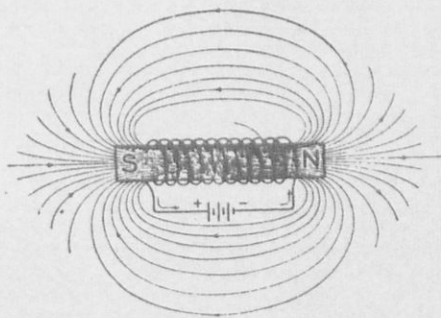




ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Ε' και ΣΤ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ
1970

E

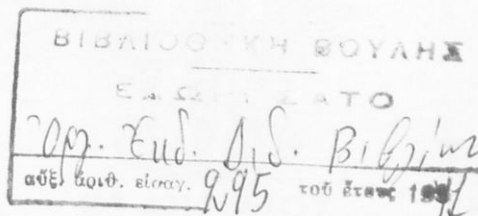
2

921

Magns (Aguinoos E.)

ΦΥΣΙΚΗ Ε,ΣΤ/Γ

Φ Υ Σ Ι Κ Η
Π Ε Ι Ρ Α Μ Α Τ Ι Κ Η



ΔΩΡΕΑ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

Ε

2

951

ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

Μάζης (Αλκίνοος, Ε.)

Φ Υ Σ Ι Κ Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Ε' καὶ ΣΤ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1970

002
418
ΕΤ2Β
1575

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- | | |
|------------------|---|
| ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ Γ. | Ἐπίτομος Φυσικὴ |
| ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ Κ. | Φυσικὴ (τόμος II) |
| MAZH A. | Φυσικὴ (τόμος II καὶ III) |
| MAZH A. | Ἡ διάσπασις τοῦ ατόμου |
| ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ Κ. | Φυσικὴ (τόμος II) |
| ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Χ. | Ἡ γένεσις τῆς ἐπιστήμης |
| ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Χ. | Ὁ Γαλιλαῖος |
| ΧΟΝΔΡΟΥ Δ. | Φυσικὴ (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. Φωτεινὰ 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. 'Αρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός	21 - 25
--	---------

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. 'Ορισμοί	25
--------------	----

α) Κοίλα σφαιρικὰ κάτοπτρα

15. Εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου.—16. Κυρία ἐστία.—17. 'Εστιακὸν ἐπίπεδον.—18. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων καὶ θέσις τοῦ εἰδώλου.—19. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—20. Πραγματικὸν ἢ φανταστικὸν εἶδωλον ἀντικειμένου.—21. 'Ανακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοίλα κάτοπτρα	26 - 32
--	---------

β) Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα

22. Κυρία ἐστία καὶ ἐστιακὸν ἐπίπεδον.—23. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—24. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων	32 - 38
--	---------

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

26. 'Ορισμός.—27. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—28. 'Οριζική γωνία.—29. 'Απόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως.—30. 'Ολικὴ ἀνάκλασις.—31. 'Αποτελέσματα τῆς διαθλάσεως	38 - 45
---	---------

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλακὸς μετὰ παραλλήλους ἑδρας.—33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.—34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.—35. Πρίσμα δολικῆς ἀνακλάσεως	45 - 52
---	---------

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

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

Α'. Συγκλίνοντες φακοί

39. Κυρία ἐστία. 'Εστιακὴ ἀπόστασις.—40. 'Εστιακὸν 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'. Ἰσχύς καὶ σφάλματα τῶν φακῶν	
48. Ἰσχύς φακοῦ.—49. Ὁμοαξονικὸν 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. Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—56. Διόφθαλμος δρασ. Στερεοσκοπία.—57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως	66 - 71
ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ	
58. Ὀπτικά ὄργανα	72
Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ	
59. Ἀπλοὺν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστικὴ ἱκανότης τοῦ μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ 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 τόξον	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. Παράβλασις τοῦ φωτός.—93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος	

τοῦ φωτός.—94. Πόλωσις τοῦ φωτός.—95. Ἑρμηνεία τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.—96. Διπλῆ 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 ἥλιακὸν φῶς.—103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.—104. Φασματοσκοπικὴ ἐρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων.....	113 - 118
--	-----------

Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι.—106. Ἀπορρόφῃσις τῶν ὑπέρυθρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—108. Ἀπορρόφῃσις τῶν ὑπεριώδων 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

Μ Α Γ Ν Η Τ Ι Σ Μ Ο Σ

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

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

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

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ι Σ Μ Ο Σ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—135. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἄγωγοί.—136. Ἡλεκτροσκοπίον.—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 ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—142. Δυναμικόν.—143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.—144. Μονάδες δυναμικοῦ.—145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ 149 - 158

ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον.—149. Ἐμφάνις ἡλεκτρικῶν 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 ἡλεκτρικοῦ 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. Μέτρησις ἀντιστάσεως 167 - 174

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ 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 κλειστὸν κύκλωμα.—171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν πόλων τῆς γεννητρίδας.—172. Ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μετὰ γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώματος.—174. Κύκλωμα μετὰ συστοιχίαν γεννητριῶν 179 - 186

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

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

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

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

191. Ὀργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων	Σελίς 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
--	-----------

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναί.—199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος	216 - 220
--	-----------

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

202. Ἐναλλακτῆρες.—203. Κινητῆρες ἐναλλασσόμενου ρεύματος.—204. Ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.—205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις.—206. Τριφασικὰ 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 ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—217. Λαμπτήρες 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 ἰονισμός 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. Μήκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας	261 - 265

ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαί.—244. Πομπὴς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—245. Δέκται ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφωνον.—247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἶδη κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωνογραφία....	266 - 274
--	-----------

ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὁμιλῶν κινηματογράφος.—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. Προέλευσις τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.—272. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ.—273. Ὑπερουράνια στοιχεῖα.—274. Τὰ ὑποατομικὰ σωματίδια.—275. Κοσμικαὶ ἀκτίνες.—276. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.—277. Ἡ ἀντιύλη	287 - 300
---	-----------

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

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

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ



1. Ὁρισμοί.— Καλοῦμεν **φῶς** τὸ αἷτιον, τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὀράσεως. Ἐν σῶμα εἶναι ὀρατόν, ἐὰν στέλῃ φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας. Μερικὰ σώματα ἐκπέμπουν ἀφ' ἐαυτῶν φῶς καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάζονται **αὐτόφωτα** σώματα ἢ **φωτεινὰ πηγὰι** (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 φωτός τούτου ἐκπεμφθῇ ὑπὸ τοῦ σώματος πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις· τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἐτερόφωτα** σώματα (ἡ Σελήνη, οἱ πλανῆται, τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ πέριξ ἡμῶν σώματα). Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτεινὰ πηγὰι (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 **διαφανῇ** σώματα (ὑαλός, ἄηρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **ἀδιαφανῇ** σώματα (ξύλον, πλάξ μετάλλου κ. ἄ.). Τέλος μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέρχεται, χωρὶς ὅμως νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν τὸ σχῆμα τῶν φωτεινῶν ἀντικειμένων· τὰ σώματα αὐτὰ καλοῦνται **ἡμιδιαφανῇ** (γαλακτοχόρους ὑαλός). Ἡ ἀνωτέρω διάκρισις τῶν σωμάτων εἰς διαφανῇ, ἀδιαφανῇ καὶ ἡμιδιαφανῇ δὲν εἶναι ἀπόλυτος. Διότι τὸ ὕδωρ, ὅταν σχηματίζῃ στρῶμα μεγάλου πάχους, εἶναι ἀδιαφανές· ἀντιθέτως, πολὺ λεπτὸν φύλλον χρυσοῦ εἶναι ἡμιδιαφανές.

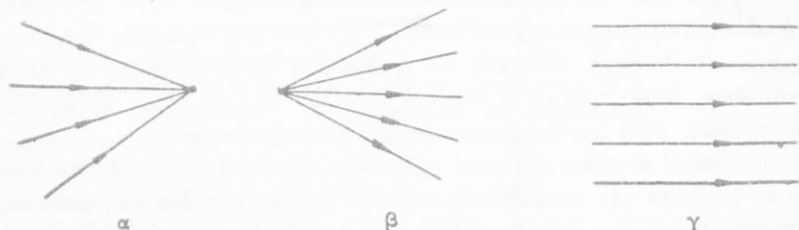
Ὅλαι αἱ συνήθεις φωτεινὰ πηγὰι ἔχουν αἰσθητάς διαστάσεις. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἀναγκαζόμεθα εἰς πολλὰς περιπτώσεις νὰ ὑποθέσωμεν, χάριν ἀπλότητος, ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ δὲν ἔχει διαστάσεις· τότε λέγομεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι **φωτεινὸν σημεῖον**. Ἐν φωτεινὸν σημεῖον ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτῖνας πρὸς ὅλας 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 ὅπῃν. Ἐν λευκὸν νῆμα διέρχεται διὰ τῶν δύο ὁπῶν O_1 καὶ O_2 . Ὅπισθεν τοῦ διαφράγματος E_1 τοποθετοῦμεν φωτεινὴν πηγὴν, ὅπισθεν δὲ τοῦ διαφράγματος E_2 φέρομεν τὸν ὀφθαλμὸν μας. Ὅταν ἐπιτύχωμεν νὰ βλέπωμεν τὴν πηγὴν διὰ μέσου τῶν ὁπῶν O_1 καὶ O_2 , τότε τείνομεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ὁπαὶ 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.

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



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

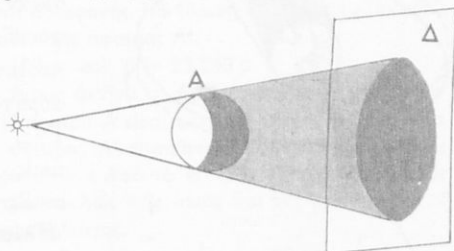
τότε ἡ μὲν δέσμη καλεῖται **στιγματική**, τὸ δὲ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **ἐστία** τῆς δέσμης. Μία φωτεινὴ δέσμη δύναται νὰ εἶναι **συγκλίνουσα**, **ἀποκλίνουσα** ἢ **παράλληλος** (σχ. 2). Πολλὰ ὀπτικά φαινόμενα εἶναι δυνατόν νὰ ἐξετασθοῦν χωρὶς νὰ εἶναι ἀνάγκη νὰ γνωρίζωμεν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Εἰς τὰ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

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

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

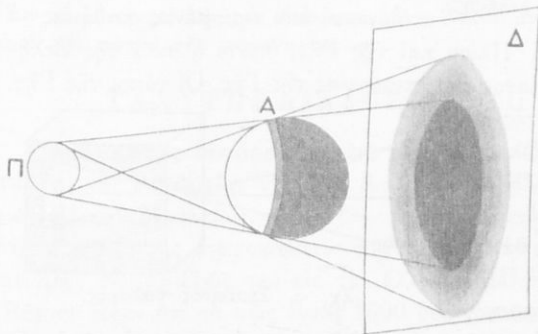
Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι

σημεῖον (σχ. 3), τότε ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν



Σχ. 3. Σχηματισμὸς σκιάς.

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-

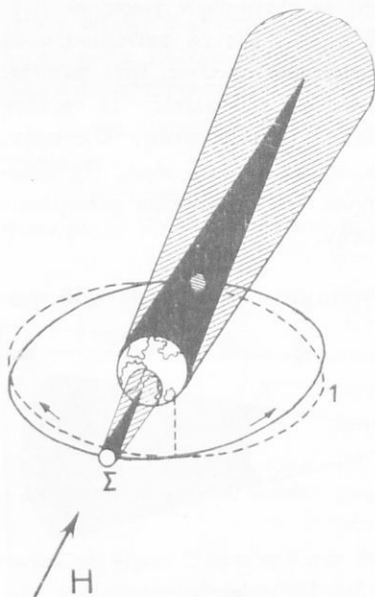


Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιάς καὶ παρασκιάς.

οχή, ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσέρχονται φωτεινὰ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ

ώρισμένα μόνον σημεία τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ μεταβάσις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν περιοχὴν γίνεται βαθμιαίως.

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



Σχ. 5. Ἐξήγησις τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.

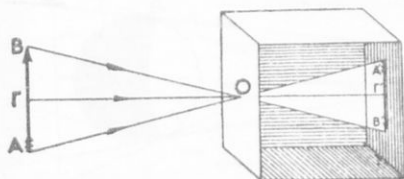
(1 ἐκλειπτική, 2 τροχιά Σελήνης).

παρεμβληθῇ μεταξύ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὁπότε ἡ σκιά τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς, οἱ εὐρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὁλὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὅποιοι θὰ εὕρεθον ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴν 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-

λέσμα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὁποία σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς Γῆς (σχ. 5). Ἡ Σελήνη, ὅταν εὐρίσκεται εἰς ἀντίθεσιν (πᾶν σέληνος), δύναται ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὴν σκιάν τῆς Γῆς, ὁπότε 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 ὁποία σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς Σελήνης. Ὅταν ἡ Σελήνη εὐρίσκεται εἰς σύνοδον (Νέα Σελήνη), 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 :

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΓ'}{ΟΓ}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Φωτεινὴ πηγὴ, ἡ ὁποία θεωρεῖται ὡς σημεῖον, εὐρίσκεται 5 m ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους. Πόσον εἶναι τὸ μήκος τῆς σκιᾶς, 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 ἀκτίνες Ρ καὶ ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν κέντρων των Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ μεγαλύτερα σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ μικρότερα σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Νὰ εὐρεθῇ τὸ μήκος τοῦ σκιεροῦ κώνου, ὁ ὁποῖος σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς σφαίρας Α'.

Ἐφαρμογὴ : Ρ = 108 ρ καὶ δ = 23 240 ρ

3. Δύο ἴσαι σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀκτὶνα ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο κέντρων των Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Ὅπισθεν τῆς σφαίρας Α' τοποθετεῖται διάφραγμα καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν ΟΟ', καὶ εἰς ἀπόστασιν ε ἀπὸ τὸ κέντρον Ο' τῆς ἀδιαφανοῦς σφαίρας. Νὰ εὐρεθοῦν αἱ ἀκτίνες τῶν κύκλων τῆς σκιᾶς καὶ τῆς παρασκιᾶς, οἱ ὅποιοι σχηματίζονται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος.

Ἐφαρμογὴ : 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 του 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

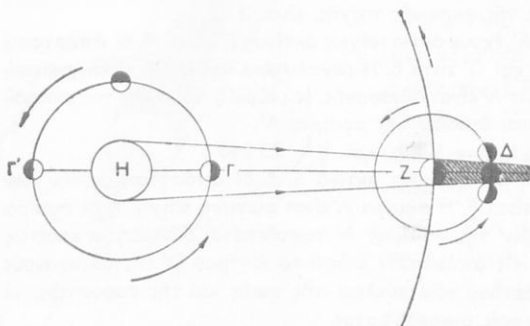
5. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός.— Ὅταν τὸ φῶς μεταδίδεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἀπὸ ἓνα τόπον εἰς ἄλλον, φαίνεται ὅτι μεταδίδεται ἀκαριαίως, διότι δὲν μεσολαβεῖ αἰσθητὸς χρόνος μεταξὺ τῆς στιγμῆς τῆς ἀναχωρήσεως τοῦ φωτός ἐκ τοῦ ἑνὸς τόπου καὶ τῆς στιγμῆς τῆς ἀφίξεώς του εἰς τὸν ἄλλον. Πρῶτος ὁ Δανὸς ἀστρονόμος Rømer εὗρεν ὅτι τὸ φῶς ἐντὸς 1000 δευτερολέπτων διατρέχει τὴν διάμετρον τῆς τροχιᾶς 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 κατώρθωσαν (Fizeau, Foucault, Michelson) νὰ μετρήσουν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς.

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



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

Ο 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 Διός (σχ. 7). Ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ τῆς τροχιάς της, τότε μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ

δορυφόρου Δ μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μὲ 42,5 ὥρας. Ἐφ' ὅσον ὁμοῦς ἡ Γῆ κινεῖται ἐκ τῆς θέσεως Γ πρὸς τὴν ἐκ διαμέτρου ἀντίθετον θέσιν Γ', παρατηρεῖται μία διαρκῶς ἀυξανομένη καθυστέρησις εἰς τὴν ἔναρξιν τῆς ἐκλείψεως. Ἡ καθυστέρησις αὕτη λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν της 1000 δευτερόλεπτα (περίπου), ὅταν ἡ Γῆ εὑρεθῇ 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 εὑρεθῇ πάλιν εἰς τὴν θέσιν Γ, τότε μεταξὺ 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 εὑρίσκειται 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 εὑρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ. Ἐπειδὴ ἡ διάμετρος τῆς τροχιάς τῆς Γῆς εἶναι 300 000 000 km,

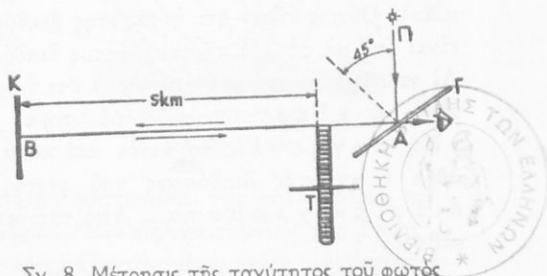
έπεται ότι η ταχύτης διαδόσεως του φωτός εις τὸ κενὸν εἶναι :

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

β) Μέθοδος τοῦ Fizeau. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι τόσον 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 με γήινον πείραμα.

Ἡ ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Π (σχ. 8) προερχομένη φωτεινὴ ἀκτίς ΠΑ προσπίπτει ἐπὶ μιᾶς ὑαλίνης πλακῆς Γ, ἀνακλᾶται ἐν μέρει ἐπ' αὐτῆς καὶ κατευθύνεται πρὸς τὸ κατακόρυφον ἐπιπεδὸν κάτοπτρον Κ, ἐπὶ τοῦ

ὁποίου προσπίπτει καθέτως. Ἐκεῖ ἡ ἀκτίς ὑφίσταται δευτέραν ἀνάκλασιν, ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α καὶ διερχομένη διὰ τῆς πλακῆς Γ φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἡ ἀπόστασις τῆς πλακῆς Γ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον Κ εἶναι ὀλίγα μόνον χιλιόμετρα. Ἐμπροσθεν τῆς πλακῆς ὑπάρχει ὀδοντωτὸς τροχὸς Τ, ὁ ὁποῖος φέρει ἴσον ἀριθμὸν ὀδόντων καὶ διακέων τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ δύναται νὰ τεθῇ εἰς ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐστω ὅτι ὁ τροχὸς φέρει μ ὀδόντας· ἄρα ἔχει καὶ μ διακένα. Ἐὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίνει 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 ὁδὸς 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.

‘Επομένως 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) Νεώτεραι 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, ὕαλου κ.ἄ.). Οὕτως εὗρεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι ἴση μὲ τὰ $\frac{3}{4}$ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα. Αἱ νεώτεραι 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.

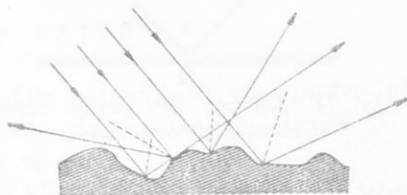
III. Εἰς τὰ διαφανῆ ὑλικά μέσα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι μικρότερα ἀπὸ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν.

Τὸ φῶς, διὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τὸν ἥλιον εἰς τὴν Γῆν, χρειάζεται 8,5 min. Ὁ πλησιέστερος πρὸς τὴν Γῆν ἀπλανὴς εἶναι ὁ α τοῦ 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 εὐρίσκόμενοι νεφελοειδεῖς ἀπέχουν ἀπὸ ἡμᾶς ἑκατομμύρια ἑτῶν φωτός.

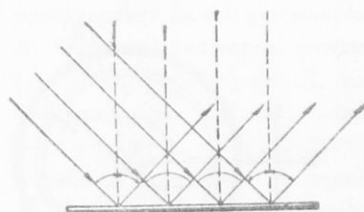
Σημείωσις. Αἱ ἀνωτέρω δοθεῖσαι τιμαὶ 1000 δευτερόλεπτα καὶ 42,5 ὥραι (ἀκριβὴς τιμὴ 42 h 8 min 32 sec) εἶναι τιμαὶ κατὰ προσέγγισιν, χάριν ἀπλότητος κατὰ τὸν ὑπολογισμόν. Οὕτω καὶ ἡ εὐρεθεῖσα τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός $c = 300\,000$ km/sec εἶναι κατὰ προσέγγισιν. Ἡ ἀκριβὴς τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός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

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

7. Διάχυσις καὶ ἀνάκλασις.—Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς ἀφ' ἡμετέρας 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 σταθώμεν, 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. Ἐνεκα τῆς διαχύσεως γίνονται ὁρατὰ ὅλα τὰ περὶ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαιρας προκαλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἡλιακοῦ φωτός παρεμβάλλωμεν μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν



Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμάλου ἐπιφανείας.



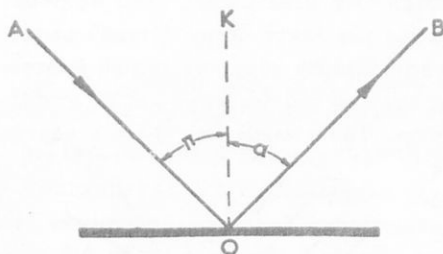
Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας.

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

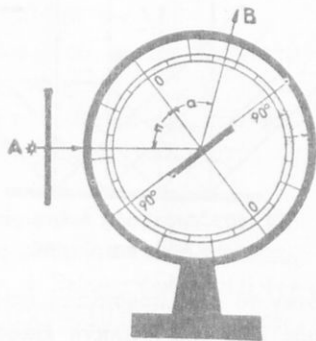


Σχ. 11. Ὁρισμός τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.

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 εὕρωμεν κατὰ προσέγγισιν μὲ τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 12. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ κατακόρυφον γωνιομετρικὸν κύκλον, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένον μικρὸν ἐπίπεδον κατόπτρον. 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.

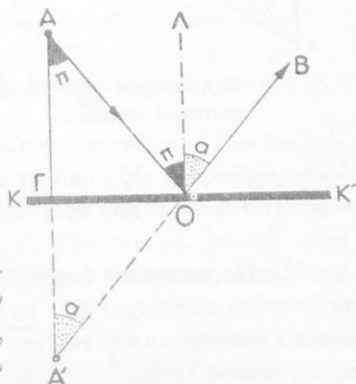
II. Ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

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 Β

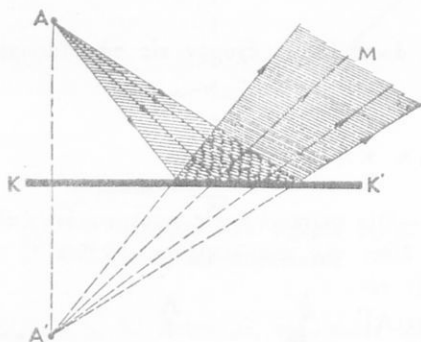
Ἡ προέκτασις τῆς ἀκτίνος Β τέμνει τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου ΑΓ εἰς τὸ σημεῖον Α'. Εὐκόλως συνάγεται ὅτι τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα ΑΓΟ καὶ Α'ΓΟ εἶναι ἴσα καὶ ἐπομένως εἶναι $ΑΓ = Α'Γ$. Εἰς τὸ συμπέρασμα τοῦτο καταλήγομεν δι' οἵανδήποτε ἀκτὶνα προερχομένην ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α. Οὕτως αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναχωροῦσαι 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 προσπιπτούσης 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 ἀντικειμένου ΑΒ φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :



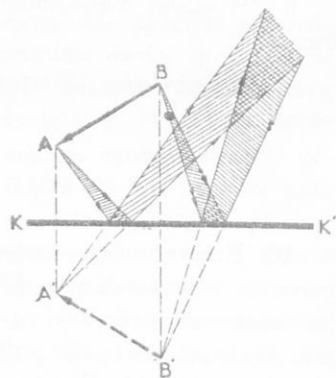
Σχ. 13. Ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου.

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 ἐφαρμόσιμα· ἦτοι 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 εὐρισκόμενον 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 . Ὅταν τὸ κάτοπτρον στραφῇ κατὰ γωνίαν φ , ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς στρέφεται κατὰ γωνίαν :

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

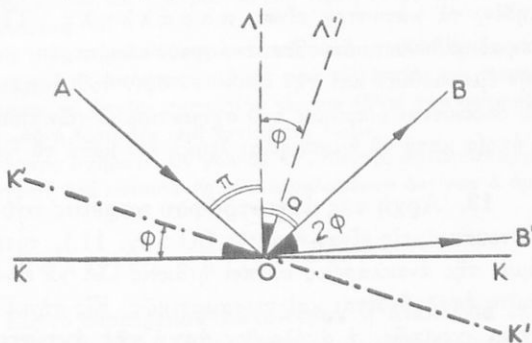
Ἐπειδὴ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως ἔχομεν :

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

Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

Όταν επίπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατὰ γωνίαν ϕ περί ἄξονα, κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως σταθερᾶς ἀκτίνος, τότε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς στρέφεται κατὰ διπλασίαν γωνίαν 2ϕ περί τὸν αὐτὸν ἄξονα, καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν.

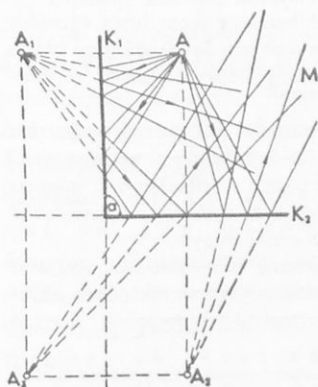


Σχ. 16. Στροφή ἐπιπέδου κατόπτρου.

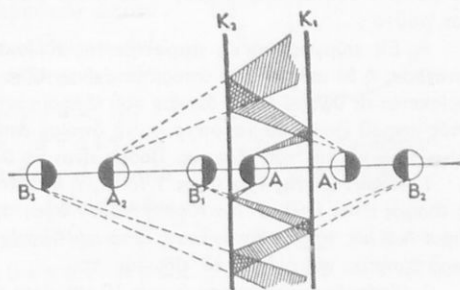
Ἡ ἀνωτέρω ἰδιότης τοῦ ἐπι-

πέδου κατόπτρου χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν μικρῶν γωνιῶν.

12. Ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—Ἐὰν 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 περισσοτέρας 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 μὲν μηδέν, τὰ κάτοπτρα εἶναι $\pi \alpha \rho \acute{\alpha} \lambda \lambda \eta \lambda \alpha$. Τότε σχηματίζονται δύο σειραὶ εἰδῶλων ὅπισθεν ἐκάστου κατόπτρου καὶ βλέπομεν ἐναλλάξ τὴν ἐμπροσθίαν καὶ τὴν ὀπισθίαν ὄψιν τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὸ σχῆμα 18 δεικνύεται ὁ τρόπος τοῦ σχηματισμοῦ τῶν εἰδῶλων 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 φοράν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

5. Παρατηρητὴς βλέπει τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ ΑΒ μήκους 3 cm ἐντὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν. 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 μεταξύ των 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 ἔδαφος εἶναι 1,60 m. Νὰ εὐρεθῇ πόσον ὕψος πρέπει νὰ ἔχῃ κατακόρυφον κάτοπτρον καὶ εἰς πόσῃν 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 αἰθουσα 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

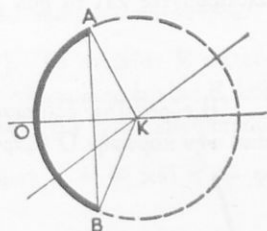
οροφήν. Εἰς τὸ μέσον ἐνὸς τῶν τοίχων εὐρίσκεται κατακόρυφον ἐπίπεδον κατόπτρον, τὸ ὁποῖον ἔχει σχῆμα τετραγώνου καὶ πλευρὰν 50 cm. Πόση ἐπιφάνεια τοῦ δαπέδου φωτίζεται ἐξ ἀνακλάσεως ;

10. Ἡ κεντρικὴ ἀκτὶς μιᾶς συγκλινούσης φωτεινῆς δέσμης εἶναι ὀριζοντία. 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° . Μεταξὺ αὐτῶν ὑπάρχει φωτεινὸν σημεῖον Σ. Νὰ εὐρεθῇ διὰ κατασκευῆς τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδῶλων.

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὁρισμοί.—Εἰς τὸ **σφαιρικὸν κάτοπτρον** ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρική. Διακρίνομεν δύο εἴδη σφαιρικῶν κατόπτρων: τὰ **κοῦλα** σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοίλη καὶ τὰ **κυρτὰ** σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή. Τὸ μέσον Ο τοῦ κατόπτρου (σχ. 19) καλεῖται **κορυφή** τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ κέντρον Κ τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καλεῖται **κέντρον 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 ὑποθέτωμεν 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 κυρίου ἄξονος κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου (σχ. 20). Πᾶσα φωτεινὴ ἀκτὶς προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου Α ἀνακλᾶται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου σχηματίζουσα ἴσας γωνίας ($\alpha = \alpha'$) μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, δηλαδὴ μὲ 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 ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρόν, 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 :

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

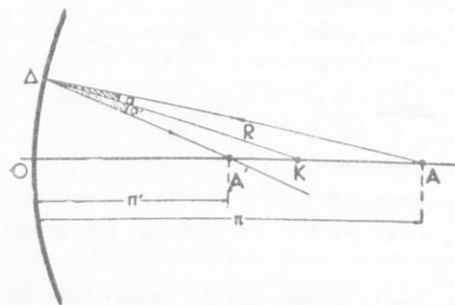
Ἀπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν εὐρίσκομεν :

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

Διαιροῦντες καὶ τὰ δύο μέλη τῆς ἐξίσωσως 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 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 ἀνάκλασιν τῶν διὰ τοῦ σημείου Α'.



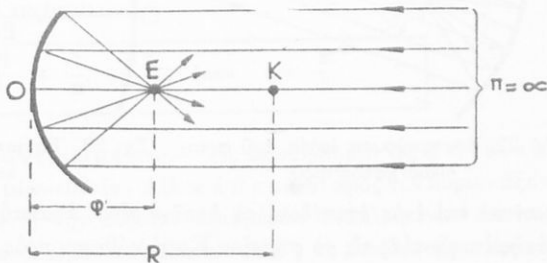
Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου φωτεινοῦ σημείου.

Τὸ σημεῖον Α' εἶναι τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α. Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὴν θέσιν Α',

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· δηλαδή εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλόν του συμπίπτουν.

16. Κυρία ἐστία.— Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον Α μετακινούμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος συνεχῶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ κάτοπτρου, ὥστε τελικῶς αἱ ἐκ τοῦ σημείου Α προερχόμεναι ἀκτῖνες νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τότε ὅλαι αἱ ἀνακλῶμεναι ἀκτῖνες 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 $\pi' = \varphi$,

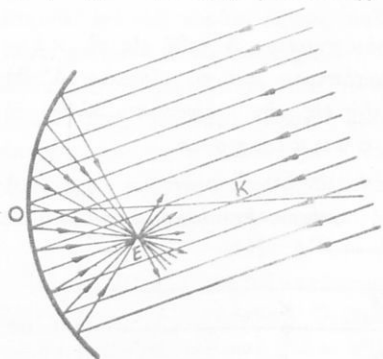
εὐρίσκομεν: $\frac{1}{\varphi} = \frac{2}{R}$. Ἀρα:

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

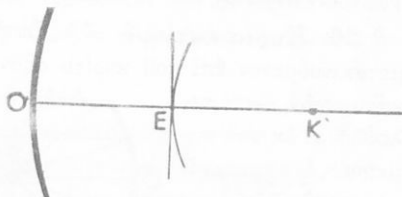
ἐστιακὴ ἀπόστασις: $\varphi = \frac{R}{2}$

17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.— Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν δέσμην ἀκτῶν παραλλήλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ὅλαι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, διέρχονται δι' ἐνὸς 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 K καὶ ἀκτῖνα $R/2$. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ κάτοπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος, δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαὶ εὐρί-



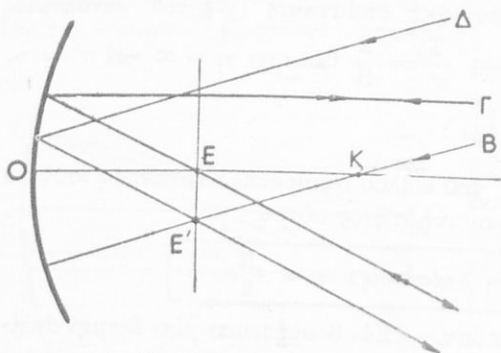
Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἐστία τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 23. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου.

σκονται ἐπὶ ἑνὸς ἐπιπέδου, τὸ ὅποιον εἶναι ἐφαπτόμενον τῆς σφαιρικῆς αὐτῆς ἐπιφανείας εἰς τὸ σημεῖον E 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 μετὰ τὴν πορείαν μερικῶν ἀκτίνων (σχ. 24) καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου A' ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος :



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

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

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

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

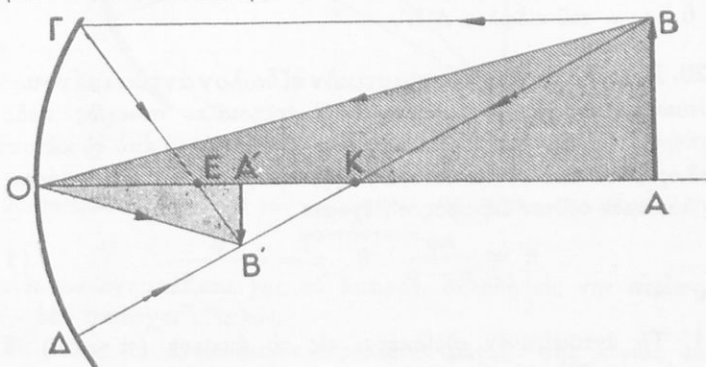
III. Ὄταν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

IV. Ὄταν μία ἀκτὶς προσπίπτῃ παράλλῳως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστοίχου δευτερευούσης ἐστίας, ἡ ὁποία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου.

V. Ὄταν 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 κάτωπτρον συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν:

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

19. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—Ἀς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καθετὴν 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.

καθετὴν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτῖνες $B\Gamma$ καὶ $B\Delta$ δίδουν τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας $\Gamma B'$ καὶ $\Delta B'$, αἱ ὁποῖαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον B' τοῦτο εἶναι τὸ εἶδωλον 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 μήκος (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 :

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

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 :

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

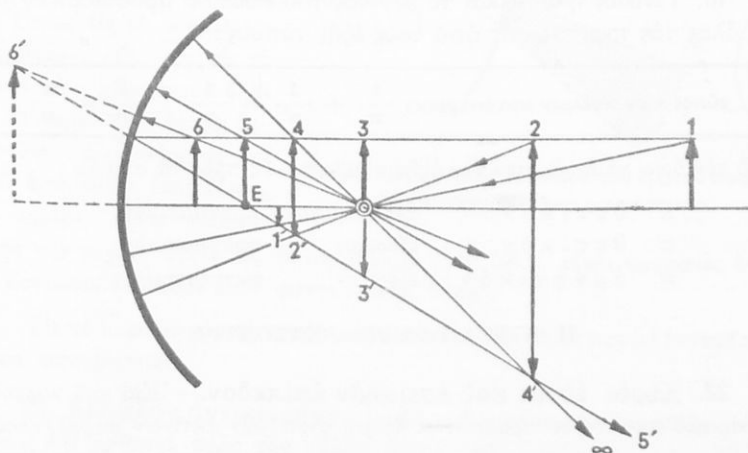
1. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($\pi = \infty$). Τότε εἶναι $\pi' = \varphi$, δηλαδή τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, εἶναι **πραγματικόν**, ἀλλ' εἶναι **σημεῖον**.

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 μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος ($\varphi < \pi < 2\varphi$). Τότε τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τοῦ κέντρου 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 μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου ($\pi < \varphi$). Τότε εἶναι $\frac{\pi}{\pi'} > 1$ 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 γενικὰ συμπεράσματα διὰ τὰ **κοῖλα σφαιρικά κάτοπτρα** :

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

II. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπίσθεν αὐτοῦ, εἶναι δὲ πάντοτε **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 :

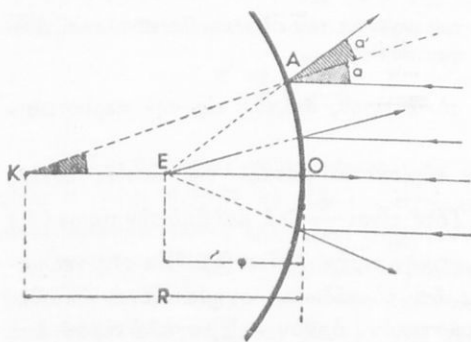
$$\text{τύποι τῶν κοίλων κατόπτρων: } \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

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 παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 27). Τὸ ἀνοίγμα 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 :



$EK = EO = \frac{R}{2}$. Ὅλοι λοι-

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

πὸν αἱ ἀνακλῶμεναι ἀκτῖνες φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ

τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν E , ἡ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. "Ωστε :

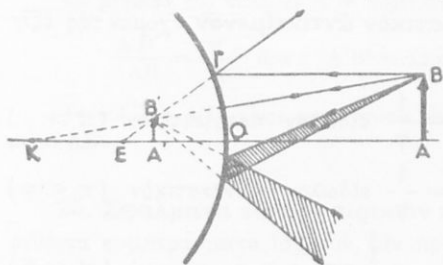
Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἰσοῦται μὲ τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

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

"Ὅπως εἰς τὸ κοῖλον κάτοπτρον, οὕτω καὶ εἰς τὸ κυρτὸν κάτοπτρον ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαι θεωροῦνται εὐρισκόμεναι 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. Ἀρα :

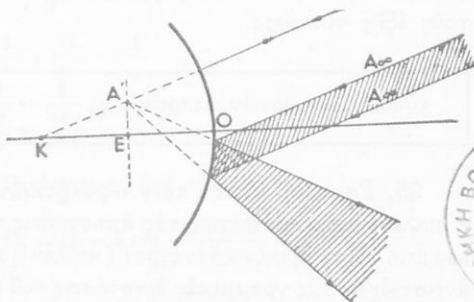
Εἰς τὸ κυρτὸν κάτοπτρον ἡ κυρία ἐστία καὶ τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον εἶναι φανταστικά.

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



Σχ. 29. Σχηματισμός τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

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



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



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 ὁποῖον θεωροῦμεν $\kappa \acute{\alpha} \theta \epsilon \tau \omicron \nu$ πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τότε εἰς ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ἰσχύουν οἱ ἀκόλουθοι **γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων** :

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

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

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

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

Π α ρ α δ ε ἰ γ μ α τ α. 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, εἰς 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 :

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

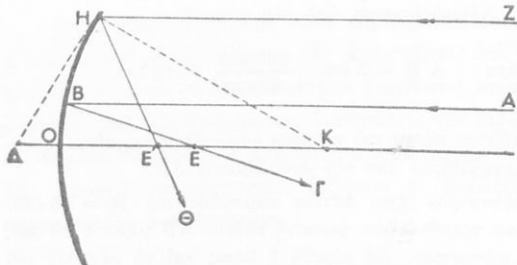
Τὸ εἶδωλον A'B' εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον AB.

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

α) τὸ ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ β) αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Ὅταν εἰς ἓκ τῶν δύο τούτων ὁρων δὲν πραγματοποιῶνται, τότε αἱ ἐξ ἐνὸς σημείου τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρῶ-

νονται εἰς ἓν σημεῖον καὶ ἔνεκα τούτου τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον δὲν εἶναι καθαρόν.

α) Σφαιρική ἐκτροπή. Εἰς ἓν κάτοπτρον μεγάλου ἀνοίγματος (σχ. 30) ἡ πλησίον τῆς περιφέρειας τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς ΖΗ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ΗΘ· αὕτη τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε', τὸ ὅποιον 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-

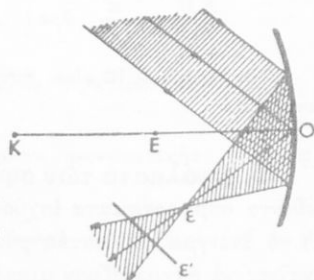


Σχ. 30. Σφαιρική ἐκτροπή.

δὴ ἡ τομὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος καὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Οὕτω διὰ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν μακρὰν τῆς κορυφῆς, ἡ ἔστιακὴ 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) Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή. Ἐπὶ ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀδιαφόρως ἂν τοῦτο εἶναι μικροῦ ἢ μεγάλου ἀνοίγματος, προσπίπτει φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων σχηματίζουσα μεγάλην γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 31). Αἱ ἀνακλωμέναι ἀκτῖνες 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 αὗται μικραὶ εὐθεῖαι καλοῦνται **ἔστιακαὶ γραμμαί**. Εἰς τὸ σχῆμα 31 ἡ μὲν ἔστιακὴ γραμμὴ ε εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, ἡ δὲ ἔστιακὴ γραμμὴ ε' εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπι-



Σχ. 31. Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή.

πέδου του σχήματος. Το έλάττωμα τουτo τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων καλεῖται **ἀστιγματική ἔκτροπή**.

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 ἀκτῖνα καμπυλότητος 40 cm. Ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ ἀντικείμενον AB, διὰ νὰ λάβωμεν εἶδωλον πραγματικὸν τρεῖς φορές μεγαλύτερον ἢ τέσσαρας 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 ὀφθαλμὸν ἢ 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 ὀφθαλμὸν.

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. Καθ'ὅς 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', ἀφ'οὗ ἀνακλασθῶν διαδοχικῶς ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων, νὰ συγκεντρῶνονται εἰς τὸ σημεῖον A ;

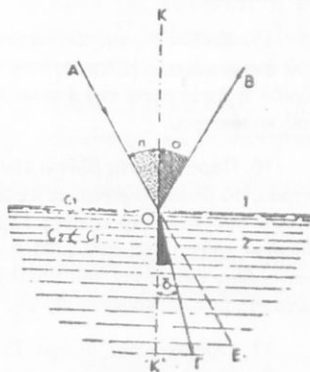
20. Κυρτὸν σφαιρικὸν κατόπτρον δίδει εἶδωλον 8 φορές μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀν-

τικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ ειδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον φαίνεται ὅτι εἶναι 80 cm. Νὰ εὕρεθῶν 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 ἰδίαν ἀκτὶνα καμπυλότητος 20 cm. Οἱ κύριοι ἄξονες 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 φωτίνον ἀντικείμενον. Νὰ εὕρεθῇ ἡ θέσις τοῦ ειδώλου, 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 (μονοχρῶς φωτὸς) προσπίπτῃ πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν μέσων, τότε μέρος μὲν τοῦ φωτὸς ἀνακλᾶται, ἄλλο δὲ μέρος τοῦ φωτὸς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ δευτέρου διαφανοῦς μέσου. Ἡ ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου εἰσερχομένη ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ὠρισμένην διεύθυνσιν, ἥ ὁποία δὲν συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος (σχ. 32). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ γωνία ΓOK 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.

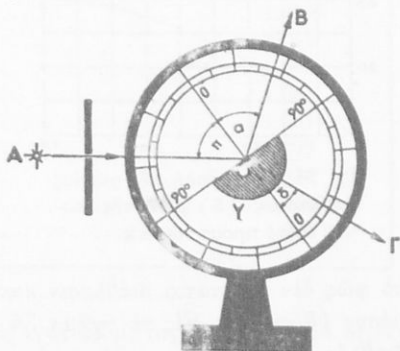
II. Ὁ λόγος τοῦ ἡμιτόνου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι σταθερὸς καὶ καλεῖται δει-

κτης διαθλάσεως· οὗτος ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τοῦ φωτὸς 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 φωτὸς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς μὲ τὴν συσκευήν, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ σχῆμα 33. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου δίσκου τοποθετεῖται ὑάλινος 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 ὑαλον, 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 ὑαλον εἰς τὸν ἀέρα δ ἐν ὑφίσταται διὰθλασιν, διότι προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ τῶν δύο μέσων (εἶναι $\pi = 0^\circ$, ἄρα καὶ $\delta = 0^\circ$).



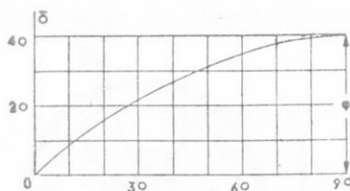
Σχ. 33. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

28. Ὅρικὴ γωνία.— Ἐκ τῶν δύο διαφανῶν μέσων ἐκεῖνο, εἰς τὸ ὅποιον ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς 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-

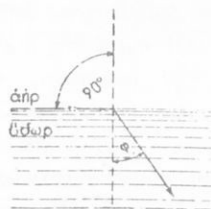
ζομένη γωνία διαθλάσεως είναι πάντοτε μικρότερα από την γωνίαν προσπτώσεως. "Αρα :

"Όταν τὸ φῶς εισέρχεται 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 (διαθλώσα 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 εἴσοδόν του 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 μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. "Όταν 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 :

$$v = \frac{\eta \mu 90^\circ}{\eta \mu \varphi} \quad \text{ἄρα}$$

$$\eta \mu \varphi = \frac{1}{v}$$

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 μεταβάσιν 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 μετάβασιν τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὸ θεωρούμενον σῶμα.

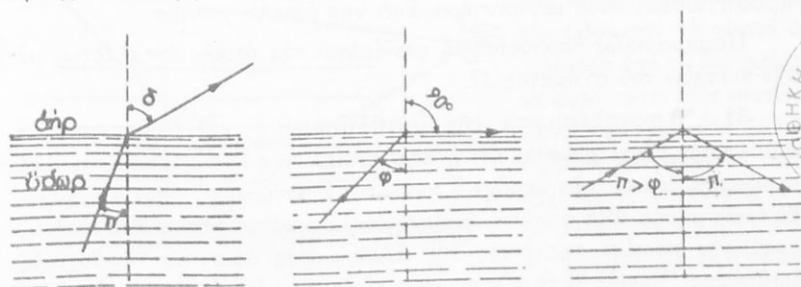
Δείκται διαθλάσεως ὡς πρὸς τὸν ἀέρα διὰ τὸ κίτρινον φῶς

Ἀδάμας	2,470
Διθειάνθραξ	1,629
Χλωριούχον νάτριον	1,544
Καναδικὸν βάλαμον	1,540
Βενζόλιον	1,501
Οἰνόπνευμα	1,361
Ὑδωρ	1,333
Ἰαλός κοινὴ	1,540
Πυριτύαλος βαρεῖτα	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.

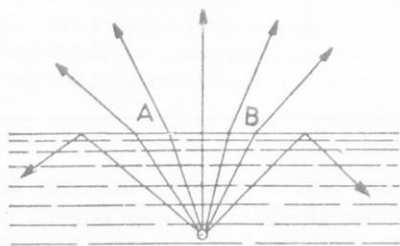
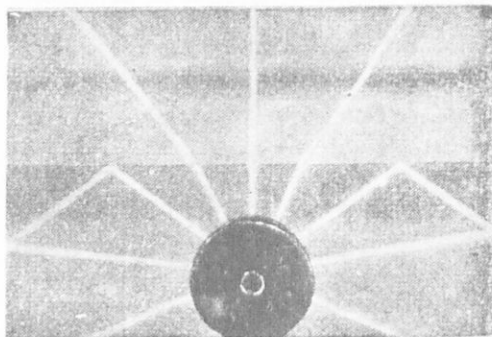
30. Ὀλικὴ ἀνάκλασις.—Ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον (π.χ. ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα), τότε συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ



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



φωτός ή διαθλωμένη ακτίς απομακρύνεται από την κάθετον, δηλαδή ή γωνία διαθλάσεως είναι μεγαλύτερα από την γωνίαν προσπτώσεως.



Σχ. 37. Πειραματική διάταξις και 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.

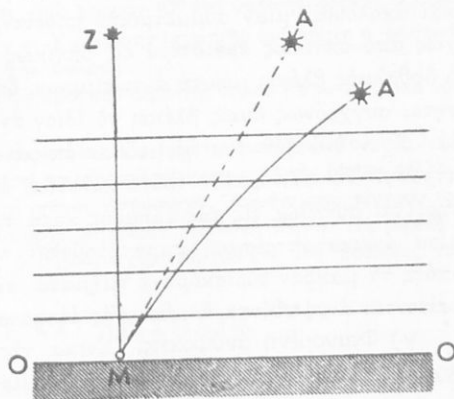
31. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.— α) Ἀτμοσφαιρική διάθλασις. Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα τῆς Γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώματα ἀέρος, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης ἐλαττώνεται, ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς αὐτῆς. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ ἓνα ἀστέρας, κατὰ τὴν πορείαν τῆς ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑφίσταται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

Ὅλικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας δύο διαφανῶν μέσων, ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ τὸ

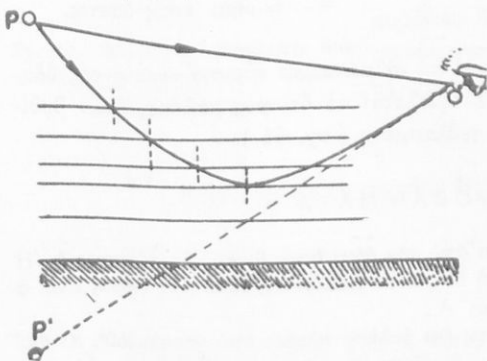
θλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον (σχ. 38). Οὕτως ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς λαμβάνει μορφήν καμπύλης, ὃ δὲ ὀφθαλμὸς νομίζει ὅτι ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν A' , ἥτοι βλέπει τὸν ἀστέρα κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς καμπύλης AM εἰς τὸ σημεῖον M . Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀτμοσφαιρική διάθλασις** καὶ ἔχει 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 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 πρὸ ὀλίγου. Δὲν συμβαίνει ἀτμοσφαιρική διάθλασις, μόνον ὅταν ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὸ Ζενίθ.



Σχ. 38. Ἀτμοσφαιρική διάθλασις.

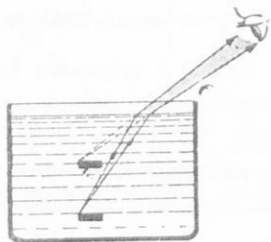
β) Ἀντικατοπτρισμός. Ὅταν εἰς μίαν περιοχὴν ἐπικρατῇ νηνεμία καὶ τὸ ἔδαφος θερμανθῇ πολὺ (π.χ. εἰς τὰς ἐρήμους), τότε τὰ πλησίον τοῦ ἐδάφους στρώματα τοῦ ἀέρος θερμαίνονται πολὺ καὶ εἶναι δυνατόν νὰ γίνουν ἀραιότερα ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, προερχομένη ἀπὸ ἓν ὑψηλὸν ἀντικείμενον,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



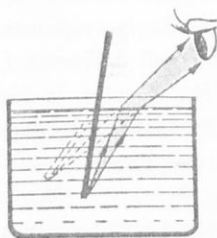
Σχ. 39. Ἀντικατοπτρισμός.

ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 39). Εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν δύο τοιούτων στρωμάτων ἢ φωτεινὴ ἀκτὶς ὑφίσταται τότε ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀκολουθεῖ 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 ὅμως βλέπει τὸ ἴδιον ἀντικείμενον ἀνεστραμμένον, ὡς ἂν εἶχεν ἐνώπιόν του ἡρεμοῦσαν ἐπιφάνειαν ὕδατος (ἐπίπεδον κάτοπτρον). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντικατοπτρισμὸς** καὶ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους κατὰ τὰς μεσημβρινὰς ὥρας. Φαινόμενα ἀντικατοπτρισμοῦ παρατηροῦνται πολλὰκις καὶ εἰς τὰς ἀκτὰς, ὅποτε τὰ μακρὰν εὐρισκόμενα τμήματα τῆς ξηρᾶς (ἀκρωτήρια, νῆσοι) φαίνονται ἀνυψωθέντα ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

γ) Φαινομένη ἀνύψωσις. Ὑνεκα τῆς διαθλάσεως ὁ πυθμὴν ἑνὸς δοχείου, περιέχοντος ὕδωρ, ὑφίσταται μίαν φαινομένην ἀνύψωσιν. Ὁ-



Σχ. 40. Φαινομένη ἀνύψωσις σώματος εὐρισκόμενου ἐντὸς ὕδατος.



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

μοίαν ἀνύψωσιν ὑφίστανται 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 ἀκτὶς εἰσέρχεται ἀπὸ τὸν ἀέρα ἐντὸς διαφανοῦς σώματος Α. Ἡ γωνία προσπίπτειας εἶναι 45° , ἡ δὲ γωνία διαθλάσεως εἶναι 30° . Πόσος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ σώματος Α;

23. Φωτεινὴ ἀκτὶς 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 φωτὸς εἰς τὸ ὕδωρ ;

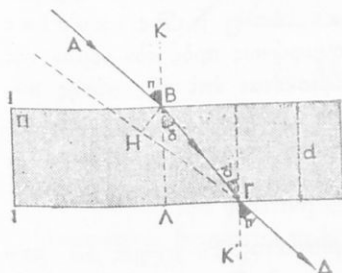
25. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν 45° ἐπὶ ὑαλίνης πλάκας. Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι $n = \sqrt{2}$. Πόσῃ ἐκτροπῇ ὑφίσταται ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς κατὰ τὴν εἰσόδον τῆς εἰς τὴν ὑάλον ;

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. Ἀνωθεν τοῦ κέντρου τοῦ δίσκου καὶ εἰς ἀπόστασιν 4 cm ὑπάρχει σημειώδης φωτεινὴ πηγή. Νὰ εὐρεθῇ ἡ διάμετρος τοῦ σκοτεινοῦ κύκλου, ὁ ὁποῖος σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ πυθμένος τοῦ δοχείου.

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλάκας μὲ παράλληλους ἑδρας.— Ἀς ὑποθέσωμεν ὅτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ἰσοτροπὸν διαφανὲς μέσον I χωρίζεται



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

ἀπὸ τὸ περίξ αὐτοῦ διαφανὲς μέσον I μὲ δύο παράλληλα ἐπίπεδα. Τότε τὸ μέσον II ἀποτελεῖ μίαν **πλάκα μὲ παράλληλους 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 προσπίπτουσας ἀκτίνος AB ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

$$\text{διάθλασις εἰς τὸ σημεῖον B: } n = \frac{n_1 \pi}{n_2 \delta}$$

$$\text{διάθλασις εἰς τὸ σημεῖον Γ: } n = \frac{n_2 \pi'}{n_1 \delta'}$$

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

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

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

33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.— α) Ὅρισμοί. Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλοῦμεν **πρίσμα** ἐν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένης ἐπιπέδους ἐπιφανείας. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται α κ μ ῆ 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 **κυρίᾳ τομῇ** τοῦ πρίσματος. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τοῦ πρίσματος θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι πραγματοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθήκαι : α) Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς εὐρίσκεται ἐπὶ μιᾷς κυρίᾳς τομῆς τοῦ πρίσματος. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίᾳς τομῆς. β) Τὸ χρησιμοποιοῦμενον 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 αὐτάς διαθλάσεις ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

$$n_1 \pi_1 = n \cdot n_1 \delta_1$$

καὶ

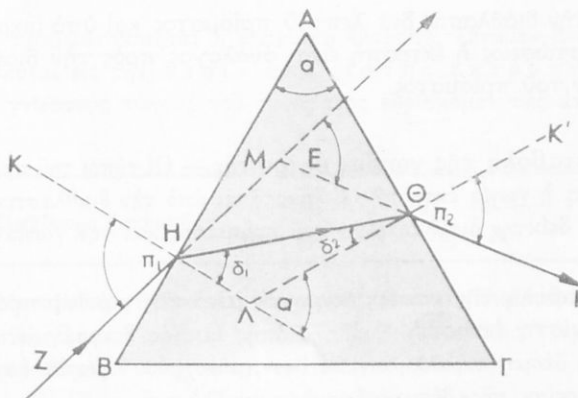
$$n_2 \pi_2 = n \cdot n_2 \delta_2$$

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 :

$$\alpha = \delta_1 + \delta_2 \quad \text{ἢ} \quad A = \delta_1 + \delta_2$$

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 μία φωτεινὴ ἀκτὶς διέρχεται διὰ πρίσματος, τότε ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος.

διάθλασις διὰ πρίσματος :

$$\eta\mu \pi_1 = n \cdot \eta\mu \delta_1 \quad (1)$$

$$\eta\mu \pi_2 = n \cdot \eta\mu \delta_2 \quad (2)$$

$$A = \delta_1 + \delta_2 \quad (3)$$

$$E = \pi_1 + \pi_2 - A \quad (4)$$

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

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

Ἄρα ἡ ἐκτροπὴ τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος εἶναι :

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

ἤτοι ἔχομεν :

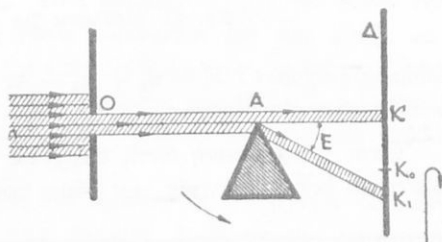
$$\text{διάθλασις διὰ λεπτοῦ πρίσματος: } E = A \cdot (\nu - 1)$$

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 πρίσμα 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 ἀκτῖνας τῆς δέσμης, αἱ ὁποῖαι δὲν διήλθον διὰ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ K_1 προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ὑπέστησαν ἐκτροπὴν. Στρέφοντες τὸ πρίσμα 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.

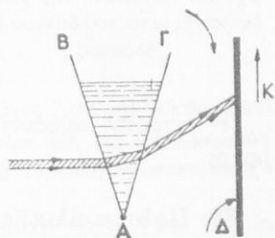
μίαν ώρισμένην τιμήν τῆς γωνίας προσπτώσεως ἢ γωνία ἐκτροπῆς, λαμβάνει μίαν ἐλαχίστην τιμήν, ἢ ὁποία καλεῖται **ἐλαχίστη ἐκτροπή**.

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

Ὅταν πραγματοποιῆται ἡ ἐλαχίστη ἐκτροπή, λέγομεν ὅτι τὸ πρῖσμα εὐρίσκεται εἰς τὴν **θέσιν ἐλαχίστης ἐκτροπῆς**. Τότε ἀπὸ τοὺς γνωστοὺς τύπους τοῦ πρίσματος εὐρίσκομεν τὰς ἀκολούθους σχέσεις :

θέσις ἐλαχίστης 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, χρησιμοποιῶμεν δοχεῖον (σχ. 45), τοῦ ὁποίου αἱ δύο πλάγια ἑδραι εἶναι ὑάλιναι πλάκες δυνάμεναι νὰ στραφοῦν περὶ ὀριζόντιον ἄξονα. Ἐντὸς τοῦ σχηματιζομένου οὕτω πρίσματος χύνομεν 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.

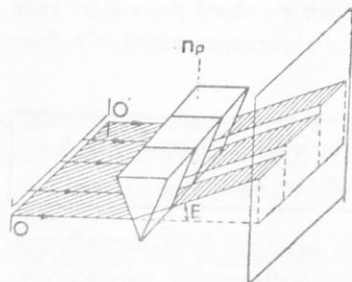
Ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

Ἐὰν συνεχισθῇ ἡ αὐξήσις 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-



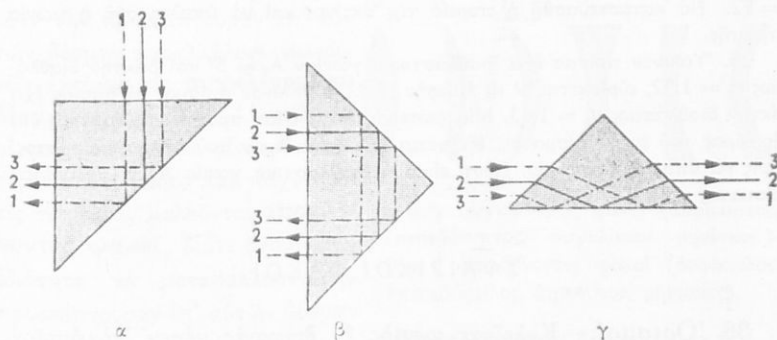
Σχ. 46. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

σεως. Λαμβάνομεν σύστημα πρισμάτων (σχ. 46), τὰ ὅποια ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν (A σταθερόν), διαφορετικοὺς ὅμως δείκτας διαθλάσεως (πολύπρισμα). Ἐπὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισμάτων ἀφηνόμεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (π_1 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 ὑάλινου πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως εἶναι ὁ ῥ θ ο 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 ὑποτείνουσας ἑδρας ὑπὸ γωνίαν 45° , ἥτοι μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ὑφίστανται ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσας 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 των διεύθυνσιν. Εἰς τὸ σχῆμα 47β φαίνεται πῶς αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις· οὕτως ὅμως

επέρχεται αντιστροφή της σειράς των ακτίνων και αλλαγή της κατεύθυνσής τους. Τέλος εις τὸ σχῆμα 47γ, φαίνεται πῶς συμβαίνει ἀντι-



Σχ. 47. Πρίσμα δλικῆς ἀνακλάσεως.

στροφή της σειράς των ακτίνων, χωρίς ὅμως νὰ ἀλλάξῃ ἡ κατεύθυνσις αὐτῶν. Τὰ πρίσματα δλικῆς ἀνακλάσεως χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰ ὀπτικά ὄργανα.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

29. Ἡ πλάξ τοῦ προηγουμένου προβλήματος ἔχει πᾶχος 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 ἀκτίς ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρᾶς τοῦ πρίσματος, ὥστε ἡ ἀκτίς νὰ ὑφίσταται τὴν ἐλάχιστην ἐκτροπὴν;

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

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

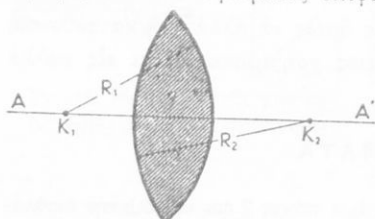
33. Πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν 45° καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτίς ὑπὸ γωνίαν 30° . Πόση εἶναι ἡ ἐκτροπή;

34. Ἡ κυρία τομή πρίσματος εἶναι ἰσοπλευρον τρίγωνον ΑΒΓ. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἔδρας ΑΒ. 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 ἔδρας τοῦ ἐνὸς πρίσματος, ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν ἔδραν τοῦ ἄλλου πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπῇ. Πόση εἶναι ἡ διαθλαστικὴ γωνία A_2 τοῦ δευτέρου πρίσματος;

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

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



Σχ. 48. Σφαιρικοὶ φακοί.

