

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Ε' και Στ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

19587

Φ Υ Σ Ι Κ Η
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

ΔΩΡΕΑΝ

Τὸ παρὸν βιβλίον δέον νὰ διαφυλαχθῇ καὶ διὰ τὴν ΣΤ' τάξιν εἰς τὴν ὁποίαν ἐπίσης θὰ χρησιμοποιηθῇ.

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

	Σελίς
1. Ὁρισμοί.—2. Εύθυγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.—3. Φωτινὴ ἀκτίς. Φωτειναὶ δέσμαι. —4. Ἀποτελέσματα 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. Ὁρισμοί.—9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός	19 - 21
A'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ	
10. Ἐπίπεδον κάτοπτρον.—11. Περιστροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου.—12. Ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—13. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός	21 - 25
B'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ	
14. Ὁρισμοί	25
<i>a) Κοίλα σφαιρικὰ κάτοπτρα</i>	
15. Εἰδώλον φωτεινοῦ σημείου.—16. Κυρία ἑστία.—17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.—18. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων καὶ θέσις τοῦ εἰδώλου.—19. Εἰδώλον ἀντικειμένου.—20. Πραγματικὸν ἡ φανταστικὸν εἰδώλον ἀντικειμένου.—21. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοῖλα κάτοπτρα.....	26 - 32
<i>b) Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα</i>	
22. Κυρία ἑστία καὶ ἔστιακὸν ἐπίπεδον.—23. Εἰδώλον ἀντικειμένου.—24. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων	32 - 39
ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	
26. Ὁρισμός.—27. Νόμοι τῆς διαθλάσσεως τοῦ φωτός.—28. Ὁρικὴ γωνία.—29. Ἀπόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσσεως.—30. Ὄλικὴ ἀνάκλασις.—31. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσσεως	38 - 45
ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ	
32. Διαθλασίς διὰ πλακές μὲν παραλλήλους ἔδρας.—33. Διαθλασίς διὰ πρίσματος.—34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.—35. Πρίσμα διλικῆς ἀνάκλασσεως	45 - 52
ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ	
36. Ὁρισμοί.—37. Συγχλίνοντες καὶ ἀποχλίνοντες φακοί.—38. Ὁπτικὸν κέντρον	52 - 54
<i>A'. Συγχλίνοντες φακοί</i>	
39. Κυρία ἑστία. Ἐστιακὴ ἀπόστασις.—40. Ἐστιακὸν ἐπίπε-	

δον.—41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγχλίνοντος φακοῦ.—42. Εἰδώλον ἀντικειμένου.—43. Εἰδώλον συγματιζόμενον ὑπὸ συγχλίνοντος φακοῦ.—44. Ἀνακεφαλάσις διὰ τοὺς συγχλίνοντας φακούς	Σελὶς
	55 - 59
<i>B'. Ἀποχλίνοντες φακοί</i>	
45. Κυρία ἑστία.—46. Εἰδώλον ἀντικειμένου.—47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν	59 - 62
<i>G'. Ἰσχὺς καὶ σφάλματα τῶν φακῶν</i>	
48. Ἰσχὺς 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.	66 - 71
55. Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—56. Διόφθαλμος δραστικός. Στερεοσκοπία.—57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως	
ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	
58. Ὁπτικὰ δργανα	72
<i>A'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ</i>	
59. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστικὴ ίκανότης τοῦ μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ	72 - 78
<i>B'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ</i>	
65. Διοπτρικὰ καὶ κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.—66. Ἀστρονομικὴ διόπτρα.—67. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.—69. Πρισματικὴ διόπτρα.—70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον	78 - 83
<i>G'. ΣΥΝΘΕΤΗ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ</i>	
71. Περισκόπιον.—72. Φωτογραφικὴ μηχανὴ.—73. Προβολεύς..	84 - 87
ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	
74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος.—75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.—77. Φάσμα τοῦ ἥλιακοῦ φωτός.—78. Φασματοσκόπιον.—79. Οὐράνιον τέξον	87 - 92
ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ	
80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.—81. Μονάς 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. Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός.—89. Θεωρία τῆς ἔκπομπῆς.—90. Θεωρία τῶν κυμάνσεων.—91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.—92. Παράθλασις τοῦ φωτός.—93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος	

τοῦ φωτός.—94. Πόλωσις τοῦ φωτός.—95. Ἐρμηνεία τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.—96. Διπλῆ διαθλασις τοῦ φωτός.—97. Ἐρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—98. Πολωτικαὶ συσκευαὶ	Σελὶς 100 - 113
ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	
Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ	
99. Φάσματα ἐκπομπῆς.—100. Φάσματα ἀπορροφήσεως.— 101. Φάσματα ἀπορροφήσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—102. Τὸ ἄλισκὸν φῶς.— 103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.—104. Φασματοσκοπικὴ ἐρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων.....	113 - 118
Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ	
105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι.—106. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—108. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. 109. Φθορισμός.—110. Φωσφορισμός.—111. Φωταύγεια.—112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.—113. Θεωρία τῶν κβάντα.—114. Φύσις τοῦ φωτός ...	118 - 124
Γ'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ-ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	
115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ.—117. Φωτογραφία	124 - 128
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ	
ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ	
118. Θεμελιώδεις ξνοιαι.—119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—120. Ἀμοιβαίκα ἐπίδρασις τῶν πόλων.—121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.— 122. Στοιχειώδεις μαγνῆται.—123. Νόμος τοῦ Coulomb.—124. Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ	129 - 134
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ	
125. Μαγνητικὸν φάσμα.—126. Μαγνητικὸν πεδίον.—127. Διεύθυνσις καὶ ξντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.—128. Μαγνητικὴ ροή	134 - 138
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ	
129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.—130. Μαγνητικὴ ἔργωσις.—131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.—132. Ἐντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.—133. Ναυτικὴ πυξίς	138 - 144
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ	
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ	
134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—135. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἀγωγοί.— 136. Ἡλεκτροσκόπιον.—137. Νόμος τοῦ Coulomb.—138. Μονάδες ἡλεκτρικοῦ φορτίου.—139. Διανομὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου	145 - 149

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ	Σελίς
140. Σπουδὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—142. Δυναμικόν.—143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.—144. Μονάδες δυναμικοῦ.—145. Σχέσεις μεταξὺ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	149 - 158
ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	
148. Στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον.—149. Ἐμφάνισις ἡλεκτρικῶν φορτίων.—150. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων	158 - 161
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ	
151. Παραγωγὴ ροῆς ἡλεκτρονίων.—152. Εἰδὴ γεννητριῶν.—153. Δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—154. Ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—155. Κύκλωμα	161 - 167
ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ	
156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—157. Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμῆμα ἀγωγοῦ.—158. Μονάς ἀντίστάσεως.—159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ.—160. Μεταβολὴ τῆς ἀντίστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—161. Ἀγωγὸς σταθερᾶς ἀντίστάσεως.—162. Κύτταρον σεληνίου.—163. Συνδεσμολογία ἀντίστάσεων.—164. Ροοστάται.—165. Μέτρησις ἀντίστάσεως	167 - 174
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
166. Ἐνέργεια καὶ ισχὺς 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 μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μὲν γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τμῆμα κυκλώματος.—174. Κύκλωμα μὲν συστοιχίαν γεννητριῶν	179 - 186
ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΓΣΙΣ	
175. Ἡλεκτρολύται.—176. Παραδείγματα ἡλεκτρολύσεων.—177. Νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.—178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως.—179. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—180. Συσσωρευται.—181. Ἡλεκτρικά στοιχεῖα.—182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον	186 - 196
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	
183. Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος.—184. Μαγνητικὸν πεδίον εύθυγράμμου ρεύματος.—185. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.—186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—187. Ἡλεκτρομαγνήτης.—188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.—189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.—190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρος	186 - 196

191. "Οργανα ήλεκτρικων μετρήσεων	Σελίς 196 - 209
ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	
192. Παραγωγή των έπαγωγικῶν ρευμάτων.—193. Τρόποι παραγωγῆς έπαγωγικῶν ρευμάτων.—194. Φορά τους έπαγωγικούς ρεύματος.—195. Έπαγωγική ήλεκτρεγερτική δύναμις.—196. Ρεύματα Foucault.—197. Αύτεπαγωγή	209 - 226
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
198. Ήλεκτρικαὶ μηχαναί.—199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—200. Κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα του συνεχοῦς ρεύματος.....	216 - 220
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
202. Ἐναλλακτήρες.—203. Κινητήρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—204. Ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.—205. Ἐνεργός ἔντασις καὶ ἐνεργός τάσις.—206. Τριφασικά ρεύματα.....	220 - 228
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ	
207. Μετασχηματισταί.—208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—209. Έπαγωγικὸν πηνίον	228 - 232
ΠΥΚΝΩΤΑΙ	
210. Πυκνωταί.—211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.—215. Ὁμογενὲς ήλεκτρικὸν πεδίον	232 - 238
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	
216. Ήλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—217. Δαμπτῆρες μὲν ἀραιῶν ἀέριον.—218. Καθοδικαὶ ἀκτίνες.—219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ..	238 - 244
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ	
221. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων.—222. Ἀκτῖνες Röntgen.—223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.—224. Σωλήν Braup.—225. Τρίουδος λυχνία.—226. Φωτογελεκτρικὸν φαινόμενον.—227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτογελεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—228. Ήλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	244 - 252
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ	
229. Ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.—230. Διαρχής ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.—231. Τὸ γήινον ήλεκτρικὸν πεδίον.—232. Πολικὸν σέλας	252 - 256
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ	
233. Ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. — 234. Φθίνουσαι ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. — 235. Ἀμείωτοι ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—236. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων.—237. Διέγερσις ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ	256 - 261

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.—239. Ἡλεκτρομαγνητικά κύματα.— 240. Μῆκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ἡλεκτρομαγνητική ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας	Σελὶς
--	-------

261 - 265

ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαὶ.—244. Πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—245. Δέκται ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφωνον.—247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἴδη κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία.....	266 - 274
251. Ὁμιλῶν κινηματογράφος.—252. Μαχητόφωνον.—253. Ἀναπαραγώδες ἥχου	274 - 276

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

254. Ραδιενέργα στοιχεῖα.—255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.—257. Χρόνος ὑπεδιπλασιασμοῦ.—258. Al τέσσαρες σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων	277 - 280
--	-----------

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ατομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.—260. Ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—262. Ατομικὴ μάζα καὶ μαζικὸς ἀριθμός.—263. Συμβολικὴ γραφὴ τῶν ἀτομικῶν πυρῆνων.—264. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—265. Αριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.—266. Ιστόποια στοιχεῖα.—267. Ποικιτρόνιον	280 - 287
--	-----------

ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

268. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις.—269. Διάσπασις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου.—270. Προέλευσις τῆς πυρηνικῆς ἐνέργειας.—271. Προέλευσις τῆς ἡλιακῆς ἐνέργειας.—272. Ατομικὸς ἀντιδραστήρ.—273. Ὑπερουράνια στοιχεῖα.—274. Τὰ ὑποατομικὰ σωματίδια.—275. Κοσμικαὶ ἀκτίνες.—276. Εξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.—277. Η ἀντώλη	287 - 300
--	-----------

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

'Η ἔξέλιξις τῆς διπλακῆς. 'Η ἔξέλιξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ	301 - 314
---	-----------

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1. Όρισμοί.— Καλούμεν φῶς τὸ αἴτιον, τὸ ὅποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς όράσεως. Ἐν σῶμα εἶναι ὄρατόν, ἐὰν στέλῃ φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας. Μερικὰ σώματα ἐκπέμπουν ἀφ' ἔχυτῶν φῶς καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάζονται **αὐτόφωτα** σώματα ἢ **φωτειναὶ πηγαὶ** (ὁ "Ηλιος, αἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, αἱ φλόγες κ. ἄ.).

"Ἐν μὴ αὐτόφωτον σῶμα γίνεται ὄρατόν, ὅταν προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ τὸ φῶς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ μέρος τοῦ φωτὸς τούτου ἐκπεμφθῇ ὑπὸ τοῦ σώματος πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις· τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἔτερόφωτα** σώματα (ἡ Σελήνη, οἱ πλανῆται, τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ πέριξ ἡμῶν σώματα). Τὸ φῶς, τὸ ὅποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ (φυσικαὶ καὶ τεχνηταί), εἶναι πάντοτε τῆς αὐτῆς φύσεως καὶ ἀκολουθεῖ τοὺς ἴδιους ὁ μονιμός.

Μερικὰ σώματα ἢ φήνοντα τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα (ὕαλος, ἀήρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἢ φήνοντα τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα (ξύλον, πλάξις μετάλλου κ.ἄ.). Τέλος μερικὰ σώματα ἢ φήνοντα τὸ φῶς νὰ διέρχεται, χωρὶς διαφοράς νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν τὸ σχῆμα τῶν φωτεινῶν ἀντικειμένων· τὰ σώματα αὐτὰ καλοῦνται **ήμιδιαφανῆ** (γαλαχτόχρους ὕαλος). Ἡ ἀνωτέρω διάκρισις τῶν σωμάτων εἰς διαφανῆ, ἀδιαφανῆ καὶ ήμιδιαφανῆ δὲν εἶναι ἀπόλυτος. Διέτι τὸ ὕδωρ, δταν σχηματίζῃ στρῶμα μεγάλου πάχους, εἶναι ἀδιαφανές· ἀντιθέτως, πολὺ λεπτὸν φύλλον χρυσοῦ εἶναι ήμιδιαφανές.

"Ολαι αἱ συνήθεις φωτειναὶ πηγαὶ ἔχουν αἱ στήτας διαστάσεις. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἀναγκαζόμεθα εἰς πολλὰς περιπτώσεις νὰ ὑποθέσωμεν, χάριν ἀπλότητος, ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ δὲν ἔχει διαστάσεις· τότε λέγομεν δτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι **φωτεινὸν σημεῖον**. Ἐν φωτεινὸν σημεῖον ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτῖνας πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.

2. Εύθυγραμμος διάδοσις του φωτός.— Διάφορα φαινόμενα τής καθημερινής ζωής (π.χ. ό σχηματισμός τής σκιᾶς ένός σώματος) μάς δίδουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τὸ φῶς, τὸ δόποῖον ἐκπέμπεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν διαδίδεται καὶ εὐθεῖαν γραμμήν. Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα πολλῶν διπτικῶν φαινομένων ἀπέδειξε τὸν ἀκόλουθον νόμον τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός:

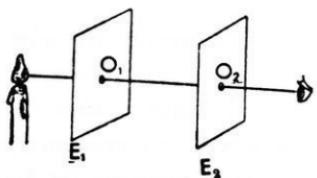
Ἐντὸς δόμογενοῦς καὶ ἴσοτρόπου μέσου τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

Ἡ εὐθυγράμμος διάδοσις τοῦ φωτός ἐπαληθεύεται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸ ἑξῆς ἀπλούστατον πείραμα (σχ. 1).

Λαμβάνομεν δύο ἀδιαφανῆ διαφράγματα E_1 καὶ E_2 , ἔκαστον

τῶν δόποίων φέρει μικρὰν κυκλικὴν δύπην.

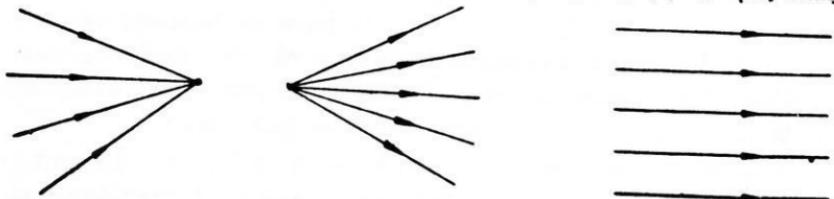
Ἐν λευκὸν νῆμα διέρχεται διὰ τῶν δύο δόπῶν O_1 καὶ O_2 . Ὁπισθεν τοῦ διαφράγματος E_1 τοποθετοῦμεν φωτεινὴν πηγὴν, δηπισθεν δὲ τοῦ διαφράγματος E_2 φέρο-



Σχ. 1. Ἀπόδειξις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.
Σχ. 1. Ἀπόδειξις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

μεν τὸν δόφθαλμόν μας. "Οταν ἐπιτύχωμεν νὰ βλέπωμεν τὴν πηγὴν διὰ μέσου τῶν δόπων O_1 καὶ O_2 , τότε τείνοιεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο δόπαι O_1 , O_2 καὶ ὁ δόφθαλμός μας εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας γραμμῆς, ἐπὶ πλέον δὲ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ νῆμα φωτίζεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος του.

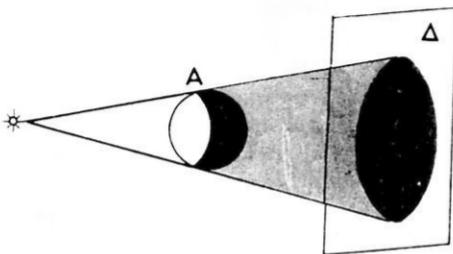
3. Φωτεινὴ ἀκτίς. Φωτειναὶ δέσμαι.— Ἡ εὐθεῖα γραμμή, κατὰ τὴν δόποιαν διαδίδεται τὸ φῶς, καλεῖται φωτεινὴ ἀκτίς. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ἐκπορεύονται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν δόμοιο μόρφως πρὸς ὅλας



Σχ. 2. Ειδη φωτεινῶν δεσμῶν (α συγκλίνουσα, β ἀποκλίνουσα, γ παράλληλος).
τὰς κατευθύνσεις. Πολλαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦν μίαν φωτεινὴν δέσμην.
Ἐάν 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 εἰναι συγχλίνουσα, ἀποκλίνουσα ἢ παράλληλος (σχ. 2). Πολλὰ διπτικὰ φαινόμενα εἰναι δυνατὸν νὰ ἔξετασθοῦν χωρὶς νὰ εἰναι ἀνάγκη νὰ γνωρίζωμεν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Εἰς τὰ φαινόμενα αὐτὰ αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες θεωροῦνται ὡς γεωμετρικαὶ ἀκτῖνες, ητοι φαίνεται ἴσχυων ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἡ τοιαύτη ἔρευνα τῶν διπτικῶν φαινομένων ἀποτελεῖ τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικήν. Ὑπάρχουν δμως καὶ διπτικὰ φαινόμενα, εἰς τὰ ὅποια ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν ἴσχυει. Ἡ ἔρευνα τῶν φαινομένων τούτων ἀποτελεῖ τὴν Φυσικὴν Ὀπτικήν.

4. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. — α) Σκιά. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἐν ἀδιαφανὲς σώμα, τότε ὅπισθεν τοῦ σώματος ὑπάρχει χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου δὲν εἰσέρχεται φῶς· ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται **σκιά**. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἰναι σημεῖον (σχ. 3), τότε ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν



Σχ. 3. Σχηματισμὸς σκιᾶς.

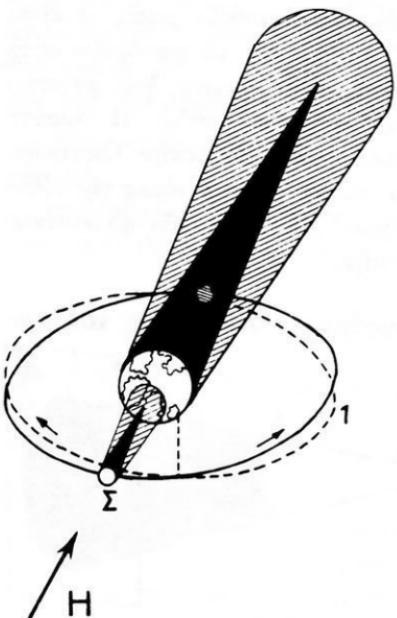
περιοχὴν γίνεται ἀποτόμως. Ἐὰν δμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις (σχ. 4), τότε ὅπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἀφ' ἐνὸς μὲν ἡ σκιά, εἰς τὴν διαστάσην δὲν εἰσέρχεται καμμία φωτεινὴ ἀκτίς, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ **παρασκιά**, ητοι μία περιοχὴ, ἐντὸς τῆς ὅποιας εἰσέρχονται φωτειναὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ



Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιᾶς καὶ παρασκιᾶς.

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

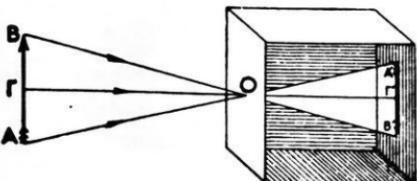
β) Ἐκλείψεις τῆς Σελήνης καὶ τοῦ Ἡλίου. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης καὶ τοῦ Ἡλίου εἰναι ἀποτέλεσμα τῆς εύθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὁποίᾳ σχηματίζεται ὅπισθεν τῆς Γῆς (σχ. 5). Ἡ Σελήνη, ὅταν εὑρίσκεται εἰς ἀντίθεσιν (πανσέληνος), δύναται ὑπὸ ὥρισμένας συνθήκας νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὴν σκιάν τῆς Γῆς, ὅποτε ἡ Σελήνη, δὲν φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλιον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ Σελήνη γίνεται ἀδρατος διὰ τοὺς κατοίκους τῆς Γῆς, τοὺς εὑρισκομένους εἰς τόπους, οἵτινες εὑρίσκονται ἐντὸς τῆς σκιᾶς τῆς Γῆς. Αἱ δὲ ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὁποίᾳ σχηματίζεται ὅπισθεν τῆς Σελήνης. "Οταν ἡ Σελήνη εὑρίσκεται εἰς σύνοδον (Νέα Σελήνη), δύναται ὑπὸ ὥρισμένας συνθήκας νὰ παρεμβληθῇ μεταξὺ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὅποτε ἡ σκιὰ τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς, οἱ εὑρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὄλικὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὁποῖοι θὰ εὑρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου.



Σχ. 5. Ἐξήγησις τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.
(1 ἐκλειπτική, 2 τροχιά Σελήνης).

παρεμβληθῇ μεταξὺ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὅποτε ἡ σκιὰ τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς, οἱ εὑρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὄλικὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὁποῖοι θὰ εὑρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου.

γ) **Σκοτεινὸς θάλαμος.** Ο **σκοτεινὸς θάλαμος** εἰναι κλειστὸν κιβώτιον, φέρον μικρὰν ὅπην Ο (σχ. 6). Ἐὰν ἔμπροσθεν τῆς ὅπης τοποθετηθῇ φωτεινὸν ἀντικείμενον ΑΒ, τότε ἐπὶ τῆς ἀπέναντι τῆς ὅπης ἐπιφανείας σχηματίζεται ἀνεστραμ-



Σχ. 6. Σκοτεινὸς θάλαμος.

μένον τὸ εἰδώλον Α'Β' τοῦ ἀντικειμένου. 'Ο σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου τούτου είναι 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 ὅποια θεωρεῖται ὡς σημεῖον, εύρισκεται 5 m ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους. Πόσον είναι τὸ μῆκος τῆς σκιᾶς, τὴν ὅποιαν ρίπτει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους κατακόρυφος ράβδος ὕψους 2 m, ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῆς ράβδου ἀπὸ τὴν κατακόρυφον, τὴν διερχομένην διὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, είναι 3 m;

2. Δύο σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας Ρ καὶ ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν κέντρων των Ο καὶ Ο' είναι δ. Ἡ μεγαλύτερα σφαῖρα Α είναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ μικροτέρα σφαῖρα Α' είναι ἀδιαφανής. Νὰ εὐρεθῇ τὸ μῆκος τοῦ σκιεροῦ κώνουν, δ ὅποιος σχηματίζεται διπισθεν τῆς σφαίρας Α'.

$$\text{Έφαρμογή : } P = 108 \text{ p} \text{ καὶ } \delta = 23\,240 \text{ p}$$

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

$$\text{Έφαρμογή : } \rho = 10 \text{ cm}, \delta = 40 \text{ cm} \text{ καὶ } \epsilon = 20 \text{ cm}$$

4. Σκοτεινὸς θάλαμος ἔχει σχῆμα κύβου ἀκμῆς 50 cm. Εἰς τὸ κέντρον τῆς μιᾶς κατακόρυφου ἔδρας του ὑπάρχει μικρὰ δηκή. Ἐπὶ τῆς ἔδρας, τῆς εὐρισκομένης ἀπέναντι τῆς δηκῆς, λαμβάνομεν τὸ εἰδώλον ἐνὸς ἀντικειμένου ἔχοντος ὕψος 300 m. Ἐάν τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου είναι 3 cm, πόση είναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν τόπον τῆς παρατηρήσεως;

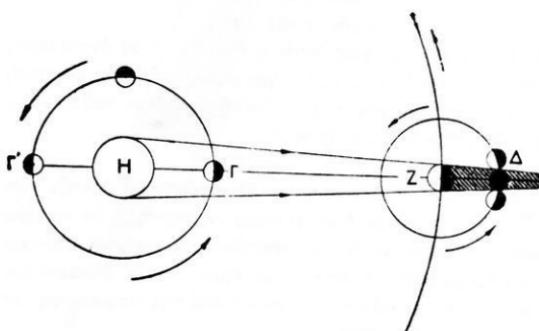
ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

5. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός.— "Οταν τὸ φῶς μεταδίδεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἀπὸ ἔνα τόπον εἰς ἄλλον, φαίνεται ὅτι μεταδίδεται ἀκαριαίως, διότι δὲν μεσολαβεῖ αἰσθητὸς χρόνος μεταξὺ τῆς στιγμῆς τῆς ἀναχωρήσεως τοῦ φωτὸς ἐκ τοῦ ἐνὸς τόπου καὶ τῆς στιγμῆς τῆς ἀφίξεώς του εἰς τὸν ἄλλον. Πρῶτος ὁ Δανὸς ἀστρονόμος Römer εὑρεν ὅτι τὸ φῶς ἐντὸς 1000 δευτερολέπτων διατρέχει τὴν διά-μέτρον τῆς τροχιᾶς τῆς Γῆς, ἥτοι διατρέχει διάστημα 300 000 000 km. Επομένως ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενὸν είναι :

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

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

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



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

περιφορᾶς τοῦ δορυφόρου τούτου περὶ τὸν Δία εἶναι 42,5 ὥραι (περίπου). Καθ' ἑκάστην περιφοράν του ὁ δορυφόρος βαθύτεραι ἐντὸς τῆς σκιᾶς τοῦ Διός (σχ. 7). "Οταν ἡ Γῆ εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ τῆς τροχιᾶς τῆς, τότε μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐκλειψεων τοῦ

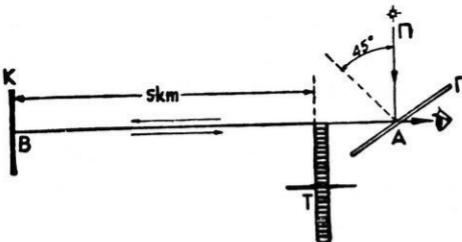
δορυφόρου Δ μεσολαβεῖ χρόνος ἵσος μὲ 42,5 ὥρας. 'Εφ' ὅσον ὅμως ἡ Γῆ κινεῖται ἐκ τῆς θέσεως Γ πρὸς τὴν ἐξ διαμέτρου ἀντίθετον θέσιν Γ', παρατηρεῖται μία διαρκῶς αὐξανομένη καθυστέρησις εἰς τὴν ἔναρξιν τῆς ἐκλείψεως. 'Η καθυστέρησις αὐτὴ λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς 1000 δευτερόλεπτα (περίπου), ὅταν ἡ Γῆ εὑρεθῇ εἰς τὴν θέσιν Γ'. 'Εφ' ὅσον ἡ Γῆ κινεῖται τώρα ἐκ τῆς θέσεως Γ' πρὸς τὴν θέσιν Γ, ἡ καθυστέρησις αὐτὴ βαίνει συνεχῶς ἐλαττουμένη, καὶ ὅταν ἡ Γῆ εὑρεθῇ πάλιν εἰς τὴν θέσιν Γ, τότε μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐκλειψεων τοῦ δορυφόρου μεσολαβεῖ χρόνος ἵσος μὲ 42,5 ὥρας. 'Η μεγίστη καθυστέρησις τῶν 1000 δευτερολέπτων ὀφείλεται εἰς τὴν ἔξης αἰτίαν: ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ', τὸ φῶς, τὸ ἐκπεμπόμενον ἀπὸ τὸν δορυφόρον Δ, διατρέχει δρόμον κατὰ μίαν διάμετρον (ΓΓ') τῆς τροχιᾶς τῆς Γῆς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸν δρόμον, τὸν ὅποιον διατρέχει, ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ. 'Επειδὴ ἡ διάμετρος τῆς τροχιᾶς τῆς Γῆς εἶναι 300 000 000 km,

έπειται ότι ή ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς 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. 'Η ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἶναι τόσον μεγάλη, ὥστε ἐντὸς ἑλαχίστου χρόνου τὸ φῶς διατρέχει πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις. 'Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἶναι δυνατὸν νὰ μετρηθῇ ὁ πολὺ μικρὸς χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου τὸ φῶς διατρέχει μίαν γνωστὴν μικρὰν ἀπόστασιν. 'Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς ἐστηρίχθη ὁ Fizeau (1849), διὰ νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς μὲ γῆινον πείραμα.

'Η ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Π (σχ. 8) προερχομένη φωτεινὴ ἀκτὶς ΠΑ προσπίπτει ἐπὶ μᾶς ὑπόλινης πλακὸς Γ, ἀνακλᾶται ἐν μέρει ἐπ' αὐτῆς καὶ κατευθύνεται πρὸς τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον κάτοπτρον Κ, ἐπὶ τοῦ ὅποιου προσπίπτει καθέτως. 'Ἐκεῖ ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται δευτέραν ἀνάκλασιν, ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α καὶ διερχομένη διὰ τῆς πλακὸς Γ φθάνει εἰς τὸν ὄφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. 'Η ἀπόστασις τῆς πλακὸς Γ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον Κ εἶναι ὀλίγα μόνον χιλιόμετρα. "Ἐμπροσθεν τῆς πλακὸς ὑπάρχει ὀδοντωτὸς τροχὸς Τ, ὁ ὅποῖος φέρει ἵσον ἀριθμὸν ὀδόντων καὶ διακένων τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ δύναται νὰ τεθῇ εἰς ὄμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν. "Ἐστω δὲ τὸ τροχὸς φέρει μὲ δόδοντας· ἅρα ἔχει καὶ μὲ διάκενα. 'Εὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίνῃ συνεχῶς αὐξανομένη, ἔρχεται στιγμὴ, κατὰ τὴν ὅποιαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει τὸ ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιστρέφον φῶς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι, καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς διέτρεξε τὸ διάστημα ΑΒ + BA = 2·AB, εἰς ὃ δύον τοῦ τροχοῦ μετεκινήθη καὶ κατέλαβε τὴν θέσιν τοῦ προηγουμένου διακένου (διὰ τοῦ ὅποιου διῆλθε τὸ φῶς βαῖνον πρὸς τὸ κάτοπτρον Κ). 'Εὰν κατὰ τὴν στιγμὴν ἔκεινην ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ εἶναι v , τότε τὸ φῶς, διὰ νὰ διατρέξῃ τὸ διάστημα 2s, χρειάζεται χρόνον : $t = \frac{1}{2v \cdot \mu}$



Σχ. 8. Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς κατὰ τὴν μέθοδον τοῦ Fizeau.

Έπομένως ή ταχύτης τοῦ φωτὸς εἶναι :

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

Μὲ τὴν ἀνωτέρω μέθοδον δ Fizeau εὑρεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸν ἀέρα εἶναι : 300 000 km/sec.

γ) Νεώτεραι μετρήσεις τῆς ταχύτητος τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός.

Ο Foucault (1854), τελειοποιήσας τὴν μέθοδον τοῦ Fizeau, κατώρθωσε νὰ μετρήσῃ ἐντὸς τοῦ ἔργαστηρίου τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς διὰ μέσου διαφόρων διαφανῶν σωμάτων (ἀέρος, ὕδατος, ὑάλου κ.ἄ.). Οὕτως εὗρεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι ἵση μὲ τὰ 3/4 τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸν ἀέρα. Αἱ νεώτεραι μετρήσεις ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς τὸ κενὸν καὶ κατὰ μεγάλην προσέγγισιν εἰς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἶναι ἡ αὐτὴ διὰ τὰ ἀφορά χρώματα. Ἀπὸ τὰς διαφόρους λοιπὸν μετρήσεις εὑρέθη ὅτι :

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

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

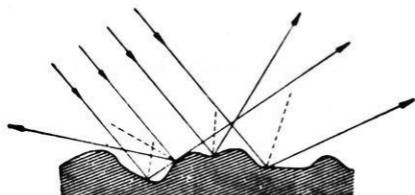
III. Εἰς τὰ διαφανῆ ύλικά μέσα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν.

Τὸ φῶς, διὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τὸν "Ηλιον εἰς τὴν Γῆν, χρειαζεται 8,5 πιπ. Ό πλησιέστερος πρὸς τὴν Γῆν ἀπλανῆς εἶναι διαδόσεως τοῦ Κενταύρου, καὶ ἀπέχει ἀπὸ τὴν Γῆν 4,3 ἔτη φωτός διαδόσεως τοῦ Γαλαξίου ἀπέχει 8,6 ἔτη φωτός, οἱ ἀστέρες τοῦ Γαλαξίου ἀπέχουν 3 000 — 10 000 ἔτη φωτός, οἱ δὲ ἔξω τοῦ Γαλαξίου εὑρισκόμενοι νεφελοειδεῖς ἀπέχουν ἀπὸ ἡμᾶς ἔκατομμάρια ἔτῶν φωτός.

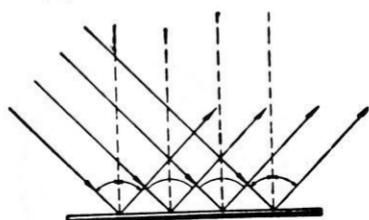
Σημεῖωσις. Αἱ ἀνωτέρω δοθεῖσαι τιμαὶ 1000 δευτερόλεπτα καὶ 42,5 ὥραι (ἀκριβής τιμὴ 42 h 8 min 32 sec) εἶναι τιμαὶ κατὰ προσέγγισιν, χάριν ἀπλότητος κατὰ τὸν ὑπολογισμόν. Οὕτω καὶ ἡ εὐρεθεῖσα τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς $c = 300\,000$ km/sec εἶναι κατὰ προσέγγισιν. Η ἀκριβής τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς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

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

7. Διάχυσις καὶ ἀνάκλασις.—Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὅπῆς ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου μία λεπτὴ δέσμη ἥλιακοῦ φωτός. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν τεμάχιον λευκοῦ χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου καὶ ἀν σταθῶ- μεν, διακρίνομεν τὸν λευκὸν χάρτην. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ χάρτης διασκορπίζει πρὸς ὅλας τὰς διεύθυνσεις τὸ φῶς, τὸ ὄποιον προσπίπτει ἐπ’ αὐτοῦ (σχ. 9). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις** τοῦ φωτός. "Ενεκα τῆς διάχυσεως γίνονται ὄρατὰ ὅλα τὰ πέριξ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἥλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφα- νείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας προ- καλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἥλιακοῦ φωτός παρεμβάλλωμεν μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν



Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμάλου ἐπιφανείας.



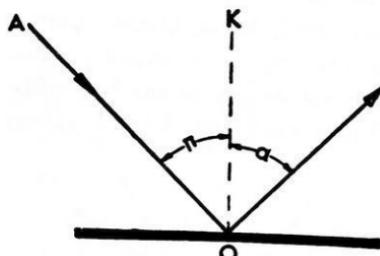
Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας.

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

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

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

μορφῆς, τὴν ὅποιαν ἔχει ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια, διαχρίνομεν διάφορα εἰδή κατόπτρων: ἐπί πεδα, σφαιρικά, κυλινδρικά, πα-



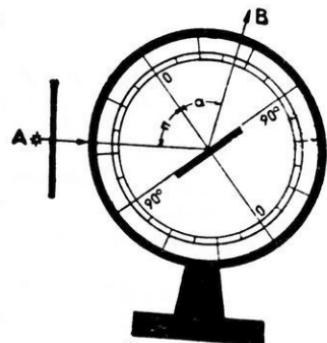
Σχ. 11. Όρισμός τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.

ραβολικὰ κάτοπτρα. Ἡ ἀκτὶς AO καλεῖται προσπίπτουσα ἀκτὶς, ἡ δὲ ἀκτὶς OB καλεῖται ἀνακλωμένη ἀκτὶς (σχ. 11). Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως ο φέρωμεν τὴν KO κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, τότε σχηματίζονται ἡ γωνία προσπτώσεως AOK = π

καὶ ἡ γωνία ἀνακλάσεως

$BOK = \alpha$. Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὅποιον δρίζουν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς AO καὶ ἡ κάθετος KO, καλεῖται ἐπίπεδον προσπτώσεως.

9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.—Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ ὠρισμένους νόμους, τοὺς ὅποιους δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν κατὰ προσέγγισιν μὲ τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 12. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ κατακόρυφον γωνιομετρικὸν κύκλον, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὅποιου εἰναι στερεωμένον μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον. Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς διαβιβάζεται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου λεπτὴ φωτεινὴ δέσμη. Ἡ ἀνακλωμένη λεπτὴ δέσμη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας μόνον, δταν ὁ ὀφθαλμός μας εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου, ἐπὶ τοῦ ὅποιου εὐρίσκεται καὶ ἡ προσπίπτουσα δέσμη. "Ωστε ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου. Ἐὰν μεταβάλλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως π , εὐρίσκομεν δτι ἡ γωνία ἀνακλάσεως α εἰναι πάντοτε ἵση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Αἱ μετρήσεις ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς ἀπέδειξαν τοὺς ἔξης νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός:



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

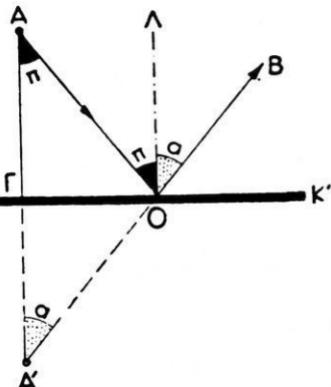
I. 'Η προσπίπτουσα και ή άνακλωμένη άκτις εύρισκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

II. 'Η γωνία άνακλάσεως εἶναι ἵση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

'Εφαρμογὴν τῶν νόμων τῆς άνακλάσεως ἔχομεν εἰς τὰ διάφορα κάτοπτρα.

A'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

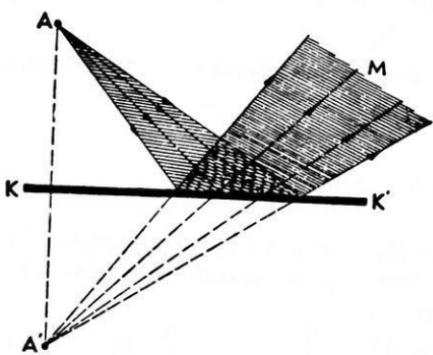
10. Ἐπίπεδον κάτοπτρον.—Μία φωτεινὴ ἀκτίς, προερχομένη ἀπὸ φωτεινὸν σημεῖον A (σχ. 13), δίδει τὴν άνακλωμένην ἀκτῖνα O 'Η προέκτασις τῆς ἀκτῖνος OB τέμνει τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου AG εἰς τὸ σημεῖον A'. Εὐκόλως συνάγεται ὅτι τὰ δρθογώνια τρίγωνα AGO καὶ A'GO εἶναι ἴσα καὶ ἐπομένως εἶναι $AG = A'G$. Εἰς τὸ συμπέρασμα τοῦτο καταλήγομεν δι' οἰανδήποτε ἀκτῖνα K προερχομένην ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου A. Οὔτως αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναγκώροῦσαι ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου A, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον A' (σχ. 14). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κορυφὴ τῆς κωνικῆς δέσμης, ἡ ὅποια προκύπτει μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς προσπιπτούσης δέσμης. Τὸ σημεῖον A' καλεῖται εἴδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου A καὶ ἐπειδὴ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς φανταστικὰς προεκτάσεις τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων καλεῖται φανταστικὸν εἴδωλον. 'Ο σχηματισμὸς τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου A'B' ἐνὸς ἀντικειμένου AB φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15. 'Εκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :



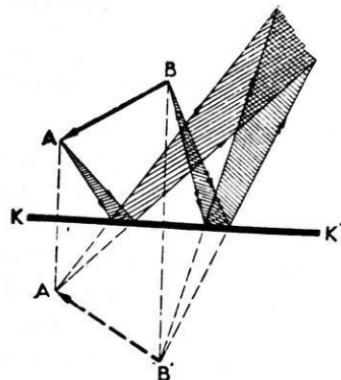
Σχ. 13. 'Ανάκλασις τοῦ φωτὸς ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου.

Τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον σχηματίζει εἴδωλον φανταστικόν, τὸ ὅποιον εἶναι δρθόν, ἵσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ συμμετρικὸν τούτου ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

Τὸ εἰδώλον καὶ τὸ ἀντικείμενον εἶναι συμμετρικὰ ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον, ἀλλὰ δὲν εἶναι ἐφαρμόσιμα· ἦτοι τὸ εἰ-



Σχ. 14. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου.



Σχ. 15. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου.

δῶλον εύρισκεται εἰς τοιαύτην σχέσιν πρὸς τὸ ἀντικείμενον, εἰς δόποιαν εύρισκεται ἡ δεξιὰ χεὶρ πρὸς τὴν ἀριστεράν.

11. Περιστροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου.— "Ἄς θεωρήσωμεν ὅτι τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον KK' (σχ. 16) στρέφεται κατὰ γωνίαν φ περὶ προσπτώσεως. Ο μᾶς φωτεινῆς ἀκτῖνος AO , ἡ δόποια διατηρεῖται σταπέδον προσπτώσεως KOL . "Ο ἄξων περιστροφῆς τοῦ κατόπτρου εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως KOL . "Οταν τὸ κάτοπτρον στραφῇ κατὰ γωνίαν φ , ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς στρέφεται κατὰ γωνίαν :

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

"Ἐπειδὴ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἵση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως ἔχομεν :

$$\widehat{AOB} = 2 \cdot \widehat{AOL} = 2\pi,$$

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

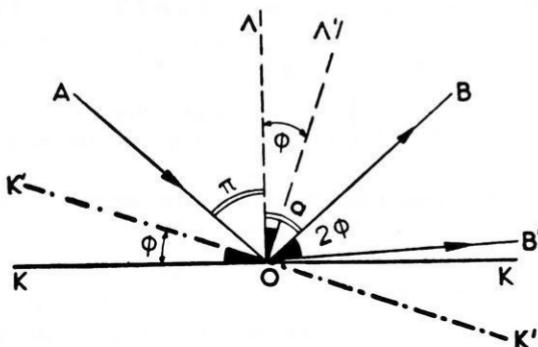
Οὕτως εύρισκομεν ὅτι εἶναι :

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

$$\boxed{\widehat{BOB'} = 2\varphi}$$

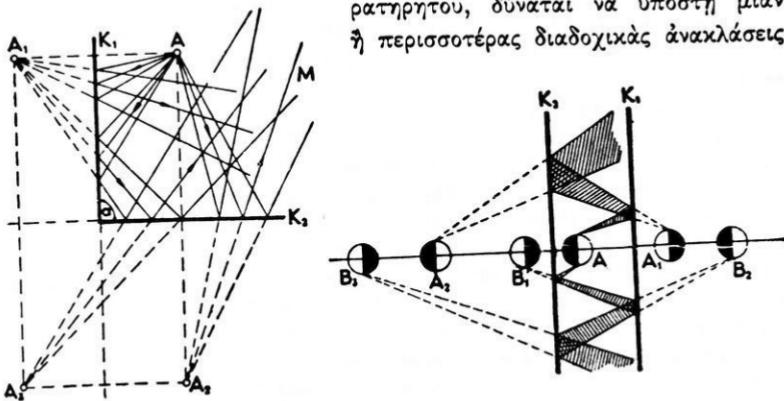
Όταν έπιπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατά γωνίαν φ περὶ ἄξονα, κάθετον πρὸς τὸ έπιπεδον προσπτώσεως σταθερᾶς ἀκτίνος, τότε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς στρέφεται κατά διπλασίαν γωνίαν 2ϕ περὶ τὸν αὐτὸν ἄξονα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν.

Ἡ ἀνατέρω ἵδιότης τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν μικρῶν γωνιῶν.



Σχ. 16. Στροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου.

12. Ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—Ἐὰν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν, τότε ἡ ἔξι ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου προερχομένη δέσμη, πρὸς φθάσην εἰς τὸν ὁρθαλμὸν τοῦ παραπτηρητοῦ, δύναται νὰ ὑποστῇ μίλιαν ἢ περισσοτέρας διαδοχικὰς ἀνακλάσεις



Σχ. 17. Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.

Σχ. 18. Παράλληλα κάτοπτρα.

ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων (σχ. 17). Οὕτω σχηματίζονται πολλαπλᾶ εἴδωλα καὶ μάλιστα τέσσον περισσότερα, δσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία α

τὴν ὅποιαν σχηματίζουν τὰ κάτοπτρα. Ἐὰν ἡ γωνία α εἶναι ἵση μὲ μηδέν, τὰ κάτοπτρα εἶναι π α ρ ἀ λ λ η λ α. Τότε σχηματίζονται δύο σειραὶ εἰδώλων ὅπισθεν ἔκαστου κατόπτρου καὶ βλέπομεν ἐναλλάξ τὴν ἐμπροσθίαν καὶ τὴν ὅπισθίαν δύιν τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὸ σχῆμα 18 δεικνύεται ὁ τρόπος τοῦ σχηματισμοῦ τῶν εἰδώλων μιᾶς σφαίρας A, ἡ ὅποια κατὰ τὸ ἥμισυ εἶναι λευκὴ καὶ κατὰ τὸ ἥμισυ μαύρη.

13. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός.—Ἐὰν προσπίπτουσα ἀκτὶς εἶναι ἡ ἀκτὶς BO (σγ. 11), τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς ἀνακλάσεως πρέπει ἡ ἀκτὶς OA νὰ εἶναι ἀνακλωμένη ἀκτὶς. Τοῦτο ἐπαληθεύεται καὶ πειραματικῶς. Εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Ὁπτικὴν ἴσχυει γενικῶς ἡ ἀκόλουθος ἀρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός:

“Οταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ὠρισμένον δρόμον, πάντοτε δύναται νὰ διατρέξῃ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς δρόμον, ἐὰν διαδοθῇ κατ’ ἀντίθετον φοράν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

5. Παρατηρητής βλέπει τὸν ὀφθαλμὸν του AB μήκους 3 cm ἐντὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὅπιον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν. Ποὺ βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦ ὀφθαλμοῦ του; Ὑπὸ ποίαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦτο;

6. Εἰς πύργος καὶ εἰς παρατηρητής εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὅριζοντίου ἐπιπέδου, ἡ δὲ μεταξὺ των ἀπόστασις εἶναι 42 m. Ο ὀφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ εύρισκεται εἰς ὑψος 1,60 m ἀνωθεν τοῦ ἔδαφους καὶ βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦ πύργου ἐντὸς μικροῦ ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὅπιον ἀπέχει 2 m ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν καὶ εύρισκεται ἐπὶ τοῦ ἔδαφους. Πόσον εἶναι τὸ ὑψος τοῦ πύργου;

7. Παρατηρητής ἔχει ὑψος 1,70 m, ἡ δὲ ἀπόστασις τῶν ὀφθαλμῶν του ἀπὸ τὸ ἔδαφος εἶναι 1,60 m. Νὰ εὐρεθῇ πόσον ὑψος πρέπει νὰ ἔχῃ κατακόρυφον κάτοπτρον καὶ εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δάπεδον πρέπει νὰ στερεωθῇ, ὡστε ὁ παρατηρητής νὰ βλέπῃ τὸ εἶδωλόν του.

8. Ἐπίπεδον κάτοπτρον ὑψους 10 cm εἶναι κατακόρυφον. Ἐμπροσθεν αὐτοῦ καὶ εἰς δριζοντίαν ἀπόστασιν 20 cm εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὅποιος βλέπει ἐντὸς κατόπτρου κατακόρυφον τοίχον εὐρισκόμενον ὅπισθεν αὐτοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν 2 m. Νὰ εὐρεθῇ τὸ ὑψος τοῦ τοίχου, τὸ ὅπιον βλέπει ὁ παρατηρητής ἐντὸς τοῦ κατόπτρου.

9. Τετράγωνος αἴθουσα ἔχει πλευρὰν 5 m καὶ ὑψος 3,50 m. Ἀπὸ τὸ μέσον τῆς δροφῆς ἔξαρτάται ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ οὔτως, ὡστε νὰ ἀπέχῃ 50 cm ἀπὸ τὴν

δροφήν. Εις τὸ μέσον ἐνὸς τῶν τοίχων εύρισκεται κατακόρυφον ἐπίπεδον κατόπτρον, τὸ διποίον ἔχει σχῆμα τετραγώνου καὶ πλευρὰν 50 cm. Πόσῃ ἐπιφάνεια τοῦ δαπέδου φωτίζεται ἐξ ἀνακλάσεως;

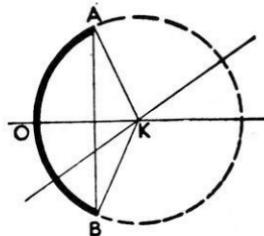
10. Ἡ κεντρικὴ ἀκτίς μᾶς συγκλινούστης φωτεινῆς δέσμης εἶναι δριζοντιά. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 cm πρὸ τῆς ἑστίας τῆς παρεμβάλλεται ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ διποίον σχηματίζει γωνίαν 45° μὲ τὴν κεντρικὴν ἀκτίναν τῆς δέσμης. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τῆς νέας ἑστίας τῆς δέσμης.

11. Δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν 45°. Μεταξὺ αὐτῶν ὑπάρχει φωτεινὸν σῆμεῖον Σ. Νὰ εὐρεθῇ διὰ κατασκευῆς τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων δ. ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων.

B'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὁρισμοί.— Εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρικὴ ἡ. Διακρίνομεν δύο εἰδη σφαιρικῶν κατόπτρων: τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ διποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοῖλη καὶ τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ διποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή. Τὸ μέσον οὗ κατόπτρου (σχ. 19) καλεῖται κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ κέντρον Κ τῆς σφαίρας, εἰς τὴν διποίαν 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 ἅλλη εὐθεῖα, διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, καλεῖται δευτερεύων ἄξων. Διὰ νὰ σχηματισθῇ εὐκρινὲς εἰδώλον ἐνὸς ἀντικειμένου, πρέπει νὰ πληροῦνται αἱ ἔξης συνθῆκαι. α) Τὸ κάτοπτρον πρέπει νὰ ἔχῃ μικρὸν ἀνοιγματικὸν πρόστιχον πρὸ τῆς διποίαν φαίνεται ἐξ τοῦ κέντρου Κ ἡ χορδὴ ΑΒ τοῦ κατόπτρου. β) Τὸ ἀντικείμενον πρέπει νὰ εἴναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ πληγσίον αὐτοῦ.

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



Σχ. 19. Σφαιρικὸν κάτοπτρον.

I. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

15. Εἰδωλον φωτεινοῦ σημείου.—Ἐν φωτεινὸν σημεῖον A εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἀξονος κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου (σχ. 20). Πᾶσα φωτεινὴ ἀκτὶς προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου A ἀνακλᾶται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου σχηματίζουσα ἵσας γωνίας ($\alpha = \alpha'$) μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, δηλαδὴ μὲ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. Οὕτως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς τέμνει τὸν κύριον ἀξονα τοῦ σημείου A' . Εἰς τὸ τρίγωνον $AA'D$ ἡ ΔK εἶναι διχοτόμος τῆς γωνίας Δ καὶ ἐπομένως ἔχομεν τὴν σχέσιν :

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

Ἐπειδὴ τὸ ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρόν, τὸ σημεῖον D εὐρίσκεται πλησίον τῆς κορυφῆς O . Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ λάβωμεν κατὰ προσέγγισιν $A\Delta = AO = \pi$ καὶ $A'\Delta = A'O = \pi'$. Τότε ἡ σχέσις (1) γράφεται :

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

Ἄπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν εύρισκομεν :

$$\pi\pi' - \pi'R = \pi R - \pi\pi' \quad \text{ἢ} \quad \pi'R + \pi R = 2\pi\pi'$$

Διαιροῦντες καὶ τὰ δύο μέλη τῆς ἔξισώσεως διὰ $\pi\pi' R$ εύρισκομεν :

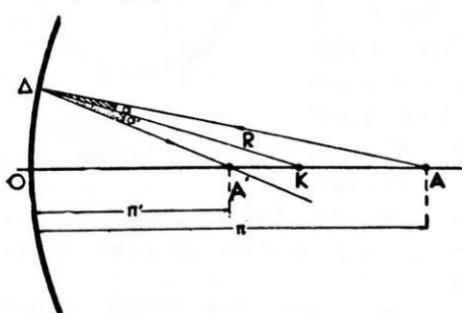
$$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{2}{R} \quad (2)$$

Ἡ εὔρεθενσα ἔξισωσις δεικνύει δτι ἡ ἀπόστασις π' τοῦ σημείου A' ἀπὸ τὴν κορυφὴν O ἔξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν π τοῦ φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου. Ἐπομένως

ὄλαι αἱ ἐκ τοῦ σημείου A ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, ἐφ' ὅσον προσπίπτουν πλησίον τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, διέρχονται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των διὰ τοῦ σημείου A' . Τὸ σημεῖον A' εἶναι τὸ πραγματικὸν εἰδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου A .

Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου.

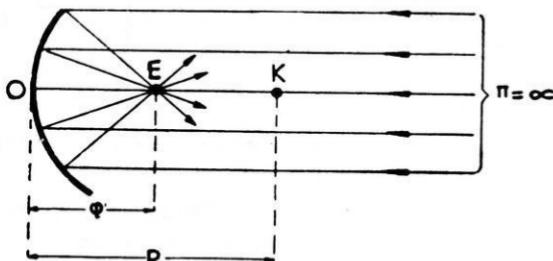
Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὴν θέσιν A' ,



τότε, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός, τὸ εἰδωλόν του σχηματίζεται εἰς τὴν θέσιν A. "Ωστε τὰ σημεῖα A καὶ A' εἶναι συζυγῆ σημεῖα.

Εἶναι φανερὸν δτι, ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον A τεθῇ εἰς τὸ κέντρον καὶ μπούλο τητοὺς τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ εἰδωλόν A' θὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν ίδιαν θέσιν· δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἰδωλόν του συμπίπτονται.

16. Κυρία ἑστία.— "Ας ὑποθέσωμεν δτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον A μετακινούμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἀξονος συνεχῶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κατόπτρον, ὥστε τελικῶς αἱ ἐκ τοῦ σημείου A προερχόμεναι ἀκτῖνες νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλήντια πρὸς τὸν κύριον ἀξονα. Τότε δλαι αἱ ἀνάκλωμεναι ἀκτῖνες διέρχονται



Σχ. 21. Κυρία ἑστία κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

διὰ τοῦ σημείου E τοῦ κυρίου ἀξονος (σχ. 21). Τὸ σημεῖον E καλεῖται **κυρία ἑστία** τοῦ κατόπτρου. "Η ἀπόστασις τῆς κυρίας ἑστίας E ἀπὸ τὴν κορυφὴν O καλεῖται **ἑστιακὴ ἀπόστασις** (φ) τοῦ κατόπτρου.

"Εὰν εἰς τὴν ἔξισωσιν $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{2}{R}$ θέσωμεν $\pi = \infty$ καὶ $\pi' = \varphi$,

εύρισκομεν : $\frac{1}{\varphi} = \frac{2}{R}$. "Αρα :

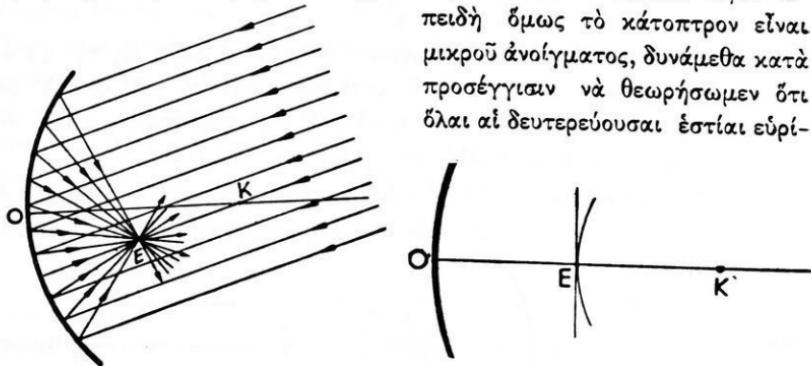
"Η ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ισοῦται μὲ τὸ ἡμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

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

17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.— "Εὰν θεωρήσωμεν μίαν δέσμην ἀκτίνων παραλήλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἀξονα, τότε δλαι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των, διέρχονται δι' ἐνὸς σημείου E' τοῦ δευτερεύοντος ἀξονος τὸ σημεῖον E' εύρισκεται εἰς ἀπόστασιν $\varphi = R/2$ ἀπὸ τὸ κατόπτρον καὶ καλεῖται **δευτερεύουσα ἑστία** (σχ. 22).

Όλαι αἱ δευτερεύουσαι ἔστιαι τοῦ κατόπτρου εύρισκονται ἐπὶ μᾶς σφαιρικῆς ἐπιφανείας, ή ὅποια ἔχει κέντρον τὸ Κ καὶ ἀκτῖνα $R/2$. Ἐ-

πειδὴ δικαὶος τὸ κατόπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος, δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν διτὶ δλαι αἱ δευτερεύουσαι ἔστιαι εύρι-

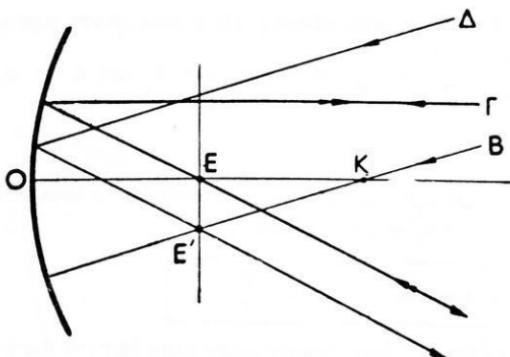


Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἔστια τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

Σχ. 23. Ἔστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου.

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

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



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

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

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

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

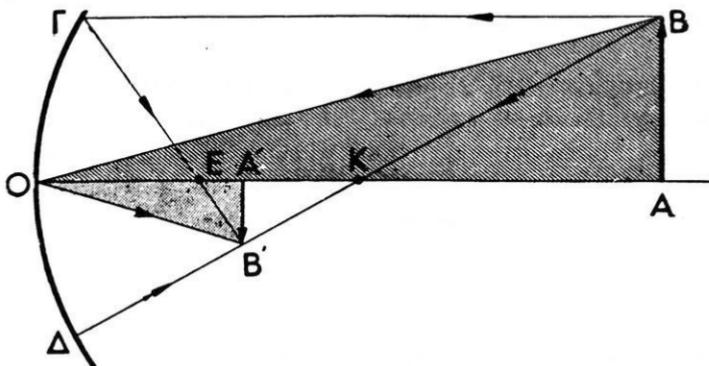
III. "Όταν ή προσπίπτουσα άκτις διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, ή ἀνακλωμένη άκτις εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

IV. "Όταν μία άκτις προσπίπτῃ παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ή ἀνακλωμένη άκτις διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστοίχου δευτερευούσης ἐστίας, ή δόποια εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου.

V. "Όταν φωτεινὸν σημεῖον εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ εἰδώλον του σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος· αἱ ἀποστάσεις τοῦ φωτεινοῦ σημείου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν:

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

19. Εἰδώλον ἀντικειμένου.—"Ἄς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καὶ θετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 25). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὠρισμένων ἀνακλωμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἰδώλον $A'B'$, τὸ ὅποῖον εἶναι ἐπίσης



Σχ. 25. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

καὶ θετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτῖνες BG καὶ BD δίδουν τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας $B'G'$ καὶ $B'D'$, αἱ δόποιαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον B' : τοῦτο εἶναι τὸ εἴδωλον τοῦ σημείου B . Τὰ εἰδώλα δὲ τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας $A'B'$, ή δόποια

είναι κάθετος πρὸς τὸν κύριον δῖζονα. Τὸ εἰδῶλον $A'B'$ είναι ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν· συνεπῶς δυνάμεθα νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ δύοια τρίγωνα AOB καὶ $A'OB'$ εύρισκομεν :

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

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

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

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

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

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

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

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

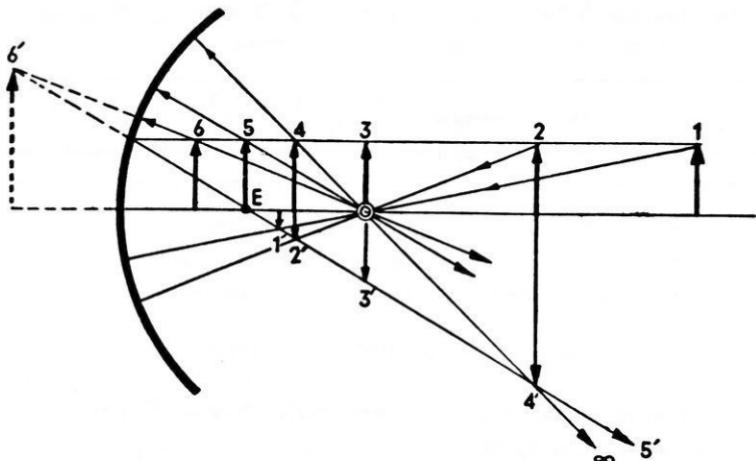
1. Τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($\pi = \infty$). Τότε είναι $\pi' = \varphi$, δηλαδὴ τὸ εἰδῶλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, είναι πραγματικόν, ἀλλ’ είναι σημείον.

2. Τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος ($\pi > 2\varphi$). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς (σχ. 26) εύρισκεται ὅτι τὸ εἰδῶλον σχηματίζεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος ($\varphi < \pi' < 2\varphi$), είναι δὲ πραγματικὸν, ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

3. Τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος ($\pi = 2\varphi$). Τότε εἶναι $\pi' = 2\varphi$, δηλαδὴ καὶ τὸ εἴδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος, εἶναι δὲ πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ ἵσον μὲ τὸ ἀντικείμενον.

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

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



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

τὸ εἴδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον, δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δὲν ὑπάρχει εἰδωλον.

6. Τέλος τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου ($\pi < \varphi$). Τότε εἶναι $\frac{\varphi}{\pi} > 1$ καὶ ἀπὸ τὸν τύπον (1) συνάγεται δτὶ τὸ π' ἔχει ἀρνητικὴν τιμὴν ($\pi' < 0$). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς εὑρίσκεται δτὶ τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι φανταστικόν, δρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

21. Άνακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοῖλα κάτοπτρα.— 'Εκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα γενικὰ συμπεράσματα διὰ τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα:

I. "Όταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας, καὶ τὸ εἰδώλον σχηματίζεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας, είναι δὲ πάντοτε πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον.

II. "Όταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου, τὸ εἰδώλον σχηματίζεται διπλασθεν αὐτοῦ, είναι δὲ πάντοτε φανταστικόν, ὅρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

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

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

ὑπὸ τὸν ὄρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἔξης σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα:

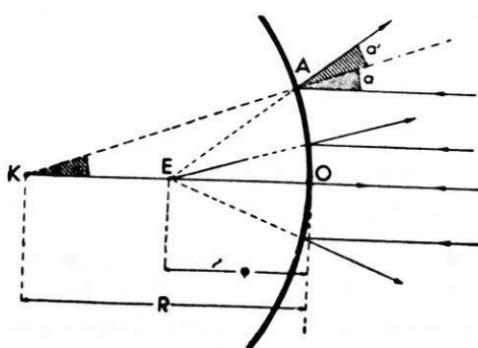
π θετικόν: ἀντικείμενον πραγματικὸν

π' θετικόν: εἴδωλον πραγματικὸν

π' ἀρνητικόν: εἴδωλον φανταστικόν.

II. ΚΥΡΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

22. Κυρία ἐστία καὶ ἐστιακὸν ἐπίπεδον.— 'Επὶ τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων



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

$$EK = EO = \frac{R}{2}. \quad \text{"Ολαι λοι-$$

πὸν αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ

Σχ. 27. 'Η κυρία ἐστία τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι φανταστική.

τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν Ε, ἡ ὅποια εύρισκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. "Ωστε :

"Η ἐστιακή ἀπόστασις τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἰσοῦται μὲ τὸ ἡμισυ τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

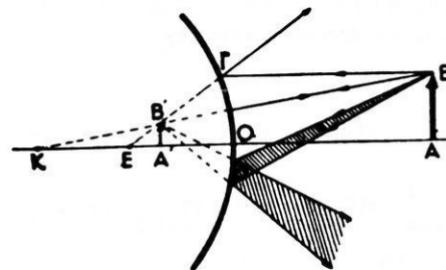
$$\boxed{\text{ἐστιακὴ ἀπόστασις : } \varphi = \frac{R}{2}}$$

"Οπως εἰς τὸ κοῖλον κάτοπτρον, οὗτω καὶ εἰς τὸ κυρτὸν κάτοπτρον ὅλαις αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαι θεωροῦνται εὑρισκόμεναι ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου, τὸ ὅποιον εἶναι κάθετον

πρὸς τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε (σχ. 28). εἶναι προφανὲς ὅτι τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον εἶναι φανταστικόν. "Αρα :

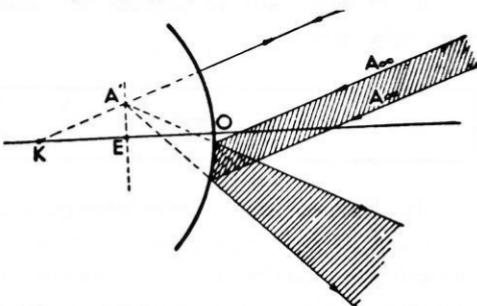
Εἰς τὸ κυρτὸν κάτοπτρον ἡ κυρία ἐστία καὶ τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον εἶναι φανταστικά.

23. Εἰδώλον ἀντικειμένου.— "Ἄς θεωρήσωμεν φωτεινὴν εὐθεῖαν AB κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου (σχ. 29).



Σχ. 29. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

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



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

Αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὅποιαι προσπίπτουν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κυρίου ἄξονος ἡ οἰσοδήποτε δευτερεύοντος ἄξονος, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. "Ἐργαζόμενοι λοιπόν, ὅπως καὶ εἰς τὰ κοῖλα κάτοπτρα, κατασκευάζομεν τὸ εἰδώλον A'B'. Τὸ εἰδώλον τοῦτο σχηματίζεται διπλῶς

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

II. Ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου προσδιορίζονται ἀπὸ τοὺς ἔξης 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' χαλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον (κοῖλον ἢ κυρτόν), Ε καὶ Α χαλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς γραμμικὰς διαστάσεις τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου, τὸ δόποῖον θεωροῦμεν χάθετον πρὸς τὸν κύριον ἀξονα, τότε εἰς ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ἴσχουν οἱ ἀκόλουθοι γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων :

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

ὅπο τὸν δρὸν δτι θὰ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικοὺς τοὺς δροὺς, οἱ δποῖοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά. Οὕτω διὰ πραγματικὸν ἀντικείμενον ἔχομεν τὰς ἔξης περιπτώσεις :

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

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

Π αρ α δείγματα. 1) Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτῖνα χαμπυλότητας $R = 60$ cm. Καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἀξονα τοποθετεῖται εὐθεῖα AB μήκους

5 cm, εις άπόστασιν 40 cm άπό τὸ κάτοπτρον. Νὰ εύρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου εἶναι :

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

Ἄπὸ τὴν ἔξισωσιν : $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$

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

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου AB εὑρίσκεται 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 εἰδώλον 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 cm. Καθέτως πρὸς τὸν κύριον δξονα τοποθετεῖται φωτεινὴ εὐθεῖα AB μήκους 10 cm, εις ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Νὰ εύρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

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

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

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

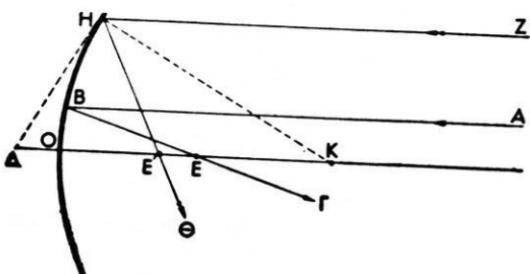
$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{\pi'}{\pi} \quad \text{ἄρα : } A'B' = 10 \text{ cm} \cdot \frac{5,7 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 2,85 \text{ cm}$$

Τὸ εἰδώλον A'B' εἶναι φανταστικόν, δρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον AB.

25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.— Τὰ ἀνωτέρω εὑρεθέντα συμπεράγματα ἴσχουν, ἐὰν πραγματοποιοῦνται οἱ ἔξῆς ὅροι : α) τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ β) αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μὲ τὸν κύριον δξονα τοῦ κατόπτρου. "Οταν εἰς ἑκ τῶν δύο τούτων δρων δὲν πραγματοποιῆται, τότε αἱ ἔξ ηνὸς σημείου τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρώ-

νονται εις έν σημεῖον καὶ ἔνεκα τούτου τὸ σχηματιζόμενον εἴδωλον δὲν εἰναι καθαρόν.

α) Σφαιρική ἐκτροπή. Εἰς έν κάτοπτρον μεγάλου ἀνοίγματος (σχ. 30) ἡ πλησίον τῆς περιφερείας τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν χύριον ἄξονα ἀκτὶς ΖΗ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ΗΘ· αὕτη τέμνει τὸν χύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε', τὸ δόποιον εἰναι τὸ μέσον τῆς ΚΔ. "Οσον περισσότερον ἀπομακρύνεται τὸ σημεῖον προσπτώσεως Η ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο τοῦ κατόπτρου, τόσον περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὴν κορυφὴν τὸ σημεῖον Ε', δηλα-

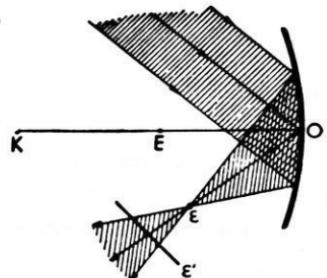


Σχ. 30. Σφαιρική ἐκτροπή.

δὴ ἡ τομὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος καὶ τοῦ χυρίου ἄξονος. Οὗτω διὰ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν μακρὰν τῆς κορυφῆς, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἰναι γενικῶς μικροτέρα τοῦ ἡμίσεος τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος

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

β) Αστιγματική ἐκτροπή. Ἐπὶ ἑνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀδιαφόρως δὲν τοῦτο εἰναι μικροῦ ἢ μεγάλου ἀνοίγματος, προσπίπτει φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων σχηματίζουσα μεγάλην γωνίαν μὲ τὸν χύριον ἄξονα (σχ. 31). Αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες δὲν σχηματίζουν κῶνικήν δέσμην, ἀλλὰ διέρχονται διὰ δύο μικρῶν εὐθειῶν, αἱ ὁποῖαι εἰναι κάθετοι μεταξύ τῶν καὶ δὲν εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου· αἱ δύο αὐταὶ μικραὶ εὐθεῖαι καλοῦνται ἐστιακαὶ γραμμαί. Εἰς τὸ σχῆμα 31 ἡ μὲν ἐστιακὴ γραμμὴ εἰναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, ἡ δὲ ἐστιακὴ γραμμὴ ε' εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπι-



Σχ. 31. Αστιγματική ἐκτροπή.

πέδου τοῦ σχήματος. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων καλεῖται **ἀστιγματικὴ ἔκτροπη**.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

12. Ἐπὶ τοῦ κυρίου δξονος κοίλου κατόπτρου καὶ εἰς ἀπόστασιν δεκαπλασίαν τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως φ εύρισκεται φωτεινὸν σημεῖον. Πόσον ἀπέχει τὸ εἶδωλον ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν;

13. Κοίλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτίνα καμπυλότητος 40 cm. Ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ ἀντικείμενον AB, διὰ νὰ λάβωμεν εἶδωλον πραγματικὸν τρεῖς φοράς μεγαλύτερον ἢ τέσσαρας φοράς μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου;

14. Κοίλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν φ. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον πρέπει νὰ τεθῇ ἀντικείμενον, διὰ νὰ λάβωμεν εἶδωλον φανταστικὸν διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου ἢ εἶδωλον πραγματικὸν διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου;

15. Κοίλον σφαιρικὸν κάτοπτρον δίδει δρθὸν εἶδωλον 5 φοράς μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἶδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον είναι 80 cm. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου.

16. Παρατηρητής βλέπει τὸν δρθαλμὸν του AB μήκους 3 cm ἐντὸς κοίλου κατόπτρου, τὸ δποῖον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν δρθαλμόν· ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου είναι 12 cm. Ὑπὸ ποίαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦτο; Νὰ συγκριθῇ ἡ φαινομένη αὐτὴ διάμετρος τοῦ εἶδώλου πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον τοῦ εἶδώλου, τὸ δποῖον θὰ ἐσχηματίζετο υπὸ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου εύρισκομένου εἰς τὴν ίδιαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν δρθαλμόν.

17. Ἡ ἀντικείμενον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ ἓνα τοίχον. Νὰ εύρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν κοίλον κάτοπτρον, ἑστιακῆς ἀποστάσεως φ = 20 cm, διὰ νὰ λάβωμεν ἐπὶ τοῦ τοίχου εύκρινές εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

18. Ἡ μέση φαινομένη διάμετρος τῆς Σελήνης είναι 31'. Πόση είναι ἡ διάμετρος τοῦ εἶδώλου τῆς Σελήνης, τὸ δποῖον δίδει κοίλον κάτοπτρον ἑστιακῆς ἀποστάσεως 12,90 m;

19. Ἔν φωτεινὸν σημεῖον A ἀπέχει 40 cm ἀπὸ κοίλον κάτοπτρον K ἑστιακῆς ἀποστάσεως 30 cm. Καθέτως πρὸς τὸν δξονα τοῦ κατόπτρου τούτου τοποθετεῖται ἐπίπεδον κάτοπτρον K'. Ποῦ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ τὸ κάτοπτρον τοῦτο, ὥστε αἱ ἀκτίνες, αἱ ἀνασχωροῦσαι ἐκ τοῦ A, ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν διαδοχικῶς ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων, νὰ συγκεντρώνωνται εἰς τὸ σημεῖον A;

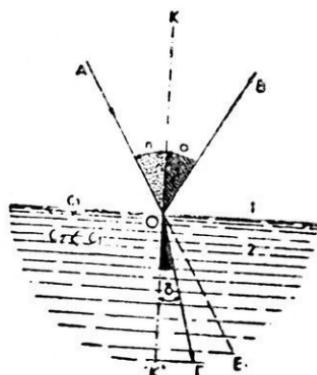
20. Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον δίδει εἶδωλον 8 φοράς μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀν-

τικείμενον. Ή άπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ δυντικείμενον φαίνεται διτεῖναι 80 cm. Νὰ εύρεθοῦν ἡ ἀπόστασις τοῦ δυντικείμενου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ ἀκτὶς καμπυλή τοῦ κατόπτρου.

21. Δύο σφαιρικά κάτοπτρα, τὸ ἐν κυρτόν M_1 καὶ τὸ ἄλλο κοῖλον M_2 ἔχουν τὴν ίδιαν ἀκτίνα καμπυλότητος 20 cm. Οἱ κύριοι δξονές τῶν συμπίπτουν, αἱ δὲ κατοπτρικαὶ ἐπιφάνειαι τῶν εἰναι ἡ μία ἀπέναντι τῆς δλλῆς οὐτως, ὥστε αἱ κορυφαὶ τῶν νὰ ἀπέχουν 40 cm. Eἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς τοποθετεῖται φωτὴν δυνάκλασιν τῶν ἀκτίνων πρῶτον ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ καὶ ἐπειτα ἐπὶ τοῦ κοῖλου κατόπτρου.

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΥ

26. Όρισμός.— "Οταν μία λεπτὴ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων (μονοχρόνου 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. Ή ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου εἰσερχομένη ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ὡρισμένην διεύθυνσιν, ἡ δποιὰ δὲν συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος (σχ. 32). Τὸ φωνόμενον τοῦτο καλεῖται διάθλασις τοῦ φωτός. Ή γωνία ΓΟΚ' καλεῖται γωνία διαθλάσεως εως.



Σχ. 32. Διάθλασις τοῦ φωτός.

27. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.— 'Εκ τῆς μελέτης τοῦ φωνόμενου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς εὑρέθησαν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός:

I. 'Η προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εύρισκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημείον προσπιπτώσεως.

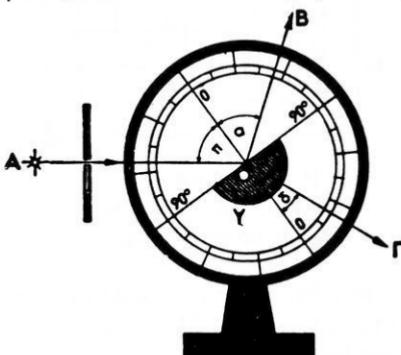
II. 'Ο λόγος τοῦ ἡμιτόνου τῆς γωνίας προσπιπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἰναι σταθερὸς καὶ καλεῖται δεῖ-

κτης διαθλάσεως· ούτος ισοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὰ δύο διαφανῆ μέσα:

$$\text{δείκτης διαθλάσεως: } v_{1,2} = \frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} = \frac{e_1}{e_2}$$

Ο δείκτης διαθλάσεως ἔξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τῶν μέσων καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς μὲ τὴν συσκευὴν, 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 ὕαλον, ὑφίσταται διάθλασιν παρατηροῦμεν διτὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως π (ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν καθέτον). Τὸ φῶς ἔξερχόμενον ἔπειτα ἀπὸ τὴν ὕαλον εἰς τὸν ἀέρα δ ἐν ὑφίσταται διάθλασιν, διότι προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ τῶν δύο μέσων (εἶναι $\pi = 0^\circ$, ἥπα καὶ $\delta = 0^\circ$).



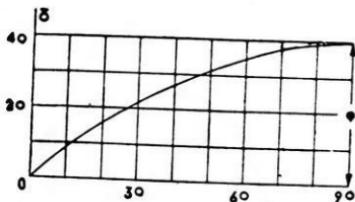
Σχ. 33. Διά τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

28. Ορικὴ γωνία.— Ἐκ τῶν δύο διαφανῶν μέσων ἐκεῖνο, εἰς τὸ ὅποιον ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἔχει τὴν μικροτέραν τιμὴν, καλεῖται ὁ πτικῶς πυκνότερον ἢ διάθλαστικώτερον. Οὕτω τὸ ὑδωρ, ἢ ὕαλος κ.ἄ. εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερα μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον δὲν εἶναι πάντοτε καὶ φυσικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ δέλλον μέσον· οὕτω τὸ οἰνόπνευμα εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ὑδωρ. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον ἀναγνωρίζεται ἐκ τοῦ γεγονότος διτὶ, δταν τὸ φῶς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου, ἢ σχηματι-

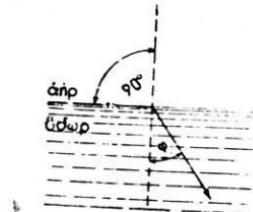
ζομένη γωνία διαθλάσεως είναι πάντοτε μικρότερα από την γωνίαν προσπτώσεως. Άρα :

"Όταν τὸ φῶς εἰσέρχεται εἰς ὄπτικῶς πυκνότερον μέσον, ἡ διαθλαμένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον (σχ. 32)."

'Εὰν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως ($\pi = 0^\circ$) ἐπὶ τῆς διαγωριστικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο μέσων (δ οὐθὲν σα έπιφανεία), τότε



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



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

τὸ φῶς δὲν ὑφίσταται διάθλασιν κατὰ τὴν εἰσοδόν του εἰς τὸ δεύτερον μέσον ($\delta = 0^\circ$). Εἰς τὸ σχῆμα 34 δεικνύεται ἡ μεταβολὴ τῆς γωνίας διαθλάσεως συναρτήσει τῆς γωνίας προσπτώσεως. Παρατηροῦμεν ὅτι, αὐξανομένης τῆς γωνίας προσπτώσεως π , αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ , ἀλλὰ παραμένει πάντοτε μικρότερα τῆς γωνίας προσπτώσεως. "Όταν λοιπὸν ἡ γωνία προσπτώσεως π τείνῃ πρὸς τὴν δρικὴν τιμὴν 90° , ἡ γωνία διαθλάσεως τείνει πρὸς μίαν δρικὴν τιμὴν φ , ἡ ὁποία καλεῖται δρικὴ γωνία (σχ. 35). Ἡ τιμὴ τῆς δρικῆς γωνίας εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

$$\boxed{\eta \mu \varphi = \frac{1}{\nu}}$$

Τὸ ήμίτονον τῆς δρικῆς γωνίας ίσοῦται μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

29. Απόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως.— 'Ο δείκτης διαθλάσεως, ὁ ὁποῖος ἀντιστοιχεῖ εἰς μετάβασιν τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸ κενὸν εἰς ἐν διαφανὲς σῶμα, καλεῖται ἀπόλυτος δείκτης διαθλά-

σεως του σώματος. Διὰ τὸν ἀέρα δὲ ἀπόλυτος δείκτης διαθλάσεως εἶναι 1,000 293. Εἰς τὴν πρᾶξιν λαμβάνομεν τὸν σχετικὸν δείκτην διαθλάσεως του σώματος ως πρὸς τὸν ἀέρα καὶ ἀντιστοιχεῖ εἰς μετάβασιν τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὸ θεωρούμενον σῶμα.

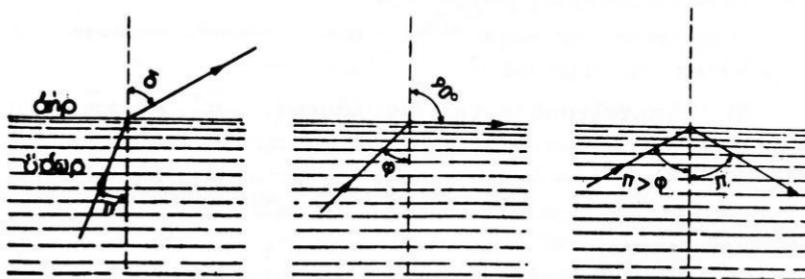
Δείκται διαθλάσεως ως πρὸς τὸν ἀέρα διὰ τὸ κίτρινον φῶς

'Αδάμας	2,470
Διεισινθράξ	1,629
Χλωριοῦχον νάτριον	1,544
Καναδικὸν βόλσαμον	1,540
Βενζόλιον	1,501
Οινόπνευμα	1,361
"Γδωρ	1,333
"Γαλος κοινή	1,540
Πυριτύλαος βαρετία	1,963
'Αήρ	1,000 293

Ἄπὸ τὰς μετρήσεις εὑρέθη ὅτι :

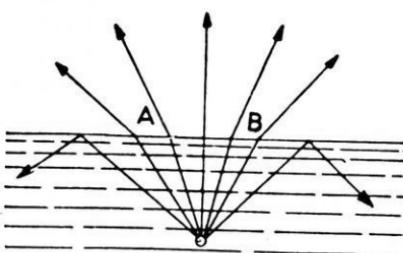
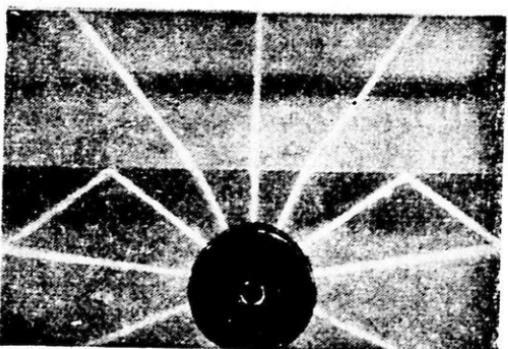
Ο σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως ἐνὸς σώματος ως πρὸς τὸν ἀέρα ισοῦται κατὰ μεγάλην προσέγγισιν μὲ τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως του σώματος.

30. Όλικὴ ἀνάκλασις.—"Οταν τὸ φῶς μεταβαίνῃ ἀπὸ ὄπτικῶς πυκνότερον μέσον εἰς ὄπτικῶς ἀραιότερον (π.χ. ἐκ τοῦ ὄδατος εἰς τὸν ἀέρα), τότε συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ



Σχ. 36. Όλικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει, ὅταν εἴναι $\pi > \phi$.

φωτός ή διαθλωμένη άκτις άπομακρύνεται από τήν κάθετον, δηλαδή ή γωνία διαθλάσεως είναι μεγαλυτέρα από τήν γωνίαν προσπτώσεως.



Σχ. 37. Πειραματική διάταξις και σχηματική παράστασις τής διατάξεως διά τήν άποδειξιν τής όλικης άνακλάσεως.

Ωπτικών πυκνότερον είς τὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως είναι μεγαλυτέρα από τήν όρικήν γωνίαν.

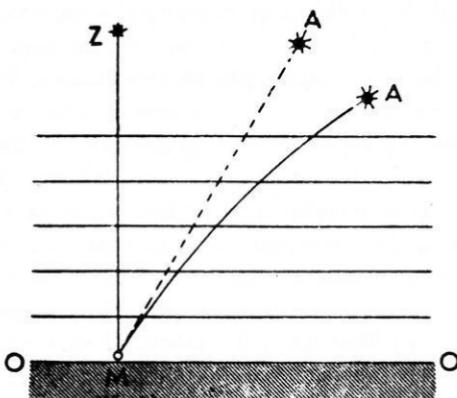
Πειραματικῶς δεικνύεται τὸ φαινόμενον τῆς όλικῆς άνακλάσεως μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 37.

31. Αποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.— α) Ἀτμοσφαιρική διάθλασις. Είναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα τῆς Γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώματα ἀέρος, τῶν ὅποιων ἡ πυκνότης ἐλαττώνεται, ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς αὐτῆς. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὅποια προέρχεται ἀπὸ ἔνα ἀστέρα, κατὰ τὴν πορείαν τῆς ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑψίσταται διαδοχικάς διαθλάσεις. Ἐπειδὴ δὲ τὸ φῶς συνεχῶς εἰσέρχεται ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον εἰς ὀπτικῶς πυκνότερον στρῶμα, ἡ φωτεινὴ ἀκτίς δια-

τήν γωνίαν προσπτώσεως. Εὰν λοιπὸν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γωνία προσπτώσεως γίνῃ μεγαλυτέρα απὸ τὴν όρικήν γωνίαν φ, τότε δὲν είναι πλέον δυνατὸν νὰ συμβῇ διάθλασις. Τὸ φῶς, ὅταν φθάσῃ εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο μέσων, δὲν διαθέται, ἀλλὰ να καλλιταιέξῃ ὁ λοικήρος καὶ ἔξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὀπτικῶς πυκνοτέρου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διαλική ἀνάκλασις. "Ωστε :

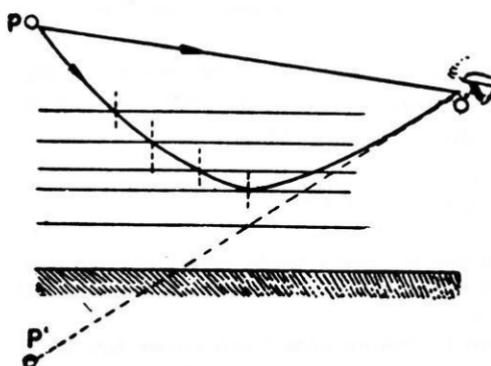
Ολικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας δύο διαφανῶν μέσων, ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνῃ ἀπὸ τὸ

Θλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον (σχ. 38). Οὕτως ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς λαμβάνει μορφὴν καμπύλης, ὁ δὲ ὄφθαλμὸς νομίζει ὅτι ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν A', ἥποι βλέπει τὸν ἀστέρα κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς καμπύλης AM εἰς τὸ σημεῖον M. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις** καὶ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ παρουσιάζῃ τὸν ἀστέρα ύψηλότερον ἀπὸ τὴν πραγματικήν του θέσιν ὡς πρὸς τὸν ὄρίζοντα. Ἡ φαινομένη ἀνύψωσις τοῦ ἀστέρος εἶναι μεγαλυτέρᾳ, ὅταν ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται πλησίον τοῦ ὄρίζοντος (περίπου 34'). Ἐπειδὴ ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης εἶναι μικροτέρα τῶν 34', ἡ ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις μᾶς παρουσιάζει τὸν δίσκον τοῦ Ἡλίου ἢ τῆς Σελήνης ὡς ἐπικαθήμερον τοῦ ὄρίζοντος, ἐνῶ πραγματικῶς δὲν ἀνέτειλεν ἀκόμη ἡ ἔχει δύσει πρὸ διλίγου. Δὲν συμβαίνει ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις, μόνον ὅταν ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὸ Ζενίθ.



Σχ. 38. Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις.

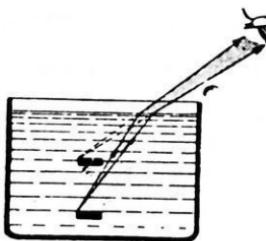
β) **Ἀντικατοπτρισμός.** "Οταν εἰς μίαν περιοχὴν ἐπικρατῇ νηνεμία καὶ τὸ ἔδαφος θερμανθῇ πολὺ (π.χ. εἰς τὰς ἐρήμους), τότε τὰ πλησίον τοῦ ἔδαφους στρώματα τοῦ ἀέρος θερμαίνονται πολὺ καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ γίνουν ἀραιότερα ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, προερχομένη ἀπὸ ἐν ὑψηλὸν ἀντικείμενον, εἰσέρχεται τότε συνεχῶς ἀπὸ διπτικῶς πυκνότερον εἰς διπτικῶς ἀραιότερον στρώμα ἀέρος καὶ ἐπομένως διαθλᾶται ἀπομακρυνομένη



Σχ. 39. Ἀντικατοπτρισμός.

ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 39). Εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν δύο τοιούτων στρωμάτων ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ύφισταται τότε ὄλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀκολουθεῖ μίαν συμμετρικὴν πορείαν, διότι τώρα εἰσέρχεται συνεχῶς ἀπὸ ὅπτικῶς ἀραιότερα εἰς ὅπτικῶς πυκνότερα στρώματα. Οὕτως ὁ ὄφθαλμὸς βλέπει μὲν τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικήτητα, συγχρόνως δὲ μᾶς βλέπει τὸ ἔδιον ἀντικείμενον ἀνεστραμμένον, ὡς ἔὰν εἶχεν ἐνώπιόν του ἡρεμοῦσαν ἐπιφάνειαν ὕδατος (ἐπίπεδον κάτοπτρον). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀντικατοπτρισμὸς καὶ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἑρήμους κατὰ τὰς μεσημβρινὰς ὥρας. Φαινόμενα ἀντικατοπτρισμοῦ παρατηροῦνται πολλάκις καὶ εἰς τὰς ἀκτὰς, ὅπότε τὰ μακρὰν εὑρισκόμενα τμῆματα τῆς ἔηρᾶς (ἀκρωτήρια, νῆσοι) φαίνονται ἀνύψωθέντα ἀνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

γ) Φαινομένη ἀνύψωσις. "Ενεκα τῆς διαθλάσεως ὁ πυθμὴν ἐνὸς δοχείου, περιέχοντος ὕδωρ, ύφισταται μίαν φαινομένην ἀνύψωσιν. 'Ο-



Σχ. 40. Φαινομένη ἀνύψωσις σώματος εύρισκομένου ἐντὸς ὕδατος.



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

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

ΤΙΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

22. Φωτεινὴ ἀκτὶς εἰσέρχεται ἀπὸ τὸν δέρα ἐντὸς διαφανοῦς σώματος A. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι 45° , ἡ δὲ γωνία διαθλάσεως εἶναι 30° . Πόσος εἶναι δείκτης διαθλάσεως τοῦ σώματος A;

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

24. Ο δείκτης διαθλάσεως του ύδατος είναι $4/3$. Πόση είναι ή ταχύτης διαδόσεως του φωτός εις το ύδωρ;

25. Φωτεινή άκτις προσπίπτει υπό γωνίαν 45° επί ύαλινης πλακός. Ο δείκτης διαθλάσεως της ύαλου είναι $v = \sqrt{2}$. Πόσην έκτροπήν ύφισταται ή φωτεινή άκτις κατά την εισοδόν της εις την ύαλον;

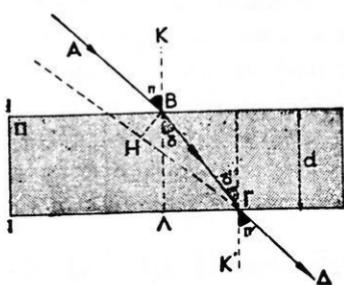
26. Πόση είναι ή δρική γωνία ως πρὸς τὸν δέρα τῆς ύαλου ($v = 1,5$) καὶ τοῦ ἀδάμαντος ($v = 2,4$);

27. Δοχείον περιέχει ύγρον, τὸ δόποιον ἔχει δείκτην διαθλάσεως $v = \sqrt{2}$ καὶ σχηματίζει στήλην ύψους 9 cm. Ἐπὶ τοῦ ύγρου ἐπιπλέει κυκλικὸς δίσκος φελλοῦ, δὸποιος ἔχει διάμετρον 8 cm καὶ πάχος ἀσήμαντον. Ἀνωθεν τοῦ κέντρου τοῦ δίσκου καὶ εἰς ἀπόστασιν 4 cm ύπαρχει σημειώδης φωτεινὴ πηγή. Νὰ εὐρεθῇ ἡ διάμετρος τοῦ σκοτεινοῦ κύκλου, δὸποιος σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ πυθμένος τοῦ δοχείου.

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλακός μὲ παραλλήλους ἔδρας.— "Ας ὑποθέσωμεν δτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ἴστροπον διαφανὲς μέσον II χωρίζεται

ἀπὸ τὸ πέριξ αὐτοῦ διαφανὲς μέσον I μὲ δύο παράλληλα ἐπίπεδα. Τότε τὸ μέσον II ἀποτελεῖ μίαν πλάκα μὲ παραλλήλους ἔδρας (σχ. 42). Τοιοῦτον σύστημα διαφανῶν μέσων ἀποτελεῖ μία ύαλινη πλάξ εύρισκομένη ἐντὸς τοῦ δέρος. Αἱ δύο γωνίαι δ καὶ δ', αἱ σχηματίζομεναι ἐντὸς τῆς ύαλου, είναι ίσαι ως ἐντὸς ἐναλλάξ. Επομένως διὰ τὰς δύο διαθλάσεις τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος AB ίσχύουν αἱ σχέσεις :



Σχ. 42. Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ πλακός ή ἀκτῖς ύφισταται παραλληλον μετατόπισιν.

$$\text{διάθλασις εἰς τὸ σημεῖον } B: \quad v = \frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta}$$

$$\text{διάθλασις εἰς τὸ σημεῖον } \Gamma: \quad v = \frac{\eta \mu \pi'}{\eta \mu \delta'}$$

"Αρα $\pi = \pi'$. Η ἀκτῖς ΓΔ, ή ἔξερχομένη ἀπὸ τὴν πλάκα, είναι $\pi \alpha \rho \alpha λ λ \gamma λ o s$ πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα AB. "Ωστε διὰ τὴν

άνωτέρω μερικήν περίπτωσιν, κατά τὴν ὁποίαν ἡ πλάξ έχει ἐκατέρωθεν αὐτῆς τὸ ίδιον διαφανὲς μέσον, συνάγεται τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

“Οταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διέρχεται διὰ πλακός μὲ παραλλήλους ἔδρας, τότε ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται μόνον παράλληλον μετατόπισιν.

33. Διαθλασις διὰ πρίσματος.—α) Ὁρισμοί. Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλοῦμεν πρίσμα ἐν ὁμογενὲς καὶ ἴσοτροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὅποιον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένας ἐπιπέδους ἐπιφανείας. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται ἀκτὶς τοῦ πρίσματος. Ἡ διεδρος γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ἔδραι τοῦ πρίσματος, καλεῖται διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ τομὴ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκτὶν αὐτοῦ καλεῖται κυρία τομὴ τοῦ πρίσματος. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τοῦ πρίσματος θάντος προθέσωμεν διτι πραγματοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθῆκαι : α) Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς εὑρίσκεται ἐπὶ αἱ κυρία τομὴ τοῦ πρίσματος. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς. β) Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἰναι μονόχροον. Διότι, ἀν ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπέσῃ λευκὸν φῶς, τοῦτο διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος ὑφίσταται ἀνάλυσιν εἰς πολλὰ ἀπλὰ χρώματα.

