεῖ τὸ κυανοῦν χρῶμα. Κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν τοῦ Ἡλίου τὸ ἥλιακὸν φῶς, διὰ τὰ φθάσει εἰς ἡμᾶς, διέρχεται διὰ μέσου παχυτέρου στρώματος ἀτμοσφαίρας. Κατὰ τὴν μακρὰν αὐτὴν πορείαν τοῦ χάνει διὰ



Σχ. 121. Ἀρνητική φωτογραφική πλάξ.



Σχ. 122. Θετική φωτογραφική πλάξ.

διαχύσεως τὸ μεγαλύτερον μέρος τῶν κυανῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ καὶ οὕτω τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον φθάνει εἰς ἡμᾶς, εἶναι τὸ συμπληρωματικὸν τοῦ κυανοῦ. Ὁ οὐρανὸς ἔχει τότε ἐρυθροκίτρινον χρῶμα.

117. Φωτογραφία.—Ἡ φωτογραφία χρησιμοποιεῖ τὰς χημικὰς ιδιότητας τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν, διὰ τὰ ἀποτυπώσῃ μονίμως τὸ εἶδωλον ἐνδὸς ἀντικειμένου. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς σχηματίζομεν εὐκρινὲς εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ μιᾶς ὑαλίνης πλάκῃ, ἥ ὁποία ἔχει ἐπικαλυφθῇ μὲ λεπτὸν στρώμα γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου. Ἡ εὐαίσθητος πλάξ φυλάσ-

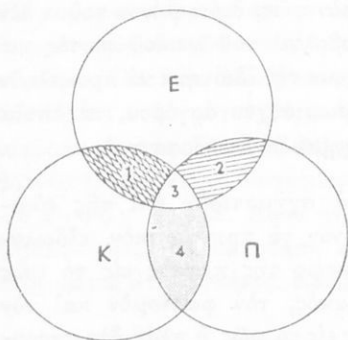
σεται εἰς σκοτεινὸν χώρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτιζομένου με ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολίαι τοῦ λευκοῦ φωτὸς καὶ ἰδίως αἱ κυαναὶ καὶ ἰώδεις ἀκτινοβολίαι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου, τὰ ὅποια οὕτως ἀποσυντίθενται εὐκόλως ὑπὸ τῶν χημικῶν ἀντιδραστηρίων.

α) Ἀρνητικὴ εἰκὼν. Ἀφήνομεν νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς εὐαισθητοῦ πλακὸς καὶ δι' ὀλίγον μόνον χρόνον τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ διάρκεια τῆς ἐκθέσεως τῆς πλακὸς εἰς τὸ φῶς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εὐαισθησίαν τῆς πλακὸς, τὸν φωτισμὸν καὶ τὸν φακὸν τῆς μηχανῆς. Μετὰ τὴν ἐκθεσὶν τῆς εἰς τὸ φῶς ἡ πλάξ δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἐκ πρώτης ὄψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν ὁμως βυθίσωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, ὁ βρωχιούχος ἀργυρὸς ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς, εἰς τὰ ὅποια προσέπεσε τὸ φῶς· εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλας ἀδιαφανὴς ἀργυρὸς. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται ἐμφάνισις. Ἐπειτα ἡ πλάξ βυθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὅποῖον διαλύει τὸν μὴ ἀναχθέντα βρωμιούχον ἀργυρον. Οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς, εἰς τὰ ὅποια δὲν προσέπεσε φῶς. Ἡ δευτέρα αὕτη κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται στερέωσις. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακὸς ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. Τὰ ἀδιαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος αὐτῆς ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως τὰ διαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ σκοτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 121).

β) Θετικὴ εἰκὼν. Ἡ πλάξ, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀπετυπώθη ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου· οὗτος εἶναι φύλλον χάρτου, τοῦ ὁποίου ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῇ με στρώμα φωτοπαθοῦς ἐνώσεως. Ἡ πλάξ με τὸν κάτωθεν αὐτῆς εὐρισκόμενον χάρτην ἐκτίθεται εἰς τὸ ἥλιακὸν φῶς. Τοῦτο διέρχεται διὰ τῶν διαφανῶν μερῶν τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνος καὶ προσβάλλει τὸ φωτοπαθεὲς στρώμα τοῦ χάρτου. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν καὶ τὴν στερέωσιν λαμβάνεται ἐπὶ τοῦ χάρτου ἡ θετικὴ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 122).

γ) Εἶδη πλακῶν. Ἡ συνήθης φωτογραφικὴ πλάξ προσβάλλεται

μόνον ἀπὸ τὰς πρασίνας, τὰς κυανῆς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας.



Σχ. 123. Χρώματα ἐκ προσθέσεως τῶν πρωτευόντων χρωμάτων : Ε ἔρυθρόν, Κ κυανοῦν, Π πράσινον. 1 πορφυροῦν, 2 κίτρινον, 3 λευκόν, 4 κυανοπράσινον.

νοβολίαι· αὗται εἶναι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ ἐρυθροῦ, τοῦ πρασίνου καὶ τοῦ κυανοῦ (σχ. 123). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἔγχρωμος φωτογραφία, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ διαφόρων μεθόδων.

Ἐπεξητήθη νὰ κατασκευασθοῦν φωτογραφικαὶ πλάκες εὐαίσθητοι καὶ εἰς ἀκτινοβολίας μεγαλύτερου μήκους κύματος. Οὕτως αἱ ὀρθοχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς τὰς ἀπὸ τοῦ ἰώδους μέχρι τοῦ κιτρίνου ἀκτινοβολίας, ἐνῶ αἱ πανχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός.

δ) ἔγχρωμος φωτογραφία. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὅλα τὰ χρώματα, ἂν προστεθοῦν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας τρεῖς μόνον ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι διὰ τοῦτο καλοῦνται **πρωτεύουσαι ἀκτι-**

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

77. Πόσῃν ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς καὶ τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας, ἂν τὰ ἀντίστοιχα μήκη κύματος αὐτῶν εἶναι $0,8 \mu$ καὶ $0,4 \mu$;

78. Τὸ μήκος κύματος μιᾶς ὑπερύθρου ἀκτινοβολίας εἶναι 300μ . Πόσῃν ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια αὐτῆς τῆς ἀκτινοβολίας;

79. Μία ὑπεριώδης ἀκτινοβολία ἔχει μήκος κύματος $0,1 \mu$. Πόσῃ εἶναι ἡ ἐνέργεια ἐκάστου φωτονίου τῆς;

Νάτριο

Λίθιο

Κάλιο

Βάριο

Υδρογόνο

Όξυγόνο

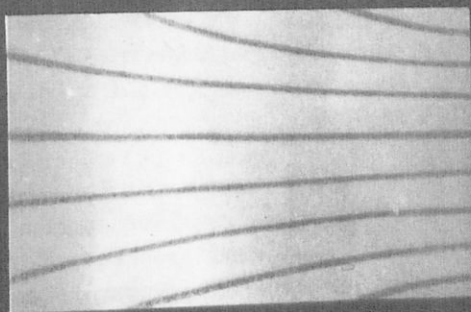
Άζωτο

Υδράργυρος

Ήλιο

Νέον

Νεοδύμιον
(φάσμα απορρο-
φήσεως)



A B C D E F G H H'



A B C D E F G H H'

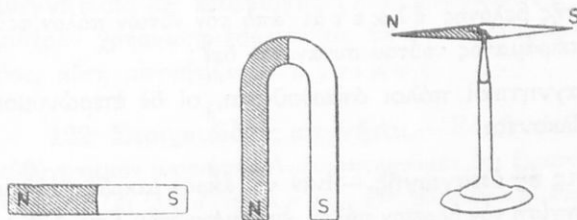
Πίναξ Φασμάτων

- 1 έως 10. Φάσματα έκπομπής. 11. Φάσμα απορρόφησης. 12. Κροσσολι συμβολής εις φάσμα. 13. Γραμμὰι τοῦ Fraunhofer εις φάσμα λευκὸν διὰ πρίσματος. 14. Γραμμὰι τοῦ Fraunhofer εις φάσμα λευκὸν διὰ φράγματος.

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

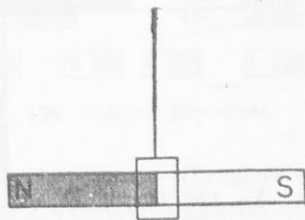
118. Θεμελιώδεις έννοιαι.—'Απὸ τὴν ἀρχαιότητα ἦτο γνωστὸν ὅτι ὁ φυσικὸς μαγνήτης (μαγνητικὸν ὀξείδιον τοῦ σιδήρου Fe_3O_4) ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ μικρὰ τεμάχια σιδήρου ἢ χάλυβος. Ἡ ιδιότης αὕτη καλεῖται **μαγνητισμός**. Ἐάν δι' ἑνὸς φυσικοῦ μαγνήτου προστρίψωμεν ἐπανειλημμένως καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν ράβδον χάλυβος, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ὁ χάλυψ γίνεται μόνιμος μαγνήτης. Ὁ



Σχ. 124. Τεχνητοὶ μαγνήται.

μαγνήτης οὗτος καλεῖται **τεχνητὸς μαγνήτης**. Εὐκόλως κατασκευάζονται σήμερον τεχνητοὶ μαγνήται μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (§ 183). Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδουν διάφορα σχήματα (σχ. 124).

119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—'Εντὸς ρινισμάτων σιδήρου βυθίζομεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον. Ὅταν ἀνασύρωμεν τὴν ράβδον, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου ἔχουν προσκολληθῇ μόνον εἰς τὰ δύο ἅκρα τοῦ μαγνήτου, ὅπου σχηματίζουσι θυσάνους. Τὰ δύο ἅκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται **πόλοι** αὐτοῦ. Ἐάν τὴν ἰδίαν ράβδον ἐξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου τῆς διὰ νήματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν ἰσορροπίαν τῆς ἡ ράβδος λαμ-



Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου.

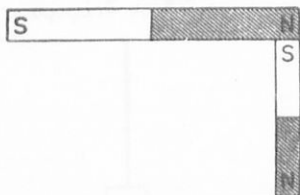
νήματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν ἰσορροπίαν τῆς ἡ ράβδος λαμ-

βάνει ὠρισμένον πάντοτε προσανατολισμόν, στρέφουσα τὸν ἓνα πόλον τῆς πρὸς Βορρᾶν, τὸν δὲ ἄλλον πρὸς Νότον (σχ. 125). Ὁ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Βορρᾶν, καλεῖται βόρειος πόλος (ἢ θετικὸς πόλος), ὁ δὲ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Νότον, καλεῖται νότιος πόλος (ἢ ἀρνητικὸς πόλος). Διεθνῶς ὁ βόρειος πόλος σημειώνεται μὲ Ν (Nord = Βορρᾶς), ὁ δὲ νότιος πόλος μὲ S (Sud = Νότος).

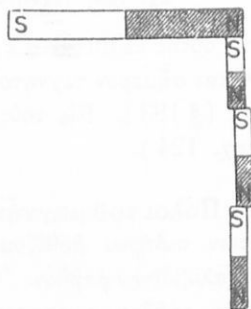
120. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.— Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, ἣ ὁποία δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀπωθεῖται. Ἀντιθέτως, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγεται ὅτι :

Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, οἱ δὲ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται.

121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.— Ἐὰν τὸ ἄκρον μικρᾶς ράβδου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἐγγίσῃ τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου (σχ. 126), εὐκόλως διαπιστώνομεν ὅτι τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τῆς ράβδου ἔγινε βόρειος πόλος. Ἡ μαγνήτισις τῆς ρά-



Σχ. 126. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαφῆς.

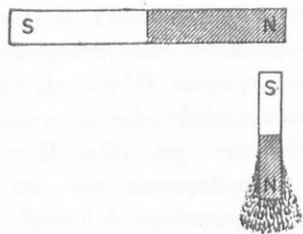


Σχ. 127. Ἀλυσίς ράβδων μακαλοῦ σιδήρου.

βδου εἶναι παροδική καὶ διαρκεῖ, ἐφ' ὅσον ἡ ράβδος εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν μαγνήτην. Ἡ μαγνητικὴ ράβδος δύναται νὰ μαγνητισθῇ ὁμοίως δευτέραν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Οὕτως εἶναι δυνατόν

νὰ σχηματισθῇ ἄλλοις μικρῶν μαγνητισμένων ράβδων (σχ. 127).
 Ἡ μαγνήτισις ὅλων τῶν ράβδων εἶναι πρόσκαιρος.

Ἡ μικρὰ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἂν ἀπλῶς πλησιάσωμεν εἰς αὐτὴν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου (σχ. 128). Ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἐπίσης παροδική. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου ἀμέσως καταργεῖται.

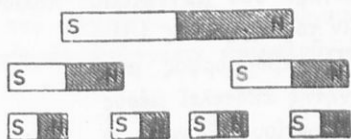


Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι ὁ μαλακὸς σίδηρος μαγνητίζεται παροδικῶς, ὅταν εὐρίσκεται πλησίον μαγνήτου. Οἱ τοιοῦτος τρόπος μαγνητίσεως καλεῖται

μαγνήτισις ἐξ' ἐπαγωγῆς (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ἐὰν ἀντὶ μαλακοῦ σιδήρου χρησιμοποιήσωμεν εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα ράβδον χάλυβος, αὕτη μαγνητίζεται μόνιμως.

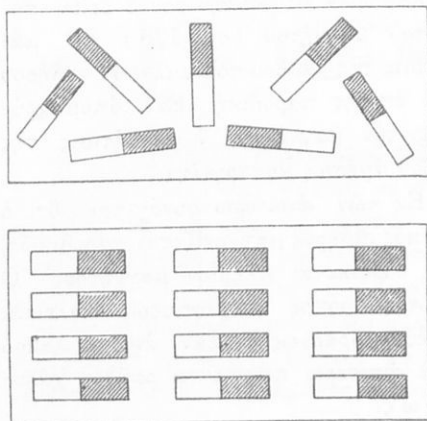
122· Στοιχειώδεις μαγνήται.—Ἐὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην Α, παρητηροῦμεν ὅτι ἕκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο πόλους, ἓνα βόρειον καὶ ἓνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου θραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφαίνονται δύο ἑτερώνυμοι πόλοι οὕτως, ὥστε ἕκαστον τῶν τεμαχίων νὰ παρουσιάζῃ πάλιν δύο ἑτερώνυμους πόλους. Ἐὰν ἕκαστον τῶν τεμαχίων θραυσθῇ εἰς δύο νέα τεμάχια, θὰ εὐρωμεν ὅτι ἕκαστον νέον τεμάχιον ἔχει ἐπίσης δύο ἑτερώνυμους πόλους. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου ἀποδεικνύεται ὅτι δὲν δύναμεθα ποτὲ νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἓνα πόλον μαγνήτου καὶ ἐπομένως ἕκαστος μαγνήτης θὰ παρουσιάζῃ πάντοτε δύο ἑτερώνυμους πόλους. Ἐὰν ᾔτο δυνατόν νὰ ἐξακολουθήσωμεν τὴν θραῦσιν τοῦ μαγνήτου μέχρι τῶν ἐλαχίστων τμημάτων τοῦ μαγνήτου, δηλαδὴ μέχρι τῶν μορίων του, θὰ ἐβλέπομεν ὅτι ἕκαστον μόριον εἶναι μικρότατος μαγνήτης με δύο ἑτερώνυμους πόλους.



Σχ. 129. Θραῦσις μαγνήτου.

Οἱ μικρότατοι οὗτοι μαγνήται καλοῦνται **στοιχειώδεις μαγνήται** (ἢ μοριακοὶ μαγνήται). Ὅταν μία ράβδος χάλυβος δὲν εἶναι μαγνη-

τισμένη, οἱ στοιχειώδεις μαγνῆται διατάσσονται ἀτάκτως ἐντὸς τῆς ράβδου (σχ. 130). Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἑνὸς μαγνητικοῦ πόλου οἱ στοιχειώδεις μαγνῆται τῆς ράβδου διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον,

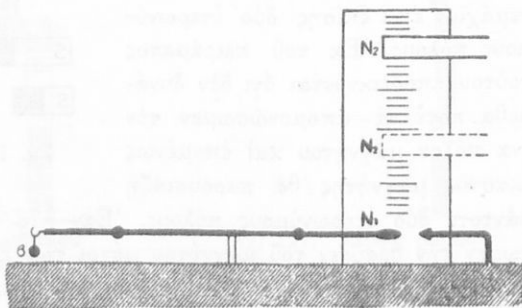


Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται.

μόλις ἀπομακρυνθῇ ὁ μαγνήτης (παροδικὴ μαγνήτισις). Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ἀντιλήψεων ἐρμηνεύεται ἡ ἐμφάνισις νέων πόλων κατὰ τὴν θραῦσιν ἑνὸς μαγνήτου.

123. Νόμος τοῦ Coulomb.—Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 131.

Εἰς ραβδόμορφος μαγνήτης ἀποτελεῖ μέρος ὀριζοντίου ἄξονος, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται, ὅπως ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ. Εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου N_1 φέρομεν τὸν βόρειον πόλον N_2 ἄλλου εὐθυγράμμου μαγνήτου. Ἡ



Σχ. 131. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἀμοιβαίας δρᾶς ὡς τῶν πόλων.

μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις ἰσορροπεῖται ἀπὸ τὸ βάρος β. Ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ μεταξὺ τῶν δύο πόλων N_1 καὶ N_2 ἀπόστασις, ἡ ἄπωσις γίνεται 4 φορές μικρότερα. Ἐκ τῶν μετρήσεων λοιπὸν εὐρίσκεται ὅτι ἡ μεταξὺ τῶν δύο ὁμωνύμων πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο πόλων. Ἐὰν ἄλλος βόρειος πόλος N_3 ἀπωθῇ ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως τὸν πόλον N_1 με διπλασίαν δύναμιν, τότε πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ (m_3) τοῦ πόλου N_3 εἶναι διπλασία τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ (m_2) τοῦ πόλου N_2 . Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων εὐρέθη ὅτι ἡ μεταξὺ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς ποσότητας μαγνητισμοῦ τῶν πόλων. Οὕτω συνάγεται ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ Coulomb**:

Ἡ μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων ἀναπτυσσομένη ἀμοιβαία ἔλξις ἢ ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν δύο πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

νόμος τοῦ Coulomb : $F = \frac{m_1 \cdot m_2}{\alpha^2}$
--

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι οἱ δύο ἑτερόνυμοι πόλοι ἐνὸς μαγνήτου, δηλαδὴ ὁ βόρειος καὶ ὁ νότιος πόλος του, φέρουν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, τὴν ὁποίαν θεωροῦμεν συγκεντρωμένην εἰς δύο ὠρισμένα σημεῖα πλησίον τῶν ἄκρων τοῦ μαγνήτου. Δύο ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι εὐρισκόμενοι εἰς σταθερὰν ἀπόστασιν ἀποτελοῦν ἓν **μαγνητικὸν δίπολον**.

124. Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ.—Ἐὰν εἰς τὸν τύπον $F = \frac{m_1 \cdot m_2}{\alpha^2}$ θέσωμεν $m_1 = m_2$, $\alpha = 1 \text{ cm}$ καὶ $F = 1 \text{ dyn}$, εὐρίσκουμεν ὅτι εἶναι $m = 1$. Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὸν ἀκόλουθον ὀρισμὸν τῆς **μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ**:

Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ, ἡ ὁποία, εὐρισκόμενη ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἴσην ποσότητα μαγνητισμοῦ, ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτῆς δύναμιν ἴσην με 1 δύνην.

Ἡ ἀνωτέρω ὀριθεῖσα μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ ὑπάγεται εἰς τὸ σύστημα μονάδων C.G.S.

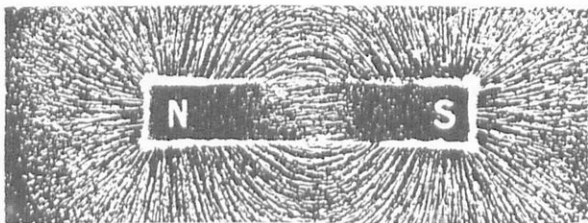
Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Δύο ἴσοι βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι, εὐρισκόμενοι ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 2 cm ἀπωθοῦνται μὲ δύναμιν 100 dyn. Πόση εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ ἐκάστου πόλου;

Ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$m^2 = F \cdot a^2 = 100 \cdot 4 = 400 \quad \text{καὶ} \quad m = 20 \text{ C.G.S.}$$

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

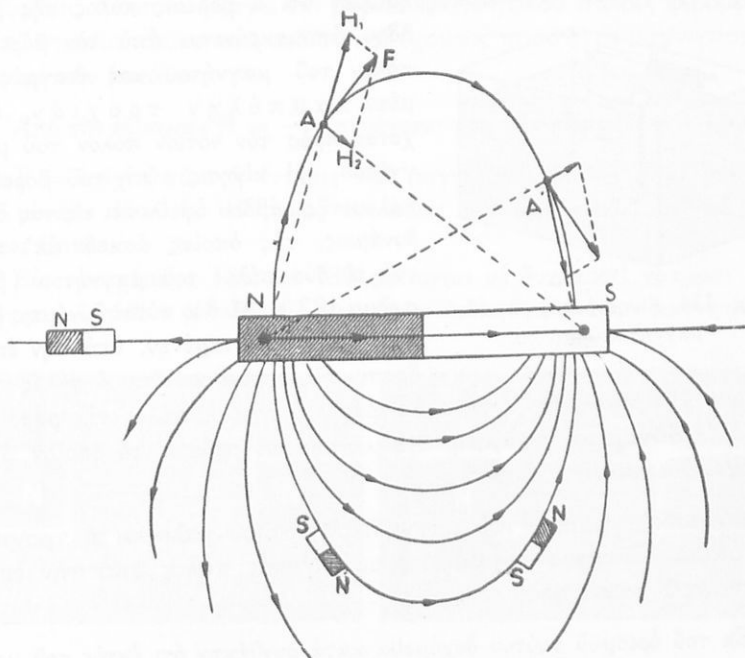
125. Μαγνητικὸν φάσμα.—Κάτωθεν μιᾶς ὀριζοντίας ὑαλίνης πλακὸς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὴν πλάκα μὲ τὸν δάκτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰς γραμμάς, αἱ ὁποῖαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου εἰς τὸν ἄλλον (σχ. 132). Τὸ σχημα-



Σχ. 132. Μαγνητικὸν φάσμα.

τισθὲν διάγραμμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ γραμμαί, ἐπὶ τῶν ὁποίων διατίθενται τὰ ρινίσματα, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαί**. Διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακὸς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἐξηρητημένας ἀπὸ λεπτόν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἡρεμήσῃ, εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὁποίαν ἄσχοῦν ἐπὶ τῶν δύο πόλων τῆς οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου. Ὡστε τὸ μαγνητικὸν φάσμα σχηματίζεται, διότι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, μαγνητιζόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς, γίνονται μικροὶ μαγῆται, οἱ ὁποῖοι δια-

τάσσονται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



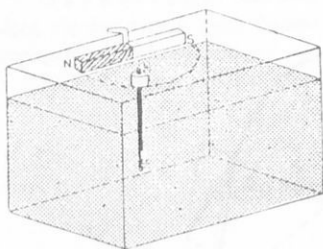
Σχ. 133. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

126. Μαγνητικὸν πεδίον.—Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος αἰσθητοποιεῖ μίαν ιδιότητα, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ὁ περίξ τοῦ μαγνήτου χώρος, ἕνεκα τῆς παρουσίας τοῦ μαγνήτου. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ χώρου τούτου φέρωμεν μίαν ποσότητα μαγνητισμοῦ, αὕτη ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου. Λέγομεν τότε ὅτι περίξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει **μαγνητικὸν πεδίον**. Ὡστε :

Μαγνητικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χώρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ ὁποῖαι φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Ἐπὶ μιᾷ μακρᾷ καὶ λεπτῇ μαγνητικῇ ράβδῳ στερεώνομεν δακτύλιον ἐκ φελλοῦ. Βυθίζομεν τὴν ράβδον κατακορύφως ἐντὸς ὕδατος

οὕτως, ὥστε νὰ ἐξέχῃ ἀπὸ τὸ ὕδωρ ὁ βόρειος πόλος τῆς (σχ. 134). Φέρομεν τὸν βόρειον πόλον τῆς ράβδου πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἐνὸς ἰσχυροῦ μαγνήτου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς ρά-



Σχ. 134. Κίνησις ἐνὸς βορείου μαγνητικοῦ πόλου.

βάβδου. Ἡ τροχιά, τὴν ὁποίαν διαγράφει ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου, εἶναι μία **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. Ὡστε :

Δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχιά, τὴν ὁποίαν διαγράφει εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἐκ τοῦ ὁρίσμου τούτου δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι ἐκτὸς τοῦ μαγνήτου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

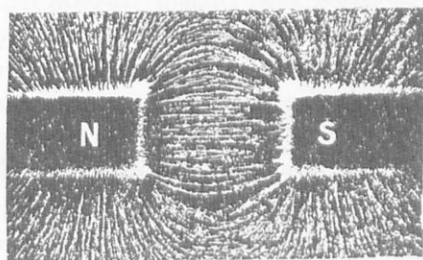
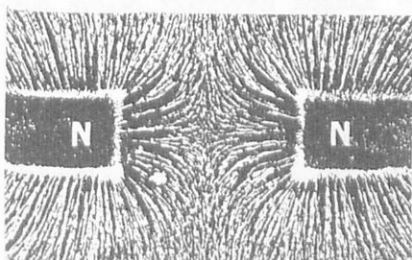
127. Διεύθυνσις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.—Εἰς ἓν σημεῖον Α. μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς εὐρίσκεται εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος (σχ. 133). Ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις F , κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως F καλεῖται **διεύθυνσις** τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α. Ἐστω ὅτι ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, τὸν ὁποῖον ἐφέρομεν εἰς τὸ σημεῖον Α. ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ m . Τότε εἰς τὸ σημεῖον Α. ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ποσότητος βορείου μαγνητισμοῦ ἐνεργεῖ δύναμις : $H = \frac{F}{m}$.

Ἡ δύναμις αὕτη H καλεῖται **έντασις** τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α. τοῦ πεδίου. Ὡστε :

Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ βορείου μαγνητικοῦ πόλου, φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου καὶ ἔχοντος ποσότητα μαγνητισμοῦ ἴσην μὲ τὴν μονάδα.

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν $H = \frac{F}{m}$ συνάγεται ὅτι, ἂν εἶναι $m = 1$ C.G.S. καὶ $F = 1$ dyn, τότε ἡ έντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα $H = 1$. Ἡ μονὰς έντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται **Gauss**.

Εἰς τὰ σχήματα 135. καὶ 136 φαίνονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξὺ δύο ὁμωνύμων ἢ δύο ἐτερονύμων μαγνητικῶν



Σχ. 135. Μαγνητικὸν πεδίων μεταξὺ δύο ὁμωνύμων μαγνητικῶν πόλων.

Σχ. 136. Μαγνητικὸν πεδίων μεταξὺ δύο ἐτερονύμων μαγνητικῶν πόλων.

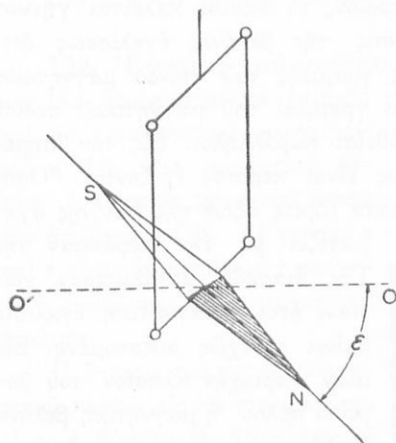
πόλων. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξὺ δύο ἐτερονύμων μαγνητικῶν πόλων αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι. Τὸ μαγνητικὸν τοῦτο πεδίων καλεῖται **ὁμογενές**, εὐρίσκεται δὲ ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ έντασις τοῦ πεδίου εἶναι σταθερὰ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

128. Μαγνητικὴ ροή.—Ἐν ὁμογενές μαγνητικὸν πεδίων ἔχει έντασιν H . Ἐντὸς τοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς τοῦ πεδίου τοποθετεῖται ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἔχουσα ἐμβαδὸν σ (σχ. 137). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὁρισμός :

Καλεῖται μαγνητικὴ ροή (Φ) τὸ γινόμενον τοῦ ἐμβαδοῦ (σ) τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τὴν έντασιν (H) τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

μαγνητικὴ ροή : $\Phi = \sigma \cdot H$

γενητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ὄταν ἡ βελὼνῃ ἰσορροπῇ, τότε ὁ κατὰ μῆκος

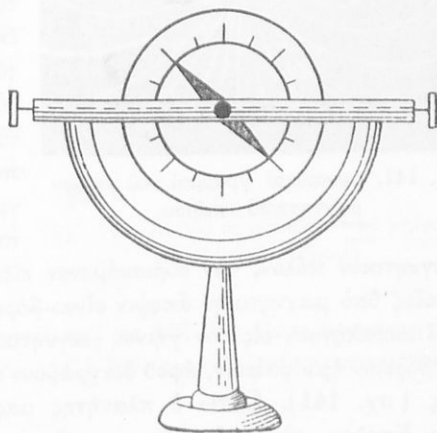


Σχ. 139. Ἐγκλισίς τῆς μαγνητικῆς βελὼνῃς.

ἄξων τῆς βελὼνῃς σχηματίζει μετὰ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (σχ. 139). Αὕτη εἶναι θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελὼνῃς εὐρίσκεται κάτωθεν ἢ ἄνωθεν τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξωνος περιστροφῆς τῆς βελὼνῃς. Εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ, ἐνῶ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον εἶναι ἀρνητικὴ. Ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις ἔχει διάφορον τιμὴν εἰς τοὺς διαφόρους τόπους. Ὡστε :

Μαγνητικὴ ἔγκλισις ἐνὸς τόπου καλεῖται ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελὼνῃς μετὰ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, ὅταν ἡ βελὼνῃ στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα ἐπὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ.

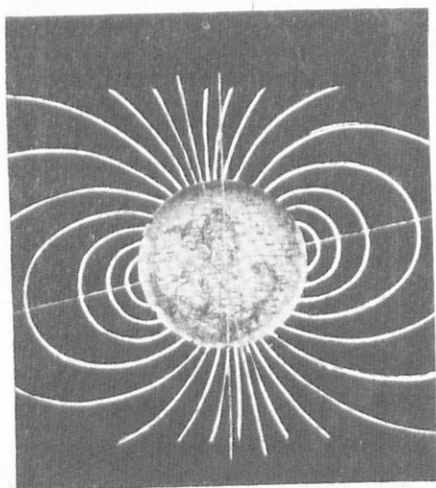
Ἡ συσκευὴ τοῦ σχ. 140 χρησιμεύει διὰ τὴν εὐρεσιν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως ἢ τῆς μαγνητικῆς ἔγκλισεως, καθ' ὅσον ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι ὀριζόντιος ἢ κατακόρυφος.



Σχ. 140. Πυξὶς ἐγκλίσεως μετατρεπομένη εἰς πυξίδα ἀποκλίσεως διὰ στροφῆς τοῦ δίσκου κατὰ 90° .

131. Γήινον μαγνητικὸν πεδῖον.—Εἰς οἷονδήποτε τόπον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ βελὼνῃ ἀποκλίσεως ἰσορροπεῖ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς νὰ ἔχη ὠρισμέ-

νην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι πέριξ ὁλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γήινον μαγνητικὸν πεδίον**. Ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης ἐγκλίσεως δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓνα τόπον αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι κατὰ προσέγγισιν εὐθεῖαι παράλληλοι. Εἰς τὸν ἰσημερινὸν ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως εἶναι περίπου ἑριζοντία. Ὅσον ὅμως προχωροῦμεν πρὸς Βορρᾶν ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς



Σχ. 141. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

Γῆς διαρκῶς μεγαλυτέραν γωνίαν, ἥτοι ἡ μαγνητικὴ ἐγκλίσις βαίνει συνεχῶς αὐξανόμενη. Εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως γίνεται κατακόρυφος, ἔχουσα πρὸς τὰ κάτω τὸν βόρειον πόλον τῆς. Τὸ ἴδιον συμβαίνει εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ Νοτίου πόλου μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἐκεῖ ἡ βελόνη ἔχει πρὸς τὰ κάτω τὸν νότιον πόλον τῆς. Εἰς τὰς δύο αὐτὰς περιοχὰς τῆς Γῆς εὐρίσκονται οἱ δύο **μαγνητικοὶ πόλοι** τῆς Γῆς. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν γήινον

μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον καὶ ὁ ὁποῖος ὑπὸ μαγνητικὴν ἀποψιν εἶναι βόρειος πόλος. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουν εἰς τὸν γήινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον, ἀφοῦ διαγράψουν εἰς τὸν χώρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτω ὁ πλανήτης μας συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸν δίπολον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς κυκλικὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ ἀκριβὴς θέσις τῶν δύο μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εἶναι ἡ ἑξῆς: **βόρειον ἡμισφαίριον**:

γεωγραφικὸν πλάτος $70^{\circ} 5'$ δυτικὸν γεωγραφικὸν μῆκος $96^{\circ} 45'$
Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

νότιον ήμισφαίριον :

γεωγραφικόν πλάτος $72^{\circ} 25'$ ανατολικόν γεωγραφικόν μήκος 154° .

132. "Εντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου. — Εἰς τὸ σχῆμα 142 δεικνύονται τὰ ἐπίπεδα τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ (Γ) καὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (M). Μία μαγνητικὴ βελὼν ἑγκλίσεως ἰσορροπεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ON . Αἱ γωνίαι α καὶ ϵ εἶναι ἀντιστοίχως ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις καὶ ἡ μαγνητικὴ ἑγκλισις.

Ἡ ἐντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τοῦτον εἶναι ἡ δύναμις H . Αὕτη ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελὼνης καὶ δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, τὴν ὀριζοντίαν συνιστώσαν H_0 καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν H_k . Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον ὀρθογώνιον τρίγωνον εὐρίσκονται αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις :

$$H_0 = H \cdot \sin \epsilon, \quad H_k = H \cdot \cos \epsilon,$$

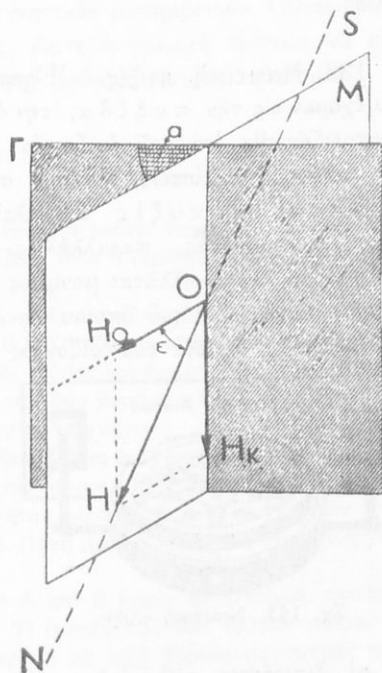
$$H^2 = H_0^2 + H_k^2$$

Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται ὅτι :

Τὰ στοιχεῖα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις, ἡ μαγνητικὴ ἑγκλισις καὶ ἡ ἐντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἀντὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου χρησιμοποιεῖται συνήθως ὡς μαγνητικὸν στοιχεῖον ἡ ὀριζοντίαν συνιστώσα H_0 , ἡ ὁποία εὐρίσκεται εὐκόλως.

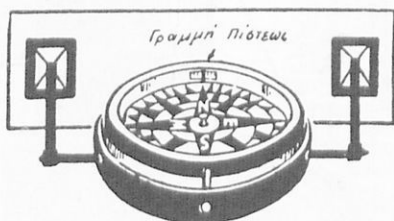
Μεταβολαὶ τῶν μαγνητικῶν στοιχείων ἑνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικὰ



Σχ. 142. Αἱ δύο συνιστώσαι τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

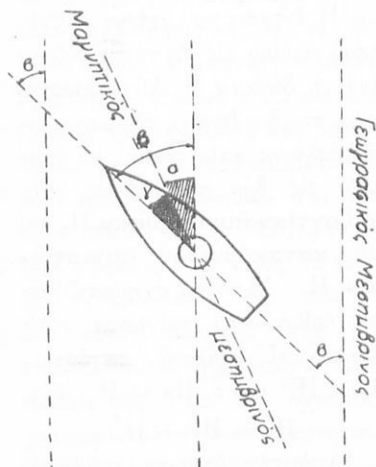
στοιχεῖα ἑνὸς τόπου δὲν ἔχουν σταθερὰν τιμὴν, ἀλλ' ὑφίστανται κανονικὰς ἡμερησίας καὶ ἔτησίας μεταβολάς. Πολλὰκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἰφνιδίως μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται μαγνητικαὶ, θύελλαι. Αἱ ἀπότομοι αὗται μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲ ἄλλα φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βόρειον σέλας, αἱ κηλίδες τοῦ Ἡλίου.

133. Ναυτικὴ πυξίς.—Ἐφαρμογὴν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν εἰς τὴν πυξίδα, τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦμεν διὰ νὰ προσανατολιζώμεθα ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ πυξίς εἶναι μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως, ἡ ὁποία στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἡ ναυτικὴ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς μαγνητικὰς βελόνας συνηνωμένας παραλλήλως. Ἐπ' αὐτῶν προσκολλᾶται μονίμως ἐλαφρὸς δίσκος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σημειώνονται τὰ σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος



Σχ. 143. Ναυτικὴ πυξίς.

καὶ αἱ διαιρέσεις τοῦ κύκλου. Ὁ δίσκος οὗτος καλεῖται ἀνεμολόγιον. Τὸ σύστημα τῶν βελονῶν ἀντιστοιχεῖ πρὸς ἓνα μαγνήτην, δυνάμενον νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεωμένος εἰς τὸν πυθμένα χαλκίνου δοχείου (σχ. 143). Τὸ δοχεῖον τοῦτο ἐξαρτᾶται καταλλήλως (σύστημα Cardan), ὥστε ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ ἀνεμολογίου νὰ εἶναι πάντοτε κατακόρυφος παρὰ τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ χαλκίνου δοχείου εἶναι χαραγμένη μικρὰ εὐθεῖα, ἡ γραμμὴ πίστεως, ἡ ὁποία δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τοῦ σκάφους. Ὄταν τὸ πλοῖον στρέφεται, ἡ



Σχ. 144. Ἡ χρῆσις τῆς πυξίδος εἰς τὴν ναυσίπλοισιν.

γραμμή πίστεως στρέφεται και αυτή μετά του πλοίου, αλλά τὸ ἀνεμολόγιον διατηρεῖ θέσιν σταθεράν. Εἰς τὸν ναυτικὸν εἶναι γνωστὴ ἐκ τῶν χαρτῶν ἡ γωνία β , τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστὴ καὶ ἡ ἀπόκλισις α , εὐρίσκεται ἡ γωνία γ , τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτη κατεύθυνσις, ὥστε ἡ γραμμὴ πίστεως νὰ εὐρίσκεται ἔμπροσθεν τῆς διαιρέσεως γ τοῦ βαθμολογημένου κύκλου.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

80. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπέχουν μεταξύ των 5 cm. Ἐκαστος πόλος ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 80 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἀμοιβαία ἀπωσις τῶν πόλων τούτων ;

81. Δύο ὁμοιοὶ εὐθύγραμμοι μαγνήται ἔχουν μῆκος 15 cm, ἕκαστος δὲ πόλος τῶν ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 500 C.G.S. Οἱ δύο μαγνήται εὐρίσκονται ἐπὶ ὀριζοντίας τραπέζης, κατὰ μῆκος τῆς αὐτῆς εὐθείας καὶ ἔχουν τοὺς βορείους πόλους των ἀπέναντι ἀλλήλων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο βορείων πόλων εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἐκάστου μαγνήτου ;

82. Εὐθύγραμμος μαγνήτης ἔχει μῆκος 10 cm ἕκαστος δὲ πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 200 C.G.S. Ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς ἀπόστασιν 35 cm ἀπὸ τὸ μέσον O τοῦ μαγνήτου φέρομεν βόρειον μαγνητικὸν πόλον, ἔχοντα ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ;

83. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως ποσότητες μαγνητισμοῦ 20 C.G.S. καὶ 30 C.G.S. Ἡ μεταξύ τῶν δύο τούτων πόλων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Νὰ εὐρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ἔχων ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S., ὥστε ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν δύο πόλων A καὶ B νὰ εἶναι ἴση μὲ μηδέν.

84. Βόρειος μαγνητικὸς πόλος ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 1000 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ;

85. Εὐθύγραμμος μαγνήτης ἔχει μῆκος 8 καὶ ἕκαστος πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 400 C.G.S. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον A εὐρίσκόμενον ἐπὶ τῆς καθέτου εἰς τὸ μέσον O τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἀπὸ τὸ O .

86. Εἰς ἓνα τόπον ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ καὶ ἴση μὲ 60° . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τούτον ;

87. Ἐκαστος τῶν πόλων μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίσεως ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 50 C.G.S. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἔχει μῆκος 10 cm. Ἡ ὀριζοντία

συνιστώσα του γηίνου μαγνητικού πεδίου είναι $H_0 = 0,18$ Gauss. Πόσον έργον δαπανώμεν, όταν απομακρύνωμεν τήν βελόνην κατά 60° από τήν θέσιν τῆς ισοροπίας της ;

88. Μαγνητική βελόνη ἐγκλίσεως ἔχει μήκος 10 cm, ἕκαστος δὲ τῶν πόλων τῆς ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 30 C.G.S. Ἡ βελόνη αἰωρεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ ὀριζοντία συνιστώσα τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἐγκλισις εἶναι 60° . Διὰ νὰ διατηρήσωμεν τήν βελόνην ὀριζοντίαν, θέτομεν ἐπ' αὐτῆς μικρὸν ἰππέα ἔχοντα βάρος 0,500 gr*. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς βελόνης πρέπει νὰ τεθῇ ὁ ἰππεύς ;

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

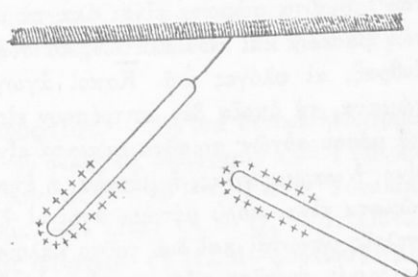
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—Εξ αἰῶνας π.Χ. ὁ Θαλῆς ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ ἤλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ μαλλίνου ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἐλαφρὰ σώματα (τρίχας, τεμάχια χάρτου, πτίλα κ.ἄ.). Ἡ ιδιότης αὕτη τοῦ ἡλέκτρου ὠνομάσθη **ἡλεκτρισμός**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι τὴν ιδιότητα αὐτὴν ἔχουν καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα (ῥητίνη, ὁ ἐβονίτης, τὸ θεῖον, ἡ ὑάλος κ.ἄ.).

Ἡλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἐξαρθῶμεν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μετάξης (σχ. 145). Ἐὰν εἰς τὴν ἐξηρητημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἄλλην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀπωθοῦνται μεταξὺ των. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ μὲ δύο ἡλεκτρισμένας ράβδους ρητίνης. Ἐὰν ὅμως εἰς τὴν ἡλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἡλεκτρισμένην ράβδον ρητίνης, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἔλκονται μεταξύ των. Ἐκ τῶν πειραμάτων τούτων συνάγεται ὅτι ὑπάρχουν δύο εἶδη ἡλεκτρισμοῦ, ἥτοι ὁ **θετικὸς ἡλεκτρισμός**, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ὑάλου καὶ ὁ **ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός**, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ρητίνης. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ἀπλᾶ πειράματα συνάγεται ἐπὶ πλέον ὅτι :

Σώματα ὁμωνύμως ἡλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται, ἐνῶ σώματα ἐτερονύμως ἡλεκτρισμένα ἔλκονται.



Σχ. 145. Ἀπωσις ὁμωνύμως ἡλεκτρισμένων ράβδων.

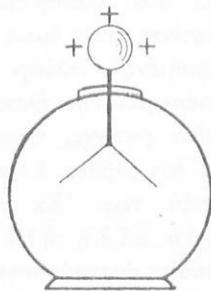
135. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἄγωγοί.—Ὅταν ἐν σῶμα εἶναι ἤλεκτρι-
σμένον, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο φέρει **ἤλεκτρικὸν φορτίον**, δηλα-
δὴ φέρει ποσότῃτα ἤλεκτρισμοῦ. Ἐὰν ἤλεκτρίσωμεν διὰ
τριβῆς, μίαν ράβδον ὕαλου ἢ ρητίνης παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ἐλαφρά σώ-
ματα προσκολλῶνται μόνον εἰς τὸ προστριβέν μέρος τῆς ράβδου. Ἐπο-
μένως μόνον εἰς τὸ μέρος ἐκεῖνο τῆς ράβδου ὑπάρχει ἤλεκτρικὸν φορτίον.
Λαμβάνομεν ράβδον χαλκοῦ, ἣ ὁποία φέρει ὑαλίνην λαβὴν (σχ. 146).



Σχ. 146. Ἠλεκτρίσις διὰ τριβῆς
ράβδου χαλκοῦ.

Ἐὰν προστρίψωμεν μὲ μάλλινον ὑφα-
σμα ἐν μέρος τῆς χαλκίνης ράβδου,
παρατηροῦμεν ὅτι ὁλόκληρος ἡ ράβδος
ἤλεκτρίζεται. Ἄρα τὸ ἤλεκτρικὸν φορ-
τίον, τὸ ὁποῖον ἀνεπτύχθη εἰς τὸ προσ-
τριβέν μέρος τῆς ράβδου, διεδύθη διὰ
μέσου τοῦ χαλκοῦ εἰς ὁλόκληρον τὴν ράβδον τοῦ χαλκοῦ. Οὕτω τὰ σώ-
ματα διακρίνονται εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἄγωγοὺς τοῦ
ἤλεκτρισμοῦ. Καλοὶ ἄγωγοί ἢ ἀπλῶς ἄγωγοὶ καλοῦνται τὰ σώμα-
τα, τὰ ὁποῖα ἀφήνουν τὰ ἤλεκτρικὰ φορτία νὰ κινούνται διὰ μέσου αὐ-
τῶν· τοιαῦτα σώματα εἶναι ὅλα τὰ μέταλλα, τὰ διαλύματα τῶν ὑξέων,
τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων, τὸ σῶμα τῶν ζώων, τὸ ὑγρὸν ἔδαφος, ὁ
ἄνθραξ, αἱ φλόγες κ.ἄ. Κακοὶ ἄγωγοί ἢ μονωταὶ καλοῦνται τὰ
σώματα, τὰ ὁποῖα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὰ ἤλεκτρικὰ φορτία νὰ κινηθοῦν
διὰ μέσου αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἶναι ἡ ρητίνη, τὸ ἤλεκτρον, ἡ παρα-
φίνη, ὁ μαρμαρυγίας, ἡ μέταξα, ἡ ξηρὰ ὕαλος, ἡ πορσελάνη κ.ἄ. Μερικὰ
σώματα εἶναι πολὺ μέτριοι ἄγωγοί ἢ ἄλλως πολὺ
ἀτελεῖς μονωταὶ καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἡμι-
ἄγωγοί· τοιαῦτα σώματα εἶναι τὸ ξύλον, ὁ χάρ-
της, τὸ μάρμαρον, τὸ πόσιμον ὕδωρ κ.ἄ.

136. Ἠλεκτροσκόπιον.—Τὸ ἤλεκτροσκό-
πιον (σχ. 147) ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν στέ-
λεχος, τὸ ὁποῖον εἰς τὸ ἐν ἄκρον καταλήγει εἰς
σφαῖραν ἢ μικρὸν δίσκον, εἰς δὲ τὸ ἄλλον ἄκρον φέ-
ρει δύο λεπτὰ καὶ μακρὰ φύλλα ἀργυλλίου (ἢ
χρυσοῦ). Τὸ στέλεχος τοῦτο στερεώνεται μὲ μο-
νωτικὸν πῶμα εἰς ὑαλινὸν δοχεῖον. Ἐὰν ἤλεκτρισμένον σῶμα ἐγγί-
σῃ τὴν σφαῖραν τοῦ μεταλλικοῦ στελέχους, τοῦτο **ἤλεκτρίζεται ἐξ**



Σχ. 147. Ἠλεκτρο-
σκόπιον.

έπαφής καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἀργιλίου ἀπωθοῦνται, διότι ἠλεκτρίζονται ὁμωνύμως. Οὕτω μὲ τὸ ἠλεκτροσκοπίον δυνάμεθα νὰ εὐρίσκωμεν, ἂν ἔν σῶμα φέρῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον.

137. Νόμος τοῦ Coulomb.— Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι ἡ μεταξὺ δύο μικρῶν ἠλεκτρισμένων σφαιρῶν ἀσκουμένη ἀμοιβαία δράσις διέπεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Coulomb** :

Ἡ ἔλξις ἢ ἀπωσις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μικρῶν ἠλεκτρισμένων σφαιρῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

$$\text{νόμος τοῦ Coulomb : } F = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{\alpha^2}$$

ὅπου F εἶναι ἡ δύναμις, Q_1 καὶ Q_2 τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, α ἡ ἀπόστασις αὐτῶν καὶ ϵ εἶναι μία σταθερά, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο φορτίων. Διὰ τὸν ἀέρα εἰς τὸ σύστημα C.G.S. εἶναι $\epsilon = 1$, διὰ τὸν μαρμαρυγιαν εἶναι $\epsilon = 6$ κ.τ.λ. Ἡ σταθερὰ ϵ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερὰ** (§ 211).

138. Μονάδες ἠλεκτρικοῦ φορτίου.— Δύο ἴσα θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = Q_2$ εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν $\alpha = 1$ cm καὶ μεταξὺ αὐτῶν ἐξασκεῖται ἀμοιβαία ἀπωσις ἴση μὲ $F = 1$ dyn. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι $Q_1 = Q_2 = 1$. Οὕτως ὀρίζεται ἡ **ἠλεκτροστατικὴ μονὰς φορτίου** (1 ΗΣΜ—φορτίου) ἢ **μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου C.G.S.**

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς φορτίου εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τὸ ὁποῖον, ὅταν εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἴσων φορτίων, ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτοῦ δύναμιν ἴσην μὲ 1 δύννην.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὡς μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου λαμβάνεται τὸ 1 Coulomb (1 Cb), τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ $3 \cdot 10^9$ ἠλεκτροστατικὰς μονάδας φορτίου.

$$\text{πρακτικὴ μονὰς ἠλε-} : 1 \text{ Coulomb (1Cb)} = 3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ—φορτίου}$$

$$\text{κτρικοῦ φορτίου}$$

Παράδειγμα τὰ. 1) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία $Q_1 = 25 \text{ ΗΣΜ}$ καὶ $Q_2 = 72 \text{ ΗΣΜ}$ εὐρίσκονται εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς ἀπόστασιν $\alpha = 1 \text{ cm}$. Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκημένη ἄπωση εἶναι :

$$F = \frac{25 \cdot 72}{36} \text{ dyn} = \frac{1800}{36} \text{ dyn} = 50 \text{ dyn}$$

2) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶναι ἴσον με 1 Cb , εὐρίσκονται εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 m . Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἐξασκημένη ἄπωση εἶναι :

$$F = \frac{(3 \cdot 10^9)^2}{(10^3)^2} \text{ dyn} = \frac{9 \cdot 10^{18}}{10^6} \text{ dyn} = 9 \cdot 10^{12} \text{ dyn}$$

$$\text{ἦτοι} \quad F = 9 \cdot 10^6 \text{ kgr*} \quad \eta \quad F = 9000 \text{ tn*}$$

Τὸ παράδειγμα τοῦτο δεικνύει πόσον μεγάλα εἶναι αἱ ἀναπτυσσόμεναι ηλεκτρικαὶ δυνάμεις.

139. Διανομὴ τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου.—Ἀς θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ηλεκτρισμένην μεταλλικὴν σφαῖραν. Ἐνεκα τῆς ἀπόσεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων ηλεκτρικῶν φορτίων τῆς σφαίρας, τὰ φορτία μετακινοῦνται καὶ λαμβάνουν θέσιν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλων ἀγωγῶν δὲν ὑπάρχουν ηλεκτρικά φορτία. Τοῦτο ἐπαληθεύομεν πειραματικῶς μετὰ τὴν βοήθειαν ἑνὸς ηλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ σφαιριδίου. Τὸ δοκιμαστικὸν σφαιρίδιον εἶναι μεταλλικὸν σφαιρίδιον στερεωμένον εἰς τὸ ἄκρον ὑαλίνης ράβδου (σχ. 148). Ὅταν φέρωμεν τὸ σφαιρίδιον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ηλεκτρισμένου κοίλου ἀγωγοῦ, τὸ σφαιρίδιον λαμβάνει ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ηλεκτρικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, ὅταν φέρεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.



Σχ. 148 Εὕρεσις τῆς κατανομῆς τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου.

Ἐπὶ ἑνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ τὸ ηλεκτρικὸν φορτίον κατανέμεται ὁμοιομόρφως. Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς φέρῃ ἀκμᾶς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρώνεται εἰς τὰ σημεῖα αὐτά, διότι, ἔνεκα τῆς ἀπόσεως τῶν ὁμωνύμων ηλεκτρικῶν φορτίων, ταῦτα προσπαθοῦν νὰ καταφύγουν εἰς τὰ ἀπώτερα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον φέρεται πάντοτε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀγωγῶν καὶ διανέμεται ὁμοιομόρφως μόνον ἐπὶ τῶν σφαιρικῶν ἀγωγῶν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

89. Δύο θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = 50$ C.G.S. καὶ $Q_2 = 80$ G.G.S. εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Ἡ μεταξὺ τῶν φορτίων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἀπώσις ;

90. Δύο ἴσα ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται μὲ δύναμιν 25 dyn, ὅταν ἡ μεταξὺ τῶν ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόσον εἶναι ἕκαστον φορτίον ;

91. Εἰς τὰ ἄκρα Α καὶ Β μιᾶς εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἐν εἶναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποίαν θέσιν πρέπει νὰ τεθῇ ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ὥστε αἱ ἐπ' αὐτῆς ἀσκούμεναι δράσεις ἐκ μέρους τῶν δύο φορτίων νὰ ἔχουν συνισταμένην μηδέν ;

92. Ὁρθογώνιον παραλληλόγραμμον ἔχει πλευρὰς 3 cm καὶ 4 cm. Εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ παραλληλογράμμου εὐρίσκονται τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία + 125, + 36, - 32 καὶ + 1 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν τριῶν ἄλλων φορτίων ἐπὶ τοῦ φορτίου + 1 C.G.S.

93. Δύο ὅμοιοι μικραὶ μεταλλικαὶ σφαῖραι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον μὲ δύο νήματα μετὰξης μήκους 20 cm. Ἐκάστη σφαῖρα ἔχει βάρος 0,5, gr* καὶ φέρει φορτίον + Q. Ὅταν αἱ σφαῖραι ἰσορροποῦν, τὰ δύο νήματα σχηματίζουν γωνίαν 30°. Πόσον εἶναι τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας ;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

140. Σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. — "Ὅταν ἐν σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον, τότε τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ σώματος τοῦτου ἐξασκεῖ ἑλξεις ἢ ἀπώσεις ἐπὶ παντὸς ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον φέρεται εἰς τὸν πᾶν τοῦ σώματος χώρον. Λέγομεν τότε ὅτι πᾶν τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει **ἠλεκτρικὸν πεδίου**." Ὡστε :

Ἡλεκτρικὸν πεδίου καλεῖται ὁ χώρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρονται εἰς οἷον-δήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τοῦτου.

Εἰς ἐν σημεῖον τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν ἐλεύθερον ὑλικὸν σημεῖον, τὸ ὁποῖον ἔχει θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τοῦτου ἐνεργεῖ μία ὀρισμένη δύναμις, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὸ ὑλικὸν

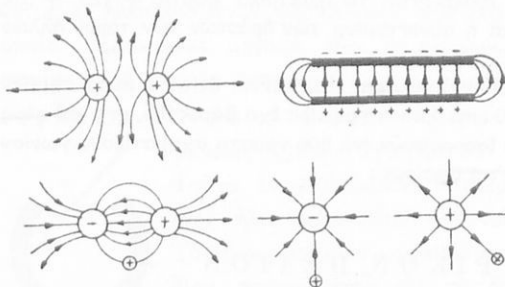
σημείον νά διαγράψῃ μίαν εὐθύγραμμον ἢ καμπυλόγραμμον τροχίαν. Ἡ τροχιά αὕτη καλεῖται **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ὡστε :

Δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχιά, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ κινουμένου θετικοῦ φορτίου, εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.

Διεύθυνσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

Εἰς τὸ σχῆμα 149 δεικνύονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς διαφόρους περιπτώσεις.



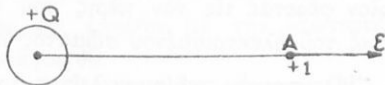
Σχ. 149. Διάφοροι περιπτώσεις ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῶν θετικῶς ἡλεκτρισμένων σωμάτων καὶ καταλήγουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένων σωμάτων. Μεταξὺ δύο ἐτερονύμων

ἡλεκτρισμένων παραλλήλων πλακῶν σχηματίζεται **ὁμογενές** ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι (§ 215).

Ἐστω $+Q$ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ τὸ πεδίον (σχ 150). Εἰς τὸ σημεῖον A τοῦ πεδίου φέρομεν ἡλεκτρικὸν φορτίον $+q$. Τότε ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ δύναμις :

$F = \frac{Q \cdot q}{\alpha^2}$. Ἀρα εἰς τὸ σημεῖον A ἐπὶ τοῦ φορτίου $+1$ ἐνεργεῖ



Σχ. 150. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον A .

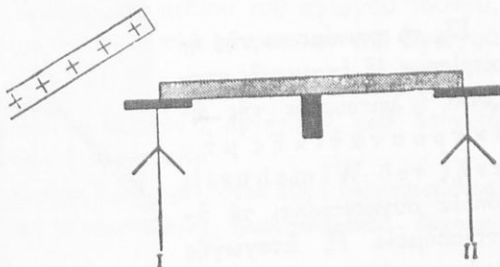
ώρισμένη δύναμις $E = \frac{F}{q}$, ή οποία καλεῖται **έντασις** τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α. Ὡστε :

Ἔντασις (E) τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ή δύναμις, ή οποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου $+1$ φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου.

$$\text{έντασις ηλεκτρικοῦ πεδίου: } E = \frac{F}{q} \quad \text{ἢ} \quad E = \frac{Q}{a^2}$$

Εἰς τὸ ὁμογενὲς ηλεκτρικὸν πεδῖον ή έντασις τοῦ πεδίου εἶναι σταθερά εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

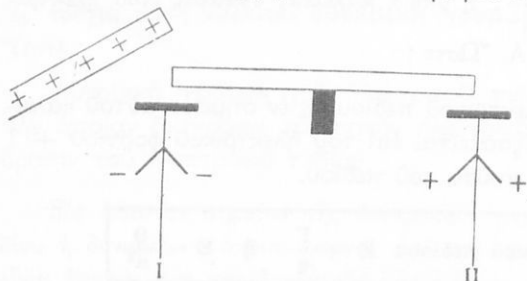
141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου.—Λαμβάνομεν δύο ὅμοια ηλεκτροσκόπια καὶ ἐπὶ τῶν δύο δίσκων τῶν στηρίζομεν τὰ δύο ἄκρα μακρᾶς μεταλλικῆς ράβδου (σχ. 151). Εἰς τὸ ἓν ηλεκτροσκόπιον πλησιάζομεν ηλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία, ἂν καὶ ή ηλεκτρισμένη ὑαλίνη ράβδος δὲν ἦλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ κανέν ἐξ αὐτῶν. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μεταλλικὴν ράβδον, κρατοῦντες αὐτὴν ἐκ τῆς μονωτικῆς λαβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι, καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ὑαλίνης ράβδου, τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἐτερώνυμωσ ηλεκτρισμένα (σχ. 152). Ἐὰν ὁμῶς συνδέσωμεν τὰ δύο ηλεκτροσκόπια διὰ τῆς μεταλλικῆς ράβδου, καὶ ἀπομακρύνωμεν τὴν ὑαλίνην ράβδον, τὰ ηλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων ἐξαφανίζονται. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι τὰ δύο ηλεκτροσκόπια φέρουν ἴσα ἐτερώνυμα ηλεκτρικὰ φορτία.



Σχ. 151. Τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία.

Ὅταν ἀρχικῶς ή μεταλλική ράβδος στηρίζεται ἐπὶ τῶν δίσκων τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων, τότε τὰ μεταλλικὰ στελέχη τῶν καὶ ή ράβδος

ἀποτελοῦν ἓνα συνεχῆ μεταλλικὸν ἀγωγόν. Ὁ

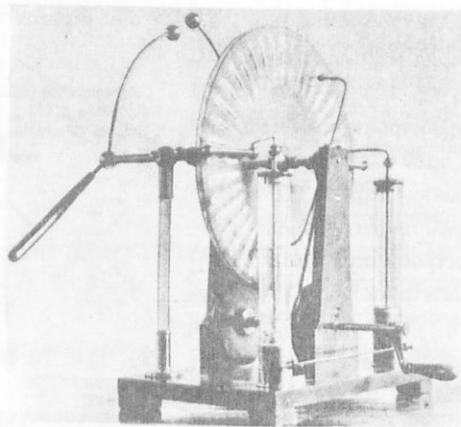


Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων εἶναι ἐτερόνυμα.