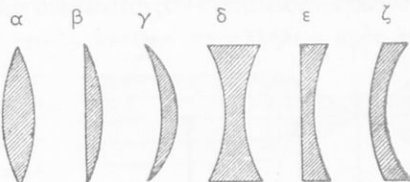
α_1 καὶ α_2 αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

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, ἡ 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 συνθήκαι: α) Ὁ φακὸς εὐρίσκεται ἐν τῷ ἀέρος, τοῦ ὁποῖου ὁ δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἴσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτῖνες εὐρίσκονται πλησίον τοῦ κυρίου ἄξονος (κεντρικαὶ ἀκτῖνες). γ) Τὸ προσπίπτον φῶς εἶναι μονόχρουν.

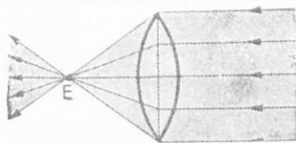
37. Συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες φακοί.— Οἱ συνήθεις φακοὶ κατασκευάζονται ἐξ ὑάλου. Ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου ἐπιφανείας προκύπτουν ἐξ εἴδη φακῶν (σχ. 49). Οἱ φακοί, οἱ ὁποῖοι εἶναι παχύτεροι εἰς τὸ μέ-

σον καὶ λεπτότεροι εἰς 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).

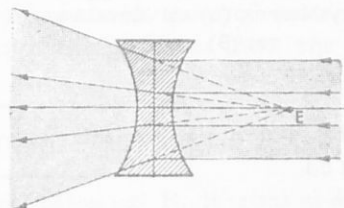


Σχ. 49. Εἶδη φακῶν.

α, β, γ συγκλίνοντες φακοί (ἄμφικυρτος, ἐπιπεδόκυρτος, συγκλίνων μηνίσκος).
δ, ε, ζ ἀποκλίνοντες φακοί (ἄμφικόλιος, ἐπιπεδόκοιλος, ἀποκλίνων μηνίσκος).

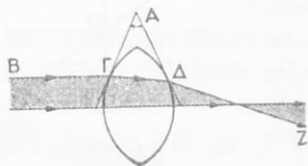


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.



Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

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

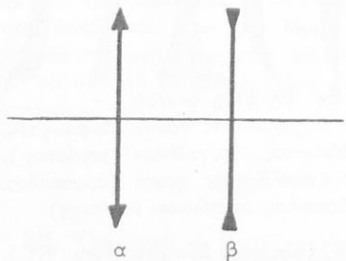


Σχ. 52. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ.

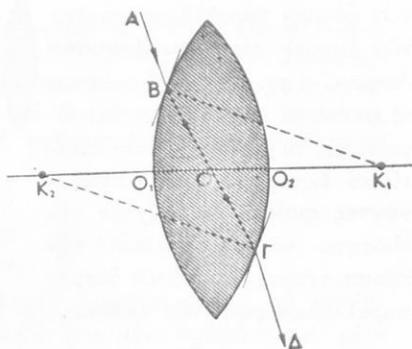
ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισμάτων, τῶν ὁποίων αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῆ (σχ. 52).

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-**



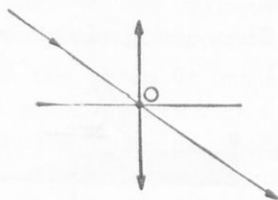
Σχ. 53. Σχηματική παράστασις συγκλίνοντος (α) καὶ ἀποκλίνοντος (β) φακοῦ.



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

πτοι 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 :



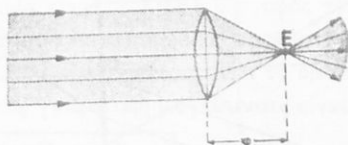
Σχ. 55. Δευτερεύων ἄξων φακοῦ.

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 ἄξων** τοῦ φακοῦ (σχ. 55).

Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

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



Σχ. 56. 'Η κυρία έστια συγκλίνοντος φακοῦ εἶναι πραγματική.

ἀπόστασις (φ) τοῦ φακοῦ. Αὕτη εἶναι σ τ α θ ε ρ ἄ καὶ ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποῖαν τὸ φῶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φακοῦ. "Ωστε:

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

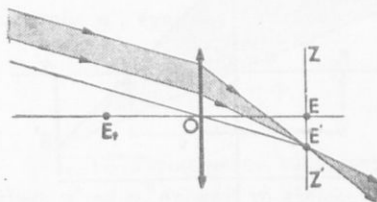
$$\frac{1}{\varphi} = (n - 1) \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right]$$

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

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. 'Αμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n = 1,5$ καὶ ἀκτῖνας καμπυλότητος $R = 40$ cm καὶ $R' = 60$ cm. 'Απὸ τὴν ἐξίσωσιν

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

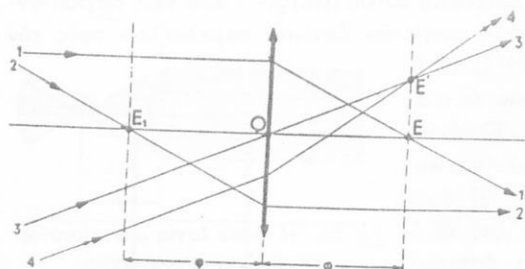
40. Έστιακὸν επίπεδον.— 'Εάν θεωρήσωμεν λεπτήν δέσμην φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι εἶναι παραλλήλοι πρὸς ἕνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη συγκλίνει εἰς τὴν δευτερεύουσαν έστίαν E' (σχ. 57). "Όλοι αἱ δευτερεύουσαι έστιαί τοῦ φακοῦ εὐρίσκονται κατὰ προσέγγισιν, ὅπως καὶ εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον, ἐπὶ τοῦ **έστιακοῦ ἐπιπέδου** ZZ' , τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον



Σχ. 57. Έστιακὸν ἐπίπεδον φακοῦ.

πρὸς τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον E.

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).

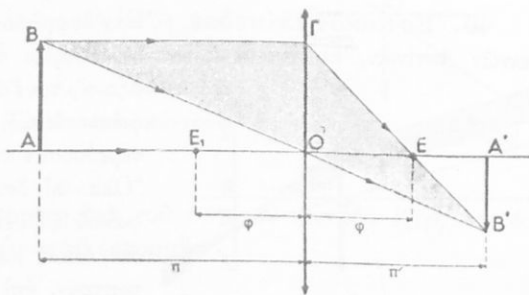
II. Ὄταν μία προσπίπτουσα ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτὶς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (ἀκτὶς 2).

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 εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου (ἀκτὶς 4).

42. Εἶδωλον ἀντικειμένου.— Ἀς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεΐαν AB κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 59).

Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὠρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλόν A'B', τὸ ὅποϊον εἶναι ἐπίσης κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικει-



Σχ. 59. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

μένου προερχόμεναι ἀκτῖνες ΒΟ καὶ ΒΓ, μετὰ τὴν ἐξοδὸν των ἀπὸ τὸν φακόν, τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον Β', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλόν τοῦ σημείου Β. Τὰ εἶδωλα ὅλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας Α'Β', ἡ ὁποία εἶναι κἀθετος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἶδωλον 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:

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΑ'}{ΟΑ} \quad \tilde{\eta} \quad \boxed{\frac{Ε}{Α} = \frac{π'}{π}} \quad (1)$$

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

$$\frac{Α'Β'}{ΟΓ} = \frac{ΕΑ'}{ΟΕ} \quad \tilde{\eta} \quad \frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{π' - φ}{φ} \quad (2)$$

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

$$\frac{π'}{π} = \frac{π' - φ}{φ} \quad \tilde{\eta} \quad \boxed{\frac{1}{π} + \frac{1}{π'} = \frac{1}{φ}} \quad (3)$$

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

43. Εἶδωλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ. —

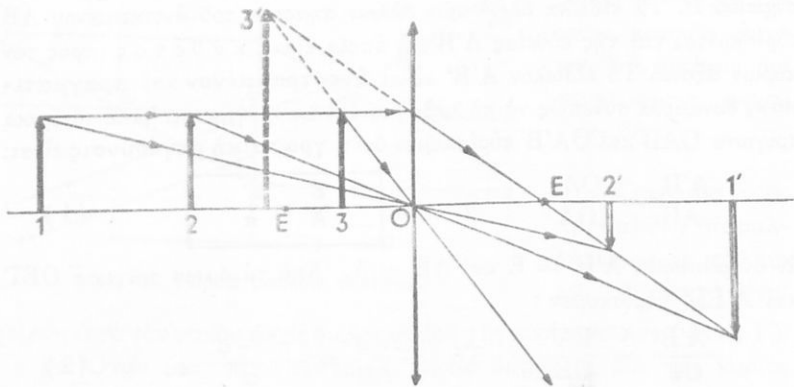
Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸν συγκλίνοντα φακόν. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακόν προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον : $\frac{1}{π} + \frac{1}{π'} = \frac{1}{φ}$. Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς π', ἔχομεν :

$$π' = \frac{π \cdot φ}{π - φ} \quad \tilde{\eta} \quad π' = \frac{φ}{1 - \frac{φ}{π}} \quad (1)$$

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

2. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας ($π > φ$)

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 εἰδώλου.
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 ἑξῆς γενικὰ συμπεράσματα διὰ τοὺς **συγκλίνοντας φακοὺς**:

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

II. Ὄταν 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 :

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

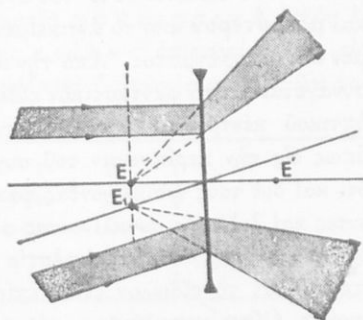
ὑπὸ τὸν ὅρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἐξῆς σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

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 :



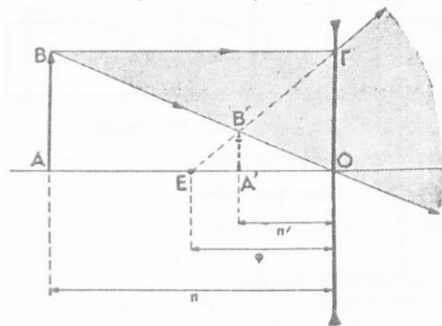
Σχ. 61. Ἡ κυρία έστία καὶ αἱ δευτερεύουσαι έστίας τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικαί.

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

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

φακὸν ἀποκλίνουσα δέσμη φαίνεται προερχομένη ἀπὸ τὴν φανταστικὴν δευτερεύουσαν ἐστίαν E_1 . Εἰς τὸν ἀποκλίνοντα φακὸν τὰ δύο ἐστιακὰ ἐπίπεδα εἶναι φανταστικά.

46. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—“Ἀς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεΐαν AB καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 62). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι καθετὸν, πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτίνες BO καὶ $B\Gamma$, μετὰ τὴν ἐξοδὸν των ἀπὸ τὸν φακὸν, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον B' , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου B .



Σχ. 62. Σχηματισμὸς εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ.

μεῖου B . Τὸ εἶδωλον $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι **φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, δὲν δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου $A'B'$ συνάγεται ὅτι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου O καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας E . Σκεπτόμενοι ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ εὐκόλως εὐρίσκομεν ὅτι καὶ διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἰσχύουν οἱ γενικοὶ τύποι, οἱ ἰσχύοντες καὶ διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ κυρία ἐστία εἶναι φανταστικὴ (ἐπομένως φ ἄρνητικὸν) καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι ἐπίσης φανταστικὸν (ἄρα καὶ p' ἄρνητικὸν). Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς:

Ι. Ὁ ἀποκλίνων φακὸς σχηματίζει εἶδωλον φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον· τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας του.

II. Γενικῶς ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου προσδιορίζονται ἀπὸ τοὺς τύπους:

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

47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν.—'Εὰν π καὶ π' καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακὸν (συγκλίνοντα ἢ ἀποκλίνοντα), E καὶ A 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:

$$\begin{aligned} \text{γενικοὶ τύποι σφαιρικῶν} &: \quad \frac{1}{\varphi} = (\nu - 1) \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right] \\ \text{φακῶν} &: \quad \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi} \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi} \end{aligned}$$

ὑπὸ τὸν ἔρον ὅτι θὰ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικοὺς 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: $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$		
Εἶδος φακοῦ	Εἶδωλον	Μορφή τοῦ γενικοῦ τύπου
Συγκλίνων	πραγματικόν	$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
	φανταστικόν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
'Αποκλίνων	φανταστικόν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$

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

άκτινας καμπυλότητας 40 cm και 60 cm. Εις απόστασιν 40 cm από τον φακόν τοποθετείται φωτεινή εὐθεΐα μήκους 5 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

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

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

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

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

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) Ἐξετάσωμεν τὸ πρῶτον πύμενον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ φακὸς εἶναι ἀμφίκυρτος. Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακὸν αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος θὰ ληφθοῦν ἀρνητικά. Ἐπομένως εἶναι :

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

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

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

Ἐπειδὴ τικείμενον εἶναι πραγματικόν, ἔχομεν :

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

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

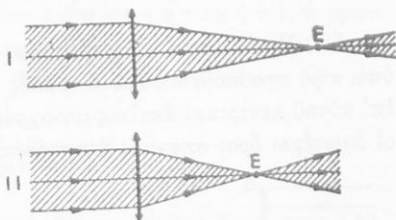
Τὸ δὲ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

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

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 περὶσσότερον συγκλίνουσαν, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ (σχ. 63). Οὕτω ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον ὅρισμόν:

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 ὁρισμοῦ ἔπεται ὅτι εἰς μὲν τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς ἡ ἰσχύς εἶναι **θετική**, εἰς δὲ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς εἶναι **ἀρνητική**. Ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ ὑπολογίζεται εἰς **διοπτρίας**:

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

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

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

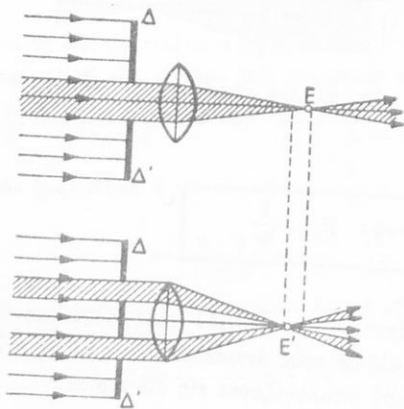
49. Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.— Ὅταν πολλοὶ λεπτοὶ φακοὶ ἔχουν κοινὸν κύριον ἄξονα, τότε οἱ φακοὶ οὗτοι σχηματίζουν **ὁμοαξονικὸν σύστημα**. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν ὅτι:

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

$$\text{Ισχύς συστήματος φακών: } \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{\varphi_1} + \frac{1}{\varphi_2}$$

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 λεπτός καὶ ὅτι προσπίπτουν ἐπ' αὐτοῦ κεντρικαὶ ἀκτῖνες μονοχρόου φωτός. Εἰς τὴν πραγματικότητα οἱ ἀνωτέρω ὁροι 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 τὸν φακοῦ διὰ φ ρ α γ μ α, φέρον κυκλικὸν ἄνοιγμα, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχονται μόνον κεντρικαὶ ἀκτῖνες.

β) Ἀστigmatική ἐκτροπή. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν μεγάλην 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) Χρωματική 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 ὕαλου καὶ αἱ μεταξὺ των ἀποστάσεις ἔχουν ἐκλεγῇ καταλλήλως. "὘ν 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 εὐρεθῇ 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 ὕαλου διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτήν;

39. Εἰς πόσῃ 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 πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ φακὸν ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, ὥστε τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον νὰ ἔχῃ ἐπιφάνειαν 9 φορές μεγαλύτεραν 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 εὐρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ καὶ αἱ διαστάσεις τῶν δύο εἰδώλων.

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

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

ματίζεται εκεί, όπου εύρσκεται και τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔστιακή ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

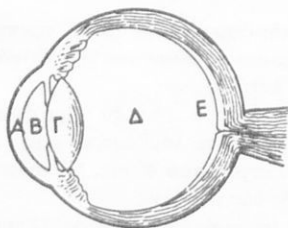
45. Μὲ ἓνα φακὸν ἰσχύος 5 διοπτριῶν θέλομεν νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ ἐνὸς τοίχου, ὁ ὁποῖος παίζει ρόλον πετάσματος, τὸ εἰδῶλον $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB . Τὸ μήκος τοῦ εἰδώλου πρέπει νὰ εἶναι 20 φορές μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μήκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοῖχον πρέπει νὰ τεθῇ ὁ φακὸς καὶ πόσον θὰ ἀπέχη τότε τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸν φακόν; Ὁ ὀπτικὸς ἄξων τοῦ φακοῦ εἶναι κάθετος πρὸς τὸν τοῖχον.

46. Ἀντικείμενον AB μήκους 10 cm ἀπέχει 40 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν Λ ἔστιακῆς ἀποστάσεως $\phi = 30$ cm. Θέλομεν νὰ λάβωμεν τὸ εἰδῶλον τοῦ AB 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 ἔστιακή ἀπόστασις αὐτοῦ. Πόσον εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος;

37. Φακὸς Λ ἀπέχων 15 cm ἀπὸ ἀντικείμενον AB δίδει πραγματικὸν εἰδῶλον $A'B' = 3 \cdot AB$. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔστιακή ἀπόστασις ἐνὸς ἄλλου φακοῦ Λ' , ὁ ὁποῖος τιθέμενος εἰς ἀπόστασιν 10 cm ὀπίσθεν τοῦ φακοῦ Λ δίδει νέον πραγματικὸν εἰδῶλον $A''B'' = v \cdot A'B'$. Πόση εἶναι ἡ ἔστιακή 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 μετὰξὺ 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 ἐξῆς (σχ. 65) :



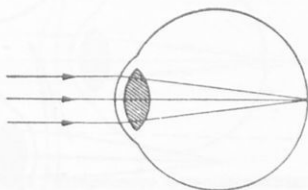
Σχ. 65. Τομή ὀφθαλμοῦ.

α) Τὸ ὑαλῶδες ὑγρὸν Δ . Τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ὀφθαλμοῦ καλύπτεται ἀπὸ μίαν μεμβράνην E , ἡ ὁποία καλεῖται ἀμφιβληστροειδὴς χιτὼν καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς διακλαδώσεις τοῦ ὀπτικοῦ

νῆκος $\epsilon\rho\alpha\tau\epsilon\iota\delta\eta\chi\iota\tau\omega\nu$ A . β) Τὸ ὑδατῶδες ὑγρὸν B . 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.

νεύρου. Διὰ τὰ 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 ὁποίου τὸ ὀπτικὸν κέντρον εὐρίσκεται 15 mm ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

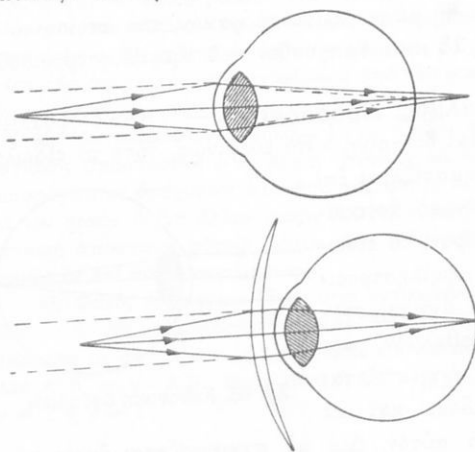
52. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Προσαρμογή. — "Ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρῇ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίνῃ αὐτὸ εὐκρινῶς, τότε τὸ εἶδωλόν τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, τὸ εἶδωλόν σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). "Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ συνεχῶς πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, τότε τὸ εἶδωλόν θὰ ἔπρεπε νὰ σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ νὰ ἀπομακρύνεται συνεχῶς ἀπὸ αὐτόν. Διὰ τὰ σχηματίζεται ὅμως πάντοτε τὸ εἶδωλόν ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, πρέπει νὰ τροποποιηθῇ 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 αὕτη 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 μέχρις ἀποστάσεως 25 cm. Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ εὐρεθῇ ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἐν ἀντικείμενον, διὰ τὰ 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.

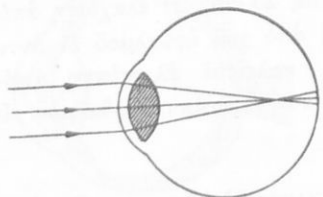


Σχ. 67. Πρεσβυωπικός ὀφθαλμὸς καὶ διόρθωσις αὐτοῦ.

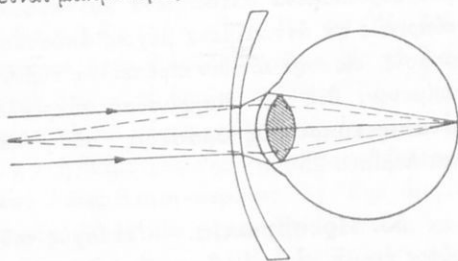
Αὕτῃ ἡ ἐλάττωσις τῆς ἱκανότητος προσαρμογῆς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ ἀυξάνεται μὲ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως (**πρεσβυωπία**). Ὁ πρεσβύωψ βλέπει εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἀλλὰ δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διότι τότε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

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

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



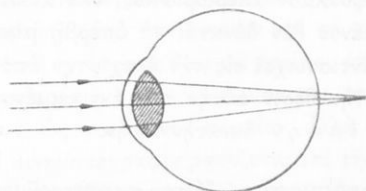
Σχ. 68. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς.



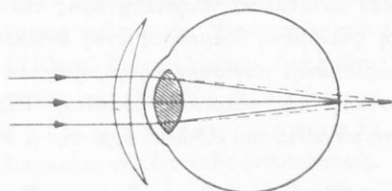
Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

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

μέτρων, διότι τότε μόνον, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀντιθέτως ὁ μύωψ 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



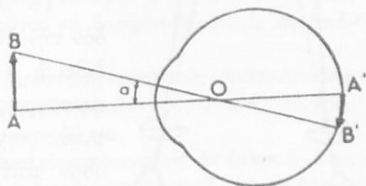
Σχ. 70. Ὑπερμετρωπικὸς ὀφθαλμὸς.



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

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου Α'Β' ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ἀντικείμενον δὲν δύναται νὰ πλησιάσῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμόν ἀπεριόριστως, ἔπεται ὅτι ἡ φαινομένη 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 ἐκάστου ὀφθαλμοῦ σχηματίζεται ἰδιαιτέρον 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 παρουσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι ὀλίγον διαφορετικόν, 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.



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου.

Τὸ στερεοσκοπίον ἀναπαράγει σχεδὸν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ἡ διόφθαλμος ὄρασις. Λαμβάνομεν δύο φωτογραφίας τοῦ ἀντικειμένου μὲ δύο φωτογραφικὰ μηχανάς, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξύ των, ὅσον ἀπέχουν οἱ δύο ὀφθαλμοί, ἤτοι 6 ἕως 7 cm. Αἱ δύο αὐταὶ εἰκόνες τοῦ ἀντικειμένου δὲν εἶναι τελείως ὅμοιαι ἢ 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. Ἐτόμεν τὰς δύο αὐτὰς εἰκόνας ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεο-

σκοπίου (σχ. 73) καὶ παρατηροῦμεν συγχρόνως τὰς δύο εἰκόνας οὕτως, ὥστε ἕκαστος ὀφθαλμὸς νὰ βλέπῃ μόνον τὴν εἰκόνα, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς αὐτόν. Τὰ δύο εἶδωλα 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, ὃ 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 ὁποίων κινούμενον φωτεινὸν σημεῖον δὲν διακρίνεται ὡς κινούμενον σημεῖον, ἀλλὰ ὡς μία φωτεινὴ γραμμὴ. Ἡ κινηματογραφία βασίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. Ἐπὶ τῆς ὁθόνης 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, ἥτοι 24 κατὰ δευτερολέπτον. Ὁ παρατηρητὴς βλέπει προβαλλομένης 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 ἰσχύς 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 ἔσθιακὴ ἀπόστασις τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ὥστε ὁ ὀφθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm ;

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

51. Ὁφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 1 m. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἔσθιακὴ 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 διαβάσῃ βιβλίον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν του. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ, τὸν ὁποῖον θὰ χρησιμοποίησῃ ;

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις φανερώνει ὅτι :

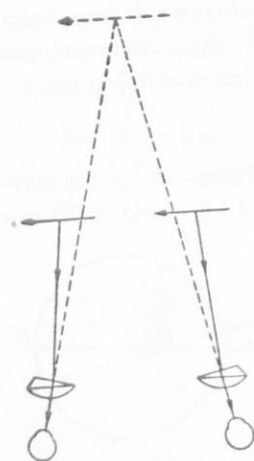
Ἡ φαινομένη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τούτου ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν.

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου Α'Β' ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ἀντικείμενον δὲν δύναται νὰ πλησιάσῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμόν ἀπεριορίστως, ἔπεται ὅτι ἡ φαινομένη 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 μ ε γ ί σ τ η ν δυνατὴν τιμὴν.

§56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία.—Ὅταν παρατηροῦμεν ἓν ἀντικείμενον μὲ τοὺς δύο ὀφθαλμοὺς, τότε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἐκάστου ὀφθαλμοῦ σχηματίζεται ἰδιαιτέρον 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 παρουσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι ὀλίγον δια-

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

Τὸ σ τ ε ρ ε ο σ κ ὀ π ι ο ν ἀναπαράγει σχεδὸν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ἡ διόφθαλμος ὄρασις. Λαμβάνομεν δύο φωτογραφίας τοῦ ἀντικειμένου μὲ δύο φωτογραφικὰ μηχανάς, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξύ των, ὅσον ἀπέχουν οἱ δύο ὀφθαλμοί, ἤτοι 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



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου.

ὀφθαλμός, ἡ δὲ ἄλλη εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ ἀριστερός ὀφθαλμός. Θέτομεν τὰς δύο αὐτὰς εἰκόνας ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεο-

σκοπίου (σχ. 73) καὶ παρατηροῦμεν συγχρόνως τὰς δύο εἰκόνας οὕτως, ὥστε ἕκαστος ὀφθαλμὸς νὰ βλέπῃ μόνον τὴν εἰκόνα, ἣ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς αὐτόν. Τὰ δύο εἰδῶλα συμπίπτουν εἰς ἓν μόνον εἰδῶλον, 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 ὠρισμένου 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 τὰ χέως κινούμενον φωτεινὸν σημεῖον δὲν διακρίνεται ὡς κινούμενον σημεῖον, ἀλλὰ ὡς μία φωτεινὴ γραμμή. Ἡ κινηματογραφία βασίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. Ἐπὶ τῆς ὁθόνης προβάλλονται διαδοχικῶς φωτογραφίαι ἐνὸς κινουμένου ἀντικειμένου ληφθεῖσαι κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα μὲ $1/24$ τοῦ δευτερολέπτου. Αἱ φωτογραφίαι αὗται προβάλλονται ἔπειτα μὲ τὸν ἴδιον ρυθμὸν, ἥτοι 24 κατὰ δευτερολέπτον. Ὁ παρατηρητὴς βλέπει προβαλλομένης 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 ἔστιακὴ 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 χρησιμοποιῇ, διὰ νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm.

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

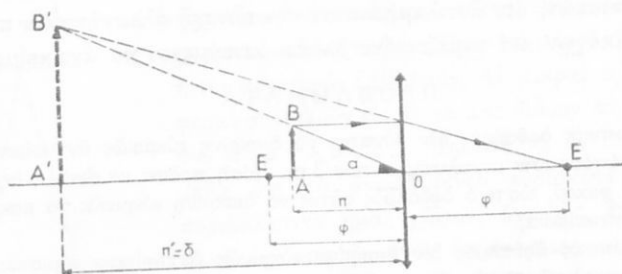
52. Γέρων, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 1,20 m, θέλει νὰ διαβάσῃ βιβλίον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν του. Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ, τὸν ὁποῖον θὰ χρησιμοποίησῃ ;

ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

58. Ὀπτικά ὄργανα.—Εἶδομεν (§ 55) ὅτι, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ φαινομένη 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 μεγίστη δυνατὴ φαινομένη διάμετρος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξησιν τῆς φαινομένης διαμέτρου, χρησιμοποιοῦμεν διάφορα ὀπτικά ὄργανα.

Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

59. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον.—Τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα 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 ἐπαφὴν μὲ τὸν φα-



Σχ. 74. Ὁ συγκλίνων φακὸς ἀποτελεῖ ἀπλοῦν μικροσκόπιον

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

Καλεῖται ἡ γωνία α μικροσκοπίου ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ φακοῦ τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου.

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

(1)

Ἡ φαινομένη διάμετρος α τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς ἀκτίνια καὶ τὸ μήκος τοῦ ἀντικειμένου AB μετρεῖται εἰς μέτρα, ἐπομένως ἡ ἰσχὺς μετρεῖται εἰς διοπτρας.

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:

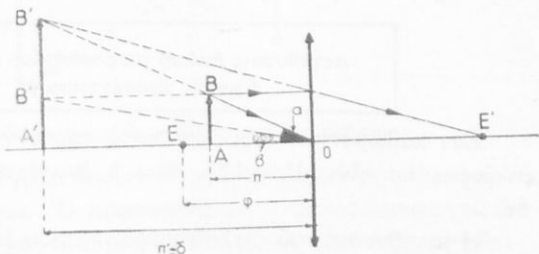
$$\text{Ισχὺς ἀπλοῦ μικροσκοπίου} : P = \frac{1}{\varphi} \quad (2)$$

60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—Δι' ὅλα τὰ ὀπτικά 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 ἐλαχίστην 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:

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



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

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

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

Αἱ γωνίαι α καὶ β εἶναι πολὺ μικραί. Ἐπομένως ἀπὸ τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα OAB καὶ $OA'B''$ εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

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

Συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρω ὁρισμὸν 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 ἐνὸς ἀπλοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸν λόγον τῆς ἐλαχίστης ἀποστάσεως εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ.

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

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 á δ ε ι γ μ α. Παρατηρητὴς ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 25 cm παρατηρεῖ διὰ μέσου συγκλίνοντος 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 :

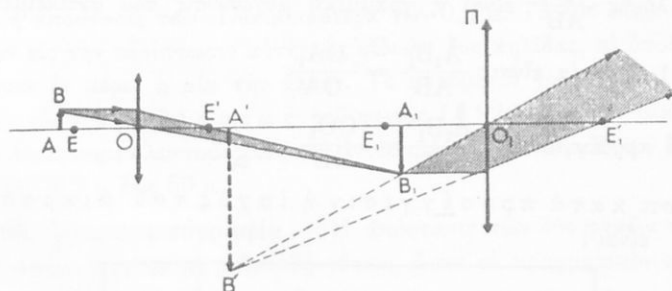
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} = 12,5$$

Ἡ φαινόμενη 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 πολὺ μικρῶν ἀντικειμένων. Τὸ μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ ὁποῖοι εἶναι καταλλήλως στερεωμένοι εἰς τὰ δύο ἄκρα σωλῆνος.

Ὁ ἀντικειμενικός φακὸς ἔχει πολὺ μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν ὀλίγον δὲ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας του τοποθετεῖται τὸ πολὺ μικρὸν ἀντικείμενον AB (σχ. 75). Οὕτως ὁ ἀντικειμενικός 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 **προσοφθάλμιος** 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 εἶδῶλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον διὰ νὰ εἶναι εὐκρινές, πρέπει νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ. Τὸ ἀντικείμενον φωτίζεται κάτωθεν πολὺ ἰσχυρῶς μετὰ τὴν βοήθειαν κατόπτρου, ὥστε τὸ τελικὸν εἶδῶλον, τὸ ὁποῖον εἶναι πολὺ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, νὰ εἶναι φωτεινόν.

α) Ίσχύς τοῦ μικροσκοπίου. Ὅπως εἶδαμεν, 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 $A'B'$, τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται ὡς ἑξῆς :

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

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

(§ 42), ἡ ὁποία εἶναι :

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{OA_1}{OA}$$

ἢ 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 ἢ ἐμπορικὴ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου ὀρίζεται μετὰ βᾶσιν τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ κανονικοῦ ὀφθαλμοῦ ($\delta = 25 \text{ cm}$).

Παράδειγμα. Εἰς ἓν μικροσκόπιον εἶναι :

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

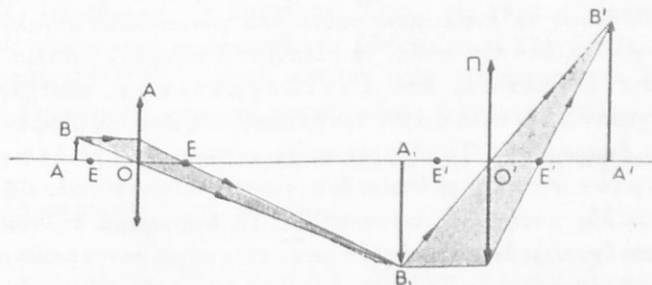
Ἡ ἰσχὺς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

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 ἱκανότης τοῦ μικροσκοπίου.— Ἐκ πρώτης ὁψεως φαίνεται ὅτι εἶναι δυνατόν νὰ αὐξηθῇ ἡ ἰσχὺς τοῦ μικροσκοπίου πέραν τῶν ἀνωτέρων ὁρίων ἰσχύος, τὰ ὁποῖα ἔχομεν σήμερον ἐπιτύχει. Ἐφ' ὅσον δὲ βαίνει αὐξανόμενη ἡ ἰσχὺς, αὐξάνονται καὶ αἱ λεπτομέρειαι, τὰς ὁποίας διακρίνει ὁ ὀφθαλμός. Παρὰ τὰς τεχνικὰς τελειοποιήσεις, δύο σημεῖα A καὶ B δὲν εἶναι δυνατόν νὰ φαίνωνται ὡς χωριστὰ σημεῖα, ὅταν ἡ ἀπόστασις τῶν εἶναι μικροτέρα τῶν $0,2 \mu$. Τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα δίδουν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὡς εἶδωλα δύο κηλίδας, αἱ ὁποῖαι καλύπτουν ἓν μέρος ἢ μία τὴν ἄλλην. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παραθλάσεως τοῦ φωτός (§ 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 εἶδωλον



Σχ. 77. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδώλου ὑπὸ τοῦ μικροσκοπίου.

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

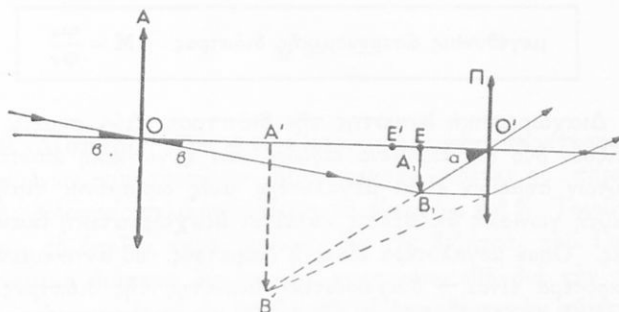
ρίας ἐστίας Ε' τοῦ προσοφθαλμίου (σχ. 77). Τότε ὁ προσοφθαλμῖος δίδει τὸ π ρ α γ μ α τ ι κ ὸ ν εἶδωλον Α'Β', τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ληφθῇ ἐπὶ διαφράγματος ἢ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Ἡ φωτογράφησις τῶν εἰδῶλων μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων καλεῖται **μικροφωτογραφία**. πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου φωτογραφικὴ μηχανή. Ἀντὶ φωτογραφικῆς μηχανῆς δύναται νὰ στερεωθῇ ἡ συσκευὴ 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 ὁποῖον 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 αὐξησις τῆς ἰσχύος τοῦ μικροσκοπίου καὶ διόρθωσις τῶν διαφόρων σφαλμάτων, τὰ ὅποια παρουσιάζουν οἱ φακοί. Ἀλλὰ καὶ ὁ προσοφθαλμῖος φακὸς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι πάντοτε σύστημα φακῶν.

Β'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

65. Διοπτρικά καὶ κατοπτρικά τηλεσκόπια.—Τὰ τηλεσκόπια εἶναι ὀπτικά ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων εὐρισκομένων πολὺ μακράν. 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 ὁποῖον σχηματίζει ἐν πολὺ μικρὸν πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ μακράν εὐρισκομένου ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο παρατηρεῖται μὲ ἐν προσοφθαλμῖον σύστημα, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ τελικὸν φανταστικὸν εἶδωλον. Ὑπάρχουν δύο κατηγορίαι τηλεσκοπίων. Τὰ **διοπτρικά τηλεσκόπια** ἢ **διόπτραι** ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἓνα συγκλίνοντα φακὸν μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Τὰ δὲ **κατοπτρικά τηλεσκόπια** ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἐν κοίλῳ κάτοπτρον. Τὸ ἀντικειμενικὸν καὶ τὸ προσοφθαλμῖον σύστημα εἶναι στερεωμένα καταλλήλως ἐπὶ μακροῦ σωλῆνος.

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



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

σοφθάλιμον φακόν, ὁ ὁποῖος ἔχει μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_π) 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 προσοφθαλμοῦ συμπίπτουν καὶ τὸ μῆκος l τοῦ ὀργάνου εἶναι τότε : $l = \varphi_a + \varphi_\pi$.

α) Μεγέθυνσις τῆς διόπτρας. Ὅπως εἰς τὰ μικροσκόπια, οὕτω καὶ εἰς τὰ τηλεσκόπια ἡ μεγέθυνσις 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 :

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

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

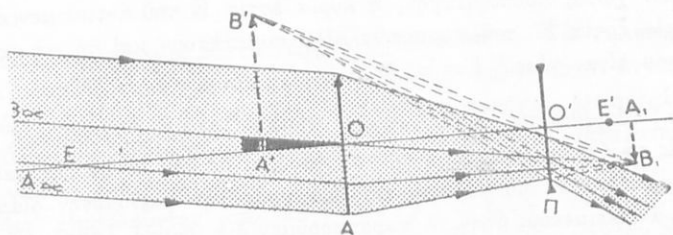
Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡ μεγέθυνσις τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ προσοφθαλμοῦ.

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

β) Διαχωριστικὴ ἰκανότης τῆς διόπτρας. Δύο σημεῖα Α καὶ Β σχηματίζουν δύο διακεκριμένα εἴδωλα, ἐὰν ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων εἶναι μεγαλυτέρα μιᾶς ὠρισμένης τιμῆς ω. Ἡ ὀρικὴ αὕτῃ γωνιακὴ ἀπόστασις καλεῖται **διαχωριστικὴ ἰκανότης** τῆς διόπτρας. Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τόσον μικροτέρα εἶναι ἡ διαχωριστικὴ ἰκανότης τῆς διόπτρας. Αἱ καλύτεραι διόπτραι ἔχουν διαχωριστικὴν ἰκανότητα 0,12". Ἡ γωνία αὕτῃ εἶναι ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις δύο σημείων τῆς ἐπιφανείας τῆς Σελήνης, τὰ ὅποια 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 ὅποιος δίδει τὸ πραγμα-



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

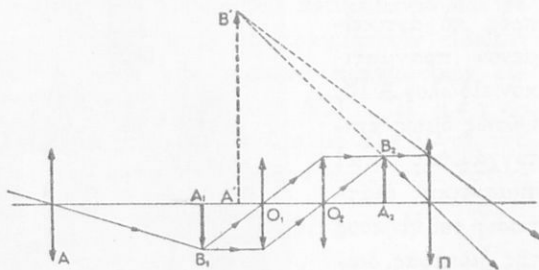
τικὸν εἶδωλον A_1B_1 (σχ. 79)· τοῦτο σχηματίζεται πολὺ πλησίον τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Ὁ προσοφθάλμιος εἶναι ἀ π ο κ λ ί ν ω ν φακός, ὁ ὅποιος παρεμβάλλεται μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τῆς ἐστίας του Ε. Οὕτω τὸ εἶδωλον A_1B_1 ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου· τὸν προσοφθάλμιον φακόν. Ἐὰν ἡ κυρία ἐστία Ε' τοῦ προσοφθάλμιου εὐρίσκεται πρὸ τῆς ἐστίας 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 με :

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

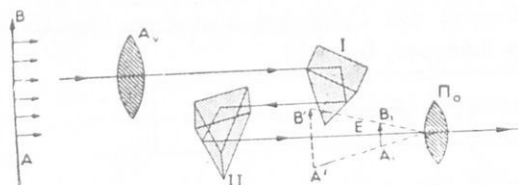
68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.— Διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, εὐρισκομένων πολὺ μακρὰν, πρέπει τὸ παρατηρούμενον διὰ τῆς διόπτρας τελικὸν εἶδωλον νὰ εἶναι ὀρθόν. Τοιοῦτον εἶναι τὸ εἶδωλον, τὸ ὁποῖον παρατηροῦμεν διὰ τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου. Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, ἂν ἐφοδιασθῇ με **ἀνορθωτικὸν σύστημα**. Τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ . Τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ προσοφθαλμίου 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 με 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 με τὸ A_1B_1 , ἀλλ' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς αὐτό, καὶ συνεπῶς ὀρθόν 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.

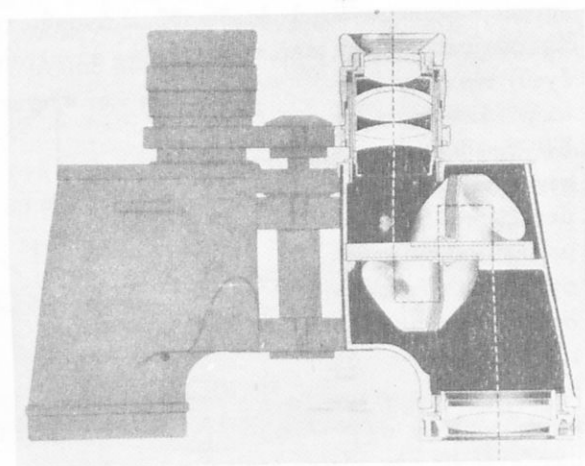
ματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ O_1 (σχ. 80). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος εἶναι ἴση με τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σύστημα σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ δευτέρου φακοῦ O_2 τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 , τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον με τὸ A_1B_1 , ἀλλ' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς αὐτό, καὶ συνεπῶς ὀρθόν 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 ὀλκίῃς ἀνακλάσεως I καὶ II (σχ. 81), τῶν ὁποίων αἱ ἀκμαὶ εἶναι κάθετοι μεταξύ των. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὁποία ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν, ὑφίσταται δύο ὀλκίᾳς ἀνακλάσεις ἐντὸς ἐκάστου



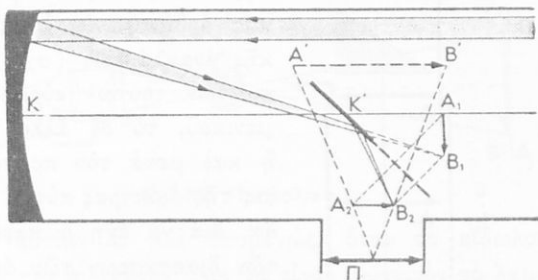
Σχ. 81. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν.

πρίσματος· αἱ ἀνακλάσεις αὐταὶ προκαλοῦν τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρατηροῦμεν τὸ ὄρθον 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 τοιοῦτοι 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.



Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας.

70. Κατοπτρικό τηλεσκόπιο. Τὸ κατοπτρικό τηλεσκόπιο φέρει ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἓν κοῖλον 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 ἀνεστραμμένον. Πρὸ τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ κοίλου κατόπτρου τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον Κ' (ἢ πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως), τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ πραγ-

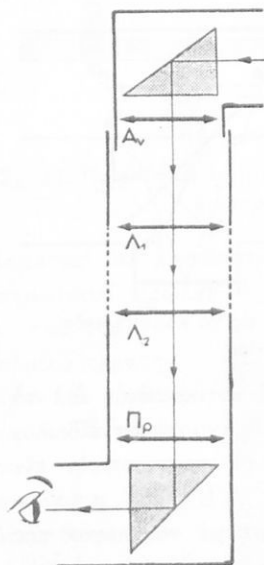


Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικό τηλεσκόπιο.

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 προσοφθαλμοῦ 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_α) τοῦ κοίλου κατόπτρου πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_π) τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ, ἥτοι $M = \frac{\varphi_\alpha}{\varphi_\pi}$.

Τὸ κατοπτρικό τηλεσκόπιο ἔχει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν χρησιμοποιεῖ ἀντικειμενικὸν φακὸν μεγάλης διαμέτρου. Ἡ κατασκευὴ τοιούτων φακῶν παρουσιάζει πολὺν μεγάλην δυσκολίαν (ἀκρίβειαν εἰς τὴν καμπυλότητά των δύο ἐπιφανειῶν, ἀπόλυτον ὁμογένειαν τῆς ὑάλου κ.ἄ.). Τὸ κοῖλον κάτοπτρον τοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ὑάλινον παραβολικὸν κάτοπτρον μεγάλης διαμέτρου. Οὕτω τὸ κάτοπτρον τοῦ τηλεσκοπίου τοῦ ὅρου Wilson ἔχει διάμετρον 2,5 m, τοῦ δὲ τηλεσκοπίου τοῦ ὅρου Palomar ἔχει διάμετρον 5 m. Ἀντιθέτως ἡ διάμετρος τοῦ μεγαλύτερου ἀντικειμενικοῦ φακοῦ εἶναι 1,02 m (ἀστρονομικὴ διόπτρα τοῦ Yerkes).

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



Σχ. 84. Σχηματική παράστασις τοῦ περισκοπίου.

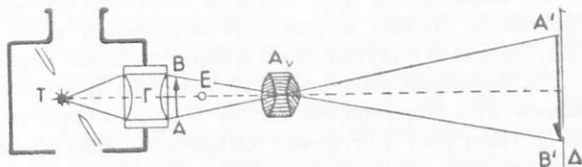
τῆς ὁποίας ὁ ἄξων κάμπτεται εἰς τὰ δύο ἄκρα κατ' ὀρθὴν γωνίαν χάρις εἰς δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως (σχ. 84). τὸ ἐν ἑκ τῶν πρίσμάτων τούτων εὐρίσκεται πρὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τὸ δὲ ἄλλο πρίσμα εὐρίσκεται πρὸ ἢ καὶ μετὰ τὸν προσοφθάλμιον. Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας αὐτῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα, διὰ τὸ νὰ ἔχῃ ὁ παρατηρητὴς ἀκριβῆ 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 κατόπτεισιν τοῦ ὀρίζοντος.

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 ἀπληλλαγμένον ἀπὸ τὰ ἐλαττώματα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζει ὁ εἰς μόνον φακός.

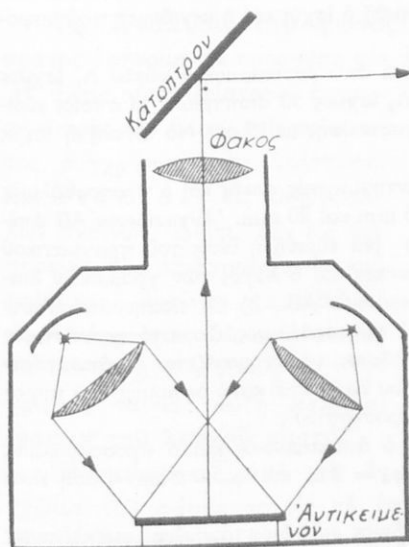
73. Προβολεὺς.—Ὁ **προβολεὺς** χρησιμεύει διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ διαφράγματος πραγματικοῦ καὶ μεγεθυμένου εἰ-

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 (ἀ ν τ ι κ ε ι μ ε ν ι κ ὅ ς). 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 μεγεθυσμένον εἶδωλον $A'B'$. Ἡ μεγέθυνσις αὐξάνεται, ὅταν τὸ ἀντικείμενον AB πλη-



Σχ. 85. Προβολεὺς.

σιάζη πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν E καὶ ἐπομένως, ὅταν τὸ εἶδωλον $A'B'$ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν συσκευήν. Διὰ νὰ εἶναι φωτεινὸν τὸ λαμβανόμενον μεγεθυσμένον εἶδωλον, πρέπει τὸ ἀντικείμενον νὰ φωτισθῇ πολὺ ἰσχυρῶς. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιεῖται ἰσχυρὰ φωτεινὴ πηγὴ (ἤλεκτρικὸς λαμπτήρ ἢ ἤλεκτρικὸν τόξον), τῆς ὁποίας τὸ φῶς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου δι' ἑνὸς συγκλίνοντος συστήματος (συν-α γ ω γ ὅ ς). 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 ἐπι-δασκοπίου.

(σχ. 86). Ἡ προβολὴ διαφανῶν ἀντικειμένων ὀνομάζεται δι-α-σ-κ-ο-π-ι-κ-ή προβολή, ἡ δὲ προβολὴ ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων ὀνομάζεται ἐ-π-ι-σ-κ-ο-π-ι-κ-ή. Αἱ συνήθεις συσκευαὶ προβολῆς ἐπιτρέπουν καὶ τὰ δύο εἴδη προβολῆς καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἐ-π-ι-δ-ι-α-σ-κ-ό-π-ια.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

53. Παρατηρητής, του οποίου η ελάχιστη απόσταση εύκρινους όρασεως είναι 12 cm, χρησιμοποιεί ως άπλου μικροσκόπιο συγκλίνοντα φακόν έστιακής απόστασεως 4 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις, την οποίαν επιτυγχάνει, και πόση είναι η απόστασις του αντικειμένου από τον φακόν ;

54. Παρατηρητής έχων ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όρασεως 25 cm χρησιμοποιεί ως άπλου μικροσκόπιο συγκλίνοντα φακόν έστιακής απόστασεως 2 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις και η ίσχυς του άπλου μικροσκοπίου ;

55. Συγκλίνων φακός ίσχυος 12 διοπτριών χρησιμοποιείται ως άπλου μικροσκόπιο από παρατηρητήν έχοντα ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όρασεως 20 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις του όργάνου ; Έάν το παρατηρούμενον είδωλον έχη μήκος 4 cm πόσον είναι το μήκος του αντικειμένου ;

56. Σύνθετον μικροσκόπιο αποτελείται από δύο λεπτούς συγκλίνοντας φακούς, των οποίων τα όπτικά κέντρα απέχουν 15 cm. Η έστιακή απόστασις του αντικειμένου είναι 1 cm, του δέ προσοφθαλμίου είναι 3 cm. Παρατηρητής, έχων ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όρασεως 25 cm, τοποθετεί τον όφθαλμόν του πολύν πλησίον του προσοφθαλμίου. Νά εύρεθῇ η ίσχυς και η μεγέθυνσις του μικροσκοπίου.

57. Σύνθετον μικροσκόπιο αποτελείται από αντικειμενικόν φακόν Λ_1 ίσχυος 200 διοπτριών και από προσοφθάλμιον Λ_2 ίσχυος 50 διοπτριών, οι όποιοι εύρίσκονται εις σταθεράν μεταξύ των απόστασιν ίσην με 15 cm. Νά εύρεθῇ η ίσχυς και η μεγέθυνσις του όργάνου.

58. Εις έν σύνθετον μικροσκόπιον ο αντικειμενικός φακός και ο προσοφθάλμιος έχουν αντίστοιχως έστιακάς απόστάσεις 5 mm και 20 mm. Αντικείμενον AB απέχει 5,2 mm από τον αντικειμενικόν. 1) Νά εύρεθῇ η θέσις του πραγματικού ειδώλου A_1B_1 , το όποιον δίδει ο αντικειμενικός και ο λόγος των γραμμικών διαστάσεων του ειδώλου A_2B_2 και του αντικειμένου AB. 2) Εις πόσην απόστασιν από τον αντικειμενικόν πρέπει νά εύρεθῇ ο προσοφθάλμιος, ώστε το φανταστικόν είδωλον A'B', το όποιον δίδει ο προσοφθάλμιος, νά σχηματίζεται εις απόστασιν 25 cm από τον φακόν τουτον, επί του όποίου εύρίσκεται και ο όφθαλμός του παρατηρητού; Πόση είναι η μεγέθυνσις του μικροσκοπίου ;

59. Εις μίαν άστρονομικήν διόπτραν ο αντικειμενικός και ο προσοφθάλμιος έχουν αντίστοιχως έστιακάς απόστάσεις $\varphi_a = 2$ m και $\varphi_p = 2$ cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις της διόπτρας ;

60. Ο αντικειμενικός και ο προσοφθάλμιος μιᾶς διόπτρας είναι συγκλίνοντες φακοί, οι όποιοι έχουν αντίστοιχως έστιακάς απόστάσεις $\varphi_a = 1$ m και $\varphi_p = 10$ cm. Παρατηρητής, έχων κανονικήν όρασιν, στρέφει τον άξονα της διόπτρας προς το κέντρον του 'Ηλίου, του όποίου η φαινομένη διάμετρος είναι 32'. Νά εύρεθῇ υπό ποίαν γωνίαν (εις μοίρας) θα ίδῃ ο παρατηρητής δια μέσου της διόπτρας τον 'Ηλιον.

61. Εις μίαν διόπτραν του Γαλιλαίου ο αντικειμενικός έχει έστιακήν απόστασιν $\varphi_a = 50$ cm, ο δέ προσοφθάλμιος έχει $\varphi_p = 10$ cm (κατ' άπόλυτον τιμήν).

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

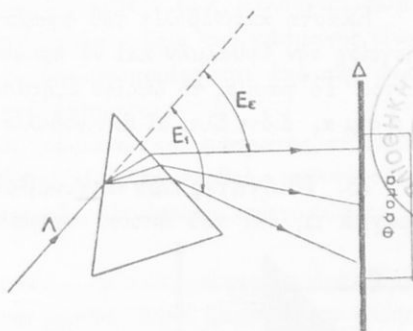
62. Σφαιρικὸν κοίλον κάτοπτρον ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν $\Phi = 1$ m. Ὁ ἄξων τοῦ διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τοῦ Ἥλιου, μεταξύ δὲ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ μικροῦ κατόπτρου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

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

Ἡ ἀκτὶς αὕτη ὑφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος, συγχρόνως ὅμως ὑφίσταται καὶ ἀνάλυσιν εἰς πλῆθος ἄλλων ἀκτίνων. Διότι, ἐὰν 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 ἓν χρῶμα τοῦ φάσματος εἰς τὸ ἐπόμενον γίνεται ἀνεπαισθήτως. 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.

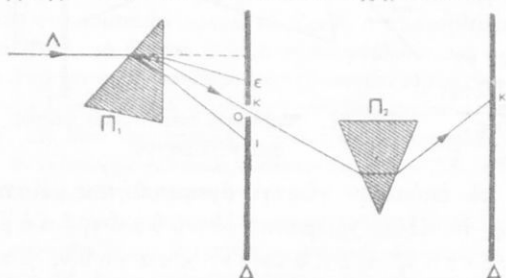
Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πρίσματος διαφορετικὴν ἐκτροπὴν. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία καὶ τὴν μεγαλυτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἰώδης ἀκτινοβολία. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν συνάγεται ὅτι ἕκαστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ὀρισμένον δείκτην διαθλάσεως. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως, ἔπεται ὅτι οἱ δείκται διαθλάσεως τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος β α ί ν ο υ ν σ υ ν ε χ ῶ ς α ὕ ξ α ν ό μ ε ν ο ι, καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐρυθρὰν πρὸς τὴν ἰώδη ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος.

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

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

Ἐκαστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ἐπὶ πλεόν τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν καὶ νὰ προκαλῇ τὴν ἐντύπωσιν ὀρισμένου χρώματος. Τὸ φάσμα, τὸ ὁποῖον ἐξητάσαμεν ἀνωτέρω, καλεῖται ὁ ρ α τ ὸ ν φ ᾱ σ μ α, διότι ὅλαι αἱ ἀκτινοβολαὶ τοῦ εἶναι ὁραταί.

75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—Εἰς τὸ διάφραγμα Δ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ φάσμα, ἀνοίγομεν μικρὰν ὀπὴν Ο (σχ. 88) καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς μίαν ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κίτρινῃ. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη προσπίπτει ἔπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Π₂. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρῶτον Π₂ προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀκτι-

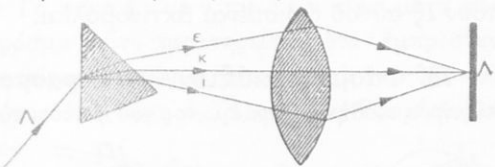


Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ.

νοβολίας, ὅχι ὅμως περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς. Ὡστε :

Ἐκαστὴ ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλῇ καὶ δὲν δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς ἄλλας ἀπλουστέρας.

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



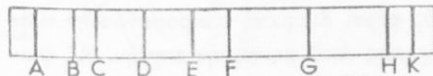
Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντρώνονται δίδουν λευκὸν φῶς.

Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.—Μὲ ἓν μικρὸν πρίσμα ἐκτρέπομεν ἓν ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος καὶ συγκεντρώνομεν τὰ ὑπόλοιπα χρώματα τοῦ φάσματος. Τότε δὲν λαμβάνομεν λευκὸν φῶς, ἀλλὰ νέον χρῶμα, τὸ ὁποῖον προῆλθεν ἀπὸ τὴν ἀ ν ά μ ε ι ξ ι ν τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Οὕτως ἀφαιροῦντες τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα λαμβάνομεν ἐκ τῆς μείξεως τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων πράσινον χρῶμα. Δύο χρώματα, ὅπως π.χ. τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὰ ὁποῖα ἀναμειγνύομενα ὑπὸ ὀρισμένης ἀναλογίας παράγουν λευκὸν φῶς, καλοῦνται **συμπληρωματικὰ χρώματα**. Ἐκαστον λοιπὸν χρῶμα τοῦ φάσματος εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ χρώματος, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ τὴν ἀνὰ μείξιν ὅλων τῶν ἄλλων χρωμάτων τοῦ φάσματος.

Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ζευγὴ 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 σ κ ο τ ε ι ν α ἰ γ ρ α μ μ α ἰ . Αἱ γραμμαὶ αὗται καλοῦνται γ ρ α μ μ α ἰ τ ο ῦ F r a u n h o f e r αἱ ζωηρότεραι ἐξ αὐτῶν χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 90). Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ

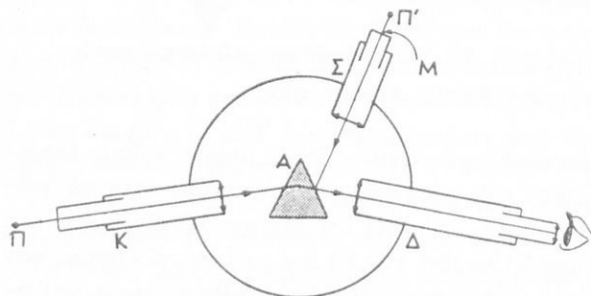


Σχ. 90. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

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

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

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



Σχ. 91. Σχηματική παράστασις φασματοσκοπίου.

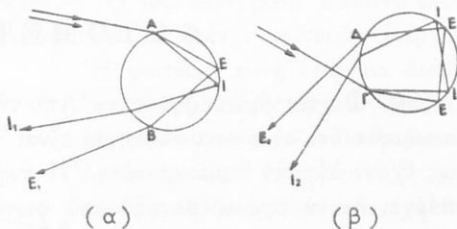
ροι φωτειναὶ πηγαί. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν πρίσμα Α, τοῦ ὁποῖου ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακόρυφος (σχ. 91). Τὸ πρίσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ ὀριζοντίου κύκλου.

Περίξ τοῦ πρίσματος δύνανται νὰ μετακινοῦνται ὀριζοντίως τρεῖς σωλῆνες Ὁ **κατευθυντήρ Κ** φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον του φέρει λεπτὴν 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.

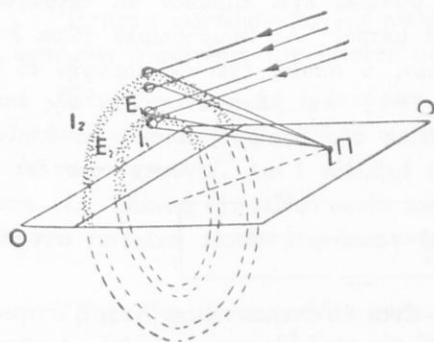
Οὕτως ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων (ἦτοι αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως). Ἡ **διόπτρα Δ** συλλέγει τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται ἀπὸ τὸ πρίσμα. Ὁ ἀντικειμενικὸς τῆς διόπτρας σχηματίζει πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ φάσματος, τὸ δὲ εἶδωλον τοῦτο παρατηροῦμεν 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 διαφανῇ μικρομετρικὴν κλίμακα Μ. Ἡ κλίμαξ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ φωτεινὴν πηγὴν. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τὴν κλίμακα μετατρέπονται ἀπὸ τὸν φακόν εἰς δέσμην 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.

79. Οὐράνιον τόξον.—Τὸ οὐράνιον τόξον εἶναι μέγα φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται, ὅταν ἔμπροσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχῃ ἐν τεῖχος σταγόνων βροχῆς καὶ ὀπίσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχῃ ἀκάλυπτος ἀπὸ νέφη ὁ ἥλιος. Ἄς θεωρήσωμεν μίαν σφαιρικὴν σταγόνα ὕδατος, εἰς τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας προσπίπτει μία ἀκτὶς ἡλιακοῦ φωτός (σχ. 92α). Ἡ ἀκτὶς αὕτη διαθλάται καὶ εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς σταγόνος. Κατ' αὐτὴν ὅμως τὴν διάθλασιν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός, αἱ δὲ ἰώδεις ἀκτῖνες ἐκτρέπονται περισσότερον ἀπὸ τὰς ἐρυθρὰς ἀκτῖνας. Αἱ ἀκτῖνες ἐκάστου χρώματος τοῦ φάσματος φθάνουν εἰς τὴν ἀπέναντι ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος, ὅπου μέρος μὲν τοῦ φωτός, διαθλώμενον ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα (δὲν φαίνεται τοῦτο εἰς τὸ σχῆμα), μέρος δὲ τοῦ φωτός ὑφίσταται ἀνάκλασιν καὶ διαδιδόμενον πάλιν ἐντὸς τοῦ ὕγρου φθάνει εἰς τὴν ἐμπροσθίαν ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος.