β) Ἔρευνα τῆς διαθλάσεως διὰ πρίσματος. Τὸ σχῆμα 43 παριστᾶ μίαν κυρίαν τομὴν πρίσματος ἔχοντος διαθλαστικὴν γωνίαν Α καὶ δείκτην διαθλάσεως ν ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ΖΗ διαθλάται εἰς τὰ σημεῖα Η καὶ Θ. Διὰ τὰς δύο αὐτὰς διαθλάσεις ισχύουν αἱ σχέσεις :

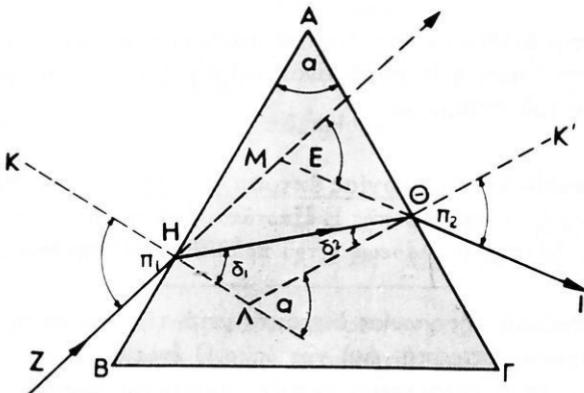
$$\begin{aligned} \text{ημ } \pi_1 &= v \cdot \text{ημ } \delta_1 \\ \text{καὶ} \quad \text{ημ } \pi_2 &= v \cdot \text{ημ } \delta_2 \end{aligned}$$

Ἡ γωνία α, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν εἰς τὸ Λ αἱ δύο τεμνόμεναι κάθετοι, εἶναι ἵση μὲ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν Α τοῦ πρίσματος. Ἐπειδὴ δὲ ἡ α εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου ΛΗΘ, ἔχομεν :

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

Η γωνία E , την όποιαν σχηματίζουν αἱ προεκτάσεις τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος ZH καὶ τῆς ἐξερχομένης ἀκτῖνος $ΘI$, καλεῖται γωνία ἑκτροπῆς καὶ εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου HMI . ἔρχεται 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 :

“Οταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διέρχεται διὰ πρίσματος, τότε ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται ἑκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος.

διάθλασις διὰ πρίσματος :

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

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

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

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

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

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

⁹Αρα ἡ ἔκτροπή τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος εἶναι :

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

ἢτοι ἔγομεν :

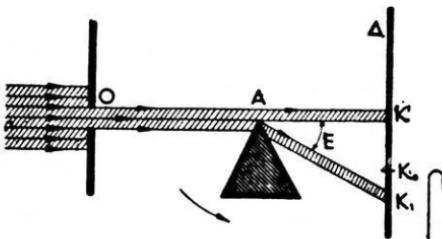
διάθλασις διὰ λεπτοῦ πρίσματος: $E = A \cdot (v - 1)$

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

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

α) Μεταβολή της γωνίας έκτροπης μετά της γωνίας προσπιώσεως. Έλαχιστη έκτροπη. Διὰ τῆς ὀπῆς Ο ἐνὸς διαφράγματος διέρχεται λεπτή δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (σχ. 44). Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης

παρεμβάλλομεν πρήσμα οὕτως,
ώστε μέρος τῶν ἀκτίνων τῆς
δέσμης νὰ προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ
πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν
ἀκμήν του. Ἐπὶ τοῦ διαφράγ-
ματος παρατηροῦμεν τότε δύο
φωτεινὰς κηλίδας· ἡ μὲν Κ
προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτίνας
τῆς δέσμης, αἱ δοποῖαι δὲν



Σχ. 44. Μεταβολή της γωνίας έκτροπης μετά της γωνίας προσπτώσεως.

διῆλθον διὰ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ K_1 προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας, αἱ όποιαι ὑπέστησαν ἐκτροπήν. Στρέφοντες τὸ πρᾶσμα περὶ τὴν ἀκμὴν του μεταβάλλομεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως· ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος εἰναι τοιαύτη, ὥστε ἡ K_1 νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὴν K . Κατὰ τὴν τοιαύτην περιστροφὴν τοῦ πρίσματος ἡ γωνία προσπτώσεως βαίνει συνεχῶς ἐλαττουμένην. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ κηλὶς K_1 κατ’ ἀρχὰς πλησιάζει πρὸς τὴν K , φθάνει εἰς τὴν θέσιν K_0 , ἐπειτα δὲ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν K . Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι δια-

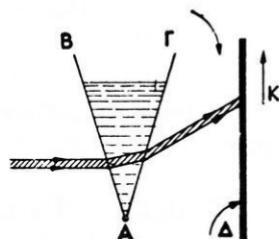
μίαν ώρισμένην τιμήν τῆς γωνίας προσπτώσεως ή γωνία ἐκτροπῆς, λαμβάνει μίαν ἐλαχίστην στην τιμήν, ή όποια καλεῖται ἐλαχίστη ἐκτροπή.

‘Η ἐλαχίστη ἐκτροπή πραγματοποιεῖται, ὅστιν εἶναι $\pi_1 = \pi_2$, ὅπότε ή προσπίπτουσα ἀκτίς καὶ ή ἔξερχομένη ἀκτίς σχηματίζουν ἴσας γωνίας μὲ τὰς ἑδρας τοῦ πρίσματος.

“Οταν πραγματοποιεῖται ή ἐλαχίστη ἐκτροπή, λέγομεν ὅτι τὸ πρᾶσμα εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν ἐλαχίστης ἐκτροπῆς. Τότε ἀπὸ τοὺς γωνιστοὺς τύπους τοῦ πρίσματος εὑρίσκομεν τὰς ἀκολούθους σχέσεις :

$$\begin{array}{lll} \text{Θέσις ἐλαχίστης ἐκτροπῆς:} & \pi_1 = \pi_2 & \delta_1 = \delta_2 \\ & A = 2\delta_1 & \eta \mu \pi_1 = \nu \cdot \eta \mu \delta_1 \\ & E_{el} = 2\pi_1 - A & \end{array}$$

β) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας. Διὸς νὰ ἔχωμεν πρᾶσμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας, χρησιμοποιοῦμεν δοχεῖον (σγ. 45), τοῦ όποιου αἱ δύο πλάγιαι ἑδραὶ εἰναι ὑάλιναι πλάκες δυνάμεναι νὰ στραφοῦν περὶ διεύρντιον ἀξονα. Ἐντὸς τοῦ σχηματίζομένου οὔτω πρίσματος γύνομεν διαφανὲς ὑγρὸν π.χ. ὕδωρ. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρᾶς τοῦ πρίσματος λεπτὴ δέσμη παραχλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτός. Διατηροῦντες σταθερὰν τὴν ἑδρὰν AB, διὰ τῆς όποιας τὸ φῶς Σχ. 45. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐξέρχεται εἰς τὸ πρᾶσμα (πι. σταθερόν), στρέφομεν τὴν ἑδρὰν AG, διὰ τῆς όποιας ἐξέρχεται ἡ δέσμη, καὶ οὕτω μεταβάλλομεν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν A. Παρατηροῦμεν δτι:



τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

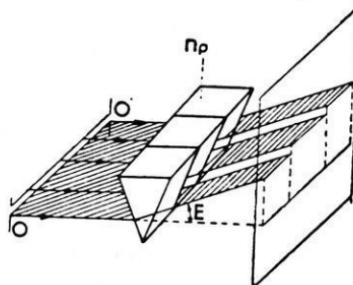
‘Η ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

‘Εὰν συνεχισθῇ ἡ αὔξησις τῆς γωνίας, A, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν όποιαν τὸ φῶς δὲν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρᾶσμα, ἀλλ’ ὑφίσταται ἐπὶ τῆς ἑδρᾶς AG δλικὴν ἀνάκλασιν. Οὕτως εὑρέθη, δτι :

‘Η φωτεινή άκτις έξέρχεται άπό το πρίσμα, έτσι ότι διαθλαστική γωνία αυτοῦ είναι ίση ή μικροτέρα του διπλασίου της όρικής γωνίας.

συνθήκη έξόδου της άκτινος: $A \leq 2\varphi$

γ) Μεταβολή της γωνίας έκτροπης μετά τού δείκτου διαθλάσεως.



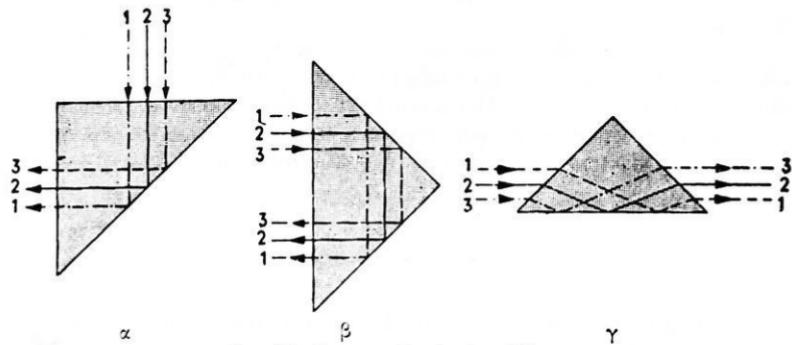
Σχ. 46. Μεταβολή της γωνίας έκτροπης μετά τού δείκτου διαθλάσεως.

Λαμβάνομεν σύστημα πρισμάτων (σχ. 46), τὰ ὅποια ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν (Α σταθερόν), διαφορετικοὺς ὅμως δείκτας διαθλάσεως (πολύ πισμα). Επὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισμάτων ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων άκτινων μονοχρόνου φωτὸς (π_1 σταθερόν). Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ πρίσματα αὐτὰ προκαλοῦν ἀνίσους έκτροπὰς τῶν άκτινων. Οὕτως εύρίσκομεν ὅτι :

‘Η έκτροπή αύξανεται μετά τού δείκτου διαθλάσεως τοῦ πρίσματος.

35. Πρίσμα όλικης ἀνακλάσεως. — ‘Η λειτουργία τῶν πρισμάτων όλικης ἀνακλάσεως στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς όλικης ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα αὐτὰ είναι συνήθως ὑάλινα (όρική γωνία διὰ τὴν ὕαλον $\varphi = 40,5^\circ$). ‘Η κυρία τομὴ ἐνὸς ὑάλινου πρίσματος όλικης ἀνακλάσεως είναι ὁ θ_0 ο γώνιον ἵσος καὶ λέεις τρίγωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 47α αἱ άκτινες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς καθέτου ἔδρας τοῦ πρίσματος. Οὕτως αἱ άκτινες προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας αὐτοῦ γωνίαν 45° , ἡτοι μεγαλυτέραν τῆς όρικης. Αἱ φωτειναὶ άκτινες οὐφίστανται ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας όλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἔξερχονται ἀπὸ τὴν ὅλην καθέτον ἔδραν τοῦ πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν διάθλασιν. Τὸ πρίσμα λοιπὸν τοῦτο ἔκτρεπει τὰς άκτινας κατὰ 90° ἀπὸ τὴν ἀρχικήν των διεύθυνσιν. Εἰς τὸ σχῆμα 47β φαίνεται πῶς αἱ άκτινες οὐφίστανται δύο όλικας ἀνακλάσεις: οὕτως ὅμως

έπεργεται άντιστροφή τῆς σειρᾶς τῶν ἀκτίνων καὶ ἀλλαγὴ τῆς κατεύθυνσεως αὐτῶν. Τέλος εἰς τὸ σχῆμα 47γ, φαίνεται πῶς συμβαίνει ἀντί-



Σχ. 47. Πρίσμα διλικῆς ἀνακλάσεως.

στροφὴ τῆς σειρᾶς τῶν ἀκτίνων, χωρὶς ὅμως νὰ ἀλλάξῃ ἡ κατεύθυνσις αὐτῶν. Τὰ πρίσματα διλικῆς ἀνακλάσεως χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰ ὄπτικὰ ὕργανα.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

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

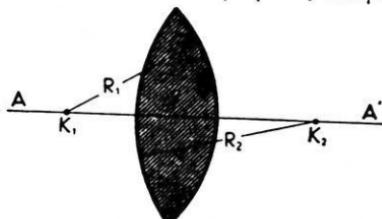
33. Πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν 45° καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν 30° . Πόση είναι ἡ ἐκτροπή;

34. Ή κυρία τομή πρίσματος είναι ισόπλευρον τρίγωνον ΑΒΓ. Φωτεινή άκτις προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἔδρας ΑΒ. Ο δείκτης διαθλάσεως τῆς ύάλου είναι $n = \sqrt{2}$. Νὰ κατασκευασθῇ ἡ πορεία τῆς άκτινος καὶ νὰ ύπολογισθῇ ἡ γωνία ἐκτροπῆς.

35. Υάλινον πρίσμα ἔχει διαθλαστική γωνία $A_1 = 5^\circ$ καὶ δείκτην διαθλάσεως $n_1 = 1,52$, εύρισκεται δὲ εἰς ἐπιφακήν μὲν ἄλλο ύάλινον πρίσμα, τὸ δποῖον ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n_2 = 1,63$. Μία φωτεινή άκτις, δταν προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ ἔνδος πρίσματος, ἔξερχεται ἀπὸ τὴν ἔδραν τοῦ ἄλλου πρίσματος, χωρὶς νὰ ύποστῃ ἐκτροπήν. Πόση είναι ἡ διαθλαστική γωνία A_2 τοῦ δευτέρου πρίσματος;

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

36. Όρισμοί.— Καλεῖται φακός ἐν διαφανὲς μέσον, τὸ δποῖον περιορίζεται ἀπὸ σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἢ ἀπὸ μίαν ἐπίπεδον καὶ μίαν

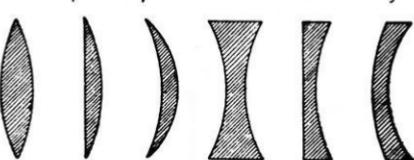


Σχ. 48. Σφαιρικοὶ φακοὶ.
α₁ καὶ α₂ αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν. Αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν καλοῦνται ἀκτίνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ (σχ. 48). τὰ δὲ κέντρα καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν τούτων καλοῦνται κέντρα καμπυλότητος τοῦ φακοῦ. Ή εὐθεῖα, ἡ δποία διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται κύριος ἀξων τοῦ φακοῦ. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τῶν φακῶν θὰ ύποθέσωμεν ὅτι ἴσχύουν αἱ ἔξης συνθῆκαι : α) Ο φακὸς εὑρίσκεται ἐν τὸς τοῦ ἀέρος, τοῦ δποίου ὁ δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἵσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτίνες εὑρίσκονται πληγήσιον τοῦ κυρίου ἀξονοῦ (κεντρικαὶ ἀκτίνες). γ) Τὸ προσπίπτον φῶς εἶναι μονόχρουν.

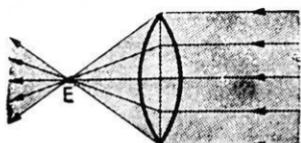
37. Συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες φακοί.— Οἱ συνήθεις φακοὶ κατασκευάζονται ἔξ ύάλου. Ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἡ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου ἐπιφανείας προκύπτουν ἔξ εἰδη φακῶν (σχ. 49). Οἱ φακοί, οἱ δποῖοι είναι παχύτεροι εἰς τὸ μέ-

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

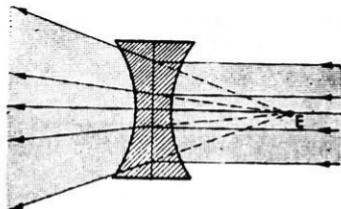


Σχ. 49. Ειδη φακῶν.

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

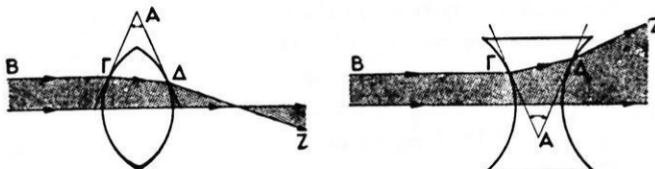


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.



Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

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

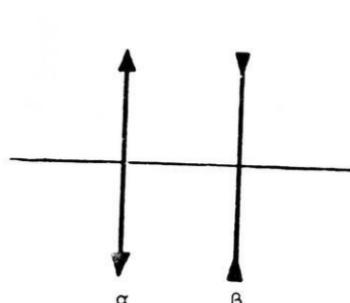


Σχ. 52. Διὰ τὴν ἑξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ.

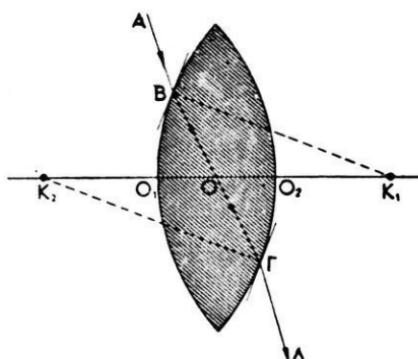
ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισμάτων, τῶν ὅποιων αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῆ (σχ. 52).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν φακούς, τῶν ὅποιων τὸ πάχος, μετρού-

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



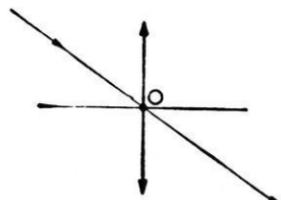
Σχ. 53. Σχηματική παράστασις συγκλίνοντος (α) καὶ ἀποκλίνοντος (β) φακοῦ.



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

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

38. Ὁπτικὸν κέντρον.— ‘Ο κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ τέμνει τὰς δύο 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 **ὅπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ. Τὸ ὄπτικὸν κέντρον ἔχει τὴν ἕξης ἴδιότητα :



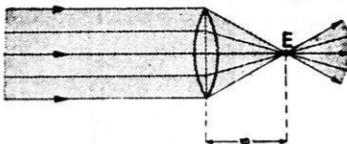
Σχ. 55. Δευτερεύων ἄξων φακοῦ.

Μία ἀκτὶς διερχομένη διὰ τοῦ ὄπτικοῦ κέντρου ἔξερχεται ἀπὸ τὸν φακὸν χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπήν.

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

A'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

39. Κυρία έστια. Έστιακή άπόστασης. — 'Επὶ ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 56). "Ολαι αἱ ἔξερχόμεναι ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτῖνες διέρχονται δι' ἑνὸς σημείου Ε τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ δόποιον καλεῖται κυρία έστια τοῦ φακοῦ. 'Η ἀπόστασις τῆς κυρίας έστιάς ἀπὸ τὸ δόποιον καλεῖται έστιακή.



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

ἀπόστασις (φ) τοῦ φακοῦ. Αὕτη εἶναι σταθερὴ καὶ ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποῖαν τὸ φῶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φακοῦ. "Ωστε:

'Ο συγκλίνων φακὸς ἔχει δύο πραγματικὰς κυρίας έστιας, αἱ ὁποῖαι εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς τὸ δόπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. 'Η έστιακή ἀπόστασις (φ) τοῦ φακοῦ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν:

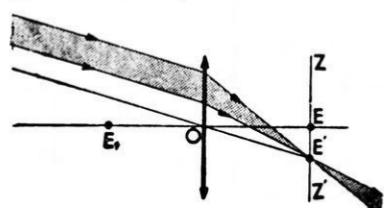
$$\frac{1}{\varphi} = (v - 1) \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right]$$

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

Παρὰ δὲ γιγμα. 'Αμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως $v = 1,5$ καὶ ἀκτῖνας καμπυλότητος $R = 40 \text{ cm}$ καὶ $R' = 60 \text{ cm}$. 'Απὸ τὴν ἔξισωσιν

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

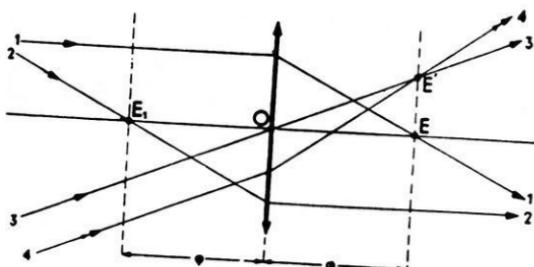
40. Έστιακὸν ἐπίπεδον. — 'Εὰν θεωρήσωμεν λεπτὴν δέσμην φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀξοναὶ δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη συγκλίνει εἰς τὴν δευτερεύουσαν έστιαν E' (σχ. 57).



Σχ. 57. Έστιακὸν ἐπίπεδον φακοῦ.

πρὸς τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον E .

41. Πορεία μερικών άκτινων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.— 'Εκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ὑπόλοουθα συμπεράσματα διὰ τὴν πορείαν μερικῶν άκτινων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 58).



Σχ. 58. Πορεία μερικῶν άκτινων.

I. "Όταν μία άκτις προσπίπτη παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἔξερχομένη άπὸ τὸν φακὸν άκτις διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας (άκτις 1)."

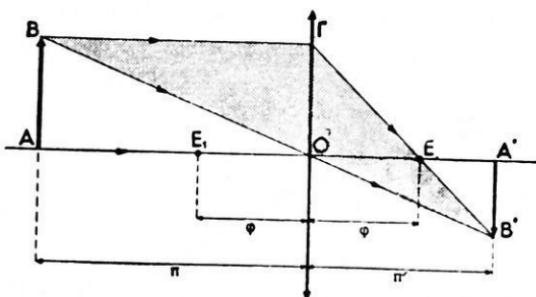
II. "Όταν μία προσπίπτουσα άκτις διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, ἡ ἔξερχομένη άπὸ τὸν φακὸν άκτις εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (άκτις 2)."

III. "Όταν μία άκτις διέρχεται διὰ τοῦ ὅπτικου κέντρου, αὐτῇ ἔξερχεται άπὸ τὸν φακὸν χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπὴν (άκτις 3)."

IV. "Όταν μία άκτις προσπίπτη παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ἡ ἔξερχομένη άπὸ τὸν φακὸν άκτις διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστοίχου δευτερευόστης ἐστίας, ἡ ὁποία εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου (άκτις 4)."

42. Εἰδώλον ἀντικειμένου.— "Ἄσθεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καὶ θετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 59)."

Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὠρισμένων άκτινων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἴδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐπίσης καὶ θετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἀκρου B τοῦ ἀντικει-



Σχ. 59. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

μένου προερχόμεναι ἀκτῖνες ΒΟ καὶ ΒΓ, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν, τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον Β', τὸ ὅποιον εἶναι τὸ εἴδωλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἰδώλα δὲ τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ εύρισκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας Α'Β', ἡ ὁποία εἶναι καὶ θεότης τοῖς πρὸς τὸν κύριον ἀξονα. Τὸ εἰδώλον Α'Β' εἶναι ἀνεστραφμένον καὶ πραγματικόν, δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ δύοις τρίγωνα ΟΑΒ καὶ ΟΑ'Β' εύρισκομεν ὅτι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις εἶναι:

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

Ἄν ὁνομάσωμεν $A'B' = E$ καὶ $AB = A$. Ἐπὸ τὰ δύοις τρίγωνα ΟΕΓ καὶ $A'E'B'$ εύρισκομεν :

$$\frac{A'B'}{OG} = \frac{EA'}{OE} \quad \text{ἢ} \quad \frac{A'B'}{AB} = \frac{\pi' - \varphi}{\varphi} \quad (2)$$

Ἐξισώνοντες τὰ δεύτερα μέλη τῶν ἔξισώσεων (1) καὶ (2) εύρισκομεν :

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

Αἱ εύρεσιςαι ἔξισώσεις (1) καὶ (3) προσδιορίζουν τὸ μέγεθος καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου $A'B'$.

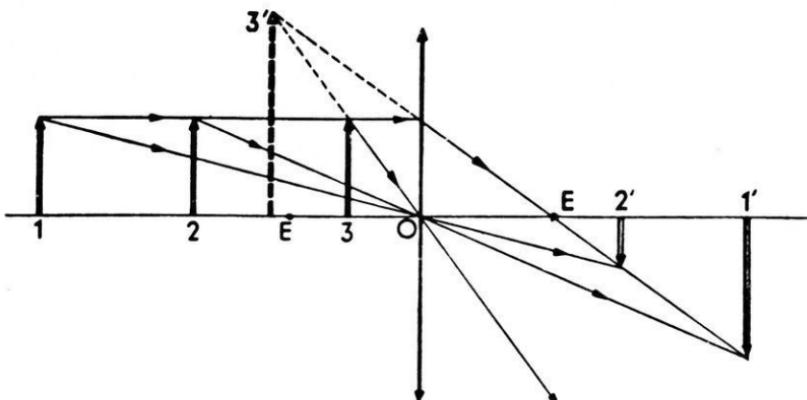
43. Εἰδώλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ. — "Ας ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸν συγκλίνοντα φακόν. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακὸν προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον : $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$. Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς π' , ἔχομεν :

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

1. Τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($\pi = \infty$). Τότε εἶναι $\pi' = \varphi$, δηλαδὴ τὸ εἰδώλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, εἶναι πραγματικόν, ἀλλ' εἶναι σημεῖον.

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

Τότε τὸ εἰδώλον 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 εἰδῶλον 3' εἶναι φανταστικόν.

3. Τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν ($\pi = \varphi$). Τότε τὸ εἰδώλον σχηματίζεται εἰς τὸ ἀπειρον, δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δὲν ὑπάρχει εἰδώλον.

4. Τέλος τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται μεταξὺ 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 εύρισκεται ὅτι τὸ εἰδώλον σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, καὶ εἶναι φανταστικόν, δρθὸν καὶ μεγαλύτερον πάντοτε ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

44. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακούς.— 'Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξης γενικὰ συμπεράσματα διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακούς:

I. "Οταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ, τὸ εἰδῶλον σχηματίζεται πέραν τῆς ἄλλης κυρίας ἐστίας, εἶναι δὲ πρᾶγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον.

II. "Οταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς

κυρίας ἔστιας, τὸ εἰδώλον σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, εἶναι δὲ φανταστικόν, δρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

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

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

ὑπὸ τὸν δρὸν νὰ δεχθῶμεν τὴν ἔξης σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

π θετικόν : ἀντικείμενον πραγματικόν

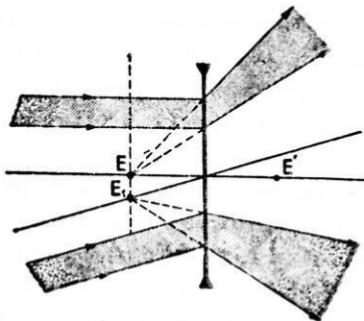
π' θετικόν : εἰδώλον πραγματικόν

π' ἀρνητικόν : εἰδώλον φανταστικόν.

B'. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

45. Κυρία ἔστια.-- "Οταν ἐπὶ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ προσπίπτῃ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλήγων πρὸς τὸν κύριον ἀξονα, ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη εἶναι ἀποκλίνουσα καὶ φαίνεται προερχομένη ἀπὸ ἐν σημεῖον E τοῦ κυρίου ἀξονος (σχ. 61). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κυρία ἔστια τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἡ ὅποια εἶναι φανταστική.

'Ο ἀποκλίνων φακὸς ἔχει δύο φανταστικὰς κυρίας ἔστιας, αἱ ὅποιαι εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς τὸ διπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ· ἡ ἔστιακή ἀπόστασις εἶναι ἀρνητική καὶ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον σχέσιν :



Σχ. 61. Ἡ κυρία ἔστια καὶ αἱ δευτερεύουσαι ἔστιαι τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικαί.

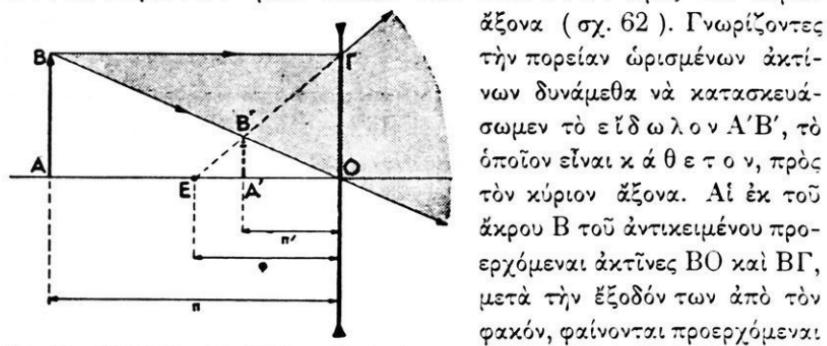
$$\frac{1}{\varphi} = (v - 1) \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$$

ὅπου τὸ R τῶν κοίλων ἐπιφανειῶν τίθεται ἀρνητικόν.

'Ἐπὶ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλήγων πρὸς ἐνα δευτερεύοντα ἀξονα. Τότε ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν

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

46. Εἴδωλον ἀντικειμένου.—“Ἄς θεωρήσωμεν ὡς φανταστικόν τὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καὶ ἀθετοῦν πρὸς τὸν κύριον ἔξοντα (*σχ. 62*). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὠρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἴδωλον $A'B'$, τὸ ὅποιον εἶναι καὶ θετικόν, πρὸς τὸν κύριον ἔξοντα. Αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτῖνες BO καὶ BG , μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον B' , τὸ ὅποιον εἶναι τὸ εἴδωλον τοῦ ση-



Σχ. 62. Σχηματισμὸς εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ.

μέοντος B . Τὸ εἴδωλον $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι **φανταστικόν**, δρθὸν καὶ **μικρότερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, δὲν δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου $A'B'$ συνάγεται δtti τὸ φανταστικὸν εἴδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ διπτικοῦ κέντρου O καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας E . Σκεπτόμενοι δπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ εὐκόλως εύρισκομεν δtti καὶ διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἴσχύουν οἱ γενικοὶ τύποι, οἱ ἴσχυοντες καὶ διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακούς, ὑπὸ τὸν ὄρον δtti πρέπει νὰ λάβωμεν ὥπ' δψιν δtti ἡ κυρία ἐστία εἶναι φανταστικὴ (ἐπομένως φανταστικὸν) καὶ τὸ εἰδωλον εἶναι ἐπίσης φανταστικὸν (ἄρα καὶ π' ἀρνητικόν). Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὰ ἔξης συμπεράσματα διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακούς:

I. ‘Οἱ ἀποκλίνων φακὸς σχηματίζει εἴδωλον φανταστικόν, δρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον’ τὸ εἰδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας του.

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

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

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

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

ὅπὸ τὸν ὅρον ὅτι 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	Μορφὴ τοῦ γενικοῦ τύπου
Συγκλίνων	πραγματικὸν	$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
	φανταστικὸν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
'Αποκλίνων	φανταστικὸν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$

Π αραδειγματα. 1) 'Αμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσσεως 1,5 καὶ

άκτινας καμπυλότητος 40 cm και 60 cm. Εις άποστασιν 40 cm από τὸν φακὸν τοποθετεῖται φωτεινὴ εύθεια μήκους 5 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακὸν αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ εἰναι κυρταὶ ἀριστεῖταις καμπυλότητος λαμβάνονται θετικαὶ. Η ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν γενικὴν σχέσιν :

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

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

καὶ $\varphi = 48 \text{ cm}$

Ἐπειδὴ δίδεται ὅτι εἰναι $\pi < \varphi$, ἔπειται ὅτι τὸ εἰδώλον εἰναι φανταστικόν. Η ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακὸν εὑρίσκεται 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 εὑρίσκετο ὅτι εἰναι :

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

Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον φανερώνει ὅτι τὸ εἰδώλον εἰναι φανταστικόν. Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἰναι :

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

2) "Ας ἔξετάσωμεν τὸ προηγούμενον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὥποιαν ὁ φακὸς εἰναι ἀμφίκοιλος. Εἰς τὸν ἀμφίκοιλον φακὸν αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος θὰ ληφθοῦν ἀρνητικαί. Επομένως εἰναι :

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

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

καὶ $\varphi = -48 \text{ cm}$

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἰναι πραγματικόν, έχομεν :

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

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

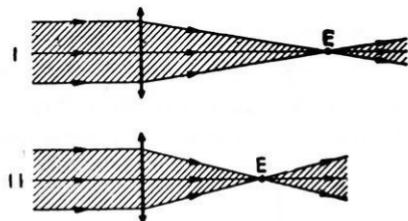
Τὸ δὲ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἰναι :

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

Γ'. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

48. Ισχὺς φακοῦ.—'Επὶ ἑνὸς συγχλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα: ἡ δέσμη αὐτὴ μετατρέπεται ἀπὸ τὸν φακὸν εἰς μίαν δέσμην τόσον περισσότερον συγχλίνουσαν, ὅσον μικροτέρᾳ εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ (σχ. 63). Οὕτω ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον ὄρισμόν:

Καλεῖται ἵσχυς (ἡ συγκεντρωτικὴ ίκανότης) ἑνὸς φακοῦ τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστιακῆς τοῦ φακοῦ ἀποστάσεως.



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

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

'Εκ τοῦ ἀνωτέρῳ ὄρισμοῦ ἔπειται ὅτι εἰς μὲν τοὺς συγχλίνοντας φακοὺς ἡ ισχὺς εἶναι θετική, εἰς δὲ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς εἶναι ἀρνητική. 'Η ισχὺς τοῦ φακοῦ ὑπολογίζεται εἰς διοπτρίας:

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

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

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

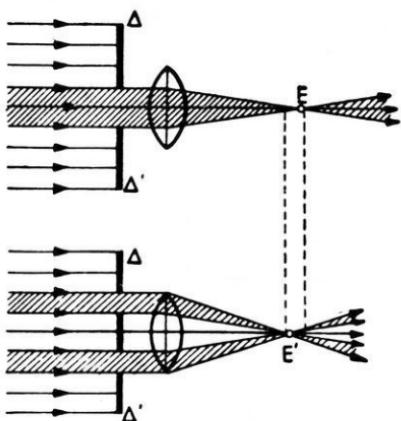
49. Όμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.—"Οταν πολλοὶ λεπτοὶ φακοὶ ἔχουν κοινὸν κύριον ἄξονα, τότε οἱ φακοὶ οὗτοι σχηματίζουν διοαξονικὸν σύστημα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν ὅτι:

'Η ισχὺς ἑνὸς διοαξονικοῦ συστήματος λεπτῶν φακῶν, εύρισκομένων εἰς ἐπαφὴν, ισοῦται μὲ τὸ ἀλγεβρικὸν ἀθροισμα τῶν ισχύων τῶν φακῶν τοῦ συστήματος.

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

Η σχέσις αυτή δίδει την έστιαxήν απόστασιν φ του συστήματος.

50. Σφάλματα τῶν φακῶν. — Η ἐξίσωσις τῶν φακῶν ισχύει υπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ὁ φακὸς εἶναι λεπτός καὶ ὅτι προσπίπτουν ἐπ' αὐτοῦ κεντρικαὶ ἀκτῖνες μονοχρόνου φωτός. Εἰς τὴν πραγματικότητα οἱ ἀνωτέρω ὅροι σπανίως ἀπαντῶνται. Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἰναι συνήθως λευκὸν φῶς, τὸ ὅποιον διερχόμενον διὰ μέσου τῶν φακῶν ὑφίσταται ἀνάλυσιν. Οὕτως οἱ φακοὶ παρουσιάζουν διάφορα σφάλματα, τὰ ὅποια καλοῦνται **ἐκτροπαί**.



Σχ. 64. Σφαιρική ἐκτροπή φακοῦ.

πρὸ τοῦ φακοῦ διὰ φραγματικοῦ, φέρον κυκλικὸν ἄνοιγμα, διὰ τοῦ ὅποιου διέρχονται μόνον κεντρικαὶ ἀκτῖνες.

β) Αστιγματική ἐκτροπή. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν μεγάλην γωνίαν, τὴν ὅποιαν σχηματίζουν αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες μὲ τὸν κύριον ἔξονα τοῦ φακοῦ. Ό ἀστιγματισμὸς συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μὴ είναι εὔχρινη τὰ σχηματιζόμενα εἴδωλα.

γ) Χρωματική ἐκτροπή. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὴν ἀνάλυσιν, τὴν ὅποιαν ὑφίσταται τὸ λευκὸν φῶς, διὰ τοῦτο διέρχεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ. Καὶ ἡ ἐκτροπὴ αὕτη συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μὴ είναι εὔχρινὲς τὸ σχηματιζόμενον εἴδωλον.

δ) Διωρθωμένον σύστημα φακῶν. Εἰς τὰ διάφορα ὅπτικὰ ὅργανα χρησιμοποιοῦνται σήμερον συστήματα φακῶν. Τὰ τοιαῦτα συστήματα

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 αὐτὸν σημεῖον (σχ. 64). Διὰ νὰ περιορίσωμεν

τὴν σφαιρικὴν ἐκτροπὴν θέτομεν

φακῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλοὺς φακούς (3 - 12), τῶν ὁποίων αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος, τὸ εἰδός τῆς ὑάλου καὶ αἱ μεταξύ των ἀποστάσεις ἔχουν ἐκλεγῆ καταλλήλως. "Ἐν διωρθωμένον σύστημα εἰναι ἀπλανητικόν, ἀχρωματικόν, ἀναστιγματικόν. Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο τὸ εἴδωλον ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου εἰναι σημεῖον (ἀπλανητικόν), ἡ χρωματικὴ ἐκτροπὴ καταργεῖται (ἀχρωματικόν) καὶ ἔξαφανίζονται τὰ ἐλαττώματα ἐκ τῆς κλίσεως τῶν ἀκτίνων πρὸς τὸν ἄξονα (ἀναστιγματικόν).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

36. Αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος ἐνὸς φακοῦ, ἔχοντος δείκτην διαθλάσεως 1,50, εἰναι $R_1 = \pm 40$ cm καὶ $R_2 = \pm 60$ cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τῶν 4 εἰδῶν φακῶν, τὰ δποῖα δύνανται νὰ προκύψουν ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ τῶν δινωτέρω τεσσάρων τιμῶν τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος.

37. "Ἡ μία ἀκτίς καμπυλότητος ἀμφίκυρτου φακοῦ εἰναι 15 cm, δ δείκτης διαθλάσεως εἰναι 1,5 καὶ ἡ ἐστιακὴ του ἀπόστασις εἰναι 10 cm. Πόση εἰναι ἡ ἀλληλή ἀκτίς καμπυλότητος;

38. "Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει τὰς δύο ἀκτίνας καμπυλότητος ἵσας μὲ 50 cm. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ δι' ὧρισμένην ἀκτινοβολίαν εἰναι 45 cm. Πόσος εἰναι δ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτῆς;

39. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως φ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ διντικείμενον, διὰ νὰ εἰναι τὸ εἴδωλον 3 φορᾶς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ διντικείμενον;

40. Φωτεινὸν σημεῖον εύρισκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακὸν εἰναι κατὰ 80 cm μικροτέρα τῆς ἀποστάσεως τοῦ διντικείμενου ἀπὸ τὸν φακόν. Πόσον ἀπέχει τὸ εἴδωλον ἀπὸ τὸν φακόν;

41. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm πρέπει νὰ τοποθετηθῇ διντικείμενον, ὥστε τὸ σχηματιζόμενον εἰδώλον νὰ ἔχῃ ἐπιφάνειαν 9 φορᾶς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ διντικείμενου;

42. Φωτεινὴ εὐθεία μήκους 2 cm ἀπέχει 1 m ἀπὸ πέτασμα. Μεταξὺ τῆς εὐθείας καὶ τοῦ πετάσματος τοποθετεῖται συγκλίνων φακός, δπότε λαμβάνομεν εὐκρινές εἰδῶλον διὰ δύο θέσεις τοῦ φακοῦ, αἱ δποῖα ἀπέχουν μεταξύ των 40 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ καὶ αἱ διαστάσεις τῶν δύο εἰδώλων.

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

44. Συμμετρικὸς ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως $v = 1,5$ καὶ ἐπιπλέει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑδραργύρου. Εἰς ὑψος 25 cm ὑπεράνω τοῦ φακοῦ τοποθετεῖται φωτεινὸν σημεῖον. Παρατηρεῖται τότε δτι τὸ εἴδωλον τοῦ σημείου σχη-

ματίζεται έκει, δόπου εύρισκεται και τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ύπολογισθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

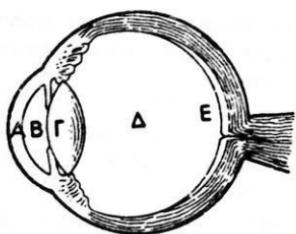
45. Μὲ ἔνα φακὸν ἴσχύος 5 διοπτριῶν θέλομεν νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ ἔνος τοῖχου, δὲ δόποις παίζει ρόλον πετάσματος, τὸ εἰδώλον Α'Β' ἐνὸς ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου πρέπει νὰ εἴναι 20 φοράς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοῖχον πρέπει νὰ τεθῇ ὁ φακὸς καὶ πόσουν θὰ ἀπέχῃ τότε τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸν φακόν; 'Ο ὅπτικὸς ἄξων τοῦ φακοῦ εἶναι κάθετος πρὸς τὸν τοῖχον.

46. Ἀντικείμενον ΑΒ μήκους 10 cm ἀπέχει 40 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν Λ ἐστιακῆς ἀπόστασεως $\phi = 30$ cm. Θέλομεν νὰ λάβωμεν τὸ εἰδώλον τοῦ ΑΒ ἐπὶ διαφράγματος ἀπέχοντος 6 m ἀπὸ τὸν φακὸν Λ. Πρὸς τοῦτο φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν φακὸν Λ ἔνα ἄλλον φακὸν Λ'. Νὰ εύρεθῇ τὸ εἶδος τοῦ φακοῦ Λ' καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ. Πόσον εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος;

37. Φακὸς Λ ἀπέχων 15 cm ἀπὸ ἀντικείμενον ΑΒ δίδει πραγματικὸν εἰδώλον $A'B' = 3 \cdot AB$. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἄλλου φακοῦ Λ', δὲ δόποις τιθέμενος εἰς ἀπόστασιν 10 cm ὅπισθεν τοῦ φακοῦ Λ δίδει νέον πραγματικὸν εἰδώλον $A''B'' = v \cdot A'B'$. Πόση εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ Λ', ἢν εἶναι $v = 2$ ἢ $v = 1$;

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

51. Κατασκευὴ τοῦ ὄφθαλμοῦ.—'Απὸ ὅπτικῆς ἀπόψεως δὲ φθιλμὸς ἀποτελεῖται ἐκ σειρᾶς διαφανῶν μέσων, τὰ ὅποια χωρίζονται μεταξὺ των μὲ αἰσθητῶς σφαιρικάς ἐπιφανείας· τὰ κέντρα τῶν ἐπιφανειῶν τούτων εύρισκονται ἐπὶ τοῦ ἄξονος. "Οταν προχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ πρὸς τὸ ἐσωτερικόν, συναντῶμεν διαδοχικῶς τὰ ἔξης (σχ. 65) : α) Τὸν διαφα-



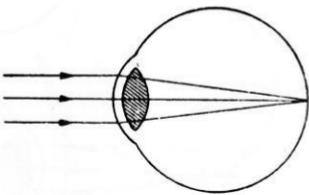
Σχ. 65. Τομὴ ὄφθαλμοῦ.

νῆ κερατοειδῆ χιτῶνα Α. β) Τὸ ὄδατω δεσμὸν γρόν. β. γ) "Ἐν διάφραγμα ἔχον διάφορον χρῶμα εἰς τὰ διάφορα ἄπομα, τὸ ὅποιον καλεῖται ἔρις καὶ φέρει εἰς τὸ μέσον κυκλικὸν ἔνοιγμα (κόρη). διάμετρος τῆς κόρης μεταβάλλεται ἀπὸ 2 ἔως 8 mm περίπου. δ)" "Ἐνα ἀμφίκυρτον ἐλαστικὸν φακὸν Γ, δὲ δόποιος καλεῖται κρυσταλλὸς ὀδηγοῦ φακού.

ε) Τὸ ὄαλωδεσμὸν γρόν Δ. Τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ὄφθαλμοῦ καλύπτεται ἀπὸ μίαν μεμβράνη Ε, ἡ ὅποια καλεῖται ἡ μεμβράνη στροειδῆς χιτῶν καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς διακλαδώσεις τοῦ ὅπτικοῦ

νεύρου. Διὰ νὰ είναι εὔκρινῶς ὄρατὸν ἐν ἀντικείμενον, πρέπει τὸ εἴδωλόν του νὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Κατὰ προσέγγισιν ὁ ὄφθαλμὸς δύναται νὰ ἔξομοιωθῇ μὲ συγχλίνοντα φακόν, τοῦ ὅποιου τὸ ὀπτικὸν κέντρον εὐρίσκεται 15 mm ἐμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

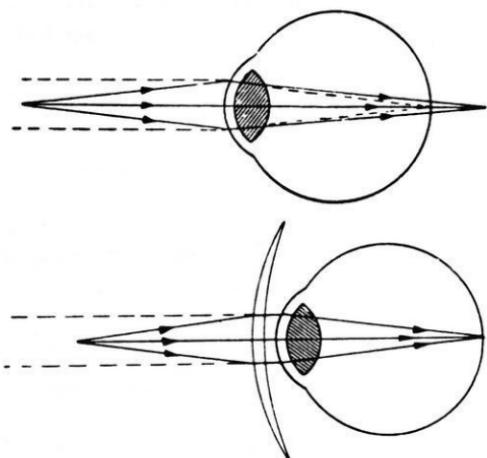
52. Κανονικὸς ὄφθαλμός. Προσαρμογὴ. — "Οταν ὁ ὄφθαλμὸς παρατηρῇ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίνῃ, αὐτὸς εὔκρινῶς, τότε τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐάν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀπειρον, τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). "Οταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ συνεχῶς πρὸς τὸν ὄφθαλμόν, τότε τὸ εἴδωλον θὰ ἔπερπε νὰ σχηματίζεται ὥπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ νὰ ἀπομακρύνεται συνεχῶς ἀπὸ αὐτόν. Διὰ νὰ σχηματίζεται ὅμως πάντοτε τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, πρέπει νὰ τροποποιῆται ἑκάστοτε ὁ μηχανισμὸς τοῦ ὄφθαλμοῦ. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταβολῆς τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ· ἐφ' ὅσον ἐλαχτώνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν ὄφθαλμόν, ὁ κρυσταλλώδης φακὸς γίνεται συγκεντρωτικότερος. Ἡ ἵκανότης αὐτὴ τοῦ ὄφθαλμοῦ καλεῖται προσαρμογὴ. Ὁ κανονικὸς ὄφθαλμός, δύναται νὰ βλέπῃ εὔκρινῶς, χωρὶς προσαρμογὴν, τὰ εἰς ἀπειρον εὐρισκόμενα ἀντικείμενα καὶ προσαρμοζόμενος δύναται νὰ βλέπῃ εὔκρινῶς τὰ ἀντικείμενα μέχρις ἀπόστασεως 25 cm. Ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ εὑρεθῇ ἀπὸ τοῦ ὄφθαλμοῦ ἐν ἀντικείμενον, διὰ νὰ διακρίνεται εὔκρινῶς, καλεῖται ἐλαχίστη ἀπόστασις εὔκρινοῦς ὄράσεως· αὕτη διὰ τὸν κανονικὸν ὄφθαλμὸν είναι περίπου 25 cm.



Σχ. 66. Κανονικὸς ὄφθαλμός.

53. Πρεσβυωπία. — "Ἡ ἴσχὺς τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ, ὅταν οὗτος ἡρεμῇ, είναι 19 διοπτρίαι· διὰ τῆς προσαρμογῆς ἡ ἴσχὺς του αὐξάνεται εἰς 33 διοπτρίας. Αὐτὴ ὅμως ἡ ἵκανότης τοῦ ὄφθαλμοῦ, νὰ μεταβάλῃ τὴν ἴσχὺν τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ κατὰ 14 διοπτρίας, ἐλαττώνεται μὲ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν, διότι ἡ ἐλαστικότης τοῦ φακοῦ συνεχῶς ἐλαχτώνεται. Οὕτως εἰς ἡλικίαν 20 ἐτῶν ἡ ἴσχὺς τοῦ φακοῦ

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

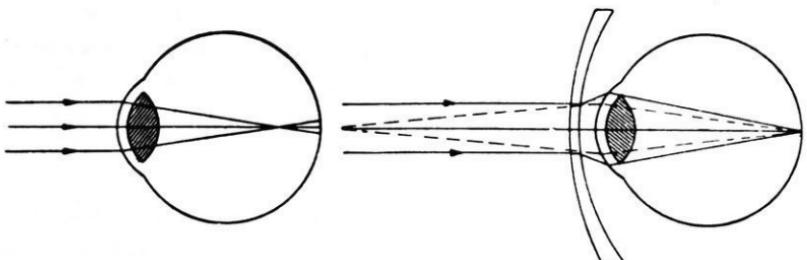


Σχ. 67. Πρεσβυωπικὸς ὀφθαλμὸς καὶ διόρθωσις αὐτοῦ.

Αὔτη ἡ ἐλάττωσις τῆς ίκανότητος προσαρμογῆς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ αἱξάνεται μὲ τὴν πάροδον τῶν ἑτῶν ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὑκρινοῦς 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 συγηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Διὰ νὰ ἀναπληρωθῇ ἡ ἔλλειψις

ίκανότητος προσαρμογῆς, ὁ πρεσβύωψ ὀφθαλμὸς χρησιμοποιεῖ συγχρίνοντα φακὸν διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν πλησίον εὐρισκομένων ἀντικείμενων (σχ. 67).

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

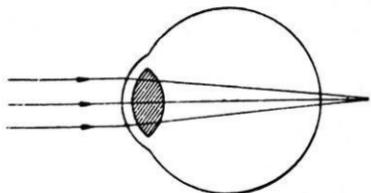


Σχ. 68. Μυωπικὸς ὀφθαλμός.

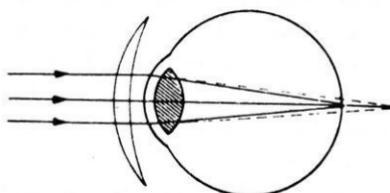
Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

εἶδωλον ἐνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικείμενου συγηματίζεται ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 68). Οὕτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς χωρὶς προσαρμογὴν ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν ἥλιγων

μέτρων, διότι τότε μόνον, τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀντιθέτως ὁ μύωψ ὁ φθαλμὸς δύναται προσαρμοζόμενος νὰ διαχρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν πολὺ μικροτέραν τῶν 25 cm. Ἡ μυωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ἀπόκλινον τοῦ φακοῦ, ὁ ὁποῖος μετατοπίζει τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 69). Εἰς τὸν ὑπερμέτρωπα ὁ φθαλμὸς ὁ ἄξων τοῦ ὁφθαλμοῦ εἶναι βραχὺς καὶ



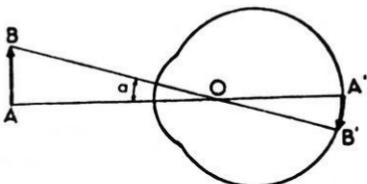
Σχ. 70. Ὑπερμέτρωπικὸς ὁφθαλμός.



Σχ. 71. Διόρθωσις ὑπερμέτρωπικοῦ ὁφθαλμοῦ.

ἐπομένως τὸ εἴδωλον ἐνὸς μακρὰν εὑρίσκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 70). Οὕτως ὁ ὑπερμέτρωπος ὁφθαλμὸς δὲν διαχρίνει τίποτε χωρὶς προσαρμογὴν. Εἰς τὸν ὁφθαλμὸν τοῦτον ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἢ πò 25 cm. Ἡ ὑπερμέτρωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως συγκλίνοντος φακοῦ, ὁ ὁποῖος μετατοπίζει τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 71).

55. Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—Καλεῖται φαινομένη διάμετρος ἐνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 72) ἡ γωνία $AOB = \alpha$ ἡ σχηματίζομένη ἀπὸ τὰς ἀκτίνας OA καὶ OB , αἱ ὁποῖαι ἔγονται ἀπὸ τὸ κέντρον O τοῦ ὁφθαλμοῦ εἰς τὰ ἄκρα A καὶ B τοῦ ἀντικειμένου. Οταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται πολὺ μακράν, τότε ἡ γωνία α εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ μετρουμένη εἰς ἀκτίνια εἶναι :



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

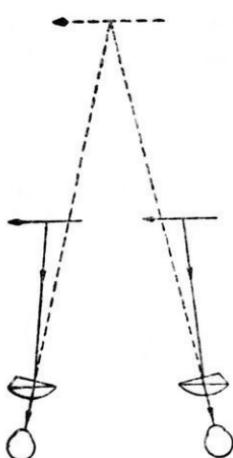
$$\text{φαινομένη διάμετρος : } \alpha = \frac{AB}{OA}$$

‘Η ἀνωτέρω σχέσις φανερώνει δτι :

‘Η φαινομένη διάμετρος ἐνὸς ἀντικειμένου είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τούτου ἀπὸ τὸν ὁφθαλμόν.

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου Α'Β' ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ἀντικείμενον δὲν δύναται νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὸν ὁφθαλμὸν ἀπεριορίστως, ἔπειται ὅτι ἡ φαινομένη διάμετρος ἐνὸς ἀντικειμένου δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ μίκη ὥρισμένην μεγίστην τιμήν, ἡ δποίᾳ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὄράσεως. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν τοῦ ἀντικειμένου τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἔχει τὴν μεγίστην δυνατὴν τιμήν.

56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία.—“Οταν παρατηροῦμεν ἐν ἀντικείμενον μὲ τοὺς δύο ὁφθαλμοὺς, τόπε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἑκάστου ὁφθαλμοῦ σχηματίζεται ἴδιαιτερον εἰδώλον. Ἐν τούτοις βλέπομεν ἐν μόνον ἀντικείμενον.” Οταν τὸ αὐτὸν ἀντικείμενον τὸ παρατηροῦμεν ἀλλοτε μὲν μὲ τὸν ἔνα ὁφθαλμόν, ἀλλοτε δὲ μὲ τὸν ἄλλον ὁφθαλμόν, τόπε τὸ θέαμα, τὸ δποίον παρουσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι ὅλην διαφορετικόν, ὅταν παρατηρήται μὲ μόνον τὸν δεξιὸν ἢ τὸν ἀριστερὸν ὁφθαλμόν. Λί μικραὶ αὐταὶ διαφοραὶ συντελοῦν εἰς τὸ νὰ μᾶς δίδουν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, δηλαδὴ νὰ ἀντιλαμβάνωμεθαὶ ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἡμᾶς χῶρον, ὅχι ὡς ἐπισάνεια, ἀλλὰ ὡς στερεὸν ἔχον διαστάσεις.



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου.

Τὸ στερεοσκόπιον ἀναπαράγει σχέδιὸν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, τὴν δποίαν μᾶς δίδει ἡ διόφθαλμος ὄρασις. Λαμβάνομεν δύο φωτογραφίας τοῦ ἀντικειμένου μὲ δύο φωτογραφικὰ μηχανάς, αἱ δποῖαι απέχουν μεταξὺ των, ὅσον απέχουν οἱ δύο ὁφθαλμοί, ητοι 6 ἔως 7 εμ. Αἱ δύο αὐταὶ εἰκόνες τοῦ ἀντικειμένου δὲν εἶναι τελείως ὅμοιαι· ή μία ἐξ αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν δποίαν μᾶς δίδει ὁ δεξιὸς ὁφθαλμός, ἡ δὲ ἄλλη εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν δποίαν μᾶς δίδει ὁ ἀριστερὸς ὁφθαλμός. Θέτομεν τὰς δύο αὐτὰς εἰκόνας ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεο-

ποκού (σχ. 73) καὶ παρατηροῦμεν συγχρόνως τὰς δύο εἰκόνας οὕτως, ώστε ἔκαστος ὀφθαλμὸς νὰ βλέπῃ μόνον τὴν εἰκόνα, ἡ δόπιος ἄντιστοιγεῖ εἰς αὐτόν. Τὸ δύο εὖδωλα συμπίπτουν εἰς ἐν μόνον εἶδωλον, τὸ δόπιον μᾶς δίδει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἀναγλύφου. Τὸ σύστημα παρατηρήσεως ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα φακοῦ καὶ πρίσματος.

57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως.—¹ Η γένεσις καὶ ἡ ἔξαράνσις μᾶς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως ἀπαιτεῖ τὴν πάροδον ὠρισμένου χρόνου, δ ὁ δόπιος ἔξαρτηται ἀπὸ τὴν ἄντασιν καὶ τὰ χρώματα τοῦ φωτός. Ἐκάστη λοιπὸν ὀπτικὴ ἐντύπωσις διαρκεῖ περίπου ἐπὶ 1/10 τοῦ δευτερολέπτου. Διὰ τοῦτο ἐν ταχέως καὶ νοιούμενον σημεῖον δὲν διακρίνεται ἡ ἔξαράνσις μᾶς. ² Η κινηματογραφία βασίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. ³ Επὶ τῆς ὀλόνης προβάλλονται διαδοχικῶς φωτογραφίαι ἐνὸς κινουμένου ἀντικειμένου ληφθεῖσαι κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἵσα μὲ 1/24 τοῦ δευτερολέπτου. Αἱ φωτογραφίαι αὐταὶ προβάλλονται ἔπειτα μὲ τὸν ἴδιον ρυθμόν, γῆτοι 24 κατὰ δευτερόλεπτον. ⁴ Ο παρατηρητὴς βλέπει προβαλλομένας τὰς διαδοχικὰς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, ἔνεκα δημοσίᾳ τῆς διαρκείας τῶν ὀπτικῶν ἐντυπώσεων, δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν συνεχῆ ἀλλαγήν τῶν προβαλλομένων εἰκόνων καὶ νομίζει ὅτι βλέπει κινούμενον τὸ ἀντικείμενον.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

48. Μιωπικὸς ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ εὔκρινῶς ἀντικείμενα εύρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τῶν 3 m. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ισχὺς τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ώστε δ ὀφθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εύκρινῶς τὰ μακρὰν εύρισκόμενα ἀντικείμενα;

49. Μιωπικὸς ὀφθαλμὸς δὲν διακρίνει εύκρινῶς ἀντικείμενα εύρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τῶν 10 cm. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ώστε δ ὀφθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εύκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm;

50. Εἰς ἓνα ὑπερμέτρωπα ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εύκρινοῦς δράσεως είναι 90 cm. Νὰ εὑρεθῇ πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ισχὺς τῶν φακῶν, τοὺς δόπιούς θὰ χρησιμοποιήῃ, διὰ νὰ διακρίνῃ εύκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm.

51. Ὁφθαλμὸς βλέπει εύκρινῶς ἀντικείμενα εύρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 1 m. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, διὰ νὰ βλέπῃ εύκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 25 cm;

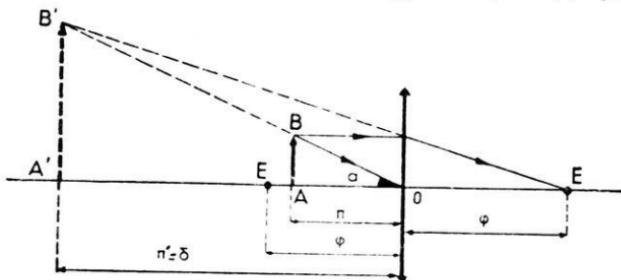
52. Γέρων, τοῦ δόπιον ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εύκρινοῦς δράσεως είναι 1,20 m, θέλει νὰ διαβάζῃ βιβλίον εύρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν του. Πόση είναι ἡ ισχὺς τοῦ φακοῦ, τὸν δόπιον θὰ χρησιμοποιήσῃ;

Ο ΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

58. Όπτικά δργανα.—Είδομεν (§ 55) ότι, όσον μεγαλυτέρα είναι η φαίνομένη διάμετρος ένδος άντικειμένου, τόσον μεγαλύτερον είναι και τὸ εἰδώλον τοῦ άντικειμένου τούτου, τὸ δόποιον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀπὸ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἔξαρτάται καὶ τὸ πλήθος τῶν λεπτομερειῶν, τὰς δόποιας διακρίνομεν. Ή μεγάλη στη δυνατή φαίνομένη διάμετρος άντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εύκρινοῦς δράσεως. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὔξησιν τῆς φαίνομένης διαμέτρου, χρησιμοποιοῦμεν διάφορα διπτικά δργανα.

A'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

59. Απλοῦν μικροσκόπιον.—Τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα συγκλίνοντα φακὸν μικρᾶς ἐστιαχῆς ἀπόστάσεως. Τὸ πρὸς παρατήρησιν άντικείμενον AB (σχ. 74) τοποθετεῖται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας E καὶ τοῦ φακοῦ. Τὸ παρατηρούμενον τότε εἰδώλον $A'B'$ είναι δρθόν, φανταστικὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ άντικείμενον. Ὑποθέτομεν ὅτι ὁ διφθαλμὸς εὑρίσκεται σχεδὸν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν φα-



Σχ. 74. Ο συγκλίνων φακὸς ἀποτελεῖ ἀπλοῦν μικροσκόπιον

κόν. Τὸ εἰδώλον $A'B'$ είναι εύκρινὲς, ὅταν ἡ ἀπόστασίς του ἀπὸ τὸν διφθαλμὸν είναι ἵση μὲ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εύκρινοῦς δράσεως. Τὸ εἰδώλον $A'B'$ φαίνεται ὑπὸ γωνίᾳ α . "Αρά ἡ μονὰς μήκους τοῦ άντικειμένου AB φαίνεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ ὑπὸ γωνίᾳ : $\frac{\alpha}{AB}$.

Καλεῖται ἡ σχῆμα μικροσκοπίου ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν δόποιαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ φακοῦ τὴν μονάδα μήκους τοῦ άντικειμένου.

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

(1)

‘Η φαινομένη διάμετρος α τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς ἀ κ τίνα καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου AB μετρεῖται εἰς μέτρα, ἐπομένως ἡ ἴσχυς μετρεῖται εἰς διόπτρας.

‘Απὸ τὸ δρθιόγωνιον τρίγωνον OAB εύρισκομεν : $AB = OA \cdot \varepsilon \varphi \alpha$. ‘Ἐὰν λάβωμεν ὑπὸ δψιν δτι ἡ γωνία α εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δτι ἡ ἔστιακή ἀπόστασις τοῦ φακοῦ συνήθως εἶναι πολὺ μικρά, τότε δυνάμεθα κατὰ μεγάλην προσέγγισιν νὰ λάβωμεν : $AB = \varphi \cdot \alpha$. Ἐπομένως ἡ ἴσχυς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου κατὰ προσέγγισιν εἶναι :

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

60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—Δι’ ὅλα τὰ δόπτικὰ δργανα ἴσχυει ὁ ἀκόλουθος δρισμός :

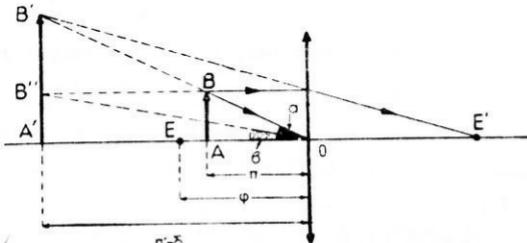
Μεγέθυνσις ἐνὸς δόπτικοῦ ὄργανου καλεῖται ὁ λόγος τῆς γωνίας α, ὑπὸ τὴν δόποιαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ ὄργανου τὸ εἰδῶλον A'B', πρὸς τὴν γωνίαν β, ὑπὸ τὴν δόποιαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ γυμνοῦ δφθαλμοῦ, ὅταν τοῦτο εύρισκεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως.

‘Η οὕτως ὁρίζομένη μεγέθυνσις εἶναι ἡ γωνιακή μεγέθυνσις, ἐνῷ ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις :

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

‘Η γωνία α ἔχει τὴν μεγαλυτέραν τιμήν, ὅταν τὸ εἰδῶλον A'B' σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως (σχ. 75). ’Απὸ τὴν σχέσιν $\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\varphi}$ εύρισκομεν :

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



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

Αἱ γωνίαι α καὶ β εἰναι πολὺ μικραί. Ἐπομένως ἀπὸ τὰ δρθιγώνια τρίγωνα OAB καὶ $OA'B'$ εὑρίσκομεν ὅτι εἰναι :

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

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

Συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρῳ δρισμὸν ἔχομεν ὅτι ἡ μεγέθυνσις M εἰναι :

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

Ἐάν εἰς τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν θέσωμεν τὴν τιμὴν τοῦ π ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν (1), εὑρίσκομεν ὅτι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἰναι :

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

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

Ἡ μεγέθυνσις ἐνὸς ἀπλοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸν λόγον τῆς ἐλαχίστης ἀποστάσεως εὔκρινοῦς δράσεως τοῦ παρατηρητοῦ πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ.

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

Ἐάν λάβωμεν ὑπὸ ὅψιν ὅτι κατὰ προσέγγισιν ἡ ἴσχυς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἰναι $P = 1/\varphi$, τότε ἡ ἀνωτέρῳ σχέσις (4) φανερώνει ὅτι :

Ἡ μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἴσχύος τοῦ φακοῦ ἐπὶ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὔκρινοῦς δράσεως τοῦ παρατηρητοῦ.

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

Π αράδειγμα. Παρατηρήσεων ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὔκρινοῦς δράσεως 25 cm παρατηρεῖ διὰ μέσου συγχλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀπόστασεως 2 cm μικρὸν ἀντικείμενον μήκους 2 mm.

Η ισχύς του χρησιμοποιουμένου άπλου μικροσκοπίου είναι :

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

Η έπιτυγχανομένη μεγέθυνσις είναι :

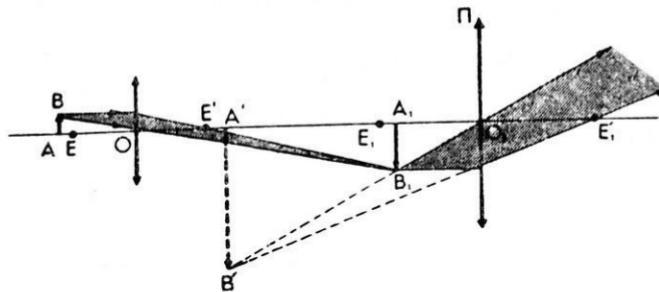
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} = 12,5$$

Η φαινομένη διάμετρος του ειδώλου είναι :

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

61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—Τὸ σύνθετον μικροσκόπιον ἡ ἀπλῶς μικροσκόπιον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παρατήρησιν πολὺ μικρῶν ἀντικειμένων. Τὸ μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ σύστημα δύο συγχλινόντων φακῶν, οἱ δόποιοι είναι καταλλήλως στερεωμένοι εἰς τὰ δύο ἄκρα σωλῆνος.

Ο ἀντικειμενικὸς φακὸς ἔχει πολὺ μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν ὅλιγον δὲ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας του τοποθετεῖται τὸ πολὺ μικρὸν ἀντικείμενον AB (σχ. 75). Οὕτως ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς δίδει τὸ πρᾶγμα γ-



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

ματικὸν ειδώλου A_1B_1 , τὸ δόποιον είναι ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Ο προσοφθάλμιος φακὸς λειτουργεῖ ὡς ἀπλοῦ μικροσκόπιον καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ πραγματικοῦ ειδώλου A_1B_1 . τοῦτο σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του. Οὕτως ὁ ὄφθαλμὸς βλέπει τὸ φαγαστικὸν ειδώλον $A'B'$, τὸ δόποιον διὰ νὰ είναι εὐκρινές, πρέπει νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως τοῦ παρατηρητοῦ. Τὸ ἀντικείμενον φωτίζεται κάτωθεν πολὺ ἰσχυρῶς μὲ τὴν βοήθειαν κατόπτρου, ὥστε τὸ τελικὸν ειδώλον, τὸ δόποιον είναι πολὺ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, νὰ είναι φωτεινόν.

α) Ισχύς τοῦ μικροσκοπίου. "Οπως εῖδομεν, ισχύς τοῦ μικροσκοπίου καλεῖται ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὥποιαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ μικροσκοπίου τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν λοιπὸν α εἰναι ἡ φαίνομένη διάμετρος τοῦ τελικοῦ εἰδώλου A'B', τότε συμφώνως πρὸς τὸν δρισμὸν ἡ ισχύς τοῦ μικροσκοπίου εἰναι : $P = \frac{\alpha}{AB}$.

'Η ἀνωτέρω σχέσις γράφεται ὡς ἔξῆς :

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

'Αλλὰ $\frac{\alpha}{A_1B_1}$ εἰναι ἡ ισχύς P_π τοῦ προσοφθαλμίου, ἡ ὥποια ὡς γνωστὸν (§ 59) εἰναι :

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

'Ο δὲ λόγος $\frac{A_1B_1}{AB}$ εἰναι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις τοῦ ἀντικειμενικοῦ

(§ 42), ἡ ὥποια εἰναι : $\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{OA_1}{OA}$

ἢ κατὰ προσέγγισιν : $\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{OO_1}{OE} = \frac{l}{\varphi_a}$

"Ωστε κατὰ προσέγγισιν ἡ ισχύς τοῦ μικροσκοπίου εἰναι :

$$\text{Ισχύς μικροσκοπίου : } P = \frac{l}{\varphi_\pi \cdot \varphi_a}$$

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

β) Μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου. "Οπως εἰς τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον, οὕτω καὶ εἰς τὸ σύνθετον μικροσκόπιον εὑρίσκεται ὅτι :

'Η μεγέθυνσις (M) τοῦ μικροσκοπίου ισοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ισχύος (P) τοῦ μικροσκοπίου ἐπὶ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως (δ) τοῦ παρατηρητοῦ.

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

Κατὰ συνθήκην ἡ ἐμπορικὴ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου δρίζεται μὲ βάσιν τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐχρινοῦς ὁράσεως τοῦ κανονικοῦ ὀφθαλμοῦ ($\delta = 25$ cm).

Παρά δει γμα. Εἰς ἐν μικροσκόπιον εἶναι :

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

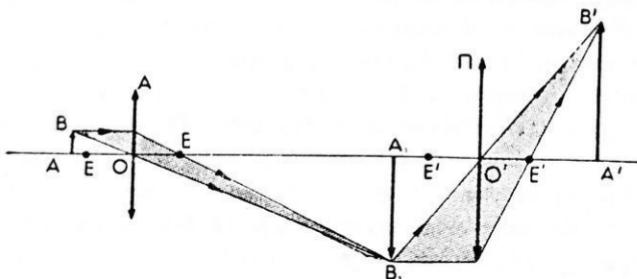
Ἡ λογίας τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

Ἡ δὲ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου δί' ἔνα ὀφθαλμὸν ἔχοντα ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐχρινοῦς ὁράσεως $\delta = 10$ cm εἶναι : $M = 1000 \cdot 0,10 = 100$, ἢτοι δὲ ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον 100 φορᾶς μεγαλύτερον.

62. Διαχωριστικὴ ίκανότης τοῦ μικροσκοπίου.—Ἐκ πρώτης ὅψεως φαίνεται ὅτι εἶναι δυνατὸν νὰ αὐξηθῇ ἡ λογίας τοῦ μικροσκοπίου πέραν τῶν ἀνωτέρων ὀρίων λογίας, τὰ ὅποια ἔχομεν σήμερον ἐπιτύχει. Ἐφ' ὅσον δὲ βάίνει αὐξανομένη ἡ λογίας, αὐξάνονται καὶ αἱ λεπτομέρειαι, τὰς ὅποιας διακρίνει ὁ ὀφθαλμός. Παρὰ τὰς τεχνικὰς τελειοποιήσεις, δύο σημεῖα A καὶ B δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ φαίνωνται ὡς χωριστὰ σημεῖα, διατητὰ τῶν ἀπόστασίς των εἶναι μικροτέρα τῶν 0,2 μ. Τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα δίδουν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆς ὡς εἴδωλα δύο κηλῆδας, αἱ ὅποιαι καλύπτουν ἐν μέρει ἡ μία τὴν ἄλλην. Τὸ φανόμενον τοῦτο εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παραθλαστικῆς τοῦ φωτὸς (§ 92). Διὰ τῶν μικροσκοπίων διακρίνομεν λεπτομερείας τοῦ ἀντικείμενου, αἱ ὅποιαι ἔχουν διαστάσεις ἀπὸ 0,2 μ ἕως 50 μ.

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



Σχ. 77. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδώλου ὑπὸ τοῦ μικροσκοπίου.

A_1B_1 , τὸ ὅποιον δίδει ὁ ἀντικείμενος, νὰ σχηματίζεται πρὸ τῆς κυ-

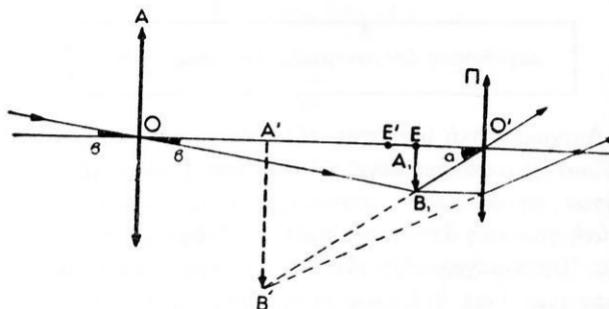
ρίας ἔστιας Ε' τοῦ προσοφθάλμιου (σχ. 77). Τότε δὲ προσοφθάλμιος δίδει τὸ πρᾶγμα τικὸν εἰδώλον Α'Β', τὸ δέποιον δύναται νὰ ληφθῇ ἐπὶ διαφράγματος ἢ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Ἡ φωτογράφησις τῶν εἰδώλων μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων καλεῖται μικροφωτογραφία· πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου φωτογραφικὴ μηχανή. Ἀντὶ φωτογραφικῆς μηχανῆς δύναται νὰ στερεωθῇ ἡ συσκευὴ λήψεως κινηματογραφικῶν εἰκόνων· ἡ κινηματομικροφωτογραφία παρέχει στήμερον πολύτιμον βοήθειαν εἰς τὰς διαφόρους ἐρεύνας καὶ τὴν διδασκαλίαν.

64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ.—Τὸ πραγματικὸν εἰδώλον Α₁Β₁, τὸ δέποιον σχηματίζει ὁ ἀντικειμενικὸς φακός, πρέπει νὰ εἶναι πολὺ φωτεινὸν καὶ χωρὶς σφάλματα· διότι, ἂν τὸ εἰδώλον τοῦτο ἔχῃ σφάλματα, ταῦτα θὰ γίνουν μεγαλύτερα διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Γενικῶς ὁ ἀντικειμενικὸς φακός τοῦ μικροσκοπίου εἶναι ἐν σύστημα φακῶν, διὰ τοῦ δέποιου ἐπιδιώκεται αὔξησις τῆς ἵσχυος τοῦ μικροσκοπίου καὶ διόρθωσις τῶν διαφόρων σφαλμάτων, τὰ δέποια παρουσιάζουν οἱ φακοί. Ἀλλὰ καὶ ὁ προσοφθάλμιος φακός τοῦ μικροσκοπίου εἶναι πάντοτε σύστημα φακῶν.

B'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

65. Διοπτρικὰ καὶ κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.—Τὰ τηλεσκόπια εἶναι διόπτρικὰ δργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων εύρισκομένων πολὺ μακράν. Μὲ τὰ τηλεσκόπια ἐπιτυγχάνομεν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα ταῦτα ὑπὸ γωνίαν πολὺ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν γωνίαν, ὑπὸ τὴν δέποιαν τὰ βλέπομεν διὰ γυμνοῦ ὄφθαλμοῦ. Τὰ τηλεσκόπια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀντικείμενα τοῦ σύστημα, τὸ δέποιον σχηματίζει ἐν πολὺ μικρὸν πραγματικὸν εἰδώλον τοῦ μακράν εύρισκομένου ἀντικειμένου. Τὸ εἰδώλον τοῦτο παρατηρεῖται μὲν ἐν πρώτῳ στρέμμα, τὸ δέποιον δίδει τὸ τελικὸν φανταστικὸν εἰδώλον. Ὅπαρχουν δύο κατηγορίαι τηλεσκοπίων. Τὰ διοπτρικὰ τηλεσκόπια ἢ διόπτραι ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἓνα συγκλίνοντα φακὸν μεγάλης ἔστιακῆς ἀποστάσεως. Τὰ δὲ κατοπτρικὰ τηλεσκόπια ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἓν κοῖλον κάτοπτρον. Τὸ ἀντικειμενικὸν καὶ τὸ προσοφθάλμιον σύστημα εἶναι στερεωμένα καταλλήλως ἐπὶ μακροῦ σωλῆνος.

66. Αστρονομική διόπτρα.— 'Η αστρονομική διόπτρα ἀποτελεῖται : α) Άπο τὸν ἀντικείμενον φακόν, ὁ ὅποιος ἔχει πολὺ μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_a) καὶ δίδει τὸ πραγματικὸν, μικρὸν καὶ ἀνεστραμμένον εἰδώλον A_1B_1 (σχ. 78). β) Άπο τὸν προσ-



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

οφθάλμιον φακόν, ὁ ὅποιος ἔχει μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_π) καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 . Τὸ εἰδώλον τοῦτο σχηματίζεται πλησίον τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ. Κατὰ τὴν παρατήρησιν χωρὶς προσαρμογῆν, ἡ κυρία ἐστία E τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ ἡ κυρία ἐστία E' τοῦ προσοφθαλμίου συμπίπτουν καὶ τὸ μῆκος l τοῦ δρυγάνου εἶναι τότε : $l = \varphi_a + \varphi_\pi$.

α) Μεγέθυνσις τῆς διόπτρας. "Οπως εἰς τὰ μικροσκόπια, οὕτω καὶ εἰς τὰ τηλεσκόπια ἡ μεγέθυνσις ἴσοῦται μὲ τὸν λόγον τῆς φαινομένης διαμέτρου α τοῦ τελικοῦ εἰδώλου πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον β τοῦ ἀντικειμένου, ὅταν τὸ παρατηροῦμεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. "Αρχεῖναι : $M = \frac{\alpha}{\beta}$. Άπο τὰ τρίγωνα A_1OB_1 καὶ $A_1O'B_1$ εύρισκομεν ὅτι αἱ πολὺ μικραὶ γωνίαι α καὶ β εἶναι :

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

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

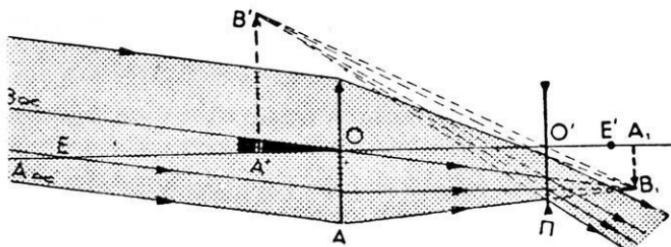
Ούτως εύρισκομεν ὅτι :

‘Η μεγέθυνσις τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας ίσοῦται μὲ τὸν λόγον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ προσοφθαλμίου.

$$\text{μεγέθυνσις ἀστρονομικῆς διόπτρας: } M = \frac{\varphi_a}{\varphi_x}$$

β) Διαχωριστικὴ ἵκανότης τῆς διόπτρας. Δύο σημεῖα A καὶ B σχηματίζουν δύο διακεκριμένα εἴδωλα, ἐὰν ή γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων εἶναι μεγαλυτέρα μιᾶς ὡρισμένης τιμῆς ω. ‘Η ὄρικὴ αὐτὴ γωνιακὴ ἀπόστασις καλεῖται διαχωριστικὴ ἵκανότης τῆς διόπτρας. “Οσον μεγαλυτέρα εἶναι ή διάμετρος τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τόσον μικροτέρα εἶναι ή διαχωριστικὴ ἵκανότης τῆς διόπτρας. Αἱ καλύτεραι διόπτραι ἔχουν διαχωριστικὴν ἵκανότητα 0,12”. ‘Η γωνία αὐτὴ εἶναι ή γωνιακὴ ἀπόστασις δύο σημείων τῆς ἐπιφανείας τῆς Σελήνης, τὰ δόποια ἀπέχουν μεταξὺ των 230 μέτρων.

67. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—Εἰς τὴν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου ὁ ἀντικειμενικὸς εἶναι συγχρινων φακός, ὁ δόποιος δίδει τὸ πραγμα-



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

τικὸν εἴδωλον A_1B_1 (σχ. 79). τοῦτο σχηματίζεται πολὺ πληρίων τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Ο προσοφθάλμιος εἶναι ἀποκλινων φακός, ὁ δόποιος παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τῆς ἐστίας του E. Ούτω τὸ εἴδωλον A_1B_1 ἐπέγει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸν προσοφθάλμιον φακόν. Εὰν ή κυρία ἐστία E τοῦ προσοφθαλμίου εύρισκεται πρὸ τῆς ἐστίας τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τότε ἡ

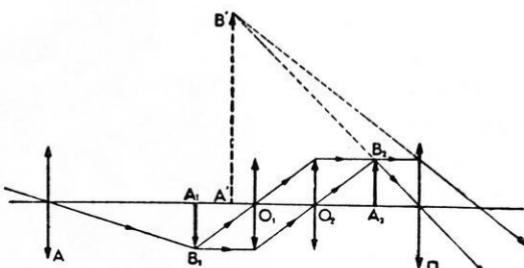
προσοφθάλμιος δίδει τὸ φανταστικὸν εῖδωλον Α'Β', τὸ δόποῖον εἶναι δὲ ρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ Α₁Β₁.

Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου εὑρίσκεται δτι εἶναι, ὥπως εἰς τὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν, ἵση μέ :

$$M = \frac{\varphi_a}{\varphi_p}$$

68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.— Διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, εὑρισκομένων ποιὺ μακράν, πρέπει τὸ παρατηρούμενον διὰ τῆς διόπτρας τελικὸν εῖδωλον νὰ εἶναι δρόν. Τοιοῦτον εἶναι τὸ εῖδωλον, τὸ δόποῖον παρατηροῦμεν διὰ τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου. Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, ἀν ἐφοδιασθῇ μὲ **ἀνορθωτικὸν σύστημα**. Τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ δόποῖοι ἔχουν τὴν ἴδιαν ἐστι-
ακήν ἀπόστασιν φ.

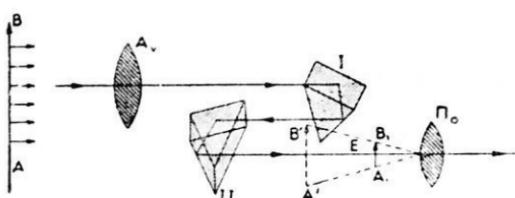
Τὸ ἀνορθωτικὸν σύ-
στημα παρεμβάλλεται
μεταξὺ τοῦ ἀντικει-
μενικοῦ καὶ τοῦ προσ-
οφθαλμίου οὔτως, ὡ-
στε τὸ πραγματικὸν
εῖδωλον Α₁Β₁, τὸ δό-
ποῖον δίδει δὲ ἀντι-
κειμενικός, νὰ σχη-
ματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ Ο₁ (σχ. 80).



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

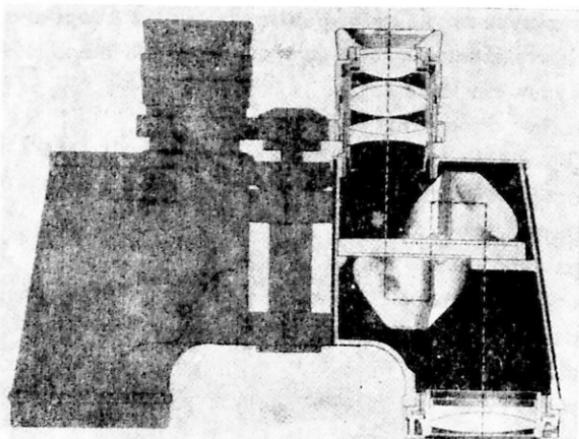
Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος εἶναι ἵση μὲ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σύστημα σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ δευτέρου φακοῦ Ο₂, τὸ πραγματικὸν εῖδωλον Α₂Β₂, τὸ δόποῖον εἶναι ἵσον μὲ τὸ Α₁Β₁, ἀλλ' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τοῦ προσοφθαλμίου παρατηροῦμεν τότε τὸ φανταστικὸν εῖδωλον Α'Β' τοῦ δρθοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου Α₂Β₂. Ἡ προσθήκη τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος προκαλεῖ αὔξησιν τοῦ μήκους τῆς διόπτρας κατὰ 3φ.

69. Πρισματική διόπτρα.—Εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου παρεμβάλλονται δύο πρίσματα ὄλικῆς ἀνακλάσεως I καὶ II (σχ. 81), τῶν ὅποιων αἱ ἀκμαὶ εἶναι κάθετοι μεταξὺ των. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὁποίᾳ ἔξερχεται ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν, ὑφίσταται δύο ὄλικὰς ἀνακλάσεις ἐντὸς ἑκάστου



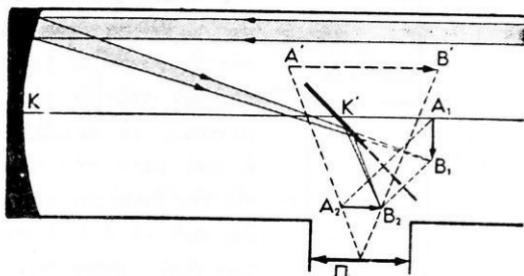
Σχ. 81. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν.

πρίσματος· αἱ ἀνακλάσεις αὐταὶ προκαλοῦν τὴν ἐν ὁρθωσίν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὅποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ τοῦ προσοφθαλμίου παρατηροῦμεν τὸ δρθὸν πρὸς τὸ ἀντικείμενον πραγματικὸν εἰδώλον $A'B'$. Οὕτως ὅμως ἐπιτυγχάνεται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι ἡ ἀκτὶς διατρέχει τρεῖς φορὲς τὸ μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων διάστημα. Δύο τοιοῦτοι διοπτρικοὶ σωλῆνες ἐνούμενοι καταλλήλως χρησιμοποιοῦνται διὰ διόφθαλμον δρασιν (σχ. 82). Αἱ διόφθαλμοι πρισματικαὶ διόπτραι παρέχουν στερεοσκοπικὴν ἀποψίν τοῦ εἰδώλου· διότι ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἀντικειμενικῶν εἶναι μεγαλυτέρη ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο προσοφθαλμίων καὶ συνεπῶς ἔκαστος διόφθαλμος παρατηρεῖ ἀλλην ἀποψίν τοῦ ἀντικειμένου.



Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας.

70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον. Τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον φέρει ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἐν κοῖλον κάτοπτρον, τὸ ὅποῖον ἔχει μεγάλην ἑστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 83). Τὸ κάτοπτρον K δίδει τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον A₁B₁ ἐνὸς μαχρὰν εύρισκομένου ἀντικειμένου AB. Τὸ εἰδῶλον A₁B₁ σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν E τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ἀνεστραμμένον. Πρὸ τῆς κυρίας ἑστίας E τοῦ κοίλου κατόπτρου τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον K' (ἢ πρᾶσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως), τὸ ὅποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μὲ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον A₁B₁ ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὅποῖον δίδει τότε τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον A₂B₂. Παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμίου τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον A₂B₂ βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἰδῶλον A'B'. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἵση μὲ τὸν λόγον τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως (φ_a) τοῦ κοίλου κατόπτρου πρὸς τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν (φ_x) τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, ἡτοι $M = \frac{\varphi_a}{\varphi_x}$.

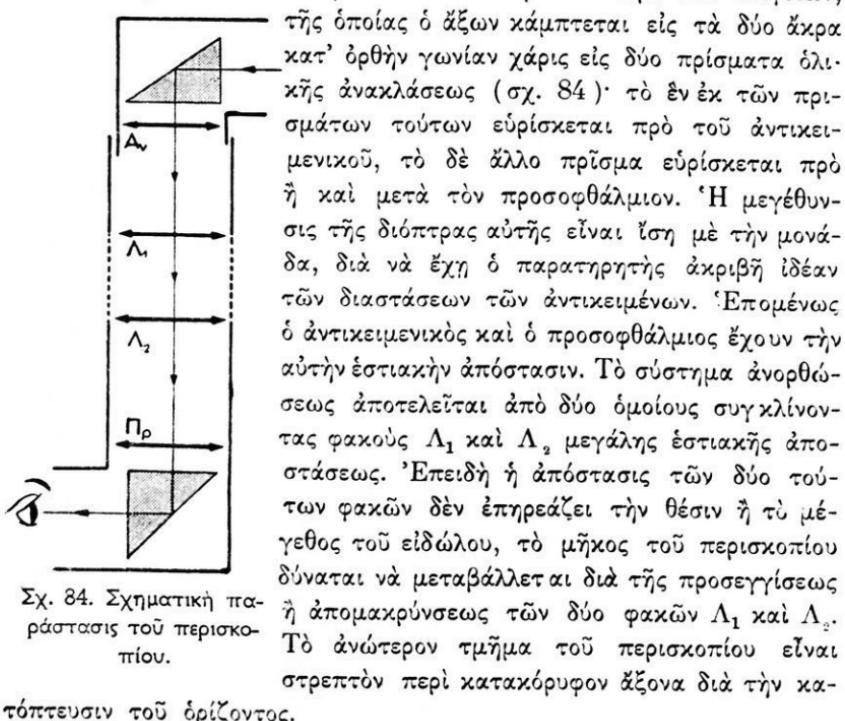


Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον.

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

Γ'. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

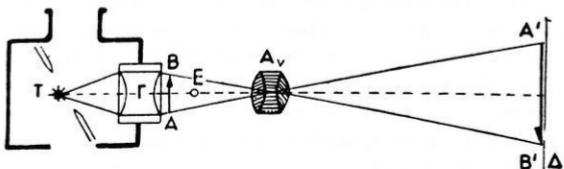
71. Περισκόπιον.—Τὸ περισκόπιον χρησιμοποιεῖται κυρίως ὑπὸ τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εύρισκωνται ἐν καταδύσει, διὰ τὴν ἔξερεύνησιν τοῦ δρίζοντος. Τὸ περισκόπιον εἶναι μία διόπτρα τῶν ἐπιγείων,



72. Φωτογραφικὴ μηχανὴ.—Ἡ φωτογραφικὴ μηχανὴ εἶναι σκοτεινὸς θάλαμος (§ 4), ὁ δποῖος εἰς τὴν θέσιν τῆς μικρᾶς ὀπῆς φέρει συγκλίνοντα φακὸν (ἀντικειμενικός). Μὲ τὸν φακὸν τοῦτον ἐπιτυγχάνεται πολὺ μεγαλυτέρα φωτεινότης τοῦ εἰδώλου. Ὁ ἀντικειμενικὸς τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς εἶναι σύστημα φακῶν ἀπηλλαγμένον ἀπὸ τὰ ἐλαττώματα, τὰ δποῖα παρουσιάζει δὲ εἰς μόνον φακό.

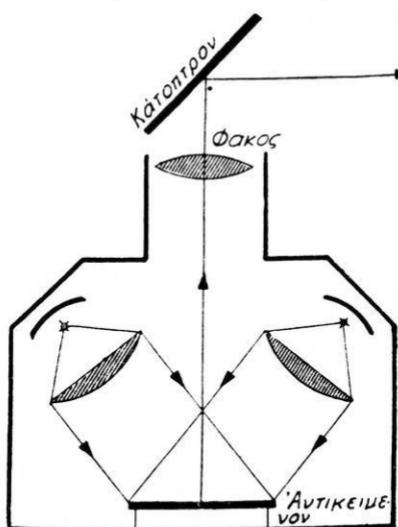
73. Προβολεύς.—Ὁ προβολεύς χρησιμεύει διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ διαφράγματος πραγματικοῦ καὶ μεγεθυσμένον εἰ-

δώλου, τὸ δόποῖον νὰ είναι δρατὸν ἀπὸ πολλοὺς συγχρόνως παρατηρητάς. Ἐκάστη συσκευὴ προβολῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ συγχλινὸν σύστημα, τὸ δόποῖον δύναται νὰ ἔξομοιωθῇ μὲ ἓνα φακὸν (ἀντικείμενον τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ (σχ. 85). ὁ φακὸς δίδει τότε ἐπὶ τοῦ πετάσματος τὸ πραγματικὸν καὶ μεγεθυσμένον εἰδώλον Α'Β'. Ἡ μεγέθυνσις αὐξάνεται, ὅταν τὸ ἀντικείμενον ΑΒ πλη-



Σχ. 85. Προβολεύς.

σιάζῃ πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε καὶ ἐπομένως, ὅταν τὸ εἰδώλον Α'Β' ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν συσκευήν. Διὰ νὰ είναι φωτεινὸν τὸ λαμβανόμενον μεγεθυσμένον εἰδώλον, πρέπει τὸ ἀντικείμενον νὰ φωτισθῇ πολὺ ἵσχυρῶς. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιεῖται ἵσχυρὰ φωτεινὴ πηγὴ (ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ η ἡλεκτρικὸν τόξον), τῆς ὃποίας τὸ φῶς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου δι’ ἐνὸς συγχλινοτος συστήματος (συναγωγός). Διὰ τὴν προβολὴν ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων (π.χ. φωτογραφιῶν, κειμένων κ.τ.λ.) τὸ φῶς τῆς πηγῆς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου· αἱ ἔξι αὐτοῦ προερχόμεναι ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου καὶ ἀνακλώμεναι ἐπ’ αὐτοῦ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ



Σχ. 86. Σχηματικὴ παράστασις ἐπιδιασκοπίου.

(σχ. 86). Ἡ προβολὴ διαφανῶν ἀντικειμένων διομάζεται διὰ σκοπικὴ προβολὴ, ἡ δὲ προβολὴ ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων διομάζεται ἐπισκοπικὴ. Αἱ συνήθεις συσκευαὶ προβολῆς ἐπιτρέπουν καὶ τὰ δύο εἴδη προβολῆς καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἐπισκοπικαὶ.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

53. Παρατηρητής, τοῦ ὅποίου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὔκρινοῦς δράσεως είναι 12 cm, χρησιμοποιεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακὸν ἑστιακῆς ἀποστάσεως 4 cm. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις, τὴν ὅποίαν ἐπιτυγχάνει, καὶ πόση είναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν φακόν;

54. Παρατηρητής ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὔκρινοῦς ὁράσεως 25 cm χρησιμοποιεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακὸν ἑστιακῆς ἀποστάσεως 2 cm. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις καὶ ἡ ισχὺς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου;

55. Συγκλίνων φακὸς ισχύος 12 διοπτρῶν χρησιμοποιεῖται ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον ἀπὸ παρατηρητὴν ἔχοντα ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὔκρινοῦς δράσεως 20 cm. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ δργάνου; Ἐὰν τὸ παρατηρούμενον εἴδωλον ἔχῃ μῆκος 4 cm πόσον είναι τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου;

56. Σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο λεπτούς συγκλίνοντας φακούς, τῶν ὅποιων τὰ ὅπτικά κέντρα ἀπέχουν 15 cm. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου είναι 1 cm, τοῦ δὲ προσοφθαλμίου είναι 3 cm. Παρατηρητής, ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὔκρινοῦς δράσεως 25 cm, τοποθετεῖ τὸν ὄφθαλμὸν του πολὺ πλησίον τοῦ προσοφθαλμίου. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ισχὺς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

57. Σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀντικειμενικὸν φακὸν Λ_1 , ισχύος 200 διοπτρῶν καὶ ἀπὸ προσοφθαλμίου Λ_2 ισχύος 50 διοπτρῶν, οἱ ὅποιοι εὐρίσκονται εἰς σταθεράν μεταξύ των ἀπόστασιν ίσην μὲ 15 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ισχὺς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ δργάνου.

58. Εἰς ἓν σύνθετον μικροσκόπιον δ ἀντικειμενικὸς φακὸς καὶ δ προσοφθαλμίος ἔχουν ἀντιστοίχως ἑστιακὸς ἀποστάσεις 5 mm καὶ 20 mm. Ἀντικείμενον AB ἀπέχει 5,2 mm ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν. 1) Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ δόποιον δίδει δ ἀντικειμενικὸς καὶ δ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου A_1B_1 καὶ τοῦ ἀντικειμένου AB . 2) Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικὸν πρέπει νὰ εὐρεθῇ δ προσοφθαλμίος, ὥστε τὸ φανταστικὸν εἰδώλον $A'B'$, τὸ δόποιον δίδει δ προσοφθαλμίος, νὰ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τὸν φακὸν τοῦτον, ἐπὶ τοῦ ὅποιου εὐρίσκεται καὶ δ ὄφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ; Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου;

59. Εἰς μίαν ἀστρονομικὴν διόπτραν δ ἀντικειμενικὸς καὶ δ προσοφθαλμίος ἔχουν ἀντιστοίχως ἑστιακὰς ἀποστάσεις $\varphi_a = 2 m$ καὶ $\varphi_x = 2 cm$. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας;

60. Ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ δ προσοφθαλμίος μιᾶς διόπτρας είναι συγκλίνοντες φακοί, οἱ ὅποιοι ἔχουν ἀντιστοίχως ἑστιακὰς ἀποστάσεις $\varphi_a = 1 m$ καὶ $\varphi_x = 10 cm$. Παρατηρητής, ἔχων κανονικὴν δρασιν, στρέφει τὸν ἀξονα τῆς διόπτρας πρὸς τὸ κέντρον τοῦ 'Ηλιού, τοῦ ὅποιου ἡ φανιομένη διάμετρος είναι 32'. Νὰ εὐρεθῇ ὑπὸ ποιάν γωνίαν (εἰς μοίρας) θὰ ἴδῃ δ παρατηρητής διὰ μέσου τῆς διόπτρας τὸν 'Ηλιον.