ἀγωγὸς οὗτος, ὅταν εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου τῆς ὑαλίνης ράβδου, ηλεκτρίζεται καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐμφανίζονται ἴσα ἐτερόνυμα φορτία. Ὁ τοιοῦτος τρόπος ηλεκτρίσεως ἀγωγῶν καλεῖται **ἡλεκτρισὶς ἐξ ἐπαγωγῆς** (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ὡστε :

Ὅταν ἀγωγὸς εὐρεθῇ ἐντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσα ἐτερόνυμα φορτία.

Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἡλεκτρίσεως ἐξ ἐπαγωγῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς ἡλεκτροστατικής μηχανῆς τοῦ Wimshurst, ἡ ὁποία συγκεντρώνει τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς ἐτερόνυμα ηλεκτρικὰ φορτία εἰς δύο μεταλλικὰ σφαιρίδια (σχ. 153).



Σχ. 153. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimshurst.

142. Δυναμικόν.—Μικρὸς σφαιρικὸς ἀγωγὸς Α (σχ. 154)

φέρει φορτίον $+Q$. Τότε περὶ αὐτοῦ ὑπάρχει ηλεκτρικὸν πεδίον. Εἰς ἓν σημεῖον Β τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν τὸ φορτίον $+1$. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ τότε ἡ δύναμις $E = \frac{Q}{\alpha^2}$. Ἐὰν τὸ ὑλικὸν σημεῖον εἶναι ἐλεύθερον, τοῦτο θὰ μετακινηθῇ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπείρου. Διότι ἡ ἔντασις E τοῦ πεδίου γίνεται θεωρητικῶς ἴση μὲ μηδέν, ὅταν ἡ ἀπόστασις α γίνῃ ἀπειρος. Κατὰ τὴν μετακίνησιν αὐ-

τὴν τοῦ φορτίου $+1$ ἀπὸ τὸ σημεῖον Β τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπείρου παράγεται ἔργον. Τὸ ἔργον τοῦτο εἶναι μέγεθος χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ σημεῖον Β τοῦ πεδίου καὶ καλεῖται **δυναμικὸν** τοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Β. Ὡστε :



Δυναμικὸν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον Β καλεῖται

τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου, ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον Β μέχρι τοῦ ἀπείρου.

Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον τοῦ ἀγωγοῦ Α ἀρχίζει ἀπὸ τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ἐπὶ τῆς ὁποίας τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q εὑρίσκεται εἰς ἰσορροπίαν. Ἔνεκα τούτου ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὁρισμός :

Δυναμικὸν ἑνὸς ἠλεκτρισμένου ἀγωγοῦ καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ἀγωγοῦ τούτου, ὅταν τὸ φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἀπείρου.

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν, καθ' ὅσον τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι θετικὸν ἢ ἀρνητικόν.

Εἶναι φανερόν ὅτι ἀγωγὸς ἔχει δυναμικόν, ὅταν εἶναι ἠλεκτρισμένος. Ἐπειδὴ τὸ ἑδάφος οὐδέποτε παρουσιάζεται ἠλεκτρισμένον, δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι :

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἐδάφους εἶναι ἴσον μὲ μηδέν.

143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.— Δύο ἠλεκτρισμένοι σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ Α καὶ Β ἔχουν ἀντιστοίχως δυναμικὸν U_1 καὶ U_2 . Τὰ δυναμικὰ αὐτὰ εἶναι ἄνισα $U_1 > U_2$. Τότε λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν Α καὶ Β ὑπάρχει **διαφορὰ δυναμικοῦ** ἢ **τάσις** ἴση μὲ $U_1 - U_2$.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐκφράζει τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου $+1$ ἐκ τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω ὁρισμοῦ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ προκύπτει τὸ ἑξῆς συμπέρασμα :

Ἐὰν ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α μεταφερθῇ εἰς τὸν ἀγωγὸν Β ἠλεκτρικὸν φορτίον Q , τότε κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ φορτίου τούτου παράγεται ἔργον ἴσον μὲ τὸ γινόμενον τοῦ φορτίου Q ἐπὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ $U_1 - U_2$.

$$\text{ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν φορτίου: } W = Q \cdot (U_1 - U_2)$$

Μεταφορὰ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α εἰς τὸν ἀγωγὸν Β δύναται νὰ γίνη εὐκόλως, ἂν συνδέσωμεν τοὺς δύο ἀγωγούς μὲ ἓν σύρμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου θὰ μᾶς δώσῃ ἔργον.

114. Μονάδες δυναμικοῦ.— Ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς Α ἔχει δυναμικὸν U . Μεταξὺ τοῦ ἀγωγοῦ Α καὶ τοῦ ἐδάφους ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ $U - 0 = U$. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐξίσωσις:

$$W = Q \cdot (U_1 - U_2) \quad \text{γράφεται:} \quad W = Q \cdot U, \quad \text{ἄρα} \quad U = \frac{W}{Q}$$

Ἡ εὑρεθεῖσα σχέσις μᾶς βοηθεῖ νὰ ὀρίσωμεν τὰς μονάδας δυναμικοῦ. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι:

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς δυναμικοῦ εἶναι τὸ δυναμικὸν ἀγωγοῦ, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν τῆς ἠλεκτροστατικῆς μονάδος φορτίου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 1 ἔργιον.

$$1 \text{ ΗΣΜ} - \text{δυναμικοῦ} \doteq \frac{1 \text{ erg}}{1 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}}$$

Ἡ πρακτικὴ μονὰς δυναμικοῦ καλεῖται **Volt (1 V)** καὶ ὀρίζεται ὡς ἑξῆς:

Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἴσον μὲ 1 Volt, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν φορτίου 1 Coulomb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 1 Joule.

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

Ἡ σχέσις μεταξύ τῆς πρακτικῆς μονάδος Volt καὶ τῆς ΗΣΜ — δυναμικοῦ εὐρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι :

$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ — φορτίου}} \quad \text{ἄρα}$$

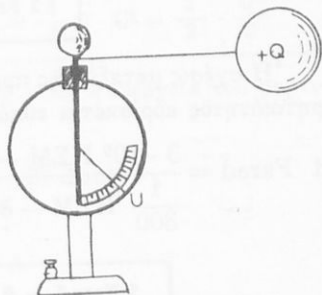
$$1 \text{ Volt} = \frac{1}{300} \text{ ΗΣΜ — δυναμικοῦ}$$

Με τὰς ἀνωτέρω δύο μονάδας δυναμικοῦ μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ δύο ἀγωγῶν ἢ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω π.χ. λέγομεν ὅτι μεταξύ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 220 Volt. Τοῦτο σημαίνει ὅτι κατὰ τὴν μεταφορὰν 1 Cb ἀπὸ τὸν ἓνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 220 Joule. Ἐπίσης, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς ἔχει δυναμικὸν 500 000 Volt, ἐννοοῦμεν ὅτι, ἂν ἀφήσωμεν νὰ μετακινηθῇ 1 Cb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ ἕως τὸ ἔδαφος, θὰ παραχθῇ ἔργον ἴσον μὲ 500 000 Joule.

145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.— Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται μὲ εἰδικὸν ὄργανον, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἡ λ ε κ τ ρ ὁ μ ε τ ρ ο ν. Τοῦτο εἶναι σύνθετος ἡλεκτροσκόπιον (σχ. 155), τοῦ ὁποῖου τὰ φύλλα μετακινοῦνται ἔμπροσθεν τόξου φέροντος διαίρεσεις εἰς Volt.

Ἐστω ὅτι εἷς σφαιρικός ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q. Μὲ τὸ ἡλεκτρόμετρον εὐρίσκομεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος ἔχει δυναμικὸν U. Ἐὰν τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ γίνῃ 2Q, 3Q... εὐρίσκομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ γίνεται ἀντιστοίχως 2U, 3U... Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι τὸ πληθύνον τοῦ φορτίου διὰ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ ἔχει σταθερὰν τιμὴν, ἐφ' ὅσον πλησίον αὐτοῦ δὲν ὑπάρχουν ἄλλοι ἀγωγοί.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καταλήγομεν εἰς τὸν ὁρισμὸν ἐνὸς νέου φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι σταθερὸν δι' ἕκαστον ἀγωγὸν καὶ καλεῖται **χωρητικότητα** τοῦ ἀγωγοῦ :



Σχ. 155. Ἠλεκτρόμετρον.

Χωρητικότητας (C) αγωγού καλείται τὸ σταθερὸν πηλίκον τοῦ φορτίου (Q) διὰ τοῦ δυναμικοῦ (U) τοῦ αγωγοῦ.

$$\text{χωρητικότης αγωγού: } C = \frac{Q}{U}$$

Μονάδες χωρητικότητας. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν ὀρισμοῦ τῆς χωρητικότητος αγωγοῦ $C = \frac{Q}{U}$ εὐρίσκομεν τὰς μονάδας χωρητικότητος.

Ἡλεκτροστατική μονὰς χωρητικότητος εἶναι ἡ χωρητικότης αγωγοῦ, ὃ ὁποῖος φέρει 1 ἡλεκτροστατικὴν μονάδα φορτίου καὶ ἔχει δυναμικὸν ἴσον μὲ 1 ἡλεκτροστατικὴν μονάδα δυναμικοῦ.

$$1 \text{ ΗΣΜ} - \text{χωρητικότητος} = \frac{1 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}}{1 \text{ ΗΣΜ} - \text{δυναμικοῦ}}$$

Ἡ πρακτικὴ μονὰς χωρητικότητος καλεῖται **Farad** (1 F) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

Ἡ χωρητικότης αγωγοῦ εἶναι ἴση μὲ 1 Farad, ὅταν ὁ αγωγὸς φέρῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 1 Coulomb καὶ ἔχῃ δυναμικὸν 1 Volt.

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

Ἡ σχέσις μεταξὺ τῆς πρακτικῆς μονάδος Farad καὶ τῆς ΗΣΜ—χωρητικότητος εὐρίσκεται ἐνκόλως, διότι εἶναι :

$$1 \text{ Farad} = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}}{300 \text{ ΗΣΜ} - \text{δυναμικοῦ}} \quad \text{ἄρα}$$

$$1 \text{ Farad} = 9 \cdot 10^{11} \text{ ΗΣΜ} - \text{χωρητικότητος}$$

Εἰς τὴν πράξιν χρησιμοποιεῖται ἡ μονὰς microfarad (μF), ἡ ὁποία εἶναι :

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{10^6} \text{ Farad} \quad \text{ἄρα} \quad 1 \mu\text{F} = 9 \cdot 10^5 \text{ ΗΣΜ} - \text{χωρητικότητος.}$$

146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.— Ἐὰν r εἶναι ἡ ἀκτίς ἑνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ καὶ Q τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του, τότε ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι: $U = \frac{Q}{r}$. Ἡ χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι: $C = \frac{Q}{U}$. Ἀπὸ τὰς δύο αὐτὰς σχέσεις εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι $C = r$. Ἄρα:

Ἡ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰς ΗΣΜ — χωρητικότητος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὴν ἀκτίνα τοῦ ἀγωγοῦ μετρηθεῖσαν εἰς ἑκατοστόμετρα.

Παράδειγμα: Σφαιρικός ἀγωγὸς ἔχει ἀκτίνα $r = 10$ cm. Διὰ τὴν ἀποκτήσῃ ὁ ἀγωγὸς δυναμικὸν 60 Volt, πρέπει ὁ ἀγωγὸς νὰ ἀποκτήσῃ φορτίον:

$$Q = C \cdot U = 10 \cdot \frac{60}{300} = 2 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίον}$$

147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ.— Μεμονωμένος ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q καὶ ἔχει δυναμικὸν U . Διὰ τὴν φόρτισιν τοῦ ἀγωγοῦ δαπανᾶται ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Μεμονωμένος ἀγωγός, ἔχων ἡλεκτρικὸν φορτίον Q , δυναμικὸν U καὶ χωρητικότητα C , περικλείει ἐνέργειαν:

$$\text{ἐνέργεια ἀγωγοῦ: } W = \frac{1}{2} Q \cdot U \text{ ἢ } W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν εἶναι $Q = 2$ Cb καὶ $U = 30$ Volt ἡ ἐνέργεια τοῦ φορτισμένου ἀγωγοῦ εἶναι:

$$W = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ Cb} \cdot 30 \text{ V} = 30 \text{ Joule}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

94. Εἰς ἓν σημεῖον εὐρίσκεται ἡλεκτρικὸν φορτίον $Q = 150$ C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τοῦ φορτίου Q παραγομένου ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm καὶ 10 cm;

95. Εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο ἡλεκτρικά φορτία $+Q$ καὶ $+4Q$. Εἰς ποῖον σημεῖον ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ἴση μὲ μηδέν;

96. Εἰς τὰς κορυφὰς τετραγώνου, ἔχοντος πλευρὰν 4 cm, εὐρίσκονται κατὰ σειρὰν τὰ φορτία +100, +100, -100 καὶ -100 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου ;

97. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἴση μὲ 4,5 Volt. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ μεταφερθῇ ἐκ τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον, διὰ νὰ λάβωμεν ἔργον 90 Joule.

98. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 250 C.G.S. Πόσον φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἀγωγός, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ δυναμικὸν 0,1 Volt ;

99. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 10 μF καὶ δυναμικὸν 4 Volt. Πόσον εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ ;

100. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ σφαιρικός ἀγωγός, ἀκτίνας 5 cm, διὰ νὰ ἔχῃ δυναμικὸν 10 Volt ;

101. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 8 μF καὶ δυναμικὸν 100 Volt. Πόσον εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του καὶ πόση εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀγωγοῦ ;

102. Σφαιρικός ἀγωγός ἔχει ἀκτίνα 10 cm. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἀγωγός, διὰ νὰ ἔχῃ ἐνέργειαν 5 Joule ;

103. Δύο μεταλλικαὶ σφαῖραι Α καὶ Β ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας $R_1 = 5$ cm καὶ $R_2 = 20$ cm. Τὸ δυναμικὸν ἐκάστης σφαίρας εἶναι ἀντιστοίχως $U_1 = 100$ καὶ $U_2 = 60$ C.G.S. Διὰ μίαν στιγμὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰς δύο σφαῖρας καὶ ἔπειτα τὰς ἀπομακρύνομεν. Νὰ εὐρεθῇ : α) τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῆς μὲ τὴν ἄλλην καὶ β) τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνεργειῶν τῶν δύο σφαιρῶν πρὸ τῆς ἐπαφῆς των καὶ μετὰ τὴν ἐπαφὴν των.

ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον.— Εἰς τὰ προηγούμενα φαινόμενα τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία συμπεριφέρονται κατὰ τὸν



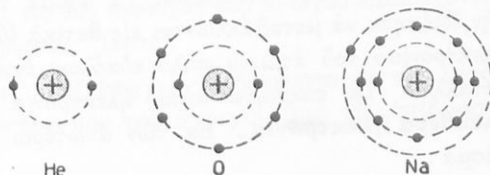
Σχ. 156. Ἀτομον ὕδρογόνου.

ἴδιον τρόπον. Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία ἀναπτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἄρα ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλλήλου συνθήκας. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία εἶναι στενῶτατα συνδεδεμένα μὲ τὰ συστατικὰ τῆς ὕλης. Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου εἶναι τὸ ἀπλούστερον ἐξ ὅλων τῶν ἀτόμων. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα θετικῶς ἡλεκτρισμένον **πυρῆνα** (σχ. 156), ὁ

όποιος καλεῖται **πρωτόνιον**. Πέριξ τοῦ πυρῆνος περιφέρεται μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχιάς ἐν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ἠλεκτρόνιον**. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι ἴση μὲ τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς ὅλης μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Τὸ

ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μὲ τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος. Τὸ φορτίον τοῦτο καλεῖται **στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον (e)** καὶ εἶναι ἴσον μὲ $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Ἐκ τῶν

μετρήσεων εὐρέθη, ὅτι τὸ στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον e ἀποτελεῖ τὴν μικροτέραν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ, διότι οὐδέποτε παρατηρήθη ἠ-



Σχ. 157. Ἄτομα ἡλίου, ὀξυγόνου καὶ νατρίου.

λεκτρικὸν φορτίον μικρότερον τοῦ στοιχειῶδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἅτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἔχουν περισσότερον πολύπλοκον κατασκευὴν, ἀποτελοῦνται ὁμῶς πάντοτε ἀπὸ ἑνα **θετικῶς ἠλεκτρισμένον πυρῆνα** καὶ ἀπὸ ὠρισμένον δι' ἑκάστον εἶδος ἀτόμου ἀριθμὸν **ἠλεκτρονίων**, τὰ ὁποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (σχ. 157). Ὅταν τὸ ἄτομον εἶναι οὐδέτερον, τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοιπὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

I. Τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι πάντοτε ἀκέραια πολλαπλάσια τοῦ στοιχειώδους φορτίου τοῦ ἠλεκτρονίου.

στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb

II. Τὰ θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

II. Τὰ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρονίου, τὸ ὁποῖον εἶναι κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

149. Ἐμφάνισις ἡλεκτρικῶν φορτίων.—Τὰ φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὀφείλονται εἰς τὴν ιδιότητα τῶν ἡλεκτρονίων νὰ ἀποσπῶνται ἀπὸ ἓν ἄτομον καὶ νὰ προστίθενται εἰς ἓν ἄλλον ἄτομον. Ὅταν ὅμως τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον στερηθῇ ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἡλεκτρονίων, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται *θετικῶς ἡλεκτρισμένον*. Ἀντιθέτως, ἂν τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον προσλάβῃ ἡλεκτρόνια, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται *ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον*. Τὰ τοιαῦτα ἡλεκτρισμένα ἄτομα ἢ μόρια καλοῦνται **ἰόντα** (*θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ ἰόντα*). Ἰδιαιτέρως τὰ ἄτομα τῶν *μετάλλων* ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ μεταβάλλωνται εἰς θετικὰ ἰόντα, διότι 1, 2 ἢ 3 ἐκ τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ ἀτόμου πολὺ εὐκόλως ἐγκαταλείπουν τὸ ἄτομον τοῦ μετάλλου. Τὰ εὐκίνητα αὐτὰ ἡλεκτρόνια τῶν μετάλλων καλοῦνται **ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται τὸ ἐξῆς συμπέρασμα :

Ἐν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον, ὅταν ἔχη ἀπωλέσει ἡλεκτρόνια καὶ ἀντιθέτως ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον, ὅταν ἔχη περισσεῖαν ἡλεκτρονίων.

150. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων.—Ὅταν προστρίβωμεν δύο διαφορετικὰ σώματα Α καὶ Β (π.χ. ρητίνην καὶ ὕψασμα), φέρομεν τὰ σώματα αὐτὰ εἰς πολὺ στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο σώματα ἡλεκτρίζονται ἑτερωνύμως. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἡλεκτρόνια μετέβησαν ἀπὸ τὸ ἓν σῶμα εἰς τὸ ἄλλο καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἓν σῶμα ἐμφανίζεται *θετικῶς ἡλεκτρισμένον*, τὸ δὲ ἄλλο σῶμα ἐμφανίζεται *ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον*. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν.

Ὅταν δύο διαφορετικὰ σώματα ἔρχωνται εἰς στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των, τότε ἡλεκτρόνια μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ οὕτως ἐπὶ τῶν δύο σωμάτων ἐμφανίζονται ἴσα ἑτερωνύμα ἡλεκτρικὰ φορτία.

Ἐστω ὅτι ἓν σῶμα Α φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ οὐδέτερον μεμονωμένον ἄγωγόν Β, τότε μέρος τῶν πλεοναζόντων ἐπὶ τοῦ σώματος Α ἡλεκτρονίων μεταβαίνει εἰς τὸν ἄγωγόν Β. Οὕτως ὁ ἄγωγός Β ἀποκτᾷ ἀρνητικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ σῶμα Α εἶναι θετικῶς ἡλεκτρισμένον, τότε μέρος τῶν ἐλευθέρων

ήλεκτρονίων τοῦ ἀγωγοῦ B μεταβαίνει εἰς τὸ σῶμα A καὶ οὕτως ὁ ἀγωγὸς B ἐμφανίζεται θετικῶς ἠλεκτρισμένος. "Ωστε :

"Οταν ἠλεκτρισμένον σῶμα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ μεμονωμένον οὐδέτερον ἀγωγόν, τότε ἡ ἔρχονται ἐπ' αὐτοῦ ἠλεκτρόνια ἢ ἀποσπῶνται ἀπὸ αὐτὸν ἠλεκτρόνια καὶ οὕτως ἐμφανίζονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀρνητικὰ ἢ θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία.

Τέλος, ἐὰν μεμονωμένος οὐδέτερος ἀγωγὸς εὐρεθῇ ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τοῦ ἀγωγοῦ μετακινούνται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εἰς δύο περιοχὰς τοῦ ἀγωγοῦ ἐμφανίζονται ἴσα ἐτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία. "Ωστε :

Ἡ ἠλέκτρισις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων τοῦ ἀγωγοῦ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἀντιθέτως πρὸς τοὺς ἀγωγούς, οἱ μονωταὶ ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ διατηροῦν ἐντοπισμένα τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐπ' αὐτῶν ἠλεκτρικὰ φορτία. Οὕτως, ἐὰν εἰς μίαν περιοχὴν τοῦ μονωτοῦ παρουσιασθῇ ἔλλειψις ἢ περίσσεια ἠλεκτρονίων, τὸ θετικὸν ἢ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον μένει ἐντοπισμένον εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν τοῦ μονωτοῦ. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ μονωτὴς δὲν ἔχει ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

104. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον $-6,4 \text{ Cb}$. Πόσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα φέρει ὁ ἀγωγός;

105. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον $+3,2 \text{ Cb}$. Πόσα ἠλεκτρόνια ἔχασεν ὁ ἀγωγός;

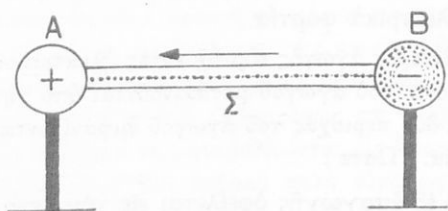
106. Δύο ἐτερόνυμα στοιχειώδη ἠλεκτρικὰ φορτία $+e$ καὶ $-e$ εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 1 mm . Πόση εἶναι ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη ἑλξίς;

107. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt . Ἐν ἠλεκτρονιον μεταβαίνει ἀπὸ τὸν ἓνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον. Πόσον ἔργον εἰς ἔργα καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτὴν τὴν μετακίνησιν τοῦ ἠλεκτρονίου;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΥΜΑ

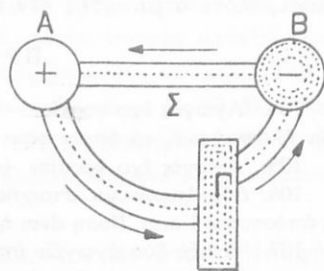
151. Παραγωγὴ ροῆς ἠλεκτρονίων.— Δύο σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ A καὶ B (σχ. 158) φέρουν φορτία $+Q$ καὶ $-Q$. Τὸ δυναμικὸν ἐκάστου ἀγωγοῦ εἶναι ἀντιστοίχως $+U$ καὶ $-U$. Ἐὰν συνδέσωμεν μὲ σύρμα τοὺς δύο ἀγωγούς, τότε τὰ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ B πλεονάζοντα ἠλε-

κτρόνια θὰ ἔλθουν διὰ μέσου τοῦ σύρματος εἰς τὸν ἄγωγὸν Α καὶ οἱ δύο ἄγωγοὶ θὰ γίνουν οὐδέτεροι. Ἡ τοιαύτη ροὴ ἡλεκτρονίων διὰ μέσου τοῦ σύρματος ἀποτελεῖ **ἡλεκτρικὸν ρεῦμα**. Ἡ διάρκεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἦτο ἐλαχίστη. Ἐὰν θέλωμεν νὰ διατηρηθῇ συνεχὴς αὐτὴ ἡ ροὴ τῶν ἡλεκτρονίων, πρέπει συνεχῶς νὰ ἀφαιροῦνται ἀπὸ τὸν



Σχ. 158. Ροὴ ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἄγωγου Β πρὸς τὸν ἄγωγὸν Α.

ἄγωγὸν Α τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἡλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρωνται ἐπὶ τοῦ ἄγωγου Β. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρῇται σταθερὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄγωγῶν Α καὶ Β. Ἡ συνεχὴς ἀφαίρεσις τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἄγωγὸν Α καὶ ἡ ἐπαναφορὰ τῶν ἐπὶ τοῦ ἄγωγου Β ἐπιτυγχάνεται μὲ εἰδικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **γεννήτριαι ρεύματος** ἢ καὶ ἀπλῶς **γεννήτριαι**. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν ὅτι εἶναι ἀντλῖαι ἡλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἄγωγοὶ Α καὶ Β ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας (θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος). Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σύρμα Σ, ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται **πραγματική φορὰ**. Διότι, πρὶν διευκρινισθῇ ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐδέχθησαν κατὰ συνθήκην ὅτι τὸ ρεῦμα βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται **συμβατική φορὰ** καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὴν τεχνικὴν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὰ ἐξῆς συμπεράσματα :



Σχ. 159. Ἡ γεννήτρια (Γ) εἶναι μίᾱ ἀντλία ἡλεκτρονίων.

- I. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ροὴ ἡλεκτρονίων.
- II. Ἡ γεννήτρια δημιουργεῖ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς στα-

θεράν διαφοράν δυναμικοῦ (τάσιν), ἔνεκα τῆς ὁποίας προκαλεῖται συνεχὴς ροὴ ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τῆς.

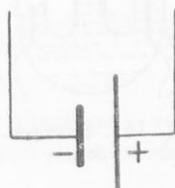
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φοράν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φοράς δὲν ἐμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

152. Εἶδη γεννητριῶν.—Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται συνήθως τὰ ἐξῆς εἶδη γεννητριῶν :

α) Τὰ **ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα**, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται σήμερον μόνον διὰ τὴν λειτουργίαν μικρῶν φορητῶν συσκευῶν (ἡλεκτρικοὶ φανοὶ τσέπης, ραδιόφωνα, ἀκουστικά κ.ἄ.).

β) Οἱ **συσσωρευταί**, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς (αὐτοκίνητα, ραδιόφωνα, ὑποβρύχια, ἐργαστήρια κ.ἄ.)

γ) Αἱ **ἡλεκτρικαὶ μηχαναί**, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸ κυριώτερον εἶδος γεννητριῶν καὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν βιομηχανικὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Συμβολικῶς θὰ παριστῶμεν τὴν γεννήτριαν διὰ δύο ἀνίσων παραλλήλων εὐθειῶν (σχ. 160).



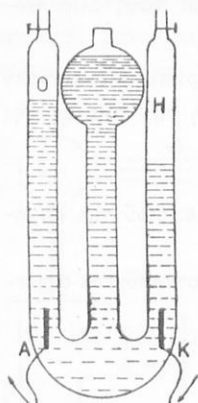
Σχ. 160. Συμβολικὴ παράστασις γεννήτριας.

153. Δράσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.— Ἡ διέλευσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ προδίδεται ἀπὸ διάφορα φαινόμενα.

α) **Θερμικὰ φαινόμενα.** "Όταν μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα πάντοτε θερμαίνεται. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τούτου στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος διὰ πυρακτώσεως καὶ τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας.

β) **Χημικὰ φαινόμενα.** "Όταν τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ διαλυμάτων ὀξέων, βάσεων καὶ ἀλάτων, προκαλεῖται διάσπασις τῶν μορίων τῶν σωμάτων τούτων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἡλεκτρόλυσις**, τὰ δὲ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα καλοῦνται **ἡλεκτρολύται**. Ἡ συσκευή,

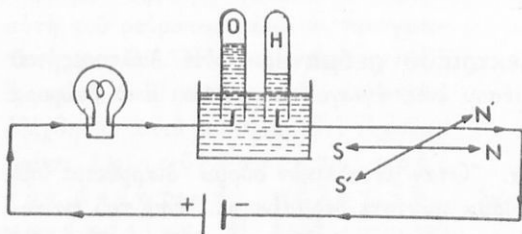
διὰ τῆς ὁποίας γίνεται ἡ ἠλεκτρόλυσις καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὅποια συνδέονται μὲ τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, καλοῦνται ἀντιστοίχως **ἄνοδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν



Σχ. 161. Βολτάμετρον.

ἀραιῶν ὕδατικῶν διαλυμάτων ὀξέων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὕδρογόνον, ἐνῶ κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλυμάτων βάσεων καὶ ἀλάτων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται μέταλλον. Εἰς τὸ σχῆμα 161 φαίνονται τὰ προϊόντα, τὰ ὅποια συλλέγονται κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

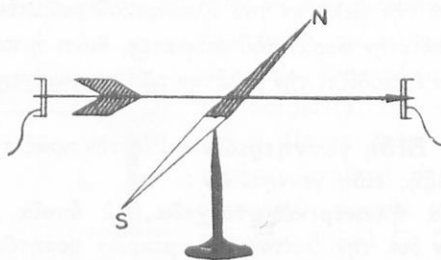
γ) Μαγνητικὰ φαινόμενα. Ἐάνθεν ἡρεμούσης μαγνητικῆς βελόνης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἄγωγόν διαρ-



Σχ. 163. Θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

ράγει περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα.

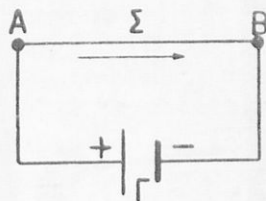


Σχ. 162. Ἐκτροπή τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος

ρέομενον ὑπὸ ρεύματος (σχ. 163). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀμέσως ἀποκλίνει καὶ τείνει νὰ τοποθετηθῇ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα πα-

Εἰς τὸ σχῆμα 163 φαίνονται αἱ διάφοροι δράσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

154. Ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος — Μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας διατηρεῖται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ (§ 151). Τότε τὸ σύρμα, τὸ ὁποῖον συνδέει τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 164). Τοῦτο ἔχει φορὰν σταθεράν ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας (συμβατικὴ φορὰ). Τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ φορὰ διατηρεῖται σταθερά, καλεῖται **συνεχὲς ρεῦμα**. Εἰς χρόνον t δι' ἐκάστης τομῆς τοῦ σύρματος διέρχεται ἡλεκτρικὸν φορτίον Q .



Σχ. 164. Συνεχὲς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ μονάδα χρόνου.

$$\text{έντασις ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{χρόνος}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνεται τὸ **1 Ampère (1 A)**, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

Ρεῦμα ἔχει ἔντασιν ἴσην μὲ 1 Ampère ὅταν διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον ἡλεκτρικὸν φορτίον ἴσον μὲ 1 Coulomb.

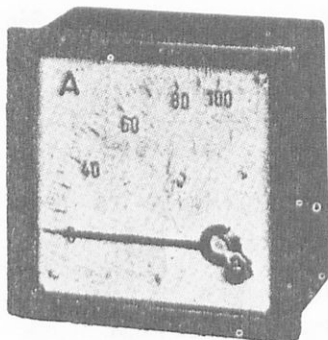
$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος: } 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Cb/sec}$$

Ὅταν λοιπὸν λέγωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A, ἐννοοῦμεν ὅτι ἀπὸ ἐκάστην τομῆν τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον φορτίον 5 Cb. Ἐπομένως εἰς χρόνον $t = 10 \text{ min}$ διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον :

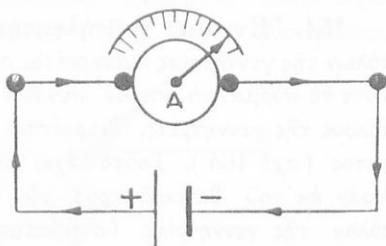
$$Q = I \cdot t = 5 \text{ Cb/sec} \cdot 600 \text{ sec} = 3\,000 \text{ Cb}$$

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα

καλοῦνται **ἄμπερόμετρα** (σχ. 165) καὶ τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάρσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος. Τὸ ἄμπερόμετρον

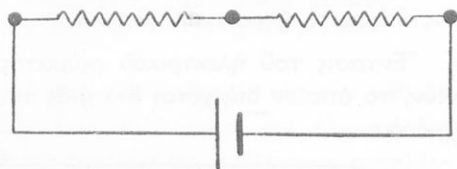


Σχ. 165. Ἀμπερόμετρον.



Σχ. 166. Τὸ ἄμπερόμετρον τίθεται κατὰ σειράν εἰς τὸ κύκλωμα.

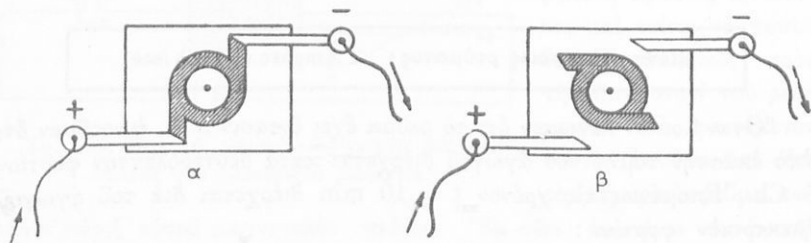
παρεμβάλλεται κατὰ σειράν εἰς τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν (σχ. 166). Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἄμπερομέτρου εὐρίσκομεν ὅτι :



Σχ. 167. Κλειστὸν κύκλωμα.

Καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἄγωγου, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερά.

155. Κύκλωμα.—Ὅταν μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας παρεμβάλλεται συνεχῆς ἄγωγος ἢ σειρά ἄγωγων, λέγομεν ὅτι ἔχομεν



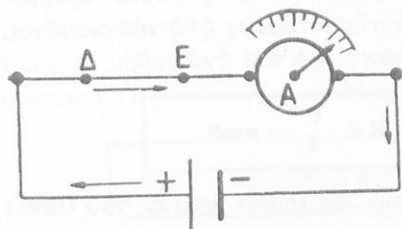
Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστὸν, β ἀνοικτὸν κύκλωμα).

κλειστὸν κύκλωμα (σχ. 167). Ἐὰν ἡ σειρά τῶν ἄγωγων διακόπτε-

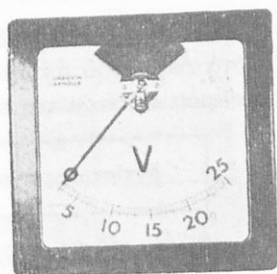
ται εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν ὅτι τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἀνοίγμα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—“Ὅταν οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας συνδέωνται μὲ σύρμα, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως I , τὴν ὁποίαν μετροῦμεν μὲ ἀμπερόμετρον (σχ. 169). Τὸ τμήμα ΔΕ τοῦ σύρματος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ συνεπῶς μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Διὰ τὴν μέ-



Σχ. 169. Μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ.

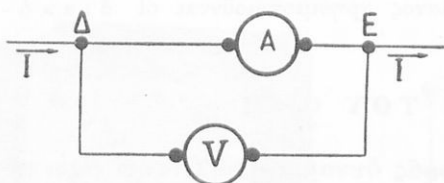


Σχ. 170. Βολτόμετρον

τρησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **βολτόμετρα** (σχ. 170) καὶ τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος (ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα). Τὴν ἀρχήν, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ἀμπερομέτρων καὶ τῶν βολτομέτρων, θὰ ἐξετάσωμεν εἰς ἄλλο κεφάλαιον (§ 191). Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο σημείων Δ καὶ Ε (σχ. 171) παρεμβάλλομεν τὸ βολτόμετρον κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων, ἥτοι νὰ κόψωμεν τὸ κύκλωμα. “Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ τὸ ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα.

157. Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ.—Εἰς τὰ ἄκρα ὁμογενοῦς σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 171). Τότε τὸ



Σχ. 171. Μεταξύ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U .

ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I . Μεταβάλλομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ (π.χ. διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας περισσοτέρων γεννητριῶν). Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ τάσις γίνεται $2U, 3U, 4U, \dots$, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος γίνεται ἀντιστοίχως $2I, 3I, 4I, \dots$. Οὕτω τὸ πηλίκον τῆς τάσεως διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος παραμένει πάντοτε $\sigma\tau\alpha\theta\epsilon\rho\acute{o}\nu$ διὰ τὸ τμήμα τοῦτο τοῦ σύρματος. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι :

Τὸ πηλίκον τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ (U), ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, διὰ τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος, εἶναι σταθερὸν καὶ καλεῖται ἀντίστασις (R) τοῦ ἀγωγοῦ.

$$\text{ἀντίστασις ἀγωγοῦ: } R = \frac{U}{I} = \text{σταθ.}$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις ἐκφράζει τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Ohm** :

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ.

$$\text{νόμος τοῦ Ohm: } I = \frac{U}{R}$$

158. Μονὰς ἀντιστάσεως.—Εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς μονὰς ἀντιστάσεως χρησιμοποιεῖται τὸ **1 Ohm (1 Ω)**, ἡ ὁποία ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

Ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν ἴσην μὲ 1 Ohm, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ὑπάρχῃ διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 1 Ampère.

$$\text{μονὰς ἀντιστάσεως: } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad \eta \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται εις τὰς ἐφαρμογὰς καὶ τὰ κατωτέρω πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm :

$$1 \text{ megohm} \quad (1 \text{ M}\Omega) \quad = 10^6 \text{ Ohm}$$

$$1 \text{ microhm} \quad (1 \text{ }\mu\Omega) \quad = \frac{1}{10^6} \text{ Ohm}$$

Παράδειγμα. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ $U = 220 \text{ Volt}$, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $I = 2 \text{ Ampère}$. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 110 \Omega$$

159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ. — Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Οὕτως εὐρέθη ὅτι :

Ἡ ἀντίστασις (R) ἐνὸς ὁμογενοῦς ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος (l) τοῦ ἀγωγοῦ, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν (σ) τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ.

$$\text{ἀντίστασις ἀγωγοῦ: } R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma}$$

Ὁ συντελεστὴς ρ καλεῖται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν λάβωμεν $l = 1 \text{ cm}$ καὶ $\sigma = 1 \text{ cm}^2$, τότε ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν εὐρίσκομεν $R = \rho$. Δηλαδή :

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις (ρ) τοῦ ἀγωγοῦ φανερώνει τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἀγωγὸς εἰς σχῆμα κύβου πλευρᾶς 1 cm .

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τῶν σωμάτων μετρεῖται συνήθως εἰς Ohm ἢ microhm, ὅταν τὸ μῆκος (l) μετρῆται εἰς cm καὶ ἡ διατομὴ (σ) εἰς cm^2 . Τότε ἀπὸ τὸν τύπον (1) εὐρίσκομεν $\rho = \frac{R \cdot \sigma}{l}$ καὶ ἐπομένως

ὡς μονὰς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως λαμβάνεται τό :

$$\frac{1 \Omega \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \Omega \cdot \text{cm} \quad \text{ἢ} \quad \frac{1 \mu\Omega \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Ειδική αντίστασις μερικῶν μετάλλων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
Ἀργυρος	1,62	Σίδηρος	9,80
Χαλκός	1,72	Λευκόχρυσος	10,50
Ἀργίλλιον	2,82	Ὑδράργυρος	95,78
Βολφράμιον	5,50		

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Σύρμα χάλκινον ἔχει μήκος 1 km καὶ διατομὴν 1 mm². Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι $\rho = 1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος τούτου εἶναι :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = \frac{1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm} \cdot 10^5 \text{ cm}^2}{0,01 \text{ cm}^2} = 17 \cdot 10^6 \mu\Omega$$

ἦτοι :

$$R = 17 \Omega$$

160. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—

Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἐὰν εἰς θερμοκρασίαν 0°C ὁ ἀγωγὸς ἔχῃ ἀντίστασιν R_0 , τότε εἰς $\theta^\circ \text{C}$ ὁ ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν :

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

ὅπου α εἶναι συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ (θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως). Διὰ τὰ μέταλλα εἶναι περίπου $\alpha = 0,004$. Ἡ ἀντίστασις τῶν μετάλλων ἐλαττώνεται, ὅταν ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία. Ὅταν δὲ ἡ θερμοκρασία γίνῃ -269°C ἡ ἀντίστασις τῶν μετάλλων εἶναι ἀσήμαντος καὶ οὕτω τὰ μέταλλα γίνονται τότε ὑπεράγωγοί.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Τὸ σύρμα ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἔχει εἰς 0°C ἀντίστασιν 50 Ω . Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ λαμπτήρος ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος γίνεται 2000°C . Τότε ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = 50 \Omega \cdot (1 + 8) = 450 \Omega$$

161. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως.—

Ἡ αὐξησης τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς σύρματος μετὰ τῆς θερμοκρασίας εἶναι ὠφέλιμος εἰς μερικὰς περιπτώσεις (π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας, τῶν θερμικῶν ἀμπερομέτρων κ.ἄ.). Εἰς τὰ ὄργανα ὅμως ἀκριβεῖας ἡ ἀντίστασις αὐτῶν πρέπει νὰ μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὴν ιδιότητα αὐτὴν ἔχουν ὠρισμένα

κράματα, ὅπως τὸ κονσταντάν (Cu, Ni), ἡ μαγγάνη (Cu, Mn, Ni), ἡ νικελίνη (Cu, Zn, Ni, Fe) καὶ ὁ νεάργυρος (Cu, Zn, Ni). Τὰ κράματα αὐτὰ ἔχουν ἀσήμενον θερμικὸν συντελεστὴν ἀντιστάσεως.

162. Κύτταρον σεληνίου.—Τὸ μέταλλον σεληνίον ἔχει τὴν ἐνδιαφέρουσαν ιδιότητα νὰ ἐλαττώνεται ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ, ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμὸς του. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ **κυττάρου σεληνίου**.

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυττάρου σεληνίου ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 20 Volt. Εἰς τὸ σκότος ἡ ἀντίστασις τοῦ κυττάρου εἶναι περίπου 10^5 ἕως 10^6 Ohm. Ὄταν ὅμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἐλαττώνεται σημαντικῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. Ὅσον δὲ ἰσχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμὸς τοῦ κυττάρου τόσον καὶ τὸ ρεῦμα γίνεται ἰσχυρότερον. Τὸ κύτταρον σεληνίου, χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν πολλῶν διατάξεων.

163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—Αἱ ἀντιστάσεις εἶναι δυνατόν νὰ συνδυασθοῦν μεταξὺ των κατὰ τοὺς ἀκολουθοῦντας δύο τρόπους:

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

Ὅταν τρεῖς ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 172), τότε καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντιστάσεων διέρχεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm θὰ ἰσχύουν τότε αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις:

Σχ. 172. Σύνδεσις ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν.

$$U_A - U_B = I \cdot R_1 \quad U_B - U_\Gamma = I \cdot R_2 \quad U_\Gamma - U_\Delta = I \cdot R_3$$

Ἐὰν προσθέσωμεν κατὰ μέλη τὰς τρεῖς ἐξισώσεις, εὐρίσκομεν:

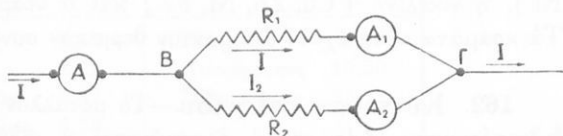
$$U_A - U_\Delta = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

Ἀπὸ τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν συνάγεται ὅτι:

Εἰς τὴν σύνδεσιν ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν ἡ ὅλική ἀντίστασις τοῦ συστήματος ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων.

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

β) Παράλληλος σύνδεσις. Μεταξὺ δύο σημείων Β καὶ Γ ἑνὸς κυκλώματος παρεμβάλλονται αἱ δύο ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 (σχ. 173). Τότε τὸ ρεῦμα ἐντάσεως I χωρίζεται εἰς δύο ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀντιστοίχους ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 . Μὲ τὴν βοήθειαν ἀμπερομέτρων εὐρίσκουμεν ὅτι :



Σχ. 173. Παράλληλος σύνδεσις ἀντιστάσεων.

Ἡ ἔντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα διαρρέουν τὰς παραλλήλως συνδεδεμένους ἀντιστάσεις.

$$I = I_1 + I_2$$

(1)

Μεταξὺ τῶν δύο σημείων Β καὶ Γ τοῦ κυκλώματος ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (U) εἶναι ἡ αὐτή, ὅσαιδήποτε ἀντιστάσεις καὶ ἂν παρεμβάλλωνται παραλλήλως μεταξὺ τῶν σημείων τούτων (σχ. 173). Τότε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, θὰ ἔχωμεν δι' ἕκαστον κλάδον τὴν σχέσιν :

$$U = I_1 \cdot R_1 \quad U = I_2 \cdot R_2 \quad U = I_3 \cdot R_3 \quad (2)$$

$$\text{ἤτοι} \quad U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3$$

Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (2) εὐρίσκουμεν :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Προσθέτοντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

$$I_1 + I_2 + I_3 = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ἀλλὰ $I_1 + I_2 + I_3$ εἶναι ἡ ἔντασις I τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἀρα εἶναι :

$$I = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (3)$$

Ἡ ἀντίστασις $R_{ολ}$, ἥ ὁποία δύναται νὰ ἀντικαταστήσῃ τὰς τρεῖς παραλλήλως συνδεδεμένας ἀντιστάσεις, χωρὶς ὅμως νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος, θὰ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$I = \frac{U}{R_{ολ}} \quad (4)$$

Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ $R_{ολ}$ καλεῖται ὀλική ἀντίστασις. Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (3) καὶ (4) εὐρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν ἀντιστάσεων τὸ ἀντίστροφον τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστροφῶν τῶν παραλλήλως συνδεδεμένων ἀντιστάσεων.

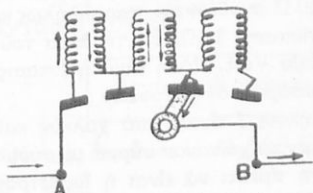
Π α ρ á δ ε ι γ μ α. Ἐχομεν τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$. Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις εἶναι :

$$R_{ολ} = 2 + 3 + 4 = 9 \Omega$$

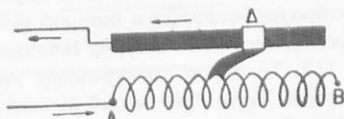
Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις θὰ εἶναι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{13}{12} \quad \text{ἄρα} \quad R_{ολ} = \frac{12}{13} \Omega$$

164. Ροοστάται.—Εἰς πολλὰς περιπτώσεις εἶναι ἀνάγκη νὰ μεταβάλλωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν μεταβάλλοντες τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 174. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις.



Σχ. 175. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις.

Αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις καλοῦνται γενικῶς **ροοστάται** καὶ παρεμβάλλονται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα. Τὰ σχήματα 174 καὶ 175 δεικνύουν δύο συνήθεις τύπους ρυθμιστικῶν ἀντιστάσεων.

165. Μέτρησις ἀντιστάσεως.— Ἡ μέτρησις τῆς ἀντιστάσεως R ἐνὸς ἀγωγοῦ ΔE (σχ. 171) εἶναι εὐκόλος. Δι' ἐνὸς ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν τὴν ἔντασιν I τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δι' ἐνὸς βολτομέτρου εὐρίσκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Ohm εὐρίσκομεν τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ : $R = \frac{U}{I}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

108. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἔχοντος ἀντίστασιν $2,5 \text{ Ohm}$ ἐφαρμόζεται διαφορά δυναμικοῦ 75 Volt . Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον διέρχεται διὰ τοῦ σύρματος ἐντὸς 20 λεπτῶν ;

109. Σύρμα χάλκινον ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ διάμετρον 1 mm . Πόσον μῆκος σύρματος ἔχει ἀντίστασιν $4,8 \text{ Ohm}$;

110. Σύρμα, διαμέτρου 1 mm , ἔχει ἀντίστασιν $0,4 \text{ Ohm}$ κατὰ μέτρον. Σύρμα ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ διαμέτρου $0,4 \text{ mm}$ θέλομεν νὰ ἔχῃ ἀντίστασιν $12,5 \text{ Ohm}$. Πόσον μῆκος ἐκ τοῦ δευτέρου σύρματος πρέπει νὰ λάβωμεν ;

111. Μία τηλεγραφικὴ γραμμὴ ἔχει μῆκος 320 km . Τὸ σύρμα ἔχει διάμετρον 4 mm καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Πόση διαφορά δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς, ὥστε αὕτη νὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως $0,2 \text{ Ampère}$.

112. Τρεῖς ἀντιστάσεις 5Ω , 10Ω , 45Ω συνδέονται κατὰ σειρὰν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορά δυναμικοῦ 90 Volt . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ σύστημα ;

113. Δύο σύρματα, ὅταν συνδέωνται κατὰ σειρὰν, ἔχουν ἀντίστασιν 30Ω καὶ ὅταν συνδέωνται παραλλήλως ἔχουν ἀντίστασιν 3Ω . Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἐκάστου σύρματος ;

114. Τρεῖς ἀντιστάσεις 20Ω , 30Ω καὶ 40Ω συνδέονται παραλλήλως καὶ τὸ σύστημα τοῦτο συνδέεται κατὰ σειρὰν μετ' ἀντίστασιν 10Ω . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὅλου συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορά δυναμικοῦ 200 Volt . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἐκάστην τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων ;

115. Τὸ σύρμα τηλεγραφικῆς γραμμῆς μήκους l εἶναι ἀπὸ χαλκὸν καὶ ἔχει διάμετρον 3 mm . Θέλομεν νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χάλκινον σύρμα μετ' ἀργυρίου ἔχοντος τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος τούτου καὶ ποῖος εἶναι ὁ λόγος τοῦ βάρους τῆς νέας γραμμῆς πρὸς τὸ βᾶρος τῆς παλαιᾶς ;

Εἰδικαὶ ἀντιστάσεις : χαλκοῦ $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, ἀργυρίου $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Εἰδικὰ βάρη : χαλκοῦ $9 \text{ gr}^*/\text{cm}^3$, ἀργυρίου $2,7 \text{ gr}^*/\text{cm}^3$.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. **Ενέργεια και ισχύς τοῦ ρεύματος.**—Μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων Α καὶ Γ ἐνὸς σύρματος ὑπάρχει σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 176). Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I καὶ διαρρέει τὸ σύρμα ἐπὶ t δευτερόλεπτα. Τότε διὰ τοῦ σύρματος μεταφέρεται ἐκ τοῦ Α εἰς τὸ Γ ἡλεκτρικὸν φορτίον $Q = I \cdot t$. Κατ' αὐτὴν τὴν μεταφορὰν γνωρίζομεν (§ 143) ὅτι παράγεται ἔργον :

$$W = U \cdot Q \quad \text{ἢτοι} \quad W = U \cdot I \cdot t$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μετατρέπεται ὁλόκληρον εἰς θερμότητα καὶ διὰ τοῦτο τὸ σύρμα θερμαίνεται (§ 153). Ὡστε :

Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μετρομένη εἰς Joule εἶναι :

ἐνέργεια τοῦ ρεύματος : $R = U \cdot I \cdot t \text{ Joule}$

(1)

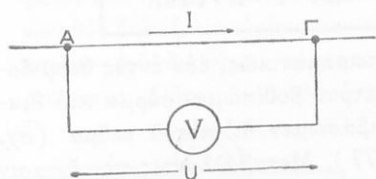
Οὕτως, ἂν εἶναι $U = 220 \text{ Volt}$, $I = 2 \text{ Ampère}$ καὶ $t = 10 \text{ sec}$, ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον

διῆλθεν διὰ τοῦ σύρματος εἶναι :

$$W = 220 \cdot 2 \cdot 10 = 4400 \text{ Joule.}$$

Διὰ νὰ εὗρωμεν τὴν ἰσχὺν τοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ νὰ διαιρέσωμεν τὸ ὑπὸ τοῦ ρεύματος παραγόμενον ἔργον $U \cdot I \cdot t$ διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου t . Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Σχ. 176. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει ἔργον.



Ἡ ἰσχύς (P) τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τάσιν καὶ τὴν ἔντασιν αὐτοῦ.

ἰσχύς τοῦ ρεύματος : $P = U \cdot I \text{ Watt}$

(2)

Οὕτως, ἂν εἶναι $U = 220 \text{ Volt}$ καὶ $I = 2 \text{ Ampère}$, ἡ ἰσχύς τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$P = 220 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 440 \text{ Watt}$$

167. **Νόμος τοῦ Joule.**— Ρεῦμα ἐντάσεως I διαρρέει ἐπὶ χρόνον t ἐν σύρμα, τὸ ὅποιον ἔχει ἀντίστασιν R . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος

υπάρχει διαφορά δυναμικοῦ U . Τότε ἔχομεν $U = I \cdot R$. Τὸ ἔργον τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \eta \quad W = I^2 \cdot R \cdot t \text{ Joule}$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μεταβάλλεται ὁλόκληρον εἰς θερμότητα, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν θέρμανσιν τοῦ σύρματος. Ἐπειδὴ 1 θερμὴ ἰσοδυναμεῖ μὲ 4,19 Joule, εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος (Q_θ), ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ σύρματος, εἶναι :

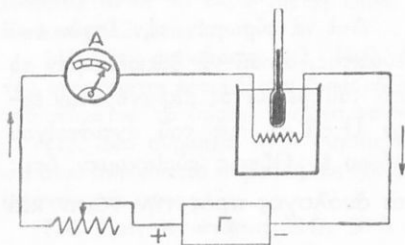
$$Q_\theta = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν **νόμον τοῦ Joule** :

Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐπὶ ἑνὸς σύρματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

νόμος τοῦ Joule : $Q_\theta = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal}$

Ὁ νόμος τοῦ Joule ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν ἐντὸς θερμιδομέτρου βυθίσωμεν σύρμα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ρεῦμα (σχ. 177). Μεταβάλλοντες τὴν ἔντασιν I τοῦ ρεύματος ἢ τὴν ἀντίστασιν R τοῦ σύρματος ἢ τὸν χρόνον t τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος ἐπαληθεύομεν εὐκόλως τὸν νόμον τοῦ Joule.



Σχ. 177. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Joule.

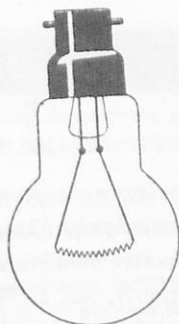
Ἐπὶ ρεύματος ἐντάσεως 10 A. Ἡ ἀναπτυσσομένη ἐπὶ τοῦ σύρματος ποσότης θερμότητος εἶναι :

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Σύρμα ἔχει ἀντίστασιν 5 Ω καὶ ἐπὶ 10 min διαρρέ-

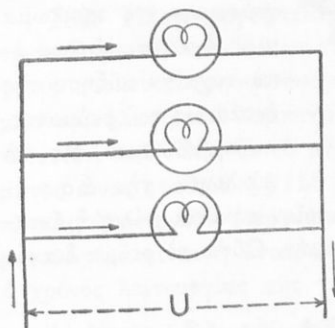
$$Q_\theta = 0,24 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 600 = 72\,000 \text{ cal}$$

168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος.— Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκμεταλλευόμεθα σήμερον εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς.

α) Οί ηλεκτρικοί λαμπτήρες διά πυρακτώσεως αποτελούνται από ύαλινον δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου περιέχεται ἀδρανὲς ἀέριον (ἀργὸν ἢ ἥλιον) καὶ μακρὸν καὶ λεπτὸν σύρμα ἀπὸ πολὺ δύστηκτον μέταλλον (βολφράμιον, ὅσμιον, ταντάλιον). Τὸ διαπορούμενον μέταλλον φῶτοβολεῖ (σχ. 178). Ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος ἀνέρχεται εἰς 2100° ἕως 2300° C. Εἰς τοὺς συγχρόνους λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς ἀνέρχεται εἰς 0,5 ἕως 0,9 Watt κατὰ κηρίον. "Οἱ οἱ λαμπτήρες μιᾶς ἐγκαταστάσεως πρέπει νὰ λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Διὰ τοῦτο οἱ λαμπτήρες τῆς ἐγκαταστάσεως συνδέονται παραλλήλως (σχ. 179). "Εκαστος λαμπτήρ λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπὸ μίαν ὠρισμένην τάσιν, ἡ ὁποία σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος ἀναγράφεται καὶ ἡ ἰσχύς καταναλώσεως τοῦ λαμπτήρος. Ἐκ τῶν ἀναγεγραμμένων δύο ἐνδείξεων εὐρίσκομεν τὴν κατανάλωσιν τοῦ λαμπτήρος, τὴν ἀντίστασιν τοῦ διαπύρου σύρματός του καὶ τὴν ἐντάσιν τοῦ διερχομένου ρεύματος. Οὕτω λαμπτήρ ἰσχύος 50 Watt καὶ λειτουργῶν ὑπὸ τάσιν 110 Volt διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος :



Σχ. 178. Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως.



Σχ. 179. Σύνδεσις τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων.

$$\text{ἐντάσεως : } I = \frac{P}{U} = \frac{50 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0,45 \text{ A}$$

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110 \text{ V}}{0,45 \text{ A}} = 222 \text{ Ohm}$$

Καθ' ὥραν ὁ λαμπτήρ καταναλίσκει ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἴσην μέ :

$$W = 50 \text{ Wh ἢ } W = 0,05 \text{ kWh.}$$

β) Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον σχηματίζεται μεταξὺ δύο ραβδίων ἀνθρακος, εἰς τὰ ἄκρα τῶν ὁποίων ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 40 ἕως 60 Volt. Φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰ ἄκρα τῶν δύο ραβδίων. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον τὰ ἄκρα τῶν ραβδίων, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἀέρος καὶ με-

ταξὺ τῶν δύο ραβδίων σχηματίζεται ἰσχυρὸν φωτεινὸν τόξον (σχ. 180). Τὰ δύο ραβδία τοῦ ἄνθρακος φθείρονται, ἀλλὰ ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου σχηματίζεται κρα-

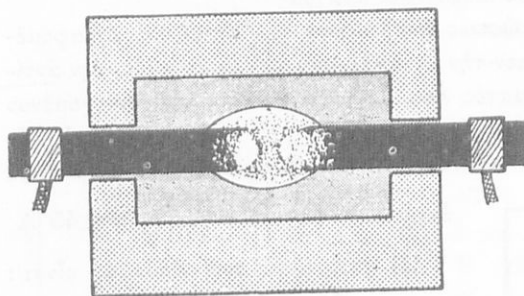


Σχ. 180. Ἡλεκτρικὸν τόξον.

τηρ. Εἰς τὸν κρατῆρα ἡ θερμοκρασία εἶναι 3500°C . Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον ἀποτελεῖ ἰσχυροτάτην φωτεινὴν πηγὴν καὶ χρησιμο-

ποιεῖται πρὸς φωτισμὸν (εἰς τοὺς προβολεῖς κ.ἄ.). Ἐπίσης χρησιμοποιοῖται εἰς τὴν **ἡλεκτρικὴν κάμινον** (σχ. 181) διὰ τὴν τήξιν διαφόρων δυστήκτων σωμάτων, διὰ τὴν παρασκευὴν ἐνώσεων (π.χ. τοῦ ἄνθρακα-σβεστίου), καὶ εἰς τὴν ἡλεκτρομεταλλουργίαν (παρασκευὴ ἀργιλίου).

γ) Αἱ **συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος** χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς. Οὕτως ἔχομεν θερμικὰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως (ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἡλεκτρικαὶ κουζίνας, ἡλεκτρικὰ σίδερα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἀπὸ τυχαίαν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀσφάλειαν.



Σχ. 181. Ἡλεκτρικὴ κάμινος.