Ἐκεῖ αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται νέαν διάθλασιν καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα. Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες E_1 , αἱ ὁποῖαι εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ σημείου ἐυρισκόμενου ὑψηλότερον παρὰ τὰ σημεία, ἀπὸ τὰ ὁποῖα φαίνονται προερχόμεναι αἱ ἰώδεις ἀκτῖνες I_1 . Οὕτως εἰς τὸ πρωτεῦον οὐράνιον τόξον τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἰώδους (σχ. 93). Μερικαὶ ὅμως ἐκ τῶν παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτῖνων προσπίπτουν εἰς τὸ κάτω μέρος τῶν σταγόνων (σχ. 92β). Τότε τὸ



Σχ. 92. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανοῦ τόξου.



Σχ. 93. Σχηματισμὸς δύο συγκεντρικῶν οὐρανίων τόξων.

ἡλιακὸν φῶς ὑφίσταται ἀρχικῶς διάθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις, ἔπειτα ὑφίσταται δύο ἀνακλάσεις

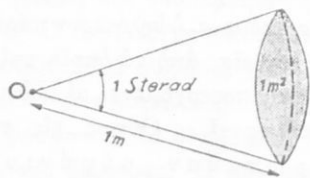
καὶ τέλος διάθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα. Ἐνεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητὴς βλέπει τὸ δευτερεῦον οὐράνιον τὸ ὅξον, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἰώδες χρῶμα I_2 φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ E_2 (σχ. 93).

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.— Ἀπὸ τὴν καθημερινὴν παρατήρησιν βεβαιούμεθα ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἶναι ὑλικά σώματα, τὰ ὁποῖα συνήθως ἔχουν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Ἡ παρατήρησις αὕτῃ ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει στενὴ σχέσηις μεταξὺ τοῦ φωτός καὶ τῆς θερμότητος. Ἀντιστρόφως βεβαιούμεθα ἐπίσης ὅτι, ἂν ἐπὶ ἐνὸς σώματος προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ σῶμα τοῦτο θερμαίνεται. Ἡ θέρμανσις τοῦ σώματος εἶναι τόσον μεγαλύτερα, 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, ἡ ὁποία ἔχει ἀκτῖνα ἴσην μὲ 1 μέτρον. Ἡ ἐπιφάνεια αὐτῆς 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, ἡ ὁποία καλεῖται **στερακτίνιον** (1 sterad). Ὡστε :

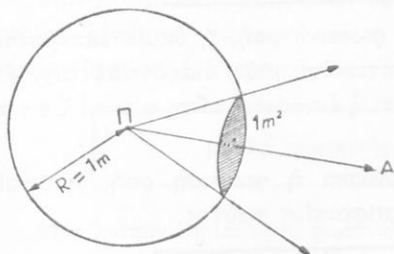


Σχ. 94. Ὅρισμός τῆς μονάδος τῶν στερεῶν γωνιῶν.

Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν εἶναι τὸ στερακτίνιον, ἥτοι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ 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 περίξ τοῦ σημείου Ο ἡ ὡρον, ἰσοῦται μὲ 4π στερεακτίνια.

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



Σχ. 95. Ὁρισμὸς τῆς μονάδος φωτεινῆς ροῆς.

Ἡ φωτεινὴ αὕτῃ ἐνέργεια διαδίδεται εἰς τὸ περίξ 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 ἐνέργειας.

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

χεται διὰ μιᾶς ἐπιφανείας.

β) Ἔντασις 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 ὀρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν.

Ἔντασις 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 :

$$\text{ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς: } I = \frac{\Phi}{\omega}$$

(1)

Ἐστω ὅτι μίᾳ σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς ἐκπέμπει ὁμοίως φωτεινὴν ἐνέργειαν καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὕτην εἶναι εὐκόλον νὰ εὑρεθῇ 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, ἴσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τῆς πηγῆς ἐπὶ 4π.

$$\text{ὀλική φωτεινὴ ροή: } \Phi_{\text{ολ}} = 4\pi \cdot I \quad (2)$$

γ) Φωτισμὸς ἐπιφανείας. Ἡ φωτεινὴ ροή, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν, προσπίπτει ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας π.χ. ἐπὶ ἑνὸς 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.

$$\text{Φωτισμὸς ἐπιφανείας: } E = \frac{\Phi}{\sigma} \quad (3)$$

83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—Ἀνωτέρω ἐγνωρίσαμεν τὰ ἐξῆς φυσικὰ μεγέθη: φωτεινὴ ροή, ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς καὶ φωτισμὸς ἐπιφανείας. Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν φυσικῶν τούτων μεγεθῶν χρησιμοποιῶνται 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 τῆς 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 ἑνὸς στεατικοῦ κηρίου κατὰ ὀριζοντίαν διευθύνσιν.

β) Μονάς φωτεινής ροής. 'Από τὸν ὅρισμὸν τῆς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $I = \frac{\Phi}{\omega}$, συνάγεται ὅτι, ἂν εἶναι $I = 1$ κηρίον καὶ $\omega = 1$ στερακτίδιον, 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 στερεοῦ γωνίας ἴσης μὲ 1 στερακτίδιον.

$$\text{μονάς φωτεινῆς ροῆς : } 1 \text{ lum}$$

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

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

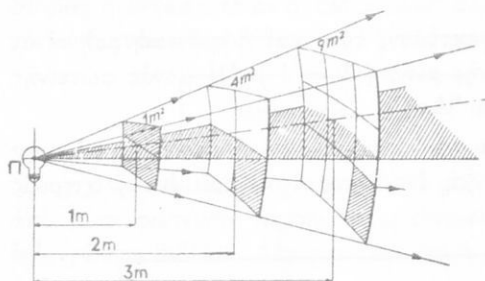
γ) Μονάς φωτισμοῦ. 'Απὸ τὸν ὅρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $E = \frac{\Phi}{\sigma}$, συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας $\sigma = 1 \text{ m}^2$ προσπίπτῃ καθέτως φωτεινὴ ροὴ $\Phi = 1 \text{ lumen}$, τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι ἴσος μὲ τὴν μονάδα φωτισμοῦ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

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

'Απὸ τὸν ἀνωτέρω ὅρισμὸν 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 της φωτομετρίας.—*Ας θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινήν πηγήν Π, τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις I εἶναι σταθερά καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 96).

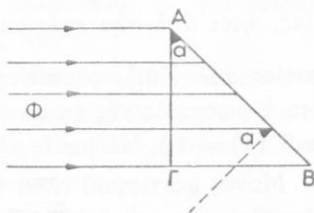


Σχ. 96. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως.

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

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

*Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις προϋποθέτει ὅτι τὸ φῶς προσπίπτει καθ' ὅτως ἐπὶ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας. Ἐστω ὅτι μία δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας AB = σ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 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 καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας AG = σ' προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν



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

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

Ἐπεὶ δὲ ὅμως εἶναι : $\sigma = \sigma' \cdot \sin \alpha$, ἔπεται ὅτι εἶναι :

$$\Phi = E \cdot \sigma = E_k \cdot \sigma \cdot \sin \alpha \quad \text{ἢ} \quad E = E_k \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

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.

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

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

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

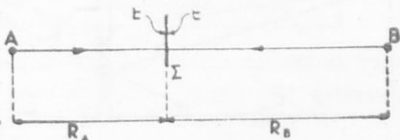
Παράδειγμα. Μία ὀριζοντία ὁδὸς φωτίζεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἐντάσεως 500 κηρίων. Ὁ λαμπτήρ εὑρίσκεται εἰς ὕψος 5 m ἄνωθεν τῆς ὁδοῦ. Ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ λαμπτήρος εἶναι :

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

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

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

85. Μέτρησης 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 μιᾶς ἐπιφανείας 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

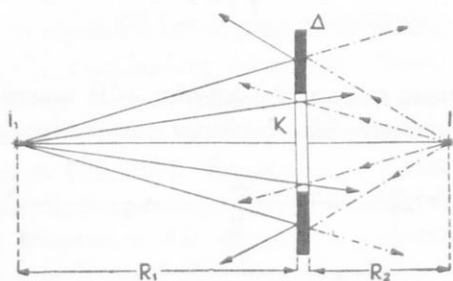
έντασεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων τῶν πηγῶν τούτων ἀπὸ τὴν ἐξ ἴσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

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

Ἐὰν ἡ έντασις 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 έντασις 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 έντασιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ **φωτό-**



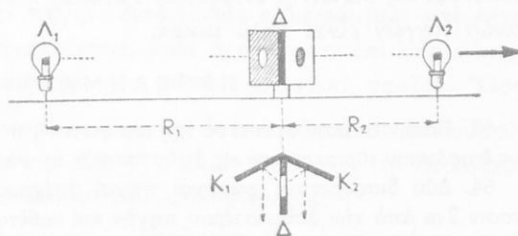
Σχ. 99. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen.

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 μὲ τὴν κηλῖδα Κ τοποθετεῖται μεταξὺ τῶν

δύο πρὸς σύγκρισιν φωτεινῶν πηγῶν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεΐαν, ἡ ὁποία συνδέει αὐτάς (σχ. 99). Ὄταν 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 κηλῖδα εἶναι R_1 καὶ R_2 , τότε θὰ ἴσχυῃ ἡ σχέσις :

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

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 ἀμβλεῖαν γωνίαν· ὁ ὀφθαλμὸς τίθεται εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ διαφράγματος Δ (σχ. 100). Εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται πολὺ ἀκριβέστερα φωτόμετρα.



Σχ. 100. Διάγραμμα φωτομέτρου τοῦ Bunsen.

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

Καλεῖται ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς ὁ λόγος τῆς παραγωγῆς φωτεινῆς ἐνέργειας πρὸς τὴν δαπανωμένην ἐνέργειαν.

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

Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν ἀπόδοσιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν μὲ πόσῃ 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.

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

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

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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

63. Πόσῃν ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ μία φωτεινὴ πηγὴ, ὥστε, ὅταν φωτίζῃ 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 εὐθείαν, ἡ ὁποία ἐνώνει τὰς δύο πηγάς, εὐρίσκεται φύλλον χάρτου, τοῦ ὁποίου 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. Πόσῃν ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, τὸν ὁποῖον θὰ τοποθετήσωμεν ἄνωθεν τῆς τραπέζης καὶ εἰς ὕψος 1,5 m ;

66. Δύο φωτειναὶ πηγαὶ A καὶ B ἀπέχουν μεταξύ των 150 cm. Καθέτως πρὸς τὴν εὐθείαν AB 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 ὁμοιοὶ 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 Ζενίθ τοῦ τόπου καὶ ὅταν εἶναι εἰς ὕψος 30° ἄνωθεν τοῦ ὀριζοντος.

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 μία τελείως ἐλαστικὴ 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 μεγαλυτέρα εἰς τὰ πυκνότερα μέσα.

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

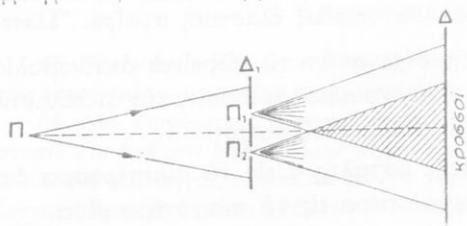
I. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις διαδιδόμεναι διὰ μέσου τοῦ αἰθέρος καὶ ἐρμηνεύει πολὺ περισσότερα ὀπτικά φαινόμενα ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

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

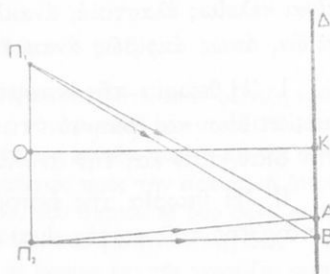
Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε, διότι ἐπεβεβαιώθη πλήρως ὑπὸ τοῦ πειράματος. Ἡ **ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία** τοῦ Maxwell (τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν) μᾶς ἀπαλλάσσει ἀπὸ τὴν ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν τὴν ὑπαρξιν τοῦ αἰθέρος, ἀλλὰ δὲν καταργεῖ τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις. Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ λάβωμεν λοιπὸν ὑπ' ὄψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις, τὰς ὁποίας παράγουν 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 Π_1 καὶ Π_2 τοῦ διαφράγματος Δ_1 . Αἱ σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν Π. Ἡ ἀπόστασις $\Pi_1\Pi_2$ εἶναι πολὺ μικρά. Αἱ δύο σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι τότε δύο σύγ-

χρονοι φωτεινὰ πηγὰί, δηλαδή εἶναι δύο σύγχρονα κέντρα παραγωγῆς φωτεινῶν κυμάνσεων. Αἱ κυμάνσεις αὐταὶ φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα Δ , ὅπου συμβάλλουν καὶ οὕτω



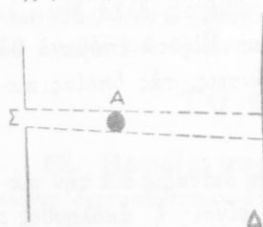
Σχ. 101. Παραγωγή φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός.



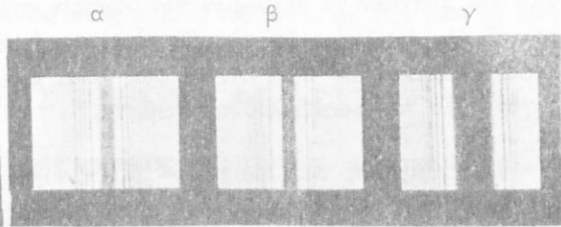
Σχ. 102. Ὁ σχηματισμὸς φωτεινοῦ ἢ σκοτεινοῦ κροσσοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο ἀκτίνων.

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** ($P_1A - P_2A = 2\nu \cdot \frac{\lambda}{2}$). 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** [$P_1B - P_2B = (2\nu + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$]

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



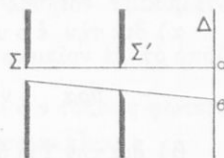
Σχ. 103. Φαινόμενα παραθλάσεως διὰ μικροῦ διαφράγματος (Α).



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

νων καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν Σ τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτόν

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. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς Σ φέρομεν ἄλλην σχισμὴν Σ' (σχ. 105), ἣ ὁποία εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ . Τὸ ἄνοιγμα τῆς σχισμῆς Σ' εἶναι πολὺ μικρόν. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ σχηματίζεται



Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτῆς σχισμῆς.

τότε μία στενὴ φωτεινὴ ράβδωσις καὶ ἐκατέρωθεν αὐτῆς σκοτεινὰ καὶ φωτεινὰ 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 συμβάλλουσαι παράγουν φωτεινοὺς καὶ σκοτεινοὺς κροσσούς. Ὡστε :

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 ιώδους ἀκτινοβολίας.

II. Τὰ μῆκη κύματος τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν περιλαμβάνονται μεταξὺ $0,8 \mu$ καὶ $0,4 \mu$.

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

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 εὐρίσκομεν :

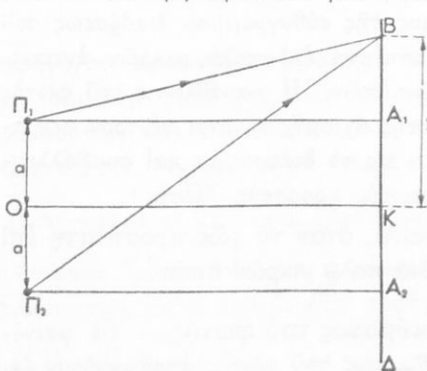
α) διὰ τὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν: $\lambda = 0,8 \mu = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$,

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

β) διὰ τὴν ιώδη 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.

P_1 καὶ P_2 , αἱ ὁποῖαι εἶναι λεπταὶ σχισμαὶ καὶ ἐκπέμπουν ἀπολύτως συγχρόνους κυμάνσεις τῆς αὐτῆς συχνότητος (σχ. 106). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι $P_1P_2 = 2a$, ἡ δὲ ἀπόστασις ἐκάστης φωτεινῆς πηγῆς ἀπὸ τὸ διάφραγμα Δ εἶναι d ($P_1A_1 = P_2A_2 = OK = d$). Αἱ κυμάνσεις αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τὰς δύο πηγὰς P_1 καὶ P_2 φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα Δ , ὅπου συμβάλλουν. Οὕτως ἐπὶ τοῦ

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

Εἰς τὸ σημεῖον K σχηματίζεται ὁ **κεντρικὸς φωτεινὸς κροσσός**, διότι οἱ δρόμοι P_1K καὶ P_2K εἶναι ἴσοι καὶ ἐπομένως αἱ δύο κυμάνσεις φθάνουν εἰς τὸ K με 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.

τῶν δύο κυμάνσεων ἴση με ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμικυμάτων ($\delta = 2\nu \cdot \frac{\lambda}{2}$).

Ἀντιθέτως σκοτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται εἰς ὅσα σημεῖα ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ δρόμου (δ) ἴση με περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων ($\delta = [2\nu + 1] \cdot \frac{\lambda}{2}$). Ἐστω λοιπὸν ὅτι εἰς τὸ σημεῖον B, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν x ἀπὸ τὸ K, σχηματίζεται ὁ ν τάξεως φωτεινὸς κροσσός. Τότε ἡ διαφορὰ δρόμου δ τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι :

$$\delta = \Pi_2 B - \Pi_1 B = 2\nu \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \eta \quad \delta = \nu \cdot \lambda \quad (1)$$

Ἄς ὑπολογίσωμεν τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων. Ἀπὸ τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα $\Pi_2 A_1 B$ καὶ $\Pi_1 A_1 B$ εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$\begin{aligned} (\Pi_2 B)^2 &= (\Pi_2 A_1)^2 + (A_1 B)^2 \\ (\Pi_1 B)^2 &= (\Pi_1 A_1)^2 + (A_1 B)^2 \end{aligned}$$

Αἱ ἀνωτέρω ἐξισώσεις γράφονται καὶ ὡς ἑξῆς :

$$\begin{aligned} (\Pi_2 B)^2 &= d^2 + (x + \alpha)^2 \\ (\Pi_1 B)^2 &= d^2 + (x - \alpha)^2 \end{aligned}$$

Ἀφαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

$$\begin{aligned} &(\Pi_2 B)^2 - (\Pi_1 B)^2 = 4\alpha \cdot x \\ \eta &(\Pi_2 B + \Pi_1 B) \cdot (\Pi_2 B - \Pi_1 B) = 4\alpha \cdot x \quad (2) \end{aligned}$$

Ἐπειδὴ ἡ ἀπόστασις d εἶναι πολὺ μεγάλη ἐν σχέσει μετὰ τὴν ἀπόστασιν α , δυνάμεθα νὰ λάβωμεν : $\Pi_2 B + \Pi_1 B = 2d$, ὁπότε ἡ ἐξίσωσις (2) γράφεται :

$$2d \cdot \delta = 4\alpha \cdot x \quad (3)$$

Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (1) καὶ (3) εὐρίσκομεν :

$$\lambda = \frac{2\alpha \cdot x}{\nu \cdot d}$$

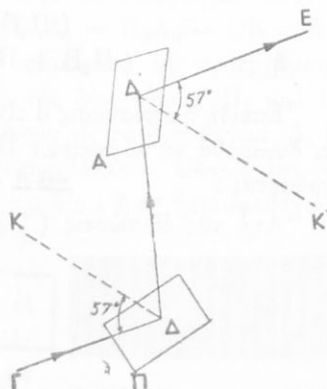
Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν κροσσῶν συμβολῆς εἶναι αἱ **ὁπαὶ τοῦ Young**. Μία λεπτὴ φωτεινὴ σχισμὴ Π φωτίζει ἰσχυρῶς τὰς δύο παραλλήλους λεπτὰς σχισμὰς Π_1 καὶ Π_2 τοῦ διαφράγματος Δ (σχ. 108). Αἱ σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν

Π· ἡ ἀπόστασις μεταξύ 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.

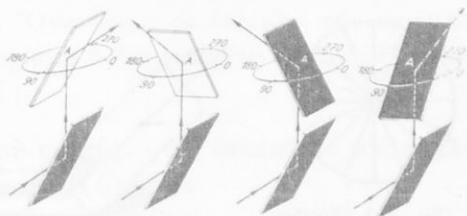
$$\lambda = \frac{2 \cdot 1,7}{5 \cdot 1000} = \frac{0,68}{1000} \text{ mm} = 0,68 \mu$$

94. Πόλωση τοῦ φωτός.— Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν, καλεῖται **φυσικὸν φῶς**, ὅταν δὲν ἔχῃ ὑποστῇ καμμίαν ἀνάκλασιν ἢ διάθλασιν. Ἀφ' ἡμεῶν 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 ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος δὲν μεταβάλλεται. Χρησιμοποιοῦμεν τώρα ὡς κάτοπτρον μίαν ὑαλίνην πλάκα Π , τῆς ὁποίας ἡ ὀπίσθια ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῇ μὲ στρῶμα αἰθάλης. Ἀφ' ἡμεῶν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς πλακῆς Π μίᾱ ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός $\Gamma\Delta$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 57° (σχ. 109). Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ δευτέρᾳ 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 εἴναι 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 φωτός ΓΔ. Ἡ ἀκτὶς ΔΔ' δύναται νὰ καταργηθῇ διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως. Λέγομεν ὅτι ἡ ΔΔ' εἶναι ἀκτὶς **πεπολωμένης φωτός** (ἡ καὶ **πεπολωμένη ἀκτίς**). 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 φωτός ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π, διὰ νὰ ὑποστῇ τὴν πόλωσιν, καλεῖται **γωνία πολώσεως**. Τέλος τὸ μὲν πρῶτον κάτοπτρον Π καλεῖται **πολωτής**, τὸ δὲ δεύτερον κάτοπτρον Α καλεῖται **ἀναλύτης**. Ἐὰν ἡ ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός 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 ἀνακλάσεώς της 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 :



I. II. III. IV.
Σχ. 110. Ἐρευνα τῶν ιδιοτήτων τῆς πεπολωμένης ἀκτίνος φωτός.

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

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

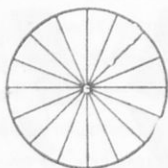
Τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιοι κυμάνσεις.

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 πᾶν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος χώρον (σχ. 111). Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποδεικνύει ὅτι :

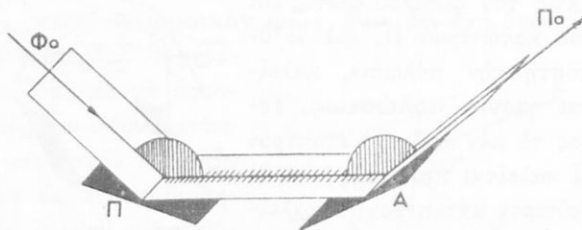
I. Εἰς μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

II. Εἰς μίαν ἀκτῖνα πεπολωμένον φῶς 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.

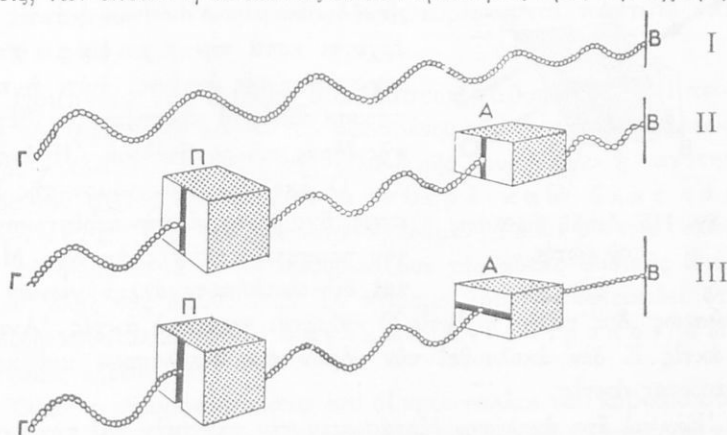


Σχ. 112. Κραδασμοὶ εἰς πεπολωμένην ἐξ ἀνακλάσεως ἀκτῖνα φωτός.

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

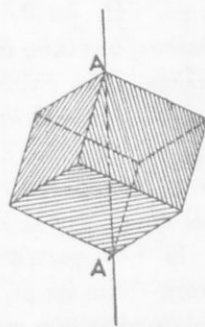
Ἡ πρώτη σχισμὴ Π ἐπιτρέπει νὰ διαδοθοῦν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κυμάνσεις, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμὴν.



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

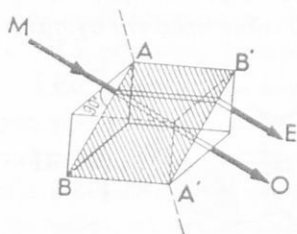
Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μετὰ τὴν σχισμὴν Α. Ὅταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ὀρισμένη κύμανσις (σχ. 113 II). Ὅταν ὅμως τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι κάθετα, τότε ἡ σχισμὴ Α δὲν ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῇ πέραν αὐτῆς ἡ κύμανσις (σχ. 113 III).

96. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.— Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίου (CaCO_3). εἶναι τελείως διαυγὴς καὶ σχίζεται εὐκόλως δίδουσα ρομβόεδρον, δηλαδὴ στερεὸν τοῦ ὁποίου αἱ ἐξ ἑδραι 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 ὅποιον ἐπέρχεται διχασμὸς τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος εἰς δύο διαθλωμένας ἀκτῖνας, καλεῖται **διπλὴ διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ δὲ



Σχ. 114. Ὀπτικὸς ἄξων κρυστάλλου.

Ισλανδική κρύσταλλος, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν διπλὴν διάθλασιν, καλεῖται **διπλοθλαστικὸν** σῶμα. Ἐκ τῶν

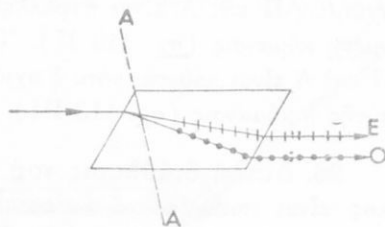


Σχ. 115. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.

δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ ἀκτίς O ἐξέρχεται κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς προσπίπτουσας ἀκτίνος, διότι ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς M προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου. Ἡ ἀκτίς λοιπὸν O ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, ὅχι μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν καθέτου προσπτώσεως τῆς ἀκτίνος M , ἀλλὰ καὶ δι' οἵανδήποτε ἄλλην γωνίαν προσ-

πτώσεως· διὰ τοῦτο ἡ ἀκτίς O καλεῖται **τακτικὴ ἀκτίς**. Ἀντιθέτως ἡ ἀκτίς E δὲν ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται **ἑκτακτος ἀκτίς**.

Ἐὰν μὲ ἓνα ἀναλύτην ἐξετάσωμεν τὴν τακτικὴν καὶ τὴν ἑκτακτον ἀκτῖνα, θὰ εὕρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο αὗται ἀκτῖνες εἶναι ὁλικῶς πεπολωμέναι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο αὐτάς ἀκτῖνας εἶναι κάθετα μετὰξὺ των. Ὑπάρχει ὅμως μία διεύθυνσις AA' , κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίς ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὕτη AA' καλεῖται **ὀπτικὸς ἄξων** τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος ἢ εἶναι παράλληλον πρὸς αὐτόν, καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ κρυστάλλου (ἡ γραμμωτὴ ἐπιφάνεια $ABA'B'$ εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν λοιπὸν τὰ ἑξῆς :



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλωμέναι ἀκτῖνες εἶναι πεπολωμέναι.

I. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, οὕτως, ὥστε νὰ μὴ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, τότε προκύπτουν δύο παράλληλοι διαθλωμένοι ἀκτῖνες, ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἑκτακτος ἀκτίς.

II. Ἡ τακτικὴ ἀκτίς ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, ἐνῶ ἡ ἑκτακτος ἀκτίς δὲν τὸν ἀκολουθεῖ.

III. Ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἑκτακτος ἀκτὶς εἶναι ὀλικῶς πεπιολωμένα, τὰ δὲ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἶναι κάθετα μεταξύ των.

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

97. Ἑρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός ἀπέδειξαν ὅτι ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν εἶναι σ τ α θ ε ρ ἄ κ α θ' ὅ λ α ς τ ἄ ς δ ι ε υ θ ύ ν σ ε ι ς. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἰ σ ό τ ρ ο π α σ ῶ μ α τ α, τὰ σώματα τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς ιδιότητας καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ὀ π τ ι κ ῶ ς ἄ ν ι σ ό τ ρ ο π ο ν σ ῶ μ α. 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 ὄλων 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 π ρ ῑ σ μ α N i c o l. 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 διεύθυνσιν 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



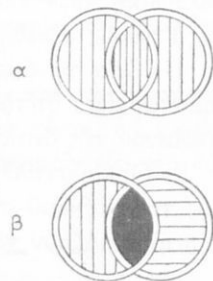
Σχ. 117. Ἀπὸ τὸ πρῖσμα Nicol ἐξέρχεται μόνον ἡ ἑκτακτος ἀκτὶς.

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



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

ἐνώσεως τῆς κινίνης (ἐραπαθίτης). 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 μεταξύ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν ἢ διατάξεις αὐτὴ ἀποτελεῖ **πολωτὴν**. Μία ἄλλη ὁμοία 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 νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται 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 ὁποίου 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 φορὰν. 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 πλακὸς 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 ἀέρα τὸ μήκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι $6438 \text{ \AA}$. Πόσον

Είναι τὸ μήκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὴν ὑάλον, ἐὰν ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου 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 ὑάλου ὁ δείκτης διαθλάσεως αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι ἀντιστοίχως 1,4 καὶ 1,6 διὰ μίαν ὠρισμένην ἀκτινοβολίαν. Πόσος εἶναι ὁ λόγος τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὰ δύο εἶδη τῆς ὑάλου ;

74. Μία ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἀέρα μήκος κύματος 5000 Å. Νὰ μετρηθῇ εἰς μὴκη κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης 1cm ἀέρος καὶ 1cm ὑάλου, 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 φωτὸς 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 φωτὸς 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 κροσσούς συμβολῆς τοῦ φωτὸς 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 ἑνατός 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 ἐν διάπυρον στερεὸν ἢ ὑγρὸν σῶμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἐν συνεχῆς φάσμα, δηλαδὴ μίαν συνεχῇ 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 ἀτμοὶ 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. ὕδρογόνον, ὀξυγόνον, ἄζωτον κ.ἄ.) τὰ ἀναγκάζομεν νὰ γίνουν φωτει-

να ληγαί 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 φωτοβολεῖ καὶ ἰδίως ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει εἰς τὸ στενότερον τμήμα τοῦ σωλῆνος. Ἐάν λοιπὸν ἐξετάσωμεν



τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει διὰ πυρρον ἀέριον ἢ ἀτμός, θὰ παρατηρήσωμεν ἓν **ἀσυνεχὲς φάσμα**, δηλαδή ὠρισμένας μόνον φωτεινάς γραμμάς. Ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἶναι **χαρακτηριστικὰ** τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου. 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 ἀποτελούμενον ἀπὸ δύο κιτρίνας γραμμάς, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἢ μία πολὺ πλησίον τῆς ἄλλης. Ἀπὸ τὴν ἔρευναν λοιπὸν τῶν φασμάτων συνάγονται τὰ ἀκόλουθα 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 ἀέρια δίδουν φάσμα γραμμῶν· ἄρα τὰ σώματα αὐτὰ ἐκπέμπουν φῶς ἀποτελούμενον ἀπὸ τελείως ὠρισμένας ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι εἶναι χαρακτηριστικαὶ διὰ καθὲ στοιχείου.

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

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

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

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

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

101. Φάσματα ἀπορροφῆσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—Δι' ἡλεκτρικοῦ τόξου παράγωμεν ἐν συνεχές φάσμα. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου φέρομεν μὴ φωτεινὴν φλόγα φωταερίου. Εἰσάγωμεν ἐντὸς αὐτῆς τεμάχιον ἄλλοτος τοῦ νατρίου, ὅποτε ἡ φλόξ ἀποκτᾷ τὸ ζωηρὸν κίτρινον χρῶμα τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὸ συνεχές φάσμα ἐμφανίζονται δύο λεπταὶ σ κ ο τ ε ι ν α ἰ γ ρ α μ μ α ἰ 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 συνεχές φάσμα, εἰς τὸ ὁποῖον ὅμως ὑπάρχει μέγας ἀριθμὸς σ κ ο τ ε ι ν ῶ ν γ ρ α μ μ ῶ ν. 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 ζωηρότεροι, 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

δφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὀρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ὑπὸ τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας. Αἱ ἴδιαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτός ἐνὸς φάρου, εὗρισκομένου εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητήν. Αἱ περισσότεραι ὁμως σκοτεῖναι γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθεράν τὴν ἔντασίν των, ἀνεξαρτήτως τῆς τροχιάς τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας. Ἡ ἀπορρόφησις τῶν ἀντιστοιχῶν ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ Ἡλίου. Πολλὰ ἀπὸ τὰς σκοτεῖνὰς γραμμάς 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 σκοτεινῇ γραμμῇ, 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 ὀλοκλήρουν 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 σκοτεῖναι γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Ἐπειδὴ εἰς τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ὑπάρχει τὸ φάσμα ἀπορροφῆσεως τῶν ἀτμῶν ἐνὸς στοιχείου, ἔπεται ὅτι εἰς τὴν χρωμόσφαιραν ὑπάρχει τὸ στοιχεῖον τοῦτο.

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

103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.—Ἡ σπουδὴ τῶν φασμάτων ἐκπομπῆς καὶ ἀπορροφῆσεως 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 κιτρίνῃ γραμμῇ 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 καΐσιον, ρουβίδιον, θάλλιον, Ἰνδιον καὶ γάλλιον. Ἐπὶ πλέον ἡ μελέτη τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὠδήγησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν ἑνὸς 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 π λ α ν η τ ῶ ν καὶ τῆς Σ ε λ ῆ ν η ς δίδει φάσμα ὅμοιον πρὸς τὸ ἡλιακὸν φάσμα. Οἱ ἀ π λ α ν ε ῖ ς ἀ σ τ έ ρ ε ς 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 φανερώουν ὅτι ἐπὶ τῶν ἀστέρων τούτων ὑπάρχουν χημικαὶ ἐνώσεις. Οἱ ἐρυθροὶ ἀστέρες, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν αἱ χαρακτηριστικαὶ ταινίαι τοῦ ἀνθρακος. Οἱ ἐκτὸς τοῦ Γαλαξίου εὐρισκόμενοι σ π ε ι ρ ο ε ι δ ε ῖ ς ν ε φ ε λ ο ε ι δ ε ῖ ς δίδουν συνεχές φάσμα, τὸ ὁποῖον διακρίπτεται ἀπὸ μερικὰς σκοτεινὰς γραμμὰς (κυρίως τοῦ ἀσβεστίου, τὰς δύο γραμμὰς τοῦ ὕδρογόνου καὶ μερικὰς γραμμὰς ἄτμων μετάλλων). Ἡ μέτρησις τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς τὰς διαφόρους γραμμὰς ἀπέδειξεν ὅτι τὸ Σ ύ μ π α ν δ ι α σ τ έ λ λ ε τ α ι α ὕ τ ο μ ά τ ω ς. Ἡ θεωρία τῆς σχετικότητος ἀποδίδει τὴν παρατηρουμένην διαστολὴν τοῦ Σ ύ μ π α ν τ ο ς

εἰς ἓν εἶδος διαστολῆς τοῦ χώρου, ὁ ὁποῖος ἐξογκώνεται ὅπως μία φουαλίς 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, μετὰ τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ ἥλιον. Οἱ νεφελοειδεῖς οὗτοι εἶναι μία κατὰστασις, ἡ ὁποία προηγεῖται τοῦ σχηματισμοῦ τῶν ἀστέρων. Ἐπομένως πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ διάφορα στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἀστέρας, σχηματίζονται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς προοδευτικῆς συμπυκνώσεως 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 ἰκανότης τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαίνει συνεχῶς αὐξανομένη καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὸ ἰώδες πρὸς τὸ ἐρυθρὸν ἄκρον τοῦ φάσματος. Ἐὰν μετακινήσωμεν τὸ 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 **ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι** ἢ καὶ **θερμικαὶ ἀκτινοβολίαι**. Αἱ ἀκτινοβολίαι αὗται ἔχουν προφανῶς μῆκν κύματος μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ μῆκν κύματος τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Εἰς τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν

αί διάφοροι φωτειναί πηγαι, εύρέθησαν υπέρυθροι ακτινοβολίαι, τῶν ὁποίων τὸ μήκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξύ 0,750 μ καὶ 300 μ. Εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα εὐρίσκομεν ἐπίσης υπέρυθρους ακτινοβολίας. Τοιαύτας ακτινοβολίας ἐκπέμπουν ἀφθόνως καὶ ὅλαι γενικῶς αἱ συσκευαὶ θερμάνσεως (θερμάστραι, καλοριφέρ κ.ἄ.). "Ωστε :

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 υπερέυθρων ακτινοβολιῶν.—Ἡ ὕαλος, ὁ χαλαζίας, τὸ ὕδωρ ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὁλοκλήρου τὰς υπέρυθρους ακτινοβολίας. Ἀντιθέτως τὸ ὀρυκτὸν χλωριούχον νάτριον εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανὲς διὰ τὰς υπέρυθρους ακτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν υπέρυθρων ακτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ ὀρυκτὸν χλωριούχον νάτριον. Εἰς τὸ υπέρυθρον τμήμα τοῦ φάσματος εὐρίσκομεν θέσεις, εἰς τὰς ὁποίας δὲν παρατηρεῖται καμμία θερμικὴ δράσις. Εἰς τὰς θέσεις αὐτάς δὲν υπάρχουν υπέρυθροι ακτινοβολίαι, ἤτοι εἶναι σ κ ο τ ε ι ν α ἰ γ ρ α μ μ α ἰ τοῦ θερμικοῦ φάσματος καὶ ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὠρισμένων 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 χλωριούχου ἀργύρου κ.ἄ. Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὰς χημικὰς ιδιότητας τῶν διαφόρων ακτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτός, προβάλλομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακῆς. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν τῆς φωτογραφικῆς πλακῆς, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἐρυθρὸν τμήμα τοῦ φάσματος δὲν προκαλεῖ καμμίαν προσβολὴν τῆς πλακῆς. Ἡ προσβολὴ αὐτῆς ἀρχίζει ἀπὸ τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρίνου καὶ βαίνουσα συνεχῶς ἀξανομένη συνεχίζεται πέραν τοῦ ἰώδους, ὅπου παρατηρεῖται ἡ μεγίστη προσβολὴ τῆς φωτογραφικῆς πλακῆς. "Ωστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἰώδους περιοχὴν τοῦ φάσματος υπάρχουν ἀόρατοι ακτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἐντόνους χημικὰς δράσεις καὶ καλοῦνται **υπεριώδεις ακτινοβολίαι** ἢ καὶ **χημικαὶ ακτινοβολίαι**. Αἱ ακτινοβολίαι αὗται ἔχουν μήκη κύματος μικρότερα ἀπὸ τὸ μήκος κύματος



τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Κατὰ διαφόρους τρόπους κατωρθώθη 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. "Ολαὶ αἱ πηγαὶ λευκοῦ φωτὸς ἐκπέμπουν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Αὗται εἶναι τόσον περισσότεραι, ὅσον ὑψηλότερα εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Οὕτω τὸ φῶς τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου εἶναι πολὺ πλουσιώτερον 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 ἐντόνους 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. Ὡστε :

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 ὀργανισμῶν, διεγείρουν τὸν φθορισμὸν καὶ προκαλοῦν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων.

108. Ἀπορρόφησης τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν.—Ἡ ὕαλος, τὸ ὕδωρ καὶ γενικῶς τὰ περισσότερα ἐκ τῶν διαφανῶν σωμάτων ἀπορροφῶν σχεδὸν ἐξ ὁλοκλήρου τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως ὁ χαλαζίας εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανὴς διὰ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ χαλαζιαν. Ὁ ἄλλο ἀπορροφᾷ ἐπίσης τὰς ἀκτινοβολίας ταύτας. Ἐπομένως εἰς μεγαλύτερα ὕψη ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας 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 ἀνοικτὸν κυανοῦν φῶς. Μόλις ὁμοῦ παύσωμεν νὰ φωτίζωμεν τὸ διά-

λυμα, ἀμέσως διακόπτεται καὶ ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτός τοῦ-
του. Λέγομεν ὅτι τὸ διάλυμα τῆς θεικῆς κινίνης εἶναι ἐν φθορίζον
σῶμα. Ἐκτός τῆς θεικῆς κινίνης καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα ἔχουν τὴν
ιδιότητα νὰ φθορίζουν (π.χ. ἡ ὕαλος τοῦ οὐρανοῦ, τὸ φθοριοῦχον ἀσβέ-
στιον, ὁ κυανιοῦχος βαριολευκόχρυσος, τὰ πετρέλαια, τὸ διάλυμα ἐσκου-
λίνης, οἱ ἀτμοὶ τοῦ ἰωδίου, τοῦ νατρίου, τοῦ ὑδραργύρου κ.ἄ.). Ἀπὸ
τὴν ἔρευναν τοῦ φαινομένου τοῦ **φθορισμοῦ** εὗρέθη 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 ἑξῆς :

I. Φθορισμός 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 διεγερούσης
ἀκτινοβολίας.

Ἡ ἀνωτέρω ιδιότης τῶν φθορίζοντων σωμάτων μᾶς βοηθεῖ νὰ ἀνα-
καλύψωμεν τὴν παρουσίαν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. Οὕτως, ἂν εἰς
τὸ ὑπεριώδες μέρος τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος θέσωμεν ὕαλον τοῦ οὐρανοῦ,
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 θειοῦχου ψευδαργύρου. Ἐκθέτομεν τὸ στρῶμα τοῦτο
ἐπ' ὀλίγον χρόνον εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς ἢ εἰς τὸ φῶς μιᾶς ἰσχυρᾶς πηγῆς
φωτός καὶ ἔπειτα φέρομεν τὸ διάφραγμα ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου.
Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ στρῶμα τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου ἐκπέμπει ζωη-
ρὸν πρασινωπὸν φῶς· ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτός τούτου διαρκεῖ ἐπὶ
μακρὸν χρόνον μετὰ τὴν κατάργησιν τοῦ προσ-
πίπτοντος φωτός. Λέγομεν ὅτι ὁ θειοῦχος ψευδαργυρὸς εἶναι
ἐν φωσφορίζον σῶμα. Ἐκτός τοῦ θειοῦχου 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 στρόντιου, 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 ἰδιότης μερικῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν χαρακτηριστικὸν φῶς ἐπ' ἄρκετὸν 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 ὁποῖον 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 θεικῆς 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 αὐξανομένη. 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 :

I. Τὸ εἶδος τῆς ἀκτινοβολίας, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ἐν σῶμα, προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος.

II. Ἐν διάπυρον σῶμα ἐκπέμπει γενικῶς μείγμα 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 ὄψεως φαίνεται ὅτι ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτινοβολίας συνεχῶς. Ἡ τοιαύτη ὅμως 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 διευτυπώθη ἀρχικῶς ἀπὸ τὸν Planck (1900) καὶ θεωρεῖται σήμερον ὡς μία ἀπὸ τὰς ὠραιότερας κατακτησεις 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 ἄτμον δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα ἀλλὰ ἐκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμέναι ομάδες κυμάτων (κυματοσυρμοί), 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 μέ :

$$q = h \cdot \nu$$

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 ἀσυνεχῆ κατασκευὴν καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ διακεκριμέ-

να κ ο κ ι δ ι α 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 ἰσόδους 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 ὕψεως τελείως ἀντιθέτων ἀντιλήψεων τοῦ Νεύτωνος καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπωμεν ὅτι :

Τὸ φῶς ἔχει ἅφ' 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 ἐνὸς σώματος, τότε μέρος τοῦ φωτός ἀπορροφᾶται. Ἡ ἀπορρόφησης 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 (ὑαλός, 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 (χρωματίζεται ὑαλός, διαλύματα χρωστικῶν οὐσιῶν κ.ἄ.) ἀπορροφοῦν ὀρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία ὑαλός φαίνεται πρασίνη, 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 ὀρισμένες ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ χρῶμα τοῦ σώματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς διαχεομένες 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 ὁμῶς ἄλλην περιοχὴν τοῦ φάσματος φαίνεται μαῦρον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἕκαστον σῶμα ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ὀρισμένες 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 πηγή. 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, ἡ 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 ὅποια ἔχουν τὰ μικρότερα μήκη κύματος, δηλαδή διὰ τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ιώδεις 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 τὴν φθάσιν 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 ὅποιον 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 τὴν ἀποτυπώσιν μονίμως τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς σχηματίζομεν εὐκρινὲς εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ μιᾷ ὑαλίνῃ πλακῆ, ἢ ὅποια ἔχει ἐπικαλυφθῇ μὲ λεπτὸν στρώμα γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου. Ἡ εὐαίσθητος πλάξ φυλάσ-

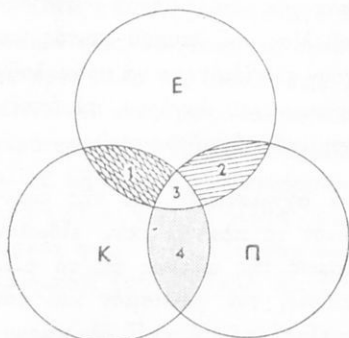
σεται εἰς σκοτεινὸν χώρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτιζομένου με ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολίαι τοῦ λευκοῦ φωτός καὶ ἰδίως αἱ κυαναὶ καὶ ἰώδεις ἀκτινοβολίαι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων 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 ἐξαρθᾶται 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 ὕψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν ὁμως βυθίσωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, ὁ βρωμιούχος ἀργυρος ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς, εἰς τὰ ὅποια προσέπεσε τὸ φῶς· εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλας ἀδιαφανὴς ἀργυρος. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται ἐ μ φ ἀ ν ι σ ι ς. Ἐπειτα ἡ πλάξ βυθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὅποιον 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 σ τ ε ρ έ σ ι ς. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακὸς ἡ ἀ ρ ν η τ ι κ ῆ ε ἰ κ ῶ ν 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 χαρτοῦ οὗτος εἶναι φύλλον χαρτοῦ, τοῦ ὁποίου ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῇ με στρῶμα 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 φωτοπαθὲς στρῶμα τοῦ χαρτοῦ. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν καὶ τὴν στερέωσιν λαμβάνεται ἐπὶ τοῦ χαρτοῦ ἡ θ ε τ ι κ ῆ ε ἰ κ ῶ ν τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 122).

γ) Εἶδη πλακῶν. Ἡ συνήθης φωτογραφικὴ πλάξ προσβάλλεται

μόνον από τὰς πρασίνας, τὰς κυανᾶς 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 ἔρυθροῦ, 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 μεγαλυτέρου μήκους κύματος. Οὕτως αἱ ὀρθοχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς τὰς ἀπὸ τοῦ ἰώδους μέχρι τοῦ κιτρίνου ἀκτινοβολίας, ἐνῶ αἱ πανχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς δὲ 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 ἔρυθρᾶς καὶ τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας, ἐὰν τὰ ἀντίστοιχα μήκη κύματος αὐτῶν εἶναι 0,8 μ καὶ 0,4 μ;

78. Τὸ μήκος κύματος μιᾶς ὑπερύθρου ἀκτινοβολίας εἶναι 300 μ. Πόσῃν ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια αὐτῆς τῆς ἀκτινοβολίας;

79. Μία ὑπεριώδης ἀκτινοβολία ἔχει μήκος κύματος 0,1 μ. Πόση εἶναι ἡ ἐνέργεια ἐκάστου φωτονίου τῆς;

Νάτριον

Λίθιον

Κάλιον

Βάριον

Υδρογόνον

Όξυγόνον

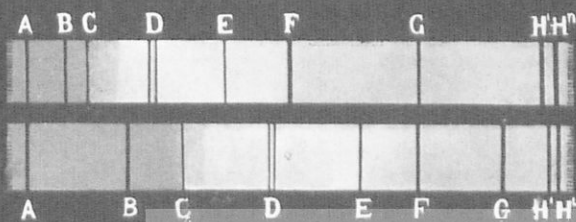
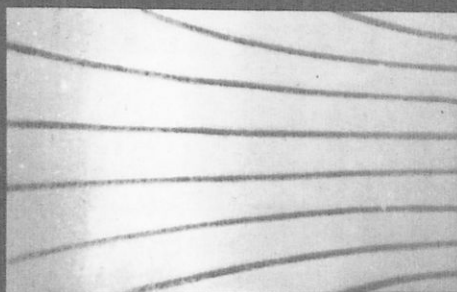
Άζωτον

Υδράργυρος

Ήλιον

Νέον

Νεοδύμιον
(φάσμα απορρο-
φήσεως)



Πίναξ Φασμάτων

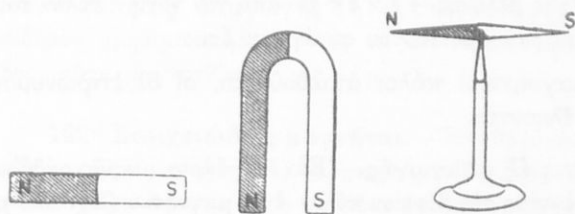
- 1 Έως 10. Φάσματα έκπομπης. 11. Φάσμα απορροφήσεως. 12. Κροσσοί συμβολής εις φάσμα. 13. Γραμμαί του Fraunhofer εις φάσμα ληφθέν διὰ πρίσματος. 14. Γραμμαί του Fraunhofer εις φάσμα ληφθέν διὰ φράγματος.

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

118. Θεμελιώδεις ἔννοιαι.—'Από 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**. Ἐὰν δι' ἑνὸς φυσικοῦ μα-

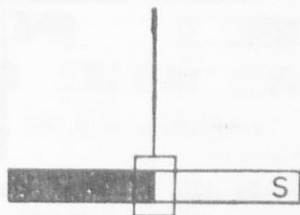
γνήτου προστρίψωμεν ἐπανεπιημένως καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν ράβδον χάλυβος, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ὁ χάλυψ γίνεται μονίμως μαγνήτης. Ὁ



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 ἄκρα τοῦ μαγνήτου,



Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου.

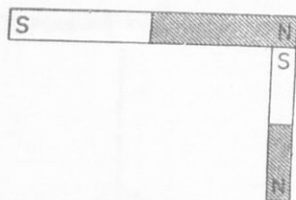
δπου σχηματίζουν θυσάνους. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται **πόλοι** αὐτοῦ. Ἐὰν τὴν ἰδίαν ράβδον ἐξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου της διὰ νήματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν ἰσορροπίαν της ἡ ράβδος λαμ-

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 βόρρειος πόλος (ἢ θετικὸς πόλος), ὁ δὲ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Νότον, καλεῖται νότιος πόλος (ἢ ἀρνητικὸς πόλος). Διεθνῶς ὁ βόρειος πόλος σημειώνεται μὲ N (Nord = Βορρᾶς), ὁ δὲ νότιος πόλος μὲ S (Sud = Νότος).

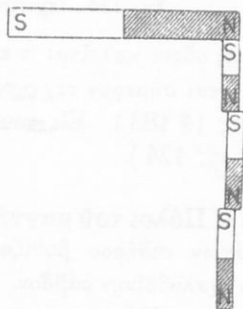
120. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.— Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, ἣ ὁποία δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀπωθεῖται. Ἀντιθέτως, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον 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 ἐγγίση 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. Ἀλυσὶς ράβδων μαλακοῦ σιδήρου.

βδου εἶναι παροδικὴ καὶ διαρκεῖ, ἐφ' ὅσον ἡ ράβδος εὐρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν μαγνήτην. Ἡ μαγνητικὴ ράβδος δύναται νὰ μαγνητίσῃ ὁμοίως δευτέραν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Οὕτως εἶναι δυνατόν

νὰ σχηματισθῇ ἄλυσις μικρῶν μαγνητισμένων ράβδων (σχ. 127).
 Ἡ μαγνήτισις ὅλων τῶν ράβδων εἶναι πρόσκαιρος.

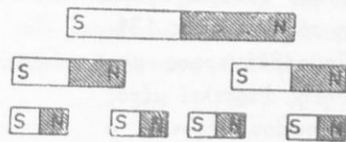
Ἡ μικρὰ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἂν ἀπλῶς πλησιάσωμεν εἰς αὐτὴν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου (σχ. 128). Ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἐπίσης παροδική. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου ἀμέσως καταργεῖται.



Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς.

μαγνήτισις ἐξ' ἐπαγωγῆς (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ἐὰν ἀντὶ μαλακοῦ σιδήρου χρησιμοποιήσωμεν εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα ράβδον χάλυβος, αὕτη μαγνητίζεται μόνιμως.

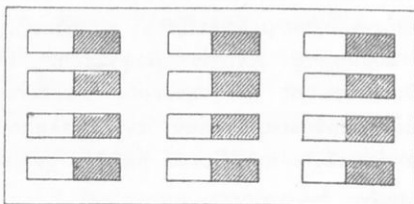
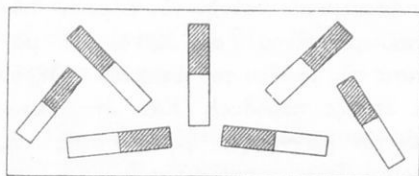
122· Στοιχειώδεις μαγνήται.—Ἐὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην Α, παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο πόλους, ἓνα βόρειον καὶ ἓνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου ἐθραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφαίνονται δύο ἑτερώνυμοι πόλοι οὕτως, ὥστε ἕκαστον τῶν τεμαχίων νὰ παρουσιάσῃ πάλιν δύο ἑτερώνυμους πόλους. Ἐὰν ἕκαστον τῶν τεμαχίων θραυσθῇ εἰς δύο νέα τεμάχια, θὰ εὕρωμεν 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 μὲ δύο ἑτερώνυμους πόλους.



Σχ. 129. Θραῦσις μαγνήτου.

Οἱ μικρότατοι οὗτοι μαγνήται καλοῦνται **στοιχειώδεις μαγνήται** (ἢ μοριακοὶ μαγνήται). Ὄταν μία ράβδος χάλυβος δὲν εἶναι μαγνη-

τισμένη, οί στοιχειώδεις μαγνήται διατάσσονται άτάκτως έντός τής ράβδου (σχ. 130). 'Υπό τήν επίδρασιν ένός μαγνητικού πόλου οί στοιχειώδεις μαγνήται τής ράβδου διατάσσονται κατά τοιοῦτον τρόπον,

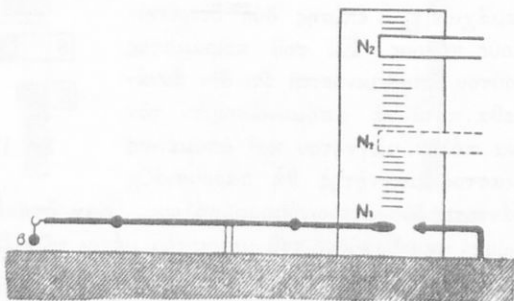


Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται.

μόλις απομακρυνθῇ ὁ μαγνήτης (παροδική μαγνήτισις). 'Επὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ἀντιλήψεων ἐρμηνεύεται ἡ ἐμφάνισις νέων πόλων κατά τὴν θραῦσιν ένός μαγνήτου.

123. Νόμος τοῦ Coulomb.—Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξύ 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 μικρότερη. 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 μὲ 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 ἑλξις ἢ ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν δύο πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

$$\text{νόμος τοῦ Coulomb:} \quad F = \frac{m_1 \cdot m_2}{\alpha^2}$$

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 σταθεράν 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 μὲ 1 δύννην.

Ἡ ἄνωτέρω ὀριθεύσα μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ ὑπάγεται εἰς τὸ σύστημα μονάδων C.G.S.

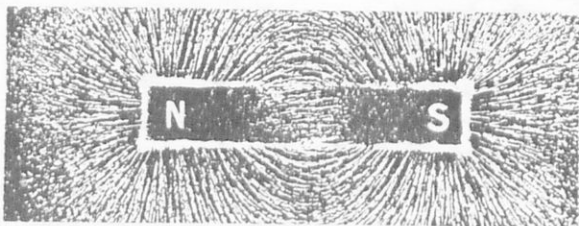
Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Δύο ἴσοι βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι, εὑρισκόμενοι ἐντὸς τοῦ αέρος εἰς ἀπόστασιν 2 cm ἀπωθοῦνται μετὰ δύναμιν 100 dyn. Πόση εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ ἐκάστου πόλου;

Ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$m^2 = F \cdot \alpha^2 = 100 \cdot 4 = 400 \quad \text{καὶ} \quad m = 20 \text{ C.G.S.}$$

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

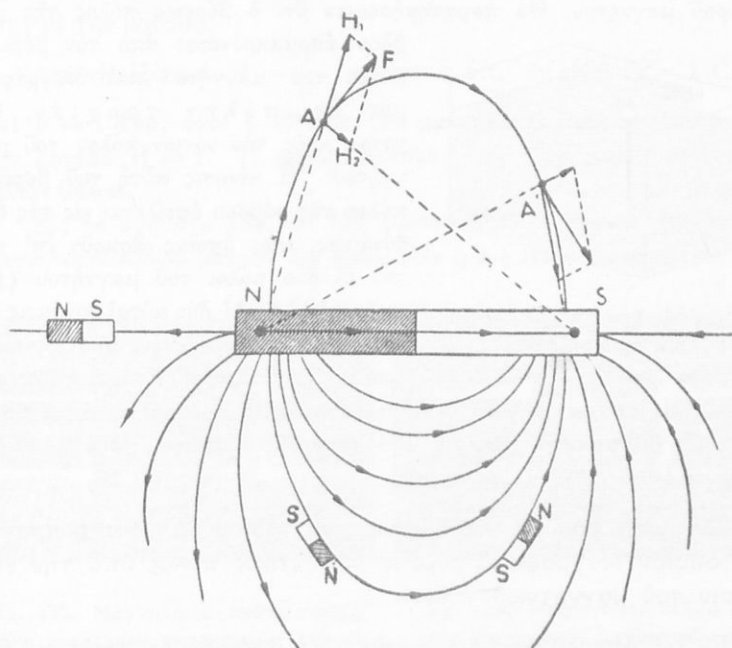
125. Μαγνητικὸν φάσμα.—Κάτωθεν μιᾶς ὀριζοντίας ὑαλίνης πλακὸς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὴν πλάκα μετὰ τὸν δάκτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰς γραμμάς, αἱ ὁποῖαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου εἰς τὸν ἄλλον (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 τὴν ἐξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακὸς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἐξηρημέναις ἀπὸ λεπτὸν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἡρεμήσῃ, εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὁποίαν ἄσκει 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 μαγνήται, οἱ ὁποῖοι δια-

τάσσονται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



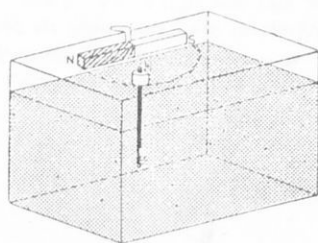
Σχ. 133. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

126. Μαγνητικὸν πεδίον.—Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος αἰσθητοποιεῖ μίαν ιδιότητα, τὴν ὁποίαν ἀποκατᾷ 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 ἀσκούνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ ὁποῖαι φέρονται εἰς οἷονδήποτε 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.

βδου ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου καὶ διαγράφων μίαν καμπύλην τροχίαν, ἔρχεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἡ κίνησις αὕτη τοῦ βορείου πόλου τῆς ράβδου ὀφείλεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, τὰς ὁποίας ἀσχοῦν ἐπ' αὐτοῦ οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου (βλ. σχῆμα 133). Αἱ δύο αὗται δυνάμεις διδουν μίαν συνισταμένην, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὁποίας κινεῖται ὁ πόλος τῆς ράβδου. Ἡ τροχία, τὴν ὁποίαν διαγράφει ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου, τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. Ὡστε :

Δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχία, τὴν ὁποίαν διαγράφει εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ 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 : $H = \frac{F}{m}$.

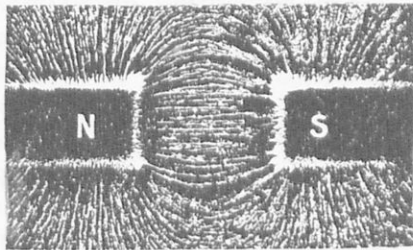
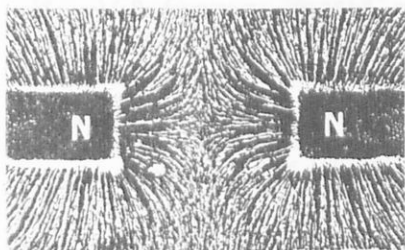
Ἡ δύναμις αὕτη H καλεῖται **έντασις** τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ πεδίου. Ὡστε :

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 ἐντάσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα $H = 1$. Ἡ μονὰς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται **Gauss**.

Εἰς τὰ σχήματα 135. καὶ 136 φαίνονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξύ δύο ὁμωνύμων ἢ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν



Σχ. 135. Μαγνητικὸν πεδίων μεταξύ δύο ὁμωνύμων μαγνητικῶν πόλων.

Σχ. 136. Μαγνητικὸν πεδίων μεταξύ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων.

πόλων. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξύ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι. Τὸ μαγνητικὸν τοῦτο πεδὶον καλεῖται **ὁμογενές**, εὐρίσκεται δὲ ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐντάσις τοῦ πεδίου εἶναι σταθερὰ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

128. Μαγνητικὴ ροή.—Ἐν ὁμογενές μαγνητικὸν πεδίων ἔχει ἐντάσιν H . Ἐντὸς τοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου τοποθετεῖται ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἔχουσα ἔμβαδὸν σ (σχ. 137). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὁρισμός :

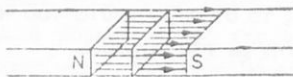
Καλεῖται μαγνητικὴ ροή (Φ) τὸ γινόμενον τοῦ ἔμβαδου (σ) τῆς ἐπιφανεῖας ἐπὶ τὴν ἐντάσιν (H) τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

μαγνητικὴ ροή : $\Phi = \sigma \cdot H$

Ἐάν εἶναι $\sigma = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $H = 1 \text{ Gauss}$, τότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα $\Phi = 1$. Ἡ μονὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς καλεῖται **Maxwell** (1 Mx). Οὕτως ἐάν εἶναι $H = 20 \text{ Gauss}$, τότε ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται καθέτως δι' ἐπιφανείας $\sigma = 5 \text{ cm}^2$ εἶναι:

$$\Phi = 5 \cdot 20 = 100 \text{ Maxwell}$$

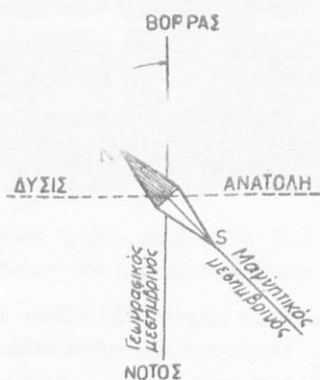
Κατὰ συνθήκην ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖα διέρχονται διὰ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας.