61. Εἰς μίαν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου δ ἀντικειμενικὸς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν $\varphi_a = 50 cm$, δ δὲ προσοφθαλμίος ἔχει $\varphi_x = 10 cm$ (κατ' ἀπόλυτον τιμήν).

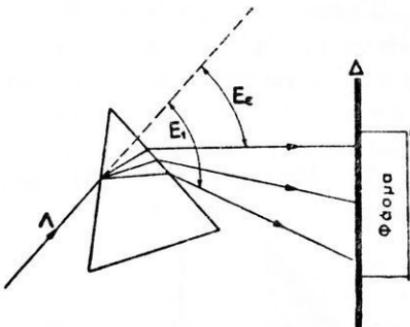
*Ο δόθαλμός αύτός παρατηρεῖ διά τῆς διόπτρας ἀντικείμενον ύψους 20 m, εύρισκομένον εἰς ἀπόστασιν ἐνὸς χιλιομέτρου. Πόση είναι ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικείμενου, διὰ τούτο παρατηρήται διά τῆς διόπτρας;

62. Σφαιρικὸν κοῖλον κάτοπτρον ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν $\Phi = 1$ m. *Ο δξων του διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τοῦ 'Ηλίου, μεταξὺ δὲ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἑστίας του τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ δόποιον σχηματίζει γωνίαν 45° μὲ τὸν δξωνα τοῦ κοῖλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ μικροῦ κατόπτρου ἀπέχει 5 cm ἀπὸ τὴν ἑστίαν. Τὸ σύστημα τοῦτο δίδει πραγματικὸν εἰδώλον τοῦ 'Ηλίου, τὸ δόποιον παρατηρητής βλέπει διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἑστιακῆς ἀπόστασεως $\varphi = 2$ cm. 1) "Αν ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ 'Ηλίου είναι 0,009 rad, νὰ εὑρεθοῦν αἱ διαστάσεις τοῦ εἰδώλου, τὸ δόποιον δίδει τὸ σύστημα τῶν δύο κατόπτρων. 2) Νὰ υπολογισθῇ ἡ φαινομένη διάμετρος, ὑπὸ τὴν δόποιαν διὰ παρατηρητής βλέπει τὸν 'Ηλιον διὰ τοῦ ὄργανου. 3) Ποία είναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ δργάνου;

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. 'Ανάλυσις τοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.—'Επὶ ἐνὸς πρίσματος ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ λεπτὴ δέσμη λευκοῦ φωτὸς (σχ. 87) 'Η δέσμη αὐτὴ ὑφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος, συγχρόνως ὅμως ὑφίσταται καὶ ἀνάλυσις εἰς πλῆθος ἀκτίνων. Διότι, ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν ἐξερχομένων ἐκ τοῦ πρίσματος ἀκτίνων παρεμβάλωμεν διάφραγμα, θὰ σχηματισθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία συνεχὴς ἔγχρωμος ταινία· αὕτη καλεῖται φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός.

'Η μετάβασις ἀπὸ τὸ ἐν χρῶμα τοῦ φάσματος εἰς τὸ ἐπόμενον γίνεται ἀνεπαισθήτως. Κατὰ σειρὰν διακρίνονται χρίως τὰ ἔξης χρώματα: ἐρυθρόν, πορτοκαλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν, βαθὺ κυανοῦν καὶ ἵδες. 'Η τοιαύτη ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτὸς εἰς πολλὰ χρώματα ἀποδεικνύει ὅτι τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύνθετον. 'Εκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὥρισμένον εἶδος φωτός, τὸ δόποιον καλεῖται γενικῶς ἀκτινοβολία (π.χ. ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία κ.τ.λ.).



Σχ. 87. 'Ανάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ πρίσματος.

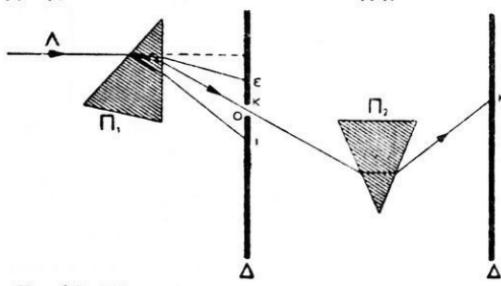
Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα παρατηροῦμεν ὅτι ἔκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πρίσματος διαφορετικὴν ἐκτροπήν. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία καὶ τὴν μεγαλύτεραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἰώδης ἀκτινοβολία. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν συνάγεται ὅτι ἔκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ὠρισμένον δείκτην διαθλάσεως. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς σύγκλινει μὲ τὸν δείκτην διαθλάσεως, ἔπειται ὅτι οἱ δεῖκται διαθλάσεως τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαίνουν συνεχῶς αὐξανόμενοι, καθ' ὃσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐρυθρὰν πρὸς τὴν ἰώδη ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος.

‘Ο Νεύτων, στηριζόμενος εἰς τὰς ἀνωτέρω παρατηρήσεις, ἐξήγγειτο τὸν σχηματισμὸν τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτὸς ὡς ἔξης:

Τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ πλῆθος διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, ἔκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἴδιον δείκτην διαθλάσεως· κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ λευκοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος αἱ ἀκτινοβολίαι αὔται διαχωρίζονται, διότι ἔκάστη ἔξι αὐτῶν ὑφίσταται διάφορον ἐκτροπήν.

Ἐκάστη ἀκτινοβολίᾳ τοῦ φάσματος ἔχει ἐπὶ πλέον τὴν ἴδιοτητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν καὶ νὰ προκαλῇ τὴν ἐντύπωσιν ὠρισμένου χρώματος. Τὸ φάσμα, τὸ ὁποῖον ἔξηπτάσαμεν ἀνωτέρω, καλεῖται ὁρατὸν φάσμα, διότι ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι του εἶναι ὄραται.

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



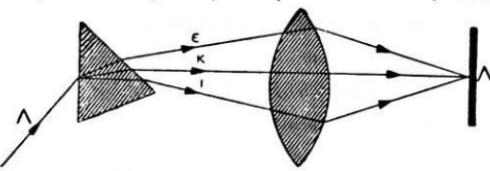
καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς μία ἀκτινοβολίᾳ τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κιτρίνη. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη προσπίπτει ἔπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Π_2 . Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρίσμα Π_2 προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀκτινοβολίας, ὅχι δὲ περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς.

“Ωστε :

‘Ἐκάστη ἀκτινοβολίᾳ τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλῆ καὶ δὲν δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς ἄλλας ἀπλουστέρας.

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

Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντρούμεναι δίδουν λευκὸν φῶς.

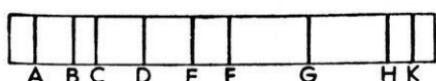


Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.—Μὲ ἐν μικρὸν πρῆσμα ἐκτρέπομεν ἐν ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος καὶ συγκεντρώνομεν τὰ ὑπόλοιπα χρώματα τοῦ φάσματος. Τότε δὲν λαμβάνομεν λευκὸν φῶς, ἀλλὰ νέον χρῶμα, τὸ ὅποῖον προῆλθεν ἀπὸ τὴν ἀνάμειγνυσθήσαντα τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Οὕτως ἀφαιροῦντες τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα λαμβάνομεν ἐκ τῆς μείζεως τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων πράσινον χρῶμα. Δύο χρώματα, ὅπως π.χ. τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὰ ὅποια ἀναμειγνύμενα ὑπὸ ὡρισμένας ἀναλογίας παράγουν λευκὸν φῶς, καλοῦνται **συμπληρωματικὰ χρώματα**. Ἐκαστον λοιπὸν χρῶμα τοῦ φάσματος εἰναι συμπληρωματικὸν τοῦ χρώματος, τὸ ὅποῖον προέρχεται ἀπὸ τὴν ἀνάμειξιν ὅλων τῶν ἄλλων χρωμάτων τοῦ φάσματος.

Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ζεύγη ἀπλῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, τὰ ὅποια εἰναι συμπληρωματικὰ χρώματα, ὅπως εἰναι τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὸ πορτοκαλλόχροον καὶ τὸ κυανοῦν, τὸ κίτρινον καὶ τὸ ιῶδες.

77. Φάσμα τοῦ ἥλιακοῦ φωτός.—Δι' ἑνὸς πρίσματος ἀναλύομεν μίαν λεπτὴν δέσμην ἀκτίνων ἥλιακοῦ φωτός. Τότε λαμβάνομεν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὡρισμένας θέσεις τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος ὑπάρχουν σκοτειναὶ γραμμαὶ μεταξύ των ακτίνων.



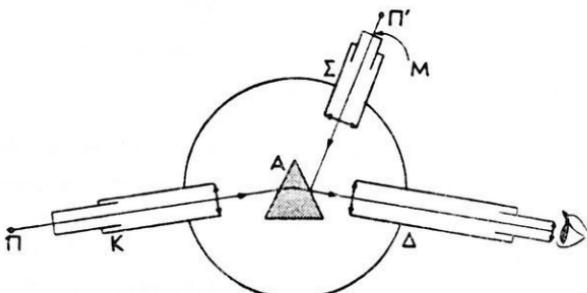
Σχ. 90. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος.

ἥλιακοῦ φάσματος φανερώνουν ὅτι τὸ ἥλιακὸν φῶς δὲν εἰναι πλήρες λευκὸν φῶς, διότι ἐλλείπουν ἐξ αὐτοῦ μερικαὶ ἀκτινοβολίαι. "Ωστε :

μεταξύ των ακτίνων
γραμμαὶ μεταξύ των ακτίνων
χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα
τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ.
90). Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ

Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς δὲν εἶναι συνεχές, διότι ἐλλείπουν ἔξ αὐτοῦ ὀρισμέναι ἀκτινοβολίαι.

78. Φασματοσκόπιον.— Τὸ φασματοσκόπιον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φασματος τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον ἐκπέμπουν αἱ διάφο-



Σχ. 91. Σχηματική παράστασις φασματοσκοπίου.

ροι φωτειναὶ πηγαὶ. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν πρᾶσμα Α, τοῦ ὅποιον ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακόρυφος (σχ. 91). Τὸ πρᾶσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ δριζοντίου κύκλου.

Πέριξ τοῦ πρί-

σματος δύνανται νὰ μετακινοῦνται δριζοντίως τρεῖς σιωλῆνες 'Ο κατευθυντήρ **K** φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ δόλο ἄκρον του φέρει λεπτὴν σχισμὴν παραλλήλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. 'Η σχισμὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν **Π**, τῆς ὅποιας τὸ φῶς θέλομεν νὰ ἀναλύσωμεν.

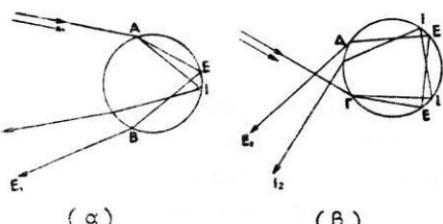
Οὕτως ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων (ἥτοι αἱ ἀκτίνες προσπίπτουν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως). 'Η διόπτρα **Δ** συλλέγει τὰς ἀκτίνας, αἱ ὅποιαι ἔξερχονται ἀπὸ τὸ πρᾶσμα. 'Ο ἀντικειμενικὸς τῆς διόπτρας σχηματίζει πραγματικὸν εἴδωλον τοῦ φασματος, τὸ δὲ εἴδωλον τοῦτο παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμίου τῆς διόπτρας. 'Ο σωλήνη τῆς κλίμακος **Σ** φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ δόλον ἄκρον του, τὸ ὅποιον συμπίπτει μὲ τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ φακοῦ, φέρει διαφανῆ μικρομετρικὴν κλίμακα **M**. 'Η κλίμαξ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ φωτεινὴν πηγήν. Αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τὴν κλίμακα μετατρέπονται ἀπὸ τὸν φακὸν εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων, ἡ ὅποια ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ πρίσματος καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν διόπτραν. Οὕτω παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμίου τῆς διόπτρας βλέπομεν συμπίπτοντα τὸ εἴδωλον τῆς κλίμακος καὶ τὸ εἴδωλον τοῦ φασματος.

79. Ούρανιον τόξον.—Τὸ οὐράνιον τόξον εἶναι μέγα φάσμα τοῦ ἥλιακου φωτός. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται, δταν ἐμπροσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχῃ ἐν τεῖχος σταγόνων βροχῆς καὶ διπισθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχει ἀκάλυπτος ἀπὸ νέφη ὁ "ἥλιος." Ας θεωρήσωμεν μίαν σφαιρικὴν σταγόναν ὕδατος, εἰς τὸ ὡ μέρος τῆς διποίας προσπίπτει μία ἀκτὶς ἥλιακου φωτός (σχ. 92 α). Ἡ ἀκτὶς αὐτὴ διαθλάτας καὶ εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς σταγόνος.

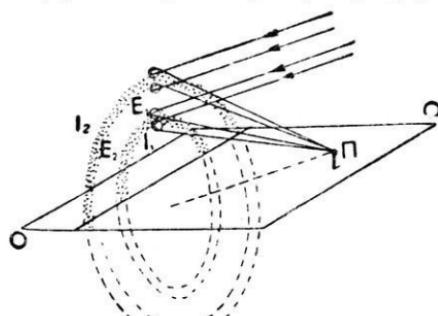
Κατ' αὐτὴν ὅμως τὴν διαθλαστινήν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις τοῦ λειποῦ φωτός, αἱ δὲ λώ-

δεις ἀκτῖνες ἔκτρέπονται περισσότερον ἀπὸ τὰς ἐρυθρὰς ἀκτῖνας. Αἱ ἀκτῖνες ἑκάστου χρώματος τοῦ φάσματος φθάνουν εἰς τὴν ἀπέναντι ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος, ὅπου μέρος μὲν τοῦ φωτός, διαθλώμενον ἐξέργεται εἰς τὸν ἀέρα (δὲν φαίνεται τοῦτο εἰς τὸ σχῆμα), μέρος δὲ τοῦ φωτός ὑφίσταται ἀνάκλασιν καὶ διαδιδόμενον πάλιν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ φύλανει εἰς τὴν ἐμπροσθίαν ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος.

Ἐκεῖ αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται νέαν διάθλασιν καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα. "Οποις φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες E_1 , αἱ διποῖς εἰσέρχονται εἰς τὸν ὄφθαλμόν μας, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ σημεῖα



Σχ. 92. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανίου τόξου.



Σχ. 93. Σχηματισμὸς δύο συγκεντρικῶν οὐρανίων τόξων.

ἐύρισκόμενα ὑψηλότερον παρὰ τὰ σημεῖα, ἀπὸ τὰ διποῖα φαίνονται προερχόμεναι αἱ λώδεις ἀκτῖνες I_1 . Οὕτως εἰς τὸ πρωτεῦον οὐράνιον τόξον τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα φαίνεται ἀναθεν τοῦ λώδους (σχ. 93). Μερικαὶ δόμως ἐκ τῶν παραλλήλων ἥλιακῶν ἀκτίνων προσπίπτουν εἰς τὸ κάτω μέρος τῶν σταγόνων (σχ. 92 β). Τότε τὸ

ἥλιακὸν φῶς ὑφίσταται ἀρχικῶς διάθλασιν, κατὰ τὴν διποίαν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις, ἔπειτα ὑφίσταται δύο ἀνακλάσεις

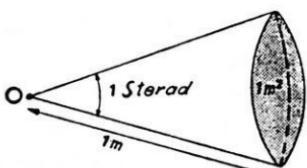
καὶ τέλος διάθλα σιν, κατὰ τὴν διποίαν ἔξερχεται εἰς τὸν ἀέρα. "Ενεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητής βλέπει τὸ δευτερεῦον οὐράνιον τόξον, εἰς τὸ διποῖον τὸ ἴωδες χρῶμα I_2 φαίνεται ἀνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ E_2 (σχ. 93).

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.— "Από τὴν καθημερινὴν παρατήρησιν βεβαιούμεθα ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἰναι ὑλικὰ σώματα, τὰ διποῖα συνήθως ἔχουν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. "Η παρατήρησις αὐτὴ ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει στενὴ σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτός καὶ τῆς θερμότητος. "Αντιστρόφως βεβαιούμεθα ἐπίσης ὅτι, ἂν ἐπὶ ἐνὸς σώματος προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ σώμα τοῦτο θερμαίνεται. "Η θέρμανσις τοῦ σώματος εἰναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον περισσότερον εἰναι τὸ ποσὸν τοῦ φωτός, τὸ ἐποῖον ἀπορροφᾶ τὸ σώμα τοῦτο καὶ ὅσον μικρότερον εἰναι τὸ ὑπὸ τοῦ σώματος ἀνακλώμενον φῶς. "Εκ τῶν ἀνωτέρω στοιχειωδῶν παρατηρήσεων συνάγεται ὅτι :

Τὸ φῶς εἰναι μία μορφὴ ἐνεργείας, τὴν διποίαν καλοῦμεν φωτεινὴν ἐνέργειαν.

81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν.— "Εστω Ο τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἡ διποία ἔχει ἀκτῖνα ἵσην μὲ 1 μέτρον. "Η ἐπιφάνεια αὐτῆς τῆς σφαίρας ἔχει ἐμβαδὸν 4π τετραγωνικὰ μέτρα. "Ἄς θεωρήσωμεν τώρα ἕνα κῶνον, ὃ διποῖος ἔχει ὡς κορυφὴν τὸ Ο (σχ. 94) καὶ βάσιν ἐν τμῆμα τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας ταύτης, τὸ διποῖον ἔχει ἐμβαδὸν 1 m^2 . Λέγομεν τότε ὅτι ὁ κῶνος οὗτος ὀρίζει τὴν μονάδα τῶν στερεῶν γωνιῶν, ἡ διποία καλεῖται στερακτίνιον (1 sterad). "Ωστε :

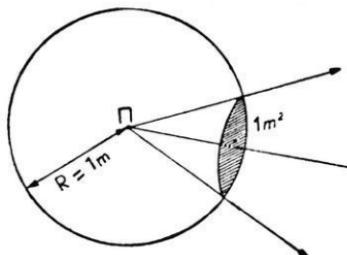


Σχ. 94. "Ορισμὸς τῆς μονάδος τῶν στερεῶν γωνιῶν.

Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν εἰναι τὸ στερακτίνιον, ἢτοι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ διποία ἔχει τὴν κορυφὴν της εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτῖνος ἵσης μὲ τὴν μονάδα τοῦ μήκους καὶ βαίνει ἐπὶ τμήματος τῆς σφαιρικῆς ταύτης ἐπιφανείας, τὸ διποῖον ἔχει ἐμβαδὸν ἵσον μὲ τὴν μονάδα ἐπιφανείας

Από τὸν ἀνωτέρῳ ὁρισμὸν προκύπτει ὅτι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς ὅλον τὸν πέριξ τοῦ σημείου Ο χῶρον, ἴσοῦται μὲ 4π στερεοχτίνια.

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



Σχ. 95. 'Ορισμὸς τῆς μονάδος φωτεινῆς ροῆς.

χεται διὰ μιᾶς ἐπιφανείας.

β) "Εντασις φωτεινῆς πηγῆς. "Ας θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινὴν πηγὴν Π, ἡ ὅποια εύρισκεται εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτῖνος 1 m (σχ. 95). Κατὰ μίαν διεύθυνσιν ΠΑ ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον καὶ κατὰ μονάδα στερεᾶς γωνίας ὥρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν.

"Εντασις φωτεινῆς πηγῆς καλεῖται ἡ φωτεινὴ ροή, τὴν ὅποιαν ἐκπέμπει ἡ φωτεινὴ πηγὴ κατὰ μονάδα στερεᾶς γωνίας.

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

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

"Εστω δτι μία σημειώδης φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ὁ μοιμόρφως φωτεινὴν ἐνέργειαν καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι εὔκολον νὰ εύρεθῇ ἡ ὅλη καὶ φωτεινὴ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον ἡ φωτεινὴ πηγὴ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἤτοι ἡ ὅλη καὶ φωτεινὴ ροὴ τῆς πηγῆς. "Ωστε :

‘Η δλική φωτεινή ροή μιᾶς σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς, τῆς όποιας ή ἔντασις είναι σταθερά καθ’ δλας τὰς διευθύνσεις, ίσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τῆς πηγῆς ἐπὶ 4π.

$$\text{δλική φωτεινή ροή: } \Phi_{\text{o}\lambda} = 4\pi \cdot I$$

(2)

γ) Φωτισμὸς ἐπιφανείας. ‘Η φωτεινή ροή, ἡ ὅποια ἐκπέμπεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγήν, προσπίπτει ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας π.χ. ἐπὶ ἐνὸς φύλλου βιβλίου. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἐπιφάνεια αὗτη φωτίζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγήν.

Φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας καλεῖται ἡ φωτεινή ροή, ἡ ὅποια προσπίπτει ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

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

(3)

83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.— ‘Ανωτέρω ἐγνωρίσαμεν τὰ ἑξῆς φυσικὰ μεγέθη: φωτεινή ροή, ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς καὶ φωτισμὸς ἐπιφανείας. Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν φυσικῶν τούτων μεγεθῶν γρηγοροποιοῦνται κατάλληλοι μονάδες, αἱ ὅποιαι προκύπτουν ἐκ τοῦ ὄρισμοῦ τῆς μονάδος ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς.

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

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

Μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς είναι τὸ 1 διεθνὲς κηρίον, ἢτοι ἡ ἔντασις μιᾶς ὥρισμένης προτύπου φωτεινῆς πηγῆς.

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

Τὸ διεθνὲς κηρίον είναι περίπου ἡ ἔντασις ἐνὸς στεατικοῦ κηρίου κατὰ ὥριζοντίαν διεύθυνσιν.

β) Μονάς φωτεινής ροής. 'Από τὸν δρισμὸν τῆς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς, ἵτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $I = \frac{\Phi}{\omega}$, συνάγεται ὅτι, ἂν εἴναι $I = 1$ κηρίον καὶ $\omega = 1$ στερακτίνιον, τότε καὶ ἡ φωτεινὴ ροή εἴναι ἵση μὲ τὴν μονάδα τῆς φωτεινῆς ροῆς ($\Phi = 1$). 'Η μονάς φωτεινῆς ροῆς καλεῖται lumen (1 lm). "Αρα :

Μονάς φωτεινῆς ροῆς είναι τὸ 1 lumen, ἵτοι ἡ φωτεινὴ ροή, τῇν ὅποιαν ἐκπέμπει φωτεινὴ πηγὴ ἐντάσεως 1 κηρίου ἐντὸς στερεάς γωνίας ἵσης μὲ 1 στερακτίνιον.

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

Μία λοιπὸν σημειώδης φωτεινὴ πηγὴ, ἡ ὧδοια καθ' ὅλας τὰς διεύθυνσεις ἔχει τὴν αὐτὴν ἑντασιν I, ἐκπέμπει δὲ πολὺν φωτεινὴν ροήν ἵσην μὲ :

$$\text{διλικὴ φωτεινὴ ροή : } \Phi_{\Omega} = 4\pi \cdot I \text{ lumen}$$

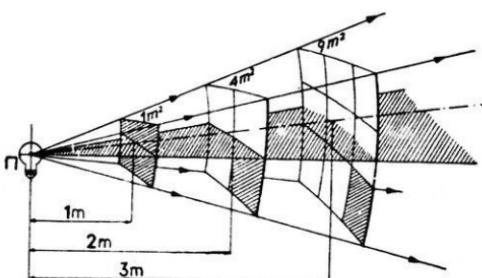
γ) Μονάς φωτισμοῦ. 'Απὸ τὸν δρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἵτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $E = \frac{\Phi}{\sigma}$, συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας $\sigma = 1 \text{ m}^2$ προσπίπτῃ καὶ θέτει τῷ ω σ φωτεινὴ ροή $\Phi = 1 \text{ lumen}$, τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς είναι ἵσος μὲ τὴν μονάδα φωτισμοῦ ($E = 1$). 'Η μονάς αὐτὴ φωτισμοῦ καλεῖται lux (1 lx). "Αρα :

Μονάς φωτισμοῦ είναι τὸ 1 lux, ἵτοι ὁ φωτισμὸς, τὸν ὅποιον προκαλεῖ φωτεινὴ ροή 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 ἀνωτέρῳ δρισμὸν τῆς μονάδος φωτισμοῦ ἔπειται ὅτι : φωτισμὸς 1 lux είναι ὁ φωτισμός, τὸν ὅπιον ἔχει ἐπιφάνεια ἀπέχουσσα 1 m ἀπὸ φωτεινὴν πηγὴν ἐντάσεως 1 κηρίου, ὅταν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

84. Νόμος τῆς φωτομετρίας. — "Ας θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινή πηγήν Π, τῆς δύοις ή ἔντασις I είναι σταθερά καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 96)."

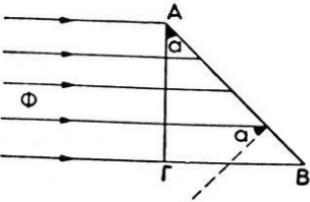


Σχ. 96. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως.

γώνου τῶν ἀκτίνων. "Αρχ ὁ φωτισμὸς E_x ἐκάστης σφαιρικῆς ἐπιφανείας εἶναι :

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

"Η εὐρεθεῖσα σχέσις προϋποθέτει ότι τὸ φῶς προσπίπτει καὶ θέτως εἰς τὰς φωτεινὰς φωτιζομένης ἐπιφανείας. "Εστω ότι μία δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας $AB = \sigma$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως α (σχ. 97). "Εὰν E είναι ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας, τότε ἐφ' ὅλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας AB προσπίπτει φωτεινὴ ροή $\Phi = E \cdot \sigma$. "Η αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας $AG = \sigma'$ προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν $E_x = \frac{I}{R^2} \cdot \epsilonπομένως εἶναι $\Phi = E_x \cdot \sigma'$$



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

"Επειδὴ δύμως εἶναι: $\sigma' = \sigma \cdot \sin \alpha$, ἐπεταί ότι εἶναι :

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

"Απὸ τὰς ἔξισώσεις (1) καὶ (2) συνάγεται ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ φωτισμοῦ :

"Ο φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν

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

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

Ἐὰν αἱ ἀκτῖνες πρὸ σπέρτου καθέτωσι ($\alpha = 0$), τότε ἡ ἐπιφάνεια δέχεται τὸν μέγιστον φωτισμὸν (καθέτος φωτισμὸς):

$$E_x = \frac{I}{R^2}$$

Παράδειγμα. Μία ὁρίζοντια ὀδὸς φωτίζεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος ἐντάσεως 500 κηρίων. Ὁ λαμπτήρας εὑρίσκεται εἰς 5 m ἀνωθεν τῆς ὁδοῦ. Ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ λαμπτῆρος εἶναι:

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

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

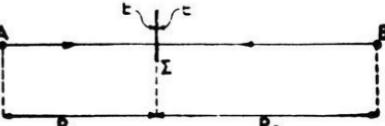
$$E = \frac{I}{R_1^2} \cdot \sin \alpha = \frac{500}{50} \cdot \sin 45^\circ = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 7 \text{ lux}$$

85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν. — 'Η φωτομετρία ἔχει ὡς σκοπὸν τὴν μέτρησιν τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν. Ἀς θεωρήσωμεν δύο φωτεινὰς πηγὰς A καὶ B (σχ. 98), τῶν ὅποιων αἱ ἐντάσεις εἶναι ἀντιστοίχως I_A καὶ I_B . Ἐστω δὲ αἱ δύο αὐτὰ φωτειναὶ πηγαὶ προκαλοῦν τὸν αὐτὸν κάθετον φωτισμὸν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας Σ , διὰ τὴν αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν Σ εἶναι ἀντιστοίχως R_A καὶ R_B . Τότε ἔχομεν:

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

'Η εὐρεθεῖσα σχέσις ἀποτελεῖ τὴν ἔξισωσιν τῆς φωτομετρίας καὶ φανερώνει δὲ:

'Οταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ 1σου μίαν ἐπιφάνειαν, αἱ



Σχ. 98. Σύκρισις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν.

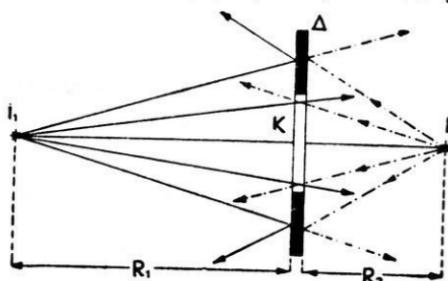
έντάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν είναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων τῶν πηγῶν τούτων ἀπὸ τὴν ἐξ ἵσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

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

Ἐάν ή ἔντασις τῆς πηγῆς A είναι $I_A = 30$ κηρία, αἱ δὲ δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἵσου τὴν ἐπιφάνειαν Σ ἐξ ἀποστάσεως $R_A = 2$ m καὶ $R_B = 4$ m, τότε ή ἔντασις τῆς πηγῆς B είναι :

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

86. Φωτόμετρον.—Τὸ φωτόμετρον είναι ὅργανον, διὰ τοῦ ὑποίου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ φωτό-



Σχ. 99. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen.

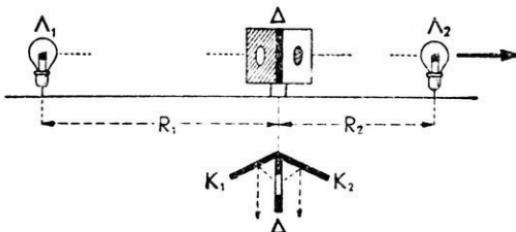
δύο πρὸς σύγκρισιν φωτεινῶν πηγῶν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν, ή δοπία συνδέει αὐτὰς (σχ. 99). "Οταν ή κηλὶς K δέχεται τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐκ μέρους τῶν δύο πηγῶν, ή κηλὶς ἐξαφανίζεται καὶ τὸ διάφραγμα Δ φαίνεται ὄμοιο μόρφως φωτισμένον. Εάν τότε αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν κηλῖδα είναι R_1 καὶ R_2 , τότε θὰ ἴσχῃ ή σχέσις :

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

μετρεῖται ἀποτελεῖται ἀπὸ λευκὸν φύλλον χάρτου, ἐπὶ τοῦ δοπίου ὑπάρχει κυκλικὴ κηλὶς παραχθεῖσα ἀπὸ μίαν λιταρὰν οὐσίαν. Η κηλὶς είναι περισσότερον διαφανής ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπον μέρος τοῦ χάρτου. Τὸ διάφραγμα Δ μὲ τὴν κηλῖδα K τοποθετεῖται μεταξὺ τῶν

μεταξὺ τῶν κηλιδῶν τοῦ φωτομετρού. Οταν η κηλίδα K δέχεται τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐκ μέρους τῶν δύο πηγῶν, η κηλίδα ἐξαφανίζεται καὶ τὸ διάφραγμα Δ φαίνεται ὄμοιο μόρφως φωτισμένον. Εάν τότε αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν κηλῖδα είναι R_1 καὶ R_2 , τότε θὰ

άποιαν όποιαν εύρισκεται ή σημασίας της μιᾶς πηγῆς, οπαν είναι γνωστή ή σημασίας της άλλης πηγῆς. Διὰ νὰ βλέπωμεν συγχρόνως τὰς δύο δύψεις τοῦ διαφράγματος Δ , ύπάρχουν έκαπτέρωθεν αὐτοῦ δύο ἐπίπεδα κάποπτρα, τὰ οποῖα σηματίζουν ἀμβλεῖαν γωνίαν· ὁ δρυθαλμὸς 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 ἀλλήν μορφὴν ἐνεργείας. Οὕτως εἰς τὸν ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα διὰ τὴν παραγωγὴν φωτεινῆς ἐνεργείας δαπανᾶται ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια.

Καλεῖται ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς ὁ λόγος τῆς παραγομένης φωτεινῆς ἐνεργείας πρὸς τὴν δαπανῶντας ἐνέργειαν.

$$\text{ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς: } A = \frac{\text{ὅλη φωτεινὴ ροή}}{\text{δαπανωμένη ισχύς}}$$

Διὰ νὰ εὔρωμεν τὴν ἀπόδοσιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν μὲ πόσην ισχὺν εἰς Watt ισοδυναμεῖ ἡ μονάς τῆς φωτεινῆς ροῆς. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι :

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

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

Συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρος, ἔχων ισχὺν καταναλώσεως 25 Watt, παράγει ὀλικὴν φωτεινὴν ροήν 260 lumen, ἡ ὁποία ισοδυναμεῖ μὲ ισχὺν 2,60 Watt. Ἀρα ἡ ἀπόδοσις τοῦ λαμπτήρος τούτου είναι :

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

"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. Πόσην ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ μία φωτεινὴ πηγή, ὥστε, δταν φωτίζῃ καθέτως ἑπιφάνειαν εύρισκομένην εἰς ἀπόστασιν 6 m, νὰ προκαλῇ φωτισμὸν 20 lux;

64. Δύο διαφορετικαὶ φωτειναὶ πηγαὶ ἀπέχουν μεταξύ των 6 m. Εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὴν ἀσθενεστέραν πηγὴν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν, ἡ ὅποια ἔνώνει τὰς δύο πηγάς, εύρισκεται φύλον χάρτου, τοῦ ὅποιου αἱ δύο δψεις φωτίζονται ἔξι ίσου. Ποίος εἶναι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν;

65. Διὰ τὴν ἑκτέλεσιν μιᾶς ἐργασίας πρέπει νὰ ἔχωμεν ἐπὶ τῆς τραπέζης φωτισμὸν 50 lux. Πόσην ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, τὸν ὅποιον θὰ τοποθετήσωμεν διανοθεν τῆς τραπέζης καὶ εἰς ὄψος 1,5 m;

66. Δύο φωτειναὶ πηγαὶ A καὶ B ἀπέχουν μεταξύ των 150 cm. Καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν AB τοποθετεῖται μεταξύ τῶν δύο πηγῶν φωτόμετρον τοῦ Bunsen καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε νὰ ἔξαφανισθῇ ἡ κηλίς. "Επειτα ἐναλλάσσονται αἱ δύο πηγαὶ καὶ παρατηρεῖται δτι, διὰ νὰ ἔξαφανισθῇ πάλιν ἡ κηλίς, πρέπει αὕτη νὰ μετακινηθῇ κατὰ 30 cm. Ποίος εἶναι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν;

67. Δύο δμοιοι λαμπτήρες εύρισκονται εἰς ὄψος 9 m ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους, ἡ δὲ ὄριζοντία ἀπόστασίς των εἶναι 12 m. "Εκαστος λαμπτήρ ἔχει ἔντασιν 500 κηρίων. Νὰ εύρεθῇ 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 ροήν 60 lumen. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τῆς πηγῆς καὶ πόσον φωτισμὸν προκαλεῖ αὕτη καθέτως ἐπὶ ἑπιφανείας εύρισκομένης εἰς ἀπόστασιν 2 m;

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

70. Νὰ εύρεθῇ ὁ λόγος τῶν φωτισμῶν, τοὺς ὅποιους προκαλεῖ ὁ "Ηλιος εἰς ἓνα τόπον, δταν ὁ "Ηλιος εύρισκεται εἰς τὸ Zevitὸ τοῦ τόπου καὶ δταν εἶναι εἰς ὄψος 30^o διανοθεν τοῦ δρίζοντος.

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 ὄποιαι προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ ὀπτικὰ φαινόμενα.

89. Θεωρία τῆς ἐκπομπῆς.—Η θεωρία τῆς ἐκπομπῆς διετυπώθη ἀπὸ τὸν Νεύτωνα (1669), ὁ ὅποῖος ἐδέχθη δτι τὸ φῶς εἶναι

άκτινοβολία μικροτάτων σωματιδίων. Τὰ σωματίδια αύτὰ ἐκπέμπονται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγήν, διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ εἶναι τελείως ἐλαστικά, ἀνακλῶνται, ὅταν προστέσουν ἐπὶ λείων ἐπιφανειῶν, ὅπως ἀκριβῶς ἀνακλᾶται μία τελείως ἐλαστικὴ σφαῖρα. "Ωστε:

I. 'Η 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. 'Η θεωρία τῆς ἐκπομπῆς καταλήγει εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τὰ πυκνότερα μέσα.

90. Θεωρία τῶν κυμάνσεων.—'Η θεωρία τῶν κυμάνσεων διετυπώθη ἀπὸ τὸν Huygens (1677). Οὗτος ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις, αἱ ὁποῖαι διαδίδονται διὰ μέσου τοῦ **αἰθέρος**. 'Ο αἰθὴρ εἶναι ἐν ἀβραρὲς διαφανὲς μέσον, ἀπολύτως ἐλαστικόν, τὸ ὄποιον πληροῦσσον τὸν χῶρον τοῦ Σύμπαντος καὶ τὰ μεταξὺ τῶν μορίων τῶν σωμάτων κενὰ διαστήματα. "Ωστε :

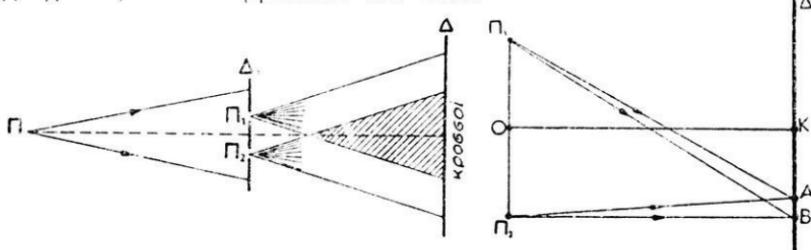
I. 'Η θεωρία τῶν κυμάνσεων δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις διαδιδόμεναι διὰ μέσου τοῦ αἰθέρος καὶ ἐρμηνεύει πολὺ περισσότερα διπτικὰ φαινόμενα ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

II. 'Η θεωρία τῶν κυμάνσεων καταλήγει εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἶναι μικροτέρα εἰς τὰ πυκνότερα μέσα.

'Η θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε, διότι ἐπεβεβαιώθη πλήρως ὑπὸ τοῦ πειράματος. 'Η ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ Maxwell (τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν) μᾶς ἀπαλλάσσει ἀπὸ τὴν ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν τὴν ὑπαρξίν τοῦ αἰθέρος, ἀλλὰ δὲν καταργεῖ τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις. Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ λάβωμεν λοιπὸν ὅπ' ὅψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις, τὰς ὁποίας παράγουν δλα τὰ φωτοβολοῦντα σώματα.

91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.—'Η ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν φαινομένων συμβολῆς τοῦ φωτός εἶναι ἡ ἀκόλουθος : Μία λεπτὴ φωτεινὴ σχισμὴ Π (σχ. 101) φωτίζει ἴσχυρῶς 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. 'Η ἀπόστασις $\Pi_1\Pi_2$ εἶναι πολὺ μικρά. Αἱ δύο σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι τότε δύο σύγ-

χρονοί φωτεινά πηγαί, δηλαδή είναι δύο σύγχρονα κέντρα παραγωγῆς φωτεινῶν κυμάνσεων. Αἱ κυμάνσεις αὗται φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα Δ , ὅπου συμβίλλουν καὶ οὕτω

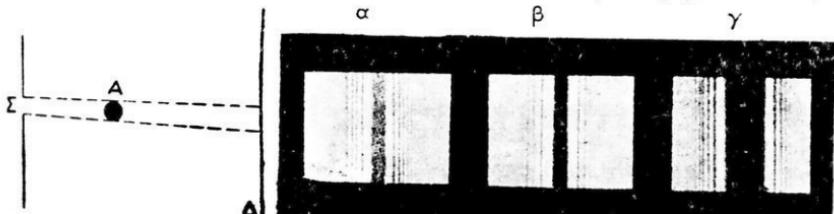


Σχ. 101. Παραγωγὴ φαινομένου συμβολῆς τοῦ φωτός.

Σχ. 102. Ὁ σχηματισμὸς φωτεινοῦ ἢ σκοτεινοῦ κροσσοῦ ἔξαρτας ἀπὸ τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο ὁπτίων.

παράγονται κροσσοὶ συμβολῆς. Εἰς ὅσα σημεῖα, ὅπως π.χ. εἰς τὸ σημεῖον A (σχ. 102), ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων είναι ἵση μὲν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται φωτεινοὶ κροσσοὶ ($P_1A - P_2A = 2v \cdot \frac{\lambda}{2}$). Ἀντιθέτως εἰς ὅσα σημεῖα, ὅπως π.χ. τὸ B , ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων είναι ἵση μὲν περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται σκοτεινοὶ κροσσοὶ [$P_1B - P_2B = (2v + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$]

92. Παραθλασίς τοῦ φωτός.— Μία λεπτὴ σχισμὴ Σ φωτίζεται ἰσχυρῶς μὲν μονόχρουν ωῶς (σχ. 103). Ἐντὸς τῆς δέσμης τῶν ἀκτί-



Σχ. 103. Φαινόμενα παραθλάσσεως διὰ μικροῦ διαφράγματος (A).

νων καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν Σ τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτὸν

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

σύρμα. 'Επί τοῦ διεφράγματος Δ δὲν σχηματίζεται σαφῶς ἡ σκιὰ τοῦ άδιαφρακοῦ σώματος, ὅπως προβλέπει ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτὸς (§ 2), ἀλλὰ σύστημα φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν κροσσῶν (σχ. 104).

Εἰς τὸ μέσον μάλιστα τῆς γεωμετρικῆς σκιᾶς εἶναι δύνατὸν νὰ διαρρέῃ φωτεινὸς κροσσός. 'Εμπροσθεν τῆς σχισμῆς Σ φέρομεν ἄλλην σχισμὴν Σ' (σχ. 105), ή ὅποιαί εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ. Τὸ ἀνοιγμα τῆς σχισμῆς Σ' εἶναι πολὺ λεπτῆς σχισμῆς.

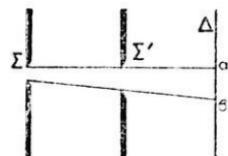
τότε μία στενὴ φωτεινὴ ράβδωσις καὶ ἐκατέρῳθεν αὐτῆς σκοτειναὶ καὶ φωτειναὶ ρυθμόσεις. Τὸ ἀνωτέρῳ φαινόμενον καλεῖται παράθλασις τοῦ φωτὸς καὶ δεικνύει ὅτι ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτὸς δὲν ἴσχυει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ πολὺ μικρὸν ἀντικείμενον ἢ διέρχεται διὰ πολὺ μικρὸν διάστημα. 'Η παράθλασις τοῦ φωτὸς διέρχεται εἰς τὸ ὅτι κάθε σημεῖον τῆς σχισμῆς γίνεται κέντρον φωτεινῶν κυμάνσεων, αἱ δόποι τοῦ φωτὸς εἰς τὸ διάφραγμα καὶ συμβάλλουσαι παράγουν φωτεινοὺς καὶ σκοτεινοὺς κροσσούς.

'Οστε :
Παράθλασις τοῦ φωτὸς συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ μικρὸν ἀντικείμενον ἢ διέρχεται διὰ πολὺ μικρὸν διάστημα.

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

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

II. Τὰ μήκη κύματος τῶν δραστῶν ἀκτινοβολιῶν περιλαμβάνονται μεταξύ 0,8 μ καὶ 0,4 μ.



Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτῆς σχισμῆς.

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

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

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

Οὕτως εὐρίσκομεν :

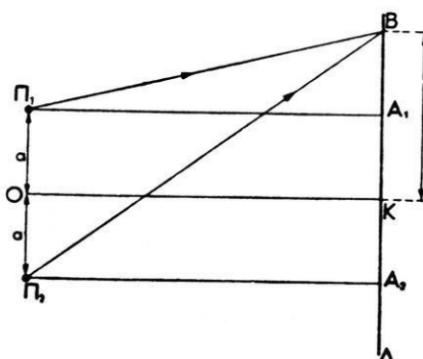
α) διὰ τὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν : $\lambda = 0,8 \mu = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$,

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

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

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

* Παράδειγμα ύπολογισμοῦ τοῦ μήκους τοῦ κύματος τοῦ φωτός. "Ἄς θεωρήσωμεν δύο γειτονικὰς μονοχρωματικὰς φωτεινὰς πηγὰς



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

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

διαφράγματος παράγονται κροσσοί συμβολῆς, ἤτοι διαδοχικαὶ φωτειναὶ καὶ σκοτειναὶ ταινίαι (σχ. 107).

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



Σχ. 107. Κροσσοί συμβολῆς.

* Η διδασκαλία τῆς παραγράφου ταύτης δὲν εἰναι ύποχρεωτική εἰς τὰς τάξεις κλασσικῆς κατευθύνσεως.

τῶν δύο κυμάνσεων ἵση μὲν ἀρτιον ἀριθμὸν ἡμικυμάτων ($\delta = 2v \cdot \frac{\lambda}{2}$).

Αντιθέτως σκοτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται εἰς δσα σημεῖα ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ δρόμου (δ) ἵση μὲν περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων ($\delta = [2v + 1] \cdot \frac{\lambda}{2}$). Εστω λοιπὸν ὅτι εἰς τὸ σημεῖον B, τὸ δόποῖον εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν x ἀπὸ τὸ K, σχηματίζεται ὁ ν τάξεως φωτεινὸς κροσσός. Τότε ἡ διαφορὰ δρόμου δ τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι :

$$\delta = \Pi_2 B - \Pi_1 B = 2v \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \text{ἢ} \quad \delta = v \cdot \lambda \quad (1)$$

Ἄς ὑπολογίσωμεν τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων. Απὸ τὰ δρθιογώνια τρίγωνα $\Pi_2 A_2 B$ καὶ $\Pi_1 A_1 B$ εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$\begin{aligned} (\Pi_2 B)^2 &= (\Pi_2 A_2)^2 + (A_2 B)^2 \\ (\Pi_1 B)^2 &= (\Pi_1 A_1)^2 + (A_1 B)^2 \end{aligned}$$

Αἱ ἀνωτέρω ἐξισώσεις γράφονται καὶ ὡς ἐξῆς :

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

Αφαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

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

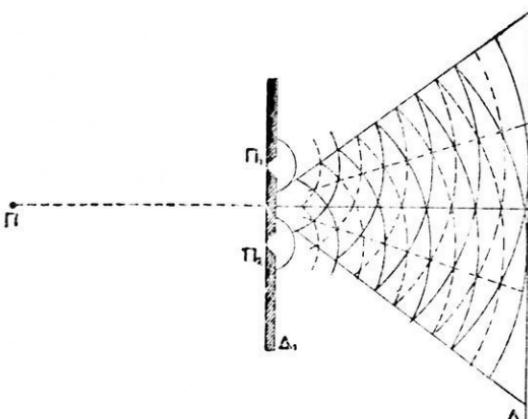
Ἐπειδὴ ἡ ἀπόστασις d εἶναι πολὺ μεγάλη ἐν σχέσει μὲν τὴν ἀπόστασιν α , δυνάμεθα νὰ λάβωμεν : $\Pi_2 B + \Pi_1 B = 2d$, δόποτε ἡ ἐξισώσις (2) γράφεται : $2d \cdot \delta = 4\alpha \cdot x$ (3)

Απὸ τὰς ἐξισώσεις (1) καὶ (3) εὑρίσκομεν :

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

Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν κροσσῶν συμβολῆς εἶναι αἱ δπαι 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

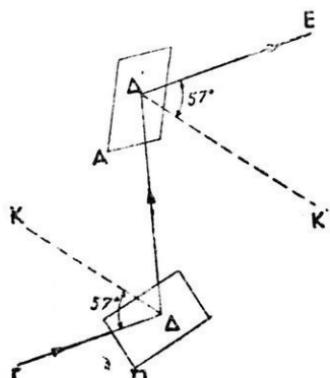
Π. ή λιπόστασις μεταξύ τῶν Π_1 καὶ Π_2 εἶναι πολὺ μικρὰ (τῆς τάξεως τοῦ χιλιοστομέτρου). Αἱ δύο σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι τότε δύο σύγχρονοι φωτειναὶ πηγαὶ. Ἐὰν π.χ. εἴναι: $\Pi_1 \Pi_2 = 2 \text{ mm}$, $d = 100 \text{ cm}$, ή δὲ ἀπόστασις τοῦ πέμπτου φωτεινοῦ κροσσοῦ ($v = 5$) ἀπὸ τὸν κεντρικὸν φωτεινὸν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



108. Ὁπαὶ τοῦ Young.

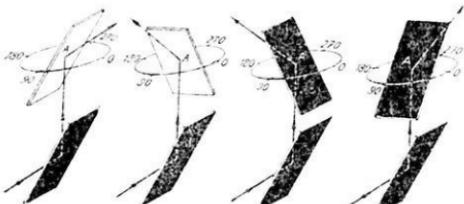
$$\lambda = \frac{2 \cdot 1,7}{5 \cdot 1000} = \frac{0,68}{1000} \text{ mm} = 0,68 \mu$$

94. Πόλωσις τοῦ φωτός.— Τὸ φῶς, τὸ ὄποῖον προέρχεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγήν, καλεῖται φυσικὸν φῶς, ὅταν δὲν ἔχῃ ὑποστῆ καμμίαν ἀνάκλασιν ή διάθλασιν. Ἀφήνομεν μίνα ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτὸς νὰ προσπέσῃ πλαγίως ἐπὶ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου. Στρέφομεν τὸ κάτοπτρον περὶ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα ὡς ἀξονα, διατηροῦντες σταθερὰν τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διαγράφει ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ ή ἐν τασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος δὲν μεταβάλλεται. Χρησιμοποιοῦμεν τῶρα ὡς κάτοπτρον μίνα ὑαλίνην πλάκα Π , τῆς δοποίας ή διποσθία ἐπιφάνεια εἶχει καλυφθῆ μὲ στρῶμα αἰθάλης. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς πλακὸς Π μία ἀκτὶς φυσικοῦ φωτὸς $\Gamma\Delta$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 57° (σ.λ. 109). Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ δευτέρας δύοις κα-



Σχ. 109. Πόλωσις τοῦ φωτὸς ἐξ ἀνακλάσεως.

τοπτρικής πλακός Α καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως 57°. "Ας ἔξετάσωμεν τὰς ἴδιότητας τῆς νέας ἀνακλωμένης ἀκτῖνος Δ'Ε. Πρὸς τοῦτο στρέφομεν τὸ κάτοπτρον Α περὶ τὴν ΔΔ' ὡς ἔξονα. 'Η ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε διαγράφει πάλιν ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης μένης ἀκτῖνος μεταξὺ ταῖς 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). 'Αντιθέτως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει ἔντασιν μηδέν, δηλαδὴ καταργεῖται, ὅταν τὰ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως εἰναι κάθετα μεταξύ των (θέσεις II, IV εἰς τὸ σχ. 110). Εἰς τὰς ἐνδιαμέσους θέσεις ἡ ἔντασις τῆς Δ'Ε λαμβάνει ἐνδιαμέσους τιμάς. 'Απὸ τὸ πείραμα τοῦτο συνάγεται ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν ἔχει τὰς αὐτὰς ἴδιότητας μὲ τὴν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτὸς ΓΔ. 'Η ἀκτὶς ΔΔ' δύναται νὰ καταργηθῇ διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως. Λέγομεν ὅτι ἡ ΔΔ' εἶναι ἀκτὶς πεπολωμένου φωτὸς (ἢ καὶ περιλαμβάνειν τὴν ἀκτὶς). Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π δύναται ἐπίπεδον πολώσεως τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος. 'Η ώρισμένη γωνία, ὑπὸ τὴν ὧποιαν πρέπει νὰ προσπίπτῃ ἡ ἀκτὶς τοῦ φυσικοῦ φωτὸς ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Η, διὰ νὰ υποστῇ τὴν πόλωσιν, καλεῖται γωνία πολώσεως. Τέλος τὸ μὲν πρῶτον κάτοπτρον Η καλεῖται πολωτής, τὸ δὲ δευτέρον κάτοπτρον Α καλεῖται ἀναλύτης. 'Εὰν ἡ ἀκτὶς Σχ. 110. Ἐρευνα τῶν ἴδιοτήτων τῆς πεπολωμένης ἀκτῖνος φωτός.



ἐπὶ τοῦ πολωτοῦ Π ὑπὸ γωνίαν διάφορον τῆς γωνίας πολώσεως σε τόπε της παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν δύναται νὰ καταργηθῇ τελείως διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως τῆς ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου Α. Κατὰ μίαν δόλοκληρον στροφὴν τοῦ ἀναλύτου ἡ ἔντασις τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος Δ'Ε λαμβάνει δύο μεγίστας καὶ δύο ἐλάχιστας τιμάς, ἀλλὰ οὐδέποτε μηδενίζεται. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἀκτὶς ΔΔ' εἶναι μερικῶς πεπολωμένη. "Ωστε :

"Οταν τὸ φυσικὸν φῶς ἀνακλᾶται, ἐπέρχεται ὁλικὴ ἡ μερικὴ πόλωσις αὐτοῦ.

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

Τὸ φῶς εἶναι ἔγκαρποι κυμάνσεις.

Εἰς μίαν φυσικὴν ἀκτῖνα φωτὸς οἱ κραδασμοὶ τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος γίνονται ἐπὶ εὐθειῶν, αἱ ὄποιαι εἶναι μὲν καθέτοι πρὸς τὴν ἀκτῖνα τοῦ φωτός, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὄποιον ὁρίζουν ἡ διεύθυνσις κραδασμοῦ καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος, δὲν εἶναι ὡρισμένον. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, τὸ ὄποιον καλεῖται ἐπίπεδον κραδασμῶν, δύναται νὰ λάβῃ οἷανδήποτε θέσιν εἰς τὸν πέριξ τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος χῶρον (σχ. 111). Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποδεικνύει διτι :

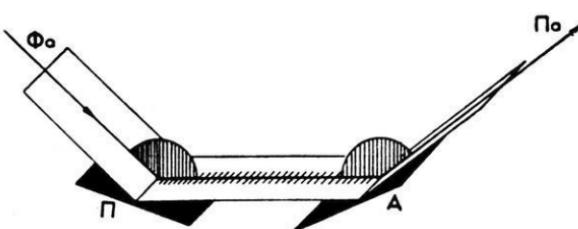
I. Εἰς μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτὸς οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

II. Εἰς μίαν ἀκτῖνα πεπολωμένου φωτὸς οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν εἶναι ὡρισμένον.

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



Σχ. 111. Κραδασμοὶ εἰς φυσικὴν ἀκτῖνα φωτός.

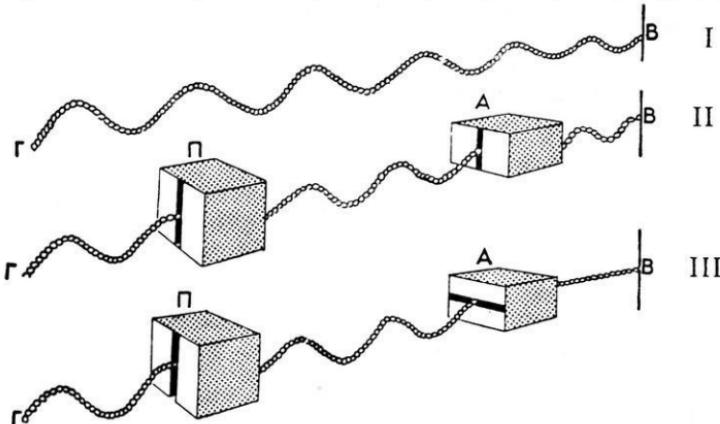


Σχ. 112. Κραδασμοὶ εἰς πεπολωμένην ἔξ ἀνακλάσεως ἀκτῖνα φωτός.

Τὸ ἀκόλουθον πείραμα ἐρμηνεύει μηχανικῶς τὴν πόλωσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος. Τὸ ἄκρον Β ἐνὸς σχοινίου εἶναι μονίμως στερεωμένον, ἐνῷ τὸ ἄλλο ἄκρον Γ τοῦ σχοινίου τὸ ἀναγκάζομεν νὰ ἐκτελῇ παλμικὴν κίνησιν (ἀρμονικὴν ταλάντωσιν). Τότε, κατὰ μῆκος τοῦ σχοινίου διαδίδεται μία ἔγκαρπα κύμανσις (σχ. 113 I).

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

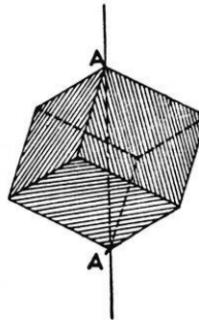
Ἡ πρώτη σχισμὴ Π ἐπιτρέπει νὰ διαδοθοῦν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κυμάνσεις, τῶν ὅποιων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμήν.



Σχ. 113. Μηχανική ἐρμηνεία τῶν ιδιοτήτων τῆς πεπολωμένης φωτεινῆς ἀκτῖνος.

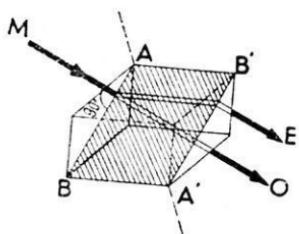
Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν σχισμὴν Α. "Οταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ὥρισμένη κύμανσις (σχ. 113 II). "Οταν δὲ τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι κάθετα, τότε ἡ σχισμὴ Α δὲν ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῇ πέραν αὐτῆς ἡ κύμανσις (σχ. 113 III).

96. Διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός.— Ἡ ισλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίτου (CaCO_3). εἶναι τελείως διαυγὴς καὶ σχίζεται εύκόλως δίδουσα ρομβόπεδον, δηλαδὴ στερεόν τοῦ ὅποιου αἱ ἔξ ορθοί εἰναι ρόμβοι (σχ. 114). Ἡ ισλανδικὴ κρύσταλλος ἀνήκει εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μᾶς ἔδρας τοῦ ρομβοέδρου ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ καθέτως μία φωτεινὴ ἀκτίς, τότε ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδραν ἔξερχονται δύο παράλληλοι φωτειναὶ ἀκτῖνες, ἡ Ο καὶ ἡ Ε (σχ. 115). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὅποιον ἐπέρχεται διχασμὸς τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος εἰς δύο διαθλαστικὰ μένας ἀκτῖνας, καλεῖται διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός. Ἡ δὲ



Σχ. 114. Ὁπτικὸς δῆμος κρυστάλλου.

ισλανδική κρύσταλλος, ή όποια προκαλεῖ τὴν διπλῆν διάθλασιν, κα-

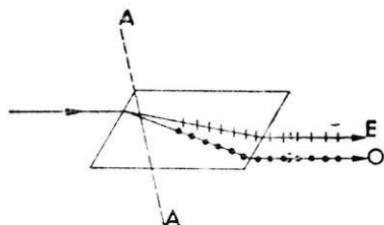


Σχ. 115. Διπλή διάθλασις τοῦ φωτός.

λεῖται διπλοθλαστικὸν σῶμα. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ ἀκτὶς Ο ἔξ-έρχεται κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος, διότι ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς Μ προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρᾶς τοῦ ρομβοέδρου. Ἡ ἀκτὶς λοιπὸν Ο ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, δχι μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν καθέτου προσπτώσεως τῆς ἀκτῖνος Μ, ἀλλὰ καὶ δι' οἰκανδήποτε ὅλην γωνίαν προσ-

πτώσεως· διὰ τοῦτο ἡ ἀκτὶς Ο καλεῖται τακτικὴ ἀκτὶς. Ἀντιθέτως ἡ ἀκτὶς Ε δὲν ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται ἔκτακτος ἀκτὶς.

Ἐὰν μὲν ἔνα ἀναλύτην ἔξετάσωμεν τὴν τακτικὴν καὶ τὴν ἔκτακτον ἀκτῖνα, θὰ εὕρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο αὐταὶ ἀκτῖνες εἶναι ὀλικῶς πεποιημέναι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο αὐτὰς ἀκτῖνας εἶναι κάθετα μεταξύ των. Ὑπάρχει δημοσία μία διεύθυνσις ΑΑ', κατὰ τὴν ὥποικην ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ισλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτὶς ἔξερχεται χωρὶς νὰ ὑποστῆ διπλῆν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ ΑΑ' καλεῖται διπτικὸς ἄξων τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ ὥποιον διέρχεται διὰ τοῦ διπτικοῦ ἄξονος ἡ εἶναι παράλληλον πρὸς αὐτόν, καλεῖται κυρία τομὴ τοῦ κρυστάλλου (ἢ γραμμωτὴ ἐπιφάνεια ABA'B' εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν λοιπὸν τὰ ἔξης:



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλώμεναι ἀκτῖνες εἶναι πεποιωμέναι.

I. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ ἐπὶ ισλανδικῆς κρυστάλλου, ωὕτως, ὡστε νὰ μὴ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν διπτικὸν ἄξονα, τότε προκύπτουν δύο παράλληλοι διαθλώμεναι ἀκτῖνες, ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς.

II. Ἡ τακτικὴ ἀκτὶς ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, ἐνῶ ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς δὲν τὸν ἀκολουθεῖ.

III. Ἡ τακτική καὶ ἡ ἕκτακτος ἀκτίς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμέναι, τὰ δὲ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἶναι κάθετα μεταξύ των.

IV. Ἡ τακτική καὶ ἡ ἕκτακτος ἀκτίς εύρισκονται πάντοτε ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς.

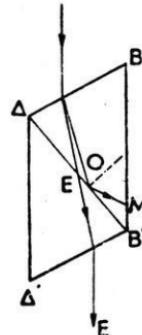
97. Έρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἀπέδειξαν ὅτι ἐντὸς τῆς ἴσλανδικῆς κρυστάλλου ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς δὲν εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διεισιτήσεις ταῖς αὐτὰς φυσικὰς ἰδιότητας καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἴσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ὁ πτυχῶς ἀνισότροπον σῶμα. Γενικῶς εύρεθη ὅτι :

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

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

98. Πολωτικαὶ συσκευαί.—Ἐπειδὴ οἱ διπλοθλαστικοὶ κρύσταλλοι δίδουν ὀλικῶς πεπολωμένας ἀκτῖνας, διὰ τοῦτο οἱ κρύσταλλοι οὗτοι χρησιμοποιοῦνται ὡς **πολωτικαὶ συσκευαί**. Τοιαύτη ἀπλῆ συσκευὴ εἶναι τὸ πρᾶσμα Nicols. Τοῦτο εἶναι κρύσταλλος ἴσλανδικῆς κρυστάλλου, ὃ ὅποιος ἔχει κοπῆ εἰς δύο (σχ. 117). Τὰ δύο ἥμιση τοῦ κρυστάλλου ἔχουν ἐπειτα συγκολληθῆ μὲ λεπτὸν στρῶμα βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ. Ἡ τακτικὴ ἀκτίς ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ καὶ ἔξαφανίζεται. Οὕτως ἔξερχεται ἀπὸ τὸν κρύσταλλον μόνον ἡ ἔκτακτος ἀκτίς, κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὴν προσπίπτουσαν. Ἡ ἔξερχομένη ἔκτακτος ἀκτίς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Ἐν ὅλῳ πρᾶσμα Nicol δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς ἀναλύτης (σχ. 118).

Διὰ τὴν εὔκολον παραγωγὴν πεπολωμένου φωτὸς χρησιμοποιεῖται



Σχ. 117. Ἀπὸ τὸ πρᾶσμα Nicol ἔξερχεται μόνον ἡ ἕκτακτος ἀκτίς.

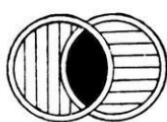
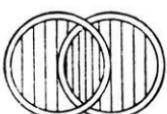
τελευταίως ἐν τεχνητῶς παρασκευαζόμενον σῶμα, τὸ πολωτικὸν σῶμα.



Σχ. 118. Χρῆσις τοῦ πρίσματος Nicol ως πολωτοῦ (Π) καὶ ἀναλύτου (Α).

ἐνώσεως τῆς κινίνης (έραπαθίτης). Ἐκαστος τοιοῦτος κρύσταλλος συμπεριφέρεται ὅπως ἐν πρίσμα Nicol, δηλαδὴ ἀπορροφᾷ τὴν μίαν ἀκτῖνα καὶ ἀφήνει νὰ διέλθῃ μόνον ἡ ἄλλη ἀκτίς, ἡ ὅποια εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι ἀπλώνονται οὕτως, ὥστε οἱ ἀξονές των νὰ εἶναι παράλληλοι. Τὸ πολωτικὸν σῶμα τοποθετεῖται μεταξὺ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν· ἡ διάταξις αὐτὴ ἀποτελεῖ πολωτήν. Μία ἄλλη α ὁμοίᾳ διάταξις δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς ἀναλύτης. Εἰς τὴν θέσιν διασταύρωσεως ἐπέρχεται κατάργησις τοῦ διερχομένου φωτός (σχ. 119). Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν β νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, τὸ δόπον εἰσέρχεται εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτως οἱ φανοὶ τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἡ ὑαλίνη πλάξ, διὰ μέσου τῆς ὁποίας βλέπει ὁ δόληγός, φέρουν πολωτικὸν σῶμα (πολωτής), τοῦ ὁποίου ὁ ἀξων σχηματίζει γωνίαν $\alpha = 45^\circ$ μὲ τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον. Εἰς δῆλα τὰ αὐτοκίνητα ἡ γωνία α εἶναι ἡ ἴδια καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Κατὰ τὴν διασταύρωσιν δύο ἀντιθέτως κινουμένων αὐτοκινήτων ἡ ἐμπροσθεν τοῦ δόληγοῦ 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 ἀξονές πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι κάθετοι. Οὕτως ἀποφεύγεται ἡ ἐνόχλησις ἐκάστου ὁδηγοῦ ἀπὸ τὸ φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου.

Τὸ σῶμα τοῦτο κατασκευάζεται ὑπὸ μορφὴν πολὺ λεπτοῦ στρώματος, τοῦ ὁποίου ἡ ὑλη ἔχει διαποτισθῆ ἀπὸ μικροὺς βελονειδεῖς κρυστάλλους μιᾶς



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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

71. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι 6438 Å° . Πόσον

είναι τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὴν ὑάλον, ἐὰν ὁ δείκτης διαθάσεως τῆς ὑάλου είναι 1,747 ;

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

73. Διὰ δύο εἰδη ὑάλου δείκτης διαθάσεως αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν ἀέρα είναι ἀντιστοίχως 1,4 καὶ 1,6 διὰ μίαν ὀρισμένην ἀκτινοβολίαν. Πόσος είναι ὁ λόγος τῶν ταχυτήων διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὰ δύο εἶδη τῆς ὑάλου ;

74. Μία ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἀέρα μῆκος κύματος 5000 Å. Νὰ μετρηθῇ εἰς μῆκη κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης 1cm ἀέρος καὶ 1cm ὑάλου, τῆς ὅποιας δείκτης διαθάσεως είναι 3/2.

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

76. Δύο εὐθύγραμμοι φωτεινοὶ πηγαὶ A καὶ B, παράλληλοι μεταξύ των, ἀπέχουν ἡ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην 1 m. Ἐπὶ πετάσματος P, τὸ δόποιον είναι 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 είναι 1 m. Αἱ δύο πηγαὶ ἐκπέμπουν μονόχρουν φῶς, ἔχον μῆκος κύματος $\lambda = 0,47 \mu$. Νὰ εὐρεθῇ εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κεντρικὸν κροσσὸν εὑρίσκεται ὁ ἐνατος σκοτεινὸς κροσσός.

ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

A. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. Φάσματα ἐκπομπῆς.—Ἡ ἔρευνα τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ δόποιον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτεινοὶ πηγαί, γίνεται μὲ τὸ φασματοσκόπιον (σχ. 91). Ἐὰν ἔξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ δόποιον ἐκπέμπει ἐν διάπυρον στερεὸν ἡ ὑγρὸν σῶμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἐν συνεχὲς φάσμα, δηλαδὴ μίαν συνεχῆ σειρὰν ἀκτινοβολιῶν χωρὶς καμμίαν διακοπήν. Τοιοῦτον φάσμα δίδουν π.χ. τὸ διάπυρον σύρμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος, τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον, ἡ φλόξ ἐνδὸς κηρίου, τὰ διάπυρα μέταλλα κ.ἄ. Διὰ νὰ λάβωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ δόποιον ἐκπέμπουν οἱ διάπυροι ἀτμοὶ τῶν μετάλλων, εἰσάγομεν ἐντὸς τῆς φλογὸς τοῦ λύχνου Bunsen ἡ ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου, μικρὸν τεμάχιον ἐνδὸς ἀλατος τοῦ μετάλλου τούτου. Τέλος τὰ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἀέρια (π.χ. ὑδρογόνον, διξυγόνον, διζωτον κ.ἄ.) τὰ ἀναγκάζομεν νὰ γίνουν φωτει-

ναὶ πηγαὶ διὰ τοῦ σωλῆνος τοῦ Geissler (σχ. 120). Ἐντὸς τοῦ θύλακον σωλῆνος ὑπάρχει τὸ πρὸς ἔξετασιν δέριον ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν. Ὅταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος παράγωνται ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις, τὸ ἀέριον φῶτοβολεῖ καὶ ιδίως ἐκεῖνο, τὸ ὅποιον ὑπάρχει εἰς τὸ στενότερον τμῆμα τοῦ σωλῆνος. Ἐὰν λοιπὸν ἔξετάσωμεν



Σχ. 120. Σωλὴν Geissler διὰ τὴν διέγερσιν τῆς φωτοβολίας ἀερίων.

τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον ἔκπεμπει διὰ πυρὸν ἀέριον ἢ ἀτμός, θὰ παρατηρήσωμεν ἐν ἀσυνεχὲς φάσμα, δηλαδὴ ὠρισμένας μόνον φωτεινὰς γραμμάς. Ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἰναι χαρακτηριστικὴ στιχὰ τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου. Οὕτως τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας μόνον γραμμάς. Αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὅποιαι ἔχουν τὰ ἔξης 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 ὅποιαι εὑρίσκονται ἡ μία πολὺ πλησίον τῆς ἀλληλῆς. Ἀπὸ τὴν ἔρευναν λοιπὸν τῶν φασμάτων συνάγονται τὰ ἀκόλουθα διὰ τὰ φάσματα ἔκπομπῆς:

I. Τὰ διάπυρα στερεὰ καὶ ύγρὰ σώματα δίδουν συνεχὲς φάσμα· ἄφα τὰ σώματα αὐτὰ ἔκπεμπουν φῶς ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀκτινοβολίας ἀντιστοιχούσας εἰς ὅλα τὰ δυνατὰ μήκη κύματος.

II. Τὰ διάπυρα ἀέρια δίδουν φάσμα γραμμῶν· ἄφα τὰ σώματα αὐτὰ ἔκπεμπουν φῶς ἀποτελούμενον ἀπὸ τελείως ὠρισμένας ἀκτινοβολίας, αἱ ὅποιαι εἰναι χαρακτηριστικαὶ διὰ κάθε στοιχείου.

“Οταν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου αὔξανεται, αἱ γραμμαι τοῦ φάσματος, τὸ ὅποιον δίδει τὸ ἀέριον, διαπλατύνεται διαρκῶς καὶ τέλος ἐνώνονται. Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι :

Τὰ διάπυρα ἀέρια ὑπὸ πολὺ μεγάλας πιέσεις ἔκπεμπουν φῶς, τὸ ὅποιον δίδει φάσμα συνεχές.

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

Εύκόλως δυνάμεθα νὰ ίδωμεν τὴν τοιαύτην ἀπορρόφησιν τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν διαφόρων διαφανῶν σωμάτων. Μὲ τὸ φασματοσκόπιον παρατηροῦμεν τὸ συνεχὲς φάσμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου. "Εμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ κατευθυντήρος τοῦ φασματοσκοπίου τοποθετοῦμεν ὑαλίνην πλάκα σκοτεινοῦ ἐρυθροῦ χρώματος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἀπὸ τὸ προηγούμενον συνεχὲς φάσμα ἀπομένει μόνον τὸ τμῆμα τοῦ σκοτεινοῦ ἐρυθροῦ χρώματος. 'Ολόκληρον τὸ ὑπόλοιπον μέρος τοῦ φασματος ἐλλείπει, διότι αἱ ἀκτινοβολίαι αὐτὰ ἀπερροφήθησαν ἀπὸ τὴν ὑαλον. Τὸ παρατηροῦμενον τότε φάσμα εἶναι ἐν φάσμα ἀπορροφήσεως. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι :

Εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἔκαστον δισφανὲς σῶμα ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ὥρισμένας ἀκτινοβολίας.

101. Φάσματα ἀπορροφήσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—Δι' ἡλεκτρικοῦ τόξου παράγομεν ἐν συνεχὲς φάσμα. "Εμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου φέρομεν μὴ φωτεινὴν φλόγα φωταερίου. Εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτῆς τεμάχιον ἀλατος τοῦ νατρίου, ὅπότε ἡ φλόξ ἀποκτᾶ τὸ ζωγρὸν κίτρινον χρῶμα τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὸ συνεχὲς φάσμα ἐμφανίζονται δύο λεπταὶ σκοτειναὶ γραμμαὶ μαζὶ εἰς τὴν ἴδιαν ἀκριβῶς θέσιν, εἰς τὴν ὅποιαν ἐσχηματίζοντο προηγουμένως αἱ δύο χρυσακτηριστικαὶ κίτριναι γραμμαὶ τῶν διαπύρων ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀντιστροφὴ τῶν γραμμῶν τοῦ φασματος καὶ εἶναι γενικόν :

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

102. Τὸ ἡλιακὸν φάσμα — Διὰ τοῦ φασματοσκοπίου λαμβάνομεν τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν συνεχὲς φάσμα, εἰς τὸ ὅποιον ὅμως ὑπάρχει μεγάλος ἀριθμὸς σκοτεινῶν γραμμῶν. "Ωστε τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν φάσμα ἀπορροφήσεως. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φασματος διείλονται εἰς ἀπορρόφησιν, τὴν ὅποιαν ὑφίσταται τὸ ἡλιακὸν φῶς. Μερικαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινὰς γραμμὰς τοῦ ἡλιακοῦ φασματος εἶναι ζωηρότεραι, ὅταν ὁ "Ἡλιος εὐρίσκεται εἰς τὸν ὄρίζοντα, καὶ ἐξασθενοῦν ἐφ' ὅσον ὁ "Ἡλιος πλησιάζει πρὸς τὸ Ζενίθ. 'Η μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τῶν σκοτεινῶν τούτων γραμμῶν φανερώνει ὅτι αὗται

δρείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὡρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἥλιακοῦ φωτὸς ὑπὸ τῆς γηίνης ἀτμοφαράς σφαίρας. Αἱ λίδαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτὸς ἐνὸς φάρου, εὑρισκομένου εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητήν. Αἱ περισσότεραι δημοσιεύουσαι σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθερὰν τὴν ἔντασίν των, ἀνεξαρτήτως τῆς τροχιᾶς τοῦ φωτὸς ἐνὸς τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας. 'Η ἀπορρόφησις τῶν ἀντιστοίχων ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ 'Ηλίου. Πολλαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινὰς γραμμὰς τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος κατέχουν ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δίδουν ὡρισμένα διάπυρα ἀέρια. Οὕτω π.γ. εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα ὑπάρχει μία διπλῆ σκοτεινὴ γραμμή, καταλαμβάνουσα ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῆς διπλῆς κιτρίνης γραμμῆς τοῦ νατρίου.

'Απὸ τὴν σπουδὴν τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι εἰς τὸν "Ἡλίον πρέπει νὰ διακρίνωμεν δύο μέρη. Τὸ ἐσωτερικὸν τμῆμα, τὸ ὄποιον καλεῖται φωτόσφαῖρα, ἐκπέμπει δόλοκληρον τὴν σειρὰν τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ συνεχοῦς φάσματος. 'Η φωτόσφαῖρα περιβάλλεται ὑπὸ τῆς ἥλιακῆς ἀτμοσφαίρας, ἡ ὁποία καλεῖται χρωμόσφαῖρα. Αὕτη εἰναι ἐν στρῶμα διαπύρων ἀερίων καὶ ἀτμῶν. 'Εντὸς τῆς χρωμόσφαίρας συμβαίνει ἡ ἀπορρόφησις ὡρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φωτός, τὸ ὄποιον ἐκπέμπει ἡ φωτόσφαῖρα, καὶ οὕτω προκύπτουν αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος. 'Επειδὴ εἰς τὸ φάσμα τοῦ ἥλιακοῦ φωτός ὑπάρχει τὸ φάσμα ἀπορροφήσεως τῶν ἀτμῶν ἐνὸς στοιχείου, ἔπειται ὅτι εἰς τὴν χρωμόσφαῖραν ὑπάρχει τὸ στοιχεῖον τοῦτο.

'Ἐὰν ἡ χρωμόσφαῖρα ἦτο μόνη, τότε αὔτη 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 φωτόσφαῖραν. Κατὰ τὴν στιγμὴν αὐτὴν τὸ φῶς, τὸ ὄποιον ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸ ὄρατὸν ἀκόμη χεῖλος τοῦ ἥλιακοῦ δίσκου, δίδει φάσμα ἀποτελούμενον ἀπὸ φωτεινὰς γραμμάς. Τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τὸ φάσμα ἐκπομπῆς τῆς χρωμόσφαίρας.

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

ἀνάλυσις. Αὕτη εἶναι πολὺ περισσότερον εὐαίσθητος ἀπὸ τὴν γηγειὴν ἀνάλυσιν. Οὕτως ἀρκεῖ $\frac{1}{14\,000\,000}$ τοῦ χιλιοστρογράμμου νατρίου, διὰ νὰ ἐμφανισθῇ ἡ διπλῆ κιτρίνη γραμμὴ τοῦ νατρίου.⁹ Επὶ πλέον ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις ἐβοήθησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν νέων στοιχείων ἐκ τῆς παρουσίας εἰς τὸ φάσμα ὠρισμένων γραμμῶν, αἱ ὅποιαι δὲν ἀνῆκον εἰς κανὲν γνωστὸν ἔως τότε στοιχεῖον. Οὕτως ἀνεκάλυψθησαν τὰ στοιχεῖα καίσιαν, ρουβίδιον, θάλλιον, ἵνδιον καὶ γάλλιον. Επὶ πλέον ἡ μελέτη τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὠδήγησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν ἐνὸς νέου στοιχείου, τὸ ὄποιον δὲν εἴχεν εὑρεθῆ ἔως τότε ἐπὶ τῆς Γῆς καὶ διὰ τοῦτο ὠνομάσθη ἥλιον.¹⁰ Η ἀνακάλυψις τούτου ὀφείλεται εἰς τὸν Lockyer (1868).¹¹ Αργότερον 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 ἔξετάζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τῶν ἀστέρων. Η τοιαύτη ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ φῶς τῶν πλανητῶν καὶ τῆς Σελῆς ἡ ηγεία δίδει φάσμα ὅμοιον πρὸς τὸ ἡλιακὸν φάσμα. Οἱ ἀπλανές εἰς ἡς ἀστέρες εἰς 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 ὅποιων τὸ φάσμα ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ τὰς γραμμὰς τοῦ ἥλιου καὶ τοῦ ὑδρογόνου. Οἱ κίτρινοι ἀστέρες ἀνάλογοι πρὸς τὸν "ἥλιον, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὅποιων ἐπικρατοῦν αἱ γραμμαὶ τῶν μετάλλων. Οἱ ἐρυθροκίτρινοι ἀστέρες, τῶν ὅποιων τὸ φάσμα παρουσιάζει χαρακτηριστικὰς ταινίας: αἱ ταινίαι φανερώνουν ὅτι ἐπὶ τῶν ἀστέρων τούτων ὑπάρχουν χημικαὶ ἐνώσεις. Οἱ ἐρυθροὶ ἀστέρες, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὅποιων ἐπικρατοῦν αἱ χαρακτηριστικαὶ ταινίαι τοῦ ἄνθρακος. Οἱ ἔκτος τοῦ Γαλαξίου εὐρισκόμενοι σπειροειδεῖς νεφελοειδεῖς δίδουν συνεχές φάσμα, τὸ ὄποιον διακόπτεται ἀπὸ μερικὰς σκοτεινὰς γραμμὰς (κυρίως τοῦ ἀσβεστίου, τὰς δύο γραμμὰς τοῦ ὑδρογόνου καὶ μερικὰς γραμμὰς ἀτμῶν μετάλλων). Η μέτρησις τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς τὰς διαφόρους γραμμὰς ἀπέδειξεν ὅτι τὸ Σύμπαν διαστέλλεται αὐτομάτως. Η θεωρία τῆς σχετικότητος ἀποδίδει τὴν παρατηρουμένην διαστολὴν τοῦ Σύμπαντος

εἰς ἐν εἶδος διαστολῆς τοῦ χώρου, ὁ ὄποιος ἔξογκώνεται
ὅπως μία φυσικής σάπωνος.

‘Η φασματοσκοπικὴ ἔξέτασις τῶν ἀστέρων ἀπέδειξεν ὅτι :

“Ολα τὰ στοιχεῖα, τὰ ὄποια ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἀστέρας, ὑπάρχουν καὶ ἐπὶ τῆς Γῆς.

‘Ἐπι πλέον, ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων ἐπέβαλε τὴν ἰδέαν τῆς ἔξελιξεως τῆς ὑλῆς, πολὺ πρὸ τῆς ἀνακαλύψεως τῆς φασματοσκοπίας. Οἱ μὴ διαλυτοὶ νεφελοίσι δὲ τοῖς εἶναι γηγαντιαῖσι σωροὶ διαπύρων ἀερίων τὸ φάσμα τῶν ἀποδεικνύει ὅτι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐλαφρὰ στοιχεῖα, μεταξὺ τῶν ὄποιων ἐπικρατοῦν τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ ἥλιον. Οἱ νεφελοειδεῖς οὖτοι εἶναι μία κατάστασις, ἡ ὄποια προηγεῖται τοῦ σχηματισμοῦ τῶν ἀστέρων. Ἐπομένως πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ διάφορα στοιχεῖα, τὰ ὄποια ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἀστέρας, σχηματίζονται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς προοδευτικῆς συμπυκνώσεως τῆς ὑλῆς τῶν νεφελοειδῶν τούτων. Ἐφ’ ὅσον προχωρεῖ ἡ ἔξελιξις, ἐμφανίζονται στοιχεῖα ἔχοντα διαρκῶς καὶ μεγαλυτέρων ἀτομικὴν μᾶζαν.

B'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. ‘Υπέροχοι ἀκτινοβολίαι.— Τὸ λευκὸν φῶς ἔγει τὴν ἰδιότητα νὰ προκαλῇ θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὄποιων τοῦτο προσπίπτει. Διὰ νὰ ἔξετάσωμεν τὰς θερμικὰς ἰδιότητας τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτὸς, ἐκτελοῦμεν τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Σχηματίζομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ ὄποιον ἐκπέμπει ἐν διάπυρον στερεὸν σῶμα. Κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος τούτου μετακινοῦμεν εὐπαθὲς θερμομετρικὸν ὅργανον (θερμοηλεκτρικὴν στήλην). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμικὴ ἵκανότης τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαίνει συνεχῶς αὔξανομένη καθ’ ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὸ ἱδεῖς πρὸς τὸ ἐρυθρὸν ἄκρον τοῦ φάσματος. Ἐὰν μετακινήσωμεν τὸ θερμομετρικὸν ὅργανον πέραν τοῦ ἐρυθροῦ, παρατηροῦμεν ἀκόμη μεγαλυτέρων ὑψώσιν τῆς θερμοκρασίας. “Ωστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἐρυθροῦ περιοχὴν τοῦ φάσματος ὑπάρχουν ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὄποιαι ἔχουν ἐντόνους θερμικὰς ἰδιότητας καὶ καλοῦνται ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι ἢ καὶ θερμικαὶ ἀκτινοβολίαι. Αἱ ἀκτινοβολίαι αὐταὶ ἔχουν προφανῶς μήκη κύματος μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ὀρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Εἰς τὸ φῶς, τὸ ὄποιον ἐκπέμπουν

αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ, εὑρέθησαν ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι, τῶν ὅποιων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0,750 μ καὶ 300 μ. Εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα εὐρίσκουμεν ἐπίσης ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Τοιαύτας ἀκτινοβολίας ἐκπέμπουν ἀφθόνως καὶ ὅλαι γενικῶς αἱ συσκευαὶ θερμάνσεως (θερμάστραι, καλοριψέρ κ.ἄ.). "Ωστε :

I. Αἱ ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι εἰναι ἀόρατοι, τὸ δὲ μῆκος κύματος αὐτῶν εἰναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς ὁρατῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας.

II. Αἱ ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι ἔχασκοῦν θερμικὰς δράσεις.

106. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.—'Η ςχλος, ὁ καλκίας, τὸ ὄδωρ ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως τὸ ὄρυκτὸν χλωριοῦχον νάτριον εἰναι σχεδὸν τελείως διαφανὲς διὰ τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὑπερύθρων ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ ὄρυκτὸν χλωριοῦχον νάτριον. Εἰς τὸ ὑπέρυθρον τμῆμα τοῦ φάσματος εὐρίσκουμεν θέσεις, εἰς τὰς ὄποιας δὲν παρατηρεῖται καμμία θερμικὴ δράσης. Εἰς τὰς θέσεις αὐτὰς δὲν ὑπάρχουν ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι, ητοι εἰναι σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ θερμικοῦ φάσματος καὶ δρείλονται εἰς ἀπορρόφησιν δρισμένων ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.

107. Υπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ἴδητην νὰ προκαλῇ χημικὰς δράσεις: οὕτω προκαλεῖ τὴν ἔνωσιν τοῦ ὄδρογόνου μὲ τὸ χλωριον, τὴν διάσπασιν τοῦ χλωριοῦχου δρυγύρου κ.ἄ. Διὰ νὰ ἔξετάσωμεν τὰς χημικὰς ἴδιότητας τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτός, προσβάλλομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός ἐπὶ μᾶς φωτογραφικῆς πλακός. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν τῆς φωτογραφικῆς πλακός, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἐρυθρὸν τμῆμα τοῦ φάσματος δὲν προκαλεῖ καμμίαν προσβολὴν τῆς πλακός. 'Η προσβολὴ αὐτῆς ἀρχίζει ἀπὸ τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρίνου καὶ βαίνουσα συνεχῶς αὐξανομένη συνεχίζεται πέραν τοῦ ἰώδους, ὅπου παρατηρεῖται ἡ μεγίστη προσβολὴ τῆς φωτογραφικῆς πλακός. "Ωστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἰώδους περιοχὴν τοῦ φάσματος ὑπάρχουν ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὄποιαι προκαλοῦν ἐντόνους χημικὰς δράσεις καὶ καλοῦνται **ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι η καὶ χημικαὶ ἀκτινοβολίαι**. Αἱ ἀκτινοβολίαι αὐταὶ ἔχουν μήκη κύματος μικρότερα ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος

τῶν ὄρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Κατὰ διαφόρους τρόπους κατωρθώθη νὰ ἀπομονωθοῦν καὶ νὰ μελετηθοῦν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι, τῶν ὅποιων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0,4 μ καὶ 0,1 μ. Εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα εύρισκομεν ἐπίσης ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαις. "Ολαι αἱ πηγαὶ λευκοῦ φωτὸς ἐκπέμπουν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαις. Αὗται εἶναι τόσον περισσότεραι, ὅσον. ὑψηλοτέρα εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Οὕτω τὸ φῶς τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου εἶναι πολὺ πλουσιώτερον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας ἀπὸ τὸ φῶς τῆς φλοιογὸς κηρίου.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν (§ 109) πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ιονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἐπίσης ἔχασκοῦν ἐντόνους βιολογικὰς δράσεις. Οὕτως αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὰ φαινόμενα τῆς ἡλιασεως 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 δρφαλιμόν. "Ωστε :

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

II. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι ἔχασκοῦν χημικὰς δράσεις, ἐπιδροῦν ἐπὶ τῶν ὄργανισμῶν, διεγείρουν τὸν φθορισμὸν καὶ προκαλοῦν ιονισμὸν τῶν ἀερίων.

108. Απορρόφησις τῶν ύπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν.—'Η ὑαλος, τὸ ὑδωρ καὶ γενικῶς τὰ περισσότερα ἐκ τῶν διαφανῶν σωμάτων ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως δὲ χαλαζίας εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανῆς διὰ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ χαλαζίαν. 'Ο ἀήρ ἀπορροφᾷ ἐπίσης τὰς ἀκτινοβολίας ταύτας. 'Επομένως εἰς μεγαλύτερα ὑψη ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας τὸ ἡλιακὸν φῶς εἶναι πλουσιώτερον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας.

109. Φθορισμὸς.—'Ἐντὸς δοχείου περιέχεται ὑδωρ. Ρίπτομεν ἐντὸς τοῦ ὑδατος ὀλίγας σταγόνας διαλύματος θειεκῆς κινίνης καὶ φωτίζομεν τὸ δοχεῖον μὲ τὸ λευκὸν φῶς ἵσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ ὑδωρ τοῦ δοχείου, τὸ δόποιον προηγουμένως ἥτο ἄχρουν, ἐκπέμπει τώρα ἐν ἀνοικτὸν κυανοῦν φῶς. Μόλις δμως παύσωμεν νὰ φωτίζωμεν τὸ διά-

λυμα, ἀ μέσως διακόπτεται καὶ ἡ ἐκπομπή τοῦ φωτὸς τούτου. Λέγομεν δὲ τὸ διάλυμα τῆς θειεκῆς κινήσεως εἶναι ἐν φθορίζον σῶμα. Ἐκτὸς τῆς θειεκῆς κινήσεως καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ φθορίζουν (π.χ. ἡ ὑαλος τοῦ οὐρανίου, τὸ φθοριοῦχον ἀσβέστιον, ὁ κυανιοῦχος βαριολευκόχρυσος, τὰ πετρέλαια, τὸ διάλυμα ἐσκουλίνης, οἱ ἀτμοὶ τοῦ ιώδιου, τοῦ νατρίου, τοῦ ὑδραργύρου κ.ἄ.). Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ φαινομένου τοῦ φθορισμοῦ εὑρέθη δὲ τὸ χρῶμα τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον ἐκπέμπει τὸ φθορίζον σῶμα διαφέρει ἀπὸ τὸ προσπίπτον ἐπὶ τοῦ σώματος φῶς καὶ ἔχει τὴν φύσιν τοῦ σώματος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξης :

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

II. Αἱ ἀκτινοβολίαι, τὰς ὅποιας ἐκπέμπουν τὰ φθορίζοντα σώματα, δὲ ταῦτα φωτίζωνται μὲν μονοχρωματικὴν ἀκτινοβολίαν, ἔχουν μῆκος κύματος μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς διεγειρούσης ἀκτινοβολίας.

Ἡ ἀνωτέρω ἴδιότης τῶν φθοριζόντων σωμάτων μᾶς βοηθεῖ νὰ ἀνακαλύψωμεν τὴν παρουσίαν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. Οὕτως, ἐν εἰς τὸ ὑπεριωδεῖς μέρος τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος θέσωμεν ὑαλον τοῦ οὐρανίου, αὗτη ἐκπέμπει πράσινον φῶς. Τὸν φθορισμὸν διεγείρουν ἐπίσης αἱ ἀκτίνες, τὰς ὅποιας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ σώματα. Σήμερον γίνεται εὔρεῖα χρῆσις τοῦ φθορισμοῦ εἰς τὸ νέον εἶδος τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων, οἱ ὅποιοι καλοῦνται λαμπτῆρες φθορισμοῦ.

110. Φωσφορισμός.—Καλύπτομεν τὴν μίαν ἐπιφάνειαν διαφράγματος μὲν στρῶμα θειούχου ψευδαργύρου. Ἐκθέτομεν τὸ στρῶμα τοῦτο ἐπ' ὀλίγον χρόνον εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς ἢ εἰς τὸ φῶς μιᾶς ἵσχυρᾶς πηγῆς φωτὸς καὶ ἐπειτα φέρομεν τὸ διάφραγμα ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου. Παρατηροῦμεν δὲ τὸ στρῶμα τοῦ θειούχου ψευδαργύρου ἐκπέμπει ζωηρὸν πρασινωπὸν φῶς· ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτὸς τούτου διαρκεῖ ἐπὶ μακρὸν χρόνον μετὰ τὴν κατάργησιν τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Λέγομεν δὲ ὁ θειοῦχος ψευδαργυρος εἶναι ἐν φωσφορίζον σῶμα. Ἐκτὸς τοῦ θειούχου ψευδαργύρου ὑπάρχουν καὶ μερικὰ ἄλλα σώματα, τὰ ὅποια ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ φωσφο-

ρίζουν (π.χ. ὁ ἀδάμας, τὰ θειοῦχα ἄλατα τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ βαρίου, τοῦ στροντίου, τοῦ καδμίου). Ὁ φωσφορισμὸς παρατηρεῖται πάντας εἰς στερεά σώματα. Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτὸς καὶ ἡ διάρκεια τοῦ φωσφορισμοῦ ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ σώματος. Ὡστε :

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

II. Αἱ ἀκτινοβολίαι, τὰς ὅποιας ἐκπέμπουν τὰ φωσφορίζοντα σώματα, ὅταν ταῦτα φωτίζωνται μὲν μονοχρωμοτικὴν ἀκτινοβολίαν, ἔχουν συνήθως μῆκος κύματος μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς διεγειρούσης ἀκτινοβολίας.

111. Φωταύγεια.—‘Ο φθορισμὸς καὶ ὁ φωσφορισμὸς εἶναι δύο περιπτώσεις ἑνὸς γενικοῦ φαινομένου, τὸ ὅποῖον καλεῖται φωταύγεια. Διὰ τὴν διέγερσιν τῆς φωταυγείας πρέπει νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ σώματος λευκὸν φῶς ή ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι. Ἡ ἐκπομπὴ φωτὸς ἀπὸ τὰ φθορίζοντα καὶ τὰ φωσφορίζοντα σώματα συνδέεται πάντοτε μὲ ἀπορρόφησιν μέρους τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Μόνον αἱ ἀπορροφώμεναι ἀκτινοβολίαι εἶναι ἴκαναι νὰ προκαλέσουν τὴν φωταύγειαν. Τοῦτο δυναμέθεια νὰ τὸ ἐπιβεβαιώσωμεν, ἂν ἀφήσωμεν μίαν φωτεινὴν δέσμην νὰ διέλθῃ διαδοχικῶς διὰ μέσου δύο διαλυμάτων θειέκτης κινήσεως. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μόνον τὸ πρῶτον διάλυμα φθορίζει. Ἡ φωταύγεια διέπεται (ἐκτὸς μερικῶν ἔξαιρέσεων) ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Stokes:

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

112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.— Θερμαινομένη συνεχῶς ἐν σῶμα (π.χ. μίαν μεταλλικὴν σφαῖξιν), ὥστε ἡ θερμοκρασία του νὰ βαίνῃ συνεχῶς αὐξανομένη. Τὸ σῶμα ἐκπέμπει τότε κατ' ἀρχὰς ἀπό τοὺς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ σῶμα εἶναι τότε σκοτεινόν. Καθ' ὃσον προχωρεῖ ἡ θερμανσίς τοῦ σώματος, αὐξάνεται ἡ ἔντασις τῶν ἀκτινοβολῶν τούτων καὶ ἐπὶ πλέον ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ σῶμα ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπῃ καὶ ὁρατὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν. Λέγομεν τότε ὅτι

τὸ σῶμα εἶναι ἐρυθροπυρωμένον. 'Εφ' ὅσον προγωρεῖ ἡ θύμωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος, προγωρεῖ διαδοχικῶς καὶ ἡ ἐμφάνισις τῶν λοιπῶν ὄρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος καὶ τέλος τὸ σῶμα ἔκπέμπει, ἐκτὸς τῶν προηγουμένων ἀκτινοβολιῶν, καὶ ἀօράτους ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Τὸ πείρχμα ἀπέδειξεν ὅτι :

I. Τὸ εἶδος τῆς ἀκτινοβολίας, τὴν ὁποίαν ἔκπέμπει ἐν σῶμα, προσδιορίζεται ἀπό τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος.

II. "Ἐν διάπυρον σῶμα ἔκπέμπει γενικῶς μεῖγμα ἀκτινοβολιῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορα μήκη κύματος.