Αὕτη εἶναι εὐτήκτον σύρμα, τὸ ὅποιον τήκεται μόλις ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ μίαν ὀρισμένην τιμὴν. Οὕτω τὸ ρεῦμα διακόπτεται αὐτομάτως.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

116. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἀντιστάσεως $8\ \Omega$ ἐφαρμόζεται τάσις $56\ \text{Volt}$. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τοῦ ρεύματος καὶ πόσον εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντὸς 30 λεπτῶν;

117. Λαμπτήρ ἰσχύος $60\ \text{Watt}$ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν $110\ \text{Volt}$. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος;

118. Αἰθουσα φωτίζεται ἀπὸ 6 λαμπτήρας, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχύος

60 Watt. Πόσον κοστίζει ο φωτισμός της αίθουσας επί 4,5 ώρας, αν το κιλοβατώραριον τιμάται 1,2 δραχμάς;

119. Τρεις αντίστας 2 Ω, 3 Ω και 5 Ω συνδέονται κατά σειράν. Είς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται τάσις 120 Volt. Πόση ποσότης θερμότητος ἀναπτύσσεται κατὰ λεπτόν ἐπὶ ἐκάστης ἀντιστάσεως;

120. Ἡλεκτρικὴ κουζίνα ἔχει ἰσχύν 500 Watt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 4 A. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς κουζίνας καὶ ὑπὸ ποίαν τάσιν λειτουργεῖ;

121. Μία ἡλεκτρικὴ κουζίνα, ἰσχύος 500 Watt, θερμαίνει 500 gr ὕδατος ἀπὸ 20° εἰς 100° C ἐντὸς 10 λεπτῶν. Πόσον μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος χρησιμοποιοῦμεν καὶ πόσον κοστίζει ἡ θέρμανσις τοῦ ὕδατος, ἂν τὸ κιλοβατώραριον τιμᾶται 1,50 δρχ.;

122. Διὰ νὰ θερμάνωμεν ἐντὸς 5 λεπτῶν ἐν λίτρον ὕδατος ἀπὸ 10° εἰς 100° C, βυθίζομεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἐν σύρμα, διὰ τοῦ ὁποίου διαβιβάζομεν ρεῖμα ὑπὸ τάσιν 125 Volt. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος τούτου;

123. Μία αἰθουσα φωτίζεται ἀπὸ 3 λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχύν 40 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 Volt. Ἡ αἰθουσα θερμαίνεται ἀπὸ μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία ἔχει ἰσχύν 600 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν. Τὰ χρησιμοποιούμενα σύρματα διὰ τὰς συνδέσεις ἔχουν ἀσήμαντον ἀντίστασιν. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἑκάστου λαμπτήρος καὶ τῆς θερμάστρας; Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕκαστον τῶν ἀνωτέρω ὀργάνων;

ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Ὡς θεωρήσωμεν μίαν γεννήτριαν Γ, μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὁποίας παρεμβάλλονται κατὰ σειράν διάφοροι συσκευαὶ χρησιμοποήσεως τοῦ ρεύματος (π.χ. ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, ἡλεκτρικοὶ λαμπτήρες, βολτάμετρον κ.ἄ.). Τὸ κυκλῶμα εἶναι κλειστόν, καθ' ὅλον δὲ τὸ μῆκος τοῦ κυκλώματος ἡ ἔντασις I τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερὰ (§ 156). Ἡ γεννήτρια παρέχει τότε εἰς τὸ κύκλωμα ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ χρόνος λειτουργίας τῆς γεννητρίας. Γενικῶς:

Ἡ ἰσχύς (P), τὴν ὁποίαν παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα μία γεννήτρια, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

$$\text{ἰσχύς γεννητρίας: } P = E \cdot I$$

ὅπου E εἶναι συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῆς γεν-

νητρίας και καλεῖται **ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τῆς γεννητρίας (ΗΕΔ). Ἐπειδὴ ἡ ἔντασις I μετρεῖται εἰς Ampère καὶ ἡ ἰσχύς P μετρεῖται εἰς Watt, ἐπεταί ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις E μετρεῖται εἰς Volt (ὅπως εἰς τὸν τύπον $P = U \cdot I$ τῆς § 166). Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κλειστὸν κύκλωμα, εἶναι ἴση μὲ 1 Ampère ($I=1 A$), τότε ἔχομεν $P = E$. Ὡστε :

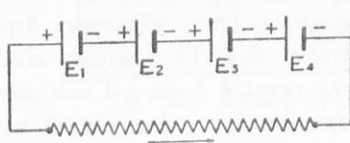
Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητρίας, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχύν, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια, ὅταν αὕτη δίδῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἃς θεωρήσωμεν δύο γεννητρίας A καὶ B , αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἀντιστοίχως ἡλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν $E_1 = 500$ Volt καὶ $E_2 = 100$ Volt. Ὅταν αἱ δύο αὐταὶ γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I , τότε ἡ μὲν γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ἰσχύν $P_1 = E_1 \cdot I$, ἡ δὲ γεννήτρια B παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της ἰσχύν $P_2 = E_2 \cdot I$.

$$\text{Ἐπομένως ἔχομεν : } \frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{500}{100} = 5$$

ἦτοι ἡ γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της 5 φορές μεγαλυτέραν ἰσχύν ἀπὸ ὅσην παρέχει ἡ γεννήτρια B εἰς τὸ ἰδικόν της κύκλωμα.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι μέγεθος **χαρακτηριστικὸν** ἑκάστης γεννητρίας καὶ φανερώνει πό-



Σχ. 182. Σύνδεσις γεννητριῶν κατὰ σειράν.

σην ἰσχύν εἰς Watt δίδει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά της δι' ἕκαστον Ampère τοῦ παρεχομένου ρεύματος. Ἐὰν συνδεθοῦν πολλαὶ γεννήτριαι **κατὰ σειράν**, δηλαδὴ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευ-

τέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννητριῶν (σχ. 182). Ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστὸν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἐκαστὴ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύν:

$$P_1 = E_1 \cdot I, \quad P_2 = E_2 \cdot I, \quad P_3 = E_3 \cdot I, \quad P_4 = E_4 \cdot I.$$

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \cdot I$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις φανερώνει ὅτι :

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) μιᾶς συστοιχίας γεννητριῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται κατὰ σειράν, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν γεννητριῶν τῆς συστοιχίας.

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα.— Ἀς θεωρήσωμεν κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει γεννήτριαν Γ καὶ ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν R (σχ. 183).

Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχὺν $P = E \cdot I$, ἡ ὁποία ἐξ ὁλοκλήρου μεταβάλλεται ἐπὶ τοῦ κυκλώματος εἰς θερμότητα. Ἐκάστη γεννήτρια διαρρέεται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος καὶ παρουσιάζει μίαν ἀντίστασιν r , ἡ ὁποία καλεῖται **ἐσωτερικὴ ἀντί-**

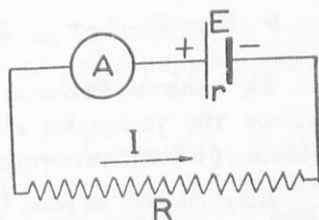
στασις τῆς γεννητρίας. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Joule ἡ ἀναπτυσσομένη κατὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος εἶναι $I^2 \cdot R$ ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως καὶ $I^2 \cdot r$ ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τῆς γεννητρίας. Ἡ ποσότης αὕτῃ τῆς θερμότητος προέρχεται ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν $E \cdot I$, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα. Ὡστε εἶναι :

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r \quad \eta \quad E = I \cdot (R + r) \quad (1)$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ ἐξωτερικὰς ἀντιστάσεις, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν ($R_{ολ}$) τοῦ κυκλώματος.

$$\text{νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα: } E = I \cdot R_{ολ}$$

Ὁ ἀνωτέρω νόμος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν εἰσάγωμεν διαδοχικῶς εἰς τὸ κύκλωμα διαφόρους γνωστὰς ἀντιστάσεις (σχ. 183).



Σχ. 183. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 183 εἶναι $E = 10$ Volt $r = 2$ Ohm καὶ θέλομεν νὰ ἔχωμεν ρεύμα ἐντάσεως $I = 2$ Ampère. Ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχη ὠρισμένην τιμὴν, τὴν ὁποίαν ὑπολογίζομεν ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$E = I \cdot (R + r) \quad \text{ἤτοι} \quad 10 = 2 \cdot (R + 2) \quad \text{καὶ} \quad R = 3 \text{ Ohm}$$

171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως R , δηλαδὴ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία εἶναι $U = I \cdot R$. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν $E = I \cdot (R + r)$ εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$I \cdot R = E - I \cdot r \quad \text{ἄρα}$$

$$U = E - I \cdot r$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (U) μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας εἶναι μικρότερα ἀπὸ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν (E) τῆς γεννητρίας.

Εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι $U = E$, ἐὰν εἶναι $I = 0$, δηλαδὴ ἐὰν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀ ν ο ι κ τ ό ν. Ἐκ τούτων συνάγεται ὁ ἀκόλουθος ὁρισμὸς τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως :

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ἐκφράζει τὴν μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὑπάρχουσας διαφορὰν δυναμικοῦ, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν.

172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—Εἰς τὸν λαμπτήρα πυρακτώσεως, τὴν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἢ δαπανωμένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία τοιαύτη συσκευή λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ ν ε κ ρ ά ν ἀ ν τ ί σ τ α σ ι ν. Εἰς τὸ βολτάμετρον ἢ τὸν ἀνεμιστήρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἄλλο δὲ μέρος αὐτῆς μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συσκευή καλεῖται γενικῶς **ἀποδέκτης**. Ὁ ἀνεμιστήρ καὶ γενικῶς ὁ ἠλεκτρικὸς κινήτηρ εἶναι τόσοι καλύτεροι, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δαπανωμένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Εἰς ἓνα ἀποδέκτην ἡ ἰσχὺς (P) τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία μετατρέπεται εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ἐκτὸς τῆς θερμότη-

τητος, είναι ανάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἀποδέκτου.

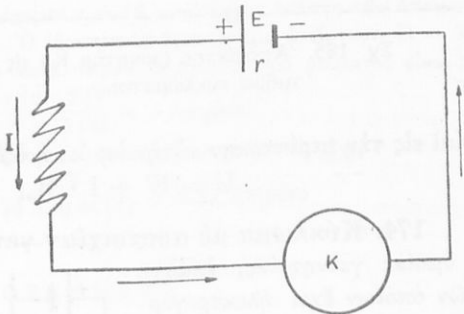
$$\text{ἰσχύς ἀποδέκτου: } P = E' \cdot I$$

ὅπου E' εἶναι συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀποδέκτου καὶ καλεῖται **ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ ἀποδέκτου. Ἡ ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου μετρεῖται εἰς Volt, ὅπως καὶ ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας (§ 170). Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἴση μὲ 1 Ampère ($I = 1 \text{ A}$), τότε ἔχομεν $P = E'$.

Ἡ ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀποδέκτου, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχὺν τοῦ ἀποδέκτου, ὅταν δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεῖμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Οὕτως, ἂν ὁ ἠλεκτρικὸς κινητὴρ ἔχῃ ἀντὴλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E' = 200 \text{ Volt}$, αὕτη φανερώνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινητῆρος διέλθῃ ρεῖμα ἐντάσεως 1 A, τότε ὁ κινητὴρ παρέχει μηχανικὴν ἐνέργειαν ; ἡ ὁποία ἔχει ἰσχὺν 200 Watt.

173. Κύκλωμα μὲ γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ὑπάρχουν συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν γεννήτρια, ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἀποδέκτης π.χ. κινητὴρ K (σχ. 184). Ἡ γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r, ὁ δὲ κινητὴρ ἔχει ἀντὴλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' . Ἡ ὅλική ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι $R + r + r'$. Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι I, τότε ἡ μὲν γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύν: $P = E \cdot I$, ὁ δὲ κινητὴρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχύν: $P' = E' \cdot I$. Συγχρόνως ἐφ' ὅλων τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ποσότης θερμότητος $(R + r + r') \cdot I^2$.



Σχ. 184. Κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ κινητῆρα (K).

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :

$$E \cdot I = E' \cdot I + (R + r + r') I^2 \quad \text{ἢ} \quad E = E' + (R + r + r') \cdot I$$

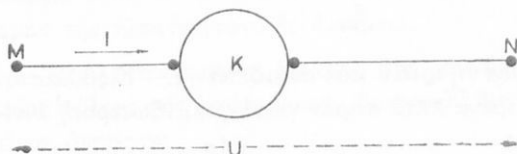
Εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἢ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως (E') τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν ($R_{ολ}$) τοῦ κυκλώματος.

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α . Ἡ γεννήτρια ἔχει $E = 220$ Volt καὶ $r = 1$ Ohm, ὁ δὲ ἀποδέκτης ἔχει $E' = 60$ Volt καὶ $r' = 2$ Ohm. Ἐὰν αἱ λοιπαὶ ἐξωτερικαὶ ἀντιστάσεις τοῦ κυκλώματος εἶναι $R = 7$ Ohm, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E - E'}{R_{ολ}} = \frac{(220 - 60) \text{ V}}{(7 + 1 + 2) \Omega} = \frac{160 \text{ V}}{10 \Omega} = 16 \text{ Ampère}$$

173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώματος.—Μεταξὺ τῶν σημείων M καὶ N ἐνὸς κυκλώματος παρεμβάλλεται ἀποδέκτης (π.χ. κινητήρ), ἔχων ἀντηλε-



Σχ. 185. Ἀποδέκτης (κινητήρ K) εἰς τμήμα κυκλώματος.

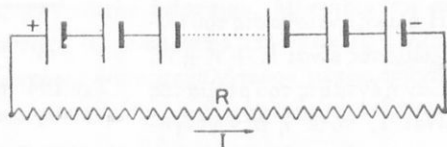
κτρεγερτικὴν δυνάμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' (σχ. 185).

Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I , ἡ δὲ διαφορά δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν σημείων M καὶ N εἶναι U .

Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἰσχύει ἡ ἐξίσωσις (1) ὡς ἐξῆς :

$$U = E' + I \cdot R_{ολ}$$

174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν.—Ἐστω ὅτι ἔχομεν n ὁμοίας γεννητρίας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r .



Σχ. 186. Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

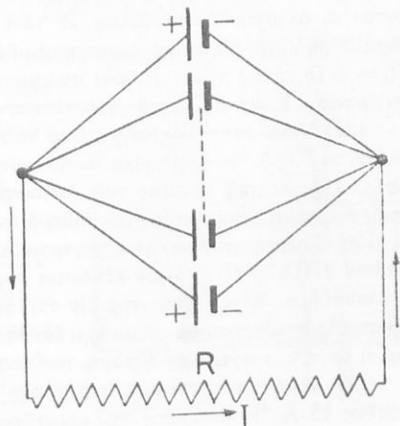
Ἐὰν αἱ n γεννήτριαι συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 186), τότε ἡ ὅλική ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις

τῆς συστοιχίας εἶναι $v \cdot E$, ἡ δὲ ὅλική ἀντίστασις αὐτῆς εἶναι $v \cdot r$.
 "Αν R εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, τότε συμφῶ-
 νως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm
 εἶναι :

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

β) Σύνδεσις παράλληλος.

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν γεννητριῶν (σχ. 187). Ἡ ὅλική ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι E , διότι εἶναι ὡς ἐάν νὰ ἔχωμεν μίαν μόνον γεννήτριαν. Ἡ ἐσωτερικὴ ὁμῶς ἀντίστασις τῆς συστοιχίας



Σχ. 187. Σύνδεσις παράλληλος.

εἶναι $\frac{r}{v}$. Ἐπομένως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι :

$$E = I \cdot \left(R + \frac{r}{v} \right) \quad \text{ἄρα} \quad v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

Π α ρ á δ ε ι γ μ α. Ἐστω ὅτι ἔχομεν $v = 10$ γεννητριάς, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει $E = 2$ Volt καὶ $r = 0,1$ Ohm. Ὁ ἐξωτερικὸς ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν $R = 9$ Ohm. "Αν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{v \cdot E}{R + v \cdot r} = \frac{(10 \cdot 2)V}{(9 + 1)\Omega} = 2 \text{ Ampère}$$

"Αν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν παραλλήλως, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{v}} = \frac{2V}{(9 + 0,01)\Omega} = 0,22 \text{ Ampère}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

124. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 10 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει δύο μόνον ἀντιστάσεις $R_1 = 26$ Ω καὶ $R_2 = 36$ Ω. Πόση εἶναι ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R_2 ;

125. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 8 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει κατὰ σειρὰν ἀντιστάσιν R καὶ

βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν $R' = 300 \Omega$. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις R , ὥστε τὸ βολτόμετρον νὰ δεικνύη 1,5 Volt ;

126. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 40 Volt. Οἱ πόλοι τῆς συνδέονται μὲ ἀγωγὸν ἀντίτάσεως R · τότε εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας ἡ τάσις εἶναι 30,8 Volt. Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν καὶ ἄλλη ἀντίστασις $R_1 = 5 \Omega$ · τότε ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους γίνεται 34,8 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις r τῆς γεννητρίας ;

127. Ἀνεμιστήρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,6 A. Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συσκευῆς εἶναι 110 Ω . Πόση εἶναι ἡ ἀντληκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀνεμιστήρος καὶ πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποῖαν μᾶς δίδει ὁ ἀνεμιστήρ ;

128. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 52 Volt καὶ ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν 1 Ω . Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$ καὶ ἓνα κινητῆρα. Ὅταν ὁ κινητῆρ δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 4 A, ἐνῶ, ὅταν ὁ κινητῆρ στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 1 A. Πόση εἶναι ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντληκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος ;

129. Κινητῆρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 Volt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητήρος εἶναι 0,8. Πόση εἶναι ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντληκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος ;

130. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 500 Volt καὶ παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως 350 A, τὸ ὁποῖον μεταφέρεται διὰ μακροῦ σύρματος εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἂν θέλωμεν αἱ ἐπὶ τῆς γραμμῆς ἀπώλειαι, ἕνεκα τῆς θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ, νὰ εἶναι ἴσαι μὲ τὸ 1/20 τῆς ἰσχύος τῆς γεννητρίας ;

131. Μεταξὺ τῶν πόλων μιᾶς γεννητρίας παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν δύο ἀντιστάσεις $R_1 = 3 \Omega$ καὶ $R_2 = 7 \Omega$, αἱ ὁποῖαι διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀντιστοίχως ἐντάσεις $I_1 = 14$ A καὶ $I_2 = 6$ A. Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας εἶναι 0,9 Ω . Πόση εἶναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ;

132. Μία ὑδατόπτωσης ἔχει ἰσχὺν 40 ἀτμοίππων καὶ κινεῖ γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 0,8. Τὸ ρεῦμα χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν φωτισμὸν συνοικισμοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες ἰσχύος 75 Watt. Αἱ ἀπώλειαι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας εἶναι 10% . Πόσοι λαμπτήρες εἶναι δυνατόν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ;

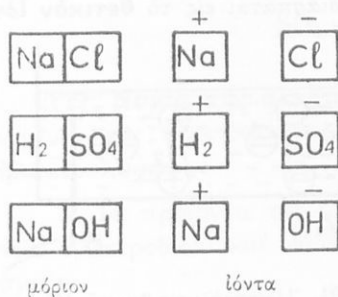
ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

175. Ἠλεκτρολύται.—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέρχεται διὰ διαλύματος ὁξέος, βάσεως ἢ ἄλατος προκαλεῖ τὴν διάσπασιν τοῦ μορίου τῶν σωμάτων τούτων. Διὰ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως χρησιμοποιεῖται τὸ βολτάμετρον (σχ. 188). Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

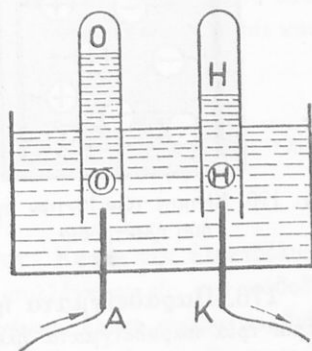
Ἡλεκτρολύται εἶναι μόνον τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα, ὅταν εὗρισκωνται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος, εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν (βάσεις καὶ ἅλατα).

Οὕτως ἡλεκτρολύται εἶναι τὸ τεττηγμένον χλωριούχον νάτριον, τὸ εἰς ὕδωρ διάλυμα τοῦ ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος ἢ τοῦ καυστικοῦ καλίου ἢ τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ κ.λ.

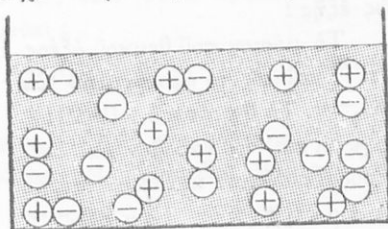
Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μόριον ἐκάστου ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἑτερώνομων ἰόντων, τὰ ὅποια φέρουν ἴσα ἡλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ χλωριούχου νατρίου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν θετικὸν ἰὸν νατρίου καὶ ἓν ἀρνητικὸν ἰὸν χλωρίου (σχ. 189). Ὄταν τὰ δύο ἰόντα εἶναι ἠνωμένα, τότε τὸ μόριον ἐμφανίζεται οὐδέτερον. Ἐὰν ὅμως διαλύσωμεν χλωριούχον νάτριον ἐντὸς ὕδατος, τότε μέγας ἀριθμὸς μορίων χλωριούχου νατρίου ὑφίσταται ἡλεκτρολυτικὴν διάστασιν, δηλαδὴ τὰ



Σχ. 189. Τὸ μόριον τοῦ ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἑτερώνομα ἰόντα, φέροντα ἴσα φορτία.



Σχ. 188. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν.

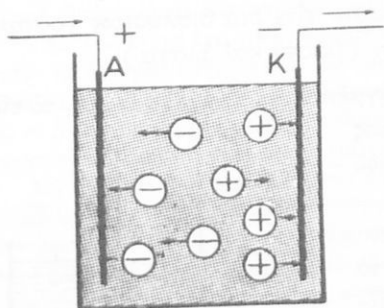


- $\oplus \ominus$ ἀκέραιον μόριον
- $\oplus$ θετικὸν ἰὸν
- $\ominus$ ἀρνητικὸν ἰὸν

Σχ. 189α. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις.

μόρια τοῦ ἡλεκτρολύτου διαχωρίζονται εἰς δύο ἑτερώνομα ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τοῦ διαλύματος ὑπάρχουν τότε ἀκέραια μόρια χλωριούχου νατρίου, θετικὰ ἰόντα νατρίου καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα χλωρίου (σχ. 189α).

Τὸ διάλυμα ἐξακολουθεῖ νὰ εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον, διότι ἐντὸς τοῦ διαλύματος περιφέρεται ἴσος ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων.



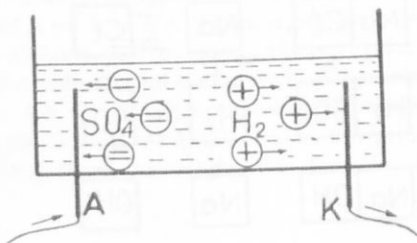
Σχ. 190. Κίνησης τῶν ἰόντων πρὸς τὰ δύο ἠλεκτρόδια.

Ἐὰν τὸ διάλυμα τοῦ ἡλεκτρολύτου εὐρεθῇ ἐντὸς βολταμέτρου, τότε μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων δημιουργεῖται ἡλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον (ἄνοδος) ἔλκει τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον (κάθοδος) ἔλκει τὰ θετικὰ ἰόντα (σχ. 190).

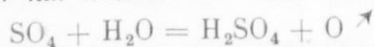
176. Παραδείγματα ἡλεκτρολύσεων.—Θὰ ἐξετάσωμεν κατωτέρω τρία παραδείγματα ἡλεκτρολύσεως. Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, ὁ ὁποῖος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τῶν ὀξέων.

α) Ἡλεκτρολύεται διάλυμα ὀξέος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ὀξέος π.χ. θεικοῦ ὀξέος, εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐρμηνεύεται ὡς ἑξῆς :

Τὸ μόριον τοῦ θεικοῦ ὀξέος H_2SO_4 διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰὸν 2H^+ καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὸν SO_4^{--} . Τὸ θετικὸν ἰὸν 2H^+ ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐκεῖ ἐξουδετερώνεται καὶ ἐκλύεται, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἰὸν SO_4^{--} , ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 191). Ἡ ἀρνητικὴ ρίζα SO_4 ἀσχεῖ τότε ἐπὶ τοῦ ὕδατος μίαν δευτερεύουσαν ἀντίδρασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνασυντίθεται τὸ θεικὸν ὄξύ καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον καὶ ἐκλύεται :

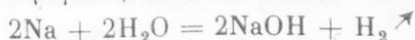


Σχ. 191. Ἡλεκτρόλυσις θεικοῦ ὀξέος.



β) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος βάσεως. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος βάσεως, π.χ. καυστικοῦ καλίου, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον

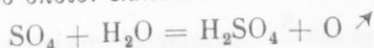
υδρογόνον, εις δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ ναυρίου NaOH διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν Na^+ , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, ὅπου ἐξουδετερώνεται, καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν OH^- , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον ἀντιδρᾷ μὲ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω σχηματίζονται καυστικὸν κάλιον καὶ ὑδρογόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται :



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ ὑδροξύλια ἀνασχηματίζονται εἰς ὕδρω, ἐνῶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον :



γ) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ἁλατος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ἁλατος π.χ. θειικοῦ χαλκοῦ, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον χαλκός, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ CuSO_4 διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν Cu^{++} , τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ἐξουδετερωθῇ, ἐπικαθίηται ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου τῆς καθόδου καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν SO_4^{--} , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Ἐκεῖ ἡ ρίζα τοῦ ὀξέος ἀντιδρᾷ μὲ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω προκύπτει θεικὸν ὄξύ καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται :



177. Νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.— Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως συνάγονται οἱ ἀκόλουθοι **νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως** :

I. Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται πάντοτε ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων καὶ οὐδέποτε εἰς τὸ μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων ὑγρὸν.

II. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τῶν ὀξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ὀξείων τὸ μὲν ὑδρογόνον τῶν ὀξέων ἢ τὸ μέταλλον τῶν βάσεων καὶ τῶν ὀξείων λαμβάνεται εἰς τὴν κάθοδον, αἱ δὲ ρίζαι αὐτῶν λαμβάνονται εἰς τὴν ἄνοδον.

III. Ἡ μᾶζα (m) τοῦ στοιχείου, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον (Q),

τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ βολταμέτρου καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον (K) τοῦ στοιχείου.

$$\text{νόμος ἡλεκτρολύσεως: } m = \alpha \cdot K \cdot Q$$

ὅπου α εἶναι μία σταθερά, ἥ ὁποία ἐκ τοῦ πειράματος εὐρέθη ὅτι ἔχει τιμὴν: $\alpha = \frac{1}{96\,500}$. Ἐπειδὴ τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον ἑνὸς στοιχείου ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους (A) τοῦ στοιχείου διὰ τοῦ σθένους του (v), ἡ προηγουμένη ἐξίσωσις γράφεται:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot Q \quad \eta \quad m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot I \cdot t$$

Ἐὰν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \text{ γραμμάρια / Cb}$$

Ἡ μᾶζα αὐτὴ εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον στοιχεῖον καὶ καλεῖται **ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον** τοῦ στοιχείου. Ἐκν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 96 500 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι: $m = \frac{A}{v}$ γραμμάρια, ἥτοι εἶναι ἴση μὲ 1 γραμμοῖσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σ τ α θ ε ρ ὶ ν τοῦτο ἡλεκτρικὸν φορτίον τῶν 96 500 Cb καλεῖται **σταθερὰ Faraday (F)**. Ἄρα εἶναι:

$$F = 96\,500 \text{ Cb/γραμμοῖσοδύναμον}$$

Π α ρ á δ ε ι γ μ α. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου (ZnSO_4) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεῖμα ἐντάσεως $I = 10$ Ampère. Διὰ τὸν Zn εἶναι $A = 65$ καὶ $v = 2$. Ἡ ἀποτιθεμένη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn εἶναι:

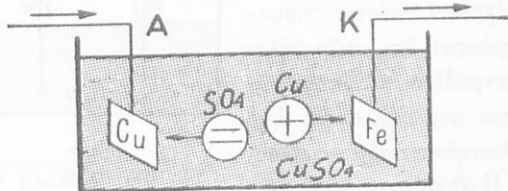
$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{65}{2} \cdot 10 \cdot 965 = 3,25 \text{ gr}$$

178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως.— Τὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογὰς, κυριώτεροι τῶν ὁποίων εἶναι αἱ ἐξῆς:

α) Εἰς τὴν **ἡλεκτρομεταλλουργίαν** χρησιμοποιεῖται ἡ ἡλεκτρόλυ-

σις διὰ τὴν παρασκευὴν καθαρῶν μετάλλων. Οὕτω τὸ κάλιο, τὸ ἀσβέστιον, τὸ μαγνήσιον λαμβάνονται δι' ἠλεκτρολύσεως τῶν τετηγμένων χλωριούχων ἀλάτων των. Τὸ ἀργύριον λαμβάνεται δι' ἠλεκτρολύσεως μείγματος βωξίτου καὶ κρουλίθου. Ὅμοιως λαμβάνεται καὶ ὁ χημικῶς καθαρὸς χαλκός.

β) Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προφύλαξιν ὀρισμένων μετάλλων. Πρὸς τοῦτο τὰ μέταλλα αὐτὰ ἐπικαλύπτονται ἠλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρώμα νικελίου, χρωμίου, ἀργύρου ἢ χρυσοῦ. Τὸ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενον ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον τοῦ βολταμέτρου. Ὁ ἠλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα ἁλατος τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὁποῖον



Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου.

θέλομεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τὸ ἀντικείμενον. Ἡ κάθοδος εἶναι πλᾶξ ἐκ τοῦ ἰδίου ἐπίσης μετάλλου (διαλυτὴ ἄνοδος). Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν τὸ ἐρχόμενον εἰς τὴν ἄνοδον ἀρνητικὸν ἰὸν προσβάλλει τὸ μέταλλον τῆς ἀνόδου, ἢ ὅποια συνεχῶς φθείρεται. Οὕτω μεταφέρεται συνεχῶς μέταλλον ἐκ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθοδον (σχ. 192).

γ) Ἡ γαλβανοπλαστική ἐπιτυγχάνει τὴν ἀναπαραγωγὴν διαφορῶν ἀντικειμένων (π.χ. νομισμάτων, μεταλλίων κ.ἄ.). Πρὸς τοῦτο λαμβάνεται ἐπὶ θερμῆς γουταπέρκας ἢ μήτρας, ἥτοι τὸ ἀκριβὲς ἀποτύπωμα τοῦ ἀντικειμένου. Ἐπειτα καλύπτεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς μήτρας μὲ γραφίτην, διὰ νὰ γίνῃ ἀγωγός, καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς κάθοδος. Αὕτη ἐπικαλύπτεται μὲ στρώμα μετάλλου, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἐπιμετάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστική ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν τσιγκογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν τῶν δίσκων γραμμοφῶνων κ.ἄ.).

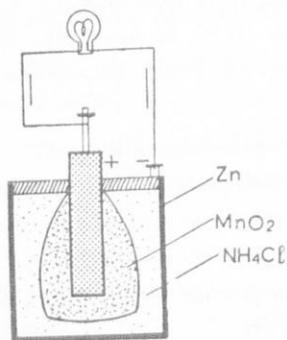
179. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—Ἐντὸς διαλύματος θεικοῦ ὀξέος βυθίζομεν δύο ἠλεκτρόδια ἐκ λευκοχρύσου. Μὲ ἓν βολτόμετρον εὐρίσκομεν ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων εἶναι ἴση μὲ μηδέν. Διαβιβάζομεν διὰ τοῦ βολταμέτρου ρεῦμα καὶ προκαλοῦμεν ἠλεκτρόλυσιν (σχ. 193 α). Μετὰ παρέλευσιν ὀλίγου χρόνου ἀφαιροῦμεν ἀπὸ τὸ κύκλωμα τὴν γεννή-

Οὕτω μετὰ τὴν ἐκφόρτισιν τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἐπανερχονται εἰς τὴν ἀρχικὴν των κατάστασιν. Διὰ τὴν αὐξήσασιν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητας.

Ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδή τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισίν του μετρεῖται εἰς ἄμπερώρια (Ah). Τὸ 1 ἄμπερώριον εἶναι ἴσον μὲ 3600 Cb, ἥτοι εἶναι τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον μεταφέρει ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐντὸς 1 ὥρας. Οἱ σύγχρονοι συσσωρευταὶ ἔχουν χωρητικότητα 8—10 Ah κατὰ dm^2 ἐπιφανείας τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου. Ἐάν συσσωρευτὴς ἔχη χωρητικότητα 400 Ah, τότε ὁ συσσωρευτὴς δύναται νὰ μᾶς δώσῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐπὶ 400 ὥρας ἢ ρεῦμα ἐντάσεως 10·A ἐπὶ 40 h.

β) Συσσωρευταὶ ἀλκαλικοί. Οὗτοι ἔχουν ὡς ἡλεκτρολύτην διάλυμα καυστικοῦ καλίου. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ὕδροξειδιον τοῦ νικελίου $\text{Ni}(\text{OH})_2$, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἀπὸ ὀξειδιον τοῦ σιδήρου FeO . Οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταὶ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι ἐλαφρότεροι καὶ ἀνθεκτικώτεροι ἀπὸ τοὺς συσσωρευτάς μολύβδου, ἔχουν μεγάλην χωρητικότητα καὶ δύνανται νὰ μείνουν ἀφόρτιστοι, χωρὶς νὰ καταστραφοῦν. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ των δυνάμεις ἀνέρχεται εἰς 1,4 Volt.

181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι αἱ πρῶται χρησιμοποιοῦμεναι γεννήτριαι. Σήμερον ἡ χρῆσις των εἶναι πολὺ περιορισμένη (§ 152). Τὸ περισσότερο χρησιμοποιούμενον ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι τὸ **στοιχεῖον Leclanché**. Εἰς τοῦτο ὁ θετικὸς πόλος εἶναι ράβδος ἄνθρακος (σχ. 195), ἡ ὁποία περιβάλλεται ἀπὸ πυρολουσίτην (MnO_2). Ὁ ἀρνητικὸς πόλος εἶναι κύλινδρος ψευδαργύρου. Μεταξὺ τοῦ πυρολουσίτου καὶ τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει πολτὸς ἀπὸ ρινίσματα ξύλου, τὰ ὁποῖα εἶναι διαποτισμένα μὲ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl). Οὕτως ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν σωμάτων:

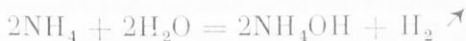


Σχ. 195. Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché.



Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωριούχος

ψευδάργυρος (ZnCl_2), ἡ δὲ ἀπομένουσα ρίζα NH_4 ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ, ὅποτε ἐλευθερώνεται H_2 :

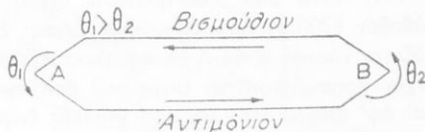


Τὸ παραγόμενον ὕδρογόνον ἐνοῦται μετὰ τὸ ὀξυγόνον τοῦ πυρολουσίτου. Οὕτως ἡ σειρὰ τῶν ἀγωγῶν παραμένει πάντοτε ἀσύμμετρος.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου Leclanché ἀνέρχεται εἰς 1,5 Volt. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο καλεῖται *ξηρὸν στοιχεῖον* καὶ μεταφέρεται εὐκόλως, διότι δὲν περιέχει ὕγρα.

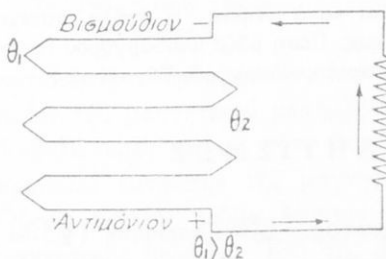
182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.—Όταν δύο διαφορετικὰ μέταλλα εὐρίσκονται εἰς ἐπαφὴν πάντοτε ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Αὕτη ἐξαρτᾶται πολὺ ἐκ τῆς θερμοκρασίας.

Ἄς σχηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμούθιον καὶ ἀντιμόνιον (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι αἱ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς Α καὶ Β τῶν δύο μετάλλων ἐξουδετερώνονται ἀμοιβαίως.



Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

Ἐὰν ὅμως τὰ σημεῖα ἐπαφῆς εὐρίσκονται εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας θ_1 καὶ θ_2 , τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (**θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα**), διότι ἀναπτύσσεται **θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Αὕτη εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν θερμοκρασίας τῶν δύο ἐπαφῶν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο μετάλλων. Τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν δύο διαφορετικῶν μετάλλων καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον**. Πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα συνδεόμενα κατὰ σειρὰν ἀποτελοῦν μίαν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** (σχ. 197).



Σχ. 197. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη.

Αἱ στήλαι αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν (θερμοηλεκτρικὰ θερμομέτρα) καὶ διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν ὠρισμένων διατάξεων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

133. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα ὀξέος διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεῖμα ἐντάσεως 2 A. Πόσον ὄγκον ὕδρογόνου συλλέγομεν (ὕπὸ κανονικὰς συνθήκας);

134. Βολτάμετρον περιέχει διάλυμα ὀξέος. Διαβιβάζομεν δι' αὐτοῦ ρεῖμα ἐντάσεως 5 A. Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διέρχεται τὸ ρεῖμα, διὰ νὰ προκληθῇ διάσπασις 54 gr ὕδατος;

135. Ρεῖμα διέρχεται ἐπὶ 5 ὥρας διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου. Εἰς τὴν κάθοδον ἀποτίθενται τότε 10,8 gr ἀργύρου. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος; Ἀτομικὸν βάρος Ag 108, σθένος 1.

136. Ἐπὶ μιᾷ σιδηρᾷ πλακῷ, ἡ ὁποία ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm² θέλομεν νὰ ἀποτεθῇ ἡλεκτρολυτικῶς στρωμα χαλκοῦ πάχους 2 mm. Τὸ ρεῖμα ἔχει ἔντασιν 5 A. Πόσον χρόνον θὰ διαρκέσῃ ἡ ἡλεκτρόλυσις; Ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 63,6, σθένος 2. Πυκνότης χαλκοῦ 8,8 gr/cm³.

137. Κατὰ μίαν ἡλεκτρόλυσιν ὀξειδίου τοῦ ἀργιλίου συλλέγονται εἰς τὴν κάθοδον 6700 gr ἀργιλίου καθ' ὥραν. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμόζεται τάσις 5 Volt, ἡ δὲ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 2,8 Volt. Πόση ἰσχύς χρησιμοποιεῖται ἐντὸς τοῦ βολταμέτρου, ἀφ' ἧδος ὑπὸ μορφὴν θερμότητος καὶ ἀφ' ἑτέρου ὑπὸ μορφὴν χημικῆς ἐνεργείας; Ἀτομικὸν βάρος ἀργιλίου 27, σθένος 3.

138. Μὲ ρεῖμα ἐντάσεως 3 A φορτίζομεν ἐπὶ 10 ὥρας συσσωρευτήν. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον θὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσίν του, ἂν ἡ ἀπόδοσις αὐτοῦ εἶναι 0,9;

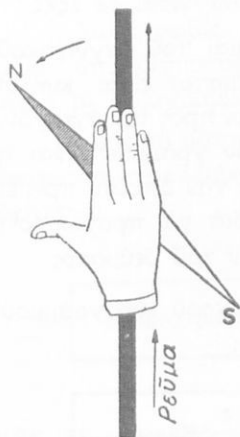
139. Συσσωρευτὴς ἔχει χωρητικότητα 30 ἀμπερώρια καὶ λειτουργεῖ μέχρις ὅτου παραχωρήσῃ τὰ 2/3 τοῦ ὅλου ἡλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὅποιον δύναται νὰ προσφέρῃ. Ἐπὶ πόσας ὥρας δύναται ὁ συσσωρευτὴς οὗτος νὰ τροφοδοτήσῃ λαμπτήρα μὲ ρεῖμα ἐντάσεως 0,5 A;

140. Τρία στοιχεῖα Leclanché συνδέονται κατὰ σειράν. Ἡ στήλη παρέχει εἰς ἓν κύκλωμα ρεῖμα ἐντάσεως 2 A ἐπὶ 25 ὥρας. Πόση μᾶζα ψευδαργύρου δαπανᾶται κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον; Ἀτομικὸν βάρος ψευδαργύρου 66, σθένος 2.

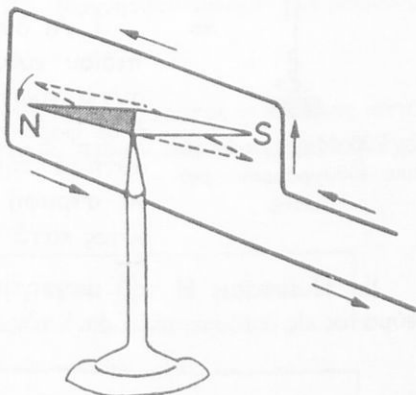
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος.—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι περίξ ἐνὸς ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὅποιον προκαλεῖ τὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ φορά, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος. Ὡς φορὰν τοῦ ρεύματος θὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν συμβατικὴν

φοράν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀκολουθεῖ τὸν ἐξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς (σχ. 198) : Ἐὰν φέρωμεν τὴν παλάμην τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἄνωθεν τοῦ ἀγωγοῦ, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῶν δακτύλων, τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ἐκτρεπομένη ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας της, λαμβάνει μίαν νέαν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἰσορροπεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ



Σχ. 198. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.

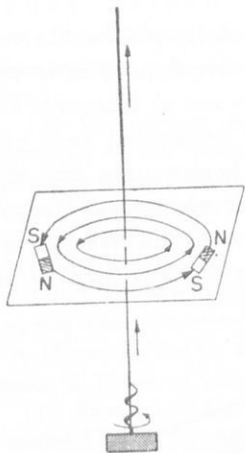


Σχ. 199. Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλύτερα.

κατακόρυφον ὀρθογώνιον πλαίσιον, τὸ ὅποιον συμπίπτει μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (σχ. 199). Ἐὰν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τότε ἕκαστον εὐθύγραμμον τμῆμα τοῦ πλαισίου προκαλεῖ ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Οὕτως ἀσθενὲς ρεῦμα δύναται νὰ προκαλέσῃ αἰσθητὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἐπὶ τῆς διατάξεως αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία πολλῶν ὀργάνων μετρήσεων (ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα).

184. Μαγνητικὸν πεδίων εὐθύγραμμου ρεύματος.—Μακρὸς κατακόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 200). Ὁ ἀγωγὸς διαπερᾷ ὀριζόντιον χαρτόνιον. Ρίπτομεν ρινίσματα σιδή-
Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

ρου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου καὶ κτυπῶντες ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον λαμβάνομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι συγκεντρωτικαὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἄγωγόν. Κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινούμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην ἐξηρησμένην ἀπὸ κατακόρυφον νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς ἐκάστην θέσιν ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ τούτου πεδίου συνάγονται τὰ ἑξῆς :



Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθυγράμμου ρεύματος.

I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἶναι κύκλοι συγκεντρωτικοὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἄγωγόν, ἡ δὲ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ μετὰ τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος.

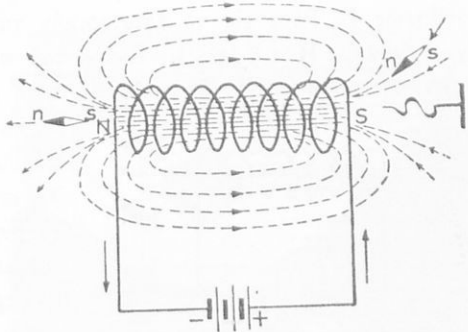
II. Ἡ ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μακροῦ εὐθυγράμμου ρεύματος εἰς ἀπόστασιν α ἀπὸ τὸν ἄγωγόν εἶναι :

$$\text{έντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{2}{10} \cdot \frac{I}{\alpha} \text{ Gauss}$$

185. Μαγνητικὸν πεδίων σωληνοειδοῦς.—Καλεῖται **σωληνοειδὲς ἢ πηνίον** σύστημα παραλλήλων κυκλικῶν ρευμάτων, τῶν ὁποίων τὰ κέντρα εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας. Τοιοῦτον σύστημα κυκλικῶν ρευμάτων λαμβάνομεν, ἐὰν περιτυλίξωμεν σύρμα πέριξ ὑαλίνου ἢ ξυλίνου κυλίνδρου. Ἐπὶ ἐνὸς ὀριζοντίου χαρτονίου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς σχηματίζομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα (σχ. 201). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τελείως ὅμοιον μετὰ τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου. Μετὰ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὐρίσκομεν ὅτι τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελοῦν δύο ἑτερονόμους μαγνητικούς πόλους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι περὶ τὸ μέσον αὐτοῦ πα-

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἑκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

ράλληλοι. Ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐρίσκεται μετὰ τὸν ἐξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα : Κοχλίας τοποθετούμενος κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ στρεφόμενος κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος προχωρεῖ κατὰ τὴν φοράν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς συνάγονται τὰ ἐξῆς :



I. Σωληνοειδὲς διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος ἰσοδυναμεῖ μετὰ εὐθύγραμμον μαγνήτην.

II. Εἰς τὸ μέσον μακροῦ σωληνοειδοῦς φέροντος n σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους, τὸ μαγνητικὸν πεδίου εἶναι ὁμογενὲς καὶ ἔχει ἔντασιν :

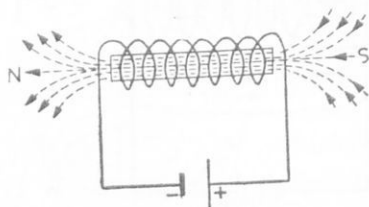
$$\text{έντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{4\pi}{10} \cdot n \cdot I \text{ Gauss}$$

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.— Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι περίξ οἰοῦνδήποτε ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίου. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἐξῆς :

Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἠλεκτρικοῦ φορτίου παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίου.

Τὸ ἀνωτέρω συμπέρασμα μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνεύσωμεν τὴν προέλευσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον παράγεται περίξ μονίμου μαγνήτου. Ἡ περιφορά τῶν ἠλεκτρονίων περίξ τοῦ πυρῆνος τῶν ἀτόμων ἀντιστοιχεῖ πρὸς κυκλικὸν ρεῦμα. Τὰ στοιχειώδη αὐτὰ ρεύματα ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν σωληνοειδῶν. Ἀνάλογος εἶναι καὶ ἡ προέλευσις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

187. Ἡλεκτρομαγνήτης.— Σωληνοειδὲς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Τότε εἰς τὸ ἐσωτερικόν του ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, ἔχον ἔντασιν H (§ 185). Ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγουμεν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος γίνεται μαγνήτης, τοῦ ὁποίου οἱ πόλοι συμπίπτουν μετὰ τοὺς πόλους τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 202). Τὸ σύστημα, τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν τὸ πηνίον καὶ ἡ ἐντὸς αὐτοῦ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, καλεῖται **ἡλεκτρομαγνήτης**. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι $\mu \cdot H$ καὶ διαρκεῖ ὅσον διαρκεῖ καὶ



Σχ. 202. Ἡλεκτρομαγνήτης.

ἡ διέλευσις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ πηνίου. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρίσκεται ὅτι τὸ παραγόμενον μαγνητικὸν πεδίον δὲν ἔχει ἔντασιν H , ἀλλὰ μίαν πολὺ μεγαλύτεραν ἔντασιν B , ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγή**:

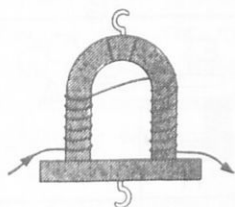
$$B = \mu \cdot H$$

Ὁ συντελεστὴς μ καλεῖται **μαγνητικὴ διαπερατότης** τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμὰς (μέχρι 4000).

Ἡ τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἑξῆς: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα περίξ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. Ὅταν ὅμως ὁ μαλακὸς σίδηρος εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα προσανατολίζονται καὶ ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των νέον σωληνοειδές. Οὕτως εἰς τὴν ἔντασιν H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς προστίθεται ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ νέου σωληνοειδοῦς καὶ ἡ συνισταμένη ἔντασις τῶν δύο μαγνητικῶν πεδίων εἶναι τώρα B . Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσαχθῇ ράβδος χάλυβος, αὕτη μεταβάλλεται εἰς $\mu \cdot H$ καὶ ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου γίνεται B . Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσαχθῇ ράβδος χαλκοῦ, αὕτη μεταβάλλεται εἰς H καὶ ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου γίνεται H . Τὰ στοιχειώδη ρεύματα ἐξακολουθοῦν νὰ ἀποτελοῦν σωληνοειδές καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ χάλυβος ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος.

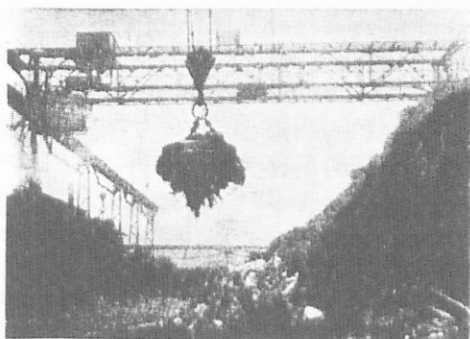
188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.— Ἡ παροδικὴ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς. Εἰς τὸ σχῆμα 203 δεικνύεται

πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης, εἰς δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ηλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιού-
μενος διὰ τὴν ἀνύψωσιν



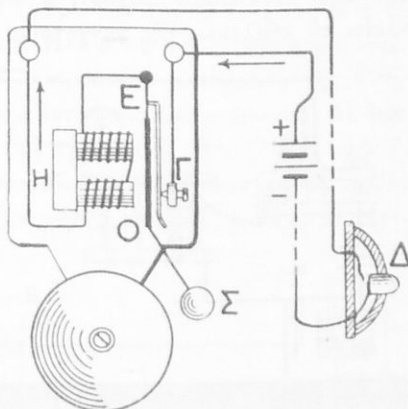
Σχ. 203. Πεταλοειδής
ηλεκτρομαγνήτης.

τεμαχίων σιδήρου. Θὰ
ἐξετάσωμεν συντόμως
μερικὰς πολλὰ συνήθεις ἐφαρμογὰς τῶν ηλεκτρομαγνητῶν.



Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου.

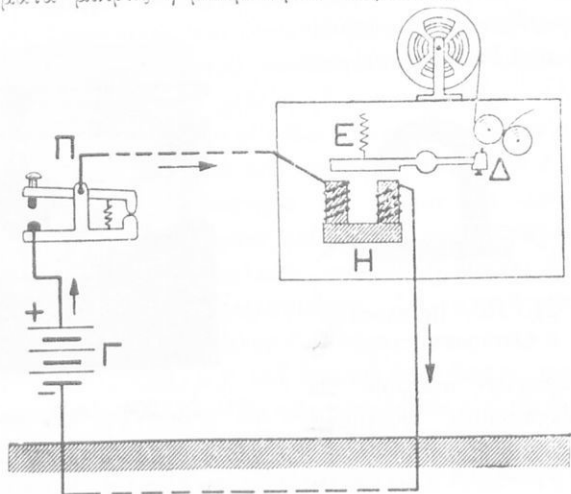
α) Ἡλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ηλεκτρομαγνή-
την H (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ηλεκτρομαγνήτου ὑπάρ-
χει ὁ ὀπλισμὸς O ἐκ μαλακοῦ
σιδήρου. Ὁ ὀπλισμὸς εἶναι στε-
ρεωμένος εἰς ἐλατήριον E καὶ εἰς
τὸ ἄκρον του φέρει σφύραν Σ .
Ὅταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην,
κλείσμεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα
διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνή-
του καὶ ὁ ὀπλισμὸς του ἔλκεται.
Τότε ὅμως ἐπέρχεται διακοπὴ τοῦ
κυκλώματος εἰς τὸ σημεῖον Γ καὶ
ὁ ὀπλισμὸς ἐπαναφέρεται εἰς τὴν
θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου E .
Τὸ κύκλωμα πάλιν κλείεται καὶ
ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια. Εἰς ἐ-
κάστην ἑλξίν τοῦ ὀπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἓν κτύπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ
κώδωνος.



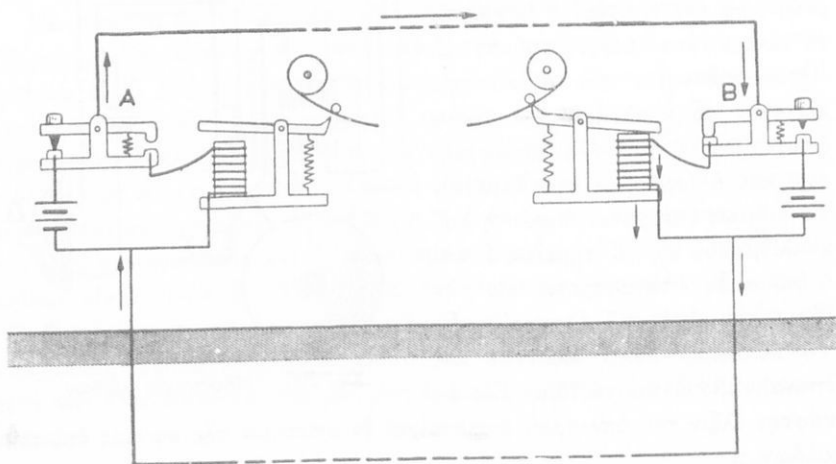
Σχ. 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

β) Μορσικὸς τηλεγράφος.— Ἡ λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγρά-
φου στηρίζεται ἐπὶ τὴν ἀνύψωσιν καὶ τὴν καθύψωσιν τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ
κώδωνος.

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ἢ μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὅποια διέρχονται δι' ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου ἐφωδιασμένου μὲ εὐαίσθητον ὀπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὀπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ἀφειχθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τόπον ὑπάρχει κατ'ἀλληλος διακόπτης, ὁ ὅποιος καλεῖται χειριστήριον ἢ πομπὸς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὅποιος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐάν ὁ μοχλὸς ἀφεθῇ ἐλεύθερος, ἐν



Σχ. 206. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (μονόπλευρος ἐγκατάστασις).

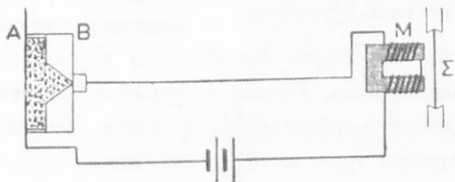


Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις).

ἐλατήριον τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὗτος εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὅποιον

φθάνει τὸ ρεύμα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. Ὁ ὀπλισμὸς τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου εἶναι στερεωμένος εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ. Ὅταν ἔλκεται ὁ ὀπλισμὸς, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὀμαλῶς ἐκτυλισσομένην ταινίαν χάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόγγου διαποτισμένου μὲ μελάνην. Ἐπὶ τῆς ταινίας καταγράφονται τότε γραμμαὶ διαφόρου μήκους ἀναλόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διήλθεν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ μεταβίβασις συμβολικῶς τῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τῶν ἀριθμῶν (μορσικὸν ἀλφάβητον). Ὁ πομπὸς καὶ ὁ δέκτης συνδυάζονται εἰς ἕκαστον τόπον, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 207. Ὡς δεύτερος ἀγωγὸς τοῦ κυκλώματος χρησιμεύει ἡ γῆ. Μὲ τὸν τηλέγραφον τοῦ Morse μεταβιβάζονται συνήθως 15—20 λέξεις κατὰ λεπτόν. Εἰς τὰ μεγάλᾳ κέντρα χρησιμοποιοῦνται σήμερον περισσότερον τελειοποιημένα συστήματα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν πολὺ ταχύτεραν μεταβίβασιν.

γ) Τηλέφωνον. Εἰς τὸ τηλέφωνον ὡς πομπὸς χρησιμοποιεῖται τὸ **μικρόφωνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας πλάκας ἄνθρακος Α καὶ Β (σχ. 208). Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν παρεμβάλλονται σφαιρίδια ἄνθρακος. Ὅταν ὁμιλοῦμεν ἔμπροσθεν τῆς πλάκας Α, τότε τὰ σφαιρίδια τοῦ ἄνθρακος μετακινοῦνται. Ἡ ἀσπασθὴς ἐπαφὴ τῶν μεταξὺ τῶν πλακῶν Α καὶ Β ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντιστάσεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν πρὸ τῆς πλάκας Α τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ἤχον. Ὡς δέκτης χρησιμοποιεῖται τὸ **ἀκουστικόν**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα περιβάλλονται ἀπὸ δύο πηνία. Διὰ τῶν πηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εὐρίσκεται λεπτὴ πλάξ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὁποία δύναται νὰ πάλ्लεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκαλοῦν ἀντιστοιχοῦς μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μόνιμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἑλξίς, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλάκας τοῦ σιδή-



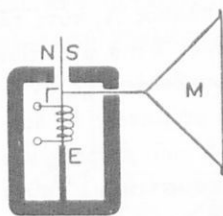
Σχ. 208. Διὰ τὴν ἐξηγήσιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου.

ρου, υφίσταται ἀντιστοίχους μεταβολὰς καὶ ἡ πλᾶξ ἀναγκάζεται νὰ πᾶλλεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀναπαράγεται ἀπὸ τὴν πλᾶξ τοῦ σιδήρου ὁ πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθεὶς ἤχος. Αἱ σημεριναὶ τηλεφωνικαὶ συσκευαὶ φέρουν τὸ μικρόφωνον καὶ τὸ ἀκουστικὸν εἰς μίαν διάταξιν. Εἰς τὰ αὐτόματα τηλέφωνα ἡ σύνδεσις τῶν συνδρομητῶν γίνεται αὐτομάτως μετὰ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν ἐγκαταστάσεων (αὐτόματα τοῦ ἐπιλογεῖς). Μετὰ τὸ τηλέφωνον ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβίβασις τοῦ ἤχου εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὕτη ἀκολουθεῖ σχηματικῶς τὴν ἐξῆς σειρὰν μετατροπῶν :

$$\text{ἤχος} \rightarrow \text{ρεύμα} \rightarrow \text{ἤχος}$$

Ἡ πρώτη μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ μικρόφωνον, ἐνῶ ἡ ἀντίστροφος μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ ἀκουστικόν.

δ) Ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον. Ὅπως τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τηλεφώνου, οὕτω καὶ τὸ **μεγάφωνον** μετατρέπει εἰς ἤχον μεγάλης ἐντάσεως τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Τὸ **ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον** ἀποτελεῖται ἀπὸ ἰσχυρὸν ἡλεκτρομαγνήτην (σχ. 209). Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει γλωσ-



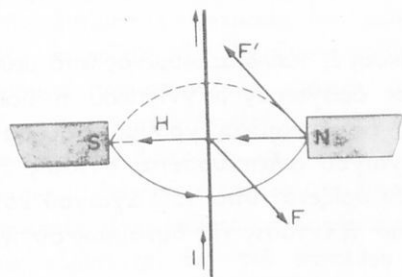
Σχ. 209. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ μεγάφωνου.

σις Γ ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, ἡ ὁποία εἶναι στερεωμένη εἰς τὸ ἄκρον ἐλαστικοῦ ἐλάσματος. Ἡ βάσις τῆς γλωσσίδος περιβάλλεται ἀπὸ πηνίον, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τούτου προκαλοῦν μεταβολὰς τῆς μαγνητίσεως τῆς γλωσσίδος. Ἔνεκα τούτου ἡ ἑλξίς τῆς γλωσσίδος ἀπὸ τὸν ἓνα ἢ τὸν ἄλλον πόλον τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, υφίσταται ταχείας μεταβο-

λὰς, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ἡ γλωσσὶς πᾶλλεται καὶ μετ' αὐτῆς πᾶλλεται ἡ κωνικὴ μεμβράνη Μ, ἡ ὁποία, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας της, παράγει ἤχον μεγάλης ἐντάσεως.

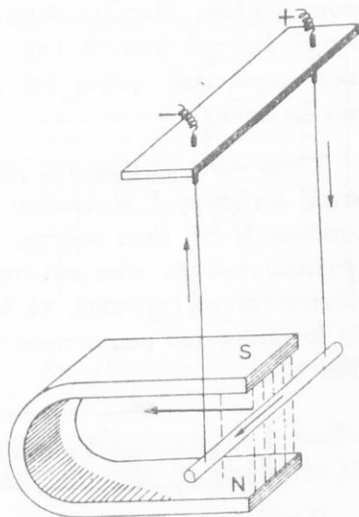
189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.—Κατὰ χόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 210). Ὁ ἀγωγὸς εὐρίσκεται ἐντὸς ὀριζοντίου ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H . Τὸ μαγνητικὸν πεδίου τοῦ ρεύματος ἐξασκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ

μαγνητικού πόλου N μίαν δύναμιν F' , ή οποία είναι όριζόντια. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ὁ μαγνητικὸς πόλος N ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος, μίαν ἀν-

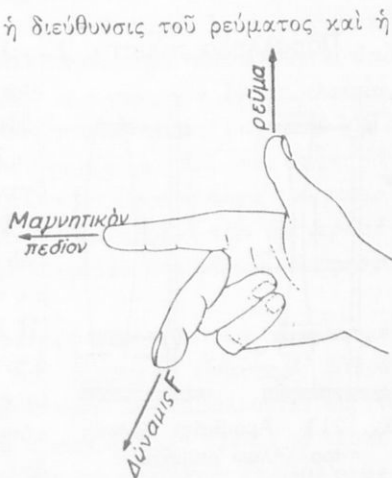


Σχ. 210. 'Η F είναι ή δρῶσις τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ πόλου N, ή δὲ F' είναι ή ἀντίδρασις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

τίδρασιν F ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν F' . 'Επὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται λοιπὸν μία δύναμις F , ή οποία είναι όριζόντια, δηλαδή καθετὸς πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ἑντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὴν τοιαύτην ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς, ἐὰν ὁ ἀγωγὸς εἶναι κινητὸς (σχ. 211). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ὁ ἀγωγὸς μετακινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μιᾶς δυνάμεως. 'Η φορὰ τῆς κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς ή φορὰ τῆς δυνάμεως F προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον ἐμπειρικὸν κανόνα τῶν τριῶν δακτύλων: Τείνομεν τοὺς τρεῖς πρῶτους δακτύλους τῆς δεξιᾶς χειρὸς οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν μεταξὺ των ὀρθὰς γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φορὰν



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπίδρασεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.



Σχ. 212. Εὕρεσις τῆς φορὰς τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F (δεξιὰ χεῖρ).

τοῦ ρεύματος, τὸν δείκτην κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπότε ὁ μέσος δάκτυλος δεικνύει τὴν φοράν τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 212). Ἀπὸ τὴν μελέτην τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος συνήχθη ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ Laplace :

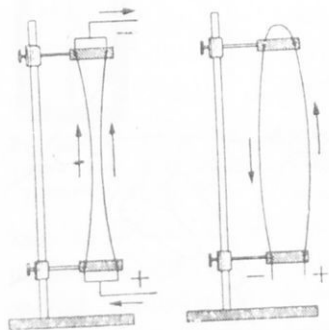
Ὅταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους l , καὶ διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I , εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις F κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου· ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι :

$$\text{νόμος τοῦ Laplace : } F = \frac{1}{10} \cdot l \cdot H \cdot I \text{ dyn}$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α . Ἐὰν εἶναι $l = 10 \text{ cm}$, $I = 4 \text{ Ampère}$ καὶ $H = 2000 \text{ Gauss}$, τότε εἶναι :

$$F = \frac{4 \cdot 2\,000 \cdot 10}{10} = 8\,000 \text{ dyn}$$

Παράλληλα ρεύματα. Ἐκτελοῦμεν τὸ ἐξῆς πείραμα : Διὰ δύο κατα-

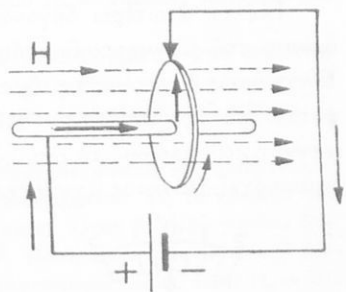


Σχ. 213. Αμοιβαῖαι δράσεις παραλλήλων ρευμάτων.