Σχ. 137. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.—Ἐλαφρὰ μαγνητικὴ βελὼνῃ δύναται νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου.



Σχ. 138. Ἀπόκλισις τῆς μαγνητικῆς βελὼνῆς.

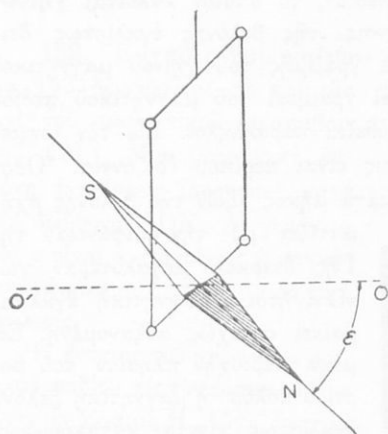
Ἐννοεῖται ἡ ἀπόκλισις τῆς μαγνητικῆς βελὼνῆς ἀπὸ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις διαφέρει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Ὡστε :

Μαγνητικὴ ἀπόκλισις ἐνὸς τόπου καλεῖται ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει εἰς τὸν τόπον τοῦτον ὁ μαγνητικὸς μεσημβρινὸς μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν.

130. Μαγνητικὴ ἔγκλισις.—Ἐλαφρὰ μαγνητικὴ βελὼνῃ δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα ἐπὶ τοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου τοῦ μα-

Ἐάν ἡ βελὼνῃ ἰσορροπῇ, λαμβάνει τοιαύτην θέσιν, ὥστε ὁ κατὰ μῆκος ἄξων αὐτῆς διευθύνεται σχεδὸν ἀπὸ Βορρᾶ πρὸς Νότον. Τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τῆς βελὼνῆς, καλεῖται **μαγνητικὸς μεσημβρινός**. Οὗτος δὲν συμπίπτει μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου, ἀλλὰ σχηματίζει μὲ αὐτὸν γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἀπόκλισις** (σχ. 138). Αὕτη εἶναι ἀνατολικὴ ἢ δυτικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελὼνῆς εὐρίσκεται πρὸς Ἀ-

γνητικοῦ μεσημβρινοῦ. "Όταν ἡ βελόνη ἰσορροπῇ, τότε ὁ κατὰ μῆκος

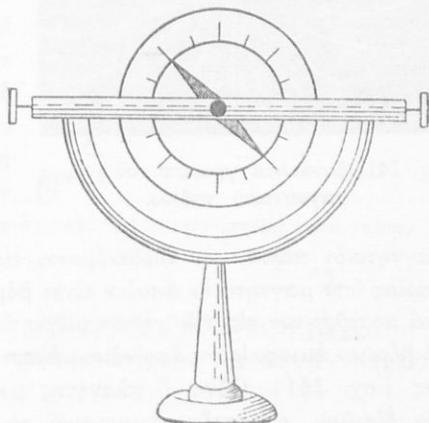


Σχ. 139. "Εγκλισίς τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (σχ. 139). Αὕτη εἶναι θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης εὐρίσκεται κάτωθεν ἢ ἄνωθεν τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξωνος περιστροφῆς τῆς βελόνης. 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. "Ωστε :

Μαγνητικὴ ἔγκλισις ἐνὸς τόπου καλεῖται ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, ὅταν ἡ βελόνη στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα ἐπὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ.

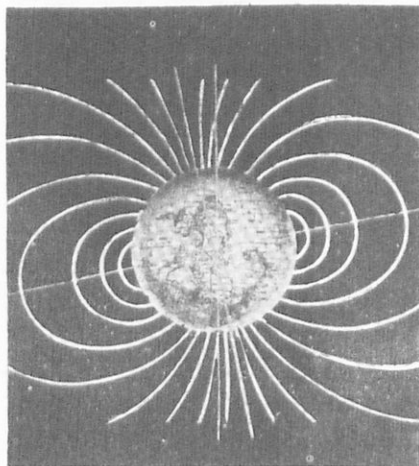
Ἡ συσκευή τοῦ σχ. 140 χρησιμεύει διὰ τὴν εὐρεσιν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως ἢ τῆς μαγνητικῆς ἔγκλισεως, καθ' ὅσον ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι ὀριζόντιος ἢ κατακόρυφος.



Σχ. 140. Πυξὶς ἐγκλίσεως μετατρεπομένη εἰς πυξίδα ἀποκλίσεως διὰ στροφῆς τοῦ δίσκου κατὰ 90° .

131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.—Εἰς οἷονδήποτε τόπον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως ἰσορροπεῖ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς νὰ ἔχη ὠρισμέ-

νην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι περίξ ὁλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γῆινον μαγνητικὸν πεδίον**. Ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης ἐγκλίσεως δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ γῆινου 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 ἑρίζοντία. Ὅσον ὁμως προχωροῦμεν πρὸς Βορρᾶν ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχη-



Σχ. 141. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου.

ματίζει μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς 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 γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν γῆινον

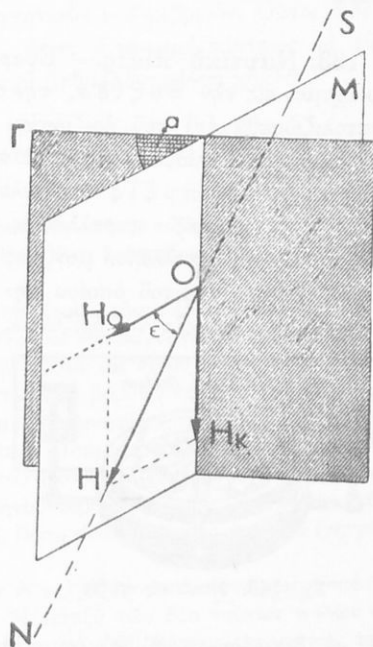
μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον καὶ ὁ ὁποῖος ὑπὸ μαγνητικὴν ἄποψιν εἶναι βόρειος πόλος. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουν εἰς τὸν γῆινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον, ἀφοῦ διαγράψουν εἰς τὸν χῶρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτω ὁ πλανήτης μας συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸν δίπολον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς κυκλικὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ ἀκριβὴς θέσις τῶν δύο μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εἶναι ἡ ἐξῆς:

γεωγραφικὸν πλάτος $70^{\circ} 5'$ δυτικὸν γεωγραφικὸν μῆκος $96^{\circ} 45'$

νότιον ἡμισφαίριον :

γεωγραφικὸν πλάτος $72^{\circ} 25'$ ἀνατολικὴν γεωγραφικὴν μῆκος 154° .

132. "Ἐντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου. — Εἰς τὸ σχῆμα 142 δεικνύονται τὰ ἐπίπεδα τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ (Γ) καὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (M). Μία μαγνητικὴ βελὸν ἑγκλίσεως ἰσορροπεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ON . Αἱ γωνίαι α καὶ ϵ εἶναι ἀντιστοίχως ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις καὶ ἡ μαγνητικὴ ἑγκλισις.



Σχ. 142. Αἱ δύο συνιστώσαι τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἡ ἔντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τοῦτον εἶναι ἡ δύναμις H . Αὕτη ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης 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 :

$$H^2 = H_0^2 + H_k^2$$

Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται ὅτι :

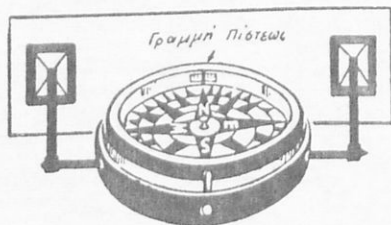
Τὰ στοιχεῖα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γ ἵς εἶναι ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις, ἡ μαγνητικὴ ἑγκλισις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

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 ἐνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικά

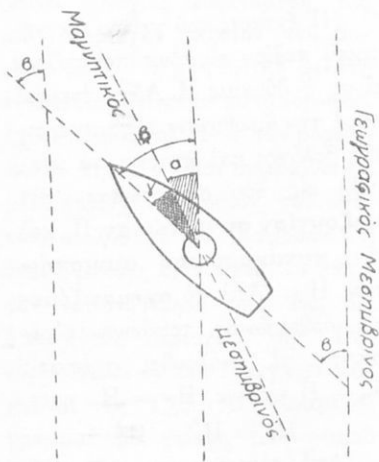
στοιχεῖα ἐνὸς τόπου δὲν ἔχουν σταθερὰν τιμὴν, ἀλλ' ὑφίστανται κανονικὰς ἡμερησίας καὶ ἐτησίας μεταβολάς. Πολλὰκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἰφνιδίως μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται *μαγνητικαὶ θύελλαι*. Αἱ ἀπὸτομοὶ αὐταὶ μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲ ἄλλα φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βόρειον σέλας, αἱ κηλίδες τοῦ Ἥλιου.

133. Ναυτική 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. Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, ἡ



Σχ. 144. Ἡ χρῆσις τῆς πυξίδος εἰς τὴν ναυσιπλοίαν.

γραμμὴ πίστεως στρέφεται καὶ αὐτὴ μετὰ τοῦ πλοίου, ἀλλὰ τὸ ἀνεμολόγιον διατηρεῖ θέσιν σταθεράν. Εἰς τὸν ναυτικὸν εἶναι γνωστὴ ἐκ τῶν χαρτῶν ἡ γωνία β , τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μετὰ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστὴ καὶ ἡ ἀπόκλισις α , εὐρίσκεται ἡ γωνία γ , τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μετὰ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτη κατεύθυνσις, ὥστε ἡ γραμμὴ πίστεως νὰ εὐρίσκεται ἐμπροσθεν τῆς διαίρέσεως 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 των 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 ἑκάστου 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 ποσότητας μαγνητισμοῦ 20 C.G.S. καὶ 30 C.G.S. Ἡ μεταξύ των 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 εὐρισκόμενον 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 γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ καὶ ἴση μὲ 60° . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τούτον;

87. Ἐκαστος τῶν πόλων μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίσεως ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 50 C.G.S. Ἡ μαγνητικὴ βελὼν ἔχει μῆκος 10 cm. Ἡ ὀριζοντία

συνιστώσα του γήινου μαγνητικού πεδίου είναι $H_0 = 0,18$ Gauss. Πόσον έργον δαπανώμεν, όταν απομακρύνωμεν την βελόνην κατά 60° από την θέσιν τῆς ισοροπίας της ;

88. Μαγνητική βελόνη ἐγκλίσεως ἔχει μήκος 10 cm, ἕκαστος δὲ τῶν πόλων της ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 30 C.G.S. Ἡ βελόνη αἰωρεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἐγκλισις εἶναι 60° . Διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν βελόνην ὀριζοντίαν, θέτομεν ἐπ' αὐτῆς μικρὸν ἱππέα ἔχοντα βάρος 0,500 gr³. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς βελόνης πρέπει νὰ τεθῇ ὁ ἱππεὺς ;

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

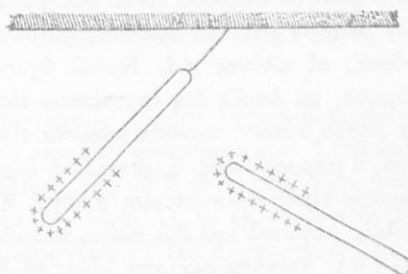
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—Εξ αἰῶνας π.Χ. ὁ Θαλῆς ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ ἤλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ μαλλίνου ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα (τρίχας, τεμάχια χάρτου, πτίλα κ.ἄ.). Ἡ ιδιότης αὕτη τοῦ ἡλεκτροῦ ὠνομάσθη **ἡλεκτρισμός**. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι τὴν ιδιότητα αὐτὴν ἔχουν καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα (ἡ ρητίνη, ὁ ἐβονίτης, τὸ θεῖον, ἡ ὑάλος κ.ἄ.).

Ἡλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἐξαρτῶμεν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μετάξης (σχ. 145). Ἐὰν εἰς τὴν ἐξηρτημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἄλλην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀπωθοῦνται μεταξύ 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 εἴδη 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.

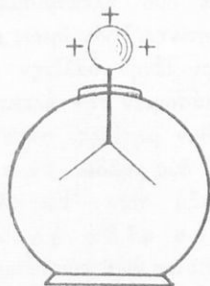
135. Καλοί καὶ κακοὶ ἄγωγοί.— "Ὅταν ἐν σῶμα εἶναι ἡλεκτρισμένον, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο φέρει **ἡλεκτρικὸν φορτίον**, δηλαδή φέρει ποσότῃτα ἡλεκτρισμοῦ. Ἐὰν ἡλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς, μίαν ράβδον ὕαλου ἢ ρητίνης παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ἐλαφρὰ σώματα προσκολλῶνται μόνον εἰς τὸ προστριβέν μέρος τῆς ράβδου. Ἐπομένως μόνον εἰς τὸ μέρος ἐκεῖνο τῆς ράβδου ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν φορτίον. Λαμβάνομεν ράβδον χαλκοῦ, ἢ ὅποια φέρει ὑαλίνην λαβὴν (σχ. 146).



Σχ. 146. Ἡλεκτρισίς διὰ τριβῆς ράβδου χαλκοῦ.

Ἐὰν προστρίψωμεν μὲ μάλλινον ὑφασμα ἐν μέρος τῆς χαλκίνης ράβδου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁλόκληρος ἡ ράβδος ἡλεκτρίζεται. Ἄρα τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποῖον ἀνεπτύχθη εἰς τὸ προστριβέν μέρος τῆς ράβδου, διεδόθη διὰ μέσου τοῦ χαλκοῦ εἰς ὁλόκληρον τὴν ράβδον τοῦ χαλκοῦ. Οὕτω τὰ σώματα διακρίνονται εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἄγωγοὺς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Καλοὶ ἄγωγοι ἢ ἀπλῶς ἄγωγοι καλοῦνται τὰ σώματα, τὰ ὅποια ἀφήνουν τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινούνται διὰ μέσου αὐτῶν τοιαῦτα σώματα εἶναι ὅλα τὰ μέταλλα, τὰ διαλύματα τῶν ὀξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων, τὸ σῶμα τῶν ζώων, τὸ ὕδρον ἑδαφος, ὁ ἄνθραξ, αἱ φλόγες κ.ἄ. Κακοὶ ἄγωγοι ἢ μονωταὶ καλοῦνται τὰ σώματα, τὰ ὅποια δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινήθωιν διὰ μέσου αὐτῶν τοιαῦτα σώματα εἶναι ἡ ρητίνη, τὸ ἡλεκτρον, ἡ παραφίνη, ὁ μαρμαρυγίας, ἡ μέταξα, ἡ ξηρὰ ὕαλος, ἡ πορσελάνη κ.ἄ. Μερικὰ σώματα εἶναι πολὺ μέτριοι ἄγωγοι ἢ ἄλλως πολὺ ἀτελεῖς μονωταὶ καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἡμι-ἄγωγοί· τοιαῦτα σώματα εἶναι τὸ ξύλον, ὁ χάρτης, τὸ μάρμαρον, τὸ πόσιμον ὕδωρ κ.ἄ.

136. Ἡλεκτροσκοπίον.—Τὸ ἡλεκτροσκόπιον (σχ. 147) ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν στελέχος, τὸ ὅποῖον εἰς τὸ ἐν ἄκρον καταλήγει εἰς σφαῖραν ἢ μικρὸν δίσκον, εἰς δὲ τὸ ἄλλον ἄκρον φέρει δύο λεπτὰ καὶ μακρὰ φύλλα ἀργιλλίου (ἢ χρυσοῦ). Τὸ στελέχος τοῦτο στερεώνεται μὲ μονωτικὸν πῶμα εἰς ὑαλινὸν δοχεῖον. Ἐὰν ἡλεκτρισμένον σῶμα ἐγγίση τὴν σφαῖραν τοῦ μεταλλικοῦ στελέχους, τοῦτο **ἡλεκτρίζεται ἐξ**



Σχ. 147. Ἡλεκτροσκόπιον.

ἐπαφῆς καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἀργιλίου ἀπωθοῦνται, διότι ἠλεκτρίζονται ὁμωμένως. Οὕτω μὲ τὸ ἠλεκτροσκόπιον δυνάμεθα νὰ εὐρίσκωμεν, ἂν ἐν σῶμα φέρῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον.

137. Νόμος τοῦ Coulomb.— Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι ἡ μεταξὺ δύο μικρῶν ἠλεκτρισμένων σφαιρῶν ἀσκουμένη ἀμοιβαία δρᾶσις διέπεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Coulomb** :

Ἡ ἑλξις 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.

$$\text{νόμος τοῦ Coulomb : } F = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{\alpha^2}$$

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 σταθερά 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) ἡ **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 ἴσον φορτίον, 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.

$$\text{πρακτικὴ μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου : } 1 \text{ Coulomb (1Cb)} = 3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ—φορτίου}$$

Παράδειγμα τ.α. 1) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία $Q_1 = 25 \text{ ΗΣΜ}$ και $Q_2 = 72 \text{ ΗΣΜ}$ εϋρίσκονται εις τὸν ἀέρα καὶ εις ἀπόστασιν $\alpha = 1 \text{ cm}$. Ἡ με-
ταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη 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, εϋρίσκονται εις τὸν ἀέρα καὶ εις ἀπόστασιν 10 m. Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἐξασκουμένη ἄπωση εἶναι :

$$F = \frac{(3 \cdot 10^9)^2}{(10^3)^2} \text{ dyn} = \frac{9 \cdot 10^{18}}{10^6} \text{ dyn} = 9 \cdot 10^{12} \text{ dyn}$$

$$\text{ἤτοι} \quad F = 9 \cdot 10^6 \text{ kgr*} \quad \text{ἢ} \quad F = 9\,000 \text{ tn*}$$

Τὸ παράδειγμα τοῦτο δεικνύει πόσον μεγάλα εἶναι αἱ ἀναπτυσσόμεναι ἡλε-
τρικαὶ δυνάμεις.

139. Διανομὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου.—Ἀς θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ἡλεκτρισμένην μεταλλικὴν σφαῖραν. Ἐνεκα τῆς ἀπώσεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων ἡλεκτρικῶν φορτίων τῆς σφαίρας, τὰ φορτία μετακινοῦνται καὶ λαμβάνουν θέσιν ἐπὶ τῆς ἐξω-
τερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπι-



Σχ. 148 Εϋρεσις
τῆς κατανομῆς
τοῦ ἡλεκτρικοῦ
φορτίου.

φανείας κοίλων ἀγωγῶν δὲν ὑπάρχουν ἡλεκτρικά φορτία. Τοῦτο ἐπαληθεύομεν πειραματικῶς με τὴν βοήθειαν ἐνὸς ἡλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ σφαιριδίου. Τὸ δοκιμαστικὸν σφαιρίδιον εἶναι μεταλλικὸν σφαιρί-
διον στερεωμένον εις τὸ ἄκρον ὑαλίνης ράβδου (σχ. 148). Ὄταν φέρωμεν τὸ σφαιρίδιον εις ἐπαφὴν με τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἡλεκτρισμένου κοίλου ἀγω-
γοῦ, τὸ σφαιρίδιον λαμβάνει ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, ὅταν φέρεται εις ἐπαφὴν με τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.

Ἐπὶ ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον κατανέμεται ὁμοιομόρφως. Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς φέρῃ ἀκμὰς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τοῦ ἡλε-
κτρικοῦ φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρώνεται εις τὰ σημεῖα αὐτά, διό-
τι, ἔνεκα τῆς ἀπώσεως τῶν ὁμωνύμων ἡλεκτρικῶν φορτίων, ταῦτα προσπαθοῦν νὰ καταφύγουν εις τὰ ἀπώτερα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἐξῆς:

Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον φέρεται πάντοτε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀγωγῶν καὶ διανέμεται ὁμοιόμορφως μόνον ἐπὶ τῶν σφαιρικῶν ἀγωγῶν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

89. Δύο θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = 50 \text{ C.G.S.}$ καὶ $Q_2 = 80 \text{ C.G.S.}$ εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Ἡ μεταξὺ τῶν φορτίων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἀπώσις ;

90. Δύο ἴσα ὁμώνυμα ἡλεκτρικὰ 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 ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εἶναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποίαν θέσιν πρὲπει 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 ἡλεκτρικὰ 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 ὁμοίαι μικραὶ μεταλλικαὶ σφαῖραι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον μὲ δύο νήματα μετάξης 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 ἡλεκτρικοῦ πεδίου. — Ὅταν ἓν σῶμα εἶναι ἡλεκτρισμένον, τότε τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ σώματος τούτου ἐξασκεῖ ἑλξεις ἢ ἀπώσεις ἐπὶ παντὸς ἡλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον φέρεται εἰς τὸν πᾶν τοῦ σώματος χώρον. Λέγομεν τότε ὅτι πᾶν τοῦ ἡλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει **ἡλεκτρικὸν πεδῖον**. Ὡστε :

Ἡλεκτρικὸν πεδῖον καλεῖται ὁ χώρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρονται εἰς οἷον-δῆποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν ἐλεύθερον ὑλικὸν σημεῖον, τὸ ὁποῖον ἔχει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ μία ὀρισμένη δύναμις, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὸ ὑλικὸν

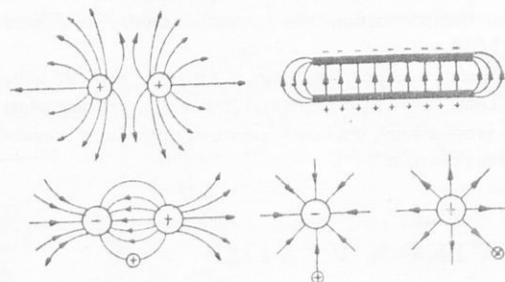
σημείον νά διαγράψῃ μίαν εὐθύγραμμον ἢ καμπυλόγραμμον τροχίαν. Ἡ τροχιά αὕτη καλεῖται **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ὡστε :

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.

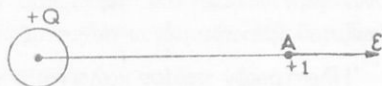
Εἰς τὸ σχῆμα 149 δεικνύονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς διαφόρους περιπτώσεις. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῶν θετικῶς ἡλεκτρισμένων σωμάτων καὶ καταλήγουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένων σωμάτων. Μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων



Σχ. 149. Διάφοροι περιπτώσεις ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

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.

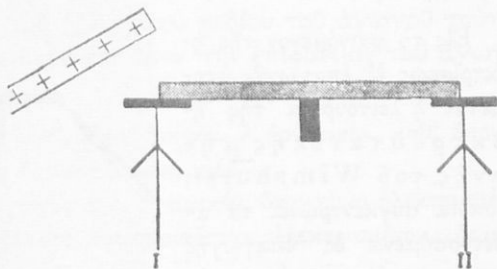
ώρισμένη δύναμις $E = \frac{F}{q}$, ή όποία καλεΐται **έντασις** τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α. "Ωστε :

"Εντασις (E) τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεΐται ή δύναμις, ή όποία ἐξασκεΐται ἐπὶ τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου $+1$ φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου.

έντασις ηλεκτρικοῦ πεδίου : $E = \frac{F}{q}$ ἢ $E = \frac{Q}{\alpha^2}$

Εἰς τὸ ὁμογενές ηλεκτρικὸν πεδὸν ή **έντασις** τοῦ πεδίου εἶναι **σταθερά** εἰς ὅλα τὰ σημεία τοῦ πεδίου.

141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου.—Λαμβάνομεν δύο ὅμοια ηλεκτροσκόπια καὶ ἐπὶ τῶν δύο δίσκων των 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 αὐ-

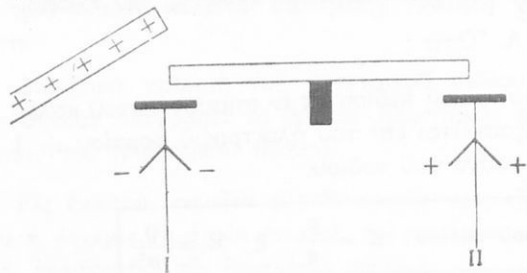


Σχ. 151. Τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία.

τῶν. 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 ἑτερονύμως ηλεκτρισμένα (σχ. 152). Ἐὰν ὅμως συνδέσωμεν τὰ δύο ηλεκτροσκόπια διὰ τῆς μεταλλικῆς ράβδου, καὶ ἀπομακρύνωμεν τὴν ὑαλίνην ράβδον, τὰ ηλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο ηλεκτροσκοπιῶν ἐξαφανίζονται. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι τὰ δύο ηλεκτροσκόπια φέρουν ἴσα ἑτερόνυμα ηλεκτρικὰ φορτία.

"Όταν ἀρχικῶς ή μεταλλικὴ ράβδος στηρίζεται ἐπὶ τῶν δίσκων τῶν δύο ηλεκτροσκοπιῶν, τότε τὰ μεταλλικὰ στελέχη των καὶ ή ράβδος

ἀποτελοῦν ἓνα συνεχῆ μεταλλικὸν ἄγωγόν. Ὁ ἄγωγὸς οὗτος, ὅταν εὐ-

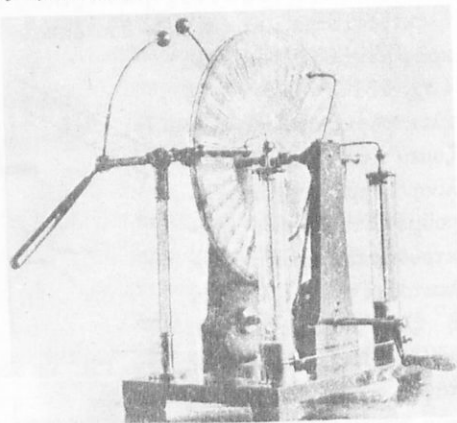


Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων εἶναι ἑτερόνυμα.

ρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τῆς ὑαλίνης ράβδου, ἡλεκτρίζεται καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐμφανίζονται ἴσα ἑτερόνυμα φορτία. Ὁ τοιοῦτος τρόπος ἡλεκτρίσεως ἄγωγῶν καλεῖται **ἡλέτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς** (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως).
"Ὡστε :

Ὅταν ἄγωγὸς εὐρεθῇ ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσα ἑτερόνυμα φορτία.

Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἡλεκτρίσεως ἐξ ἐπαγωγῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς ἡλεκτροστατικής μηχανῆς τοῦ Wimshurst, ἡ ὁποία συγκεντρώνει τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς ἑτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία εἰς δύο μεταλλικὰ σφαιρίδια (σχ. 153).



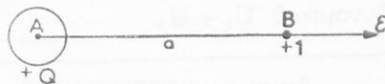
Σχ. 153. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimshurst.

142. Δυναμικόν.—Μικρὸς σφαιρικός ἄγωγός Α (σχ. 154)

φέρει φορτίον $+Q$. Τότε περίξ αὐτοῦ ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον. Εἰς ἓν σημεῖον Β τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν τὸ φορτίον $+1$. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ τότε ἡ δύναμις $E = \frac{Q}{\alpha^2}$. Ἐὰν τὸ ὑλικὸν σημεῖον εἶ-

ναι 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 ἀπείρος. Κατὰ τὴν μετακίνησιν αὐ-

τὴν τοῦ φορτίου $+1$ ἀπὸ τὸ σημεῖον B τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπείρου παράγεται ἔργον. Τὸ ἔργον τοῦτο εἶναι μέγεθος χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ σημεῖον B τοῦ πεδίου καὶ καλεῖται **δυναμικὸν** τοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον B. Ὡστε :



Δυναμικὸν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον B καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου, ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον B μέχρι τοῦ ἀπείρου. Σχ. 154. Διὰ τὸν ὅρισμόν τοῦ δυναμικοῦ.

Τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον τοῦ ἀγωγοῦ A ἀρχίζει ἀπὸ τὰ σημεία τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ἐπὶ τῆς ὁποίας τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q εὑρίσκεται εἰς ἰσοροπίαν. Ἔνεκα τούτου ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὁρισμός :

Δυναμικὸν ἑνὸς ἡλεκτρισμένου ἀγωγοῦ καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ἀγωγοῦ τούτου, ὅταν τὸ φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἀπείρου.

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι θετικὸν ἢ ἀρνητικόν, καθ' ὅσον τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι θετικὸν ἢ ἀρνητικόν.

Εἶναι φανερόν ὅτι ἀγωγὸς ἔχει δυναμικόν, ὅταν εἶναι ἡλεκτρισμένος. Ἐπειδὴ τὸ ἑδάφος οὐδέποτε παρουσιάζεται ἡλεκτρισμένον, δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι :

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἑδάφους εἶναι ἴσον μὲ μηδέν.



143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.— Δύο ἡλεκτρισμένοι σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως δυναμικὸν U_1 καὶ U_2 . Τὰ δυναμικὰ αὐτὰ εἶναι ἄνισα $U_1 > U_2$. Τότε λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν A καὶ B 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 ἐξῆς συμπέρασμα :

Ἐάν ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α μεταφερθῇ εἰς τὸν ἀγωγὸν Β ἡλεκτρικὸν 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 ἡλεκτρικοῦ 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 ἡλεκτρικοῦ 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 εὐρεθεῖσα σχέσις μᾶς βοηθεῖ νὰ ὀρίσωμεν τὰς μονάδας δυναμικοῦ. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς δυναμικοῦ εἶναι τὸ δυναμικὸν ἀγωγοῦ, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν τῆς ἡλεκτροστατικῆς μονάδος φορτίου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 1 ἔργιον.

$$1 \text{ ΗΣΜ} - \text{δυναμικοῦ} = \frac{1 \text{ erg}}{1 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}}$$

Ἡ πρακτικὴ μονὰς δυναμικοῦ καλεῖται **Volt** (1 V) καὶ ὀρίζεται ὥς ἑξῆς :

Τὸ δυναμικὸν ἑνὸς 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 σχέσηis μεταξύ τῆς πρακτικῆς μονάδος Volt καὶ τῆς ΗΣΜ — δυναμικοῦ εὐρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι :

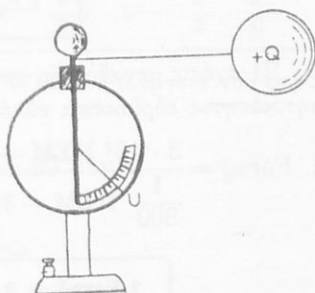
$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}} \quad \text{ἄρα}$$

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

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 ἑνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 220 Joule. Ἐπίσης, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς ἔχει δυναμικὸν 500 000 Volt, ἐννοοῦμεν ὅτι, ἂν ἀφῆσωμεν 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 σύνηθες ἡλεκτροσκόπιον (σχ. 155), τοῦ ὁποῖου τὰ φύλλα μετακινοῦνται ἔμπροσθεν τόξου φέροντος διαιρέσεις εἰς Volt.

Ἐστω ὅτι εἰς σφαιρικὸς ἀγωγὸς φέρεται φορτίον Q. Μετὰ 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 τὰ πηλίκον 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 ὅρισμόν ἐνὸς νέου φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι σταθερὸν δι' ἕκαστον ἀγωγὸν καὶ καλεῖται **χωρητικότητα** τοῦ ἀγωγοῦ :



Σχ. 155. Ἡλεκτρόμετρον.

Χωρητικότητας (C) άγωγού καλείται τὸ σταθερὸν πηλίκον τοῦ φορτίου (Q) διὰ τοῦ δυναμικοῦ (U) τοῦ άγωγού.

$$\text{χωρητικότητας άγωγού: } C = \frac{Q}{U}$$

Μονάδες χωρητικότητας. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν ὀρισμοῦ τῆς χωρητικότητος άγωγού $C = \frac{Q}{U}$ εὐρίσκομεν τὰς μονάδας χωρητικότητος.

Ἡλεκτροστατική μονὰς χωρητικότητος εἶναι ἡ χωρητικότης άγωγού, 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 άγωγού εἶναι ἴση μὲ 1 Farad, ὅταν ὁ άγωγὸς 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 εὐκόλως, διότι εἶναι :

$$1 \text{ Farad} = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}}{\frac{1}{300} \text{ ΗΣΜ} - \text{δυναμικοῦ}} \quad \text{ἄρα}$$

$$1 \text{ Farad} = 9 \cdot 10^{11} \text{ ΗΣΜ} - \text{χωρητικότητος}$$

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 ἐνὸς 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 ἀκτῖνα τοῦ ἀγωγοῦ μετρηθεῖσαν εἰς ἑκατοστόμετρα.

Παράδειγμα: Σφαιρικὸς ἀγωγὸς ἔχει ἀκτῖνα $r = 10$ cm. Διὰ νὰ ἀποκτήσῃ ὁ ἀγωγὸς δυναμικὸν 60 Volt, πρέπει ὁ ἀγωγὸς νὰ ἀποκτήσῃ φορτίον :

$$Q = C \cdot U = 10 \cdot \frac{60}{300} = 2 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}$$

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 $Q = 2 \text{ Cb}$ καὶ $U = 30 \text{ Volt}$ 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 $Q = 150 \text{ C.G.S.}$ 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 ἰση 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, ἀκτίνος 5 cm, διὰ νὰ ἔχῃ δυναμικὸν 10 Volt ;

101. Ἀγωγός 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 ἀκτίναν 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 ἀκτίναν $R_1 = 5$ 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



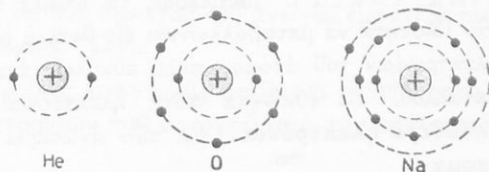
Σχ. 156. Ἀτομον ὕδρογόνου.

ἴδιον τρόπον. Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία ἀναπτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἀρα ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλλήλους 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

ὕποῖος καλεῖται **πρωτόνιον**. Πέριξ τοῦ πυρῆνος περιφέρεται μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχίᾳς ἐν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ἡλεκτρονίον**. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἴση μὲ τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς ὅλης μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Τὸ

ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου 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 ἡλεκτρικὸν φορτίον μικρότερον τοῦ στοιχειώδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἅτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἔχουν περισσότερον πολὺπλοκον κατασκευήν, ἀποτελοῦνται ὅμως πάντοτε ἀπὸ ἑνός θετικῶς ἠλεκτρισμένου πυρῆνα καὶ ἀπὸ ὠρισμένων δι' ἕκαστον εἶδος ἀτόμου ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (σχ. 157). Ὅταν τὸ ἅτομον εἶναι οὐδέτερον, τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἡλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοιπὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 157. Ἄτομα ἡλίου, ὀξυγόνου καὶ νατρίου.

I. Τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι πάντοτε ἀκέραια πολλαπλάσια τοῦ στοιχειώδους φορτίου τοῦ ἡλεκτρονίου.

στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb

II. Τὰ θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τῶν πυρῆνων τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

II. Τὰ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρονίου, 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 περίσσειαν 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 ἑτερονύμως. 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 ἔρχονται εἰς στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των, τότε ἡλεκτρόνια μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ οὕτως ἐπὶ τῶν δύο σωμάτων ἐμφανίζονται ἴσα ἑτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία.

Ἐστω ὅτι ἓν σῶμα Α φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ οὐδέτερον μεμονωμένον ἀγωγὸν Β, τότε μέρος τῶν πλεοναζόντων ἐπὶ τοῦ σώματος Α ἡλεκτρονίων μεταβαίνει εἰς τὸν ἀγωγὸν Β. Οὕτως ὁ ἀγωγὸς Β ἀποκτᾷ ἀρνητικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ σῶμα Α εἶναι θετικῶς ἡλεκτρισμένον, τότε μέρος τῶν ἐλευθέρων

ἡλεκτρονίων τοῦ ἀγωγοῦ B μεταβαίνει εἰς τὸ σῶμα A καὶ οὕτως ὁ ἀγωγὸς B ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένος. "Ωστε :

"Οταν ἡλεκτρισμένον σῶμα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ μεμονωμένον οὐδέτερον ἀγωγόν, τότε ἡ ἔρχονται ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρόνια ἢ ἀποσπῶνται ἀπὸ αὐτὸν ἡλεκτρόνια καὶ οὕτως ἐμφανίζονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀρνητικὰ ἢ θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία.

Τέλος, ἐὰν μεμονωμένος οὐδέτερος ἀγωγὸς εὐρεθῇ ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ ἀγωγοῦ μετακινοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εἰς δύο περιοχὰς τοῦ ἀγωγοῦ ἐμφανίζονται ἴσα ἐτερώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία. "Ωστε :

Ἡ ἡλέκτρισις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων τοῦ ἀγωγοῦ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἀντιθέτως πρὸς τοὺς ἀγωγούς, οἱ μονωταὶ ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ διατηροῦν ἐντοπισμένα τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐπ' αὐτῶν ἡλεκτρικὰ φορτία. Οὕτως, ἐὰν εἰς μίαν περιοχὴν τοῦ μονωτοῦ παρουσιασθῇ ἑλλειψὶς ἢ περίσσεια ἡλεκτρονίων, τὸ θετικὸν ἢ τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον μένει ἐντοπισμένον εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν τοῦ μονωτοῦ. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ μονωτὴς δὲν ἔχει ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

104. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον — 6,4 Cb. Πόσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ἡλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα φέρει ὁ ἀγωγός;

105. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον + 3,2 Cb. Πόσα ἡλεκτρόνια ἔχασεν ὁ ἀγωγός;

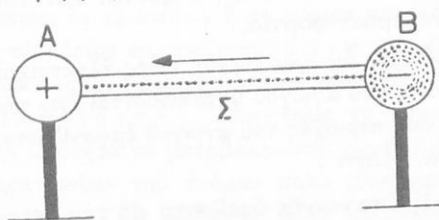
106. Δύο ἐτερώνυμα στοιχειώδη ἡλεκτρικὰ φορτία +e καὶ —e εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 1 mm. Πόση εἶναι ἡ μεταξύ αὐτῶν ἀσκουμένη ἑλξίς ;

107. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορά δυναμικοῦ 1 Volt. Ἐν ἡλεκτρονιον μεταβαίνει ἀπὸ τὸν ἓνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον. Πόσον ἔργον εἰς ἔργια καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτὴν τὴν μετακίνησιν τοῦ ἡλεκτρονίου ;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΥΜΑ

151. Παραγωγή ροῆς ἡλεκτρονίων.— 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 ἡλε-

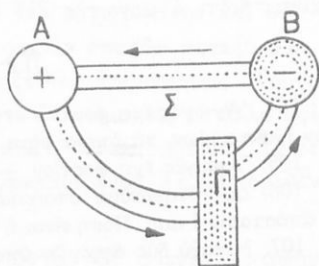
κτρόνια θα έλθουν διὰ μέσου τοῦ σύρματος εἰς τὸν ἄγωγόν Α καὶ οἱ δύο ἄγωγοι θα γίνουν οὐδέτεροι. Ἡ τοιαύτη ροὴ ἡλεκτρονίων διὰ μέσου τοῦ σύρματος ἀποτελεῖ **ἡλεκτρικὸν ρεῦμα**. Ἡ διάρκεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἦτο ἐλαχίστη. Ἐὰν θέλωμεν νὰ διατηρηθῇ συνεχὴς αὕτη ἡ ροὴ τῶν ἡλεκτρονίων, πρέπει συνεχῶς νὰ ἀφαιρῶνται ἀπὸ τὸν



Σχ. 158. Ροὴ ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἄγωγοῦ Β πρὸς τὸν ἄγωγον Α.

ἄγωγον Α τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἡλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρονται ἐπὶ τοῦ ἄγωγοῦ Β. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρῆται σταθερὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄγωγων Α καὶ Β. Ἡ συνεχὴς ἀφαίρεσις τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἄγωγον Α καὶ ἡ

ἐπαναφορά των ἐπὶ τοῦ ἄγωγοῦ Β ἐπιτυγχάνεται μὲ εἰδικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **γεννήτριαι ρεύματος** ἢ καὶ ἀπλῶς **γεννήτριαι**. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι εἶναι ἀντλίας ἡλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἄγωγοι 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 αὕτη 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 αὕτη τοῦ ρεύματος καλεῖται **συμβατική φορὰ** καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὴν τεχνικὴν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα :



Σχ. 159. Ἡ γεννήτρια (Γ) εἶναι μία 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 συνεχῆς ροὴ ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τῆς.

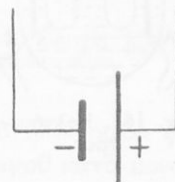
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φοράν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φορᾶς δὲν ἐμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

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).



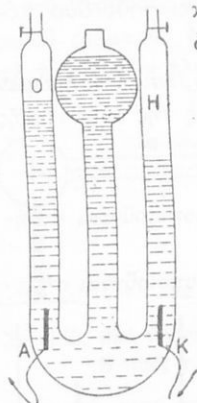
Σχ. 160. Συμβολικὴ παράστασις γεννητρίας.

153. Δραῖσις 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,

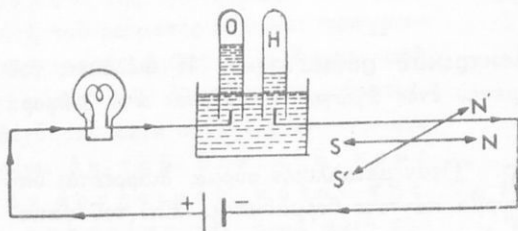
διὰ τῆς ὁποίας γίνεται ἡ ἠλεκτρόλυσις καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα συνδέονται μετὰ τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, καλοῦνται ἀντιστοίχως **ἄνοδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν



Σχ. 161. Βολτάμετρον.

ἀραιῶν ὕδατικῶν διαλυμάτων ὀξέων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, ἐνῶ κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλυμάτων βάσεων καὶ ἀλάτων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται μέταλλον. Εἰς τὸ σχῆμα 161 φαίνονται τὰ προϊόντα, τὰ ὁποῖα συλλέγονται κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

γ) Μαγνητικὰ φαινόμενα. Ἐάντι τῆς ἠρεμούσης μαγνητικῆς βελόνης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἀγωγὸν διαρ-

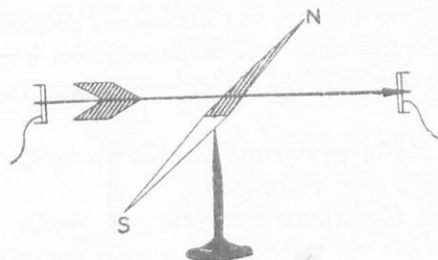


Σχ. 163. Θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

ρέομενον ὑπὸ ρεύματος (σχ. 163). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὼν ἀμέσως ἀποκλίνει καὶ τείνει νὰ τοποθετηθῇ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα πα-

ράγει περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίων. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

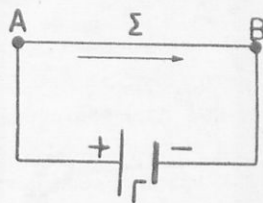
Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα.



Σχ. 162. Ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος

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 πράξιν ὡς μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνεται τὸ **1 Ampère (1 A)**, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

Ρεῦμα ἔχει ἔντασιν ἴσην μετὰ 1 Ampère ὅταν διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον ἡλεκτρικὸν φορτίον ἴσον μετὰ 1 Coulomb.

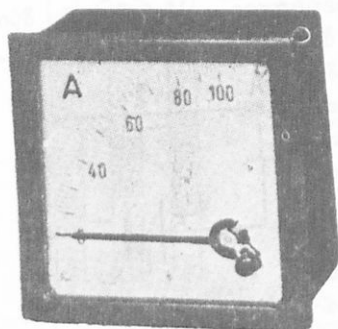
$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος: } 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Cb/sec}$$

Ὅταν λοιπὸν λέγωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A, ἐννοοῦμεν ὅτι ἀπὸ ἐκάστην τομὴν τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον φορτίον 5 Cb. Ἐπομένως εἰς χρόνον $t = 10 \text{ min}$ διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον :

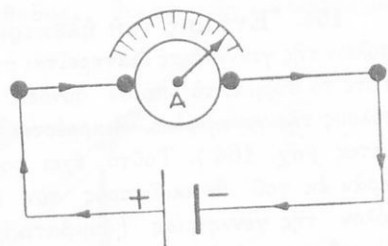
$$Q = I \cdot t = 5 \text{ Cb/sec} \cdot 600 \text{ sec} = 3\,000 \text{ Cb}$$

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται μετὰ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα

καλούνται **άμπερόμετρα** (σχ. 165) καὶ τὰ ὅποια λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος. Τὸ ἄμπερόμετρον

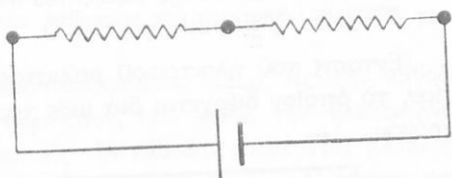


Σχ. 165. Ἀμπερόμετρον.



Σχ. 166. Τὸ ἄμπερόμετρον τίθεται κατὰ σειράν εἰς τὸ κύκλωμα.

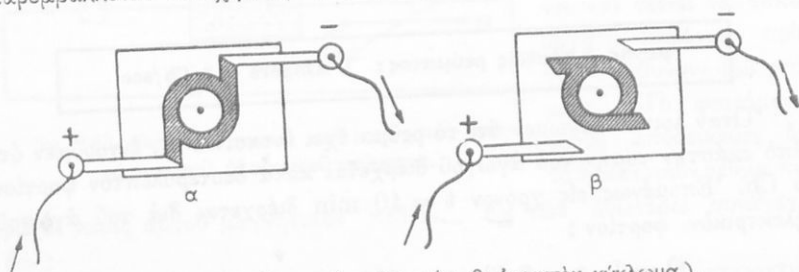
παρεμβάλλεται κατὰ σειράν εἰς τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν (σχ. 166). Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἄμπερομέτρου εὐρίσκομεν ὅτι :



Σχ. 167. Κλειστὸν κύκλωμα.

Καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος συνδέει τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερά.

155. Κύκλωμα.—Ὅταν μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας παρεμβάλλεται συνεχὴς ἀγωγὸς ἢ σειρά ἀγωγῶν, λέγομεν ὅτι ἔχομεν



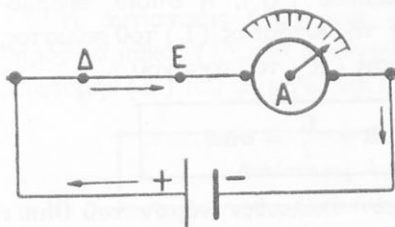
Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστὸν, β ἀνοικτὸν κύκλωμα).

κλειστὸν κύκλωμα (σχ. 167). Ἐὰν ἡ σειρά τῶν ἀγωγῶν διακόπτε-

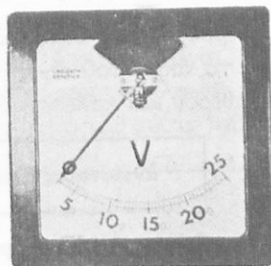
ται εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν ὅτι τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἀνοιγμα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

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 τμῆμα ΔE τοῦ σύρματος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ συνεπῶς μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ E ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Διὰ τὴν μέ-



Σχ. 169. Μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ E ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ.

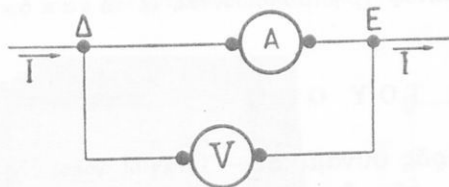


Σχ. 170. Βολτόμετρον

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 E (σχ. 171) παρεμβάλλομεν τὸ βολτόμετρον κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων, χωρὶς 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 του Ohm δια τμήμα άγωγού.—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 .

ρεύμα ἔχει ἔντασιν I . Μεταβάλλομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ (π.χ. διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας περισσοτέρων γεννητριῶν). Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ τάσις γίνεταί $2U, 3U, 4U...$, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος γίνεται ἀν-

τιστοίχως $2I, 3I, 4I...$ Οὕτω τὸ πηλίκον τῆς τάσεως διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος παραμένει πάντοτε **σταθερὸν** διὰ τὸ τμήμα τοῦτο τοῦ σύρματος. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι :

Τὸ πηλίκον τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ (U), ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ άγωγού, διὰ τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος, εἶναι σταθερὸν καὶ καλεῖται ἀντίστασις (R) τοῦ άγωγού.

$$\text{ἀντίστασις άγωγού: } R = \frac{U}{I} = \text{σταθ.}$$

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 άγωγού, 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 :

Ἄγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν ἴσην μὲ 1 Ohm, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ὑπάρχη 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 :

$$\begin{array}{lll} 1 \text{ megohm} & (1 \text{ M}\Omega) & = 10^6 \text{ Ohm} \\ 1 \text{ microhm} & (1 \text{ }\mu\Omega) & = \frac{1}{10^6} \text{ Ohm} \end{array}$$

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) ἑνὸς 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 ἄνωτέρω σχέσιν εὐρίσκομεν $R = \rho$. Δηλαδή :

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις (ρ) τοῦ ἀγωγοῦ φανερώνει τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἄγωγος εἰς σχῆμα κύβου πλευρᾶς 1 cm .

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τῶν σωμάτων μετρεῖται συνήθως εἰς Ohm ἢ microhm, ὅταν τὸ μῆκος (l) μετρηθῇ 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 :

$$\frac{1 \Omega \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \Omega \cdot \text{cm} \quad \text{ἢ} \quad \text{τὸ} \quad \frac{1 \mu\Omega \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Ειδική αντίστασις μερικών μετάλλων εις $\mu\Omega \text{ cm}$			
Ἀργυρος	1,62	Σίδηρος	9,80
Χαλκός	1,72	Λευκόχρυσος	10,50
Ἀργίλλιον	2,82	Υδράργυρος	95,78
Βολφράμιον	5,50		

Π α ρ á 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. Ἐάν 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. Ὄταν δὲ ἡ θερμοκρασία γίνῃ -269°C ἡ ἀντίστασις τῶν μετάλλων εἶναι ἀσήμαντος καὶ οὕτω τὰ μέταλλα γίνονται τότε ὑπεραγωγοί.

Π α ρ á 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 αὔξησις 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, όπως το κοινισταντάν (Cu, Ni), ή μαγγανίνη (Cu, Mn, Ni), ή νικελίνη (Cu, Zn, Ni, Fe) και ο νεάργυρος (Cu, Zn, Ni). Τα κράματα αυτά έχουν ασημένιαν θερμικόν συντελεστήν αντίστασεως.

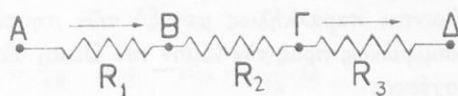
162. Κύτταρον σεληνίου.—Το μέταλλον σελήνιον έχει την ενδιαφέρουσαν ιδιότητα να ελαττώνεται ή ειδική αντίστασις αὐτοῦ, ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμός του. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ **κυττάρου σεληνίου**.

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυττάρου σεληνίου ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 20 Volt. Εἰς τὸ σκότος ἡ αντίστασις τοῦ κυττάρου εἶναι περίπου 10^5 ἕως 10^6 Ohm. Ὅταν ὁμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ἡ αντίστασις αὐτοῦ ελαττώνεται σημαντικῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. Ὅσον δὲ ἰσχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμός 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 μεταξύ των κατὰ τοὺς ἀκολουθοῦς δύο τρόπους:

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

“Ὅταν τρεῖς ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 172), τότε 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 :

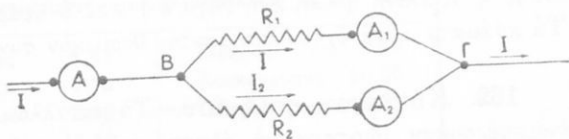
$$U_A - U_\Delta = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

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. Μεταξύ δύο σημείων Β και Γ ενός κυκλώματος παρεμβάλλονται αί δύο αντίστας R_1 και R_2 (σχ. 173). Τότε το ρεύμα έντάσεως I χωρίζεται εις δύο ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀντιστοίχους ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 . Μὲ τὴν βοήθειαν ἀμπερομέτρων εὐρίσκομεν 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 συνδεδεμένας ἀντιστάσεις.

$$I = I_1 + I_2$$

(1)

Μεταξύ τῶν δύο σημείων Β καὶ Γ τοῦ κυκλώματος ἡ διαφορά δυναμικοῦ (U) εἶναι ἡ αὐτή, ὅσαιδήποτε ἀντιστάσεις καὶ ἂν παρεμβάλλονται παραλλήλως μεταξύ τῶν σημείων τούτων (σχ. 173). Τότε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, θὰ ἔχωμεν δι' ἕκαστον κλάδον τὴν σχέσιν :

$$U = I_1 \cdot R_1 \quad U = I_2 \cdot R_2 \quad U = I_3 \cdot R_3 \quad (2)$$

ἢτοι $U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3$

Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (2) εὐρίσκομεν :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

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 $R_{ολ}$, ἡ 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.

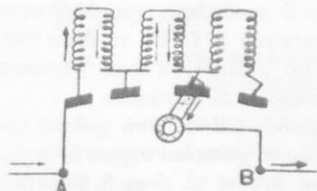
Π α ρ ά ε ι γ μ α . Ἐχομεν τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$. Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις εἶναι :

$$R_{ολ} = 2 + 3 + 4 = 9 \Omega$$

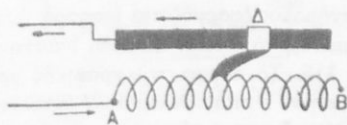
Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις θὰ εἶναι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{13}{12} \quad \text{ἄρα} \quad R_{ολ} = \frac{12}{13} \Omega$$

164. Ροοστάται.—Εἰς πολλὰς περιπτώσεις εἶναι ἀνάγκη νὰ μεταβάλλωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον 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 ὅποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δι' ἐνὸς βολτομέτρου εὐρίσκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U , ἥ 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 ἡλεκτρικὸν 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 τοῦ δευτέρου σύρματος πρέπει νὰ λάβωμεν $12,5 \text{ Ohm}$. 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 ὅποῖον 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 μὲ ἀντίστασιν 10Ω . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὅλου συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορά δυναμικοῦ 200 Volt . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον 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 μὲ σύρμα ἀργιλίου 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 βῆρος τῆς παλαιᾶς;

Εἰδικαὶ ἀντιστάσεις: χαλκοῦ $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, ἀργιλίου $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Εἰδικὰ βάρη: χαλκοῦ $9 \text{ gr}^*/\text{cm}^3$, ἀργιλίου $2,7 \text{ gr}^*/\text{cm}^3$.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

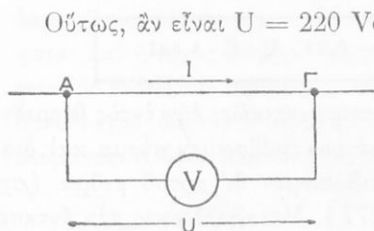
166. Ἐνέργεια καὶ ἰσχύς τοῦ ρεύματος.—Μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων Α καὶ Γ ἑνὸς σύρματος ὑπάρχει σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 176). Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I καὶ διαρρέει τὸ σύρμα ἐπὶ t δευτερόλεπτα. Τότε διὰ τοῦ σύρματος μεταφέρεται ἐκ τοῦ Α εἰς τὸ Γ ἡλεκτρικὸν φορτίον $Q = I \cdot t$. Κατ' αὐτὴν τὴν μεταφορὰν 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, μετρουμένη εἰς Joule εἶναι :

ἐνέργεια τοῦ ρεύματος :	$R = U \cdot I \cdot t \text{ Joule}$	(1)
-------------------------	---------------------------------------	-------



Σχ. 176. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει ἔργον.

Οὕτως, ἂν εἶναι $U = 220 \text{ Volt}$, $I = 2 \text{ Ampère}$ καὶ $t = 10 \text{ sec}$, ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διήλθεν διὰ τοῦ σύρματος εἶναι :

$$W = 220 \cdot 2 \cdot 10 = 4400 \text{ Joule}.$$

Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν ἰσχύν τοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ νὰ διαιρέσωμεν τὸ ὑπὸ τοῦ ρεύματος παραγόμενον ἔργον $U \cdot I \cdot t$ διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου t . Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

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 :

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \text{ἢ} \quad W = I^2 \cdot R \cdot t \text{ Joule}$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μεταβάλλεται ὁλόκληρον εἰς θερμότητα, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν θέρμανσιν τοῦ σύρματος. Ἐπειδὴ 1 θερμὴ ἰσοδυναμεῖ με 4,19 Joule, εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος (Q_{θ}), ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ σύρματος, εἶναι :

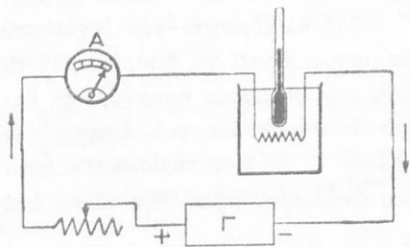
$$Q_{\theta} = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

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 διελύσεως 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 διελύσεως τοῦ ρεύματος ἐπαληθεύομεν εὐκόλως τὸν νόμον τοῦ Joule.



Σχ. 177. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Joule.

Ἐστὶν ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 10 A. Ἡ ἀναπτυσσομένη ἐπὶ τοῦ σύρματος ποσότης θερμότητος εἶναι :

$$Q_{\theta} = 0,24 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 600 = 72\,000 \text{ cal}$$

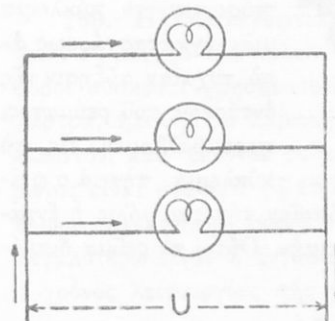
Π α ρ á δ ε ι γ μ α. Σύρμα ἔχει ἀντίστασιν 5 Ω καὶ ἐπὶ 10 min διαρρέεται

168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος.— Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκμεταλλεύομεθα σήμερον εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς.

α) Οί ηλεκτρικοί λαμπτήρες διά πυρακτώσεως αποτελούνται από υάλινον δοχείον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχεται ἀδρανὲς ἀέριον (ἀργὸν ἢ ἥλιον) καὶ μακρὸν καὶ λεπτὸν σύρμα ἀπὸ πολὺ δύστηκτον μέταλλον (βολφράμιον, ὀσμιον, ταντάλιον). Τὸ διαπυρρῶμενον μέταλλον φῶτοβολεῖ (σχ. 178). Ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος ἀνέρχεται εἰς 2100° ἕως 2300° C. Εἰς τοὺς συγχρόνους λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως ἡ καταναλισκόμενη ἰσχύς ἀνέρχεται εἰς 0,5 ἕως 0,9 Watt κατὰ κηρίον. Ὅλοι οἱ λαμπτήρες μιᾶς ἐγκαταστάσεως πρέπει νὰ λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Διὰ τοῦτο οἱ λαμπτήρες τῆς ἐγκαταστάσεως συνδέονται παραλλήλως (σχ. 179). Ἐκαστος λαμπτήρ λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπὸ μίαν ὁρισμένην τάσιν, ἡ ὁποία σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος ἀναγράφεται καὶ ἡ ἰσχύς καταναλώσεως τοῦ λαμπτήρος. Ἐκ τῶν ἀναγεγραμμένων δύο ἐνδείξεων εὐρίσκωμεν 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 με :

$$W = 50 \text{ Wh ἢ } W = 0,05 \text{ kWh.}$$

β) Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον σχηματίζεται μεταξὺ δύο ραβδίων ἄνθρακος, εἰς τὰ ἅκρα τῶν ὁποίων ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 40 ἕως 60 Volt. Φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰ ἅκρα τῶν δύο ραβδίων. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον τὰ ἅκρα τῶν ραβδίων, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἀέρος καὶ με-

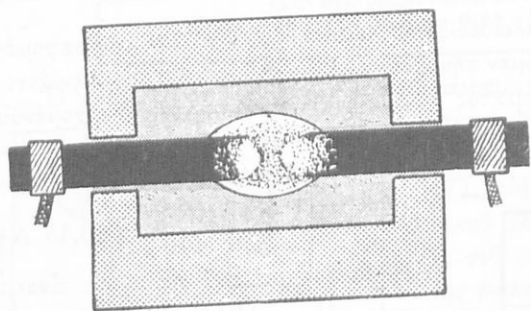
ταξύ των δύο ραβδίων σχηματίζεται ισχυρόν φωτεινόν τόξον (σχ. 180). Τα δύο ραβδία του άνθρακος φθείρονται, αλλά ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικόν ἤλεκτροδίου, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου σχηματίζεται κρα-



Σχ. 180. Ἡλεκτρικόν τόξον.

τηρ. Εἰς τὸν κρατῆρα ἡ θερμοκρασία εἶναι 3500°C . Τὸ ἤλεκτρικόν τόξον ἀποτελεῖ ἰσχυροτάτην φωτεινήν πηγὴν καὶ χρησιμοποιεῖται πρὸς φωτισμὸν (εἰς τοὺς προβολεῖς κ.ἄ.). Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν κάμινον (σχ. 181) διὰ τὴν τῆξιν διαφόρων δυστήκτων σωμάτων, διὰ τὴν παρασκευὴν ενώσεων (π.χ. τοῦ άνθρακασβεστίου), καὶ εἰς τὴν ἡλεκτρομεταλλουργίαν (παρασκευὴ ἀργιλίου).

γ) Αἱ συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς. Οὕτως ἔχομεν θερμικὰς συ-



Σχ. 181. Ἡλεκτρικὴ κάμινος.

σκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως (ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἡλεκτρικαὶ κουζῖναι, ἡλεκτρικὰ σίδερα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἀπὸ τυχαίαν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀσφά-

λειαν. Αὕτη εἶναι εὐτήκτων 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. Αἶθουσα φωτίζεται ἀπὸ 6 λαμπτήρας, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχύν

60 Watt. Πόσον κοστίζει ο φωτισμός της αίθουσας επί 4,5 ώρας, αν το κιλοβατώραν τιμᾶται 1,2 δραχμές;

119. Τρεῖς ἀντιστάσεις 2Ω , 3Ω καὶ 5Ω συνδέονται κατὰ σειρὰν. Εἰς 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 κιλοβατώραν 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 αἶθουσα φωτίζεται ἀπὸ 3 λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχύν 40 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 Volt. Ἡ αἶθουσα 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 ἐκάστου λαμπτήρος καὶ τῆς θερμάστρας; Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕκαστον τῶν ἀνωτέρω ὀργάνων;

ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Ἀς θεωρήσωμεν μίαν γεννήτριαν Γ, μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὁποίας παρεμβάλλονται κατὰ σειρὰν διάφοροι συσκευαὶ χρησιμοποίησεως 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 μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα 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 ἰσχὺς P μετρεῖται εἰς Watt, ἔπεται 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 ($I=1\text{ A}$), 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.

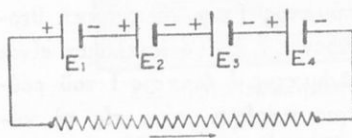
Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἂς θεωρήσωμεν δύο γεννητρίας A καὶ B , αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἀντιστοίχως ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E_1 = 500$ Volt καὶ $E_2 = 100$ Volt. Ὅταν αἱ δύο αὗται γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I , τότε ἡ μὲν γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ἰσχύν $P_1 = E_1 \cdot I$, ἡ δὲ γεννήτρια B παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της ἰσχύν $P_2 = E_2 \cdot I$.

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 **χ α ρ α κ τ η ρ ι σ τ ι κ ὸ ν**



Σχ. 182. Σύνδεσις γεννητριῶν κατὰ σειρὰν.

ἐκάστη, γεννητρίας καὶ φανερώνει πόσῃ ἰσχύϊ εἰς Watt δίδει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά της δι' ἕκαστον Ampère τοῦ παρεχομένου ρεύματος. Ἐὰν συνδεθοῦν πολλαὶ γεννήτριαι **κ α τ ἄ σ ε ι ρ ἄ ν**, 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 . Ἐκάστη 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.— Ἐὰν θεωρήσωμεν κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει γεννήτριαν Γ καὶ ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν R (σχ. 183).

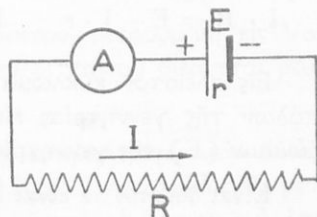
Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύϊν $P = E \cdot I$, ἡ ὁποία ἐξ ὁλοκλήρου μεταβάλλεται ἐπὶ τοῦ κυκλώματος εἰς θερμότητα. Ἐκάστη γεννήτρια διαρρέεται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος καὶ παρουσιάζει μίαν ἀντίστασιν r , ἡ ὁποία καλεῖται **ἐσωτερικὴ ἀντίστασις** 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 αὕτη 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 ὁλικὴν ἀντίστασιν ($P_{ολ}$) 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 ρεῖμα ἐντάσεως $I = 2$ Ampère. Ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχη ὥρισμένην 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 :

$$I \cdot R = E - I \cdot r \quad \text{ἤτοι}$$

$$U = E - I \cdot r$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (U) μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν (E) τῆς γεννητρίας.

Εἶναι δυνατόν νὰ εἶναι $U = E$, ἐὰν εἶναι $I = 0$, δηλαδὴ ἐὰν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Ἐκ τούτων συνάγεται ὁ ἀκόλουθος ὅρισμός τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως :

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ 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 ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἢ δαπανωμένη ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία τοιαύτη συσκευὴ λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ ν ε κ ρ ἄ ν ἀ ν τ ῖ σ τ α σ ι ν. Εἰς τὸ βολτάμετρον ἢ τὸν ἀνεμιστήρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἄλλο δὲ μέρος αὐτῆς μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συσκευὴ καλεῖται γενικῶς **ἀποδέκτης**. Ὁ ἀνεμιστήρ καὶ γενικῶς ὁ ἡλεκτρικὸς κινητὴρ εἶναι τόσοι καλύτεροι, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Εἰς ἓνα ἀποδέκτην ἡ ἰσχύς (P) τῆς ἡλεκτρικῆς 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.

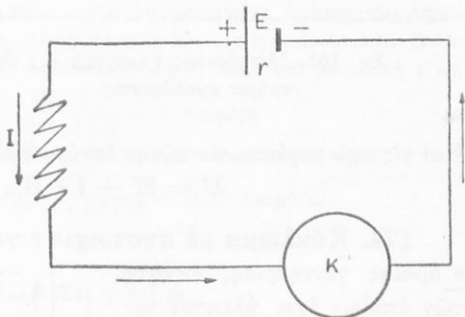
ἰσχύς ἀποδέκτου : $P = E' \cdot I$

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 ἡλεκτρεγερτικὴ 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 ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Οὕτως, ἂν ὁ ἡλεκτρικὸς κινήτηρ ἔχῃ ἀντὴλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E' = 200 \text{ Volt}$, αὕτη φανερώνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινήτηρος διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 A, τότε ὁ κινήτηρ παρέχει μηχανικὴν ἐνέργειαν ; ἡ ὁποία ἔχει ἰσχὺν 200 Watt.

173. Κύκλωμα μὲ γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—Εἰς κλειστὸν κύκλωμα υπάρχουν συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν γεννήτρια, ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἀποδέκτης π.χ. κινήτηρ K (σχ. 184). Ἡ γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r , ὁ δὲ κινήτηρ 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 κινήτηρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχύν : $P' = E' \cdot I$. Συγχρόνως ἐφ' ὧν τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ποσότης θερμότητος $(R + r + r') \cdot I^2$.



Σχ. 184. Κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ κινήτηρα (K).

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :

$$E \cdot I = E' \cdot I + (R + r + r') \cdot I^2 \quad \text{ἢ} \quad E = E' + (R + r + r') \cdot I$$

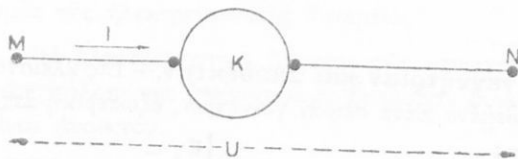
Εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνουν γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἢ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως (E') τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν ($R_{ολ}$) τοῦ κυκλώματος.

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

Παράδειγμα. 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 ἐντάσις 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. κινητῆρ), ἔχων ἀντηλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' (σχ. 185).



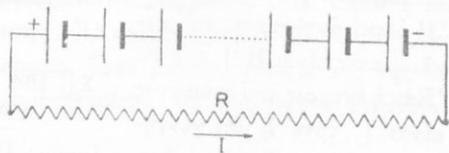
Σχ. 185. Ἀποδέκτης (κινητῆρ K) εἰς τμήμα κυκλώματος.

Τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντάσιν 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.

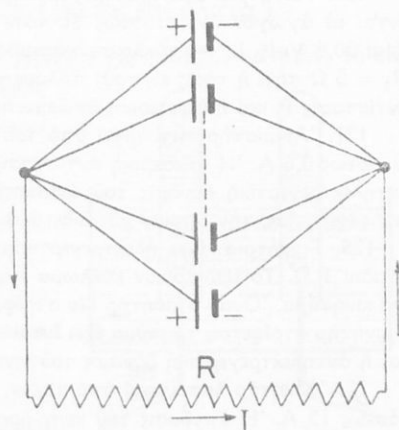
Ἐὰν αἱ n γεννήτριαι συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 186), τότε ἡ ὅλικη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.

τῆς συστοιχίας εἶναι $v \cdot E$, ἡ δὲ ὅλική ἀντίστασις αὐτῆς εἶναι $v \cdot r$.
 Ἄν R εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, τότε συμφώ-
 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 ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι E , διότι εἶναι ὡς ἐὰν 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 :

$$E = I \cdot \left(R + \frac{r}{v} \right) \quad \text{ἔρα} \quad v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Ἐστω ὅτι ἔχομεν $v = 10$ γεννητρίαις, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει $E = 2$ Volt καὶ $r = 0,1$ Ohm. Ὁ ἐξωτερικὸς ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν $R = 9$ Ohm. Ἄν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{v \cdot E}{R + v \cdot r} = \frac{(10 \cdot 2)V}{(9 + 1)\Omega} = 2 \text{ Ampère}$$

Ἄν 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 ηλεκτρεγερτικὴν 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 διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R_2 ;

125. Γεννήτρια ἔχει ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 8 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει κατὰ σειρὰν ἀντίστασιν R καὶ

βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν $R' = 300 \Omega$. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις R , ὥστε τὸ βολτόμετρον νὰ δεικνύῃ 1,5 Volt ;

126. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 40 Volt. Οἱ πόλοι της συνδέονται μὲ ἀγωγὸν ἀντιστάσεως 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 ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀνεμιστήρος καὶ πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν 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 κινητήρα. Ὄταν ὁ κινητὴρ δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντάσιν 4 A, ἐνῶ, ὅταν ὁ κινητὴρ στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντάσιν 1 A. Πόση εἶναι ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος ;

129. Κινητὴρ 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 ἀντηλεκτρεγερτικὴ 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 αἰ ἐπὶ τῆς γραμμῆς ἀπώλειαι, ἔνεκα τῆς θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ, νὰ εἶναι ἴσαι μὲ τὸ 1/20 τῆς ἰσχύος τῆς γεννητρίας ;

131. Μεταξὺ τῶν πᾶν 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 ὑδατοπίπτωσις ἔχει ἰσχὺν 40 ἀμφοίππων 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 ;

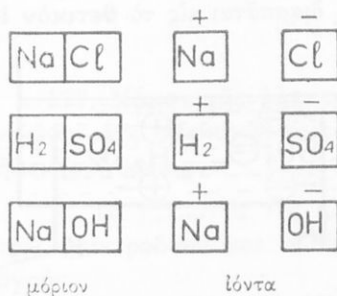
ΗΛΕΚΤΡΟΥΣΙΣ

175. Ἡλεκτρολύται.—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέρχεται διὰ διαλύματος ὀξέος, βάσεως ἢ ἄλλας 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 εὐρίσκωνται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος, εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν (βάσεις καὶ ἅλατα).

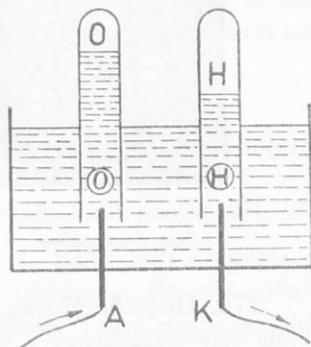
Οὕτως ἡλεκτρολύται εἶναι τὸ τετηγμένον χλωριούχον νάτριον, τὸ εἰς ὕδωρ διάλυμα τοῦ ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος ἢ τοῦ καυστικοῦ καλίου ἢ τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ κ.λ.

Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μόριον ἐκάστου ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἑτερώνυμων 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). Ὅταν 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, δηλαδή τὰ

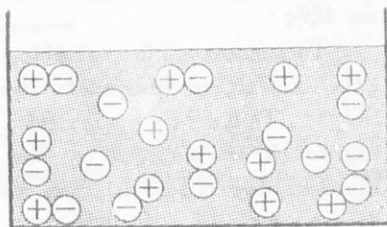


Σχ. 189. Τὸ μόριον τοῦ ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἑτερόνυμα ἰόντα, φέροντα ἴσα φορτία.

μόρια τοῦ ἡλεκτρολύτου διαχωρίζονται εἰς δύο ἑτερόνυμα ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τοῦ διαλύματος ὑπάρχουν τότε ἀκέραια μόρια χλωριούχου νατρίου, θετικὰ ἰόντα νατρίου καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα χλωρίου (σχ. 189α).



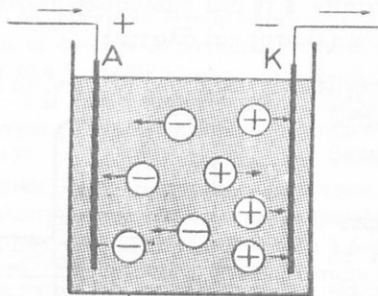
Σχ. 188. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν.



- $\oplus \ominus$ ἀκέραιον μόριον
- $\oplus$ θετικὸν ἰὸν
- $\ominus$ ἀρνητικὸν ἰὸν

Σχ. 189α. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις.

Τὸ διάλυμα εξακολουθεῖ νὰ εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον, διότι ἐντὸς τοῦ διαλύματος περιφέρεται ἴσος ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. Ἐὰν τὸ διάλυμα τοῦ ἡλεκτρολύτου εὐρεθῇ ἐντὸς βολταμέτρου, τότε μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων δημιουργεῖται ἡλεκτρικὸν πεδίου. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον (ἄνοδος) ἔλκει τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον (κάθοδος) ἔλκει τὰ θετικὰ ἰόντα (σχ. 190).

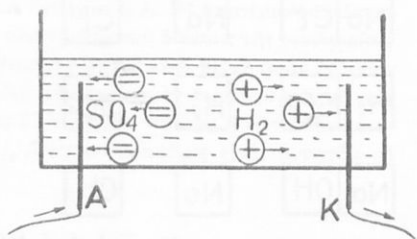


Σχ. 190. Κίνησις τῶν ἰόντων πρὸς τὰ δύο ἡλεκτρόδια.

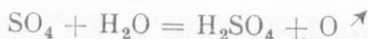
176. Παραδείγματα ἡλεκτρολύσεων.—Θὰ ἐξετάσωμεν κατωτέρω τρία παραδείγματα ἡλεκτρολύσεως. Τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, ὃ ὁποῖος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τῶν ὀξέων.

α) Ἡλεκτρολύται διαλύματος 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 ἰὼν 2H^+ καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὼν SO_4^{--} . Τὸ θετικὸν ἰὼν 2H^+ ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐκεῖ ἐξουδετερώνεται καὶ ἐκλύεται, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἰὼν SO_4^{--} , ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 191). Ἡ ἀρνητικὴ ρίζα SO_4 ἀσκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ ὕδατος μίαν δευτερεύουσαν ἀντίδρασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνασυντίθεται τὸ θεικὸν ὀξύ καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον καὶ ἐκλύεται :

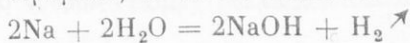


Σχ. 191. Ἡλεκτρόλυσις θεικοῦ ὀξέος.



β) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος βάσεως. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος βάσεως, π.χ. καυστικοῦ καλίου, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον

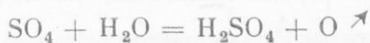
υδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ ναυρίου NaOH διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν Na^+ , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, ὅπου ἐξουδετερώνεται, καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν OH^- , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον ἀντιδρᾷ μὲ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω σχηματίζονται καυστικὸν κάλιον καὶ ὑδρογόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται :



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ ὑδροξύλια ἀνασχηματίζουν τὸ ὕδρω, ἐνῶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον :



γ) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ἁλατος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ἁλατος π.χ. θεικοῦ χαλκοῦ, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον χαλκός, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ CuSO_4 διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν Cu^{++} , τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ἐξουδετερωθῇ, ἐπικάθεται 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 ὑγρόν.

II. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τῶν ὀξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ὁλάτων τὸ μὲν ὑδρογόνον τῶν ὀξέων ἢ τὸ μέταλλον τῶν βάσεων καὶ τῶν ὁλάτων 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, ἡ ὁποία ἐκ τοῦ πειράματος εὑρέθη 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 (ν), ἡ προηγουμένη ἐξίσωσις γράφεται:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{\nu} \cdot Q \quad \text{ἢ} \quad m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{\nu} \cdot I \cdot t$$

Ἐὰν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{\nu} \text{ γραμμάρια / Cb}$$

Ἡ μᾶζα αὕτῃ εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον στοιχεῖον καὶ καλεῖται **ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον** τοῦ στοιχείου. Ἐὰν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 96 500 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι: $m = \frac{A}{\nu}$ 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 ᾶ δ ε ι γ μ α. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα θεικοῦ ψευδαργύρου (ZnSO_4) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεῦμα ἐντάσεως $I = 10$ Ampère. Διὰ τὸν Zn εἶναι $A = 65$ καὶ $\nu = 2$. Ἡ ἀποτιθεμένη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn εἶναι:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{65}{2} \cdot 10 \cdot 965 = 3,25 \text{ gr}$$

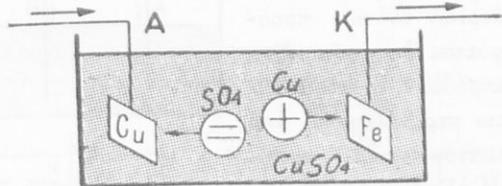
178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως.— Τὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἔχουν μεγάλαν ἐφαρμογάν, κυριώτεροι τῶν ὁποίων εἶναι αἱ ἑξῆς:

α) Εἰς τὴν **ἡλεκτρομεταλλουργίαν** χρησιμοποιεῖται ἡ ἡλεκτρόλυ-

σις διὰ τὴν παρασκευὴν καθαρῶν μετάλλων. Οὕτω τὸ κάλιον, τὸ ἀσβέστιον, τὸ μαγνήσιον λαμβάνονται δι' ἡλεκτρολύσεως τῶν τετηγμένων χλωριούχων ἀλάτων των. Τὸ ἀργίλλιον λαμβάνεται δι' ἡλεκτρολύσεως μείγματος βωξίτου καὶ κρυολίθου. Ὁμοίως λαμβάνεται καὶ ὁ χημικῶς καθαρὸς χαλκός.

β) Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προφύλαξιν ὀρισμένων μετάλλων. Πρὸς τοῦτο τὰ μέταλλα αὐτὰ ἐπικαλύπτονται ἡλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρῶμα

νικελίου, χρωμίου, ἀργύρου ἢ χρυσοῦ. Τὸ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικειμένον ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον τοῦ βολταμέτρου. Ὁ ἡλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα ἄλατος τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὅποιον



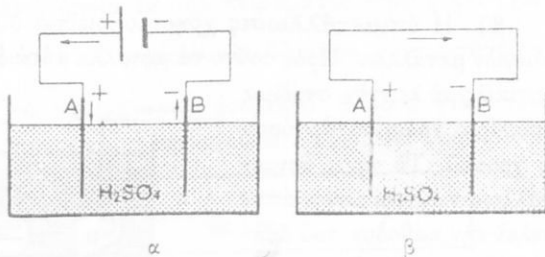
Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου.

θέλομεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τὸ ἀντικείμενον. Ἡ κάθοδος εἶναι πλᾶξ ἐκ τοῦ ἰδίου ἐπίσης μετάλλου (διαλυτὴ ἄνοδος). Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν 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 διαφόρων 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 στρῶμα μετάλλου, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἐπιμετάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστική ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν τσιγκογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν τῶν δίσκων γραμμοφῶνων κ.ἄ.).

179. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—Ἐντὸς διαλύματος θεικοῦ ὀξέος βυθίζομεν δύο ἡλεκτρόδια ἐκ λευκοχρύσου. Μὲ ἐν βολτόμετρον εὐρίσκομεν ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων εἶναι ἴση μὲ μηδέν. Διαβιβάζομεν διὰ τοῦ βολταμέτρου ρεῦμα καὶ προκαλοῦμεν ἡλεκτρόλυσιν (σχ. 193 α). Μετὰ παρέλευσιν ὀλίγου χρόνου ἀφαιροῦμεν ἀπὸ τὸ κύκλωμα τὴν γεννή-

τριαν (σχ. 193 β). Παρατηρούμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ προκαλέσαν τὴν ἠλεκτρόλυσιν. Τὸ ἀντίρροπον τοῦτο ρεῦμα διαρρεῖ ἐπ' ὀλίγον χρόνον καὶ ὀφείλεται εἰς τὴν ἀλλοίωσιν, τὴν ὁποίαν ὑπέστησαν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐκλύεται εἰς τὴν κάθοδον ὕδρογόνον καὶ εἰς τὴν ἀνοδὸν ἐκλύεται ὀξυγόνον. Μέρος τῶν αερίων τούτων προσφύεται ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων, τὰ ὅποια οὕτω περιβάλλονται ἀπὸ λεπτὸν στρώμα αερίου. Ἡ ἀλλοίωσις αὐτῆ τῶν ἠλεκτροδίων καλεῖται



Σχ. 193. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν.

πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου. Παρατηρούμεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πεπολωμένων ἠλεκτροδίων δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ. Πρὸ τῆς ἠλεκτρολύσεως εἴχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν ἀγωγῶν :

Pt — διάλυμα ὀξέος — Pt

Μετὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν :

Pt — O₂ — διάλυμα ὀξέος — H₂ — Pt

δηλαδή ἔχομεν μίαν μὴ συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Γενικῶς :

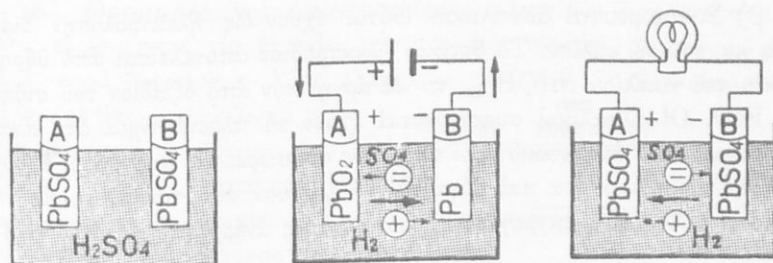
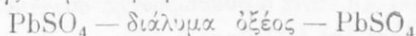
Μία μὴ συμμετρικὴ σειρὰ ἀγωγῶν παρουσιάζει διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς.

Ὡστε πόλωσις εἶναι ἡ δημιουργία ἀσυμμετρίας εἰς μίαν ἀρχικῶς συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Διὰ τῆς τοιαύτης ἀσυμμετρίας ἐπιτυγχάνεται ἡ δημιουργία διαφορᾶς δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς σειρᾶς : Τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προκαλούμενον ρεῦμα καλεῖται **ρεῦμα πολώσεως**. Τὸ ρεῦμα τοῦτο πολὺ συντόμως καταστρέφει τὴν ἀσυμμετρίαν καὶ ἐπαναφέρει τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἰς τὴν ἀρχικὴν τῶν κατὰστασιν.

180. Συσσωρευταί.—Ἐάν ἡ πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου εἶναι δυνατὸν νὰ διατηρηθῇ ἐπὶ μακρόν, τότε τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προερχόμενον ρεῦμα θὰ εἶναι μακρᾶς διαρκείας. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν **συσσωρευτῶν**, οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν πολὺ

εὐχρηστον τύπον γεννητριῶν (§ 152). Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς ἐπιτυγχάνεται κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν (φόρτισις τοῦ συσσωρευτοῦ) ριζικὴ ἀλλοίωσις τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων του, τὰ ὅποια καλοῦνται π ὁ λ ο ι τοῦ συσσωρευτοῦ. Εἰς τὴν πράξιν χρησιμοποιοῦνται κυρίως οἱ **συσσωρευταὶ μολύβδου καὶ οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταί.**

α) Συσσωρευταὶ μολύβδου. Οὗτοι ἔχουν ὡς ἠλεκτρολύτην διάλυμα θεικοῦ ὀξέος καὶ ὡς ἠλεκτρόδια πλάκας μολύβδου. Αὗται μόλις βυθισθοῦν ἐντὸς τοῦ H_2SO_4 καλύπτονται ἀπὸ στρῶμα PbSO_4 (σχ. 194). Τότε ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν ἀγωγῶν :



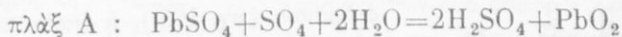
Ἀφόρτιστος

Φόρτισις

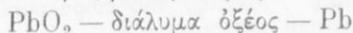
Ἐκφόρτισις

Σχ. 194. Ἐξήγησις τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτοῦ.

Κατὰ τὴν **φόρτισιν** τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει ἠλεκτρόλυσις καὶ τὸ μὲν θετικὸν Ἴον H_2 ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον B, τὸ δὲ ἀρνητικὸν Ἴον SO_4 ἔρχεται εἰς τὴν ἀνοδον A. Τότε συμβαίνουν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων αἱ ἐξῆς ἀντιδράσεις :

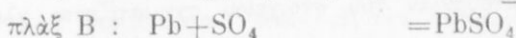
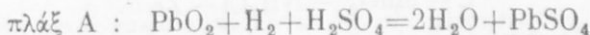


Οὕτω δημιουργεῖται ἡ ἐξῆς σειρὰ ἀγωγῶν :



Ἡ συσσωρευτὴς δύναται τότε νὰ λειτουργήσῃ ὡς γεννήτρια, ἡ δὲ ἠλεκτρεγερτικὴ του δύναμις ἀνέρχεται εἰς 2 Volt.

Κατὰ τὴν **ἐκφόρτισιν** τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει πάλιν ἠλεκτρόλυσις καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἠλεκτροδίων συμβαίνουν αἱ ἐξῆς ἀντιδράσεις :

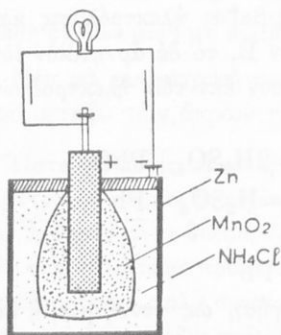


Οὕτω μετὰ τὴν ἐκφόρτισιν τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἐπανερχονται εἰς τὴν ἀρχικὴν των κατάστασιν. Διὰ τὴν αὐξήσουν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητας.

Ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδή τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισίν του μετρεῖται εἰς **ἀμπερώρια** (Ah). Τὸ 1 ἀμπερώριον εἶναι ἴσον μὲ 3600 Ch, 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 ἔχῃ 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 δύναμις ἀνέρχεται εἰς 1,4 Volt.

181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι αἱ πρῶται χρησιμοποιοιθεῖσαι γεννήτριαι. Σήμερον ἡ χρῆσις των εἶναι πολὺ περιορισμένη (§ 152). Τὸ περισσότερο χρησιμοποιούμενον ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι τὸ **στοιχεῖον Leclanché**.



Σχ. 195. Ξηρον 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:



Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωροῦχος

ψευδάργυρος (ZnCl_2), ἡ δὲ ἀπομένουσα ρίζα NH_4 ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ, ὅποτε ἐλευθερώνεται H_2 :



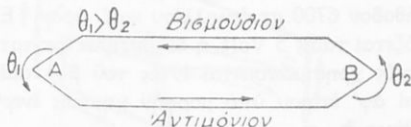
Τὸ παραγόμενον ὑδρογόνον ἐνῶνται μετὰ τὸ ὀξυγόνον τοῦ πυρολουσίτου. Οὕτως ἡ σειρά τῶν ἀγωγῶν παραμένει πάντοτε ἀσύμμετρος.

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.—Ὅταν δύο διαφορετικὰ μέταλλα εὐρίσκονται εἰς ἐπαφὴν πάντοτε ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Αὕτη ἐξαρτᾶται πολὺ ἐκ τῆς θερμοκρασίας.

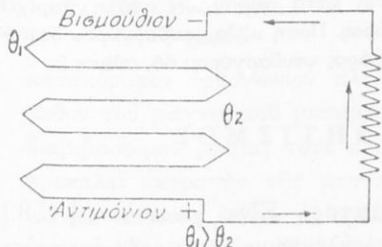
Ἐὰς σχηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμούθιον καὶ ἀντιμόνιον (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι αἱ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς Α καὶ Β τῶν δύο μετάλλων ἐξουδετερώνονται ἀμοιβαίως.

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



Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

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 σειράν 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 ὀρισμένων διατάξεων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

133. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα όξέος διέρχεται επί 16 min 5 sec ρεύμα έντάσεως 2 A. Πόσον όγκον ύδρογόνου συλλέγομεν (ύπό κανονικάς συνθήκας);

134. Βολτάμετρον περιέχει διάλυμα όξέος. Διαβιβάζομεν δι' αὐτοῦ ρεύμα έντάσεως 5 A. 'Επί πόσον χρόνον πρέπει νά διέρχεται τὸ ρεύμα, διὰ νά προκληθῇ διάσπασις 54 gr ύδατος;

135. Ρεύμα διέρχεται επί 5 ώρας διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ άργύρου. Εἰς τὴν κάθοδον ἀποτίθενται τότε 10,8 gr άργύρου. Πόση εἶναι ἡ έντασις τοῦ ρεύματος; 'Ατομικὸν βάρος Ag 108, σθένος 1.

136. 'Επὶ μιᾷ σιδηρᾷ πλάκῳ, ἡ όποία ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm² θέλομεν νά ἀποτεθῇ ἠλεκτρολυτικῶς στρώμα χαλκοῦ πάχους 2 mm. Τὸ ρεύμα ἔχει έντασιν 5 A. Πόσον χρόνον θά διαρκέσῃ ἡ ἠλεκτρόλυσις; 'Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ 63,6, σθένος. 2. Πυκνότης χαλκοῦ 8,8 gr/cm³.

137. Κατὰ μίαν ἠλεκτρόλυσιν όξειδίου τοῦ άργιλίου συλλέγονται εἰς τὴν κάθοδον 6700 gr άργιλίου καθ' ώραν. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμόζεται τάσις 5 Volt, ἡ δὲ άντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 2,8 Volt. Πόση ἰσχὺς χρησιμοποιεῖται έντὸς τοῦ βολταμέτρου, άφ' ενός ὑπὸ μορφὴν θερμότητος καὶ άφ' ἑτέρου ὑπὸ μορφὴν χημικῆς ἐνεργείας; 'Ατομικὸν βάρος άργιλίου 27, σθένος 3.

138. Μὲ ρεύμα έντάσεως 3 A φορτίζομεν επί 10 ώρας συσσωρευτήν. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον θά ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσίν του, αν ἡ ἀπόδοσις αὐτοῦ εἶναι 0,9;

139. Συσσωρευτὴς ἔχει χωρητικότητα 30 άμπερώρια καὶ λειτουργεῖ μέχρις ότου παραχωρήσῃ τὰ 2/3 τοῦ όλου ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ όποῖον δύναται νά προσφέρῃ. 'Επὶ πόσας ώρας δύναται ὁ συσσωρευτὴς οὗτος νά τροφοδοτήσῃ λαμπτήρα μὲ ρεύμα έντάσεως 0,5 A;

140. Τρία στοιχεῖα Leclanché συνδέονται κατὰ σειράν. 'Η στήλη παρέχει εἰς ἓν κύκλωμα ρεύμα έντάσεως 2 A επί 25 ώρας. Πόση μᾶζα ψευδαργύρου διαπαύεται κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον; 'Ατομικὸν βάρος ψευδαργύρου 66, σθένος 2.

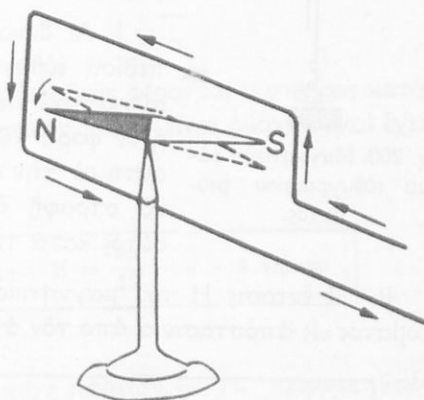
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος.—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι πέριξ ενός άγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίου, τὸ όποῖον προκαλεῖ τὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. 'Η φορά, κατὰ τὴν όποίαν ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος. 'Ὡς φοράν τοῦ ρεύματος θά 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 γήινου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ



Σχ. 198. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.

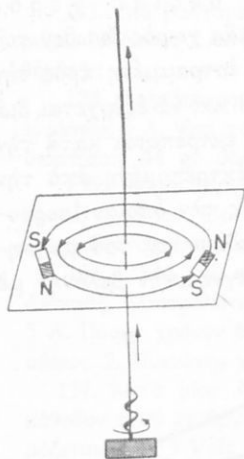


Σχ. 199. Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλύτερα.

κατακόρυφον ὀρθογώνιον πλαίσιον, τὸ ὁποῖον συμπίπτει μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (σχ. 199). Ἐὰν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τότε ἕκαστον εὐθύγραμμον τμήμα 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 πεδίον εὐθύγραμμου ρεύματος.—Μακρὸς κατακόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 200). Ὁ ἀγωγὸς διαπερᾷ ὀριζόντιον χαρτόνιον. Ρίπτομεν ρινίσματα σιδή-

ρου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου καὶ κτυπῶντες ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον λαμβάνομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι συγκεντρωτικαὶ κύκλοι κάθετοι πρὸς τὸν ἄγωγόν. Κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινούμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην ἐξηρητημένην 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.

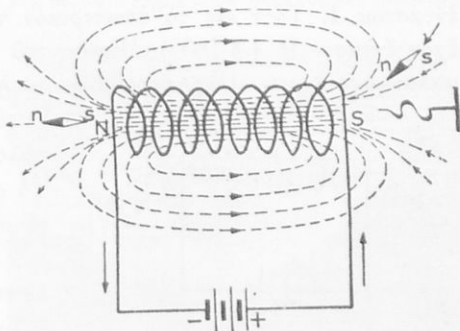
I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἶναι κύκλοι συγκεντρωτικοὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἄγωγόν, ἡ δὲ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ μετὰ τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος.

II. Ἡ ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μακροῦ εὐθυγράμμου ρεύματος εἰς ἀπόστασιν α ἀπὸ τὸν ἄγωγόν εἶναι :

$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{2}{10} \cdot \frac{I}{\alpha} \text{ Gauss}$$

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 περίξ 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 ἑτερωνύμους μαγνητικούς πόλους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι περὶ τὸ μέσον αὐτοῦ πα-

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 διαρροέ- Σχ. 201. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.
μενον ὑπὸ ρεύματος ἰσοδυναμεῖ με εὐθύγραμμον μαγνήτην.

II. Εἰς τὸ μέσον μακροῦ σωληνοειδοῦς φέροντος n σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους, τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενὲς καὶ ἔχει ἔντασιν:

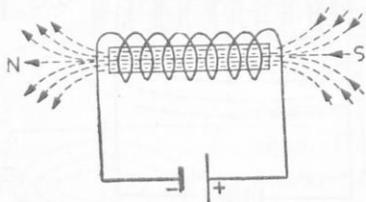
$$\text{έντασις μαγνητικοῦ πεδίου: } H = \frac{4\pi}{10} \cdot n \cdot I \text{ Gauss}$$

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.— Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι περίξ οἰοῦδήποτε ἀγωγοῦ, διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος, παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἐξῆς:

Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἡλεκτρικοῦ φορτίου παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίον.

Τὸ ἀνωτέρω συμπέρασμα μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνεύσωμεν τὴν προέλευσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται περίξ μονίμου μαγνήτου. Ἡ περιφορά τῶν ἡλεκτρονίων περίξ τοῦ πυρήνος 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 ἐσωτερικὸν τοῦ ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίου, ἔχον ἔντασιν H (§ 185). Ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγομεν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος γίνεται μαγνήτης, τοῦ



Σχ. 202. Ἡλεκτρομαγνήτης.

ὁποῖου οἱ πόλοι συμπίπτουν με 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 μ ρ ο - δ ι κ ῆ καὶ διαρκεῖ ὅσον διαρκεῖ καὶ

ἡ διέλευσις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ πηνίου. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρίσκεται ὅτι τὸ παραγόμενον μαγνητικὸν πεδίου δὲν ἔχει ἔντασιν H , ἀλλὰ μίαν πολὺ μεγαλυτέραν ἔντασιν B , ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγή**:

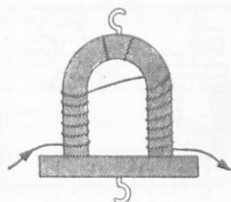
$$B = \mu \cdot H$$

Ὁ συντελεστὴς μ καλεῖται **μαγνητικὴ διαπερατότης** τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμὰς (μέχρι 4000).

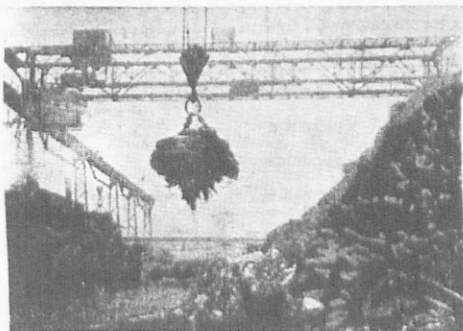
Ἡ τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἐξῆς: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα περὶ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. Ὄταν ὅμως ὁ μαλακὸς σίδηρος εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα προσανατολιζοῦνται καὶ 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 μ ο ν ι μ ο ν μ α γ ν ῆ τ η ν, διότι 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 εὐρίσκει πολλὰς ἐφαρμογὰς. Εἰς τὸ σχῆμα 203 δεικνύεται

πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης, εἰς δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ηλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιούμενος διὰ τὴν ἀνύψωσιν



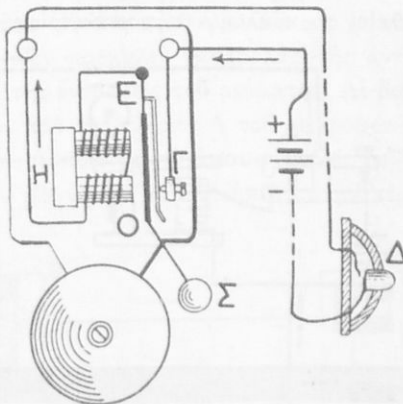
Σχ. 203. Πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης.



Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου.

τεμαχίων σιδήρου. Θὰ ἐξετάσωμεν συντόμως μερικὰς πολὺ συνήθεις ἐφαρμογὰς τῶν ηλεκτρομαγνητῶν.

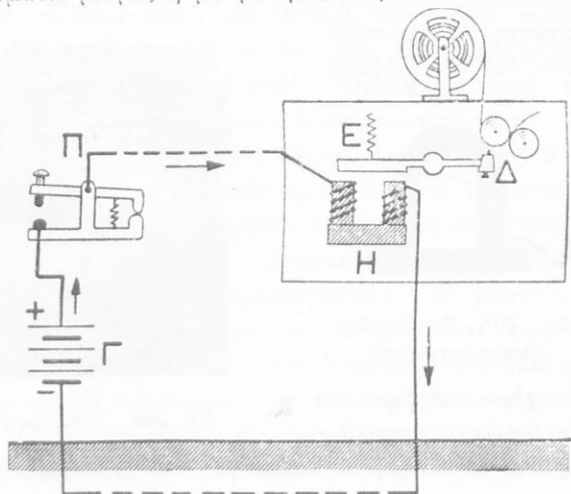
α) Ἡλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ηλεκτρομαγνήτην H (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ηλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει ὁ ὀπλισμὸς O ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ ὀπλισμὸς εἶναι στερεωμένος εἰς ἐλατήριο E καὶ εἰς τὸ ἄκρον τοῦ φέρει σφύραν Σ . Ὅταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην, κλείομεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου καὶ ὁ ὀπλισμὸς τοῦ 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 ἐκάστην ἑλξίν τοῦ ὀπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἓν κτύπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.



Σχ. 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

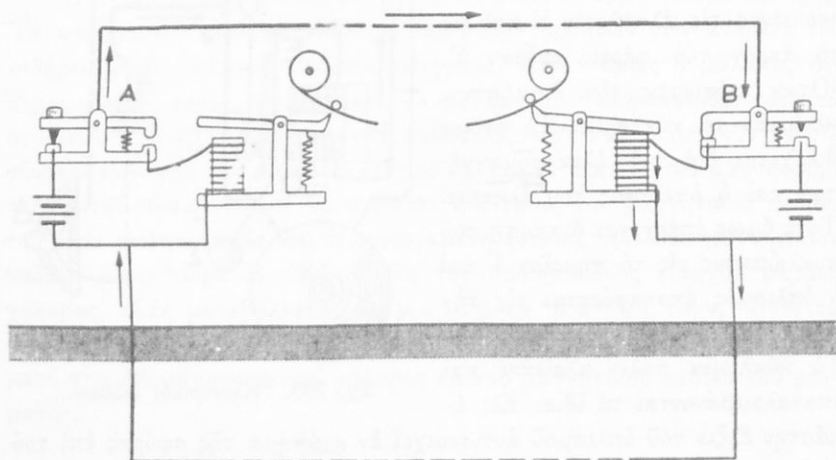
β) Μορσικὸς τηλεγράφος.— Ἡ λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἐξῆς ἀρχήν : Ἐκ τοῦ ἑνὸς τόπου στέλλονται εἰς

τὸν ἄλλον τρόπον ρεύματα μικρᾶς ἢ μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὁποῖα διέρχονται δι' ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτου ἐφωδιασμένου μὲ εὐαίσθητον ὅπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὅπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ἀφιεχθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τρόπον ὑπάρχει κατάλληλος διακόπτης, ὁ ὁποῖος καλεῖται χειριστήριον ἢ πομπὸς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὁποῖος, 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).

ταὶ ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὁποῖος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐάν ὁ μοχλὸς ἀφεθῇ ἐλεύθερος, ἐν

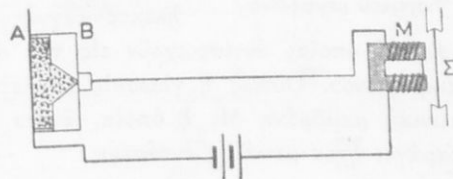


Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις).

ἐλατήριον τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τρόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὗτος εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὅποιον

φθάνει τὸ ρεῦμα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. Ὁ ὀπλισμὸς τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου εἶναι στερεωμένος εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ. Ὅταν ἔλκεται ὁ ὀπλισμός, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὀμαλῶς ἐκτυλισσομένην ταινίαν χάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόγγου διαποτισμένου μετ' ὕδατος. Ἐπὶ τῆς ταινίας καταγράφονται τότε γραμμὰι διαφόρου μήκους ἀναλόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποion διήλθεν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ μεταβίβασις συμβολικῶς τῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφάβητου καὶ τῶν ἀριθμῶν (μορσικὸν ἀλφάβητον). Ὁ πομπὸς καὶ ὁ δέκτης συνδυάζονται εἰς ἕκαστον τόπον, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 207. Ὡς δεῦτερος ἀγωγὸς τοῦ κυκλώματος χρησιμεύει ἡ γῆ. Μετὰ τὸν τηλεγράφον τοῦ Morse μεταβιβάζονται συνήθως 15—20 λέξεις κατὰ λεπτόν. Εἰς τὰ μεγάλα κέντρα χρησιμοποιοῦνται σήμερον περισσότερον τελειοποιημένα συστήματα, τὰ ὅποια ἐπιτρέπουν πολὺ ταχύτεραν μεταβίβασιν.

γ) Τηλέφωνον. Εἰς τὸ τηλεφώνον ὡς πομπὸς χρησιμοποιεῖται τὸ **μικρόφωνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας πλάκας ἄνθρακος Α καὶ Β (σχ. 208). Μεταξὺ τῶν δύο πλάκων παρεμβάλλονται σφαιρίδια ἄνθρακος. Ὅταν ὁμιλοῦμεν ἔμπροσθεν τῆς πλάκας Α, τότε τὰ σφαιρίδια τοῦ ἄνθρακος μετακινοῦνται. Ἡ ἀσταθὴς ἐπαφὴ τῶν μεταξὺ τῶν πλάκων Α καὶ Β ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντιστάσεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν πρὸ τῆς πλάκας Α τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ἦχον. Ὡς δέκτης χρησιμοποιεῖται τὸ **ἀκουστικόν**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ ὁποῦ τὰ ἄκρα περιβάλλονται ἀπὸ δύο πηνία. Διὰ



Σχ. 208. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου.

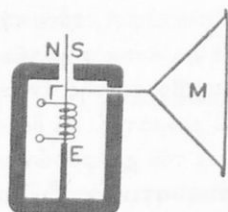
τῶν πηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εὐρίσκεται λεπτὴ πλάξ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὁποία δύναται νὰ πάλλεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκαλοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μόνιμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἑλξις, τὴν ὁποίαν ἀσχεῖ ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλάκας τοῦ σιδή-

ρου, υφίσταται ἀντιστοίχους μεταβολὰς καὶ ἡ πλάξ ἀναγκάζεται νὰ πάλ्लεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀναπαράγεται ἀπὸ τὴν πλάκα 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 (αὐτόματοι ἐπιλογεῖς). Μετὰ τὸ τηλέφωνον ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβίβασις τοῦ ἤχου εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὐτὴ ἀκολουθεῖ σχηματικῶς τὴν ἐξῆς σειρὰν μετατροπῶν :

ἤχος → ρεῦμα → ἤχος

Ἡ πρώτη μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ μικρόφωνον, ἐνῶ ἡ ἀντίστροφος μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ ἀκουστικόν.

δ) Ἡλεκτρομαγνητικὸν megάφωνον. Ὅπως τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τηλεφώνου, οὕτω καὶ τὸ megάφωνον μετατρέπει εἰς ἤχον μεγάλης ἐντάσεως τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν megάφωνον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἰσχυρὸν ἡλεκτρομαγνήτην (σχ. 209). Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει γλωσσ-

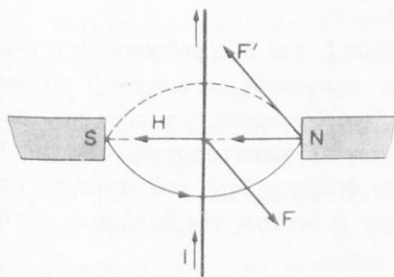


σχ. 209. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ megάφωνου.

σις Γ ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, ἡ ὁποία εἶναι στερεωμένη εἰς τὸ ἄκρον ἐλαστικοῦ ἐλάσματος. Ἡ βᾶσις 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 μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ἡ γλωσσὶς πάλ्लεται καὶ μετ' αὐτῆς πάλ्लεται ἡ κωνικὴ μεμβράνη Μ, ἡ ὁποία, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας της, παράγει ἤχον μεγάλης ἐντάσεως.

189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.—Κατὰ κόρυφος 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 όριζοντία. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ὁ μαγνητικὸς πόλος N ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος, μίαν ἀν-

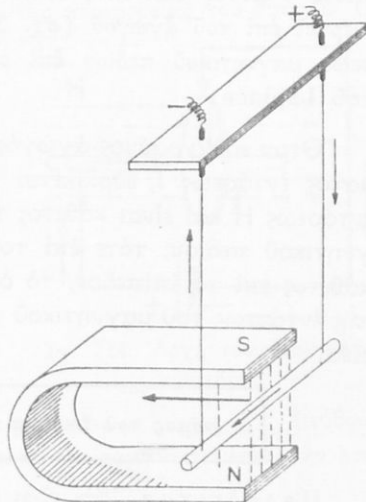


Σχ. 210. 'Η F' είναι ή δρᾶσις τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ πόλου N, ή δὲ F είναι ή ἀντίδρασις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

τίδρασιν F ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν F' . 'Επὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται λοιπὸν μία δύναμις F , ή οποία είναι όριζοντία, δηλαδή καθετός πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ή διεύθυνσις τοῦ ρεύματος καὶ ή ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Τὴν τοιαύτην ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς, ἐὰν ὁ ἀγωγὸς εἴναι κινητὸς (σχ. 211). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ὁ ἀγωγὸς μετακινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μιᾶς δυνάμεως. 'Η φορά τῆς κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς ή φορά 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 ὀρθᾶς γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φοράν



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.



Σχ. 212. Εὐρεσις τῆς φοράς τῆς ηλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F (δεξιὰ χεῖρ).

τοῦ ρεύματος, τὸν δείκτην κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅποτε ὁ μέσος δάκτυλος δεικνύει τὴν φορὰν 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**:

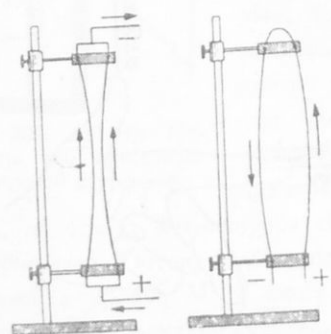
Ὅταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους l , καὶ διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I , εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις F κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ 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 κατακορύφων ἀγωγῶν διαβιβάζομεν ρεῖμα 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 ἀπωθονται.

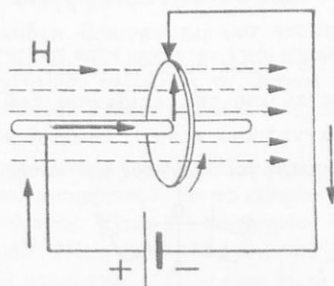


Σχ. 213. Αμοιβαίαι δράσεις παραλλήλων ρευμάτων.

Ἡ δρᾶσις αὕτῃ τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνωτέρω νόμου τοῦ Laplace, διότι ἕκαστον ρεῖμα δημιουργεῖ περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ρεύματος.

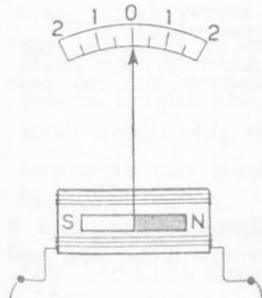
190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρ.— Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ὁ εἰς πῶλος τῆς

γεννητρίας, συνδέεται με τὸν ἄξονα τοῦ δίσκου, ὁ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται με ἕλασμα, 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, ἥ ὅποια 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. Ὁργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων.—Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὅργανα. 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. Ὁμοίᾳ εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν **ἀμπερομέτρων**, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαίρεσεις εἰς Ampère.



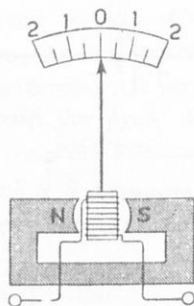
Σχ. 215. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου μετὰ κινητὸν μαγνήτην.

Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρά, διότι τὰ ὅργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιῶν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ **βολτόμετρα** λειτουργοῦν ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα μετὰ

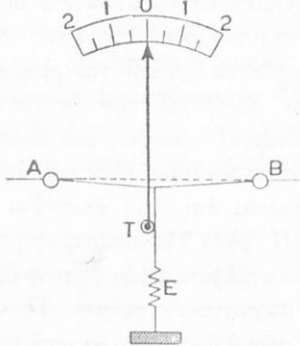
τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων

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 δυνατόν τὸ ρεῦμα νὰ διαρρέῃ μικρὸν πηνίον, τὸ ὁποῖον στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητος μαγνήτης.



Σχ. 216. Σχηματική διάταξις γαλβανομέτρου με κινητὸν πηνίον.



Σχ. 217. Ἀρχὴ τῶν θερμικῶν ὀργάνων μετρήσεων. (Τὸ διαστελλόμενον σύρμα τείνεται ἀπὸ τὸ ἐλατήριον E καὶ ἡ τροχαλία T, ἐπὶ τῆς ὁποίας στερεώνεται ὁ δείκτης στρέφεται).

(σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὄργανα μετρήσεως ἐπιτυγχάνεται μετακίνησις τοῦ δείκτου 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 ἄγωγον. 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. Πόσῃ ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαβιβάζωμεν διὰ τοῦ πηνίου, ἐὰν θέλωμεν ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου νὰ εἶναι 250 Gauss;

144. Δύο εὐθύγραμμα παράλληλα σύρματα ἀπέχουν 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 βελὼνῃ ἀποκλίσεως. Ὅταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιάσωμεν ρεῦμα, ἡ βελὼνῃ 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 εὑρίσκεται 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 ;

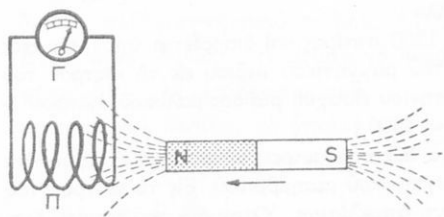
148. Δύο εὐθύγραμμα σύρματα μήκους 50 cm εἶναι παράλληλα καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἑκάστου σύρματος, ἕνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος ;

ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου. 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 εὐπαθὲς γαλβανόμετρον (σχ. 218). Τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, ἀλλ' ἐπειδὴ δὲν περιλαμβάνει καμμίαν 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 πρῶτον γουμένως παραχθὲν ρεύμα. Τὰ οὕτω παραγόμενα ρεύματα, καλοῦνται



Σχ. 218. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

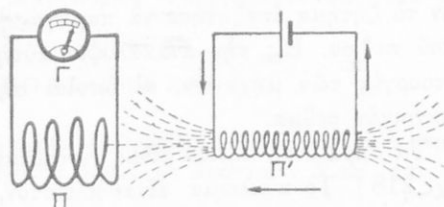
κῆς ροῆς εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. Ὡστε :

“Ὅταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται δι’ ἐνὸς ἀγωγοῦ, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικά 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 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 . Διακπτομεν τὸ ρεύμα τοῦ πηνίου Π'. Ἡ κατάργησις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ συνεπῶς ἀνάπτει ἐπαγωγικὸν ρεύμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π. Ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεύμα εἰς τὸ πηνίον Π' προκαλεῖται πάλιν μ



Σχ. 219. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

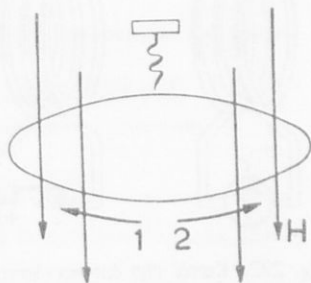
ταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὁποίου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτειν ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμον μαγνήτην ἢ τὸ πηνίον Π' τὸ διακρεόμενον 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, ἢ ὁποία τὸ παράγει.

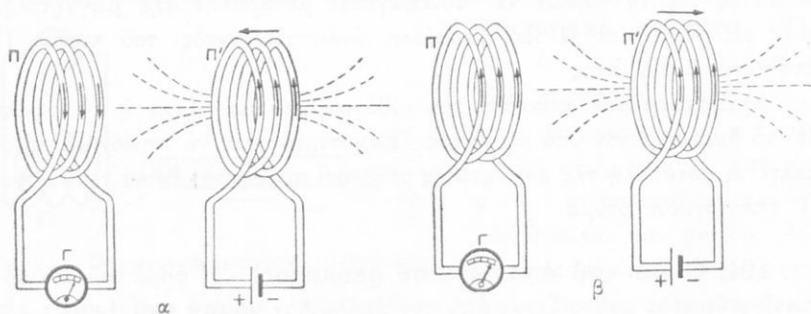
Ὅταν λοιπὸν πλησιάζωμεν εἰς τὸ πηνίον Π (σχ. 218) τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἔχει τοιαύτην φοράν, ὥστε εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργῇται βόρειος πόλος. Οὗτος ἀπωθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομακρύνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὐκολον εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μνημονικὸν κανόνα τοῦ Maxwell: Θεωροῦμεν κοχλίαν το-



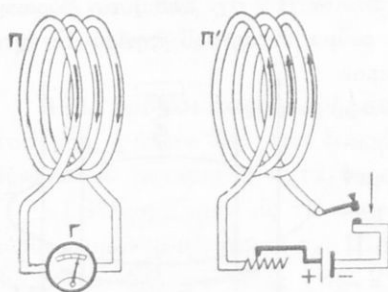
Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

τοποθετημένον παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 220). Ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐλάττωνεται 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'

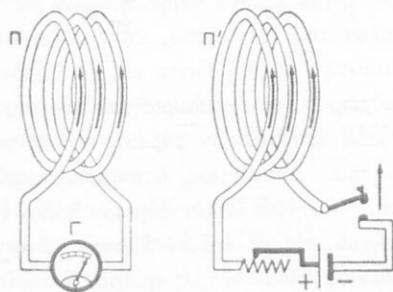


Σχ. 221. Φορὰ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π' (α τὸ Π' πλησιάζει πρὸς τὸ Π, β τὸ Π' ἀπομακρύνεται τοῦ Π).



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 ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Γνωρίζομεν ὅτι ἐν κλειστὸν κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχῃ γεννήτρια, ἢ ὅποια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ὡς θεωρήσωμεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἀπὸ πηνίον Π καὶ γαλβανόμετρον Γ (σχ. 218). Ἐὰν εἰς τὸ πηνίον Π πλησιάζωμεν ταχέως ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Ἀρα ἡ μεταβολὴ τῆς

μαγνητικής ροής 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.

Παράδειγμα. Πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ 100 σπειρας, 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 πεδὸν 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. Ἀρα εἶναι :

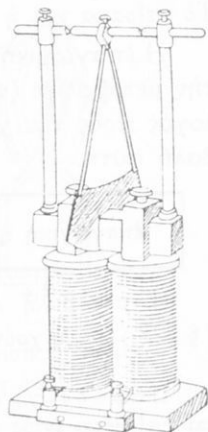
$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\,500}{0,1} = 0,03925 \text{ Volt}$$

Ἐὰν ἡ ἰδίᾳ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς συμβῇ ἐντὸς 0,001 sec, τότε εἶναι :

$$E = 3,925 \text{ Volt}$$

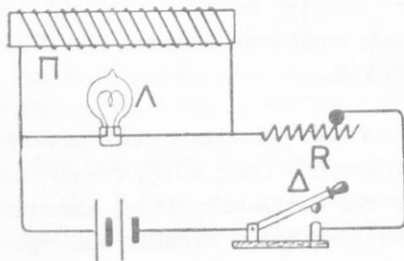
196. Ρεύματα Foucault.— "Ὅταν μία μεταλλικὴ μάζα μετακινῆται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐντὸς αὐτῆς ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διατρέχουν ἐντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης κλειστάς τροχιάς. Τὰ ρεύματα αὐτὰ καλοῦνται **ρεύματα Foucault** καὶ προκαλοῦν ἰσχυρὰν θέρμανσιν τῆς μεταλλικῆς μάζης. Τὰ ρεύματα 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). "Όταν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου δὲν διέρχεται ρεῦμα, αἱ αἰωρήσεις τῆς πλακὸς διαρκοῦν ἐπὶ μακρὸν χρόνον. "Όταν ὅμως ἡ πλάξ κινῆται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖται μεταξὺ 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 κινητοῦ συστήματος των καὶ εἰς πρακτικὰ ἐφαρμογὰς (ἡλεκτρομαγνητικὰ φρένα).



Σχ. 224. Ἐπὶ τῆς κινουμένης πλακὸς ἀναπτύσσονται ρεύματα Foucault.

197. Αὐτεπαγωγή.— Κάθε ἄγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος, δημιουργεῖ περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Οὕτω διὰ τοῦ ἄγωγου διέρχεται μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος. "Όταν 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. "Ωστε, 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 πηγίου παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν λαμπτήρ πυρακτώσεως (Λ) καὶ ρυθμιζομένη ἀντίστασις 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 οποία διέρχεται δια τοῦ πηνίου. Οὕτως αναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου **ἡλεκτρεγερτική δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς**, ή οποία 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 ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

Ἡ ἡλεκτρεγερτική δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς (E) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν (ΔΙ) τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ ὁποίου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὕτη.

$$\text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς: } E = L \cdot \frac{\Delta I}{t} \text{ Volt}$$

ὅπου L εἶναι ὁ **συντελεστής αὐτεπαγωγῆς** τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν μορφήν καὶ τὸ μέγεθος τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν $\Delta I = 1 \text{ Ampère}$, $t = 1 \text{ sec}$ καὶ $E = 1 \text{ Volt}$, εὐρίσκομεν $L = 1$. 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 ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ 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 ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ 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 πλᾶσιον στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἀξονα κατὰ 90° . Πόσον εἶναι τὸ

ἀναπτυσσόμενον ἐξ ἐπαγωγῆς ἡλεκτρικὸν φορτίον ; Ὅριζοντία συνιστῶσα γήινον μαγνητικὸν πεδίου $H_0 = 0,2$ Gauss.

150. Πηνίον ἔχει διάμετρον 20 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Τὸ πηνίον τοποθετεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 150 Gauss οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων του νὰ συμπίπτῃ μὲ μίαν δυναμικὴν γραμμὴν. Στρέφομεν 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 πηνίου 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 ἀντιστάσεως 7Ω . Τὸ πηνίον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνήτου καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν σπειρῶν εἶναι κάθετα πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐξάγομεν ταχέως τὸ πηνίον ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὁπότε εὐρίσκομεν ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διήλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Cb. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ;

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρεῖ πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,2 H. Ἐντὸς 0,04 sec ἡ ἔντασις 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 ρεύματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς 0,1 sec, διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς 2 Volt ;

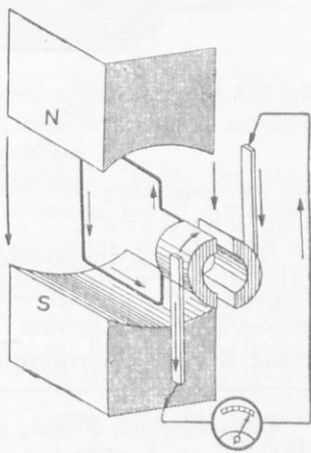
ΓΕΝΗΤΡΙΑΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

198. Ὑλεκτρικαὶ μηχαναί.— Καλοῦνται γενικῶς ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναί, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως. Αἱ γεννήτριαι ἐκτελοῦν τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἡλεκτρικὴν, 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 συλλέκτην.

Ὁ ἐπαγωγέυς εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ὁποίου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίου. Τὸ ἐπαγωγίμον 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 κατανάλωσews.

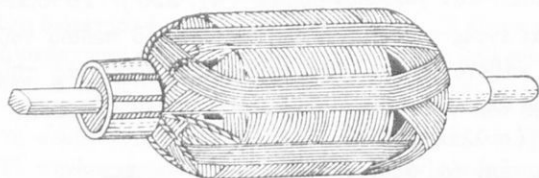
199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—Ἡ λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἐξῆς ἀρχῆς: Ὃς θεωρήσωμεν ὀρθογώνιον πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον σύρμα (σχ. 226). Τὸ πλαίσιον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς 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 οὐδετέρα 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, ὥσάκις τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως ἡ μίᾳ 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 ἑνὸς πλαισίου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ πλαίσια, τὰ ὅποια καταλήγουν 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 ἡλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητριᾶς τροφοδοτεῖται μὲ μέρος τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ γεννήτρια.