113. Θεωρία τῶν κβάντα.—Τὸ φῶς ἔκπέμπεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ὑλὴν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔτομα. 'Εκ πρώτης ὅψεως φαίνεται ὅτι ἡ ὑλὴ ἔκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτινοβολίας συνεχῶς. 'Η τοιαύτη ὅμως χντίληψις δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνευθοῦν θεωρητικῶς ὡρισμένα φαινόμενα. Πλήρη θεωρητικὴν ἐρμηνείαν τῆς ἔκπομπῆς καὶ τῆς ἀπορροφήσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τὴν ὑλὴν δίδει ἡ **θεωρία τῶν κβάντα**, ἡ ὁποία διεπυάθη ἀρχικῶς ἀπὸ τὸν Planck (1900) καὶ θεωρεῖται σήμερον ὡς μία ἀπὸ τὰς ὡραιοτέρας κατακτήσεις τοῦ ἀνθρωπίνου πνεύματος. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ ὑλὴ ἔκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὴν ἐνέργειαν ἀσυνεχῶς. Δέχεται δηλαδὴ ἡ θεωρία τῶν κβάντων ὅτι τὸ ἔτομον τῆς ὑλῆς ἔκπέμπει τὴν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφὴν κοκκιδίων ἐνεργειῶν, τὰ ὁποῖα ὀνομάζει **κβάντα** (quanta). 'Απὸ τὸ ἔτρον δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα ἀλλὰ ἔκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμέναι ὄμαδες κυμάτων (κυματοσυρμοί), ἔκάστη τῶν ὁποίων περικλείει ὡρισμένην ποσότητα ἐνέργειας. 'Η ἐνέργεια q , τὴν ὁποίαν μεταφέρει ἔκαστον ἀπὸ τὰ κβάντα μιᾶς ἀκτινοβολίας συχνότητος v , εἶναι ἀπολύτως ὡρισμένη καὶ ἵση μέ :

$$q = h \cdot v$$

Ἶσου ἡ εἶναι μία παγκόσμιος σταθερά, ὀνομαζομένη **σταθερὰ τοῦ Planck**. αὕτη εἶναι ἵση μὲ $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.

114. Φύσις τοῦ φωτός.—Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντων ἡ φωτεινὴ ἀκτινοβολία ἔχει ἀσυνεχῆ κατασκευὴν καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ διακεκριμέ-

να κοκκίδια ένεργειας, τὰ κβάντα φωτός ἢ φωτόνια. Ὡς ένέργεια, τὴν όποιαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας. Οὕτω τὰ φωτόνια τῆς λύδους ἀκτινοβολίας μεταφέρουν περισσοτέραν ἐνέργειαν ἀπὸ τὰ φωτόνια τῆς ἑρυθρᾶς ἀκτινοβολίας. Ὡς τοιαύτη ἀντίληψις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός ἀποτελεῖ μίαν σύνθεσιν τῶν δύο παλαιοτέρων καὶ ἐκ πρώτης δψεως τελείως ἀντιθέτων ἀντιλήψεων τοῦ Νεύτωνος καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι :

Τὸ φῶς ἔχει ἀφ' ἑνὸς μὲν τὰς ἴδιότητας μᾶς ἡλεκτρομαγνητικῆς κυμάνσεως, ἀλλὰ συγχρόνως ἔχει καὶ τὰς ἴδιότητας μᾶς σωματιδιακῆς ἀκτινοβολίας, τῆς όποιας τὰ σωματίδια (φωτόνια) κινοῦνται μὲ ταχύτητα $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec καὶ μεταφέρουν ἐνέργειαν $q = h \cdot v$.

Γ'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—"Οταν τὸ λευκὸν φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ ἑνὸς σώματος, τότε μέρος τοῦ φωτός ἀπορροφᾶται. Ὡς ἀπορρόφησις αὐτὴ ἔξηγεται τὸ χρῶμα, τὸ όποιον λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα. Εὔκολως δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς όποιας ἔχει τὴν ἴδιότητα νὰ ἀπορροφᾷ ἐκ λευκίων ἐν σῶμα. Πρὸς τοῦτο φωτίζομεν τὸ σῶμα μὲ τὸ λευκὸν φῶς μᾶς ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ ἔξετάζομεν διὰ τοῦ φασματοσκοπίου τὸ φῶς, τὸ όποιον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος ἢ καὶ διέρχεται διὰ μέσου τούτου, ἢν τὸ σῶμα εἶναι διαφανές. Οὕτως εύρισκομεν ὅτι τὰ διαφανά φαντασία (ύπαλος, ίδιαρη, χαλαζίας κ.ἄ.), τὰ όποια φαίνονται ἄχροα, ἀφρήνουν νὰ διέλθουν δι' αὐτῶν ὅλαι σχεδὸν αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ διαφανῆ σώματα, τὰ όποια φαίνονται ἔγγροι (χρωματισταὶ οὐαλοι, διαλύματα χρωστικῶν ούσιῶν κ.ἄ.) ἀπορροφοῦν ὠρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία οὐαλος φαίνεται πρασίνη, διότι δι' αὐτῆς διέρχονται αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ πρασίνου, ἐνῷ αἱ ὑπόλοιποι ἀκτινοβολίαι ἀπορροφῶνται.

Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα ὁφείλουν τὸ χρῶμα τῶν εἰς τὸ φῶς, τὸ όποιον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος. Ἐὰν τὸ σῶμα ἀπορροφῇ ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ σῶμα φαίνεται μαῦρον. Ἀντιθέτως ἢν ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός διαχέωνται κατὰ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν,

τότε τὸ σῶμα φαίνεται λευκόν. Τέλος ἂν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ώρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ χρῶμα τοῦ σώματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς διαχειρέμενας ἀκτινοβολίας. Τὸ χρῶμα ἐνδὲ σώματος ἔξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ σώματος φωτός. Οὕτως ἐν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου, ὅταν τεθῇ εἰς τὸ ἐρυθρὸν τμῆμα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, φαίνεται ἐρυθρόν εἰς οἰανδήποτε δμως διληγη περιοχὴν τοῦ φάσματος φαίνεται μαῦρον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἔκαστον σῶμα ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ώρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός, τὰς δὲ λοιπὰς ἀφήνει νὰ διέλθουν ἢ ἀνακλᾷ καὶ διαχέει.

Τὸ αὐτὸ σῶμα δύναται νὰ ἔχῃ ἐν χρῶμα, ὅταν παρατηρήται ἐξ ἀνακλάσεως ἢ διαχύσεως καὶ ἄλλο χρῶμα, ὅταν εἴναι διαφανές. Οὕτω λεπτὰ διαφανῆ φύλλα χρυσοῦ φαίνονται πράσινα, ἐνῷ ὁ χρυσὸς παρατηρούμενος ἐξ ἀνακλάσεως φαίνεται ἐρυθροκίτρινος.

116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ.—"Ολα τὰ ἑτερόφωτα σώματα ἐκπέμπουν φῶς, ὅταν προσπέσῃ ἐπ' αὐτῶν τὸ φῶς μιᾶς πηγῆς. Τότε ἔκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος ἐκ πέμπει πρὸς τὸ φῶς μιᾶς πηγῆς. Τότε ἔκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος ἐκ πέμπει πρὸς τὸ φῶς μιᾶς πηγῆς. Τότε ἔκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας 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 δποῖα είναι διασκορπισμένα ἀτάκτως ἐντὸς ἐνὸς διαφανοῦς μέσου. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι διὰ τὴν τοιαύτην διάχυσιν τοῦ φωτός ἴσχύει ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ Rayleigh:

Η ἔντασις τοῦ διαχειρέμένου φωτός ἀπὸ μικρότατα αἰωρούμενα σωματίδια είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετάρτης δυνάμεως τοῦ μήκους κύματος λ τῆς ἀκτινοβολίας, ἢ δποία προσπίπτει ἐπὶ τῶν σωματιδίων.

$$\text{νόμος τοῦ Rayleigh : } I = \frac{A}{\lambda^4}$$

ὅπου A είναι μία σταθερὰ ἔξαρτωμένη ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν σωματιδίων.

Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ ούρανοῦ διαχέλεται εἰς φαινόμενον διαχύσεως. Τὰ μόρια τῶν ἀερίων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας, φωτιζόμενα ἀπὸ τὸ ἥλιακὸν φῶς, διαχέουν τὰς προσπιπτούσας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτὸς πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἡ ἔντασις τῶν διαχεομένων ἀκτινοβολιῶν εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα διὰ τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὰ μικρότερα μήκη κύματος, δηλαδὴ διὰ τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ἵωδεις ἀκτινοβολίας. Οὕτως εἰς τὸ διαχεόμενον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας φῶς ἐπικρατεῖ τὸ κυανὸν χρῶμα. Κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν τοῦ Ἡλίου τὸ ἥλιακὸν φῶς, διὰ νὰ φθάσῃ εἰς ἡμᾶς, διέρχεται διὰ μέσου παχυτέρου στρώματος ἀτμοσφαίρας. Κατὰ τὴν μακρὰν αὐτὴν πορείαν του χάνει διὰ



Σχ. 121. Ἀρνητική φωτογραφική πλάξ.



Σχ. 122. Θετική φωτογραφική πλάξ.

διαχύσεως τὸ μεγαλύτερον μέρος τῶν κυανῶν ἀκτινοβολιῶν του καὶ οὕτω τὸ φῶς, τὸ ὅποιον φθάνει εἰς ἡμᾶς, εἶναι τὸ συμπληρωματικὸν τοῦ κυανοῦ. Ὁ ούρανὸς ἔχει τότε ἐρυθροκίτρινον χρῶμα.

117. Φωτογραφία.—*Ἡ φωτογραφία χρησιμοποιεῖ τὰς χημικὰς ἰδιότητας τῶν ὀρατῶν ἀκτινοβολιῶν, διὰ νὰ ἀποτυπώσῃ μονίμως τὸ εἰδωλὸν ἐνὸς ἀντικειμένου. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς σχηματίζομεν εὐχρινές εἰδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ μιᾶς ὑαλίνης πλακός, ἡ ὅποια ἔχει ἐπικαλυφθῆ μὲ λεπτὸν στρῶμα γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου. Ἡ εὐαίσθητος πλάξ φυλάσ-*

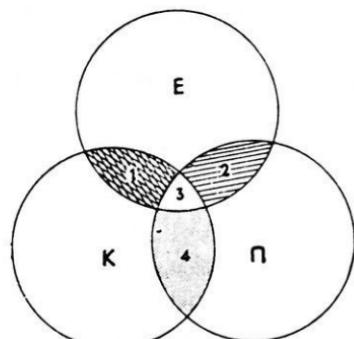
σεται εις σκοτεινὸν χῶρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτιζομένου μὲν ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολίαι τοῦ λευκοῦ φωτὸς καὶ ἰδίως αἱ κυαναὶ καὶ ιώδεις ἀκτινοβολίαι ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων τοῦ βρωμιούχου ἄργυρου, τὰ δόποια οὗτως ἀποσυντίθενται εὐκόλως ὑπὸ τῶν χημικῶν ἀντιδραστηρίων.

α) Ἀρνητική εἰκών. Ἄφήνομεν νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς εὐαισθήτου πλακὸς καὶ δὶ’ ὀλίγον μόνον χρόνον τὸ πραγματικὸν εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ διάρκεια τῆς ἐκθέσεως τῆς πλακὸς εἰς τὸ φῶς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εὐαισθησίαν τῆς πλακός, τὸν φωτισμὸν καὶ τὸν φακὸν τῆς μηχανῆς. Μετὰ τὴν ἐκθεσίν της εἰς τὸ φῶς ἡ πλάξ δὲν παρουσιάζει καρμίμιαν ἐκ πρώτης ὅψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν δομὰς βιθίζωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, ὁ βρωχιοῦχος ἄργυρος ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακός, εἰς τὰ δόποια προσέπεσε τὸ φῶς εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλας ἀδιαφανῆς ἄργυρος. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται ἐ μ φ ἀ ν ι σ ι c. Ἐπειτα ἡ πλάξ βιθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ δόποιον διαλύει τὸν μὴ ἀναχθέντα βρωμιοῦχον ἄργυρον. Οὕτος εὑρίσκεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς πλακός, εἰς τὰ δόποια δὲν προσέπεσε φῶς. Ἡ δευτέρα αὐτὴ κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται σ τ ε ρ ἐ ω σ ι c. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακὸς ἡ ἀρνητική εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. Τὰ ἀδιαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος αὐτῆς ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως τὰ διαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ σκοτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 121).

β) Θετική εἰκών. Ἡ πλάξ, ἐπὶ τῆς δόποιας ἀπετυπώθη ἡ ἀρνητικὴ εἰκών, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου οὗτος εἶναι φύλλον χάρτου, τοῦ δόποιον ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στρῶμα φωτοπαθοῦς ἐνώσεως. Ἡ πλάξ μὲ τὸν κάτωθεν αὐτῆς εύρισκόμενον χάρτην ἐκτίθεται εἰς τὸ ἥλιακὸν φῶς. Τοῦτο διέρχεται διὰ τῶν διαφανῶν μερῶν τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνος καὶ προσβάλλει τὸ φωτοπαθὲς στρῶμα τοῦ χάρτου. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν καὶ τὴν στερέωσιν λαμβάνεται ἐπὶ τοῦ χάρτου ἡ θετικὴ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 122).

γ) Εῖδη πλακῶν. Ἡ συνήθης φωτογραφικὴ πλάξ προσβάλλεται

μόνον ἀπὸ τὰς πρασίνας, τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ιώδεις ἀκτινοβολίας.



Σχ. 123. Χρώματα ἐκ προσθέσεως τῶν πρωτεύοντων χρωμάτων:

Ε ἐρυθρόν, Κ κυανοῦν, Π πράσινον.
1 πορφυροῦν, 2 κίτρινον, 3 λευκόν, 4 κυανοπράσινον.

αὗται εἰναι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ ἐρυθροῦ, τοῦ πράσινου καὶ τοῦ κυανοῦ (σχ. 123). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἔγχρωμος φωτογραφία, ἡ ὁποῖα ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ διαφόρων μεθόδων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

77. Πόσην ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς καὶ τῆς ιώδους ἀκτινοβολίας, ἐὰν τὰ ἀντίστοιχα μήκη κύματος αὐτῶν είναι $0,8 \mu$ καὶ $0,4 \mu$;

78. Τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ὑπερύθρου ἀκτινοβολίας είναι 300μ . Πόσην ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια αὐτῆς τῆς ἀκτινοβολίας;

79. Μία ὑπεριώδης ἀκτινοβολία ἔχει μῆκος κύματος $0,1 \mu$. Πόση είναι ἡ ἐνέργεια ἑκάστου φωτονίου τῆς;

Νάπτιον

Λίθιον

Κάλιον

Βάζιον

Τδρογόνον

Οξυγόνον

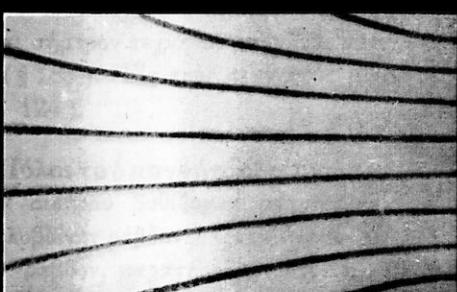
Αξωτον

Γδράργυρος

Ηλιον

Νέον

Νεοδύμιον
(φάσμα άπορροφήσεως)



Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πίναξ Φασμάτων

- 1 έως 10. Φάσματα έκπομπής.
11. Φάσμα απορροφήσεως.
12. Κροσσοί συμβολής εις φάσμα.
13. Γραμματί τοῦ Fraunhofer εις φάσμα ληφθέν διὰ πρόσματος.
14. Γραμματί τοῦ Fraunhofer εις φάσμα ληφθέν διὰ φράγματος.

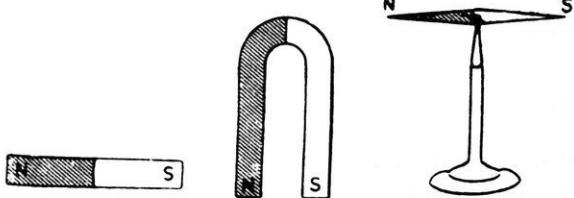
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

118. Θεμελιώδεις έννοιαι.—'Από τήν ἀρχαιότητα ἥτο γνωστὸν ὅτι ὁ φυσικὸς μαγνήτης (μαγνητικὸν δέξιδιον τοῦ σιδήρου Fe_3O_4) ἔχει τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλκῃ μικρὰ τεμάχια σιδήρου ἢ χάλυβος. Ἡ ἴδιότης αὐτὴ καλεῖται **μαγνητισμός**. 'Εὰν δὲ ἐνὸς φυσικοῦ μα-

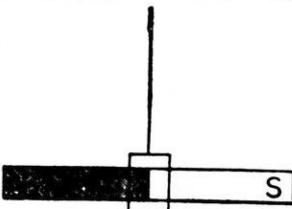
γνήτου προστρίψωμεν ἐπανειλημμένως καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν ράβδον χάλυβος, παρατηροῦμεν διτι καὶ δι χάλυψ γίνεται μονίμως μαγνήτης. 'Ο



Σχ. 124. Τεχνητοί μαγνῆται.

μαγνήτης οὗτος καλεῖται τεχνητός μαγνήτης. Εύκόλως κατασκευάζονται σύμερον τεχνητοὶ μαγνῆται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (§ 183). Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνῆτας δίδουν διάφορα σχήματα (σχ. 124).

119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—'Εντὸς ρινισμάτων σιδήρου βυθίζομεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον. "Οταν ἀνασύρωμεν τὴν ράβδον, παρατηροῦμεν διτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου ἔχουν προσκολληθῆ μόνον εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου.



Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου.

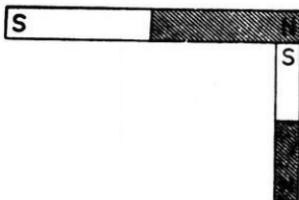
ὅπου σχηματίζουν θυσάνους. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται πόλοι αὐτοῦ. 'Εὰν τὴν ράβδον ἔξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου της διὰ νήματος, παρατηροῦμεν διτι κατὰ τὴν ἴσορροπίαν της ἡ ράβδος λαμ-

βάνει ώρισμένον πάντοτε προσανατολισμόν, στρέφουσα τὸν ἔνα πόλον της πρὸς Βορρᾶν, τὸν δὲ ἄλλον πρὸς Νότον (σχ. 125). 'Ο πόλος, ὁ ὅποῖς στρέφεται πρὸς Βορρᾶν, καλεῖται βόρειος πόλος (ἢ θετικὸς πόλος), ὁ δὲ πόλος, ὁ ὅποῖς στρέφεται πρὸς Νότον, καλεῖται νότιος πόλος (ἢ ἀρνητικὸς πόλος). Διεθνῶς ὁ βόρειος πόλος σημειώνεται μὲν N (Nord = Βορρᾶς), ὁ δὲ νότιος πόλος μὲν S (Sud = Νότος).

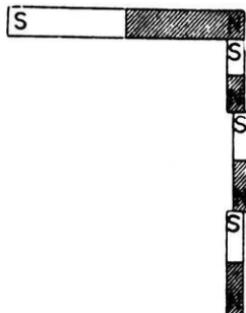
120. Αμοιβαία έπιδρασις τῶν πόλων.—Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὅποια δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἀξονα. 'Εὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀπὸ τοῦ πολέμου μαγνήτου. 'Αντιθέτως, ἐὰν εἰς 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. 'Εκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγεται ὅτι :

Οἱ διμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, οἱ δὲ ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται.

121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.—'Εὰν τὸ ἄκρον μικρᾶς ράβδου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἐγγίσῃ τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου (σχ. 126), εὐκόλως διαπιστώνομεν ὅτι τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τοῦ ράβδου ἔγινε βόρειος πόλος. 'Η μαγνήτισις τῆς ρά-



Σχ. 126. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαφῆς.



Σχ. 127. "Άλυσις ράβδων μακαλοῦ σιδήρου.

βδου εἶναι παροδικὴ καὶ διαρκεῖ, ἐφ' ὃσον ἡ ράβδος εύρισκεται εἰς ἐπαφὴν μὲν τὸν μαγνήτην. 'Η μαγνητικὴ ράβδος δύναται νὰ μαγνητίσῃ δμοίως δευτέραν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Οὕτως εἶναι δυνατὸν

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

Ἡ μικρὰ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἀν ἀπλῶς

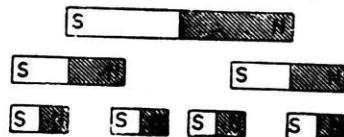


Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς.

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

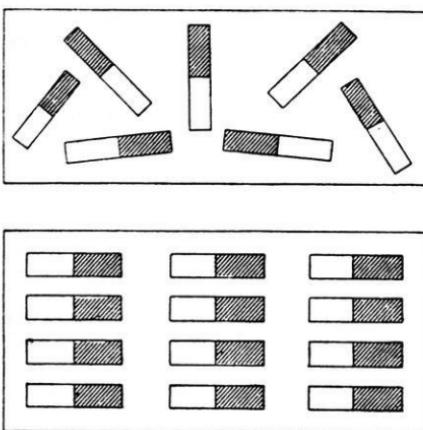
122· Στοιχειώδεις μαγνήται.—Ἐὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἔνα εὐθύγραμμον μαγνήτην Α, παρητηροῦμεν ὅτι ἔκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο πόλοι πόλεις, ἔνα βόρειον καὶ ἔνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου ἐθραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφαίνονται δύο ἑτερώνυμοι πόλοι οὗτως, ὥστε ἔκαστον τῶν τεμαχίων νὰ παρουσιάζῃ πάλιν δύο ἑτερωνύμους πόλοις. Ἐὰν ἔκαστον τῶν τεμαχίων θραυσθῇ εἰς δύο νέα τεμάχια, θὰ εὑρωμεν ὅτι ἔκαστον νέον τεμάχιον ἔχει ἐπίσης δύο ἑτερωνύμους πόλοις. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου ἀποδεικνύεται ὅτι δὲν δυνάμεθα ποτὲ νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἔνα πόλον μαγνήτου καὶ ἐπομένως ἔκαστος μαγνήτης θὰ παρουσιάζῃ πάντοτε δύο ἑτερωνύμους πόλοις. Ἐὰν ἢτο δυνατὸν νὰ ἔξαχολουθήσωμεν τὴν θραῦσιν τοῦ μαγνήτου μέχρι τῶν ἐλαχίστων τμημάτων τοῦ μαγνήτου, δηλαδὴ μέχρι τῶν μορίων του, θὰ ἐβλέπομεν ὅτι ἔκαστον μόριον εἶναι μικρότατος μαγνήτης μὲ δύο ἑτερωνύμους πόλους.

Οἱ μικρότατοι οὗτοι μαγνῆται καλοῦνται **στοιχειώδεις μαγνῆται** (ἢ μοριακοὶ μαγνῆται). "Οταν μία ράβδος χάλυβος δὲν εἶναι μαγνη-



Σχ. 129. Θραῦσις μαγνήτου.

τιςμένη, οι στοιχειώδεις μαγνήται διατάσσονται άτάκτως ἐντὸς τῆς ράβδου (σχ. 130). Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἐνὸς μαγνητικοῦ πόλου οἱ στοιχειώδεις μαγνήται τῆς ράβδου διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον,

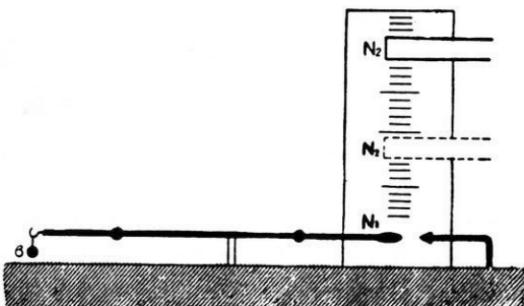


Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται.

μόλις ἀπομακρυνθῇ ὁ μαγνήτης (παροδικὴ μαγνήτισις). Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ἀντιλήψεων ἔρμηνεύεται ἡ ἐμφάνισις νέων πόλων κατὰ τὴν θραῦσιν ἐνὸς μαγνήτου.

123. Νόμος τοῦ Coulomb.—*Η δύναμις, ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 131.*

Εἰς ραβδόμορφος μαγνήτης ἀποτελεῖ μέρος δριζοντίου ἄξονος, ὃ ὅποιος δύναται νὰ περιστρέφεται, ὅπως ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ. Εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου N_1 φέρομεν τὸν βόρειον πόλον N_2 , ἄλλου εὐθυγράμμου μαγνήτου. Ἡ



Σχ. 131. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἀμοιβαίσις δρά ως τῶν πόλων.

μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις ἵστοροπειαὶ ἀπὸ τὸ βάρος β. Ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ μεταξύ τῶν δύο πόλων N_1 καὶ N_2 ἀπόστασις, ἡ ἄπωσις γίνεται 4 φορᾶς μικροτέρᾳ. Ἐκ τῶν μετρήσεων λοιπὸν εὑρίσκεται δτὶς ἡ μεταξύ τῶν δύο δύμανύμων 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 μὲν διπλασίαν δύναμιν, τότε πρέπει νὰ δεχθῶμεν δτὶς ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ (m_3) τοῦ πόλου N_3 εἶναι διπλασία τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ (m_1) τοῦ πόλου N_1 . Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων εὑρέθη δτὶς ἡ μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς ποσότητας μαγνητισμοῦ τῶν πόλων. Οὕτω συνάγεται ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ Coulomb:**

Ἡ μεταξύ δύο μαγνητικῶν πόλων ἀναπτυσσομένη ἀμοιβαία ἔλξις ἡ ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν δύο πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

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

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη δτὶς οἱ δύο ἑτερώνυμοι πόλοι εἰνὸς μαγνήτου, δηλαδὴ ὁ βόρειος καὶ ὁ νότιος πόλος του, φέρουν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, τὴν ὅποιαν θεωροῦμεν συγκεντρωμένην εἰς δύο ὠρισμένη σημεῖα πλησίον τῶν ἀκρων τοῦ μαγνήτου. Δύο ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι εὐρισκόμενοι εἰς σταθερὰν ἀπόστασιν ἀποτελοῦν ἐν μαγνητικὸν δίπολον.

124. Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ.— Ἐὰν εἰς τὸν τύπον $F = \frac{m_1 \cdot m_2}{a^2}$ θέσωμεν $m_1 = m_2$, $a = 1 \text{ cm}$ καὶ $F = 1 \text{ dyn}$, εὑρίσκομεν δτὶς εἶναι $m = 1$. Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὸν ἀκόλουθον δρισμὸν τῆς **μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ**:

Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ, ἡ ὅποια, εὐρισκομένη ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ τοῦ σημείου ποσότητα μαγνητισμοῦ, ἔχασκει ἐπ' αὐτῆς δύναμιν τοῦ σημείου μὲ 1 δύνην.

‘Η δινωτέρω δρισθεῖσα μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ ὑπάγεται εἰς τὸ σύστημα μονάδων C.G.S.

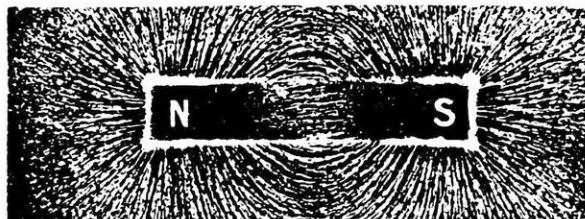
Π αράδει γ μ α. Δύο ίσοι βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι, εὐρισκόμενοι ἐντὸς τοῦ δέρους εἰς ἀπόστασιν 2 cm ἀπωθοῦνται μὲν δύναμιν 100 dyn. Πόση εἶναι ἡ ποσότητις μαγνητισμοῦ ἐκάστου πόλου;

‘Απὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εύρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

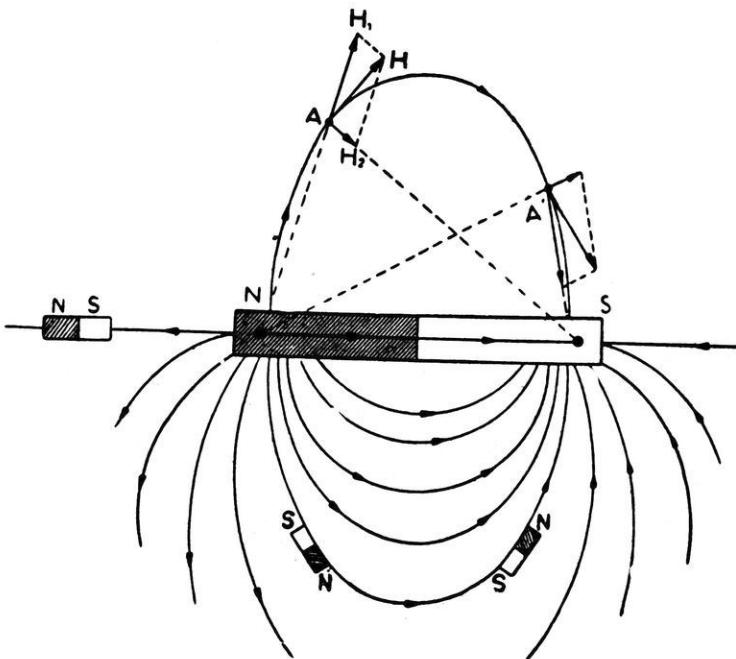
125. Μαγνητικὸν φάσμα.—Κάτωθεν μιᾶς δριζοντίας ὑαλίνης πλακὸς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὴν πλάκα μὲν τὸν δάχτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰς γραμμάς, αἱ ὅποιαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου εἰς τὸν ἄλλον (σχ. 132). Τὸ σχήμα-



Σχ. 132. Μαγνητικὸν φάσμα.

τισθὲν διάγραμμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ γραμμαὶ, ἐπὶ τῶν ὅποιων διατίθενται τὰ ρινίσματα, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαὶ**. Διὰ νὰ ἔξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακὸς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἔξηρτημένας ἀπὸ λεπτὸν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἡρεμήσῃ, εύρισκεται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὅποιαν ἀσκοῦν ἐπὶ τῶν δύο πόλων τῆς οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου. ‘Ωστε τὸ μαγνητικὸν φάσμα σχηματίζεται, διότι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, μαγνητιζόμενα ἔξι ἐπαγωγῆς, γίνονται μικροὶ μαγνῆται, οἱ ὅποιοι δια-

τάσσονται κατά τὴν ἐφαπτομένην εἰς ἔκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



Σχ. 133. Έξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

126. Μαγνητικὸν πεδίον.—'Ο σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος αἰσθητοποιεῖ μίαν ἴδιότητα, τὴν ὅποιαν ἀποκτᾷ ὁ πέριξ τοῦ μαγνήτου χῶρος, ἔνεκα τῆς παρουσίας τοῦ μαγνήτου. Εὰν ἐντὸς τοῦ χώρου τούτου φέρωμεν μίαν ποσότητα μαγνητισμοῦ, αὕτη ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου: Λέγομεν τότε ὅτι πέριξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον. "Ωστε :

Μαγνητικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ ὅποιαι φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

'Ἐπὶ μιᾶς μακρᾶς καὶ λεπτῆς μαγνητικῆς ράβδου στερεώνομεν δακτύλιον ἐκ φελλοῦ. Βυθίζομεν τὴν ράβδον κατακορύφως ἐντὸς ὕδατος

οὕτως, ώστε νὰ ἔξεγῃ ἀπὸ τὸ οὐδωρ ὁ βόρειος πόλος τῆς (σχ. 134). Φέρομεν τὸν βόρειον πόλον τῆς ράβδου πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἐνὸς ἴσχυροῦ μαγνήτου. Θὺ παρατηρήσωμεν δτὶ ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου καὶ διαγράφω μίαν καὶ μπύλην τροχιάν, ἔρχεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἡ κίνησις αὐτὴ τοῦ βορείου πόλου τῆς ράβδου ὀφείλεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, τὰς ὅποιας ἀσκοῦν ἐπ' αὐτῷ οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου (βλ. σχῆμα 133). Αἱ δύο αὗται δυνάμεις δίδουν μίαν συνισταμένην, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὄποιας κινεῖται ὁ πόλος τῆς ράβδου. Ἡ τροχιά, τὴν ὄποιαν διαγράφει ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου, εἶναι μία δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ δόποιον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. "Ωστε :

Σχ. 134. Κίνησις ἐνὸς βορείου μαγνητικοῦ πόλου.

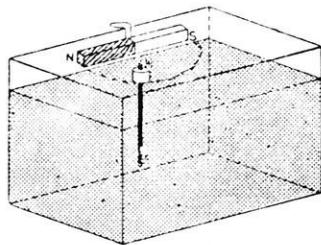
ράβδου. Ἡ τροχιά, τὴν ὄποιαν διαγράφει ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου, εἶναι μία δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ δόποιον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. "Ωστε :

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

'Εκ τοῦ ὄρισμοῦ τούτου δεχόμεθα κατὰ συνθήκην δτὶ ἐκτὸς τοῦ μαγνήτου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναρριφοῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγονται εἰς τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

127. Διεύθυνσις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.—Εἰς ἐν σημεῖον A. μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς εὑρίσκεται 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 A. 'Εστω δτὶ ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, τὸν δόποιον ἐφέρομεν εἰς τὸ σημεῖον A. Εἶχει ποσότητα μαγνητισμοῦ m. Τότε εἰς τὸ σημεῖον A ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ποσότητος βορείου μαγνητισμοῦ ἐνεργεῖ δύναμις : $H = \frac{F}{m}$.

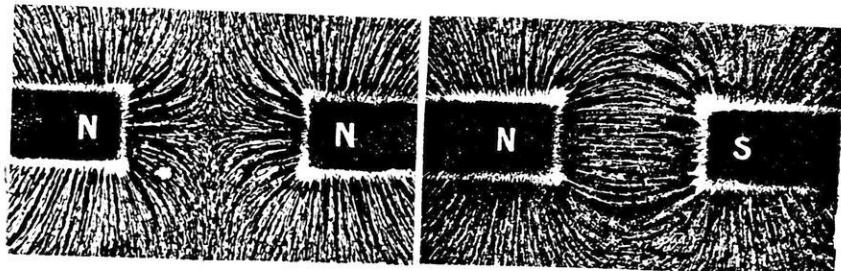
'Η δύναμις αὐτὴ H καλεῖται ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον A τοῦ πεδίου. "Ωστε :



Ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται
ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ βθρείου μαγνητικοῦ πόλου, φερομένου
εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου καὶ ἔχοντος ποσότητα μαγνητισμοῦ
ἴσην μὲ τὴν μονάδα.

Απὸ τὴν ἐξίσωσιν $H = \frac{F}{m}$ συνάγεται ὅτι, ἂν εἴναι $m = 1$ C.G.S. καὶ $F = 1$ dyn, τότε ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου είναι ἴση μὲ τὴν μονάδα $H = 1$. Η μονὰς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται Gauss.

Εἰς τὰ σχήματα 135. καὶ 136 φάνονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξὺ δύο δύμωνύμων ἢ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν



Σχ. 135. Μαγνητικὸν πεδίον μεταξύ δύο δμωνυμῶν μαγνητικῶν πόλων.

Σχ. 136,. Μαγνητικὸν πεδίον μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων.

πόλων Παρατηροῦμεν δτι μεταξύ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι παράλληλοι. Τὸ μαγνητικὸν τοῦτο πεδίον καλεῖται δμογενές, εύρισκεται δὲ δτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν ἡ ἐν τα-σις τοῦ πεδίου εἰναι σταθερὰ εἰς δλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

128. Μαγνητική ροή.—"Εν δύο γενέσι μαγνητικὸν πεδίου ἔχει εντασίν H. Εντὸς τοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου τοποθετεῖται ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἔχουσα ἐμβαδὸν σ. (σχ. 137). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆς ἴσχει ὁ ἀκόλουθος δρισμός:

Καλείται μαγνητική ροή (Φ) τὸ γινόμενον τοῦ ἐμβαδοῦ (σ) τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τὴν ἔντασιν (H) τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

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

Έὰν είναι $\sigma = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $H = 1 \text{ Causs}$, τότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ είναι ἵση μὲ τὴν μονάδα $\Phi = 1$. Ἡ μονὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς καλεῖται **Maxwell** (1 Mx). Οὔτως ἔὰν είναι $H = 20 \text{ Causs}$, τότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ, ἡ ὅποια διέρχεται καθέτως δἰ ἐπιφανείας $\sigma = 5 \text{ cm}^2$ είναι: $\Phi = 5 \cdot 20 = 100 \text{ Maxwell}$

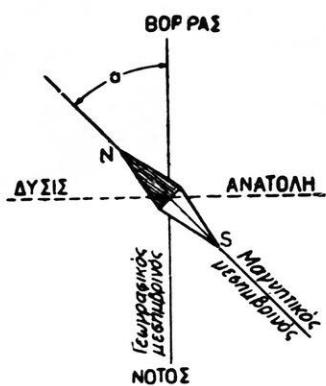
Κατὰ συνθήκην ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἔκφραζει τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὅποιαι διέρχονται διὰ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας.



Σχ. 137. Διὰ τὸν δρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.—Ἐλαφρὰ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἀξονα ἐπὶ δριζοντίου ἐπιπέδου.



Σχ. 138. Ἀπόκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Τικῆς βελόνης. Κατατολὰς ἡ πρὸς Δυσμὰς τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις διαφέρει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. "Ωστε :

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

130. Μαγνητικὴ ἔγκλισις.—Ἐλαφρὰ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ στρέφεται περὶ δριζόντιον ἀξονα ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου τοῦ μα-

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

ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὸ δριζόντιον ἐπίπεδον γωνίαν, ἡ οποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (σχ. 139). Αὕτη εἶναι θετική, ἡ ἀρνητική, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης εὐρίσκεται κάτωθεν ἡ ἄνωθεν τοῦ δριζόντιου ἐπιπέδου, τὸ δόποιον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῆς βελόνης. Εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις εἶναι θετική, ἐνῷ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον εἶναι ἀρνητική. Ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις ἔχει διάφορον τιμήν εἰς τοὺς διαφόρους τόπους. "Ωστε :

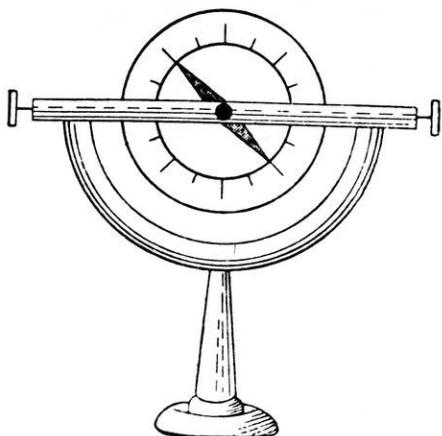
Σχ. 139. Ἔγκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

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

'Η συσκευὴ τοῦ σχ. 140 χρησιμεύει διὰ τὴν εὔρεσιν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως ἡ τῆς μαγνητικῆς ἔγκλισεως, καθ' ὅσον ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι δριζόντιος ἡ κατακόρυφος.

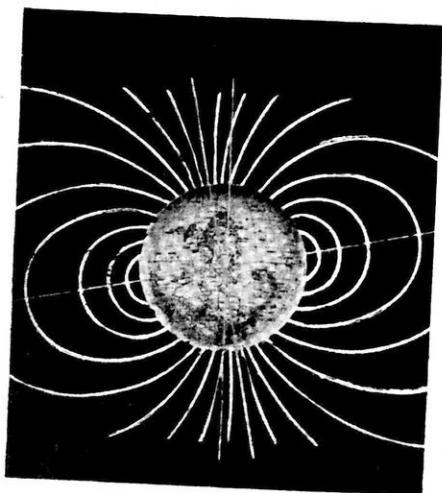
131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.—Εἰς οίονδήποτε τόπον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ βε-

λόνη ἀποκλίσεως ἴσορροπεῖ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς νὰ ἔχῃ ὠρισμέ-



Σχ. 140. Πυξίδιον ἐγκλίσεως μετατρεπομένη εἰς πυξίδια ἀποκλίσεως διὰ στροφῆς τοῦ δίσκου κατὰ 90°.

νην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι πέριξ ὁλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποῖον καλεῖται γήινον μαγνητικὸν πεδίον. Ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης ἐγκλίσεως δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓνα τόπον αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἰναι κατὰ προσέγγισιν εὐθεῖαι παράλληλοι. Εἰς τὸν ἴσημερινὸν ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως εἰναι περίπου ἔριζοντια. "Οσον δύμας προχωροῦμεν πρὸς Βορρᾶν ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς διαρκῶς μεγαλυτέραν γωνίαν, ἡτοι ἡ μαγνητικὴ ἐγκλίσις βαίνει συνεχῶς αὔξανομένη. Εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως γίνεται κατακόρυφος, ἔχουσα πρὸς τὰ κάτω τὸν βόρειον πόλον τῆς. Τὸ ἔδιον συμβαίνει εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ Νοτίου πόλου μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἔκει ἡ βελόνη ἔχει πρὸς τὰ κάτω τὸν νότιον πόλον τῆς. Εἰς τὰς δύο αὐτὰς περιοχὰς τῆς Γῆς εύρισκονται οἱ δύο μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔξερχονται ἀπὸ τὸν γήινον



Σχ. 141. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

μαγνητικὸν πόλον, τὸν εύρισκόμενον εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον καὶ ὁ ὅποῖς ὑπὸ μαγνητικὴν ἀποψίν εἰναι βόρειος πόλος. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουν εἰς τὸν γήινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εύρισκόμενον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον, ἀφοῦ διαγράψουν εἰς τὸν χῶρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτω ὁ πλανήτης μας συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς διφελεται εἰς κυκλικὰ ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ ἀκριβὴς θέσις τῶν δύο μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εἰναι ἡ ἔξης: βόρειον ἡμισφαίριον:

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

νότιον ήμισφαίριον:

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

132. "Ἐντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου. — Εἰς τὸ σχῆμα 142 δεικνύονται τὰ ἐπίπεδα τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ (Γ) καὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (M). Μία μαγνητικὴ βελόνη ἔρχεται εἰς τὸ πεδίον ON . Αἱ γωνίαι καὶ τὰ εἰναι τῆς αντιστοίχως ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις καὶ ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις.

"Ἡ ἐντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τοῦτον εἶναι ἡ δύναμις H . Αὕτη ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ δύναται νὰ ὀντλήῃ εἰς δύο συνιστώσας, τὴν δριζοντίαν συνιστώσαν H_0 καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν H_x . Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον δρθιογώνιον τρίγωνον εὑρίσκονται καὶ ἀκόλουθοι σχέσεις: $H_0 = H \cdot \sin \epsilon$, $H_x = H \cdot \eta \mu \epsilon$,

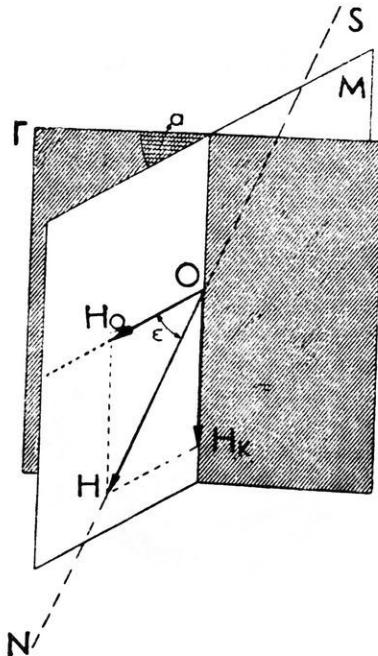
$$H^2 = H_0^2 + H_x^2$$

"Απὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται: ὅτι:

Τὰ στοιχεῖα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις, ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις καὶ ἡ ἐντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

"Αντὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου χρησιμοποιεῖται συνήθως ὡς μαγνητικὸν στοιχεῖον ἡ δριζοντία συνιστῶσα H_0 , ἡ ὁποία εὑρίσκεται εὐκόλως.

Μεταβολαὶ τῶν μαγνητικῶν στοιχείων ἐνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικὰ



Σχ. 142, Αἱ δύο συνιστῶσαι τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

στοιχεῖα ένος τόπου δὲν ἔχουν σταθερὰν τιμήν, ἀλλ' ὑφίστανται κανονικάς ήμερησίας καὶ ἐπήσιας μεταβολάς. Πολλάκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἰφνιδίας μεταβολάς, καὶ ὅποιαι καλοῦνται μαγνητικὴ θύελλα. Αἱ ἀπότομοι αὐταὶ μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲν ἄλλα φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βρόξειν σέλας, καὶ κηλίδες τοῦ Ἡλίου.

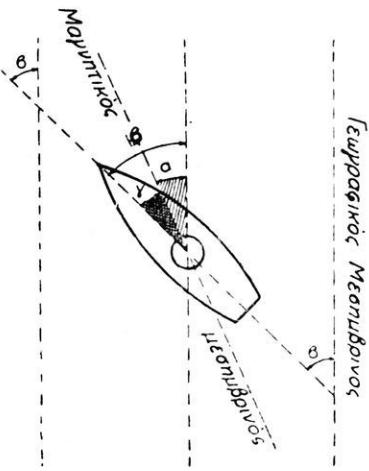
133. Ναυτικὴ πυξίς.—Ἐφαρμογὴν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν εἰς τὴν πυξίδα, τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦμεν διὰ νὰ προσανατολίζωμεθ ἐπὶ τοῦ ὁρίζοντος ἐπιπέδου. Ἡ πυξίς εἶναι μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως, ἡ ὁποία στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἔξοντα. Ἡ ναυτικὴ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς μαγνητικὰς βελόνας συνηγωμένας παραλλήλως. Ἐπ’ αὐτῶν προσκολλᾶται μονίμως ἐλαφρὸς δίσκος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σημειώνονται τὰ σημεῖα τοῦ ὁρίζοντος



Σχ. 143. Ναυτικὴ πυξίς.

καὶ αἱ διαιρέσεις τοῦ κύκλου. Ὁ δίσκος οὗτος καλεῖται ἀνεμολόγιον. Τὸ σύστημα τῶν βελονῶν ἀντιστοιχεῖ πρὸς ἔνα μαγνήτην, δυνάμενον νὰ

στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἔξοντα, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεωμένος εἰς τὸν πυθμένα χαλκίνου δοχείου (σχ. 143). Τὸ δοχεῖον τοῦτο ἔξαρτᾶται καταλλήλως (σύστημα Cardan), ὥστε ὁ ἔξων περιστροφῆς τοῦ ἀνεμολογίου νὰ εἶναι πάντοτε κατακόρυφος παρὰ τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ χαλκίνου δοχείου εἶναι χαραγμένη μικρὰ εὑθεῖα, ἡ γραμμὴ πίστεως, ἡ ὁποία δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ κατὰ μῆκος ἔξοντος τοῦ σκάφους. "Οταν τὸ πλοῖον στρέφεται, ἡ



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

γραμμή 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 μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστὴ καὶ ἡ ἀπόκλισις α, εὑρίσκεται ἡ γωνία γ, τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτη κατεύθυνσις, ὥστε ἡ γραμμὴ πίστεως νὰ εὑρίσκεται ἔμπροσθεν τῆς διαιρέσεως γ τοῦ βαθμολογημένου κύκλου.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

80. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπέχουν μεταξὺ τῶν 5 cm. Ἐκαστος πόλος ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 80 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἀμοιβαία διπωσις τῶν πόλων τούτων;

81. Δύο δομοίοι εὐθύγραμμοι μαγνήται ἔχουν μῆκος 15 cm, ἐκαστος δὲ πόλος τῶν ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 500 C.G.S. Οἱ δύο μαγνήται εὑρίσκονται ἐπὶ δριζοντίας τραπέζης, κατὰ μῆκος τῆς αὐτῆς εὐθείας καὶ ἔχουν τοὺς βορείους πόλους τῶν ἀπέναντι ἀλλήλων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο βορείων πόλων εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ ἑκάστου μαγνήτου;

82. Εὐθύγραμμος μαγνήτης ἔχει μῆκος 10 cm ἐκαστος δὲ πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 200 C.G.S. Ἐπὶ τοῦ ἀξονος τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς ἀπόστασιν 35 cm ἀπὸ τὸ μέσον ο τοῦ μαγνήτου φέρομεν βόρειον μαγνητικὸν πόλον, ἔχοντα ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου;

83. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι Α καὶ Β ἔχουν ἀντιστοίχως ποσότητας μαγνητισμοῦ 20 C.G.S. καὶ 30 C.G.S. Ἡ μεταξὺ τῶν δύο τούτων πόλων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Νὰ εὐρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ἔχων ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S., ὥστε ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν δύο πόλων Α καὶ Β 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 ἐκαστος πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 400 C.G.S. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον Α εὐρισκόμενον ἐπὶ τῆς καθέτου εἰς τὸ μέσον Ο τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἀπὸ τὸ Ο.

86. Εἰς ἓνα τόπον ἡ δριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἔγκλισις εἶναι θετική καὶ ἴση μὲ 60°. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τούτον;

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

συνιστώσα τοῦ γηίου μαγνητικοῦ πεδίου είναι $H_0 = 0,18$ Gauss. Πόσον ἔργον δαπανῶμεν, δταν ἀπομακρύνωμεν τὴν βελόνην κατὰ 60° ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἴσοροπίας τῆς;

88. Μαγνητική βελόνη ἐγκλίσεως ἔχει μῆκος 10 cm, ἕκαστος δὲ τῶν πόλων τῆς ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 30 C.G.S. Ἡ βελόνη σίωρεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ δριζοντία συνιστώσα τοῦ γηίου μαγνητικοῦ πεδίου είναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἐγκλίσις είναι 60° . Διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν βελόνην δριζοντίαν, θέτομεν ἐπ' αὐτῆς μικρὸν ἵππεα ἔχοντα βάρος 0,500 gr². Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἄξωνα τῆς βελόνης πρέπει νὰ τεθῇ ὁ ἵππευς;

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

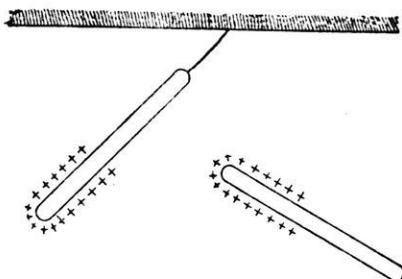
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—*“Εξ αἰῶνας π.Χ. ὁ Θαλῆς ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ ἡλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ μαλίνου σφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ἴδιότητα νὐχ ἔλαφρὰ σώματα (τρίχας, τεμάχια χάρτου, πτίλα κ.ἄ.). Ἡ ἴδιότης αὐτὴ τοῦ ἡλεκτρού ὠνομάσθη ἡλεκτρισμός. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι τὴν ἴδιότητα αὐτήν ἔχουν καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα (ἡ ρητίνη, ὁ ἐβονίτης, τὸ θεῖον, ἡ ὄσλος κ.ἄ.).”*

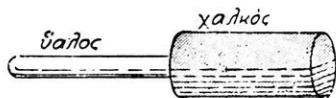
Ἡλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἔξαρτῶμεν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μετάξης (σχ. 145). Εἳναι εἰς τὴν ἔξηρτημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν δίληνην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀπὸ παθοῦντας μεταξύ των. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ μὲ δύο ἡλεκτρισμένας ράβδους ρητίνης. Εάν δύος εἰς τὴν ἡλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἡλεκτρισμένην ράβδον ρητίνης, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἔλκονται μεταξύ των. Έκ τῶν πειραμάτων τούτων συνάγεται ὅτι ὑπάρχουν δύο εἴδη ἡλεκτροσμοῦ, ἢτοι ὁ θετικὸς ἡλεκτρισμός, ὁ ὃποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός, ὁ ὃποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ρητίνης. Απὸ τὰ ἀνωτέρω ἀπλᾶ πειράματα συνάγεται ἐπὶ πλέον ὅτι :

Σώματα ὁμωνύμως ἡλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται, ἐνῷ σώματα ἑτερωνύμως ἡλεκτρισμένα ἔλκονται.



Σχ. 145. Απωσις ὁμωνύμως ἡλεκτρισμένων ράβδων.

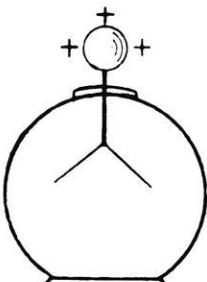
135. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἀγωγοί.— "Οταν ἐν σῶμα εῖναι ἡλεκτρισμένον, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο φέρει ἡλεκτρικὸν φορτίον, δηλαδὴ φέρει ποσό της καὶ ἡλεκτρισμόν τοῦ σώματος." Εὰν ἡλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς, μίαν ράβδον ὑάλου ἢ ρητίνης παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ἐλαφρὰ σώματα προσκολλῶνται μόνον εἰς τὸ προστριβὲν μέρος τῆς ράβδου. Ἐπομένως μόνον εἰς τὸ μέρος ἐκεῖνο τῆς ράβδου ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν φορτίον. Λαμβάνομεν ράβδον χαλκοῦ, ἢ ὅποια φέρει ὑαλίνην λαβήν (σχ. 146).



Σχ. 146. Ἡλεκτρισις διὰ τριβῆς ράβδου χαλκοῦ.

'Εὰν προστριψώμεν μὲν μάλλινον ύφασμα ἐν μέρος τῆς χαλκίνης ράβδου, παρατηροῦμεν ὅτι ὀλόκληρος ἢ ράβδος ἡλεκτρίζεται. "Αρα τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον ἀνεπτύχθη εἰς τὸ προστριβὲν μέρος τῆς ράβδου, διεδίθη διὰ μέσου τοῦ χαλκοῦ εἰς ὀλόκληρον τὴν ράβδον τοῦ χαλκοῦ. Οὕτω τὰ σώματα διακρίνονται εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγοὺς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Καλοὶ ἀγωγοὶ ἢ ἀπλῶς ἀγωγοὶ καλοῦνται τὰ σώματα, τὰ ὅποια ἀφήνουν τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινοῦνται διὰ μέσου αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἶναι ὅλα τὰ μέταλλα, τὰ διαλύματα τῶν ὄξεων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων, τὸ σῶμα τῶν ζώων, τὸ ὑγρὸν ἔδαφος, ὁ ἄνθραξ, αἱ φλόγες κ.ἄ. Κακοὶ ἀγωγοὶ ἢ μονωταὶ καλοῦνται τὰ σώματα, τὰ ὅποια δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινηθοῦν διὰ μέσου αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἶναι ἡ ρητίνη, τὸ ἡλεκτρον, ἡ παραφίνη, ὁ μαρμαρυγίας, ἡ μέταξα, ἡ ἔγραφη ύαλος, ἡ πορσελάνη κ.ἄ. Μερικὰ σώματα εἶναι πολὺ μέτριοι ἀγωγοὶ ἢ ἄλλως πολὺ ἀτελεῖς μονωταὶ καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἡ μονωτική τοιαῦτα σώματα εἶναι τὸ ξύλον, ὁ χάρτης, τὸ μάρμαρον, τὸ πόσιμον ύδωρ κ.ἄ.

136. Ἡλεκτροσκόπιον.—Τὸ ἡλεκτροσκόπιον (σχ. 147) ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν στέλεχος, τὸ δόποιον 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 στέλεχος τοῦτο στερεώνεται μὲν μονωτικὸν πῶμα εἰς ὑάλινον δοχεῖον. Εὰν ἡλεκτρισμένον σῶμα ἐγγίσῃ τὴν σφαῖραν τοῦ μεταλλικοῦ στελέχους, τοῦτο ἡλεκτρίζεται ἔξ



Σχ. 147. Ἡλεκτροσκόπιον.

έπαφης καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἀργιλλίου ἀπωθοῦνται, διότι ἡλεκτρίζονται ὁμοιομορφας. Οὕτω μὲ τὸ ἡλεκτροσκόπιον δυνάμεθα νὰ εὑρίσκωμεν, ἂν ἐν σῶμα φέρῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον.

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

‘Η ἔλεις ἡ ἡ ἀπωσις, ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μικρῶν ἡλεκτρισμένων σφαιρῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ἡλεκτρικῶν 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 ἡλεκτρικὰ φορτία, α ἡ ἀπόστασις αὐτῶν καὶ ϵ εἶναι μία σταθερά, ἡ ὅποια ἔξαρταται ἐκ τῶν μονάδων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, τὸ όποῖον παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο φορτίων. Διὰ τὸν ἀέρα εἰς τὸ σύστημα C.G.S. εἶναι $\epsilon = 1$, διὰ τὸν μαρμαρυγίαν εἶναι $\epsilon = 6$ κ.τ.λ. ‘Η σταθερὰ εκαλεῖται διηλεκτρικὴ σταθερὰ ($\S 211$).

138. Μονάδες ἡλεκτρικοῦ φορτίου.— Δύο ἵσα θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = Q_2$ εὑρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν $\alpha = 1$ cm καὶ μεταξὺ αὐτῶν ἔξασκεται ἀμοιβαία ἀπωσις ἵση μὲ $F = 1$ dyn. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι $Q_1 = Q_2 = 1$. Οὕτως ὁρίζεται ἡ ἡλεκτροστατικὴ μονάδας φορτίου (1 ΗΣΜ—φορτίου) ἡ μονάδας ἡλεκτρικοῦ φορτίου C.G.S.

‘Ηλεκτροστατικὴ μονάδας φορτίου εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τὸ όποιον, ὅταν εὑρίσκεται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἵσου φορτίου, ἔξασκει ἐπ’ αὐτοῦ δύναμιν ἵσην μὲ 1 δύνην.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὡς μονάδας ἡλεκτρικοῦ φορτίου λαμβάνεται τὸ 1 Coulomb (1 Cb), τὸ όποιον ἴσουται μὲ $3 \cdot 10^9$ ἡλεκτροστατικὰς μονάδας φορτίου.

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

Παραδείγματα. 1) Δύο θετικά ήλεκτρικά φορτία $Q_1 = 25$ ΗΣΜ και $Q_2 = 72$ ΗΣΜ εύρισκονται εἰς τὸν δέρχα και εἰς ἀπόστασιν $\alpha = 1$ cm. Ή μεταξὺ αὐτῶν δισκουμένη ἀπωσία είναι :

$$F = \frac{25 \cdot 72}{36} \text{ dyn} = \frac{1800}{36} \text{ dyn} = 50 \text{ dyn}$$

2.) Δύο θετικά ήλεκτρικά φορτία, ἔκαστον τῶν διπολῶν είναι ίσον μὲ 1 Cb, εύρισκονται εἰς τὸν δέρχα και εἰς ἀπόστασιν 10 m. Ή μεταξὺ αὐτῶν ἔξασκουμένη ἀπωσία είναι :

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

ήτοι $F = 9 \cdot 10^6 \text{ kgr}^* \quad \text{ή} \quad F = 9000 \text{ tn}^*$

Τὸ παράδειγμα τοῦτο δεικνύει πόσον μεγάλαι είναι αἱ ἀναπτυσσόμεναι ήλεκτρικαὶ δυνάμεις.

189. Διανομὴ τοῦ ήλεκτρικοῦ φορτίου.—"Ας θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ήλεκτρισμένην μεταλλικὴν σφαῖραν. "Ενεκα τῆς ἀπώσεως, ἡ δοκιμαστικὴ φορτίων τῆς σφαῖρας, τὰ φορτία μετακινοῦνται καὶ λαμβάνουν θέσιν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας εἰς τὸν ἄγωγο. "Επὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπι-



Σχ. 148 Εὔρεσις τῆς κατανομῆς τοῦ ήλεκτρικοῦ φορτίου.

φανείας κοίλων ἀγωγῶν δὲν ὑπάρχουν ήλεκτρικὰ φορτία. Τοῦτο ἐπαληθεύομεν πειραματικῶς μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ήλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ σφαιριδίου. Τὸ δοκιμαστικὸν σφαιρίδιον είναι μεταλλικὸν σφαιρίδιον στερεωμένον εἰς τὸ ἄκρον ὑαλίνης ράβδου (σχ. 148). "Οταν φέρωμεν τὸ σφαιρίδιον εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ήλεκτρισμένου κοίλου ἀγωγοῦ, τὸ σφαιρίδιον λαμβάνει ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ήλεκτρικὸν φορτίον. Αντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, δταν φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.

"Επὶ ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ τὸ ήλεκτρικὸν φορτίον κατανέμεται δόμοιο μόρφωσις. "Εὰν ὁ ἀγωγὸς φέρῃ ἀκμὰς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τοῦ ήλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρώνεται εἰς τὰ σημεῖα αὐτά, διότι, ἔνεκα τῆς ἀπώσεως τῶν ὁμανύμων ήλεκτρικῶν φορτίων, ταῦτα προσπαθοῦν νὰ καταφύγουν εἰς τὰ ἀπώτερα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. "Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξης:

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

89. Δύο θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = 50$ C.G.S. καὶ $Q_2 = 80$ G.G.S. εύρισκονται ἐντὸς τοῦ σάρος. Ἡ μεταξὺ τῶν φορτίων ἀπόστασις είναι 10 cm. Πόση είναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἀπωσις;

90. Δύο ἵσα ὅμιλυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται μὲν δύναμιν 25 dyn, ὅταν ἡ μεταξὺ τῶν ἀπόστασις είναι 10 cm. Πόσον είναι ἑκαστον φορτίον;

91. Εἰς τὰ ἄκρα Α καὶ Β μίδις εὐθείας μήκους 15 cm εύρισκονται δύο θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐκ τῶν ὅποιών τὸ ἐν είναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποίαν θέσιν πρέπει νὰ τεθῇ ἡ μονάς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ώστε αἱ ἐπὶ αὐτῆς ἀσκούμεναι δράσεις ἐκ μέρους τῶν δύο φορτίων νὰ ἔχουν συνισταμένη μηδέν;

92. Ὁρθογώνιον παραλληλόγραμμον ἔχει πλευρὰς 3 cm καὶ 4 cm. Εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ παραλληλογράμμου εύρισκονται τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία + 125, + 36, - 32 καὶ + 1 C.G.S. Πόση είναι ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν τριῶν ἄλλων φορτίων ἐπὶ τοῦ φορτίου + 1 C.G.S.

93. Δύο ὅμοιαι μικραὶ μεταλλικαὶ σφαῖραι ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον μὲ δύο νήματα μετάξης μήκους 20 cm. Ἐκάστη σφαῖρα ἔχει βάρος 0,5, gr* καὶ φέρει φορτίον + Q. "Οταν αἱ σφαῖραι ισορροποῦν, τὰ δύο νήματα σχηματίζουν γωνίαν 30°. Πόσον είναι τὸ φορτίον ἑκάστης σφαίρας;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

140. **Σπουδὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.** — "Οταν ἐν σῶμα εἰναι ἡλεκτρισμένον, τότε τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ σώματος τούτου ἔξασκεν ἔλεις ἢ ἀπώσεις ἐπὶ παντὸς ἡλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὅποιον φέρεται εἰς τὸν πέριξ τοῦ σώματος χῶρον. Λέγομεν τότε ὅτι πέριξ τοῦ ἡλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον." Ωστε:

"Ἡλεκτρικὸν πεδίον καλεῖται δ χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὅποια φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Εἰς ἐν σημεῖον τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν ἐλεύθερον ὄλικὸν σημεῖον, τὸ ὅποιον ἔχει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ μία ὥρισμένη δύναμις, ἡ ὅποια ἀναγκάζει τὸ ὄλικὸν

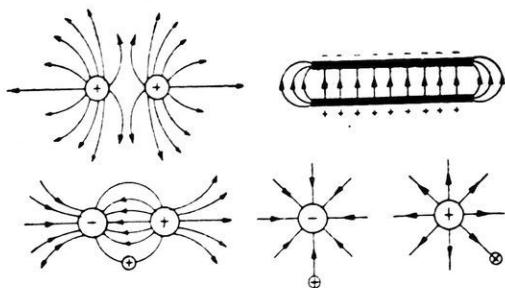
σημείον νὰ διαγράψῃ μίαν εύθυγραμμον ἢ καμπυλόγραμμον τροχιάν.
‘Η τροχιὰ αὕτη καλεῖται **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.
‘Ωστε :

Δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχιά,
τὴν ὅποιαν διαγράφει τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ὑπὸ τὴν ἐπί-
δρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πε-
δίου ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ κινουμένου θετικοῦ φορτίου,
εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.

Διεύθυνσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται
ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως, ἡ ὅποια ἔξασκεῖται ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλε-
κτρικοῦ φορτίου φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

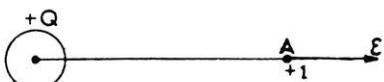
Εἰς τὸ σχῆμα 149 δεικνύονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ



Σχ. 149. Διάφοροι περιπτώσεις ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

ἡλεκτρισμένων παραλλήλων πλακῶν σχηματίζεται **δμογενὲς** ἡλεκτρικὸν
πεδίον, τοῦ ὅποιου αἱ δυναμικαὶ¹
γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι (§ 215).

Ἐστω $+ Q$ τὸ ἡλεκτρικὸν
φορτίον, τὸ ὅποιον δημιουργεῖ τὸ
πεδίον (σχ 150). Εἰς τὸ ση-
μεῖον A τοῦ πεδίου φέρομεν
ἡλεκτρικὸν φορτίον $+ q$. Τότε ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ δύνα-
μις : $F = \frac{Q \cdot q}{\alpha^2}$. Ἀρα εἰς τὸ σημεῖον A ἐπὶ τοῦ φορτίου $+ 1$ ἐνεργεῖ



Σχ. 150. Διὰ τὸν δρισμὸν τῆς ἐντάσεως
τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον A .

ώρισμένη δύναμις $E = \frac{F}{q}$, ή όποια καλεῖται **έντασις** του ηλεκτρικού πεδίου είς τὸ σημεῖον A. "Ωστε :

"Έντασις (E) του ηλεκτρικού πεδίου είς έν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ή δύναμις, ή όποια ἔξασκεῖται ἐπὶ του ηλεκτρικού φορτίου + 1 φερομένου είς τὸ σημεῖον τοῦτο του πεδίου.

$$\boxed{\text{έντασις ηλεκτρικοῦ πεδίου: } E = \frac{F}{q} \quad \text{η} \quad E = \frac{Q}{\alpha^2}}$$

Εἰς τὸ ὁμογενὲς ηλεκτρικὸν πεδίον ή ἐν τασις του πεδίου είναι σταθερὰ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα του πεδίου.

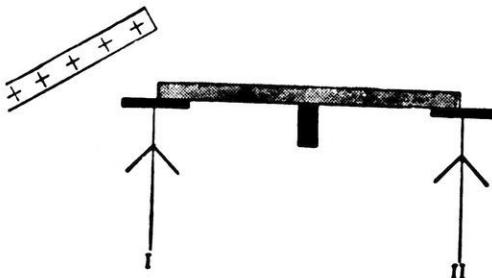
141. Αγωγὸς ἐντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου.—Λαμβάνομεν δύο ὅμοια ηλεκτροσκόπια καὶ ἐπὶ τῶν δύο δίσκων των στηρίζομεν τὰ δύο ζύγα μαχρᾶς μεταλλικῆς ράβδου

(σχ. 151). Εἰς τὸ ἐν ηλεκτροσκόπιον πλησιάζομεν ἡλεκτρισμένην ύαλινην ράβδον. Παρατηροῦμεν δτὶ τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία, ἀν καὶ η ηλεκτρισμένη ύαλινη

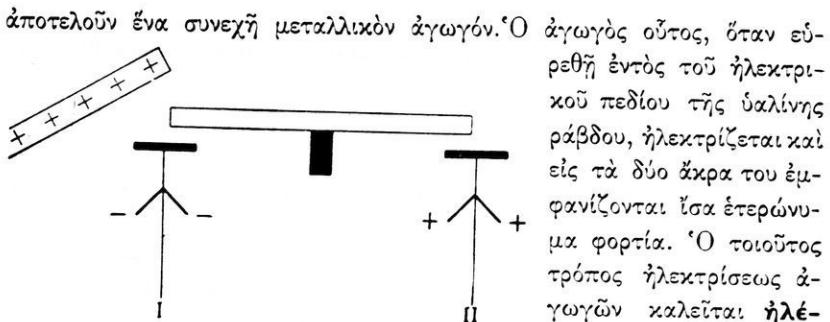
ράβδος δὲν ηλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲν κανὲν ἐξ αὐτῶν.

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μεταλλικὴν ράβδον, κρατοῦντες αὐτὴν ἐκ τῆς μονωτικῆς λαβῆς, παρατηροῦμεν δτὶ, καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ύαλινης ράβδου, τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἔξακολουθοῦν νὰ είναι ἐπερωνύμως ηλεκτρισμένα (σχ. 152). Εἳναι δημοσιεύσωμεν τὰ δύο ηλεκτροσκόπια διὰ τῆς μεταλλικῆς ράβδου, καὶ ἀπομακρύνωμεν τὴν ύαλινην ράβδον, τὰ ηλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων ἐξαφανίζονται. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει δτὶ τὰ δύο ηλεκτροσκόπια φέρουν ἐστὶ αὐτῶν μακρινὰ ηλεκτρικὰ φορτία.

"Οταν ἀρχικῶς η μεταλλικὴ ράβδος στηρίζεται ἐπὶ τῶν δίσκων τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων, τότε τὰ μεταλλικὰ στελέχη των καὶ η ράβδος



Σχ. 151. Τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία.

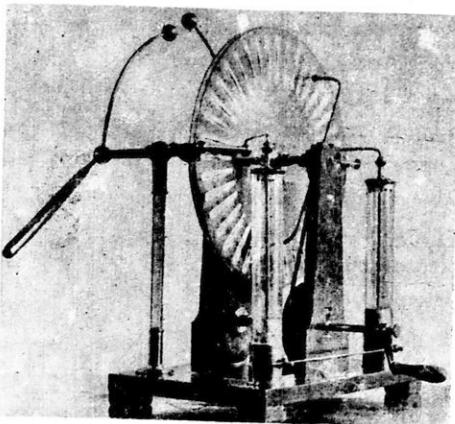


Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ἡλεκτροσκοπίων εἰναι ἐτερώνυμα.

ἀποτελοῦν ἔνα συνεχῆ μεταλλικὸν ἀγωγόν.⁵ Οἱ ἀγωγὸς οὗτος, ὅταν εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τῆς ὑαλίνης ράβδου, ἡλεκτρίζεται καὶ εἰς τὰ δύο ὄχρα του ἐμφανίζονται ἵσα ἐτερώνυμη φορτία. Οἱ τοιοῦτος τρόπος ἡλεκτρίσεως ἀγωγῶν καλεῖται ἡλεκτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). "Ωστε :

"Οταν ἀγωγὸς εὑρεθῇ ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἵσα ἐτερώνυμα φορτία.

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

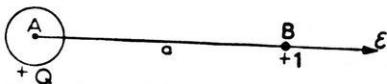


142. Δυναμικόν.—Μικρὸς σφαιρικὸς ἀγωγὸς A (σχ. 154)

φέρει φορτίον +Q. Τότε πέριξ αὐτοῦ ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον. Εἰς ἐν σημεῖον B τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν τὸ φορτίον +1. 'Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ τότε ἡ δύναμις $F = \frac{Q(+1)}{a^2}$. Εὰν τὸ ὑλικὸν σημεῖον εἶναι ἐλεύθερον, τοῦτο θὰ μετακινηθῇ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπειρου. Διότι ἡ ἐντασις E τοῦ πεδίου γίνεται θεωρητικῶς ἵση μὲν μηδέν, ὅταν ἡ ἀπόστασις α γίνη ἀπειρος. Κατὰ τὴν μετακίνησιν αὐ-

Σχ. 153. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimshurst.

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



Δυναμικὸν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον Β καλεῖται

τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου, ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον +1 μεταφέρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον Β μέχρι τοῦ ἀπείρου.

Τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον τοῦ ἀγωγοῦ A ἀρχίζει ἀπὸ τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ἐπὶ τῆς ὅποιας τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q εὑρίσκεται εἰς ἴσορροπίαν. "Ενεκα τούτου ἵσχει ὁ ἀκόλουθος δρισμός :

Δυναμικὸν ἐνὸς ἡλεκτρισμένου ἀγωγοῦ καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον 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 ἀρνητικὸν, καθ' ὃσον τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι θετικὸν ἢ ἀρνητικόν.

Ἐλγει φανερὸν ὅτι ἀγωγὸς ἔχει δυναμικόν, ὅταν εἶναι ἡλεκτρισμένος. Ἐπειδὴ τὸ ἔδαφος οὐδέποτε παρουσιάζεται ἡλεκτρισμένον, δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι :

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἔδαφους εἶναι ἵσον μὲν 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 ἵση μὲν $U_1 - U_2$.

'Η διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐκφράζει τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου +1 ἐκ τοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον.

'Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω δρισμοῦ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ προκύπτει τὸ ἔξῆς συμπέρασμα :

Έαν έκ τοῦ ἀγωγοῦ A μεταφερθῇ εἰς τὸν ἀγωγὸν B ἡλεκτρικὸν φορτίον Q, τότε κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ φορτίου τούτου παράγεται ἔργον ἵσον μὲ τὸ γινόμενον τοῦ φορτίου Q ἐπὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U₁ – U₂.

$$\text{ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν φορτίου: } W = Q \cdot (U_1 - U_2)$$

Μεταφορὰ ἡλεκτρικοῦ φορτίου ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ A εἰς τὸν ἀγωγὸν B δύναται νὰ γίνῃ εὐκόλως, ἂν συνδέσωμεν τοὺς δύο ἀγωγοὺς μὲ ἓν σύρμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου θὰ μᾶς δώσῃ ἔργον.

114. Μονάδες δυναμικοῦ.— Ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς A ἔχει δυναμικὸν U. Μεταξὺ τοῦ ἀγωγοῦ A καὶ τοῦ ἐδάφους ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U – 0 = U. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἔξισωσις:

$$W = Q \cdot (U_1 - U_2) \quad \text{γράφεται: } W = Q \cdot U, \quad \text{ἄρα } U = \frac{W}{Q}$$

Ἡ εὑρεθεῖσα σχέσις μᾶς βοηθεῖ νὰ δρίσωμεν τὰς μονάδας δυναμικοῦ. Οὕτως εύρισκομεν ὅτι:

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

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

Ἡ πρακτικὴ μονάς δυναμικοῦ καλεῖται Volt (1 V) καὶ ὀρίζεται ως ἑξῆς:

Τὸ δυναμικὸν ἑνὸς ἀγωγοῦ είναι ἵσον μὲ 1 Volt, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν φορτίου 1 Coulomb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἵσον μὲ 1 Joule.

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

‘Η σχέσις μεταξύ τής πρακτικής μονάδος Volt και τής ΗΣΜ — δυναμικοῦ εύρισκεται εύκολως, διότι είναι :

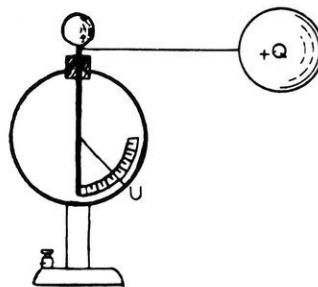
$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}} \quad \text{άρα}$$

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

Μὲ τὰς ἀνωτέρω δύο μονάδας δυναμικοῦ μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὅποια 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 ἕνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον παράγεται ἔργον ἵσον μὲ 220 Joule. Ἐπίσης, ὅταν λέγομεν ὅτι ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς ἔχει δυναμικὸν 500 000 Volt, ἐννοοῦμεν ὅτι, ἀν ἀφήσωμεν νὰ μετακινηθῇ 1 Cb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ ἕως τὸ ἐδαφος, θὰ παραχθῇ ἔργον ἵσον μὲ 500 000 Joule.

145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται μὲ εἰδικὸν δργανον, τὸ ὅποιον καλεῖται ἡλεκτρόμετρον. Τοῦτο εἶναι σύνηθες ἡλεκτροσκόπιον (σχ. 155), τοῦ ὅποιου τὰ φύλλα μετακινοῦνται ἐμπροσθεν τόξου φέροντος διαιρέσεις εἰς Volt.

Ἐστω ὅτι εἰς σφαιρικὸς ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q. Μὲ τὸ ἡλεκτρόμετρον εύρισκομεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος ἔχει δυναμικὸν U. Ἐὰν τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ γίνῃ 2Q, 3Q... εύρισκομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ γίνεται ἀντιστοίχως 2U, 3U... Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου διὰ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ ἔχει σταθερὰν τιμήν, ἐφ' ὅσον πλησίον αὐτοῦ δὲν ὑπάρχουν ἄλλοι ἀγωγοί. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καταλήγομεν εἰς τὸν δρισμὸν ἐνὸς νέου φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὅποιον εἶναι σταθερὸν δι' ἔκαστον ἀγωγὸν καὶ καλεῖται χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ :



Σχ. 155. Ἡλεκτρόμετρον.

Χωρητικότης (C) άγωγού καλεῖται τὸ σταθερὸν πηλίκον τοῦ φορτίου (Q) διὰ τοῦ δυναμικοῦ (U) τοῦ άγωγοῦ.

$$\text{χωρητικότης άγωγοῦ : } C = \frac{Q}{U}$$

Μονάδες χωρητικότητος. Ἐπό τὴν ἔξισωσιν ὁρισμοῦ τῆς χωρητικότητος άγωγοῦ $C = \frac{Q}{U}$ εὑρίσκομεν τὰς μονάδας χωρητικότητος.

Ἡλεκτροστατική μονάς χωρητικότητος εἶναι ἡ χωρητικότης άγωγοῦ, ὁ ὅποιος φέρει 1 ἡλεκτροστατικήν μονάδα φορτίου καὶ ἔχει δυναμικὸν ἵσον μὲ 1 ἡλεκτροστατικήν μονάδα δυναμικοῦ.

$$1 \text{ HSEM} - \text{χωρητικότητος} = \frac{1 \text{ HSEM} - \text{φορτίου}}{1 \text{ HSEM} - \text{δυναμικοῦ}}$$

Ἡ πρακτική μονάς χωρητικότητος καλεῖται **Farad** (1 F) καὶ ὁρίζεται ὡς ἔξῆς :

Ἡ χωρητικότης άγωγοῦ εἶναι ἵση μὲ 1 Farad, ὅταν ὁ άγωγὸς φέρηται 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 HSEM-χωρητικότητος εὑρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι :

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

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

Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιεῖται ἡ μονάς microfarad (μF), ἡ δύοια εἶναι :

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{10^6} \text{ Farad} \quad \text{ἄρα} \quad 1 \mu\text{F} = 9 \cdot 10^5 \text{ HSEM} - \text{χωρητικότητος}$$

146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—Ἐὰν γένεται ἡ ἀκτίς ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ καὶ Q τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του, τότε ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἴναι: $U = \frac{Q}{r}$. Ἡ χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ εἴναι: $C = \frac{Q}{U}$. Απὸ τὰς δύο αὐτὰς σχέσεις εύρισκομεν ὅτι εἴναι $C = r$. Ἀρα :

Ἡ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰς ΗΣΜ — χωρητικότητος ίσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὴν ἀκτίνα τοῦ ἀγωγοῦ μετρηθεῖσαν εἰς ἑκατοστόμετρα.

Παρά τὸ ἀκτίνα γένεται σφαιρικὸς ἀγωγὸς ἔχει ἀκτίνα $r = 10$ cm. Διὰ νὰ ἀποκτήσῃ ὁ ἀγωγὸς δυναμικὸν 60 Volt, πρέπει ὁ ἀγωγὸς νὰ ἀποκτήσῃ φορτίου :

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

147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ.— Μεμονωμένος ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q καὶ ἔχει δυναμικὸν U . Διὰ τὴν φόρτισιν τοῦ ἀγωγοῦ δαπανᾶται ἐνέργεια, ἡ ὧποίᾳ ἀποταμεύεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Αποδεικνύεται ὅτι :

Μεμονωμένος ἀγωγός, ἔχων ἡλεκτρικὸν φορτίον Q , δυναμικὸν U καὶ χωρητικότητα C , περικλείει ἐνέργειαν :

$$\boxed{\text{Ἐνέργεια ἀγωγοῦ : } W = \frac{1}{2} Q \cdot U \quad \text{ἢ} \quad W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}}$$

Οὕτως, ἂν εἴναι $Q = 2$ Cb καὶ $U = 30$ Volt ἡ ἐνέργεια τοῦ φορτισμένου ἀγωγοῦ εἴναι :

$$W = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ Cb} \cdot 30 \text{ V} = 30 \text{ Joule}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

94. Εἰς ἓν σημεῖον εύρισκεται ἡλεκτρικὸν φορτίον $Q = 150$ C.G.S. Πόση είναι ἡ ἐντασίς τοῦ ὑπὸ τοῦ φορτίου Q παραγομένου ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm καὶ 10 cm;

95. Εἰς τὰ ἄκρα εύθειας μῆκος 15 cm εύρισκονται δύο ἡλεκτρικά φορτία $+Q$ καὶ $+4Q$. Εἰς ποῖον σημεῖον ἡ ἐντασίς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου είναι ίση μὲν δέν;

96. Εις τὰς κορυφάς τετραγώνου, ᾔχοντος πλευρὰν 4 cm, εύρισκονται κατὰ σειρὰν τὰ φορτία +100, +100, -100 καὶ -100 C.G.S. Πόση είναι ἡ ἐντασίς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου;

97. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἵση μὲ 4,5 Volt. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ μεταφερθῇ ἐκ τοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον, διὰ νὰ λάβωμεν ἔργον 90 Joule.

98. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 250 C.G.S. Πόσον φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ δ ἀγωγός, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ δυναμικὸν 0,1 Volt;

99. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 10 μF καὶ δυναμικὸν 4 Volt. Πόσον είναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ;

100. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ σφαιρικὸς ἀγωγός, ἀκτίνος 5 cm, διὰ νὰ ἔχῃ δυναμικὸν 10 Volt;

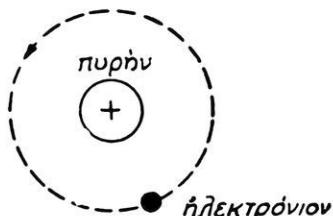
101. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 8 μF καὶ δυναμικὸν 100 Volt. Πόσον είναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του καὶ πόση είναι ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀγωγοῦ;

102. Σφαιρικὸς ἀγωγὸς ἔχει ἀκτίνα 10 cm. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ δ ἀγωγός, διὰ νὰ ἔχῃ ἐνέργειαν 5 Joule ;

103. Δύο μεταλλικαὶ σφαῖραι A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας $R_1 = 5$ cm καὶ $R_2 = 20$ cm. Τὸ δυναμικὸν ἑκάστης σφαῖρας είναι ἀντιστοίχως $U_1 = 100$ καὶ $U_2 = 60$ C.G.S. Διὰ μίαν στιγμὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰς δύο σφαῖρας καὶ ἐπειτα τὰς ἀπομακρύνομεν. Νὰ εὐρεθῇ : α) τὸ φορτίον ἑκάστης σφαῖρας μετὰ τὴν ἐπαφὴν της μὲ τὴν ἀλλην καὶ β) τὸ ἀθροισμα 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



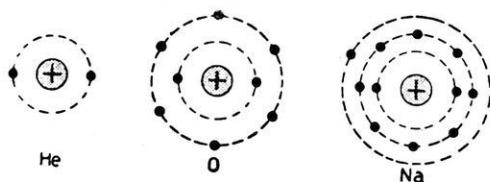
Σχ. 156. "Ατομον ὑδρογόνου.

τῆς ὑλης. Η θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἀτομον τοῦ ὑδρογόνου είναι τὸ ἀπλούστερον ἐξ δλων τῶν ἀτόμων. Αποτελεῖται ἀπὸ ἓνα θετικῶς ἡλεκτρισμένον πυρῆνα (σχ. 156), δ

πτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἀρχ ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὃποια ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλήλους συνθήκας. Η νεωτέρα ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία είναι στενώτατα συνδεδεμένα μὲ τὰ συστατικὰ

όποιος καλεῖται πρωτόνιον. Πέριξ του πυρήνας περιφέρεται μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχιᾶς ἐν ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἡλεκτρόνιον. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἵση μὲ τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς μᾶζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου. Τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἵσον μὲ τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνας. Τὸ φορτίον τοῦτο καλεῖται στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον (e) καὶ εἶναι ἵσον μὲ $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη, ὅτι τὸ στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον ε ἀποτελεῖ τὴν μικροτέραν ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ, διότι οὐδέποτε παρετηρήθη ἡλεκτρικὸν φορτίον μικρό-



Σχ. 157. Ἀτομα ἥλιου, δξυγόνου καὶ νατρίου.

τερον τοῦ στοιχειώδους ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἄτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἔχουν περισσότερον πολύπλοκον κατασκευήν, ἀποτελοῦνται δμως πάντοτε ἀπὸ ἕνα θετικῶς ἡλεκτρισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ ὡρισμένον δι' ἔκαστον εἰδος ἀτόμου ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων, τὰ ὅποια περιφέρονται πέριξ του πυρῆνας (σχ. 157). "Οταν τὸ ἄτομον εἶναι οὐδέτερον, τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνας εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἵσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἡλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοιπὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

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

$$\text{στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον: } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$$

II. Τὰ θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τῆς ὑλῆς.

III. Τὰ ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρονίου, τὸ ὁποῖον εἶναι κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων τῆς ὑλῆς.

149. Ἐμφάνισις ἡλεκτρικῶν φορτίων.—Τὰ φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὁφείλονται εἰς τὴν ἴδιότητα τῶν ἡλεκτρονίων νὰ ἀποσπῶνται ἀπὸ ἐν ἄτομον καὶ νὰ προστίθενται εἰς ἐν ἄλλον ἄτομον. "Οταν ὅμως τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον στερηθῇ ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἡλεκτρονίων, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον. Ἀντιθέτως, ἐν τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον προσλάβη ἡλεκτρόνια, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον. Τὰ τοιαῦτα ἡλεκτρισμένα ἄτομα ἢ μόρια καλούνται **ἰόντα** (θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ ἢ οὐτα). Ἰδιαίτέρως τὰ ἄτομα τῶν μετάλλων ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ μεταβάλλωνται εἰς θετικὰ ιόντα, διότι 1, 2 ἢ 3 ἐκ τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ ἀτόμου πολὺ εὐκόλως ἐγκαταλείπουν τὸ ἄτομον τοῦ μετάλλου. Τὰ εὐκίνητα αὐτὰ ἡλεκτρόνια τῶν μετάλλων καλούνται **ἔλευθερα ἡλεκτρόνια**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται τὸ ἔξης συμπέρασμα :

"Ἐν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον, ὅταν ἔχῃ ἀπωλέσει ἡλεκτρόνια καὶ ἀντιθέτως ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον, ὅταν ἔχῃ περίσσειαν ἡλεκτρονίων.

150. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτροίσεως τῶν σωμάτων.—"Οταν προστρίβωμεν δύο διαφορετικὰ σώματα A καὶ B (π.χ. ρητίνην καὶ ύφασμα), φέρομεν τὰ σώματα αὐτὰ εἰς πολὺ στενήν ἐπαφὴν μεταξύ των. Παρατηροῦμεν δτὶ τὰ δύο σώματα ἡλεκτρίζονται ἐτερωνύμως. Τοῦτο ἀποδεικνύει δτὶ ἡλεκτρόνια μετέβησαν ἀπὸ τὸ ἐν σῶμα εἰς τὸ ἄλλο καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἐν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον, τὸ δὲ ἄλλο σῶμα ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν.

"Οταν δύο διαφορετικὰ σώματα ἔρχωνται εἰς στενήν ἐπαφὴν μεταξύ των, τότε ἡλεκτρόνια μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ οὕτως ἐπὶ τῶν δύο σωμάτων ἐμφανίζονται ίσα ἐτερώνυμα ἡλεκτρικά φορτία.

"Εστω δτὶ ἐν σῶμα A φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲν οὐδέτερον μεμονωμένον ἀγωγὸν B, τότε μέρος τῶν πλεοναζόντων ἐπὶ τοῦ σώματος A ἡλεκτρονίων μεταβαίνει εἰς τὸν ἀγωγὸν B. Οὗτως δὲ ἀγωγὸς B ἀποκτᾷ ἀρνητικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ σῶμα A εἶναι θετικῶς ἡλεκτρισμένον, τότε μέρος τῶν ἐλευθέρων

ήλεκτρονίων τοῦ ἀγωγοῦ Β μεταβαίνει εἰς τὸ σῶμα Α καὶ οὕτως ὁ ἀγωγὸς Β ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένος. "Ωστε :

"Οταν ἡλεκτρισμένον σῶμα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲν 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 εὑρεθῇ ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ ἀγωγοῦ μετακινοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εἰς δύο περιοχὰς τοῦ ἀγωγοῦ ἐμφανίζονται ἵσα ἐτερώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία. "Ωστε :

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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

104. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον – 6,4 Cb. Πόσος είναι ὁ ἀριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ἡλεκτρονίων, τὰ δόποια φέρει ὁ ἀγωγός;

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

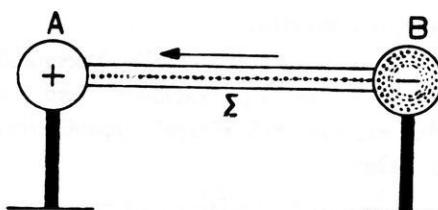
106. Δύο ἐτερώνυμα στοιχεῖωδη ἡλεκτρικὰ φορτία +ε καὶ -ε εύρισκονται εἰς ἀπόστασιν 1 mm. Πόση είναι ἡ μεταξὺ αὐτῶν δισκουμένη Ἐλξις ;

107. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt. "Εν ἡλεκτρονιοῖς μεταβαίνει ἀπὸ τὸν ἕνα ἀγωγὸν εἰς τὸν δλλον. Πόσον ἔργον εἰς ἔργια καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτὴν τὴν μετακίνησιν τοῦ ἡλεκτρονίου ;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

151. Παραγωγὴ ροής ἡλεκτρονίων.— Δύο σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ Α καὶ Β (σχ. 158) φέρουν φορτία +Q καὶ -Q. Τὸ δυναμικὸν ἐκάστου ἀγωγοῦ είναι ἀντιστοίχως +U καὶ -U. 'Εὰν συνδέσωμεν μὲ σύρμα τοὺς δύο ἀγωγούς, τότε τὰ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ Β πλεονάζοντα ἡλε-

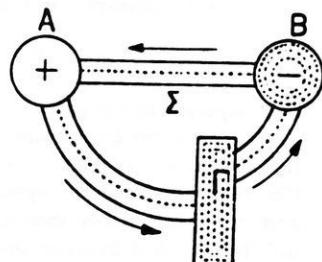
κτρόνια θὰ ἔλθουν διὰ μέσου τοῦ σύρματος εἰς τὸν ἀγωγὸν A καὶ οἱ δύο ἀγωγοὶ θὰ γίνουν οὐδέτεροι. Ἡ τοιαύτη ροή ἡλεκτρονίων διὰ μέσου τοῦ σύρματος ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ διάρκεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἡτο ἐλαχίστη. Ἐὰν θέλωμεν νὰ διατηρηθῇ συνεχῆς αὐτὴ ἡ ροή τῶν ἡλεκτρονίων, πρέπει συνεχῶς νὰ ἀφαιροῦνται ἀπὸ τὸν



Σχ. 158. Ροή ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ
Β πρὸς τὸν ἀγωγὸν A.

ἀγωγὸν A τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἡλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρωνται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ B. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρῆται σταθερὰ ἢ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν A καὶ B. Ἡ συνεχῆς ἀφαίρεσις τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν A καὶ ἡ

ἐπαναφορά των ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ B ἐπιτυγχάνεται μὲν εἰδικὰς μηχανάς, αἱ δόποιαι καλοῦνται **γεννήτριαι ρεύματος** ἢ καὶ ἀπλῶς **γεννήτριαι**. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεια νὰ εἴπωμεν ὅτι εἶναι ἀντίσιαι ἡλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἀγωγοὶ A καὶ B ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας (θετικὸς καὶ αρνητικὸς πόλος). Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ δόποιον διαρρέει τὸ σύρμα Σ, ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ αρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται **πραγματικὴ φορά**. Διότι, πρὶν διευκρινισθῇ ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐδέχθησαν κατὰ συνθήκην ὅτι τὸ ρεῦμα βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν αρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται **συμβατικὴ φορά** καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ λαμβάνεται ὑπὸ δψιν εἰς τὴν τεχνικήν. Ἐκ τῶν ἀνωτερῶν καταλήγομεν εἰς τὰ ἔξης συμπεράσματα:



Σχ. 159. Ἡ γεννήτρια (Γ) εἶναι μία ἀντίσια ἡλεκτρονίων.

- I. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ροή ἡλεκτρονίων.
- II. Ἡ γεννήτρια δημιουργεῖ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς στα-

θεράν διαφοράν δυναμικοῦ (τάσιν), ἐνεκα τῆς ὅποίας προκαλεῖται συνεχής ροή ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον της διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὅποῖος ἔνώνει τοὺς δύο πόλους της.

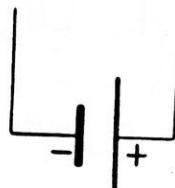
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φοράν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φορᾶς δὲν ἔμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

152. Εἰδη γεννητριῶν.—Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται συνήθως τὰ ἔξης εἴδη γεννητριῶν :

α) Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, τὰ ὅποια χρησιμοποιοῦνται σήμερον μόνον διὰ τὴν λειτουργίαν μικρῶν φορητῶν συσκευῶν (ἡλεκτρικοὶ φανοὶ τσέπης, ραδιόφωνα, ἀκουστικὰ κ.ἄ.).

β) Οἱ συσσωρευταί, οἱ ὅποιοι χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἔφαρμογάς (αὐτοκίνητα, ραδιόφωνα, ὑποβρύχια, ἐργαστήρια κ.ἄ.)

γ) Αἱ ἡλεκτρικαὶ μηχαναί, αἱ ὅποιαι ἀποτελοῦν τὸ κυριώτερον εἶδος γεννητριῶν καὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν βιομηχανικὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Συμβολικῶς θὰ παριστῶμεν τὴν γεννήτριαν διὰ δύο ἀνίσων παραλλήλων εὑθειῶν (σχ. 160).



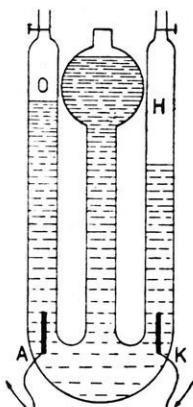
Σχ. 160. Συμβολὴ παράστασις γεννητρίας.

153. Δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—Ἡ διέλευσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ προδίδεται ἀπὸ διάφορα φαινόμενα.

α) Θερμικὰ φαινόμενα. "Οταν μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα πάντοτε θερμαίνεται. Ἐπὶ τοῦ φαινούμενου τούτου στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος διὰ πυρακτώσεως καὶ τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας.

β) Χημικὰ φαινόμενα. "Οταν τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ διαλυμάτων δέξεων, βάσεων καὶ ἀλάτων, προκαλεῖται διάσπασις τῶν μορίων τῶν σωμάτων τούτων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἡλεκτρόλυσις, τὰ δὲ δέξα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἀλατα καλοῦνται ἡλεκτρολύται. Ἡ συσκευὴ,

διὰ τῆς ὁποίας γίνεται ἡ ἡλεκτρόλυσις καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἡλεκτρόδια, τὰ ὅποια συνδέονται μὲ τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, καλοῦνται **ἀντιστοίχως ἀνοδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν

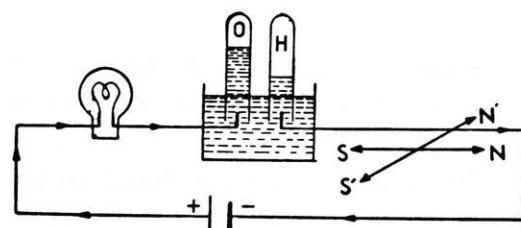


Σχ. 161. **Βολτάμετρον.**

ἀρχιῶν ὑδατικῶν διαλυμάτων δέξεων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ίδρογόνον, ἐνῶ κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλυμάτων βάσεων καὶ ἀλάτων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται μέταλλον. Εἰς τὸ σχῆμα 161 φαίνονται τὰ προϊόντα, τὰ ὅποια συλλέγονται κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος θειικοῦ δέξου.

γ) **Μαγνητικά φαινόμενα.** Ἐνωθεν ἡρεμούσης μαγνητικῆς βελόνης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἀγωγὸν διαρ-

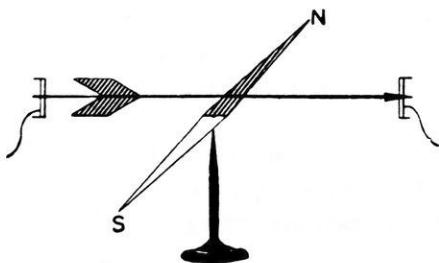
ρεόμενον ὑπὸ ρεύματος (σχ. 163). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀμέσως ἀποκλίνει καὶ τείνει νὰ τοποθετηθῇ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα πα-



Σχ. 163. Θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικά φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

ράγει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

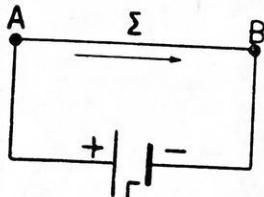
Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικά φαινόμενα.