κορύφων ἀγωγῶν διαβιβάζομεν ρεύμα οὕτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν δύο παράλληλα ρεύματα. Παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ὁμόρροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἔλκονται (σχ. 213), ἐνῶ ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ἀντίρροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἀπωθοῦνται. Ἡ δρᾶσις αὐτὴ τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνωτέρω νόμου τοῦ Laplace, διότι ἕκαστον ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ρεύματος.

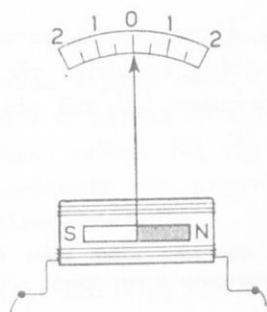
190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρ.— Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ὁ εἰς πόλος τῆς

γεννητρίας, συνδέεται με τὸν ἄξονα τοῦ δίσκου, ὁ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται με ἑλασμα, τὸ ὁποῖον ἐφάπτεται τῆς περιφερείας τοῦ δίσκου. Ὁ δίσκος εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ χάλκινος δίσκος ἀποκτᾷ περιστροφικὴν κίνησιν. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐπὶ τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διατρέχει τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου, ἐνεργεῖ συνεχῶς μία δύναμις, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος πρὸς τὴν ἀκτῖνα καὶ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ δίσκου. Ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ δίσκου ἀναστρέφεται, ἐὰν ἀναστραφῇ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἢ ἡ διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ ἀνωτέρω πείραμα ἐρμηνεύει τὴν λειτουργίαν τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.



Σχ. 214. Ἀρχὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ κινητήρος.

191. "Όργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων. — Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὄργανα. Ἡ λειτουργία τούτων στηρίζεται κυρίως εἰς τὰ θερμικὰ ἢ τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ρεύματος. Τὰ **γαλβανόμετρα** ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν μαγνήτην εὐρισκόμενον ἐντὸς πλαισίου διαρρομένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 215). Τὸ γαλβανόμετρον χρησιμεύει διὰ νὰ δείξῃ, ἂν ὑπάρχῃ ρεῦμα καὶ ποία εἶναι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος. Ὅμοια εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν **ἄμπερομέτρων**, με τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαίρέσεις εἰς Ampère.

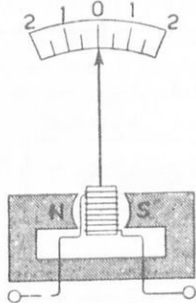


Σχ. 215. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου με κινητὸν μαγνήτην.

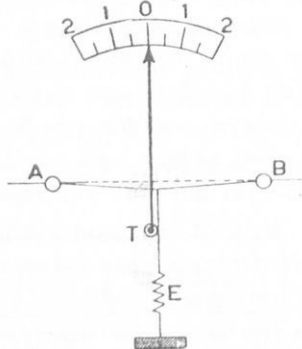
Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἄμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρά, διότι τὰ ὄργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιῶν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ **βολτόμετρα** λειτουργοῦν ὅπως καὶ τὰ ἄμπερομέτρα με τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξύ δύο σημείων

τοῦ κυκλώματος καὶ δὲν πρέπει νὰ ἐπηρεάζουν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὄργανα μικρὸς μαγνήτης στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητον ρεῦμα. Εἶναι ὅμως δυνατὸν τὸ ρεῦμα νὰ διαρρέῃ μικρὸν πηνίον, τὸ ὁποῖον στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητος μαγνήτης.



Σχ. 216. Σχηματική διάταξις γαλβανόμετρου μὲ κινητὸν πηνίον.



Σχ. 217. Ἀρχὴ τῶν θερμικῶν ὀργάνων μετρήσεων. (Τὸ διαστελλόμενον σύρμα τείνεται ἀπὸ τὸ ἐλατήριο E καὶ ἡ τροχαλία T , ἐπὶ τῆς ὁποίας στερεώνεται ὁ δείκτης στρέφεται).

(σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὄργανα μετρήσεως ἐπιτυγχάνεται μετακινήσεις τοῦ δείκτη ἐνώπιον βαθμολογημένου τόξου ἐξ αἰτίας τῆς διαστολῆς, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 217).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

141. Ρεῦμα ἐντάσεως 30 A διαρρέει εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ;

142. Πηνίον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάζομεν ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου;

143. Πηνίον φέρει 10 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους. Πόσῃν ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ πηνίου, ἵνα θέλῳμεν ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου νὰ εἶναι 250 Gauss;

144. Δύο εὐθύγραμμα παράλληλα σύρματα απέχουν μεταξύ των 8 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων ἐντάσεως 24 A. Τὰ δύο ρεύματα εἶναι ὁμόρροπα. Πόση εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον, ἀπέχον 3 cm ἀπὸ τὸ ἓν σύρμα καὶ 5 cm ἀπὸ τὸ ἄλλο ;

145. Πηνίον μήκους 30 cm, φέρει 1200 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 6 A. Πόση εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ; Τί συμβαίνει, ἐὰν ἐντὸς τοῦ πηνίου εἰσαχθῇ ράβδος μαλακοῦ σιδήρου ἔχουσα μαγνητικὴν διαπερατότητα $\mu = 4000$;

146. Πηνίον φέρει 20 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ ὁ ἄξων του εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ὑπάρχει μικρὰ μαγνητικὴ βελὼν ἀποκλίσεως. Ὅταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, ἡ βελὼν ἐκτρέπεται κατὰ 45° . Πόση εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος, ἐὰν ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss ;

147. Εὐθύγραμμον σύρμα, μήκους 12 cm, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 4 A καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 200 Gauss. Τὸ σύρμα εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἐπὶ τοῦ σύρματος ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις ;

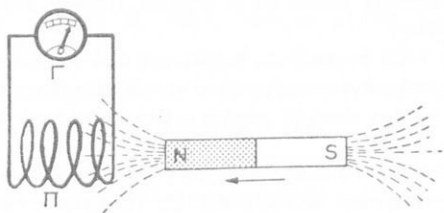
148. Δύο εὐθύγραμμα σύρματα μήκους 50 cm εἶναι παράλληλα καὶ απέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἑκάστου σύρματος, ἕνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος ;

ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίων. Ὁ Faraday ἀντιστρέφων τὸ ζήτημα ἐπεζήτησε νὰ παραγάγῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν ἀνακάλυψιν αὐτὴν τοῦ Faraday στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι σήμερον παράγουν ἀφθόνως τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὰ ἄκρα ἐνὸς πηνίου εἶναι συνδεδεμένα μὲ εὐπαθεῖς γαλβανόμετρον (σχ. 218). Τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, ἀλλ' ἐπειδὴ δὲν περιλαμβάνει χαμμίαν γεννήτριαν, δὲν παρατηροῦμεν ρεῦμα. Εἰς τὸ πηνίον πλησιάζομεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον εὐθυγράμμου μαγνήτου οὕτως, ὥστε αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου του νὰ διέρχωνται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα πολὺ μικρᾶς διαρκείας. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τὸ πηνίον, παρατηροῦμεν πάλιν

μικρᾶς διαρκείας ρεύμα, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ προηγουμένως παραχθὲν ρεύμα. Τὰ οὕτω παραγόμενα ρεύματα, καλοῦνται



Σχ. 218. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

κτῆς ροῆς εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. "Ωστε :

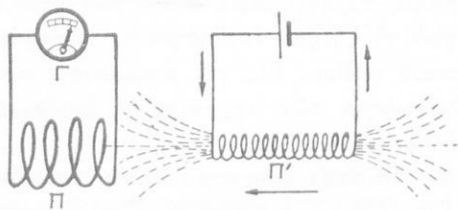
"Όταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται δι' ἐνὸς ἀγωγοῦ, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διαρκοῦν, ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—Ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου Π (σχ. 218), δύναται νὰ μεταβληθῇ κατὰ τοὺς ἐξῆς τρόπους :

α) Πλησιάζομεν εἰς τὸ πηνίον Π ἢ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ αὐτοῦ ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην (σχ. 218) ἢ ἐν ἄλλο πηνίον Π', τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 219). Τὸ πηνίον Π' συμπεριφέρεται, ὅπως ὁ εὐθύγραμμος μαγνήτης. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεύμα.

β) Τὸ πηνίον Π εὐρίσκεται ἀκίνητον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηνίου Π' (σχ. 219), τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I.

Διακόπτομεν τὸ ρεύμα τοῦ πηνίου Π'. Ἡ κατάργησις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ συνεπῶς ἀνάπτει ἐπαγωγικοῦ ρεύματος, ἐντὸς τοῦ πηνίου Π. Ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεύμα εἰς τὸ πηνίον Π' προκαλεῖται πάλιν με-



Σχ. 219. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

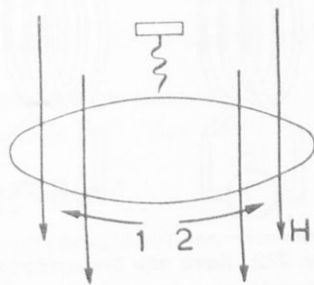
ταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὁποίου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτει ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεύμα.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμον μαγνήτην ἢ τὸ πηνίον Π' τὸ διαρρέμενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πηνίον Π, προκαλεῖται μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ παράγεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.—Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος καθορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Lenz** :

Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τοιαύτην φοράν, ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦτο νὰ ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αἰτίαν, ἣ ὁποία τὸ παράγει.

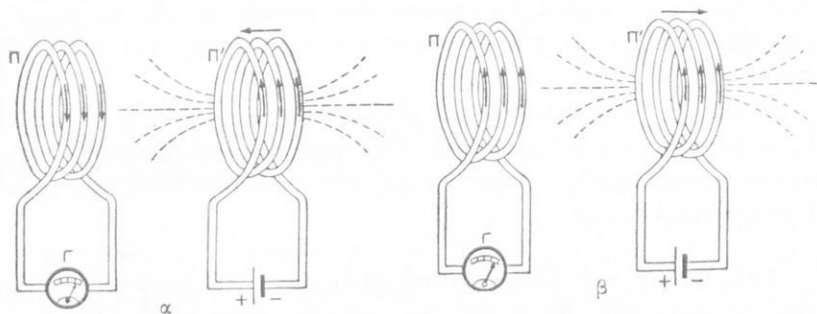
“Ὅταν λοιπὸν πλησιάζωμεν εἰς τὸ πηνίον Π (σχ. 218) τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἔχει τοιαύτην φοράν, ὥστε εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργῇται βόρειος πόλος. Οὕτως ἀπωθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομακρύνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βόρειου πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὐκόλον εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μνημονικὸν κανόνα τοῦ Maxwell: Θεωροῦμεν κοχλίαν το-



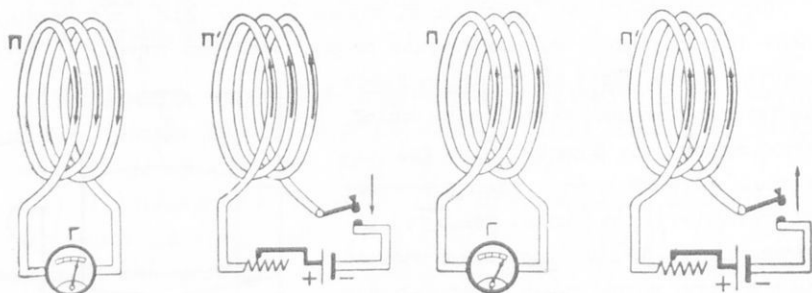
Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

τοποθετημένον παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 220). “Ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐλαττωναίται τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας διὰ νὰ προχωρήσῃ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 1). “Ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ αὐξάνεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει φοράν ἀντίθετον τῆς φορᾶς, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ κοχλίας στρεφόμενος προχωρεῖ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 2).

Οὕτως εὐρίσκομεν τὴν φοράν τοῦ ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἀναπτυσσομένου ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π'



Σχ. 221. Φορὰ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π' (α τὸ Π' πλησιάζει πρὸς τὸ Π, β τὸ Π' ἀπομακρύνεται τοῦ Π).



Σχ. 222. Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἢ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ἀντίρροπον.

(σχ. 221) ἢ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν καὶ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηνίου Π' (σχ. 222, 223).

Σχ. 223. Κατὰ τὴν διακοπὴν ἢ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ὁμόρροπον.

195. Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Γνωρίζομεν ὅτι ἐν κλειστὸν κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχῃ γεννήτρια, ἢ ὅποια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ὡς θεωρήσωμεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἀπὸ πηνίου Π καὶ γαλβανόμετρον Γ (σχ. 218). Ἐὰν εἰς τὸ πηνίον Π πλησιάσωμεν ταχέως ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Ἀρα ἡ μεταβολὴ τῆς

μαγνητικής ροῆς δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, ἡ ὁποία καλεῖται **ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

Ἡ ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (Ε) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν (ΔΦ) τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ ὁποίου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὕτη.

$$\text{ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις: } E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t} \text{ Volt}$$

Ἡ μεταβολὴ ΔΦ τῆς μαγνητικῆς ροῆς μετρεῖται εἰς Maxwell (§ 128) καὶ ὁ χρόνος t εἰς δευτερόλεπτα.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ 100 σπειράς, διαμέτρου 10 cm καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 50 Gauss. Αἱ σπείραι τοῦ πηνίου εἶναι κάθετοι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐντὸς 0,1 sec τὸ πεδίου καταργεῖται. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἐντὸς τοῦ πηνίου ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

Ἡ ὅλική μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν 100 σπειρῶν τοῦ πηνίου εἶναι :

$$\Phi = 100 \cdot H \cdot \sigma = 100 \cdot 50 \cdot \pi \cdot 25 = 392\,500 \text{ Maxwell}$$

Τόση ὅμως εἶναι καὶ ἡ μεταβολὴ ΔΦ τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἄρα εἶναι :

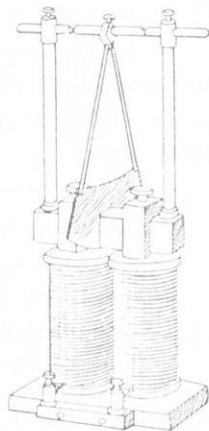
$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\,500}{0,1} = 0,03925 \text{ Volt}$$

Ἐὰν ἡ ἰδίᾳ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς συμβῇ ἐντὸς 0,001 sec, τότε εἶναι :

$$E = 3,925 \text{ Volt}$$

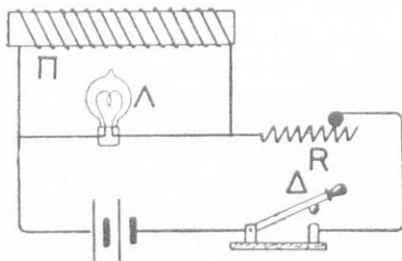
196. Ρεύματα Foucault.— Ὄταν μία μεταλλικὴ μάζα μετακινῆται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐντὸς αὐτῆς ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διατρέχουν ἐντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης κλειστάς, τροχιάς. Τὰ ρεύματα αὐτὰ καλοῦνται **ρεύματα Foucault** καὶ προκαλοῦν ἰσχυρὰν θέρμανσιν τῆς μεταλλικῆς μάζης. Τὰ ρεύματα Foucault, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz ἀντιτίθενται εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, δηλαδὴ ἀντιτίθενται εἰς τὴν μετακίνησιν τῆς μεταλλικῆς μάζης. Οὕτω τὰ ρεύματα Foucault ἐνεργοῦν ἐπὶ τῆς κινουμένης μεταλλικῆς μάζης ὡς τροχοπέδη (φρένο). Τοῦτο καταφαίνεται εἰς τὸ ἐξῆς πείραμα. Μεταξὺ τῶν πόλων ἰσχυροῦ ἡλεκτρομαγνή-

του δύναται νὰ αἰωρῇται παχεῖα μεταλλικὴ πλάξ (σχ. 224). Ὅταν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου δὲν διέρχεται ρεῦμα, αἱ αἰωρήσεις τῆς πλακὸς διαρκοῦν ἐπὶ μακρὸν χρόνον. Ὅταν ὅμως ἡ πλάξ κινῆται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖται μεταξύ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, τότε ἡ κίνησις τῆς πλακὸς γίνεται πολὺ βραδεῖα καὶ ταχέως ἡ πλάξ ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἡρεμίαν. Τὰ ρεύματα Foucault χρησιμοποιοῦνται ὡς τροχοπέδη εἰς πολλὰ ὄργανα μετρήσεων διὰ τὴν ταχεῖαν ἀπόσβεσιν τῶν ταλαντώσεων τοῦ κινήτου συστήματος των καὶ εἰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ἡλεκτρομαγνητικὰ φρένα).



Σχ. 224. Ἐπὶ τῆς κινουμένης πλακὸς ἀναπτύσσονται ρεύματα Foucault.

197. Αὐτεπαγωγή.— Κάθε ἄγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος, δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Οὕτω διὰ τοῦ ἄγωγου διέρχεται μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος. Ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος καὶ ἐπομένως μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἄγωγου. Ὡστε, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἄγωγόν, ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ ἄγωγου ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ρεύματα αὐτεπαγωγῆς**. Μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 225 ἀποδεικνύεται εὐκόλως τὸ φαινόμενον τῆς αὐτεπαγωγῆς. Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ πηνίου παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν λαμπτήρ πυρακτώσεως (Λ) καὶ ρυθμιζόμεν· τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος (διὰ τῆς μεταβλητῆς ἀντιστάσεως R),



Σχ. 225. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ.

ὥστε ὁ λαμπτήρ μόλις νὰ φωτοβολῇ. Διακόπτομεν ἀποτόμως τὸ ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἰσχυρῶς διὰ μίαν μόνον στιγμὴν. Ἡ διακοπὴ τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον μεταβολὴν τῆς

μαγνητικής ροής, ή όποία διέρχεται διά του πηνίου. Ούτως αναπτύσσεται έντός του πηνίου **ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αὐτεπαγωγῆς**, ή όποία δημιουργεῖ τὸ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz, αὕξῃσις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δημιουργεῖ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς ἀντίρροπον καὶ ἀντιθέτως ἐλάττωσις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δημιουργεῖ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς ὁμόρροπον. Τὸ πείραμα καὶ ή θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

Ἡ ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αὐτεπαγωγῆς (E) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολήν (ΔΙ) τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ όποίου συμβαίνει ή μεταβολή αὕτη.

$$\text{ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αὐτεπαγωγῆς: } E = L \cdot \frac{\Delta I}{t} \text{ Volt}$$

όπου L εἶναι ὁ **συντελεστής αὐτεπαγωγῆς** τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ὁ όποιος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν μορφήν καὶ τὸ μέγεθος τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐάν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν $\Delta I = 1 \text{ Ampère}$, $t = 1 \text{ sec}$ καὶ $E = 1 \text{ Volt}$, εὐρίσκουμεν $L = 1$. Ἡ μονὰς συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς καλεῖται **Henry (1H)** καὶ ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

Ἀγωγὸς ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 1 Henry ὅταν, μεταβαλλομένης τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος κατὰ 1 Ampère ἐντὸς 1 δευτερολέπτου, ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αὐτεπαγωγῆς ἴση μὲ 1 Volt.

Παράδειγμα. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = 0,2 \text{ Henry}$ καὶ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως $I = 10 \text{ Ampère}$. Ἐντὸς χρόνου $t = 0,01 \text{ sec}$ τὸ ρεῦμα διακόπτεται. Ἐντὸς τοῦ πηνίου ἀναπτύσσεται τότε ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αὐτεπαγωγῆς :

$$E = 0,2 \cdot \frac{10}{0,01} = 200 \text{ Volt}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

149. Πλαίσιον φέρει 100 σπείρας καὶ ἔχει ἐπιφάνειαν 1 m^2 . Τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλαισίου εἶναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Τὸ σύρμα τοῦ πλαισίου ἔχει ἀντίστασιν 2Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως 8Ω . Τὸ πλάσιον στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα κατὰ 90° . Πόσον εἶναι τὸ

ἀναπτυσσόμενον ἐξ ἐπαγωγῆς ἡλεκτρικὸν φορτίον ; Ὅριζοντία συνιστῶσα γῆ-
νον μαγνητικοῦ πεδίου $H_0 = 0,2$ Gauss.

150. Πηνίον ἔχει διάμετρον 20 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Τὸ πηνίον τοποθε-
τεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 150 Gauss οὕτως, ὥστε ὁ
ἄξων του νὰ συμπίπτῃ μὲ μίαν δυναμικὴν γραμμὴν. Στρέφεται τὸ πηνίον κατὰ 90°
ἐντὸς 0,1 sec, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ γίνουν παράλληλοι πρὸς τὰς δυναμικὰς
γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

151. Πηνίον Α μήκους 50 cm φέρει 500 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος
ἐντάσεως 10 A. Εἰς τὸ μέσον τοῦ πηνίου Α ὑπάρχει μικρὸν πηνίον Β, τὸ ὁποῖον
ἔχει διάμετρον 4 cm καὶ φέρει 1000 σπείρας. Οἱ ἄξονες τῶν δύο πηνίων συμπίπτουν.
Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Α ἐντὸς 0,01 sec. Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ πη-
νίου Β ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

152. Πηνίον φέρει 1000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν 20 cm^2 .
Τὸ πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 3Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντίστάσεως 7Ω .
Τὸ πηνίον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνήτου καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν
σπειρῶν εἶναι κάθετα πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐξά-
γομεν ταχέως τὸ πηνίον ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὁπότε εὐρίσκομεν ὅτι διὰ τοῦ
γαλβανομέτρου διήλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Cb. Πόση εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ;

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρέει πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς
0,2 H. Ἐντὸς 0,04 sec ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται εἰς 3 A. Πόση εἶναι ἡ
ἀναπτυσσομένη ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

154. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,05 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύ-
ματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος ἐντὸς
0,1 sec, διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς 2 Volt ;

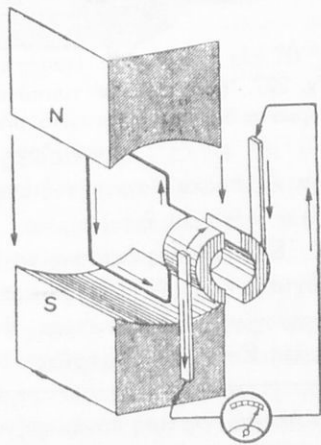
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

198. Ἑλεκτρικαὶ μηχαναί.— Καλοῦνται γενικῶς ἡλεκτρικαὶ
μηχαναί αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναί, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν **μηχα-
νικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως**. Αἱ **γεν-
νήτριαι** ἐκτελοῦν τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἡλε-
κτρικὴν, οἱ δὲ **κινητῆρες** μετατρέπουν τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς
μηχανικὴν ἐνέργειαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος,
(§ 154) ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἐξῆς κύρια μέρη: τὸν **ἐπαγωγέα**,
τὸ **ἐπαγωγίμον** καὶ τὸν **συνδέκτην**.

Ὁ **ἐπαγωγέας** εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, μεταξὺ τῶν πόλων
τοῦ ὁποίου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ **ἐπαγώ-
γιμον** ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον στρέφεται ἐντὸς τοῦ
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, διὰ νὰ προκαλῆται συνεχῶς μετα-

βολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ συλλέκτης εἶναι κατάλληλον σύστημα, διὰ τοῦ ὁποίου τὰ ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου παραγόμενα ἐπαγωγικά ρεύματα μεταβιβάζονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα τῆς κατανάλωσως.

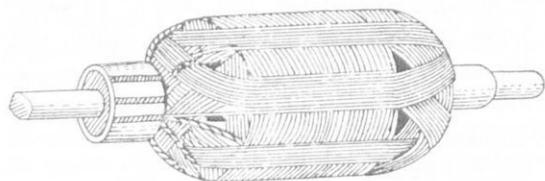
199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—Ἡ λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἐξῆς ἀρχῆς: Ἄς θεωρήσωμεν ὀρθογώνιον πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον σύρμα (σχ. 226). Τὸ πλαίσιον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουν εἰς δύο μεμονωμένους ἡμιδακτυλίους (συλλέκτης), οἱ ὅποιοι εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς καὶ στρέφονται μετ' αὐτοῦ. Ἐκαστος ἡμιδακτύλιος εὐρίσκεται πάντοτε εἰς ἐπαφὴν μὲ ἓν ἔλασμα (ψήκτρα). Ὅταν τὸ πλαίσιον ἐκτελέσῃ ἡμίσειαν στροφὴν, ἐκάστη ψήκτρα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον. Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν τὸ πλαίσιον εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ θέσις αὕτη τοῦ πλαισίου καλεῖται οὐδέτερα γραμμὴ. Ὅταν τὸ πλαίσιον στρέφεται κατὰ 90° , ἡ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται μεταξὺ τῆς τιμῆς 0 (τὸ πλαίσιον παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς) καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς Φ (τὸ πλαίσιον κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς).



Σχ. 226. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα διοχετεύονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ὡς συνεχὲς ρεῦμα.

Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πλαισίου ἀλλάσσει, ὥσάν τις τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως ἡ μία ψήκτρα τοῦ συλλέκτου παύει νὰ ἐφάπτεται τοῦ ἑνὸς ἡμιδακτυλίου καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον τοῦ συλλέκτου. Οὕτω τὸ ρεῦμα ἐξέρχεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ἀπὸ τὴν αὐτὴν πάντοτε ψήκτραν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, ἐνῶ ἡ ἄλλη ψήκτρα ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Εἰς

τὴν πρᾶξιν, ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ πλαίσια, τὰ ὅποια καταλήγουσιν εἰς ἰσάριθμα ζεύγη τομέων, τὰ ὅποια εἶναι μεμονωμένα καὶ ἀποτελοῦν τὸν συλλέκτην. Τὰ πλαίσια διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (σχ. 227). Οὗτος χρησιμεύει διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (§ 187) καὶ συνεπῶς διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητρίας τροφοδοτεῖται μὲ μέρος τοῦ ρεύματος, τὸ



Σχ. 227. Ἐπαγωγίμων τυμπάνου, εἰς τὸ ὁποῖον τὰ σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου. ὁποῖον παράγει ἡ γεννήτρια. Ἡ γεννήτρια ἀρχίζει νὰ λειτουργῇ, μόλις τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἐπαγωγίμων, διότι ὁ μαλακὸς σίδηρος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου διατηρεῖ πάντοτε μίαν μικρὰν μαγνήτισιν, ἡκίνησιν νὰ προκαλέσῃ τὴν διέγερσιν τῆς μηχανῆς (αὐτοδιέγερσις τῆς μηχανῆς).

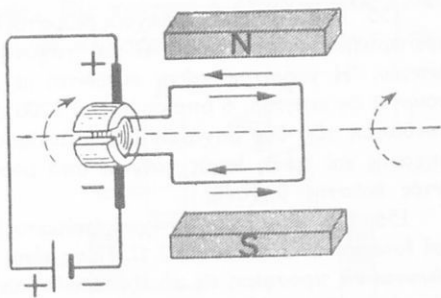
Ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγωγίμων φέρῃ N εὐθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι n , τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις E τῆς γεννητρίας εἶναι :

$$\text{ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητρίας : } E = \frac{1}{10^8} \cdot N \cdot n \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου Φ εἶναι ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται δι' ὁλοκλήρου τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75 %, ἕως 98 %.

200. Κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος.— Ἀς θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ἡ μία ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ἄλλη ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Τότε τὸ πλαίσιον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἐκάστης πλευρᾷ τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον στρέφει τὸ πλαίσιον, ἕως ὅτου τοῦτο

γίνῃ κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε ὅμως ἀλλάσσει ἡ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν μὲ τοὺς ἡμιδακτυλίους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζευγὸς δυνάμεων, τὸ ὁποῖον συνεχίζει τὴν περιστροφήν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ κινητῆρες οὗτοι εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι μὲ τὰς γεννητρίας. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἡλεκτροκινητῶν ἀνέρχεται εἰς 70 % ἕως 98 %.



Σχ. 228. Ἀρχὴ τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος

201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.—Ἐστω ὅτι μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως $I = 20$ Ampère ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000$ Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως μὲ γραμμὴν ἔχουσαν ἀντίστασιν $R = 300$ Ohm. Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύν $P = U \cdot I$ ἥτοι $P = 200\,000$ Watt. Ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἰσχύς $P' = I^2 \cdot R$, ἥτοι χάνονται $P' = 120\,000$ Watt. Ἀρα εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἴση μὲ $80\,000$ Watt. Ἐστω τώρα ὅτι ἡ γεννήτρια παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως $I = 2$ Ampère ὑπὸ τάσιν $U = 100\,000$ Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται πάλιν διὰ τῆς ἰδίας γραμμῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύν $P = 200\,000$ Watt, ὅσην παρεῖχεν καὶ προηγουμένως. Ἀλλὰ τώρα ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ἰσχύς $P' = I^2 \cdot R$ ἥτοι $P' = 1200$ Watt. Οὕτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἴση μὲ $198\,800$ Watt. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου καταφαίνεται ὅτι, διὰ νὰ μεταφερθῇ τὸ ρεῦμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, πρέπει τὸ ρεῦμα νὰ ἔχῃ μεγάλην τάσιν καὶ μικράν έντασιν. Ἀλλ' αἱ γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος δὲν δύνανται νὰ μᾶς δώσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μεγάλας τάσεις. Οὕτω τὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ μεταφερθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, διότι δημιουργεῖ τεραστίαν ἀπώλειαν ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

155. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 300 Volt, έσωτερικήν αντίστασιν 0,5 Ω και ταχύτητα περιστροφής 1500 στροφάς κατά λεπτόν. Ἡ γεννήτρια αὕτη συνδέεται με ἄλλην ὁμοίαν μηχανήν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὡς κινητήρ, ὁ ὁποῖος ἐκτελεῖ 1200 στροφάς κατά λεπτόν. Οἱ ἄγωγοι τῆς συνδέσεως τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν αντίστασιν 4 Ω. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς ἐκάστης μηχανῆς καὶ πόση ἰσχύς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἐπὶ τῆς γραμμῆς καὶ ἐντὸς ἐκάστης μηχανῆς ;

156. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος ἔχει ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 120 Volt καὶ έσωτερικήν αντίστασιν 1 Ω. Πόση εἶναι ἡ μεγίστη δυνατὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ προσφέρει εἰς τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα ἡ γεννήτρια αὕτη; Πόση εἶναι τότε ἡ ἀπόδοσις τῆς γεννητρίας ;

157. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος ἔχει ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 120 Volt. καὶ έσωτερικήν αντίστασιν 1 Ω. Ἡ γεννήτρια τροφοδοτεῖ λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦντας ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Ἐκαστος λαμπτήρ, ὅταν λειτουργῇ κανονικῶς, ἔχει αντίστασιν 440 Ω. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ ἡ γεννήτρια ;

158. Γεννήτρια ἔχει εἰς τοὺς πόλους της διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt καὶ στέλλει ρεῦμα ἐντάσεως 100 A εἰς κινητήρα εύρισκόμενον μακρὰν τῆς γεννητρίας. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ αντίστασις τῆς γραμμῆς, ἀν θέλωμεν νὰ χρησιμοποιοῦ ὁ κινητήρ τὰ 0,90 τῆς ἰσχύος, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα ; Πόση εἶναι τότε ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τοῦ κινητήρος ;

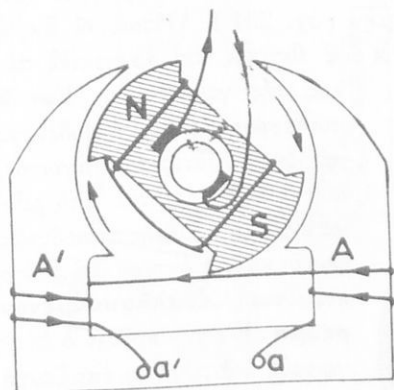
159. Δύο δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστάσεις $r_A = 30 \Omega$ καὶ $r_B = 15 \Omega$, συνδέονται δὲ μεταξύ των με ἄγωγους, οἱ ὁποῖοι ἔχουν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$. Ἡ A λειτουργεῖ ὡς γεννήτρια καὶ εἰς τοὺς πόλους της ἡ τάσις εἶναι 120 Volt, ἡ δὲ B λειτουργεῖ ὡς κινητήρ καὶ εἰς τοὺς πόλους της ἡ τάσις εἶναι 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς A καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς B ;

160. Μία ὑδατόπτωσης παρέχει ἰσχὺν 600 kW εἰς γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 90 %. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως με ἄγωγους ἔχοντας ἀντίστασιν 300 Ω. Πόση εἶναι ἡ βιομηχανικὴ ἀπόδοσις τῆς ἐγκαταστάσεως, ὅταν ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας εἶναι 20 000 Volt καὶ ὅταν εἶναι 100 000 Volt ;

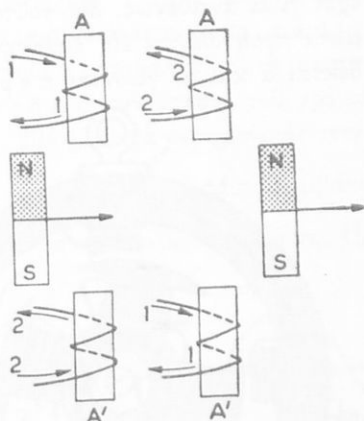
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

202. Ἐναλλακτῆρες—Σήμερον, ἀντὶ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἔχει πάντοτε τὴν ἰδίαν φοράν, χρησιμοποιεῖται εύρύτατα τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ φορά ἐναλλάσσεται περιοδι-

κώς. Αί γεννήτριαι, αί όποϊαι παράγουν έναλλασσόμενον ρεύμα καλοῦνται ειδικώτερον **έναλλακτῆρες**. Είς τούτους ό **έπαγωγέυς** είναι ήλεκτρομαγνήτης, ό όποϊος δύναται νά περιστρέφεται περί άξονα (σχ.

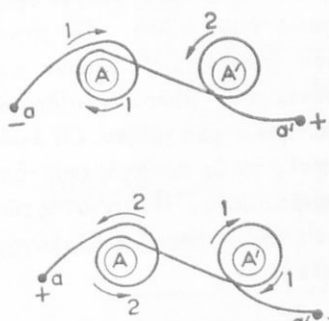


Σχ. 229. Σχηματική παράστασις έναλλακτῆρος.



Σχ. 230. Τά ρεύματα έντός τών πηνίων Α και Α' έχουν πάντοτε αντίθετον φοράν.

229). Ό ήλεκτρομαγνήτης τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, τό όποϊον παράγει γεννήτρια συνεχούς ρεύματος. Τό **έπαγωγίμον** είναι άκίνητον καί αποτελείται από δύο πηνία Α καί Α', τά όποϊα φέρουν κοινόν πυρήνα από μαλαχόν σίδηρον. Τό σύρμα είς τά δύο πηνία είναι τυλιγμένον κατ' αντίθετον φοράν, τά δέ δύο έλεύθερα άκρα τοῦ σύρματος καταλήγουσιν είς τούς άκροδέκτας α καί α'.

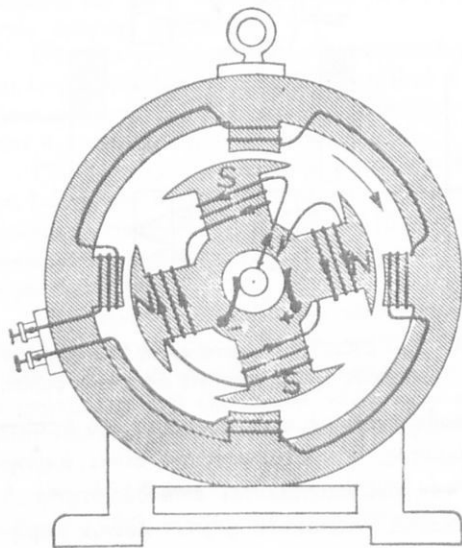


Σχ. 231. Είς έκάστην στιγμήν τά δύο αντίθετα ρεύματα προστίθενται.

παράγεται έπαγωγικόν ρεύμα έχον την φοράν 1. Μετ' όλίγον ό βόρειος πόλος Ν άπομακρύνεται από τό πηνίον Α καί έντός τοῦ πηνίου τούτου παράγεται έπαγωγικόν ρεύμα, έχον την αντίθετον φοράν 2. Τά ίδια

τροφοπήν τοῦ ήλεκτρομαγνήτου προκαλείται μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς είς τά δύο πηνία. Έστω ότι είς μίαν στιγμήν ό βόρειος πόλος Ν τοῦ ήλεκτρομαγνήτου πλησιάζει πρὸς τό πηνίον Α. Τότε έντός τοῦ πηνίου Α (σχ. 230).

συμβαίνουν καὶ εἰς τὸ πηνίον Α' μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ἐκάστην στιγμήν τὰ δύο πηνία Α καὶ Α' διαρρέοντα ἀπὸ ἐπαγωγικὰ ρεύματα ἀντιθέτου φορᾶς. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ τύλιγμα τοῦ σύρματος εἰς τὰ δύο πηνία ἔχει γίνῃ ἀντιθέτως, διὰ τοῦτο τὰ δύο αὐτὰ ἀντίθετα ἐπαγωγικὰ ρεύματα προστίθενται εἰς ἐκάστην στιγμήν (σχ. 231). Οὕτως οἱ ἀκροδέκται α καὶ α' γίνονται περιεδικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητρίας. Ἐάν δὲ συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μετὰ ἓνα ἐξωτερικὸν ἄγωγόν, οὗτος θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα ἐναλλασσομένης περιοδικῶς φορᾶς καὶ τὸ ὅποιον διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐναλλασσόμενον ρεῦμα**. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὁ ἐπαγωγεὺς ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, τὰ ὅποια περιστρέφονται ἔμπροσθεν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πηνίων τούτων εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέως (σχ. 232). Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου φέρουν πυρήνας ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον,

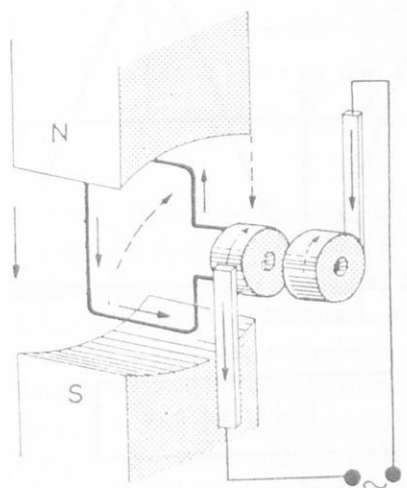


Σχ. 232. Μονοφασικὸς ἐναλλακτῆρ.

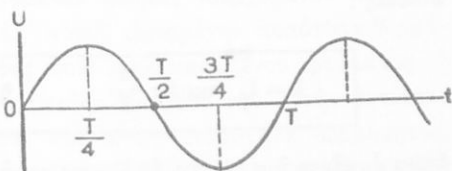
οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των ὀγκώδη σιδηρᾶν μάζαν. Οἱ ἀνωτέρω ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **μονοφασικοί**, τὸ δὲ παραγόμενον ὑπ' αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καλεῖται **μονοφασικόν**. Ἡ συχνότης τῶν παραγομένων σήμερον ἐναλλασσομένων ρευμάτων ποικίλει ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν (ἀπὸ 20 Hz ἕως 1 000 000 Hz).

203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—Ὁ κινητῆρ συνεχοῦς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητῆρ μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγίμου εἰς τὸν κινητῆρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότεροι ὅμως χρησιμοποιούμενοι σήμερον κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι **τριφασικοὶ κινητῆρες**.

204. Έναλλασσόμενον ρεύμα.— Κατὰ τὴν περιστροφὴν ἑνὸς πλαισίου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 233) ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πλαισίου μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται συνεχῶς. Οὕτως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τάσις, ἡ ὁποία μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσῃ τοῦ χρόνου (σχ. 234). Κατὰ τὰς χρονικὰς στιγμὰς $\frac{T}{4}$ καὶ $\frac{3T}{4}$ ἡ τάσις λαμβάνει τὴν μεγίστην ἀπόλυτον τιμὴν τῆς U_0 .



Σχ. 233. Ἡ μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται συνεχῶς.



Σχ. 234. Ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

ἡ ὁποία καλεῖται **πλάτος τῆς τάσεως** (ἡ **μεγίστη τάσις**). Ἡ στιγμιαία τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \nu t$$

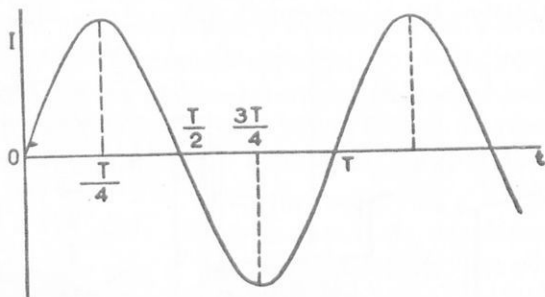
Ἐὰν καλέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$, τότε ἡ στιγμιαία τάσις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\text{στιγμιαία τάσις :} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

Τὸ ω καλεῖται **κυκλικὴ συχνότης** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ φανερώνει πόσαι περίοδοι ἀντιστοιχοῦν εἰς 2π δευτερόλεπτα.

Εἰς τοὺς πόλους τοῦ ἐναλλακτῆρος ἀναπτύσσεται ὁμοίως ἐναλλασσομένη τάσις. Ὁ ἄξονας ἀγωγὸς ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τοῦ

ἐναλλακτῆρος, διαρρέεται τότε ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου μεταβάλλεται ἐπίσης ἡμιτονοειδῶς συναρτήσει τοῦ χρόνου (σχ. 235) καὶ ἡ στιγμιαία τιμὴ I τῆς ἐντάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :



Σχ. 235. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

$$I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi\nu t$$

ὅπου I_0 εἶναι ἡ μεγίστη ἀπόλυτος τιμὴ τῆς ἐντάσεως καὶ ἡ ὁποία καλεῖται **πλάτος τῆς ἐντάσεως** (ἡ **μεγίστη ἔντασις**). Ἐὰν θέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot \nu$, τότε ἡ στιγμιαία ἔντασις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\text{στιγμιαία ἔντασις :} \quad I = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσει τοῦ χρόνου, ἡ δὲ στιγμιαία τιμὴ των προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu \omega t \quad I = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Παράδειγμα. Ἐστω ὅτι ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι $\nu = 40 \text{ Hz}$, τὸ πλάτος τῆς τάσεως εἶναι $U_0 = 100 \text{ Volt}$ καὶ τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως $I_0 = 12 \text{ Ampère}$. Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = \frac{1}{480} \text{ sec}$

ή στιγμιαία τάσις είναι :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \nu t = 100 \cdot \eta \mu \left(2\pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{480} \right)$$

$$\text{ήτοι } U = 100 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ Volt}$$

ή στιγμιαία έντασις είναι :

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi \nu t = I_0 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} \quad \text{ήτοι} \quad I = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \text{ Ampère}$$

205. Ένεργός έντασις και ένεργός τάσις.— “Ας θεωρήσωμεν ένα άγωγόν έχοντα αντίστασιν R και ό όποίος διαρρέεται από έναλλασσόμενον ρεύμα. Έντός μιᾶς περιόδου T ή έντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται συνεχώς. Τό έναλλασσόμενον ρεύμα, διερχόμενον διά τοῦ άγωγοῦ ἐπὶ χρόνον t , ἀναπτύσσει ἐπ' αὐτοῦ ὀρισμένην ποσότητα θερμότητος. Καλεῖται **ένεργός έντασις** τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ή έντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τό ὅποιον διαρρέον τήν αὐτήν αντίστασιν ἐπὶ τόν αὐτὸν χρόνον παράγει τήν αὐτήν ποσότητα θερμότητος, τήν ὅποιαν παράγει καί τό έναλλασσόμενον ρεύμα. Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Ἡ ένεργός έντασις (I_{ev}) τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μέ τό πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς έντάσεως (I_0) διά τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$I_{ev} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad I_{ev} = 0,707 \cdot I_0$$

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ άγωγοῦ, τόν ὅποιον διαρρέει τό έναλλασσόμενον ρεύμα, ὑπάρχει μία ήμιτονοειδῶς μεταβαλλομένη τάσις. Καλεῖται **ένεργός τάσις** τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ή τάσις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ή ὅποια ἐπὶ τοῦ άγωγοῦ προκαλεῖ συνεχές ρεύμα ἔχον έντασιν ἴσην μέ τήν ένεργὸν έντασιν τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος. Εὐρίσκεται δὲ ὅτι :

Ἡ ένεργός τάσις (U_{ev}) τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μέ τό πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως (U_0) διά τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$U_{ev} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad U_{ev} = 0,707 \cdot U_0$$

Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ ἀμπερόμετρα**, ἡ δὲ ἐνεργὸς τάσις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ βολτόμετρα**.

Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἐὰν ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ (μὴ ἔχοντος αὐτεπαγωγὴν L) εἶναι R καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται ἐνεργὸς τάσις $U_{εγ}$, τότε ὁ νόμος τοῦ Ohm ἰσχύει ὡς ἑξῆς :

$$\text{νόμος τοῦ Ohm : } U_{εγ} = I_{εγ} \cdot R$$

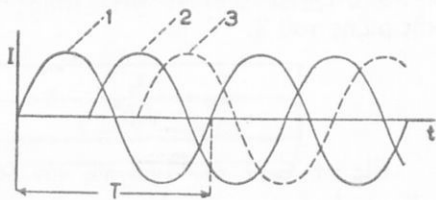
206. Τριφασικὰ ρεύματα.— Εἰς τὰς ἐξισώσεις $U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$ καὶ $I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$ τὸ μέγεθος ωt καλεῖται **φάσις**. Ἄς θεωρήσωμεν τρία μονοφασικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον T , τὸ αὐτὸ πλάτος τάσεως U_0 καὶ τὸ αὐτὸ πλάτος ἐντάσεως I_0 . Ἐστω ὅτι εἰς ἕκαστον τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις λαμβάνουν τὴν μεγίστην τιμὴν μὲ καθυστέρησιν ἴσην πρὸς $\frac{T}{3}$ ἐν σχέσει πρὸς τὸ προηγούμενον (σχ. 236). Λέγομεν τότε ὅτι ἕκαστον ρεῦμα παρουσιάζει **διαφορὰν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$** ὡς πρὸς τὸ προηγούμενον ἢ τὸ ἐπόμενον αὐτοῦ. Αἱ στιγμιαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$I_1 = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

$$I_2 = I_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 120^\circ)$$

$$I_3 = I_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 240^\circ)$$

Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω τριῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **τριφασικὸν ρεῦμα**. Ὡστε :

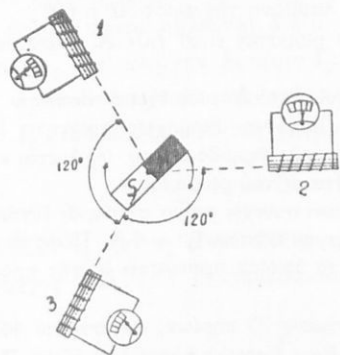


Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξύ των διαφορὰν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$

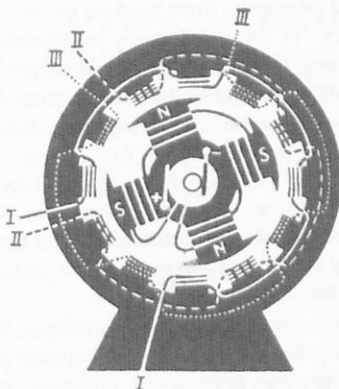
Τὸ τριφασικὸν ρεῦμα εἶναι σύστημα τριῶν μονοφασικῶν ρευμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἀλλ' ἕκαστον τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς τὸ ἄλλο.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τριφασικῶν ρευμάτων χρησιμοποιοῦνται οἱ **τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες**. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τούτων κατα-

φαίνεται εις τὸ σχῆμα 237, ὅπου τὰ τρία πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου διατάσσονται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν ἀνὰ δύο γωνίαν 120° . Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐπαγωγέως παράγεται ἐντὸς ἐκάστου πηνίου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς

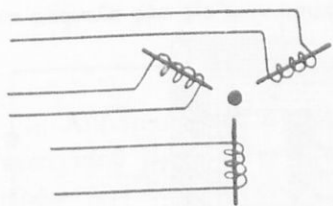


Σχ. 237. Σχηματική παράσταση τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος.

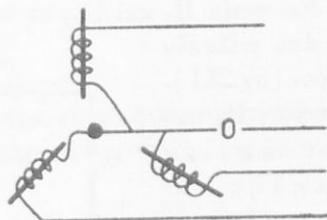


Σχ. 238. Τριφασικὴ γεννήτρια.

τὸ ρεῦμα τὸ παραγόμενον ἐντὸς ἐκάστου τῶν ἄλλων δύο πηνίων. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρας ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι **τ ρ ι π λ ᾶ σ ι ο ς** τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων τοῦ στρεφομένου ἐπα-



Σχ. 239. Διὰ τὴν μεταφορὰν τῶν 3 ρευμάτων χρειάζονται 6 ἄγωγοι.



Σχ. 240. Οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται με τὸν οὐδέτερον ἄγωγόν Ο.

γωγέως (σχ. 238). Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος φαίνεται ὅτι ἀπαιτοῦνται 6 ἄγωγοι (σχ. 239). Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται με ἕνα μόνον ἄγωγόν (σχ. 240), ὁ ὁποῖος καλεῖται οὐδέτερος ἄγωγός. Οὕτω διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος χρῆσιμοποιοῦνται τέσσαρες μόνον ἄγωγοι.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

161. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος τάσεως 86 Volt και πλάτος έντάσεως 32 A. Πόση είναι ή ενεργός τάσις και ή ενεργός έντασις του ρεύματος ;

162. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος έντάσεως 10 A. Πόση είναι ή έντασις του ρεύματος, όταν ή φάσις αυτού (ωt) λαμβάνη τας τιμάς 30° ή 60° ;

163. Η ενεργός έντασις έναλλασσομένου ρεύματος είναι 7,07 A. Πόσον είναι τὸ πλάτος τῆς έντάσεως του ρεύματος ;

164. Έναλλασσόμενον ρεύμα διαρρέει πηνίον, τὸ ὁποῖον έχει αντίστασιν 5Ω και είναι βυθισμένον έντὸς θερμιδομέτρου ἔχοντος θερμοχωρητικότητα 1000 cal/grad . Παρατηροῦμεν ὅτι ή θερμοκρασία του θερμιδομέτρου ὑψώνεται κατὰ 10° C έντὸς 1 λεπτοῦ. Πόση είναι ή ενεργός έντασις του ρεύματος ;

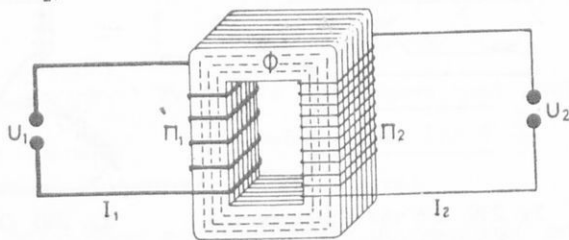
165. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον Σ σύρματος AB φθάνει συνεχές ρεύμα σταθερᾶς έντάσεως $I_0 = 3 \text{ A}$ και έναλλασσόμενον ρεύμα ἔχον ενεργὸν έντασιν $I_e = 4 \text{ A}$. Πόση είναι ή ενεργός έντασις του συνισταμένου ρεύματος, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ τῆς προσθέσεως τῶν δύο ρευμάτων ;

166. Λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως έχει έντασιν 25 κηρίων, αντίστασιν 440Ω και τροφοδοτεῖται με έναλλασσόμενον ρεύμα ἔχον ενεργὸν τάσιν 110 Volt. Πόση είναι ή μεγίστη έντασις του ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν λαμπτήρα και πόση είναι ή καταναλισκόμενη ἰσχύς κατὰ κηρίον ;

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματίζεται.—'Ο μετασχηματιστῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία Π_1 και Π_2 , τὰ ὁποῖα τυλίσσονται εἰς τὰς πλευράς πλαισίου ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (σχ.241).

Τὸ πηνίον Π_1 καλεῖται πηνίον ὑψηλῆς τάσεως (ἢ πρωτεῦον) και ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀλίγας σπείρας χονδροῦ σύρματος. Τὸ πηνίον Π_2 καλεῖται πηνίον ὑψηλῆς τάσεως (ἢ δευτερεῦον) και ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος. Τὸ πηνίον Π_1 συνδέεται με τὸν ἐναλλακτῆρα. Τὸ δὲ πηνίον Π_2 συνδέεται με τὸ κύκλωμα μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ



Σχ. 241. Η έναλλασσόμενη μαγνητική ροή Φ , τὴν ὁποίαν παράγει τὸ πρωτεῦον ρεύμα, δημιουργεῖ έντὸς τοῦ δευτερεῦοντος πηνίου Π_2 τὸ έναλλασσόμενον δευτερεῦον ρεύμα.

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἑκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

τοῦ πηνίου Π_1 χαμηλῆς τάσεως διαβιβάζεται τὸ πρῶτεῦον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἔχει συχνότητα N , ἐνεργὸν τάσιν U_1 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_1 . Τότε ἐντὸς τοῦ μαλακοῦ σιδήρου παράγεται ἐναλλασσόμενη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία, διερχομένη διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Π_2 , δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα τῆς αὐτῆς συχνότητος N . Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται δευτερεῦον ρεῦμα καὶ ἔχει ἐνεργὸν τάσιν U_2 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_2 . Πειραματικῶς εὐρίσκεται ὅτι ἡ ἰσχὺς $U_1 I_1$ τοῦ πρῶτευόντος ρεύματος εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχὺν $U_2 I_2$ τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἥτοι εἶναι :

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \text{ἢ} \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐὰν v_1 καὶ v_2 εἶναι ἀντιστοίχως ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πρῶτευόντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, τότε εὐρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Ὁ λόγος $\frac{v_2}{v_1}$ καλεῖται λόγος μετασχηματισμοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς :

I. Αἱ ἐνεργοὶ τάσεις εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

II. Αἱ ἐνεργοὶ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

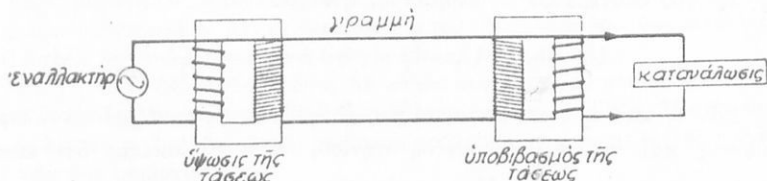
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Παράδειγμα. Ἐὰν εἶναι $v_1 = 10$ σπεῖραι, $v_2 = 500$ σπεῖραι, $U_1 = 1000$ Volt καὶ $I_1 = 500$ Ampère, τότε διὰ τὸ δευτερεῦον ρεῦμα εἶναι :

$$\text{ἡ τάσις : } U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \cdot 50 = 50000 \text{ Volt}$$

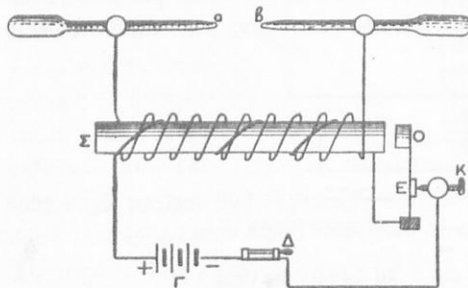
$$\text{ἡ ἔντασις : } I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—Οἱ μετασχηματισταὶ χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ νὰ προκαλοῦμεν κατὰ βούλησιν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἀπώλεια ἐνεργείας κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως εἶναι ἀσήμαντος καὶ ἀνέρχεται εἰς 2 ἕως 5%. Χάρis εἰς τοὺς μετασχηματιστάς καθίσταται σήμερον δυνατὴ ἡ μεταφορὰ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Οὕτω τὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα παράγονται εἰς τοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἡλεκτροπαραγωγῆς, μεταφέρονται εἰς τὸν τόπον



Σχ. 242. Μεταφορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑπὸ ὑψηλὴν τάσιν. τῆς κατανάλωσεως ὑπὸ τάσεις 20 000 ἕως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτο εἰς τὸν σταθμὸν ἡλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑψώσεως τῆς τάσεως. Ἀντιθέτως εἰς τὸν τόπον κατανάλωσεως ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως (σχ. 242). Εἰς πολλὰς ἄλλας ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται σήμερον μικροὶ μετασχηματισταί, ὅπως π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος, τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ, εἰς διάφορα ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια κ.ά.

209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.—Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (ἢ πηνίον τοῦ Ruhmkorff) εἶναι ὄργανον ἀνάλογον πρὸς τὸν μετασχηματιστήν.



Σχ. 243. Ἐπαγωγικὸν πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον τροφοδοτεῖται μὲ συνεχές ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ παρέχει ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν μεταβολὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρωτεύον πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδή-

ρου, περίξ τοῦ ὁποῖου τυλίσσονται αἱ ὀλίγαι σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (σχ. 243). Τὸ δευτερεῦον πηνίον, ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰς σπεῖρας λεπτοῦ σύρματος, περιβάλλει τὸ πρωτεῦον πηνίον. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου καταλήγουν εἰς δύο ἀγωγούς α καὶ β. Αἱ διακοπαὶ καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον γίνονται μὲ τὴν βοήθειαν διακόπτου, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ ὅπως καὶ ὁ διακόπτης τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος. Κατὰ τὴν $\delta \iota \alpha \kappa \omicron \pi \eta \nu$ τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ὁ μ ὁ ρ ρ ο ν πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Κατὰ τὴν ἀ π ο κ α τ ᾱ σ τ α σ ι ν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ἄ ν τ ῖ ρ ρ ο ν πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Οὕτω μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσομένη τάσις, ἡ ὁποία ἀνέρχεται εἰς πολλὰς χιλιάδας Volt, διότι αἱ σπεῖραι τοῦ δευτερεύοντος πηνίου εἶναι πολὺ περισσότεραι ἀπὸ τὰς σπεῖρας τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (§ 207). Μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν α καὶ β παράγονται τότε ἐναλλασσόμενοι ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Οὗτοι ἀποδεικνύουν ὅτι ἡ ἀναπτυσσομένη ὑψηλὴ τάσις μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β καθιστᾷ δυνατὴν τὴν διέλευσιν τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀέρος. Ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου δευτερεύοντος ρεύματος εἶναι ἴση πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διακοπῶν τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος. Διὰ τὰ ἐπιτύχωμεν αὐξήσιν τῆς συχνότητος, χρησιμοποιούμεν εἰδικούς διακόπτας, οἱ ὁποῖοι προκαλοῦν πολλὰς χιλιάδας διακοπῶν τοῦ ρεύματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σφαιρῶν ὑπερβῇ ἓν ὄριον, τότε σχηματίζονται σπινθῆρες μόνον ἐκ τῆς μιᾶς σφαίρας πρὸς τὴν ἄλλην. Οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν **ὑψισύχνων ρευμάτων**, τὰ ὁποῖα εὐρίσκουν διαφόρους ἐφαρμογὰς (ιατρική, βενζινοκινητῆρες, ἀσύρματος τηλεγραφία κ.ἄ.)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

167. Θέλομεν νὰ ὑποβιβάσωμεν τὴν ἐνεργὸν τάσιν τοῦ ρεύματος ἀπὸ 220 Volt εἰς 5 Volt. Ἐὰν τὸ δευτερεῦον πηνίον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχη 8 σπεῖρας, πόσας σπεῖρας πρέπει νὰ ἔχη τὸ πρωτεῦον πηνίον;

168. Εἰς μετασχηματιστὴν τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπεῖρας καὶ τὸ δευτερεῦον ἔχει 2 000 σπεῖρας. Εἰς τὸ πρωτεῦον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν 100 A. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 0,03 Ω.

Πόση είναι ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἐὰν ἡ ἐνεργὸς τάσις αὐτοῦ εἶναι 2200 Volt ;

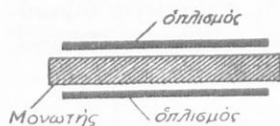
169. Μετασχηματιστὴς ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως ἔχει εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεῖον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεῦον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 3 000 Volt, τὸ δὲ δευτερεῖον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν R καὶ δαπανᾶται διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἀντιστάσεως R ἀναπτύσσεται θερμότης ἰσοδυναμοῦσα μὲ ἰσχύϊν 9 kW. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος καὶ πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις R ; Ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 1.

170. Μία ὑδατόπτωσης ἔχει ἰσχύϊν 100 kW καὶ τροφοδοτεῖ ὑδροστρόβιλον ἔχοντα ἀπόδοσιν 0,80. Ὁ στρόβιλος ἐξασφαλίζει τὴν λειτουργίαν ἐναλλακτῆρος, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀπόδοσιν 0,90 καὶ διδὲι ρεῦμα ὑπὸ ἐνεργὸν τάσιν 7200 Volt. Διὰ τῆς γραμμῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχομεν ἀπώλειαν ἐνεργείας 10% τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς μετασχηματιστὴν ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως. Ὁ λόγος μετασχηματισμοῦ εἶναι 3 000/50. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι 0,95. Τὸ δευτερεῖον ρεῦμα τροφοδοτεῖ λαμπτήρας, οἱ ὁποῖοι λειτουργοῦν ὑπὸ ἐνεργὸν ἔντασιν 0,75 A. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ περιλάβῃ τὸ δίκτυον ;

171. Ἐπαγωγικὸν πηνίον ἔχει τὰ ἐξῆς χαρακτηριστικὰ. Τὸ πρωτεῦον ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A, ἡ δὲ διακοπὴ αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς 0,001 sec. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = 0,05$ H. Τὸ δευτερεῖον πηνίον ἔχει 20 000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν 200 cm². Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον ;

ΠΥΚΝΩΤΑΙ

210. Πυκνωταί.— Εἰς πολλὰ κυκλώματα ἐναλλασσομένων ρευμάτων παρεμβάλλονται δι' ὠρισμένον σκοπὸν εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **πυκνωταί**. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας μεταλλικὰς πλάκας (σχ. 244), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑπάρχει στρῶμα μονωτικοῦ σώματος



Σχ. 244. Πυκνωτής.

(ὕαλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγίας, ἀήρ). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται ὀπλισμοί, τὸ δὲ στρῶμα τοῦ μονωτικοῦ σώματος καλεῖται διηλεκτρικόν. Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ὁ διακόπτης Δ ἐπιτρέπει νὰ συνδεθῶν οἱ δύο ὀπλισμοὶ B_1 καὶ B_2 τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε μεταξὺ τῶν. Κατὰ σειρὰν μὲ τὸν πυκνωτὴν εἶναι συνδεδεμένον β α λ λ ι σ τ ι κ ὸ ν γ α λ β α ν ὀ μ ε τ ρ ο ν Γ.

Τὸ ὄργανον τοῦτο δεικνύει δι' ἀποτόμου ἐκτροπῆς τῆς βελόνης τοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον διέρχεται δι' αὐτοῦ καὶ τὴν φοράν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. Ἄς ἐκτελέ-

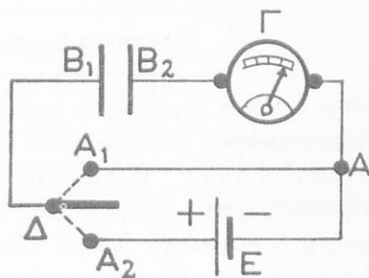
σωμεν τώρα τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

α) Φέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_1 . Ἡ βελὼνῃ τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλίνει, ἄρα δὲν διῆλθεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον.

β) Φέρομεν τὸν διακόπτην εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_2 . Ἡ βελὼνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται διὰ μίαν στιγμὴν καὶ ἀμέσως ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.

Διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q .

γ) Ἐπαναφέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_1 . Ἡ βελὼνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τώρα κατ' ἀντίθετον φοράν καὶ δεικνύει ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν τὸ αὐτὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q , ἀμέσως δὲ ἡ βελὼνῃ ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.



Σχ. 245. Φόρτισις καὶ ἐκφόρτισις πυκνωτοῦ.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἐρμηνεύονται ὡς ἐξῆς: "Ὅταν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μὲ τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας κυκλοφορεῖ ἐντὸς τοῦ κυκλώματος διὰ μίαν στιγμὴν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q καὶ μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἴση μὲ ἐκείνην, ἥ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται. "Ὅταν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μεταξὺ τῶν δι' ἐνὸς σύρματος ($A_1 A$) τότε ὁ πυκνωτὴς ἐκκενοῦται παρέχων εἰς τὸ κύκλωμα τὸ αὐτὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q . Μετὰ τὴν ἀκαριαίαν ἐκκένωσιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ γίνεται ἴση μὲ μηδέν. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q , τὸ ὅποιον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὅποιον ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ καλεῖται **ἡλεκτρικὸν φορτίον** τοῦ πυκνωτοῦ.

211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους γεννητριῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διαφόρους ἡλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις (σχ. 245), εὐρίσκομεν διὰ τοῦ βαλλιστικοῦ γαλβανομέτρου ὅτι:

Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του.

$$\text{ἡλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ: } Q = C \cdot U$$

ὅπου C εἶναι συντελεστὴς χαρακτηριστικὸς τοῦ πυκνωτοῦ καὶ καλεῖται **χωρητικότητα** τοῦ πυκνωτοῦ (κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὴν χωρητικότητα ἀγωγοῦ § 145). Ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ μετρεῖται εἰς Farad (ἢ microfarad) καὶ φανερώνει πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ ὁ πυκνωτής, διὰ νὰ αὐξηθῇ κατὰ 1 Volt ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι:

Ἡ χωρητικότης (C) τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας (σ) τῶν ἀπέναντι ἀλλήλων ὀπλισμῶν του, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ πάχος (l) τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.

$$\text{χωρητικότης πυκνωτοῦ: } C = \epsilon \cdot \frac{\sigma}{4\pi l}$$

Ὁ συντελεστὴς ϵ ἀναφέρεται εἰς τὸ διηλεκτρικὸν καὶ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερά**. Διὰ τὸν ἀέρα εἶναι $\epsilon = 1$.

Διηλεκτρικὴ σταθερά			
Ἀῆρ	1	Μαρμαρυγίας	6 - 8
Παραφίνη	2,1	Ῥαλλος	5 - 7
Χάρτης	2,5	Οινόπνευμα	25
Ἐβονίτης	2,6	Ῥδωρ	80

Παράδειγμα. Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτίνος 20 cm, χωρίζονται μετὰ πλάκα ὕψους πάχους 2 mm. Διὰ τὴν ὕαλον εἶναι $\epsilon = 6$. Ὁ πυκνωτὴς οὗτος ἔχει χωρητικότητα:

$$C = \frac{6 \cdot 400 \pi}{4 \pi \cdot 0,2} = 3000 \text{ C.G.S.}$$

$$\text{ἢ } C = \frac{3 \cdot 10^9}{9 \cdot 10^5} = \frac{1}{300} \mu\text{F}$$

212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἀγω-

γαῦ, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ, εὐρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ, εἶναι :

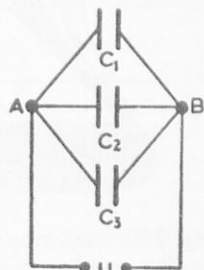
$$\text{ἐνέργεια πυκνωτοῦ: } W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν ἡ χωρητικότης ἐνὸς πυκνωτοῦ εἶναι $C = 1 \mu\text{F}$ καὶ ὁ πυκνωτὴς φορτισθῇ ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000 \text{ Volt}$, τότε ἡ ἀποταμιευμένη ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἐνέργεια εἶναι :

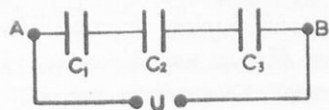
$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^6} \cdot (10\,000)^2 = 50 \text{ Joule}$$

213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—Διὰ τῆς συνδέσεως πολλῶν πυκνωτῶν λαμβάνομεν **συστοιχίαν πυκνωτῶν**. Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 246. Οὕτω μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εἶναι :

$$C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$$



Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ σειράν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

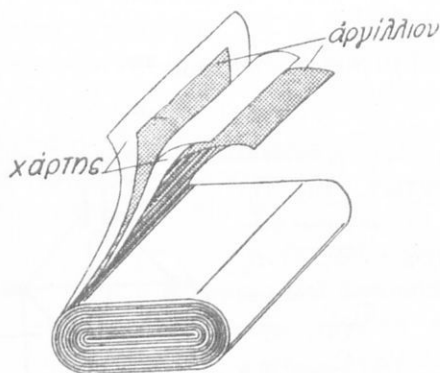


Σχ. 247. Σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειράν.

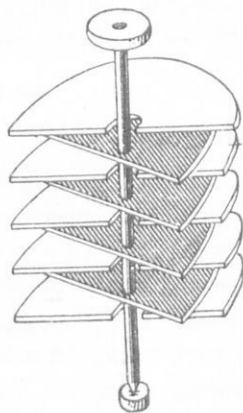
$$\frac{1}{C_{\text{ολ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

214. Μορφαὶ πυκνωτῶν. — Ὁ ἀνωτέρω ἐξετασθεὶς πυκνωτὴς

καλεῖται καὶ ἐπίπεδος πυκνωτής. Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται διάφοροι μορφαὶ πυκνωτῶν. Ὁ φυλλωτὸς πυκνωτής ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο στενὰ καὶ ἐπιμήκη φύλλα ἀργιλίου, μεταξύ τῶν ὁποίων παρεντίθεται ὡς διηλεκτρικὸν μία ταινία ἐκ παραφινωμένου χάρτου (σχ. 248). Οἱ ὀπλισμοὶ καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὥστε ὁ πυκνωτὴς νὰ ἔχῃ μικρὸν ὄγκον. Οἱ μεταβλητοὶ πυκνωταὶ ἔχουν συνήθως ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρα. Ὁ εἰς ὀπλισμὸς τῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σειρὰν ἀκινήτων ἡμικυκλικῶν



Σχ. 248. Φυλλωτὸς πυκνωτής.

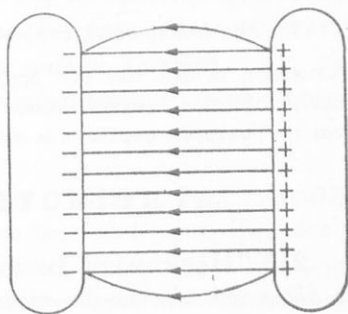


Σχ. 249. Μεταβλητὸς πυκνωτής.

πλακῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται μὲ μεταλλικὰς ράβδους (σχ. 249). Ὁ ἄλλος ὀπλισμὸς τῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὁμοίων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι στερεωμέναι ἐπὶ ἄξονος καὶ δύνανται νὰ εἰσάγωνται περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον μεταξύ τῶν μονίμων πλακῶν. Διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ κινητοῦ ὀπλισμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ τοιοῦτοι πυκνωταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται πυκνωταὶ μὲ ὑγρὰ διηλεκτρικά (π.χ. ὀρυκτέλαιον).

215. Ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίου.—Ὅταν ὁ πυκνωτὴς εἶναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὀπλισμῶν του ὑπάρχουν ἴσα ἐτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

των όπλισμών, αί όποιαί εύρίσκονται άπέναντι άλλήλων (σχ. 250). Μεταξύ των δύο παραλλήλων όπλισμών σχηματίζεται **όμογενές ηλεκτρικόν πεδίον**, του όποίου αί δυναμικά γραμμάι είναι εύθεταί παράλληλοι, ή δέ έντασις αυτού είναι σταθερά. Εύρίσκεται ότι :



Σχ. 250. Μεταξύ των όπλισμών του πυκνωτού σχηματίζεται όμογενές ηλεκτρικόν πεδίον.

Ή έντασις (E) του όμογενοϋς ηλεκτρικού πεδίου, τὸ όποϊον σχηματίζεται μεταξύ των όπλισμών του έπιπέδου πυκνωτού είναι ίση με τὸ πηλίκον τῆς τάσεως (U) μεταξύ των όπλισμών διὰ τῆς άποστάσεως (l) των δύο όπλισμών.

έντασις όμογενοϋς ηλεκτρικού πεδίου : $E = \frac{U}{l}$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

172. Έκαστος των όπλισμών έπιπέδου πυκνωτού έχει έπιφάνειαν 100 cm^2 . Μεταξύ των όπλισμών ύπάρχει στρώμα άέρος πάχους 1 mm . Ό εις όπλισμός του πυκνωτού συνδέεται με την γην, ό δε άλλος με πηγήν έχουσαν σταθερόν δυναμικόν 600 Volt . Πόση είναι ή χωρητικότητα και τὸ φορτίον του πυκνωτού ;

173. Δύο φύλλα άργιλλίου έχοντα διαστάσεις $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ είναι έπικολλημένα επί των δύο όψεων παραφινωμένου χάρτου, έχοντος πάχος $0,2 \text{ mm}$ και διηλεκτρικήν σταθεράν $2,5$. Πόση είναι ή χωρητικότητα του πυκνωτού ;

174. Πυκνωτής έχει χωρητικότητα $25 \mu\text{F}$. Πόση διαφορά δυναμικού πρέπει νά εφαρμοσθῇ μεταξύ των δύο όπλισμών του πυκνωτού, διὰ νά άποκτήσῃ οϋτος φορτίον $0,001 \text{ Cb}$; Πόσην ένέργειαν έχει τότε ό πυκνωτής ;

175. Τρεῖς πυκνωταί έχουν χωρητικότητα $1 \mu\text{F}$, $2 \mu\text{F}$ και $3 \mu\text{F}$. Πόση είναι ή χωρητικότης τῆς συστοιχίας, όταν οι πυκνωταί συνδεθοϋν παραλλήλως ή κατ' ασειράν ;

176. Ή άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών πυκνωτού είναι 4 cm και μεταξύ αϋτών ύπάρχει τάσις 60 Volt . Πόση είναι ή έντασις E του ηλεκτρικού πεδίου ;

177. Ή άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών έπιπέδου πυκνωτού είναι 3 cm .

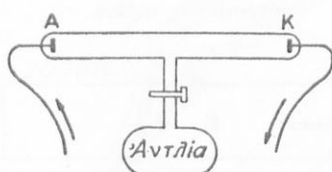
Πόση πρέπει νὰ εἶναι εἰς Volt ἢ μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν τάσις, ὥστε ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου νὰ εἶναι ἴση μὲ 10 C.G.S.:

178. Μία ἡλεκτρισμένη σταγὼν ἐλαίου, ἔχουσα μᾶζαν $\frac{12}{10^{12}}$ gr, διατηρεῖται

αἰωρουμένη μεταξύ τῶν δύο ὀριζοντίων ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ, οἱ ὁποῖοι ἀπέχουν μεταξύ των 2 cm καὶ παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 3 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τῆς σταγόνης; $g = 980$ C.G.S.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—"Ὅλα τὰ ἀέρια ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν εἶναι μονωταί. "Ἄς ἐξετάσωμεν ἂν τὰ ἀέρια ἐξακολουθοῦν νὰ ἔχουν τὴν ιδιότητα αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσις των εἶναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπιμήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὁ ὁποῖος



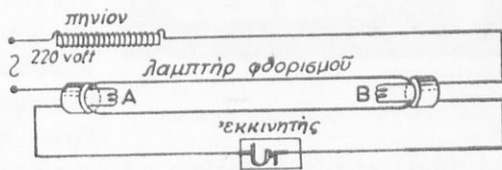
Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἡλεκτρικῶν ἐκκενώσεων.

εἰς τὰ δύο ἄκρα του φέρει συντετηγμένα δύο μεταλλικὰ ἡλεκτρόδια Α (ἄνοδος) καὶ Κ (κάθοδος). Εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἐφαρμόζομεν τάσιν πολλῶν χιλιάδων Volt συνδέοντες αὐτὰ μὲ κατάλληλον πηγὴν (π.χ. μὲ τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος ἑνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου).

Διὰ μιᾶς ἀεραντλίας δυνάμεθα νὰ ἐλαττώσωμεν προοδευτικῶς τὴν πίεσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. "Ὅταν ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, δὲν παραρητοῦμεν κανέν φαινόμενον ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. "Ὅταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ ἴση μὲ 40 mm Hg, τότε μεταξύ τῶν δύο ἡλεκτροδίων, σχηματίζεται ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ ἔχων τὴν μορφήν τοῦ κεραυνοῦ. Ἡ διέλευσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τῶν ἀερίων, ἡ συνοδευομένη ὑπὸ φωτεινῶν φαινομένων, καλεῖται **ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις**. "Ὅταν ἡ ἐλάττωσις τῆς πιέσεως προχωρήσῃ περισσότερον, ὁ σωλὴν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν στήλην, ἡ ὁποία καλεῖται **θετικὴ στήλη**. "Ολόκληρος τότε ὁ σωλὴν ἐκπέμπει ὁμοιόμορφον φῶς (**σωλὴν Geissler**). "Ὅταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ μικροτέρα τῶν 10 mm Hg, τότε ἡ θετικὴ στήλη ἀρχίζει νὰ ὀπισθοχωρῇ πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτεινὰ περιοχαί. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσις γίνῃ ἴση μὲ 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἀνωτέρω φωτεινὰ φαινόμενα ἐξαφανίζονται, τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινὸν καὶ μόνον τὰ τοιχώματα

τοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἐκπέμπουν ἀσθενές πρᾶσινον φῶς. Ὁ σωλὴν, ὅταν φθάσῃ εἰς αὐτὸν τὸν βαθμὸν τῆς ἀραιώσεως, ὀνομάζεται **σωλὴν Crookes**. Εἰς τὴν παρατιθεμένην ἐκτὸς κειμένου ἐγγράμμον εἰκόνα δεικνύονται τὰ διάφορα στάδια τῆς ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως.

217. Λαμπτήρες με ἀραιὸν ἀέριον.—Ὅταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος περιεχόμενον ἀέριον ἔχῃ πίεσιν περίπου ἴσην με 10 mm Hg, τότε ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀερίου ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις προκαλεῖ τὴν ὁμοίμορφον φωτοβολίαν τοῦ ἀερίου. Ἡ θερμοκρασία τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου εἶναι χαμηλὴ (κατωτέρα τῶν 100° C). Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτὸς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀερίου. Οὕτως ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω συνθήκας ὁ ἀήρ φωτοβολεῖ ἐκπέμπων ἰόχρουν φῶς, τὸ νέον ἐκπέμπει ὠραῖον ὑπέρυθρον φῶς κτ.λ. Ἡ δι' ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διέγερσις τῆς φωτοβολίας ἐνὸς ἀραιοῦ ἀερίου εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὸν φωτισμὸν διαφόρων χώρων καὶ τὴν κατασκευὴν διαφημιστικῶν ἐπιγραφῶν. Εἰς τὸ ἐμπόριον φέρονται καὶ μικροὶ λαμπτήρες με νέον (με ἡλεκτροδία εἰς σχῆμα σταυροῦ ἢ σωληνοειδῶν), λειτουργοῦντες ὑπὸ τὴν συνήθη τάσιν τῶν 110 ἢ 220 Volt. Οἱ χρησιμοποιούμενοι σήμερον λαμπτήρες με ἀραιὸν ἀέριον λειτουργοῦν καὶ με ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

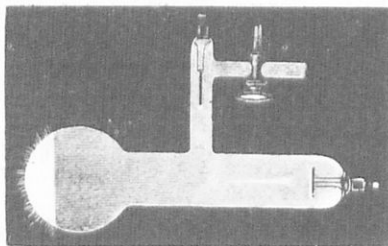


Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ὁ ἐκκινητὴς κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγω διαστολῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος σχήματος U.

Τελευταίως διεδόθη ἡ χρῆσις τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλῆνες, τῶν ὁποίων τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα ἐπιχρίονται με στρώμα φθορίζοντος σώματος. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἓν εὐγενές ἀέριον καὶ μία σταγὼν ὕδραργύρου. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος ὑπάρχουν ἡλεκτροδία (σχ. 252). Διὰ τὴν ἑναρξιν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἰδιαιτέρον σύστημα, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἐκκινητής. Οὗτος κλείει τὸ κύκλωμα τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ λαμπτήρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ συμβαίνει τότε ἐκκένωσις. Οἱ ἄτμοι τοῦ ὕδραργύρου ἐκπέμπουν ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος στρώματος. Τοῦτο ἐκπέμπει τότε

λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθως ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἕως 4 φορές μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.—Λαμβάνομεν ἓνα σωλῆνα Crookes κα-
ταλλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτροδία του ὑψη-



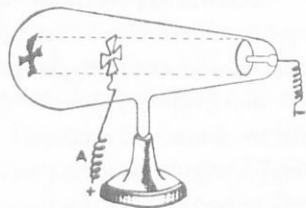
Σχ. 253. Σωλὴν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.

λὴν τάσιν (σχ. 253). Παρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτῖνες**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολουθοῦσας ιδιότητες :

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θείουχου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογρᾶφικὴν πλάκα καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὕαλος περιέχουσα μόλυβδον (κρυσταλλὸς) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαίδονται εὐθύγραμμως. Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἓν σῶμα, τότε ὅπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἡ σκιά τοῦ σώματος, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς ὠρισμένην περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).



Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαίδονται εὐθυγράμμως.

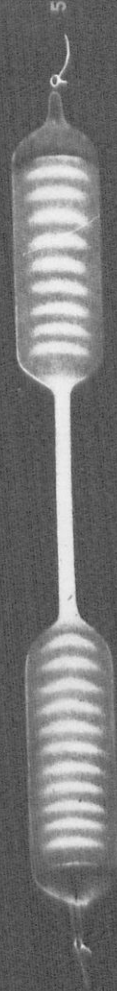
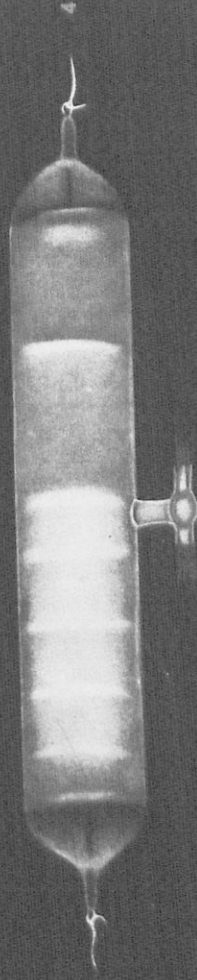
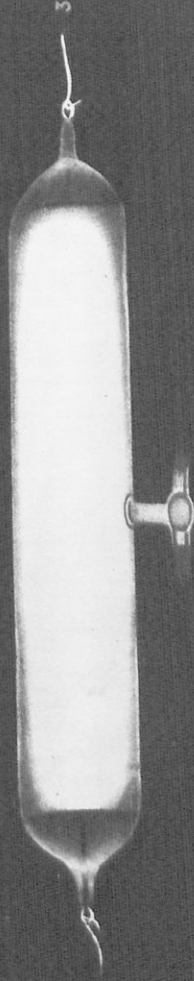
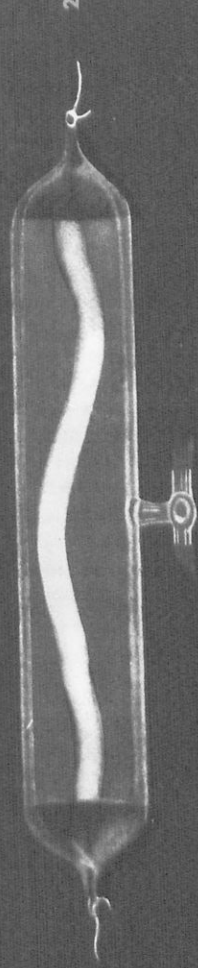
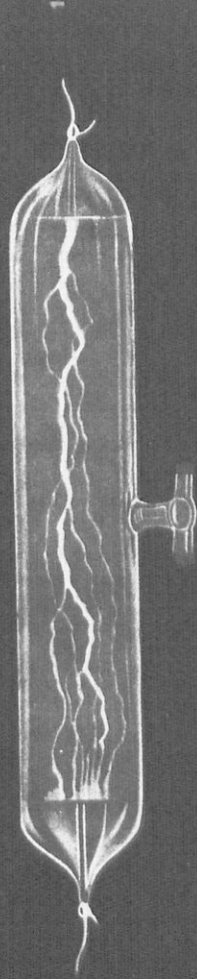
Διάφοροι φάσεις της ηλεκτρικής έκκενώσεως

1. Υπό την ατμοσφαιρικήν πίεσιν ὁ ηλεκτρικὸς σπινθήρ εἶναι διακλαδισμένος.
2. Υπό πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ $1/4$ τῆς ατμοσφαιρικῆς ὁ ηλεκτρικὸς σπινθήρ ἔχει τὴν ὄψιν ἐγχρώμου φωτεινῆς στήλης.
3. Υπό πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ $1/20$ τῆς ατμοσφαιρικῆς ὅλον τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ.
4. Υπό πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ατμοσφαιρικῆς ἐμφανίζονται σκοτειναὶ περιοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλήνος.
5. Υπό πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ατμοσφαιρικῆς τὸ στενὸν τμήμα τοῦ σωλήνος φωτοβολεῖ ἰσχυρότερον.



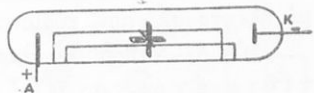
ANODI (+)

KATHODI (-)



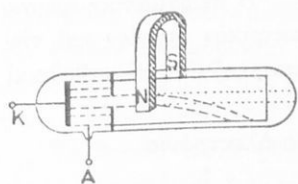
4) Αί καθοδικαί ἀκτίνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

5) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβάλωμεν εὐκίνητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα.

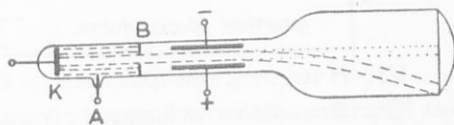
6) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἔχουν εἰσδυτικὴν ἱκανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλήνος ἀνοίγομεν ὀπήν, τὴν ὁποίαν κλείομεν μὲ λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5 cm ἀπὸ τῆς ὀπῆς.



Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

7) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Δι' ἐνὸς διαφράγματος φέροντος μικρὰν ὀπήν δημιουργοῦμεν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων (σχ. 256). Θέτομεν τὸν σωλῆνα μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων εἶναι ἡ ἰδίᾳ μὲ τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν θὰ ὑφίστατο ρεῦμα ἔχον φορὰν ἐκ τῆς ἀνόδου Α πρὸς τὴν κάθodon Κ.

8) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη ἀποδεικνύεται, ἐὰν μία λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων διέλθῃ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εὐρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλήνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται τότε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐλκόμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν ὀπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

9) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἡ ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ καὶ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἀποδεικνύει ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοποθετηθῇ μεμονωμένος κύλινδρος συνδεδεμένος μετ' ἡλεκτροσκόπιον, εὐρίσκεται ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτρίζεται ἀρνητικῶς.

10) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἔχοντα μᾶζαν. Ὄταν αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχωνται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὑφίστανται ὑπὸ τοῦ ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἐκτροπὴν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἓν σῶμα ἕνεκα τῆς ἑλξέως τῆς Γῆς, ὅταν τὸ σῶμα βάλλεται ὀριζοντίως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται εὐθυγράμμως.

219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσε νὰ προσδιορίσῃ τὴν μᾶζαν, τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ τὴν ταχύτητα τῶν σωματιδίων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Οὕτως εὐρέθη ὅτι :

I. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἡλεκτρονία.

II. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἴση μετ' ὁ $\frac{1}{1850}$ τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου, ἥτοι εἶναι ἴση μετ' $9,1 \cdot 10^{-28}$ gr.

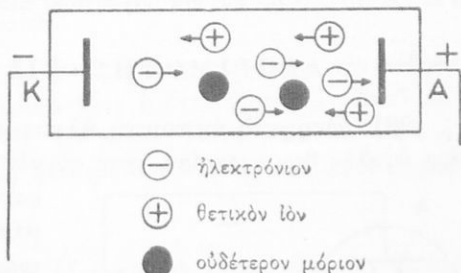
III. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἴσον μετ' ὁ στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

μᾶζα ἡλεκτρονίου	:	m =	$9,1 \cdot 10^{-28}$ gr
φορτίον ἡλεκτρονίου	:	e =	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb

VI. Ἡ ταχύτης τῶν ἡλεκτρονίων εἶναι 20 000 ἕως 100 000 km/sec καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου.

220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.— Ἐνεκα διαφορῶν αἰτίων ἀπὸ μερικὰ μόρια τῶν ἀερίων διαφεύγει ἓν ἡλεκτρόνιον καὶ Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἑκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

οὕτω τὰ μόρια αὐτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικὰ ἰόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ἡλεκτρόνιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μόριον, τὸ ὅποιον οὕτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ἰόν. "Ωστε μεταξύ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ αἵριου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. "Οταν τὸ αἷριον εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἰσχυροῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖται μεταξύ τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλήνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ αἵριου ἰόντα κατευθύνονται πρὸς τὸ ἐν ἧ τὸ ἄλλο ἡλεκτρόδιον ἀναλόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ φορτίου των. Τὰ ἰόντα αὐτὰ συγκρούονται μὲ οὐδέτερα μόρια τοῦ αἵριου. "Ενεκα τῆς συ-



Σχ. 258. Ἴονισμὸς τοῦ αἵριου διὰ κρούσεως.

κρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ αἵριου ἐκφεύγουν ἡλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἡλεκτρόνια ἀποκτοῦν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἀνόδον συγκρούονται μὲ μόρια τοῦ αἵριου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθερῶν ἡλεκτρονίων καὶ θετικῶν ἰόντων, δηλαδή προκαλοῦν **ἰονισμὸν τοῦ αἵριου**.

Τὰ θετικὰ ἰόντα φθάνουν εἰς τὴν κάθοδον καὶ παραλαμβάνουν ἐξ αὐτῆς ἡλεκτρόνια διὰ τὴν ἐξουδετέρωσίν των· τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ ἐκφεύγουν μετ' ὀλίγον κατὰ μίαν νέαν σύγκρουσιν τῶν μορίων μὲ ταχέως κινούμενα ἡλεκτρόνια. "Ωστε:

Ἡ παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλήνος Crookes ὀφείλεται εἰς ἰονισμὸν τοῦ αἵριου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (ἰονισμὸς κρούσεως).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

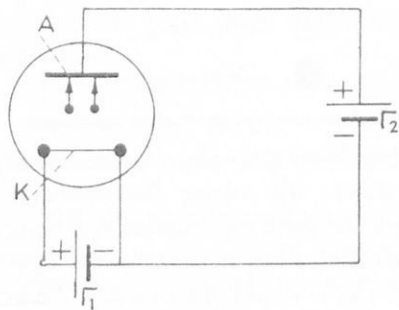
179. Εἰς ἓνα σωλήνα Crookes ὑπάρχει μεταξύ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου τάσις $U = 100\,000$ Volt. Πόσῃν ταχύτητά ἀποκτᾷ ἐν ἡλεκτρόνιον, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου; Μᾶζα ἡλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-31}$ gr. Φορτίον ἡλεκτρονίου κατ' ἀπὸλυτον τιμὴν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

180. Πόσση κινητική ἐνέργειαν ἔχει ἓν ἠλεκτρόνιον κινούμενον μὲ ταχύτητα $v = 100\,000 \text{ km/sec}$; Μᾶζα ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28} \text{ gr.}$

181. Ἡλεκτρόνιον κινεῖται μὲ ταχύτητα $v = 60\,000 \text{ km/sec}$ ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Τὴ τροχίαν διαγράφει τὸ ἠλεκτρόνιον; Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ στοιχεῖα τῆς τροχιάς. Μᾶζα ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28} \text{ gr.}$ Φορτίον ἠλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμὴν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb.}$ Ὑπὸ τῆς μαγνητικοῦ πεδίου $H = 150 \text{ Gauss.}$

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ

221. **Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων.**— Ὅταν ἓν μέταλλον ἔχῃ ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, τότε τὸ μέταλλον ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων** ἢ φαινόμενον **Edisson** καὶ παρατηρεῖται εὐκόλως μὲ τὴν διατάξιν τοῦ σχήματος 259. Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρος ὑπάρχει μεταλλικὸν σύρμα K , τὸ ὁποῖον διαπυρρώνεται διὰ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον παρέχει ἡ γεννήτρια Γ_1 . Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει καὶ μία μεταλλικὴ



ΣΧ. 259. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων.

πλάξ A , ἡ ὁποία συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον ἰσχυρᾶς γεννήτριας Γ_2 , τῆς ὁποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννήτριας Γ_1 . Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ κύκλωμα τῆς πλάκας A διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Τὸ διάπυρον σύρμα K ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἔλκονται ὑπὸ τῆς πλάκας A καὶ οὕτω κλείεται τὸ κύκλωμα. Ἐὰν ὁμοίως διακοψώμεν τὴν σύνδεσιν τῆς πλάκας A μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννήτριας Γ_2 , τότε διακόπτεται καὶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλάκας. Διότι τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπει τὸ διάπυρον σύρμα K , σχηματίζουν περὶ τὸ σύρματος « νέφος ἠλεκτρονίων », τὸ ὁποῖον ἀναγκάζει τὰ ἐξερχόμενα νέα ἠλεκτρόνια νὰ ἐπανεέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτως εἰς τὴν πλάκα A δὲν φθάνουν ἠλεκτρόνια. Ὁ ἀνωτέρω χρησιμοποιηθεὶς σωλὴν καλεῖται **δίοδος ἠλεκτρονικὸς σωλὴν** ἢ καὶ **δίοδος λυχνία**, ἐπεὶ δὲ ἔχει δύο ἠλεκτρόδια, τὸ σύρμα καὶ τὴν πλάκα. Τὸ σύρμα K καλεῖται **κάθοδος**,

ή δὲ πλάξ Α καλεῖται **ἄνοδος**. Τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα τῆς πλακῆς, καλεῖται **ἀνοδικὸν ρεῦμα**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξε λοιπὸν ὅτι :

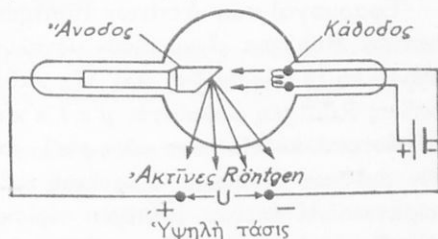
Τὰ μέταλλα εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν ἐκπέμπουν ἠλεκτρόνια. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ μονάδα χρόνου ἐκπεμπομένων ἠλεκτρονίων αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Εἰς τὴν δίοδον λυχνίαν, ὅταν ὅλα τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια φθάνουν εἰς τὴν ἄνοδον, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην τιμὴν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ρεῦμα κόρου**. Ἡ θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων εὐρίσκει σήμερον πολλὰς ἐφαρμογὰς.

222. Ἀκτῖνες Röntgen.— Ὁ Röntgen ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ τοιχώματα τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐκπέμπουν μίαν νέαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία ἐπεκράτησεν νὰ καλεῖται **ἀκτῖνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι :

Ὅταν ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτῖνας Röntgen.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐκρησιμοποιοῦντο κατ' ἀρχὰς καθοδικοὶ σωλῆνες. Σήμερον χρησιμοποιοῦνται οἱ **σωλῆνες Coolidge**, οἱ ὅποιοι εἶναι σωλῆνες κενοῦ, τὰ δὲ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος ἠλεκτρόνια τὰ παρέχει μία διαφυρομένη **κάθοδος** (σχ. 260). Ἀπέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βολφράμιον), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν **ἄνοδον**. Αὕτη συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ὑψηλῆς τάσεως (50 000 ἕως 250 000 Volt). Τὸ μετὰ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου παραγόμενον ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν πεδίων προσδίδει πολὺ μεγάλην ταχύτητα εἰς τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια. Ταῦτα προσπίπτουν



Σχ. 260. Σωλὴν Coolidge διὰ τὴν παραγωγὴν ἀκτίνων Röntgen.

ἐπὶ τῆς ἀνόδου (ἀντικάθοδος) καὶ τὴν καθιστοῦν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες :

1) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων, ὅπως π.χ. τοῦ κυανίουχου βαριολευκοχρύσου.

2) Προκαλοῦν χημικὰ φαινόμενα καὶ προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Οὕτω π.χ. προκαλοῦν μεταβολὴν τοῦ χρώματος διαφόρων πολυτίμων λίθων.

3) Προκαλοῦν ἰσχυρὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων καὶ διὰ τοῦτο καθιστοῦν τὸν ἀέρα ἀγωγόν, ἕνεκα τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων ἰόντων.

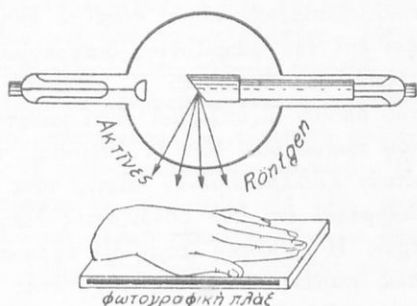
4) Διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταφέρουν ἠλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἐπιδροῦν ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώντων ὁργανισμῶν καὶ προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις.

6) Ἐχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ἱκανότητα καὶ διέρχονται διὰ μέσου σωμάτων, τὰ ὅποια εἶναι ἀδιαφανῆ διὰ τὸ φῶς. Τὰ σώματα τὰ ἀποτελούμενα ἀπὸ στοιχεῖα μὲ μικρὸν ἀτομικὸν βάρος (π.χ. οἱ ὑδατάνθρακες καὶ τὰ λευκώματα) εἶναι πολὺ διαφανῆ εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Γενικῶς ἡ διαφάνεια τῶν σωμάτων εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen ἐλαττώνεται, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ σῶμα.

Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ διεισδυτικὴ ἱκανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου. Αἱ ὀλιγώτερον διεισδυτικαὶ ἀκτῖνες Röntgen καλοῦνται μαλακαὶ ἀκτῖνες, αἱ δὲ περισσότερον διεισδυτικαὶ καλοῦνται σκληραὶ ἀκτῖνες. Ἡ διεισδυτικὴ ἱκανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν διαφόρων σωμάτων. Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εὐρίσκουν σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ἱατρικὴν. Ἐμπροσθεν τοῦ σωλήνος παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen τοποθετεῖται ὑαλινὴ πλάξ, τῆς ὁποίας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στρῶμα κυανίουχου βαριολευκοχρύσου. Ἐὰν μεταξὺ τοῦ σωλήνος καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοποθετήσωμεν τὴν χεῖρα μας, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματίζεται ἡ σκιά τῶν ὁστῶν

τῆς χειρός, διότι αἱ σάρκες εἶναι διαφανεῖς εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινοσκόπησις** (σχ. 261). Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφραγμα μὲ φωτογραφικὴν πλάκα, τότε ἐπὶ τῆς πλακὸς ἀποτυπώνεται ὁ σκελετὸς τῆς χειρός. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινογραφία**. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν δοσφόρους βιολογικὰς δράσεις, διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται πρὸς θεραπευτικούς σκοπούς. Γενικῶς αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen εἰς τὴν ἰατρικὴν ἀποτελοῦν σήμερον ἰδιαίτερον κλάδον (**ἀκτινολογία**). Εἰς διαφόρους κλάδους τῆς τεχνικῆς χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης αἱ ἀκτῖνες Röntgen διὰ τὴν μελέτην διαφόρων ὑλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἐρεῦνας καὶ ἰδιαίτέρως διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

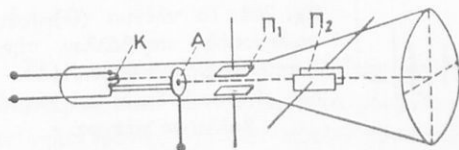


Σχ. 261. Ἀκτινοσκόπησις.

223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, τελείως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ἔχουσα πολὺ μικρὰ μήκη κύματος (μικρότερα τοῦ $0,01 \mu = 100 \text{ \AA}$).

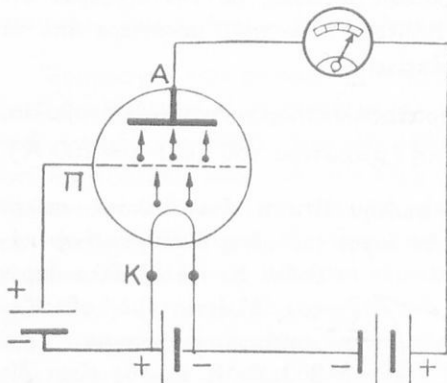
224. Σωλὴν Braun.— Ὁ **σωλὴν Braun** εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον του φέρει διαπυρουμένην κάθοδον K, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον του κλείεται μὲ φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262.). Ἡ ἄνοδος εἶναι δίσκος, ὁ ὅποιος εἰς τὸ μέσον του φέρει μικρὰν ὀπτήν. Τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια διέρ-



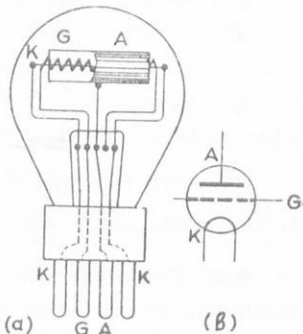
Σχ. 262. Σωλὴν Braun.

χονται διὰ τῆς ὁπῆς, ἀποτελοῦν λεπτήν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς ἐπιπέδου πυκνωτοῦ Π_1 . Ὅταν ὁ πυκνωτὴς Π_1 εἶναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη, εἶναι εὐθύγραμμος. Ἐὰν ὅμως οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ Π_1 ὑπάρχει δεύτερος ἐπίπεδος πυκνωτὴς Π_2 , τοῦ ὁποῖου οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐὰν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ Π_2 ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὀριζοντίαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἀδράνειαν καὶ συνεπῶς παρακολουθεῖ τὰς ταχυτάτας μεταβολὰς τῆς τάσεως τῶν δύο πυκνωτῶν. Οὕτω τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης δύναται νὰ μετακινῇται ταχύτατα καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Ὁ σωλὴν Braun χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (σπουδῇ ταχέως ἐναλλασσομένων ρευμάτων, δέκτης ραντάρ, τηλεόρασις κ.ἄ.).

225. Τρίοδος λυχνία.— Ἡ τρίοδος λυχνία εἶναι κοινὴ δίοδος λυχνία, εἰς τὴν ὁποίαν ἔχει προστεθῇ τρίτον ἡλεκτρόδιον. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίοδος λυχνία.

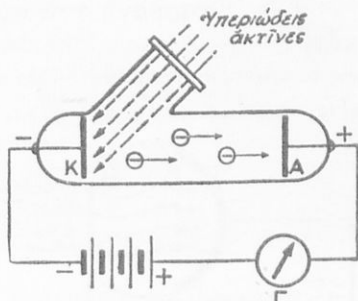


Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδές, περιβάλλον τὴν διαπυρουνμένην κάθοδον. Ἡ ἀνοδος εἶναι κυλινδρική καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

καὶ παρεμβάλλεται μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ

πλέγμα αποτελείται συνήθως από σύρμα μολυβδαινίου, τὸ ὁποῖον ἔχει περιτυλιχθῇ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον (σχ. 264). Ἐξωθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνόδος, ἡ ὁποία ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου καὶ ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐνισχύεται. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ πλέγμα συνδεθῇ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐξασθενίζει σημαντικῶς ἢ καὶ διακόπτεται τελείως. Ἡ τριόδος λυχνία εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι μὲ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράοδος, πεντάοδος, ὀκτάοδος κ.τ.λ. λυχνία).

226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.— Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα εἶναι συνδεδεμένα μὲ τοὺς δύο πόλους γεννητρίας (σχ. 265). Ἀφήνομεν νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς καθόδου ὑπεριώδεις ἀκτίνες. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐξερχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται **φωτοηλεκτρόνια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον K ἀποσπῶνται ἠλεκτρόνια.

Ὅταν ἐπὶ τῶν μετάλλων προσπίπτουν ἀκτινοβολαὶ (φωτειναί, ὑπεριώδεις, Röntgen), τότε ἀποσπῶνται ἐκ τῶν μετάλλων ἠλεκτρόνια.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**. Ἰδιαιτέρως ἀπὸ τὸ καίσιον, τὸ ρουβίδιον, καὶ τὸ κάλιον ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια, ὅταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτουν ὁρατὰ ἀκτινοβολαὶ. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι :

Ι. Ἡ ἀπόσπασις φωτοηλεκτρονίων ἀπὸ ἓν μέταλλον εἶναι δυνατὴ μόνον, ὅταν τὸ μήκος κύματος τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας εἶναι μικρότερον ἑνὸς ὠρισμένου μήκους κύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ μέταλλον.

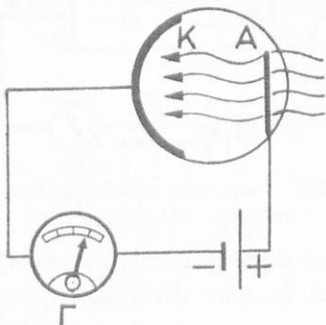
ΙΙ. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀποσπασμένων φωτοηλεκτρονίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ παραγομένου φωτοηλεκτρονίου δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον **φωτοηλεκτρικὴν ἐξίσωσιν τοῦ Einstein** :

$$\text{φωτοηλεκτρικὴ ἐξίσωσ Einstein : } \frac{1}{2} m v^2 = h\nu - W_0$$

ὅπου $h\nu$ εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας καὶ W_0 εἶναι μία σταθερὰ τοῦ μετάλλου. Ἡ σταθερὰ αὕτη καλεῖται $\epsilon \rho \gamma \omicron \nu \epsilon \xi \alpha \gamma \omega \gamma \tilde{\eta} \varsigma$, διότι ἐκφράζει τὸ ἔργον τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι συγκρατοῦν τὸ ἡλεκτρόνιον ἐντὸς τοῦ μετάλλου.

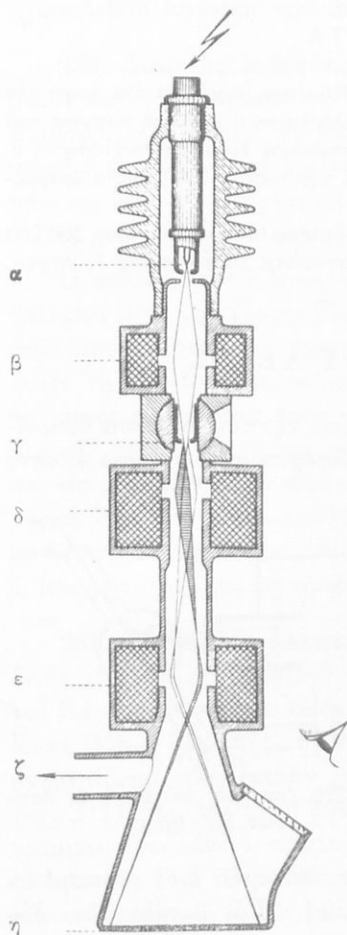
227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον εὐρίσκει μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὸ **φωτοκύτταρον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ὕαλινον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος εἶναι τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώμα καλίου, τὸ ὁποῖον ἐπικαλύπτει μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σωλῆνος (σχ. 266). Ἡ ἄνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἢ κυκλικὸν μεταλλικὸν ἡλεκτρόδιον. Ὄταν ἐπὶ τῆς καθόδου προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου παρακολουθεῖ τὰς μεταβολὰς τῆς προσπιπτούσης φωτεινῆς ροῆς. Τὰ παραγόμενα ἀσθενῆ ρεύματα ἐνισχύονται διὰ καταλλήλου διατάξεως.



Σχ. 266. Φωτοκύτταρον.

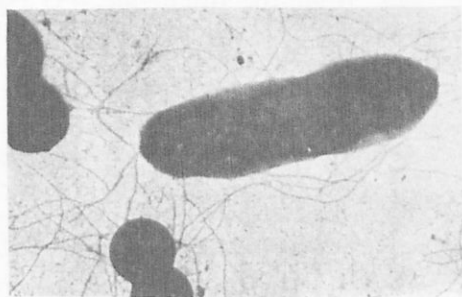
Τὸ φωτοκύτταρον εἶναι σήμερον πολὺτιμος συσκευή καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ὁμιλῶν κινηματογράφος, αὐτόματος ἔλεγχος καὶ ρύθμισις τῆς λειτουργίας μηχανῶν, τηλεφωτογραφία, τηλεόρασις, ρύθμισις κυκλοφορίας ὁχημάτων κ.ἄ.).

228. Ήλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίων ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς δέσμης τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, ὅπως ἀκριβῶς ἐνεργεῖ καὶ ὁ φακὸς ἐπὶ μιᾷ δέσμῃ τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Διὰ τοῦτο τὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ αὐτὰ πεδία καλοῦνται **ἡλεκτρικοὶ ἢ μαγνητικοὶ φακοί**. Ἐκμετάλλευσις τῶν φακῶν τούτων γίνεται σήμερον εἰς τὸ **ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον**, διὰ τοῦ ὁποίου ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 500 000, ἐνῶ διὰ τῶν καλυτέρων ὀπτικῶν μικροσκοπίων ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 2 000. Τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου λαμβάνε-



Σχ. 267. Τομή τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου.

α κάθοδος, β συναγωγὸς φακός, γ ἀντικείμενον, δ ἀντικειμενικὸς φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀντλία, η φθορίζον διάφραγμα.



Σχ. 268. Φωτογραφία βακτηριοφάγου ληφθεῖσα μὲ τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον. Μεγέθυνσις 20 000.

ται εἴτε ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος εἴτε ἐπὶ φωτογραφικῇ πλாகῇ. Εἰς τὴν σχηματικὴν διάταξιν 267 οἱ φακοὶ εἶναι πηγία, τὰ ὅποια δημιουργοῦν τὰ κατάλληλα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια διανοίγει τελείως νέους ὁρίζον-

τας ἐρεῦνης (σχ. 268). Τοῦτο ἔχει σήμερον ἰδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὴν Βιολογίαν καὶ τὴν Μικροβιολογίαν.

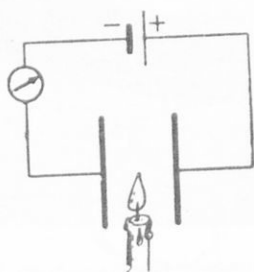
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κροῦσιν τοῦ ἡλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου ὁλόκληρος ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen συχνότητος ν . Νὰ εὐρεθῇ σχέσις μεταξὺ τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς τάσεως U , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸν σωλῆνα.

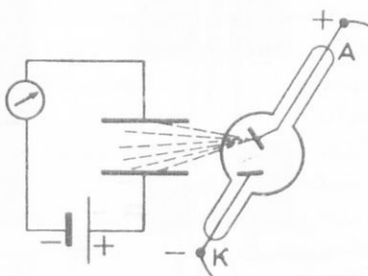
183. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἐφαρμόζεται τάσις 500 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας Röntgen. Σταθερὰ Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ἴονισμός τοῦ αέρος.—Ὁ ἀήρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὅμως διαφόρων αἰτίων ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ



Σχ. 269. Ἴονισμός τοῦ αέρος διὰ φλογός.



Σχ. 270. Ἴονισμός τοῦ αέρος δι' ἀκτίνων Röntgen.

σημαντικὴν ἀγωγιμότητα. Μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ φέρομεν φλόγα κηρίου (σχ. 269). Ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν ὑπάρχῃ ὑψηλὴ διαφορά δυναμικοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι, μόλις φέρομεν τὴν φλόγα μεταξὺ τῶν ὅπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ἴδιον συμβαίνει, ἐὰν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν χώρον εἰσχωροῦν καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἢ ἀκτῖνες Röntgen (σχ. 270). Ἡ ἀγωγιμότης αὐτὴ τοῦ αέρος ὀφείλεται εἰς Ἴονισμόν τοῦ αέρος. Ἐκ τοῦ πειράματος εὐρέθη ὅτι :

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

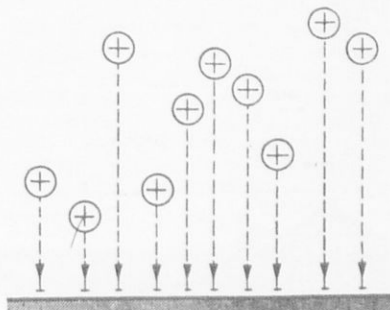
Υπό την επίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgen ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ ἀγωγιμότητα, ἐπειδὴ προκαλεῖται ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.

230. Διαρκὴς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.— Ἐν ἡλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον ἡλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται, ὅταν παραμείνῃ ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ἡ ἐκφόρτισις εἶναι πολὺ ταχύτερα ἐντὸς ὑπογείων ἢ σπηλαίων καὶ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὑπάρχουν πάντοτε θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα. Ὡστε :

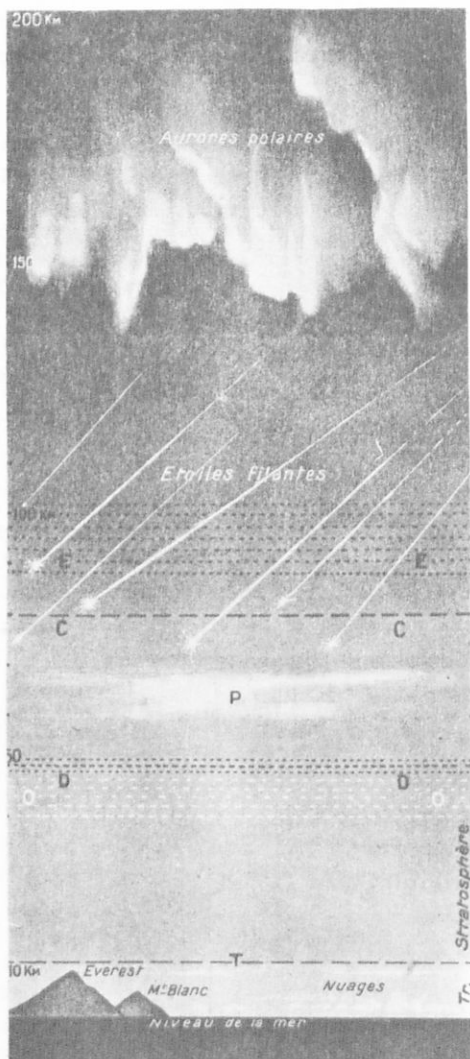
Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ εἶναι πάντοτε ἰονισμένος.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους. Εἰς ὕψος ἄνω τῶν 100 km παρατηρεῖται μία ἀπότομος αὐξήσις τῆς ἀγωγιμότητος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ στρῶμα τοῦτο τῆς ἀτμοσφαίρας καλεῖται **ιονόσφαιρα**. Ὁ ἰσχυρὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕψος τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸν ἥλιον, καὶ εἰς μίαν ἰδιαιτέραν ἀκτινοβολίαν, ἣ ὁποία φθάνει εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ ἣ ὁποία καλεῖται **κοσμικὴ ἀκτινοβολία**. Εἰς τὰ ἀνωτέρω αἷτια ἀποδίδεται γενικῶς ὁ ἰονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

231. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.—Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος πλεονάζουν τὰ θετικὰ ἰόντα, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σχηματίζεται **ἡλεκτρικὸν πεδίον** (σχ. 271), τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Ἡ πτώσις τοῦ δυναμικοῦ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἀνέρχεται εἰς 100 ἢ καὶ 1000 Volt κατὰ μέτρον. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ θετικὰ ἰόντα τῆς ἀτμοσφαίρας κινοῦνται διαρκῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους. Ἀλλὰ τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλεται τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.



Τομή του κατωτέρου τμήματος της ατμόσφαιρας. Τ τροπόπαυσις, Ο στρώμα ὄζοντος, D στρώμα Ιονισμένου, Ρ ήφαιστειακή κόνις, C ανώτατον ὄριον λυκόφωτος, Ε στρώμα τοῦ Heaviside. Τὸ πολικὸν σέλας ἐμφανίζεται εἰς ὕψος ἄνω τῶν 150 km.

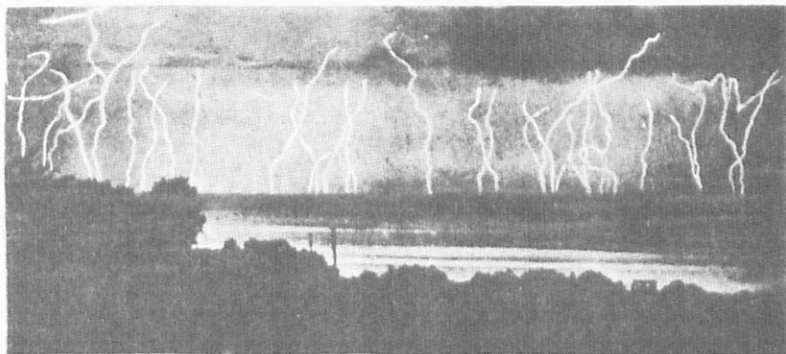
Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἑκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

ἐξαφανίζονται, διότι συνεχῶς ἀναπληροῦνται ἀπὸ νέας φορτίαι. Δὲν εἶναι ἀκόμη πλήρως γνωστὸν πῶς γίνεται ἡ ἀναπλήρωσις τῶν φορτίων τούτων. Ὡς μία σημαντικὴ αἰτία τῆς συνεχοῦς παραγωγῆς θετικῶν ἰόντων ἐντὸς τοῦ ἀέρος καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους θεωροῦνται αἱ ἀστραπαὶ καὶ οἱ κεραυνοί. Ἡ ἀστραπή εἶναι ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ δύο νεφῶν, τὰ ὅποια ἔχουν ἀντίθετα ἡλεκτρικὰ φορτία. Ὁ δὲ κεραυνὸς εἶναι ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ τοῦ νέφους καὶ τοῦ ἐδάφους. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ νέφους καὶ ἐδάφους κατὰ τὴν πτώσιν κεραυνοῦ ἀνέρχεται εἰς ἑκατομμύρια ἢ δισεκατομμύρια Volt. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ἓνα κεραυνὸν ἀνέρχεται εἰς 20 000 Ampère. Ὑπολογίζεται οἱ κατὰ δευτερόλεπτον παράγονται ἐφ' ὅλοκλήρου τοῦ πλανήτου μας 100 κεραυνοί, οἱ ὅποιοι μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐνῶ συγχρόνως ἐγκαταλείπονται εἰς

τὸν ἀέρα θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

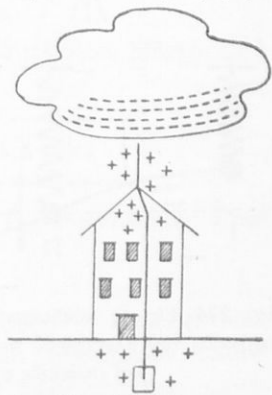
I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικὰ φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἠλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἷτια συντελοῦν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γηίνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κερανοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἀλεξικέραυνον. Ὅταν ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους εὐρίσκεται νέφος, φέρον σημαντικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὁποῖον συγκεντρώνεται εἰς τὰ ἐξέχοντα σημεῖα τοῦ ἐδάφους (ὕψηλαί οἰκοδομαί, καπνοδόχοι, δένδρα κ.ἄ.). Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς πτώσεως τοῦ κερανοῦ ἐπὶ τῶν ὑψηλῶν κτιρίων, ἐφοδιάζομεν αὐτὰ μὲ **ἀλεξικέραυνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὴν ράβδον, ἡ ὁποία καταλήγει εἰς ἀκίδα καὶ συνδέεται δι' ἀγωγοῦ μὲ μεγάλῃν μεταλλικὴν πλάκα εὐρισκομένην εἰς ἀρκετὸν βάθος ἐντὸς τοῦ ἐδάφους. Ὅταν ὁ κεραυνὸς πίπτῃ ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεραύνου, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἔδαφος καὶ οὕτως ἀποφεύγεται βλάβη τοῦ κτιρίου (σχ. 272 καὶ 273).

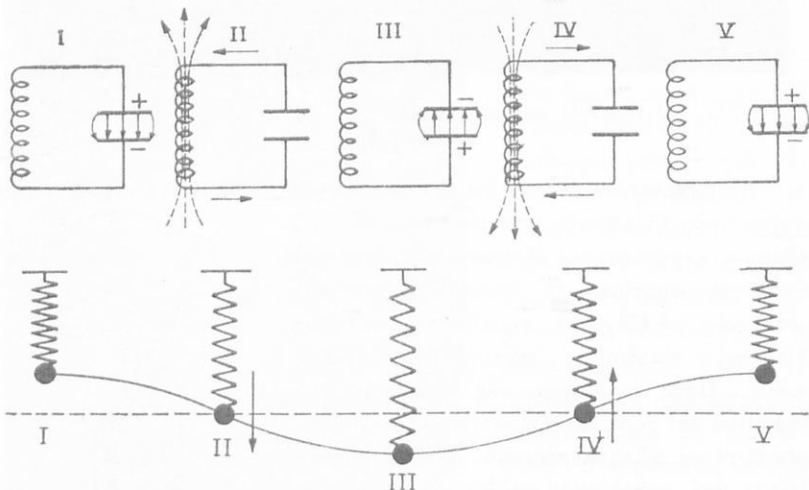


Σχ. 273. Ἀλεξικέραυνον.

232. Πολικὸν σέλας.— Καλεῖται **πολικὸν σέλας** ἐν ὀπτικὸν φαινόμενον, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας. Τὸ πολικὸν σέλας ἔχει τὴν ὅψιν τεραστίου φωτεινοῦ τόξου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον κρέμονται φωτεινοὶ κροσσοὶ (βλ. εἰκ. σελ. 254). Ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ παραγωγὴ τοῦ φωτὸς τούτου πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτέλεσμα τῆς συγκρούσεως ἡλεκτρονίων μὲ τὰ μόρια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀζώτου καὶ ὀξυγόνου. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ τὸν ἥλιον καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συγκεντρώνονται εἰς τὰς περὶ τοὺς πόλους περιοχάς.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— Ἡ συχνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τῶν



Σχ. 274. Εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων συμβαίνουν συνεχεῖς μετατροπαὶ τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως καὶ συνεπῶς συμβαίνουν ταλαντώσεις ἡλεκτρικοῦ φορτίου.

ρευμάτων μεταξύ μεγάλων ὀρίων. Οὕτω διακρίνονται τρεῖς κατηγορίαι ἐναλλασσομένων ρευμάτων : α) ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος, (50 ἕως 10 000 Hz), β) ρεύματα μέσης συχνότητος (10 000 ἕως

100 000 Hz) και γ) ρεύματα ύψελῆς συχνότητος (ἄνω τῶν 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος καλοῦνται καὶ **ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις**. Τὰ ρεύματα αὐτὰ παράγονται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ ἐντὸς κύκλωματος, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει πηνίον (σχ. 274). Μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ὑπάρχει κατ' ἀρχὰς **ἠλεκτρικὸν πεδίον**. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο ὀπλισμοὶ εἶναι συνδεδεμένοι μεταξὺ τῶν διὰ τοῦ πηνίου, ὁ πυκνωτὴς ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἐξασθενίζει. Τὸ παραγόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ πηνίου, παράγει **μαγνητικὸν πεδίον**. Ὅταν ὁ πυκνωτὴς ἐκφορτισθῇ, τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ συγχρόνως κατάρχεται καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πηνίου. Ἡ κατάρχησις ὅμως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ ρεῦμα ἐξ αὐτεπαγωγῆς ὁμόρροπον πρὸς τὸ προηγούμενον. Τὸ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ρεῦμα προκαλεῖ φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ μὲ ἀντίθετον ὅμως πολικότητα. Ἐπακολουθεῖ τότε νέα ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται διαρκῶς. Οὕτω τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑψηλῆς συχνότητος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

I. Εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον πυκνωτὴν καὶ πηνίον παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἕνεκα τῆς διαρκοῦς μετατροπῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως.