Σχ. 227. Ἐπαγωγίμον τυμπάνου, εἰς τὸ ὁποῖον τὰ σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου.

Ἡ γεννήτρια ἀρχίζει νὰ λειτουργῇ, μόλις τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἐπαγωγίμον, διότι ὁ μαλακὸς σίδηρος τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου διατηρεῖ πάντοτε μίαν μικρὰν μαγνήτισιν, ἱκανὴν νὰ προκαλέσῃ τὴν διέγερσιν τῆς μηχανῆς (αὐτοδιέγερσις τῆς μηχανῆς).

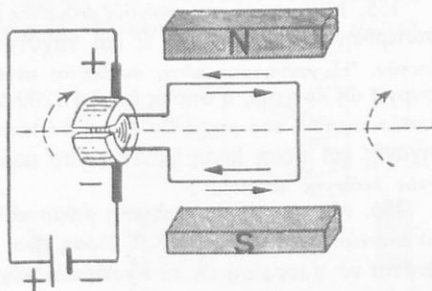
Ἐάν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγωγίμον φέρῃ N εὐθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι ν , τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις E τῆς γεννητριᾶς εἶναι :

$$\text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητριᾶς : } E = \frac{1}{10^8} \cdot N \cdot \nu \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου Φ εἶναι ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται δι' ὅλοκλήρου τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75 %, ἕως 98 %.

200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος.— Ἀς θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ἡ μία ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς γεννητριᾶς συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ἄλλη ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητριᾶς. Τότε τὸ πλαίσιον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἐκάστης πλευρᾶς τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον στρέφει τὸ πλαίσιον, ἕως ὅτου τοῦτο

γίνη κἀθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε ὅμως ἀλλάσσει ἡ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν μὲ τοὺς ἡμιδακτυλίους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζεύγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον συνεχίζει τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ κινητῆρες οὗτοι εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι μὲ τὰς γεννητριάς. 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 ἰσχὺν $P = U \cdot I$ 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 ἰσχὺν $P = 200\,000$ 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 μὲ γ ἄ λ η ν τάσιν καὶ μικρὰν ἔντασιν. 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 δύναμη 300 Volt, έσωτερική αντίσταση 0,5 Ω και ταχύτητα περιστροφής 1500 στροφές κατά λεπτόν. Η γεννήτρια αυτή συνδέεται με άλλην όμοιαν μηχανήν, ή οποία λειτουργεί ως κινητήρ, ο οποίος εκτελεί 1200 στροφές κατά λεπτόν. Οι άγωγοι της συνδέσεως των δύο μηχανών έχουν αντίστασιν 4 Ω. Πόση είναι ή ισχύς εκάστης μηχανής και πόση ισχύς χάνεται υπό μορφήν θερμότητος επί της γραμμής και έντός εκάστης μηχανής ;

156. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη 120 Volt και έσωτερική αντίστασιν 1 Ω. Πόση είναι ή μεγίστη δυνατή ισχύς, την οποίαν δύναται να προσφέρει εις το έξωτερικόν κύκλωμα ή γεννήτρια αυτή; Πόση είναι τότε ή απόδοσις της γεννητρίας ;

157. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη 120 Volt. και έσωτερική αντίστασιν 1 Ω. Η γεννήτρια τροφοδοτεί λαμπτήρας διά πυρακτώσεως λειτουργούντας υπό τάσιν 110 Volt. Έκάστος λαμπτήρ, όταν λειτουργή κανονικώς, έχει αντίστασιν 440 Ω. Πόσους λαμπτήρας δύναται να τροφοδοτήσει ή γεννήτρια ;

158. Γεννήτρια έχει εις τους πόλους της διαφοράν δυναμικοῦ 120 Volt και στέλλει ρεύμα έντάσεως 100 A εις κινητήρα εύρισκόμενον μακράν της γεννητρίας. Πόση πρέπει να είναι ή αντίστασις της γραμμής, αν θέλωμεν να χρησιμοποιή ο κινητήρ τὰ 0,90 της ισχύος, την οποίαν παρέχει ή γεννήτρια εις το έξωτερικόν κύκλωμα ; Πόση είναι τότε ή διαφορά δυναμικοῦ εις τους πόλους του κινητήρος ;

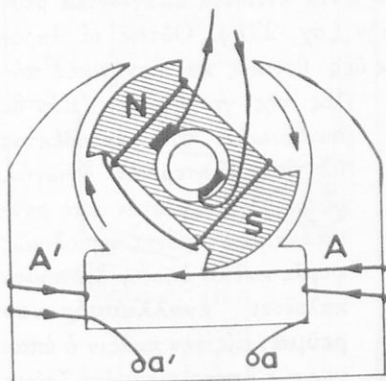
159. Δύο δυναμοηλεκτρικά μηχαναί A και B έχουν αντίστάσεις $r_A = 30 \Omega$ και $r_B = 15 \Omega$, συνδέονται δέ μεταξύ των με άγωγούς, οι οποίοι έχουν αντίστασιν $R = 5 \Omega$. Η A λειτουργεί ως γεννήτρια και εις τους πόλους της ή τάσις είναι 120 Volt, ή δέ B λειτουργεί ως κινητήρ και εις τους πόλους της ή τάσις είναι 90 Volt. Πόση είναι ή ηλεκτρεγερτική δύναμις της μηχανής A και ή άντηλεκτρεγερτική δύναμις της μηχανής B ;

160. Μία ύδατόπτωσης παρέχει ισχύν 600 kW εις γεννήτριαν έχουσαν άπόδοσιν 90 %. Το ρεύμα μεταφέρεται εις τον τόπον καταναλώσεως με άγωγούς έχοντας αντίστασιν 300 Ω. Πόση είναι ή βιομηχανική άπόδοσις της εγκαταστάσεως, όταν ή ηλεκτρεγερτική δύναμις της γεννητρίας είναι 20 000 Volt και όταν είναι 100 000 Volt ;

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

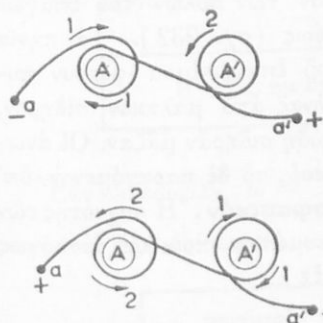
202. Έναλλακτῆρες—Σήμερον, άντι του συνεχούς ρεύματος, το όποιον έχει πάντοτε την ίδίαν φοράν, χρησιμοποιεῖται εύρύτατα το έναλλασσόμενον ρεύμα, του οποίου ή φορά έναλλάσσεται περιоди-

κώς. Αί γεννήτριαι, αί όποιαί παράγουν έναλλασσόμενον ρεύμα κα-
λοῦνται ειδικώτερον **έναλλακτῆρες**. Εἰς τούτους ό **έπαγωγείς** εἶναι
ήλεκτρομαγνήτης, ό όποῖος δύναται νά περιστρέφεται περί άξονα (σχ.



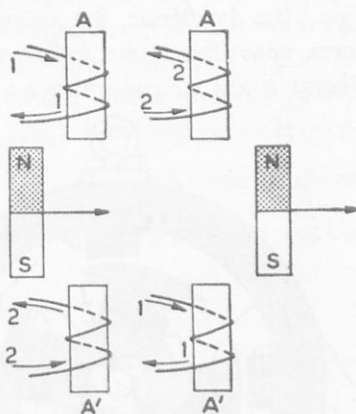
Σχ. 229. Σχηματική παράσταση έναλλακτῆρος.

229). 'Ο ήλεκτρομαγνήτης τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, τὸ όποῖον παράγει γεννήτρια συνεχούς ρεύματος. Τὸ **έπαγωγίμιον** εἶναι άκίνη-



Σχ. 231. Εἰς έκάστην στιγμήν τὰ δύο αντίθετα ρεύματα προστίθενται.

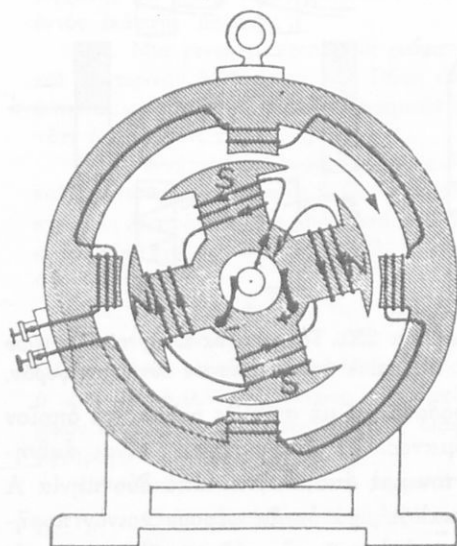
παράγεται έπαγωγικόν ρεύμα έχον τήν φοράν 1. Μετ' όλίγον ό βόρειος πόλος Ν άπομακρύνεται άπό τὸ πηνίον Α καί έντός τοῦ πηνίου τούτου παράγεται έπαγωγικόν ρεύμα, έχον τήν αντίθετον φοράν 2. Τὰ ἴδια



Σχ. 230. Τὰ ρεύματα έντός τῶν πηνίων Α καί Α' έχουν πάντοτε αντίθετον φοράν.

τον καί άποτελεῖται άπό δύο πηνία Α καί Α', τὰ όποῖα φέρουν κοινόν πυρήνα άπό μαλακόν σίδηρον. Τὸ σύρμα εἰς τὰ δύο πηνία εἶναι τυλιγμένον κατ' αντίθετον φοράν, τὰ δέ δύο έλεύθερα άκρα τοῦ σύρματος καταλήγουν εἰς τοὺς άκροδέκτας α καί α'. Κατὰ τήν περιστροφήν τοῦ ήλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὰ δύο πηνία. Ἔστω ότι εἰς μίαν στιγμήν ό βόρειος πόλος Ν τοῦ ήλεκτρομαγνήτου πλησιάζει πρὸς τὸ πηνίον Α. Τότε έντός τοῦ πηνίου Α (σχ. 230).

συμβαίνουν καὶ εἰς τὸ πηνίον A' μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ἐκάστην στιγμήν τὰ δύο πηνία A καὶ A' διαρρέονται ἀπὸ ἐπαγωγικὰ ρεύματα ἀντιθέτου φορᾶς. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ τύλιγμα τοῦ σύρματος εἰς τὰ δύο πηνία ἔχει γίτσει ἀντιθέτως, διὰ τοῦτο τὰ δύο αὐτὰ ἀντίθετα ἐπαγωγικὰ ρεύματα προστίθενται εἰς ἐκάστην στιγμήν (σχ. 231). Οὕτως οἱ ἀκροδέκται α καὶ α' γίνονται περιοδικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητρίας. Ἐὰν δὲ



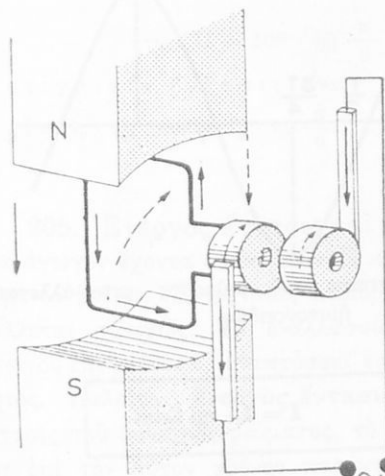
Σχ. 232. Μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ.

συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μετὰ ἓνα ἐξωτερικὸν ἄγωγόν, οὗτος θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα ἐναλλασσομένης περιοδικῶς φορᾶς καὶ τὸ ὅποιον διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐναλλασσόμενον ρεύμα**. 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 πυρῆνας ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον,

οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των ὀγκώδη σιδηρᾶν μᾶζαν. Οἱ ἀνωτέρω ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **μονοφασικοί**, τὸ δὲ παραγόμενον ὑπ' αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεύμα καλεῖται **μονοφασικόν**. Ἡ συχνότης τῶν παραγομένων σήμερον ἐναλλασσομένων ρευμάτων ποικίλει ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν (ἀπὸ 20 Hz ἕως 1 000 000 Hz).

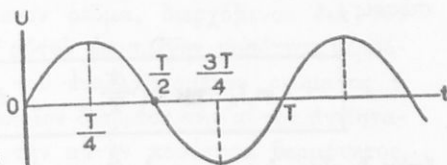
203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—Ὁ κινητῆρ συνεχοῦς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητῆρ μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγίμου εἰς τὸν κινητῆρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότεροι ὅμως χρησιμοποιούμενοι σήμερον κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι **τριφασικοὶ κινητῆρες**.

204. Έναλλασσόμενο ρεύμα.— Κατά την περιστροφή ενός πλαισίου εντός μαγνητικού πεδίου (σχ. 233) ή διερχομένη δια του



Σχ. 233. Η μαγνητική ροή μεταβάλλεται συνεχώς.

πλαισίου μαγνητική ροή μεταβάλλεται συνεχώς. Ούτως εις τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τάσις, ἡ ὁποία μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσει 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. 234. Η τάσις εις τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

ἡ ὁποία καλεῖται **πλάτος τῆς τάσεως** (ἢ **μεγίστη τάσις**). Ἡ στιγμιαία τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \nu t$$

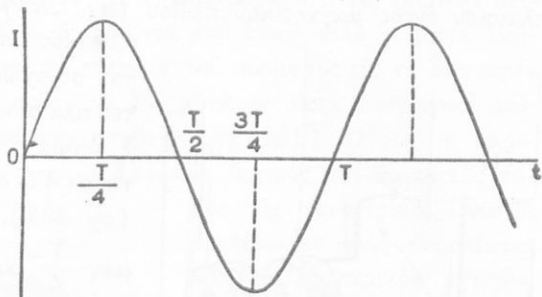
Ἐὰν καλέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$, τότε ἡ στιγμιαία τάσις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\text{στιγμιαία τάσις :} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

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 ἐξωτερικὸς ἀγωγός, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τοῦ

έναλλακτῆρος, διαρρέεται τότε από έναλλασσόμενον ρεύμα. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου μεταβάλλεται ἐπίσης ἡμιτονοειδῶς συναρτήσει τοῦ χρόνου (σχ. 235) καὶ ἡ στιγμιαία τιμὴ I τῆς ἐντάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμήν t δίδεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :



Σχ. 235. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

$$I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \eta \quad I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi \nu t$$

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 έναλλασσομένου 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 στιγμήν $t = \frac{1}{480} \text{ sec}$

ἡ στιγμιαία τάσις εἶναι :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \nu t = 100 \cdot \eta \mu \left(2\pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{480} \right)$$

$$\text{ἤτοι } U = 100 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ Volt}$$

ἡ στιγμιαία ἔντασις εἶναι :

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi \nu t = I_0 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} \quad \text{ἤτοι} \quad I = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \text{ Ampère}$$

205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις.— Ἐς θεωρήσωμεν ἓνα ἄγωγόν ἔχοντα ἀντίστασιν R καὶ ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα. Ἐντὸς μιᾶς περιόδου T ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται συνεχῶς. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα, διερχόμενον διὰ τοῦ ἄγωγού ἐπὶ χρόνον t , ἀναπτύσσει ἐπ' αὐτοῦ ὥρισμένην ποσότητα θερμότητος. Καλεῖται **ἐνεργὸς ἔντασις** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ ἔντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέον τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον παράγει τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος, τὴν ὁποίαν παράγει καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα. Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις (I_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς ἐντάσεως (I_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$I_{\text{ev}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad I_{\text{ev}} = 0,707 \cdot I_0$$

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἄγωγού, τὸν ὅποιον διαρρέει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα, ὑπάρχει μία ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένη τάσις. Καλεῖται **ἐνεργὸς τάσις** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ τάσις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ὁποία ἐπὶ τοῦ ἄγωγού προκαλεῖ συνεχῆ ρεύμα ἔχον ἔντασιν ἴσην μὲ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εὐρίσκεται δὲ ὅτι :

Ἡ ἐνεργὸς τάσις (U_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως (U_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$U_{\text{ev}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad U_{\text{ev}} = 0,707 \cdot U_0$$

Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ ἀμπερόμετρα**, ἡ δὲ ἐνεργὸς τάσις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ βολτόμετρα**.

Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἐάν ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ (μὴ ἔχοντος αὐτεπαγωγὴν L) εἶναι R καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται ἐνεργὸς τάσις U_{EV} , τότε ὁ νόμος τοῦ Ohm ἰσχύει ὡς ἑξῆς :

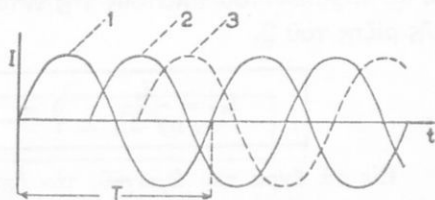
νόμος τοῦ Ohm : $U_{\text{EV}} = I_{\text{EV}} \cdot R$

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. Αἰστιγμιαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$I_1 = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

$$I_2 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 120^\circ)$$

$$I_3 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 240^\circ)$$



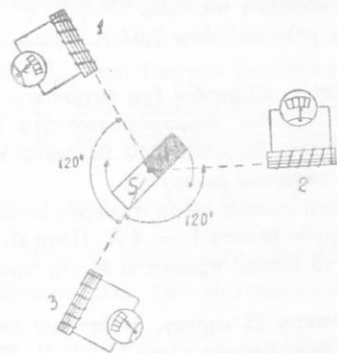
Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξὺ τῶν διαφορὰν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$

Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω τριῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **τριφασικὸν ρεῦμα**. Ὡστε :

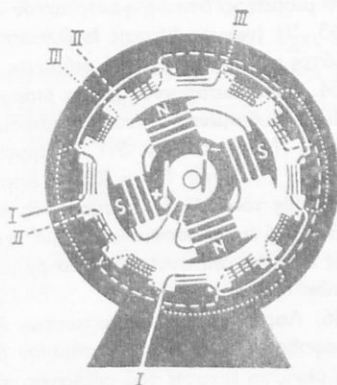
Τὸ τριφασικὸν ρεῦμα εἶναι σύστημα τριῶν μονοφασικῶν ρευμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἀλλ' ἕκαστον τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς τὸ ἄλλο.

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

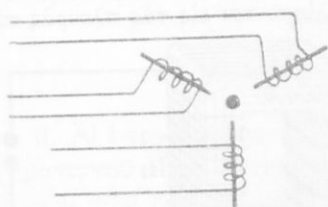


Σχ. 237. Σχηματική παράστασις τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος.

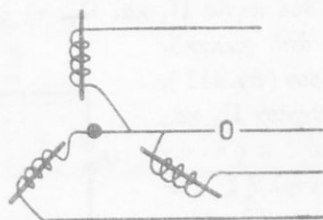


Σχ. 238. Τριφασικὴ γεννήτρια.

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 ά 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 μὲ 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 μὲ ἕνα μόνον ἄγωγόν (σχ. 240), ὁ ὁποῖος καλεῖται **οὐδέτερος ἄγωγός**. Οὕτω διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται **τέσσερες** μόνον ἄγωγοι.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

161. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος τάσεως 86 Volt και πλάτος έντάσεως 32 A. Πόση είναι ή ένεργός τάσις και ή ένεργός έντασις του ρεύματος ;

162. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος έντάσεως 10 A. Πόση είναι ή έντασις του ρεύματος, όταν ή φάσις αυτού (ωt) λαμβάνη τās τιμές 30° ή 60° ;

163. Η ένεργός 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 ένεργός έντασις του ρεύματος ;

165. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον Σ σύρματος AB φθάνει συνεχές ρεύμα σταθερᾶς έντάσεως $I_\sigma = 3 \text{ A}$ και έναλλασσόμενον ρεύμα ἔχον ένεργὸν έντασιν $I_e = 4 \text{ A}$. Πόση είναι ή ένεργός έντασις του συνισταμένου ρεύματος, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ τῆς προσθέσεως τῶν δύο ρευμάτων ;

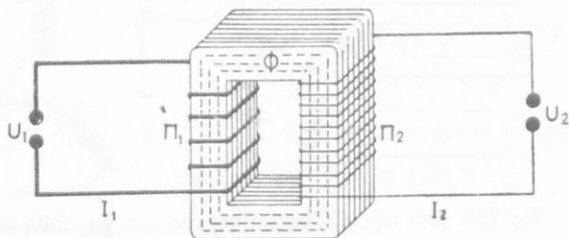
166. Λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως έχει έντασιν 25 κηρίων, αντίστασιν 440Ω και τροφοδοτεῖται με έναλλασσόμενον ρεύμα ἔχον ένεργὸν τάσιν 110 Volt. Πόση είναι ή μεγίστη έντασις του ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν λαμπτήρα και πόση είναι ή καταναλισκομένη ἰσχύς κατὰ κηρίον ;

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματισταί.—Ὁ μετασχηματιστὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία Π_1 και Π_2 , τὰ ὁποῖα τυλίσσονται εἰς τὰς πλευρὰς πλα-

σίου ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (σχ.241). Τὸ πηνίον Π_1 καλεῖται πηνίον χαμηλῆς τάσεως (ἢ πρωτεύον) και ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀλίγας σπείρας χονδροῦ σύρματος.

Τὸ πηνίον Π_2 καλεῖται πηνίον ὑψηλῆς τάσεως (ἢ δευτερεύον) 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 του ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ



Σχ. 241. Ἡ έναλλασσομένη μαγνητικὴ ροή Φ , τὴν ὁποίαν παράγει τὸ πρωτεύον ρεύμα, δημιουργεῖ έντὸς του δευτερεύοντος πηνίου Π_2 τὸ έναλλασσόμενον δευτερεύον ρεύμα.

τοῦ πηνίου Π_1 χαμηλῆς τάσεως διαβιβάζεται τὸ πρῶτον 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 δευτερὸν ρεῦμα καὶ ἔχει ἐνεργὸν τάσιν U_2 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_2 . Πειραματικῶς εὐρίσκεται ὅτι ἡ ἰσχὺς $U_1 \cdot I_1$ τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχὺν $U_2 \cdot I_2$ τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἥτοι εἶναι :

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \eta \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐὰν v_1 καὶ v_2 εἶναι ἀντιστοίχως ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος 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.

$$\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \frac{v_2}{v_1}}$$

II. Αἱ ἐνεργοὶ ἑντάσεις τῶν ρευμάτων εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

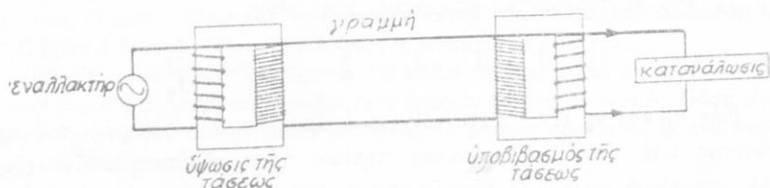
$$\boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}}$$

Παράδειγμα. Ἐὰν εἶναι $v_1 = 10$ σπείραι, $v_2 = 500$ σπείραι, $U_1 = 1000$ Volt καὶ $I_1 = 500$ Ampère, τότε διὰ τὸ δευτερεῖον ρεῦμα εἶναι :

$$\eta \text{ τάσις : } U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \cdot 50 = 50000 \text{ Volt}$$

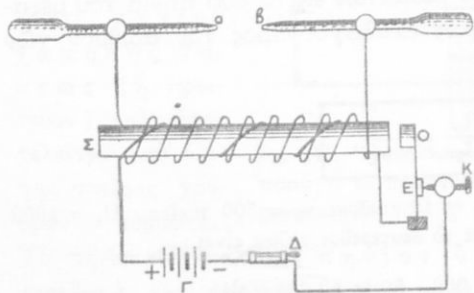
$$\eta \text{ ἔντασις : } I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

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 ὅποια παράγονται εἰς τοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἡλεκτροπαραγωγῆς, μεταφέρονται εἰς τὸν τόπον



Σχ. 242. Μεταφορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑπὸ ὑψηλὴν τάσιν. τῆς κατανάλωσιν ὑπὸ τάσεις 20 000 ἕως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτο εἰς τὸν σταθμὸν ἡλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑψώσεως τῆς τάσεως. Ἀντιθέτως εἰς τὸν τόπον κατανάλωσιν ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑποβασμοῦ 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.ἄ.

209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.—Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (ἢ πηνίον τοῦ Ruhmkorff) εἶναι ὄργανον ἀνάλογον πρὸς τὸν μετασχηματιστήν. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῖμα χαμηλῆς τάσεως καὶ παρέχει ἐναλλασσόμενον ρεῖμα ὑψηλῆς τάσεως. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν μεταβολὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῖμα εἰς τὸ πρωτεῖον πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδή-



Σχ. 243. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.

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 διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ὁ μ ὁ ρ ρ ο π ο ν πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ἂ ν τ ῖ ρ ρ ο π ο ν πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Οὕτω μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσόμενη 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 ἀναπτυσσόμενη 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 τὴν ἐπιτύχωμεν αὐξήσιν τῆς συχνότητος, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικούς διακόπτας, οἱ ὅποιοι 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 η απόδοση του μετασχηματιστού και πόση είναι η ενεργός ένταση του δευτερεύοντος ρεύματος, εάν η ενεργός τάσις αυτού είναι 2200 Volt ;

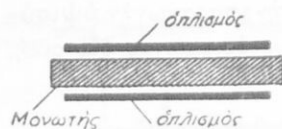
169. Μετασχηματιστής υποβιβασμού της τάσεως έχει εις τὸ πρωτεύον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεῖον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεύον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 3 000 Volt, τὸ δὲ δευτερεῖον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν R καὶ δαπανᾶται διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἀντίστασεως R ἀναπτύσσεται θερμότης ἰσοδυναμοῦσα μὲ ἰσχύϊν 9 kW. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς έντασις 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 δίδει ρεῦμα ὑπὸ ἐνεργὸν τάσιν 7200 Volt. Διὰ τῆς γραμμῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχομεν ἀπώλειαν ἐνεργείας 10 % τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς μετασχηματιστὴν υποβιβασμοῦ 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 έντασιν 0,75 A. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ περιλάβῃ τὸ δίκτυον ;

171. Ἐπαγωγικὸν πηνίον ἔχει τὰ ἑξῆς χαρακτηριστικά. Τὸ πρωτεύον ρεῦμα ἔχει έντασιν 5 A, ἡ δὲ διακοπὴ αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς 0,001 sec. Τὸ πρωτεύον 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 πρωτεύον ;

ΠΥΚΝΩΤΑΙ

210. Πυκνωταί.— Εἰς πολλὰ κυκλώματα ἐναλλασσομένων ρευμάτων παρεμβάλλονται δι' ὠρισμένον σκοπὸν εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὅποια καλοῦνται **πυκνωταί**. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας μεταλλικὰς πλάκας (σχ. 244), μεταξύ τῶν

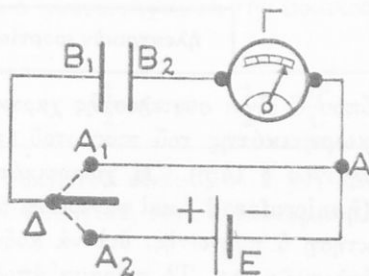


Σχ. 244. Πυκνωτής.

ὁποίων ὑπάρχει στρῶμα μονωτικοῦ σώματος (ὑάλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγίας, ἀήρ). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται ὁ π λ ι σ μ οί, τὸ δὲ στρῶμα τοῦ μονωτικοῦ σώματος καλεῖται δι η λ ε κ τ ρ ι κ ὸ ν. Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ὁ διακόπτης Δ ἐπιτρέπει νὰ συνδεθοῦν οἱ δύο ὁπλισμοὶ B_1 καὶ B_2 τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε μεταξύ των. Κατὰ σαφὲς μὲ τὸν πυκνωτὴν εἶναι συνδεδεμένον β α 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 ὁποῖον διέρχεται δι' αὐτοῦ καὶ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. Ἄς ἐκτελέσωμεν τώρα τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

α) Φέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_1 . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλίνει, ἄρα δὲν διῆλθεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον. β) Φέρομεν τὸν διακόπτην εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_2 . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται διὰ μίαν στιγμὴν καὶ ἀμέσως ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν. Διὰ τοῦ



Σχ. 245. Φόρτισις καὶ ἐκφόρτισις πυκνωτοῦ.

γαλβανομέτρου διῆλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q . γ) Ἐπαναφέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_1 . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τώρα κατ' ἀντίθετον φορὰν καὶ δεικνύει ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν τὸ αὐτὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q , ἀμέσως δὲ ἡ βελόνη ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.

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, ἣ 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 ἐκκενώνεται 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 ὁποῖον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὁποῖον 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 δύο 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 πυκνωτὴς, διὰ νὰ ἀυξηθῇ 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			
Ἀήρ	1	Μαρμαρυγίας	6 - 8
Παραφίνη	2,1	Ῥαλλος	5 - 7
Χάρτης	2,5	Οινόπνευμα	25
Ἐβονίτης	2,6	Ῥδωρ	80

Παράδειγμα. Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτῆνος 20 cm, χωρίζονται μὲ πλάκα ὕαλου πάχους 2 mm. Διὰ τὴν ὕαλον εἶναι $\epsilon = 6$. Ὁ πυκνωτὴς οὗτος ἔχει χωρητικότητα :

$$C = \frac{6 \cdot 400 \pi}{4 \pi \cdot 0,2} = 3000 \text{ C.G.S.}$$

$$\tilde{C} = \frac{3 \cdot 10^9}{9 \cdot 10^9} = \frac{1}{300} \mu F$$

212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἀγω-

γοῦ, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ, εὐρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποῖαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ, εἶναι :

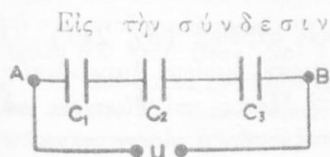
$$\text{ἐνέργεια πυκνωτοῦ : } W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν ἡ χωρητικότης ἑνὸς πυκνωτοῦ εἶναι $C = 1 \mu\text{F}$ καὶ ὁ πυκνωτὴς φορτισθῇ ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000 \text{ Volt}$, τότε ἡ ἀποταμειευμένη 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 :

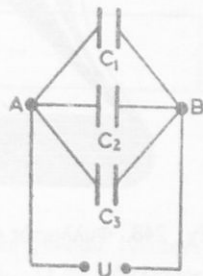
$$C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$$



Σχ. 247. Σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειρὰν.

Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ σειρὰν 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 :

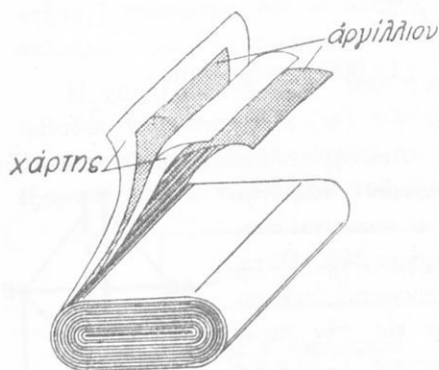
$$\frac{1}{C_{\text{ολ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



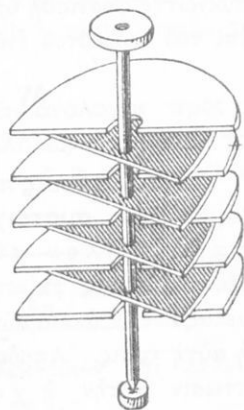
Σχ. 246. Σύνδεσις πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ. Οὕτως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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 ὅπλισμοι καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὥστε ὁ πυκνωτής νὰ ἔχῃ μικρὸν ὄγκον. Οἱ μεταβλητοὶ πυκνωταὶ ἔχουν συνήθως ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρα. Ὁ εἰς ὅπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σειρὰν ἀκινήτων ἡμικυκλικῶν



Σχ. 248. Φυλλωτὸς πυκνωτής.

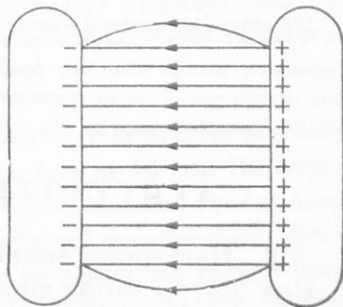


Σχ. 249. Μεταβλητὸς πυκνωτής.

πλακῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται μὲ μεταλλικὰς ράβδους (σχ. 249). Ὁ ἄλλος ὅπλισμός των 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 ὅπλισμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ τοιοῦτοι πυκνωταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται πυκνωταὶ μὲ ὑγρὰ διηλεκτρικὰ (π.χ. ὀρυκτέλαιον).

215. Ὅμογενές ἡλεκτρικὸν πεδίον.—Ὅταν ὁ πυκνωτής εἶναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὀπλισμῶν του ὑπάρχουν ἴσα ἐτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

των όπλισμών, αί όποῖαι εύρίσκονται άπέναντι άλλήλων (σχ. 250). Μεταξύ των δύο παραλλήλων όπλισμών σχηματίζεται **όμογενές ηλεκτρικόν πεδión**, τοῦ όποίου αἱ δυναμικαί γραμμαὶ εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι, ἡ δὲ έντασις αὐτοῦ εἶναι σταθερά. Εύρίσκεται ὅτι :



Ἡ έντασις (E) τοῦ όμογενοῦς ηλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ όποῖον σχηματίζεται μεταξύ των όπλισμών τοῦ έπιπέδου πυκνωτοῦ εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκον τῆς τάσεως (U) μεταξύ των όπλισμών διὰ τῆς άποστάσεως (l) των δύο όπλισμών.

Σχ. 250. Μεταξύ των όπλισμών τοῦ πυκνωτοῦ σχηματίζεται όμογενές ηλεκτρικόν πεδión.

$$\text{έντασις όμογενοῦς ηλεκτρικοῦ πεδίου : } E = \frac{U}{l}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

172. Ἐκαστος των όπλισμών έπιπέδου πυκνωτοῦ έχει έπιφάνειαν 100 cm^2 . Μεταξύ των όπλισμών υπάρχει στρώμα άέρος πάχους 1 mm . Ὁ εἰς όπλισμὸς τοῦ πυκνωτοῦ συνδέεται μὲ τὴν γῆν, ὁ δὲ άλλος μὲ πηγὴν έχουσαν σταθερὸν δυναμικὸν 600 Volt . Πόση εἶναι ἡ χωρητικότης καὶ τὸ φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ ;

173. Δύο φύλλα άργιλίου έχοντα διαστάσεις $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ εἶναι έπικολλημένα έπὶ των δύο όψεων παραφινωμένου χάρτου, έχοντος πάχος $0,2 \text{ mm}$ καὶ διηλεκτρικὴν σταθεράν $2,5$. Πόση εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ ;

174. Πυκνωτὴς έχει χωρητικότητα $25 \mu\text{F}$. Πόση διαφορά δυναμικοῦ πρέπει νὰ εφαρμοσθῇ μεταξύ των δύο όπλισμών τοῦ πυκνωτοῦ, διὰ νὰ άποκτήσῃ οὗτος φορτίον $0,001 \text{ Cb}$; Πόσην ένέργειαν έχει τότε ὁ πυκνωτὴς ;

175. Τρεῖς πυκνωταὶ έχουν χωρητικότητα $1 \mu\text{F}$, $2 \mu\text{F}$ καὶ $3 \mu\text{F}$. Πόση εἶναι ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας, όταν οἱ πυκνωταὶ συνδεθοῦν παραλλήλως ἢ κατὰ σειράν ;

176. Ἡ άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών πυκνωτοῦ εἶναι 4 cm καὶ μεταξύ αὐτῶν υπάρχει τάσις 60 Volt . Πόση εἶναι ἡ έντασις E τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου ;

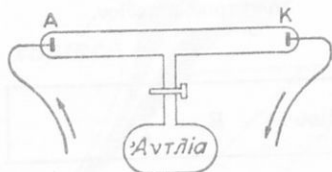
177. Ἡ άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών έπιπέδου πυκνωτοῦ εἶναι 3 cm .

Πόση πρέπει να είναι εις Volt ή μεταξύ των όπλισμών τάσις, ώστε ή έντασις τοῦ παραγομένου όμογενούς ηλεκτρικοῦ πεδίου να είναι ίση με 10 C.G.S.:

178. Μία ηλεκτρισμένη σταγών ελαίου, έχουσα μάζαν $\frac{12}{10^{12}}$ gr, διατηρεῖται αιώρουμένη μεταξύ των δύο όριζοντίων όπλισμών πυκνωτοῦ, οί όποιοι απέχουν μεταξύ των 2 cm καί παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικοῦ 3 000 Volt. Πόσον είναι τὸ ηλεκτρικόν φορτίον τῆς σταγόνης ; $g = 980$ C.G.S.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

216. **Ήλεκτρικαί έκκενώσεις έντὸς αἰραίων αερίων.**—“Όλα τὰ αέρια ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν εἶναι μονωτά. “Ας ἐξετάσωμεν ἂν τὰ αέρια ἐξαιρουμένων νὰ ἔχουν τὴν ιδιότητα αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσις των εἶναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπιμήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὁ όποῖος εἰς τὰ δύο ἄκρα του φέρει συντετηγμένα δύο μεταλλικά ἤλεκτροδια Α (ἄνοδος) καὶ Κ (κάθοδος). Εἰς τὰ δύο ἤλεκτροδια ἐφαρμόζομεν τάσιν πολλῶν χιλιάδων Volt συνδέοντες αὐτὰ με κατὰλληλον πηγὴν (π.χ. με τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος ἑνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου). Διὰ μιᾶς ἀεραντλίας δυνάμεθα νὰ ἐλατ-

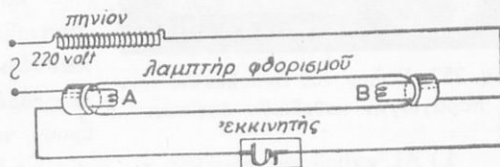


Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ηλεκτρικῶν ἐκκενώσεων.

τώνωμεν προσδευτικῶς τὴν πίεσιν έντὸς τοῦ σωλῆνος. “Όταν ἡ πίεσις τοῦ αέρος έντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἴση με τὴν ἀτμοσφαιρικὴν, δὲν παραρητοῦμεν κανέν φαινόμενον έντὸς τοῦ σωλῆνος. “Όταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ ἴση με 40 mm Hg, τότε μεταξύ των δύο ἤλεκτροδίων, σχηματίζεται ἤλεκτρικὸς σπινθὴρ ἔχων τὴν μορφήν τοῦ κεραυνοῦ. “Η διέλευσις τοῦ ἤλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου των αερίων, ἡ συνοδευομένη ὑπὸ φωτεινῶν φαινομένων, καλεῖται **ἤλεκτρική ἐκκένωσις**. “Όταν ἡ ἐλάττωσις τῆς πίεσεως προχωρήσῃ περισσότερον, ὁ σωλὴν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν στήλην, ἡ ὁποία καλεῖται **θετικὴ στήλη**. “Ολόκληρος τότε ὁ σωλὴν ἐκπέμπει ὁμοιόμορφον φῶς (**σωλὴν Geissler**). “Όταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ μικροτέρα των 10 mm Hg, τότε ἡ θετικὴ στήλη ἀρχίζει νὰ ὀπισθοχωρῇ πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται έντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτεινὰ περιοχαί. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσις γίνῃ ἴση με 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἀνωτέρω φωτεινὰ φαινόμενα ἐξαφανίζονται, τὸ ἐσωτερικόν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινόν καὶ μόνον τὰ τοιχώματα

τοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρίσκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἐκπέμπουν ἀσθενὲς πρᾶσινον φῶς. Ὁ σωλὴν, ὅταν φθάσῃ εἰς αὐτὸν τὸν βαθμὸν τῆς ἀραιώσεως, ὀνομάζεται **σωλὴν Crookes**. Εἰς τὴν παρατιθεμένην ἐκτὸς κειμένου ἐγχρωμον 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 ὁμοίωμορ-
φον 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 κ.τ.λ. Ἡ δι' ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διέγερσις τῆς φωτοβολίας ἑνὸς ἀραιοῦ ἀερίου εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρ-
μογὴν εἰς τὸν φωτισμὸν διαφόρων χώρων καὶ τὴν κατασκευὴν διαφημι-
στικῶν ἐπιγραφῶν. Εἰς τὸ ἐμπόριον φέρονται καὶ μικροὶ λαμπτήρες με νέον (με ἡλεκτρόδια 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.

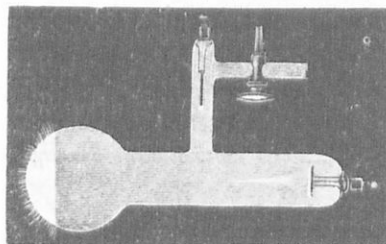


Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ὁ ἐκκινήτης κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγῳ διαστο-
λῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος σχήματος U.

Τελευταίως διεδόθη ἡ χρῆσις τῶν λαμπτήρων φθορι-
σμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλῆνες, τῶν ὁποίων τὰ ἐσωτε-
ρικά τοιχώματα ἐπιχρίονται με στρώμα φθορίζοντος σώματος. Ἐντὸς
τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἓν εὐγενὲς ἀέριον καὶ μία σταγὼν ὕδραργύρου.
Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος ὑπάρχουν ἡλεκτρόδια (σχ. 252). Διὰ τὴν
ἐναρξιν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἰδιαιτέρον σύστημα, τὸ
ὁποῖον καλεῖται ἐκκινήτης. Οὗτος κλείει τὸ κύκλωμα τῶν δύο
ἡλεκτροδίων τοῦ λαμπτήρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ συμβαίνει τότε ἐκκένωσις.
Οἱ ἀτμοὶ 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 μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτίνες.—Λαμβάνομεν ἓνα σωλῆνα Crookes κα-
ταλλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτροδία του ὑψη-



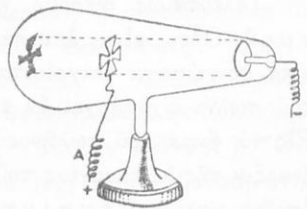
Σχ. 253. Σωλὴν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.

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 ἀκτίνες**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἔχουν τὰς ἀκολουθοῦσας ιδιότητες :

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες **πρ-ο-κ-α-λ-οῦ-ν** τὸν **φ-θ-ο-ρ-ι-σ-μ-ὸ-ν** πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειούχου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες **πρ-ο-σ-β-ά-λ-λ-ο-υ-ν** τὴν **φ-ω-τ-ο-γρ-α-φ-ι-κ-ή-ν** **πλ-ά-κ-α** καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὕαλος περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες **δι-α-δ-ί-δ-ο-ν-τ-αι** **εὐ-θ-υ-γρ-ά-μ-ω-ς**. Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἓν σῶμα, τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἡ σκιά τοῦ σώματος, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς ὠρισμένην περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).



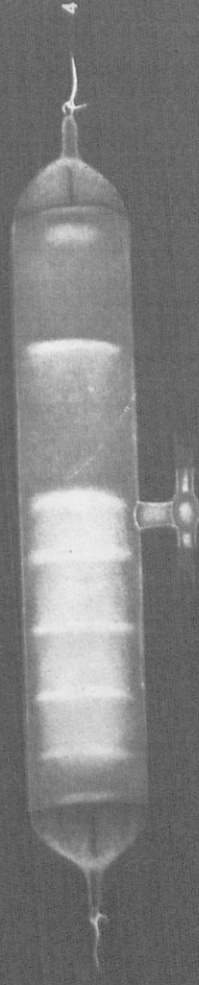
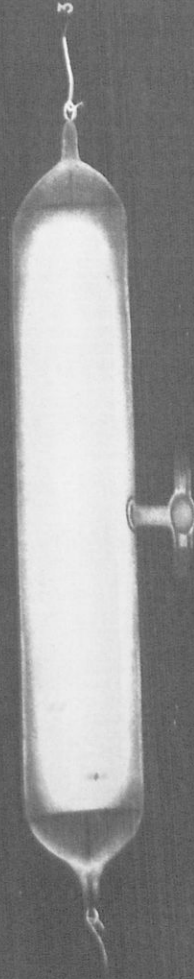
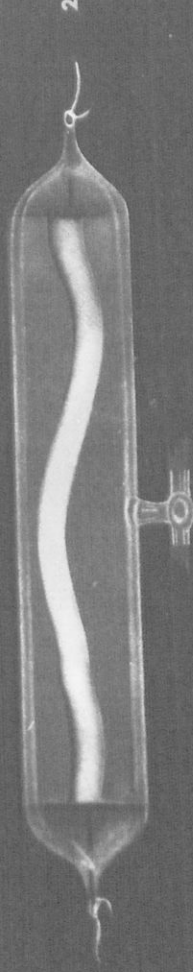
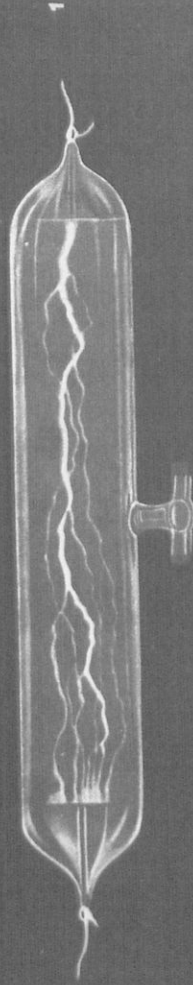
Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

Διάφοροι φάσεις της ηλεκτρικής έκκενώσεως

1. 'Υπό την ατμοσφαιρικήν πίεσιν ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ εἶναι διακλαδισμένος.
2. 'Υπὸ πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ $1/4$ τῆς ατμοσφαιρικῆς ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ ἔχει τὴν ὅψιν ἐγχρώμου φωτεινῆς στήλης.
3. 'Υπὸ πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ $1/20$ τῆς ατμοσφαιρικῆς ὅλον τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ.
4. 'Υπὸ πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ατμοσφαιρικῆς ἐμφανίζονται σκοτειναὶ περιοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλήνος.
5. 'Υπὸ πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ατμοσφαιρικῆς τὸ στενὸν τμήμα τοῦ σωλήνος φωτοβολεῖ ἰσχυρότερον.

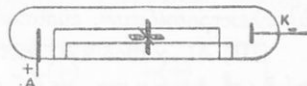
ΚΑΘΟΔΟΙ (-)

ΑΝΟΔΟΙ (+)



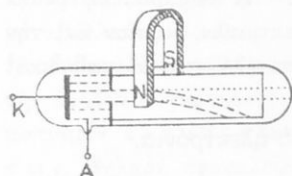
4) Αί καθοδικαί ἀκτῖνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

5) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβάλωμεν εὐκίνητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα.

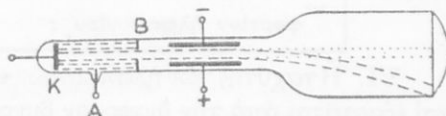
6) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν διεισδυτικὴν ἱκανότητά. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλῆνος ἀνοίγωμεν ὀπήν, τὴν ὁποίαν κλείομεν μὲ λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5 cm ἀπὸ τῆς ὀπῆς.



Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

θὰ ὑφίστατο ρεῦμα ἔχον φορὰν ἐκ τῆς ἀνόδου A πρὸς τὴν κάθodon K.

8) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη ἀποδεικνύεται, ἐὰν μία λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων ἰέλθῃ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἰδὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ ῥισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται τε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἔλμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν ὀπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

9) Αί καθοδικαί ἀκτῖνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἤλεκτρικὰ 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 μὲ ἡλεκτροσκόπιον, εὐρίσκεται ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτρίζεται ἀρνητικῶς.

10) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἔχοντα μᾶζαν. Ὅταν 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 ἔνεκα τῆς ἐλξεως 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 κατῴρθωσε 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 ἡλεκτρόνια.

II. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἴση μὲ τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου, ἥτοι εἶναι ἴση μὲ $9,1 \cdot 10^{-28}$ gr.

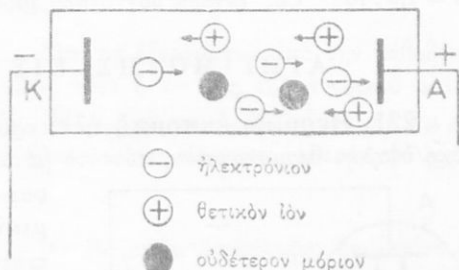
III. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἴσον μὲ τὸ στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

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 μετὰ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου.

220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.— Ἐνεκα διαφύων αἰτίων ἀπὸ μερικὰ μόρια τῶν ἀερίων διαφεύγει ἓν ἡλεκτρόνιον

οὕτω τὰ μόρια αὐτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικά ἰόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ἤλεκτρονιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μόριον, τὸ ὁποῖον οὕτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ἰόν. Ὡστε μεταξὺ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ αέριου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. Ὅταν τὸ αέριον εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἰσχυροῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται με-
ταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ αέριου ἰόντα κατευθύνονται πρὸς τὸ ἐν ἧ τὸ ἄλλο ἡλεκτρόδιον ἀνα-
λόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ φορ-
τίου των. Τὰ ἰόντα αὐτὰ συγ-
κρούονται μὲ οὐδέτερα μόρια τοῦ αέριου. Ἐνεκα τῆς συγ-
κρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ αέριου ἐκφεύγουν ἡλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἡλεκτρόνια ἀποκοτῶν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἀνοδὸν συγκρούονται μὲ μόρια τοῦ αέριου καὶ προκαλοῦν τὸν σχη-
ματισμὸν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων καὶ θετικῶν ἰόν-
των, δηλαδὴ προκαλοῦν **ἰονισμόν τοῦ αέριου**.



Σχ. 258. Ἰονισμός τοῦ αέριου διὰ κρούσεως.

Τὰ θετικά ἰόντα φθάνουν εἰς τὴν ἀνόδον καὶ παραλαμβάνουν ἐξ αὐτῆς ἡλεκτρόνια διὰ τὴν ἐξουδετέρωσίν των· τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ ἐκφεύγουν μετ' ὀλίγον κατὰ μίαν νέαν σύγκρουσιν τῶν μορίων μὲ τα-
χέως κινούμενα ἡλεκτρόνια. Ὡστε:

Ἡ παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλῆνος Crookes ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ αέριου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (ἰονισμός κρούσεως).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

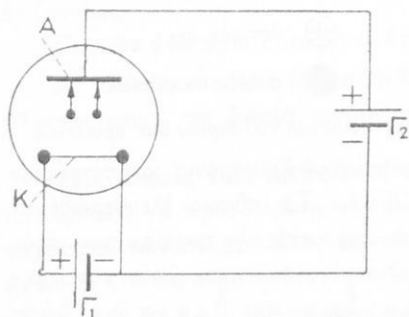
179. Εἰς ἓνα σωλῆνα Crookes ὑπάρχει μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς κα-
θόδου τάσις $U = 100.000$ Volt. Πόσῃν ταχύτητά ἀποκτᾷ ἐν ἡλεκτρό-
νιον, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς
ἀνόδου; Μᾶζα ἡλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἡλεκτρονίου κατ' ἀπό-
λυτον τιμὴν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

180. Πόσην κινητική ενέργειαν ἔχει ἓν ἠλεκτρόνιον κινούμενον μὲ ταχύτητα $v = 100\,000$ km/sec ; Μᾶζα ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr.

181. Ἡλεκτρόνιον κινεῖται μὲ ταχύτητα $v = 60\,000$ 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 $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἠλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμὴν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου $H = 150$ 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 Edison καὶ παρατηρεῖται εὐκόλως μὲ τὴν διατάξιν τοῦ σχήματος 259. Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχει μεταλλικὸν σύρμα K, τὸ ὁποῖον διαπυρρύνεται 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 γεννητρίας Γ_2 , τῆς ὁποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας 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 ὅμως διακόψωμεν τὴν σύνδεσιν τῆς πλάκας A μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας Γ_2 , τότε διακόπτεται καὶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλάκας. Διότι τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπει τὸ διάπυρον σύρμα K, σχηματίζουν περίεξ τοῦ σύρματος « νέφος ἠλεκτρονίων », τὸ ὁποῖον ἀναγκάζει τὰ ἐξερχόμενα νέα ἠλεκτρόνια νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτως εἰς τὴν πλάκα A δὲν φθάνουν ἠλεκτρόνια. Ὁ ἀνωτέρω χρησιμοποιηθεὶς σωλὴν καλεῖται **δίοδος ἠλεκτρονικὸς σωλὴν** ἢ καὶ **δίοδος λυχνία**, ἐπεὶ δι' ἔχει δύο ἠλεκτροδία, τὸ σύρμα καὶ τὴν πλάκα. Τὸ σύρμα K καλεῖται **κάθοδος**,

ή δὲ πλάξ Α καλεῖται **ἀνοδος**. Τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα τῆς πλακῆς, καλεῖται **ἀνοδικὸν ρεῦμα**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξε λοιπὸν ὅτι :

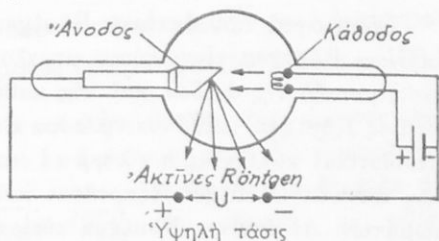
Τὰ μέταλλα εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν ἐκπέμπουν ἠλεκτρόνια. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ μονάδα χρόνου ἐκπεμπόμενων ἠλεκτρονίων αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Εἰς τὴν δίοδον λυχνίαν, ὅταν ὅλα τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια φθάνουν εἰς τὴν ἀνοδον, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην τιμήν. 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 εὐρίσκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐκπέμπουν μίαν νέαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία ἐπεκράτησεν νὰ καλεῖται **ἀκτῖνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι :

Ὅταν ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἑνὸς 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 διαπυρουμένη **κάθοδος** (σχ. 260). Ἀπέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βολφράμιον), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν **ἀνοδον**. Αὕτη συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ὑψηλῆς τάσεως (50 000 ἕως 250 000 Volt). Τὸ μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου παραγόμενον ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν πεδίον 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 (ἀντικαθόδου) 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.

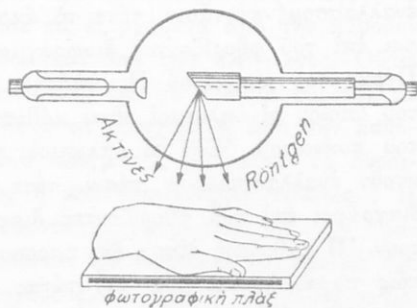
4) Διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταφέρουν ἡλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἐπιδρῶν 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 ὕδατάνθρακες 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 μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερα 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 στρώμα κυανίουχου βαριολευκοχρύσου. Ἐὰν μεταξὺ τοῦ σωλήνος καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοποθετήσωμεν τὴν χεῖρα μας, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματίζεται ἡ σκιά τῶν ὀστέων

τῆς χειρὸς, 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 χειρὸς. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινογραφία**. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν δοαφόρους 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 ὕλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἐρεῦνας καὶ ἰδιαίτερος διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

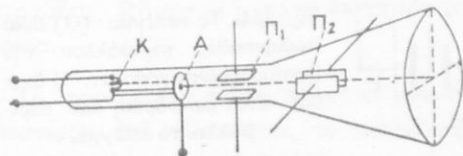


Σχ. 261. Ἀκτινοσκόπησις.

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 μῆκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μῆκη κύματος τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ἔχουσα πολὺ μικρὰ μῆκη κύματος (μικρότερα τοῦ $0,01 \mu = 100 \text{ \AA}$).

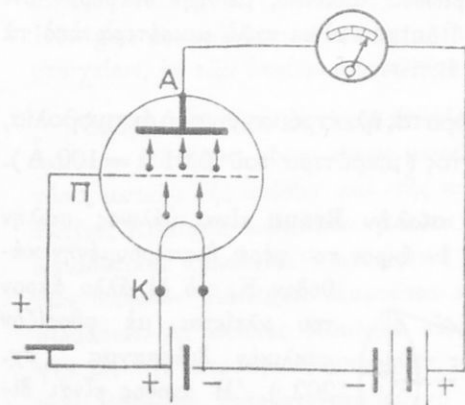
224. Σωλὴν Braun.—Ὁ **σωλὴν Braun** εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον του φέρει διαπυρουμένην κάθοδον K, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον του κλείεται μὲ φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262). Ἡ ἄνοδος εἶναι δίσκος, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον του φέρει μικρὰν ὀπὴν. Τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα διέρ-



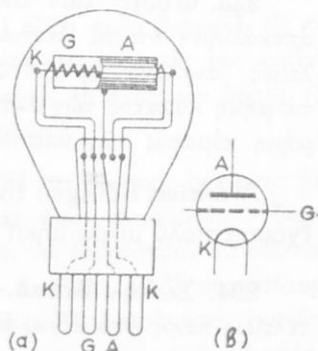
Σχ. 262. Σωλὴν Braun.

χονται διὰ τῆς ὁπῆς, ἀποτελοῦν λεπτὴν 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 ἀποκοτῶν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ Π_1 ὑπάρχει δευτέρος ἐπίπεδος πυκνωτὴς Π_2 , τοῦ ὁποῦ οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐὰν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ Π_2 ἀποκοτῶν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὀριζοντίαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἀδράνεια 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 χρησιμοποιοῦται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (σπουδὴ ταχέως ἐναλλασσομένων ρευμάτων, δέκτης ραντάρ, τηλεόρασις κ.ά.).

225. Τρίοδος λυχνία.— Ἡ τρίοδος λυχνία εἶναι κοινὴ δίοδος λυχνία, εἰς τὴν ὁποίαν ἔχει προστεθῇ τρίτον ἡλεκτρόδιον. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίοδος λυχνία.

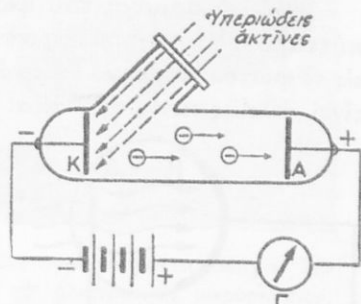


Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδές, περιβάλλον τὴν διαπυρουμένην κάθοδον. Ἡ ἀνοδος εἶναι κυλινδρική καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

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). Ἐξώθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνόδος, ἡ ὁποία ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μετὸν 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 μετὸν 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 τρίτος λυχνία εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι μετὰ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράδος, πεντάδος, ὀκτάδος κ.τ.λ. λυχνία).

226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.— Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα εἶναι συνδεδεμένα μετὰ τοὺς δύο πόλους γεννητρίας (σχ. 265). Ἀφήνομεν νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς καθόδου ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐξερχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται **φωτοηλεκτρόνια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον Κ 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 ἀκτινοβολαί. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι :

I. Ἡ ἀπόσπασις φωτοηλεκτρονίων ἀπὸ ἓν μέταλλον εἶναι δυνατὴ μόνον, ὅταν τὸ μήκος κύματος τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας εἶναι μικρότερον ἐνὸς ὥρισμένου μήκους κύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ μέταλλον.

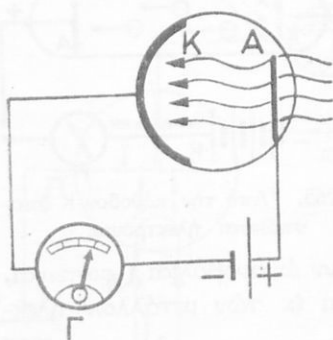
II. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀποσπαιμένων φωτοηλεκτρονίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ παραγομένου φωτοηλεκτρονίου δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον **φωτοηλεκτρικὴν ἐξίσωσιν τοῦ Einstein** :

$$\text{φωτοηλεκτρικὴ ἐξίσωσ ἐinstein : } \frac{1}{2} m v^2 = h \nu - W_0$$

ὅπου $h \nu$ εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας καὶ W_0 εἶναι μία σταθερὰ τοῦ μετάλλου. Ἡ σταθερὰ αὕτη καλεῖται $\epsilon \rho \gamma \omicron \nu \epsilon \xi \alpha \gamma \omega \gamma \eta \varsigma$, διότι ἐκφράζει τὸ ἔργον τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι συγκρατοῦν τὸ ἡλεκτρόνιον ἐντὸς τοῦ μετάλλου.

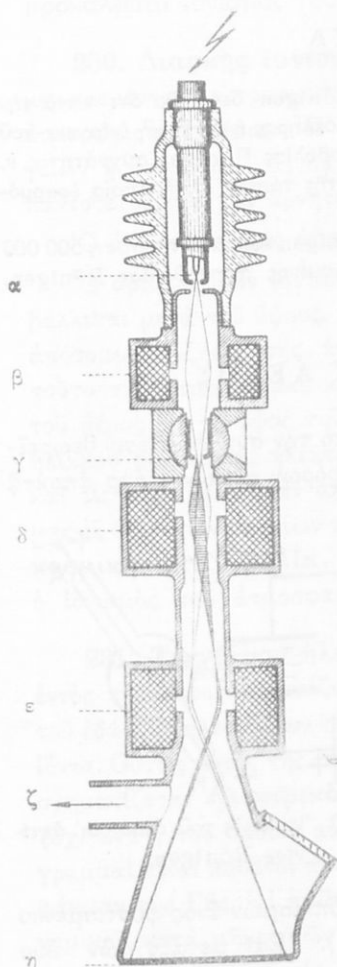
227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον εὐρίσκει μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὸ **φωτοκύτταρον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος εἶναι τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώμα καλίου, τὸ ὁποῖον ἐπικαλύπτει μέρος



Σχ. 266. Φωτοκύτταρον.