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

Εἰς τὸ σχῆμα 163 φαίνονται αἱ διάφοροι δράσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

154. "Εντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος — Μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας διατηρεῖται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ (§ 151). Τότε τὸ σύρμα, τὸ ὅποιον συνδέει τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 164). Τοῦτο ἔχει φορὰν σταθερὰν ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας (συμβατικὴ φορὰ). Τὸ ρεῦμα, τοῦ ὅποιου ἡ φορὰ διατηρεῖται σταθερά, καλεῖται **συνεχὲς ρεῦμα**. Εἰς χρόνον τὸ δὶ' ἑκάστης τομῆς τοῦ σύρματος διέρχεται ἡλεκτρικὸν φορτίον Ο.



Σχ. 164. Συνεχὲς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

"Εντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ μονάδα χρόνου.

$$\text{ἐντασις ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{χρόνος}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Εἰς τὴν πρᾶξιν ως μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνεται τὸ **1 Ampère (1 A)**, τὸ ὅποιον ὄριζεται ως ἔξης :

Ρεῦμα ἔχει ἐντασιν ἵσην μὲν 1 Ampère ὅταν διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον ἡλεκτρικὸν φορτίον ἵσον μὲν 1 Coulomb.

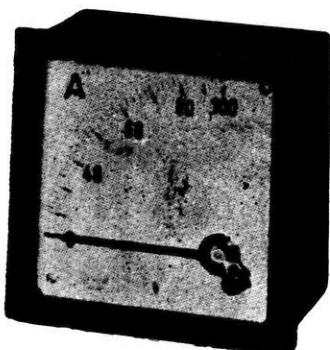
$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος: } 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Cb/sec}$$

"Οταν λοιπὸν λέγωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντασιν 5 A, ἐννοοῦμεν ὅτι ἀπὸ ἑκάστην τομῆν τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον φορτίον 5 Cb. Ἐπομένως εἰς χρόνον $t = 10 \text{ min}$ διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον :

$$Q = I \cdot t = 5 \text{ Cb/sec} \cdot 600 \text{ sec} = 3000 \text{ Cb}$$

'Η ἐντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲν εἰδικὰ δργανα, τὰ ὅποια

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

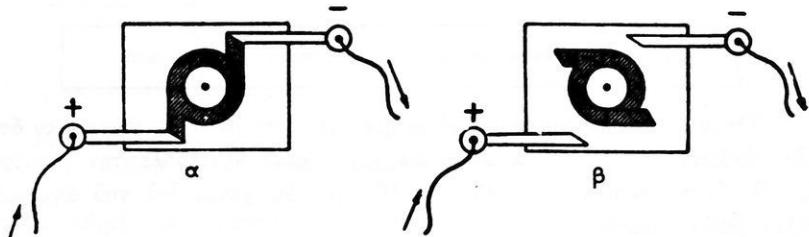


Σχ. 165. Ἀμπερόμετρον.

παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ ρεῦμα, τοῦ ὅποιου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν (σχ. 166). Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν δτι :

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

155. Κύκλωμα.— "Οταν μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας παρεμβάλλεται συνεχῆς ἀγωγὸς ἢ σειρὰ ἀγωγῶν, λέγομεν δτι ἔχομεν



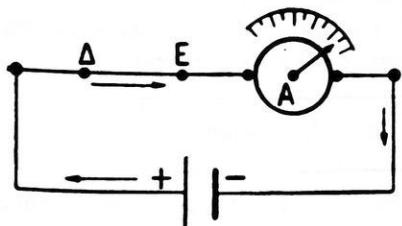
Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστόν, β ἀνοικτόν κύκλωμα).

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

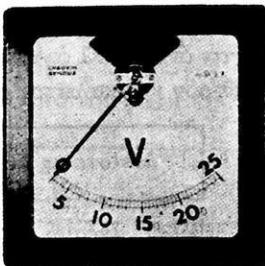
ταὶ εἰς ἐν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν δτι τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—"Οταν οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας συνδέωνται μὲ σύρμα, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως I, τὴν ὅποιαν 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 δργανα, τὰ ὅποια καλοῦνται βολτόμετρα (σχ. 170) καὶ τὰ ὅποια λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος (δπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα). Τὴν ἀρχήν, ἐπὶ τῆς ὅποιας στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ἀμπερομέτρων καὶ τῶν βολτομέτρων, θὰ ἔξετάσωμεν εἰς ἄλλο κεφάλαιον (§ 191). Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο σημείων Δ καὶ E (σχ. 171) παρεμβάλλομεν τὸ βολτόμετρον κατὰ διακόπται καὶ ακόλαστως οι μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων, χωρὶς νὰ κόψωμεν τὸ κύκλωμα. "Ωστε :

Τὸ βολτόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ τὸ ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ σειράν εἰς τὸ κύκλωμα.

157. Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμῆμα ἀγωγοῦ.—Εἰς τὰ ἄκρα ὁμογενοῦς σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 171). Τότε τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I . Μεταβάλλομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ (π.χ. διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως περισσοτέρων γεννητριῶν). Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ τάσις γίνεται ἀντιστοίχως $2U, 3U, 4U\dots$, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος γίνεται ἀντιστοίχως $2I, 3I, 4I\dots$ Οὕτω τὸ πηλίκον τῆς τάσεως διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος παραμένει πάντοτε σταθερὸν διὰ τὸ τμῆμα τοῦτο τοῦ σύρματος. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι :

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

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

‘Η εὑρεθεῖσα σχέσις ἐκφράζει τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Ohm :

‘Η ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὅποια ὑπάρχει εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ.

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Ohm : } I = \frac{U}{R}}$$

158. Μονὰς ἀντίστασεως.-- Εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς μονὰς ἀντίστασεως χρησιμοποιεῖται τὸ **1 Ohm (1 Ω)**, ἡ ὅποια δρίζεται ὡς ἔξης :

‘Αγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν ἵστην μὲ 1 Ohm, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ὑπάρχῃ διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι 1 Ampère.

$$\boxed{\text{μονὰς ἀντίστασεως : } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad \text{ἢ} \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται είς τάς έφαρμογάς καὶ τὰ κατωτέρω πολλαπλάσια ἢ ύποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm :

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

Παράδειγμα. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος ύπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ $U = 220$ Volt, ἡ δὲ ἐντασις τοῦ ρεύματος είναι $I = 2$ Ampère. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος είναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 110 \Omega$$

159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ. —'Εκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Οὕτως εὑρέθη ὅτι :

Ἡ ἀντίστασις (R) ἐνὸς ὁμογενοῦς ἀγωγοῦ είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος (l) τοῦ ἀγωγοῦ, ἀντιστόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διαστομήν (σ) τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ.

$$\text{ἀντίστασις ἀγωγοῦ: } R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma}$$

Ο συντελεστὴς ρ καλεῖται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Εάν λάβωμεν $l = 1$ cm καὶ $\sigma = 1 \text{ cm}^2$, τότε ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν εύρισκομεν $R = \rho \cdot \Delta \eta \lambda \delta \eta$:

Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις (ρ) τοῦ ἀγωγοῦ φενερώνει τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὅποιαν παρουσιάζει ἀγωγὸς εἰς σχῆμα κύβου πλευρᾶς 1 cm.

Ἡ ειδικὴ ἀντίστασις τῶν σωμάτων μετρεῖται συνήθως εἰς Ohm ἢ microhm, δταν τὸ μῆκος (l) μετρήται εἰς cm καὶ ἡ διατομὴ (σ) εἰς cm^2 . Τότε ἀπὸ τὸν τύπον (1) εύρισκομεν $\rho = \frac{R \cdot \sigma}{l}$ καὶ ἐπομένως ὡς μονὰς τῆς ειδικῆς ἀντιστάσεως λαμβάνεται τό :

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

Ειδική άντιστασης μερικῶν μετάλλων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
Αργυρος	1,62	Σιδηρος	9,80
Χαλκός	1,72	Λευκόχρυσος	10,50
Αργιλλίου	2,82	Υδράργυρος	95,78
Βολφράμιον	5,50		

Π α ρ ἀ δ ε ι γ μ α. Σύρμα χάλκινον ἔχει μῆκος 1 km και διατομὴν 1 mm². Ἡ ειδική άντιστασης τοῦ χαλκοῦ εἶναι $\rho = 1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Ἡ άντιστασης τοῦ σύρματος τούτου εἶναι :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = \frac{1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm} \cdot 10^6 \text{ cm}}{0,01 \text{ cm}^2} = 17 \cdot 10^6 \mu\Omega$$

ήτοι :

$$R = 17 \Omega$$

160. Μεταβολὴ τῆς άντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ άντιστασης ἐνὸς ἀγωγοῦ αὔξανεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἐὰν εἰς θερμοκρασίαν 0°C ὁ ἀγωγὸς ἔχῃ άντιστασιν R_0 , τότε εἰς $\theta^\circ \text{C}$ ὁ ἀγωγὸς ἔχει άντιστασιν :

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

ὅπου α εἶναι συντελεστὴς ἔξαρτώμενος ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ (θερμικὸς συντελεστὴς άντιστάσεως). Διὰ τὰ μέταλλα εἶναι περίπου $\alpha = 0,004$. Ἡ άντιστασης τῶν μετάλλων ἐλαττώνεται, δταν ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία. "Οταν δὲ ἡ θερμοκρασία γίνη -2690°C ἡ άντιστασης τῶν μετάλλων εἶναι ἀσήμαντος καὶ οὕτω τὰ μέταλλα γίνονται τότε ὑπεραγωγοί.

Π α ρ ἀ δ ε ι γ μ α. Τὸ σύρμα ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος ἔχει εἰς 0°C άντιστασιν 50Ω . Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ λαμπτῆρος ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος γίνεται 2000°C . Τότε ἡ άντιστασης τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = 50 \Omega \cdot (1 + 8) = 450 \Omega$$

161. Ἀγωγὸι σταθερᾶς άντιστάσεως.—Ἡ αὐξησης τῆς άντιστάσεως ἐνὸς σύρματος μετὰ τῆς θερμοκρασίας εἶναι ὠφέλιμος εἰς μερικὰς περιπτώσεις (π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος, τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας, τῶν θερμικῶν ἀμπερομέτρων κ.ἄ.). Εἰς τὰ δργανα διμως ἀκριβείας ἡ άντιστασης αὐτῶν πρέπει νὰ μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὴν ίδιοτητα αὐτὴν ἔχουν ὥρισμένα

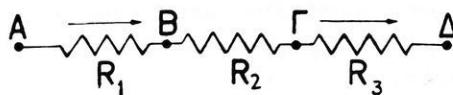
χράματα, ὅπως τὸ κονσταντὶν (Cu, Ni), ἡ μαγγανίνη (Cu, Mn, Ni), ἡ νικελίνη (Cu, Zn, Ni, Fe) καὶ ὁ νεάργυρος (Cu, Zn, Ni). Τὰ χράματα αὐτὰ ἔχουν ἀσήμαντον θερμικὸν συντελεστὴν ἀντιστάσεως.

162. Κύτταρον σεληνίου.—Τὸ μέταλλον σεληνίου ἔχει τὴν ἐνδιαφέρουσαν ἴδιότητα νὰ ἐλαττώνεται ἡ εἰδικὴ ἀντιστασις αὐτοῦ, ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμός του. Ἐπὶ τῆς ἴδιότητος αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ κυττάρου σεληνίου.

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυττάρου σεληνίου ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 20 Volt. Εἰς τὸ σκότος ἡ ἀντιστασις τοῦ κυττάρου εἶναι περίπου 10^5 ἔως 10^6 Ohm. "Οταν ὅμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ἡ ἀντιστασις αὐτοῦ ἐλαττώνεται σημαντικῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. "Οσον δὲ ἵσχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμός τοῦ κυττάρου τόσον καὶ τὸ ρεῦμα γίνεται ἵσχυρότερον. Τὸ κύτταρον σεληνίου, χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν πολλῶν διατάξεων.

163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—Αἱ ἀντιστάσεις εἶναι δυνατὸν νὰ συνδυασθοῦν μεταξύ των κατὰ τοὺς ἀκολούθους δύο τρόπους:

α) Σύνδεσις κατὰ σειράν. "Οταν τρεῖς ἀντιστάσεις συνδέθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 172), τότε καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντιστάσεων διέρχεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἔντασεως I. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm θὰ ἴσχύουν τότε αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις :



Σχ. 172. Σύνδεσις ἀντιστάσεων κατὰ σειράν.

$$U_A - U_B = I \cdot R_1 \quad U_B - U_\Gamma = I \cdot R_2 \quad U_\Gamma - U_\Delta = I \cdot R_3$$

Ἐὰν προσθέσωμεν κατὰ μέλη τὰς τρεῖς ἔξισώσεις, εὑρίσκομεν :

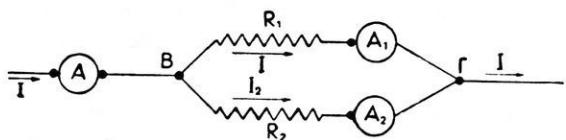
$$U_A - U_\Delta = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

Απὸ τὴν εὑρεθεῖσαν σχέσιν συνάγεται διτὶ :

Εἰς τὴν σύνδεσιν ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν ἡ ὀλικὴ ἀντιστασις τοῦ συστήματος ἴσοῦται μὲ τὸ ἀθροισμα τῶν ἀντιστάσεων.

$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

β) Παράλληλος σύνδεσις. Μεταξύ δύο σημείων Β και Γ ένος κυκλώματος παρεμβάλλονται αἱ δύο άντιστάσεις R_1 καὶ R_2 (σχ. 173). Τότε τὸ ρεῦμα ἐντάσεως I χωρίζεται εἰς δύο ρεύματα, τὰ δύοπια ἔχουν άντιστοίχους ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 . Μὲ τὴν βοήθειαν ἀμπερομέτρων εὑρίσκομεν ὅτι :



Σχ. 173. Παράλληλος σύνδεσις άντιστάσεων.

Ἡ ἐντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ δύοπια διαρρέουν τὰς παραλλήλως συνδεδεμένας άντιστάσεις.

$$I = I_1 + I_2$$

(1)

Μεταξύ τῶν δύο σημείων Β καὶ Γ τοῦ κυκλώματος ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (U) εἶναι ἡ αὐτή, ὁσαὶ δήποτε άντιστάσεις καὶ ἡ παρεμβάλλονται παραλλήλως μεταξύ τῶν σημείων τούτων (σχ. 173). Τότε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, θὰ ἔχωμεν δι' ἔκαστον κλάδον τὴν σχέσιν :

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

$$\text{ήτοι} \quad U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3$$

Απὸ τὰς ἔξισώσεις (2) εὑρίσκομεν :

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

Προσθέτοντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

$$I_1 + I_2 + I_3 = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ἄλλα $I_1 + I_2 + I_3$ εἶναι ἡ ἐντασις I τοῦ κυρίου ρεύματος. Αρα εἶναι :

$$I = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (3)$$

‘Η άντιστασις $R_{ολ}$, ή όποια δύναται νὰ άντικαταστήσῃ τὰς τρεῖς παραλλήλως συνδεδεμένας άντιστάσεις, χωρὶς δύμας νὰ μεταβληθῇ ή έντασις (I) τοῦ χυρίου ρεύματος, θὰ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$I = \frac{U}{R_{ολ}} \quad (4)$$

Η άντιστασις αὐτὴ $R_{ολ}$ καλεῖται δλικὴ άντιστασις. Απὸ τὰς ἐξισώσεις (3) καὶ (4) εὑρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Εἰς τὴν παραλληλον σύνδεσιν άντιστάσεων τὸ άντιστροφον τῆς δλικῆς άντιστάσεως ίσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν άντιστρόφων τῶν παραλλήλως συνδεδεμένων άντιστάσεων.

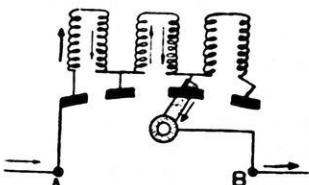
Παραλληλον σύνδεσιν άντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$. Εὖν αἱ άντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειράν, τότε η δλικὴ άντιστασις εἶναι :

$$R_{ολ} = 2 + 3 + 4 = 9 \Omega$$

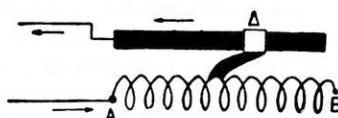
Εὖν αἱ άντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε η δλικὴ άντιστασις θὰ εἶναι :

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

164. Ροοστάται.— Εἰς πολλὰς περιπτώσεις εἶναι άνάγκη νὰ μεταβάλωμεν τὴν έντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ δόποῖον διαρρέει ἔνα ἀγωγόν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν μεταβάλλοντες τὴν άντιστασιν τοῦ χυλώματος.



Σχ. 174. Ρυθμιστική άντιστασις.



Σχ. 175. Ρυθμιστική άντιστασις.

Αἱ ρυθμιστικαὶ άντιστάσεις καλοῦνται γενικῶς **ροοστάται** καὶ παρεμβάλλονται κατὰ σειράν εἰς τὸ χύλωμα. Τὰ σχήματα 174 καὶ 175 δεικνύουν δύο συνήθεις τύπους ρυθμιστικῶν άντιστάσεων.

165. Μέτρησις άντιστάσεως.— 'Η μέτρησις τῆς άντιστάσεως R ἐνὸς ἀγωγοῦ ΔΕ (σχ. 171) εἰναι εύκολος. Δι' ἐνὸς ἀμπερομέτρου εύρισκομεν τὴν ἔντασιν I τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δὶ' ἐνὸς βολτομέτρου εύρισκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U, ἡ ὅποια ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Ohm εύρισκομεν τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ : $R = \frac{U}{I}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

108. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἔχοντος ἀντίστασιν 2,5 Ohm ἐφαρμόζεται διαφορὰ 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 Ohm ;

110. Σύρμα, διαμέτρου 1 mm, ἔχει ἀντίστασιν 0,4 Ohm κατὰ μέτρον. Σύρμα ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ διαμέτρου 0,4 mm θέλομεν νὰ ἔχῃ ἀντίστασιν 12,5 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 διαφορὰ δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς, ώστε αὐτῇ νὰ διαρρέεται ύπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,2 Ampère.

112. Τρεῖς ἀντιστάσεις 5 Ω , 10 Ω , 45 Ω συνδέονται κατὰ σειράν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον διαρρέει τὸ σύστημα ;

113. Δύο σύρματα, δταν συνδέονται κατὰ σειράν, ἔχουν ἀντίστασιν 30 Ω καὶ δταν συνδέονται παραλλήλως ἔχουν ἀντίστασιν 3 Ω . Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἑκάστου σύρματος ;

114. Τρεῖς ἀντιστάσεις 20 Ω , 30 Ω καὶ 40 Ω συνδέονται παραλλήλως καὶ τὸ σύστημα τοῦτο συνδέεται κατὰ σειράν μὲν ἀντίστασιν 10 Ω . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ δλου συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 200 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον διαρρέει ἑκάστην 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 ἀργιλλίου ἔχοντος τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος τούτου καὶ ποιος εἶναι ὁ λόγος τοῦ βάρους τῆς νέας γραμμῆς πρὸς τὸ βάρος τῆς παλαιᾶς ;

Εἰδικαὶ ἀντιστάσεις : χαλκοῦ 1,6 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$, ἀργιλλίου 3 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$. Εἰδικὰ βάρη : χαλκοῦ 9 gr²/cm³, ἀργιλλίου 2,7 gr²/cm³.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. Ἐνέργεια καὶ ἴσχὺς τοῦ ρεύματος.—Μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων A καὶ Γ ἐνὸς σύρματος ὑπάρχει σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 176). Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I καὶ διαρρέει τὸ σύρμα ἐπὶ t δευτερόλεπτα. Τότε διὰ τοῦ σύρματος μεταφέρεται ἐκ τοῦ A εἰς τὸ Γ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q = I · 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 ὀλόκληρον εἰς θερμότητα καὶ διὰ τοῦτο τὸ σύρμα θερμαίνεται (§ 153). “Ωστε :

‘Η ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μετρουμένη εἰς Joule εἶναι:

ἐνέργεια τοῦ ρεύματος :

$$W = U \cdot I \cdot t$$

(1)

Οὕτως, ἂν εἴναι U = 220 Volt, I = 2 Ampère καὶ t = 10 sec, ἡ

ἐνέργεια τοῦ ρεύματος, τὸ ὄποιον διῆλθεν διὰ τοῦ σύρματος εἶναι :

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

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

Σχ. 176. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει ἔργον.

‘Η ἴσχὺς (P) τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τάσιν καὶ τὴν ἔντασιν αὐτοῦ.

ἴσχὺς τοῦ ρεύματος :

$$P = U \cdot I$$

(2)

Οὕτως, ἂν εἴναι U = 220 Volt καὶ I = 2 Ampère, ἡ ἴσχὺς 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 ὄποιον ἔχει ἀντίστασιν R. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος

ύπάρχει διαφορά δυναμικοῦ U . Τότε έχουμεν $U = I \cdot R$. Τὸ ἔργον τοῦ ρεύματος εἶναι :

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

Τὸ ἔργον τοῦτο μεταβάλλεται ὀλόκληρον εἰς θερμότητα, ἡ ὅποια προκαλεῖ τὴν θέρμανσιν τοῦ σύρματος. Ἐπειδὴ 1 θερμίς ισοδυναμεῖ μὲ 4,19 Joule, εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος (Q_θ), ἡ ὅποια ἀντιτύσσεται ἐπὶ τοῦ σύρματος, εἶναι :

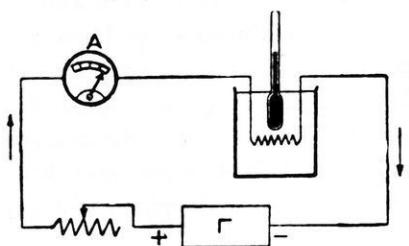
$$Q_\theta = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν νόμον τοῦ Joule :

Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται ἐπὶ ἑνὸς σύρματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

$$\text{νόμος τοῦ Joule : } Q_\theta = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal}$$

Ο νόμος τοῦ Joule ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν ἐντὸς θερμιδο-



μέτρου βυθίσωμεν σύρμα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ρεῦμα (σχ. 177). Μεταβάλλοντες τὴν ἐντασιν I τοῦ ρεύματος ἡ τὴν ἀντίστασιν R τοῦ σύρματος ἡ τὸν χρόνον t τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος ἐπαληθεύομεν εὐκόλως τὸν νόμον τοῦ Joule.

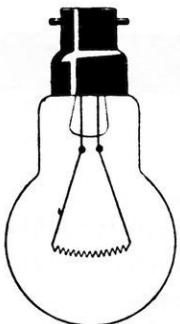
Σχ. 177. Διὸ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Joule.

Παραδειγμα. Σύρμα ἔχει ἀντίστασιν 5Ω καὶ ἐπὶ 10 min διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 10 A . Ἡ ἀναπτυσσομένη ἐπὶ τοῦ σύρματος ποσότης θερμότητος εἶναι :

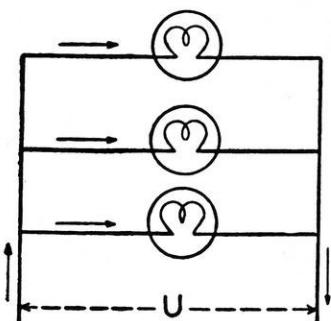
$$Q_\theta = 0,24 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 600 = 72\,000 \text{ cal}$$

168. Εφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος.— Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχουμενα ταλαιπόρα σήμερον εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς.

α) Οι ήλεκτρικοί λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως ἀποτελοῦνται ἀπὸ υάλινον δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχεται ἀδρανὲς ἀέριον (ἀργὸν ή ἥλιον) καὶ μακρὸν καὶ λεπτὸν σύρμα ἀπὸ πολὺ δύστηκτον μέταλλον (βολφράμιον, δσμιον, ταντάλιον). Τὸ διαπυρούμενον μέταλλον φωτοβολεῖ (σχ. 178). Ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος ἀνέρχεται εἰς 2100° ἔως 2300° C. Εἰς τοὺς συγχρόνους λαμπτῆρας διὰ πυρακτώσεως ἡ καταναλίσκομένη ἴσχυς ἀνέρχεται εἰς 0,5 ἔως 0,9 Watt κατὰ κηρίον. "Ολοὶ οἱ λαμπτῆρες μιᾶς ἐγκαταστάσεως πρέπει νὰ λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Διὰ τοῦτο οἱ λαμπτῆρες τῆς ἐγκαταστάσεως συνδέονται παραλλήλως (σχ. 179)." Ἐκαστος λαμπτῆρος λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπὸ μίαν ὡρισμένην τάσιν, ἡ ὁποία σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτῆρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτῆρος ἀναγράφεται καὶ ἡ ἴσχυς καταναλώσεως τοῦ λαμπτῆρος. Ἐκ τῶν ἀναγραφομένων δύο ἐνδείξεων εὑρίσκομεν τὴν κατανάλωσιν τοῦ λαμπτῆρος, τὴν ἀντίστασιν τοῦ διαπύρου σύρματός του καὶ τὴν ἐντασιν τοῦ διερχομένου ρεύματος. Οὔτω λαμπτῆρος ἴσχυος 50 Watt καὶ λειτουργῶν ὑπὸ τάσιν 110 Volt διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος :



Σχ. 178. Ἡλεκτρικός λαμπτήρος διὰ πυρακτώσεως.



Σχ. 179. Σύνδεσις τῶν ήλεκτρικῶν λαμπτήρων.

Διαφορὰ δυναμικοῦ 40 ἔως 60 Volt. Φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰ ἄκρα τῶν δύο ραβδίων. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ὅλιγον τὰ ἄκρα τῶν ραβδίων, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔξακολουθεῖ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἀέρος καὶ με-

‘Η ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110 \text{ V}}{0,45 \text{ A}} = 222 \text{ Ohm}$$

Καθ’ ὡραν δ λαμπτῆρος καταναλίσκει ἡ-λεκτρικὴν ἐνέργειαν ἵσην μέ :

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

β) Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον σχηματίζεται μεταξὺ δύο ραβδίων ἀνθρακος, εἰς τὰ ἄκρα τῶν δύο ραβδίων, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔξακολουθεῖ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἀέρος καὶ με-

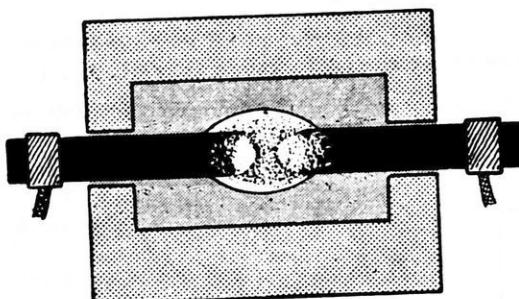
ταξέν τῶν δύο ραβδίων σχηματίζεται ίσχυρὸν φωτεινὸν τόξον (σγ. 180). Τὰ δύο ραβδία τοῦ ἀνθρακος φθείρονται, ἀλλὰ ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὅποιου σχηματίζεται κρατήρα. Εἰς τὸν κρατῆρα ἡ θερμοκρασία εἶναι 3500° C. Τὸ ἡλεκτρόκον τόξον ἀποτελεῖ ίσχυροτάτην φωτεινὴν πηγὴν καὶ χρησι-



Σχ. 180. Ἡλεκτρικὸν τόξον.

μοποιεῖται πρὸς φωτισμὸν (εἰς τοὺς προβολεῖς κ.ἄ.). Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν κάμινον (σγ. 181) διὰ τὴν τῆξιν διαφόρων δυστήκτων σωμάτων, διὰ τὴν παρασκευὴν ἐνώσεων (π.χ. τοῦ ἀνθρακασβεστίου), καὶ εἰς τὴν ἡλεκτρομεταίλουργίαν (παρασκευὴ ἀργιλίου).

γ) Αἱ συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς. Οὕτως ἔχομεν θερμικὰς συσκευαὶ οἰκιακῆς χρήσεως (ἡλεκτρικὰι θερμάστραι, ἡλεκτρικὰι κουζῖναι, ἡλεκτρικὰ σίδερα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἀπὸ τυχαίαν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀσφάλειαν.



Σχ. 181. Ἡλεκτρικὴ κάμινος.

λειαν. Αὕτη εἶναι εὔτυχτον σύρμα, τὸ ὅποιον τήκεται μόλις ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ μίαν ὥρισμένην τιμήν. Οὕτω τὸ ρεῦμα διακόπτεται αὐτομάτως.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

116. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἀντιστάσεως $8\ \Omega$ ἐφαρμόζεται τάσις 56 Volt. Πόση εἶναι ἡ ίσχυς τοῦ ρεύματος καὶ πόσον εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντὸς 30 λεπτῶν;

117. Λαμπτήρ ισχύος 60 Watt λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἀντιστασις τοῦ λαμπτήρος;

118. Αἴθουσα φωτίζεται διπλὸν 6 λαμπτήρας, ἕκαστος τῶν ὅποιών ἔχει ίσχυν-

60 Watt. Πόσον κοστίζει ό φωτισμός της αιθούσης έπι 4,5 ώρας, όν τὸ κιλοβατώριον τιμάται 1,2 δραχμάς;

119. Τρεῖς άντιστάσεις 2Ω , 3Ω καὶ 5Ω συνδέονται κατὰ σειράν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται τάσις 120 Volt. Πόση ποσότης θερμότητος ἀναπτύσσεται κατὰ λεπτὸν ἐπὶ ἑάστης άντιστάσεως;

120. Ἡλεκτρικὴ κουζίνα ἔχει ίσχὺν 500 Watt καὶ τροφοδοτεῖται μὲριμνα ἐντάσεως 4 A. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς κουζίνας καὶ ὑπὸ ποίαν τάσιν λειτουργεῖ;

121. Μία ἡλεκτρικὴ κουζίνα, ίσχύος 500 Watt, θερμαίνει 500 gr ὑδατος ἀπὸ 20° εἰς 100° C ἐντὸς 10 λεπτῶν. Πόσον μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος χρησιμοποιούμεν καὶ πόσον κοστίζει ἡ θέρμανσις τοῦ ὑδατος, όν τὸ κιλοβατώριον τιμάται 1,50 δρχ.;

122. Διὰ νὰ θερμάνωμεν ἐντὸς 5 λεπτῶν ἐν λίτρον ὑδατος ἀπὸ 10° εἰς 100° C, βυθίζομεν ἐντὸς τοῦ ὑδατος ἐν σύρμα, διὰ τοῦ ὅποιου διαβιβάζομεν ρεῦμα ὑπὸ τάσιν 125 Volt. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος τούτου;

123. Μία αιθουσα φωτίζεται ἀπὸ 3 λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως, ἑκαστος τῶν ὅποιων ἔχει ίσχὺν 40 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 Volt. Ἡ αιθουσα θερμανεται ἀπὸ μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὅποια ἔχει ίσχὺν 600 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν. Τὰ χρησιμοποιούμενα σύρματα διὰ τὰς συνδέσεις ἔχουν ἀσήμαντον ἀντίστασιν. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἑκάστου λαμπτήρος καὶ τῆς θερμάστρας; Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἑκαστον τῶν ἀνωτέρω ὄργανων;

ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—^αΑς θεωρήσωμεν μίαν γεννήτριαν Γ, μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὅποιας παρεμβάλλονται κατὰ σειρὰν διάφοροι συσκευαὶ χρησιμοποιήσεως τοῦ ρεύματος (π.χ. ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, ἡλεκτρικοὶ λαμπτήρες, βολτάμετρον κ.ἄ.). Τὸ κυκλωμα 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 ὅποια εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ χρόνος λειτουργίας τῆς γεννητρίας. Γενικῶς:

Ἡ ίσχὺς (P), τὴν ὅποιαν παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα μία γεννήτρια, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

$$\text{Ισχὺς γεννητρίας: } P = E \cdot I$$

ὅπου E εἶναι συντελεστής, ὁ ὅποιος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῆς γεν-

νητρίας και καλεῖται ήλεκτρεγερτική δύναμις τῆς γεννητρίας (ΗΕΔ). Έπειδὴ ή ἔντασις I μετρεῖται εἰς Ampère και ή ίσχὺς P μετρεῖται εἰς Watt, ἔπειται ότι ή ήλεκτρεγερτική δύναμις E μετρεῖται εἰς Volt (ὅπως εἰς τὸν τύπον $P = U \cdot I$ τῆς § 166). Εάν ή ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κλειστὸν κύκλωμα, εἶναι ἵση μὲ 1 Ampère ($I=1 A$), τότε ἔχομεν $P = E$. "Ωστε :

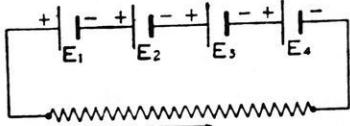
"Η ήλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας, μετρουμένη εἰς Volt. ἐκφράζει τὴν ίσχύν, τὴν δόποιαν παρέχει ή γεννήτρια, ὅταν αὗτη δίδῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἀς θεωρήσωμεν δύο γεννητρίας A και B, αἱ ὅποιαι ἔχουν ἀντιστοίχως ήλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E_1 = 500$ Volt και $E_2 = 100$ Volt. "Οταν αἱ δύο αὐταὶ γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I, τότε ή μὲν γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ίσχύν P₁=E₁ · I, ή δὲ γεννήτρια B παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά τῆς ίσχύν P₂=E₂ · I.

"Επομένως ἔχομεν : $\frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{500}{100} = 5$

ἥτοι ή γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της 5 φορᾶς μεγαλυτέραν ίσχύν ἀπὸ ὅσην παρέχει ή γεννήτρια B εἰς τὸ ίδικόν της κύκλωμα.

"Η ήλεκτρεγερτική δύναμις εἶναι μέγεθος χαρακτηριστικὸν ἔκαστη, γεννητρίας και φανερώνει πόσην ίσχύν εἰς Watt δίδει ή γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά της δι' ἔκαστον Ampère τοῦ παρεχομένου ρεύματος. Εάν συνδεθοῦν πολλαὶ γεννήτριαι κατὰ σειρὰν, δηλαδὴ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννήτριῶν (σχ. 182). "Οταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I. Εκάστη γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ίσχύν :



Σχ. 182. Σύνδεσις γεννητριῶν κατὰ σειράν.

τέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννήτριῶν (σχ. 182). "Οταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I. Εκάστη γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ίσχύν :

$$P_1 = E_1 \cdot I, \quad P_2 = E_2 \cdot I, \quad P_3 = E_3 \cdot I, \quad P_4 = E_4 \cdot I.$$

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \cdot I$$

‘Η εύρεθείσα σχέσις φανερώνει ότι :

‘Η ήλεκτρεγερτική δύναμης (E) μιᾶς συστοιχίας γεννητριῶν, αἱ ὅποιαι συνδέονται κατὰ σειράν, είναι ἵση μὲ τὸ ἀδροισμα τῶν ήλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν γεννητριῶν τῆς συστοιχίας.

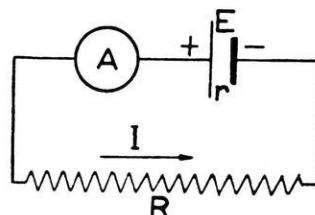
$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα. — “Ἄς θεωρήσωμεν κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὅποῖον περιλαμβάνει γεννήτριαν Γ καὶ ἔξωτερικὴν ἀντίστασιν R (σχ. 183). Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἴσχὺν $P = E \cdot I$, ἡ ὅποια ἔξ δόλοκλήρου μεταβάλλεται ἐπὶ τοῦ κυκλώματος εἰς θερμότητα. Ἐκάστη γεννήτρια διαρρέεται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος καὶ παρουσιάζει μίαν ἀντίστασιν r , ἡ ὅποια καλεῖται ἔσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Joule ἡ ἀναπτυσσομένη κατὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος είναι: $I^2 \cdot R$. R ἐπὶ τῆς ἔξωτερικῆς ἀντίστασεως καὶ $I^2 \cdot r$ ἐπὶ τῆς ἔσωτερικῆς ἀντίστασεως τῆς γεννητρίας. Ἡ ποσότης αὐτὴ τῆς θερμότητος προέρχεται ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν $E \cdot I$, τὴν ὅποιαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα. Ὁστε είναι :

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r \quad \text{ἢ} \quad E = I \cdot (R + r) \quad (1)$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ ἔξωτερικὰς ἀντίστασεις, ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμης (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν ($R_{\text{ολ}}$) τοῦ κυκλώματος.

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα: } E = I \cdot R_{\text{ολ}}}$$



Σχ. 183. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

‘Ο ἀνωτέρω νόμος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν εἰσάγωμεν διαδοχικῶς εἰς τὸ κύκλωμα διαφόρους γνωστὰς ἀντίστασεις (σχ. 183).

Παράδειγμα. Είς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 183 είναι $E = 10$ Volt $r = 2$ Ohm καὶ θέλομεν νὰ ἔχωμεν ρεῦμα ἐντάσεως $I = 2$ Ampère. Ἡ ἔξωτερηκή R τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχῃ ώρισμένην τιμήν, τὴν δοιάν ύπολογίζομεν ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$E = I \cdot (R + r) \quad \text{ητοι} \quad 10 = 2 \cdot (R + 2) \quad \text{καὶ} \quad R = 3 \text{ Ohm}$$

171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—Είς τὰ ἄκρα τῆς ἔξωτερηκῆς ἀντιστάσεως R , δηλαδὴ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἡ ὅποια είναι $U = I \cdot R$. Ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν $E = I \cdot (R + r)$ εὑρίσκομεν ὅτι είναι :

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

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

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

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

‘Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ἐκφράζει τὴν μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὑπάρχουσαν διαφορὰν δυναμικοῦ, ὅταν τὸ κύκλωμα είναι ἀνοικτόν.

172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—Είς τὸν λαμπτῆρα πυρακτώσεως, τὴν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἡ δαπανωμένη ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία τοιαύτη συσκευὴ λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ νεκρὰν ἀντίστασιν. Είς τὸ βολτάμετρον ἡ τὸν ἀνεμιστῆρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἄλλο δὲ μέρος αὐτῆς μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἡ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συσκευὴ καλεῖται γενικῶς ἀποδέκτης. ‘Ο ἀνεμιστήρος καὶ γενικῶς ὁ ἡλεκτρικὸς κινητήρος είναι τόσον καλύτερος, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Εἰς ἓνα ἀποδέκτην ἡ ισχὺς (P) τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, ἡ ὅποια μετατρέπεται εἰς ὅλην μορφὴν ἐνέργειας, ἐκτὸς τῆς θερμό-

τητος, είναι άνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ διέρχεται διὰ τοῦ ἀποδέκτου.

$$\text{ἰσχὺς ἀποδέκτου: } P = E' \cdot I$$

ὅπου E' είναι συντελεστής, ὁ διόποιος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀποδέκτου καὶ καλεῖται ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου. 'Η ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου μετρεῖται εἰς Volt, ὥσπερ καὶ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας (§ 170). 'Εὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι ἵση μὲ 1 Ampère ($I = 1 A$), τότε ἔχομεν $P = E'$.

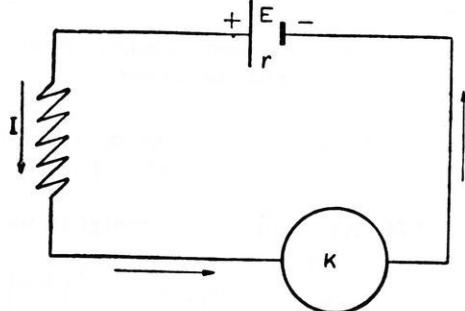
'Η ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀποδέκτου, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχὺν τοῦ ἀποδέκτου, ὅταν δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Οὕτως, ἂν ὁ ἡλεκτρικὸς κινητὴρ ἔχῃ ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E' = 200$ Volt, αὐτῇ φανερώνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινητῆρος διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 A, τότε ὁ κινητὴρ παρέχει μηχανικὴν ἐνέργειαν; ἡ διόποια ἔχει ἰσχὺν 200 Watt.

173. Κύκλωμα μὲ γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ὑπάρχουν συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν γεννήτρια, ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἀποδέκτης π.χ. κινητὴρ K (σχ. 184).

'Η γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r , ὁ δὲ κινητὴρ ἔχει ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' . 'Η δίλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος είναι $R + r + r'$.

'Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι I , τότε ἡ μὲν γεννή-



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

τρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύν: $P = E \cdot I$, ὁ δὲ κινητὴρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχύν: $P' = E' \cdot I$. Συγχρόνως ἐφ' ὅλων τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ποσότης θερμότητος $(R + r + r') \cdot I^2$.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :
 $E \cdot I = E' \cdot I + (R + r + r') \cdot I^2$ ή $E = E' + (R + r + r') \cdot I$

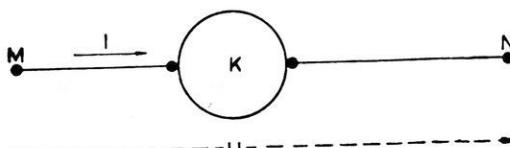
Εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ισοῦται μὲ τὸ ὅθροισμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως (E') τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν ($R_{\text{ολ}}$) τοῦ κυκλώματος.

$$E = E' + I \cdot R_{\text{ολ}}$$

Π αράδειγμα. 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 ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E - E'}{R_{\text{ολ}}} = \frac{(220 - 60)}{(7 + 1 + 2) \Omega} = \frac{160}{10 \Omega} = 16 \text{ Ampère}$$

173α. Ἀποδέκτης εἰς τμῆμα κυκλώματος.—Μεταξὺ τῶν σημείων M καὶ N ἐνὸς κυκλώματος παρεμβάλλεται ἀποδέκτης (π.γ. κινητήρ), ἔχων ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' (σχ. 185).



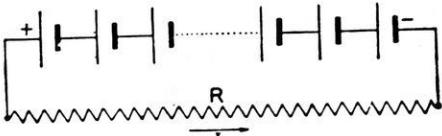
Σχ. 185. Ἀποδέκτης (κινητήρ K) εἰς τμῆμα κυκλώματος.

Τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντασιν I , ἡ δὲ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν σημείων M καὶ N εἶναι U .

Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἴσχει τὴν ἐξίσωσις (1) ὡς ἔξης :

$$U = E' + I \cdot R_{\text{ολ}}$$

174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν.—Ἐστω ὅτι ἔχομεν ν ὄμοιας γεννητρίας, ἑκάστη τῶν ὅποιων ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r .



α) Σύνδεσις κατὰ σειράν.

Ἐὰν αἱ ν γεννήτριαι συνδεθοῦν κατὰ σειράν (σχ. 186), τότε ἡ ὀλικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις

Σχ. 186. Σύνδεσις κατὰ σειράν.

τῆς συστοιχίας είναι $v \cdot E$, ή δὲ όλη η άντιστασις αύτῆς είναι $v \cdot r$. "Αν R είναι ή άντιστασις του έξωτερικού άγωγού, τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm είναι :

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

β) Σύνδεσις παράλληλος.

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν γεννητρῶν (σχ. 187). Ή δὲ η ίλεκτρεγερτική δύναμις τῆς συστοιχίας είναι E , διότι είναι ως ἐὰν νὰ ἔχωμεν μίαν μόνον γεννήτριαν. Ή έσωτερική δύμας άντιστασις τῆς συστοιχίας

είναι $\frac{r}{v}$. Επομένως εἰς τὴν περίπτωσιν αύτὴν είναι :

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

Π αράδειγμα. Εστω δὲ $v = 10$ γεννήτριας, ἐκάστη τῶν ὅποιων ἔχει $E = 2$ Volt καὶ $r = 0,1$ Ohm. Ο ἔξωτερικός άγωγὸς ἔχει άντιστασιν $R = 9$ Ohm. Αν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν κατὰ σειράν, ή ἐντασις τοῦ ρεύματος είναι :

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

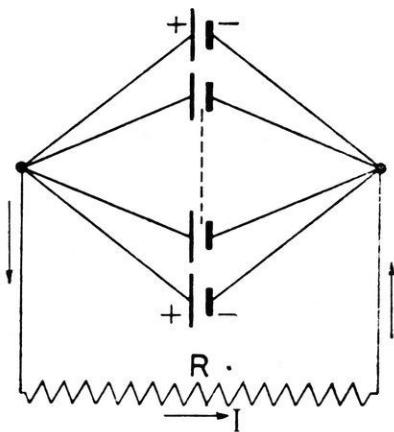
Αν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν παραλλήλως, ή ἐντασις τοῦ ρεύματος είναι :

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{v}} = \frac{2V}{(9 + 0,01)\Omega} = 0,22 \text{ Ampère}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

124. Γεννήτρια ἔχει ίλεκτρεγερτικήν δύναμιν 120 Volt καὶ έσωτερικήν άντιστασιν 10 Ω. Τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει δύο μόνον άντιστάσεις $R_1 = 26$ Ω καὶ $R_2 = 36$ Ω. Πόση είναι ή διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς άντιστάσεως R_2 ;

125. Γεννήτρια ἔχει ίλεκτρεγερτικήν δύναμιν 2 Volt καὶ έσωτερικήν άντιστασιν 8 Ω. Τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει κατὰ σειράν άντιστασιν R καὶ



Σχ. 187. Σύνδεσις παράλληλος.

βολτόμετρον, τὸ ὅποιον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R' = 300 \Omega$. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ἀντίστασις R , ὥστε τὸ βολτόμετρον νὰ δεικνύῃ $1,5 \text{ Volt}$;

126. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 40 Volt . Οἱ πόλοι τῆς συνδέονται μὲ ἀγωγὸν ἀντιστάσεως R : τότε εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας ἡ τάσις είναι $30,8 \text{ Volt}$. Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν καὶ ἄλλη ἀντίστασις $R_1 = 5 \Omega$: τότε ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους γίνεται $34,8 \text{ Volt}$. Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις r τῆς γεννητρίας;

127. Ἀνεμιστήρος λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως $0,6 \text{ A}$. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συσκευῆς είναι 110Ω . Πόση είναι ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀνεμιστήρος καὶ πόση είναι ἡ ισχὺς τῆς μηχανῆς ἐνεργείας, τὴν ὅποιαν μᾶς δίδει ὁ ἀνεμιστήρος;

128. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 52 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 1Ω . Τὸ ἐσωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$ καὶ ἓνα κινητήρα. Ὁταν ὁ κινητήρος δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐν γασιν 4 A , ἐνῶ, ὅταν ὁ κινητήρος στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντασιν 1 A . Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος;

129. Κινητήρος λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 Volt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 15 A . Ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητήρος είναι $0,8$. Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος;

130. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 500 Volt καὶ παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως 350 A , τὸ ὅποιον μεταφέρεται διὰ μακροῦ σύρματος εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ὅν θέλωμεν αἱ ἐπὶ τῆς γραμμῆς ἀπώλειαι, ἐνεκα τῆς θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ, νὰ είναι οἵσαι μὲ τὸ $1/20$ τῆς ισχύος τῆς γεννητρίας;

131. Μεταξὺ τῶν πόλων μᾶς γεννητρίας παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν δύο ἀντιστάσεις $R_1 = 3 \Omega$ καὶ $R_2 = 7 \Omega$, αἱ ὅποιαι διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων, τὰ ὅποια ἔχουν ἀντιστοίχως ἐντάσεις $I_1 = 14 \text{ A}$ καὶ $I_2 = 6 \text{ A}$. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας είναι $0,9 \Omega$. Πόση είναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας;

132. Μία ύδατοπτωσίς ἔχει ισχὺν 40 Watt καὶ κινεῖ γεννητριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν $0,8$. Τὸ ρεῦμα χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν φωτισμὸν συνοικισμοῦ, εἰς τὸν ὅποιον χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες ισχύος 75 Watt . Αἱ ἀπώλειαι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας είναι 10% . Πόσοι λαμπτήρες είναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν;

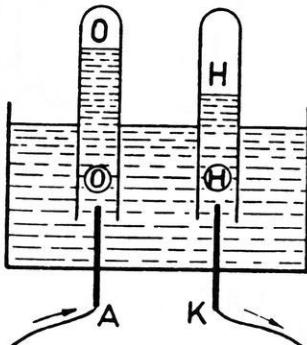
Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Λ Υ Σ Ι Σ

175. Ἐπειραματικὴ ἔρευνα.—Εἰναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέρχεται διὰ διαλύματος ὅξεος, βάσεως ἡ ἄλλη τοῦ 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 :

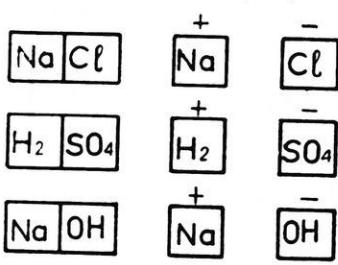
‘Ηλεκτρολύται είναι μόνον τὰ δξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα, ὅταν εύρισκωνται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος, εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν (βάσεις καὶ ἄλατα).

Οὕτως ἡλεκτρολύται είναι τὸ τετηγμένον χλωριοῦχον νάτριον, τὸ εἰς ὕδωρ διάλυμα τοῦ ὑδροχλωρικοῦ δξέος ἢ τοῦ καυστικοῦ καλίου ἢ τοῦ θειικοῦ χλκοῦ κ.λ.

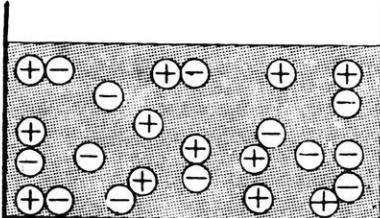
‘Η θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μόριον ἑκάστου ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἐτερωνύμων ιόντων, τὰ ὅποια φέρουν ἵσα ἡλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ χλωριοῦχου νατρίου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν θειικὸν ἢνναν νατρίου καὶ ἓν ἀρνητικὸν ἴον χλωρίου (σχ. 189). ‘Οταν τὰ δύο ιόντα είναι: ἡνωμένα, τότε τὸ μόριον ἐμφανίζεται οὐδέτερον. ‘Εὰν δηλαύσωμεν χλωριοῦχον νάτριον ἐντὸς ὕδατος, τότε μέγας ἀριθμὸς μορίων χλωριοῦχου νατρίου ὑφίσταται ἡλεκτρολυτικὴν διάστασιν, δηλαδὴ τὰ



Σχ. 188. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἡλεκτρόβλυσιν.



Σχ. 189. Τὸ μόριον τοῦ ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἐτερώνυμα ιόντα, φέροντα ἵσα φορτία.



(+) - ἀκέραιον μόριον
+ θειικὸν ίόν
- ἀρνητικὸν ίόν

Σχ. 189α. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις.

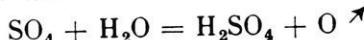
μόρια τοῦ ἡλεκτρολύτου διαχωρίζονται εἰς δύο ἐτερώνυμα ιόντα. Οὕτως ἐντὸς τοῦ διαλύματος ὑπάρχουν τότε ἀκέραια μόρια χλωριοῦχου νατρίου, θειικὰ ιόντα νατρίου καὶ ἀρνητικὰ ιόντα χλωρίου (σχ. 189α).

Τὸ διαλύμαχ ἔξακολουθεῖ νὰ εἶναι: ήλεκτρικῶς οὐδέτερον, διότι ἐντὸς τοῦ διαλύματος περιφέρεται ἵσος ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ιόντων. Εἳν τὸ διαλύμαχ τοῦ ἡλεκτρολύτου εὑρεθῆ ἐντὸς βολταμέτρου, τότε μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων δημιουργεῖται ἡλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον (χνοδος) ἔλκει τὰ ἀρνητικὰ ιόντα, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον (κάθοδος) ἔλκει τὰ θετικὰ ιόντα (σχ. 190).

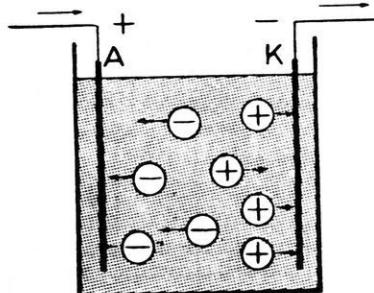
176. Παραδείγματα ἡλεκτρολύσεων. — Θὰ ἔξετάσωμεν κατωτέρω τρία παραδείγματα ἡλεκτρολύσεως. Τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, ὁ όποιος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τῶν δξέων.

α) Ἡλεκτρολύται διαλύματος δξέος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος δξέος π.χ. θειικοῦ δξέος, εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἀνοδον συλλέγεται δξυγόνον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐρμηνεύεται ὡς ἔξῆς:

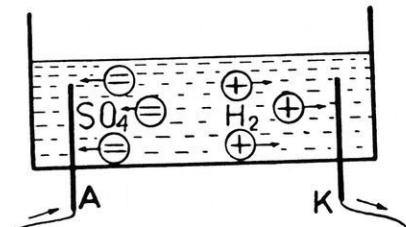
Τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ δξέος H_2SO_4 διασπᾶται εἰς τὸ **θετικὸν ιὸν** $2H^+$ καὶ εἰς τὸ **ἀρνητικὸν ιὸν** SO_4^{2-} . Τὸ θετικὸν ιὸν $2H^+$ ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἔκει ἔξουδετερώνεται καὶ ἐκλύεται, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ιὸν SO_4^{2-} , ἔρχεται εἰς τὴν ἀνοδον (σχ. 191). Ή ἀρνητικὴ ρίζα SO_4 ἀσκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ ὑδατος μίαν δευτερεύουσαν ἀντίδρασιν, κατὰ τὴν ὅποιαν ἀνασυντίθεται τὸ θειικὸν δξέν καὶ ἐλευθερώνεται δξυγόνον, τὸ όποιον καὶ ἐκλύεται:



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

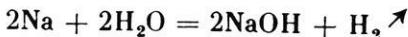


Σχ. 190. Κίνησις τῶν ιόντων πρὸς τὰ δύο ἡλεκτρόδια.



Σχ. 191. Ἡλεκτρόλυσις θειικοῦ δξέος.

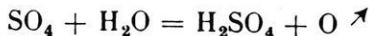
ύδρογόνον, είς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται δέξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ ναυρίου NaOH διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν Na^+ , τὸ δόποιον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, δηλαδή OH^- , τὸ δόποιον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον ἀντιδρᾷ μὲν τὸ υδωρ (δευτερεύον σαστικόν) καὶ οὕτω σχηματίζονται καυστικὸν καί ύδρογόνον, τὸ δόποιον ἐκλύεται :



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ ύδροξύλια ἀνασχηματίζονται τὸ υδωρ ἐνῷ συγχρόνως ἐκλύεται δέξυγόνον :



γ) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ἀλατος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ἀλατος π.χ. θειικοῦ χαλκοῦ, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον χαλκός, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται δέξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ CuSO_4 διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν Cu^{++} , τὸ δόποιον ἀφοῦ ἔξουδετερωθῇ, ἐπικάθηται ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου τῆς καθόδου καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν SO_4^{--} , τὸ δόποιον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Ἐκεῖ ή ρίζα τοῦ δέξιος ἀντιδρᾶς μὲν τὸ υδωρ (δευτερεύον σαστικόν) καὶ οὕτω προκύπτει θειικὸν δέξιον καὶ δέξυγόνον, τὸ δόποιον 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 ύγρόν.

II. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τῶν δέξιων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ὀλάτων τὸ μὲν ύδρογόνον τῶν δέξιων ἥτο μέταλλον τῶν βάσεων καὶ τῶν ὀλάτων λαμβάνεται εἰς τὴν κάθοδον, αἱ δὲ ρίζαι αὐτῶν λαμβάνονται εἰς τὴν ἄνοδον.

III. Ἡ μᾶζα (π) τοῦ στοιχείου, ἥ δόποία ἐμφανίζεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον (Q),

τὸ δόποιον διέρχεται διὰ τοῦ βολταμέτρου καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸ χημικὸν ίσοδύναμον (K) τοῦ στοιχείου.

$$\boxed{\text{νόμος ήλεκτρολύσεως: } m = \alpha \cdot K \cdot Q}$$

ὅπου α εἶναι μία σταθερά, ἡ ὅποια ἐκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι ἔχει τιμήν: $\alpha = \frac{1}{96\,500}$. Ἐπειδὴ τὸ χημικὸν ίσοδύναμον ἐνὸς στοιχείου ίσουται ἀριθμητικῶς μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους (A) τοῦ στοιχείου διὰ τοῦ σθένους του (v), ἡ προηγουμένη ἔξισωσις γράφεται:

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

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

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

Ἡ μᾶζα αὐτὴ εἶναι σταθερὰ δι' ἔκαστον στοιχεῖον καὶ καλεῖται ήλεκτροχημικὸν ίσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Ἐν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ήλεκτρικὸν φορτίον 96 500 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι: $m = \frac{A}{v}$ γραμμάρια, ἢτοι εἶναι ἵση μὲ 1 γραμμοῖσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σταθερὸν τοῦτο ήλεκτρικὸν φορτίον τῶν ναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σταθερὸν τοῦτο ήλεκτρικὸν φορτίον τῶν Zn εἶναι A = 65 καὶ v = 2. Ἡ ἀποτιθεμένη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn

96 500 Cb καλεῖται σταθερὰ Faraday (F). Ἀρα εἶναι:

$$F = 96\,500 \text{ Cb / γραμμοῖσοδύναμον}$$

Παράδειγμα. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου ($ZnSO_4$) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεῦμα ἐντάσεως I = 10 Ampère. Διὰ τὸν Zn εἶναι A = 65 καὶ v = 2. Ἡ ἀποτιθεμένη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn εἶναι:

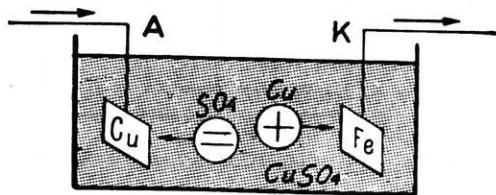
$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{65}{2} \cdot 10 \cdot 965 = 3,25 \text{ gr}$$

178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ήλεκτρολύσεως.— Τὰ φαινόμενα τῆς ήλεκτρολύσεως ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογάς, κυριώτεραι τῶν ὅποιων εἶναι αἱ ἔξης:

α) Εἰς τὴν ήλεκτρομεταλλουργίαν χρησιμοποιεῖται ἡ ήλεκτρόλυ-

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 χρυσολίθου. 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 ἀντικείμενον ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον τοῦ βολταμέτρου. Ὁ ἡλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα ἀλατος τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὄποιον



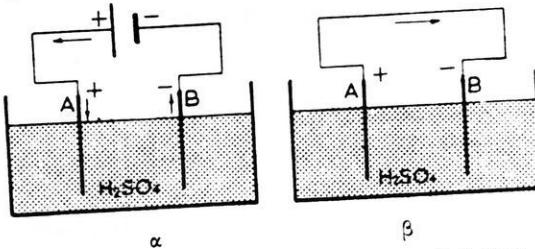
Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου.

θέλομεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τὸ ἀντικείμενον. Ἡ ἄνοδος εἶναι πλᾶξ ἐκ τοῦ ἴδιου ἐπίσης μετάλλου (διαλυτὴ ἄνοδος). Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τὸ ἔρχόμενον εἰς τὴν ἄνοδον ἀρνητικὸν ἴὸν προσβάλλει τὸ μέταλλον τῆς ἀνόδου, ἡ ὄποια συνεχῶς φθείρεται. Οὕτω μεταφέρεται συνεχῶς μέταλλον ἐκ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθοδον (σχ. 192).

γ) Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἐπιτυγχάνει τὴν ἀναπαραγωγὴν διαφόρων ἀντικειμένων (π.χ. νομισμάτων, μεταλλίων κ.ἄ.). Πρὸς τοῦτο λαμβάνεται ἐπὶ θερμῆς γουταπέρκας ἡ μήτρα, ἥτοι τὸ ἀκριβὲς ἀποτύπωμα τοῦ ἀντικειμένου. Ἔπειτα καλύπτεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς μήτρας μὲ γραφίτην, διὰ νὰ γίνῃ ἀγριώτερος, καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς κάθοδος. Αὕτη ἐπικαλύπτεται μὲ στρῶμα μετάλλου, δπως καὶ κατὰ τὴν ἐπιμετάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν τσιγκογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν τῶν δίσκων γραμμοφώνων κ.ἄ.).

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

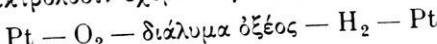
τριαν (σχ. 193 β). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ τριῶν (σχ. 193 β). Ηλεκτροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ φεύγοντος, τὸ ὄποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ προκαλέσαν φεύγοντος. Τὸ ἀντίρροπον τοῦτο ρεῦμα διαρκεῖ ἐπ' ὄλιγον χρόνον καὶ διφείλεται εἰς τὴν ἀλλοίωσιν, τὴν ὄποιαν ὑπέστησαν τὰ νον καὶ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἔκλυεται εἰς τὴν κάθοδον ὑδρογόνον καὶ εἰς τὴν ἀνοδὸν ἔκλυεται διεγόνον. Μέρος τῶν ἀερίων τούτων προσφύεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων, τὰ ὄποια συτω περιβάλλονται ἀπὸ λεπτὸν στρῶμα ἀερίου. Ἡ ἀλλοίωσις αὐτῆς τῶν ἡλεκτροδίων καλεῖται



Σχ. 193. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν.

πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πεπολωμένων ἡλεκτροδίων δημιουργεῖται διαφορὰ δυνατοῦ. Πρὸ τῆς ἡλεκτρολύσεως εἴχομεν τὴν ἔξης σειρὰν ἀγωγῶν :
 $Pt - \text{διάλυμα } \delta\zeta\text{-}\text{eos} - Pt$

Μετὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἔχομεν τὴν ἔξης σειράν :



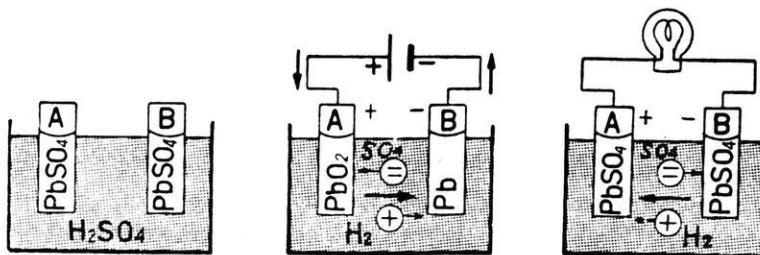
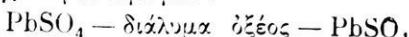
δηλαδὴ ἔχομεν μίαν μὴ συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Γενικῶς :
 Μία μὴ συμμετρική σειρὰ ἀγωγῶν παρουσιάζει διαφορὰν δυνατοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων της.

“Ωστε 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 ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἰς τὴν ἀρχικήν των κατάστασιν.

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

εύχρηστον τύπον γεννητριῶν (§ 152). Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς ἐπιτυγχάνεται κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν (φόρτισις τοῦ συσσωρευτοῦ) ριζικὴ ἀλλοίωσις τῆς ἐπιφανείας τῶν ἡλεκτροδίων του, τὰ δέ ποια καλοῦνται πόλις τοῦ συσσωρευτοῦ. Εἰς τὴν πρᾶξιν γρηγοριοποιοῦνται κυρίως οἱ συσσωρευταὶ μολύβδου καὶ οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταί.

α) Συσσωρευταὶ μολύβδου. Οὗτοι ἔχουν ὡς ἡλεκτρολύτην διάλυμα θειικοῦ διξέος καὶ ὡς ἡλεκτρόδια πλάκας μολύβδου. Αὗται μόλις βυθισθοῦν ἐντὸς τοῦ H_2SO_4 καλύπτονται ἀπὸ στρῶμα $PbSO_4$ (σχ. 194). Τότε ἔχομεν τὴν ἔξης σειρὰν ἀγωγῶν :



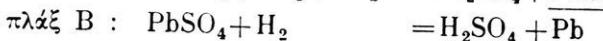
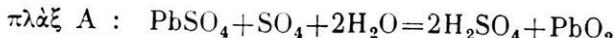
'Αφόρτιστος

Φόρτισις

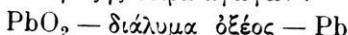
'Έκφόρτισις

Σχ. 194. Ἐξήγησις τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτοῦ.

Κατὰ τὴν φόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει ἡλεκτρόλυσις καὶ τὸ μὲν θειικὸν ἵὸν H_2 ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον B, τὸ δέ ἀρνητικὸν ἵὸν SO_4 ἔρχεται εἰς τὴν ἀνοδὸν A. Τότε συμβαίνουν ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων αἱ ἔξης ἀντιδράσεις :

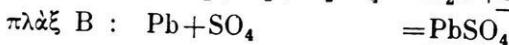
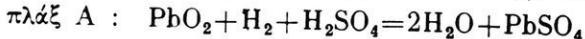


Οὕτω δημιουργεῖται ἡ ἔξης σειρὰ ἀγωγῶν :



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

Κατὰ τὴν ἔκφόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει πάλιν ἡλεκτρόλυσις καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἡλεκτροδίων συμβαίνουν αἱ ἔξης ἀντιδράσεις :



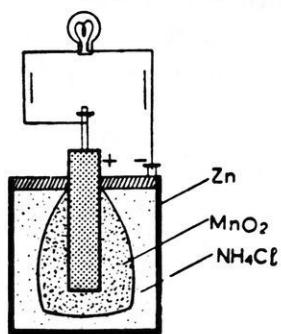
Ούτω μετά τὴν ἐκφόρτισιν τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἐπανέρχονται εἰς τὴν ἀρχικήν των κατάστασιν. Διὰ νὰ αὐξήσουν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητας.

Ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδὴ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ δόποῖον παρέχει δὲ συσσωρευτῆς κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν του μετρεῖται εἰς ἀμπερώρια (Ah). Τὸ 1 ἀμπερώριον εἶναι ὅσον μὲ 3600 Cb, ἣτοι εἶναι τὸ φορτίον, τὸ δόποῖον μεταφέρει ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐντὸς 1 ὥρας. Οἱ σύγχρονοι συσσωρευταὶ ἔχουν χωρητικότητα 8—10 Ah κατὰ dm² ἐπιφανείας τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου. Ἐὰν συσσωρευτῆς ἔχῃ χωρητικότητα 400 Ah, τότε δὲ συσσωρευτῆς δύναται νὰ μᾶς δώσῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐπὶ 400 ὥρας ἢ ρεῦμα ἐντάσεως 10·A ἐπὶ 40 h.

β) Συσσωρευταὶ ἀλκαλικοί. Οὔτοι ἔχουν ὡς ἡλεκτρολύτην διάλυμα καυστικοῦ καλίου. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑδροξείδιον τοῦ νικελίου Ni(OH)₂, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἀπὸ ὑδροξείδιον τοῦ σιδήρου FeO. Οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταὶ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι ἐλαφρότεροι καὶ ἀνθεκτικότεροι ἀπὸ τοὺς συσσωρευτὰς μολύβδου, ἔχουν μεγάλην χωρητικότητα καὶ δύνανται νὰ μείνουν ἀφόρτιστοι, χωρὶς νὰ καταστραφοῦν. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ τῶν δύναμις ἀνέρχεται εἰς 1,4 Volt.

181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—Τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι αἱ πρῶται χρησιμοποιηθεῖσαι γεννήτριαι. Σήμερον ἡ χρῆσις των εἶναι πολὺ περιωρισμένη (§ 152).

Τὸ περισσότερον χρησιμοποιούμενον ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι τὸ στοιχείον Leclanché. Εἰς τοῦτο ὁ θετικὸς πόλος εἶναι ράβδος ἄνθρακος (σχ. 195), ἡ δοποία περιβάλλεται ἀπὸ πυρολουσίτην (MnO₂). Ὁ ἀρνητικὸς πόλος εἶναι κύλινδρος ψευδαργύρου. Μεταξὺ τοῦ πυρολουσίτου καὶ τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει πολτὸς ἀπὸ ρινίσματα ζύλου, τὰ δόποῖα εἶναι διαποτισμένα μὲ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH₄Cl). Οὕτως ἔχομεν τὴν ἔξῆς σειρὰν σωμάτων:

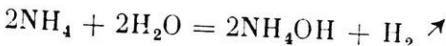


Σχ. 195. Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché.



Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωριούχος

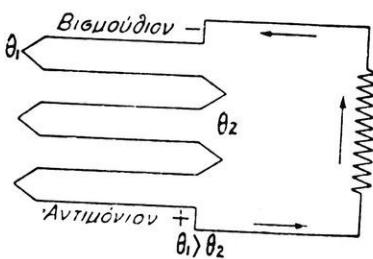
χειδόργυρος ($ZnCl_2$), ή δὲ ἀπομένουσα ρίζα NH_4 ἀντιδρᾷ μὲ τὸ ὕδωρ, ὥποτε ἐλευθερώνεται H_2 :



Τὸ παραγόμενον ὕδρογόνον ἔνοῦται μὲ τὸ ὄξυγόνον τοῦ πυρολουσίτου. Οὕτως ἡ σειρὰ τῶν ἀγωγῶν παραμένει πάντοτε ἀσύμμετρος.

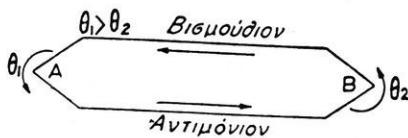
Η ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχεῖου Leclanché ἀνέρχεται εἰς 1,5 Volt. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο καλεῖται ζηρὸν στοιχεῖον καὶ μεταφέρεται εὐκόλως, διότι δὲν περιέχει ὑγρά.

182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.—"Οταν δύο διαφορετικὰ μέταλλα εύρισκωνται εἰς ἐπαφὴν πάντοτε ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Αὕτη ἔχεται πολὺ ἐκ τῆς θερμοκρασίας. "Ας σχηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμούθιον καὶ ἀντιμόνιον (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι αἱ ἀναπτύσσομεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς A καὶ B τῶν δύο μετάλλων ἔχουν δετερώνονται ἀμοιβαίως. Εὰν δημιουργήσουμεν τὰ σημεῖα ἐπαφῆς εύρισκωνται εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας θ_1 καὶ θ_2 , τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (**Θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα**), διότι ἀναπτύσσεται **Θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Αὕτη εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν θερμοκρασίας τῶν δύο ἐπαφῶν καὶ ἔχεται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο μετάλλων. Τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν δύο διαφορετικῶν μετάλλων καλεῖται **Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον**. Πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα συνδέομενα κατὰ σειρὰν ἀποτελοῦν μίαν **Θερμοηλεκτρικὴν στήλην** (σχ. 197).



Σχ. 197. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη.

Αἱ στήλαι αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν (θερμοηλεκτρικὰ θερμόμετρα) καὶ διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν ὡρισμένων διατάξεων.



Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

133. Διά βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα όξεος διέρχεται έπι 16 min 5 sec ρεῦμα έντάσεως 2 A. Πόσον δγκον ύδρογόνου συλλέγομεν (ύπό κανονικάς συνθήκας);

134. Βολτάμετρον περιέχει διάλυμα όξεος. Διαβιβάζομεν δι' αύτοῦ ρεῦμα έντάσεως 5 A. Έπι πόσον χρόνον πρέπει νά διέρχεται τὸ ρεῦμα, διὰ νὰ προκληθῇ διάσπασις 54 gr ύδατος;

135. Ρεῦμα διέρχεται έπι 5 ώρας διά βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικού άργυρου. Εἰς τὴν κάθοδον ἀποτίθενται τότε 10,8 gr άργυρου. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος; Ἀτομικὸν βάρος Ag 108, σθένος 1.

136. Ἐπὶ μιᾶς σιδηρᾶς πλακός, ἡ δποία ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm² θέλομεν νὰ ἀποτελῇ ἡλεκτρολυτικῶς στρῶμα χαλκοῦ πάχους 2 mm. Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A. Πόσον χρόνον θὰ διαρκέσῃ ἡ ἡλεκτρόλυσις; Ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 63,6, σθένος 2. Πίκνυτός χαλκοῦ 8,8 gr/cm³.

137. Κατὰ μίαν ἡλεκτρόλυσιν δεῖειδίου τοῦ ἀργιλλίου συλλέγονται εἰς τὴν κάθοδον 6700 gr ἀργιλλίου καθ' ὥραν. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμόζεται τάσις 5 Volt, ἡ δὲ ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις αὐτοῦ εἶναι 2,8 Volt. Πόση ίσχὺς χρησιμοποιεῖται έντὸς τοῦ βολταμέτρου, ἀφ' ἐνὸς ύπὸ μορφὴν θερμότητος καὶ ἀφ' ἑτέρου ύπὸ μορφὴν χημικῆς ἐνέργειας; Ἀτομικὸν βάρος ἀργιλλίου 27, σθένος 3.

138. Μὲ ρεῦμα έντάσεως 3 A φορτίζομεν έπι 10 ώρας συσσωρευτήν. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον θὰ ἀποδώσῃ δ συσσωρευτής κατὰ τὴν ἐκκένωσίν του, ἂν ἡ ἀπόδοσις αὐτοῦ εἴναι 0,9;

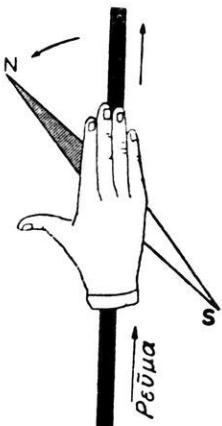
139. Συσσωρευτής ἔχει χωρητικότητα 30 ἀμπερώρια καὶ λειτουργεῖ μέχρις δύτου παραχωρήση τὰ 2/3 τοῦ δλου ἡλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ δποίον δύναται νὰ προσφέρῃ. Ἐπὶ πόσας ώρας δύναται δ συσσωρευτής οὗτος νὰ τροφοδοτήσῃ λαμπτήρα μὲ ρεῦμα έντάσεως 0,5 A;

140. Τρία στοιχεῖα Leclanché συνδέονται κατὰ σειράν. Ἡ στήλη παρέχει εἰς ἓν κύκλωμα ρεῦμα έντάσεως 2 A έπι 25 ώρας. Πόση μᾶζα ψευδαργύρου δαπανᾶται κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον; Ἀτομικὸν βάρος ψευδαργύρου 66, σθένος 2.

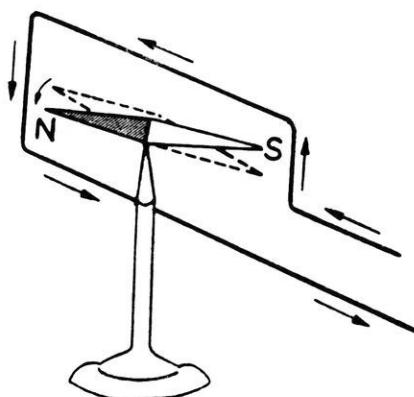
Η ΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος.—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι πέριξ ἐνὸς ἀγωγοῦ διαρρεομένου ύπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὃποῖον προκαλεῖ τὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ φορά, κατὰ τὴν ὄποιαν ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος. Ως φορὰν τοῦ ρεύματος θὰ λάβωμεν ὑπ' ὅψιν τὴν συμβατικήν.

φοράν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀκολουθεῖ τὸν ἔξης ἐμπειρικὸν καὶ νόν τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἀνωθεν τοῦ ἄγωγοῦ, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἔξερχεται διὰ τῶν δακτύλων, τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ἐκτρεπομένη ἀπὸ τὴν θέσιν ἴσορροπίας τῆς, λαμβάνει μίαν νέαν θέσιν, εἰς τὴν ὥποιαν ἴσορροπεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ



Σχ. 198. Κανὼν τῆς
δεξιᾶς χειρός.

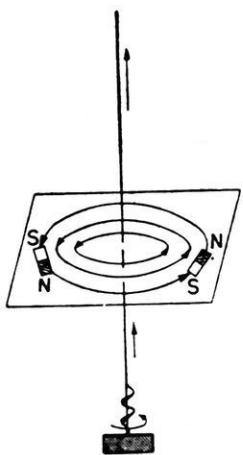


Σχ. 199. Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλυτέρα.

κατακύρωφον δρθιογώνιον πλαισίον, τὸ δόποιον συμπίπτει μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (σχ. 199). Ἐὰν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τότε ἔκαστον εὐθύγραμμον τμῆμα τοῦ πλαισίου προκαλεῖ ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Οὕτως ἀσθενὲς ρεῦμα δύναται νὰ προκαλέσῃ αἰσθητὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἐπὶ τῆς διατάξεως αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία πολλῶν ὀργάνων μετρήσεων (ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα).

184. Μαγνητικὸν πεδίον εύθυγράμμου ρεύματος.—Μακρὸς κατακύρωφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 200). Ὁ ἀγωγὸς διαπερᾷ ὁριζόντιον χαρτόνιον. Ρίπτομεν ρινίσματα σιδή-

ρου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου καὶ κωπῶντες ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον λαμβάνομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι συγκεντρικαὶ περιφέρειαι κάθετοι πρὸς τὸν ἀγωγόν. Κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινοῦμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην ἐξηρτημένην ἀπὸ κατακόρυφον νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς ἑκάστην θέσιν ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἐπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ τούτου πεδίου συνάγονται τὰ ἔξη:



Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθυγράμμου ρεύματος.

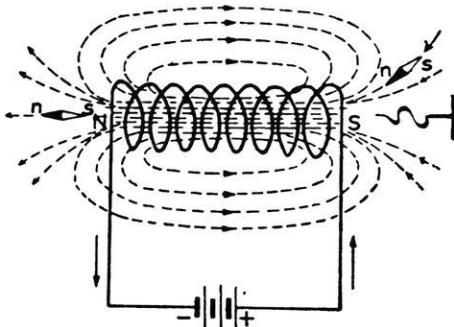
I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἶναι κύκλοι συγκεντρωτικοὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἀγωγόν, ἡ δὲ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν φορὰν, κατὰ τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ στραφῇ δὲ κοχλίας, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος.

II. Ἡ ἔντασις Η τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μακροῦ εὐθυγράμμου ρεύματος εἰς ἀπόστασιν αἱ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν εἶναι :

$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου: } H = \frac{2}{10} \cdot \frac{I}{\alpha} \text{ Gauss}$$

185. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.—Καλεῖται σωληνοειδὲς ἡ πηνίον σύστημα παραλλήλων κυκλικῶν ρευμάτων, τῶν ὅποιών τὰ κέντρα εύρισκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εύθειας. Τοιοῦτον σύστημα κυκλικῶν ρευμάτων λαμβάνομεν, ἐὰν περιτυλίξωμεν σύρμα πέριξ ὑαλίνου ἡ ξυλίνου κυλίνδρου. Ἐπὶ ἐνὸς δρίζοντίου χαρτονίου, τὸ ὅποιον δέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς σχηματίζομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα (σχ. 201). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τελείως ὅμοιον μὲ τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου. Μὲ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης εύρισκομεν ὅτι τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελοῦν δύο ἑτερωνύμους μαγνητικοὺς πόλους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι περὶ τὸ μέσον αὐτοῦ πα-

ράλληλοι. Ή φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εύρισκεται μὲ τὸν ἔξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα: Κοχλίας τοποθετούμενος κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ στρεφόμενος κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος προχωρεῖ κατὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς συνάγονται τὰ ἔξῆς:



I. Σωληνοειδές διαρρεόμενον ύπό ρεύματος ίσοδυναμεῖ μὲ εὐθύγραμμον μαγνήτην.

II. Εἰς τὸ μέσον μακροῦ σωληνοειδοῦς φέροντος ν σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μῆκους, τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενὲς καὶ ἔχει ἔντασιν :

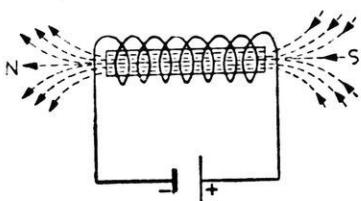
$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου: } H = \frac{4\pi}{10} \cdot v \cdot I \text{ Gauss}$$

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.— Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι πέριξ οἰουδήποτε ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ύπὸ ρεύματος, παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἔξῆς:

Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἡλεκτρικοῦ φορτίου παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίον.

Τὸ ἀνωτέρῳ συμπέρασμα μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἔρμηνεύσωμεν τὴν προέλευσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὃποῖον παράγεται πέριξ μονίμου μαγνήτου. Ἡ περιφορὰ τῶν ἡλεκτρονίων πέριξ τοῦ πυρῆνος τῶν ἀτόμων ἀντιστοιχεῖ πρὸς κυκλικὸν ρεύμα. Τὰ στοιχειώδη αὐτὰ ρεύματα ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν σωληνοειδές. Ἀνάλογος εἶναι καὶ ἡ προέλευσις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

187. Ήλεκτρομαγνήτης.— Σωληνοειδές διαρρέεται ύπό ρεύματος έντάξεως I. Τότε είς τὸ ἐσωτερικὸν του ύπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, ἔχον ἔντασιν H (§ 185). Ενπὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγομεν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Η αρχαρούμενη στιγμὴ γίνεται μαγνήτης, τοῦ ὅποιου οἱ πόλοι συμπίπτουν μὲ τοὺς πόλους τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 202).



Σχ. 202. Ήλεκτρομαγνήτης.
ἡ διέλευσις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ πηγίου. Έκ τῶν μετρήσεων εὑρίσκεται ὅτι τὸ παραχόμενον μαγνητικὸν πεδίον δὲν ἔχει ἔντασιν H, ἀλλὰ μίαν πολὺ μεγαλυτέραν ἔντασιν B, ἡ ὥποια καλεῖται μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ:

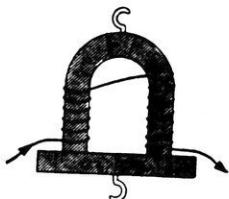
$$B = \mu \cdot H$$

Ο συντελεστὴς μ καλεῖται μαγνητικὴ διαπερατότης τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμᾶς (μέχρι 4000).

Η τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἔξης: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα πέριξ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου είναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. "Οταν ὅμως ὁ μαλακὸς σιδηρὸς εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα προσανατολίζονται καὶ ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των νέον σωληνοειδές. Οὕτως εἰς τὴν ἔντασιν H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς προστίθεται ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ νέου σωληνοειδοῦς καὶ ἡ συνισταμένη ἔντασις τῶν δύο μαγνητικῶν πεδίων είναι τώρα B. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσαχθῇ ράβδος χάλυβος, αὗτη μεταβάλλεται εἰς μόνιμον μαγνήτη, διότι τὰ στοιχειώδη ρεύματα ἐξακολουθοῦν νὰ ἀποτελοῦν σωληνοειδές καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ χάλυβος ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος.

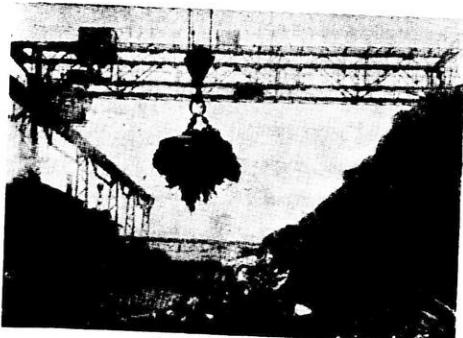
188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.— Η παροδικὴ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος εὑρίσκει πολλὰς ἐφαρμογάς. Εἰς τὸ σχῆμα 203 δεικνύεται

πεταλοειδής ήλεκτρομαγνήτης, εἰς δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ήλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιούμενος διὰ τὴν ἀνύψωσιν



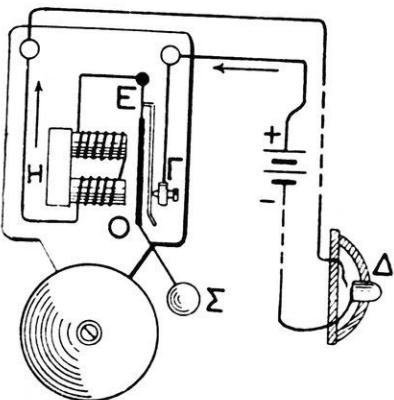
Σχ. 203. Πεταλοειδής ήλεκτρομαγνήτης.

τεμαχίων σιδήρου. Θάξεστάσωμεν συντόμως μερικάς πολὺ συνήθεις ἐφαρμογάς τῶν ήλεκτρομαγνήτων.



Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου.

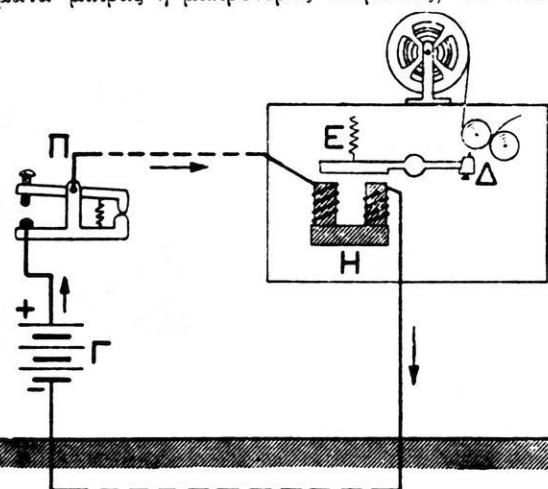
α) Ἡλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ηλεκτρομαγνήτην H (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ηλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει ὁ ὄπλισμὸς O ἐκ μαλλικοῦ σιδήρου. Ὁ ὄπλισμὸς εἶναι στερεωμένος εἰς ἐλατήριον E καὶ εἰς τὸ ἄκρον του φέρει σφύραν Σ . Ὄταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην, κλίσομεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου καὶ ὁ ὄπλισμὸς του ἔλατεται. Τότε ὅμως ἐπέρχεται διακοπὴ τοῦ κυκλώματος εἰς τὸ σημεῖον G καὶ ὁ ὄπλισμὸς ἐπαναφέρεται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου E . Τὸ κύκλωμα πάλιν κλείσται καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἕδια. Εἰς ἑκάστην ἔλξιν τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἐν κτύπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.



Σχ. 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

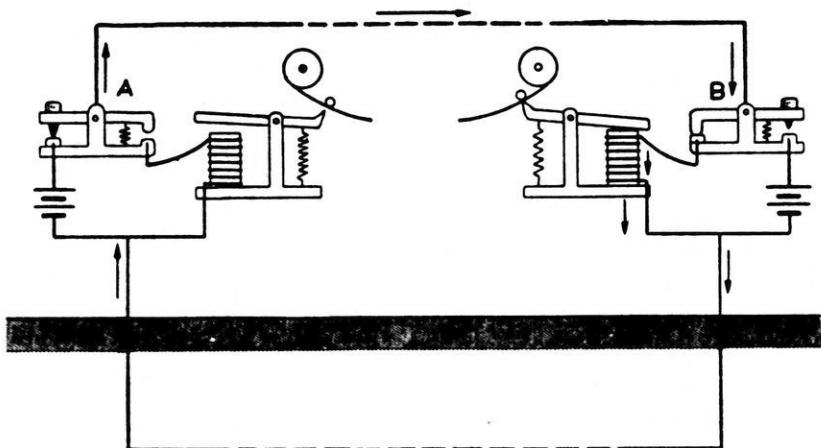
β) Μορσικὸς τηλέγραφος.—'Η λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἔζης ἀρχήν : 'Ἐκ τοῦ ἐνὸς τόπου στέλλονται εἰς

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ή μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὅποια διέρχονται δι' ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτου ἐφωδιασμένου μὲ εύαίσθητον ὅπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὅπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦ εἰς τὰ ἀφιχθέντα ρεύματα. Οὗτως εἰς τὸν ἔνα τόπον ὑπάρχει κατάλληλος διακόπτης, ὁ ὅποιος καλεῖται χειριστὴρ ή πομπὸς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὅποιος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐὰν ὁ μοχλὸς ἀφεθῇ ἐλεύθερος, ἐν



Σχ. 206. Διά τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (μονόπλευρος ἔγκατάστασις).

ταὶ ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὅποιος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐὰν ὁ μοχλὸς ἀφεθῇ ἐλεύθερος, ἐν

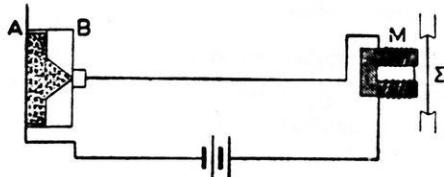


Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις).

ἐλατήριον τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὗτος εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὅποιον

φθάνει τὸ ρέομα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. 'Ο ὅπλισμὸς τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου εἶναι στερεωμένος εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ. "Οταν ἔλκεται ὁ ὅπλισμός, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὁμαλῶς ἐκτυλιστομένην τανίναν γάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόγγου διαποτισμένου μὲ μελάνην. 'Ἐπὶ τῆς τανίας καταγράφονται τότε γραμμαὶ διαφόρου μήκους ἵνα λόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ ὄποιον διῆλθεν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Οὕτω καθίσταται δύνατὴ ἡ μεταβίβασις συμβολικῶν τῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαριθμῆτού καὶ τῶν ἀριθμῶν (μορσικὸν ἀλφάριθμον). 'Ο πομπὸς καὶ ὁ δέκτης συνδυάζονται εἰς ἔκαστον τόπον, ὅπως φάίνεται εἰς τὸ σχῆμα 207. Ως δεύτερος ἀγωγὸς τοῦ κυκλώματος χρησιμεύει ἡ γῇ. Μὲ τὸν τηλέγραφον τοῦ Morse μεταβιβάζονται συνήθως 15—20 λέξεις κατὰ λεπτόν. Εἰς τὰ μεγάλα κέντρα χρησιμοποιοῦνται σήμερον περισσότερον τελειοποιημένα συστήματα, τὰ ὅποια ἐπιτρέπουν πολὺ ταχυτέραν μεταβίβασιν.

γ) Τηλέφωνον. Εἰς τὸ τηλέφωνον ὡς πομπὸς χρησιμοποιεῖται τὸ **μικρόφωνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας πλάκας ἀνθρακος A καὶ B (σχ. 208). Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν παρεμβάλλονται σφαιρίδια ἀνθρακος. "Οταν ὁμιλοῦμεν ἐμπροσθεν τῆς πλακὸς A, τότε τὰ σφαιρίδια τοῦ ἀνθρακος μετακινοῦνται. 'Η ἀσταθὴς ἐπαφὴ ἡ τῶν μεταξὺ τῶν πλακῶν A καὶ B ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντίστασεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὐταὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν πρὸ τῆς πλακὸς A τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ἤχον. Ως δέκτης χρησιμοποιεῖται τὸ **ἀκουστικόν**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πτεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ ὄποιον τὰ ἄκρα περιβάλλονται ἀπὸ δύο πτηνία. Διὰ τῶν πτηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεύμα τοῦ μικροφώνου. "Εμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εὑρίσκεται λεπτὴ πλάκη μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὅποια δύναται νὰ πάλλεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκαλοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μονίμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἐλξίς, τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλακὸς τοῦ σιδήρου



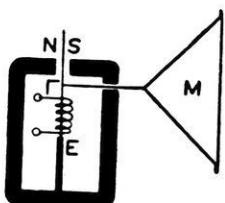
Σχ. 208. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου.

ρου, θέρισταται ἀντιστοίχους μεταβολάς καὶ ἡ πλάκη ἀναγκάζεται νὰ πάλλεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀναπαράγεται ἀπὸ τὴν πλάκα τοῦ σιδήρου ὁ πρὸ τοῦ μικροφώνου παραγγθεὶς ἥχος. Λί σημειωναὶ τηλεφωνικαὶ συσκευαὶ φέρουν τὸ μικρόφωνον καὶ τὸ ἀκουστικὸν εἰς μίαν διάταξιν. Εἰς τὰ αὐτόματα τηλέφωνα ἡ σύνδεσις τῶν συνδρομητῶν γίνεται αὐτομάτως μὲ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν ἐγκαταστάσεων (αὐτό-ματοι ἐπιλογεῖς). Μὲ τὸ τηλέφωνον ἐπιτυγχάνεται ἡ μετα-βίβασις τοῦ ἥχου εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὐτὴ ἀκολουθεῖ σχηματικῶς τὴν ἔξῆς σειρὰν μετατροπῶν:

ἥχος → ρεῦμα → ἥχος

Ἡ πρώτη μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ μικρόφωνον, ἐνῷ ἡ ἀντίστροφος μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ ἀκουστικόν.

δ) Ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον. "Οπως τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τηλεφώνου, οὕτω καὶ τὸ **μεγάφωνον** μετατρέπει εἰς ἥχον μεγάλης ἐντάσεως τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Τὸ **ἥλεκτρο-μαγνητικὸν μεγάφωνον** ἀποτελεῖται ἀπὸ ίσχυρὸν ἡλεκτρομαγνήτην (σχ. 209). Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει γλωσ-

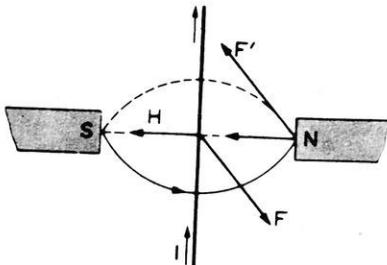


Σχ. 209. Διὰ τὴν ἔξηγησιν τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ μεγαφώνου.

λάς, αἱ ὄποιαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ἡ γλωσσὶς πάλλεται καὶ μετ' αὐτῆς πάλλεται ἡ κωνικὴ μεμβράνη M, ἡ ὄποια, ἐνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας τῆς, παράγει ἥχον μεγάλης ἐντάσεως.

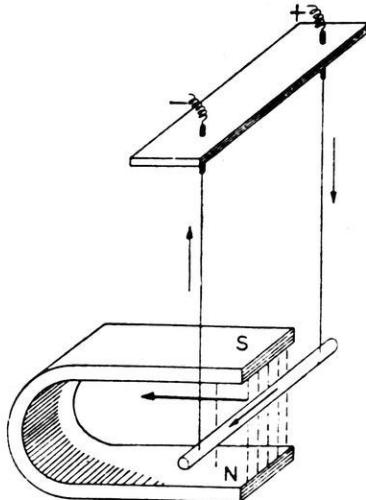
189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.—Κατα-κόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 210). Ο ἀγωγὸς εὑρίσκεται ἐντὸς δριζοντίου δόμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος ἔξασκεται τότε ἐπὶ τοῦ

μαγνητικοῦ πόλου N μίαν δύναμιν F' , ή ὅποια εἶναι ὄριζοντια. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ὡς μαγνητικὸς πόλος N ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος, μίαν ἀν-

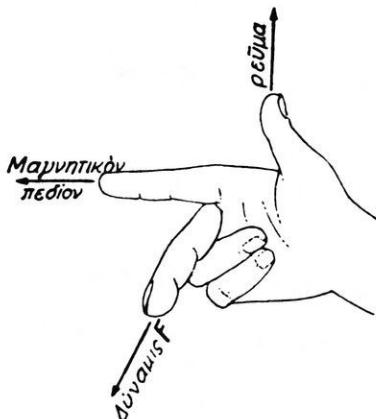


Σχ. 210. Ἡ F' εἶναι ἡ δρᾶσις τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ πόλου N, ἡ δὲ F εἶναι ἡ ἀντίδρασις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

τίδρασιν F ἕστη καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν F' . Ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται λοιπὸν μία δύναμις F , ἡ ὅποια εἶναι ὄριζοντια, δηλαδὴ καὶ θετική τοις πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὅποιον ὄριζουν ἡ διεύθυνσις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὴν τοιαύτην ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς, ἐὰν ὁ ἀγωγὸς εἶναι κινητὸς (σχ. 211). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ὁ ἀγωγὸς μετακινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μιᾶς δυνάμεως. Ἡ φορὰ τῆς κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως F προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον ἐμπειρίκον κανόνα τῶν τριῶν δακτύλων: Τείνομεν τοὺς τρεῖς πρώτους δακτύλους τῆς δεξιᾶς χειρὸς οὔτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν μεταξύ των δεξιᾶς γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φορὰν



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.



Σχ. 212. Εὕρεσις τῆς φορὰς τῆς ἡλεκτρὸς οὔτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν τρομαγνητικῆς δυνάμεως F (δεξιά χείρ).