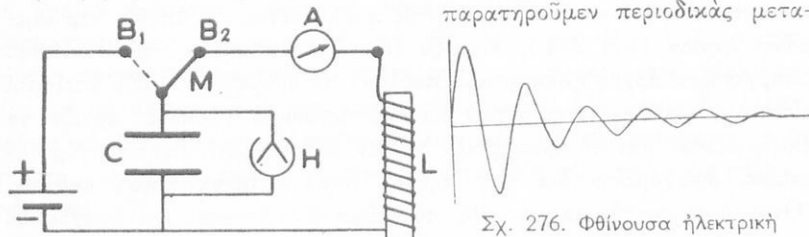
II. Ἡ περίοδος (T) τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον τοῦ Thomson :

$$\text{τύπος τοῦ Thomson : } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

ἔπου C εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ L ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.

234. Φθίνουσαι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν παρατήρησιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 275. Ὁ πυκνωτὴς ἔχει μεγάλην χωρητικότητα C καὶ τὸ πηνίον ἔχει μεγάλον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L, ὥστε ἡ περίοδος T τῶν ταλαντώσεων νὰ εἶναι ἴση μὲ ἀρκετὰ δευτερόλεπτα. Ὅταν ὁ μεταγωγὸς M φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ

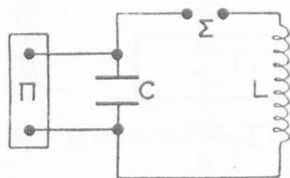
τὸν ἀκροδέκτην B_1 , ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρόμετρον H δεικνύει τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐὰν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_2 ,



Σχ. 275. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

Σχ. 276. Φθίνουσα ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις.

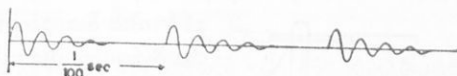
βολὰς τῆς τάσεως τοῦ πυκνωτοῦ καὶ ἀντιστοίχως περιοδικὰς ταλαντώσεις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου A . Αἱ ταλαντώσεις αὗται δεικνύουν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἀλλὰ τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου βαίνει συνεχῶς ἐλαττούμενον. Ἄρα αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις εἶναι φθίνουσαι καὶ πολὺ ταχέως καταργοῦνται (σχ. 276). Διὰ νὰ παραχθῇ νέα σειρά ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, φέρομεν πάλιν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_1 . Ἡ ἀπόσβεσις τῶν ταλαντώσεων ὀφείλεται εἰς ἀπώλειαν ἐνεργείας. Αἱ ταλαντώσεις αὗται καλοῦνται **φθίνουσαι** ἢ **ἀποσβεννυμέναι**. Διὰ τὴν διαδοχικὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ



Σχ. 277. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

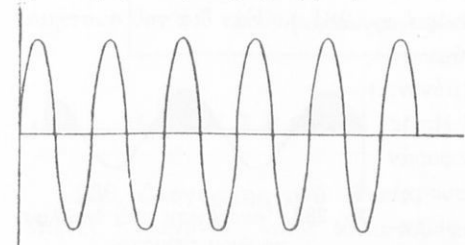
ἀντὶ μεταγωγοῦ, ἢ ἀκόλουθος διάταξις (σχ. 277). Ὁ πυκνωτὴς συνδέεται μὲ τὸ δευτερεῖον ἑνὸς ἐπαγωγικοῦ πηγίου Π . Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ὑπάρχει μικρὰ διακοπὴ Σ τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποῖον ἐκεῖ καταλήγει εἰς δύο μικρὰς μεταλλικὰς σφαίρας. Ἡ διακοπὴ Σ καλεῖται σπινθηριστής, διότι ὅταν ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ λάβῃ τὴν μεγίστην τιμὴν, παράγεται εἰς τὴν διακοπὴν Σ σπινθὴρ. Ὁ σπινθὴρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μία ἀποσβεννυμένη ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις. Ἐὰν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῖον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηγίου εἶναι $\nu = 50 \text{ Hz}$,

τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθῆρες. Εἰς ἕκαστον σπινθῆρα ἀντιστοιχεῖ εἰς συρμὸς ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων. Ἄρα κατὰ δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοὶ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).



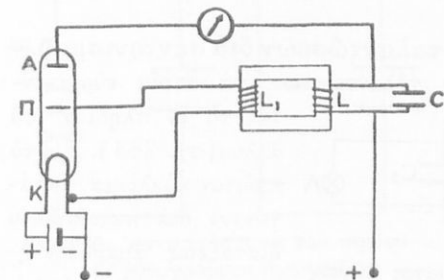
Σχ. 278. Συρμὸς ἀποσβεννυμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

235. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—Ἰδιαιτέραν ἀξίαν ἔχει σήμερον ἡ παραγωγὴ ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279). Ἡ παραγωγὴ τούτων γίνεται μετὰ τὴν βοήθειαν τῆς τριόδου λυχνίας. Εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας παρεντίθεται τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων (σχ. 280). Τὸ πηνίον L τοῦ κυκλώματος τούτου συνδέεται ἐπαγωγικῶς, μετὰ ἄλλο πηνίον L_1 , τοῦ ὁποῖου



Σχ. 279. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

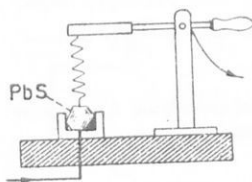
τὸ ἓν ἄκρον συνδέεται μετὰ τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μετὰ τὴν κάθοδον. Ὄταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αὗται παράγουν ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηνίου L_1 ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς συχνότητος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν περιοδικὰ ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμικοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς περιοδικὰ διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον φορτίζει τὸν πυκνωτήν.



Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

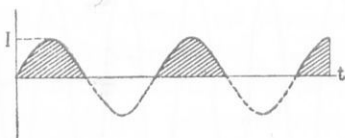
Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὠθήσεις εἰς ἓν ἐκκρεμὲς ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεών του.

236. Πειραματική απόδειξις τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.— Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων,



Σχ. 281. Κρυσταλλικός φωρατής.

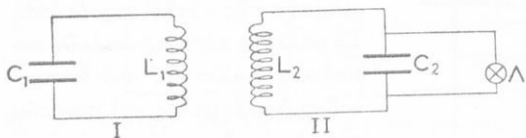
αἱ ὁποῖαι διαρρέουν ἐν κύκλωμα, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρ πυρακτώσεως. Ἄλλη ἀπλὴ διάταξις εἶναι ὁ **κρυσταλλικὸς φωρατής**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρύσταλλον γαληνίτου (PbS), ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς θήκης στήριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος. Ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου στήρίζεται ἑλαφρῶς πιεζομένη δι' ἐλατηρίου μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). Ἐὰν διὰ τοῦ συστήματος τούτου διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τότε τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον, ὅταν ἔχῃ φορὰν ἐκ τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐνῶ κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ συστήματος. Οὕτως ὁ κρυσταλλικὸς φωρατὴς ἀφήνει νὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ μία μόνον ἐκ τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. Ὡστε ὁ κρυσταλλικὸς φωρατὴς μετατρέπει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχὲς διακοπτόμενον ρεῦμα (σχ. 282), ἥτοι προκχλεῖ **ἀνόρθωσιν** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.



Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

237. Διέγερσις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.—

Ἄς θεωρήσωμεν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται τὸ ἐν πλησίον τοῦ ἄλλου (σχ. 283). Εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα παράγονται διὰ κατὰλλήλου διατάξεως ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος



Σχ. 283. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου κυκλώματος διεγείρονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

εἶναι $T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}$. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα ἀναπτύσσονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτήρος Λ. Τὸ πλάτος τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα λαμβάνει τὴν μερίστην τιμὴν,

όταν ἡ περίοδος T τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχη τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἤτοι ὅταν εἶναι :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

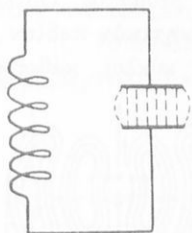
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μετὰξὺ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει **συντονισμός**. Ὡστε :

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εὐρίσκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον ταλαντώσεως, ὅποτε ἰσχύει ἡ σχέση :

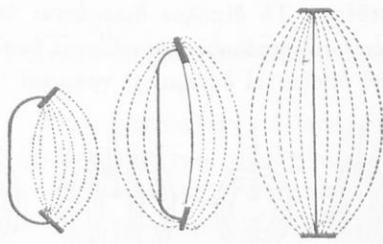
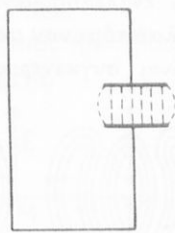
$$\text{συνθήκη συντονισμοῦ: } L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$$

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.— Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖαι παράγονται ἐντὸς κλειστοῦ κυκλώματος, δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἐντὸς δευτέρου κυκλώματος εὐρισκόμενου πλησίον τοῦ πρώτου (σχ. 283). Ἡ διέγερσις τοῦ δευτέρου κυκλώματος ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-



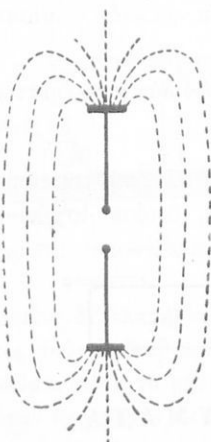
Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηνίου δι' εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ.



Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον.

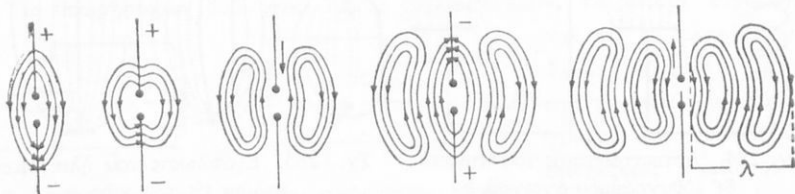
τικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται περίξ τοῦ πρώτου κυκλώματος, διότι τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μετὰξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι ὅμως δυνατόν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

τοῦ πρώτου κυκλώματος. Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ πηνίον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἑνὸς μόνον ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ, ἕως ὅτου οἱ δύο ὀπλισμοὶ εὗρεθῶν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εὐθυγράμμου πλέον ἀγωγοῦ. Τότε τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου ἐξαπλώνεται ἐντὸς τοῦ χώρου (σχ. 285). Τὸ ἀπλούστερον ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἀγωγόν, ὃ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον ἔχει μικράν διακοπὴν (σπινθηριστήν) καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα καταλήγει ἐλευθέρως ἢ φέρει μικρὰς πλάκας ἢ σφαίρας (σχ. 286). Τὸ ἀνοικτὸν τοῦτο κύκλωμα ταλαντώσεων καλεῖται **διεγέρτης τοῦ Hertz ἢ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον**.



Σχ. 286. Διεγέρτης τοῦ Hertz.

239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. — Ἐντὸς τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τότε τὰ ἄκρα τοῦ διπόλου ἀποκοτῶν ἐναλλάξ θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν δυναμικόν. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ διπόλου σχηματίζεται **ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν πεδίου**. Τὸ δίπολον διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω περίξ τοῦ διπόλου σχηματίζεται **ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίου**, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι, κάθετοι



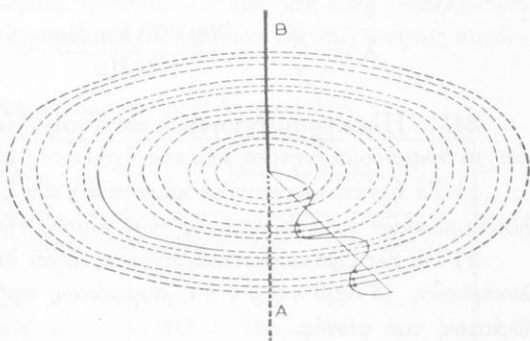
Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

πρὸς τὸν ἀγωγόν. Ὅταν λοιπὸν ἐντὸς τοῦ διπόλου παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, σχηματίζονται περίξ τοῦ διπόλου ἐν ἠλεκτρικὸν καὶ ἐν μαγνητικὸν πεδίου, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐναλλασσόμενα καὶ διαδίδονται ἐντὸς τοῦ χώρου μετὰ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα

τοῦ φωτός. Τὰ δύο αὐτὰ ἐναλλασσόμενα πεδία εἶναι ἀλληλένδετα καὶ ἀποτελοῦν τὸ **ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου**. Ὡστε :

Ἐν παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον περιβάλλεται ἀπὸ ἓν ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις πέραν τοῦ διπόλου.

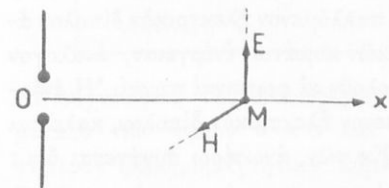
Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓν σημεῖον Μ τοῦ χώρου, εὐρισκόμενον εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δίπολον (σχ. 289), αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ των, καὶ κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν διάδοσεως τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ ἐντάσεις τῶν δύο τούτων πεδίων μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς ἐντὸς μιᾶς περιόδου. Ὡστε :



Σχ. 288. Διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

I. Αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ των.

II. Τὸ διαδιδόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου ἀποτελεῖ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.



Σχ. 289. Ἡ ἐντάσις E τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἡ ἐντάσις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ των καὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν Ox.

Τὴν δημιουργίαν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πέραν ἑνὸς διπόλου ἀνεκάλυψεν θεωρητικῶς ὁ Maxwell. Πειραματικῶς ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξίν των ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὁ Hertz. Σήμερον τὸ ραδιόφωνον ἀποδεικνύει εἰς πᾶσαν στιγμὴν τὴν ὑπαρξίν των ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

240. Μῆκος κύματος τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Τὰ

ἐναλλασσόμενα δύο πεδία, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, ἔχουν τὴν ἰδίαν συχνότητα, τὴν ὁποίαν ἔχουν καὶ αἱ ἐντὸς τοῦ διπόλου παραγόμεναι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἐὰν c εἴναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, τότε τὸ μῆκος κύματος λ τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ κύματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν : $c = \nu \cdot \lambda$. Τὸ μῆκος κύματος λ φανερώνει, ὡς γνωστόν, τὴν ἀπόστασιν εἰς τὴν ὁποίαν διαδίδεται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν κύμα ἐντὸς μιᾶς περιόδου. Οὕτως, ἂν εἴναι :

$T = \frac{1}{100}$ sec, τότε εἶναι $\nu = 100$ Hz καὶ ἐπομένως ἔχομεν :

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{300\,000 \text{ km/sec}}{100 \text{ Hz}} = 3\,000 \text{ km}$$

241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες :

1) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀνακλῶνται ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν πλακῶν συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

2) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διέρχωνται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, διαθλῶνται συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἄγωγοι εἶναι σώματα ἀδιαφανῆ διὰ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἤτοι τὰ σώματα αὐτὰ ἀπορροφοῦν τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἀντιθέτως τὰ διηλεκτρικὰ εἶναι σώματα διαφανῆ διὰ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

4) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα παράγουν φαινόμενα συμβολῆς καὶ παρεμβολῆς, ὅπως συμβαίνει καὶ μετὰ τὸ φῶς.

Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀπέδειξεν ὅτι τὸ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον ἀκτινοβολεῖ ὑπὸ μορφὴν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐνέργειαν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀκτινοβολοῦν αἱ φωτεινὰ πηγαί. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀκτινοβολεῖ τὸ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον, καλεῖται **ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία συμπεριφέρεται ὡς φωτεινὴ ἀκτινοβολία καὶ ἔχει μεγαλύτερον μῆκος κύματος ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἀκτινοβολίαν.

Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἓν ἄτομον τῆς ὕλης, ὅταν ἐν πλανητικὸν ἡλεκτρόνιον μεταπηδᾷ ἀπὸ μίαν ἐξωτερικὴν εἰς μίαν ἐσωτερικὴν τροχίαν.

Αἱ τροχιαὶ ἐπὶ τῶν ὁποίων τὸ ἠλεκτρόνιον δύνανται νὰ μεταπηδῶ, εἶναι ὠρισμέναι καὶ καλοῦνται **κβαντικαὶ τροχιαί**.

242. Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας.—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ φῶς καὶ αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, ἤτοι πολὺ μεγάλης συχνότητος. Οὕτω μὲ τὸν ὅρον **ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία** χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφήν ἐνεργείας, ἣ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἶδη τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας

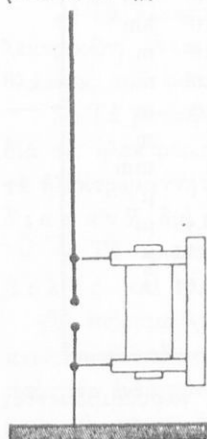
Εἶδος ἀκτινοβολίας	Μήκη κύματος			
Βιομηχανικὰ κύματα	10^5	ἕως	10^4	km
Τηλεφωνικὰ »	10^4	ἕως	10^2	km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ »	10^4	ἕως	10^3	m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα »	10^3	ἕως	10^2	m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα »	10^2	ἕως	10	m
Ὑπερβραχέα »	10	ἕως	1	m
Μικροκύματα	1 m	ἕως	1	mm
Ὑπέρυθροι ἀκτῖνες	1 mm	ἕως	1	μ
Ὁρατὸν φῶς	0,8 μ	ἕως	0,4	μ
Ὑπεριώδεις ἀκτῖνες	0,4 μ	ἕως	0,01	μ
Ἀκτῖνες Röntgen	0,01 μ	ἕως	0,01	Å
Ἀκτῖνες γ	0,01 Å	ἕως		

Αἱ συχνότητες τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας περιλαμβάνονται μεταξὺ τῶν τιμῶν $\nu = 0$ καὶ $\nu = 10^{24}$ Hz. Τεχνητῶς παράγονται σήμερον ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀπὸ $\nu = 1$ Hz ἕως $\nu = 10^{13}$ Hz. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ἔχοντα συχνότητας ἀπὸ $\nu = 10^{12}$ Hz ἕως $\nu = 10^{24}$ Hz, παράγονται διὰ καταλλήλου διεγέρσεως τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα φαίνεται τὸ **συνολικὸν φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας**. Παρατηροῦμεν ὅτι μόνον μία μικρὰ περιοχὴ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν μας (ὁρατὸν φῶς).

ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαί. — Ἡ ἀσύρματος τηλεπικοινωνία περιλαμβάνει δύο κυρίως κλάδους τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων καὶ τὴν ἀσύρματον τηλεφωνίαν ἢ ραδιοφωνίαν, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν ἤχων. Ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία χρησιμοποιεῖ ἀποσβεσνυμένας ἢ καὶ ἀμειώτους ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ἐνῶ ἡ ραδιοφωνία χρησιμοποιεῖ μόνον ἀμειώτους ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς ὑπάρχει κατ'ἀλληλος πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἰς δὲ τὸν σταθμὸν λήψεως ὑπάρχει κατ'ἀλληλος δέκτης τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

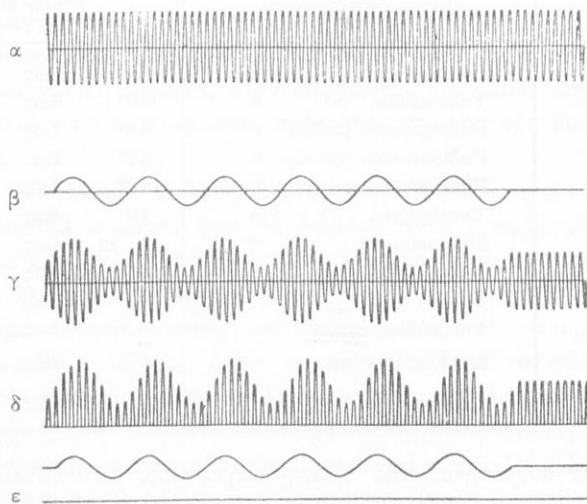
244. Πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. — Εἰς τὸ ἐνσύρματον τηλέφωνον (§ 188), διὰ τὴν μετάδοσιν ἤχου ἀ-



Σχ. 290. Σχηματικὴ διάταξις τοῦ πομποῦ.

κουστῆς συχνότητος, πρέπει νὰ πρὸκληθοῦν ἀντίστοι-

χοι μεταβολαὶ εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ἡ ραδιοφωνία. Ὁ πομπὸς

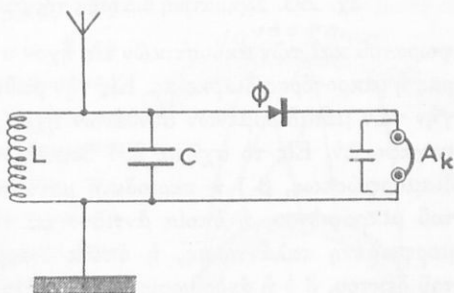


Σχ. 291. Διαμόρφωσις τῶν κυμάτων.

(α φέρον κύμα, β μικροφωνικὸν ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα, γ διαμορφωμένον κύμα, δ ἀνόρθωσις, ε τὸ ρεῦμα μετὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἔχει τὴν μορφήν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος).

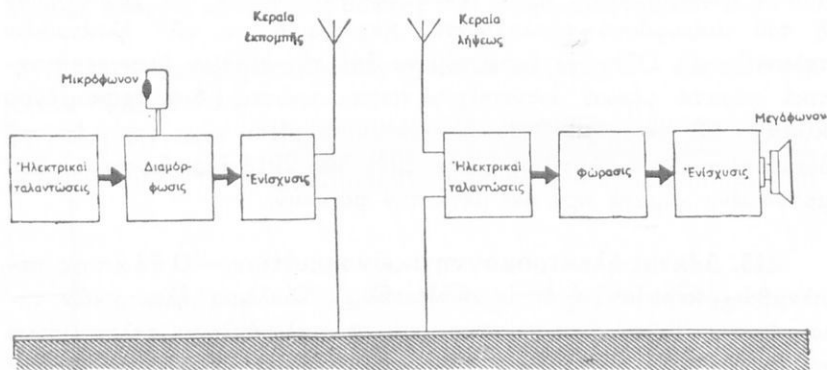
περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μετὰ παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σχ. 290). Τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μετὰ τὴν γῆν. Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐναλλακτῆρες μεγάλης συχνότητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιοῦνται τρίοδοι ηλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθερᾶς ὑψηλῆς συχνότητος (**φέρων κύμα**). Τὸ κύκλωμα τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται καταλλήλως μετὰ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου ἢ μετὰ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ ὁποίου παράγονται οἱ ἤχοι. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ χειριστηρίου ἢ τοῦ μικροφώνου προκαλοῦνται παραμορφώσεις τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Οὕτω τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὴν κεραίαν ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα φέρουν ἀντιστοίχους παραμορφώσεις (**διαμορφωμένον κύμα**). Εἰς τὸ σχῆμα 291α δεικνύεται τὸ φέρον κύμα, πρὶν ὑποστῇ διαμόρφωσιν, ἐνῶ εἰς τὰ σχήματα 291γ καὶ 291δ δεικνύονται τὰ διαμορφωμένα κύματα πρὸ καὶ μετὰ τὴν φώρασιν.

245. Δέκτης ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Ὁ δέκτης περιλαμβάνει **κεραίαν**, ἥ ὁποία συνδέεται μετὰ κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Τοῦτο εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ πομποῦ. Ὁ δέκτης πρέπει νὰ μετατρέψῃ τὰς ὑψηλῆς συχνότητος διαμορφωμένας ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ἤχον. Αἱ χρησιμοποιούμεναι σήμερον συχνότητες κυμαίνονται ἀπὸ 15 000 Hz ἕως 20 000 000 Hz. Ἐὰν τὰ ἀκουστικὰ συνδεθοῦν ἀπ' εὐθείας μετὰ τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, τότε ἡ πλάξ τοῦ ἀκουστικοῦ θὰ μείνῃ ἀκίνητος, διότι δὲν δύναται νὰ παρακολουθήσῃ τὰς τόσον ταχείας μεταβολὰς τοῦ ρεύματος. Ἐξ ἄλλου αἱ συχνότητες αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ ἀκουστοὺς ἤχους. Ἡ δυσκολία αὕτη αἱρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μετὰ κρυσταλλικὸν φωρατὴν (Φ) καὶ ἀκουστικὰ (Ak).

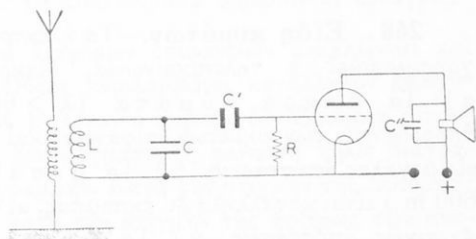
μεν **φωρατήν**, ὁ ὁποῖος προκαλεῖ **ἀνόρθωσιν** τῶν διαμορφωμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστέρα ἀνορθωτικὴ διάταξις εἶναι ὁ **κρυσταλλικὸς φωρατής** (σχ. 292). Ὁ φωρατὴς ἐπιτυχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ρεῦμα ἔχον **σταθερὰν φοράν**, ἀλλὰ **μεταβαλλομένην ἐντάσιν**. Τὸ ρεῦμα τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς πλακῆς τοῦ ἀκουστικοῦ. Εἰς τὴν **ἀσύρματον τηλεγραφίαν** ἡ μετάδοσις τῶν μουσικῶν σημάτων (παῦλαι καὶ τελεῖαι) γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ χειριστηρίου, μὲ τὸ ὁποῖον προκαλοῦμεν διαμορφώσεις μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὸν δέκτην αἱ διαμορφώσεις αὗται μετατρέπονται διὰ τοῦ



Σχ. 293. Σχηματικὴ διάταξις τῆς ραδιοφωνικῆς τηλεπικοινωνίας.

φωρατοῦ καὶ τῶν ἀκουστικῶν εἰς ἤχον **σταθεροῦ ὕψους** μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὴν **ραδιοφωνίαν**, διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῶν μεταδιδομένων συνθέτων ἤχων, χρησιμοποιοῦνται ἀκουστικὰ ἢ μεγάφωνα. Εἰς τὸ σχῆμα 291 δεικνύονται: α) τὸ φέρον κύμα πρὸ τῆς διαμορφώσεως, β) ἡ περιοδικὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ἀπλοῦν ἤχον, γ) ἡ διαμορφωμένη ταλάντωσις, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, δ) ἡ ἀνόρθωσις, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ὁ φωρατής. Ἡ γραμμὴ ε εἰς τὸ ἀνορθωμένον ρεῦμα παριστᾷ τὴν ἐντάσιν τοῦ ρεύματος τούτου· παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὕτη ἔχει τὴν μορφήν τῆς περιοδικῆς μεταβολῆς τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτω τὸ ἀκουστικὸν ἢ τὸ μεγάφωνον ἀναπαράγει τὸν πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθέντα ἤχον. Εἰς τὸ σχῆμα 293 δεικνύεται ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ ραδιοφωνία.

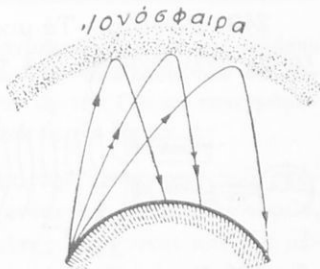
246. Ραδιόφωνον—Σήμερον εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας χρησιμοποιούνται ὡς φωρατὰ αἱ τρίοδοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Οἱ τοιοῦτοι δέκται καλοῦνται **ραδιόφωνα**. Εἰς τὸ σχῆμα 294 δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία ἐνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας δημιουργοῦν τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, εἶναι γενικῶς πολὺ ἀσθενεῖς. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν **ἐνισχυτάς**, οἱ ὁποῖοι παρεμβάλλονται εἴτε πρὸ τοῦ φωρατοῦ, εἴτε μετὰ τὸν φωρατὴν. Ὡς ἐνισχυταὶ χρησιμοποιοῦνται γενικῶς κατ'ἀλληλοὶ ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι.



Σχ. 294. Ἀπλοῦν ραδιόφωνον μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν.

Τελευταίως ἀντὶ τῶν ἡλεκτρονικῶν λυχνιῶν χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα οἱ **τρανζίστορ**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν τεμάχιον ἡμιαγωγοῦ (γερμάνιον ἢ πυρίτιον). Οἱ τρανζίστορ ἔχουν μικρὸν ὄγκον, μεγάλην ἀπόδοσιν καὶ πολὺ εὐκόλον κατασκευήν.

247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ, δύνανται νὰ διακριθῶν εἰς δύο τμήματα: α) Τὰ **κύματα ἐπιφανείας**, τὰ ὁποῖα διαδίδονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, καὶ β) τὰ **κύματα χώρου**, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς κεραίας πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ κύματα ἐπιφανείας ἀπορροφῶνται τόσοι περισσότεροι, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ μήκος κύματος. Τὰ κύματα χώρου εἰς ὕψος 100 km περίπου ὑφίστανται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας (§ 230), ἡ ὁποία εἶναι ἰονισμένον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας συμπεριφερόμενον ὡς ἀγωγὸς (σχ. 295). Τὰ ἀνακλόμενα κύματα



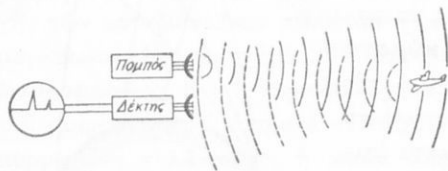
Σχ. 295. Ἀνάκλασις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας.

ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις χωρίς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασις των.

248. Εἶδη κυμάτων.—Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιεῖ ἡ τηλεπικοινωνία, διακρίνονται εἰς τὰ ἐξῆς εἶδη :

α) Τὰ μακρὰ κύματα ($\lambda > 600 \text{ m}$) παρουσιάζουν μικρὰν ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας καὶ εἶναι κατάλληλα διὰ μετάδοσιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. β) Τὰ μεσαῖα κύματα ($\lambda = 200$ ἕως 600 m) εἶναι κατάλληλα δι' ἐκπομπάς, αἱ ὁποῖαι προορίζονται διὰ μικρὰς σχετικῶς ἀποστάσεις. γ) Τὰ βραχέα κύματα ($\lambda = 10$ ἕως 200 m) παρουσιάζουν πολὺν μεγάλην ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, εἶναι ὅμως κατάλληλα δι' ἐκπομπάς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Εἰς τὰ βραχέα κύματα τὰ κύματα χώρου ὑφίστανται διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καὶ τοῦ ἐδάφους χωρὶς σημαντικὴν ἐξασθένεισιν. Οὕτω φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. δ) Τὰ ὑπερβραχέα κύματα ($\lambda < 10 \text{ m}$) δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καὶ ἡ διάδοσις αὐτῶν γίνεται ἀποκλειστικῶς διὰ κυμάτων ἐπιφανείας. Ἡ διάδοσις τῶν ὑπερβραχέων κυμάτων εἶναι σχεδὸν εὐθύγραμμος καὶ ὁμοιάζει μὲ τὴν τοῦ φωτός. ε) Τὰ μικροκύματα ($\lambda = 0,1 \text{ cm}$ ἕως 1 m) διαδίδονται εὐθυγράμμως, ὅπως ἀκριβῶς καὶ τὸ φῶς. Οὕτω δύναται νὰ ἀποτελέσουν κατευθυνομένης δέσμας, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰς φωτεινὰς δέσμας.

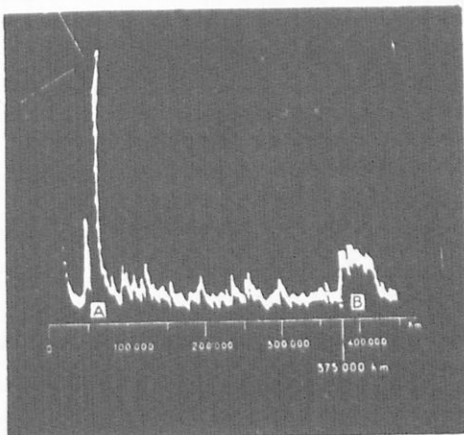
249. Ραντάρ.—Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ ραντάρ. Τοῦτο εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἀποκαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἀντικειμένων εὐρισκομένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑνα π ο μ π ὶ ν μικροκυμάτων καὶ ἀπὸ ἑνα δέκτ η ν (σχ. 296). Ἡ κεραία τοῦ πομποῦ καὶ ἡ κεραία τοῦ δέκτου εὐρίσκονται εἰς τὴν ἐ-



Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ.

στίαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς $\frac{1}{1000}$ τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ

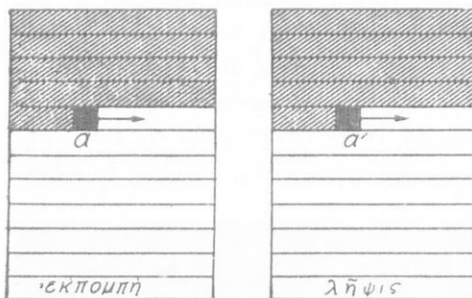
συρμοί μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἐκάστου συρμοῦ διαρκεῖ ἐπὶ $\frac{1}{1\,000\,000}$ τοῦ δευτερολέπτου. Τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ὅταν προσπέσουν ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν ἀνακλῶνται καὶ ἐπιστρέφουν εἰς τὸν δέκτην. Οὗτος περιλαμβάνει κατάλληλον ἐνισχυτὴν καὶ σωλῆνα Braun (§ 224). Ὄταν ὁ πομπὸς δὲν ἐκπέμπῃ μικροκύματα, ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἡ φωτεινὴ κηλὶς διαγράφει ταχύτατα μίαν ὀριζοντίαν γραμμὴν. Κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς τῶν μικροκυμάτων, ὅπως καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφίξεως τῶν ἀνακλασθέντων μικροκυμάτων εἰς τὸν δέκτην, ἡ φωτεινὴ κηλὶς ἐκτρέπεται ἀποτόμως καὶ οὕτω ἐμφανίζονται δύο αἰχμαί, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ πρώτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ ἡ δευτέρα εἰς τὴν ἀφίξιν τῶν μικροκυμάτων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο αἰχμῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος μεσολαβεῖ μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως τῶν μικροκυμάτων. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου ἀνακλῶνται τὰ μικροκύματα. Οὕτως ἡ μεταξὺ τῶν δύο αἰχμῶν ἀπόστασις παρέχει ἐπὶ κλίμακος τὴν ἀπόστασιν τοῦ στόχου ἀπὸ τὸν πομπόν. Τὰ μικροκύματα διέρχονται διὰ μέσου τῶν νεφῶν, τῆς ὁμίχλης καὶ τοῦ θαλασσοῦ ὕδατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέσου τῆς ἰονοσφαίρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὁποῖα ἐξεπέμφθησαν πρὸς τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν δέκτην τοῦ ραντάρ (σχ. 297).



Σχ. 297. Τὰ κατευθυνθέντα πρὸς τὴν Σελήνην μικροκύματα, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπ' αὐτῆς, ἐπέστρεψαν εἰς τὴν Γῆν καὶ κατεγράφησαν εἰς τὸν δέκτην.

§50. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωνογραφία.—Ἡ δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μεταβίβασις εἰκόνων προσώπων ἢ ἀντικειμένων ἐν κινή-

σει καλεῖται **τηλεόρασις**, ἡ δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο ὅμως περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο

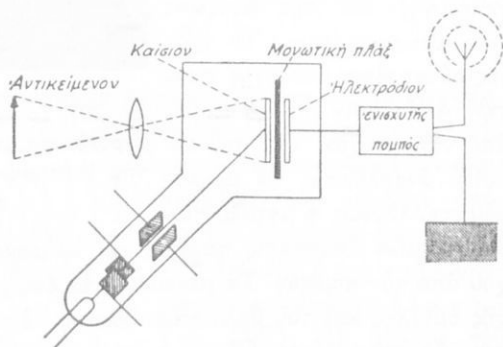


ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διαιρεῖται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζῶναι «σάρωνονται» ἡ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὁλοκληροῦ τῆς εἰκόνης γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς.

χρόνον μικρότερον τοῦ $1/16$ τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγωνται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ ὅποια ἀνελύθη ἡ εἰκὼν. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμήν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἓν τμήμα α' , τὸ ὅποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὁμόλογον τμήμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνης (σχ.298).

α) Τηλεόρασις. Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνης εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **εἰκονοσκόπιον τοῦ Zworykin**. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὁ ὅποιος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικόν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 299). Ἡ μία ἐπιφάνεια

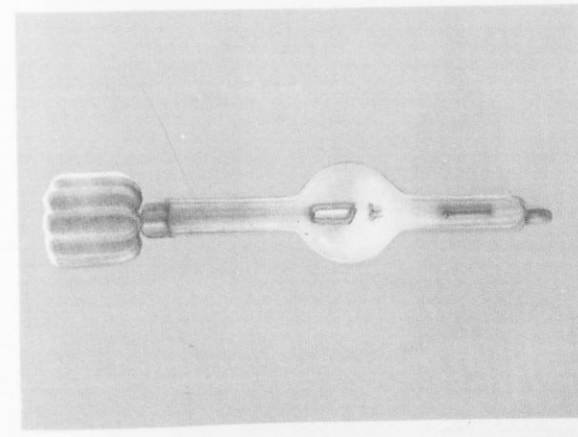
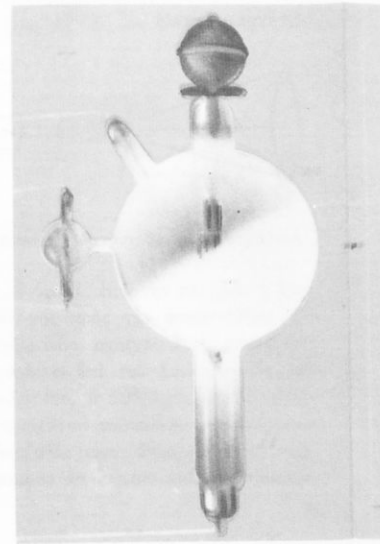
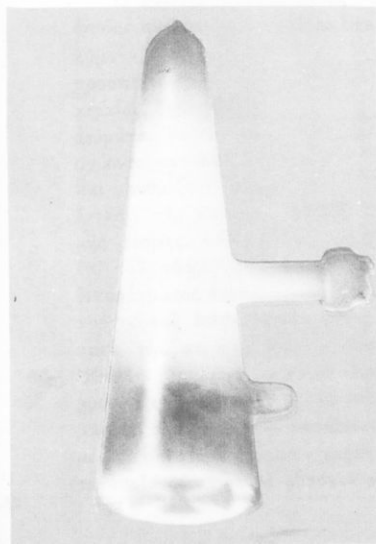
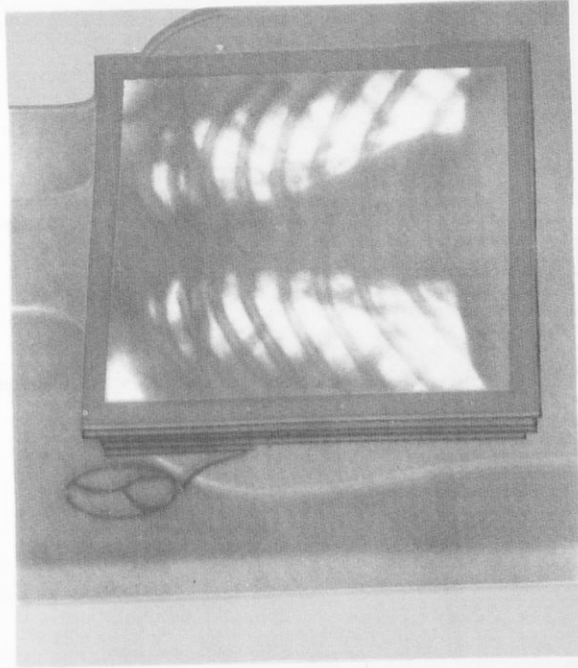
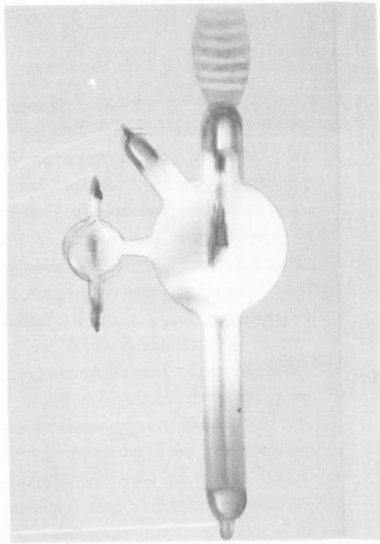
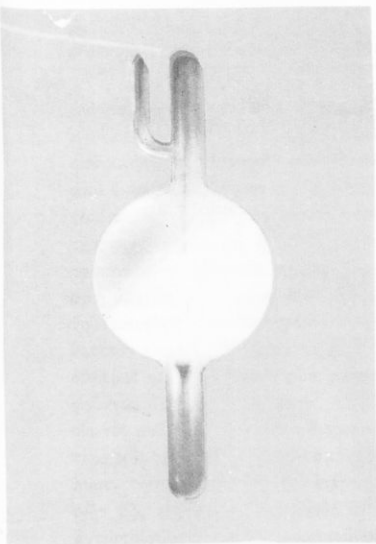


σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεόρασεως.

τῆς πλακὸς ἔχει καλυφθῇ μὲ πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καίσιοι, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς καλύπτεται μὲ μεταλλικὴν πλάκα (ἡλεκτρόδιον). Οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καίσιοι καὶ τὸ

Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Röntgen

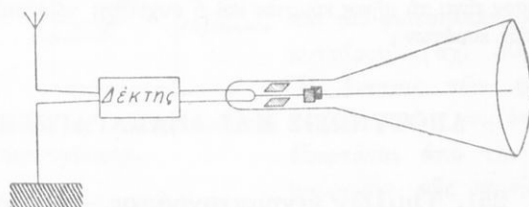
1. Σωλὴν τοῦ Crookes με σκιάν ἐνὸς σταυροῦ.
2. Παλαιὸς τύπος σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen.
3. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' ὕδατος.
4. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' αἵρος.
5. Σωλὴν τοῦ Coolidge.
6. Ἐξέτασις θώρακος με τὴν βοήθειαν τοῦ φθορίζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις).



100

ἀντίστοιχον τμήμα τοῦ ἡλεκτρ. πυκνωτήν. Μὲ τὴν βοήθειαν φακοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ στρώματος τοῦ καισίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνας. Τότε ἀπὸ ἕκαστον τεμάχιον τοῦ καισίου ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καισίου ἀποκτᾷ θετικὸν φορτίον, ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἥ ὁποία ἔπεσεν ἐπὶ τοῦ τεμαχίου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον οἱ μικρότατοι πυκνωταὶ φορτίζονται. Ἐπειτα ἡ καθοδικὴ δέσμη ἀρχίζει νὰ σαφῶνῃ διαδοχικῶς τὰς διαφόρους σειρὰς τῶν τεμαχίων τοῦ καισίου. Τὰ ἡλεκτρόνια τῆς καθοδικῆς δέσμης ἐξουδετερώνουν τὰ θετικὰ φορτία ἑκάστου τεμαχίου καισίου. Αὕτῃ ἡ ἐξουδετέρωσις ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐκκένωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθῶν, διαβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, ὅπου διαμορφώνουν τὰ ἐκπεμπόμενα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Μὲ τὸ εἰκονοσκόπιον ἐπιτυγχάνομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνας καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν μετατροπὴν τῶν φωτεινῶν διαφορῶν τῆς εἰκόνας εἰς διαφορὰς ἐντάσεως ρεύματος, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀντιστοίχους διαμορφώσεις τοῦ φέροντος κύματος.

Ὁ δέκτης τηλεοράσεως εἶναι συνήθης ραδιοφωνικὸς δέκτης, ὁ ὁποῖος συνδέεται μὲ σωλῆνα Braun (σχ. 300). Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα προσπίπτουν ἐπὶ τῆς κεφαλῆς, δημιουργοῦν ρεύματα. Ταῦτα ἐνισχύονται καταλλήλως καὶ ρυθμίζουν τὴν ἔντασιν τῆς καθοδικῆς δέσμης. Οὕτως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος



Σχ. 300. Σχηματικὴ παράστασις δέκτου τηλεοράσεως.

διαφράγματος ἀναπαράγεται ἡ εἰκὼν, διότι εἰς ἑκάστην στιγμὴν ἡ λαμπρότης τοῦ διαφράγματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινότητα τοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἐκφορτιζομένου στοιχειώδους πυκνωτοῦ. Ἐπειδὴ ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν ἀναπαράγεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἰς χρόνον μικρότερον τοῦ $1/16$ δευτερολέπτου, ὁ ὀφθαλμὸς δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν διαδοχικὴν μεταβίβασιν τμημάτων τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὴν τηλεόρασιν χρησιμοποιοῦνται μόνον ὑπερβραχέα κύματα, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ φθάσουν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν.

β) Τηλεφωτογραφία. Ἡ μεταβίβασις ἐντύπου εἰκόνης στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται καὶ ἡ τηλεόρασις μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν ἡ σάρωσις τῆς εἰκόνης εἶναι πολὺ βραδυτέρα. Εἰς τὸν δέκτην ἡ εἰκὼν ἀποτυπώνεται ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῆς. Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν χρησιμοποιοῦνται τὰ συνήθη ραδιοφωνικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν. Ἡ τηλεφωτογραφία ἐφαρμόζεται σήμερον εὐρύτατα ὑπὸ τῆς δημοσιογραφίας διὰ τὴν ταχεῖαν μετάδοσιν φωτογραφιῶν ἐπικαίρων γεγονότων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

184. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 40 m. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας εἰς megacycles/sec ;

185. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς συχνότητα 15 megacycles/sec. Εἰς ποῖον μῆκος κύματος γίνονται αἱ ἐκπομπαὶ του ;

186. Σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 400 m. Εἰς πόσας περιόδους τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα διαδίδονται εἰς ἀπόστασιν 100 km ;

187. Διεγέρτης τοῦ Hertz ἀποτελεῖται ἀπὸ πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = \frac{1}{\pi \cdot 10^6}$ H καὶ ἀπὸ πυκνωτὴν χωρητικότητος $C = \frac{1}{\pi \cdot 10^{10}}$ F. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος καὶ ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ;

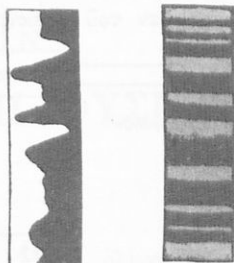
ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὅμιλῶν κινηματογράφος.— Εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ἡχῶν. Γενικῶς ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἡχου καλεῖται **φωνοληψία**. Διὰ νὰ ἀποτυπωθῇ ὁ ἡχος ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας, πρέπει ὁ ἡχος νὰ μετατραπῇ εἰς φῶς. Ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται εὐκόλως κατὰ τὴν ἐξῆς σειράν :

ἡχος → ἡλεκτρικὸν ρεῦμα → φῶς

Ἡ μετατροπὴ τοῦ ἡχου εἰς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ μικροφώνου. Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ, μετατρέπε-

ται εἰς φῶς κατὰ διαφόρους τρόπους, ἐκ τῶν ὁποίων ἀπλούστερος εἶναι ὁ ἐξῆς: Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου διέρχεται διὰ μιᾶς εἰδικῆς λυχνίας, τῆς ὁποίας ἡ φωτεινὴ ροὴ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Αἱ μεταβολαὶ αὐταὶ τοῦ φωτὸς τῆς λυχνίας ἀποτυπώνονται ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας, ὑπὸ μορφήν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως (σχ. 301). Αἱ ζῶναι αὐταὶ καταγράφονται παραπλεύρως τῶν ἀντιστοιχῶν εἰκόνων.

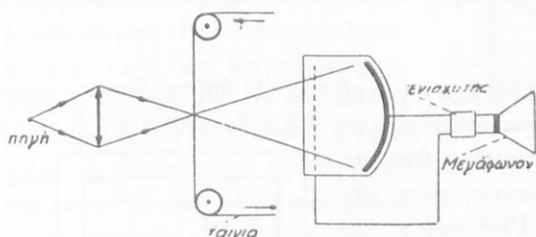


Σχ. 301. Ὁ ἦχος καταγράφεται ὑπὸ μορφήν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως.

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαράχῃ ὁ καταγραφεὶς ἦχος. Ἡ ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἡχου γίνεται κατὰ τὴν ἐξῆς σειράν:

φῶς → ἡλεκτρικὸν ρεῦμα → ἦχος

Ἡ μετατροπὴ τοῦ φωτὸς εἰς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ



Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἡχων εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον.

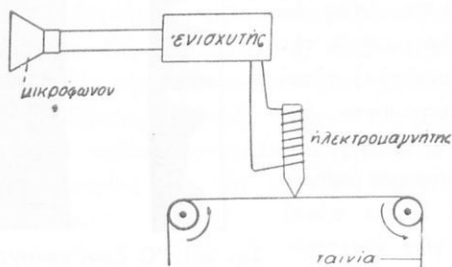
φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου. Ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται μεταξὺ μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου (σχ. 302).

Ἡ ἔντασις τῶν φωτοηλεκτρικῶν ρευμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς ταινίας.

Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ ὅπισθεν τῆς ὀθόνης εὐρίσκόμενον μεγάρφονον, τὸ ὁποῖον μετατρέπει τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἦχον.

252. Μαγνητόφωνον.—Τελευταίως ἀνεπτύχθη νέος τρόπος καταγραφῆς τοῦ ἡχου. Ἡ καταγραφὴ τοῦ ἡχου γίνεται ἐπὶ χαλυβδίνης ταινίας ὑπὸ τὴν μορφήν περιοχῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν μαγνητίσεως. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἡχου ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὁμαλῶς ἔμπροσθεν τοῦ πόλου ἐνδὸς ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μι-

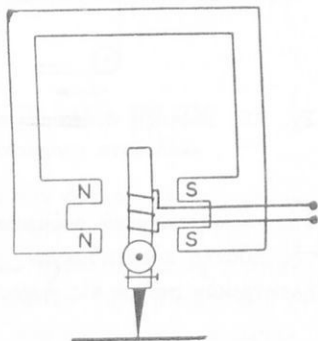
κροφώνου, τὸ ὁποῖον ἔχει προηγουμένως ἐνισχυθῇ. Ἡ διερχομένη ἔμπροσθεν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου χαλυβδίνη ταινία μαγνητίζεται, ἀλλ'



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου.

ροντος πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηνίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος. Ἡ συσκευή τῆς τοιαύτης καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἡχοῦ καλεῖται **μαγνητόφωνον**.

253. Ἀναπαραγωγὸς ἡχοῦ (πικάπ).—Ὁ ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφεὶς ἡχος ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἡ ὁποία καλεῖται **ἡλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἡχοῦ**. Ἡ συσκευή αὕτη καλεῖται κοινῶς **πικάπ (Pick-up)** καὶ μετατρέπει τὰς μηχανικὰς ταλαντώσεις τῆς βελόνης τοῦ γραμμοφώνου εἰς ἀντίστοιχα ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ βελὼνὴ εἶναι στερεωμένη εἰς μικρὰν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὁποία δύναται νὰ μετακινήται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 304). Ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπάρχει πηνίον. Αἱ μετακινήσεις τῆς ράβδου δη-
μιουργοῦν ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος.



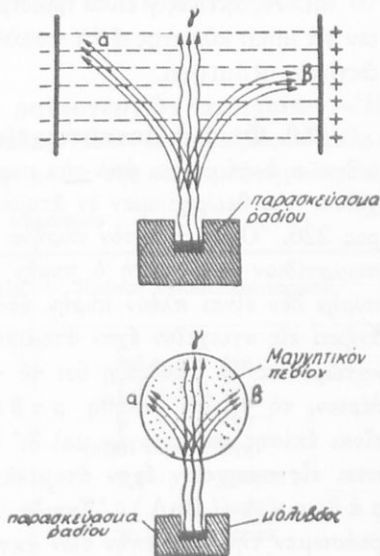
Σχ. 304. Ἐντὸς τοῦ πηνίου πα-
ράγονται ἐπαγωγικά ρεύματα.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

254. Ραδιενεργά στοιχεία.—Ο Bequerel (1896), ὀλίγον χρόνον μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ οὐράνιον καὶ τὰ ἄλλα αὐτοῦ ἐκπέμπουν συνεχῶς ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ μέσου ἀδιαφανῶν σωμάτων, προσβάλλει τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἡ ιδιότης τῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν αὐτομάτως τοιαύτην ἀκτινοβολίαν ἐκλήθη **ραδιενέργεια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ραδιενέργεια εἶναι ιδιότης καθαρῶς πυρηνικὴ καὶ δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὴν χημικὴν ἔνωσιν τοῦ ἀτόμου μὲ ἄτομα ἄλλων στοιχείων. Τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ιδιότητα τῆς ραδιενεργείας, καλοῦνται ραδιενεργὰ στοιχεία. Ὑπάρχουν 30 περίπου ραδιενεργὰ στοιχεία, τὰ ὁποῖα εἶναι σχεδὸν ὅλα στοιχεῖα μεγάλου ἀτομικοῦ βάρους. Οὕτω ραδιενεργὰ στοιχεῖα εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ ἀκτίνιον, τὸ θόριον καὶ ἰδιαίτερος τὸ **ράδιον**, τὸ ὁποῖον ἀνεκάλυψεν τὸ ζεῦγος Curie (1898).



255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίων διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἰς τρεῖς εἴδη ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι διεθνῶς χαρακτηρίζονται διὰ τῶν

Σχ. 305. Ἀνάλυσις τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδίου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου.

γραμμάτων α , β καὶ γ τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 305). Αἱ ἀκτῖνες α καὶ β ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἡλεκτρισμένα, ἐνῶ αἱ ἀκτῖνες γ εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν τὰ ἀκόλουθα διὰ τὴν φύσιν τῶν τριῶν ἀκτινοβολιῶν, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα :

I. Αἱ ἀκτῖνες α ἀποτελοῦνται ἀπὸ θετικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὁποῖα καλοῦνται σωματίδια α . Ἐκαστον σωματίδιον α εἶναι ὁ πυρὴν ἑνὸς ἀτόμου ἡλίου, φέρει ἐπ' αὐτοῦ δύο στοιχειώδη ἡλεκτρικὰ φορτία καὶ κινεῖται μὲ ταχύτητα 15 000 ἕως 25 000 km/sec.

II. Αἱ ἀκτῖνες β ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὁποῖα καλοῦνται καὶ σωματίδια β . Ἐκαστον σωματίδιον β εἶναι ἓν ἡλεκτρόνιον, τὸ ὁποῖον κινεῖται μὲ ταχύτητα 120 000 ἕως 290 000 km/sec.

III. Αἱ ἀκτῖνες γ εἶναι ἡλεκτρομαγνητικαὶ ἀκτινοβολαίαι, τῶν ὁποίων τὰ μήκη κύματος εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen.

256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.—Εἶναι φανερόν ὅτι τὸ σωματίδιον α ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου. Ἄς θεωρήσωμεν ἐν ἄτομον ραδίου, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 226. Ὅταν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδίου ἀποσπασθῇ ἓν σωματίδιον α , δηλαδὴ ὁ πυρὴν ἑνὸς ἀτόμου ἡλίου, τότε ὁ ἀπομένων πυρὴν δὲν εἶναι πλέον πυρὴν ἀτόμου ραδίου. Διότι ὁ ἀπομένων πυρὴν ἀνήκει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 222. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατάρθωσε νὰ ἀποδείξῃ ὅτι τὸ νέον τοῦτο στοιχεῖον εἶναι ἐν εὐγενὲς ἀέριον, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη ραδόνιον (Rn). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο εἶναι ἐπίσης ραδιενεργὸν καὶ δι' ἐκπομπῆς ἑνὸς σωματιδίου α μεταπίπτει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 218 καὶ τὸ ὁποῖον καλεῖται ράδιον A (RaA). Ἐπειδὴ μὲ κανὲν μέσον δὲν δυνάμεθα νὰ ἐπηρεάσωμεν τὴν ἐκπομπὴν τῶν ἀκτινοβολιῶν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων, συνάγεται ὅτι ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων εἶναι ἀποτέλεσμα αὐτομάτου ἐκρήξεως τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ ἐκρηγξίς αὕτῃ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν μετάπτωσιν τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου εἰς στοιχεῖον ἔχον μικρότερον ἀτομικὸν βάρος. Οὕτως ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι :

Οί πυρήνες τῶν ἀτόμων τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἶναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α , β καὶ γ .

257. Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ.—“Ενεκα τῆς συνεχοῦς μεταστοιχειώσεως τῶν ἀτόμων ἑνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου συμβαίνει συνεχῆς ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ στοιχείου τούτου. Οὕτως εὗρέθη ὅτι, ἂν σήμερον ἔχωμεν 1 gr ραδίου, μετὰ παρέλευσιν 1600 ἐτῶν θὰ ἔχουν ἀπομείνει 0,5 gr ραδίου. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι χαρακτηριστικὸς δι' ἕκαστον ραδιενεργὸν στοιχεῖον.

Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ ἑνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου καλεῖται ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου μεταστοιχειώνεται τὸ ἥμισυ τῆς μάζης τοῦ στοιχείου.

Ὁ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ κυμαίνεται ἀπὸ 10^{10} ἔτη (διὰ τὸ θόριον) ἕως 10^{-9} τοῦ δευτερολέπτου (θόριον C').

258. Αἱ τέσσαρες σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ράδιον εἶναι ἐν ἐνδιάμεσον μέλος μιᾶς σειρᾶς μεταστοιχειώσεων. Πρῶτον μέλος τῆς σειρᾶς αὐτῆς εἶναι τὸ

Ἡ σειρά τοῦ οὐρανίου

Στοιχεῖον	Ἀτομικὸν βάρος	Ἀκτινοβολία	Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ
Οὐράνιον I	238	α	$4,5 \cdot 10^9$ ἔτη
Οὐράνιον II	234	α	$1,7 \cdot 10^5$ ἔτη
Ἰόνιον	230	α	$8 \cdot 10^4$ ἔτη
Ράδιον	226	α, β, γ	1600 ἔτη
Ραδόνιον	222	α	3,8 ἡμέραι
Ράδιον A	218	α	3 λεπτὰ
Ράδιον B	214	β, γ	26,8 λεπτὰ
Ράδιον C	214	β	19,6 λεπτὰ
Ράδιον C'	214	α	10^{-7} δευτερόλεπτα
Ράδιον D	210	β, γ	16 ἔτη
Ράδιον E	210	β, γ	4,8 ἡμέραι
Ράδιον F	210	α	140 ἡμέραι
Μόλυβδος	206	—	σταθερὸν

οὐράνιον. Τὰ μέλη τῆς σειρᾶς αὐτῆς ἀποτελοῦν τὴν **σειρὰν τοῦ οὐράνιου**, ἐκ τοῦ ὁποίου διὰ διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων προκύπτουν τὰ ἄλλα ραδιενεργὰ στοιχεῖα τῆς σειρᾶς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα. Ἐκτὸς τοῦ οὐράνιου, εὐρέθη ὅτι τὸ **ἄκτινιον** (Ac), τὸ **θόριον** (Th) καὶ τὸ **νεπτούνιον** (Np) εἶναι τὰ πρῶτα μέλη τριῶν ἄλλων σειρῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Χαρακτηριστικὸν εἶναι ὅτι τὸ τελικὸν προῖον τῶν διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων εἶναι τὰ σταθερὰ στοιχεῖα **μόλυβδος** καὶ **βισμούθιον**. Ὡστε :

Ὑπάρχουν τέσσαρες σειραὶ ραδιενεργῶν στοιχείων, ἔχουσai ὡς πρῶτα μέλη τὰ στοιχεῖα οὐράνιον, ἄκτινιον, θόριον καὶ νεπτούνιον.

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ἀτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.—Ἐὰν καταγράψωμεν τὰ διάφορα στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, θὰ λάβωμεν τὸν κατωτέρω πίνακα.

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχείον	Ἀτομικὸν βάρος	Μαζικὸς ἀριθμὸς A
1	Ὑδρογόνον H	1,008	1
2	Ἡλίου He	4,003	4
3	Λίθιον Li	6,940	7
4	Βηρύλλιον Be	9,013	9
5	Βόριον B	10,820	11
6	Ἀνθραξ C	12,010	12
7	Ἀζωτον N	14,008	14
8	Ὄξυγόνον O	16,000	16
9	Φθόριον F	19,000	19
10	Νέον Ne	20,183	20
11	Νάτριον Na	22,997	23
12	Μαγνήσιον Mg	24,320	24
13	Ἀργίλιον Al	26,970	27
14	Πυρίτιον Si	28,060	28
15	Φωσφόρος P	30,980	31
16	Θεῖον S	32,066	32
	κ.τ.λ.		

Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων τούτων μεταβάλλονται περιοδικῶς, καθ' ὅσον ἀυξάνονται τὰ ἀτομικὰ

βάρη. Ούτω τὸ δέκατον στοιχείον (Ne) ὁμοιάζει μὲ τὸ δεύτερον στοιχείον (He), τὸ ἐνδέκατον στοιχείον (Na) ὁμοιάζει μὲ τὸ τρίτον (Li),... τὸ δέκατον ἕκτον (S) ὁμοιάζει μὲ τὸ ὕδρον (O) κ.ο.κ. Ὡστε αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων ἐπαναλαμβάνονται περιοδικῶς, ἐφ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὰ ἐλαφρότερα πρὸς τὰ βαρύτερα ἄτομα. Ἡ παρατήρησις αὕτη ἔδωκεν ἀφορμὴν εἰς τὸν Mendelejeff (1869) νὰ συντάξῃ τὸ **περιοδικὸν σύστημα** τῶν στοιχείων. Ὁ αὐξων ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου εἰς τὸν πίνακα, τὸν ὁποῖον σχηματίζομεν, ὅταν καταγράψωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, καλεῖται **ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z** τοῦ στοιχείου. Τὸ περιοδικὸν σύστημα ἀναγράφεται εἰς τὴν σελίδα 282.

260. Ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—Ἡπειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο διακεκριμένα μέρη, τὸν **πυρῆνα** καὶ τὰ **ἠλεκτρόνια**, τὰ ὁποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (§ 148). Ἡ ἔρευνα ἀπέδειξε ὅτι :

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν (Z) τοῦ στοιχείου.

Οὕτω τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει $Z = 11$ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα συνολικῶς φέρουν ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον $-11e$. Ἐπομένως τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι $+11e$. Ὁμοίως εὐρίσκομεν ὅτι τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ ἀνθρακος εἶναι $+6e$.

261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν διὰ τὴν μέτρησιν τῆς μάζης τῶν ἀτόμων καὶ τῶν πυρηνῶν χρησιμοποιεῖται ἡ **φυσικὴ κλίμαξ** τῶν ἀτομικῶν μαζῶν, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ μονὰς ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

Εἰς τὴν φυσικὴν κλίμακα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὡς μονὰς μάζης λαμβάνεται τὸ $1/16$ τῆς μάζης τοῦ ἄφθονώτερον εἰς τὴν Φύσιν ἀπαντώντος ἰσοτόπου τοῦ ὀξυγόνου.

Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται **μονὰς ἀτομικῆς μάζης** καὶ συμβολίζεται 1 amu (atomic-mass unit). Εὐρίσκεται δὲ ὅτι εἶναι :

$$1 \text{ μονὰς ἀτομικῆς μάζης : } 1 \text{ amu} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$$

Περιοδικόν σύστημα τῶν στοιχείων

Περί- οδος	Ομάδα I	Ομάδα II	Ομάδα III	Ομάδα IV	Ομάδα V	Ομάδα VI	Ομάδα VII	Ομάδα VIII	0
I	1 H 1,008								2 He 4,003
II	3 Li 6,940	4 Be 9,02	5 B 10,82	6 C 12,01	7 N 14,008	8 O 16,000	9 F 19,00		10 Ne 20,18
III	11 Na 22,994	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 30,98	16 S 32,06	17 Cl 35,457		18 Ar 39,948
IV	19 K 39,096 29 Cu 63,57	20 Ca 40,08 30 Zn 65,38	21 Sc 45,10 31 Ga 69,72	22 Ti 47,90 32 Ge 72,60	23 V 50,95 33 As 74,91	24 Cr 52,01 34 Se 78,96	25 Mn 54,93 35 Br 79,916	26 Fe 55,85 27 Co 58,94 28 Ni 58,69	36 Kr 83,7
V	37 Rb 85,48 47 Ag 107,880	38 Sr 87,63 43 Cd 112,41	39 Y 88,92 49 In 114,76	40 Zr 91,22 50 Sn 118,70	41 Nb 92,91 51 Sb 121,76	42 Mo 95,95 52 Te 127,21	43 Tc (99) 53 I 126,92	44 Ru 101,7 45 Rh 102,91 46 Pd 106,7	54 Xe 131,3
VI	55 Cs 132,91 79 Au 197,2	56 Ba 137,36 80 Hg 200,61	57 Έως 71 Σπάνια γαία*	72 Hf 178,6 82 Pb 207,21	73 Ta 180,88 83 Bi 209,00	74 W 183,92 84 Po 210	75 Re 186,31 85 At (210)	76 Os 190,2 77 Ir 193,1 78 Pt 195,23	86 Rn 222
VII	87 Fr (223)	88 Ra 226,05	89 Ac 227,05	90 Th 232,12	91 Pa 231	92 U 238,07			

* Σπάνια γαία

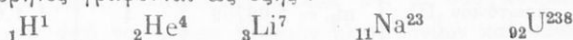
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
138,92	140,13	140,92	144,27	147	150,43	152,0	156,9	159,2	162,46	164,94	167,2	169,4	173,04	174,90

Υπεροξείδια στοιχεία

93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 E	100 Fm	101 Mv	102 No	103
237	239	241	242	243	244	254	255	256	254	257

262. Ἀτομικὴ μᾶζα καὶ μαζικὸς ἀριθμὸς. — Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου εἶναι σχεδὸν ὁλόκληρος συγκεντρωμένη εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα, διότι ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι πολὺ μικρά. Ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου, μετρηθεῖσα εἰς τὴν φυσικὴν κλίμακα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν καλεῖται **ἀτομικὴ μᾶζα**. Ἡ ἀκριβὴς μέτρησις τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ἀπέδειξεν ὅτι ὅλαι αἱ ἀτομικαὶ μᾶζαι προσεγγίζουν πρὸς ἀκέραιον ἀριθμὸν. Ὁ ἀκέραιος ἀριθμὸς, πρὸς τὸν ὅποιον προσεγγίζει ἡ ἀτομικὴ μᾶζα τοῦ ἀτόμου, καλεῖται **μαζικὸς ἀριθμὸς A** τοῦ ἀτόμου (βλ. πίνακα σελ. 280). Ὁ ἀριθμὸς οὗτος ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.

263. Συμβολικὴ γραφὴ τῶν ἀτομικῶν πυρηνίων. — Εἰς ἑκαστον ἀτομικὸν πυρῆνα ἀντιστοιχοῦν δύο θεμελιώδεις ἀριθμοί: ὁ **ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z** καὶ ὁ **μαζικὸς ἀριθμὸς A**. Οἱ δύο οὗτοι ἀριθμοὶ ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν καὶ σημειώνονται ἑκατέρωθεν τοῦ συμβόλου Σ τοῦ στοιχείου ὡς ἐξῆς: ${}_Z\Sigma^A$. Οὕτω οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες γράφονται ὡς ἐξῆς:



264. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. — Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ φυσικὴ ραδιενέργεια ὀφείλεται εἰς αὐτόματον ἔκρηξιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα κατορθώνει νὰ προκαλῇ διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τῶν σταθερῶν στοιχείων. Κατὰ τὴν διάσπασιν αὐτὴν ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα σωματίδια, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ τὰ μελετήσωμεν. Αἱ μέχρι σήμερον ἔρευναι ἀποδεικνύουν ὅτι ὅλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο εἶδη σωματιδίων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **πρωτόνια** καὶ **νετρόνια**. Τὰ δύο αὐτὰ εἶδη σωματιδίων καλοῦνται γενικῶς **νουκλεόνια** (ἀπὸ τὸ nucleus = πυρῆν).

α) Τὸ **πρωτόνιον** (σύμβολον ${}_1\text{H}^1$) εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρῆν τοῦ ὕδρογόνου, δηλ. εἶναι τὸ ἰὸν ὕδρογόνου. Φέρει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον (+e) καὶ ἔχει μᾶζαν περίπου ἴσην μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 amu).

β) Τὸ **νετρόνιον** (σύμβολον ${}_0\text{n}^1$) δὲν φέρει ἡλεκτρικὸν φορτίον, ἡ δὲ μᾶζα του εἶναι ὀλίγον μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου.

Ἐπειδὴ τὸ νετρόνιον εἶναι οὐδέτερον σωματίδιον, οὔτε ἀπωθεῖται, οὔτε ἔλκεται ἀπὸ τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας καὶ συνεπῶς κατορθώνει νὰ πλησιάσῃ πρὸς τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας ἐλευθέρως. Ἀφθονα νετρόνια λαμβάνονται, ὅταν βομβαρδίζεται τεμάχιον βηρυλλίου (Be) μὲ σωματίδια α (δηλ. μὲ ἀκτῖνας α ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου). Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα :

I. Ὅλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια, τὰ ὁποῖα γενικῶς καλοῦνται νουκλεόνια.

II. Τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον ἔχουν μᾶζαν περίπου ἴσην μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 amu).

III. Τὸ πρωτόνιον φέρει ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ($+e$), ἐνῶ τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον.

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Νουκλεόνιον	Μᾶζα εἰς amu	Μαζικὸς ἀριθμὸς A	Ἡλεκτρικὸν φορτίον εἰς Ge
1	πρωτόνιον ${}_1\text{H}^1$	$m_p = 1,00759$	1	$+1,60 \cdot 10^{-19}$
0	νετρόνιον ${}_0\text{n}^1$	$m_n = 1,008987$	1	0

265. Ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.—Τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος ὀφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὰ πρωτόνια, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ πυρῆν. Ὁ ἀτομικὸς πυρῆν τοῦ ἡλίου ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν $A = 4$ καὶ ἀτομικὸν ἀριθμὸν $Z = 2$. Ἀρα ὁ ἀτομικὸς πυρῆν τοῦ ἡλίου φέρει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον $+2e$ καὶ συνεπῶς ὁ πυρῆν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια. Ἐπειδὴ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου εἶναι σχεδὸν ἴση μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης, ἔπεται ὅτι ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς $A = 4$ φανερώνει τὸν ἀριθμὸν τῶν νουκλεονίων, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρῆν τοῦ ἡλίου. Ὡστε ὁ πυρῆν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

I. Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρῆν.

II. Ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς A ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἄθροισμα

τοῦ ἀριθμοῦ Z τῶν πρωτονίων καὶ τοῦ ἀριθμοῦ N τῶν νετρονίων, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρῆν.

$$\begin{array}{l} A = Z + N \\ \text{νουκλεόνια} = \text{πρωτόνια} + \text{νετρόνια} \end{array}$$

III. Ὁ ἀριθμὸς N τῶν νετρονίων ἑνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ μαζικοῦ ἀριθμοῦ A καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ Z τοῦ πυρῆνος.

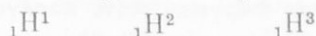
$$\begin{array}{l} N = A - Z \\ \text{νετρόνια} = \text{νουκλεόνια} - \text{πρωτόνια} \end{array}$$

Οὕτω ὁ πυρῆν οὐρανίου ${}_{92}\text{U}^{238}$ περιέχει : $N = 238 - 92 = 146$ νετρόνια.

266. Ἰσότοπα στοιχεῖα.— Αἱ χημικαὶ ιδιότητες ἑνὸς στοιχείου ἐξαρτῶνται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὰ περίξ τοῦ πυρῆνος ὑπάρχοντα ἠλεκτρόνια. Ὅταν λοιπὸν ἡ Χημεία εὐρίσκη ὅτι δύο ἄτομα ἔχουν τὰς αὐτὰς χημικὰς ιδιότητες, διαπιστώνει ἀπλῶς ὅτι οἱ δύο ἀτομικοὶ πυρῆνες περιβάλλονται ἀπὸ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων καὶ συνεπῶς οἱ δύο αὐτοὶ ἀτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων. Αἱ πειραματικαὶ ἔρευναι τῶν Thomson (1912) καὶ Aston (1919) ἀπέδειξαν ὅτι δύο ἄτομα εἶναι δυνατόν νὰ ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ἀλλὰ νὰ ἔχουν διαφορετικὴν μάζαν. Οὕτω π.χ. ἀπεδείχθη ὅτι τὸ ὕδρογόνον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1, ἐμφανίζεται ὑπὸ τὴν μορφήν τριῶν ἀτομικῶν πυρῆνων. Ὑπάρχουν δηλαδὴ τρία εἶδη ἀτόμων ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα ἔχουν διαφορετικὰς ἀτομικὰς μάζας :

$$1,008145 \qquad 2,014741 \qquad 3,016997$$

Ἡ διαφορὰ αὐτῇ τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἀτομικὸς πυρῆν εἶναι δυνατόν νὰ ἀποτελῇται ἀπὸ μόνον 1 πρωτόνιον (κοινὸν ὕδρογόνον) ἢ δύναται νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 1 νετρόνιον (δευτέριον D ἢ βαρὺ ὕδρογόνον) ἢ τέλος εἶναι δυνατόν νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 2 νετρόνια (τρίτιον T). Τὰ τρία αὐτὰ ὕδρογὸνα καλοῦνται **ισότοπα στοιχεῖα** καὶ σημειώνονται ὡς ἐξῆς :



Ἰσότοπα καλοῦνται τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z , διάφορον ὅμως μαζικὸν ἀριθμὸν A .

Οὕτως υπάρχουν δύο ισότοπα τοῦ χλωρίου $_{17}\text{Cl}^{35}$ καὶ $_{17}\text{Cl}^{37}$. Ἐπίσης υπάρχουν οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς τύποι ἀτομικῶν πυρήνων ὀξυγόνου :



Σήμερον εἶναι γνωστοὶ 1200 περίπου τύποι ἀτομικῶν πυρήνων, ἐκ τῶν ὁποίων μόνον 280 εἶναι σταθεροί. Ὅπως παρατηροῦμεν εἰς τὰ ισότοπα τοῦ ὀξυγόνου, οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων Z , διαφορετικὸν ὅμως ἀριθμὸν νετρονίων N . Εἰς τὴν σελίδα 299 ἀναγράφονται τὰ φυσικὰ σταθερὰ στοιχεῖα καὶ τὰ ισότοπα αὐτῶν.

Τὸ βαρὺ ὕδωρ. Τὸ δευτέριον ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον, ὅπως καὶ τὸ κοινὸν ὕδρογόνον. Οὕτως ὅμως προκύπτει μῦριον ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἔχει μοριακὸν βάρος 20. Τὸ ὕδωρ τοῦτο καλεῖται **βαρὺ ὕδωρ** καὶ ἀνεκαλύφθη ἀπὸ τὸν Urey (1932) ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τοῦ λαμβανομένου ἀπὸ τὰς λεκάνας ἡλεκτρολύσεως. Τὸ βαρὺ ὕδωρ εἰς 4°C ἔχει πυκνότητα $1,104\text{ gr/cm}^3$. Αἱ φυσικαὶ ιδιότητες τοῦ βαρέος ὕδατος εἶναι διάφοροι ἀπὸ τὰς ιδιότητας τοῦ κοινοῦ ὕδατος. Οὕτω τὸ βαρὺ ὕδωρ ἔχει θερμοκρασίαν πήξεως $3,8^{\circ}\text{C}$ καὶ θερμοκρασίαν βρασμοῦ $101,4^{\circ}\text{C}$. Διὰ τοῦτο τὸ βαρὺ ὕδωρ εἶναι εὐκόλουν νὰ διαχωρισθῇ ἀπὸ τὸ κοινὸν ὕδωρ διὰ κλασματικῆς ἀποστάξεως.

267. Ποζιτρόνιον.—Ἀπὸ τὰς πειραματικὰς ἐρεῦνας τοῦ Anderson (1932) ἀπεδείχθη ὅτι εἰς ὠρισμένας περιπτώσεις μεταστοιχειώσεων ἐμφανίζεται καὶ ἓν ἄλλο σωματίδιον, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη **ποζιτρόνιον**, ἡ δὲ διάρκεια τῆς υπάρξεώς του εἶναι ἐλάχιστη.

Τὸ ποζιτρόνιον ἔχει μᾶζαν ἴσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ φέρει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον.

Τὸ ποζιτρόνιον εἶναι λοιπὸν ἓν θετικὸν ἡλεκτρόνιον καὶ γεννᾶται ὅταν ἓν πρῶτόνιον μετασχηματίζεται εἰς νετρόνιον ἢ ὅταν κοσμικαὶ ἀκτῖνες ἢ πολὺ διεσδυτικά ἀκτῖνες γ προσπίπτουν ἐπὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Ἡ πειραματικὴ ἐρευνα ἀπέδειξεν ὅτι, ὅταν ἐπὶ τῆς ὕλης προσπίπτῃ ἓν πρῶτόνιον ἀκτίνων γ, φέρον μεγάλην ἐνέργειαν, τότε παράγονται ἓν ἡλεκτρόνιον καὶ ἓν ποζιτρόνιον. Τὸ ἄθροισμα τῶν μαζῶν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τοῦ ποζιτρονίου εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτονίου (σχ. 309 γ). Τὸ περίφημον τοῦτο πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι

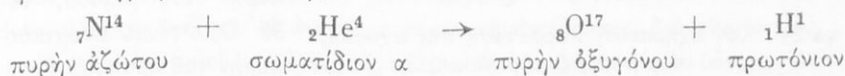
είναι δυνατή ἡ μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας εἰς ὕλην, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας.

Ὑποατομικὰ σωματίδια

Σωματίδιον	Μάζα	Ἡλεκτρικὸν φορτίον
ἡλεκτρόνιον e^- , $-1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
ποζιτρόνιον e^+ , $+1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
πρωτόνιον ${}_1H^1$	$1,6724 \cdot 10^{-24}$ gr	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
νετρόνιον ${}_0n^1$	$1,6747 \cdot 10^{-24}$ gr	0

ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

268. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις. — Πρῶτος ὁ Rutherford ἐπέτυχε **τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν** ἐκτελέσας τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Ἐβομβάρδισεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ἀζώτου με σωματίδια α (δηλ. με ἀτομικοὺς πυρῆνας ἡλίου) καὶ ἔλαβεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ὀξυγόνου καὶ ὕδρογόνου. Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν **πυρηνικὴν ἀντίδρασιν**, ἡ ὁποία γράφεται ὡς ἑξῆς :



Σήμερον ἡ Πυρηνικὴ Φυσικὴ ἐπιτυγχάνει πλῆθος πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, δηλαδὴ ἐπιτυγχάνει τὴν **τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν**. Πολλὰ ἐκ τῶν προϊόντων τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων εἶναι ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες. Οὗτοι αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τὰ μετατραποῦν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Ἡ μεταστοιχείωσις αὕτη συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἐκπομπὴν ἀκτινοβολίας, ἥτοι οἱ ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες εἶναι **ραδιενεργοί**. Ὡστε :

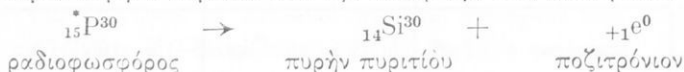
Διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων ἐπιτυγχάνεται τεχνητὴ μεταστοιχείωσις καὶ δημιουργία τεχνητῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.

Οὕτως ἀπὸ τὸν βομβαρδισμόν ἀτομικῶν πυρῆνων ἀργιλίου με σω-

ματίδια α προκύπτει τεχνητὸς ραδιενεργὸς φωσφόρος (**ραδιοφωσφόρος**) καὶ νετρόνιον :

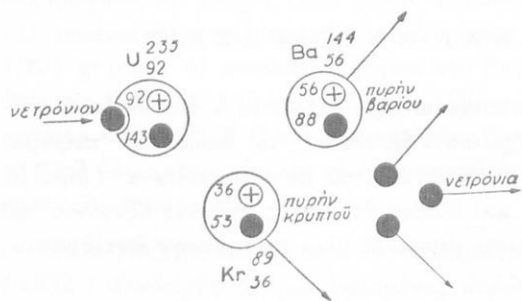


Ὁ ἀσταθὴς πυρὴν τοῦ ραδιοφωσφόρου μεταστοιχειώνεται ἔπειτα εἰς σταθερὸν πυρὴνα πυριτίου διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἐνὸς ποζιτρονίου :



Τὰ τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἔχουν σήμερον μεγάλην σημασίαν διὰ τὰς βιολογικὰς ἐρεύνας καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς.

269. Διάσπασις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου.— Τὸ πείραμα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὸ ἰσότοπον τοῦ οὐρανίου, τὸ ὁποῖον ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν 235, ἔχει τὴν ἐξῆς ιδιότητα: Ὅταν ὁ πυρὴν τοῦ οὐρανίου τούτου βομβαρδισθῇ μὲ νετρόνιον, τότε ὁ πυρὴν οὗτος **διασπᾶται** εἰς δύο τμήματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἔναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ βαρίου, τὸ δὲ ἄλλο εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ κρυπτοῦ (σχ.



Σχ. 306. Σχηματικὴ παράστασις τῆς σχέσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου 235.

306). Ἡ πυρηνικὴ αὕτῃ ἀντίδρασις γράφεται ὡς ἐξῆς :



Παρατηροῦμεν ὅτι προκύπτουν καὶ 3 νετρόνια, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν διάσπασιν νέων πυρηνῶν οὐρανίου (**άλυσωτὴ πυρηνικὴ ἀντίδρασις**). Κατὰ τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου εὐρέθη ὅτι ἐλευθερώνεται τεραστίαι ἐνέργεια (50 ἑκατομμύρια φορές μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν θερμότητα, τὴν ὁποίαν προσφέρει κατὰ τὴν καύσιν τοῦ ἄτομον τοῦ ἄνθρακος). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω πυρηνικῆς ἀντιδράσεως στηρίζεται ἡ **ἀτομικὴ βόμβα**. Ἡ κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ἐλευθερουμένη ἐνέργεια καλεῖται **ἀτομικὴ ἐνέργεια** ἢ ἀκριβέστερον **πυρηνικὴ ἐνέργεια**.

270. Προέλευσις τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας.—Εἶναι γνωστὸν (ἐκ τῆς προηγουμένης τάξεως) ὅτι μᾶζα m ἰσοδυναμεῖ με ἐνέργειαν $E = m \cdot c^2$ ὅπου c εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν. Αἱ μετρήσεις ἀποδεικνύουν ὅτι κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις παρατηρεῖται **ἀπώλεια μάζης**· ἡ μᾶζα αὕτη μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. "Ωστε :

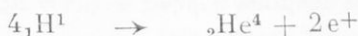
Κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ὠρισμένη μᾶζα μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον πυρηνικὴν ἐνέργειαν.

Οὕτως, ἐὰν κατὰ μίαν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν ἡ ἀπώλεια μάζης ἀνέρχεται εἰς 0,001 gr, τότε ἐλευθερώνεται ἐνέργεια :

$$E = m \cdot c^2 = 0,001 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 9 \cdot 10^{17} \text{ erg}$$

$$E = 25 \text{ 000 kWh}$$

271. Προέλευσις τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.—Διὰ νὰ ἐρμηνεύσουν τὴν προέλευσιν τῆς τεραστίας ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ὁ "Ἡλιος, διετυπώθη ἡ ὑπόθεσις ὅτι εἰς τὸν "Ἡλιον συμβαίνει ἡ ἀκόλουθος πυρηνικὴ ἀντίδρασις :



Τέσσαρα δηλαδὴ πρωτόνια συνενώνονται πρὸς σχηματισμὸν ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου. Κατὰ τὴν πυρηνικὴν αὐτὴν ἀντίδρασιν τὰ δύο πρωτόνια μετατρέπονται εἰς νετρόνια καὶ διὰ τοῦτο ἀποβάλλονται δύο ποζιτρόνια. Ἡ πυρηνικὴ αὕτη ἀντίδρασις συνοδεύεται ἀπὸ κολοσσιαίαν ἔκλυσιν ἐνεργείας, διότι παρατηρεῖται μεγάλη ἀπώλεια μάζης. Ὑπολογίζουν ὅτι κατὰ δευτερόλεπτον μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν 4 500 000 τόννοι ἡλιακῆς μάζης. Ἡ ἀνωτέρω πυρηνικὴ ἀντίδρασις, διὰ τῆς ὁποίας συντίθενται ἀτομικοὶ πυρῆνες ὕδρογόνου πρὸς σχηματισμὸν ἀτομικῶν πυρῶν ἡλίου, καλεῖται **σύντηξις** καὶ εἶναι μία **θερμοπυρηνικὴ ἀντίδρασις**, ἡ ὁποία πραγματοποιεῖται εἰς τὴν **βόμβαν ὕδρογόνου**.

272. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ.—Κατὰ τὴν διάσπασιν ἑνὸς πυρῆνος οὐρανίου (${}_{92}\text{U}^{235}$) ἐκλύεται μεγάλη ποσότης ἐνεργείας. Τὰ 20 % τῆς ἐνεργείας αὐτῆς ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν καὶ τὰ 80 % τῆς ἐκλυομένης ἐνεργείας ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν **κινητικῆς ἐνεργείας** τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Οὕτω τὰ θραύσματα τοῦ πυρῆνος ἐκσφενδονίζονται μετὰ μεγάλην ταχύτητα, συγκρούονται μετὰ γειτονικὰ μόρια καὶ συνεπῶς διαχέουν τὴν ἐνέργειάν των ὑπὸ μορφὴν θερμότητος. Αὐτὴν τὴν θερμότητα ἐκμεταλλεύμεθα

εἰς τὸν **ἀτομικὸν ἀντιδραστήρα** διὰ τὴν παραγωγὴν ὕδρατμοῦ. Ὁ παραγόμενος ὕδρατμος χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κίνησιν ἀτμοστροβίλου, ὁ ὁποῖος παρέχει τὴν ἀπαιτουμένην μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς μίαν γεννητριαν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (δηλ. εἰς ἓνα ἐναλλακτῆρα). Οὕτως ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος οὐρανίου μετατρέπεται τελικῶς εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σήμερον ὑπάρχουν διάφοροι τύποι ἀτομικῶν ἀντιδραστήρων. Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω χρησιμοποιήσεως ὁ ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα καὶ διὰ τὴν παραγωγὴν διαφόρων ραδιοϊσοτόπων καὶ διὰ τὴν πρόκλησιν ἄλλων πυρηνικῶν ἀντιδράσεων. Τὰ πρὸς μεταστοιχείωσιν στοιχεῖα εἰσάγονται ἐντὸς καταλλήλων θέσεων τοῦ ἀτομικοῦ ἀντιδραστήρος.

273. Ὑπερουράνια στοιχεῖα.— Εἰς τὴν Φύσιν ὁ βαρύτερος ἀτομικὸς πυρὴν εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ οὐρανίου, ὁ ὁποῖος ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν $A = 238$, δηλ. ὁ πυρὴν ${}_{92}\text{U}^{238}$. Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα ἐπέτυχε τὴν παραγωγὴν ἀτομικῶν πυρηνῶν βαρυτέρων τοῦ πυρῆνος οὐρανίου. Οἱ νέοι οὗτοι ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀνήκουν εἰς στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα

Ὑπερουράνια στοιχεῖα

(Ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς A ἀναφέρεται εἰς γνωστὰ ἰσότοπα)

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Ὄνομα στοιχείου	Σύμβολον	Μαζικὸς ἀριθμὸς A
93	Νεπτούνιον	Np	231-241
94	Πλουτόνιον	Pu	232-246
95	Ἀμερίκιον	Am	237-246
96	Κιούριον	Cm	238-250
97	Μπερκέλιον	Bk	243-250
98	Καλιφόρνιον	Cf	244-254
99	Ἀϊνστάνιον	E	246-256
100	Φέρμιον	Fm	250-256
101	Μεντελέβιον	Mv	256
102	Νομπέλιον	No	254
103	Λορέντσιον	;	257

δὲν ὑπάρχουν εἰς τὴν Φύσιν καὶ ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z μεγαλύτερον ἀπὸ 92. Τὰ νέα αὐτὰ τεχνητῶς παραγόμενα στοιχεῖα καλοῦνται **ὑπερουράνια στοιχεῖα**, διότι εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων

κατατάσσονται πέραν τοῦ οὐρανίου. Μέχρι σήμερον παρήχθησαν ὑπερουράνια στοιχεῖα μέχρι τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ $Z = 103$, ἥτοι παρήχθησαν ἑνδεκα ὑπερουράνια στοιχεῖα (βλ. πίνακα σελ. 290). "Οἱ οἱ ὑπερουράνιοι ἀτομικοὶ πυρῆνες εἶναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχείωνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α ἢ ἀκτίνων β .

274. Τὰ ὑποατομικὰ σωματίδια.—Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψε διάφορα ὑποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια εἶναι τὸ ἤλεκτρόνιον, τὸ ποζιτρόνιον, τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον. Ἐκτὸς ὅμως τῶν ἀνωτέρω τεσσάρων ὑποατομικῶν σωματιδίων ἀνεκαλύφθησαν καὶ ἄλλα ὑποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια εἶναι :

α) Τὸ **νετρίνο**, τὸ ὅποιον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον, ἔχει ἀσήμαντον μᾶζαν καὶ γεννᾶται, ὅταν ἐν νετρόνιον μεταβάλλεται εἰς πρωτόνιον ἢ ἀντιστρόφως, ὅταν ἐν πρωτόνιον μεταβάλλεται εἰς νετρόνιον.

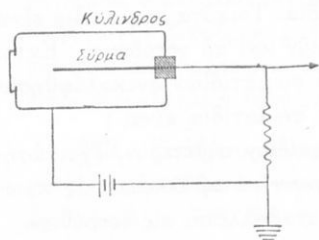
β) Τὰ **μεσόνια** εἶναι σωματίδια μὲ ἡλεκτρικὸν φορτίον θετικὸν ἢ ἀρνητικόν, ἴσον μὲ ἐν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον (e) ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των περιλαμβάνεται μεταξὺ τῆς μᾶζης τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τῆς μᾶζης τοῦ πρωτονίου.

γ) Τὰ **ὑπερόνια** εἶναι σωματίδια μὲ ἡλεκτρικὸν φορτίον (θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν) ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου (${}_1H^1$) καὶ μικρότερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ δευτερονίου (${}_1H^2$).

275. Κοσμικαὶ ἀκτῖνες.—Ἡ παρατήρησις ἀπέδειξεν ὅτι ἐν φορτισμένον ἡλεκτροσκόπιον χάνει ὀλίγον κατ' ὀλίγον τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ ἡλεκτροσκόπιον περιβάλλεται ἀπὸ παχεῖαν μεταλλικὴν πλάκα. Ἡ ἐκφόρτισις αὕτη ἀπεδόθη εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀέρος, προκαλούμενον ἀπὸ ἄγνωστον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία εἶναι πολὺ διεσδυτική. Αἱ πειραματικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν (Hees, Kollhörster, Millikan, Bowen κ.ἄ.) ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης βαίνει αὐξανομένη, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι αἱ ἄγνωστοι ἀκτῖνες ἔρχονται εἰς τὸν πλανήτην μας ἐκ τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ διὰ τοῦτο ὠνομάσθησαν **κοσμικαὶ ἀκτῖνες**. Αἱ κοσμικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν μεγάλην διεσδυτικὴν ἱκανότητα, δυνάμεναι νὰ διέλθουν διὰ πλακὸς μολύβδου, ἡ ὁποία ἔχει πάχος πολλῶν μέτρων, ἢ διὰ στρώματος ὕδατος πάχους 250 μέτρων.

Διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, ὡς καὶ ἄλλων σωματιδίων, χρησιμοποιοῦνται συνήθως αἱ ἐξῆς τρεῖς μέθοδοι: α) ἡ ταχύτης ἐκφορτίσεως τοῦ ἡλεκτροσκοπίου, β) ὁ ἀπαριθμητής Geiger—Muller καὶ γ) ὁ θάλαμος Wilson.

Ὁ ἀπαριθμητής Geiger - Muller ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸν μεταλλικὸν σωλῆνα, ὁ ὁποῖος κατὰ τὸν ἄξονά του φέρει τεταμένον λεπτὸν σύρμα (σχ. 307). Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος



Σχ. 307. Ἀπαριθμητής.

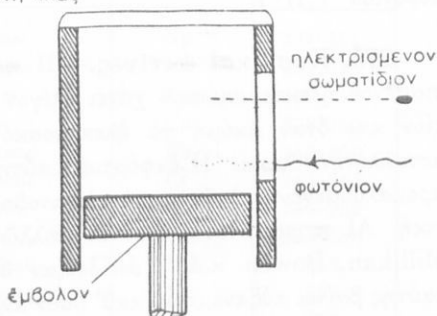
ῥέεται ἀπὸ στιγμιαῖον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον, ἐνισχυόμενον καταλλήλως, δύναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαφώνου καὶ νὰ καταστήσῃ ἀκουστὴν τὴν ἀριζίν τοῦ σωματιδίου εἰς τὸν ἀπαριθμητὴν ἢ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν λειτουργίαν ἐνὸς μηχανικοῦ μετρητοῦ.

Φωτογραφικὴ
μηχανή



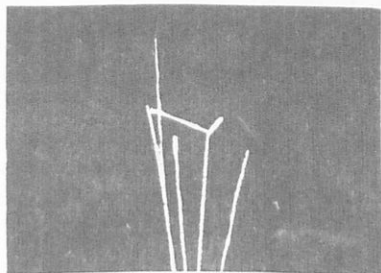
υαλινὴ πλάξ

Ὁ θάλαμος Wilson ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα κύλινδρον, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου ὑπάρχει ἀήρ κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς (σχ. 308). Ἡ ἄνω βάση τοῦ κυλίνδρου εἶναι υαλινὴ πλάξ, ἡ δὲ κάτω βάση τοῦ κυλίνδρου εἶναι ἔμβολον. Ἄν αὐξηθῇ ἀπτόμως ὁ ὕγκος τοῦ ἀέρος, οὗτος ψύχεται, καὶ οἱ ἐντὸς αὐτοῦ ὑδρατμοὶ ὑγροποιοῦνται καὶ σχηματίζουν σταγονίδια. Κατὰ προτίμησιν τὰ σταγονίδια σχηματίζονται περὶ τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς

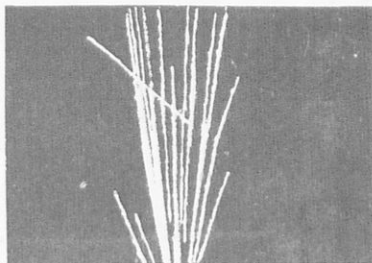


Σχ. 308. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἀρχῆς ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson.

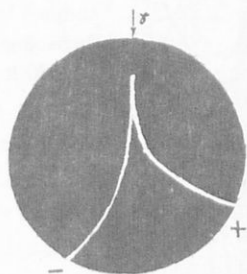
τοῦ ἀέρος. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἐκτονωθέντος ἀέρος εἰσέλθῃ ἓν φορτισμένον



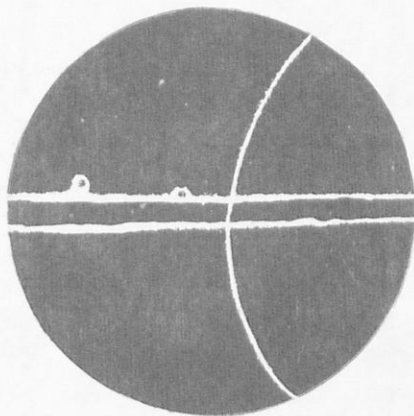
α



β



γ



δ

Σχ. 309. Φωτογραφία ληφθεῖσαι μετὰ τὸν θάλαμον τοῦ Wilson.

α. Ἡ διακλάδωσις μιᾶς τροχιᾶς δεικνύει τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς σωματιδίου α μετὰ ἓν ἄτομον ὀξυγόνου. Ὁ βραχὺς κλάδος ἀνήκει εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα ὀξυγόνου μετὰ τὴν σύγκρουσιν.

β. Σύγκρουσις ἐνὸς σωματιδίου α μετὰ ἀτομικὸν πυρῆνα ὕδρογόνου (P).

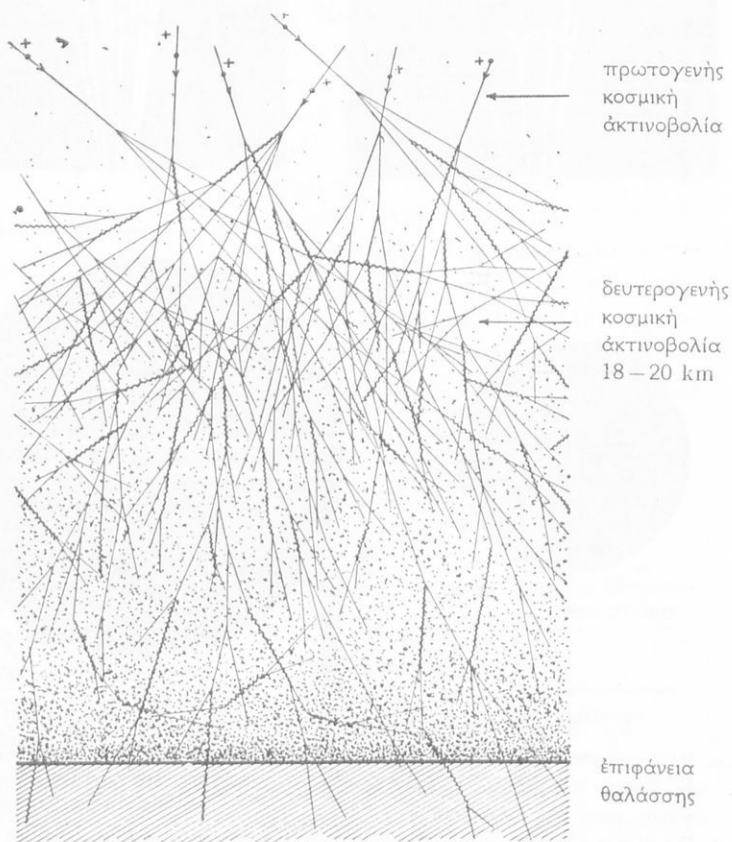
γ. Παραγωγή ἐνὸς ζεύγους: ἡλεκτρόνιον - ποζιτρόνιον ἀπὸ ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας γ.

δ. Τροχιά ἐνὸς ποζιτρονίου.

σωματίδιον, τοῦτο σχηματίζει σειρὰν ἰόντων, περίξ τῶν ὁποίων συγκεντρώνονται σταγονίδια ὕδατος. Τὰ σταγονίδια ἀποτελοῦν μίαν λεπτὴν γραμ-

μὴν ὁμίχλης, ἣ ὁποία φανερώνει τὴν τροχίαν τοῦ σωματιδίου. Οὕτω δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν ἢ καὶ νὰ φωτογραφήσωμεν τὴν τροχίαν τοῦ σωματιδίου, τὸ ὁποῖον εἰσῆλθεν ἐντὸς τοῦ θαλάσσιου (σχ. 309).

276. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων. — Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης

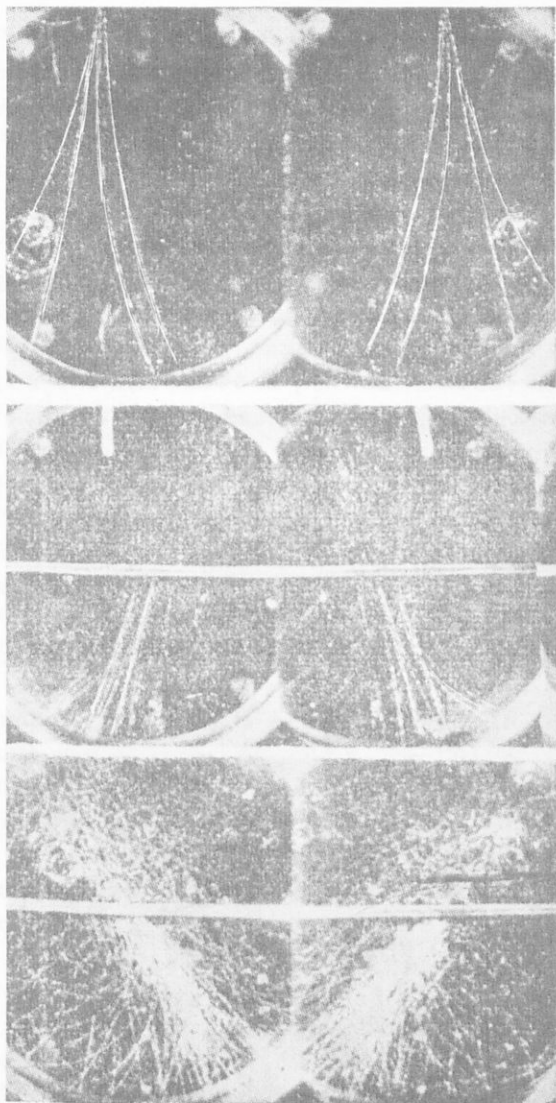


Σχ. 310. Σχηματικὴ παράστασις τῆς παραγωγῆς δευτερογενοῦς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας.

κάθε δευτερόλεπτον προσπίπτει ἐν κοσμικὸν σωματίδιον ἐπὶ 1 cm^2 .

Ἡ ἔντασις τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας διατηρεῖται σταθερὰ καὶ μόνον

εἰς τὰς περιοχὰς τῶν πόλων εἶναι μεγαλύτερα. Ἡ προέλευσις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων εἶναι ἀκόμη ἄγνωστος, φαίνεται δὲ ὅτι αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες φθάνουν εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν περιοχῶν τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος. Ἡ πρωτογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία φθάνει εἰς τὰ ἀνώτερα ὕψη τῆς ἀτμοσφαιρας μας, ἀποτελεῖται ἀπὸ ταχύτατα κινούμενα πρωτόνια. Ταῦτα, μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας, συγκρούονται μὲ μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ἐκ τῶν ὁποίων προκύπτουν νέα σωματίδια καὶ φωτόνια, τὰ ὁποῖα μὲ τὴν σειράν των συγκρούονται πάλιν μὲ μόρια τοῦ ἀέρος (σχ. 310). Οὕτως εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαιρας ὑπάρχει ἡ δευτερογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία.



Σχ. 311. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μὲ τὸν θάλαμον Wilson. Εἰς τὴν 2αν καὶ 3ην φωτογραφίαν φαίνεται ἡ συντριβὴ ἀτόμων μολύβδου (τοῦ ὁποίου ἡ πλᾶς διακρίνεται εἰς τὸ μέσον) ὑπὸ κοσμικῶν σωματιδίων· εἰς τὴν 3ην διακρίνονται ἑκατοντάδες σωματιδίων προελθόντων ἀπὸ τὴν συντριβὴν αὐτῶν μολύβδου.

λία, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἠλεκτρόνια, ποζιτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια καὶ φωτόνια. Μεταξὺ τῶν συστατικῶν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων ἀνευρέθησαν καὶ τὰ μεσόνια, τὰ ὁποῖα ἔχουν μᾶζαν 207, 275 καὶ 970 περίπου φορές μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρονίου. Γενικῶς τὰ σωματίδια αὐτὰ εἶναι ἀσταθῆ.

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι τὰ κοσμικὰ σωματίδια μεταφέρουν κολοσσιαίαν ἐνέργειαν, διότι κατὰ τὴν σύγκρουσίν των μὲ τὰ ἄτομα τῆς ὕλης προκαλοῦν τὴν συντριβὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος καὶ τὸν διαμελισμὸν του εἰς ἑκατοντάδας μικροτάτων σωματιδίων (σχ. 311).

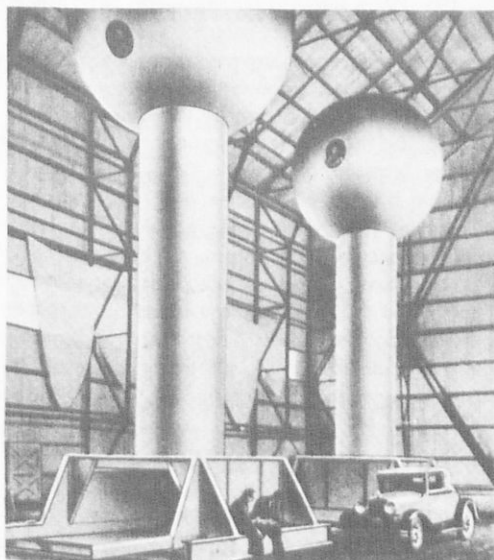
Τερασταίαι προσπάθειαι καταβάλλονται σήμερον διὰ τὴν σπουδὴν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι πιθανώτατα ἔχουν σχέσιν καὶ μὲ τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς. Εἰς πᾶσαν στιγμὴν ἀτομικοὶ πυρῆνες τῶν ἰστῶν τῶν ὀργανισμῶν συντρίβονται ἀπὸ κοσμικὰ σωματίδια καὶ οὕτως ἐκλύεται τερασταία ἐνέργεια ἐντὸς τοῦ κυττάρου. Εἶναι ἀκόμη ἄγνωστα τὰ ἀποτελέσματα, τὰ ὁποῖα ἐπιφέρει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς αὕτη ἡ ἀπότομος ἐκκλιση τῆς τεραστίας ἐνεργείας. « Ποῖος γνωρίζει, ἐὰν ἡ πνευματικὴ ἀνισορροπία ἥ ἡ μεγαλοφυΐα δὲν γεννῶνται κάποιαν στιγμὴν ἀπὸ τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς κοσμικοῦ σωματιδίου μὲ ἐν ἀπὸ τὰ λεπτὰ καὶ εὐαίσθητα ἐγκεφαλικά κύτταρα; » (Thibaud).

277. Ἡ ἀντιύλη.— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ὑλὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα. Ἐκαστον ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ θετικῶς φορτισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ τὰ πέραξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος περιφερόμενα ἠλεκτρόνια. Ὅλοι οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης περιέχουν πρωτόνια καὶ νετρόνια. Τὸ ἀπλούστερον ἄτομον τῆς ὕλης εἶναι τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐν πρωτόνιον καὶ ἀπὸ τὸ πέραξ τοῦ πρωτονίου περιφερόμενον ἠλεκτρόνιον. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψε τὸ ποζιτρόνιον, τὸ ὁποῖον εἶναι σωματίδιον ὅμοιον μὲ τὸ ἠλεκτρόνιον, ἀλλὰ μὲ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Ὡστε τὸ ποζιτρόνιον θὰ συμπεριφέρεται ἀντιθέτως πρὸς τὸ ἠλεκτρόνιον. Ἡ θεωρητικὴ καὶ ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψαν ὅτι ἐκτὸς τοῦ ποζιτρονίου ὑπάρχουν καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ ὁποῖα συμπεριφέρονται ἀντιθέτως πρὸς τὰ γνωστὰ σωματίδια, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰ συστατικὰ τῆς ὕλης. Τὰ νέα αὐτὰ σωματίδια καλοῦνται **ἀντισωματίδια** ἢ γενικώτερον **ἀντιύλη**. Οὕτω τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ἀτομικὸς πυρῆν ὕδρογόνου, ἀλλὰ μὲ ἀρνητικὸν φορτίον ἴσον μὲ ἐν στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον. Ἐὰν φαντασθῶμεν

ὅτι περίξ τοῦ ἀντιπρωτονίου περιφέρεται ἓν ποζιτρόνιον, τότε θὰ προκύψῃ τὸ ἄτομον τοῦ ἀντιυδρογόνου. Εἰς τὸν παραπλεύρως πίνακα σημειώνονται μερικὰ σωματίδια καὶ τὰ ἀντίστοιχα πρὸς αὐτὰ ἀντισωματίδια. Τὸ ποζιτρόνιον (§ 267) δὲν δύναται νὰ διατηρηθῇ, διότι ἐνοῦται μὲ ἓν ἡλεκτρόνιον καὶ τότε ἡ μᾶζα τῶν δύο τούτων σωματιδίων μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Ὅμοίως ἓν πρωτόνιον καὶ ἓν ἀντιπρωτόνιον ἐνούμενα μετατρέπονται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι τεραστία. Εἰς τὸν ἰδικὸν μας κόσμον ἡ ἀντιύλη ἐμφανίζεται κατὰ ὠρισμένης πυρηνικᾶς ἀντιδράσεις, ἀλλ' ἐξαφανίζεται ἀκαριαίως, διότι ἐνοῦται μὲ τὴν γνωστὴν μας ὕλην καὶ τότε προκύπτει ἰσοδύναμος ἐνέργεια. « Δὲν εἶναι παράλογον, ἂν φαντασθῶμεν ὅτι ὑπάρχουν ἀστέρες καὶ γαλαξίαι ἀποτελούμενοι ἀπὸ ἀντιύλην » (M. Duquesne).

Ὑλη	Ἀντιύλη
Νετρίο Ἡλεκτρόνιον Μεσόνιον (+) Πρωτόνιον Νετρίονιον Υπερόνιον (+)	Ἀντινετρίο Ποζιτρόνιον Μεσόνιον (—) Ἀντιπρωτόνιον Ἀντινετρίονιον Υπερόνιον (—)

Ἡλεκτροστατική μηχανὴ τύπου Van de Graff, δυνάμενι νὰ ἀναπτύξῃ τάσιν 10^7 Volt (Τοῦ Τεχνολογικοῦ Ἰνστιτούτου τῆς Μασσαχουσέτης.)

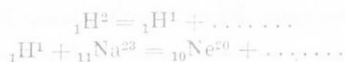


ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

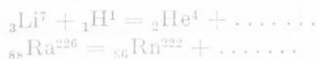
188. Να εύρεθῇ μὲ πόσσην ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἔργια καὶ Joule ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς ἀτομικῆς μάζης καὶ ἡ μάζα τοῦ ἡλεκτρονίου.

189. Μὲ πόσσην ἐνέργειαν ἰσοδυναμεῖ ἡ μάζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου;

190. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



191. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



192. Ὁ ἀτομικὸς πυρὴν ἡλίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια, ἡ δὲ μάζα του εἶναι ἴση μὲ 4,003879 amu. Πόση ἐνέργεια ἠλευθερώθη κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ πυρῆνος τούτου;

193. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ Πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονὰς ἐνεργείας λαμβάνεται τὸ 1 ἡλεκτρονιοβόλτ (1 ev), ἥτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἓν ἡλεκτρόνιον, ὅταν τοῦτο μετακινῆται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐχόντων διαφορὰν δυναμικοῦ 1 Volt. Μὲ πόσα ἔργια καὶ Joule ἰσοῦται ἡ μονὰς ἡλεκτρονιοβόλτ ;

194. Μὲ πόσσην ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἡλεκτρονιοβόλτ (eV) ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς ἀτομικῆς μάζης (1 amu) ;

195. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησιν ἑνὸς ἡλεκτρονίου καὶ ἑνὸς ποζιτρονίου ;

196. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησιν ἑνὸς πρωτονίου καὶ ἑνὸς αντιπρωτονίου ;

197. Πόση ἄπωσις ἀναπτύσσεται μεταξὺ ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου ($Z = 2$) καὶ ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἀσβεστίου ($Z = 20$), ὅταν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων πυρῆνων εἶναι ἴση μὲ $1/10^{12}$ cm ;

198. Εἰς τὸ ἄτομον ὕδρογόνου τὸ μοναδικὸν ἡλεκτρόνιον διαγράφει κυκλικὴν τροχίαν ἔχουσαν ἀκτίνα $r = 0,5 \cdot 10^{-8}$ cm, ἡ δὲ συχνότης τῆς κινήσεως αὐτοῦ εἶναι $\nu = 6,6 \cdot 10^{15}$ Hz. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κίνησιν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος τούτου εἰς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχίᾳς τοῦ ἡλεκτρονίου.

199. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὸν σχηματισμὸν ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου (${}_2\text{He}^4$) ἀπὸ τὴν σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων (${}_1\text{H}^1$) ;

200. Ἐὰν κατὰ τὴν διάσπασιν ἑνὸς βαρέος πυρῆνος παρατηρῆται ἄλλειμμα μάζης ἴσον μὲ τὰ $0,10\%$ τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος, νὰ εύρεθῇ πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν διάσπασιν 1 kg ἑκ τοῦ ὕλικου τούτου.

Τὰ ἰσότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Μαζικὸς Ἀριθμὸς A
42	Μολυβδαίνιον	92 94 95 96 97 98 100
43	Τεχνήτιον	99
44	Ρουθένιον	96 98 99 100 101 102 104
45	Ρόδιον	103
46	Παλλάδιον	102 104 105 106 108 110
47	Ἀργυρος	107 109
48	Κάδμιον	106 108 110 111 112 113 114 116
49	Ἰνδιον	113 115
50	Κασσίτερος	112 114 115 116 117 118 119 120 122 124
51	Ἀντιμόνιον	121 123
52	Τελλούριον	120 122 123 124 125 126 128 130
53	Ἰώδιον	127
54	Ξένον	124 126 128 129 130 131 132 134 136
55	Καίσιον	133
56	Βάριον	130 132 134 135 136 137 138
57	Λανθάνιον	138 139
58	Δημήτριον	136 138 140 142
59	Πρασεοδύμιον	141
60	Νεοδύμιον	142 143 144 145 149 148 150
61	Προμήθειον	145 147
62	Σαμάριον	144 147 148 149 150 152 154
63	Εὐρώπιον	151 153
64	Γαδολίνιον	152 154 155 156 157 158 160
65	Τέρβιον	159
66	Δυσπρόσιον	156 158 160 161 162 163 164
67	Ὀλμιον	165
68	Ἑρβιον	162 164 166 167 168 170
69	Θούλιον	169
70	Ἵττερβιον	168 170 171 172 173 174 176
71	Λουτίτιον	175 179
72	Ἀφνιον	174 176 177 178 179 180
73	Ταντάλιον	181
74	Βολφράμιον	180 182 183 184 186
75	Ρήνιον	185 187
76	Ὄσμιον	184 186 187 188 189 190 192
77	Ἰρίδιον	191 193
78	Λευκόχρυσος	190 192 194 195 196 198
79	Χρυσός	197
80	Ὑδράργυρος	196 197 198 199 200 201 202 204

Τὰ ἰσότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Μαζικὸς Ἀριθμὸς A
42	Μολυβδαίνιον	92 94 95 96 97 98 100
43	Τεχνήτιον	99
44	Ρουθένιον	96 98 99 100 101 102 104
45	Ρόδιον	103
46	Παλλάδιον	102 104 105 106 108 110
47	Ἀργυρος	107 109
48	Κάδμιον	106 108 110 111 112 113 114 116
49	Ἰνδίου	113 115
50	Κασσίτερος	112 114 115 116 117 118 119 120 122 124
51	Ἀντιμόνιον	121 123
52	Τελλούριον	120 122 123 124 125 126 128 130
53	Ἰώδιον	127
54	Ξένον	124 126 128 129 130 131 132 134 136
55	Καίσιον	133
56	Βάριον	130 132 134 135 136 137 138
57	Λανθάνιον	138 139
58	Δημήτριον	136 138 140 142
59	Πρασεοδύμιον	141
60	Νεοδύμιον	142 143 144 145 146 148 150
61	Προμήθειον	145 147
62	Σαμάριον	144 147 148 149 150 152 154
63	Εὐρώπιον	151 153
64	Γαδολίνιον	152 154 155 156 157 158 160
65	Τέρβιον	159
66	Δυσπρόσιον	156 158 160 161 162 163 164
67	Όλμιον	165
68	Έρβιον	162 164 166 167 168 170
69	Θούλιον	169
70	Υττέρβιον	168 170 171 172 173 174 176
71	Λουτίτιον	175 176
72	Ἀφνιον	174 176 177 178 179 180
73	Ταντάλ'ον	181
74	Βολφράμιον	180 182 183 184 186
75	Ρήνιον	185 187
76	Όσμιον	184 186 187 188 189 190 192
77	Ίρίδιον	191 193
78	Λευκόχρυσος	190 192 194 195 196 198
79	Χρυσός	197
80	Υδράργυρος	196 197 198 199 200 201 202 204

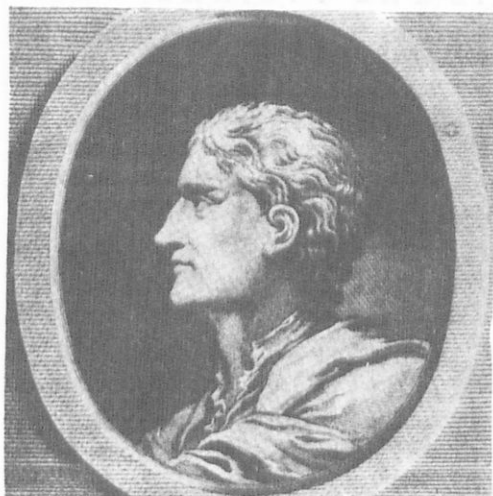
Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

1. Σπουδὴ καὶ ἐρμηνεία τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.—Τὸ φῶς παίζει σημαντικὸν ρόλον εἰς τὴν ζωὴν τῶν ἀνθρώπων καὶ διὰ τοῦτο ἡ σπουδὴ τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἐγένετο ἀπὸ παλαιωτάτων χρόνων. Τὰ γνωστὰ φαινόμενα ἦσαν ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός, ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιάς, ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν λείων ἐπιφανειῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς εἰδώλων ὡς καὶ ἡ φαινομένη θραῦσις μιᾶς ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος ἐσπουδάζοντο μόνον τὰ ἀπλᾶ ταῦτα φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς, χωρὶς ὅμως νὰ καταστῇ δυνατόν νὰ δοθῇ μία φυσικὴ ἐρμηνεία τῶν φαινομένων τούτων. Αἱ πρῶται φυσικαὶ ὑποθέσεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, διευτυπώθησαν μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τοῦ νόμου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Αἱ ὑποθέσεις αὗται προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ τότε γνωστὰ φαινόμενα, μὲ τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου ἀνεκαλύπτοντο νέα φαινόμενα, τὰ ὅποια ἐπέβαλλον τὴν τροποποίησιν τῶν παλαιῶν θεωριῶν. Ἡ ἱστορία τῶν περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός θεωριῶν εἶναι εἰς ἀπὸ τοὺς πλέον ἐνδιαφέροντας κλάδους τῆς ἱστορίας τῆς Φυσικῆς, διότι ἡ ἱστορία τῶν περὶ τοῦ φωτός θεωριῶν καταδεικνύει πῶς δύο τελείως ἀντίθετοι θεωρίαι εἶναι δυνατόν νὰ ἐρμηνεύουν δύο διαφθόρους ὅψεις μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς φυσικῆς πραγματικότητος.

2. Αἱ θεωρίαι τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῶν κυμάνσεων.—Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός κατέστη δυνατόν νὰ διατυπωθοῦν μόνον μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Ὁ Νεύτων διετύπωσε τὴν γνωστὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις μικροτάτων σωματιδίων. Οὕτως ὁ Νεύτων κατῴρθωσε νὰ ἐρμηνεύσῃ κατὰ τρόπον ἀπλοῦστατον τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διάθλασιν καὶ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. Ὁ ἴδιος ὅμως ὁ Νεύτων ἀνεκάλυψε καὶ ἐν φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον καλεῖται **δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος**. Διὰ νὰ ἐρ-

μηνεύση ὁ Νεύτων τὸ φαινόμενον τοῦτο ἠναγκάσθη νὰ παραδεχθῇ ὅτι εἰς τὰ φωτεινὰ σωματίδια ὑπάρχει κάποια περιοδικότης.



Νεύτων

ἐξαιρετικῆς σημασίας ὑποστήριξιν, διότι κατάρθωσε νὰ δημιουργήσῃ φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός καὶ νὰ ἐκτελέσῃ ἀκριβεῖς μετρήσεις. Ὁ ἴδιος, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιαι κυμάνσεις. Ἐκεῖνος ὅμως, ὁ ὁποῖος ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων εἶναι ὁ Γάλλος Fresnel, ὁ ὁποῖος κατάρθωσε νὰ ἐρμηνεύσῃ πλήρως μὲ τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς καὶ τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς καὶ ἐπὶ πλέον νὰ θεμελιώσῃ τὴν Ὀπτικὴν Κρυσταλλογραφίαν. Τέλος ὁ Γάλλος Foucault ἐπέτυχε νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός ἐντὸς διαφόρων ὀπτικῶν μέσων

Συγχρόνως μὲ τὸν Νεύτωνα ὁ Ὁλλανδὸς Huygens διετύπωσε τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις κυμάνσεων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ **αιθέρος**. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων, καίτοι ἡρμηνεύσε πολὺ περισσότερα φαινόμενα, ἐν τούτοις δὲν ἐγένετο δεκτὴ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν φυσικῶν, διότι εἰσῆγε τὴν ἰδέαν τοῦ παραδόξου αἰθέρος. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 19ου αἰῶνος ὁ Ἀγγλος Young ἔδωκεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



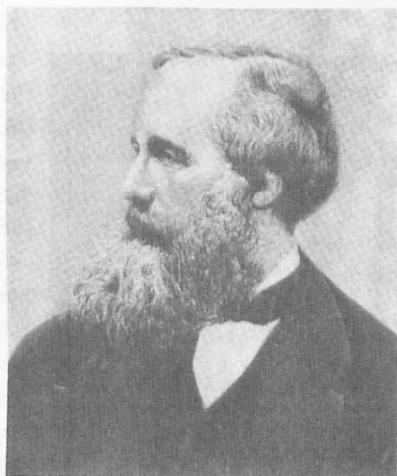
Huygens

καί νά ἀποδείξῃ οὕτως, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὰ διαφανῆ ὕλικά μέσα εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν, ὥπως ἀκριβῶς προέβλεπεν ἡ θεωρία τῶν κυμάτων. Οὕτως ἡ θεωρία τῶν κυμάτων ἐπεκράτησε καί τὸ φῶς ἐθεωρεῖτο ἔκτοτε ὡς μία διάδοσις ἐγκαρσίων κυμάτων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ, ἀλλὰ λίαν παραδόξου αἰθέρος.

3. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός.— Κατὰ τὸ 1848 ὁ Ἀγγλος Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεπολωμένη ἀκτὶς φωτός



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτίνος ὑφίσταται στροφήν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξύ τοῦ φωτός καί τοῦ ἡλεκτρισμοῦ καί ὅτι εἶναι δυνατόν τὰ φωτεινὰ κύματα νὰ μὴ εἶναι κυμάνσεις μηχανικῆς φύσεως, ἀλλὰ ἡλεκτρικῆς φύσεως. Ἀπὸ τὴν σκέψιν αὐτὴν ἀνεχώρησεν ἡ μεγαλοφυΐα τοῦ Ἀγγλοῦ Maxwell, διὰ νὰ ἀνακαλύψῃ διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐπὶ τοῦ χάρτου ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία καί νὰ ἀνακαλύψῃ ἐπὶ πλέον τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὅποια ὀλίγα ἔτη βραδύτερον ἀνεκάλυψεν πειραματι-

κῶς ὁ Γερμανὸς Hertz. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία συνδέει εἰς ἓν ἐνιαῖον σύνολον ὅλην τὴν σειρὰν τῶν διαφορῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τῶν κυμάτων τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας μέχρι καὶ τῶν ἀκτίνων γ. Ὁλόκληρος ἡ σειρὰ αὐτὴ τῶν κυμάτων εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ μόνον διαφορὰν εἰς τὴν συχνότητα τῆς κυμάνσεως.

4. Τὰ φωτόνια.—Ἐπὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἡσχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροῦς καὶ πολλοῦς ἀγῶνας κατάρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θαυμασίαν ἡλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποία ἔδιδεν ἀπλὴν καὶ ἐνιαίαν ἐξήγησιν εἰς τὸ σύνολον



E i n s t e i n

τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς ὅμως τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν νέα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ὑπεχρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικώτερον ἐκ τῶν ἀνακαλυφθέντων νέων φαινομένων, τὸ ὁποῖον φανερᾷ τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἄς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἐν σφαιρικῶν κύμα, τὸ ὁποῖον διαδίδεται ἐντὸς τοῦ χώρου. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἐξέπεμψεν ἡ φωτεινὴ πηγὴ, κατανέμεται ἐπὶ μιᾷ διαρκῶς αὐξανο-

μένης σφαιρικῆς ἐπιφανείας καὶ συνεπῶς αἱ δράσεις, τὰς ὁποίας δύναται νὰ ἐξασκήσῃ τὸ φῶς, εἶναι τόσο ἀσθενέστεραι, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. Ἀντιθέτως, ἄς δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμμίαν κατάτμησιν καὶ συνεπῶς δύναται νὰ προκαλέσουν σημαντικὰ ἀποτελέσματα καὶ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Ἡ ἀνακάλυψις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἀπεκάλυψεν λοιπὸν ὅτι αἱ ἀκτινοβολίαι εἶναι ἱκαναὶ νὰ ἐξασκήσουν ἐπὶ τῆς ὕλης ἐνεργειακὰς δράσεις καὶ ὅτι αἱ δράσεις αὐταὶ δὲν ἐλαττώνονται, ὅσον αὐξάνεται

ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν πηγὴν. Οὕτως ὁ Einstein, ἐπανερχόμενος εἰς τὴν σωματιδιακὴν θεωρίαν, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἐδέχθη ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ κοκκίδια καὶ ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν τὰ κοκκίδια ταῦτα πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Εἰς τὰ κοκκίδια αὐτὰ ἔδωκεν τὸ ὄνομα **φωτόνια**. Ἐκαστον κοκκίδιον μεταφέρει ἐνέργειαν ἀνάλογον πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν **κβάντα**, τὴν ὁποίαν διετύπωσεν εἰς τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μας ὁ Γερμανὸς Planck. Ἡ θεωρία τῶν φωτονίων ἐρμηνεύει ὄχι μόνον τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἀλλὰ καὶ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἀνεκαλύφθησαν μεταγενεστέρως. Ἡ θεωρία ὅμως τῶν φωτονίων εἶναι ἀνίκανος νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως καὶ τῆς πολώσεως τοῦ φωτός. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων τούτων ὑπεχρεώθησαν οἱ φυσικοὶ νὰ διατηρήσουν καὶ τὴν θεωρίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Planck

5. **Ἡ κυματομηχανικὴ.**—Ἡ ὑπαρξὶς δύο θεωριῶν διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων εἶναι ἀκατανόητος ἀπὸ τὴν ἀνθρωπίνην λογικὴν. Κατὰ τὸ 1924 ὁ Γάλλος θεωρητικὸς φυσικὸς Louis de Broglie ἐπέτυχεν νὰ συμβιβάσῃ τὰς δύο ἀντιθέτους ἀπόψεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Ἡ γιγαντιαία αὕτη σύνθεσις ὀνομάζεται **Κυματομηχανικὴ** καὶ περιλαμβάνει ὄχι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὕλην καὶ τὰς διαφόρους μορφὰς τῆς ἐνέργειας. Ἡ Κυματομηχανικὴ δέχεται ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ **φωτόνια**, συμφώνως πρὸς τὴν ἄποψιν τοῦ Einstein, ἀλλ' ἕκαστον **φωτόνιον** εἶναι συνδεδεμένον μὲ ἓν **κῦμα**, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ **φωτόνιον** κατὰ τὴν μετακίνησιν του εἰς τὸ διάστημα. Αὕτῃ ἡ θεωρία περὶ τῆς διπλῆς φύσεως τοῦ φωτός διασύει βαθύτατα τὰς συνηθείας τῆς σκέψεώς μας. Τὸ **κῦμα**, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ **φωτόνιον**, εἶναι ἓν **κῦμα πιθανότητος** καὶ μᾶς φανερώνει πόσαι πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐμφανισθῇ τὸ **φωτόνιον** ἐδῶ ἢ ἐκεῖ. Ἐνῶ

δηλαδή τὸ φωτόνιον ταξιδεύει ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν πρὸς τὸ φωτιζόμενον σῶμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν τοῦ ἢ τὴν τροχίαν του, ἀλλὰ τὸ μόνον πρᾶγμα, περὶ τοῦ ὁποίου εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ ὁμιλοῦμεν εἶναι τὸ κύμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον. Ἀντιθέτως, ὅταν τὸ φῶς φθάσῃ κάπου, π.χ. ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακός, τότε ἡ ἀφίξις τοῦ σωματιδίου ἐκδηλώνεται μὲ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς πλακός, ἐνῶ τὸ κύμα ἔχει ἐξαφανισθῇ.



Louis de Broglie

Ἄς ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ σχηματισμοῦ κροσσῶν συμβολῆς καὶ ἄς φαντασθῶμεν ὅτι τὸ διάφραγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν φωτογραφικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν σχηματιζόμενα τὰ σημεῖα προσβολῆς ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν σωματιδίων. Κατ' ἀρχὰς θὰ παρατηρήσωμεν σημεῖα προσβολῆς διεσπαρμένα εἰς τὴν τύχην. Ἀλλὰ ὀλίγον κατ' ὀλίγον θὰ ἀναγνωρίσωμεν ὅτι τὰ «τυχαῖα» αὐτὰ σημεῖα διασπείρονται συμφῶνως πρὸς μίαν ὀρισμένην γενικὴν τάξιν καὶ θὰ ἴδωμεν νὰ σχηματίζεται ἡ ἀρμονικὴ σειρὰ τῶν κροσσῶν.

Ἐπειδὴ τὰ φαινόμενα ταῦτα εἶναι πολὺ ταχέα, διὰ τοῦτο δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν μόνον αὐτὴν τὴν γενικὴν τάξιν. Ἀνάλογον γενικὴν τάξιν παρατηρεῖ καὶ μία ἀσφαλιστικὴ ἐταιρία ζωῆς, ἡ ὁποία εἶναι ἀνίκητος νὰ εἴπῃ, ἐὰν θὰ ἀποθάνῃ κατ' αὐτὸ τὸ ἔτος ὁ Α, ὁ Β ἢ ὁ Γ..., ἀλλὰ γνωρίζει πόσοι ἡσφαλισμένοι ἐπὶ 10 000 θὰ ἀποθάνουν κατὰ τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα.

6. Ἡ σύγχρονος Φυσικὴ.—Εἰς τὴν σύγχρονον Φυσικὴν κατὰ τὴν σπουδὴν πολλῶν φαινομένων καὶ ἰδιαίτερος τῶν φαινομένων τοῦ μικροκόσμου ὑπείσρχεται ἡ «τύχη», ἡ ὁποία διέπεται ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν πιθανοτήτων. Αἱ σύγχρονοι θεωρίαι τῆς Φυσικῆς εἶναι ἀρκετὰ πολὺπλοκοι, διότι ὁ ἄπειρος μικρόκοσμος τῶν μορίων, τῶν ἀτόμων, τῶν ἡλεκτρονίων, τῶν φωτονίων διέπεται ἀπὸ τοὺς παραδόξους νόμους τῆς τύχης, καὶ ἀπὸ νόμους, οἱ ὁποῖοι δὲν ἰσχύουν διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ μακροκόσμου. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων παρουσιάζονται τε-

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

ράστια δυσκολία. «'Οσάκις τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα, κατόπιν μεγάλων προσπαθειῶν, κατορθώνει νὰ ἀποκρυπτογραφήσῃ μίαν σελίδα τοῦ βιβλίου τῆς Φύσεως, ἀμέσως διακρίνει πόσον πολὺ δυσκολώτερον εἶναι νὰ ἀποκρυπτογραφήσῃ τὴν ἀμέσως ἐπομένην σελίδα. Ἐν τούτοις ἐν βαθυτάτῳ ἔνστικτῳ ἐμποδίζει τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα νὰ ἀποθαρρυνθῇ καὶ τὸ προωθεῖ νὰ ἀνανεώσῃ τὰς προσπαθείας του, διὰ νὰ εἰσδύσῃ διαρκῶς περισσότερον εἰς τὴν γνῶσιν τῆς ἀρμονίας τῆς Φύσεως» (Louis de Broglie).

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

1. Σπουδὴ καὶ ἐρμηνεία τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων. —

Ἡ πρώτη παρατήρησις ἡλεκτρικοῦ φαινομένου ἀνάγεται εἰς τὸν Θαλῆν τὸν Μιλήσιον (6ος αἰὼν π.Χ.), ὁ ὅποιος παρετήρησεν ὅτι τὸ ἡλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα. Αὕτῃ ἦτο ἡ μόνη γνῶσις τῆς ἀνθρωπότητος περὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μέχρι τοῦ 16ου αἰῶνος. Ἡ ἐπιστημονικὴ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἤρχισεν κυρίως ἀπὸ τῶν ἀρχῶν τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἀπὸ τοῦ 16ου μέχρι τοῦ 18ου αἰῶνος ἐγένοντο μερικαὶ παρατηρήσεις ἡλεκτρικῶν φαινομένων. Αἱ παρατηρήσεις ὅμως αὗται ἐγένοντο τελείως τυχαίως ἀπὸ μερικοὺς περιέργους ἐρασιτέχνας. Πρῶτος ὁ Guericke (1602 - 1686) ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλεκτροστατικὴν ἄπωσιν, διότι μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐπιστεύετο ὅτι μεταξὺ δύο ἡλεκτρισμένων σωμάτων ἐξασκεῖται πάντοτε ἑλξις. Ὁ Boule (1626 — 1691) ἀπέδειξεν ἀργότερον ὅτι αἱ ἡλεκτρικαὶ ἑλξεις καὶ ἀπώσεις παρατηροῦνται καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ὁ Ἀγγλος Gray ἀπέδειξεν τὸ 1729 ὅτι ὁ ἡλεκτρισμὸς δύναται νὰ μεταβῇ ἀπὸ τοῦ ἑνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ διέκρινεν τὰ σώματα εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγούς. Ἐπίσης ἀπέδειξεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἡλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς καὶ μίαν μεταλλικὴν ράβδον, ἀρκεῖ νὰ τὴν στερεώσωμεν ἐπὶ ἑνὸς μονωτοῦ. Τέλος ὁ ἴδιος ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλεκτρίσιν τῶν σωμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς. Ὁ Γάλλος Fay ἀνεκάλυψεν τὸ 1733 ὅτι ὑπάρχουν δύο εἶδη ἡλεκτρισμοῦ, ὁ ἡλεκτρισμὸς τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἡλεκτρισμὸς τῆς ρητίνης καὶ τὰ ὅποια κατόπιν ὠνομάσθησαν θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός.

Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν πειραμάτων των οἱ πρῶτοι ἐρευνῆται τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων ἐχρειάζοντο καὶ «ἡλεκτρικὰς μηχανάς». Ὅλαι
Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

αὐταὶ αἱ μηχαναὶ ἐστηρίζοντο εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἡλεκτρίσεως σωμάτων διὰ τῆς τριβῆς. Μία ἐκ τῶν πρώτων αὐτῶν μηχανῶν κατεσκευάσθη ἀπὸ τὸν Guericke. Ἡ μηχανὴ αὕτῃ ἦτο σφαῖρα ἀπὸ θεῖον, ἡ ὁποία ἐστρέφετο περὶ τὸν ἄξονα. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῆς σφαίρας ἔθετεν ἐπ' αὐτῆς τὴν χεῖρα καὶ οὕτως ἀνεπτύσσετο ἡλεκτρισμός διὰ τριβῆς. Ὁ τύπος



A m p è r e

τῶν ἡλεκτροστατικῶν μηχανῶν διὰ τριβῆς ταχέως ἐτελειοποιήθη καὶ ἡ ἐκ θεῖου σφαῖρα ἀντεκατεστάθη μὲ ὑάλινον στρεφόμενον δίσκον. Μία ἐκ τῶν ἀρχαιοτέρων ἡλεκτρικῶν συσκευῶν εἶναι ὁ πυκνωτής, ὑπὸ τὴν μορφήν τῆς «λουγδουνικῆς λαγῆνου». Ὁ πυκνωτής ἀνεκαλύφθη ὅλως τυχαίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὁποῖος, προσπαθῶν νὰ ἡλεκτρίσῃ μίαν ὑαλίνην φιάλην πλήρη ὕδατος, ἐδέχθη τὴν ἐκκένωσιν τοῦ σχηματισθέντος πυκνωτοῦ. Ὁ Ἀμερικανὸς Φραγκλῖνος (1706—1790) παρεδέχθη τὴν προηγουμένως διατυπωθεῖσαν γνώμην ὅτι ὁ κεραυνὸς εἶναι ἡλε-

κτρικὸς σπινθὴρ μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. Ἡ συστηματικὴ ὅμως ἔρευνα τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων καὶ ἡ ἀνακάλυψις τῶν νόμων, οἱ ὅποιοι διέπουν τὰ φαινόμενα ταῦτα ἤρχισεν μόνον ἀπὸ τὰς ἀρχὰς τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἐκτοτε ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὑπῆρξεν ταχυστάτη καὶ καταπληκτικὴ, παρὰ τὸ γεγονός, ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διεσαφηνίσθη μόλις κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας τοῦ αἰῶνος μας.

Πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν.— Πρὶν ἀκόμη γνωρίσωμεν τι εἶναι ὁ ἡλεκτρισμός, τὸν ἐξεμεταλλεύθημεν ἐντατικώτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς. Αἱ πειραματικαὶ καὶ θεωρητικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ἀπεκάλυψαν κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους ὅτι ὁ ἡλεκτρισμός εἶναι στενώτατα συνυφασμένος μὲ τὴν ὕλην. Οὕτω κατωρθώθη νὰ δοθῇ πλήρης ἐρμηνεία εἰς ὅλα τὰ γνωστὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα καὶ

ἐπὶ πλέον νὰ ἐρμηνευθῇ ἡ παραγωγή τῶν ἀκτινοβολιῶν ὑπὸ τῆς ὕλης. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα διήνοιξεν τὴν ὁδὸν πρὸς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν κατ' ἀρχὰς καὶ πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν βραδύτερον. Οἱ δύο οὗτοι νεώτατοι κλάδοι τῆς Φυσικῆς ἐξελίσσονται σήμερον ραγδαίως. Ἡ μεταστοιχείωσις, τὴν ὁποίαν ἐπεδίωκον ματαίως οἱ ἀλχημισταί, ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιτυγχάνομεν ἐπιθυμητὰς τροποποιήσεις τῆς συστάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ



Δημόκριτος



Μαρία καὶ Πέτρος Κιουρί

ἀτόμου. Ἡ βαθυτέρα γνῶσις τῶν φαινομένων τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μᾶς διήνοιξεν τὴν λεωφόρον πρὸς τὴν βαθυτέραν γνῶσιν τῆς συστάσεως καὶ τῆς ἐξελίξεως τῆς ὕλης καὶ ἐπὶ πλέον μᾶς διήνοιξεν ἐν ἀπέραντον πεδίον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὁποῖαι ἤλλαξαν τὸν ρυθμὸν τῆς ζωῆς τῶν ἀνθρώπων.

3. Ἡ πρόοδος τῆς Φυσικῆς.—Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰργάσθησαν διάφοροι φυσικοὶ ἀνήκοντες εἰς ὅλους τοὺς πολιτισμένους λαοὺς. Ἀπὸ τὴν διεθνῇ ἀνταλλαγῇ τῶν ἐπιστημονικῶν ἀντιλήψεων, τῶν θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν ἐπιτεύξεων προέκυψεν τὸ θαυμάσιον πνευματικὸν οἰκοδόμημα τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς. Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα ἀναφέρονται οἱ Φυσικοί, οἱ τιμηθέντες μὲ τὸ βραβεῖον Νόμπελ, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὴν ὑψίστην ἀναγνώρισιν τῆς ἀξίας ἐνὸς ἐπιστημονικοῦ ἔργου.

Βραβεῖα Nobel Φυσικῆς

Ἔτος	Ὄνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1901	W. Röntgen Ἀκτῖνες X	Γερμανία
1902	H. Lorentz καὶ P. Zeeman Ἡλεκτροοπτική καὶ θεωρία ἡλεκτρονίων	Ὁλλανδία
1903	H. Becquerel, P. καὶ M. Curie Ραδιενέργεια	Γαλλία
1903	S. Arrhenius Ἡλεκτρόλυσις	Σουηδία
1904	J. Rayleigh καὶ W. Ramsay Εὐγενῆ ἀέρια	Ἀγγλία
1905	P. Lenard Καθοδικαὶ ἀκτῖνες	Γερμανία
1906	J. Thomson Ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων	Ἀγγλία
1907	A. Michelson Ὀπτικαὶ μετρήσεις ἀκριβείας	Ἡ. Πολιτεῖαι
1908	E. Rutherford Ραδιενέργεια, πρώτη τεχνητὴ μεταστοι- χειώσεις	Ἀγγλία
1908	G. Lippmann Ἐγχρωμος φωτογραφία ἐπὶ τῇ βάσει τῆς συμβολῆς	Γαλλία
1909	C. Braun Ἀσύρματος τηλεγραφία	Γερμανία
1909	G. Marconi Ἀσύρματος τηλεγραφία	Ἰταλία
1910	Van der Waals Ἐξίσωσις καταστάσεως ἀερίων	Ὁλλανδία
1911	W. Wien Θερμικὴ ἀκτινοβολία	Γερμανία
1911	M. Curie Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ ραδίου	Γαλλία

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

Βραβεία Nobel Φυσικής

*Έτος	*Όνομα Φυσικού και έργασιά του	Κράτος
1912	N. Dalen Τεχνική του φωτισμοῦ	Σουηδία
1913	H. Kamerlinch Onnes Χαμηλαί θερμοκρασίαι, ὑγροποιήσεις τοῦ ἡλίου	Ὀλλανδία
1914	M. Von Laue Κατασκευή τῶν κρυστάλλων	Γερμανία
1915	W. H. Bragg καὶ W. L. Bragg Παράθλασις ἀκτίνων X διὰ τῶν κρυσταλλικῶν πλεγμάτων	Ἀγγλία
1917	C. Barkla Χαρακτηριστικὴ ἐκπομπὴ ἀκτίνων X τῶν στοιχείων	Ἀγγλία
1918	M. Planck Θεωρία τῶν κβάντα	Γερμανία
1919	J. Stark Συμπεριφορὰ τῶν φασματικῶν γραμμῶν ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου	Γερμανία
1920	W. Nerst Θερμοχημεία, τρίτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα	Γερμανία
1920	C. Guillaume Μετρήσεις ἀκριβείας ἐπὶ τῶν κραμάτων	Γαλλία
1921	A. Einstein Θεωρία σχετικότητος, ἰσοδυναμία μάζης καὶ ἐνεργείας	Γερμανία
1921	F. Soddy Ἰσότοπα	Ἀγγλία
1922	N. Bohr Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου	Δανία
1922	F. Aston Φασματογραφία τῶν μαζῶν, διαχωρισμὸς τῶν ἰσοτόπων	Ἀγγλία

Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα του Φυσικού και έργασιά του	Κράτος
1923	R. Millikan Στοιχειώδεις ηλεκτρικόν φορτίον	Η. Πολιτεΐαι
1924	K. Siegbahn Φασματοσκοπία τῶν ἀκτίνων X	Σουηδία
1925	J. Frank καὶ G. Hertz Κροῦσις ηλεκτρονίου καὶ ἀτόμου	Γερμανία
1925	R. Zsigmondy Έρευνα κολλοειδῶν. Ὑπερμικροσκοπίον	Αὐστρία
1926	J. Perrin Μοριακὴ Φυσικὴ	Γαλλία
1926	T. Svedberg Μοριακὴ Φυσικὴ	Σουηδία
1927	C. Wilson Θάλαμος νεφώσεως	Ἀγγλία
1927	A. Compton Κροῦσις φωτονίου καὶ ηλεκτρονίου	Η. Πολιτεΐαι
1928	O. Richardson Θερμοϊόντα	Ἀγγλία
1929	Louis de Broglie Ὑλικὰ κύματα	Γαλλία
1930	C. Raman Διάχυσις τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν μορίων	Ἰνδία
1932	W. Heisenberg Κβαντομηχανικὴ	Γερμανία
1932	J. Langmuir Ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι, ὑψηλὸν κενὸν	Η. Πολιτεΐαι
1933	P. Dirac Κβαντομηχανικὴ	Ἀγγλία
1933	E. Schrödinger Κυματομηχανικὴ	Αὐστρία
1934	H. Urey Βαρὺ ὕδρογόνον	Η. Πολιτεΐαι

Βραβεῖα Nobel Φυσικῆς

Ἔτος	Ὄνομα Φυσικοῦ καὶ ἐργασία του	Κράτος
1935	Irène Joliot—Curie καὶ F. Joliot Τεχνητὴ ραδιενέργεια	Γαλλία
1935	J. Chadwick Ἀνακάλυψις τοῦ νετρονίου	Ἀγγλία
1936	V. Hess Κοσμικὴ ἀκτινοβολία	Αὐστρία
1936	C. Anderson Ἀνακάλυψις τοῦ ποζιτρονίου εἰς τὰς κο- σμικὰς ἀκτῖνας	Ἡ. Πολιτεῖαι
1936	P. Debye Θεωρία τῶν κβάντα, κρυσταλλικὴ δομὴ	Γερμανία
1937	G. Thomson Συμβολὴ ἤλεκτρονίων	Ἀγγλία
1937	C. Davisson Κίνησις ἤλεκτρονίου	Ἡ. Πολιτεῖαι
1938	E. Fermi Πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις μὲ νετρόνια	Ἰταλία
1939	E. Lawrence Κύκλοτρον	Ἡ. Πολιτεῖαι
1943	O. Stern Μοριακαὶ ἀκτῖνες	Ἡ. Πολιτεῖαι
1944	O. Hahn Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Γερμανία
1944	I. Rabi Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Ἡ. Πολιτεῖαι
1945	W. Pauli Δομὴ τοῦ ἀτόμου	Αὐστρία
1946	P. Bridgman Φυσικὴ τῶν ὑψηλῶν πιέσεων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1947	E. Appleton Ἴονόσφαιρα	Ἀγγλία
1948	P. Blackett Μετρήσεις ἐπὶ τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας	Ἀγγλία

Βραβεία Nobel Φυσικής

'Ετος	*Όνομα του Φυσικού και έργασία του	Κράτος
1949	H. Yukawa Θεωρία ἐπὶ τῶν μεσονίων	'Ιαπωνία
1950	C. Powell Φωτογραφία μεσονίων	'Αγγλία
1951	J. Cockroft καὶ E. Walton 'Επιτάχυνσις σωματιδίων διὰ τὸν βομβαρ- δισμόν τῶν ἀτομικῶν πυρήνων	'Αγγλία
1952	F. Bloch καὶ E. Purcell Μέτρησις μεγεθῶν ὑποατομικῶν σω- ματιδίων	'Η. Πολιτεῖαι
1953	F. Zernike Μικροσκόπιον φασικῆς ἀντιθέσεως	'Ολλανδία
1954	M. Born καὶ W. Bothe 'Ερευναι ἐπὶ τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος	'Αγγλία, Γερ- μανία
1955	W. Lamb καὶ P. Kusch 'Ερευναι ἐπὶ τοῦ φάσματος ὑδρογόνου	'Η. Πολιτεῖαι
1956	J. Bardeen, W. Brattain, W. Shockley Φυσικὴ τῶν στερεῶν καὶ χρυστάλλων	'Η. Πολιτεῖαι
1957	C. Yang καὶ T. Lee Θεωρητικαὶ ἔρευναι	'Η. Πολιτεῖαι
1958	P. Cherenkov, I. Tamm, I. Frank 'Ανακάλυψις ἀκτινοβολίας Cherenkov	Ρωσία
1959	E. Segrè καὶ O. Chamberlain 'Αντινουκλεόνια	'Η. Πολιτεῖαι
1960	D. Glaser 'Ανακάλυψις τοῦ θαλάμου φουσαλλίδων	'Η. Πολιτεῖαι
1961	R. Hofstadter Μελέτη ὑποατομικῶν σωματιδίων	'Η. Πολιτεῖαι
1961	R. Moessbauer 'Ερευναι ἐπὶ τῶν ἀκτίνων γ	Γερμανία
1962	D. Landau Θεωρητικὴ ἔρευνα τῆς ὕλης	Ρωσία

ΣΥΝΤΟΜΟΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΙ

ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ, ΟΙ ΟΠΟΙΟΙ ΗΣΧΟΛΗΘΗΣΑΝ ΜΕ ΘΕΜΑΤΑ

ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΕΙΣ ΤΟΝ ΠΑΡΟΝΤΑ ΤΟΜΟΝ

AMPÈRE (1775 - 1836). Γάλλος φυσικός καὶ μαθηματικός. Ἀνεκάλυψεν τοὺς νόμους τῆς ἀμοιβαίας δράσεως τῶν μαγνητῶν καὶ τῶν ρευμάτων καὶ ὑπήγαγε τὸν μαγνητισμὸν εἰς τὸν ἡλεκτρισμὸν, θεωρήσας τοὺς μαγνήτας ὡς ἄθροισμα στοιχειωδῶν σωληνοειδῶν.

ARAGO (1756 - 1854). Γάλλος φυσικός καὶ ἀστρονόμος. Ἦσχυλῆθη μὲ τὸν ἡλεκτρομαγνητισμὸν καὶ κυρίως μὲ τὴν ὀπτικήν. Ὑποστηρικτὴς τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων ἐβοήθησε διὰ τὴν ἐπικράτησίν της.

BECOUREL (1852 - 1908). Γάλλος φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὴν ραδιενέργειαν.

BOHR (γεν. 1883). Δανὸς φυσικός. Διετύπωσε ὑπόδειγμα τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου τῆς ὕλης, τὸ ὁποῖον συνεπλήρωσεν ἀργότερον ὁ Γερμανὸς φυσικός Sommerfeld.

BROGLIE (Louis). Σύγχρονος Γάλλος θεωρητικὸς φυσικός. Ἰδρυτὴς τῆς περιφήμου Κυματομηχανικῆς, ἥ ὁποία συνενώνει εἰς μίαν θεωρίαν τὰς δύο περὶ φωτὸς θεωρίας τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῶν κυμάνσεων.

ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ (1564 - 1642). Ἰταλὸς μαθηματικός, φυσικός καὶ ἀστρονόμος. Κατεσκεύασεν τὸ 1609 τὴν πρώτην διόπτραν, μὲ τὴν ὁποίαν ἐξετέλεσεν διαφόρους ἀστρονομικὰς παρατηρήσεις.

COULOMB (1736 - 1806). Γάλλος φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὸν εὐαίσθητον ζυγὸν στρέψεως, μὲ τὸν ὁποῖον κατάρθωσε νὰ διατυπώσῃ τοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰς μαγνητικὰς καὶ ἡλεκτρικὰς ἑλξεις καὶ ἀπώσεις. Ἐμελέτησεν τοὺς νόμους τῆς τριβῆς καὶ τῆς ἐλαστικότητος.

CROOKES (1822 - 1919). Ἀγγλὸς φυσικός καὶ χημικός. Ἐφεῦρεν τὸ ἀκτινόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν τῶν ἀκτινοβολιῶν καὶ ἐμελέτησεν τὴν ἐκκένωσιν ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων.

CURIE. Πέτρος Κιουρί (1858 - 1906). Γάλλος φυσικός καὶ χημικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ φαινόμενα τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ, ἐσπούδασε τὰς μαγνητικὰς ιδιότητες τῶν σωμάτων εἰς διαφόρους θερμοκρασίας καὶ ἐν συνεργασίᾳ μὲ τὴν σύζυγόν του ἐμελέτησεν τὴν ραδιενέργειαν.

Μαρία Κιουρί (1867 - 1934). Πολωνικῆς καταγωγῆς

ἔζησεν εἰς Γαλλίαν. Αἱ ἐργασίαι τῆς ἐπὶ τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων παραμένουν μνημειώδεις.

EINSTEIN (1879 - 1955). Γερμανὸς φυσικός. Ἰδρυτὴς τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος, εἰσήγαγεν τὴν ἔννοιαν τοῦ φωτονίου διὰ τὸ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

FARADAY (1791 - 1867). Ἀγγλὸς φυσικὸς καὶ χημικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα καὶ τοὺς νόμους τῆς ἡλεκτρολύσεως.

FERMI (1901 - 1956). Ἰταλὸς φυσικός. Πρῶτος παρετήρησεν ὅτι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες τοῦ οὐρανίου, βομβαρδιζόμενοι μὲ νετρόνια, διασπῶνται εἰς δύο νέους πυρῆνας.

FOUCAULT (1819 - 1868). Γάλλος φυσικός. Ἐμέτρησε τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς διαφόρων διαφανῶν μέσων καὶ ἐσπούδασε τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ σιδήρου τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἐτελειοποίησεν πολλὰ ὀπτικά ὄργανα καὶ ἰδιαίτερώς τὸ τηλεσκόπιον.

FRESNEL (1788 - 1827). Γάλλος φυσικός. Ἐξετέλεσεν ὠραῖοτατα πειράματα καὶ διετύπωσεν ἐρμηνείας τῶν φαινομένων τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως, τῆς πολώσεως καὶ τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων.

GAUSS (1777 - 1855). Γερμανὸς μαθηματικός, φυσικὸς καὶ ἀστρονόμος. Ἐσπούδασεν ἰδιαίτερώς τὰ μαγνητικὰ καὶ ἡλεκτρικὰ πεδία.

HENRY (1799 - 1878). Ἀμερικανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ρεύματα ἐξ αὐτεπαγωγῆς.

HERTZ (1857 - 1894). Γερμανὸς μηχανικός. Ἀπεκάλυψεν πειραματικῶς τὴν ὑπαρξιν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων καὶ ἐμελέτησε τὴν διάδοσιν αὐτῶν.

HUYGENS (1629 - 1695). Ὁλλανδὸς φυσικός, γεωμέτρης καὶ ἀστρονόμος. Ἐμελέτησεν τὴν διάθλασιν καὶ τὴν παράθλασιν τοῦ φωτός. Διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων διὰ τὴν ἐρμηνεῖαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.

JOULE (1818 - 1889). Ἀγγλὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τοὺς νόμους, οἱ ὅποιοι διέπουν τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν τῶν διαρροεμένων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

KAPTEZIOS (1596 - 1650). Γάλλος φιλόσοφος, μαθηματικός καὶ φυσικός. Διετύπωσεν τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

LAPLACE (1749 - 1827). Γάλλος μαθηματικός καὶ ἀστρονόμος. Ἐσχολήθη μὲ διάφορα θέματα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

LENZ (1804 - 1865). Ρῶσος φυσικός. Ἐσχολήθη μὲ θέματα τοῦ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ καὶ διετύπωσεν τὸν νόμον σχετικῶς μὲ τὴν φοράν τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.

MAXWELL (1831 - 1879). Ἀγγλος φυσικός καὶ μαθηματικός. Διετύπωσεν τὴν περίφημον ἡλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός.

NEYTON (1642 - 1727). Ἀγγλος μαθηματικός, φυσικός, ἀστρονόμος καὶ φιλόσοφος. Διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς διὰ τὴν ἐρμηνεῖαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων καὶ ἀπέδειξεν ὅτι τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύνθετον.

OERSTED (1777 - 1851). Δανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

OHM (1787 - 1854). Γερμανὸς φυσικός. Διετύπωσεν τὸν νόμον τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἑνὸς ἀγωγοῦ.

PLANCK (1858 - 1947). Γερμανὸς φυσικός. Διετύπωσεν τὴν περίφημον θεωρίαν τῶν κβάντα, διὰ τὴν ἐρμηνεύσῃ τοὺς νόμους τῆς ἐκπομπῆς τῆς ἀκτινοβολίας ὑπὸ τῆς ὕλης.

RÖENTGEN (1845 - 1923). Γερμανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι φέρουν τὸ ὄνομά του.

RUHMKORFF (1803 - 1877). Γερμανὸς κατασκευαστὴς ὀργάνων Φυσικῆς, ζήσας ἐν Γαλλίᾳ. Κατεσκεύασε τὸ πρῶτον ἐπαγωγικὸν πηνίον, τὸ ὁποῖον ἐπενόησεν ὁ Masson.

RUTHERFORD (1871 - 1937). Ἀγγλος φυσικός. Πρῶτος ἐπέτυχε νὰ βομβαρδίσῃ μὲ σωματίδια α τὰ ἄτομα τοῦ ἀζώτου καὶ νὰ ἐπιτύχῃ τὴν πρώτην τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν.

VOLTA (1754 - 1827). Ἰταλὸς φυσικός. Ἐφεύρεν τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον, τὸ ὁποῖον φέρει τὸ ὄνομά του.

WHETSTONE (1802 - 1875). Ἀγγλος φυσικός. Κατεσκεύασεν τὸ 1838 τὴν πρώτην ἡλεκτρικὴν τηλεγραφικὴν συσκευὴν, ἐτελειοποίησεν τὸ στερεοσκόπιον, ἐφεύρε τὸν ροοστάτην κ.ἄ.

YOUNG (1773 - 1829). Ἀγγλος φυσικός, ἱατρός καὶ ἀρχαιολόγος. Ἀνεκάλυψεν τὴν ἰκανότητα προσαρμογῆς τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ καὶ ἐστῆριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάτων, πραγματοποιήσας φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός.

Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

Π Ι Ν Α Ξ 1

Ειδική αντίστασις εις $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ (θερμοκρασία 20°C)

Σώμα	Ειδική αντίστασις	Συντελεστής θερμοκρασίας(α)
"Αργυρος	1,62	$36 \cdot 10^{-4}$
Χαλκός	1,72	40 · »
"Αργίλλιον	2,82	36 · »
Βολφράμιον	5,50	52 · »
Ψευδάργυρος	5,92	35 · »
Νικέλιον	7,24	54 · »
Σίδηρος	9,80	50 · »
Λευκόχρυσος	10,50	36 · »
Μόλυβδος	21,00	40 · »
Νικελίνη	40,00	4 · »
Μαγγανίνη	44,00	0,1 · »
Κονσταγτάν	50,00	0,1 · »
"Ανθραξ άποστακτήρων	60,00	— —
"Υδράργυρος	95,78	9 · »

Π Ι Ν Α Ξ 2

Διηλεκτρική σταθερά	
"Αήρ	1
Χάρτης παραφινωμένος	2
"Εβονίτης	2,8
"Ηλεκτρον	2,8
Ξύλον	2—8
Χαλαζίας	4,5
Παραφινέλαιον	4,7
"Υαλος	5—10
Μαρμαρυγίας	6
Πορσελάνη	6
Οινόπνευμα	26
"Υδωρ	81

Π Ι Ν Α Ξ 3
Ήλεκτρικαί μονάδες

Φυσικόν μέγεθος	Μ ο ν ά ς	Σχέσις μεταξύ μονάδων
Ήλεκτρικόν φορτίον	1 ΗΣΜ	
»	1 Coulomb (1 Cb)	1 Cb = $3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ
»	1 άμπερώριον (1 Ah)	1 Ah = 3600 Cb
Δυναμικόν	1 ΗΣΜ	
»	1 Volt (1 V)	1 V = 1/300 ΗΣΜ
Χωρητικότητα	1 ΗΣΜ	
»	1 Farad (1 F)	1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ΗΣΜ
»	1 microfarad (1 μ F)	1 μ F = 10^{-6} F
Έντασις ρεύματος	1 Ampère (1 A)	
Αντίστασις άγωγού	1 Ohm (1 Ω)	
»	1 microhm (1 $\mu\Omega$)	1 $\mu\Omega$ = 10^{-6} Ω
Έντασις μαγνητικού πεδίου	1 Gauss	
Μαγνητική ροή	1 Maxwell (1 Mx)	
Συντελεστής αὐτεπαγωγῆς	1 Henry (1 H)	

Π Ι Ν Α Ξ 4
Γενικά φυσικά σταθεράι

Ταχύτης φωτός εις τὸ κενόν	c_0	= $2,99793 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Στοιχειῶδες ἡλεκτρικόν φορτίον	e	= $1,6020 \cdot 10^{-19}$ Cb
Μᾶζα ἡλεκτρονίου	m_e	= $9,1066 \cdot 10^{-28}$ gr
Μᾶζα πρωτονίου	M_p	= $1,67248 \cdot 10^{-24}$ gr
Μᾶζα νετρονίου	M_n	= $1,67507 \cdot 10^{-24}$ gr
Μᾶζα ἀτόμου ὕδρογόνου	M_H	= $1,6734 \cdot 10^{-24}$ gr
Μᾶζα σωματιδίου α	M_α	= $6,6442 \cdot 10^{-24}$ gr
Λόγος μᾶζης πρωτονίου πρὸς μᾶζαν ἡλεκτρονίου	$\frac{M_p}{m_e}$	= 1836,5
1 μονάς ατομικῆς μᾶζης	1 amu	= $1,66 \cdot 10^{-24}$ gr
Σταθερά τοῦ Planck	h	= $6,625 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.
Σταθερά τελείων ἀερίων	R	= $8,31436 \cdot 10^7$ C.G.S.
Σταθερά παγκοσμίου ἑλξεως	k	= $6,67 \cdot 10^{-8}$ C.G.S.
Ἀριθμὸς τοῦ Avogadro	N_A	= $6,0228 \cdot 10^{23}$ μόρια/mol
Ἀριθμὸς τοῦ Loschmidt	N_L	= $2,687 \cdot 10^{19}$ μόρια/cm ³

Π Ι Ν Α Κ Σ 5

Σχέσεις μεταξύ των μονάδων του αγγλοσαξωνικού συστήματος
και του συστήματος μονάδων C.G.S.

Μήκος

1 ίντσα	(in)	= 2,540	cm
1 πόυς	(ft)	= 30,48	cm
1 μίλλιον	(mi)	= 5280	ft
1 μίλλιον	(mi)	= 1609	m

Μάζα

1 χιλιόγραμμα	(kgr)	= 2,205	πάουντ (lb)
---------------	---------	---------	---------------

Ταχύτης

1 mi/h	= 44,7	cm/sec
1 ft/sec	= 30,48	cm/sec

Δύναμις

1 λίμπρα	(lb)	= 4,45 · 10 ⁵	dyn
----------	--------	--------------------------	-----

Πίεσις

1 ατμόσφαιρα	(atm)	= 14,7	lb/in ²
1 lb/in ²		= 69,87	dyn/cm ²

Έργον — Ενέργεια

1 πόυς · λίμπρα	(ft · lb)	= 1,356	Joule
πόυς λίμπρα	(ft · lb)	= 0,3239	cal
1 cal		= 3,087	ft · lb

Ίσχυς

1 ίππος	(HP)	= 746	Watt
»		= 550	ft · lb/sec

ΑΙ ΣΠΟΤΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

Α'. Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν

π, π'	ἀποστάσεις ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἢ τὸν φακὸν
R, R'	ἀκτὶς καμπυλότητος σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
φ	ἐστιακὴ ἀπόστασις σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
A, E	μεγέθη ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου
E/A	γραμμικὴ μεγέθυνσις κατόπτρου ἢ φακοῦ
π	γωνία προσπτώσεως
δ	γωνία διαθλάσεως
ν	δείκτης διαθλάσεως ἢ συχνότητος
I	ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς
Φ	φωτεινὴ ροή
P	ἰσχύς φακοῦ ἢ μικροσκοπίου
M	μεγέθυνσις μικροσκοπίου καὶ τηλεσκοπίου
c	ταχύτης τοῦ φωτός
λ	μῆκος κύματος ἀκτινοβολίας

Β'. Ἐξισώσεις τῆς Ὀπτικῆς

$$\text{Σφαιρικὰ κάτοπτρα} \quad \varphi = R/2 \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi \quad E/A = \pi'/\pi$$

Κοῖλα κάτοπτρα :

$$\text{εἰδῶλον πραγματικὸν} \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$\text{εἰδῶλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$$

Κυρτὰ κάτοπτρα :

$$\text{εἰδῶλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

$$\text{Διάθλασις τοῦ φωτός} \quad \nu = \eta\mu\pi/\eta\mu\delta \quad \nu = u_1/u_2$$

$$u_1 \text{ καὶ } u_2 \text{ αἱ ταχύτητες τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ σώματα}$$

$$\text{Ὅρικὴ γωνία } (\varphi) \quad \eta\mu\varphi = 1/\nu$$

$$\text{Πρίσματα} \quad \nu = \eta\mu\pi_1/\eta\mu\delta_1 \quad \nu = \eta\mu\pi_2/\eta\mu\delta_2 \quad A = \delta_1 + \delta_2$$

$$E = \pi_1 + \pi_2 - A$$

$$A \text{ ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος καὶ } E \text{ ἡ γωνία ἐκτροπῆς}$$

$$\text{Λεπτὰ πρίσματα} \quad E = A \cdot (\nu - 1)$$

Ἐλαχίστη ἐκτροπή ($E_{ελ}$) : $\pi_1 = \pi_2$ $\delta_1 = \delta_2$ $A = 2\delta_1$

$$v = \eta \mu \pi_1 / \eta \mu \delta_1 \quad E_{ελ} = 2\pi_1 - A$$

Συνθήκη ἐξόδου τῆς ἀκτῖνος ἐκ τοῦ πρίσματος : $A \leq \varphi$

φ ἡ ὀρικὴ γωνία διὰ τὸ πρῖσμα

Φακοί :

$$1) \text{ ἔστιακὴ ἀπόστασις } 1/\varphi = (v - 1) \cdot (1/R - 1/R')$$

$$2) \text{ θέσις εἰδώλου } 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$3) \text{ μεγέθυνσις φακοῦ } E/A = \pi'/\pi$$

$$4) \text{ ἰσχὺς φακοῦ } P = 1/\varphi$$

Ἰσχὺς ὁμοαξονικοῦ συστήματος φακῶν εὐρισκομένων εἰς ἐπαφήν :

$$1/\varphi = 1/\varphi_1 + 1/\varphi_2 + 1/\varphi_3$$

Συγκλίνοντες φακοί :

$$1) \text{ εἶδωλον πραγματικὸν } 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$2) \text{ εἶδωλον φανταστικὸν } 1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$$

Αποκλίνοντες φακοί :

$$\text{εἶδωλον φανταστικὸν } 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

Φαινομένη διάμετρος (α) ἀντικειμένου $\alpha = AB/OA$

AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ OA ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν

Ἀπλοῦν μικροσκόπιον :

$$1) \text{ ἰσχὺς } (P) \quad P = 1/\varphi \quad \eta \quad P = \alpha/AB$$

$$2) \text{ μεγέθυνσις } (M) \quad M = 1 + \delta/\varphi \quad \eta \quad M = \delta/\varphi$$

α ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου, AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ

Σύνθετον μικροσκόπιον :

$$1) \text{ ἰσχὺς } (P) \quad P = \frac{l}{\varphi_{\pi} \cdot \varphi_{\alpha}}$$

$$2) \text{ μεγέθυνσις } (M) \quad M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_{\pi} \cdot \varphi_{\alpha}}$$

φ_{π} καὶ φ_{α} αἱ ἔστιακαὶ ἀποστάσεις προσοφθαλμίου καὶ ἀντικειμενικοῦ, l ἡ μεταξὺ των ἀπόστασις καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως

Μεγέθουνσις (Μ) τηλεσκοπίου

$$M = \varphi_{\alpha} / \varphi_{\pi}$$

Φωτομετρία :

1) όλική φωτεινή ροή ($\Phi_{ολ}$) πηγής

$$\Phi_{ολ} = 4\pi \cdot I$$

I ή έντασις τής πηγής και $\pi = 3,14$

2) φωτισμός (E) επιφανείας

$$E = (I^2 / R) \cdot \text{συν} \alpha$$

R ή απόστασις τής φωτιζομένης επιφανείας από την πηγήν
και α ή γωνία προσπτώσεως τών ακτίνων

3) Μέτρησις εντάσεως

$$I_A : I_B = R_A^2 : R_B^2$$

 R_A και R_B αί αποστάσεις τών δύο φωτεινών πηγών από την έξ
ΐσου φωτιζομένην επιφάνειαν

Ίσοδυναμία φωτεινής ροής και μηχανικής ισχύος : 1 Lumen = 0,01 Watt

Έξίσωσις κυμάτων :

$$v = \nu \cdot \lambda$$

Ένέργεια φωτονίου

$$q = h \cdot \nu$$

 ν ή συχνότης τής ακτινοβολίας, h ή σταθερά του Planck και q ή
ένέργεια του φωτονίου

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Α' Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν

m	ποσότης μαγνητισμοῦ ἢ μαγνητικῆ μᾶζα
α	ἀπόστασις
σ	ἐπιφάνεια
H	έντασις μαγνητικοῦ πεδίου
Φ	μαγνητικὴ ροή
ΔΦ	μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς
F	δύναμις
Q, q	ἡλεκτρικὸν φορτίον
E	έντασις ἡλεκτρικοῦ πεδίου
U	δυναμικόν, διαφορὰ δυναμικοῦ, τάσις
C	χωρητικότης
W	ἔργον, ἐνέργεια
P	ισχύς

t	χρόνος
I	έντασις ρεύματος
l	μήκος
R	άντίστασις
r	άκτις σφαίρας, έσωτερική άντίστασις γεννητρίας
E	ήλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας
E'	άντηλεκτρεγερτική δύναμις αποδέκτου
L	συντελεστής αύτεπαγωγής

Β'. Έξισώσεις του Μαγνητισμού

Νόμος του Coulomb	$F = m_1 \cdot m_2 / \alpha^2$
Έντασις μαγνητικού πεδίου	$H = F / m$
Μαγνητική ροή	$\Phi = \sigma \cdot H$

Γ'. Έξισώσεις του Ήλεκτρισμού

Νόμος του Coulomb	$F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / \alpha$
K ή σταθερά του Coulomb έξαρτωμένη εκ του διηλεκτρικού	
Έντασις ήλεκτρικού πεδίου	$E = F / q \quad \eta \quad E = Q / \alpha^2$
Q τὸ φορτίον τὸ παράγον τὸ πεδίου, q τὸ φορτίον τὸ φερόμενον εἰς ἀπόστασιν α από τὸ φορτίον Q καὶ F ἡ δύναμις ἡ ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ φορτίου q	
Έργον κατὰ τὴν μεταφορὰν ήλεκτρικού φορτίου	$W = Q \cdot (U_1 - U_2)$
Χωρητικότητα	$C = Q / U$
Δυναμικὸν σφαιρικοῦ άγωγοῦ άκτίνος r :	$U = Q / r$
Ένέργεια φορτισμένου άγωγοῦ	$W = Q \cdot U / 2 = C \cdot U^2 / 2 = Q^2 / 2C$
Έντασις τοῦ ρεύματος	$I = Q / t$
Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα άγωγοῦ	$U = I \cdot R$
Άντίστασις άγωγοῦ	$R = \rho \cdot l / \sigma$
ρ ἡ εἰδική άντίστασις τοῦ μετάλλου	
Μεταβολή τῆς άντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας	$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$
R ₀ ἡ άντίστασις εἰς 0° C, α ὁ θερμοκός συντελεστής άντιστάσεως καὶ θ ἡ θερμοκρασία	

Σύνδεσις ἀντιστάσεων :

κατὰ σειράν

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

παράλληλως

$$1/R_{ολ} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Ἐνέργεια ἡλεκτρικοῦ ρεύματος

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \eta \quad W = I^2 \cdot R \cdot t$$

Ἴσχυς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος

$$P = U \cdot I \quad \eta \quad P = I^2 \cdot R$$

Νόμος τοῦ Joule

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$$

Q ἡ ποσότης θερμότητος εἰς θερμίδας (cal)

Ἴσχυς γεννητρίας

$$P = E \cdot I$$

Ἴσχυς ἀποδέκτου

$$P = E' \cdot I$$

Κλειστὸν κύκλωμα :

1) Χωρὶς ἀποδέκτην

$$E = I \cdot R_{ολ}$$

2) μὲ ἀποδέκτην

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

3) διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας $U = E - I \cdot r$

Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν :

1) σύνδεσις κατὰ σειράν

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

2) παράλληλος σύνδεσις

$$v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

Νόμος ἡλεκτρολύσεως

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot I \cdot t$$

A/v τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ m ἡ ἀποτιθεμένη μάζα τοῦ στοιχείου

Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος :

1) εὐθύγραμμος ἄγωγος

$$H = \frac{2I}{10\alpha}$$

2) σωληνοειδὲς

$$H = \frac{4\pi}{10} \cdot v \cdot I$$

v ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους τοῦ σωληνοειδοῦς

Δύναμις ἀσκουμένη ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος $F = \frac{1}{10} \cdot I \cdot H \cdot l$

Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις $E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t}$

Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς $E = L \cdot \frac{\Delta I}{t}$

Ἐναλλασσόμενον ρεύμα :

στιγμιαία τάσις

$$U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

στιγμιαία ἔντασις

$$I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

ἐνεργὸς τάσις

$$U_{\text{ev}} = 0,707 \cdot U_0$$

ἐνεργὸς ἔντασις

$$I_{\text{ev}} = 0,707 \cdot I_0$$

Μετασχηματιστής :

ἐνέργειαι

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

τάσεις

$$U_2 : U_1 = v_2 : v_1$$

ἐντάσεις ρευμάτων

$$I_1 : I_2 = v_2 : v_1$$

v_1 καὶ v_2 αἱ σπειρὰι τοῦ πρωτεύοντος (U_1, I_1) καὶ τοῦ δευτερεύοντος (U_2, I_2) κυκλώματος

Πυκνωτής :

1) ἡλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ $Q = C \cdot U$

2) χωρητικότης πυκνωτοῦ $C = \varepsilon \frac{\sigma}{4\pi \cdot l}$

l τὸ πάχος τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ $\pi = 3,14$

3) ἐνέργεια πυκνωτοῦ $W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$

4) παράλληλος σύνδεσις πυκνωτῶν $C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$

5) σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειρὰν $1/C_{\text{ολ}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$

6) ἔντασις ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου $E = U/l$

l ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν

Περίοδος ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων $T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$

Συνθήκη συντονισμοῦ δύο κυκλωμάτων ταλαντώσεων $L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$

Νετρόνια τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος $N = A - Z$

A μαζικὸς ἀριθμὸς, Z ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου ἐμφαίνων καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, N ἀριθμὸς νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

Ἀρχὴ ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας $W = m \cdot c^2$.

m μᾶζα ἀφυλοποιουμένη, c ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν,

W ἡ ἰσοδύναμος ἐνέργεια.

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

(Οἱ ἀριθμοὶ παραπέμπουν εἰς τὰς σελίδας)

A

αἰθῆρ	101
ἀκουστικὸν	203
ἀκτῖνες α, β, γ	278
» Röntgen	245
ἀκτινοβολία	87
ἀκτινολογία	247
ἀλεξικέραυνα	255
ἀλυσωτὴ ἀντίδρασις	288
Ampère	165
ἀμπερόμετρα	207
ἀμπερώρια	194
ἀνάκλασις φωτός	19
ἀνάλυσις φωτός	87
ἀναλύτης	107
ἀνοδος	164
ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις	183
ἀντίλη	296
ἀνόρθωσις	260
ἀντικατοπτρισμός	44
ἀντίστασις ἀγωγῶ	168
ἀντιστροφή γραμμῶν	115
ἀποδέκτης	184
ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς	99
ἀρχὴ ἀντιστρέφου πορείας	24
ἀστροφυσικὴ	117
ἀσφάλεια	178
ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις	43
ἀτομικὴ βόμβα	288
» ἐνέργεια	288
ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ	289
ἀτομικὸς ἀριθμὸς	280
ἄτομον	280

αὐτεπαγωγή	214
ἄχρωματικὸς φακὸς	65

B

βαρὺ ὕδωρ	286
Volt	154
βολτάμετρον	164, 187
βολτόμετρα	207

Γ

γαλβανόμετρα	207
γαλβανοπλαστικὴ	191
γεννήτριαι	162
γήινων μαγνητικὸν πεδίων	140
γραμμαι Fraunhofer	89
γωνία ἐκτροπῆς	47
» πολώσεως	107
Gauss	137
Geiger ἀπαριθμητῆς	292

Δ

δείκτης διαθλάσεως	39
δέκτης	202
δευτέριον	285
διάθλασις φωτός	38
διαφορὰ δυναμικοῦ	153
» φάσεως	157
διάχυσις	19, 125
διαχωριστικὴ ικανότης	80
διεγέρτης Hertz	262
διηλεκτρικὴ σταθερά	234
δίοδος λυχνία	244

διόπτρα	78	ἡλεκτρικὸς συσσωρευτὴς	192
διπλῇ διάθλασις	109	ἡλεκτρόλυσις	186
δυναμικαὶ γραμμαὶ	134, 150	ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις	187
δυναμικόν	153	ἡλεκτρομαγνητὴς	200
Ε		ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία	264
εἰδικὴ ἀντίστασις	169	ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον	263
εἶδωλον	21	ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	251
ἐκλείψεις	14	ἡλεκτρόνιον	159
ἐκτροπὴ σφαιρικὴ	36, 64	ἡλεκτροσκόπιον	146
» ἀστιγματικὴ	36, 64	ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον	190
» χρωματικὴ	64	ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα	223
ἐλαχίστη ἐκτροπὴ	48	Θ	
ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια	160	θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων	244
ἐναλλακτῆρες	221	θερμικὰ ὄργανα	208
ἐναλλασσόμενον ρεῦμα	222	θάλαμος Wilson	292
ἐνεργὸς ἔντασις	225	θερμοηλεκτρογενετικὴ δύναμις	195
» τάσις	225	θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα	195
ἔντασις ρεύματος	165	» στοιχεῖον	195
ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς	93	θεωρία ἐκπομπῆς	100
ἐπαγωγὸς	216	» κυμάτων	101
ἐπαγωγικὰ ρεύματα	209	» κβάντα	123
ἐπαγωγικὸν πηνίον	230	» ἡλεκτρομαγνητικὴ	101
ἐπαγωγίμον	216	Ι	
ἐπιμετάλλωσις	191	ιονισμὸς ἀέριου	243
ἐπίπεδον πολώσεως	107	ἰόντα	160, 188
» κραδασμῶν	108	ἰσότοπα στοιχεῖα	285
ἐστιακὴ ἀπόστασις	27, 33, 55	ἰσχὺς ἀποδέκτου	183
ἐστιακὸν ἐπίπεδον	28, 55	» γεννητρίας	179
ἐσωτερικὴ ἀντίστασις	181	» ρεύματος	175
Η		» φακοῦ	63
ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις	180	» μικροσκοπίου	72
ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ	216	ιονόσφαιρα	253
» ταλαντώσεις	256	Κ	
ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις	238	καθοδικαὶ ἀκτῖνες	240
» κάμινος	178	κάθοδος	164, 238, 245
ἡλεκτρικὸν πεδίον	149	κάτοπτρα	19
ἡλεκτρικὸν ρεῦμα	161	κεραυνὸς	254
» δίπολον	262	κηρίον	94
» φορτίον	147		
ἡλεκτρικὸς κώδων	201		

κινητήρες	218, 222
κοσμική ακτινοβολία	253, 291
Coulomb	147
κυκλική συχνότης	223
κύκλωμα	166
κυρία έστια	27, 55
κύριος άξων	25
κύτταρον σεληνίου	171
κροσσοί συμβολής	102
κρυσταλλικός φωρατής	260

Λ

λαμπτήρ ηλεκτρικός	177
Lumen	95
Lux	95

Μ

μαγνητόφωνον	276
μαγνητική απόκλισις	138
» διαπερατότης	200
» έγκλισις	139
» έπαγωγής	209
» θύελλα	142
» ροή	137
μαγνητικών δίπολων	133
» πεδίων	135, 197
» φάσμα	134
μαζικός αριθμός	283
Maxwell	138
μεγάφωνον	204
μεγέθυνσις γραμμική	30, 57
μεσόνια	291, 296
μεταστοιχειώσεις	287
μετασχηματισται	228
μηχανικόν Ισοδύναμον φωτός	99
μικροκύματα	270
μικροσκοπίον	72, 75
μικρόφωνον	203
μικροφωτογραφία	78
μονοφασικόν ρεύμα	222
μυωπία	68

Ν

ναυτική πυξίς	142
νετρίνο	291
νετρίονιον	283
νόμοι άνακλάσεως	20
» ηλεκτρολύσεως	189
» φωτισμού	96
νόμος Joule	175
» Coulomb	132, 147
» Laplace	206
» Ohm	168, 181
» Stokes	122
» Rayleigh	125
» Lenz	211

Ο

ολική άνάκλασις	42
όμιλών κινηματογράφος	274
όμογενές πεδίων	137, 237
όπαλ Young	105
όπτικόν κέντρον	54
όπτικός άξων	110
όρατόν φώς	265
όρική γωνία	40
ούράνιον τόξον	91
Ohm	168

Π

παράθλασις φωτός	102
περιοδικόν σύστημα	282
περισκόπιον	34
πηγίον Ruhmkorff	230
πικάπ	276
πλάτος έντάσεως	224
» τάσεως	223
ποζιτρόνιον	286
πόλοι γεννητριάς	162
πολικόν σέλας	256
πόλωσις φωτός	106
» ηλεκτροδίων	192
πολωτής	107

πολωτικὸν σῶμα	112
πομπὸς	202
ποσότης μαγνητισμοῦ	133
πρίσμα Nicol	111
πρισματικὴ διόπτρα	82
προβολεὺς	84
προσαρμογὴ	67
πρωτόνιον	159, 283
πυκνωταὶ	232
πυρὴν ἀτόμου	158

P

ραδιενέργεια	277
ράδιον	277
ραδιόφωνα	269
ραντάρ	270
ρεύματα Foucault	213
ροοστάται	273
Röntgen ἀκτῖνες	245
Rutherford	287

Σ

σκοτεινὸς θάλαμος	14
σπινθηριστὴς	262
σταθερὰ Planck	123
σταθερὰ Faraday	190
στερακτίνιον	92
στερεοσκοπία	70
στοιχεῖα	194
» Leclanchè	194
στοιχειώδεις μαγνήται	131
στοιχειώδεις φορτίον	159
συγκλίνων φακὸς	55
συλλέκτης	217
συμβολὴ φωτὸς	101
συνεχὲς ρεῦμα	165
συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς	215
συντονισμός	261
συρμός ταλαντώσεων	259
συσσωρευταὶ μολύβδου	193
» ἀλκαλικοὶ	194

σωλὴν Braun	247
» Coolidge	245
» Crookes	239
» Geissler	288
σωληνοειδὲς	198

T

ταλαντώσεις ἡλεκτρικαὶ	256
τάσις	153
ταχύτης φωτὸς	15
τεχνητὰ ραδιενεργὰ	287
τηλέγραφος	201
τηλεόρασις	271
τηλεπικοινωνίαι	266
τηλεσκόπιον	83
τηλέφωνον	203
τηλεφωτογραφία	250
τρίοδος λυχνία	248
τριφασικὰ ρεύματα	226
τύπος Thomson	257

Υ

ὑπερβραχέα κύματα	270
ὑπεριώδεις ἀκτῖνες	119
ὑπερμετωπία	68
ὑπερόνια	291
ὑπερουράνια στοιχεῖα	290
ὑπέρυθροι ἀκτῖνες	118
ὑψίσυχα ρεύματα	231

Φ

φαινόμενον Edison	244
φακὸς	52
Farad	156
φάσις	226
φάσμα ἀπορροφῆσεως	115
» γραμμῶν	114
» ἡλιακὸν	89
» συνεχὲς	113
» συνολικὸν	265

φασματοσκοπική ανάλυσις	116	φωτοηλεκτρικόν φαινόμενον	249
φασματοσκόπιον	90	φωτοηλεκτρόνια	249
φθορισμός	121	φωτοκύτταρον	250
φυσικός μαγνήτης	129	φωτομετρία	97
φωοληψία	274	φωτόμετρον Bunsen	98
φῶς πεπολωμένον	106	φωτόνια	124
φῶς φυσικόν	106		
φωσφορισμός	122	X	
φωταύγεια	122	χειριστήριο	202
φωτεινή πηγή	11	χρῶμα σωμάτων	124
» ροή	94	χωρητικότης	155
φωτισμός	94	Henry	215
φωτογραφία	126	Huygens	101

Τὰ ἀντίτυπα τοῦ βιβλίου φέρουν τὸ κάτωθι βιβλιοσῆμον εἰς ἀπόδειξιν τῆς γνησιότητος αὐτῶν.

Ἀντίτυπον στερούμενον τοῦ βιβλιοσήμου τούτου θεωρεῖται κλεψίτυπον. Ὁ διαθέτων πωλῶν ἢ χρησιμοποιοῦν αὐτὸ διώκεται κατὰ τὰς διατάξεις τοῦ ἄρθρου 7 τοῦ νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 (Ἐφ. Κυβ. 1946, Α 108).



ΕΚΔΟΣΙΣ ΣΤ', 1966 (VI)-ANT. 40.000 - ΣΥΜΒ. 1410/18-5-66 - 1414/18-5-66

Ἐκτύπώσεις - Βιβλιοδεσία : *ΙΩ. ΚΑΜΠΑΝΑ Ο.Ε.* - Φιλαδελφείας 4 - ΑΘΗΝΑΙ