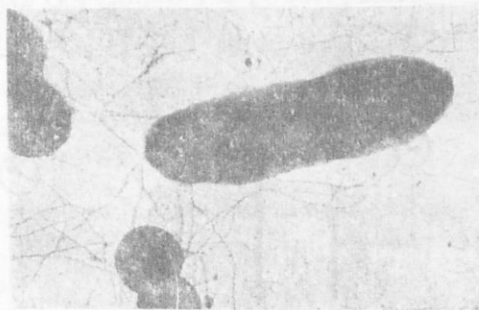
τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σωλῆνος (σχ. 266). Ἡ ἀνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἢ κυκλικὸν μεταλλικὸν ἡλεκτρόδιον. Ὄταν ἐπὶ τῆς καθόδου προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου παρακολουθεῖ τὰς μεταβολὰς τῆς προσπιπτούσης φωτεινῆς ροῆς. Τὰ παραγόμενα ἀσθενῆ ρεύματα ἐνισχύονται διὰ καταλλήλου διατάξεως. Τὸ φωτοκύτταρον εἶναι σήμερον πολύτιμος συσκευή καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ὁμιλῶν κινηματογράφος, αὐτόματος ἑλεγχος καὶ ρύθμισις τῆς λειτουργίας μηχανῶν, τηλεφωτογραφία, τηλεόρασις, ρύθμισις κυκλοφορίας ὀχημάτων κ.ἄ.).

228. Ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον 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 ἀντικειμενικός φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀντίλη, η φθορίζον διάφραγμα.



Σχ. 268. Φωτογραφία βακτηριοφάγου ληφθεῖσα μετὰ τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον. Μεγέθυνσις 20 000.

ται εἴτε ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος εἴτε ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Εἰς τὴν σχηματικὴν διάταξιν 267 οἱ φακοὶ εἶναι πηνία, τὰ ὅποια δημιουργοῦν τὰ κατάλληλα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια διανοίγει τελείως νέους ὁρίζον-

τας έρεύνης (σχ. 268). Τοῦτο ἔχει σήμεραν ἰδιαίτεράν σημασίαν διὰ τὴν Βιολογίαν καὶ τὴν Μικροβιολογίαν.

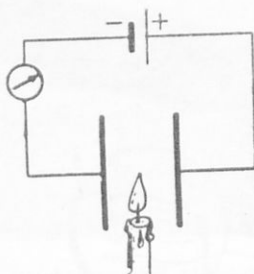
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κρούσιν τοῦ ἡλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου ὁλόκληρος ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen συχνότητος ν . Νὰ εὑρεθῇ σχέσις μεταξὺ τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς τάσεως U , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸν σωλῆνα.

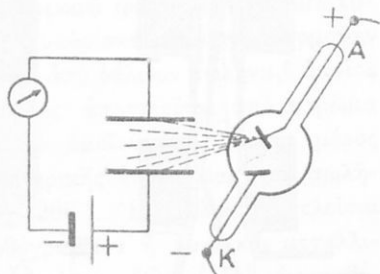
183. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἐφαρμόζεται τάσις 500 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ μήκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας Röntgen. Σταθερὰ Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ίονισμός τοῦ αέρος.—Ὁ ἀήρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὅμως διαφόρων αἰτιῶν ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ



Σχ. 269. Ίονισμός τοῦ αέρος διὰ φλόγος.



Σχ. 270. Ίονισμός τοῦ αέρος δι' ἀκτίνων Röntgen.

σημαντικὴν ἀγωγιμότητα. Μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν ἑνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ φέρομεν φλόγα κηρίου (σχ. 269). Ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν ὑπάρχῃ ὑψηλὴ διαφορὰ 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 αὕτῃ τοῦ αέρος ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ αέρος. Ἐκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι :

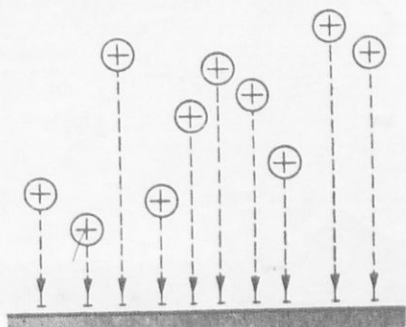
Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgen ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ ἀγωγιμότητα, ἐπεὶ δὴ προκαλεῖται ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.

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 σπηλαιῶν καὶ ὁφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὑπάρχουν πάντοτε θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα. Ὡστε :

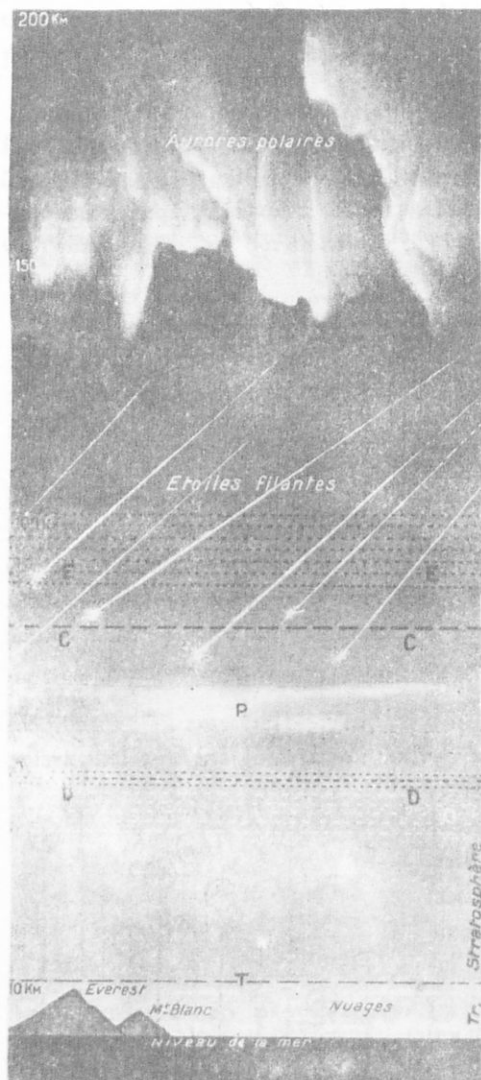
Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ εἶναι πάντοτε ἰονισμένος.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους. Εἰς ὕψος ἄνω τῶν 100 km παρατηρεῖται μία ἀπότομος αὐξησις τῆς ἀγωγιμότητος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ στρώμα τοῦτο τῆς ἀτμοσφαίρας καλεῖται **ιονόσφαιρα**. Ὁ ἰσχυρὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕψος τοῦτο ὁφείλεται 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 ὁφείλεται τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.



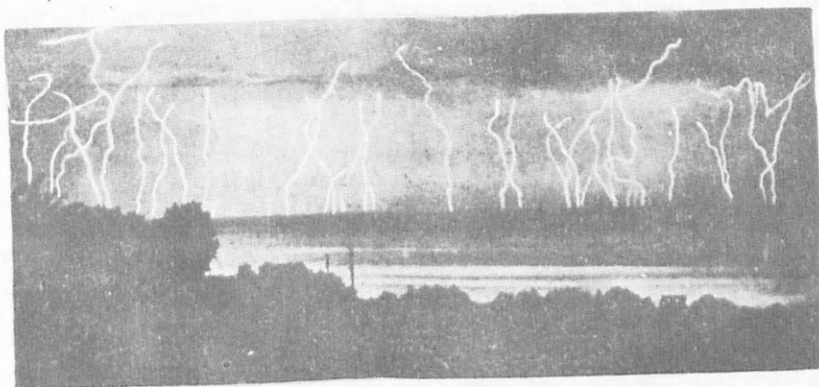
Τομή του κατωτέρου τμήματος της ατμόσφαιρας. Τ τροπόπαισις, Ο στρώμα δζοντος, D στρώμα ιονισμένον, Ρ ήφαιστειακή κόνις, C ανώτατον δριον λυκόφωτος, E στρώμα του Heaviside. Τò πολικόν σέλας έμφανίζεται εις ύψος άνω των 150 km.

έξαφανίζονται, διότι συνεχώς αναπληροϋνται από νέα φορτία. Δέν είναι ακόμη πλήρως γνωστών πώς γίνεται ή αναπλήρωσις των φορτίων τούτων. Ός μία σημαντική αίτία της συνεχοϋς παραγωγής θετικων ιόντων έντός του άέρος και άρνητικων ιόντων επί της επιφανείας του εδάφους θεωροϋνται αί άστραπαί και οί κεραυνοί. Η άστραπή είναι ήλεκτρική έκκένωσις μεταξύ δύο νεφών, τά όποια έχουν αντίθετα ήλεκτρικά φορτία. Ο δέ κεραυνός είναι ήλεκτρική έκκένωσις μεταξύ του νέφους και του εδάφους. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ νέφους και εδάφους κατά την πτώσιν κεραυνού άνέρχεται εις έκατομμύρια ή δισεκατομμύρια Volt. Η έντασις του ρεύματος, ή αντίστοιχοϋσα εις ένα κεραυνόν άνέρχεται εις 20 000 Ampère. Υπολογίζεται οτι κατά δευτερόλεπτον παράγονται έφ' όλοκλήρου του πλανήτου μας 100 κεραυνοί, οί όποιοι μεταφέρουν συνεχώς εις τò έδαφος άρνητικά ήλεκτρικά φορτία, ένω συγχρόνως έγκαταλείπονται

τὸν ἀέρα θετικὰ ἢ ηλεκτρικὰ φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικὰ φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἢ ηλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὁποῖου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἷτια συντελοῦν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γηίνου ἢ ηλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κερανοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικὰ ἢ ηλεκτρικὰ φορτία.

Ἐλεξικέραυνον. Ὄταν ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους εὐρίσκεται νέφος, φέρον σημαντικὸν ἢ ηλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὁποῖον συγκεντρώνεται εἰς τὰ ἐξέχοντα σημεῖα τοῦ ἐδάφους (ὑψηλαὶ οἰκοδομαί, καπνοδόχοι, δένδρα κ.ἄ.). Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς πτώσεως τοῦ κεραυνοῦ 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. Ὄταν 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).

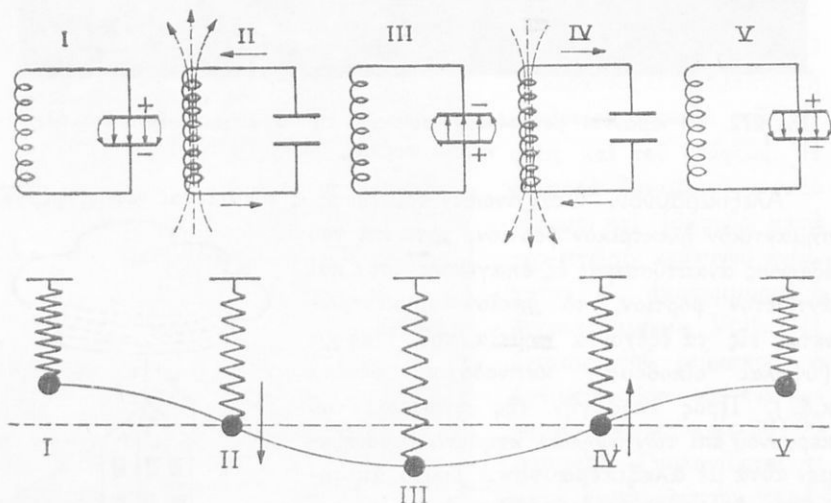


Σχ. 273. Ἐλεξικέραυνον.

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 γῆινου 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 μετατροπὰι τῆς ἐνέργειας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως καὶ συνεπῶς συμβαίνουν ταλαντώσεις ἡλεκτρικοῦ φορτίου.

ρευμάτων μεταξύ μεγάλων ὀρίων. Οὕτω διακρίνομεν τρεῖς κατηγορίας ἐναλλασσομένων ρευμάτων : α) ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος, (50 ἕως 10 000 Hz), β) ρεύματα μέσης συχνότητος (10 000 ἕως

100 000 Hz) και γ) ρεύματα ύψηλης συχνότητας (άνω τῶν 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ύψηλης συχνότητας καλοῦνται καὶ **ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις**. Τὰ ρεύματα αὐτὰ παράγονται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ ἐντὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει πηνίον (σχ. 274). Μεταξὺ τῶν δύο ὁπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ὑπάρχει κατ' ἀρχὰς **ἠλεκτρικὸν πεδίον**. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο ὁπλισμοὶ 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 καταργεῖται καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πηνίου. Ἡ κατάργησις ὅμως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ ρεῦμα ἐξ αὐτεπαγωγῆς ὁμόροπον πρὸς τὸ προηγούμενον. Τὸ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ρεῦμα προκαλεῖ φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ με ἀντίθετον ὅμως πολικότητα. Ἐπακολουθεῖ τότε νέα ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται διαρκῶς. Οὕτω τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος ύψηλης συχνότητος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

I. Εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον πυκνωτὴν καὶ πηνίον παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἔνεκα τῆς διαρκοῦς μετατροπῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως.

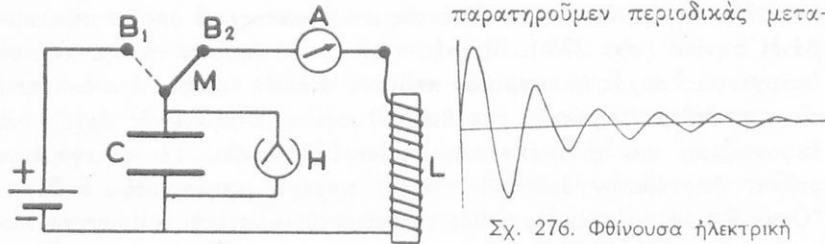
II. Ἡ περίοδος (T) τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον τοῦ Thomson :

$$\text{τύπος τοῦ Thomson : } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

ὅπου 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 μετὰ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 275. Ὁ πυκνωτὴς ἔχει μεγάλην χωρητικότητα C καὶ τὸ πηνίον ἔχει μέγαν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L, ὥστε ἡ περίοδος T τῶν ταλαντώσεων νὰ εἶναι ἴση μετὰ ἀρκετὰ δευτερόλεπτα. Ὅταν ὁ μεταγωγὸς M φέρεται εἰς ἐπαφὴν μετὰ

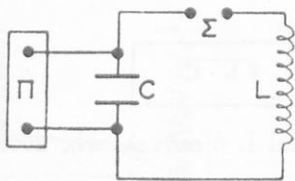
τὸν ἀκροδέκτην B_1 , ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρόμετρον H δεικνύει τὴν τάσιν μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐὰν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_2 , παρατηροῦμεν περιοδικὰ μετα-



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 ἐνέργειας. Αἱ ταλαντώσεις αὗται καλοῦνται **φθίνουσαι ἢ ἀποσβεννυμέναι**. Διὰ τὴν διαδοχικὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ



Σχ. 277. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

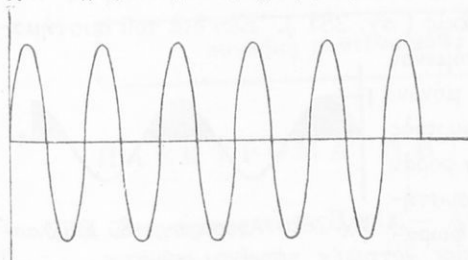
ἀντὶ μεταγωγοῦ, ἡ ἀκόλουθος διάταξις (σχ. 277). Ὁ πυκνωτὴς συνδέεται μὲ τὸ δευτερεῖον ἐνός ἐπαγωγικοῦ πηνίου Π . Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ὑπάρχει μικρὰ διακοπὴ Σ τοῦ κυκλώματος, τὸ ὁποῖον ἐκεῖ καταλήγει εἰς δύο μικρὰς μεταλλικὰς σφαίρας. Ἡ διακοπὴ Σ καλεῖται σπινθήρις, διότι ὅταν ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ λάβῃ τὴν μεγίστην τιμὴν, παράγεται εἰς τὴν διακοπὴν Σ σπινθήρ. Ὁ σπινθήρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μίᾳ ἀποσβεννυμένῃ ἡλεκτρικῇ ταλάντῳσις. Ἐὰν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῖον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἶναι $\nu = 50 \text{ H}^{-1}$

τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθῆρες. Εἰς ἕκαστον σπινθῆρα ἀντιστοιχεῖ εἷς σὺρμὸς ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων. Ἄρα κατὰ δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοὶ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).



Σχ. 278. Συρμὸς ἀποσβεννυμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

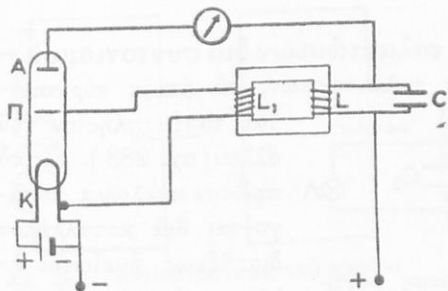
235. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— Ἰδιαιτέραν ἀξίαν ἔχει σήμερον ἡ παραγωγὴ ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279). Ἡ παραγωγὴ τούτων γίνεται μετὰ τὴν βοήθειαν τῆς τριόδου λυχνίας.



Σχ. 279. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

τὸ ἐν 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.

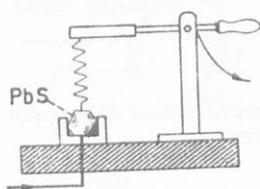
Αὗται παράγουν ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηνίου L_1 ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς συχνότητος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν περιοδικὰς ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμικοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς περιοδικὰς διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον φορτίζει τὸν πυκνωτὴν.



Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

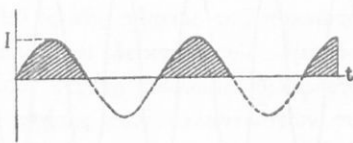
Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὠθήσεις εἰς ἓν ἐκκρεμὲς ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεών του.

236. Πειραματική απόδειξις τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.— Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων,



Σχ. 281. Κρυσταλλικός
φωρατής.

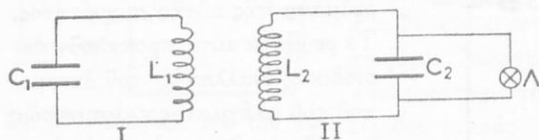
αἱ ὁποῖαι διαρρέουν ἐν κύκλωμα, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρ πυρακτώσεως. Ἄλλη ἀπλὴ διάταξις εἶναι ὁ **κρυσταλλικός φωρατής**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρύσταλλον γαληνίτου (PbS), ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς θήκης στήριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος. Ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου στήριζεται ἐλαφρῶς 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 κρυσταλλικός φωρατὴς ἀφήνει νὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ μία μόνον ἐκ τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. Ὡστε ὁ κρυσταλλικός φωρατὴς μετατρέπει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχὲς διακοπτόμενον ρεῦμα (σχ. 282), ἥτοι προκαλεῖ **ἀνόρθωσιν** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.



Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

237. Διέγερσις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.—

Ἐὰς θεωρήσωμεν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων, τὰ ὁποῖα εὐρίσκον-



Σχ. 283. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου κυκλώματος διεγείρονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

ταί τὸ ἐν πλησίον τοῦ ἄλλου (σχ. 283). Εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα παράγονται διὰ καταλλήλου διατάξεως ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος

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 μεγίστην τιμήν.

ὅταν ἡ περίοδος T τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχῃ τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἤτοι ὅταν εἶναι :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

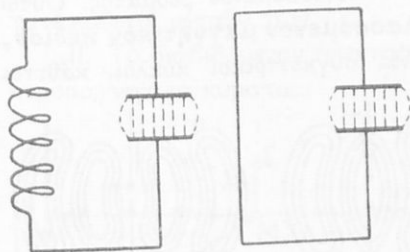
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει **συντονισμός**. Ὡστε :

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εὐρίσκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον ταλαντώσεως, ὁπότε ἰσχύει ἡ σχέσις :

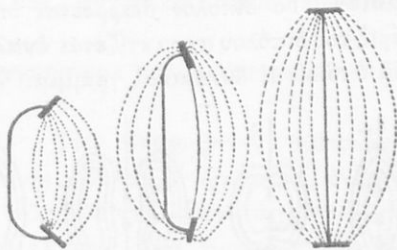
$$\text{συνθήκη συντονισμοῦ: } L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$$

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.— Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὅποια παράγονται ἐντὸς κλειστοῦ κυκλώματος, δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἐντὸς δευτέρου κυκλώματος εὐρισκομένου πλησίον τοῦ πρώτου (σχ. 283). Ἡ διέγερσις τοῦ δευτέρου κυκλώματος ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-



Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηνίου δι' εὐθύγραμμου ἀγωγοῦ.



Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον.

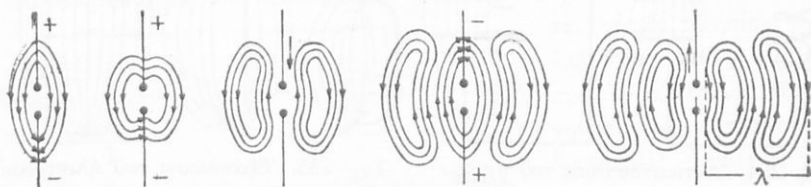
τικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται πέριξ τοῦ πρώτου κυκλώματος, διότι τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι ὅμως δυνατόν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

τοῦ πρώτου κυκλώματος. Ὡς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ πηγίον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἑνὸς μόνον ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὅπλισμούς τοῦ πυκνωτοῦ, ἕως ὅτου οἱ δύο ὅπλισμοὶ εὗρεθοῦν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εὐθύγραμμου πλέον ἀγωγοῦ. Τότε τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου ἐξαπλώνεται ἐντὸς τοῦ χώρου (σχ. 285). Τὸ ἀπλούστερον ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἀγωγόν, ὁ 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

Σχ. 286. Διεγέρτης τοῦ Hertz.

διεγέρτης τοῦ Hertz ἢ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον.

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 ὁποῖου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι, κάθετοι



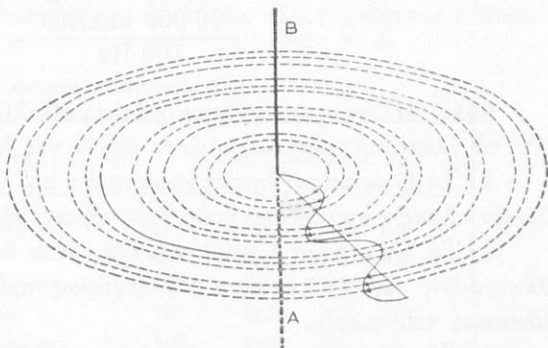
Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

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 μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα

τοῦ φωτός. Τὰ δύο αὐτὰ ἐναλλασσόμενα πεδία εἶναι ἀλληλένδετα καὶ ἀποτελοῦν τὸ **ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου**. "Ωστε :

"Εν παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον περιβάλλεται ἀπὸ ἑν ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις περίξ τοῦ διπόλου.

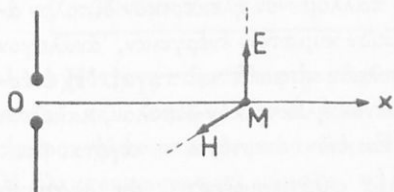
Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἑν σημεῖον Μ τοῦ χώρου, εὗρισκόμενον εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δίπολον (σχ. 289), αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των, καὶ κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ ἐντάσεις τῶν δύο τούτων πεδίων μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς ἐντὸς μιᾶς περιόδου. "Ωστε :



Σχ. 288. Διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

I. Αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ 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 μεταξύ των καὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν Ox.

Τὴν δημιουργίαν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων περίξ ἐνὸς 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 εἶναι 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 εἶναι :

$$T = \frac{1}{100} \text{ sec, τότε εἶναι } \nu = 100 \text{ Hz καὶ ἐπομένως ἔχομεν :}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{300\,000 \text{ km/sec}}{100 \text{ Hz}} = 3\,000 \text{ km}$$

241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες :

1) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀνακλῶνται ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν πλακῶν συμφῶνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

2) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διέρχονται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, διαθλῶνται συμφῶνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα ἀδιαφανῆ διὰ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἥτοι 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 πηγὰ. 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 ἓν πλανητικὸν ἡλεκτρόνιον μεταπηδᾷ ἀπὸ μίαν ἐξωτερικὴν εἰς μίαν ἐσωτερικὴν τροχίαν.

Αἱ τροχιαὶ ἐπὶ τῶν ὁποίων τὸ ἡλεκτρόνιον δύναται νὰ μεταπηδᾷ, εἶναι ὀρισμένα καὶ καλοῦνται **κβαντικαὶ τροχιαί**.

242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας.—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ φῶς καὶ αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, ἤτοι πολὺ μεγάλης συχνότητος. Οὕτω μὲ τὸν ὅρον **ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία** χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφήν ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἶδη τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας

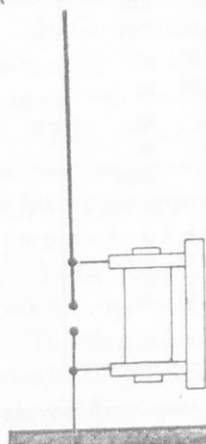
Εἶδος ἀκτινοβολίας	Μήκη κύματος
Βιομηχανικὰ κύματα	10^5 ἕως 10^4 km
Τηλεφωνικὰ »	10^4 ἕως 10^3 km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ »	10^4 ἕως 10^3 m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα »	10^3 ἕως 10^2 m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα »	10^2 ἕως 10 m
Ὑπερβραχέα »	10 ἕως 1 m
Μικροκύματα	1 m ἕως 1 mm
Ὑπέρυθροι ἀκτῖνες	1 mm ἕως 1 μ
Ὁρατὸν φῶς	0,8 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 ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας περιλαμβάνονται μεταξὺ τῶν τιμῶν $\nu = 0$ καὶ $\nu = 10^{24}$ Hz. Τεχνητῶς παράγονται σήμερον ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀπὸ $\nu = 1$ Hz ἕως $\nu = 10^{18}$ Hz. Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ 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 ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας**. Παρατηροῦμεν ὅτι μόνον μία μικρὰ περιοχὴ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς 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 ἀποσβεγνυμένας ἢ καὶ ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ἐνῶ ἡ ραδιοφωνία χρησιμοποιεῖ μόνον ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς ὑπάρχει κατ'ἀλλήλους πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἰς δὲ τὸν σταθμὸν λήψεως ὑπάρχει κατ'ἀλλήλους δέκτης τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

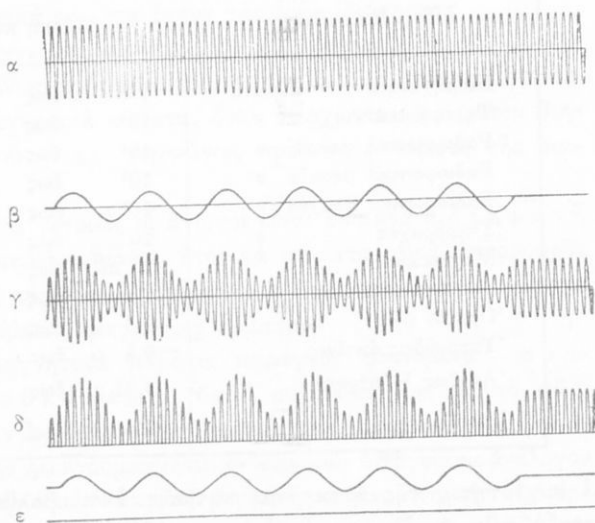
244. Πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. — Εἰς τὸ ἐνσύρματον τηλεφώνον (§ 188), διὰ τὴν μετάδοσιν ἤχου ἀ-



Σχ. 290. Σχηματικὴ διάταξις τοῦ πομποῦ.

κουστῆς συχνότητος, πρέπει νὰ προκληθοῦν ἀντίστοι-

χοι μεταβολαὶ εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ἡ ραδιοφωνία. Ὁ πομπὸς

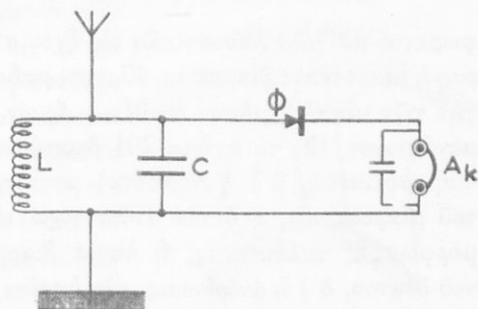


Σχ. 291. Διαμόρφωσις τῶν κυμάτων.

(α φέρων κῶμα, β μικροφωνικὸν ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα, γ διαμορφωμένον κῶμα, δ ἀνόρθωσις, ε τὸ ρεῦμα μετὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἔχει τὴν μορφήν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος).

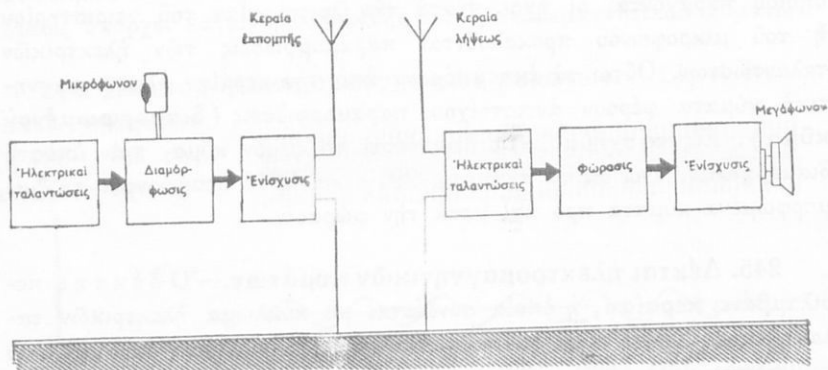
περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σχ. 290). Τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν γῆν. Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐναλλακτῆρες μεγάλης συχνότητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιοῦνται τρίοδοι ηλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθερᾶς ὑψηλῆς συχνότητος (**φέρων κύμα**). Τὸ κύκλωμα τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται καταλλήλως μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου ἢ μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ ὁποῦ παραχονται 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**, ἡ ὁποία συνδέεται μὲ 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 συνδεθῶν ἀπ' εὐθείας μὲ τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, τότε ἡ πλᾶξ 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 αἴρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μὲ κρυσταλλικὸν φωρατὴν (Φ) καὶ ἀκουστικὰ (Ακ).

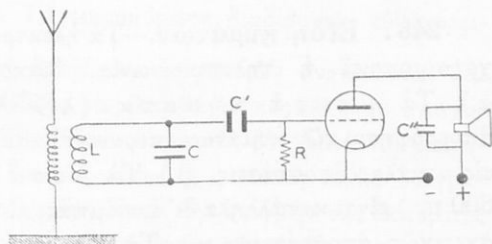
μεν **φωρατήν**, ὁ ὁποῖος προκαλεῖ **ἀνορθωσιν** τῶν διαμορφωμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστέρα ἀνορθωτικὴ διάταξις εἶναι ὁ κ ρ υ σ τ α λ λ ι κ ὁ ς φ ω ρ α τ ῆ ς (σχ. 292). Ὁ φωρατὴς ἐπιτυγχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ρεῦμα ἔχον σ τ α θ ε ρ ἄ ν φ ο ρ ἄ ν, ἀλλὰ μετὰ β α λ λ ο μ ῆ ν ἑ ν τ α σ ι ν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς πλακὸς τοῦ ἀκουστικοῦ. Εἰς τὴν **ἀσύρματον τηλεγραφίαν** ἢ μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων (παῦλαι καὶ τελεῖαι) γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ χειριστηρίου, μὲ τὸ ὅποιον προκαλοῦμεν διαμορφώσεις μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὸν δέκτην αἱ διαμορφώσεις αὐταὶ μετατρέπονται διὰ τοῦ



Σχ. 293. Σχηματικὴ διάταξις τῆς ραδιοφωνικῆς τηλεπικοινωνίας.

φωρατοῦ καὶ τῶν ἀκουστικῶν εἰς ἤχον σ τ α θ ε ρ ο ὦ ὤ ψ ο υ ς 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, ἢ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ἀπλοῦν ἤχον, γ) ἡ διαμορφωμένη ταλάντωσις, ἢ ὁποία διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, δ) ἡ ἀνορθωσις, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ὁ φωρατὴς. Ἡ γραμμὴ ε εἰς τὸ ἀνορθωμένον ρεῦμα παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τούτου· παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὕτη ἔχει τὴν μορφὴν 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.

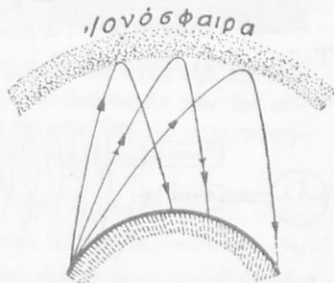
246. Ραδιόφωνον— Σήμερον εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας χρησιμοποιοῦνται ὡς φωραταὶ αἱ τρίοδοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Οἱ τοιοῦτοι δέκται καλοῦνται **ραδιόφωνα**. Εἰς τὸ σχῆμα 294 δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία ἐνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας δημιουργοῦν 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 κατάλληλοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι.



Σχ. 294. Ἀπλοῦν ραδιοφώνον μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν.

Τελευταίως ἀντὶ τῶν ἡλεκτρονικῶν λυχνιῶν χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα οἱ **τρανσίστορ**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν τεμάχιον ἢ μί α γ ω γ ο ὺ (γερμάνιον ἢ πυρίτιον). Οἱ τρανσίστορ 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 διακριθοῦν 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 τόσον περισσότερον, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ μῆκος κύματος. Τὰ κύματα χώρου εἰς ὕψος 100 km περίπου ὑφίστανται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας (§ 230), ἡ ὁποία εἶναι ἰονισμένον στρώμα τῆς ἀτμοσφαίρας συμπεριφερόμενον ὡς ἀγωγὸς (σχ. 295). Τὰ ἀνακλώμενα κύματα



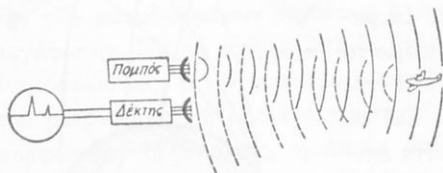
Σχ. 295. Ἀνάκλασις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας.

ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις χωρὶς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασίς 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 ἐξασθένησιν. 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 δύνανται νὰ ἀποτελέσουν κατευθυνομένης δέσμης, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰς φωτεινὰς δέσμης.

249. Ραντάρ.—Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ ραντάρ. Τοῦτο εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἀποκαλύψωμεν τὴν

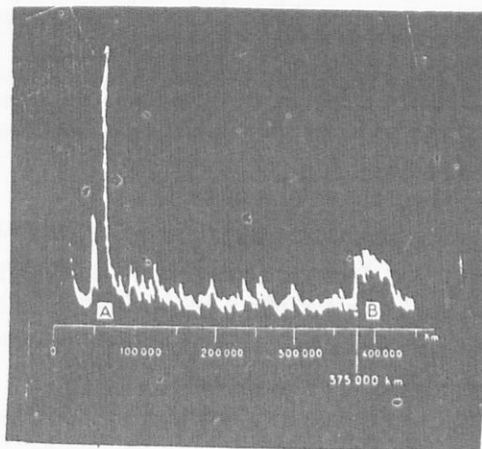


Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ.

παρουσίαν ἀντικειμένων εὐρισκομένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑνα π ο μ π ὶ ν μικροκυμάτων καὶ ἀπὸ ἑνα δέκτην (σχ. 296). Ἡ κεραία τοῦ πομποῦ καὶ ἡ κεραία τοῦ δέκτου εὐρίσκονται εἰς τὴν ἐ-

στίαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς $\frac{1}{1000}$ τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ

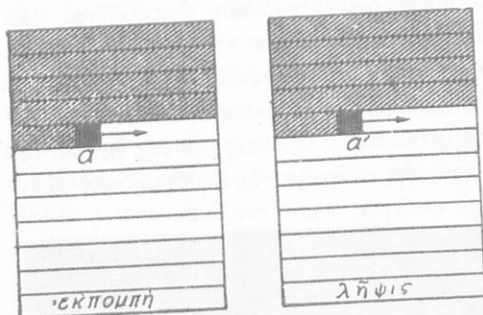
συρμοὶ μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἐκάστου συρμοῦ διαρκεῖ ἐπὶ $\frac{1}{1\,000\,000}$ τοῦ δευτερολέπτου. Τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ὅταν προσπέσουν ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν ἀνακλῶνται καὶ ἐπιστρέφουν εἰς τὸν δέκτην. Οὗτος περιλαμβάνει κατάλληλον ἐνισχυτὴν καὶ σωλῆνα Braun (§ 224). Ὅταν ὁ πομπὸς 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 ὅποῖος μεσολαβεῖ μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως τῶν μικροκυμάτων. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου 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 ὀμίχλης καὶ τοῦ θαλασσίου 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.

250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία.—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 ὁμοῦ περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν

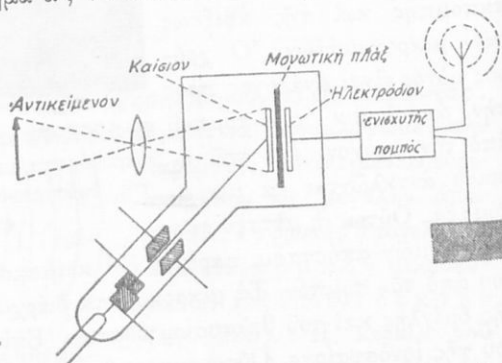


Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς.

ἢ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διακρίνεται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζῶναι «σαρώνονται» ἡ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὁλοκληρου τῆς εἰκόνης γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεταί εἰς

χρόνον μικρότερον τοῦ $1/16$ τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγονται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ ὁποῖα ἀνελύθη ἡ εἰκὼν. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμήν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἓν τμήμα α' , τὸ ὁποῖον 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 ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 299). Ἡ μία ἐπιφάνεια τῆς πλάκας ἔχει καλυφθῇ με πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καυσίου, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλάκας καλύπτεται με μεταλλικὴν πλάκα (ἤλεκτροδῖον). Οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καυσίου καὶ τὸ

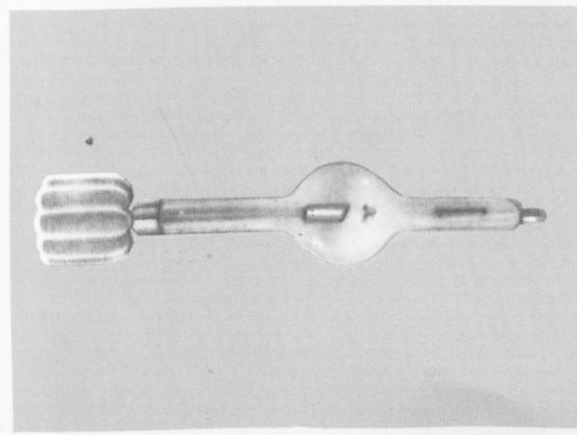
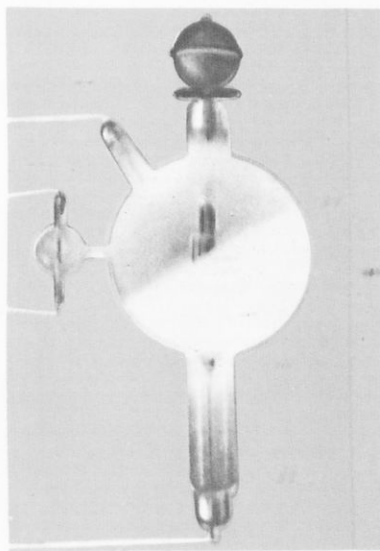
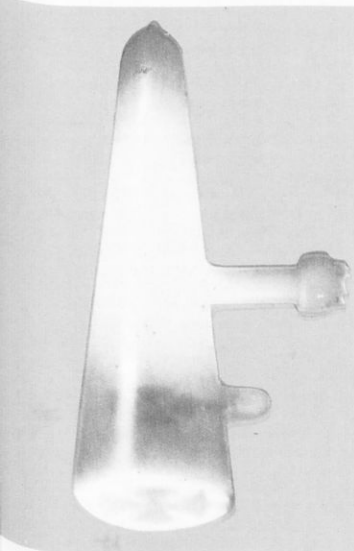
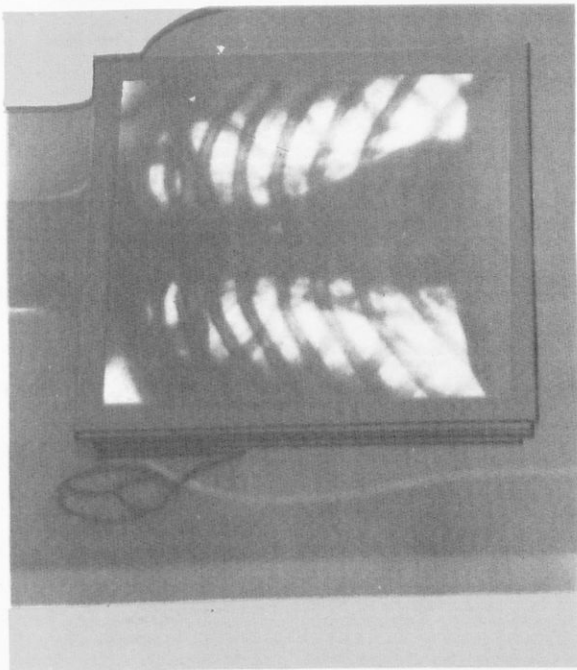
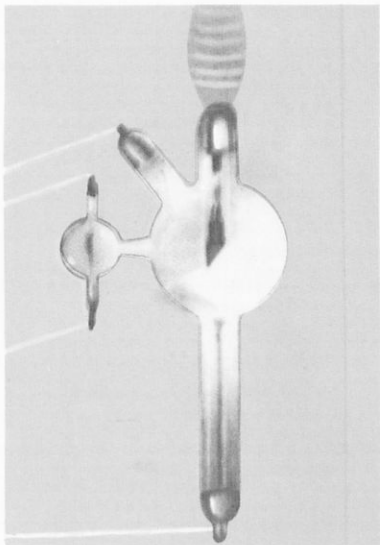
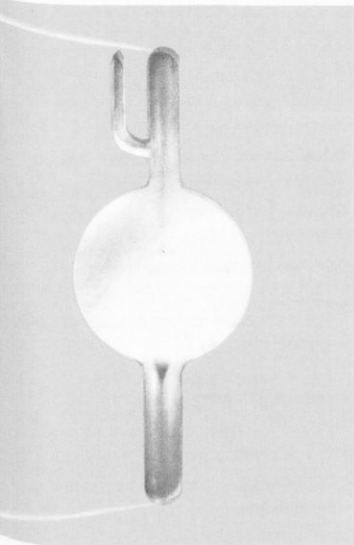


Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεόρασεως.

Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Röntgen

1. Σωλὴν τοῦ Crookes με σκιάν ἑνὸς σταυροῦ.
2. Παλαιὸς τύπος σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen.
3. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' ὕδατος.
4. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' ἀέρος.
5. Σωλὴν τοῦ Coolidge.
6. Ἐξέτασις θώρακος με τὴν βοήθειαν τοῦ φθορίζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις).

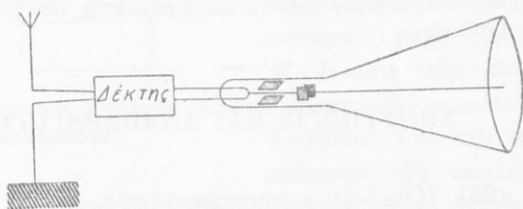




ος

ἀντίστοιχον τμήμα τοῦ ἡλεκτροδίου ἀποτελεῖ μικρότατον πυκνωτήν. Μὲ τὴν βοήθειαν φακοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ στρώματος τοῦ καισίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνας. Τότε ἀπὸ ἑκαστον τεμάχιον τοῦ καισίου ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἑκαστον τεμάχιον καισίου ἀποκτᾷ θετικὸν φορτίον, ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἣ ὅποια ἔπεσεν ἐπὶ τοῦ τεμαχίου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον οἱ μικρότατοι πυκνωταὶ φορτίζονται. Ἐπειτα ἡ καθοδικὴ δέσμη ἀρχίζει νὰ σαρώνῃ διαδοχικῶς τὰς διαφόρους σειράς τῶν τεμαχίων τοῦ καισίου. Τὰ ἡλεκτρόνια τῆς καθοδικῆς δέσμης ἐξουδετερώνουν τὸ θετικὸν φορτίον ἐκάστου τεμαχίου καισίου. Αὕτῃ ἡ ἐξουδετέρωσις ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐκκένωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, 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 ὅποια 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 ὅποια προσπίπτουν ἐπὶ τῆς κεραίας, δημιουργοῦν ρεύματα. Ταῦτα ἐνισχύονται καταλλήλως καὶ ρυθμίζονται ἐντάσει τῆς καθοδικῆς δέσμης. Οὕτως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος



Σχ. 300. Σχηματικὴ παράστασις δέκτου τηλεοράσεως.

διαφράγματος ἀναπαράγεται ἡ εἰκὼν, διότι εἰς ἐκάστην 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 ὅποια 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 ὅποια 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 μεγακύκλους/sec ;

185. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς συχνότητα 15 μεγακύκλων/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 $L = \frac{1}{\pi \cdot 10^6} \text{ H}$ καὶ ἀπὸ πυκνωτὴν χωρητικότητος $C = \frac{1}{\pi \cdot 10^{10}} \text{ F}$. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος καὶ ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ;

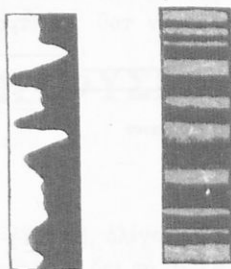
ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὁμιλῶν κινηματογράφος.— Εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ἡχων. Γενικῶς ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἡχου καλεῖται **φωνοληψία**. Διὰ τὴν ἀποτύπωσιν 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.

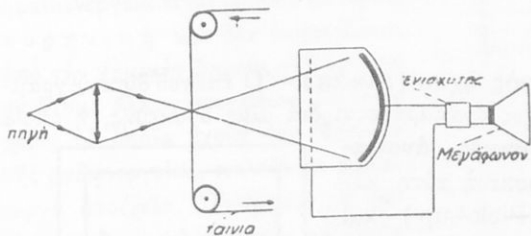


Σχ. 301. Ὁ ἦχος καταγράφεται ὑπὸ μορφήν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως.

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαραχθῇ ὁ καταγραφεὶς ἡχος. Ἡ ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἡχου γίνεται κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν :

φῶς → ἠλεκτρικὸν ρεῦμα → ἦχος

Ἡ μετατροπὴ τοῦ φωτὸς εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου. Ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται μεταξύ μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου (σχ. 302). Ἡ ἔντασις τῶν φω-

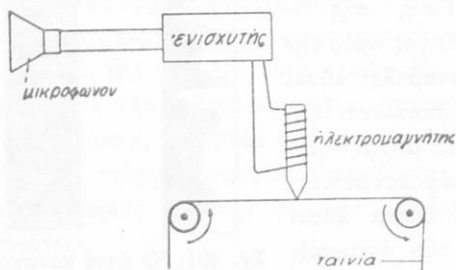


Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἡχων εἰς τὸν τοηλεκτρικῶν ρευμάτων ἐξαρτάται ἀπὸ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς ταινίας.

Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ δπισθεν τῆς ὀθόνης εὐρίσκόμενον μεγάφωνον, τὸ ὁποῖον μετατρέπει τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἦχον.

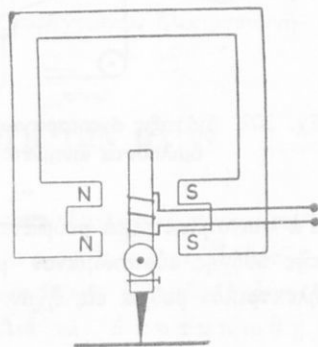
252. Μαγνητόφωνον.—Τελευταίως ἀνεπτύχθη νέος τρόπος καταγραφῆς τοῦ ἡχου. Ἡ καταγραφὴ τοῦ ἡχου γίνεται ἐπὶ χαλυβδίνης ταινίας ὑπὸ τὴν μορφήν περιοχῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν μαγνητίσεως. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἡχου ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὁμαλῶς ἔμπροσθεν τοῦ πόλου ἑνὸς ηλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ηλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μι-

κροφώνου, τὸ ὁποῖον ἔχει προηγουμένως ἐνισχυθῇ. Ἡ διερχομένη ἔμπροσθεν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου χαλυβδίνῃ ταινία μαγνητίζεται, ἀλλ' ἡ μαγνήτισις εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ταινίας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Ἡ ἀναπα-
ραγωγὴ τοῦ μαγνη-
τικῶς καταγραφέντος ἤχου γίνεται ὡς ἐξῆς: Ἡ χαλυ-
βδίνῃ ταινία κινεῖται ὁμα-
λῶς ἔμπροσθεν πηνίου φέ-
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 ἤχου καλεῖται **μαγνητό-φωνον**.



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου.

253. Ἀναπαραγωγὸς ἤχου (πικάπ).—Ὁ ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφεὶς ἤχος ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἡ ὁποία καλεῖται **ἡλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἤχου**. Ἡ συσκευή αὕτη καλεῖται κοινῶς πικάπ (Pick-up) καὶ μετατρέπει τὰς μηχανικὰς ταλαντώσεις τῆς βελόνης τοῦ γραμμοφώνου εἰς ἀντίστοιχα ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ βελόνη εἶναι στερεωμένη εἰς μικρὰν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὁποία δύναται νὰ μετακινῆται 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 ἐπα-
γωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ μεγάφω-
νον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος.



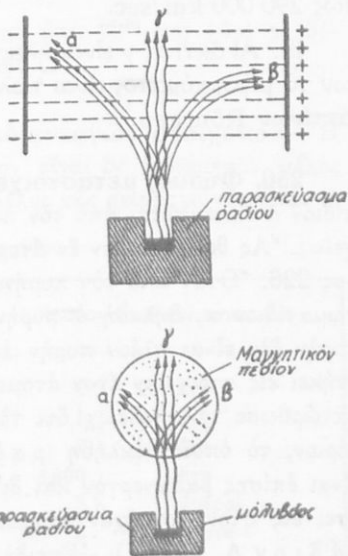
Σχ. 304. Ἐντὸς τοῦ πηνίου πα-
ράγονται ἐπαγωγικά ρεύματα.

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 ραδιενέργειας, καλοῦνται ραδιενεργὰ στοιχεία. Ὑπάρχουν 30 περίπου ραδιενεργὰ στοιχεία, τὰ ὁποῖα εἶναι σχεδὸν ὅλα στοιχεῖα μεγάλου ἀτομικοῦ βάρους. Οὕτω ραδιενεργὰ στοιχεῖα εἶναι τὸ **οὐράνιον**, τὸ **ἄκτινιον**, τὸ **θόριον** καὶ ἰδιαίτέρως τὸ **ράδιον**, τὸ ὁποῖον ἀνεκάλυψεν τὸ ζεῦγος Curie (1898).



255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—

Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίου διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἰς τρία εἶδη ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι διεθνῶς χαρακτηρίζονται διὰ τῶν

Σχ. 305. Ἀνάλυσις τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδίου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου.

γραμμάτων α , β και 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 ἐν 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. Ὡς θεωρήσωμεν ἐν ἄτομον ραδίου, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 226. Ὅταν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδίου ἀποσπασθῇ ἐν 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 κατώρθωσε 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 ἐκρήξις αὕτῃ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν μετάπτωσιν τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου εἰς στοιχεῖον ἔχον μικρότερον ἀτομικὸν βάρος. Οὕτως ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι :

Οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἶναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α , β καὶ γ .

257. Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ.—Ἐνεκα τῆς συνεχοῦς μεταστοιχειώσεως τῶν ἀτόμων ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου συμβαίνει συνεχῆς ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ στοιχείου τούτου. Οὕτως εὐρέθη 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 ἐνὸς 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 λεπτά
Ράδιον B	214	β, γ	26,8 λεπτά
Ράδιον C	214	β	19,6 λεπτά
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 οὐρανίου**, ἐκ τοῦ ὁποίου διὰ διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων προκύπτουν τὰ ἄλλα ραδιενεργὰ στοιχεῖα τῆς σειρᾶς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου, 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 προτὶν τῶν διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων εἶναι τὰ σταθερὰ στοιχεῖα μόλυβδος καὶ βισμούθιον. Ὡστε :

Ὑπάρχουν τέσσαρες σειραὶ ραδιενεργῶν στοιχείων, ἔχουσαι ὡς πρῶτα μέλη τὰ στοιχεῖα οὐράνιον, ἄκτινιον, θόριον καὶ νεπτούνιον.

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ἀτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.—Ἐάν 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	Ἡλιον	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	Ὁξυγόνον	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 αὐξάνονται τὰ ἀτομικά

βάρη. Ούτω τὸ δέκατον στοιχεῖον (Ne) ὁμοιάζει μὲ τὸ δεύτερον στοιχεῖον (He), τὸ ἐνδέκατον στοιχεῖον (Na) ὁμοιάζει μὲ τὸ τρίτον (Li),... τὸ δέκατον ἑκτον (S) ὁμοιάζει μὲ τὸ ὀγδοον (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 αὖξων 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.—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο διακεκριμένα μέρη, τὸν **πυρῆνα** καὶ τὰ **ἠλεκτρόνια**, τὰ ὅποια περιφέρονται περίξ τοῦ πυρῆνος (§ 148). Ἡ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὅποια περιφέρονται περίξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν (Z) τοῦ στοιχείου.

Οὕτω τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει $Z=11$ ἠλεκτρόνια, τὰ ὅποια 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 ἄνθρακος εἶναι $+6e$.

261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν διὰ τὴν μέτρησιν τῆς μάζης τῶν ἀτόμων καὶ τῶν πυρήνων 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 ἁφθονώτερον 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 :

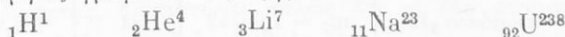
$$1 \text{ μονὰς ἀτομικῆς μάζης : } 1 \text{ amu} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$$

Περιοδικόν σύστημα τῶν στοιχείων

Ισο- δοῦς	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 20,183					
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 A 39,944					
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 εἰς γὰρ 81 Tl 204,39	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 γὰρ														
57 La 138,92	58 Ce 140,13	59 Pr 140,92	60 Nd 144,27	61 Pm 147	62 Sm 150,43	63 Eu 152,0	64 Gd 156,9	65 Tb 159,2	66 Dy 162,46	67 Ho 164,94	68 Er 167,2	69 Tm 169,4	70 Yb 173,04	71 Lu 174,90
Υπεροξείδια στοιχεία														
93 Np 237	94 Pu 239	95 Am 241	96 Cm 242	97 Bk 243	98 Cf 244	99 E 254	100 Fm 255	101 Mv 256	102 No 254	103 257				

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 ἀριθμόν. 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 πυρήνων. — Εἰς ἕκαστον 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: ${}_Z\S^A$. 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 μεγαλυτέρα 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 ὅποια γενικῶς καλοῦνται νουκλεόνια.

II. Τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον ἔχουν μᾶζαν περίπου ἴσην μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 amu).

III. Τὸ πρωτόνιον φέρει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον (+ e), ἐνῶ τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον.

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Νουκλεόνιον	Μᾶζα εἰς amu	Μαζικὸς ἀριθμὸς A	Ἠλεκτρικὸν φορτίον εἰς Cb
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 ὅποια 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 ὅποια 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 ὅποια 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.

$$\begin{array}{rcccl} A & = & Z & + & N \\ \text{νουκλεόνια} & = & \text{πρωτόνια} & + & \text{νετρόνια} \end{array}$$

III. Ὁ ἀριθμὸς N τῶν νετρονίων ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ μαζικοῦ ἀριθμοῦ A καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ Z τοῦ πυρῆνος.

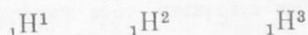
$$\begin{array}{rcccl} N & = & A & - & Z \\ \text{νετρόνια} & = & \text{νουκλεόνια} & - & \text{πρωτόνια} \end{array}$$

Οὕτω ὁ πυρῆν οὐρανίου ${}_{92}\text{U}^{238}$ περιέχει : $N = 238 - 92 = 146$ νετρόνια.

266. Ἰσότοπα στοιχεῖα.— Αἱ χημικαὶ ιδιότητες ἐνὸς στοιχείου ἐξαρτῶνται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὰ περίξ τοῦ πυρῆνος ὑπάρχοντα ἠλεκτρόνια. Ὅταν λοιπὸν ἡ Χημεία εὕρισκε 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 εἴδη 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 ὕδρα γόνα καλοῦνται **ισότοπα στοιχεῖα** καὶ σημειώνονται ὡς ἑξῆς :



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 πυρήνες 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 ὀξυγόνο, ὅπως καὶ τὸ κοινὸν ὕδρογόνο. Οὕτως ὅμως προκύπτει μόριον 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 εὐκόλον 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 ἐν 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 ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον.

Τὸ ποζιτρόνιον εἶναι λοιπὸν ἐν θετικὸν ἡλεκτρόνιον καὶ γεννᾶται ὅταν ἐν πρωτόνιον μετασχηματίζεται εἰς νετρόνιον ἢ ὅταν κοσμικαὶ ἀκτῖνες ἢ πολὺ διεισδυτικαὶ ἀκτῖνες γ προσπίπτουν ἐπὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Ἡ πειραματικὴ ἐρευνα ἀπέδειξεν ὅτι, ὅταν ἐπὶ τῆς ὕλης προσπίπτῃ ἐν φωτόνιον ἀκτίνων γ, φέρον μεγάλην ἐνέργειαν, τότε παράγονται ἐν ἡλεκτρόνιον καὶ ἐν 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

εἶναι δυνατὴ ἡ μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας εἰς ὕλην, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας.

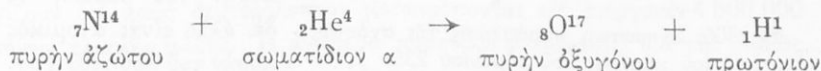
Ὑποατομικὰ σωματίδια

Σωματίδιον	Μάζα	Ἡλεκτρικὸν φορτίον
ἠλεκτρόνιον $e^{-}, -1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ 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 :

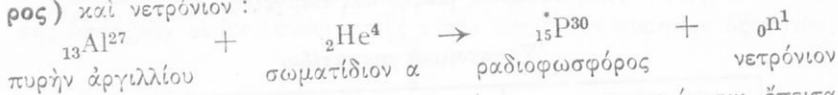


Σήμερον ἡ Πυρηνικὴ Φυσικὴ ἐπιτυγχάνει πλῆθος πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, δηλαδὴ ἐπιτυγχάνει τὴν **τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν**. Πολλὰ ἐκ τῶν προϊόντων τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων εἶναι ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες. Οὗτοι αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ νὰ μετατραποῦν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Ἡ μεταστοιχείωσις αὕτη συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἐκπομπὴν ἀκτινοβολίας, ἥτοι οἱ ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες εἶναι **ραδιενεργοί**. Ὡστε :

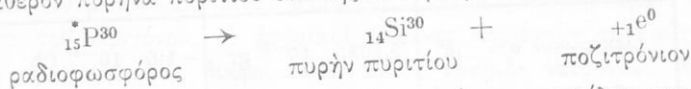
Διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων ἐπιτυγχάνεται τεχνητὴ μεταστοιχείωσις καὶ δημιουργία τεχνητῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.

Οὕτως ἀπὸ τὸν βομβαρδισμόν ἀτομικῶν πυρηνῶν ἀργιλίου με σω-

ματίδια α προκύπτει τεχνητός ραδιενεργός φωσφόρος (**ραδιοφωσφόρος**) και νετρόνιον :

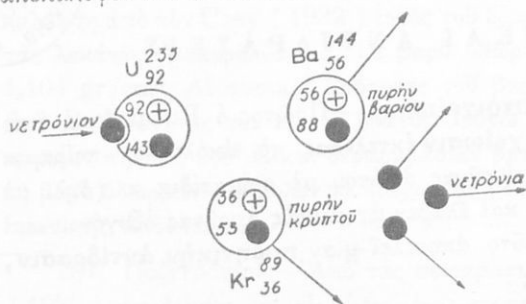


Ο άσταθής πυρήν του ραδιοφωσφόρου μεταστοιχειώνεται έπειτα εις σταθερόν πυρήνα πυριτίου διά τής έκπομπής ένδς ποζιτρονίου :



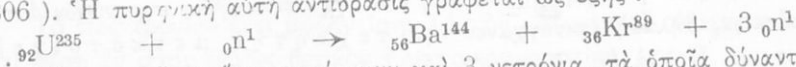
Τά τεχνητά ραδιενεργά στοιχεία έχουν σήμεραν μεγάλην σημασίαν διά τας βιολογικάς έρεύνας και χρησιμοποιούνται εις διάφορους εφαρμογάς.

269. Διάσπασις του πυρήνος του ούρανίου.— Το πείραμα άπεκάλυψεν ότι το ισότοπον του ούρανίου, το όποιον έχει μαζικόν άριθμόν 235, έχει την εξής ιδιότητα: "Όταν ο πυρήν του ούρανίου τούτου βομβαρδισθῇ με νετρόνιον, τότε ο πυρήν ούτος διασπάζεται εις δύο τμήματα, έκ τών οποίων το μὲν έν είναι άτομικός πυρήν του βαρίου, το δὲ άλλο είναι άτομικός πυρήν του κρυπτοῦ (σχ.



Σχ. 306. Σχηματική παράστασις τής σχέσεως του πυρήνος του ούρανίου 235.

306). Η πυρηνική αὐτή αντίδρασις γράφεται ως εξής :



Παρατηροῦμεν ότι προκύπτουν και 3 νετρόνια, τὰ όποια δύνανται νά προκαλέσουν την διάσπασιν νέων πυρήνων ούρανίου (**άλυσωτή πυρηνική αντίδρασις**). Κατά την διάσπασιν του άτομικοῦ πυρήνος του ούρανίου εύρέθη ότι έλευθερώνεται τεραστία ένέργεια (50 έκατομμύρια φορές μεγαλυτέρα από την θερμότητα, την όποιαν προσφέρει κατά την καύσιν του το άτομον του άνθρακος). Έπί τής άνωτέρω πυρηνικής αντιδράσεως στηρίζεται ή **άτομική βόμβα**. Η κατά τας πυρηνικάς αντιδράσεις έλευθερουμένη ένέργεια καλεῖται **άτομική ένέργεια** ή ακριβέστερον **πυρηνική ένέργεια**.