τοῦ ρεύματος, τὸν δείκτην κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπότε ὁ μέσος δάκτυλος δειχνύει τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, ἡ ὥποια ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 212). Ἀπὸ τὴν μελέτην τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος συνήγθη ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ Laplace**:

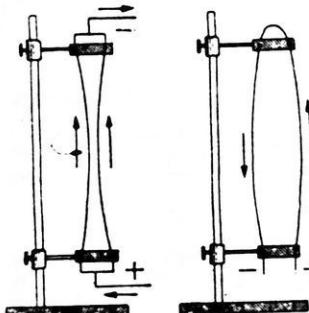
"Οταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους l , καὶ διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I , εύρισκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις H κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὅποιον δρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. ἡ ἐντασίς τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι :

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Laplace : } F = \frac{1}{10} \cdot l \cdot H \cdot I \text{ dyn}}$$

Παραδείγμα. Εάν εἶναι $l = 10 \text{ cm}$, $I = 4 \text{ Ampère}$ καὶ $H = 2000 \text{ Gauss}$; τότε εἶναι :

$$F = \frac{4 \cdot 2\,000 \cdot 10}{10} = 8\,000 \text{ dyn}$$

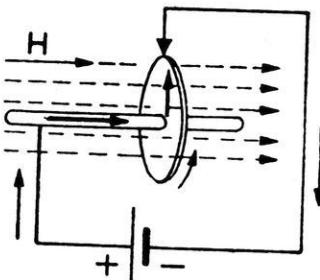
Παραλληλαρεύματα. Εκτελοῦμεν τὸ ἔξῆς πείραμα: Διὰ δύο καταχορύφων ἀγωγῶν διαβιβάζομεν ρεῦμα σύτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν δύο παράλληλα ρεύματα. Παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι διαφοροποια, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἔλκονται (σχ. 213), ἐνῶ ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ἀντίρροποι, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἀπωθοῦνται. Η δρᾶσις αὐτὴ τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνωτέρω νόμου τοῦ Laplace, διότι ἔκαστον ρεῦμα δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποιον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ διλλού ρεύματος.



Σχ. 213. Αιμοιβαῖαι δράσεις παραλλήλων ρευμάτων.

190. Ήλεκτρικὸς κινητήρος.— Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὃ ὅποιος δύναται νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ο εἰς πόλος τῆς

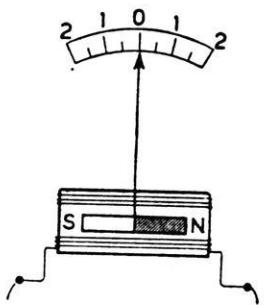
γεννητρίας, συνδέεται μὲ τὸν ἄξονα τοῦ δίσκου, ὁ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται μὲ ἔλχημα, τὸ ὅποιον ἐφάπτεται τῆς περιφερίας τοῦ δίσκου. Ο δίσκος εύρισκεται ἐντὸς ὅμοιονος μαγνητικοῦ πεδίου καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ χάλκινος δίσκος ἀποκτᾷ περιστροφικὴν κίνησιν. Αὕτη ὁφείλεται εἰς τὸ ὅπει τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διατρέχει τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου, ἐνεργεῖ συνεχῶς μία δύναμις, ἡ ὅποια εἶναι κάθετος πρὸς τὴν ἀκτῖνα καὶ εύρισκεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ δίσκου. Η 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 κινητῆρος.

191. "Οργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων. — Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὅργανα. Η λειτουργία τούτων στηρίζεται κυρίως εἰς τὰ θερμικὰ ἢ τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ρεύματος. Τὰ γαλβανόμετρα ἀποτελοῦνται ἀπὸ

μικρὸν μαγνήτην εὐρισκόμενον ἐντὸς πλαισίου διαρρεομένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 215). Τὸ γαλβανόμετρον χρησιμεύει διὰ νὰ δείξῃ, ἀν ὑπάρχῃ ρεῦμα καὶ ποία εἶναι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος. Όμοία εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν ἀμπερομέτρων, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαιρέσεις εἰς Ampère.

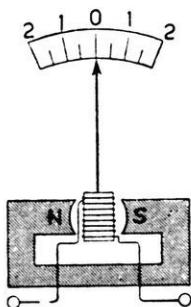


Σχ. 215. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου μὲ κινητὸν μαγνήτην.

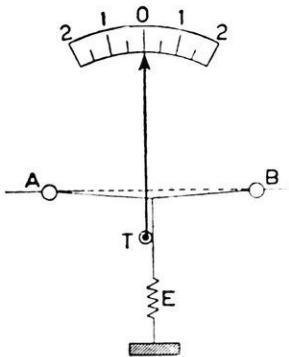
Τὸ ἔσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρά, διότι τὰ ὅργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιοῦν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ βολτόμετρα λειτουργοῦν ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἔσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων

τοῦ κύκλωματος καὶ δὲν πρέπει νὰ ἐπηρεάζουν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὅργανα μικρὸς μαγνήτης στρέψεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητον ρεῦμα. Εἶναι ὅμως δυνατὸν τὸ ρεῦμα νὰ διαρρέῃ μικρὸν πηγίον, τὸ ὅποῖον στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητος μαγνήτης



Σχ. 216. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου μὲ κινητὸν πηγίον.



Σχ. 217. Ἀρχὴ τῶν θερμικῶν ὅργανων μετρήσεων. (Τὸ διαστελλόμενον σύρμα τείνεται ἀπὸ τὸ ἐλατήριον Ε καὶ ἡ τροχαλία Τ, ἐπὶ τῆς ὅποιας στερεώνεται ὁ δείκτης στρέφεται).

(σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὅργανα μετρήσεως ἐπιτυγχάνεται μετακίνησις τοῦ δείκτου ἐνώπιον βαθμολογημένου τόξου ἐξ αἰτίας τῆς διαστολῆς, τὴν ὅποιαν ὑφίσταται σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 217).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

141. Ρεῦμα ἐντάσεως 30 A διαφέρει εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πόση είναι ἡ ἐντασις τοῦ παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ;

142. Πηγίον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Διὰ τοῦ πηγίου διαβιβάζομεν ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Πόση είναι ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηγίου;

143. Πηγίον φέρει 10 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους. Πόσην ἐντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ τὸ ρεῦμα, τὸ ὅποῖον θὰ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ πηγίου, ἵνα θέλωμεν ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηγίου νὰ είναι 250 Gauss ;

144. Δύο εύθυγραμμα παράλληλα σύρματα άπέχουν μεταξύ των 8 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ύπό ρευμάτων ἐντάσεως 24 A. Τὰ δύο ρεύματα είναι όμορροπα. Πόση είναι ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἕν σημεῖον, ἀπέχον 3 cm ἀπὸ τὸ ἐν σύρμα καὶ 5 cm ἀπὸ τὸ ἄλλο;

145. Πηνίον μήκους 30 cm, φέρει 1200 σπείρας καὶ διαρρέεται ύπό ρεύματος ἐντάσεως 6 A. Πόση είναι ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου; Τὶ συμβαίνει, ἐὰν ἐντὸς τοῦ πηνίου εἰσαχθῇ ράβδος μαλακοῦ σιδήρου ἔχουσα μαγνητικήν διαπερατότητα $\mu = 4000$;

146. Πηνίον φέρει 20 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ ὁ ἀξων του είναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβριοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ὑπάρχει μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως. "Οταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, ἡ βελόνη ἐκτρέπεται κατὰ 45°. Πόση είναι ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος, ἐὰν ἡ δριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου είναι $H_0 = 0,2$ Gauss;

147. Εύθυγραμμον σύρμα, μήκους 12 cm, διαρρέεται ύπό ρεύματος ἐντάσεως 4 A καὶ εύρισκεται ἐντὸς όμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 200 Gauss. Τὸ σύρμα είναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Πόση είναι ἡ ἐπὶ τοῦ σύρματος ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις;

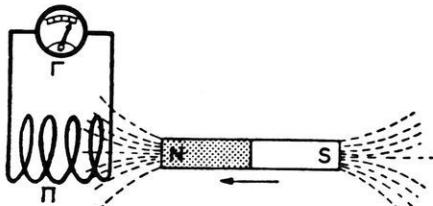
148. Δύο εύθυγραμμα σύρματα μήκους 50 cm είναι παράλληλα καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ύπό όμορρόπων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση είναι ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ ἑκάστου σύρματος, ἐνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος;

ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

192. Παραγωγὴ τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. 'Ο Faraday ἀντιστρέφων τὸ ζῆτημα ἐπεζήτησε νὰ παραγάγῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν ἀνακάλυψιν αὐτὴν τοῦ Faraday στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν, αἱ δοποῖαι σήμερον παράγουν ἀφθόνως τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὰ ἄκρα ἐνὸς πηνίου είναι συνδεδεμένα μὲ εὐπαθὲς γαλβανόμετρον (σχ. 218). Τὸ κύκλωμα είναι ακλειστόν, ἀλλ᾽ ἐπειδὴ δὲν περιλαμβάνει καμμίαν γεννήτριαν, δὲν παρατηροῦμεν ρεῦμα. Εἰς τὸ πηνίον πλησιάζομεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον εύθυγράμμου 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. 'Εὰν ἀπομακρύνωμεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τὸ πηνίον, παρατηροῦμεν πάλιν

μικρᾶς διαρκείας ρεῦμα, τὸ ὅποῖον εἶναι ἀντίφροπον πρὸς τὸ προηγουμένως παραχθὲν ρεῦμα. Τὰ οὕτω παραχόμενα ρεύματα, καλοῦνται



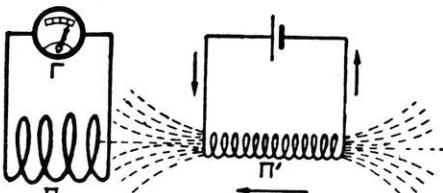
Σχ. 218. Παραγωγὴ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.
κῆς ροῆς εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως
“Ωστε :

“Οταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποιο διέρχεται δι’ ἑνὸς ἀγωγοῦ, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια διαρκοῦν, ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—‘Η μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου Π (σχ. 218.), δύναται νὰ μεταβληθῇ κατὰ τοὺς ἔξης τρόπους :

α) Πλησιάζομεν εἰς τὸ πηνίον Π ἡ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ αὐτὸ ἔνα εὔθυγραμμον μαγνήτην (σχ. 218) ἡ ἐν ἄλλῳ πηνίῳ Π', τὸ ὅποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 219). Τὸ πηνίον Π' συμπεριφέρεται, ὅπως ὁ εὔθυγραμμος μαγνήτης. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

β) Τὸ πηνίον Π εύρισκεται ἀκίνητον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηνίου Π' (σχ. 219), τὸ ὅποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I. Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα του πηνίου Π'. ‘Η κατάργησις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ συνεπῶς ἀνάπτυξιν ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηνίου Π. ‘Ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Π' προκαλεῖται πάλιν με-



Σχ. 219. Παραγωγὴ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

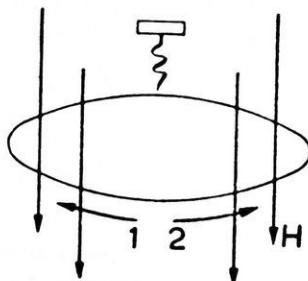
ταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὅποιου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτυξιν ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμὸν μαγνήτην ἢ τὸ πηνίον Π' τὸ διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πηνίον Π, προκαλεῖται μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ παράγεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.—Η φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος καθορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Lenz :

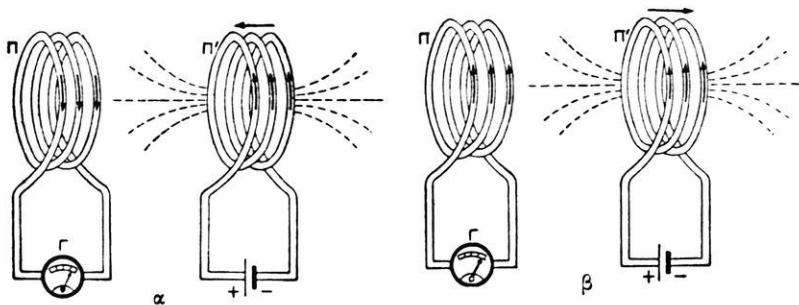
Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τοιαύτην φοράν, ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦτο νὰ ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αἵτιαν, ἢ ὅποια τὸ παράγει.

"Οταν 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 ἄχρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργῆται βόρειος πόλος. Οὗτος ἀποθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομάκρυνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, σὶς τὸ δεξιὸν ἄχρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, δ ὅποιος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὔκολον εὕρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μνημονικὸν κανόνα τοῦ Ma x well : Θεωροῦμεν κοχλίαν τοποθετημένον παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 220). "Οταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐλαττώνεται τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας διὰ νὰ προχωρήσῃ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 1). "Οταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ αὔξανεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει φορὰν ἀντίθετον τῆς φορᾶς, κατὰ τὴν ὅποιαν ὁ κοχλίας στρεφόμενος προχωρεῖ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 2).

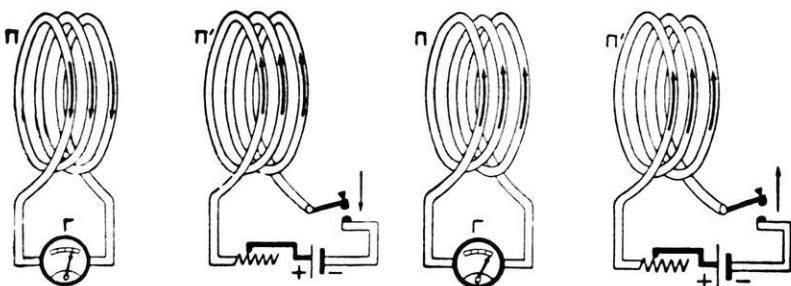


Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὕρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

Ούτως εύρισκομεν τὴν φορὰν τοῦ ἐντὸς τοῦ πηγίου Π ἀναπτυσσομένου ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηγίου Π'



Σχ. 221. Φορὰ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηγίου Π' (α τὸ Π' πλησιάζει πρὸς τὸ Π,
β τὸ Π' ἀπομακρύνεται τοῦ Π).



Σχ. 222. Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἢ τὴν αὐξησιν 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 πηγίου 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 ὅμορροπον.

195. Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Γνωρίζομεν ὅτι ἐν κλειστὸν κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχῃ γεννήτρια, ἢ ὅποια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ἀς θεωρήσωμεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἀπὸ πηγίον Π καὶ γαλβανόμετρον Γ (σχ. 218). Ἐὰν εἰς τὸ πηγίον Π πλησιάσωμεν ταχέως ἐνα εὐθύγραμμον μαγνήτην, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Ἀρα ἡ μεταβολὴ τῆς

μαγνητικής ροής δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, ἡ ὅποια καλεῖται ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

‘Η ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν ($\Delta\Phi$) τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ ὅποιου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὐτῆς.

$$\text{ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις: } E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t} \text{ Volt}$$

‘Η μεταβολὴ $\Delta\Phi$ τῆς μαγνητικῆς ροῆς μετρεῖται εἰς Maxwell (§ 128) καὶ ὁ χρόνος t εἰς δευτερόλεπτα.

Παράδειγμα. Πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ 100 σπείρας, διαμέτρου 10 cm καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 50 Gauss. Αἱ σπεῖραι τοῦ πηνίου εἶναι καθέτοι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐντὸς 0,1 sec τὸ πεδίον καταρρέεται. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἐντὸς τοῦ πηνίου ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

‘Η ὄλικὴ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια 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 $\Delta\Phi$ τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἀρα εἶναι :

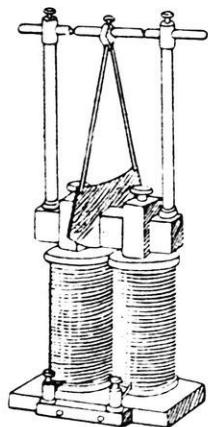
$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\,500}{0,1} = 0,03925 \text{ Volt}$$

‘Ἐὰν ἡ ίδια μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς συμβῇ ἐντὸς 0,001 sec, τότε εἶναι :

$$E = 3,925 \text{ Volt}$$

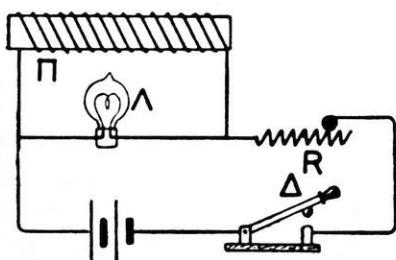
196. Ρεύματα Foucault.— “Οταν μία μεταλλικὴ μᾶζα μετακινῆται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐντὸς αὐτῆς ἐπαγωγικὰς τρεύματα, τὰ ὅποια διατρέχουν ἐντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης κλειστάς τροχιάς. Τὰ ρεύματα αὐτὰ καλοῦνται **ρεύματα Foucault** καὶ προκαλοῦν ἴσχυρὸν θέρμανσιν τῆς μεταλλικῆς μάζης. Τὰ 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 καὶ αφίνεται εἰς τὸ ἔξης πείραμα. Μεταξὺ τῶν πόλων ἴσχυροῦ ἡλεκτρομαγνή-

του δύναται νὰ αἰωρῆται παχεῖα μεταλλικὴ πλάξ (σχ. 224). "Όταν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου δὲν διέρχεται ρεῦμα, αἱ αἰωρήσεις τῆς πλακὸς διαρκοῦν ἐπὶ μαχρὸν χρόνον. "Όταν δὲ μεταξὺ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ δόποῖον 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 ως τροχοπέδη εἰς πολλὰ δργανα μετρήσεων διὰ τὴν ταχεῖαν ἀπόσβεσιν τῶν ταλαντώσεων τοῦ κινητοῦ συστήματος των καὶ εἰς πρακτικὰς ἔφαρμογάς (ἡλεκτρομαγνητικὰ φρένα).



Σχ. 224. Ἐπὶ τῆς κινουμένης πλακὸς ἀνακρίνεται Foucault.

197. Αύτεπαγωγή.— Κάθε ἀγωγός, διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος, δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Οὕτω διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποίᾳ ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος. "Όταν μεταβάλλεται ἡ πτύσσονται ρεύματα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος καὶ ἐπομένως μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀγωγοῦ. "Ωστε, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ δόποῖον διαρρέει ἀγωγόν, ἀναπτύσσονται ἔντὸς τοῦ ἀγωγοῦ ἐπαγωγικάρεύματα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ρεύματα αύτεπαγωγῆς. Μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 225 ἀποδεικνύεται εὐκόλως τὸ φαινόμενον τῆς αύτεπαγωγῆς. Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ πηγίου παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν λαμπτήρ πυρακτώσεως (Λ) καὶ ρυθμίζομεν τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος (διὰ τῆς μεταβλητῆς ἀντίστασεως R),



Σχ. 225. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ.

ώστε ὁ λαμπτήρ μόλις νὰ φωτοβολῇ. Διακόπτομεν ἀποτόμως τὸ ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἴσχυρῶς διὰ μίαν μόνον στιγμήν. 'Η διακοπὴ τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον μεταβολὴν τῆς

μαγνητικής ροής, ή όποια διέρχεται διά τοῦ πηνίου. Οὕτως ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς, ή όποια δημιουργεῖ τὸ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz, αὕτη σις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δημιουργεῖ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς ἀντίθετον τοῦ ρεύματος δημιουργεῖ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς ὁ μόρος τοῦ. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

‘Η ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς (E) εἰναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν (ΔI) τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ όποιου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὗτη.

$$\text{ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς: } E = L \cdot \frac{\Delta I}{t} \text{ Volt}$$

ὅπου L εἰναι ὁ **συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς** τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ὁ όποιος ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν μορφὴν καὶ τὸ μέγεθος τοῦ ἀγωγοῦ. ’Εὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν $\Delta I = 1$ Ampère, $t = 1$ sec καὶ $E = 1$ Volt, εὑρίσκομεν $L = 1$. ’Η μονάς συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς καλεῖται **Henry** (1H) καὶ διέριζεται ως ἔξης :

‘Αγωγὸς 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 ἵση μὲ 1 Volt.

Π αράδει γ μα. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = 0,2$ Henry καὶ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως $I = 10$ Ampère. ’Εντὸς χρόνου $t = 0,01$ sec τὸ ρεῦμα διαχόπτεται. ’Εντὸς 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 πλαίσιου είναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Τὸ σύρμα τοῦ πλαίσιου ἔχει ἀντίστασιν 2Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως 8Ω . Τὸ πλαίσιον στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἅξονα κατὰ 90° . Πόσον είναι τὸ

ἀναπτυσσόμενον ἔξι ἐπαγωγῆς ἡλεκτρικὸν φορτίον ; Ὁριζοντία συνιστῶσα γηί-
νου μαγνητικοῦ πεδίου $H_0 = 0,2$ Gauss.

150. Πηνίον ἔχει διάμετρον 20 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Τὸ πηνίον τοποθε-
τεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 150 Gauss οὐτως, ὥστε ὁ
ἄξων του νὰ συμπίπτῃ μὲ μίαν δυναμικήν γραμμήν. Στρέφομεν τὸ πηνίον κατὰ 90°
ἐντὸς 0,1 sec, ὥστε αἱ σπεῖραι του νὰ γίνουν παράλληλοι πρὸς τὰς δυναμικὰς
γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πόση είναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

151. Πηνίον A μήκους 50 cm φέρει 500 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος
ἐντάσεως 10 A. Εἰς τὸ μέσον τοῦ πηνίου A ὑπάρχει μικρὸν πηνίον B, τὸ ὅποιον
ἔχει διάμετρον 4 cm καὶ φέρει 1000 σπείρας. Οἱ ἄξονες τῶν δύο πηνίων συμπίπτουν.
Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον A ἐντὸς 0,01 sec. Πόση είναι ἡ ἐντὸς τοῦ πη-
νίου B ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

152. Πηνίον φέρει 1000 σπείρας, ἔκαστη τῶν ὅποιών ἔχει ἐπιφάνειαν 20 cm².
Τὸ πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 3 Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντίστάσεως 7 Ω.
Τὸ πηνίον εύρισκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνήτου καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν
σπειρῶν είναι κάθετα πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐξά-
γομεν ταχέως τὸ πηνίον ἔκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπότε εύρισκομεν ὅτι διὰ τοῦ
γαλβανομέτρου διῆλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Cb. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ;

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρέει πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς
0,2 H. Ἐντὸς 0,04 sec ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται εἰς 3 A. Πόση είναι ἡ
ἀναπτυσσομένη ἔξι αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

154. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,05 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύ-
ματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς
0,1 sec, διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἔξι αὐτεπαγωγῆς 2 Volt ;

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

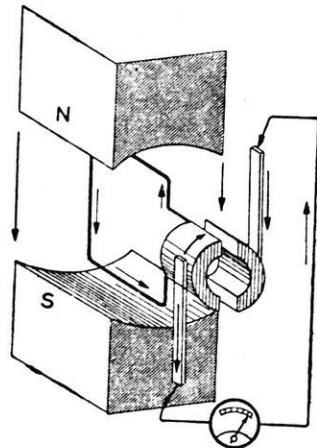
198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναί.— Καλοῦνται γενικῶς ἡλεκτρικαὶ
μηχαναί αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναί, αἱ ὅποιαι μετατρέπουν τὴν μηχα-
νικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως. Αἱ γεν-
νήτριαι ἔκτελοῦν τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας εἰς ἡλεκ-
τρικήν, οἱ δὲ κινητῆρες μετατρέπουν τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς
μηχανικὴν ἐνέργειαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος,
(§ 154) ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἔξης κύρια μέρη: τὸν ἐπαγωγέα,
τὸ ἐπαγώγιμον καὶ τὸν συλλέκτην.

‘Ο ἐπαγωγέας είναι ἡλεκτρομαγνήτης, μεταξὺ τῶν πόλων
τοῦ ὅποιου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ ἐπαγω-
γόν ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὅποιον στρέφεται ἐντὸς τοῦ
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, διὰ νὰ προκαλῆται συνεχῶς μετα-

βολή τῆς μαγνητικῆς ροής. Ὁ συλλέκτης εἶναι κατάλληλον σύστημα, διὰ τοῦ ὅποίου τὰ ἐντὸς τοῦ ἐπαγγείλου παραγόμενα ἐπαγγειακά ρεύματα μεταβιβάζονται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα τῆς καταναλώσεως.

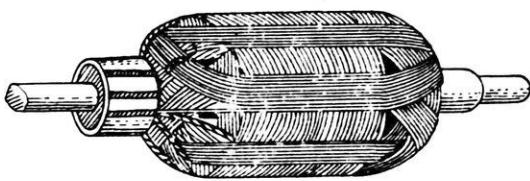
199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—*Η λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἑξῆς ἀρχῆς : "Ἄς θεωρήσωμεν ὅρθιογώνιον πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον σύρμα (σχ. 226). Τὸ πλαίσιον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγγείως περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουν εἰς δύο μεμονωμένους ἡμιδακτύλους (συλλέκτης), οἱ δόποιοι εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς καὶ στρέφονται μετ' αὐτοῦ. "Εκαστος ἡμιδακτύλου εὑρίσκεται πάντοτε εἰς ἐπαφὴν μὲν ἐν ἔλασμα (ψήκτρα). "Οταν τὸ πλαίσιον ἐκτελέσῃ ἡμίσειαν στροφῆς, ἐκάστη ψήκτρα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον. Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν τὸ πλαίσιον εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. "Η θέσις αὐτῆς τοῦ πλαισίου καλεῖται ο ὑδετέρα γραμμή. "Οταν τὸ πλαίσιον στρέφεται κατὰ 90°, ἡ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροή μεταβάλλεται μεταξὺ τῆς τιμῆς 0 (τὸ πλαίσιον παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς) καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς Φ (τὸ πλαίσιον διοχετεύονται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα ώς συνεχὲς ρεῦμα).*

"Η φορὰ τοῦ ἐπαγγείλου ρεύματος ἐντὸς τοῦ πλαισίου ἀλλάσσει, δισάκις τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως ἡ μία ψήκτρα τοῦ συλλέκτου παύει νὰ ἐφάπτεται τοῦ ἐντὸς ἡμιδακτύλου καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον τοῦ συλλέκτου. Οὕτω τὸ ρεῦμα ἐξέρχεται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα ἀπὸ τὴν αὐτὴν πάντοτε ψήκτραν, ἡ ὅποια ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, ἐνῶ ἡ ἄλλη ψήκτρα ἀποτελεῖ τὸν αρνητικὸν πόλον. Εἰς



Σχ. 226. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσονται ἐπαγγειακά ρεύματα, τὰ ὅποια διοχετεύονται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα ώς συνεχὲς ρεῦμα.

την πρᾶξιν, ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ πλαίσια, τὰ ὅποια καταλήγουν εἰς ἴσαριθμα 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 αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (§ 187) καὶ συνεπῶς διὰ τὴν αὔξησιν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροής. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητρίας τροφοδοτεῖται μὲν μέρος τοῦ ρεύματος, τὸ



Σχ. 227. Ἐπαγώγιμον τυμπάνου, εἰς τὸ δόποιον τὰ σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν διατήρει πάντας μίαν κυλίνδρου.

ὅποῖον παράγει ἡ γεννήτρια. Ἡ γεννήτρια ἀρχίζει νὰ λειτουργῇ, μόλις τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἐπαγώγιμον, διότι ὁ μαλακὸς σίδηρος

νὴν νὰ προκαλέσῃ τὴν διέγερσιν τῆς μηχανῆς (αὕτοι διέγερσις τῆς μηχανῆς).

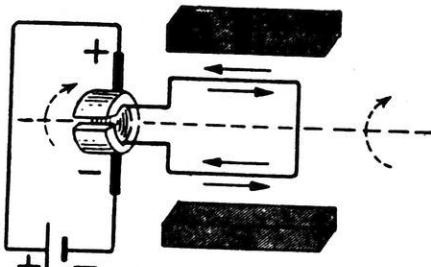
Ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγώγιμον φέρῃ Ν εὐθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συγχύτης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγώγιμου εἶναι ν., τότε ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται δι' ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις Ε τῆς γεννητρίας εἶναι :

$$\text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητρίας : } E = \frac{1}{10^8} \cdot N \cdot n \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου Φ εἶναι ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται δι' ὄλοκλήρου τοῦ ἐπαγώγιμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75 %, ἔως 98 %.

200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος. — "Αἱ θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ἡ μία ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ἄλλη ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Τότε τὸ πλαισίον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἔκαστης πλευρᾶς τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεύγος δυνάμεων, τὸ ὅποῖον στρέφει τὸ πλαισίον, ἔως ὅτου τοῦτο

γίνη κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε δμῶς ἀλλάσσει ἡ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν μὲ τοὺς ἡμιδακτυλίους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζεῦγος δυνάμεων, τὸ δόποιον συνεχίζει τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ κινητῆρες οὕτω εἰναι σχεδὸν δμοιοι μὲ τὰς γεννητρίας. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἡλεκτροκινητήρων ἀνέρχεται εἰς 70 % ἔως 98%.



Σχ. 228. Ἀρχὴ τῶν κινητήρων 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 ἴσχὺν $P = U \cdot I$ ἥτοι $P = 200\,000$ Watt. Ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἴσχὺς $P' = I^2 \cdot R$, ἥτοι $P' = 120\,000$ Watt. Ἀρα εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἴσχὺς ἵση 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 ἴσχὺν $P = 200\,000$ Watt, δῆσην παρεῖχεν καὶ προηγουμένως. Ἀλλὰ τώρα ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ἴσχὺς $P' = I^2 \cdot R$ ἥτοι $P' = 1200$ Watt. Οὕτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἴσχὺς ἵση μὲ 198 800 Watt. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου καταφαίνεται ὅτι, διὰ νὰ μεταφερθῇ τὸ ρεῦμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, πρέπει τὸ ρεῦμα νὰ ἔχῃ μεγάλην τάσιν καὶ μικρὰν ἔντασιν. Ἀλλ’ αἱ γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος δὲν δύνανται νὰ μᾶς δώσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μεγάλας τάσεις. Οὕτω τὸ συνεχές ρεῦμα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μεταφερθῇ εἰς μεγάλας ἀπόστασεις, διότι δημιουργεῖ τεραστίαν ἀπώλειαν ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

155. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος ἔχει ἡλεκτρεγερτικήν δύναμιν 300 Volt, ἐσωτερικήν ἀντίστασιν $0,5 \Omega$ καὶ ταχύτητα περιστροφῆς 1500 στροφάς κατά λεπτόν. Ἡ γεννήτρια αὕτη συνδέεται μὲ δόλην όμοιαν μηχανήν, ἢ ὅποια λειτουργεῖ ὡς κινητήρ, δ ὅποιος ἔκτελει 1200 στροφάς κατά λεπτόν. Οἱ ἀγωγοὶ τῆς συνδέσεως τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν ἀντίστασιν 4Ω . Πόση εἶναι ἡ ισχύς ἑκάστης μηχανῆς καὶ πόση ίσχύς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἐπὶ τῆς γραμμῆς καὶ ἐντὸς ἑκάστης μηχανῆς;

156. Μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος ἔχει ἡλεκτρεγερτικήν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικήν ἀντίστασιν 1Ω . Πόση εἶναι ἡ μεγίστη δυνατή ίσχύς, τὴν ὅποιαν δύναται νὰ προσφέρῃ εἰς τὸ ἑξωτερικὸν κύκλωμα ἡ γεννήτρια αὕτη; Πόση εἶναι τότε ἡ ἀπόδοσις τῆς γεννητρίας;

157. Γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος ἔχει ἡλεκτρεγερτικήν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικήν ἀντίστασιν 1Ω . Ἡ γεννήτρια τροφοδοτεῖ λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως λειτουργούντας ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Ἐκαστος λαμπτήρ, δταν λειτουργῇ κανονικῶς, ἔχει ἀντίστασην 440Ω . Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ ἡ γεννήτρια;

158. Γεννήτρια ἔχει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt καὶ στέλλει ρεῦμα ἐντάσεως 100 A εἰς κινητήρα εύρισκομένου μακρὰν τῆς γεννητρίας. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασης τῆς γραμμῆς, ἵνα θέλωμεν νὰ χρησιμοποιῆ ὁ κινητήρ τὰ $0,90$ τῆς ίσχύος, τὴν ὅποιαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ ἑξωτερικὸν κύκλωμα; Πόση εἶναι τότε ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τοῦ κινητῆρος;

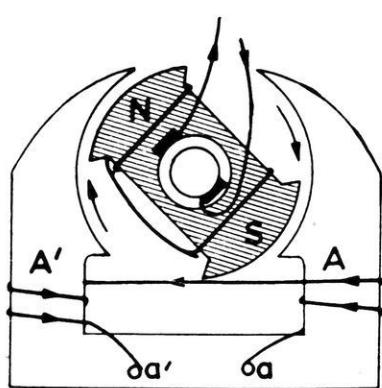
159. Δύο δυναμογλεκτρικαὶ μηχαναὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστάσεις $r_A = 30 \Omega$ καὶ $r_B = 15 \Omega$, συνδέονται δὲ μεταξὺ τῶν μὲ ἀγωγούς, οἱ ὅποιοι ἔχουν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$. Ἡ A λειτουργεῖ ὡς γεννήτρια καὶ εἰς τοὺς πόλους τῆς ἡ τάσις εἶναι 120 Volt, ἡ δὲ B λειτουργεῖ ὡς κινητήρ καὶ εἰς τοὺς πόλους τῆς ἡ τάσις εἶναι 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἡλεκτρεγερτική δύναμις τῆς μηχανῆς A καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις τῆς μηχανῆς B;

160. Μία ύδατοπτωσίς παρέχει ίσχὺν 600 kW εἰς γεννητρίαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 90% . Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν καταναλώσεως μὲ ἀγωγούς ἔχοντας ἀντίστασιν 300Ω . Πόση εἶναι ἡ βιομηχανικὴ ἀπόδοσις τῆς ἐγκαταστάσεως, δταν ἡ ἡλεκτρεγερτική δύναμις τῆς γεννητρίας εἶναι $20\,000$ Volt καὶ ὅταν εἶναι $100\,000$ Volt;

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

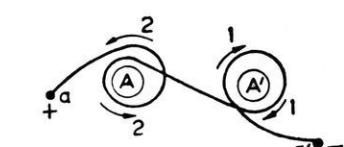
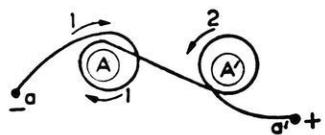
202. Ἐναλλακτήρες—Σήμερον, ἀντὶ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὅποιον ἔχει πάντοτε τὴν ἴδιαν φοράν, χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὅποιου ἡ φορὰ ἐναλλάσσεται περιοδι-

κῶς. Αἱ γεννήτριαι, αἱ ὅποῖαι παράγουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καλοῦνται εἰδικώτερον **ἐναλλακτῆρες**. Εἰς τούτους ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, ὁ ὅποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ ἀξονα (σχ.



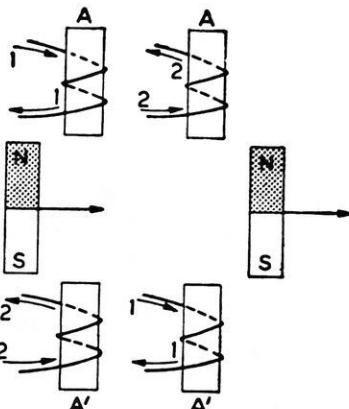
Σχ. 229. Σχηματικὴ παράστασις ἐναλλακτῆρος.

229.). Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα, τὸ ὅποῖον παράγει γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος. Τὸ **ἐπαγώγιμον** εἶναι ἀκίνητον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία A καὶ A', τὰ ὅποια φέρουν κοινὸν πυρήνα ἀπὸ μαλλαχὸν σίδηρον. Τὸ σύρμα εἰς τὰ δύο πηνία εἶναι τυλιγμένον κατ' ἀντίθετον φοράν, τὰ δὲ δύο ἔλευθερα ἄκρα τοῦ σύρματος καταλήγουν εἰς τοὺς ἀκροδέκτας α καὶ α'.



Σχ. 231. Εἰς ἑκάστην στιγμὴν τὰ δύο ἀντίθετα ρεύματα προστίθενται.

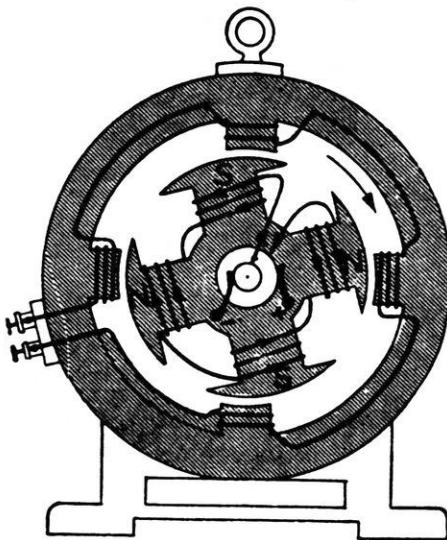
παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχον τὴν φορὰν 1. Μετ' ὀλίγον ὁ βόρειος πόλος N ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ πηνίον A καὶ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα, ἔχον τὴν ἀντίθετον φορὰν 2. Τὰ ἔδια



Σχ. 230. Τὰ ρεύματα ἐντὸς τῶν πηνίων A καὶ A' ἔχουν πάντοτε ἀντίθετον φοράν.

Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὰ δύο πηνία. Ἐστω ὅτι εἰς μίαν στιγμὴν ὁ βόρειος πόλος N τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου πλησιάζει πρὸς τὸ πηνίον A. Τότε ἐντὸς τοῦ πηνίου A (σχ. 230).

συμβαίνουν καὶ εἰς τὸ πηνίον Α' μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ἔκάστην στιγμὴν τὰ δύο πηνία Α καὶ Α' διαρρέοντα ἀπὸ ἐπαγωγικὰ ρεύματα ἀντιθέτου φορᾶς. Ἐπειδὴ δμως τὸ τύλιγμα τοῦ σύρματος εἰς τὰ δύο πηνία ἔχει γίνει ἀντιθέτως, διὰ τοῦτο τὰ δύο αὐτὰ ἀντίθετα ἐπαγωγικὰ ρεύματα προστίθενται εἰς ἔκάστην στιγμὴν (σχ. 231). Οὕτως οἱ ἀκροδέκται α καὶ α' γίνονται περιοδικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητρίας. Ἐάν δὲ συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μὲ ἓνα ἔξωτερικὸν ἀγωγόν, οὗτος θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐναλλασσομένης περιοδικῶς φορᾶς καὶ τὸ ὅποιον διὰ τοῦτο καλεῖται ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὁ ἐπαγωγεὺς ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, τὰ ὅποια περιστρέφονται ἔμπροσθεν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πηνίων τούτων εἶναι ἵσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέως (σχ. 232). Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου φέρουν πυρήνας ἀπὸ μαλαχὸν σίδηρον,

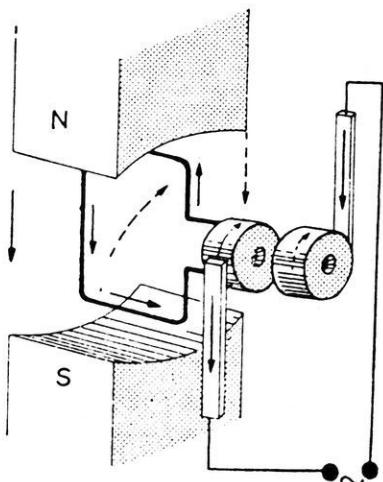


Σχ. 232. Μονοφασικὸς ἐναλλασκτήρ.

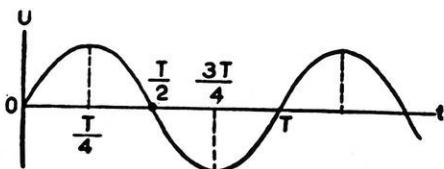
οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν δγκώδη σιδηρᾶν μᾶζαν. Οἱ ἀνωτέρω ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **μονοφασικοί**, τὸ δὲ παραγόμενον ὑπ' αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καλεῖται **μονοφασικόν**. Ἡ συχνότης τῶν παραγομένων σήμερον ἐναλλασσομένων ρευμάτων ποικίλει ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν (ἀπὸ 20 Hz ἕως 1 000 000 Hz).

203. Κινητήρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—‘Ο κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητήρο μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγίμου εἰς τὸν κινητήρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότερον δμως χρησιμοποιούμενοι σήμερον κινητήρες ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰναι τριφασικοὶ κινητήρες.

204. Έναλλασσόμενον ρεύμα.— Κατά τὴν περιστροφὴν ἐνὸς πλαισίου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 233) ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πλαισίου μαγνητικὴ ροή μεταβάλλεται συνεχῶς. Οὕτως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τὰ σις, ἡ ὁποίᾳ μεταβάλλεται ἡ μιτονοειδῶς 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. 233. Ἡ μαγνητικὴ ροή μεταβάλλεται συνεχῶς.



Σχ. 234. Ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

ἡ ὁποίᾳ καλεῖται **πλάτος τῆς τάσεως** (ἢ μεγίστη τάσις). Ἡ στιγμαία τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi v t$$

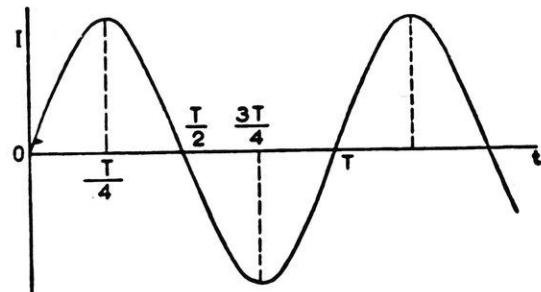
Ἐὰν καλέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi v$, τότε ἡ στιγμαία τάσις δίδεται ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν :

$$\boxed{\text{στιγμαία τάσις : } \quad U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t}$$

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 ἔξωτερικὸς ἀγωγός, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τοῦ

έναλλαχτηρος, διαρρέεται τότε άπο τού έναλλασσόμενον ρεύμα. Ή εν τασις τοῦ ρεύματος τούτου μεταβάλλεται έπισης ή με τον οιδως συναρτήσει τοῦ χρόνου (σχ. 235) και ή στιγμιαία τιμή τῆς έντάσεως κατά τὴν χρονικὴν στιγμὴν δίδεται ἀπὸ τὰς έξισεις :



Σχ. 235. Η έντασης τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται ήμιτονοειδῶς.

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi \frac{t}{T}$$

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi v t$$

διότι I_0 είναι ή μεγίστη ἀπόλυτος τιμὴ τῆς έντάσεως καὶ ή δύοια καλεῖται πλάτος τῆς έντάσεως (ή μεγίστη έντασης). Εάν θέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot v$, τότε ή στιγμιαία έντασης δίδεται ἀπὸ τὴν έξισωσιν :

$$\text{στιγμιαία έντασης : } I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

Έχ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Η τάσης καὶ ή έντασης τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος μεταβάλλονται ήμιτονοειδῶς συναρτήσει τοῦ χρόνου, ή δὲ στιγμιαία τιμὴ των προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς έξισώσεις:

$$U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t \quad I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

Παράδειγμα. Έστω δτι η συγχόνης τοῦ ρεύματος είναι $v = 40 \text{ Hz}$, τὸ πλάτος τῆς τάσεως είναι $U_0 = 100 \text{ Volt}$ καὶ τὸ πλάτος τῆς έντάσεως $I_0 = 12 \text{ Ampère}$. Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = \frac{1}{480} \text{ sec}$

ή στιγμιαία τάσις είναι :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi t = 100 \cdot \eta \mu \left(2\pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{480} \right)$$

$$\text{ήτοι } U = 100 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ Volt}$$

ή στιγμιαία έντασης είναι :

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi t = I_0 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} \quad \text{ήτοι} \quad I = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \text{ Ampère}$$

205. Ένεργός έντασης και ένεργός τάσης. — "Ας θεωρήσωμεν
ένα άγωγὸν ἔχοντα ἀντίστασιν R καὶ δὲ όποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασ-
σόμενον ρεῦμα. Έντὸς μιᾶς περιόδου T η ἔντασης τοῦ ρεύματος μετα-
βάλλεται συνεχῶς. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ
άγωγοῦ ἐπὶ χρόνον t , ἀναπτύσσει ἐπ' αὐτοῦ ὡρισμένην ποσότητα θερμό-
τητος. Καλεῖται ἔνεργός έντασης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος η
ἔντασης τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ όποῖον διαρρέον τὴν αὐτὴν ἀντίστα-
σιν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον παράγει τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος,
τὴν όποιαν παράγει καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Αποδεικνύεται δὲ :

"Η ἔνεργός έντασης (I_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ισοῦται
μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς έντάσεως (I_0) διὰ τῆς τετραγωνι-
κῆς ρίζης τοῦ 2.

$$I_{ev} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{η} \quad I_{ev} = 0,707 \cdot I_0$$

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, τὸν όποῖον διαρρέει τὸ ἐναλλασσόμενον
ρεῦμα, ὑπάρχει μία ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένη τάσης. Καλεῖται
ἔνεργός τάσης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος η τάσης τοῦ συνεχοῦς
ρεύματος, η όποια ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ προκαλεῖ συνεχὲς ρεῦμα ἔχον ἔν-
τασιν ίσην μὲ τὴν ἔνεργὸν έντασιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εύ-
ρισκεται δὲ ὅτι :

"Η ἔνεργός τάσης (U_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ισοῦται
μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως (U_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς
ρίζης τοῦ 2.

$$U_{ev} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \text{η} \quad U_{ev} = 0,707 \cdot U_0$$

‘Η ένεργός έντασις μετρεῖται μὲ τὰ θερμικὰ ἀμπερόμετρα, ἡ δὲ ένεργός τάσις μετρεῖται μὲ τὰ θερμικὰ βολτόμετρα.

Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἐὰν ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ (μὴ ἔχοντος αὐτεπαγωγῆς L) εἰναι R καὶ εἰς τὰ ὅχρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐφερθεῖται ένεργός τάσις U_{ev} , τότε ὁ νόμος τοῦ Ohm λεγόμενος ὡς έξης :

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Ohm : } U_{ev} = I_{ev} \cdot R}$$

206. Τριφασικὰ ρεύματα.— Εἰς τὰς ἑξισώσεις $U = U_0 \cdot \eta\mu$ ωτ καὶ $I = I_0 \cdot \eta\mu$ ωτ τὸ μέγεθος ωτ καλεῖται φάσις. Ἀς θεωρήσωμεν τρία μονοφασικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, τὰ δύοις ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον T , τὸ αὐτὸν πλάτος τάσεως U_0 καὶ τὸ αὐτὸν πλάτος ἐντάσεως I_0 . Ἔστω ὅτι εἰς ἕκαστον τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων ἡ τάσις καὶ ἡ ἐντάσις λαμβάνουν τὴν μεγίστην τιμὴν μὲ καθυστέρησιν ἵσην πρὸς $\frac{T}{3}$ ἐν σχέσει πρὸς τὸ προηγούμενον (σχ. 236). Λέγομεν τότε ὅτι ἕκαστον ρεύμα παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$ ὡς πρὸς τὸ προηγούμενον ἢ τὸ ἐπόμενον αὐτοῦ. Αἱ στιγμαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἑξισώσεις :

$$I_1 = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

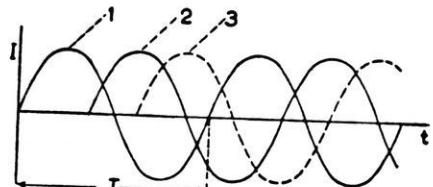
$$I_2 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 120^\circ)$$

$$I_3 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 240^\circ)$$

Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω τριῶν τριφασικῶν ρεύματων αποτελεῖ τριφασικὸν ρεύμα. “Ωστε :

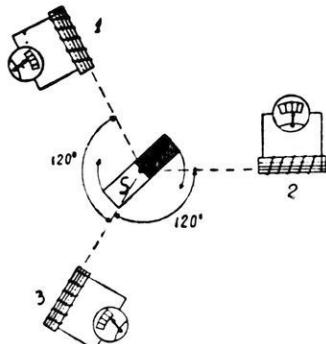
Τὸ τριφασικὸν ρεύμα εἶναι σύστημα τριῶν μονοφασικῶν ρευμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἀλλ’ ἕκαστον τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς τὸ ἄλλο.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τριφασικῶν ρευμάτων χρησιμοποιοῦνται οἱ τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες. ‘Η ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τούτων κατα-

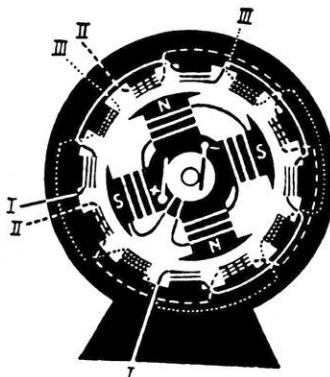


Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξύ των διαφορὰν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$

φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 237, δηπου τὰ τρία πηγνία τοῦ ἐπαγωγήμου διατάσσονται οὕτως, ώστε νὰ συγκρατίζουν ἀνὰ δύο γωνίαν 120° . Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐπαγωγέως παράγεται ἐντὸς ἑκάστου πηγνίου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὅποιον παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ως πρὸς

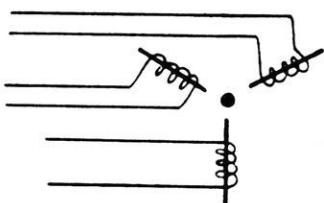


Σχ. 237. Σχηματικὴ παράστασις τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος.

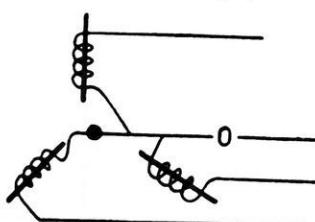


Σχ. 238. Τριφασικὴ γεννήτρια.

τὸ ρεῦμα τὸ παραγόμενον ἐντὸς ἑκάστου τῶν ἄλλων δύο πηγνίων. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρας ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγήμου εἶναι τριπλάσιος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων τοῦ στρεφομένου ἐπα-



Σχ. 239. Διὰ τὴν μεταφορὰν τῶν 3 ρευμάτων χρειάζονται 6 ἀγωγοί.



Σχ. 240. Οἱ 3 ἀγωγοὶ ἀντικαθίστανται μὲ τὸν οὐδέτερον ἀγωγὸν O.

γωγέως (σχ. 238). Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος φαίνεται δτὶ ἀπαιτοῦνται 6 ἀγωγοὶ (σχ. 239). Εἰς τὴν πρᾶξιν δμως οἱ 3 ἀγωγοὶ ἀντικαθίστανται μὲ ἔνα μόνον ἀγωγὸν (σχ. 240), ὁ ὅποιος καλεῖται οὐδέτερος ἀγωγός. Οὕτω διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται τέσσερες μόνον ἀγωγοί.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

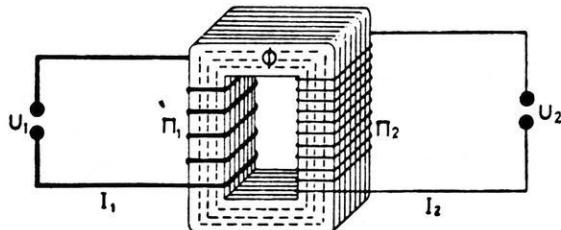
161. Έναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχει πλάτος τάσεως 86 Volt καὶ πλάτος ἐντάσεως 32 A. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς τάσις καὶ ἡ ἐνεργὸς ἐντασίς τοῦ ρεύματος;
162. Έναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχει πλάτος ἐντάσεως 10 A. Πόση εἶναι ἡ ἐντασίς τοῦ ρεύματος, δταν ἡ φάσις αὐτοῦ (ωt) λαμβάνῃ τὰς τιμάς 30° ἢ 60° ;
163. Ἡ ἐνεργὸς ἐντασίς ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι 7,07 A. Πόσον εἶναι τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος;
164. Έναλλασσόμενον ρεῦμα διαφέρει πηνίον, τὸ δποῖον ἔχει ἀντίστασιν 5Ω καὶ εἶναι βυθισμένον ἐντὸς θερμιδομέτρου ἔχοντος θερμοχωρητικότητα 1000 cal/grad . Παρατηροῦμεν δταν ἡ θερμοκρασία τοῦ θερμιδομέτρου ύψωνεται κατὰ 10° C ἐντὸς 1 λεπτοῦ. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἐντασίς τοῦ ρεύματος;
165. Εἰς τὸ ἄκρον Σ σύρματος AB φθάνει συνεχὲς ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως $I_\sigma = 3 \text{ A}$ καὶ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν ἐντασίν $I_e = 4 \text{ A}$. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἐντασίς τοῦ συνισταμένου ρεύματος, τὸ δποῖον προκύπτει ἐκ τῆς προσθέσεως τῶν δύο ρευμάτων;
166. Λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἔχει ἐντασίν 25 κηρίων, ἀντίστασιν 440Ω καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt. Πόση εἶναι ἡ μεγίστη ἐντασίς τοῦ ρεύματος, τὸ δποῖον διαφέρει τὸν λαμπτήρα καὶ πόση εἶναι ἡ καταναλισκομένη ίσχὺς κατά κηρίον;

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματισταί. — Ο μετασχηματιστής ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία Π_1 καὶ Π_2 , τὰ ὅποια τυλίσσονται εἰς τὰς πλευράς πλαϊσίου ἀπὸ μαλαχὸν σίδηρον (σχ. 241).

Τὸ πηνίον Π_1 καλεῖται πηνίον γαμηλῆς τάσεως (ἢ πρωτεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀλίγας σπείρας χονδροῦ σύρματος.

Τὸ πηνίον Π_2 καλεῖται πηνίον ψηλῆς τάσεως (ἢ δευτερεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος. Τὸ πηνίον Π_1 συνδέεται μὲ τὸν ἐναλλαχτήρα. Τὸ δὲ πηνίον Π_2 συνδέεται μὲ τὸ κύκλωμα μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ



Σχ. 241. Η ἐναλλασσόμενη μαγνητική ροή Φ , τὴν δποίαν παράγει τὸ πρωτεύον ρεῦμα, δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Π_2 τὸ ἐναλλασσόμενον δευτερεύον ρεῦμα.

τοῦ πηνίου Π_1 χαμηλής τάσεως διαβιβάζεται τὸ πρώτεον ρεῦμα, τὸ όποῖον ἔχει συγνότητα N , ἐνεργὸν τάσιν U_1 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_1 . Τότε ἐντὸς τοῦ μαλακοῦ σιδήρου παράγεται ἐναλλασσομένη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια, διερχομένη διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Π_2 , δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα τῆς αὐτῆς συγνότητος N . Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται δεύτερον ρεῦμα καὶ ἔχει ἐνεργὸν τάσιν U_2 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_2 . Ηειραματικῶς εὑρίσκεται ὅτι ἡ ἴσχυς $U_1 \cdot I_1$ τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος εἶναι πρακτικῶς ἵση μὲν τὴν ἴσχυν $U_2 \cdot I_2$ τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἢτοι εἶναι :

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \text{ἢ} \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐάν γε v_1 καὶ v_2 εἶναι ἀντιστοίχως ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, τότε εὑρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Ο λόγος $\frac{v_2}{v_1}$ καλεῖται λόγος μετασχηματισμοῦ. Εκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξῆς :

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 ἐντάσεις τῶν ρευμάτων εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

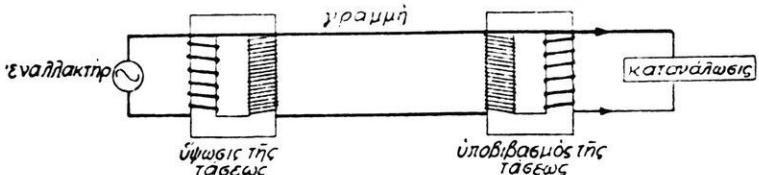
$$\boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}}$$

Παράδειγμα. Εάν εἶναι $v_1 = 10$ σπεῖραι, $v_2 = 500$ σπεῖραι, $U_1 = 1000$ Volt καὶ $I_1 = 500$ Ampère, τότε διὰ τὸ δευτερεύον ρεῦμα εἶναι :

$$\text{ἡ τάσις : } U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \cdot 50 = 50000 \text{ Volt}$$

$$\text{ἡ ἔντασις : } I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

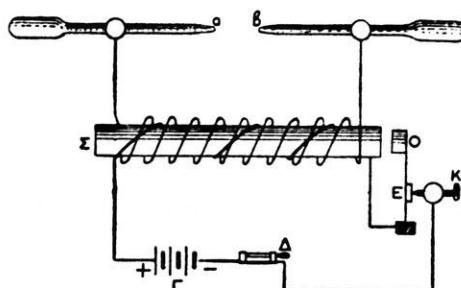
208. Έφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—Οἱ μετασχηματιστοὶ χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ νὰ προκαλοῦμεν κατὰ βούλησιν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἀπώλεια ἐνεργείας κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως εἶναι ἀσύμμαντος καὶ ἀνέρχεται εἰς 2 ἔως 5%. Χάρις εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς 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 καταναλώσεως ὑπὸ τάσεις 20 000 ἔως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτο εἰς τὸν σταθμὸν ἡλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὃς εἰς τῆς τάσεως. Ἀντιθέτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὃς οἱ βιβλιοῦ τῆς τάσεως (σχ. 242). Εἰς πολλὰς ὄλλας ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται σήμερον μικροὶ μετασχηματισταὶ, ὅπως π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος, τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ, εἰς διάφορα ἐπιστημονικὰ ἔργαστηρια κ.ἄ.

209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.—Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (ἢ πηνίον τοῦ Ruhmkorff) εἶναι ὅργανον ἀνάλογον πρὸς τὸν μετασχηματιστήν.



Σχ. 243. Ἐπαγωγικὸν πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον τροφοδοτεῖται μὲν συνεχὲς ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ παρέχει ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν μεταβολὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὅποια διέρχεται διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρωτεῦον πη-

ρου, πέριξ τοῦ ὅποίου τυλίσσονται αἱ ὀλίγαι σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (σχ. 243). Τὸ δευτερεῦον πηνίον, ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος, περιβάλλει τὸ πρωτεῦον πηνίον. Τὸ δύο ἔκρα τοῦ σύρματος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου κατολίγουν εἰς δύο ἀγωγούς α καὶ β. Αἱ διακοπαὶ καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον γίνονται μὲ τὴν βοήθειαν διακόπτου, ὁ ὅποῖος λειτουργεῖ ὅπως καὶ ὁ διακόπτης τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ὃ μέρος ποιεῖ τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Κατὰ τὴν ἀποκαταστάσην τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ὃν τίρροπον πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Οὕτω μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσομένη τάσις, ἡ ὅποια ἀνέρχεται εἰς πολλὰς χιλιάδας Volt, διότι αἱ σπεῖραι τοῦ δευτερεύοντος πηνίου είναι πολὺ περισσότεραι ἀπὸ τὰς σπείρας τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (§ 207). Μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν α καὶ β παράγονται τότε ἐναλλασσόμενοι ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Οὕτοι ἀποδεικνύουν ὅτι ἡ ἀναπτυσσομένη ὑψηλὴ τάσις μεταξύ τῶν σφαιρῶν α καὶ β καθιστᾶ δυνατὴν τὴν διέλευσιν τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀέρος. 'Η συχνότης τοῦ παραγομένου δευτερεύοντος ρεύματος είναι ἵση πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διακοπῶν τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὔξησιν τῆς συχνότητος, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικοὺς διακόπτας, οἱ ὅποιοι προκαλοῦν πολλὰς χιλιάδας διακοπῶν τοῦ ρεύματος κατὰ δευτερόλεπτον. 'Εὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σφαιρῶν ὑπερβῇ ἐν ὅριον, τότε σχηματίζονται σπινθῆρες μόνον ἐκ τῆς μιᾶς σφαιρᾶς πρὸς τὴν ζλλην. Οὕτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν ψιστήνων ρευμάτων, τὰ ὅποια εύρισκουν διαφόρους ἐφαρμογὰς (ἰατρική, βενζινοκινητῆρες, ἀσύρματος τηλεγραφία κ.ἄ.)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

167. Θέλομεν νὰ ὑποβιβάσωμεν τὴν ἐνεργὸν τάσιν τοῦ ρεύματος ἀπὸ 220 Volt εἰς 5 Volt. 'Εὰν τὸ δευτερεῦον πηνίον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχῃ 8 σπείρας, πόσας σπείρας πρέπει νὰ ἔχῃ τὸ πρωτεῦον πηνίον;

168. Εἰς μετασχηματιστὴν τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ τὸ δευτερεῦον ἔχει 2 000 σπείρας. 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 ή άπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ πόση είναι ή ένεργος έντασις τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, έάν ή ένεργος τάσις αὐτοῦ είναι 2200 Volt;

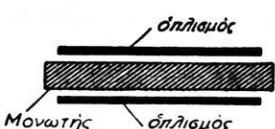
169. Μετασχηματιστής ύποβιθασμοῦ τῆς τάσεως ἔχει εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεῦον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεῦον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ένεργὸν τάσιν 3 000 Volt, τὸ δὲ δευτερεῦον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν R καὶ δαπανᾶται διά τὴν παραγωγὴν θερμότητος. Παρατηροῦμεν ότι ἐπὶ τῆς ἀντιστάσεως R ἀναπτύσσεται θερμότης ισοδυναμούσα μὲ ίσχὺν 9 kW. Πόση είναι ή ένεργος έντασις τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος καὶ πόση είναι ή ἀντίστασις R ; Απόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 1.

170. Μία ύδατόπτωσις ἔχει ίσχὺν 100 kW καὶ τροφοδοτεῖ ύδροστρόβιλον ἔχοντα άπόδοσιν 0,80. Ο στρόβιλος ἔξασφαλίζει τὴν λειτουργίαν ἐναλλακτήρος, δὲ ὅποιος ἔχει άπόδοσιν 0,90 καὶ δίδει ρεῦμα ὑπὸ ένεργὸν τάσιν 7200 Volt. Διὰ τῆς γραμμῆς, ἐπὶ τῆς ὅποιας ἔχομεν ἀπώλειαν ένεργειάς 10 % τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς μετασχηματιστὴν ύποβιθασμοῦ τῆς τάσεως. Ο λόγος μετασχηματισμοῦ είναι 3 000/50. Η άπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι 0,95. Τὸ δευτερεῦον ρεῦμα τροφοδοτεῖ λαμπτῆρας, οἱ δὲ ὅποιοι λειτουργοῦν ὑπὸ ένεργὸν έντασιν 0,75 A. Πόσους λαμπτῆρας δύναται νὰ περιλάβῃ τὸ δίκτυον;

171. Επαγγεικὸν, πηνίον ἔχει τὰ ἔξης χαρακτηριστικά. Τὸ πρωτεῦον ρεῦμα ἔχει έντασιν 5 A, δὲ διακοπὴ αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς 0,001 sec. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ συντελεστὴν αύτεπαγωγῆς $L = 0,05$ H. Τὸ δευτερεῦον πηνίον ἔχει 20 000 σπείρας, ἐκάστη τῶν δόποιων ἔχει ἐπιφάνειαν 200 cm². Πόση είναι ή ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ἀναπτυσσομένη ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον;

Π Y K N Ω T A I

210. Πυκνωταί.— Εἰς πολλὰ κυκλώματα ἐναλλασσομένων ρευμάτων παρεμβάλλονται διὰ ώρισμένον σκοπὸν εἰδικὰ δργανα, τὰ δόποια καλοῦνται **πυκνωταί**. Ο πυκνωτής ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας



Σχ. 244. Πυκνωτής.

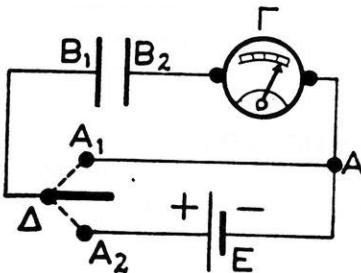
μεταλλικὰς πλάκας (σχ. 244), μεταξὺ τῶν δόποιων ὑπάρχει στρῶμα μονωτικοῦ σώματος (ύαλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγίας, ἄλλο). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται διὰ πλισμοῦ, τὸ δὲ στρῶμα τοῦ μονωτικοῦ σώματος καλεῖται διηλεκτρικόν. Διὰ

νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ο διακόπτης Δ ἐπιτρέπει νὰ συνδεθοῦν οἱ δύο όπλισμοὶ B_1 καὶ B_2 τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε μεταξύ των. Κατὰ σειρὰν μὲ τὸν πυκνωτὴν είναι συνδεδεμένον β αλλιστικὸν γ αλβανό μετρον. Γ.

Τὸ ὄργανον τοῦτο δεικνύει δὶ' ἀποτόμου ἐκτροπῆς τῆς βελόνης του τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον διέρχεται δὶ' αὐτοῦ καὶ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. "Ἄς ἐκτελέσωμεν τώρα τὸ ἀκόλουθον πείρωμα.
 α) Φέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A₁. Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλείει, ἔπειτα δὲν διῆλθεν δὶ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον. β) Φέρομεν τὸν διακόπτην εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A₂. Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται διὰ μίαν στιγμὴν καὶ ἀμέσως ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδὲν. Διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q. γ) Ἐπανηφέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A₁. Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τώρα κατ' ἀντίθετον φορὰν καὶ δεικνύει ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν τὸ αὐτὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q, ἀμέσως δὲ ἡ βελόνη ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἔρμηνεύονται ὡς ἔξης : "Οταν οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μὲ τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας κυκλοφορεῖ ἐντὸς τοῦ κυκλώματος διὰ μίαν στιγμὴν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q καὶ μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ U, ἵση μὲ ἐκείνην, ἡ ὅποια ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται. "Οταν οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μεταξύ τῶν δὶ' ἑνὸς σύρματος (A₁ A) τότε ὁ πυκνωτὴς ἐκεῖνος ταῖς παρέχων εἰς τὸ κύκλωμα τὸ αὐτὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q. Μετὰ τὴν ἀκαριαίαν ἐκκένωσιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἡ τάσις μεταξύ τῶν ὄπλισμῶν του γίνεται ἵση μὲ μηδέν. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q, τὸ ὅποιον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὅποιον ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ καλεῖται ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ.

211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους γεννητριῶν, αἱ ὄποιαι ἔχουν διαφόρους ἡλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις (σχ. 245), εὑρίσκομεν διὰ τοῦ βαλλιστικοῦ γαλβανομέτρου ὅτι :



Σχ. 245. Φόρτισις καὶ ἐκφόρτισις πυκνωτοῦ.

Τό ήλεκτρικόν φορτίον Q τοῦ πυκνωτοῦ είναι ἀνάλογον πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U μεταξὺ τῶν δύο ὁπλισμῶν του.

$$\text{ήλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ: } Q = C \cdot U$$

ὅπου C είναι συντελεστὴς χρακτηριστικὸς τοῦ πυκνωτοῦ καὶ καλεῖται **χωρητικότης** τοῦ πυκνωτοῦ (κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὴν χωρητικότητα ἀγωγοῦ § 145). Ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ μετρεῖται εἰς Farad (ἢ microfarad) καὶ φανερώνει πόσον ηλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ ἡ πυκνωτὴς, διὰ νὰ αὖξηθῇ κατὰ 1 Volt ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν του. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι:

Ἡ χωρητικότης (C) τοῦ πυκνωτοῦ είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας (σ) τῶν ἀπέναντι ἀλλήλων ὁπλισμῶν του, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ πάχος (l) τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ ἔχαρταται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.

$$\text{χωρητικότης ἐπιπέδου πυκνωτοῦ: } C = \epsilon \cdot \frac{\sigma}{4\pi l}$$

Ο συντελεστὴς ε ἀναρέρεται εἰς τὸ διηλεκτρικὸν καὶ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερά**. Διὰ τὸν ἀριθμὸν είναι $\epsilon = 1$.

Διηλεκτρικὴ σταθερά			
'Αήρ	1	Μερμαρυγίας	6 - 8
Παραφίνη	2,1	"Γάλος	5 - 7
Χάρτης	2,5	Οινόπνευμα	25
'Εβονίτης	2,6	"Υδρο	80

Π αρ ἀ δει γ μ α. Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτῖνος 20 cm, χωρίζονται μὲ πλάκα ύψους πάχους 2 mm. Διὰ τὴν ύψον είναι $\epsilon = 6$. Ο πυκνωτὴς οὗτος ἔχει χωρητικότητα:

$$C = \frac{6 \cdot 400 \pi}{4\pi \cdot 0,2} = 3000 \text{ C.G.S.}$$

$$\text{ἢ } C = \frac{3 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^6} = \frac{1}{300} \mu\text{F}$$

12. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—"Οπως εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἀγω-

γοῦ, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ, εὑρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτής κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ, εἶναι :

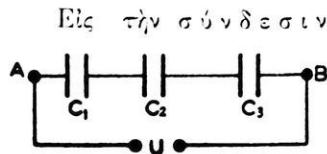
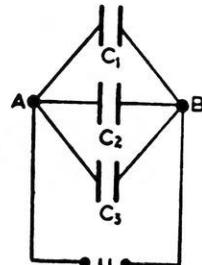
$$\text{ἐνέργεια πυκνωτοῦ : } W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν ἡ χωρητικότης ἐνὸς πυκνωτοῦ εἴναι $C = 1 \mu\text{F}$ καὶ ὁ πυκνωτής φορτισθῇ ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000 \text{ Volt}$, σύτε ἡ ἀποταμιευμένη ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἐνέργεια εἴναι :

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^6} \cdot (10\,000)^2 = 50 \text{ Joule}$$

213. Σύνδεσις πυκνωτῶν. — Διὰ τῆς συνδέσεως πολλῶν πυκνωτῶν λαμβάνομεν **συστοιχίαν πυκνωτῶν**. Εἰς τὴν παράλληλην σύνδεσιν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 246. Οὕτω μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν ἑκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εἴναι :

$$C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$$

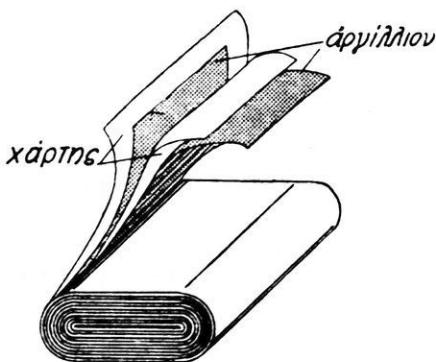


Σχ. 246. Σύνδεσις πυκνωτῶν συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἑκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ δόποια ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εὑρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

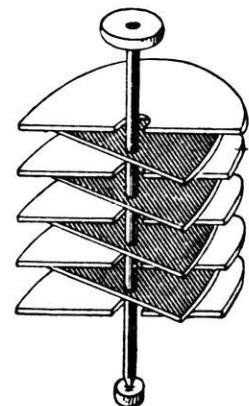
$$\frac{1}{C_{\text{ολ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

214. Μορφαὶ πυκνωτῶν. — Ὁ ἀνωτέρω ἔξετασθεὶς πυκνωτής

καλεῖται καὶ ἐπίπεδος πυκνωτής. Εἰς τὰς πρακτικάς ἐφόρμογχας χρησιμοποιοῦνται διάφοροι μορφαὶ πυκνωτῶν. Ὁ φυλλῶτὸς πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο στενὰ καὶ ἐπιμήκη φύλλα ἀργιλίου, μεταξὺ τῶν δύοιων παρεντίθεται ὡς διηλεκτρικὸν μία ταινία ἐκ παραφινωμένου χάρτου (σχ. 248). Οἱ ὄπλισμοι καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὥστε ὁ πυκνωτὴς νὰ ἔχῃ μικρὸν ὅγκον. Οἱ μεταβλητοὶ τοὶ πυκνωταὶ ἔχουν συνήθως ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρον. Ὁ εἰς ὄπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σειρὰν ἀκινήτων ἡμικυκλικῶν



Σχ. 248. Φυλλωτὸς πυκνωτής.



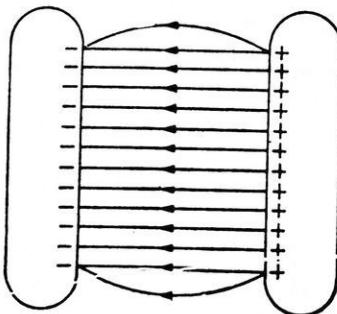
Σχ. 249. Μεταβλητὸς πυκνωτής.

πλακῶν, αἱ δύοιαι συνδέονται μὲ μεταλλικὰς ράβδους (σχ. 249). Ὁ ἄλλος ὄπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὁμοίων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ δύοιαι εἰναι στερεωμέναι ἐπὶ ἀξονος καὶ δύνανται γὰ εἰσάγωνται περισσότερον ἢ ὀλιγάτερον μεταξὺ τῶν μονίμων πλακῶν. Διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ κινητοῦ ὄπλισμοῦ 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. Ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον.— "Οταν ὁ πυκνωτὴς εἰναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὄπλισμῶν του ὑπάρχουν ἵσα ἐτερώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

τῶν ὄπλισμῶν, οἱ ὅποῖαι εὑρίσκονται ἀπέναντι ὀλλήλων (σχ. 250). Μεταξὺ τῶν δύο παραλλήλων ὄπλισμῶν σχηματίζεται διμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὅποίου οἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι εὐθεῖαι παράλληλοι, η δὲ ἔντασις αὐτοῦ εἰναι σταθερά. Εὑρίσκεται ὅτι :

‘Η ἔντασις (E) τοῦ ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον σχηματίζεται μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν τοῦ ἐπιπέδου πυκνωτοῦ εἰναι ἵση μὲ τὸ πηλίκον τῆς τάσεως (U) μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν διὰ τῆς ἀποστάσεως (l) τῶν δύο ὄπλισμῶν.



Σχ. 250. Μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ σχηματίζεται διμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον.

$$\text{ἔντασις διμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου : } E = \frac{U}{l}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

172. Ἐκαστος τῶν ὄπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ ἔχει ἑπιφάνειαν 100 cm^2 . Μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν ὑπάρχει στρῶμα δέρος πάχους 1 mm . Ο εἰς ὄπλισμὸς τοῦ πυκνωτοῦ συνδέεται μὲ τὴν γῆν, δὲ δῆλος μὲ πηγὴν ἔχουσαν σταθερὸν δυναμικὸν 600 Volt . Πόση εἰναι ἡ χωρητικότης καὶ τὸ φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ;

173. Δύο φύλα όργανον ἔχοντα διαστάσεις $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ εἰναι ἐπικολλημένα ἐπὶ τῶν δύο δύφεων παραφινωμένου χάρτου, ἔχοντος πάχος $0,2 \text{ mm}$ καὶ διηλεκτρικὴν σταθεράν $2,5$. Πόση εἰναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ;

174. Πυκνωτής ἔχει χωρητικότητα $25 \mu\text{F}$. Πόση διαφορὰ δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ οὗτος φορτίον $0,001 \text{ Cb}$; Πόσην ἐνέργειαν ἔχει τότε ὁ πυκνωτής;

175. Τρεῖς πυκνωταὶ ἔχουν χωρητικότητα $1 \mu\text{F}$, $2 \mu\text{F}$ καὶ $3 \mu\text{F}$. Πόση εἰναι ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας, ὅταν οἱ πυκνωταὶ συνδεθοῦν παραλλήλως η κατὰ σειράν;

176. Η ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν πυκνωτοῦ εἰναι 4 cm καὶ μεταξὺ αὐτῶν ὑπάρχει τάσις 60 Volt . Πόση εἰναι ἡ ἔντασις E τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου;

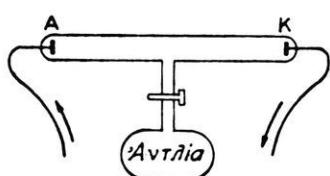
177. Η ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ εἰναι 3 cm .

Πόση πρέπει νὰ είναι εἰς Volt ή μεταξύ τῶν όπλισμῶν τάσις, ὅστε ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου νὰ είναι ἵση μὲ 10 C.G.S.:

178. Μία ἡλεκτρισμένη σταγάων ἐλαῖου, ἔχουσα μᾶζαν $\frac{12}{10^{12}}$ gr, διατηρεῖται αἱωρουμένη μεταξύ τῶν δύο δριζούτιων όπλισμῶν πυκνωτοῦ, οἱ ὅποιοι ἀπέχουν μεταξύ των 2 cm καὶ παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικοῦ 3 000 Volt. Πόσον είναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τῆς σταγάδος; $g = 980$ C.G.S.

Α ΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἔντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—"Οὐαὶ τὰ ἀέρια ὑπὸ τὴν συνήθῃ πίεσιν εἶναι μονωτά. "Ἄς ἔξετάσωμεν ὃν τὰ ἀέρια ἐξακολουθοῦν νὰ ἔχουν τὴν ἰδιότηταν αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσίς των εἴναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπιμήκην ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὃ ὅποιος



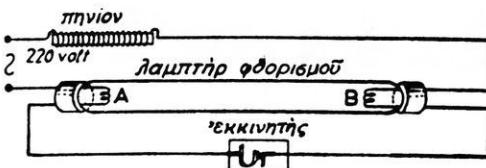
Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἡλεκτρικῶν ἐκκενώσεων.

εἰς τὰ δύο ἄκρα του φέρει συντετηγμένα δύο μεταλλικὰ ἡλεκτρόδια A (ἄνοδος) καὶ K (κάθοδος). Εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἐφαρμόζομεν τάσιν πολλῶν γιλιάδων Volt συνδέοντες αὐτὰ μὲ κατάλληλον πηγήν (π.χ. μὲ τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηγίου). Διὰ μιᾶς δεραντίλιας δυνάμεθα νὰ ἐλαχιστωμεν προοδευτικῶς τὴν πίεσιν ἔντὸς τοῦ σωλῆνος. "Οταν ἡ πίεσίς του ἀέρος ἔντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, δὲν παραρητοῦμεν κακὸν φαινόμενον ἔντὸς τοῦ σωλῆνος. "Οταν δύμας ἡ πίεσίς γίνη ἵση μὲ 40 mm Hg, τότε μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων, συγχυματίζεται ἡλεκτρικὸς σπινθήρ ἔχων τὴν μορφὴν τοῦ κεραυνοῦ. "Η διέλευσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φεύγοντος διὰ μέσου τῶν ἀερίων, ἡ συνοδευομένη ὑπὸ φωτεινῶν φαινομένων, καλεῖται ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις. "Οταν ἡ ἐλάττωσις τῆς πιέσεως προχωρήσῃ περισσότερον, ὁ σωλὴν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν στήλην, ἡ ὅποια καλεῖται θετικὴ στήλη. "Ολόκληρος τότε ὁ σωλὴν ἐκπέμπει ὁμοιόμορφον φῶς (σωλὴν Geissler). "Οταν δύμας ἡ πίεσίς γίνη μικροτέρα τῶν 10 mm Hg, τότε ἡ θετικὴ στήλη ἀρχίζει νὰ ὀπισθοχωρῇ πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται ἔντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτεινὰ περιοχαί. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσίς γίνη ἵση μὲ 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἀνωτέρω φωτεινὰ φαινόμενα ἐξαφανίζονται, τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινὸν καὶ μόνον τὰ τοιγάρματα

τοῦ σωλῆνος, τὰ εύρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἐκπέμπουν ἀσθενὲς πράξινον φῶς. Όση σωλήνη, ὅταν φθάσῃ εἰς αὐτὸν τὸν βαθμὸν τῆς ἀραιώσεως, ὁνομάζεται **σωλὴν Crookes**. Εἰς τὴν παρατιθεμένην ἐκτὸς κειμένου ἔγγρωμον εἰκόνα δεικνύονται τὰ διάφορα στάδια τῆς ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως.

217. Λαμπτήρες μὲν ἀραιοὶ ἀέριον.—"Οταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος περιεχόμενον ἀέριον ἔχῃ πίεσιν περίπου ἵσην μὲ 10 mm Hg, τότε ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀερίου ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις προκαλεῖ τὴν διαιρέσιν φωτοβολίαν τοῦ ἀερίου. Ή 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 ἴσχρουν φῶς, τὸ νέον ἐκπέμπει ὠραῖον ὑπέρυθρον φῶς κ.τ.λ. Ή δι' ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διέγερσις ἐνὸς ἀραιοῦ ἀερίου ὥστε νὰ φωτοβολῇ εύρισκει σήμερον εὑρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὸν φωτισμὸν διαφόρων χώρων καὶ τὴν κατασκευὴν διαφημιστικῶν ἐπιγραφῶν. Εἰς τὸ ἐμπόριον φέρονται καὶ μικροὶ λαμπτήρες μὲ νέον (μὲ ἡλεκτρόδια εἰς σχῆμα σταυροῦ ἢ σωληνοειδῶν), λειτουργοῦντες ὑπὸ τὴν συνήθη τάσιν τῶν 110 ἢ 220 Volt. Οἱ χρησιμοποιούμενοι σήμερον λαμπτήρες μὲ ἀραιοῖς ἀέριον λειτουργοῦν καὶ μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

Τελευταίως διεδόθη ἡ χρήσις τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλῆνες, τῶν ὅποιων τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα ἐπιγρίονται μὲ στρῶμα φθορίζοντος σώματος. Εντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἐν εὐγενὲς ἀέριον καὶ μία σταγῶν ὑδραργύρου. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος ὑπάρχουν ἡλεκτρόδια (σχ. 252). Διὰ τὴν ἔναρξιν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἰδιαίτερον σύστημα, τὸ ὅποῖον καλεῖται ἐκκινητής. Οὗτος κλείει τὸ κύκλωμα τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ λαμπτήρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ συμβάλλει τότε ἐκκένωσις. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ ὑδραργύρου ἐκπέμπουν ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ἡ ὅποια προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος στρῶματος. Τοῦτο ἐκπέμπει τότε



Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ή εκκινητής κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγω διαστολῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος σχήματος U.

λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτῆρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὔτω συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτὴρ διὰ πυρακτώσεως ἴσχυος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δεκανώμενον Watt. Λαμπτὴρ φθορισμοῦ ἴσχυος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δεκανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτῆρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἔως 4 φοράς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτῆρων διὰ πυρακτώσεως.

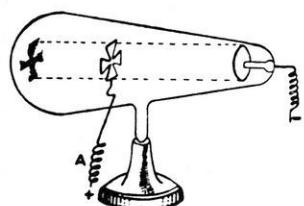
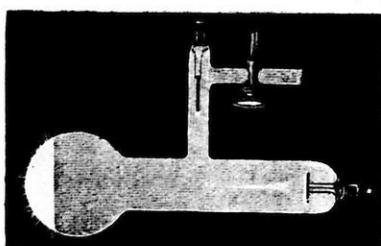
218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.—Λαμπτήροι μεν ἔνα σωλῆνα Crookes καταλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια του ὑψηλὴν τάσιν (σχ. 253). Παρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ ὅποιον εὑρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀρρατοὶ ἀκτινοβολίαι, αἱ ὅποιαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτῖνες**. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολούθους ιδιότητας:

Σχ. 253. Σωλὴν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὥπως π.γ. τῆς οὐράς, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειούχου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφίαν πλάκα καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὔτως ὕαλος περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

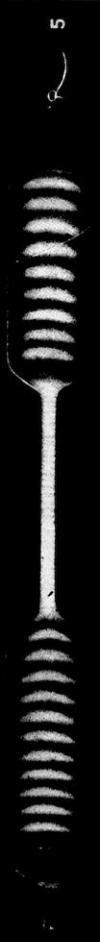
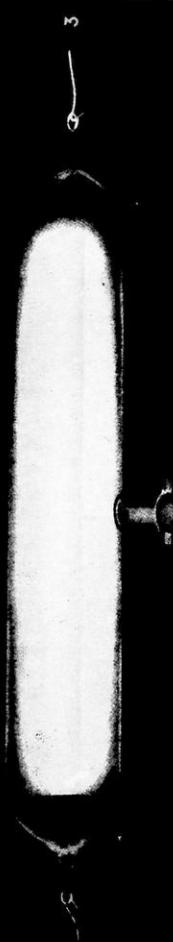
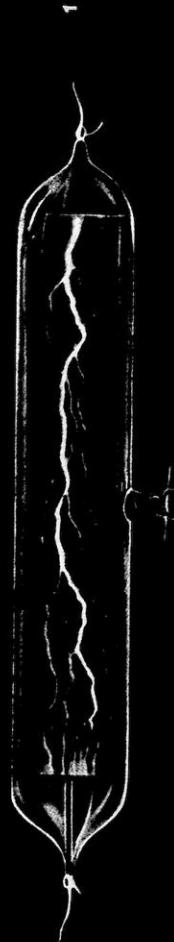
3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυθερώνεται ἡ σκιὰ τοῦ σώματος, τὴν ὄποιαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς ὡρισμένην περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).



Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

ΔΝΟΔΟΙ (+)

ΚΑΘΟΔΟΙ (-)



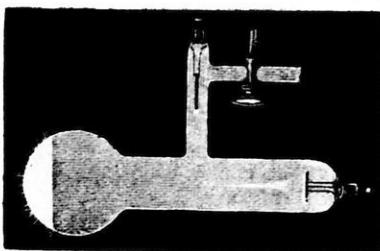
λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἴσχυος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἴσχυος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ὥστε 4 φορᾶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.—Λαμβάνομεν ἔνα σωλῆν Crookes καταλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια του ὑψηλὴν τάσιν (σγ. 253). Παρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλήνου, τὸ όποῖον εὑρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἔκπεμπονται ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτῖνες**. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι καὶ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολούθους ίδιότητας:

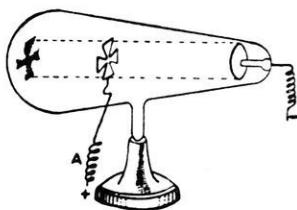
1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.γ. τῆς ὕδατος, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειούγου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν τὴν φωτογραφίαν πλάκας καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὕδατος περιέχουσα μόλυβδον (χρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως. Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.



Σχ. 253. Σωλῆν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.



Διάφοροι φάσεις της ήλεκτρικής έκκενώσεως

1. "Υπό τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ό ήλεκτρικός σπινθήρ εἰναι διακλαδισμένος.
2. "Υπό πίεσιν ίσην μὲ τὸ $1/4$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς δ ήλεκτρικός σπινθήρ ἔχει τὴν δψιν ἐγχρώμου φωτεινῆς στήλης.
3. "Υπό πίεσιν ίσην μὲ τὸ $1/20$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς δλον τὸ δέριον φωτοθολεῖ.
4. "Υπό πίεσιν ίσην μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ἐμφανίζονται σκοτειναὶ περιοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος.
5. "Υπό πίεσιν ίσην μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς τὸ στενὸν τμῆμα τοῦ σωλῆνος φωτοθολεῖ ίσχυρότερον.

4) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

5) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φατνόμενα. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβάλλωμεν εὔκινητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

6) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν διεισδυτικὴν ἴκανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλῆνος ἀνοίγομεν διπήν, τὴν ὁποίαν κλείσιμεν μὲλεπτὸν φύλλον ἀργυρίου (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 διπῆς.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φατνόμενα.

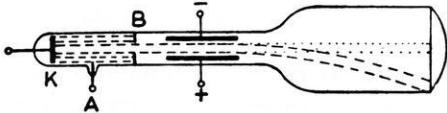
7) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται μαγνητικοῦ πεδίου. Δι' ἐνὸς διαφράγματος φέροντος μικρὰν διπήν δημιουργοῦμεν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων (σχ. 256).

Θέτομεν τὸν σωλῆνα μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων εἶναι ἡ ίδια μὲ τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν

Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

θὰ ὑφίστατο ρεῦμα ἔχον φοράν ἐκ τῆς ἀνόδου Α πρὸς τὴν κάθοδον Κ.

8) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται μὲν ἡλεκτρικὴ δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων διέλθη μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εὑρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται τότε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἔλκόμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν ὄπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

4) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν δόποιών προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκλήσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

5) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβάλωμεν εὔκινητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

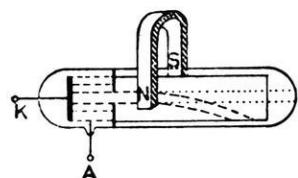
6) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν διεισδυτικὴν ἵκανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλήνος ἀνοίγομεν ὅπήν, τὴν δόποιαν κλείσιμεν μὲ λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὅποῖς φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5 cm ἀπὸ τῆς ὅπής.

7) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Δι’ ἐνὸς διαφράγματος φέροντος μικρὰν ὅπήν δημιουργοῦμεν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων (σχ. 256). Θέτομεν τὸν σωλῆνα μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ή ἐκτροπὴ αὐτὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν ἐκτροπὴν, τὴν δόποιαν θὰ ὑφίστατο ρεῦμα ἔχον φορὰν ἐκ τῆς ἀνόδου A πρὸς τὴν κάθοδον K.

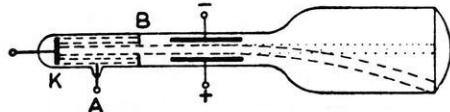
8) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Η ἐκτροπὴ αὐτὴ ἀποδεικνύεται, ἐὰν μία λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων διέλθῃ μεταξὺ τῶν διπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εύρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλήνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται τότε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐλκόμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν διπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα.



Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

9) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες μεταφέρουσσι τὸν γητικὸν ἡλεκτρικὸν φόρον. Ἡ ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ καὶ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἀποδεικνύει ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Εάν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοποθετηθῇ μεμονωμένος κύλινδρος σινδεδεμένος μὲν ἡλεκτροσκόπιον, εὑρίσκεται ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτρίζεται ἀρνητικῶς.

10) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀπό τε λοῦντας ἀπὸ σωμάτων ἀδιάχριτα ἔχοντα μᾶζαν. "Οταν αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχωνται μεταξὺ τῶν διπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὑφίστανται ὑπὸ τοῦ ὄμοιγενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἐκτροπήν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐκτροπήν, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται ἐν σῶμα ἔνεκα τῆς ἐλξεως τῆς Γῆς, ὅταν τὸ σῶμα βάλλεται δριζοντίως.

'Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα, τὰ ὅποια κινοῦνται εὐθυγράμμως.

219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.— 'Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσε νὰ προσδιορίσῃ τὴν μᾶζαν, τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ τὴν ταχύτητα τῶν σωματιδίων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Οὕτως εὑρέθη ὅτι :

I. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἡλεκτρόνια.

II. 'Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἵση μὲ τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, ἥτοι εἶναι ἵση μὲ $9,1 \cdot 10^{-28}$ gr.

III. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἵσον 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

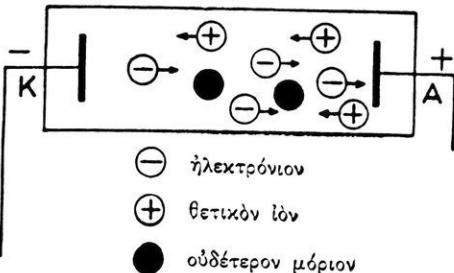
VI. 'Ἡ ταχύτης τῶν ἡλεκτρονίων εἶναι 20 000 ἔως 100 000 km/sec καὶ ἔξαρταται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου.

220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.— "Ενεκα διαφόρων αἰτίων ἀπὸ μερικὰ μόρια τῶν ἀερίων διαφεύγει ἐν ἡλεκτρόνιον καὶ

οὕτω τὰ μόρια αὐτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικὰ ίόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ἡλεκτρόνιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μόριον, τὸ δόποιον οὕτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ίόν. "Ωστε μεταξὺ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ ἀερίου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ίόντων. "Οταν τὸ ἀέριον εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ ισχυροῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ δόποιον δημιουργεῖται μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ ἀερίου ίόντα κατευθύνονται πρὸς τὸ ἐν ἡ τὸ ἄλλο ἡλεκτρόδιον ἀναλόγως πρὸς τὸ εἴδος τοῦ φορτίου των. Τὰ ίόντα αὐτὰ συγκρούονται μὲν οὐδέτερα μόρια τοῦ ἀερίου. "Ενεκα τῆς συγκρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ ἀερίου ἐκφεύγουν ἡλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ίόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἡλεκτρόνια ἀποκτοῦν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἁνοδὸν συγκρούονται μὲν μόρια τοῦ ἀερίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων καὶ θετικῶν ίόντων, δηλαδὴ προκαλοῦν ιονισμὸν τοῦ ἀερίου.

Τὰ θετικὰ ίόντα φθάνουν εἰς τὴν κάθοδον καὶ παραλαμβάνουν ἔξαυτῆς ἡλεκτρόνια διὰ τὴν ἔξουδετέρωσίν των· τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ ἐκφεύγουν μετ' ὀλίγον κατὰ μίαν νέαν σύγκρουσιν τῶν μορίων μὲν ταχέως κινούμενα ἡλεκτρόνια. "Ωστε:

"Η παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλῆνος Crookes διφείλεται εἰς ιονισμὸν τοῦ ἀερίου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (ιονισμὸς κρούσεως).



Σχ. 258. Ιονισμὸς τοῦ ἀερίου διὰ κρούσεως.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

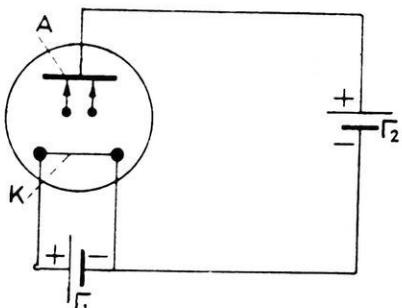
179. Εἰς ἑνα σωλῆνα Crookes ὑπάρχει μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθοδού τάσις $U = 100\,000$ Volt. Πόσην ταχύτητα ἀποκτᾷ ἐν ἡλεκτρόνιον, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου; Μᾶζα ἡλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἡλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμήν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

180. Πόσην κινητικήν έχει ένας ήλεκτρόνιον κινούμενον μὲ ταχύτητα $v = 100\,000 \text{ km/sec}$; Μάζα ήλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28} \text{ gr}$.

181. Ήλεκτρόνιον κινεῖται μὲ ταχύτητα $v = 60\,000 \text{ km/sec}$ έντὸς όμογενούς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Τὶ τροχιάν διαγράφει τὸ ήλεκτρόνιον; Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ στοιχεῖα τῆς τροχιᾶς. Μάζα ήλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28} \text{ gr}$. Φορτίον ήλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμήν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$. Εντασίς μαγνητικοῦ πεδίου $H = 150 \text{ Gauss}$.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ

221. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων.— "Οταν ἔνα μέταλλον ἔχῃ ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, τότε τὸ μέταλλον ἐκπέμπει ήλεκτρόνια. Τὸ



Σχ. 259. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων.

φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **Θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων** ή **φαινόμενον Edisson** καὶ παρατηρεῖται εὐκόλως μὲ τὴν διατάξιν τοῦ σχήματος 259. Εντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ δέρχη πάρχει μεταλλικὸν σύρμα K , τὸ δόποιον διαπυρώνεται διὰ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ δόποιον παρέχει ἡ γεννήτρια G_1 . Εντὸς τοῦ σωλῆνος πάρχει καὶ μία μεταλλικὴ

πλάκη A , ἡ ὅποια συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον ἴσχυρᾶς γεννητρίας G_2 , τῆς ὅποιας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας G_1 . Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς A διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἔξηγεῖται ως ἔξηξ: Τὸ διάπυρον σύρμα K ἐκπέμπει ήλεκτρόνια, τὰ δόποια ἔλκονται ὑπὸ τῆς πλακὸς A καὶ οὕτω κλείσται τὸ κύκλωμα. Εάν δημοσίευσι τὴν σύνδεσιν τῆς πλακὸς A μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας G_2 , τότε διακόπτεται καὶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς. Διέτι τὰ ήλεκτρόνια, τὰ δόποια ἐκπέμπει τὸ διάπυρον σύρμα K , σχηματίζουν πέριξ τοῦ σύρματος «νέφος ήλεκτρονίων», τὸ δόποιον ἀναγκάζει τὰ ἔξερχόμενα νέα ηλεκτρόνια νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτως εἰς τὴν πλάκα A δὲν φθάνουν ηλεκτρόνια. Ό ἀνωτέρω χρησιμοποιηθεὶς σωλὴν καλεῖται **δίοδος ήλεκτρονικὸς σωλὴν** ή καὶ **δίοδος λυχνία**, ἐπειδὴ ἔχει δύο ηλεκτρόδια, τὸ σύρμα καὶ τὴν πλάκα. Τὸ σύρμα K καλεῖται **κάθοδος**,

ή δὲ πλάξεις Α καλεῖται **άνοδος**. Τὸ ρεῦμα, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα τῆς πλακός, καλεῖται **άνοδικὸν ρεῦμα**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξε λοιπὸν ὅτι :

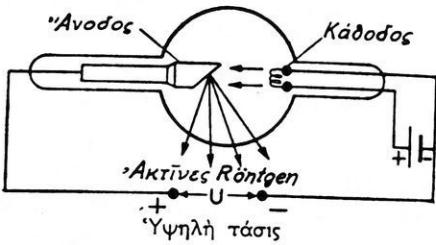
Τὰ μέταλλα εἰς ύψηλὴν θερμοκρασίαν ἐκπέμπουν ἡλεκτρόνια. Οἱ ἀριθμὸς τῶν κατὰ μονάδα χρόνου ἐκπεμπομένων ἡλεκτρονίων αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Εἰς τὴν δίοδον λυγγίναν, ὅταν ὅλα τὰ ἔξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια φθάνουν εἰς τὴν ἄνοδον, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην τιμήν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ρεῦμα ακόρου**. Η θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων εὑρίσκει σήμερον πολλὰς ἐφαρμογὰς.

222. Ἀκτῖνες Röntgen.— Οἱ Röntgen ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ τοιχώματα τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τὰ εύρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐκπέμπουν μίαν νέαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὅποια ἐπεκράτησεν νὰ καληται **ἀκτῖνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι :

“Οταν ταχέως κινούμενα ἡλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτῖνας Röntgen.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἔχρησιμοποιοῦντο κατ' ἀρχὰς καθοδικοὶ σωλῆνες. Σήμερον χρησιμοποιοῦνται οἱ **σωλῆνες Coolidge**, οἱ ὅποιοι εἶναι σωλῆνες κενοῦ, τὰ δὲ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος ἡλεκτρόνια τὰ παρέχει μία διαπυρουμένη **κάθοδος** (σχ. 260). Ἀπέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βιολφράμιον), ὁ ὅποιος ἀποτελεῖ τὴν **άνοδον**. Αὕτη συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ύψηλῆς τάσεως (50 000 ἔως 250 000 Volt). Τὸ μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου παραγόμενον ἴσχυρὸν ἡλεκτρικὸν πεδίον προσδίδει πόλὺ μεγάλην ταχύτητα εἰς τὰ ἔξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια. Ταῦτα προσπίπτουν



Σχ. 260. Σωλῆνος Coolidge διὰ τὴν παραγωγὴν ἀκτίνων Röntgen.

έπι τῆς ἀνόδου (**ἀντικάθοδος**) καὶ τὴν καθίστοῦν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen ἔχουν τὰς ἑζής ίδιότητας :

1) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων, ὅπως π.χ. τοῦ κυανιούχου βαριολευκοχρύσου.

2) Προκαλοῦν χρηματικὰ φαινόμενα καὶ προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Οὕτω π.χ. προκαλοῦν μεταβολὴν τοῦ χρώματος διαφόρων πολυτίμων λίθων.

3) Προκαλοῦν ἵσχυρὸν ιονισμὸν τῶν ἀερίων καὶ διὰ τοῦτο καθίστοῦν τὸν ἀέρα ἀγωγόν, ἔνεκα τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων ἴόντων.

4) Διαδίδονται εὑθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταρέρουν ἡλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἔπιδροῦν ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώντων ὄργανισμῶν καὶ προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις.

6) Ἐχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ικανότητα καὶ διέρχονται διὰ μέσου σωμάτων, τὰ ὅποια εἶναι ἀδιαφανῆ διὰ τὸ φῶς. Τὰ σώματα τὰ ἀποτελούμενα ἀπὸ στοιχεῖα μὲν μικρὸν ἀτομικὸν βάρος (π.χ. οἱ ὑδατάνθρακες καὶ τὰ λευκώματα) εἶναι πολὺ διαφανῆ εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Γενικῶς ἡ διαφάνεια τῶν σωμάτων εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen ἐλαττώνεται, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὅποιων ἀποτελεῖται τὸ σῶμα.

Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ διεισδυτικὴ ικανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου. Αἱ ὀλιγώτερον διεισδυτικαὶ ἀκτῖνες Röntgen καλοῦνται μαλακαὶ ἀκτῖνες, αἱ δὲ περισσότερον διεισδυτικαὶ καλοῦνται σκληραὶ ἀκτῖνες. Ἡ διεισδυτικὴ ικανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἔξαρταται καὶ ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν διαφόρων σωμάτων. Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εύρισκουν σήμερον εύρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ιατρικήν. Ἐμπροσθεν τοῦ σωλήνος παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen τοποθετεῖται ὑαλίνη πλάξ, τῆς ὅποιας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυψθῆ μὲν στρῶμα κυανιούχου βαριολευκοχρύσου. Ἔὰν μεταξὺ τοῦ σωλήνος καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοποθετήσωμεν τὴν γεῖρα μας, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματίζεται ἡ πκιὰ τῶν ὁστῶν

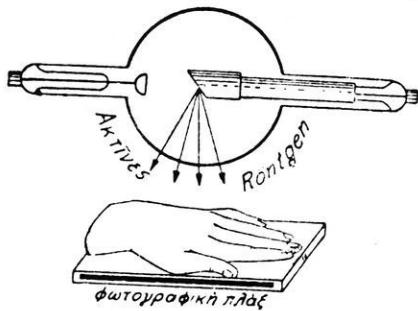
τῆς χειρός, διότι αἱ σάρκες εἶναι διαφανεῖς εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. 'Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ ἀκτινοσκόπησις (σχ. 261). 'Εὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφραγμα μὲ φωτογραφικὴν πλάκα, τότε ἐπὶ τῆς πλακὸς ἀποτυπώνεται ὁ σκελετὸς τῆς χειρός. 'Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ ἀκτινογραφία. 'Επειδὴ αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν δοαφόρους βιολογικὰς δράσεις, διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται πρὸς θεραπευτικοὺς σκοπούς. Γενικῶς αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen εἰς τὴν ἴατρικὴν ἀποτελοῦν σήμερον ἰδιαίτερον κλάδον (ἀκτινολογία). Εἰς διαφόρους κλάδους τῆς τεχνικῆς χρησιμοποιοῦνται ἐπί-

σης αἱ ἀκτῖνες Röntgen διὰ τὴν μελέτην διαφόρων ὑλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἔρευνας καὶ ἰδιαίτερως διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

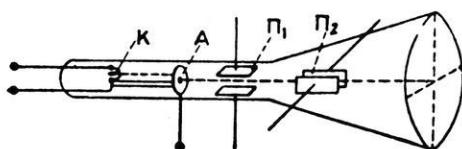
223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.— 'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, τελείως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὰ μῆκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μῆκη κύματος τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ἔχουσα πολὺ μικρὰ μῆκη κύματος (μικρότερα τοῦ $0,01 \mu = 100 \text{ \AA}$).

224. Σωλὴν Braun.— 'Ο σωλὴν Braun εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον του φέρει διαπυρουμένην κάθοδον K, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον του κλείεται μὲ φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262.). 'Η ἄνοδος εἶναι δίσκος, δ ὅποῖς εἰς τὸ μέσον του φέρει μικρὰν ὄπήν. Τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποῖα διέρ-



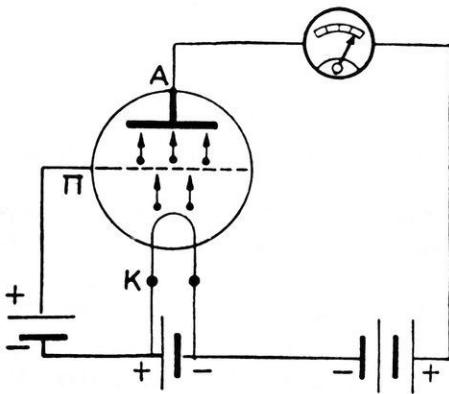
Σχ. 261. 'Ακτινοσκόπησις.



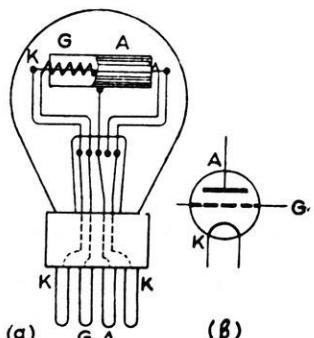
Σχ. 262. Σωλὴν Braun.

χονται διά της όπης, ἀποτελοῦν λεπτήν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν ἐνός ἐπιπέδου πυκνωτοῦ Π₁. "Οταν ὁ πυκνωτὴς Π₁ είναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη, είναι εὐθύγραμμος. 'Ἐὰν δικαῖοι οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένη τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ Π₁ ὑπάρχει δεύτερος ἐπίπεδος πυκνωτὴς Π₂, τοῦ ὅποιου οἱ ὄπλισμοὶ είναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὄπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. 'Ἐὰν οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ Π₂ ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένη τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὄριζοντιαν διάμετρον. 'Η καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἀδράνειαν καὶ συνεπῶς παρακολουθεῖ τὰς ταχυτάτας μεταβολὰς τῆς τάσεως τῶν δύο πυκνωτῶν. Οὕτω τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης δύναται νὰ μετακινήται ταχύτατα καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. 'Ο σωλὴν Braun χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (σπουδὴ ταχέως ἐναλλασσομένων ρευμάτων, δέκτης ραντάρ, τηλεόρασις κ.ἄ.).

225. Τρίοδος λυχνία.— 'Η τρίοδος λυχνία είναι κοινὴ δίοδος λυχνία, εἰς τὴν ὅποιαν ἔχει προστεθῇ τρίτον ἡλεκτρόδιον. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίοδος λυχνία.

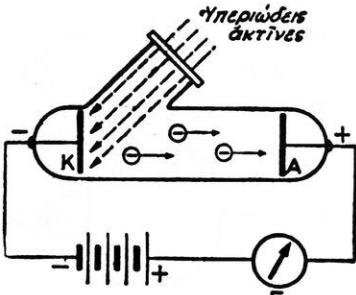


Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδὲς, περιβάλλον τὴν διαπυρουμένην κάθοδον. 'Η ἀνοδος εἶναι κυλινδρικὴ καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

καὶ παρεμβάλλεται μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ

πλέγμα ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύρμα μολυβδαινίου, τὸ ὅποῖον ἔχει περιτυλιχθῆ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον (σχ. 264). Ἔξωθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνοδός, ἡ ὅποια ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου καὶ ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐνισχύεται. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ πλέγμα συνδεθῇ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐξασθενίζει σημαντικῶς ἢ καὶ διακόπτεται τελείως. Ἡ τρίοδος λυχνία εὑρίσκει σήμερον εύρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι μὲ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράοδος, πεντάοδος, ὀκτάοδος κ.τ.λ. λυχνία).

226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.— Ἐντὸς σωληνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἡλεκτρόδια, τὰ ὅποια είναι συνδεδεμένα μὲ τοὺς δύο πόλους γεννητρίας (σχ. 265). Ἄφηνομεν νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς καθόδου ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο διείλεται εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, δταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ καλούνται φωτοηλεκτρόνια. Τὸ πείραμα σχ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον K ἀποσπῶνται ἡλεκτρόνια.



Οταν ἐπὶ τῶν μετάλλων προσπίπτουν ἀκτινοβολίαι (φωτειναί, ὑπεριώδεις, Röntgen), τότε ἀποσπῶνται ἐκ τῶν μετάλλων ἡλεκτρόνια.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἰδιαιτέρως ἀπὸ τὸ καίσιον, τὸ ρουβίδιον, καὶ τὸ κάλιον ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια, δταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτουν δραταὶ ἀκτινοβολίαι. Πειραματικῶς εὑρέθη δτι :

I. Η άποσπασις φωτοηλεκτρονίων από ένα μέταλλον είναι δυνατή μόνον, όταν το μήκος κύματος της προσπιπτούσης άκτινοβολίας είναι μικρότερον ένας ώρισμένου μήκους κύματος, το διπολον είναι χαρακτηριστικόν διὰ τὸ μέταλλον.

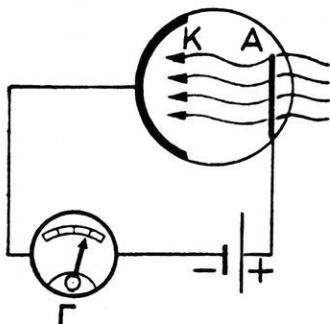
II. Ο άριθμός τῶν άποσπωμένων φωτοηλεκτρονίων είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ παραγομένου φωτοηλεκτρονίου δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον φωτοηλεκτρικὴν ἔξισωσιν τοῦ Einstein :

$$\text{φωτοηλεκτρικὴ ἔξισωσις Einstein : } \frac{1}{2} mv^2 = h\nu - W_0$$

ὅπου $h\nu$ είναι ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας καὶ W_0 είναι μία σταθερὰ τοῦ μετάλλου. Ἡ σταθερὰ αὕτη καλεῖται ἐργον ἐξ αὐτῷ γῆς, διότι ἐκφράζει τὸ ἔργον τὸ ἀποιτούμενον διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῶν δυνάμεων, αἱ διοῖαι συγκριτοῦν τὸ ἡλεκτρόνιον ἐντὸς τοῦ μετάλλου.

227. Εφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον εὑρίσκει μεγάλῃ ἐφαρμογῇν εἰς τὸ φωτοκύτταρον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ὃ διπολος είναι τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρῶμα

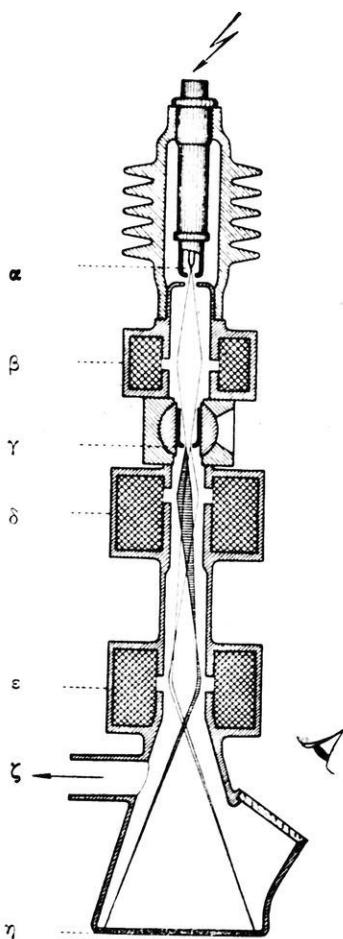


Σχ. 266. Φωτοκύτταρον.

καλίου, τὸ διπολον ἐπικαλύπτει μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σωλῆνος (σχ. 266). Ἡ ἄνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἡ κυκλικὸν μεταλλικὸν ἡλεκτρόδιον. "Οταν 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 καταλήγον διατάξεως. Τὸ φωτοκύτταρον είναι σήμερον πολύτιμος συσκευὴ καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφραμογὰς (όμιλῶν κινηματογράφος, αὐτόματος ἔλεγχος καὶ ρύθμισις τῆς λειτουργίας μηχανῶν, τηλεφωτογραφία, τηλεόρασις, ρύθμισις κυκλοφορίας δρημάτων κ.ἄ.).

228. Ήλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον ὑπὸ δύο συνθήκας ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς δέσμης τῶν καθοδιῶν ἀκτίνων, ὅπως ἀκριβῶς ἐνεργεῖ καὶ ὁ φακὸς ἐπὶ μᾶς δέσμης 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 ὅποιου ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 500 000, ἐνῶ διὰ τῶν καλυτέρων διπτικῶν μικροσκοπίων ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 2 000. Τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου λαμβάνε-



Σχ. 267. Τομὴ τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου.

α κάθοδος, β συναγωγὸς φακός, γ ἀντικείμενον, δ ἀντικειμενικὸς φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀντίλα, η φθορίζον διάφραγμα.



Σχ. 268. Φωτογραφία βακτηριοφάγου ληφθεῖσα μὲ τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον. Μεγέθυνσις 20.000.

ται εἴτε ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος εἴτε ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακάς. Εἰς τὴν σχηματικὴν διάταξιν 267 οἱ φακοὶ εἰναι πηνία, τὰ ὅποια δημιουργοῦν τὰ κατάλληλα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἔργα στήριξι διανοίγει τελείως νέους ὄριζον-

τας έρευνης (σχ. 268). Τοῦτο ἔχει σήμερον ἴδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὴν Βιολογίαν καὶ τὴν Μικροβιολογίαν.

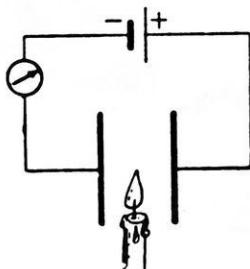
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κρούσιν τοῦ ἡλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου δλόκληρος ή κινητική ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen συχνότητος ν. Νὰ εὐρεθῇ σχέσις μεταξὺ τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς τάσεως U, ή δποία ἑφαρμόζεται εἰς τὸν σωλῆνα.

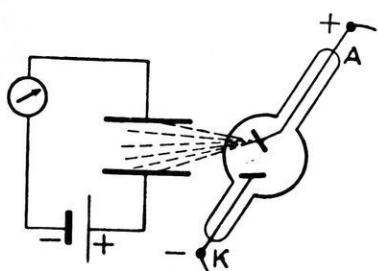
183. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἑφαρμόζεται τάσης 500 000 Volt. Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας Röntgen. Σταθερὰ Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. 'Ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.—'Ο ἀὴρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. 'Τὸν ἐπίδρασιν δύμας διαφόρων αἰτίων ὁ ἀὴρ ἀποκτᾷ



Σχ. 269. 'Ιονισμὸς τοῦ ἀέρος διὰ φλογός.



Σχ. 270. 'Ιονισμὸς τοῦ ἀέρος διὰ ἀκτίνων Röntgen.

σημαντικὴν ἀγωγιμότητα. Μεταξὺ τῶν δύο δπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ φέρομεν φλόγα κηρίου (σχ. 269). 'Εὰν μεταξὺ τῶν δύο δπλισμῶν ὑπάρχῃ ὑψηλὴ διαφορὰ δυναμικοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι, μόλις φέρομεν τὴν φλόγα μεταξὺ τῶν δπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ἵδιον συμβαίνει, ἐὰν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο δπλισμῶν χῶρον εἰσχωροῦν καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἢ ἀκτῖνες Röntgen (σχ. 270). 'Η ἀγωγιμότης αὐτὴ τοῦ ἀέρος ὀφείλεται εἰς ιονισμὸν τοῦ ἀέρος. 'Ἐκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι :

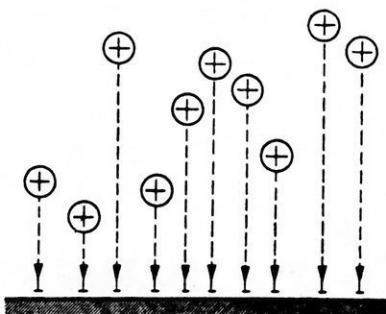
‘Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgen ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ ἀγωγιμότητα, ἐπειδὴ προκαλεῖται ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.

230. Διαρκὴς ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.— ‘Ἐν ἡλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον ἡλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται, ὅταν παραμείνῃ ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ἡ ἐκφόρτισις εἰναι πολὺ ταχυτέρα ἐντὸς ὑπογείων ἢ σπηλαίων καὶ διφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὑπάρχουν πάντοτε θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἴόντα. ’Ωστε :

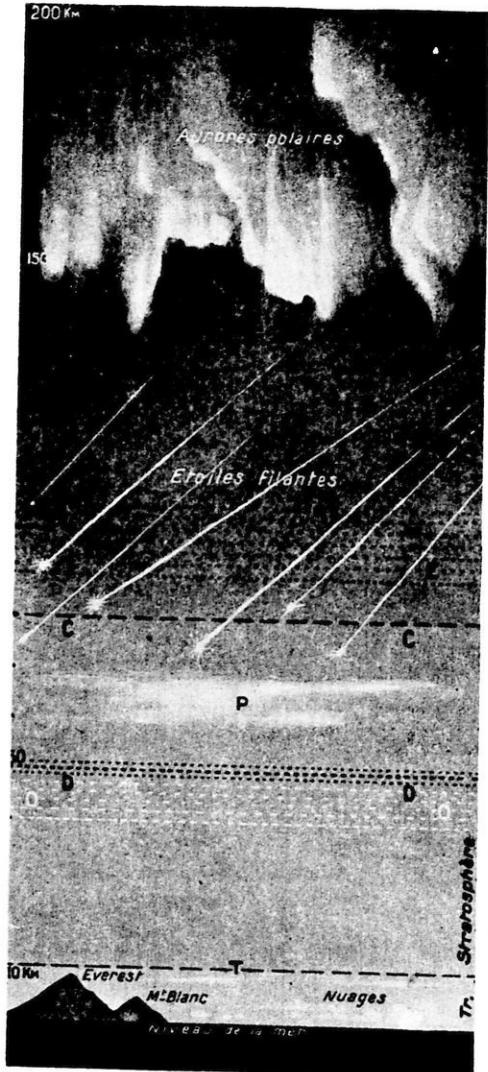
‘Ο ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ εἰναι πάντοτε ιονισμένος.

‘Ο ἀριθμὸς τῶν ἴόντων, τὰ ὅποια ὑπάρχουν ἐντὸς τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὑψους. Εἰς ὑψος ᾧν τῶν 100 km παρατηρεῖται μία ἀπότομος αὔξησις τῆς ἀγωγιμότητος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ στρῶμα τοῦτο τῆς ἀτμοσφαίρας καλεῖται **Ιονόσφαιρα**. ’Ο ἰσχυρὸς ιονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὑψος τοῦτο διφείλεται εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸν “Ηλιον, καὶ εἰς μίαν ἴδιαιτέραν ἀκτινοβολίαν, ἡ ὅποια φθάνει εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ ἡ ὅποια καλεῖται **κοσμικὴ ἀκτινοβολία**. Εἰς τὰ ἀνωτέρω αἴτια ἀποδίδεται γενικῶς ὁ ιονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

231. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.—Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος πλεονάζουν τὰ θετικὰ ἴόντα, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ἴόντα. Οὕτως ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σχηματίζεται **ἡλεκτρικὸν πεδίον** (σχ. 271), τοῦ ὅποιου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. ‘Ἡ πτῶσις τοῦ δυναμικοῦ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἀνέρχεται εἰς 100 ἢ καὶ 1000 Volt κατὰ μέτρον. ’Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίνου ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ θετικὰ ἴόντα τῆς ἀτμοσφαίρας κινοῦνται διαρκῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους. ’Αλλὰ τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ ὅποια διφείλεται τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.



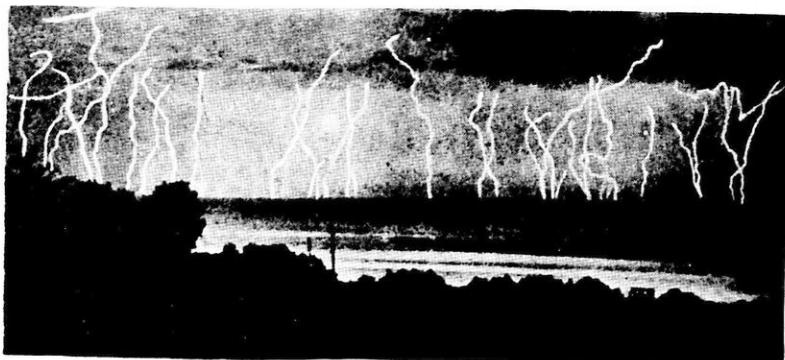
Τοιμή τοῦ κατωτέρου τμήματος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τ τροπόπουσις, Ο στρῶμα δζοντος, Δ στρῶμα Ιονισμένον, Ρ ἡφαιστειακή κόνις, Σ ἀνώτατον δριον λυκόφωτος, Ε στρῶμα τοῦ Heaviside. Τὸ πολι- κὸν σέλας ἐμφανίζεται εἰς ὑψος δινω τῶν 150 km. χρόνως ἐγκαταλείπονται

ἐξαφανίζονται, διότι συνεχῶς ἀναπληροῦνται ἀπὸ νέα φορτία. Δὲν εἶναι ἀκόμη πλήρως γνωστὸν πῶς γίνεται ἡ ἀναπλήρωσις τῶν φορτίων τούτων. 'Ως μία σημαντικὴ αἰτία τῆς συνεχοῦς παραγωγῆς θετικῶν ίόντων ἔντὸς τοῦ ἀέρος καὶ ἀρνητικῶν ίόντων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους θεωροῦνται αἱ ἀστραπαὶ καὶ οἱ κεραυνοί. 'Η ἀστραπὴ εἶναι ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ δύο νεφῶν, τὰ δόποια ἔχουν ἀντίθετα ἡλεκτρικὰ φορτία. 'Ο δὲ κεραυνὸς εἶναι ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ τοῦ νεφους καὶ τοῦ ἐδάφους. 'Η διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ νεφους καὶ ἐδάφους κατὰ τὴν πτῶσιν κεραυνοῦ ἀνέρχεται εἰς ἑκατομμύρια ἢ δισεκατομμύρια Volt. 'Η ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ἕνα κεραυνὸν ἀνέρχεται εἰς 20 000 Ampère. 'Υπολογίζεται οτι κατὰ δευτερόλεπτον παράγονται ἐφ' ὄλοκλήρου τοῦ πλανήτου μᾶς 100 κεραυνοί, οἱ δόποιοι μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἐδάφος ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐνῶ συγ-

τὸν ἀέρα θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξης:

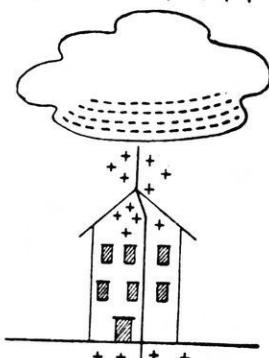
I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικὰ φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὅποιου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἴτια συντελοῦν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γηίνου ἡλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κεραυνοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἐδάφος ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία.

Αλεξικέραυνον. "Οταν ἀναθεν τοῦ ἐδάφους εύρισκεται νέφος, φέρον σημαντικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἵσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὅποιον συγκεντρώνεται εἰς τὰ ἔξεχοντα 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 ὅποια καταλήγει εἰς ἀκίδα καὶ συνδέεται δι' ἀγωγοῦ μὲ μεγάλην μεταλλικὴν πλάκα εύρισκομένην εἰς ἀρκετὸν βάθος ἐντὸς τοῦ ἐδάφους. "Οταν δὲ κεραυνὸς πίπτῃ ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεράυνου, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἐδάφος καὶ οὕτως ἀποφεύγεται βλάβη τοῦ κτιρίου (σχ. 272 καὶ 273).

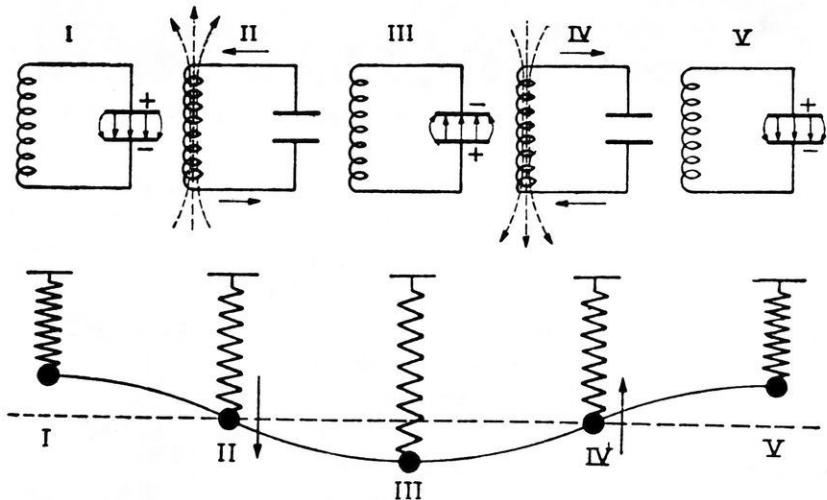


Σχ. 273. Ἀλεξικέραυνον.

232. Πολικὸν σέλας.— Καλεῖται πολικὸν σέλας ἐν δύτικὸν φαινόμενον, τὸ διπολον παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας. Τὸ πολικὸν σέλας ἔχει τὴν δύναμιν τεραστίου φωτεινοῦ τόξου, ἀπὸ τὸ διπολον 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 διζυγόνου. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ τὸν "Ηλιον καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου συγκεντρώνονται εἰς τὰς περὶ τοὺς πόλους περιοχάς.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— Ἡ συχνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τῶν



Σχ. 274. Εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων συμβαίνουν συνεχεῖς μετατροπαὶ τῆς ἐνέργειας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως καὶ συνεπῶς συμβαίνουν ταλαντώσεις ἡλεκτρικοῦ φορτίου.

ρευμάτων μεταξὺ μεγάλων δρίων. Οὕτω διακρίνομεν τρεῖς κατηγορίας ἐναλλασσομένων ρευμάτων: α) ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος, (50 ἔως 10 000 Hz), β) ρεύματα μέσης συχνότητος (10 000 ἔως

100 000 Hz) καὶ γ) ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος (ἄνω τῶν 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος καλοῦνται καὶ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τὰ ρεύματα αὐτὰ παράγονται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ ἐντὸς κυκλώματος, τὸ ὄποιον περιλαμβάνει πηγήν (σ. 274). Μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ὑπάρχει κατ' ἀρχὰς ἡλεκτρικὸν πεδίον. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο ὀπλισμοὶ εἰναι συνδεδεμένοι μεταξύ των διὰ τοῦ πηγίου, ὁ πυκνωτής ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον ἔξοσθενίζει. Τὸ παραγόμενον ρεῦμα, διεργόμενον διὰ τοῦ πηγίου, παράγει μαγνητικὸν πεδίον. "Οταν ὁ πυκνωτής ἐκφορτισθῇ, τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ συγγρόνως καταγράφεται καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πηγίου. Ἡ κατάργησις ὅμως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ ρεῦμα ἐξ αὐτεπαγωγῆς ὅμορροπον πρὸς τὸ προηγούμενον. Τὸ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ρεῦμα προκαλεῖ φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ μὲ ἀντίθετον ὅμως πολικότητα. Ἐπακολουθεῖ τότε νέα ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται δικρικῶς. Οὕτω τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑψηλῆς συχνότητος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

I. Εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον πυκνωτήν καὶ πηγίον παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἔνεκα τῆς διαρκοῦς μετατροπῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως.

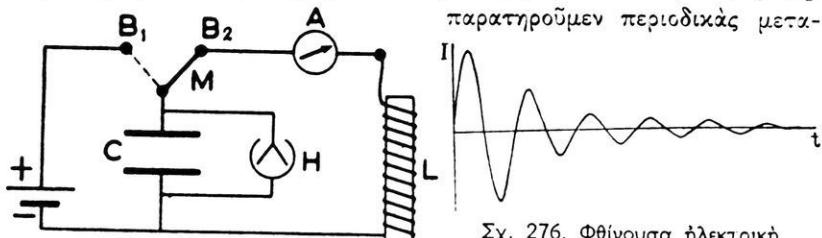
II. Ἡ περίοδος (T) τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον τοῦ Thomson :

$$\text{τύπος τοῦ Thomson : } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

ὅπου C εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ L ὁ συντελεστής αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηγίου.

234. Φθίνουσαι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— Πειραματικῶς δυνάμεθι νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 275. Ὁ πυκνωτής ἔχει μεγάλην χωρητικότητα C καὶ τὸ πηγίον ἔχει μεγάλον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L, ὥστε ἡ περίοδος T τῶν ταλαντώσεων νὰ εἴναι ἵση μὲ ἀρκετὰ δευτερόλεπτα. "Οταν ὁ μεταγωγὸς M φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ

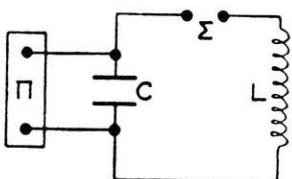
τὸν ἀκροδέκτην B_1 , ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρόμετρον H δεικνύει τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐὰν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_2 ,



Σχ. 275. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

Σχ. 276. Φθίνουσα ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις.

καὶ ἀντιστοίχως περιοδικὰς ταλαντώσεις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου A . Αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ δεικνύουν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα. Ἀλλὰ τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου βαίνει συνεχῶς ἐλαττούμενον. "Ἄρα αἱ ἡλεκτρικὴ ταλαντώσεις εἶναι φθίνονται καὶ πολὺ ταχέως καταργοῦνται (σχ. 276). Διὰ νὰ παραχθῇ νέα σειρὰ ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, φέρομεν πάλιν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_1 . Ἡ ἀπόσβεσις τῶν ταλαντώσεων ὀφείλεται εἰς ἀπώλειαν ἐνεργείας. Αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ 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). 'Ο πυκνωτὴς συνδέεται μὲ τὸ δευτερεῦον ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηγίου Π . Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ὑπάρχει μικρὰ διακοπὴ. Σ τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον ἔκει καταλήγει εἰς δύο μικρὰ μεταλλικὰ σφρίρας. Ἡ διακοπὴ Σ καλεῖται σπινθηριστὴς, διότι ὅταν ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ λάβῃ

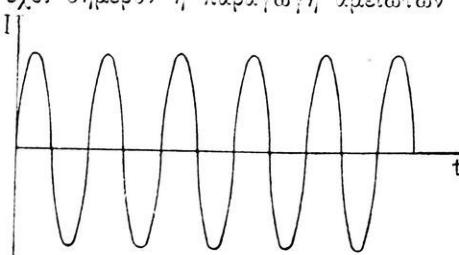
τὴν μεγίστην τιμήν, πυράγεται εἰς τὴν διακοπὴν Σ σπινθήρ. Ὁ σπινθήρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μία ἀποσβεννυμένη ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις. Ἐὰν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῦον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηγίου εἴναι $v = 50$ Hz,

τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθήρες. Εἰς ἔκαστον σπινθήρα ἀντιστοιχεῖ εἰς συρμός ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων. "Αρα κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοίς ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).



Σχ. 278. Συρμός ἀποσβεννυμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

235. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— 'Ιδιαιτέρων ἀξίαν ἔχει σήμερον ἡ παραγωγὴ ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279).

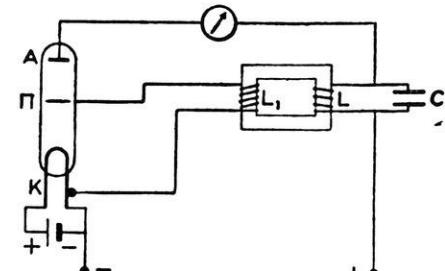


Σχ. 279. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

τὸ ἐν ἄκρων συνδέεται μὲν τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μὲν τὴν αὐθίδον. "Οταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτής φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται

279. 'Η παραγωγὴ τούτων γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τῆς τριόδου λυχνίας. Εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας παρεντίθεται τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων (σχ. 280). Τὸ πηγίον L_1 τοῦ κυκλώματος τούτου συνδέεται ἐπαγωγικῶς, μὲ ἄλλο πηγίον L_1 , τοῦ ὄποιου

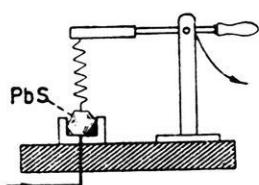
τὸ ἐν ἄκρων συνδέεται μὲ τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν αὐθίδον. "Οταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτής φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αὕτα παράγουν ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηγίου L_1 ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς συγχότητος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν περιοδικὰς ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμικοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς περιοδικὰς διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ ὄποιον φορτίζει τὸν πυκνωτήν.



Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

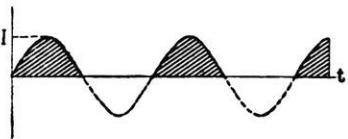
Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὀθήσεις εἰς ἐν ἐκκρεμές ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεών του.

236. Πειραματική άπόδειξης τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.— Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξην τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων,



Σχ. 281. Κρυσταλλικὸς φωρατής.

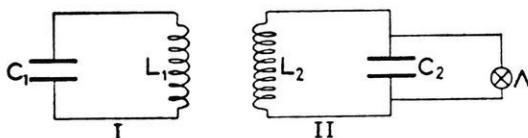
ζομένη διάλεξη στηρίζεται στηρίζεται έλαχθρῶς πιεστήριοι μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). Εὰν διὰ τοῦ συστήματος τούτου διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τότε τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον, ὅταν ἔχῃ φοράν ἐκ τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐνῶ κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ συστήματος. Οὔτως ὁ κρυσταλλικὸς φωρατής ἀφήνει νὰ διέρχεται διὰ αὐτοῦ μία μόνον ἐκ τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. "Ωστε ὁ κρυσταλλικὸς φωρατής μετατρέπει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχὲς διακοπόμενον ρεῦμα (σχ. 282), ἥτοι προκαλεῖ ἀνόρθωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.



Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

237. Διέγερσις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.—

"Ας θεωρήσωμεν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων, τὰ ὅποια εὑρίσκον-



Σχ. 283. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου κυκλώματος διεγέρονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

εἶναι $T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}$. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα ἀναπτύσσονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτῆρος Λ. Τὸ πλάτος τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμήν,

ταῖς τὸ ἐν πλησίον τοῦ ξύλου (σχ. 283). Εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα παράγονται διὰ καταλλήλου διατάξεως ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τῶν ὅποιων ἡ περίοδος

ὅταν ἡ περίοδος Τ τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχῃ τὴν αὐτήν τιμήν, ἥτοι ὅταν εἴναι :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

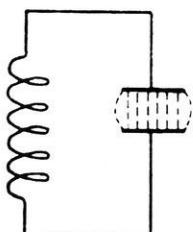
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει **συντονισμός**. "Ωστε :

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εύρισκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτήν περίοδον ταλαντώσεως, ὅπότε ἴσχύει ἡ σχέσις :

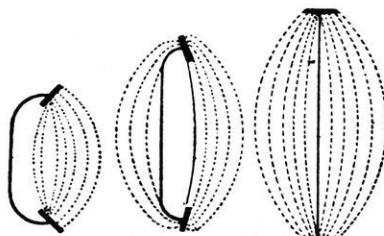
$$\text{συνθήκη συντονισμοῦ : } L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$$

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.— Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὅποιαι παράγονται ἐντὸς κλειστοῦ κυκλώματος, δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἐντὸς δευτέρου κυκλώματος εὑρισκομένου πλησίον τοῦ πρώτου (σχ. 283). Η διέγερσις τοῦ δευτέρου κυκλώματος ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-



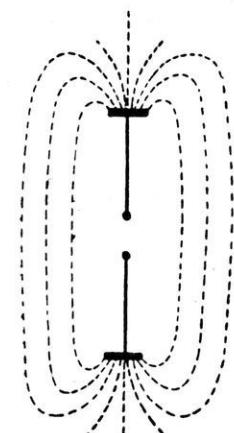
Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηνίου δι' εύθυγράμμου ἀγωγοῦ.



Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον.

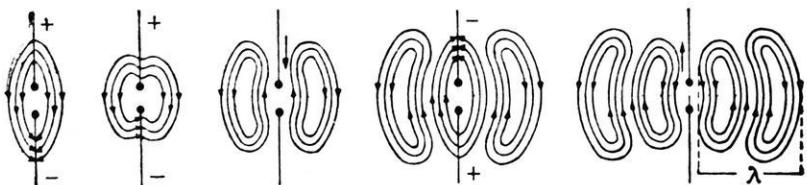
τικοῦ πεδίου, τὸ δόποιον παράγεται πέριξ τοῦ πρώτου κυκλώματος, διότι τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μεταξὺ τῶν δύο δπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι δημοσία δύνατὸν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

τοῦ πρώτου κυκλώματος. "Ας ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ πηνίον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἐνδὸς μόνον ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ, ἔως ὅτου οἱ δύο ὄπλισμοι εὑρεθοῦν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εὐθυγράμμου πλέον ἀγωγοῦ. Τότε τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον ἔξαπλώνεται ἐντὸς τοῦ χώρου (σχ. 285). Τὸ ἀπλούστερον ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθυγράμμου ἀγωγόν, δ ὅποιος εἰς τὸ μέσον ἔχει μικρὰν διακοπὴν (σπινθηριστὴν) καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα καταλήγει ἐλευθέρως ἢ φέρει μικρὰς πλάκας ἢ σφαίρας (σχ. 286). Τὸ ἀνοικτὸν τοῦτο κύκλωμα ταλαντώσεων καλεῖται διεγέρτης τοῦ Hertz ἢ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον.



Σχ. 286. Διεγέρτης τοῦ Hertz.

239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. — 'Εντὸς τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τότε τὰ ἄκρα τοῦ διπόλου ἀποκτοῦν ἐναλλάξ θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν δυναμικόν. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ διπόλου σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ δίπολον διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω πέριξ τοῦ διπόλου σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὅποιου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι συγκεντρικοὶ κύκλοι, κάθετοι



Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

πρὸς τὸν ἀγωγόν. "Οταν λοιπὸν ἐντὸς τοῦ διπόλου παράγωνται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, σχηματίζονται πέριξ τοῦ διπόλου ἐν ἡλεκτρικὸν καὶ ἐν μαγνητικὸν πεδίον, τὰ ὅποια εἰναι ἐναλλασσόμενα καὶ διαδίδονται ἐντὸς τοῦ χώρου μὲ ταχύτητα ἵσην πρὸς τὴν ταχύτητα

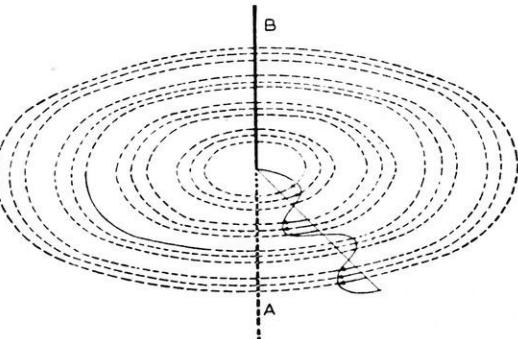
τοῦ φωτός. Τὰ δύο αὐτὰ ἐναλλασσόμενα πεδία εἶναι ἀλληλένδετα καὶ ἀποτελοῦν τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον. "Ωστε :

"Ἐν παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον περιβάλλεται ἀπὸ ἐν ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποιον διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις πέριξ τοῦ διπόλου.

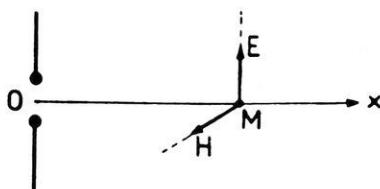
Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἐν σημεῖον M τοῦ χώρου, εὑρισκόμενον εἰς ἀρχετήν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δίπολον (σχ. 289), αἱ ἐντάσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των, καὶ κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν δικόσεως τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ ἐντάσεις τῶν δύο τούτων πεδίων μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς ἐντὸς μιᾶς περιόδου. "Ωστε :

I. Αἱ ἐντάσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των.

II. Τὸ διαδιδόμενον ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον ἀποτελεῖ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.



Σχ. 288. Διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.



Σχ. 289. Ἡ ἐντασίς E τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καὶ Ἡ ἐντασίς H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των καὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν Ox .

Τὴν δημιουργίαν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πέριξ ἐνὸς διπόλου ἀνεκάλυψεν θεωρητικῶς ὁ Maxwell. Πειραματικῶς ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὁ Hertz. Σήμερον τὸ ραδιόφωνον ἀποδεικνύει εἰς πᾶσαν στιγμὴν τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

240. Μῆκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Τὰ

έναλλασσόμενα δύο πεδία, ἐκ τῶν δύοιων ἀποτελεῖται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, ἔχουν τὴν ἴδιαν συχνότητα, τὴν δύοιαν ἔχουν καὶ αἱ ἐντὸς τοῦ διπόλου παραγόμεναι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἐάν c εἴναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, τότε τὸ μῆκος κύματος λ τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ κύματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν : $c = v \cdot \lambda$. Τὸ μῆκος κύματος λ φανερώνει, ὡς γνωστόν, τὴν ἀπόστασιν εἰς τὴν δύοιαν διαδίδεται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν κύμα ἐντὸς μίας περιόδου. Οὕτως, ἂν εἴναι :

$$T = \frac{1}{100} \text{ sec}, \text{ τότε } v = 100 \text{ Hz} \text{ καὶ } \text{έπομένως } \text{έχομεν :}$$

$$\lambda = \frac{c}{v} = \frac{300\,000 \text{ km/sec}}{100 \text{ Hz}} = 3\,000 \text{ km}$$

241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—Πειραματικῶς εὑρέθη διτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἑξῆς ἴδιότητας :

1) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἑξῆς ἴδιότητας :

2) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, διταν διέρχωνται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, διαθλάσσουν τὰς συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα διαφανῆ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, γιτοι τὰ σώματα αὐτὰ ἀπορροφοῦν τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἀντιθέτως τὰ διηλεκτρικὰ εἴναι σώματα διαθλάσσου τοῦ φωτός.

4) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα παράγουν φαινόμενα συμβολῆς καὶ παραράσεως, ὅπως συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς.

Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀπέδειξεν ὅτι τὸ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον ἀκτινοβολεῖ ὑπὸ μορφὴν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐνέργειαν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐνέργειαν, τὴν δύοιαν ἀκτινοβολοῦν αἱ φωτειναὶ πηγαί. Ἡ ἐνέργεια, τὴν δύοιαν ἀκτινοβολεῖ τὸ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον, καλεῖται ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται διτι :

‘Η ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία συμπεριφέρεται ὡς φωτεινὴ ἀκτινοβολία καὶ ἔχει μεγαλύτερον μῆκος κύματος ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἀκτινοβολίαν.

‘Η ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐν ἀτομον τῆς ὅλης, διταν ἐν πλανητικὸν ἡλεκτρόνιον μεταπτηδῷ ἀπὸ μίαν ἔξωτερικὴν εἰς μίαν ἐσωτερικὴν τροχιάν.

Αἱ τροχιαὶ ἐπὶ τῶν ὁποίων τὸ ἡλεκτρόνιον δύναται νὰ μεταπηδᾷ, εἶναι ὠρισμέναι καὶ καλοῦνται κβαντικαὶ τροχιαὶ.

242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας.—'Η πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ φῶς καὶ αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, ἥτοι πολὺ μεγάλης συχνότητος. Οὕτω μὲ τὸν ὄρον ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφὴν ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἰδὴ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας

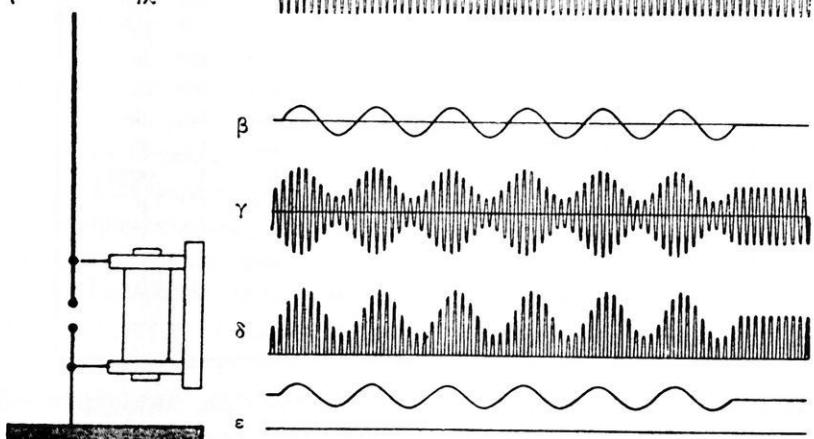
Εἶδος ἀκτινοβολίας	Μήκη κύματος			
Βιομηχανικὰ κύματα	10^6	ἔως	10^4	km
Τηλεφωνικὰ "	10^4	ἔως	10^2	km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ "	10^4	ἔως	10^3	m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα "	10^3	ἔως	10^3	m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα "	10^2	ἔως	10	m
'Υπερβραχέα "	10	ἔως	1	m
Μικροκύματα	1 m	ἔως	1	mm
'Υπέρυθροι ἀκτῖνες	1 mm	ἔως	1	μ
'Ορατὸν φῶς	0,8 μ	ἔως	0,4 μ	
'Υπεριώδεις ἀκτῖνες	0,4 μ	ἔως	0,01	ξ.
'Ακτῖνες Röntgen	0,01 μ	ἔως	0,01	Å
'Ακτῖνες γ	0,01 Å	ἔως	

Αἱ συχνότητες τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας περιλαμβάνονται μεταξὺ τῶν τιμῶν $v = 0$ καὶ $v = 10^{24}$ Hz. Τεχνητῶς παράγονται σήμερον ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀπὸ $v = 1$ Hz ἕως $v = 10^{18}$ Hz. Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ἔχοντα συχνότητας ἀπὸ $v = 10^{12}$ Hz ἕως $v = 10^{24}$ Hz, παράγονται διὰ καταλλήλου διεγέρσεως τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὥλης. Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα φαίνεται τὸ συνολικὸν φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας. Παρατηροῦμεν ὅτι μόνον μία μικρὰ περιοχὴ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ἔχει τὴν ἴδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν μας (όρατὸν φῶς).

Α ΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαὶ. — Ἡ ἀσύρματος τηλεπικοινωνία περιλαμβάνει δύο κυρίως κλάδους τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν, ἡ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων καὶ τὴν ἀσύρματον τηλεφωνίαν ἡ ραδιοφωνία, ἡ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν ἥχου. Ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία χρησιμοποιεῖ ἀποσβεννυμένας ἡ καὶ ἀμειώτους ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ἐνῶ ἡ ραδιοφωνία χρησιμοποιεῖ μόνον ἀμειώτους ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς ὑπάρχει κατάλληλος πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἰς δὲ τὸν σταθμὸν λήψεως ὑπάρχει κατάλληλος δέκτης τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

244. Πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. — Εἰς τὸ ἐνσύρματον τηλέφωνον (§ 188), διὰ τὴν μετάδοσιν ἥχου α



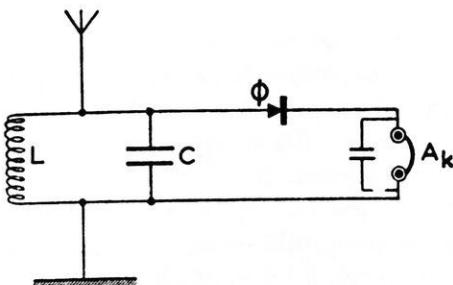
Σχ. 290. Σχηματικὴ διάταξις τοῦ πομποῦ.
κουστῆς συχνότητος, πρέπει νὰ πρόκληθοῦν ἀντίστοι-

χοι μεταβολαὶ εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἴδιας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ἡ ραδιοφωνία. Ὁ πομπὸς

Σχ. 291. Διαμόρφωσις τῶν κυμάτων.
(α φέρον κῦμα, β μικροφωνικὸν ἡμιτονοειδές ρεῦμα,
γ διαμορφωμένον κῦμα, δ ἀνόρθωσις, ε τὸ ρεῦμα
μετὰ τὴν ἀνόρθωσιν. ἔχει τὴν μορφὴν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος).

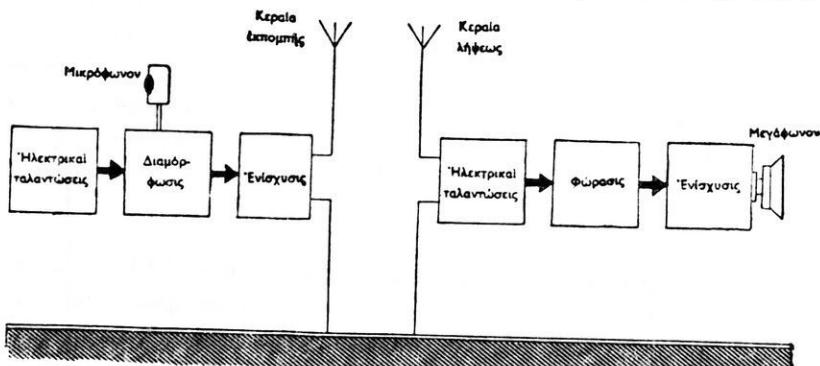
περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων, τὸ ὁ-ποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ παλλόμενον ήλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σχ. 290). Τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν γῆν. Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιούνται σήμερον ἐναλλακτῆρες μεγάλης συγγένητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιούνται τρίοδοι ήλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ήλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθερᾶς ίψης συγγένητος (**φέρον κῦμα**). Τὸ κύκλωμα τῶν ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται καταλλήλως μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου ἢ μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ ὁποίου παράγονται οἱ ίχοι. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ χειριστηρίου ἢ τοῦ μικροφώνου προκαλοῦνται παραμορφώσεις τῶν ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Οὕτω τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὴν κεραίαν ήλεκτρομαγνητικὰ κύματα φέρουν ἀντιστοίχους παραμορφώσεις (**διαμορφωμένον κῦμα**). Εἰς τὸ σχῆμα 291α δεικνύεται τὸ φέρον κῦμα, πρὸ τῆς διαμόρφωσιν, ἐνῶ εἰς τὰ σχήματα 291γ καὶ 291δ δεικνύονται τὰ διαμορφωμένα κύματα πρὸ καὶ μετὰ τὴν φώρασιν.

245. Δέκται ήλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Ο δέκτης περιλαμβάνει **κεραίαν**, ἡ ὁποίᾳ συνδέεται μὲ κύκλωμα ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Τοῦτο εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ πομποῦ. Ο δέκτης πρέπει νὰ μετατρέψῃ τὰς ίψης συγγένητος διαμορφωμένας ήλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ίχον. Αἱ χρησιμοποιούμεναι σήμερον συγγένητες κυμαίνονται ἀπὸ 15 000 Hz ἔως 20 000 000 Hz. Εὰν τὰ ἀκουστικὰ συνδεθοῦν ὀπ’ εὐθείας μὲ τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, τότε ἡ πλάξ τοῦ ἀκουστικοῦ θὰ μείνῃ ἀκίνητος, διότι δὲν δύναται νὰ παρακολουθήσῃ τὰς τόσον ταχείας μεταβολὰς τοῦ ρεύματος. Εξ ἀλλοῦ αἱ συγγένητες αὔτα ἀντιστοίχουν εἰς μὴ ἀκουστούς ίχους. Η δυσκολία αὐτῇ αἱρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μὲ κρυσταλλικὸν φωρατήν (Φ) καὶ ἀκουστικὰ (Ak).

μεν φωρατήν, ὁ ὅποιος προκαλεῖ ἀνόρθωσιν τῶν διαμορφωμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστέρα ἀνορθωτικὴ διάταξις είναι ὁ χρυσταλλικὸς φωρατής (σχ. 292). Ο φωρατής ἐπιτυγχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ρεῦμα ἔχον σταθερὰν φοράν, ἀλλὰ μεταβαλλόμενην ἐντασιν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς πλακὸς τοῦ ἀκουστικοῦ. Εἰς τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν ἡ μετάδοσις τῶν μορσικῶν σημάτων (παῦλαι καὶ τελεῖαι) γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ χειριστηρίου, μὲ τὸ ὅποιον προκαλοῦμεν διαμορφώσεις μικροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὸν δέκτην αἱ διαμορφώσεις αὔται μετατρέπονται διὰ τοῦ



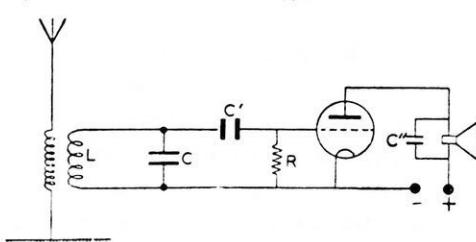
Σχ. 293. Σχηματικὴ διάταξις τῆς ραδιοφωνικῆς τηλεπικοινωνίας.

φωρατοῦ καὶ τῶν ἀκουστικῶν εἰς ἥχον σταθερὸν ὅψους μικροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὴν ραδιοφωνίαν, διὰ τὴν ἀναπαραγγήν τῶν μεταδιδομένων συνθέτων ἥχων, χρησιμοποιοῦνται ἀκουστικὰ ἢ μεγάφωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 291 δεικνύονται: α) τὸ φέρον κῦμα πρὸ τῆς διαμορφώσεως, β) ἡ περιοδικὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου, ἡ ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ἀπλοῦν ἥχον, γ) ἡ διαμορφωμένη ταλαντωσις, ἡ ὅποια διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, δ) ἡ ἀνόρθωσις, τὴν ὅποιαν προκαλεῖ ὁ φωρατής. Η γραμμὴ εἰς τὸ ἀνορθωμένον ρεῦμα παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τούτου παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὔτη ἔχει τὴν μορφὴν τῆς περιοδικῆς μεταβολῆς τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτω τὸ ἀκουστικὸν ἢ τὸ μεγάφωνον ἀναπαράγει τὸν πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθέντα ἥχον. Εἰς τὸ σχῆμα 293 δεικνύεται ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς ὅποιας στηρίζεται ἡ ραδιοφωνία..

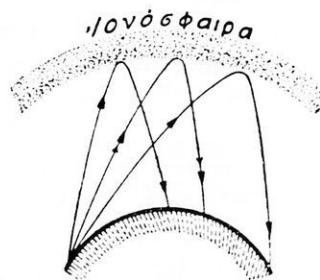
246. Ραδιόφωνον—Σήμερον είς τους ραδιοφωνικούς δέκτας γρηγορισμοποιούνται ώς φωράται κι τρίοδοι ήλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Οἱ τοιοῦτοι δέκται καλοῦνται **ραδιόφωνα. Εἰς τὸ σχῆμα 294 δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία ἑνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν. Αἱ ήλεκτροικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὅποιας δημιουργοῦν τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ήλεκτρομαγνητικὰ κύματα, εἰναι γενικῶς πολὺ ἀσθενεῖς. Διὰ τοῦτο γρηγορισμοποιοῦμεν **ἐνισχυτάς**, οἱ ὅποιοι παρεμβάλλονται εἴτε πρὸ τοῦ φωράτου, εἴτε μετά τὸν φωράτην. Ως ἐνισχυταὶ γρηγορισμοποιοῦνται γενικῶς κατάλληλοι ήλεκτρονικαὶ λυχνίαι.**

Τελευταίως ἔντι τῶν ήλεκτρονικῶν λυχνιῶν γρηγορισμοποιοῦνται εὐρύτατα οἱ **τρανσίστορ**, οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν τεμάχιον ἡμιαγωγοῦ (γερμάνιου ἢ πυρίτιου). Οἱ τρανσίστορ ἔχουν μικρὸν ὅγκον, μεγάλην ἀπόδοσιν καὶ πολὺ εὔκολον κατασκευήν.

247. Διάδοσις τῶν ήλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ ήλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια ἀναγωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ, δύνανται νὰ διαχριθοῦν εἰς δύο τυμήματα: α) Τὰ κύματα ἐπιφανείας, τὰ ὅποια διεδίδονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, καὶ β) τὰ κύματα χώρου, τὰ ὅποια ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς κεραίας ποὺς 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 ὑψός 100 km περίου ὑφίστανται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας (§ 230), ἡ ὅποια εἶναι ιονισμένον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας συμπεριφερόμενον ώς ἀγωγὸς (σχ. 295). Τὰ ἀνακλώμενα κύματα



Σχ. 294. Απλοῦν ραδιόφωνον μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν.

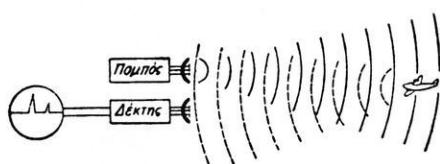


Σχ. 295. Ανάκλασις τῶν ήλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας.

έπιστρεφον πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις γωρὶς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασίς των.

248. Εἰδη κυμάτων.—Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια χρησιμοποιεῖ ἡ τηλεπικοινωνία, διακρίνονται εἰς τὰ ἑξῆς εἴδη: α) Τὰ μακρὰ κύματα ($\lambda > 600$ m) παρουσιάζουν μικρὸν ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας καὶ εἶναι κατάλληλα διὰ μετάδοσιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. β) Τὰ μεσαῖα κύματα ($\lambda = 200$ ἔως 600 m) εἶναι κατάλληλα διὰ ἐκπομπάς, αἱ ὅποιαι προορίζονται διὰ μικρὰς σχετικῶς ἀποστάσεις. γ) Τὰ βραχέα κύματα ($\lambda = 10$ ἔως 200 m) παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, εἶναι δημοσιαὶ κατάλληλα διὰ ἐκπομπάς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Εἰς τὰ βραχέα κύματα τὰ κύματα γώρου ὑφίστανται διαδοχικὰ ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας καὶ τοῦ ἔδαφους χωρὶς σημαντικὴν ἑξασθενήσιν. Οὕτω φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. δ) Τὰ ύπερβραχέα ($\lambda < 10$ m) δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας καὶ ἡ διάδοσις αὐτῶν γίνεται ἀποκλειστικῶς διὰ κυμάτων ἐπιφανείας. Ἡ διάδοσις τῶν ύπερβραχέων κυμάτων εἶναι σχεδὸν εὐθύγραμμος καὶ δημοιάζει μὲ τὴν τοῦ φωτός. ε) Τὰ μικροκύματα ($\lambda = 0,1$ cm ἔως 1 m) διαδίδονται εὐθυγράμμως, ὅπως ἀκριβῶς καὶ τὸ φῶς. Οὕτω δύνανται νὰ ἀποτελέσουν κατευθυνομένας δέσμας, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰς φωτεινὰς δέσμας.

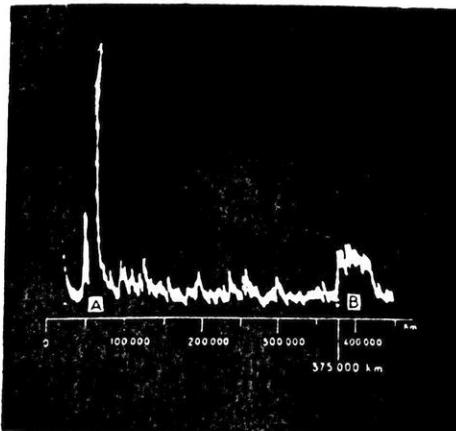
249. Ραντάρ.—Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ **ραντάρ**. Τοῦτο εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἀποκαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἀντικειμένων εύρισκομένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα πομπὸν μικροκυμάτων καὶ ἀπὸ ἕνα δέκτην (σχ. 296).



Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ.

στίαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἵσα πρὸς $\frac{1}{1000}$ τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ

συρμοὶ μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἑκάστου 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. Οὕτος περιλαμβάνει κατάλληλον ἐνισχυτὴν καὶ σωλῆνα Braun (§ 224). "Οταν ὁ πομπὸς δὲν ἐκπέμπῃ μικροκύματα, ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἡ φωτεινὴ κηλὶς διαγράφει ταχύτατα μίαν ὄριζοντιαν γραμμήν. Κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς τῶν μικροκυμάτων, ὅπως καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφίξεως τῶν ἀνακλοθέντων μικροκυμάτων εἰς τὸν δέκτην, ἡ φωτεινὴ κηλὶς ἐκτρέπεται ἀποτόμως καὶ οὕτω ἐμφανίζονται δύο αἰχμαί, ἐκ τῶν ὅποιων ἡ πρώτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ ἡ δευτέρα εἰς τὴν ἀφίξεων τῶν μικροκυμάτων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο αἰχμῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον, ὁ ὅποιος μεσολαβεῖ μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως τῶν μικροκυμάτων. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ ὅποιού 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 ὡμίγλης καὶ τοῦ θαλασσίου ὕδατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέσου τῆς ἰονοσφαίρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὅποια ἔξεπέμφθησαν πρὸς τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν δέκτην.



Σχ. 297. Τὰ κατευθυνθέντα πρὸς τὴν Σελήνην μικροκύματα, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπ' αὐτῆς, ἐπέστρεψαν εἰς τὴν Γῆν καὶ κατεγράφησαν εἰς τὸν δέκτην.

δύο αἰχμῶν ἀπόστασις παρέχει ἐπὶ κλίμακος τὴν ἀπόστασιν τοῦ στόχου ἀπὸ τὸν πομπόν. Τὰ μικροκύματα διέρχονται διὰ μέσου τῶν νεφῶν, τῆς ὡμίγλης καὶ τοῦ θαλασσίου ὕδατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέσου τῆς ἰονοσφαίρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὅποια ἔξεπέμφθησαν πρὸς τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν δέκτην τοῦ ραντάρ (σχ. 297).

250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία.—"Ἡ δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μεταβίβασις εἰκόνων προσώπων ἡ ἀντικειμένων ἐν κινή-

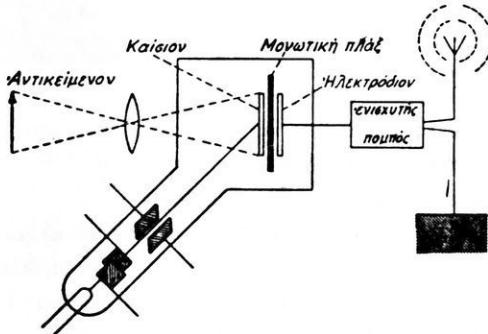
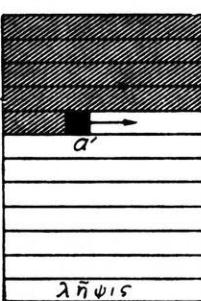
σει καλεῖται τηλεόρασις, ή δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται τηλεφωτογραφία. Καὶ εἰς τὰς δύο ὅμως περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὀλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διαιρεῖται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζώναι «σαρώνονται» ἡ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὀλοκλήρου τῆς εἰκόνος γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς.

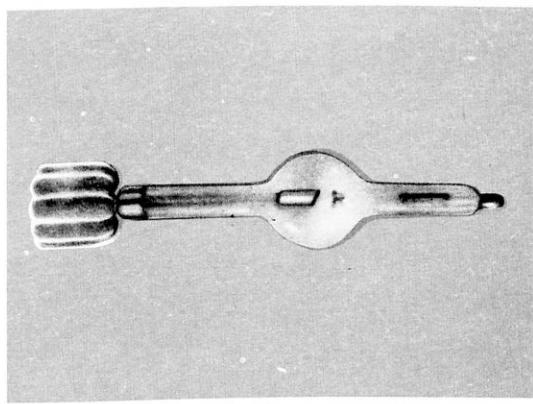
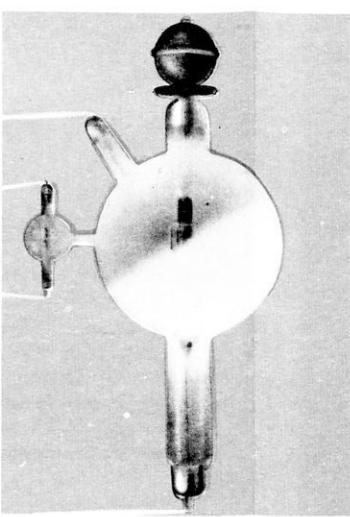
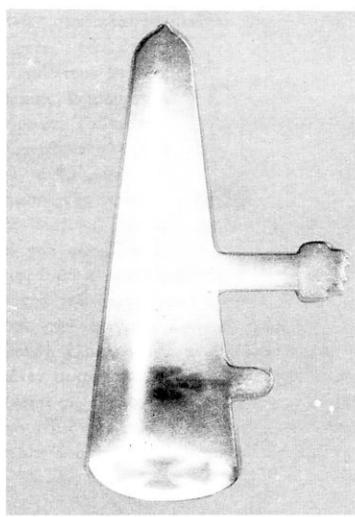
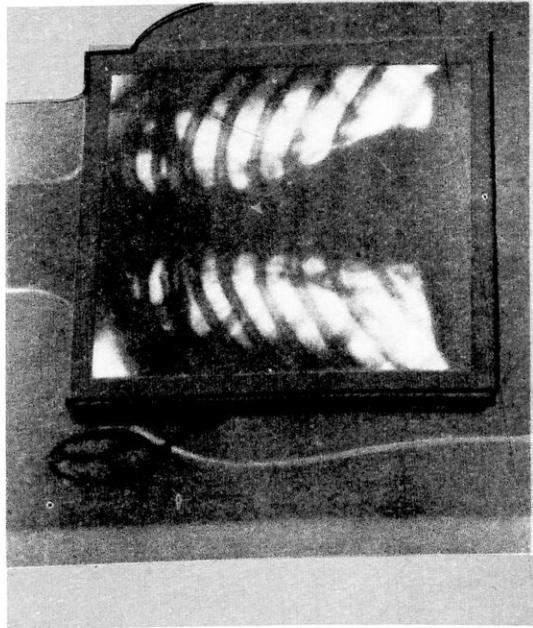
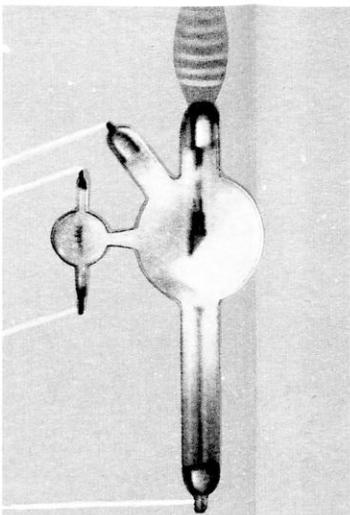
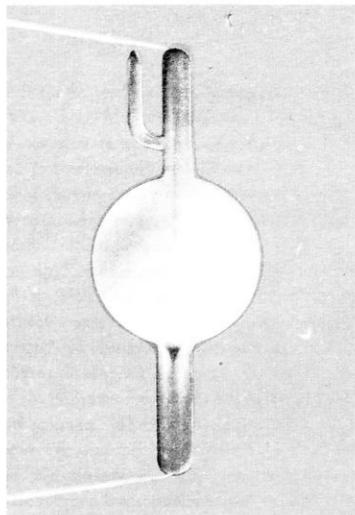
χρόνον μικρότερον τοῦ 1/16 τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγωνται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ ὅποια ἀνελύθῃ ἡ εἰκὼν. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμὴν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἐν τμῆμα α', τὸ ὅποιον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὅμολογὸν τμῆμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνος (σχ. 298).

α) Τηλεόρασις. Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ εἰκονοσκόπιον τοῦ **Zworykin**. Τοῦτο εἶναι σωλὴν **Braum**, ὁ ὅποιος φέρει εἰς τὸ ἔσωτερικὸν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 299). Ἡ μία ἐπιφά-

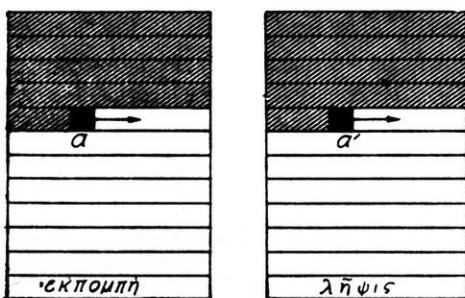
νεια τῆς πλακός ἔχει καλυψθῆ μὲ πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καισίου, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακός καλύπτεται μὲ μεταλλικὴν πλάκα (ἡλεκτρόδιον). Οὕτως ἔκαστον τεμάχιον καισίου καὶ τὸ



Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεόρασεως



σει καλεῖται **τηλεόρασις**, ή δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο ὅμως περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μᾶς ὀλόκληρος ή εἰκών. Διὰ τοῦτο

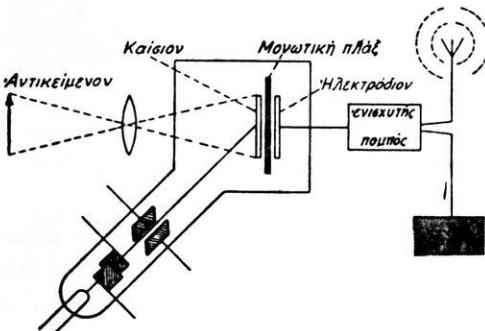


ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ δόποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διαιρεῖται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζῶναι «σαρώνονται» ἡ μία κατόπιν τῆς ξληγῆς ύπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὀλοκλήρου τῆς εἰκόνος γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ δόποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς.

χρόνον μικρότερον τοῦ 1/16 τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγωνται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ δόποια ἀνελύθῃ ἡ εἰκών. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμὴν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἐν τμῆμα α' , τὸ δόποιον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ δύολογὸν τμῆμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνος (σχ. 298).

α) Τηλεόρασις. Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **είκονοσκόπιον τοῦ Zworykin**. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὁ ὄποιος φέρει εἰς τὸ ἔσωτερικὸν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα **Σχ. 299.** Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεοράσεως



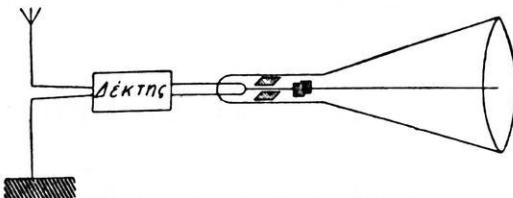
νεια τῆς πλακός ἔχει καλυφθῆ μὲ πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καισίου, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακός καλύπτεται μὲ μεταλλικὴν πλάκα (τήλεκτρόδιον). Οὕτως ἔκαστον τεμάχιον καισίου καὶ τὸ

Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Röntgen

1. Σωλήν τοῦ Grookes μὲ σκιάν ἐνὸς σταυροῦ.
2. Παλαιός τύπος σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen.
3. Σωλήν ἀκτίνων Röntgen μὲ κάθιδον ψυχομένην δι' ὅδατος.
4. Σωλήν ἀκτίνων Röntgen μὲ κάθιδον ψυχομένην δι' ἀέρος.
5. Σωλήν τοῦ Coolidge.
6. Ἐξέτασις θώρακος μὲ τὴν Յοήθειαν τοῦ φθορίζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις).

άντιστοιχον τμῆμα τοῦ ήλεκτροδίου ἀποτελεῖ μικρό τα τον πυκνωτήν. Μὲ τὴν βοήθειαν φακοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ στρώματος τοῦ καισίου τὸ πραγματικὸν εἰδώλον τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνος. Τότε ἀπὸ ἔκαστον τεμάχιον τοῦ καισίου ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἔκαστον τεμάχιον καισίου ἀποκτᾶθετικὸν φορτίον, ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἡ ὧποια ἐπεσεν ἐπὶ τῶν τεμαχίων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον οἱ μικρότατοι πυκνωταὶ φορτίζονται. "Επειτα ἡ καθοδικὴ δέσμη ἀρχίζει νὰ σαρώῃ διαδοχικῶς τὰς διαφόρους σειρὰς τῶν τεμαχίων τοῦ καισίου. Τὰ ήλεκτρόνια τῆς καθοδικῆς δέσμης ἔξουδετερώνουν τὸ θετικὸν φορτίον ἔκαστου τεμαχίου καισίου. Αὐτὴ ἡ ἔξουδετέρωσις ἰσόδυναμεῖ μὲ ἐκκένωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὧποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, διαβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, ὅπου διαμορφώνουν τὰ ἐκπεμπόμενα ήλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Μὲ τὸ εἰκονοσκόπιον ἐπιτυγχάνομεν ἀφ' ἐνὸς μὲν τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν μετατροπὴν τῶν φωτεινῶν διαφορῶν τῆς εἰκόνος εἰς διαφορὰς ἐντάσεως ρεύματος, αἱ ὧποιαι προκαλοῦν ὑντιστοίχους διαμορφώσεις τοῦ φέροντος κύματος.

'Ο δέκτης τηλεοράσεως εἶναι συνήθης ραδιοφωνικὸς δέκτης, ὁ ὧποιος συνδέεται μὲ σωλῆνα Braun (σχ. 300). Τὰ ήλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὧποια προσπίπτουν ἐπὶ τῆς κερκίας, δημιουργοῦν ρεύματα. Ταῦτα ἐνισχύονται καταλλήλως καὶ ρυθμίζουν τὴν ἔντασιν τῆς καθοδικῆς δέσμης. Οὕτως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἀναπαράγεται ἡ εἰκὼν, διότι εἰς ἔκαστην στιγμὴν ἡ λαμπρότης τοῦ διαφράγματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινότητα τοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ἔκεινην ἐκφοτιζομένου στοιχειώδους πυκνωτοῦ. 'Επειδὴ ὅλοκληρος ἡ εἰκὼν ἀναπαράγεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἰς χρέον μικρότερον τοῦ 1/16 δευτερολέπτου, δὲ δρθαλμὸς δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν διαδοχικὴν μεταβίβασιν τμημάτων τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὴν τηλεόρασιν χρησιμοποιοῦνται μόνον ὑπερβραχέα κύματα, τὰ ὧποια δύνανται νὰ φθάσουν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν.



Σχ. 300. Σχηματικὴ παράστασις δέκτου τηλεοράσεως.

β) Τηλεφωτογραφία. 'Η μεταβίβασις έντύπου εἰκόνος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ιδίας ἀρχῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται καὶ ἡ τηλεόρασις μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν ἡ σάρωσις τῆς εἰκόνος εἶναι πολὺ βραδυτέρα. Εἰς τὸν δέκτην ἡ εἰκὼν ἀποτυπώνεται ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν χρησιμοποιοῦνται τὰ συνήθη ραδιοφωνικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν. 'Η τηλεφωτογραφία ἐφαρμόζεται σήμερον εύρυτατα ὑπὸ τῆς δημοσιογραφίας διὰ τὴν ταχεῖαν μετάδοσιν φωτογραφιῶν ἐπικαίρων γεγονότων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

184. Ραδιοφωνικός σταθμός ἔκπεμπει εἰς μῆκος κύματος 40 m. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας εἰς μεγακύλους/sec;

185. Ραδιοφωνικός σταθμός ἔκπεμπει εἰς συχνότητα 15 μεγακύλων/sec. Εἰς ποιὸν μῆκος κύματος γίνονται αἱ ἔκπομπαι του;

186. Σταθμός ἔκπεμπει εἰς μῆκος κύματος 400 m. Εἰς πόσας περιόδους τὰ ἡλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται εἰς ἀπόστασιν 100 km;

187. Διεγέρτης τοῦ Hertz ἀποτελεῖται ἀπὸ πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = \frac{1}{\pi \cdot 10^6}$ H καὶ ἀπὸ πυκνωτὴν χωρητικότητος $C = \frac{1}{\pi \cdot 10^{10}}$ F. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος καὶ ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων;

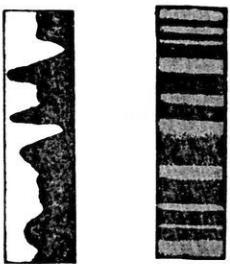
ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Όμιλῶν κινηματογράφος.—Εἰς τὸν ὄμιλοῦντα κινηματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ξηρῶν. Γενικῶς ἡ ἀπότυπωσις τοῦ ξηροῦ καλεῖται φωνοληψία. Διὰ νὰ ἀποτυπωθῇ ὁ ξηρός ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας, πρέπει ὁ ξηρός νὰ μετατραπῇ εἰς φῶς. 'Η μετατροπὴ αὐτῆς γίνεται εύκόλως κατὰ τὴν ἔξης σειράν :

ξηρός → ἡλεκτρικὸν ρεῦμα → φῶς

'Η μετατροπὴ τοῦ ξηρού εἰς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ μικροφώνου. Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ, μετατρέπε-

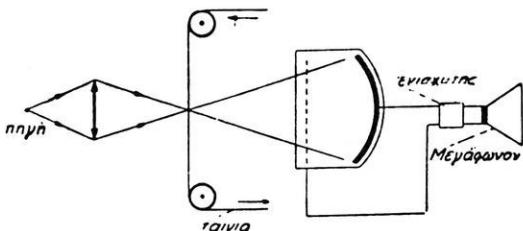
ται εἰς φῶς κατὰ διαφόρους τρόπους, ἐκ τῶν ὁποίων ἀπλούστερος εἶναι ὁ ἔξης: Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου διέρχεται διὰ μιᾶς εἰδικῆς λυχνίας, τῆς ὁποίας ἡ φωτεινὴ ροή εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἑντασίν τοῦ ρεύματος. Αἱ μεταβολαὶ αὐταὶ τοῦ φωτὸς τῆς λυχνίας ἀποτυπώνονται ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας, ὑπὸ μορφὴν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν διάφορον βαθμὸν ἀμαρτώσεως (σχ. 301). Αἱ ζῶναι αὗται καταγράφονται παραπλεύρως τῶν ἀντιστοίχων εἰκόνων.



Σχ. 301. Ο ἥχος καταγράφεται ὑπὸ μορφὴν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαρτώσεως.

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἥχου γίνεται κατὰ τὴν ἔξης σειράν: **φῶς → ἡλεκτρικὸν ρεῦμα → ἥχος**

Ἡ μετατροπὴ τοῦ φωτὸς εἰς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου. Ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται μεταξὺ μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου (σχ. 302). Ἡ ἑντασίς τῶν φω-



Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἥχων εἰς τὸν τογλεκτρικῶν ρευμάτων διμιούντα κινηματογράφον.

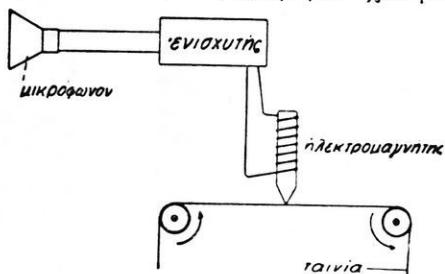
μαρτάρται ἀπὸ τὴν ἀ-

μαρτάρται τῆς ταινίας.

Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ ὄπισθεν τῆς ὁθόνης εὑρισκόμενον μεγάφωνον, τὸ ὅποῖον μετατρέπει τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἥχον.

252. Μαγνητόφωνον.—Τελευταίως ἀνεπτύχθη νέος τρόπος καταγραφῆς τοῦ ἥχου. Ἡ καταγραφὴ τοῦ ἥχου γίνεται ἐπὶ χαλυβδίνης ταινίας ὑπὸ τὴν μορφὴν περιοχῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν μαγνητίσεως. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἥχου ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται διμαλῶς ἐμπροσθεν τοῦ πόλου ἐνδὲ ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μι-

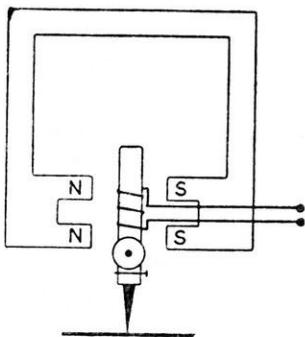
κροφώνου, τὸ έποιον ἔχει προηγουμένως ἐνισχυθῆ. Ὡς διερχομένη ἐμπροσθεν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου χαλυβδίνη τανία μαγνητίζεται, ἀλλ'



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου.

ροντος πυρήνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηνίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἥχος. Ὡς συσκευὴ τῆς τοι-αύτης καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἥχου καλεῖται μαγνητόφωνον.

253. Ἀναπαραγωγὸς ἥχου (πικάπ).—Οἱ ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφεὶς ἥχοις ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἡ ὅποια καλεῖται ἡλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἥχου. Ὡς συσκευὴ αὕτη καλεῖται κοινῶς πικάπ (Pick-up) καὶ μετατρέπει τὰς μηχανικὰς ταλαντώσεις τῆς βελόνης τοῦ γραμμοφώνου εἰς ἀντίστοιχα ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Ὡς βελόνη είναι στερεωμένη εἰς μικρὰν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὅποια δύναται νὰ μετακινήται ἐντὸς τοῦ ὅμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 304). Ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπάρχει Σχ. 304. Ἐντὸς τοῦ πηνίου παπηνίον. Αἱ μετακινήσεις τῆς ράβδου δη-ράγονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα. μιουργοῦν ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἥχος.

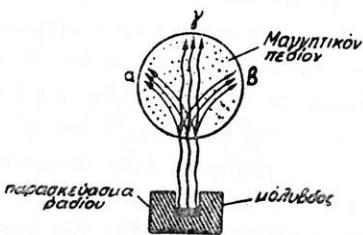
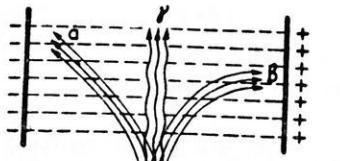


ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

254. Ραδιενεργά στοιχεῖα.—Ο Bequerel (1896), δύο χρόνου μετά τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ οὐράνιον καὶ τὰ ἄλατα αὐτοῦ ἐκπέμπουν συνεχῶς ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὥσποια διέρχεται διὰ μέσου ἀδιαφανῶν σωμάτων, προσβάλλει τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἡ ἴδιότης τῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν αὐτομάτως τοιαύτην ἀκτινοβολίαν ἔκλήθη **ραδιενέργεια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ραδιενέργεια εἶναι ἴδιότης καθαρῶς πυρηνικὴ καὶ δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὴν χημικὴν ἔνωσιν τοῦ ἀτόμου μὲ ἀτομακὰ ἄλλων στοιχείων. Τὰ στοιχεῖα, τὰ ὥσποια ἔχουν τὴν ἴδιότητα τῆς ραδιενέργειας, καλοῦνται ραδιενέργα στοιχεῖα. Υπάρχουν 30 περίπου ραδιενέργα στοιχεῖα, τὰ ὥσποια εἶναι σχεδὸν ὅλα στοιχεῖα μεγάλου ἀτομικοῦ βάρους. Οὕτω ραδιενέργα στοιχεῖα εἶναι τὸ **οὐράνιον**, τὸ ἀκτίνιον, τὸ θεριόν καὶ ἴδιαιτέρως τὸ **ράδιον**, τὸ ὥσποιον ἀνεκάλυψεν τὸ ζεῦγος Curie (1898).



255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἰς τρία εἴδη ἀκτίνων, αἱ ὥσποιαι διεθνῶς χαρακτηρίζονται διὰ τῶν

Σχ. 305. Ἀνάλυσις τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδίου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου.

γραμμάτων α, β καὶ γ τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 305). Αἱ ἀκτίνες α καὶ β ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἡλεκτρισμένα σωματίδια, ἐνώ αἱ ἀκτίνες γ εἰναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν τὰ ἀκόλουθα διὰ τὴν φύσιν τῶν τριῶν ἀκτινοβολιῶν, τὰς ὄποιας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα :

I. Αἱ ἀκτίνες α ἀποτελοῦνται ἀπὸ θετικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὄποια καλοῦνται σωματίδια α. Ἔκαστον σωματίδιον α είναι ὁ πυρήνη ἐνὸς ἀτόμου ἥλιου, φέρει ἐπ’ αὐτοῦ δύο στοιχειώδη ἡλεκτρικὰ φορτία καὶ κινεῖται μὲ ταχύτητα 15 000 ἔως 25 000 km/sec.

II. Αἱ ἀκτίνες β ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὄποια καλοῦνται καὶ σωματίδια β. Ἔκαστον σωματίδιον β είναι ἐν ἡλεκτρόνιον, τὸ ὄποιον κινεῖται μὲ ταχύτητα 120 000 ἔως 290 000 km/sec.

III. Αἱ ἀκτίνες γ είναι ἡλεκτρομαγνητικαὶ ἀκτινοβολίαι, τῶν ὄποιων τὰ μήκη κύματος είναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen.

256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.— Εἴναι φανερὸν ὅτι τὸ σωματίδιον α ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου. Ἀς θεωρήσωμεν ἐν ἀτομον ραδίου, τὸ ὄποιον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 226. Ὁταν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδίου ἀποσπασθῇ ἐν σωματίδιον α, δηλαδὴ ὁ πυρήνη ἐνὸς ἀτόμου ἥλιου, τότε ὁ ἀπομένων πυρήνη δὲν είναι πλέον πυρήνη ἀτόμου ραδίου. Διότι ὁ ἀπομένων πυρήνη ἀνήκει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 222. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσε νὰ ἀποδείξῃ ὅτι τὸ νέον τοῦτο στοιχεῖον είναι ἐν εὐγενὲς ἀέριον, τὸ ὄποιον ἐκλήθη ραδίον (Rn). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο είναι ἐπίσης ραδιενεργὸν καὶ δι’ ἐκπομπῆς ἐνὸς σωματίδιον α μεταπίπτει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 218 καὶ τὸ ὄποιον καλεῖται ραδίον A (RaA). Ἐπειδὴ μὲ κανὲν μέσον δὲν δυνάμεθα νὰ ἐπηρεάσωμεν τὴν ἐκπομπὴν τῶν ἀκτινοβολιῶν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων, συνάγεται ὅτι ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων είναι ἀποτέλεσμα αὐτομάτου ἐκρήξεως τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ ἐκρήξις αὐτὴ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν μετάπτωσιν τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου εἰς στοιχεῖον ἔχον μικρότερον ἀτομικὸν βάρος. Οὕτως ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι :

Οι πυρήνες 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 εὑρέθη ὅτι, ἀν σήμερον ἔχωμεν 1 gr ραδίου, μετὰ παρέλευσιν 1600 ἑτῶν θὰ ἔχουν ἀπομείνει 0,5 gr ραδίου. 'Ο χρόνος οὗτος εἶναι χαρακτηριστικὸς δι' ἔκκαστον ραδιενεργὸν στοιχείον.

Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου καλεῖται ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ δποίου μεταστοιχειώνεται τὸ ἥμισυ τῆς μάζης τοῦ στοιχείου.

'Ο χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ κυμαίνεται ἀπὸ 10^{10} ἔτη (διὰ τὸ θόριον) ἕως 10^{-9} τοῦ δευτερολέπτου (θόριον C').

258. Αἱ τέσσαρες σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—"Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ράδιον εἶναι ἐν ἐνδιάμεσον μέλος μιᾶς σειρᾶς μεταστοιχειώσεων. Πρῶτον μέλος τῆς σειρᾶς αὐτῆς εἶναι τὸ

***Η σειρὰ τοῦ οὐρανίου**

ΣΤΟΙΧΕΙΟΝ	ΑΤΟΜΙΚΌΝ ΒΆΡΟΣ	ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	ΧΡÓΝΟΣ ὝΠΟΔΙΠΛΑΣΙΑΣΜΟῦ
Οὐράνιον I	238	α	$4,5 \cdot 10^9$ ἔτη
Οὐράνιον II	234	α	$1,7 \cdot 10^5$ ἔτη
Ίονιον	230	α	$8 \cdot 10^4$ ἔτη
Ράδιον	226	α,β,γ	1600 ἔτη
Ραδόνιον	222	α	3,8 ἥμέραι
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 ἥμέραι
Ράδιον F	210	α	140 σταθερὸν
Μόλυβδος	206	—	

ούρανιον. Τὰ μέλη τῆς σειρᾶς αὐτῆς ἀποτελοῦν τὴν **σειρὰν τοῦ οὐρανίου**, ἐκ τοῦ ὅποιου διὰ διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων προκύπτουν τὰ ἄλλα ραδιενεργὰ στοιχεῖα τῆς σειρᾶς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου, εὑρέθη 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 προϊόν τῶν διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων εἶναι τὰ σταθερὰ στοιχεῖα μόλυβδος καὶ βισμούθιον. "Ωστε :

"Υπάρχουν τέσσαρες σειραὶ ραδιενεργῶν στοιχείων, ἔχουσαι ὡς πρῶτα μέλη τὰ στοιχεῖα οὐράνιον, ἀκτίνιον, 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	Στοιχεῖον	Ἀτομικὸν βάρος	Μαζικὸς ἀριθμὸς A
1	Ὑδρογόνον	H	1,008
2	"Ηλιον	He	4,003
3	Λίθιον	Li	6,940
4	Βηρύλλιον	Be	9,013
5	Βόριον	B	10,820
6	"Ανθραξ	C	12,010
7	"Αζωτον	N	14,008
8	'Οξυγόνον	O	16,000
9	Φθόριον	F	19,000
10	Νέον	Ne	20,183
11	Νάτριον	Na	22,997
12	Μαγνήσιον	Mg	24,320
13	'Αργύριον	Al	26,970
14	Πυρίτιον	Si	28,060
15	Φωσφόρος	P	30,980
16	Θεῖον	S	32,066
x.t.l.			32

Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων τούτων μεταβάλλονται περιοδικῶς, καθ' ὃσον αὔξανονται τὰ ἀτομικὰ

βάρη. Ούτω τὸ δέκατον στοιχεῖον (Ne) ὁμοιάζει μὲ τὸ δεύτερον στοιχεῖον (He), τὸ ἐνδέκατον στοιχεῖον (Na) ὁμοιάζει μὲ τὸ τρίτον (Li),... τὸ δέκατον ἔκτον (S) ὁμοιάζει μὲ τὸ διγδον (O) κ.ο.κ. "Ωστε αἱ χημικαὶ ἴδιότητες τῶν στοιχείων ἐπιναλαμβάνονται περιοδικῶς, ἐφ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐλαφρότερα πρὸς τὰ βαρύτερα ἄτομα. Ἡ παρατήρησις αὐτῆς ἔδωσεν ἀφορμὴν εἰς τὸν Mendelejeff (1869) νὰ συντάξῃ τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων. Οἱ αὕτων ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου εἰς τὸν πίνακα, τὸν ὃποῖον σχηματίζομεν, ὅταν καταγράψωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, καλεῖται ἀτομικὸς ἀριθμὸς Ζ τοῦ στοιχείου Τὸ περιοδικὸν σύστημα ἀναγράφεται εἰς τὴν σελίδα 282.

260. Ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—Ἡ περιματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο διακεκριμένα μέρη, τὸν πυρῆνα καὶ τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὃποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (§ 148). Ἡ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

"Οἱ ἀριθμὸς τῶν ἡλεκτρονίων, τὰ ὃποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος εἶναι ἵσος μὲ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν (Ζ) τοῦ στοιχείου.

Ούτω τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει $Z = 11$ ἡλεκτρόνια, τὰ ὃποῖα συνολικῶς φέρουν ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον —11e. Ἐπομένως τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι +11e. Όμοιώς εὐρίσκομεν ὅτι τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ ἀνθρακος εἶναι +6e.

261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν διὰ τὴν μέτρησιν τῆς μάζης τῶν ἀτόμων καὶ τῶν πυρήνων χρησιμοποιεῖται ἡ φυσικὴ κλίμαξ τῶν ἀτομικῶν μαζῶν, εἰς τὴν ὃποίαν ἡ μονὰς δρίζεται ὡς ἔξης :

Εἰς τὴν φυσικὴν κλίμακα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὡς μονὰς μάζης λαμβάνεται τὸ 1/1ό τῆς μάζης τοῦ ἀφθονώτερον εἰς τὴν Φύσιν ἀπαντῶντος Ιστόπου τοῦ δξυγόνου.

"Η μονὰς αὗτη καλεῖται μονὰς ἀτομικῆς μάζης καὶ συμβολίζεται 1 amu (atomic-mass unit). Εὑρίσκεται δὲ ὅτι εἶναι :

$$1 \text{ μονὰς ἀτομικῆς μάζης} : 1 \text{ amu} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$$

Περιοδικό σύστημα τῶν στοιχείων

Περιοδος	*Ομάξ I	*Ομάξ II	*Ομάξ III	*Ομάξ IV	*Ομάξ V	*Ομάξ VI	*Ομάξ VII	*Ομάξ VIII	0
I	1 H 1,008								2 He 4,008
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	20 Ca 40,08	21 Sc 45,10	22 Ti 47,90	23 V 50,95	24 Cr 52,04	25 Mn 54,93	26 Fe 55,85	27 Co 58,94
V	29 Cu 63,57	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,60	33 As 74,91	34 Se 78,96	35 Br 79,916	28 Ni 58,69	36 Kr 83,7
	37 Rb 85,48	38 Sr 87,63	39 Y 88,92	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc (99)	44 Ru 104,7	45 Rh 102,94
	47 Ag 107,880	43 Cd 112,41	49 In 114,76	50 Sn 118,70	51 Sb 121,76	52 Te 127,24	53 I 126,92	46 Pd 106,7	54 Xe 131,3
VI	55 Cs 132,91	56 Ba 137,36	57 Σωστή γατιά* 80 Hg 197,2	72 Hf 178,6	73 Ta 180,88	74 W 183,92	75 Re 186,31	76 Os 190,2	77 Ir 193,4
VII	79 Au 197,2	80 Hg 200,61	81 Tl 204,39	82 Pb 207,24	83 Bi 209,00	84 Po 210	85 At (240)	78 Pt 195,23	86 Rn 222
	87 Fr (223)	88 Ra 226,05	89 Ac 227,05	90 Th 232,12	91 Pa 234	92 U 238,07			

* Σπένων γαῖα

* Τριπομπάνια στοιχεῖα

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

93 Np
237

94 Pu
239

95 Am
241

96 Cm
242

97 Bk
243

98 Cf
244

99 E
254

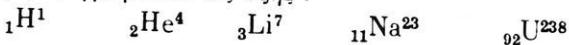
100 Fm
255

101 Mv
256

102 No
257

262. Ἀτομικὴ μᾶζα καὶ μαζικὸς ἀριθμός. — Εἰναι γνωστὸν ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου εἶναι σχεδὸν δλόκληρος 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 ἀκριβής μέτρησις τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ἀπέδειξεν ὅτι δλαι αἱ ἀτομικαὶ μᾶζαι προσεγγίζουν πρὸς ἀκέραιον ἄριθμόν. 'Ο ἀκέραιος ἄριθμὸς, πρὸς τὸν ὑποῦν προσεγγίζει ἡ ἀτομικὴ μᾶζα τοῦ ἀτόμου, καλεῖται **μαζικὸς ἄριθμὸς Α** τοῦ ἀτόμου (βλ. πίνακα σελ. 280). 'Ο ἄριθμὸς οὗτος ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.