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. Ὡστε :

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 ἥλιος, διετυπώθη ἡ ὑπόθεσις ὅτι εἰς τὸν ἥλιον συμβαίνει ἡ ἀκόλουθος πυρηνικὴ ἀντίδρασις :



Τέσσαρα δηλαδὴ πρωτόνια συνενώνονται πρὸς σχηματισμὸν ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου. Κατὰ τὴν πυρηνικὴν αὕτην 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 ἄνωτέρω πυρηνικὴ ἀντίδρασις, διὰ τῆς ὁποίας συντίθενται ἀτομικοὶ πυρῆνες ὕδρογόνου πρὸς σχηματισμὸν ἀτομικῶν πυρῆνων 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 $\kappa \iota \nu \eta \tau \iota \kappa \eta \varsigma \epsilon \nu \epsilon \rho \gamma \epsilon \acute{\iota} \alpha \varsigma$ τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Οὕτω τὰ θραύσματα τοῦ πυρῆνος ἐκσφενδονίζονται μετὰ μεγάλην ταχύτητα, συγκρούονται μετὰ τὰ γειτονικὰ μόρια καὶ συνεπῶς διαχέουν τὴν ἐνέργειάν των ὑπὸ μορφὴν θερμότητος. Αὕτην τὴν θερμότητα ἐκμεταλλεύμεθα

εἰς τὸν **ἀτομικὸν ἀντιδραστῆρα** διὰ τὴν παραγωγὴν ὕδρατμος. 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 ἀντιδραστῆρων. Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω χρησιμοποιοῦσας 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 πυρῆνων 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	Πλουτώνιον	Pu	232-246
95	Ἀμερίκιον	Am	237-246
96	Κιούριον	Cm	238-250
97	Μπερκέλιον	Bk	243-250
98	Καλιφόρνιον	Cf	244-254
99	Ἀϊνστάινιον	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 ἔνδεκα ὑπερουράνια στοιχεῖα (βλ. πίνακα σελ. 290). "Οἱ οἱ ὑπερουράνιοι ἀτομικοὶ πυρῆνες εἶναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α ἢ ἀκτίνων β .

274. Τὰ ὑποατομικὰ σωματίδια.—Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψε διάφορα ὑποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια εἶναι τὸ ἡλεκτρόνιον, τὸ ποζιτρόνιον, τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον. Ἐκτός ὅμως τῶν ἀνωτέρω τεσσάρων ὑποατομικῶν σωματιδίων ἀνεκαλύφθησαν καὶ ἄλλα ὑποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια εἶναι :

α) Τὸ **νετρίνο**, τὸ ὁποῖον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον, ἔχει ἀσήμαντον μᾶζαν καὶ γεννᾶται, ὅταν ἐν νετρόνιον μεταβάλλεται εἰς πρωτόνιον ἢ ἀντιστρόφως, ὅταν ἐν πρωτόνιον μεταβάλλεται εἰς νετρόνιον.

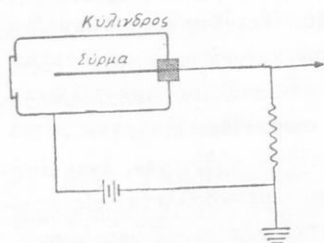
β) Τὰ **μεσόνια** εἶναι σωματίδια μὲ ἡλεκτρικὸν φορτίον θετικὸν ἢ ἀρνητικόν, ἴσον μὲ ἐν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον (e) ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα τῶν περιλαμβάνεται μεταξὺ τῆς μάζης τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τῆς μάζης τοῦ πρωτονίου.

γ) Τὰ **ὑπερόνια** εἶναι σωματίδια μὲ ἡλεκτρικὸν φορτίον (θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν) ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα τῶν εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου (${}_1H^1$) καὶ μικρότερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ δευτερονίου (${}_1H^2$).

275. Κοσμικαὶ ἀκτίνες.—Ἡ παρατήρησις ἀπέδειξεν ὅτι ἐν φορισμένον 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, Kolhörster, Millikan, Bowen κ.ἄ.) ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης βαίνει αὐξανομένη, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιράς. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι αἱ ἄγνωστοι ἀκτίνες ἔρχονται εἰς τὸν πλανήτην μας ἐκ τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ διὰ τοῦτο ὠνομάσθησαν **κοσμικαὶ ἀκτίνες**. Αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες 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 ταχυῆ-της ἐκφορτίσεως τοῦ ἡλεκτροσκοπίου, β) ὁ ἀπαριθμη-τής Geiger—Muller καὶ γ) ὁ θάλαμος Wilson.

Ὁ ἀπαριθμητής Geiger - Muller ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸν με-ταλλικὸν σωλῆνα, ὁ ὁποῖος κατὰ τὸν ἄξονά του φέρει τεταμένον λεπτὸν



Σχ. 307. Ἀπαριθμητής.

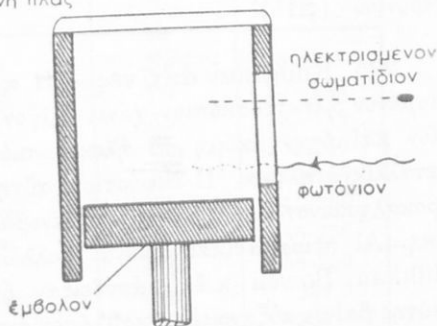
ρέεται ἀπὸ στιγμιαῖον ρεύμα, τὸ ὁποῖον, ἐνισχυόμενον καταλλήλως, δύ-ναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαφώνου καὶ νὰ καταστήσῃ ἀκουστὴν τὴν ἀφιζὺν τοῦ σωματιδίου εἰς τὸν ἀπα-ριθμητήν ἢ δύναται νὰ προ-καλέσῃ τὴν λειτουργίαν ἐνὸς μηχανικοῦ μετρητοῦ.

Ὁ θάλαμος Wilson ἀ-ποτελεῖται ἀπὸ ἓνα κύλιν-δρον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑ-πάρχει ἀήρ κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμοῦς (σχ. 308). Ἡ ἄνω βᾶσις τοῦ κυλίν-δρου εἶναι ὑαλινὴ πλάξ, ἡ δὲ κάτω βᾶσις τοῦ κυλίν-δρου εἶναι ἔμβολον. Ἀναύ-ξηθῇ ἀπετόμως ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος, οὗτος ψύχεται, καὶ οἱ ἐντὸς αὐτοῦ ὑδρα-τμοὶ ὑγροποιοῦνται καὶ σχηματίζουν σταγονίδια. Κατὰ προτίμησιν τὰ σταγονίδια σχηματίζονται πέριξ τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς

σύρμα (σχ. 307). Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἀέριον ὑπὸ μικρὰν πίεσιν. Ἡ συσκευή ἀποτελεῖ κυλινδρικὸν πυκνωτήν. Μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω δύο ἡλεκτροδίων ὑπάρχει τάσις 1000 Volt περίπου. Ὅταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἰσέλθῃ ἐν φορτισμέ-νον σωματίδιον, τότε προκαλεῖται ἰσχυ-ρὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀερίου καὶ παράγεται ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Τὸ κύκλωμα διαρ-

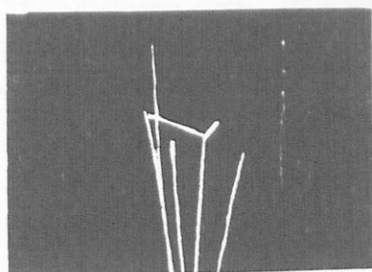
Φωτογραφικὴ
μηχανή

υαλινὴ πλάξ

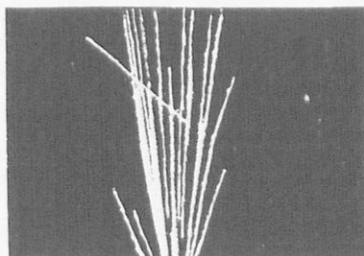


Σχ. 308. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἀρχῆς ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλά-μου Wilson.

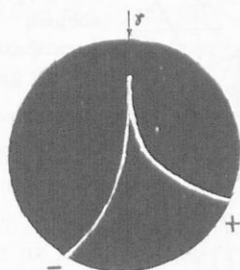
τοῦ ἀέρος. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἐκτονωθέντος ἀέρος εἰσέλθῃ ἓν φορτισμένον



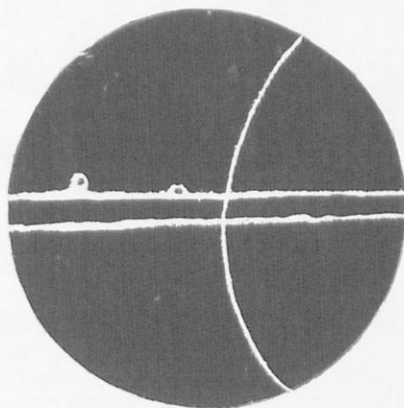
α



β



γ



δ

Σχ. 309. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μετὰ τὸν θάλαμον τοῦ Wilson.

α. Ἡ διακλάδωσις μιᾶς τροχιᾶς δεικνύει τὴν σύγκρουσιν ἑνὸς σωματιδίου α μετὰ ἓν ἄτομον ὀξυγόνου. Ὁ βραχὺς κλάδος ἀνήκει εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα ὀξυγόνου μετὰ τὴν σύγκρουσιν.

β. Σύγκρουσις ἑνὸς σωματιδίου α μετὰ ἀτομικὸν πυρῆνα ὕδρογόνου (P).

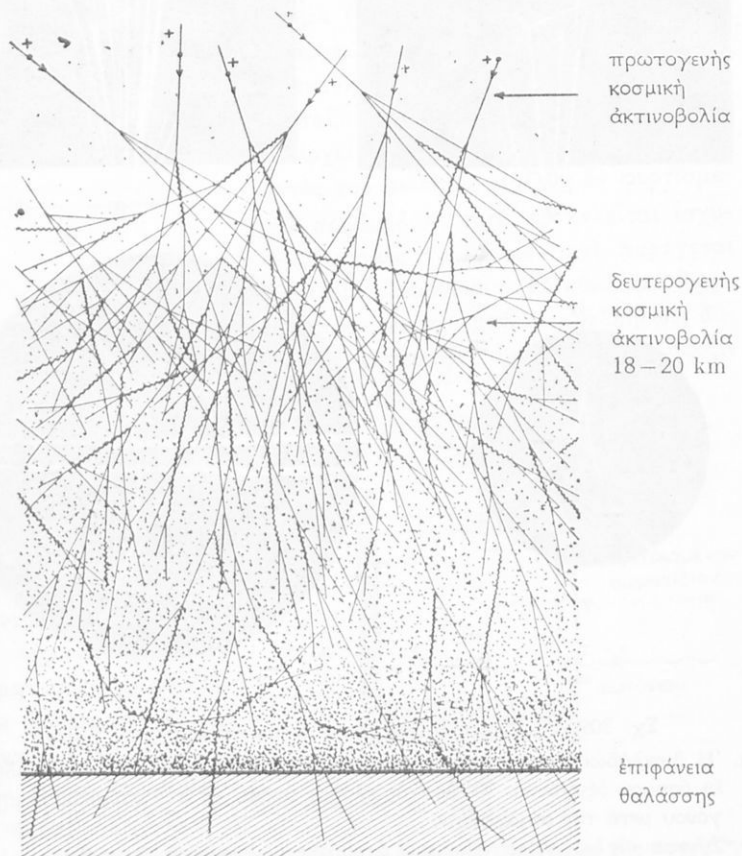
γ. Παραγωγή ἑνὸς ζεύγους: ἡλεκτρόνιον - ποζιτρόνιον ἀπὸ ἑνὸς φωτονίου ἀκτινοβολίας γ.

δ. Τροχιά ἑνὸς ποζιτρονίου.

σωματίδιον, τοῦτο σχηματίζει σειρὰν ἰόντων, περίξ τῶν ὁποίων συγκεντρώνονται σταγονίδια ὕδατος. Τὰ σταγονίδια ἀποτελοῦν μίαν λεπτὴν γραμ-

μὴν ὁμίχλης, ἣ ὑποαίνει τὴν τροχίαν τοῦ σωματιδίου. Οὕτω δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν ἢ καὶ νὰ φωτογραφήσωμεν τὴν τροχίαν τοῦ σωματιδίου, τὸ ὑποῖον εἰσῆλθεν ἐντὸς τοῦ θαλάμου (σχ. 309).

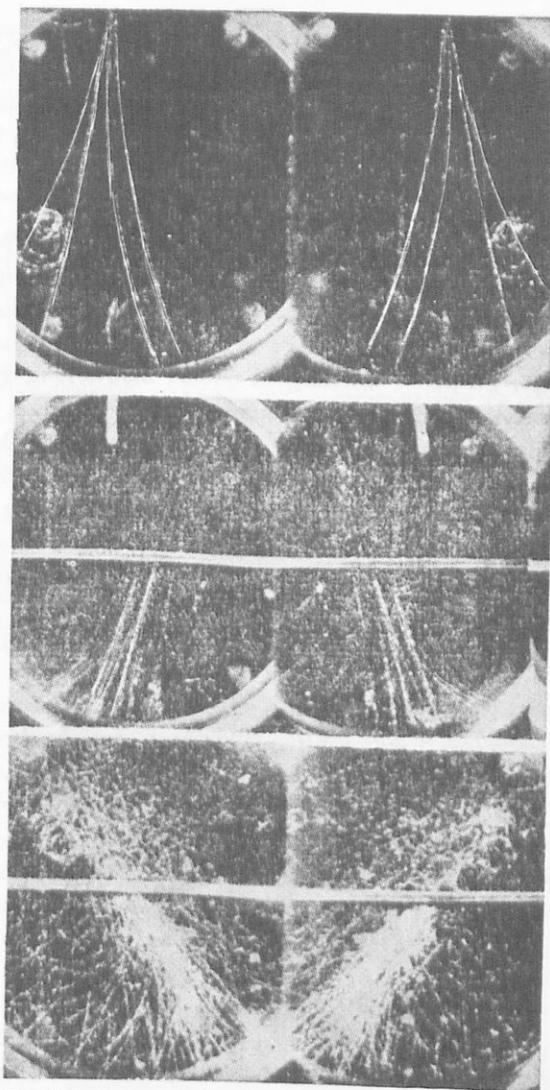
276. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.— Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης



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 μεγαλυτέρα. Ἡ προέλευσις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων εἶναι ἀκόμη ἀγνώστος, φαίνεται δὲ ὅτι αἱ κοσμικαὶ ἀκτῖνες φθάνουν εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν περιοχῶν τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος. Ἡ πρωτογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία, ἣ ὁποία φθάνει εἰς τὰ ἀνώτερα ὕψη τῆς ἀτμοσφαίρας μας, ἀποτελεῖται ἀπὸ ταχύτατα κινούμενα πρῶτωνα. Ταῦτα, μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, συγκρούονται μὲ μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ἐκ τῶν ὁποίων προκύπτουν νέα σωματίδια καὶ φωτόνια, τὰ ὁποῖα μὲ τὴν σειρὰν των συγκρούονται πάλιν μὲ μόρια τοῦ ἀέρος (σχ. 310). Οὕτως εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἡ δευτερογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβο-



Σχ. 311. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μὲ τὸν θάλαμον Wilson. Εἰς τὴν 2αν καὶ 3ην φωτογραφίαν φαίνεται ἡ συντριβὴ ἀτόμων μολύβδου (τοῦ ὁποίου ἡ πλὰξ διακρίνεται εἰς τὸ μέσον) ὑπὸ κοσμικῶν σωματιδίων· εἰς τὴν 3ην διακρίνονται ἑκατοντάδες σωματιδίων προεληθόντων ἀπὸ τὴν συντριβὴν ἀτόμων μολύβδου.

λία, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρόνια, 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 ἡλεκτρονίου. 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).

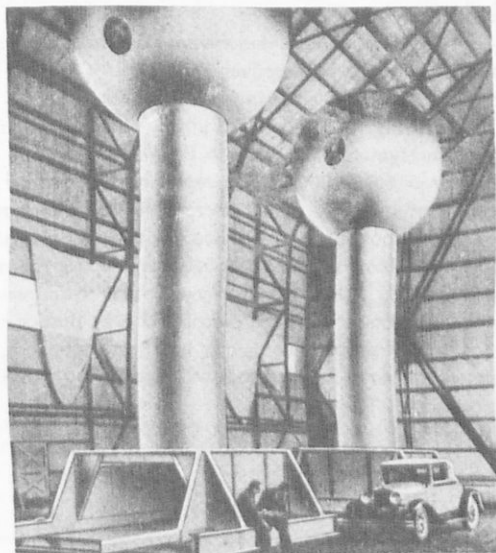
Τεράστια προσπάθειαι καταβάλλονται σήμερον διὰ τὴν σπουδὴν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι πιθανώτατα ἔχουν σχέσιν καὶ μὲ τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς. Εἰς πᾶσαν στιγμὴν ἀτομικοὶ πυρῆνες τῶν ἰστῶν τῶν ὀργανισμῶν συντρίβονται ἀπὸ κοσμικὰ σωματίδια καὶ οὕτως ἐκλύεται τεραστία ἐνέργεια ἐντὸς τοῦ κυττάρου. Εἶναι ἀκόμη ἄγνωστα τὰ ἀποτελέσματα, τὰ ὁποῖα ἐπιφέρει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς αὕτη ἡ ἀπότομος ἐκκλυσις 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 ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα. Ἐκαστον ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ θετικῶς φορτισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ τὰ περίξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος περιφερόμενα ἡλεκτρόνια. 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 περίξ τοῦ πρωτονίου περιφερόμενον ἡλεκτρόνιον. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψε τὸ ποζιτρόνιον, τὸ ὁποῖον εἶναι σωματίδιον ὅμοιον μὲ τὸ ἡλεκτρόνιον, ἀλλὰ μὲ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ὡστε τὸ ποζιτρόνιον θά συμπεριφέρεται ἀντιθέτως πρὸς τὸ ἡλεκτρόνιον. 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 ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ἐὰν φαντασθῶμεν

ὅτι περίξ τοῦ ἀντιπρωτονίου περιφέρεται ἓν ποζιτρόνιον, τότε θὰ προκύψῃ τὸ ἄτομον τοῦ ἀντιυδρογόνου. Εἰς τὸν παραπλευρώς 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 ἰδικόν 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
Νετρίνο	Ἀντινετρίνο
Ἡλεκτρόνιον	Ποζιτρόνιον
Μεσόνιον (+)	Μεσόνιον (—)
Πρωτόνιον	Ἀντιπρωτόνιον
Νετρόνιον	Ἀντινετρόνιον
Ὑπερόνιον (+)	Ὑπερόνιον (—)

Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τύπου Van de Graff, δυνάμειν νὰ ἀναπτύξῃ τάσιν 10^7 Volt (Τοῦ Τεχνολογικοῦ Ἰνστιτούτου τῆς Μασσαχουσέτης.)

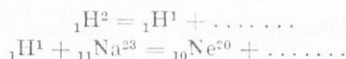


ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

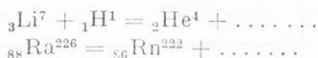
188. Νά εύρεθῇ μέ πόσση ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἔργια καὶ Joule ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς ἀτομικῆς μάζης καὶ ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου.

189. Μὲ πόσση ἐνέργειαν ἰσοδυναμεῖ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου;

190. Νά συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



191. Νά συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



192. Ὁ ἀτομικὸς πυρὴν ἡλίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια, ἡ δὲ μᾶζα του εἶναι ἴση μὲ 4,003879 amu. Πόση ἐνέργεια ἡλευθερώθη κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ πυρῆνος τούτου;

193. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ Πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονὰς ἐνέργειας λαμβάνεται τὸ 1 ἡλεκτρονιοβόλτ (1 ev), ἥτοι ἡ κινήτικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἓν ἡλεκτρόνιον, ὅταν τοῦτο μετακινήται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐχόντων διαφορὰν δυναμικοῦ 1 Volt. Μὲ πόσα ἔργια καὶ Joule ἰσοῦται ἡ μονὰς ἡλεκτρονιοβόλτ ;

194. Μὲ πόσση ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἡλεκτρονιοβόλτ (eV) ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς ἀτομικῆς μάζης (1 amu) ;

195. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησην ἐνὸς ἡλεκτρονίου καὶ ἐνὸς ποζιτρονίου ;

196. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησην ἐνὸς πρωτονίου καὶ ἐνὸς ἀντιπρωτονίου ;

197. Πόση ἀπώσις ἀναπτύσσεται μεταξὺ ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου ($Z = 2$) καὶ ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἀσβεστίου ($Z = 20$), ὅταν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων πυρήνων 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. Νά εύρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κίνησην τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος τούτου εἰς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιάς τοῦ ἡλεκτρονίου.

199. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὸν σχηματισμὸν ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου (${}_2\text{He}^4$) ἀπὸ τὴν σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων (${}_1\text{H}^1$) ;

200. Ἐὰν κατὰ τὴν διάσπασιν ἐνὸς βαρέος πυρῆνος παρατηρῇται ἔλλειμμα μάζης ἴσον μὲ τὰ 0,10% τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος, νά εύρεθῇ πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν διάσπασιν 1 kgf ἐκ τοῦ ὕλικου τούτου.

Τὰ ἰσότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Μαζικὸς ἀριθμὸς A
1	Ὑδρογόνον	1 2 3
2	Ἡλιον	3 4
3	Λίθιον	6 7
4	Βηρύλλιον	8 9 10
5	Βόριον	10 11
6	Ἀνθραξ	12 13
7	Ἀζωτον	14 15
8	Ὄξυγόνον	16 17 18
9	Φθόριον	19
10	Νέον	20 21 22
11	Νάτριον	23
12	Μαγνήσιον	24 25 26
13	Ἀργίλλιον	27
14	Πυρίτιον	28 29 30
15	Φωσφόρος	31
16	Θεῖον	32 33 34
17	Χλώριον	35 37
18	Ἀργόν	36 38 40
19	Κάλιον	39 40 41
20	Ἀσβέστιον	40 42 43 44
21	Σκάνδιον	45
22	Τιτάνιον	46 47 48 49 50
23	Βανάδιον	51
24	Χρώμιον	50 52 53 54
25	Μαγγάνιον	55
26	Σίδηρος	54 56 57 58
27	Κοβάλτιον	59
28	Νικέλιον	58 60 61 62 64
29	Χαλκός	63 65
30	Ψευδάργυρος	64 66 67 68 70
31	Γάλλιον	69 71
32	Γερμάνιον	70 72 73 74 76
33	Ἀρσενικόν	75
34	Σελήνιον	74 76 77 78 80 82
35	Βρώμιον	79 81
36	Κρυπτὸν	78 80 82 83 84 86
37	Ρουβίδιον	85 87
38	Στρόντιον	84 86 87 88
39	Ῥυτρίον	89
40	Ζιρκόνιον	90 91 92 94 96
41	Νιόβιον	93

Τὰ Ισότοπα 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	Ἀργυρὸς	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	Προμῆθειον	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	Ὀλμίου	165
68	Ἑρβίου	162 164 166 167 168 170
69	Θούλιον	169
70	Υπτέρβιον	168 170 171 172 173 174 176
71	Λουτίτιον	175 176
72	Ἄφνιον	174 176 177 178 179 180
73	Ταντάλ.ον	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	Χρυσὸς	197
80	Ὑδράργυρος	196 197 198 199 200 201 202 204

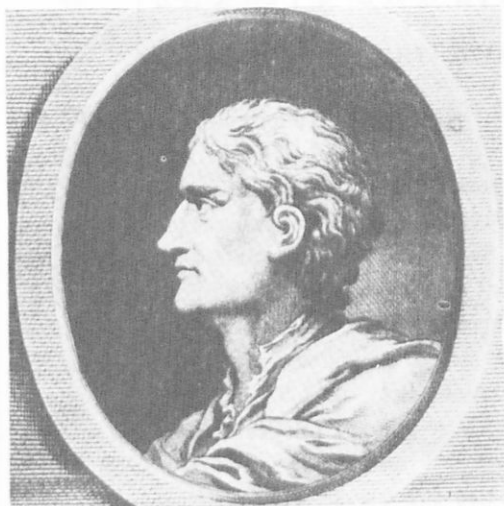
Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

1. Σπουδή 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 σκιᾶς, ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν λείων ἐπιφανειῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς εἰδῶλων 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, διετυπώθησαν μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τοῦ νόμου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Αἱ ὑποθέσεις αὗται προέσπεσάν τινι νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ τότε γνωστὰ φαινόμενα, μετὰ 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 διαφόρους ὅψεις μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς φυσικῆς πραγματικότητος.

2. Αἱ θεωρίαι τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῶν κυμάνσεων.—Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός κατέστη δυνατόν νὰ διετυπωθοῦν 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 κατάρθωσε 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 ὅποion 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 κατώρθωσε 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 κατώρθωσε 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 αἰθέρος. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων, καίτοι ἡρμάνευσε πολὺ περισσότερα φαινόμενα, ἐν τούτοις δὲν ἐγένετο δεκτὴ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν φυσικῶν, διότι εἰσήγε τὴν ἰδέαν τοῦ παραδόξου αἰθέρος. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 19ου αἰῶνος ὁ Ἀγγλος Young ἔδωκεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



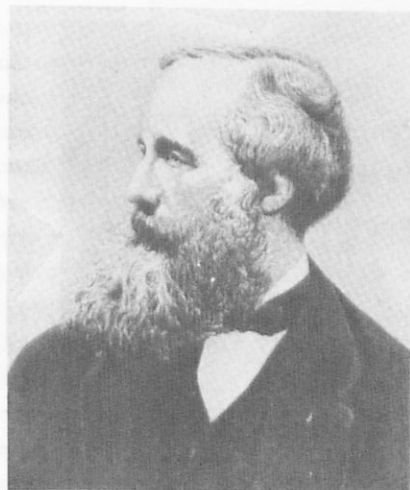
Huygens

καὶ νὰ ἀποδείξῃ οὕτως, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὰ διαφανῆ ὑλικά μέρη εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν, ὅπως ἀκριβῶς προέβλεπεν ἡ θεωρία τῶν κυμάτων. Οὕτως ἡ θεωρία τῶν κυμάτων ἐπεκράτησε καὶ τὸ φῶς ἐθεωρεῖτο ἔκτοτε ὡς μία διάδοσις ἐγκιβρίων κυμάτων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ, ἀλλὰ λίαν παραδόξου αἰθέρος.

3. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός.—Κατὰ τὸ 1848 ὁ Ἄγγλος Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεπολωμένη ἀκτὶς φωτὸς



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτίνος ὑφίσταται στροφὴν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτὸς καὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ καὶ ὅτι εἶναι δυνατόν τὰ φωτεινὰ κύματα νὰ μὴ εἶναι κυμάνσεις μηχανικῆς φύσεως, ἀλλὰ ἡλεκτρικῆς φύσεως. Ἀπὸ τὴν σκέψιν αὐτὴν ἀνεχώρησεν ἡ μεγαλοφυΐα τοῦ Ἄγγλου Maxwell, διὰ νὰ ἀνακαλύψῃ διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐπὶ τοῦ χάρτου ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία καὶ νὰ ἀνακαλύψῃ ἐπὶ πλέον τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα ὀλίγα ἔτη βραδύτερον ἀνεκάλυψεν πειραματι-

κῶς ὁ Γερμανὸς Hertz. Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ 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 αὐτῇ τῶν κυμάτων εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ μόνην διαφορὰν εἰς τὴν συχνότητα τῆς κυμάνσεως.

4. Τὰ φωτόνια.—Ἐπὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἡσυχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροῦς καὶ πολλοῦς ἀγῶνας κατῴρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θαυμασίαν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποία ἐδίδεν ἀπλῆν καὶ ἐνιαίαν ἐξήγησιν εἰς τὸ σύνολον τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν

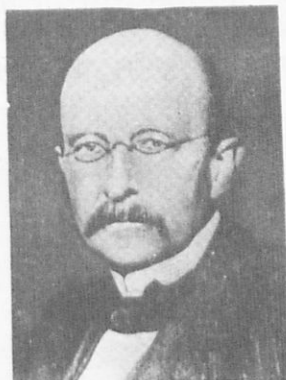


Einstein

νέα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ὑπεχρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικώτερον ἐκ τῶν ἀνακαλυφθέντων νέων φαινομένων, τὸ ὁποῖον φανερώνει τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ὡς 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 ὁποῖαν 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, ὡς δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμμίαν κατάρτησιν 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 τὴν ἔρμηνευσιν 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 ὅχι 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 ὁπτικῶν 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** τοῦ φωτός. Ἡ γιγαντιαία αὕτη σύνθεσις ὀνομάζεται **Κυματομηχανικὴ** καὶ περιλαμβάνει ὅχι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὕλην καὶ τὰς διαφορὰς 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 διασφύει 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 πράγμα, 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 μιᾷ φωτογραφικῇ πλακῶς, τότε ἡ ἀφίξις τοῦ σωματιδίου ἐκδηλώνεται μὲ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς πλακῶς, ἐνῶ τὸ κύμα ἔχει ἐξαφανισθῇ.



Louis de Broglie

* Ἀς ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ σχηματισμοῦ χροσσῶν συμβολῆς καὶ ἃς φαντασθῶμεν ὅτι τὸ διάφραγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν φωτογραφικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν σχηματιζόμενα καὶ σημεῖα προσβολῆς ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν σωματιδίων. Κατ' ἄρχας θὰ παρατηρήσωμεν σημεῖα προσβολῆς διεσπαρμένα εἰς τὴν τύχην. Ἀλλὰ ὀλίγον κατ' ὀλίγον θὰ ἀναγνωρίσωμεν ὅτι τὰ «τυχαῖα» αὐτὰ σημεῖα διασπείρονται συμφώνως πρὸς μίαν ὀρισμένην γενικὴν τάξιν καὶ θὰ ἴδωμεν νὰ σχηματίζεται ἡ ἁρμονικὴ σειρὰ τῶν χροσσῶν.

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 ἀνίκανος 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 ἰδιαιτέρως τῶν φαινομένων τοῦ μικροκόσμου ὑπαιστέρεται ἡ «τύχη», ἡ ὁποία διέπεται ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν πιθανοτήτων. Αἱ σύγχρονοι θεωρίαι τῆς Φυσικῆς εἶναι ἄρκετὰ πολὺπλοκοι, διότι ὁ ἄπειρος μικρόκοσμος τῶν μορίων, τῶν ἀτόμων, τῶν ἡλεκτρονίων, τῶν φωτονίων διέπεται ἀπὸ τοὺς παραδόξους νόμους τῆς τύχης, καὶ ἀπὸ νόμους, οἱ ὅποιοι δὲν ἰσχύουν διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ μακροκόσμου. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων παρουσιάζονται τε-

ράσται δυσκολίαι. «Ὅσάκις 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 ἔν βαθύτατον ἔνστικτον 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 ὁποῖος παρετήρησεν ὅτι τὸ ἤλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἑλαφρὰ 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 ἀπώσιν, 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 ἐνὸς 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 ἐνὸς 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 ἐρευνηταὶ τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων ἐχρειάζοντο καὶ «ἡλεκτρικὰς μηχανάς». Ὅλαι

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 αὐτὴ ἦτο σφαῖρα ἀπὸ θεῖον, ἡ ὁποία ἐστρέφετο περὶ τὸν ἄξονα. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῆς σφαίρας ἔθετεν ἐπ' αὐτῆς τὴν χεῖρα καὶ οὕτως ἀνεπτύσσετο ἡλεκτρισμὸς 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 μορφὴν τῆς « λουγδουνικῆς λαγῆνου ». Ὁ πυκνωτής ἀνεκαλύφθη ὅλως τυχαίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὁποῖος, προσπαθὼν 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-

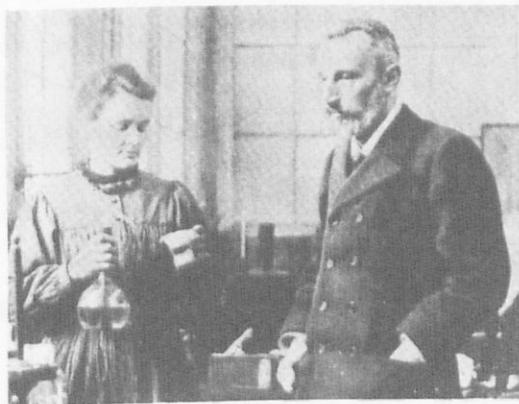
κτρικὸς σπινθὴρ μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. Ἡ συστηματικὴ ὁμως ἔρευνα τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων καὶ ἡ ἀνακάλυψις τῶν νόμων, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰ φαινόμενα ταῦτα ἤρχισεν μόνον ἀπὸ τὰς ἀρχὰς τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἐκτοτε ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὑπῆρξεν ταχυτάτη καὶ καταπληκτικὴ, παρὰ τὸ γεγονὸς, ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διεσαφηνίσθη μόλις κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας τοῦ αἰῶνος μας.

Πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν.— Πρὶν ἀκόμη γνωρίσωμεν τί εἶναι ὁ ἡλεκτρισμὸς, τὸν ἐξεμεταλλεύθημεν ἐντατικώτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς. Αἱ πειραματικαὶ καὶ θεωρητικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ἀπεκάλυψαν κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους ὅτι ὁ ἡλεκτρισμὸς εἶναι στενώτατα συνυφασμένος μὲ τὴν ὕλην. Οὕτω κατωρθώθη νὰ δοθῇ πλήρης ἐρμηνεῖα εἰς ὅλα τὰ γνωστὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα καὶ

ἐπὶ πλέον νὰ ἐρμηνευθῇ ἡ παραγωγὴ 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 ἓν ἀπέραντον πεδίον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὁποῖαι ἥλλαξαν 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 λαούς. 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.

Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα του Φυσικού και έργασιά του	Κράτος
1901	W. Röntgen Ἀκτίνες Χ	Γερμανία
1902	H. Lorentz και P. Zeeman Ἡλεκτροοπτική και θεωρία ἡλεκτρονίων	Ὁλλανδία
1903	H. Becquerel, P. και M. Curie Ραδιενέργεια	Γαλλία
1903	S. Arrhenius Ἡλεκτρολύσεις	Σουηδία
1904	J. Rayleigh και W. Ramsay Εὐγενῆ ἀέρια	Ἀγγλία
1905	P. Lenard Καθοδικαὶ ἀκτίνες	Γερμανία
1906	J. Thomson Ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων	Ἀγγλία
1907	A. Michelson Ὀπτικά μετρήσεις ἀκριβείας	Ἡ. Πολιτεῖαι
1908	E. Rutherford Ραδιενέργεια, πρώτη τεχνητὴ μεταστοι- χείωσις	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

Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα Φυσικού και έργασία του	Κράτος
1912	N. Dalen Τεχνική του φωτισμού	Σουηδία
1913	H. Kamerlinch Onnes Χαμηλάι θερμοκρασίαι, υγροποίησις του ήλιου	Όλλανδία
1914	M. Von Laue Κατασκευή των κρυστάλλων	Γερμανία
1915	W. H. Bragg καὶ W. L. Bragg Παράθλασις ακτίνων X διὰ των κρυσταλλικών πλεγμάτων	Άγγλία
1917	C. Barkla Χαρακτηριστική έκπομπή ακτίνων X των στοιχείων	Άγγλία
1918	M. Planck Θεωρία των κβάντα	Γερμανία
1919	J. Stark Συμπεριφορά των φασματικών γραμμών εντός ηλεκτρικού πεδίου	Γερμανία
1920	W. Nerst Θερμοχημεία, τρίτον θερμοδυναμικόν άξίωμα	Γερμανία
1920	C. Guillaume Μετρήσεις ακριβείας επί των κραμάτων	Γαλλία
1921	A. Einstein Θεωρία σχετικότητας, ισοδυναμία μάζης καὶ ενεργείας	Γερμανία
1921	F. Soddy Ίσότοπα	Άγγλία
1922	N. Bohr Κατασκευή του ατόμου	Δανία
1922	F. Aston Φασματογραφία των μαζών, διαχωρισμός των ισότοπων	Άγγλία

Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα του Φυσικού και έργασιά του	Κράτος
1923	R. Millikan Στοιχειώδεις ηλεκτρικόν φορτίον	Ή. Πολιτεΐαι
1924	K. Siegbahn Φασματοσκοπία τῶν ἀκτίνων X	Σουηδία
1925	J. Frank καὶ G. Hertz Κροῦσις ηλεκτρονίου καὶ ατόμου	Γερμανία
1925	R. Zsigmondy Έρευνα κολλοειδῶν. Έπερμικροσκόπιον	Αὐστρία
1926	J. Perrin Μοριακὴ Φυσικὴ	Γαλλία
1926	T. Svedberg Μοριακὴ Φυσικὴ	Σουηδία
1927	C. Wilson Θάλαμος νεφώσεως	Άγγλία
1927	A. Compton Κροῦσις φωτονίου καὶ ηλεκτρονίου	Ή. Πολιτεΐαι
1928	O. Richardson Θερμοϊόντα	Άγγλία
1929	Louis de Broglie Έλικά κύματα	Γαλλία
1930	C. Raman Διάχυσις τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν μορίων	Ίνδαι
1932	W. Heisenberg Κβαντομηχανικὴ	Γερμανία
1932	J. Langmuir Ήλεκτρονικαὶ λυχνίαι, ὑψηλὸν κενὸν	Ή. Πολιτεΐαι
1933	P. Dirac Κβαντομηχανικὴ	Άγγλία
1933	E. Schrödinger Κυματομηχανικὴ	Αὐστρία
1934	H. Urey Βαρὺ ὕδρογόνον	Ή. Πολιτεΐαι

Βραβεία Nobel Φυσικής

*Ετος	*Όνομα Φυσικοῦ καὶ ἔργασία 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 ἡλεκτρονίων	Ἀγγλία
1937	C. Davisson Κίνησις ἡλεκτρονίου	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

Έτος	Όνομα του Φυσικού και έργασιά του	Κράτος
1949	H. Yukawa Θεωρία ἐπὶ τῶν μεσονίων	Ἰαπωνία
1950	C. Powell Φωτογραφία μεσονίων	Ἀγγλία
1951	J. Cockroft καὶ E. Walton Ἐπιτάχυνσις σωματιδίων διὰ τὸν βομβαρ- δισμόν τῶν ἀτομικῶν πυρήνων	Ἀγγλία
1952	F. Bloch καὶ E. Purcell Μέτρησις μεγεθῶν ὑποατομικῶν σῶ- ματιδίων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1953	F. Zernike Μικροσκόπιον φασικῆς ἀντιθέσεως	Ὀλλανδία
1954	M. Born καὶ W. Bothe Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος	Ἀγγλία, Γερ- μανία
1955	W. Lamb καὶ P. Kusch Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ φάσματος ὕδρογόνου	Ἡ. Πολιτεῖαι
1956	J. Bardeen, W. Brattain, W. Shockley Φυσικὴ τῶν στερεῶν καὶ κρυστάλλων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1957	C. Yang καὶ T. Lee Θεωρητικαὶ ἔρευναι	Ἡ. Πολιτεῖαι
1958	P. Cherenkov, I. Tamm, L. Frank Ἀνακάλυψις ἀκτινοβολίας Cherenkov	Ρωσία
1959	E. Segrè καὶ O. Chamberlain Ἀντινουκλεόνια	Ἡ. Πολιτεῖαι
1960	D. Glaser Ἀνακάλυψις τοῦ θαλάμου φουσαλλίδων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1961	R. Hofstadter Μελέτη τῶν ἀτομικῶν σωματιδίων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1961	R. Moessbauer Ἐρευναι 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 ὑπῆγαγε τὸν μαγνητισμὸν εἰς τὸν ἡλεκτρισμὸν, θεωρήσας τοὺς μαγνήτας ὡς ἄθροισμα στοιχειωδῶν σωληνοειδῶν.

ARAGO (1756 - 1854). Γάλλος φυσικός καὶ ἀστρονόμος. Ἠσυχολήθη μὲ τὸν ἡλεκτρομαγνητισμὸν καὶ κυρίως μὲ τὴν ὀπτικήν. Ὑποστηρικτὴς τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων ἐβούθησε διὰ τὴν ἐπικράτησίν της.

BECQUEREL (1852 - 1908). Γάλλος φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὴν ραδιενέργειαν.

BOHR (γεν. 1883). Δανὸς φυσικός. Διετύπωσεν 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 κατῴρθωσεν νὰ διατυπώσῃ τοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰς μαγνητικὰς καὶ ἡλεκτρικὰς ἐλξεις καὶ ἀπώσεις. Ἐμελέτησεν τοὺς νόμους τῆς τριβῆς καὶ τῆς ἐλαστικότητος.

CROOKES (1822 - 1919). Ἀγγλὸς φυσικός καὶ χημικός. Ἐφεύρεν 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

έζησεν εἰς Γαλλίαν. Αἱ ἐργασίαι τῆς ἐπὶ τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων παραμένουν μνημειώδεις.

EINSTEIN (1879 - 1955). Γερμανὸς φυσικὸς. Ἰδρυτὴς τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος, εἰσήγαγεν τὴν ἔννοιαν τοῦ φωτονίου διὰ τὴν ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

FARADAY (1791 - 1867). Ἀγγλὸς φυσικὸς καὶ χημικὸς. Ἀνεκάλυψεν τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα καὶ τοὺς νόμους τῆς ἡλεκτρολύσεως.

FERMI (1901 - 1956). Ἰταλὸς φυσικὸς. Πρῶτος παρετήρησεν ὅτι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες τοῦ οὐρανίου, βομβαρδιζόμενοι μὲ νετρόνια, διασπῶνται εἰς δύο νέους πυρῆνας.

FOUCAULT (1819 - 1868). Γάλλος φυσικὸς. Ἐμέτρησε τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς διαφόρων διαφανῶν μέσων καὶ ἐσπούδασε τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ σιδήρου τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἐτελειοποίησεν πολλὰ ὀπτικά ὄργανα καὶ ἰδιαιτέρως τὸ τηλεσκόπιον.

FRESNEL (1788 - 1827). Γάλλος φυσικὸς. 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 μαθηματικὸς, φυσικὸς καὶ ἀστρονόμος. Ἐσπούδασεν ἰδιαιτέρως τὰ μαγνητικὰ καὶ ἡλεκτρικὰ πεδία.

HENRY (1799 - 1878). Ἀμερικανὸς φυσικὸς. Ἀνεκάλυψεν τὰ ρεύματα ἐξ αὐτεπαγωγῆς.

HERTZ (1857 - 1894). Γερμανὸς μηχανικὸς. Ἀπεκάλυψεν πειραματικῶς τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων καὶ ἐμελέτησε τὴν διάδοσιν αὐτῶν.

HUYGENS (1629 - 1695). Ὁλλανδὸς φυσικὸς, 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 φυσικὸς. Ἀνεκάλυψεν τοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν τῶν διαρρεομένων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

KARTESIOS (1596 - 1650). Γάλλος φιλόσοφος, μαθηματικὸς καὶ φυσικὸς. Διετύπωσεν τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

LAPLACE (1749 - 1827). Γάλλος μαθηματικός και άστρονόμος. Ήσυχολήθη με διάφορα θέματα του ήλεκτρισμού.

LENZ (1804 - 1865). Ρώσος φυσικός. Ήσυχολήθη με θέματα του ήλεκτρομαγνητισμού και διετύπωσεν τόν νόμον σχετικώς με την φοράν των επαγωγικών ρευμάτων.

MAXWELL (1831 - 1879). Άγγλος φυσικός και μαθηματικός. Διετύπωσεν την περίφημον ήλεκτρομαγνητικήν θεωρίαν του φωτός.

NEYTON (1642 - 1727). Άγγλος μαθηματικός, φυσικός, άστρονόμος και φιλόσοφος. Διετύπωσεν την θεωρίαν τής έκπομπής διά την έρμηνείαν των όπτικων φαινομένων και απέδειξεν ότι τò λευκόν φώς είναι σύνθετον.

OERSTED (1777 - 1851). Δανός φυσικός. Άνεκάλυψεν την επίδρασιν του ήλεκτρικού ρεύματος επί τής μαγνητικής βελόνης.

OHM (1787 - 1854). Γερμανός φυσικός. Διετύπωσεν τόν νόμον τής κυκλοφορίας του ήλεκτρικού ρεύματος διά μέσου ενός άγωγού.

PLANCK (1858 - 1947). Γερμανός φυσικός. Διετύπωσεν την περίφημον θεωρίαν των κβάντα, διά νά έρμηνεύση τους νόμους τής έκπομπής τής ακτινοβολίας υπό τής ύλης.

RÖENTGEN (1845 - 1923). Γερμανός φυσικός. Άνεκάλυψεν τας άκτίνας, αί όποίαι φέρουν τò όνομά του.

RUHMKORFF (1803 - 1877). Γερμανός κατασκευαστής όργάνων Φυσικής, ζήσας έν Γαλλία. Κατεσκεύασε τò πρώτον επαγωγικόν πηνίον, τò όποϊον έπενόησεν ό Masson.

RUTHERFORD (1871 - 1937). Άγγλος φυσικός. Πρώτος επέτυχε νά βομβαρδίση με σωματίδια α τά άτομα του άζώτου και νά επιτύχη την πρώτην τεχνητήν μεταστοιχείωσιν.

VOLTA (1754 - 1827). Ίταλός φυσικός. Έφευρεν τò ήλεκτρικόν στοιχείον, τò όποϊον φέρει τò όνομά του.

WHETSTONE (1802 - 1875). Άγγλος φυσικός. Κατεσκεύασεν τò 1838 την πρώτην ήλεκτρικήν τηλεγραφικήν συσκευήν, έτελειοποίησεν τò στερεοσκοπίον, έφευρε τόν ροοστάτην κ.ά.

YOUNG (1773 - 1829). Άγγλος φυσικός, ίατρός και άρχαιολόγος. Άνεκάλυψεν την ικανότητα προσαρμογής του κρυσταλλώδους φακού και έστήριξεν την θεωρίαν των κυμάτων, πραγματοποιήσας φαινόμενα συμβολής του 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	$36 \cdot \text{»}$
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 αποστακτήρων	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	Μονάς	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
Χωρητικότης	1 ΗΣΜ	
»	1 Farad (1 F)	1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ΗΣΜ
»	1 microfarad (1 μF)	1 μF = 10^{-6} F
Έντασις ρεύματος	1 Ampère (1 A)	
Αντίστασις άγωγού	1 Ohm (1 Ω)	
»	1 microhm (1 μΩ)	1 μΩ = 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
Μάζα ἡλεκτρονίου	$m_e = 9,1066 \cdot 10^{-28}$ gr
Μάζα πρωτονίου	$M_p = 1,67248 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα νετρονίου	$M_n = 1,67507 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα άτόμου ὕδρογόνου	$M_H = 1,6734 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα σωματιδίου α	$M_a = 6,6442 \cdot 10^{-24}$ gr
Λόγος μάζης πρωτονίου πρὸς μάζαν ἡλεκτρονίου	$\frac{M_p}{m_e} = 1836,5$
1 μονάς άτομικῆς μάζης	$1 \text{ amu} = 1,66 \cdot 10^{-24}$ gr
Σταθερά τοῦ Planck	$h = 6,625 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.
Σταθερά τελείων άερίων	$R = 8,31436 \cdot 10^7$ C.G.S.
Σταθερά παγκοσμίου έλξεως	$k = 6,67 \cdot 10^{-8}$ C.G.S.
Αριθμός τοῦ Avogadro	$N_A = 6,0228 \cdot 10^{23}$ μόρια/mol
Αριθμός τοῦ Loschmidt	$N_L = 2,687 \cdot 10^{19}$ μόρια/cm ³

Π Ι Ν Α Ξ 5

Σχέσεις μεταξύ των μονάδων του αγγλοσαξωνικού συστήματος
καί 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 χιλιόγραμμον (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 πούς · λίμπρα (ft · lb)	= 1,356	Joule
πούς λίμπρα (ft · lb)	= 0,3239	cal
1 cal	= 3,087	ft · lb

Ίσχυς

1 ίππος (HP)	= 746	Watt
»	= 550	ft · lb/sec

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

Α'. Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν

π, π'	ἀποστάσεις ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικόν κάτοπτρον ἢ τὸν φακόν
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	ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς
Φ	φωτεινὴ ροή
P	ἰσχὺς φακοῦ ἢ μικροσκοπίου
M	μεγέθυνσις μικροσκοπίου καὶ τηλεσκοπίου
c	ταχύτης τοῦ φωτός
λ	μῆκος κύματος ἀκτινοβολίας

Β'. Ἐξισώσεις τῆς Ὀπτικῆς

$$\text{Σφαιρικά κάτοπτρα} \quad \varphi = R/2 \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi \quad E/A = \pi'/\pi$$

Κοίλα κάτοπτρα :

$$\text{εἶδωλον πραγματικόν} \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$\text{εἶδωλον φανταστικόν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$$

Κυρτὰ κάτοπτρα :

$$\text{εἶδωλον φανταστικόν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

$$\text{Διάθλασις τοῦ φωτός} \quad \nu = \eta\mu\pi/\eta\mu\delta \quad \nu = u_1/u_2$$

u_1 καὶ u_2 αἱ ταχύτητες τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ σώματα

$$\text{Ὅρικὴ γωνία} (\varphi) \quad \eta\mu\varphi = 1/\nu$$

$$\text{Πρίσματα} \quad \nu = \eta\mu\pi_1/\eta\mu\delta_1 \quad \nu = \eta\mu\pi_2/\eta\mu\delta_2 \quad A = \delta_1 + \delta_2$$

$$E = \pi_1 + \pi_2 - A$$

$$A \text{ ἢ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος καὶ } E \text{ ἢ γωνία ἐκτροπῆς}$$

$$\text{πτὰ πρίσματα} \quad E = A \cdot (\nu - 1)$$



$$\text{'Ελαχίστη έκτροπή (E}_{ελ}\text{)} : \pi_1 = \pi_2 \quad \delta_1 = \delta_2 \quad A = 2\delta_1$$

$$v = \eta \mu \pi_1 / \eta \mu \delta_1 \quad E_{ελ} = 2\pi_1 - A$$

Συνθήκη εξόδου τῆς ἀκτῖνος ἐκ τοῦ πρίσματος : $A \leq \varphi$
 φ ἡ ὀρικὴ γωνία διὰ τὸ πρῖσμα

Φακοί :

- 1) ἐστιακὴ ἀπόστασις $1/\varphi = (v - 1) \cdot (1/R - 1/R')$
- 2) θέσις εἰδώλου $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 3) μεγέθυνσις φακοῦ $E/A = \pi'/\pi$
- 4) ἰσχὺς φακοῦ $P = 1/\varphi$

Ἰσχὺς ὁμοαξονικοῦ συστήματος φακῶν εὐρισκομένων εἰς ἐπαφὴν :

$$1/\varphi = 1/\varphi_1 + 1/\varphi_2 + 1/\varphi_3$$

Συγκλίνοντες φακοί :

- 1) εἶδωλον πραγματικὸν $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 2) εἶδωλον φαντάστικόν $1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$

Αποκλίνοντες φακοί :

$$\text{εἶδωλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

Φαινομένη διάμετρος (α) ἀντικειμένου $\alpha = AB/OA$

AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ OA ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν

Ἀπλοῦν μικροσκόπιον :

- 1) ἰσχὺς (P) $P = 1/\varphi$ ἢ $P = \alpha/AB$
 - 2) μεγέθυνσις (M) $M = 1 + \delta/\varphi$ ἢ $M = \delta/\varphi$
- α ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου, AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ

Σύνθετον μικροσκόπιον :

- 1) ἰσχὺς (P) $P = \frac{l}{\varphi_{\pi} \cdot \varphi_{\alpha}}$
- 2) μεγέθυνσις (M) $M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_{\pi} \cdot \varphi_{\alpha}}$

φ_{π} καὶ φ_{α} αἱ ἐστιακαὶ ἀποστάσεις προσοφθαλμίου καὶ ἀντικειμενικοῦ, l ἡ μεταξὺ των ἀπόστασις καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως

Μεγέθυνσις (M) 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 ΕΒΕΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Α' Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αούτων

m	ποσότης μαγνητισμού ή μαγνητική μάζα
α	άπόστασις
σ	έπιφάνεια
H	έντασις μαγνητικού πεδίου
Φ	μαγνητική ροή
$\Delta\Phi$	μεταβολή τής μαγνητικής ροής
F	δύναμις
Q, q	ήλεκτρικόν φορτίον
E	έντασις ήλεκτρικού πεδίου
U	δυναμικόν, διαφορά δυναμικού, τάσις
C	χωρητικότης
W	έργον, ένέργεια
P	ισχύς

t	χρόνος
I	έντασις ρεύματος
l	μῆκος
R	άντίστασις
r	ἀκτίς σφαίρας, ἐσωτερική ἀντίστασις γεννητρίας
E	ἡλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας
E'	ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις ἀποδέκτου
L	συντελεστής αὐτεπαγωγῆς

Β'. Ἐξισώσεις τοῦ Μαγνητισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = m_1 \cdot m_2 / \alpha^2$
Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου	$H = F / m$
Μαγνητική ροή	$\Phi = \sigma \cdot H$

Γ'. Ἐξισώσεις τοῦ Ἡλεκτρισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / \alpha$
K ἡ σταθερά τοῦ Coulomb ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ διηλεκτρικοῦ	
Ἔντασις ἡλεκτρικοῦ 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 ἀπὸ τὸ φορτίον Q καὶ F ἡ δύναμις ἡ ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ φορτίου q	
Ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν ἡλεκτρικοῦ φορτίου	$W = Q \cdot (U_1 - U_2)$
Χωρητικότης	$C = Q / U$
Δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἀκτίνος r :	$U = Q / r$
Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	$W = Q \cdot U / 2 = C \cdot U^2 / 2 = Q^2 / 2C$
Ἔντασις τοῦ ρεύματος	$I = Q / t$
Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ	$U = I \cdot R$
Ἀντίστασις ἀγωγοῦ	$R = \rho \cdot l / \sigma$
ρ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου	
Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας	$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$
R ₀ ἡ ἀντίστασις εἰς 0° C, α ὁ θερμοκὸς συντελεστής ἀντιστάσεως καὶ θ ἡ θερμοκρασία	

Σύνδεσις ἀντιστάσεων :

κατὰ σειρὰν

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

παράλλῃλως

$$1/R_{ολ} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Ἐνέργεια ἡλεκτρικοῦ ρεύματος

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \text{ἢ} \quad W = I^2 \cdot R \cdot t$$

Ἰσχύς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος

$$P = U \cdot I \quad \text{ἢ} \quad P = I^2 \cdot R$$

Νόμος τοῦ Joule

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$$

Q ἡ ποσότης θερμότητος εἰς θερμίδας (cal)

Ἰσχύς γεννητρίας

$$P = E \cdot I$$

Ἰσχύς 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 σειρὰν

$$\nu \cdot E = I \cdot (R + \nu \cdot r)$$

2) παράλλῃλος σύνδεσις

$$\nu \cdot E = I \cdot (\nu \cdot R + r)$$

Νόμος ἡλεκτρολύσεως

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{\nu} \cdot I \cdot t$$

A /ν τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ m ἡ ἀποτιθεμένη μάζα τοῦ στοιχείου

Μαγνητικὸν πεδίων ρεύματος :

1) εὐθύγραμμος ἀγωγὸς

$$H = \frac{2I}{10a}$$

2) σωληνοειδὲς

$$H = \frac{4\pi}{10} \cdot \nu \cdot I$$

ν 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

$$U_2 : U_1 = \nu_2 : \nu_1$$

ἐντάσεις ρευμάτων

$$I_1 : I_2 = \nu_2 : \nu_1$$

ν_1 καὶ ν_2 αἱ σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος (U_1, I_1) καὶ τοῦ δευτερεύοντος (U_2, I_2) κυκλώματος

Πυκνωτής :

1) ἥλεκτρικὸν 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 ἥλεκτρικοῦ πεδίου $E = U/l$

l ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν

Περίοδος ἥλεκτρικῶν 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 μαζικός ἀριθμός, Z ἀτομικός ἀριθμός τοῦ στοιχείου ἐμφαίνων καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, N ἀριθμός 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)



Α			
αἰθῆρ	101	αὐτεπαγωγή	214
ἀκουστικόν	203	ἄχρωματικός φακός	65
ἀκτῖνες α, β, γ	278	Β	
» Röntgen	245	βαρὺ ὕδωρ	286
ἀκτινοβολία	87	Volt	154
ἀκτινολογία	247	βολτάμετρον	164, 187
ἄλκιμωσις	255	βολτόμετρα	207
ἄλυσωτή ἀντίδρασις	288	Γ	
Ampère	165	γαλβανόμετρα	207
ἀμπερόμετρα	207	γαλβανοπλαστική	191
ἀμπερώρια	194	γεννήτριαι	162
ἀνάκλασις φωτός	19	γήινων μαγνητικὸν πεδίων	140
ἀνάκλασις φωτός	87	γραμμαὶ Fraunhofer	89
ἀναλύτης	107	γωνία ἐκτροπῆς	47
ἄνοδος	164	» πολώσεως	107
ἀντὴλεκτρογενετική δύναμις	183	Gauss	137
ἀντιύλη	296	Geiger ἀπαριθμητής	292
ἀνόρθωσις	260	Δ	
ἀντικατοπτρισμός	44	δείκτης διαθλάσεως	39
ἀντίστασις ἀγωγοῦ	168	δέκτης	202
ἀντιστροφή γραμμῶν	115	δευτέριον	285
ἀποδέκτης	184	διάθλασις φωτός	38
ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς	99	διαφορὰ δυναμικοῦ	153
ἀρχὴ ἀντιστροφῆς πορείας	24	» φάσεως	157
ἀστροφυσική	117	διάχυσις	19, 125
ἀσφάλεια	178	διαχωριστικὴ ἰκανότης	80
ἀτμοσφαιρική διάθλασις	43	διεγέρτης Hertz	262
ἀτομικὴ βόμβα	288	διηλεκτρικὴ σταθερά	234
» ἐνέργεια	288	δίοδος λυχνία	244
ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ	289		
ἀτομικὸς ἀριθμὸς	280		
ἄτομον	280		

διόπτρα	78	ηλεκτρικός συσσωρευτής	192
διπλή διάθλασις	109	ηλεκτρόλις	186
δυναμικοί γραμμάι	134, 150	ηλεκτρολυτική διάσπασις	187
δυναμικών	153	ηλεκτρομαγνήτης	200
Ε		ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	264
ειδική αντίστασις	169	ηλεκτρομαγνητικόν πεδίον	263
είδωλον	21	ηλεκτρονικόν μικροσκόπιον	251
εκλείψεις	14	ηλεκτρόνιον	159
έκτροπη σφαιρική	36, 64	ηλεκτροσκόπιον	146
» αστιγματική	36, 64	ηλεκτροχημικόν ισοδύναμον	190
» χρωματική	64	ήμιτονοειδές ρεύμα	223
ελαχίστη έκτροπη	48	Θ	
ελεύθερα ηλεκτρόνια	160	θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων	244
εναλλακτήρες	221	θερμικά όργανα	208
εναλλασσόμενον ρεύμα	222	θάλαμος Wilson	292
ένεργος έντασις	225	θερμοηλεκτρεγερτική δύναμις	195
» τάσις	225	θερμοηλεκτρικόν ρεύμα	195
έντασις ρεύματος	165	» στοιχείον	195
έντασις φωτεινής πηγής	93	θεωρία έκπομπής	100
έπαγωγός	216	» κυμάτων	101
έπαγωγικά ρεύματα	209	» κβάντα	123
έπαγωγικόν πηνίον	230	» ηλεκτρομαγνητική	101
έπαγωγίμον	216	Ι	
έπιμετάλλωσις	191	ιονισμός αερίου	243
έπίπεδον πολώσεως	107	ιόντα	160, 188
» κραδασμών	108	ισότοπα στοιχεΐα	285
έστιακή απόστασις	27, 33, 55	ισχύς αποδέκτου	183
έστιακόν επίπεδον	28, 55	» γεννητριάς	179
έσωτερική αντίστασις	181	» ρεύματος	175
Η		» φακοῦ	63
ηλεκτρεγερτική δύναμις	180	» μικροσκοπίου	72
ηλεκτρικά μηχανάι	216	ιονόσφαιρα	253
» ταλαντώσεις	256	Κ	
ηλεκτρική εκκένωσις	238	καθοδικά άκτίνες	240
» κάμινος	178	κάθοδος	164, 238, 245
ηλεκτρικόν πεδίον	149	κάτοπτρα	19
ηλεκτρικόν ρεύμα	161	κεραυνός	254
» δίπολον	262	κηρίον	94
» φορτίον	147		
ηλεκτρικός κώδων	201		

κινητήρες	218, 222
κοσμική ακτινοβολία	253, 291
Coulomb	147
κυκλική συχνότητα	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 απόκλιση	138
» διαπερατότης	200
» έγκλισης	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
μεταστοιχείωσις	287
μετασχηματιστάι	228
μηχανικών Ισοδύναμον φωτός	99
μικροκύματα	270
μικροσκόπιον	72, 75
μικρόφωνον	203
μικροφωτογραφία	78
μονοφασικόν ρεύμα	222
μυωπία	68

Ν

ναυτική πυξίς	142
νετρίνο	291
νετρόνιον	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

όλική άνάκλασις	42
όμίλων κινηματογράφος	274
όμογενές πεδίων	137, 237
όπαι 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	84
πηνίον 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
πρῖσμα 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
σπινθηριστής	262
σταθερὰ Planck	123
σταθερὰ Faraday	190
στερακτίνιον	92
στερεοσκοπία	70
στοιχεῖα	194
» Leclanché	194
στοιχειώδεις μαγνήται	131
στοιχειώδεις φορτίον	159
συγκλίνων φακὸς	55
συλλέκτης	217
συμβολὴ φωτὸς	101
συνεχὲς ρεῦμα	165
συντελεστής αὐτεπαγωγῆς	215
συντονισμὸς	261
συρμὸς ταλαντώσεων	259
πυσσωρευταὶ 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
ὑψίσυχνα ρεύματα	231

Φ

φαινόμενον Edison	244
φακὸς	52
Farad	156
φάσις	226
φάσμα ἀπορροφῆσεως	115
» γραμμῶν	114
» ἡλιακὸν	89
» συνεχὲς	113
» συνολικὸν	265



ΕΚΔΟΣΙΣ ΙΑ', 1970 (V) - ΑΝΤΙΤΥΠΑ 50.000 - ΣΥΜΒΑΣΙΣ 2004/4.4.70

Εκτύπωσις : ΚΟΥΣΕΝΤΟΣ - ΠΡΙΦΤΗΣ - ΔΑΒΕΡΩΝΑΣ - Βιβλιοδ. : ΑΘ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ



0020657672

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