263. Συμβολικὴ γραφὴ τῶν ἀτομικῶν πυρῆνων. — Εἰς ἔκχαστον ἀτομικὸν πυρῆνα ἀντιστοιχοῦν δύο θεμελιώδεις ἄριθμοί: ὁ **ἀτομικὸς ἄριθμὸς Ζ** καὶ ὁ **μαζικὸς ἄριθμὸς Α**. Οἱ δύο οὗτοι ἄριθμοὶ ἔχουν ἴδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν καὶ σημειώνονται ἐκχέτρωθεν τοῦ συμβόλου Σ τοῦ στοιχείου ὡς ἔξῆς: $z\Sigma^A$. Οὕτω οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες γράφονται ὡς ἔξῆς:



264. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. — Εἰναι γνωστὸν ὅτι ἡ φυσικὴ ραδιενέργεια δφείλεται εἰς αὐτόματον ἔκρηξιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα κατορθώνει νὰ προκαλῇ διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τῶν σταθερῶν στοιχείων. Κατὰ τὴν διάσπασιν αὐτὴν ἔξέρχονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα σωματίδια, τὰ δόποια δυνάμεθα νὰ τὰ μελετήσωμεν. Αἱ μέχρι σήμερον ἔρευναι ἀποδεικνύουσιν ὅτι δλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο εἰδη σωματιδίων, τὰ δόποια καλοῦνται **πρωτόνια** καὶ **νετρόνια**. Τὰ δύο αὐτὰ εἰδη σωματιδίων καλοῦνται γενικῶς **νουκλεόνια** (ἀπὸ τὸ nucleus = πυρήν).

α) Τὸ **πρωτόνιον** (σύμβολον $_1\text{H}^1$) εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρήν τοῦ ὑδρογόνου, δηλ. εἶναι τὸ ἰὸν ὑδρογόνου. Φέρει ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ($+e$) καὶ ἔχει μᾶζαν περίπου ἵσην 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, οὕτε ἀπωθεῖται, οὕτε ἔλκεται ἀπὸ τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας καὶ συνεπῶς κατορθώνει νὰ πληγ-σιάζῃ πρὸς τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας ἐλευθέρως. Ἀφθονα νετρόνια λαμ-βάνονται, ὅταν βομβαρδίζεται τεμάχιον βηρυλλίου (Be) μὲ σωματίδια α (δηλ. μὲ ἀκτῖνας α ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου). Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα :

I. Ὄλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦντο 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 ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον (+ e), ἐνῶ τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον.

<i>Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Ζ</i>	<i>Νουκλεόνιον</i>	<i>Μᾶζα εἰς amu</i>	<i>Μᾶζικὸς ἀριθμὸς Α</i>	<i>Ἡλεκτρικὸν φορτίον εἰς Cb</i>
1	πρωτόνιον ${}_1^{\text{H}}$	$m_p = 1,00759$	1	$+ 1,60 \cdot 10^{-19}$
0	νετρόνιον ${}_0^{\text{n}}$	$m_n = 1,008987$	1	0

265. Ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυ-ρῆνος.—Τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος δύείλεται ἀποκλει-στικῶς εἰς τὰ πρωτόνια, τὰ ὅποια περιέχει ὁ πυρήν. Ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ ἥλιου ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν $A = 4$ καὶ ἀτομικὸν ἀριθμὸν $Z = 2$. Ἀρα ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ ἥλιου φέρει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον $+2e$ καὶ συνεπῶς ὁ πυρὴν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια. Ἐπειδὴ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου εἶναι σχεδὸν ἵση μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης, ἔπειται ὅτι ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς $A = 4$ φανερώνει τὸν ἀριθμὸν τῶν νουκλεονίων, τὰ ὅποια περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ ἥλιου. “Ωστε ὁ πυρὴν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνά-γονται τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

I. Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων, τὰ ὅποια περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρήν.

II. Ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς A ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἄθροισμα

τοῦ ἀριθμοῦ Z τῶν πρωτονίων καὶ τοῦ ἀριθμοῦ N τῶν νετρονίων, τὰ δποῖα περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρήνη.

$$\boxed{A = Z + N \\ \text{νουκλεόνια} = \text{πρωτόνια} + \text{νετρόνια}}$$

III. Ὁ ἀριθμὸς N τῶν νετρονίων ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἵσος μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ μαζικοῦ ἀριθμοῦ A καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ Z τοῦ πυρῆνος.

$$\boxed{N = A - Z \\ \text{νετρόνια} = \text{νουκλεόνια} - \text{πρωτόνια}}$$

Οὕτω ὁ πυρὴν οὐρανίου $_{92}\text{U}^{238}$ περιέχει : $N = 238 - 92 = 146$ νετρόνια.

266. Ἰσότοπα στοιχεία.— Αἱ χημικαὶ ἴδιότητες ἐνὸς στοιχείου ἔξαρτῶνται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὰ πέριξ τοῦ πυρῆνος ὑπάρχοντα ἡλεκτρόνια. "Οταν λοιπὸν ἡ Χημεία εὑρίσκῃ ὅτι δύο ἄτομα ἔχουν τὰς αὐτὰς χημικὰς ἴδιότητας, διαπιστώνει ἀπλῶς ὅτι οἱ δύο ἀτομικοὶ πυρῆνες περιβάλλονται ἀπὸ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων καὶ συνεπῶς οἱ δύο αὐτοὶ ἀτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτόνιων. Αἱ πειραματικαὶ ἔρευναι τῶν Thomson (1912) καὶ Aston (1919) ἀπέδειξαν ὅτι δύο ἄτομα εἰναι δυνατὸν νὰ ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμόν, ἀλλὰ νὰ ἔχουν διαφορετικὴν μᾶζαν. Οὕτω π.χ. ἀπεδείχθη ὅτι τὸ ὑδρογόνον, τὸ ὄποιον ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1, ἐμφανίζεται ὑπὸ τὴν μορφὴν τριῶν ἀτομικῶν πυρήνων. 'Τούρχουν δηλαδὴ τρία εἰδη ἀτόμων ὑδρογόνου, τὰ ὄποια ἔχουν διαφορετικὰς ἀτομικὰς μᾶζας :

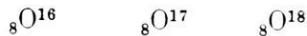
$$1,008145 \quad 2,014741 \quad 3,016997$$

'Η διαφορὰ αὐτὴ τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν εἰναι δυνατὸν νὰ ἀποτελῆται ἀπὸ μόνον 1 πρωτόνιον ($\chi \circ \iota \nu \delta \nu \bar{\eta} \nu \delta \rho \circ \gamma \circ \nu \circ \nu$) ἢ δύναται νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 1 νετρόνιον ($\delta \epsilon \nu \tau \epsilon \rho \nu \bar{\eta} \beta \alpha \bar{\eta} \bar{\nu} \bar{\delta} \bar{\rho} \bar{\gamma} \bar{o} \bar{n} \bar{o} \nu$) ἢ τέλος εἰναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 2 νετρόνια ($\tau \bar{\rho} \iota \nu \iota \nu \bar{\eta} \bar{T}$). Τὰ τρία αὐτὰ ὑδρογόνα καλοῦνται **ἰσότοπα στοιχεία** καὶ σημειώνονται ὡς ἔξῆς :

$${}_1\text{H}^1 \quad {}_1\text{H}^2 \quad {}_1\text{H}^3$$

'Ισότοπα καλοῦνται τὰ στοιχεία, τὰ ὄποια ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z , διάφορον ὅμως μαζικὸν ἀριθμὸν A .

Ούτως ίπάρχουν δύο ισότοπα του γλωβίου $^{17}\text{Cl}^{35}$ και $^{17}\text{Cl}^{37}$. Επίσης ίπάρχουν οι άκαλουθοι τρεῖς τύποι άτομικῶν πυρήνων δέξιγόνου:



Σήμερον είναι γνωστοί 1200 περίπου τύποι άτομικῶν πυρήνων, έκ τῶν όποιων μόνον 280 είναι σταθεροί. "Οπως παρατηροῦμεν εἰς τὰ ισότοπα του δέξιγόνου, οἱ άτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν άριθμὸν πρωτονίων Z, διαφορετικὸν δόμως άριθμὸν νετρονίων N. Εἰς τὴν σελίδα 299 ἀναγράφονται τὰ φυσικὰ σταθερὰ στοιχεῖα καὶ τὰ ισότοπα αὐτῶν.

Τὸ βαρύ θδωρ. Τὸ δευτέριον ἐνώνεται μὲ τὸ δέξιγόνον, δύος καὶ τὸ κοινὸν θδρογόνον. Οὔτως δόμως προκύπτει μόριον θδατος, τὸ όποιον ἔχει μοριακὸν βάρος 20. Τὸ θδωρ τοῦτο καλεῖται **βαρύ θδωρ** καὶ ἀνεκαλύφθη ἀπὸ τὸν Urey (1932) ἐντὸς τοῦ θδατος, τοῦ λαμβανομένου ἀπὸ τὰς λεκάνας ἡλεκτρολύσεως. Τὸ βαρύ θδωρ εἰς 4°C ἔχει πυκνότητα 1,104 gr/cm³. Αἱ φυσικαὶ ίδιότητες τοῦ βαρέος θδατος είναι διάφοροι ἀπὸ τὰς ίδιότητας τοῦ κοινοῦ θδατος. Οὔτω τὸ βαρύ θδωρ ἔχει θερμοκρασίαν πήξεως $3,8^{\circ}\text{C}$ καὶ θερμοκρασίαν βρασμοῦ $101,4^{\circ}\text{C}$. Διὰ τοῦτο τὸ βαρύ θδωρ είναι εύκολον νὰ διαχωρισθῇ ἀπὸ τὸ κοινὸν θδωρ διὰ κλασματικῆς ἀποστάξεως.

267. Ποζιτρόνιον.—'Απὸ τὰς πειραματικὰς ἐρεύνας τοῦ Anderson (1932) ἀπεδείχθη ὅτι εἰς ὥρισμένας περιπτώσεις μεταστοιχειώσεων ἐμφανίζεται καὶ ἐν ἄλλῳ σωματίδιον, τὸ όποιον ἐκλήθη **ποζιτρόνιον**, ἢ δὲ διάρκεια τῆς ίπάρξεως του είναι ἐλάχιστη.

Τὸ ποζιτρόνιον ἔχει μᾶζαν ἵσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ φέρει ἐν στοιχειώδεις θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον.

Τὸ ποζιτρόνιον είναι λοιπὸν ἐν θετικὸν ἡλεκτρόνιον καὶ γεννᾶται ὅταν ἐν πρωτόνιον μετασχηματίζεται εἰς νετρόνιον ἢ ὅταν κοσμικαὶ ἀκτῖνες ἢ πολὺ διεισδυτικαὶ ἀκτῖνες γη προσπίπτουν ἐπὶ τῶν ἀτόμων τῆς οὐλῆς. 'Η πειραματικὴ ἐρεύνα ἀπέδειξεν ὅτι, ὅταν ἐπὶ τῆς οὐλῆς προσπίπτῃ ἐν φωτόνιον ἀκτίνων γ, φέρον μεγάλην ἐνέργειαν, τότε παράγονται ἐν ἡλεκτρονίον καὶ τοῦ ποζιτρονίου είναι ἰσοδύναμον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτονίου (σχ. 309 γ). Τὸ περίφημον τοῦτο πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι

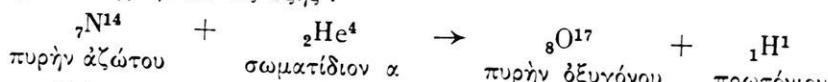
είναι δυνατή ή μετατροπή της ἐνεργείας εἰς υλήν, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ισοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας.

‘Υποστομικὰ σωματίδια

Σωματίδιον	Μᾶζα	Ηλεκτρικὸν φορτίον
ἥλεκτρόνιον e^- , $-_1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
πολετρόνιον 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

Π Y R H N I K A I A N T I Δ P A S E I S

268. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις. — Πρῶτος ὁ Rutherford ἐπέτυγχε τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν ἐκτελέσας τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Ἐβομβάρδισεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ἀξώτου μὲ σωματίδια α (δηλ. μὲ ἀτομικοὺς πυρῆνας ἥλιου) καὶ ἔλαβεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ὀξυγόνου καὶ ὄδρογόνου. Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν, ἡ ὥποια γράφεται ὡς ἔξης :

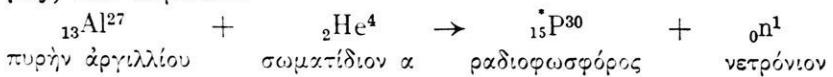


Σήμερον ἡ Πυρηνικὴ Φυσικὴ ἐπιτυγχάνει πλῆθος πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, δηλαδὴ ἐπιτυγχάνει τὴν τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν. Πολλὰ ἐκ τῶν προϊόντων τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων είναι ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες. Οὗτοι αὐτομάτως μεταστοιχείωνονται· διὰ νὰ μετατραποῦν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Ἡ μεταστοιχείωσις αὐτὴ συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἔκπομπὴν ἀκτινοβολίας, ἥτοι οἱ ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες είναι ραδιενέργοι. “Ωστε :

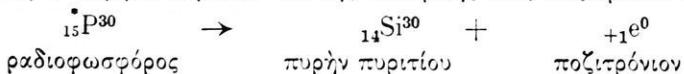
Διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων ἐπιτυγχάνεται τεχνητὴ μεταστοιχείωσις καὶ δημιουργία τεχνητῶν ραδιενέργων στοιχείων.

Οὕτως ἀπὸ τὸν βομβαρδισμὸν ἀτομικῶν πυρῆνων ἀργιλλίου μὲ σω-

ματίδια α προκύπτει τεχνητὸς ραδιενεργὸς φωσφόρος (**ραδιοφωσφόρος**) καὶ νετρόνιον:

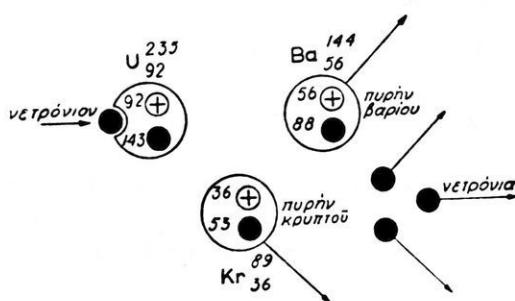


Ο ἀσταθῆς πυρὴν τοῦ ραδιοφωσφόρου μεταστοιχειώνεται ἔπειτα εἰς σταθερὸν πυρῆνα πυριτίου διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἑνὸς ποζιτρονίου:



Τὰ τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἔχουν σήμερον μεγάλην σημασίαν διὰ τὰς βιολογικὰς ἐρεύνας καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς.

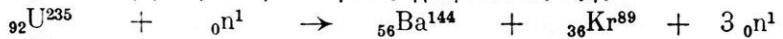
269. Διάσπασις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου.— Τὸ πείραμα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὸ ισότοπον τοῦ οὐρανίου, τὸ ὃποῖον ἔχει μαζικὸν ἀριθ-



μὸν 235, ἔχει τὴν ἔξης ιδίοτητα: "Οταν ὁ πυρὴν τοῦ οὐρανίου τούτου βομβαρδισθῇ μὲν νετρόνιον, τότε ὁ πυρὴν οὗτος **διασπᾶται** εἰς δύο τμήματα, ἐκ τῶν ὃποίων τὸ μὲν ἐν εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ βαρίου, τὸ δὲ ἄλλο εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ κρυπτοῦ (σχ.

306. Σχηματικὴ παράστασις τῆς σχάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου 235.

306. Ἡ πυρηνικὴ αὐτὴ ἀντιδρασις γράφεται ὡς ἔξης:



Παρατηροῦμεν ὅτι προκύπτουν καὶ 3 νετρόνια, τὰ ὃποῖα δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν διάσπασιν νέων πυρῆνων οὐρανίου (**ἀλυσωτὴ πυρηνικὴ ἀντιδρασις**). Κατὰ τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου εὑρέθη ὅτι ἐλευθερώνεται τεραστία ἐνέργεια (50 ἐκατομμύρια φορᾶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν θερμότητα, τὴν ὃποίαν προσφέρει κατὰ τὴν καῦσιν του τὸ ἀτομον τοῦ ἀνθρακος). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω πυρηνικῆς ἀντιδράσεως στηρίζεται ἡ ἀτομικὴ βόμβα. Ἡ κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ἐλευθερουμένη ἐνέργεια καλεῖται ἀτομικὴ ἐνέργεια ἢ ἀκριβέστερον πυρηνικὴ ἐνέργεια.

270. Προέλευσις τῆς πυρηνικῆς ἐνέργειας.—Εἰναι γνωστὸν (ἐκ τῆς προηγουμένης τάξεως) ὅτι μᾶζα m ἰσοδύναμεῖ μὲν ἐνέργειαν $E = m \cdot c^2$ δῆπου εἰναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν. Αἱ μετρήσεις ἀποδεικνύουν ὅτι κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις παρατηρεῖται ἀπώλεια μάζης· ἡ μᾶζα αὐτῇ μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. "Ωστε :

Κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ὥρισμένη μᾶζα μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον πυρηνικὴν ἐνέργειαν.

Οὕτως, ἔαν κατὰ μίαν πυρηνικὴν ἀντιδρασιν ἡ ἀπώλεια μάζης ἀνέρχεται εἰς 0,001 gr, τότε ἐλευθερώνεται ἐνέργεια :

$$E = m \cdot c^2 = 0,001 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 9 \cdot 10^{17} \text{ erg}$$

$$E = 25\,000 \text{ kWh}$$

271. Προέλευσις τῆς ήλιακῆς ἐνέργειας.—Διὰ νὰ ἐρμηνεύσουν τὴν προέλευσιν τῆς τεραστίας ἐνέργειας, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ὁ "Ηλιος, διετυπώθη ἡ ὑπόθεσις ὅτι εἰς τὸν "Ηλιον συμβαίνει ἡ ἀκόλουθος πυρηνικὴ ἀντιδρασις :



Τέσσαρα δηλαδὴ πρωτόνια συνενώνονται πρὸς σχηματισμὸν ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἥλιου. Κατὰ τὴν πυρηνικὴν αὐτὴν ἀντιδρασιν τὰ δύο πρωτόνια μετατρέπονται εἰς νετρόνια καὶ διὰ τοῦτο ἀποβάλλονται δύο ποζιτρόνια. Ἡ πυρηνικὴ αὐτὴ ἀντιδρασις συνοδεύεται ἀπὸ κολοσσιαίαν ἔκλυσιν ἐνέργειας, διότι παρατηρεῖται μεγάλη ἀπώλεια μάζης. Υπολογίζουν ὅτι κατὰ δευτερόλεπτον μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν 4 500 000 τόνοιοι ἥλιακῆς μάζης. Ἡ ἀνωτέρω πυρηνικὴ ἀντιδρασις, διὰ τῆς ὁποίας συντίθενται ἀτομικοὶ πυρῆνες ὑδρογόνου πρὸς σχηματισμὸν ἀτομικῶν πυρήνων ἥλιου, καλεῖται σύντηξις καὶ εἶναι μία θερμοπυρηνικὴ ἀντιδρασις, ἡ ὁποία πραγματοποιεῖται εἰς τὴν βόμβαν ὑδρογόνου.

272. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ.—Κατὰ τὴν διάσπασιν ἐνὸς πυρῆνος οὐρανίου ($_{92}\text{U}^{235}$) ἐκλύεται μεγάλη ποσότης ἐνέργειας. Τὰ 20% τῆς ἐνέργειας αὐτῆς ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν καὶ τὰ 80% τῆς ἐκλυομένης ἐνέργειας ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν κινητῆς ἐνέργειας τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Οὕτω τὰ θραύσματα τοῦ πυρῆνος ἐκσφενδονίζονται μὲν μεγάλην ταχύτητα, συγκρούονται μὲν τὰ γειτονικὰ μόρια καὶ συνεπῶς διαχέουν τὴν ἐνέργειάν των ὑπὸ μορφὴν θερμότητος. Αὐτὴν τὴν θερμότητα ἐκμεταλλεύμεθα

εἰς τὸν ἀτομικὸν ἀντιδραστήρα διὰ τὴν παραγωγὴν ὑδροχτυμοῦ. Οἱ παραγόμενοι ὑδροχτυμὸις χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κίνησιν ἀτομιστροβίου, ὁ ὅποῖς παρέχει τὴν ἀπαιτουμένην μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς μίαν γεννητριαὶν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (δῆλον εἰς ἓνα ἐναλλακτήρα). Οὕτως ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος οὐρανίου μετατρέπεται τελικῶς εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σήμερον ὑπάρχουν διάφοροι τύποι ἀτομικῶν ἀντιδραστήρων. Έκτὸς τῆς ἀνωτέρω χρησιμοποιήσεως ὁ ἀτομικὸς ἀντιδραστήρος χρησιμοποιεῖται εὑρίστατα καὶ διὰ τὴν παραγωγὴν διαφόρων ραδιοϊστούπων καὶ διὰ τὴν πρόκλησιν ἄλλων πυρηνικῶν ἀντιδράσεων. Τὰ πρὸς μεταστοιχίωσιν στοιχεῖα εἰσάγονται ἐντὸς καταλλήλων θέσεων τοῦ ἀτομικοῦ ἀντιδραστήρος.

273. 'Υπερουράνια στοιχεία.— Εἰς τὴν Φύσιν ὁ βαρύτερος ἀτομικὸς πυρήνη εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρήνη τοῦ οὐρανίου, ὁ ὅποῖς ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν $A = 238$, δῆλον ὁ πυρήνη $_{92}\text{U}^{238}$. 'Η νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα ἐπέτυχε τὴν παραγωγὴν ἀτομικῶν πυρήνων βαρυτέρων τοῦ πυρήνος οὐρανίου. Οἱ νέοι οὗτοι ἀτομικοὶ πυρήνες ἀνήκουν εἰς στοιχεῖα, τὰ ὅποῖα

'Υπερουράνια στοιχεία

('Ο μαζικὸς ἀριθμὸς A ἀναφέρεται εἰς γνωστὰ ἴσστοπα)

Ἄτομικός ἀριθμὸς Z	Όνομα στοιχείου	Σύμβολον	Μαζικός ἀριθμὸς A
93	Νεπτούνιον	Np	231-241
94	Πλούτωνιον	Pu	232-246
95	Αμερίκιον	Am	237-246
96	Κιούριον	Cm	238-250
97	Μπερκέλιον	Bk	243-250
98	Καλιφόρνιον	Cf	244-254
99	Αἴνστάνιον	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 του ούρανίου. Μέχρι σήμερον παρήχθησαν ύπερουράνια στοιχεῖα μέχρι του άτομικου άριθμου $Z = 103$, ήτοι παρήχθησαν ένδεκα ύπερουράνια στοιχεῖα (βλ. πίνακα σελ. 290). "Ολοι οι ύπερουράνιοι άτομικοι πυρήνες είναι ἀ σταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α ἢ ἀκτίνων β.

274. Τὰ ύποατομικὰ σωματίδια.—'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψε διάφορα ύποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια είναι τὸ ἡλεκτρόνιον, τὸ ποζιτρόνιον, τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον. Ἐκτὸς ὅμως τῶν ἀνωτέρω τεσσάρων ύποατομικῶν σωματίδιων ἀνεκαλύφθησαν καὶ ἄλλα ύποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια είναι :

α) Τὸ νετρίνο, τὸ ὁποῖον είναι σωματίδιον οὐδέτερον, ἔχει ἀσήμαντον μᾶξαν καὶ γεννᾶται, ὅταν ἐν νετρόνιον μεταβάλλεται εἰς πρωτόνιον ἢ ἀντιστρόφως, ὅταν ἐν πρωτόνιον μεταβάλλεται εἰς νετρόνιον.

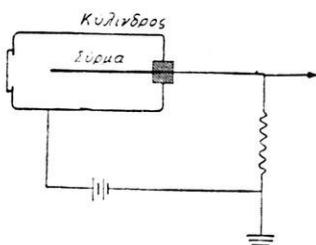
β) Τὸ μεσόνια είναι σωματίδια μὲν ἡλεκτρικὸν φορτίον θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν, ἵσσον μὲν ἐν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον (ε) ἢ εἰναι οὐδέτερο. Ή μᾶξα των περιλαμβάνεται μεταξὺ τῆς μάζης τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τῆς μάζης τοῦ πρωτονίου.

γ) Τὸ ύπερόνια είναι σωματίδια μὲν ἡλεκτρικὸν φορτίον (θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν) ἢ είναι οὐδέτερα. Ή μᾶξα των είναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν μᾶξαν τοῦ πρωτονίου ($_1H^1$) καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὴν μᾶξαν τοῦ δευτερονίου ($_1H^2$).

275. Κοσμικαὶ ἀκτίνες.—'Η παρατήρησις ἀπέδειξεν ὅτι ἐν φορτισμένον ἡλεκτροσκόπιον χάνει δλίγον κατ' δλίγον τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ ἡλεκτροσκόπιον περιβάλλεται ἀπὸ παχεῖαν μεταλλικὴν πλάκα. Ή ἐκφόρτισις αὕτη ἀπεδόθη εἰς ιονισμὸν τοῦ ἀέρος, προκαλούμενον ἀπὸ ἄγνωστον ἀκτινοβολίαν, ἢ ὅποια είναι πολὺ διεισδυτική. Αἱ πειραματικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν (Hees, Kolhörster, Millikan, Bowen κ.ἄ.) ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης βαίνει αὐξανομένη, καθ' ὃσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. 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 διεισδυτικὴν ἴκανότητα, δυνάμεναι νὰ διέλθουν διὰ πλακός μολύβδου, ἢ ὅποια ἔχει πάχος πολλῶν μέτρων, ἢ διὰ στρώματος ὅδατος πάχους 250 μέτρων.

Διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, ὡς καὶ ἄλλων σωματιδίων, χρησιμοποιοῦνται συνήθως αἱ ἔξης τρεῖς μέθοδοι: α) ἡ ταχύτης ἐξ φορτίσεως τοῦ ἡλεκτροσκοπίου, β) ἡ ἀπαριθμητής Geiger - Muller καὶ γ) ὁ θάλαμος Wilson.

Ο ἀπαριθμητής Geiger - Muller ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸν μεταλλικὸν σωλῆνα, ὁ ὅποῖς κατὰ τὸν ἀξονά του φέρει τεταμένον λεπτὸν



Σχ. 307. Ἀπαριθμητής.

ρέεται ἀπὸ στιγμιαῖον φεύγοντος, τὸ ὅποῖον, ἐνισχυόμενον καταλλήλως, δύναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαρώνου καὶ νὰ καταστῇ ἀκουστὴν τὴν ἄριξιν τοῦ σωματιδίου εἰς τὸν ἀπαριθμητὴν ἢ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν λειτουργίαν ἐνὸς μηχανικοῦ μετρητοῦ.

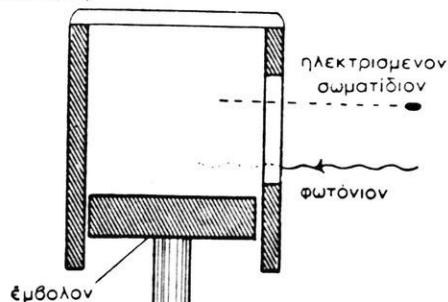
Ο θάλαμος Wilson ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κύλινδρον, ἐντὸς τοῦ ὅποίου ὑπάρχει ἡρῷο κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς (σχ. 308). Η ἄνω βάσις τοῦ κύλινδρου εἶναι ὑαλίνη πλάξη, ἡ δὲ κάτω βάσις τοῦ κύλινδρου εἶναι ἔμβολον. "Αν αὔξηθῇ ἀποτόμως ὁ ὅγκος τοῦ ἀέρος, οὗτος ψύχεται, τὴν δόποιας στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάκα καὶ οἱ ἐντὸς αὐτοῦ ὑδρά-

σύρμα (σχ. 307). Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἀέριον ὑπὸ μικρὰν πίεσιν. Ἡ συσκευὴ ἀποτελεῖ κυλινδρικὸν πυκνωτήν. Μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω δύο ἡλεκτροδίων ὑπάρχει τάσις 1000 Volt περίπου. "Οταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἰσέλθῃ ἐν φορτισμένον σωματίδιον, τότε προκαλεῖται ἴσχυρὸς ιονισμὸς τοῦ ἀερίου καὶ παράγεται ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Τὸ κύλινδρον διαρρέεται ἀπὸ στιγμιαῖον φεύγοντος, τὸ ὅποῖον, ἐνισχυόμενον καταλλήλως, δύναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαρώνου καὶ νὰ καταστῇ ἀκουστὴν τὴν ἄριξιν τοῦ σωματιδίου εἰς τὸν ἀπαριθμητὴν ἢ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν λειτουργίαν ἐνὸς μηχανικοῦ μετρητοῦ.

Φωτογραφική
μηχανή



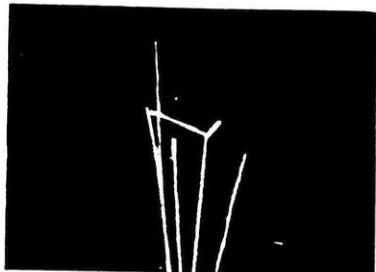
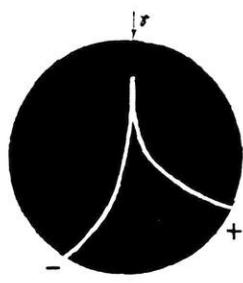
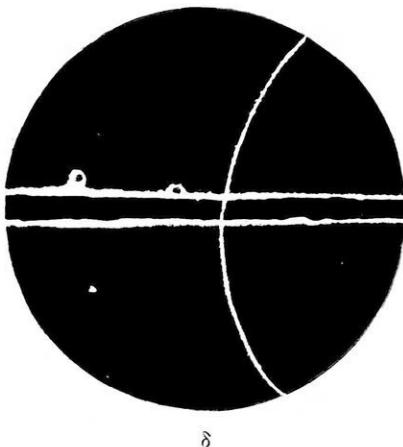
Ὕαλινη πλάξη



Σχ. 308. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἀρχῆς ἐπὶ τοῦ θαλάκου Wilson:

τμοὶ ὑγροποιοῦνται καὶ σχηματίζονται σταγονίδια. Κατὰ προτίμησιν τὰ σταγονίδια σχηματίζονται πέριξ τῶν ιόντων, τὰ ὅποια ὑπάρχουν ἐντὸς

τοῦ ἀέρος. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἔκτοναθέντος ἀέρος εἰσέλθῃ ἐν φορτισμένον

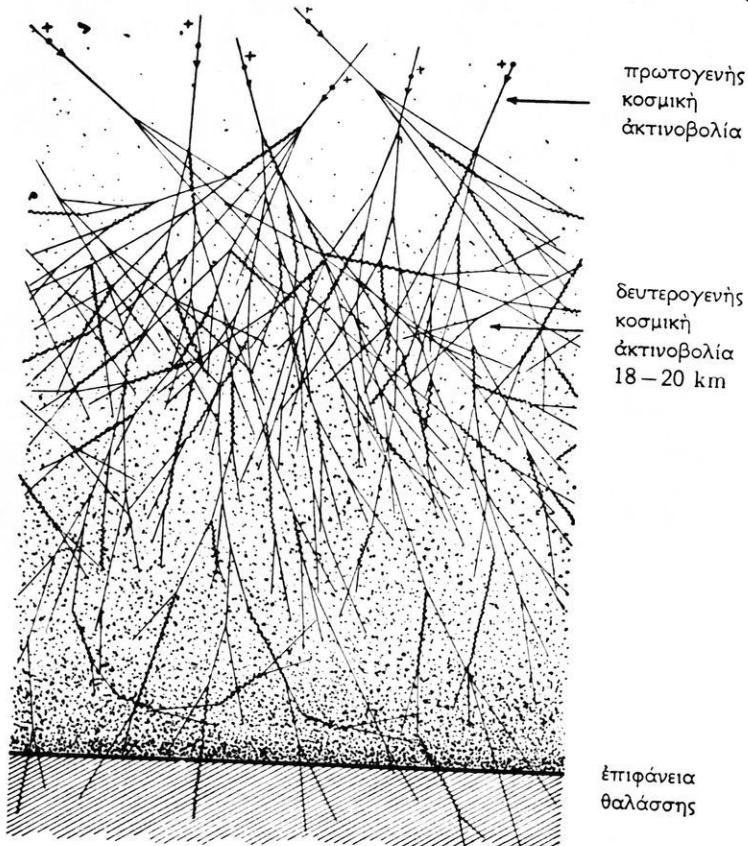
 α  β  γ  δ

Σχ. 309. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μὲ τὸν θάλαμον τοῦ Wilson.

- α. Ἡ διακλάδωσις μιᾶς τροχιᾶς δεικνύει τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς σωματιδίου α μὲ ἐν ἀτομον ὁξυγόνου. Ὁ βραχὺς κλάδος ἀνήκει εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα ὁξυγόνου μετὰ τὴν σύγκρουσιν.
 - β. Σύγκρουσις ἐνὸς σωματιδίου α μὲ ἀτομικὸν πυρῆνα ὄνδρογόνου (P).
 - γ. Παραγωγὴ ἐνὸς ζεύγους: ἡλεκτρόνιον - ποζιτρόνιον ἀπὸ ἐν φωτόνιον ἀκτινοβολίας γ.
 - δ. Τροχιὰ ἐνὸς ποζιτρονίου.
- σωματιδίον, τοῦτο σχηματίζει σειρὰν ἴοντων, πέριξ τῶν ὅποιών συγκεντρώνονται σταγονίδια ὑδατος. Τὰ σταγονίδια ἀποτελοῦν μίαν λεπτὴν γραμ-

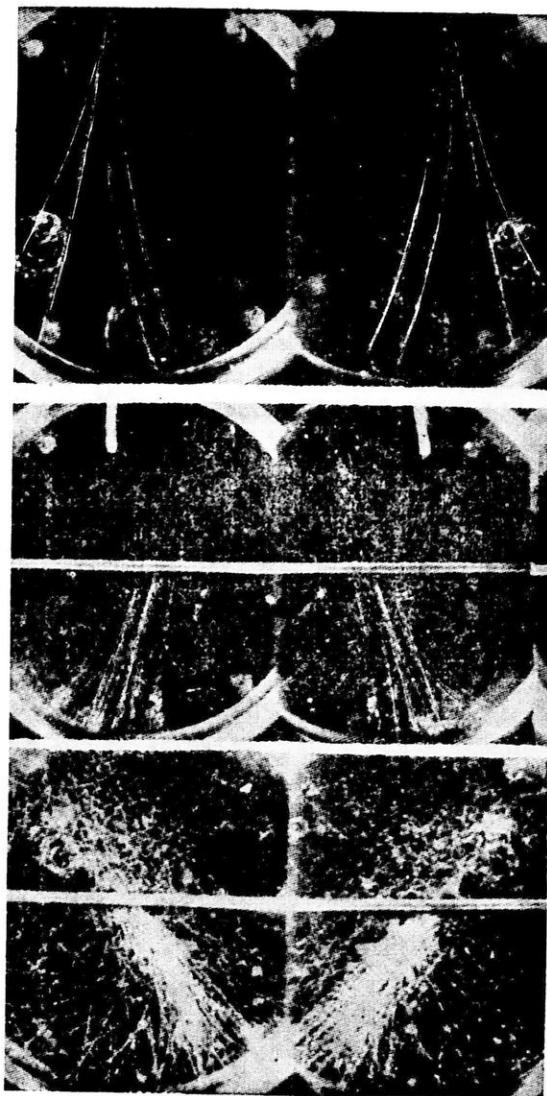
μὴν ὁμίγλης, ή ὅποια φανερώνει τὴν τροχιὰν τοῦ σωματίδiou. Οὕτω δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν ἡ καὶ νὰ φωτογραφήσωμεν τὴν τροχιὰν τοῦ σωματίδiou, τὸ ὥποιον εἰσῆλθεν ἐντὸς τοῦ θαλάσου (σχ. 309).

276. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.— 'Ex τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης



Σχ. 310. Σχηματική παράστασις τῆς παραγωγῆς δευτερογενούς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας.
κάθε δευτερόλεπτον προσπίπτει ἐν κοσμικὸν σωματίδιον ἐπὶ 1 cm².
‘Η ἔντασις τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας διατηρεῖται σταθερὰ καὶ μόνον

εἰς τὰς περιοχὰς τῶν πόλων εἶναι μεγάλυτέρα. Ἡ προέλευσις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων εἶναι ἀκόμη ἄγνωστος; φαίνεται δὲ ὅτι αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες φθάνουν εἰς τὸν πλανήτην μαζὶ ἐξ ὅλων τῶν περιοχῶν τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος. Ἡ πρωτογενῆς κοσμικὴ ἀκτινοβολία, ἡ ὥποια φθάνει εἰς τὰ ἀνώτερα ὑψη τῆς ἀτμοσφαίρας μαζὶ, ἀποτελεῖται ἀπὸ ταχύτατα κινούμενα πρωτόνια. Ταῦτα, μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, συγχρούονται μὲν μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ἐκ τῶν ὥποιων προκύπτουν νέα σωματίδια καὶ φωτόνια, τὰ ὥποια μὲ τὴν σειράν των συγχρούονται πάλιν μὲ μόρια τοῦ ἀέρος (σχ. 310). Οὕτως εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἡ δευτερογενῆς κοσμικὴ ἀκτινοβο-



Σχ. 311. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μὲ τὸν θάλαμον Wilsson. Εἰς τὴν 2αν καὶ 3ην φωτογραφίαν φαίνεται ἡ συντριβὴ ἀτόμων μολύβδου (τοῦ ὥποιου ἡ πλάξις διακρίνεται εἰς τὸ μέσον) ὑπὸ κοσμικῶν σωματιδίων· εἰς τὴν 3ην διακρίνονται ἑκατοντάδες σωματιδίων προελθόντων ἀπὸ τὴν συντριβὴν ἀτόμων μολύβδου.

λία, ή όποια ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρόνια, ποζιτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια καὶ φωτόνια. Μεταξὺ τῶν συστατικῶν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων ἀνευρέθησαν καὶ τὰ μὲ σόνια, τὰ όποια ἔχουν μᾶκαν 207, 275 καὶ 970 περίπου φοράς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶκαν τοῦ ἡλεκτρονίου. Γενικῶς τὰ σωματίδια αὐτὰ εἶναι ἀστερῆ.

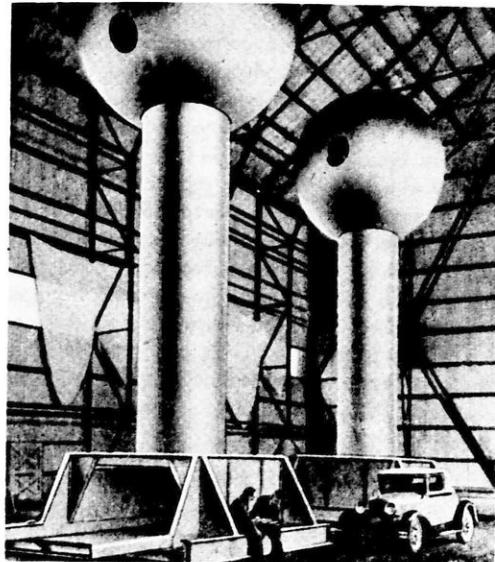
Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι τὰ κοσμικὰ σωματίδια μεταφέρουν κολοσσιαίαν ἐνέργειαν, διότι κατὰ τὴν σύγκρουσίν των μὲ τὰ ἄτομα τῆς ὑλῆς προκαλοῦν τὴν συντριβὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος καὶ τὸν διαμελισμόν του εἰς ἔκατοντάδας μικροτάτων σωματιδίων (σχ. 311).

Τεράστιαι προσπάθειαι καταβάλλονται σήμερον διὰ τὴν σπουδὴν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, αἱ όποιαι πιθανώτατα ἔχουν σχέσιν καὶ μὲ τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς. Εἰς πᾶσαν στιγμὴν ἀτομικοὶ πυρῆνες τῶν ἴστων τῶν δργανισμῶν συντρίβονται ἀπὸ κοσμικὰ σωματίδια καὶ οὕτως ἐκλύεται τεραστία ἐνέργεια ἐντὸς τοῦ κυττάρου. Εἶναι ἀκόμη ἄγνωστα τὰ ἀποτελέσματα, τὰ όποια ἐπιφέρει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς αὐτὴ ἡ ἀπότομος ἐκλυσίς τῆς τεραστίας ἐνέργειας. «Ποῦσος γνωρίζει, ἐὰν ή πνευματικὴ ἀνισορροπία ἡ ή μεγαλοφυῖα δὲν γεννῶνται κάποιαν στιγμὴν ἀπὸ τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς κοσμικοῦ σωματιδίου μὲ ἐν ἀπὸ τὰ λεπτὰ καὶ εὐαίσθητα ἐγκεφαλικὰ κύτταρα;» (Thibaud).

277. Ἡ ἀντιύλη.— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ὑλὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα. "Εκαστον ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ θετικῶς φορτισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ τὰ πέριξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος περιφερόμενα ἡλεκτρόνια. "Ολοὶ οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων τῆς ὑλῆς περιέχουν πρωτόνια καὶ νετρόνια. Τὸ ἀπλούστερον ἄτομον τῆς ὑλῆς εἶναι τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐν πρωτόνιον καὶ ἀπὸ τὸ πέριξ τοῦ πρωτονίου περιφερόμενον ἡλεκτρόνιον. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψε τὸ ποζιτρόνιον, τὸ ὅποιον εἶναι σωματίδιον ὅμοιον μὲ τὸ ἡλεκτρόνιον, ἀλλὰ μὲ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. "Ωστε τὸ ποζιτρόνιον θὰ συμπεριφέρεται ἀντιθέτως πρὸς τὸ ἡλεκτρόνιον. Ἡ θεωρητικὴ καὶ ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψαν ὅτι ἐκτὸς τοῦ ποζιτρονίου ὑπάρχουν καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ όποια συμπεριφέρονται ἀντιθέτως πρὸς τὰ γνωστὰ σωματίδια, τὰ όποια ἀποτελοῦν τὰ συστατικὰ τῆς ὑλῆς. Τὰ νέα αὐτὰ σωματίδια καλοῦνται ἀντισωματίδια η γενικώτερον ἀντιύλη. Οὕτω τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ἀτομικὸς πυρήνης ὑδρογόνου, ἀλλὰ μὲ άρνητικὸν φορτίον ἵσον μὲ ἐν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ἐὰν φαντασθῶμεν

δτι πέριξ τοῦ ἀντιπρωτονίου περιφέρεται ἐν ποζιτρόνιον, τότε θὰ προκύψῃ τὸ ἄτομον τοῦ ἀντιυδρογόνου. Εἰς τὸν παραπλεύρως πίνακα σημειώνονται μερικὰ σωματίδια καὶ τὰ ἀντίστοιχα πρὸς αὐτὰ ἀντισωματίδια. Τὸ ποζιτρόνιον (§ 267) δὲ δύναται νὰ διατηρηθῇ, διότι ἔνοῦται μὲ ἐν ἡλεκτρόνιον καὶ τότε ἡ μᾶζα τῶν δύο τούτων σωματιδίων μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Όμοίως ἐν πρωτόνιον καὶ ἐν ἀντιπρωτόνιον ἔνού-
μενα μετατρέπονται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὕτη εἶναι τεραστία. Εἰς τὸν ἴδιον μας κόσμον ἡ ἀντιუλη ἐμφανίζεται κατὰ ὥρισμένας πυρηνικάς ἀντιδράσεις, ὅλη ἐξαφανίζεται ἀκαριαίως, διότι ἔνοῦται μὲ τὴν γνωστήν μας ὅλην καὶ τότε προκύπτει ἰσοδύναμος ἐνέργεια. «Δὲν εἶναι παράλογον, ἂν φαντασθῶμεν δτι ὑπάρχουν ἀστέρες καὶ γαλαξίαι ἀποτελούμενοι ἀπὸ ἀντιύλην» (M. Duquesne).

Τύπος	Αντιτύπος
Νετρίνο	Αντινετρίνο
Ήλεκτρόνιον	Ποζιτρόνιον
Μεσόνιον (+)	Μεσόνιον (-)
Πρωτόνιον	Αντιπρωτόνιον
Νετρόνιον	Αντινετρόνιον
Υπερόνιον (+)	Υπερόνιον (-)



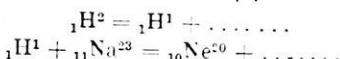
Ήλεκτροστατική μηχανή τύπου Van de Graaff, δυναμένη νά διαπιπύξῃ τάσιν 10^7 Volt (Τοῦ Τεχνολογικοῦ Ινστιτούτου τῆς Μασσαχουσέτης.)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

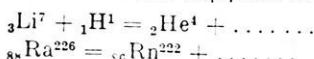
188. Νὰ εύρεθῇ μὲ πόσην ἐνέργειαν ἑκπεφρασμένην εἰς ἔργια καὶ Joule ίσοδυναμεῖ ἡ μονάς ἀτομικῆς μάζης καὶ ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου.

189. Μὲ πόσην ἐνέργειαν ίσοδυναμεῖ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου;

190. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



191. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



192. 'Ο ἀτομικὸς πυρὴν ἥλιον ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια, ἡ δὲ μᾶζα του εἶναι ίση μὲ 4,003879 αἰτη. Πόση ἐνέργεια ἡλευθερώθη κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ πυρῆνος τούτου;

193. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ Πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονάς ἐνέργειας λαμβάνεται το ἡλεκτρονιοβόλτ (1 ev), ἤτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὄποιαν ἀποκτᾷ ἐν ἡλεκτρόνιον, ὅταν τοῦτο μετακινήται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἔχοντων διαφορὰν δυναμικοῦ ! Volt. Μὲ πόσα ἔργια καὶ Joule ίσοῦται ἡ μονάς ἡλεκτρονιοβόλτ ;

194. Μὲ πόσην ἐνέργειαν ἑκπεφρασμένην εἰς ἡλεκτρονιοβόλτ (eV) ίσοδυναμεῖ ἡ μονάς ἀτομῆς μάζης (1 αἰτη) ;

195. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησιν ἐνὸς ἡλεκτρονίου καὶ ἐνὸς ποζιτρονίου ;

196. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησιν ἐνὸς πρωτονίου καὶ ἐνὸς ἀντιπρωτονίου ;

197. Πόση ἀπωσίς ἀναπτύσσεται μεταξὺ ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἥλιου ($Z = 2$) καὶ ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἀσβεστίου ($Z = 20$), ὅταν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων πυρήνων εἴναι ίση μὲ $1/10^{12}$ cm ;

198. Εἰς τὸ ἀτομὸν ὑδρογόνου τὸ μοναδικὸν ἡλεκτρόνιον διαγράφει κυκλικὴν τροχιάν ἔχουσαν ἀκτίνα $r = 0,5 \cdot 10^{-8}$ cm, ἡ δὲ συχνότης τῆς κινήσεως αὐτοῦ είναι $v = 6,6 \cdot 10^{15}$ Hz. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὄποιον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κίνησιν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος τούτου εἰς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς τοῦ ἡλεκτρονίου.

199. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὸν σχηματισμὸν ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἥλιου (${}_2\text{He}^4$) ἀπὸ τὴν σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων (${}_1\text{H}^1$) ;

200. 'Εὰν κατὰ τὴν διάσπασιν ἐνὸς βερέος πυρῆνος παραπτηρῆται ἔλλειμμα μάζης ίσον μὲ τὰ $0,10\%$ τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος, νὰ εύρεθῇ πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν διάσπασιν 1 kgf ἐκ τοῦ ύλικοῦ τούτου.

Τὰ Ιστότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

'Ατομικὸς άριθμὸς Ζ	Στοιχεῖον	Μαζικὸς άριθμὸς Α
1	'Υδρογόνον	1 2 3
2	"Ηλίον	3 4
3	Αἴθιον	6 7
4	Βηρύλλιον	8 9 10
5	Βόριον	10 11
6	"Ανθραξ	12 13
7	"Αζωτον	14 15
8	'Οξυγόνον	16 17 18
9	Φθόριον	19
10	Νέον	20 21 22
11	Νάτριον	23
12	Μαγνήσιον	24 25 26
13	'Αργίλλιον	27
14	Πυρίτιον	28 29 30
15	Φωσφόρος	31
16	Θεῖον	32 33 34
17	Χλώριον	35 37
18	'Αργόν	36 38 40
19	Κάλιον	39 40 41
20	'Ασβέστιον	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	Σιδηρός	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	'Αρσενικόν	75
34	Σελήνιον	74 76 77 78 80 82
35	Βρώμιον	79 81
36	Κρυπτόν	78 80 82 83 84 86
37	Ρουβίδιον	85 87
38	Στρόντιον	84 86 87 88
39	"Υττριον	89
40	Ζιρκόνιον	90 91 92 94 96
41	Νιόβιον	93

Τὰ ισότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ατομικὸς άριθμὸς Ζ	Στοιχεῖον	Μαζικὸς Άριθμὸς Α							
		92	94	95	96	97	98	100	
42	Μολυβδαίνιον								
43	Τεχνήτιον		99						
44	Ρουθήνιον			96	98	99	100	101	102
45	Ρόδιον					100	101	102	104
46	Παλλάδιον				103				
47	"Αργυρός					102	104	105	106
48	Κάδμιον					106	108	110	111
49	"Ινδιον					111	112	113	114
50	Κασσίτερος					113	115		
						112	114	115	116
						116	117	118	119
51	'Αντιμόνιον					120	122	124	
52	Τελλούριον					121	123		
53	'Ιώδιον					120	122	123	124
54	Ξένον					125	126	128	130
						127			
55	Κρίσιον					124	126	128	129
56	Βάριον					130	131	132	
57	Λανθάνιον					134	136		
58	Δημήτριον					133			
59	Πρασεοδύμιον					130	132	134	135
60	Νεοδύμιον					136	138	140	142
61	Προμήθειον					141			
62	Σαμάριον					142	143	144	145
63	Εύρωπιον					146	147	148	149
64	Γαδολίνιον					150	151	152	154
65	Τέρβιον					152	154	155	156
66	Δυσπρόσιον					157	158	159	160
67	"Ολμιον					159			
68	"Ερβιον					156	158	160	161
69	Θούλιον					162	164	166	167
70	"Γιττέρβιον					168	170	171	172
71	Λουτίτιον					173	174	176	
72	"Αφνιον					175	176		
73	Ταντάλον					174	176	177	178
74	Βολφράμιον					178	179	180	
75	Ρήνιον					181			
76	"Οσμιον					180	182	183	184
77	'Ιρίδιον					186	188	189	190
78	Λευκόχρυσος					185	187		
79	Χρυσός					184	186	187	188
80	'Υδραργυρος					191	193		
						190	192	194	195
						196	198	199	200
						197	201	202	204

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

1. Σπουδὴ καὶ ἔρμηνεία τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.—Τὸ φῶς παῖζει σημαντικὸν ρόλον εἰς τὴν ζωὴν τῶν ἀνθρώπων καὶ διὰ τοῦτο ἡ σπουδὴ τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἐγένετο ἀπὸ παλαιοτάτων χρόνων. Τὰ γνωστὰ φαινόμενα ήσαν ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός, ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιᾶς, ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῶν λείων ἐπιφανειῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς εἰδώλων ὡς καὶ ἡ φαινομένη θραῦσις μιᾶς ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ὄρατος. Μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος ἐσπουδάζοντο μόνον τὰ ἀπλᾶ ταῦτα φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς, χωρὶς ὅμως νὰ καταστῇ δυνατὸν νὰ δοθῇ μία φυσικὴ ἔρμηνεία 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 προσεπάθησαν νὰ ἔρμηνεύσουν τὰ τότε γνωστὰ φαινόμενα, μὲ τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου ἀνεκαλύπτοντο νέα φαινόμενα, τὰ ὅποια ἐπέβαλλον τὴν τροποποίησιν τῶν παλαιῶν θεωριῶν. Ἡ ἴστορία τῶν περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτὸς θεωριῶν εἶναι εἰς ἀπὸ τοὺς πλέον ἐνδιαφέροντας κλάδους τῆς ἴστορίας τῆς Φυσικῆς, διότι ἡ ἴστορία τῶν περὶ τοῦ φωτὸς θεωριῶν καταδεικνύει πῶς δύο τελείως ἀντίθετοι θεωρίαι εἶναι δυνατὸν νὰ ἔρμηνεύουν δύο διαφόρους ὅψεις μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς φυσικῆς πραγματικότητος.

2. Αἱ θεωρίαι τῆς ἔκπομπῆς καὶ τῶν κυμάνσεων.—Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός κατέστη δυνατὸν νὰ διατυπωθοῦν μόνον μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Ὁ Νεύτων διετύπωσε τὴν γνωστὴν θεωρίαν τῆς ἔκπομπῆς, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις μικροτάτων σωματιδίων. Οὕτως ὁ Νεύτων διετύπωσε τὴν ἔρμηνεύσην κατὰ τρόπον ἀπλούστατον τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διαθλασιν καὶ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. Ὁ Ἄδιος ὁ Νεύτων ἀνεκάλυψε καὶ ἐν φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός, τὸ ὄποιον καλεῖται **δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος**. Διὰ νὰ ἐρ-

μηνεύσῃ ὁ Νεύτων τὸ φαινόμενον τοῦτο ἡναγκάσθη νὰ παραδεχθῇ ὅτι εἰς τὰ φωτεινὰ σωματίδια ὑπάρχει κάποια περιοδικότης.



Νεύτων

έξαιρετικῆς σημασίας ὑποστήριξιν, διότι κατώρθωσε νὰ δημιουργήσῃ φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτὸς καὶ νὰ ἔκτελέσῃ ἀκριβεῖς μετρήσεις. Ὁ ίδιος, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ἐδέχθη διὰ τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρπαια κυμάνσεις. Ἐκεῖνος ὅμως, δὲ όποιος ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων εἶναι ὁ Γάλλος Fresnel, δὲ όποιος 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 δὲ Γάλλος Foucault ἐπέτυχε νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς διαφόρων ὀπτικῶν μέσων

Συγχρόνως μὲ τὸν Νεύτωνα ὁ Ὀλλανδὸς Huygens διετύπωσε τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις κυμάνσεων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ αἰθέρος. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων, καίτοι ἡμίγνευσε πολὺ περισσότερα φαινόμενα, ἐν τούτοις δὲν ἐγένετο δεκτὴ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν φυσικῶν, διότι εἰσῆγε τὴν ιδέαν τοῦ παραδόξου αἰθέρος. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 19ου αἰώνος δὲ "Ἄγγλος Young ἔδωσεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



Huygens

καὶ νὰ ἀποδεῖξῃ οὕτως, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὰ διαφανῆ ὑλικὰ μέσα εἶναι μικροτέρᾳ ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν, ὅπως ἀκριβῶς προέβλεπεν ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων. Οὕτως ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε καὶ τὸ φῶς ἐθεωρεῖτο ἔκτοτε ὡς μία διάδοσις ἐγκαρπίων κυμάτων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ, ἀλλὰ λίγην παραδέζου αἰθέρος.

3. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός.—Κατὰ τὸ 1848 ὁ Ἀγγλος Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεπολωμένη ἀκτίς φωτὸς



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτῖνος ὑφίσταται στροφήν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτὸς καὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ καὶ ὅτι εἶναι δυνατὸν τὰ φωτεινὰ κύματα νὰ μὴ εἶναι κυμάνσεις μηχανικῆς φύσεως, ἀλλὰ ἡλεκτρικῆς φύσεως. Ἀπὸ τὴν σκέψιν αὐτὴν ἀνεγώρησεν ἡ μεγαλοφύτα τοῦ Ἀγγλου Maxwell, διὰ νὰ ἀνακαλύψῃ διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐπὶ τοῦ χάρτου ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία καὶ νὰ ἀνακαλύψῃ ἐπὶ πλέον τὴν ὑπαρξίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα διάλιγα ἔτη βραδύτερον ἀνεκάλυψεν πειραματι-

κῶς ὁ Γερμανὸς Hertz. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία συνδέει εἰς ἐν ἑνὶαῦν σύνολον δῆλην τὴν σειρὰν τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τῶν κυμάτων τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας μέχρι καὶ τῶν ἀκτίνων γ. Ὁλόκληρος ἡ σειρὰ αὐτὴ τῶν κυμάτων εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως μὲν μόνην διαφορὰν εἰς τὴν συχνότητα τῆς κυμάνσεως.

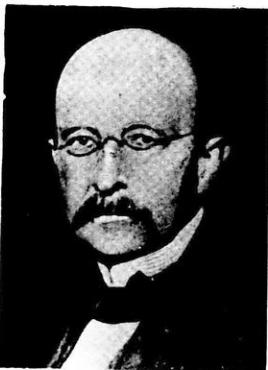
4. Τὰ φωτόνια.—Ἐπὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἡσχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροὺς καὶ πολλοὺς ἀγῶνας κατώρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θαυμασίαν ἡλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποίᾳ ἔδιδεν ἀπλῆν καὶ ἐνιαίαν ἔξήγησιν εἰς τὸ σύνολον τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς ὅμως τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν νέα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ὑπεγρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικότερον ἐκ τῶν ἀνεκαλυφθέντων νέων φαινομενῶν, τὸ ὁποῖον φανερώνει τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἀς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἐν σφαιρικὸν κῦμα, τὸ ὁποῖον διαδίδεται ἐντὸς τοῦ χώρου. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἔξεπιμψεν ἡ φωτεινὴ πηγὴ, καταχνέμεται ἐπὶ μιᾶς διαρκῶς αὐξανο-



Einstein

μένης σφαιρικῆς ἐπιφανείας καὶ συνεπῶς αἱ δράσεις, τὰς ὁποίας δύναται νὰ ἔξασκῃ τὸ φῶς, εἶναι τόσον ἀσθενέστεραι, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. Ἀντιθέτως, ἀς δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμμίαν κατάτμησιν καὶ συνεπῶς δύνανται νὰ προκαλέσουν σημαντικὰ ἀποτελέσματα καὶ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Ἡ ἀνακάλυψις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἀπεκάλυψεν λοιπὸν ὅτι αἱ ἀκτινοβολίαι εἶναι ἴκαναι νὰ ἔξασκήσουν ἐπὶ τῆς ὥλης ἐνεργειακὰς δράσεις καὶ ὅτι αἱ δράσεις αὐταὶ δὲν ἐλαττώνονται, ὅσον αὐξάνεται

ή, ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν πηγήν. Οὕτως ὁ Einstein, ἐπανερχόμενος εἰς τὴν σωματιδιακὴν θεωρίαν, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἐδέχθη ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ κοκκίδια καὶ ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν τὰ κοκκίδια ταῦτα πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Εἰς τὰ κοκκίδια αὐτὰ ἔδωσεν τὸ ὄνομα **φωτόνια**. "Ἐκαστον κοκκίδιον μεταφέρει ἐνέργειαν ἀνάλογον πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν **κιβάντων**, τὴν ὥσποιαν διετύπωσεν εἰς τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μας ὁ Γερμανὸς Planck. 'Η θεωρία τῶν φωτονίων ἐρμηνεύει ὅχι μόνον τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἀλλὰ καὶ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὥσποια ἀνεκαλύφθησαν μεταγενεστέρως. 'Η θεωρία ὅμως τῶν φωτονίων εἶναι ἀνίκανος νὰ ἔξηγήσῃ τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσσεως καὶ τῆς πολώσεως τοῦ φωτός. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων τούτων ὑπερεργάθησαν οἱ φυσικοὶ νὰ διατηρήσουν καὶ τὴν θεωρίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν χυμάτων.



Planck

5. Ἡ κυματομηχανική.—'Η ὑπαρξίες δύο θεωριῶν διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων εἶναι ἀκατανόητος ἀπὸ τὴν ἀνθρωπίνην λογικήν. Κατὰ τὸ 1924 ὁ Γάλλος θεωρητικὸς φυσικὸς Louis de Broglie ἐπέτυχε νὰ συμβιάσῃ τὰς δύο ἀντιθέτους ἀπόψεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. 'Η γιγαντικία αὐτῆς σύνθεσις ὀνομάζεται **Κυματομηχανική** καὶ περιλαμβάνει ὅχι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὑλὴν καὶ τὰς διαφόρους μορφὰς τῆς ἐνέργειας. 'Η Κυματομηχανικὴ δέχεται ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ φωτόνια, συμφώνως πρὸς τὴν ἀποψὺν τοῦ Einstein, ἀλλ' ἔχαστον φωτόνιον εἶναι συνδεδεμένον μὲν ἐν κῦμα, τὸ ὄποιον συνοδεύει τὸ φωτόνιον κατὰ τὴν μετακίνησιν του εἰς τὸ διάστημα. Αὐτὴ ἡ θεωρία περὶ τῆς διπλῆς φύσεως τοῦ φωτός διασύνει βαθύτατα τὰς συνηθείας τῆς σκέψεώς μας. Τὸ κῦμα, τὸ δόποιον συνοδεύει τὸ φωτόνιον, εἶναι ἐν κῦμα πιθανότητος καὶ μᾶς φανερώνει πόσαι πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐμφανισθῇ τὸ φωτόνιον ἐδῶ η ἔκεῖ. 'Ενῶ

δηλαδὴ τὸ φωτόνιον ταξίδεύει ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν πρὸς τὸ φωτιζόμενον σῶμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν του ἡ τὴν τροχιάν του, ἀλλὰ τὸ μόνον πρᾶγμα, περὶ τοῦ ὅποιου εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ δηλώμεν εἶναι τὸ κῦμα, τὸ ὅποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον. Ἀντιθέτως, δταν τὸ φῶς φθάσῃ κάπου, π.χ. ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακός, τότε ἡ ἄφιξις τοῦ σωματιδίου ἔκδηλώνεται μὲ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς



Louis de Broglie

σῶν. Ἐπειδὴ τὰ φαινόμενα ταῦτα εἶναι πολὺ ταχέα, διὰ τοῦτο δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν μόνον αὐτὴν τὴν γενικὴν τάξιν. Ἀνάλογον γενικὴν τάξιν παρατηρεῖ καὶ μία ἀσφαλιστικὴ ἑταῖρία ζωῆς, ἡ ὅποια εἶναι ἀνθεανος νὰ εἰπῃ, ἐὰν θὰ ἀποθάνῃ κατ' αὐτὸ τὸ έτος δ Α, δ Β ἢ δ Γ..., ἀλλὰ γνωρίζει πόσοι ἡσφαλισμένοι ἐπὶ 10 000 θὰ ἀποθάνουν κατὰ τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα.

6. Ἡ σύγχρονος Φυσική.—Εἰς τὴν σύγχρονον Φυσικὴν κατὰ τὴν σπουδὴν πολλῶν φαινομένων καὶ ἴδιαιτέρως τῶν φαινομένων τοῦ μικροκόσμου ὑπεισέρχεται ἡ «τύχη», ἡ ὅποια διέπεται ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν πιθανοτήτων. Αἱ σύγχρονοι θεωρίαι τῆς Φυσικῆς εἶναι ἀρκετὰ πολύπλοκοι, διότι ὁ ἀπειρος μικρόκοσμος τῶν μορίων, τῶν ἀτόμων, τῶν ἡλεκτρονίων, τῶν φωτονίων διέπεται ἀπὸ τοὺς παραδόξους νόμους τῆς τύχης, καὶ ἀπὸ νόμους, οἱ ὅποιοι δὲν ισχύουν διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ μακροκόσμου. Διὰ τὴν ἔρμηνείαν τῶν φαινομένων παρουσιάζονται τε-

ράστιαι δυσκολίαι. «'Οσάκις τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα, κατόπιν μεγάλων προσπαθειῶν, κατορθώνει νὰ ἀποκρυπτογραφήσῃ μίαν σελίδα τοῦ βιβλίου τῆς Φύσεως, ἀμέσως διαχρίνει πόσον πολὺ δυσκολώτερον εἶναι νὰ ἀποκρυπτογραφήσῃ τὴν ἀμέσως ἐπομένην σελίδα. 'Ἐν τούτοις ἐν βαθύτατον ἔνστικτον ἐμποδίζει τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα νὰ ἀποθαρρυνθῇ καὶ τὸ πρωθεῖ νὰ ἀνανεώσῃ τὰς προσπαθείας του, διὰ νὰ εἰσδύ ση διαρκῶς περισσότερον εἰς τὴν γνῶσιν τῆς ἀρμονίας τῆς Φύσεως» (Louis de Broglie).

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

1. Σπουδὴ καὶ ἑρμηνεία τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων.—

Ἡ πρώτη παρατήρησις ἡλεκτρικοῦ φαινομένου ἀνάγεται εἰς τὸν Θαλῆν τὸν Μιλήσιον (δος οἰλὼν π.Χ.), ὁ ὅποῖς παρετήρησεν διὰ τὸ ἡλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος, ἀποκτᾶ τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλχῃ ἐλαφρὰ σώματα. Αὐτὴ ἡτοῦ ή μόνη γνῶσις τῆς ἀνθρωπότητος περὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μέχρι τοῦ 16ου αἰῶνος. Ἡ ἐπιστημονικὴ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἥρχισεν κυρίως ἀπὸ τῶν ἀρχῶν τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἀπὸ τοῦ 16ου μέχρι τοῦ 18ου αἰῶνος ἐγένοντο μερικαὶ παρατηρήσεις ἡλεκτρικῶν φαινομένων. Αἱ παρατηρήσεις δῆμως αὐταὶ ἐγένοντο τελείως τυχαίως ἀπὸ μερικοὺς περιέργους ἔρασιτέχνας. Πρῶτος ὁ Guericke (1602 - 1686) ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλεκτροστατικὴν ἀπωσιν, διότι μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐπιστεύετο διὰ μεταξὺ δύο ἡλεκτρισμένων σωμάτων ἔξασκεῖται πάντοτε ἔλξις. Ὁ Boule (1626 - 1691) ἀπέδειξεν ἀργότερον διὰ αἱ ἡλεκτρικαὶ ἔλξεις καὶ ἀπώσεις παρατηροῦνται καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ὁ Ἀγγλος Gray ἀπέδειξεν τὸ 1729 διὰ δὲ ἡλεκτρισμὸς δύναται νὰ μεταβῇ ἀπὸ τοῦ ἑνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ διέκρινεν τὰ σώματα εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγούς. Ἐπίσης ἀπέδειξεν διὰ δύναμεθα νὰ ἡλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς καὶ μίαν μεταλλικὴν ράβδον, ἀρκεῖ νὰ τὴν στερεώσωμεν ἐπὶ ἑνὸς μονωτοῦ. Τέλος ὁ Ἰδιος ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλεκτρισιν τῶν σωμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς. Ὁ Γάλλος Fay ἀνεκάλυψεν τὸ 1733 διὰ δύο ρητίνης καὶ τὰ ὅποια κατόπιν ὠνομάσθησαν θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός.

Διὰ τὴν ἔκτελεσιν τῶν πειραμάτων των οἱ πρῶτοι ἔρευνηται τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων ἔχρειάζοντο καὶ «ἡλεκτρικὰς μηχανάς». "Ολαι

αύται 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 σφαιραὶ ἀπὸ θεῖον, ἡ ὁποίᾳ ἐστρέψετο περὶ τὸν ξένονα. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῆς σφαιράς ἔθετεν ἐπ' αὐτῆς τὴν χεῖρα καὶ οὕτως ἀνεπτύσσετο ἡλεκτρισμὸς διὰ τριβῆς. Ὁ τύπος



Α μρέγε

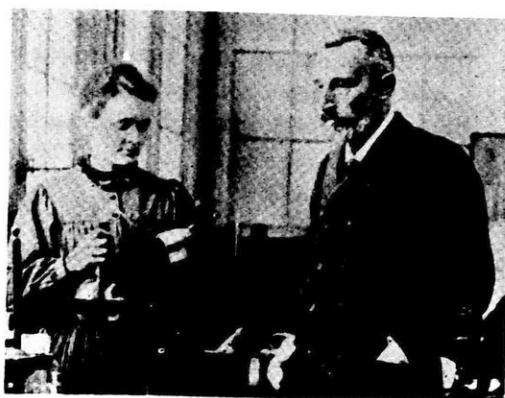
τῶν ἡλεκτροστατικῶν μηχανῶν διὰ τριβῆς ταχέως ἐτελειοποιήθη καὶ ἡ ἐκ θείου σφαιραὶ ἀντεκτεστάθη μὲν ὑλινὸν στρεφόμενον δίσκον. Μία ἐκ τῶν ἀρχαιοτέρων ἡλεκτρικῶν συσκευῶν εἶναι ὁ πυκνωτὴς, ὑπὸ τὴν μορφὴν τῆς «λουγδουνικῆς λαγῆνος». Ὁ πυκνωτὴς ἀνεκαλύφθη ὅλως τυχαίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὁποῖος, προσπαθῶν νὰ ἡλεκτρίσῃ μίαν ὑαλίνην φιάλην πλήρη ὕδατος, ἐδέχθη τὴν ἐκκένωσιν τοῦ σχηματισθέντος πυκνωτοῦ. Ὁ Ἀμερικανὸς Φραγκλῖνος (1706 — 1790) παρεδέχθη τὴν προηγουμένως διατυπωθεῖσαν γνώμην ὅτι ὁ κεραυνὸς εἶναι ἡλεκτρικὸς σπινθήρος μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. Ἡ συστηματικὴ ὄμως ἔρευνα τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων καὶ ἡ ἀνακάλυψις τῶν νόμων, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰ φαινόμενα ταῦτα ἡρχισεν μόνον ἀπὸ τὰς ἀρχὰς τοῦ 18ου αἰώνος. Ἐκτοτε ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὑπῆρξεν ταχυτάτη καὶ καταπληκτική, παρὰ τὸ γεγονός, ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διεσαφηνίσθη μόλις κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετρίδας τοῦ αἰώνος μαζί.

Πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικήν. — Πρὶν ἀκόμη γνωρίσωμεν τὶ εἶναι ὁ ἡλεκτρισμὸς, τὸν ἔξεμεταλλεύθημεν ἐντατικώτατα εἰς διαφόρους ἔφαρμογάρας. Αἱ πειραματικαὶ καὶ θεωρητικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ἀπεκάλυψαν κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους ὅτι ὁ ἡλεκτρισμὸς εἶναι στενώτατα συνυφασμένος μὲν τὴν ὥλην. Οὕτω κατωρθώθη νὰ δοθῇ πλήρης ἔρμηνεία εἰς ὅλα τὰ γνωστὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα καὶ

έπι πλέον νὰ έρμηγευθῇ ἡ παραγωγὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν ὑπὸ τῆς ὥλης. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα διήνοιξεν τὴν ὁδὸν πρὸς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν κατ' ἀρχὰς καὶ πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν βραδύτερον. Οἱ δύο οὗτοι νεώτεροι κλάδοι τῆς Φυσικῆς ἔξελίσσονται σήμερον ραγδαίως. Ἡ μεταστοιχείωσις, τὴν ὅποιαν ἐπεδίωκον ματαίως οἱ ἀλγημισταί, ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, κατὰ τὰς ὅποιας 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 ἔξελίξεως τῆς ὥλης καὶ ἐπὶ πλέον μᾶς διήνοιξεν ἐν ἀπέραντον πεδίον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὅποιαι ἥλλαξαν τὸν ρυθμὸν τῆς ζωῆς τῶν ἀνθρώπων.

3. Ἡ πρόοδος τῆς Φυσικῆς.—Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰργάσθησαν διάφοροι φυσικοὶ ἀνήκοντες εἰς δλους τοὺς πολιτισμένους λαούς. Ἀπὸ τὴν διεθνῆ ἀνταλλαγὴν 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 ὅποιον ἀποτελεῖ τὴν ὑψίστην ἀναγνώρισιν τῆς ἀξίας ἐνὸς ἐπιστημονικοῦ ἔργου.

Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1901	W. Röntgen 'Ακτῖνες X	Γερμανία
1902	H. Lorentz καὶ P. Zeeman 'Ηλεκτροοπτικὴ καὶ θεωρία ἡλεκτρονίων	Ολλανδία
1903	H. Becquerel, P. καὶ M. Curie Ραδιενέργεια	Γαλλία
1903	S. Arrhenius 'Ηλεκτρόλυσις	Σουηδία
1904	J. Rayleigh καὶ W. Ramsay Εύγενη ἀέρια	Αγγλία
1905	P. Lenard Καθοδικαὶ ἀκτῖνες	Γερμανία
1906	J. Thomson 'Εκκενώσεις ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων	Αγγλία
1907	A. Michelson 'Οπτικαὶ μετρήσεις ἀκριβείας	Η. Πολιτεῖαι
1908	E. Rutherford Ραδιενέργεια, πρώτη τεχνητὴ μεταστοιχείωσις	Αγγλία
1908	G. Lippmann 'Εγχρωμος φωτογραφία ἐπὶ τῇ βάσει τῆς συμβολῆς	Γαλλία
1909	C. Braun 'Ασύρματος τηλεγραφία	Γερμανία
1909	G. Marconi 'Ασύρματος τηλεγραφία	Ιταλία
1910	Van der Waals 'Εξισωσις καταστάσεως ἀερίων	Ολλανδία
1911	W. Wien Θερμικὴ ἀκτινοβολία	Γερμανία
1911	M. Curie 'Ερευναι ἐπὶ τοῦ ραδίου	Γαλλία

Βραβεία Nobel Φυσικής

*Έτος	*Όνομα Φυσικού και έργασία του	Κράτος
1912	N. Dalen Τεχνική τοῦ φωτισμοῦ	Σουηδία
1913	H. Kamerlingh Onnes Χαμηλή θερμοκρασία, ύγροποίησις τοῦ ήλιου	Ολλανδία
1914	M. Von Laue Κατασκευή τῶν κρυστάλλων	Γερμανία
1915	W. H. Bragg καὶ W. L. Bragg Παράθλασις ἀκτίνων X διὰ τῶν κρυσταλλικῶν πλεγμάτων	Αγγλία
1917	C. Barkla Χαρακτηριστική ἐκπομπή ἀκτίνων X τῶν στοιχείων	Αγγλία
1918	M. Planck Θεωρία τῶν κβάντων	Γερμανία
1919	J. Stark Συμπεριφορὰ τῶν φασματικῶν γραμμῶν ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου	Γερμανία
1920	W. Nernst Θερμοχημεία, τρίτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα	Γερμανία
1920	C. Guillaume Μετρήσεις ἀκριβείας ἐπὶ τῶν κραμάτων	Γαλλία
1921	A. Einstein Θεωρία σχετικότητος, ίσοδυναμία μάζης καὶ ἐνέργειας	Γερμανία
1921	F. Soddy Ίστοπα	Αγγλία
1922	N. Bohr Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου	Δανία
1922	F. Aston Φασματογραφία τῶν μαζῶν, διαχωρισμὸς τῶν ισοτόπων	Αγγλία

Βραβεία Nobel Φυσικής

*Έτος	*Όνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1923	R. Millikan Στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον	Η. Πολιτεῖαι
1924	K. Siegbahn Φασματοσκοπία τῶν ἀκτίνων X	Σουηδία
1925	J. Frank καὶ G. Hertz Κροῦσις ἡλεκτρονίου καὶ ἀτόμου	Γερμανία
1925	R. Zsigmondy Ἐρευνα κολλοειδῶν. Ὑπερμικροσκόπιον	Αὐστρία
1926	J. Perrin Μοριακὴ Φυσικὴ	Γαλλία
1926	T. Svedberg Μοριακὴ Φυσικὴ	Σουηδία
1927	C. Wilson Θάλαμος νεφώσεως	Αγγλία
1927	A. Compton Κροῦσις φωτονίου καὶ ἡλεκτρονίου	Η. Πολιτεῖαι
1928	O. Richardson Θερμοϊόντα	Αγγλία
1929	Louis de Broglie Τύποι κύματα	Γαλλία
1930	C. Raman Διάγνωσις τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν μορίων	Ινδίαι
1932	W. Heisenberg Κβαντομηχανικὴ	Γερμανία
1932	J. Langmuir Ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι, ὑψηλὸν κενόν	Η. Πολιτεῖαι
1933	P. Dirac Κβαντομηχανικὴ	Αγγλία
1933	E. Schrödinger Κυματομηχανικὴ	Αὐστρία
1934	H. Urey Βραχὺ ὑδρογόνον	Η. Πολιτεῖαι

Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1935	Irène Joliot—Curie καὶ F. Joliot Τεχνητὴ ραδιενέργεια	Γαλλία
1935	J. Chadwick Ανακάλυψις τοῦ νετρονίου	Αγγλία
1936	V. Hess Κοσμικὴ ἀκτινοβολία	Αὐστρία
1936	C. Anderson Ανακάλυψις τοῦ ποζιτρονίου εἰς τὰς κοσμικὰς ἀκτῖνας	Η. Πολιτεῖαι
1936	P. Debye Θεωρία τῶν κβάντων, κρυσταλλικὴ δομὴ	Γερμανία
1937	G. Thomson Συμβολὴ ἡλεκτρονίων	Αγγλία
1937	C. Davisson Κίνησις ἡλεκτρονίου	Η. Πολιτεῖαι
1938	E. Fermi Πυρηνικὴ ἀντιδράσεις μὲν νετρόνια	Ιταλία
1939	E. Lawrence Κύκλοστρον	Η. Πολιτεῖαι
1943	O. Stern Μοριακὴ ἀκτῖνες	Η. Πολιτεῖαι
1944	O. Hahn Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Γερμανία
1944	I. Rabi Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Η. Πολιτεῖαι
1945	W. Pauli Δομὴ τοῦ ἀτόμου	Αὐστρία
1946	P. Bridgman Φυσικὴ τῶν ὑψηλῶν πιέσεων	Η. Πολιτεῖαι
1947	E. Appleton Ιονόσφαιρα	Αγγλία
1948	P. Blackett Μετρήσεις ἐπὶ τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας	Αγγλία

Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1949	H. Yukawa Θεωρία ἐπὶ τῶν μεσονίῶν	Ιαπωνία
1950	C. Powell Φωτογραφία μεσονίῶν	Αγγλία
1951	J. Cockcroft καὶ E. Walton Ἐπιτάχυνσις σωματιδίων διὰ τὸν βομβαρδισμὸν τῶν ἀτομικῶν πυρήνων	Αγγλία
1952	F. Bloch καὶ E. Purcell Μέτρησις μεγεθῶν ὑποατομικῶν σωματιδίων	Η. Πολιτεῖαι
1953	F. Zernike Μικροσκόπιον φασικῆς ἀντιθέσεως	Ολλανδία
1954	M. Born καὶ W. Bothe Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος	Αγγλία, Γερμανία
1955	W. Lamb καὶ P. Kusch Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ φάσματος ὑδρογόνου	Η. Πολιτεῖαι
1956	J. Bardeen, W. Brattain, W. Shockley Φυσικὴ τῶν στερεῶν καὶ κρυστάλλων	Η. Πολιτεῖαι
1957	C. Yang καὶ T. Lee Θεωρητικὴ ἐρευναι	Η. Πολιτεῖαι
1958	P. Cherenkov, I. Tamm, L Frank Ἀνακάλυψις ἀκτινοβολίας Cherenkov	Ρωσία
1959	E. Segrè καὶ O. Chamberlain Ἀντινουκλεόνια	Η. Πολιτεῖαι
1960	D. Glaser Ἀνακάλυψις τοῦ θαλάμου φυσαλλίδων	Η. Πολιτεῖαι
1961	R. Hofstadter Μελέτη ὑποατομικῶν σωματιδίων	Η. Πολιτεῖαι
1961	R. Moessbauer Ἐρευναι ἐπὶ τῶν ἀκτίνων γ	Γερμανία
1962	D. Landau Θεωρητικὴ ἐρευνα τῆς ūλης	Ρωσία

ΣΥΝΤΟΜΟΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΙ

ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ, ΟΙ ΟΠΟΙΟΙ ΗΣΧΟΛΗΘΗΣΑΝ ΜΕ ΘΕΜΑΤΑ
ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΕΙΣ ΤΟΝ ΠΑΡΟΝΤΑ ΤΟΜΟΝ

AMPÈRE (1775 - 1836). Γάλλος φυσικός και μαθηματικός. 'Ανεκάλυψεν τους νόμους της άμοιβαιάς δράσεως τῶν μαγνητῶν και τῶν ρευμάτων και ὑπήγαγε τὸν μαγνητισμὸν εἰς τὸν ἡλεκτρισμόν, θεωρήσας τοὺς μαγνήτας ὡς ἀθροισμα στοιχειωδῶν σωληνοειδῶν.

ARAGO (1756 - 1854). Γάλλος φυσικός και ἀστρονόμος. 'Ησχολήθη μὲ τὸν ἡλεκτρομαγνητισμὸν και κυρίως μὲ τὴν ὄπτικην. 'Ὑποστηρικτής τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων ἐβοήθησε διὰ τὴν ἐπικράτησίν της.

BECOUEREL (1852 - 1908). Γάλλος φυσικός. 'Ανεκάλυψεν τὴν ραδιενέργειαν.

BOHR (γεν. 1883). Δανός φυσικός. Διετύπωσεν ὑπόδειγμα τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου τῆς ὥλης, τὸ ὄποιον συνεπλήρωσεν ἀργότερον ὁ Γερμανός φυσικός Sommerfeld.

BROGLIE (Louis). Σύγχρονος Γάλλος θεωρητικός φυσικός. 'Ιδρυτής τῆς περιφήμου Κυματομηχανικῆς, ἡ ὁποία συνενώνει εἰς μίαν θεωρίαν τὰς δύο περὶ φωτὸς θεωρίας τῆς ἐκπομπῆς και τῶν κυμάνσεων.

GALILAIOS (1564 - 1642). 'Ιταλὸς μαθηματικός, φυσικός και ἀστρονόμος. Κατεσκεύασεν τὸ 1609 τὴν πρώτην διόπτραν, μὲ τὴν ὁποίαν ἔξετέλεσεν διαφόρους ἀστρονομικὰς παρατηρήσεις.

COULOMB (1736 - 1806). Γάλλος φυσικός. 'Ανεκάλυψεν τὸν εὐαίσθητον ζυγὸν στρέψεως, μὲ τὸν ὄποιον κατώρθωσεν νὰ διατυπώσῃ τοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰς μαγνητικὰς και ἡλεκτρικὰς ἔλεις και ἀπώσεις. 'Εμελέτησεν τοὺς νόμους τῆς τριβῆς και τῆς ἐλαστικότητος.

CROOKES (1822 - 1919). "Αγγλὸς φυσικός και χημικός. 'Εφεύρεν τὸ ἀκτινόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν τῶν ἀκτινοβολιῶν και ἐμελέτησεν τὴν ἐκκένωσιν ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων.

CURIE. Πέτρος Κιουρί (1858 - 1906). Γάλλος φυσικός και χημικός. 'Ανεκάλυψεν τὰ φαινόμενα τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ, ἐσπούδασε τὰς μαγνητικὰς ἰδιότητας τῶν σωμάτων εἰς διαφόρους θερμοκρασίας και 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 φυσικός. Ἰδρυτὴς τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος, εἰσήγαγεν τὴν ἔννοιαν τοῦ φωτονίου διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

FARADAY (1791 - 1867). Ἀγγλὸς φυσικὸς καὶ χημικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ἐπαγγωγικὰ ρεύματα καὶ τοὺς νόμους τῆς ἡλεκτρολύσεως.

FERMI (1901 - 1956). Ἰταλὸς φυσικός. Πρῶτος παρετήρησεν ὅτι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες τοῦ οὐρανίου, βομβαρδίζόμενοι μὲν νετρόνια, διασπῶνται εἰς δύο νέους πυρῆνας.

FOUCAULT (1819 - 1868). Γάλλος φυσικός. Ἐμέτρησε τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς διαφόρων διαφανῶν μέσων καὶ ἐσπούδασε τὰ ἐπαγγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ σιδήρου τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἐτελειοποίησεν πολλὰ ὀπτικὰ ὅργανα καὶ ἴδιαιτέρως τὸ τηλεσκόπιον.

FRESNEL (1788 - 1827). Γάλλος φυσικός. Ἐξετέλεσεν ὡραιότατα πειράματα καὶ διετύπωσεν ἐρμηνείας τῶν φαινομένων τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως, τῆς πολώσεως καὶ τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων.

GAUSS (1777 - 1855). Γερμανὸς μαθηματικός, φυσικὸς καὶ ἀστρονόμος. Ἐσπούδασεν ἴδιαιτέρως τὰ μαγνητικὰ καὶ ἡλεκτρικὰ πεδία.

HENRY (1799 - 1878). Ἀμερικανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ρεύματα ἔξ αὐτεπαγγαγῆς.

HERTZ (1857 - 1894). Γερμανὸς μηχανικός. Ἀπεκάλυψεν πειραματικῶς τὴν ὑπαρξίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων καὶ ἐμελέτησε τὴν διάδοσιν αὐτῶν.

UYGENS (1629 - 1695). Ὄλλανδὸς φυσικός, γεωμέτρης καὶ ἀστρονόμος. Ἐμελέτησεν τὴν διάθλασιν καὶ τὴν παράθλασιν τοῦ φωτός. Διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.

JOULE (1818 - 1889). Ἀγγλὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τοὺς νόμους, οἱ δοποῖοι διέπουν τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν τῶν διαρρεομένων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

KAPTEΣΙΟΣ (1596 - 1650). Γάλλος φιλόσοφος, μαθηματικὸς καὶ φυσικός. Διετύπωσεν τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

(Οἱ ἀριθμοὶ παραπέμπουν εἰς τὰς σελίδας)

Α			
αἱθήρ	101	αύτεπαγωγὴ	214
ἀκουστικὸν	203	ἀχρωματικὸς φακός	65
ἀκτῖνες α., β., γ.	278		
» Röntgen	245	βαρὺς ὅδωρ	286
ἀκτινοβολίκ	87	Volt	154
ἀκτινολογίκ	247	βολτάμετρον	164, 187
ἀλεξιέρχοντα	255	βολτόμετρα	207
ἀλυσωτή, ἀντίδρασις	288		
Amperē	165		
ἀμπερόμετρα	207		
ἀμπερώρια	194	γαλβανόμετρα	207
ἀνάλασσις φωτὸς	19	γαλβανοπλαστικὴ	191
ἀνάλυσις φωτὸς	87	γεννήτραι	162
ἀναλύτης	107	γήνιον μαγνητικὸν πεδίον	140
ἀνοδός	164	γραμματί Fraunhofer	89
ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις	183	γωνία ἐκτροπῆς	47
ἀντιλήφη	296	» πολάρισμας	107
ἀνόρθωσις	260	Gauss	137
ἀντικατοπτρισμός	44	Geiger ἀπαριθμητής	292
ἀντίστασις ἀγωγοῦ	168		
ἀντιστροφὴ γραμμῶν	115		
ἀποδέκτης	184	Δ	
ἀπόδυσις φωτεινῆς πηγῆς	99	δείκτης διαθλάσσεως	39
ἀρχὴ ἀντιστρόφου πορείας	24	δέκτης	202
ἀστροφυσικὴ	117	δευτέριον	285
ἀσφάλεια	178	διάθλασις φωτὸς	38
ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις	43	διαφορὰ δυναμικοῦ	153
ἀτομικὴ βόμβα	288	» φάσεως	157
» ἐνέργεια	288	διάγυσις	19, 125
ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ	289	διαχωριστικὴ ίκανότης	80
ἀτομικὸς ἀριθμὸς	280	διεγέρτης Hertz	262
ἀτομού	280	διηλεκτρικὴ σταθερὰ	234
		διόδος λυχνία	244

διόπτρα	78	ήλεκτρικός συσσωρευτής	192
διπλή διάθλασις	109	ήλεκτρόλυσις	186
δυναμικαὶ γραμμαὶ	134, 150	ήλεκτρολυτικὴ διάστασις	187
δυναμικὸν	153	ήλεκτρομαγήτης	200
Ε			
εἰδικὴ ἀντίστασις	169	ήλεκτρομαγητικὴ ἀκτινοβολία	264
εἴδωλον	21	ήλεκτρονικὸν πεδίον	263
ἐκλείψεις	14	ήλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	251
ἐκτροπὴ σφαιρικὴ	36, 64	ήλεκτρόνιον	159
» ἀστιγματικὴ	36, 64	ήλεκτροσκόπιον	146
» χρωματικὴ	64	ήλεκτροχημικὸν ισοδύναμον	190
ἐλαχίστη ἐκτροπὴ	48	ήμιτονοειδὲς ρεῦμα	223
ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια	160	Θ	
ἐναλλακτῆρες	221	θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων	244
ἐναλλασσόμενον ρεῦμα	222	θερμικὰ δργανα	208
ἐνεργὸς ἔντασις	225	θάλαμος Wilson	292
» τάσις	225	θερμοήλεκτρεγερτικὴ δύναμις	195
ἔντασις ρεύματος	165	θερμοήλεκτρικὸν ρεῦμα	195
ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς	93	» στοιχεῖον	195
ἐπαγγειὸς	216	θεωρία ἐκπομπῆς	100
ἐπαγγικὰ ρεύματα	209	» κυμάνσεων	101
ἐπαγγικὸν πηγίον	230	· χβάντα	123
ἐπαγώγιμον	216	» ἡλεκτρομαγητικὴ	101
ἐπιμετάλλωσις	191	I	
ἐπίπεδον πολώσεως	107	Ιονισμὸς ἀερίου	243
» κραδασμῶν	108	Ιόντα	160, 188
ἔστιακὴ ἀπόστασις	27, 33, 55	Ισότοπα στοιχεῖα	285
ἔστιακὸν ἐπίπεδον	28, 55	Ισχὺς ἀποδέκτου	183
ἔσωτερη ἀντίστασις	181	» γεννητρίας	179
Η		» ρεύματος	175
ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις	180	» φακοῦ	63
ήλεκτρικαὶ μηχαναὶ	216	» μικροσκοπίου	72
» ταλαντώσεις	256	Ιονόσφαιρα	253
ήλεκτρικὴ ἐκκένωσις	238	K	
» κάμινος	178	καθοδικαὶ ἀκτῖνες	240
ήλεκτρικὸν πεδίον	149	καθόδος	164, 238, 245
ήλεκτρικὸν ρεῦμα	161	κάτοπτρα	19
» δίπολον	262	κεραυνὸς	254
» φορτίον	147	κηρίον	94
ήλεκτρικὸς κώδων	201		

κινητήρες	218, 222	N
κοσμική άκτινοβολία	253, 291	
Coulomb	147	
κυκλική συχνότης	223	
κύκλωμα	166	
κύρια έστια	27, 55	
κύριος δέκων	25	
κύπταρον σεληνίου	171	
κροσσοί συμβολής	102	
κρυσταλλικός φωρατής	260	
Λ		
λαμπτήρος ήλεκτρικός	177	
Lumen	95	
Lux	95	
Μ		
μαγνητόφωνον	276	
μαγνητική άποκλισις	138	
» διαπερατότης	200	
» έγκλισις	139	
» έπαγωγή	209	
» θύελλα	142	
» ροή	137	
μαγνητικὸν δίπολον	133	
» πεδίον	135, 197	
» φάσμα	134	
μαζικός δριθμός	283	
Maxwell	138	
μεγάφωνον	204	
μεγέθυνσις γραμμική	30, 57	
μεσόνια	291, 296	
μεταστοιχείωσις	287	
μετασχηματισταί	228	
μηχανικὸν ισοδύναμον φωτός	99	
μικροχύματα	270	
μικροσκόπιον	72, 75	
μικρόφωνον	203	
μικροφωτογραφία	78	
μονοφασικὸν ρεῦμα	222	
μυωπία	68	
Ν		
ναυτική πυξίς	142	
νετρίνο	291	
νετρόνιον	283	
νόμοι άνωκλάσεως	20	
» ήλεκτρολύσεως	189	
» φωτισμοῦ	96	
νόμος Joule	175	
» Coulomb	132, 147	
» Laplace	206	
» Ohm	168, 181	
» Stokes	122	
» Rayleigh	125	
» Lenz	211	
Ο		
δλική άνωκλασίς	42	
δμιλῶν κινηματογράφος	274	
δμογενὲς πεδίον	137, 237	
δπαί Young	105	
δπτικὸν κέντρον	54	
δπτικός δέκων	110	
δρατόν φῶς	265	
δρική γωνία	40	
ούρανον τόξον	91	
Ohm	168	
Π		
παράθλασις φωτός	102	
περιοδικὸν σύστημα	282	
περισκόπιον	84	
πηγὴν Ruhmkorff	230	
πικάπ	276	
πλάτος ἐντάσεως	224	
» τάσεως	223	
ποζιτρόνιον	286	
πόλοι γενητήριας	162	
πολικὸν σέλαις	256	
πόλωσις φωτός	106	
» ήλεκτροδίων	192	
πολωτής	107	

πολωτικὸν σῶμα	112	σωλήν Braun	247
πομπὸς	202	» Coolidge	245
ποσότης μαγνητισμοῦ	133	» Crookes	239
πρίσμα Nicol	111	» Geissler	288
πρισματικὴ διόπτρα	82	σωληνοειδὲς	198
προβολὲς	84		
προσαρμογὴ	67		
πρωτόνιον	159, 283		
πυκνωτὰ	232	ταλαντώσεις ἡλεκτρικαὶ	256
πυρὴν ἀτέμου	158	τάσις	153
		ταχύτης φωτὸς	15
P		τεχνητὰ ραδιενεργὰ	287
ραδιενέργεια	277	τηλέγραφος	201
ράδιον	277	τηλεόρασις	271
ραδιόφωνα	269	τηλεπικοινωνίαι	266
ραντάρ	270	τηλεσκόπιον	83
ρεύματα Foucault	213	τηλέφωνον	203
ροοστάται	273	τηλεφωτογραφία	250
Röntgen ἀκτῖνες	245	τρίοδος λυχνία	248
Rutherford	287	τριφασικὰ ρεύματα	226
		τύπος Thomson	257
S			
σκοτεινὸς θάλαμος	14	ὑπερβραχέα κύματα	270
σπινθηριστὴς	262	ὑπεριώδεις ἀκτῖνες	119
σταθερὰ Planck	123	ὑπερμετρωπία	68
σταθερὰ Faraday	190	ὑπερόνια	291
στερακτίνον	92	ὑπερουράνια στοιχεῖα	290
στερεουσκοπία	70	ὑπέρυθροι ἀκτῖνες	118
στοιχεῖα	194	ὑψίσυχα ρεύματα	231
» Leclanché	194		
στοιχειώδεις μαγνῆται	131		
στοιχειώδεις φορτίον	159		
συγκλίνων φακός	55		
συλλέκτης	217		
συμβολὴ φωτὸς	101		
συνεχὲς ρεῦμα	165		
συντελεστῆς αὐτεπαγωγῆς	215		
συντονισμός	261	φαινόμενον Edison	244
συρμὸς ταλαντώσεων	259	φακός	52
τυσσωρευτὰ μολύβδου	193	Farad	156
» ἀλκαλικοῦ	194	φάσις	226
		φάσμα ἀπορροφήσεως	115
		» γραμμῶν	114
		» ἡλιακὸν	89
		» συνεχὲς	113
		» συνολικὸν	265

φασματοσκοπική άνάλυσις	116		
φασματοσκόπιον	90	φωτογλεκτρικόν φαινόμενον	249
φθορισμός	121	φωτογλεκτρόνια	249
φυσικός μαγνήτης	129	φωτοκύτταρον	250
φωνοληψία	274	φωτομετρία	97
φώς πεπολωμένον	106	φωτόμετρον Bunsen	98
φώς φυσικὸν	106	φωτόνια	124
φωσφορισμός	122		X
φωταύγεια	122		
φωτεινή πηγή	11	χειριστήριον	202
» ροή	94	χρῶμα σωμάτων	124
φωτισμός	94	χωρητικότης	155
φωτογραφία	126	Henry	215
		Huygens	101

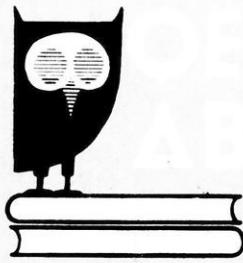
"Έκδοσις: IE'-1974 (IV)" Αντ/πα: 75.000 - Σύμβασις 2397/16-3-74

'Εκτύπωσις : Κονσέντος - Πρίφτης - Δαφεδώνας — Βιβλιοδεστά : A. Βασιλείου



0240000919559

Ψηφιοποιηθήκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής