

ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

ΦΥΣΙΚΗ

Ε' και ΣΤ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ
1975

19513

ΦΥΣΙΚΗ

ΔΩΡΕΑΝ

Τὸ παρὸν βιβλίον δέον νὰ διαφυλαχθῆ καὶ διὰ τὴν ΣΤ΄
τάξιν εἰς τὴν ὁποίαν ἐπίσης θὰ χρησιμοποιηθῆ.

ΑΛΚΙΝΟΟΥ ΜΑΖΗ

ΦΥΣΙΚΗ

Ε' ΚΑΙ ΣΤ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ 1975

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Σελίς

1. 'Ορισμοί.—2. Ευθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.—3. Φωτεινή ἄκτις. Φωτεινὰ δέσματα.—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. 'Ορισμοί.—9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός	19 - 21
---	---------

Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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

α) Κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα

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

β) Κυρτὰ σφαιρικά κάτοπτρα

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

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλακὸς μὲ παραλλήλους ἕδρας.—33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.—34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.—35. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως	45 - 52
--	---------

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

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

Α'. Συγκλίνοντες φακοί

39. Κυρία ἐστία. Ἐστιακὴ ἀπόστασις.—40. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.—41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.—42. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—43. Εἶδωλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.—44. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς	55 - 59
--	---------

	<i>B'. 'Αποκλίνοντες φακοί</i>	Σελίς
45. Κυρία ἔστια.—46. Ἐἴδωλον ἀντικειμένου.—47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν		59 - 62
	<i>Γ'. 'Ισχύς καὶ σφάλματα τῶν φακῶν</i>	
48. 'Ισχύς φακοῦ.—49. 'Ομοαξονικὸν σύστημα φακῶν.—50. Σφάλματα τῶν φακῶν		63 - 66
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ		
51. Κατασκευὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.—52. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Προσαρμογὴ.—53. Πρεσβυωπία.—54. Μύωψ καὶ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμὸς. 55. Φαινόμενη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία.—57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως		66 - 71
ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ		
58. 'Οπτικὰ ὄργανα		72
A'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ		
59. 'Απλοῦν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστικὴ ἰκανότης τοῦ μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ		72 - 78
B. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ		
65. Διοπτρικά καὶ κατοπτρικά τηλεσκόπια.—66. 'Αστρονομικὴ δίοπτρα.—67. Δίοπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—68. Δίοπτρα τῶν ἐπιγείων.—69. Πρισματικὴ δίοπτρα.—70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον		78 - 83
Γ. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ		
71. Περισκόπιον.—72. Φωτογραφικὴ μηχανή.—73. Προβολεὺς		84 - 87
ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ		
74. 'Ανάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος.—75. 'Ιδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.—77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.—78. Φασματοσκόπιον.—79. Οὐράνιον τόξον		87 - 92
ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ		
80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.—81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν.—82. Φωτομετρικὰ μεγέθη.—83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—84. Νόμος τῆς φωτομετρίας.—85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.—86. Φωτόμετρον.—87. 'Απόδοσις φωτεινῆς πηγῆς		92 - 100
ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ		
88. Θεωρία περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός.—89. Θεωρία τῆς ἐκπομπῆς.—90. Θεωρία τῶν κυμάνσεων.—91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.—92. Παράθλασις τοῦ φωτός.—93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός.—94. Πόλωσις τοῦ φωτός.—95. 'Ερμηνεία τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.—96. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.—97. 'Ερμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—98. Πολωτικαὶ συσκευαὶ		100 - 113
ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ		
A'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ		
99. Φάσματα ἐκπομπῆς.—100. Φάσματα ἀπορροφῆσεως.—		

101. Φάσματα απορροφήσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—102. Τὸ ἠλιακὸν φῶς.—103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.—104. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων	Σελίς 113 - 118
--	--------------------

Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι.—106. Ἀπορρόφῃσις τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—108. Ἀπορρόφῃσις 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 ἔννοιαι.—119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—120. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.—121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.—122. Στοιχειώδεις μαγνήται.—123. Νόμος τοῦ Coulomb.—124. Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ	129 - 134
---	-----------

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

125. Μαγνητικὸν φάσμα.—126. Μαγνητικὸν πεδίου.—127. Ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.—128. Μαγνητικὴ ροή	134 - 138
---	-----------

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

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

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

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

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

140. Σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.—141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου.—142. Δυναμικόν.—143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.—144. Μονάδες δυναμικοῦ.—145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	149 - 158
---	-----------

ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειώδεις ἠλεκτρικὸν φορτίον.—149. Ἐμφάνισις ἠλε-	
---	--

κτρικῶν φορτίων.—150. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρίσεως τῶν σωμάτων..	Σελίς 158 - 161
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ	
151. Παραγωγή ροῆς ἠλεκτρονίων.—152. Εἶδη γεννητριῶν.— 153. Ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.—154. Ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.—155. Κύκλωμα	161 - 167
ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ OHM	
156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—157. Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ.—158. Μονάς ἀντιστάσεως.—159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ.—160. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.— 161. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως.—162. Κύτταρον σεληνίου.—163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—164. Ροοστάται.—165. Μέτρησις ἀντι- στάσεως	167 - 174
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
166. Ἐνέργεια καὶ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος.—167. Νόμος τοῦ Joule.— 168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος	175 - 179
ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ	
169. Ἐλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλει- στὸν κύκλωμα.—171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεν- νητρίδας.—172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μετὰ γεν- νήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώματος.— 174. Κύκλωμα μετὰ συστοιχίαν γεννητριῶν	179 - 186
ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ	
175. Ἐλεκτρολύται.—176. Παραδείγματα ἠλεκτρολύσεων.— 177. Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.—178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύ- σεως.—179. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—180. Συσ- σωρευταί.—181. Ἐλεκτρικὰ στοιχεῖα.—182. Θερμοἠλεκτρικὸν στοι- χεῖον	186 - 196
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	
183. Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος.—184. Μαγνητικὸν πεδίου ρευματοφόρου ἀγωγοῦ.—185. Μαγνητικὸν πεδίου σωληνοειδοῦς.— 186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—187. Ἐλεκτρομαγνήτης.— 188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν.—189. Ἐπίδρασις μαγνητι- κοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.—190. Ἐλεκτρικὸς κινητήρ.— 191. Ὀρ- γανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων	196 - 209
ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	
192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—193. Τρόποι παρα- γωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύμα- τος.—195. Ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—196. Ρεύματα Fou- cault.—197. Αὐτεπαγωγή	209 - 216
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
198. Ἐλεκτρικαὶ μηχαναί.—199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—	

200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.....	216 - 220
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
202. Ἐναλλακτῆρες.—203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—204. Ἐναλλασσόμενον ρεύμα.—205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις.—206 Τριφασικά ρεύματα	220 - 228
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ	
207. Μετασχηματισταί.—208. Ἐφαρμογαί τῶν μετασχηματιστῶν.—209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.	228 - 232
ΠΥΚΝΩΤΑΙ	
210. Πυκνωταί.—211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—214. Μορφαί πυκνωτῶν.—215. Ὅμογενές ἤλεκτρικὸν πεδίον	232 - 238
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	
216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—217. Λαμπτῆρες μὲ ἀραιὸν ἀέριον.—218. Καθοδικαὶ ἀκτίνες.—219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—220. Παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ...	238 - 244
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ	
221. Θερμοηλεκτρονικὸν φαινόμενον.—222. Ἀκτίνες Röntgen.—223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.—224. Σωλὴν Braun.—225. Τρίοδος λυχνία.—226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.—227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—228. Ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	244 - 252
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ	
229. Ἴονισμὸς τοῦ ἀέρος.—230. Διαρκὴς Ἴονισμὸς τοῦ ἀέρος.—231. Τὸ γήινον ἤλεκτρικὸν πεδίον.—232. Πολικὸν σέλας.....	252 - 256
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ	
233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—234. Φθίνουσαι ἤλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—235. Ἀμείωτοι ἤλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—236. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ἤλεκτρικῶν ταλαντώσεων.—237. Διέγερσις ἤλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.....	256 - 261
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ	
238. Δίπολον τοῦ Hertz.—239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.—240. Μῆκος κύματος τῶν ἤλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἤλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας.....	261 - 265
ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	
243. Γενικαὶ ἀρχαί.—244. Πομπὸς ἤλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—245. Δέκτης ἤλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφω-	

νον.—247. Διάδοσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἶδη κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωνογραφία ..	Σελίς 266 - 274
ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ	
251. Ὁμιλῶν κινηματογράφος.—252. Μαγνητόφωνον.—253. Ἐνα- παραγωγὸς ἤχου	274 - 276
ΑΓΩΓΟΙ — ΜΟΝΩΤΑΙ — ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ	
254. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῶν στερεῶν.—255. Κατηγορίαι στερεῶν.—256. Ἀγωγοί, μονωταί, ἡμιαγωγοί	277 - 280

Μ Ε Ρ Ο Σ Τ Ε Τ Α Ρ Τ Ο Ν

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

257. Τὸ ἠλεκτρόνιον κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων.—258. Ἡ μονὰς ἐνεργείας ἠλεκτρονιοβόλτ.—259. Ἡ δομὴ τοῦ ἀτόμου.—260. Ἄριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων καὶ τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος.— 261. Ἡ κατανομὴ τῶν ἠλεκτρονίων περὶ τοῦ πυρήνος.—262. Στοι- χειώδης μελέτη τοῦ ἀτόμου ὕδρογόνου. Αἱ δύο συνθήκαι τοῦ Bohr.— 263. Ἴονισμὸς τοῦ ἀτόμου ὕδρογόνου.—264. Ἄτομα μὲ πολλὰ ἠλε- κτρόνια.—265. Λέηζερ	281 - 287
---	-----------

Ο ΠΥΡΗΝ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

266. Ἡ διάμετρος τοῦ πυρήνος καὶ τοῦ ἀτόμου.—267. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—268. Τὰ συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος.—269. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρήνος.—270. Ἰσότοποι καὶ ἰσοβαρεῖς πυρήνες.—271. Βαρὺ ὕδωρ.—272. Τὸ ποζι- τρόνιον	287 - 292
--	-----------

ΦΥΣΙΚΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

273. Ραδιενέργεια.—274. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενερ- γῶν στοιχείων.—275. Ἡ φυσικὴ μεταστοιχείωσις.—276. Χρόνος ὑπο- διπλασιασμοῦ.—277. Νόμος τῆς ραδιενεργείας.—278. Βιολογικὰ ἀπο- τελέσματα τῶν ἀκτινοβολιῶν.—279. Μονὰς ραδιενεργείας.—280. Αἱ σειραὶ τῶν φυσικῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Τὸ οὐράνιον	292 - 298
---	-----------

ΤΕΧΝΗΤΗ ΜΕΤΑΣΤΟΙΧΕΙΩΣΙΣ

281. Τεχνητὴ διάσπασις πυρήνων.—282. Ἐπιταχυνταί.—283. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις.—284. Ἐφαρμογαὶ τῶν τεχνητῶν ραδιοίσο- τόπων.—285. Τὰ ὑπερουράνια στοιχεῖα	298 - 301
---	-----------

Ο ΠΥΡΗΝ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

286. Σχάσις τοῦ πυρήνος οὐράνιου 235.—287. Προέλευσις τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας.—288. Ἀλυσωτὴ ἀντιδρασις.—289. Ὁ πυρηνι- κὸς ἀντιδραστήρ.—290. Σύντηξις ἐλαφρῶν πυρήνων.—291. Προέλευ- σις τῆς ἀστρικῆς ἐνεργείας.—292. Κοσμικαὶ ἀκτίνες.—293. Τὰ στοι- χειώδη σωματίδια.—294. Ἡ ἀντιύλη	301 - 810
--	-----------

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ἡ ἐξέλιξις τῆς ὀπτικῆς. Ἡ ἐξέλιξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ	311 - 319
---	-----------

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1. Όρισμοί. Καλοῦμεν **φῶς** τὸ αἴτιον, τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὀράσεως. Ἐν σῶμα εἶναι ὀρατόν, ἐάν στέλλῃ φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας. Μερικὰ σώματα ἐκπέμπουν ἀφ' ἑαυτῶν φῶς καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάζονται **αὐτόφωτα** σώματα ἢ **φωτειναὶ πηγαὶ** (ὁ Ἡλιος, οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, αἱ φλόγες κ.ἄ.).

Ἐν μὴ αὐτόφωτον σῶμα γίνεται ὀρατόν, ὅταν προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ τὸ φῶς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ μέρος τοῦ φωτός τούτου ἐκπεμφθῇ ὑπὸ τοῦ σώματος πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις· τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται **ετερόφωτα** σώματα (ἡ Σελήνη, οἱ πλανῆται, τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ περὶ τῆς ἡμῶν σώματα). Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ (φυσικαὶ καὶ τεχνηταὶ), εἶναι πάντοτε τῆς αὐτῆς φύσεως καὶ ἀκολουθεῖ τοὺς ἰδίους νόμους.

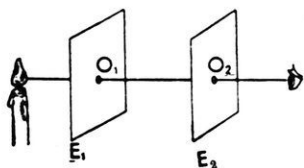
Μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα (ὕαλος, ἀήρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα (ξύλον, πλάξ μετάλλου κ.ἄ.). Τέλος μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέρχεται,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

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

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

Ἐντὸς ὁμογενοῦς καὶ ἰσοτρόπου μέσου τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

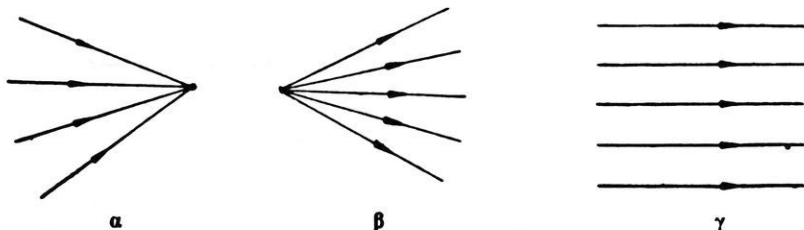
Ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός ἐπαληθεύεται κατὰ προσέγγιςιν μὲ τὸ ἐξῆς ἀπλούστατον πείραμα (σχ. 1). Λαμβάνομεν δύο ἀδιαφανῆ διαφράγματα E_1 καὶ E_2 , ἕκαστον τῶν ὁποίων φέρει μικρὰν κυκλικὴν ὀπὴν.



Σχ. 1. Ἀπόδειξις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός

Ἐν λευκὸν νῆμα διέρχεται διὰ τῶν δύο ὀπῶν O_1 καὶ O_2 . Ὅπισθεν τοῦ διαφράγματος E_1 τοποθετοῦμεν φωτεινὴν πηγὴν, ὀπισθεν δὲ τοῦ διαφράγματος E_2 φέρομεν τὸν ὀφθαλμὸν μας. Ὅταν ἐπιτύχωμεν νὰ βλέπωμεν τὴν πηγὴν διὰ μέσου τῶν ὀπῶν O_1 καὶ O_2 , τότε τείνομεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ὀπαι O_1 , O_2 καὶ ὁ ὀφθαλμὸς μας εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας γραμμῆς, ἐπὶ πλέον δὲ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ νῆμα φωτίζεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος του.

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



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

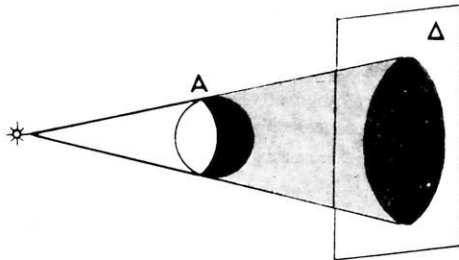
τότε ἡ μὲν δέσμη καλεῖται *στιγματική*, τὸ δὲ σημεῖον τοῦτο καλεῖται *ἐστία* τῆς δέσμης. Μία φωτεινὴ δέσμη δύναται νὰ εἶναι *συγκλίνουσα*, *ἀποκλίνουσα* ἢ *παράλληλος* (σχ. 2). Πολλὰ ὀπτικά φαινόμενα εἶναι δυνατόν νὰ ἐξετασθοῦν χωρὶς νὰ εἶναι ἀνάγκη νὰ γνωρίζωμεν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Εἰς τὰ φαινόμενα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

4. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. α) Σκιά.

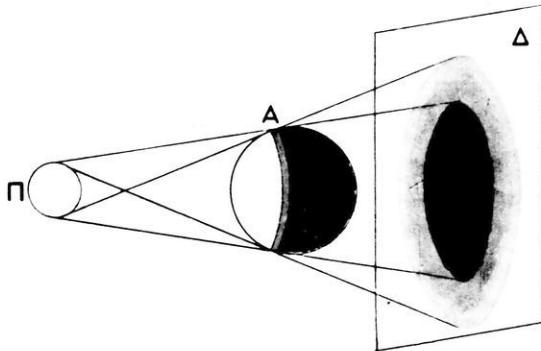
Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν φωτεινῶν ἀκτῖνων παρεμβληθῇ ἐν ἀδιαφανὲς σῶμα, τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος ὑπάρχει χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δὲν εἰσέρχεται φῶς· ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται **σκιά**.

Ἐάν ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι *σημεῖον* (σχ. 3), τότε ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν περιοχὴν γίνεται ἀποτόμως.

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



Σχ. 3. Σχηματισμὸς σκιάς

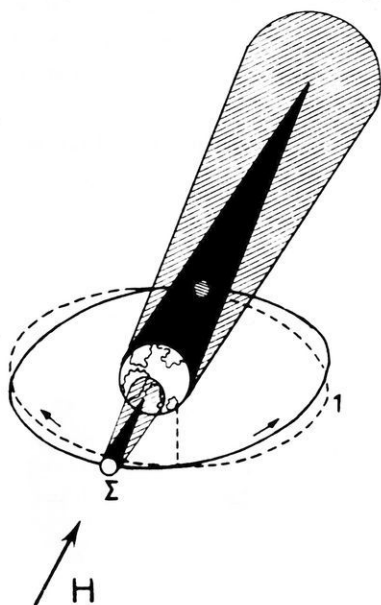


Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιάς καὶ παρασκιάς

ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσέρχονται φωτειναὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ

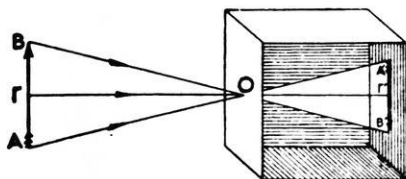
ώρισμένα μόνον σημεία τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν περιοχὴν γίνεται βαθμιαίως.

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



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

λήνης καὶ τοῦ Ἡλίου εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὁποία σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς Γῆς (σχ. 5). Ἡ Σελήνη, ὅταν εὐρίσκεται εἰς ἀντίθεσιν (παυσέληνος), δύναται ὑπὸ ὀρισμένας συνθήκας νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὴν σκιάν τῆς Γῆς, ὅποτε ἡ Σελήνη δὲν φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλίον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ Σελήνη γίνεται ἀόρατος διὰ τοὺς κατοίκους τῆς Γῆς, τοὺς εὐρισκομένους εἰς τόπους, οἵτινες εὐρίσκονται ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Γῆς. Αἱ δὲ ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὁποία σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς Σελήνης. Ὅταν ἡ Σελήνη εὐρίσκεται εἰς σύνοδον (Νέα Σελήνη), δύναται ὑπὸ ὀρισμένας συνθήκας νὰ παρεμβληθῇ μεταξὺ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὅποτε ἡ σκιά τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς, οἱ εὐρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὀλικὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὁποῖοι θὰ εὐρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιάς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου.



Σχ. 6. Σκοτεινὸς θάλαμος

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

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

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΓ'}{ΟΓ}$$

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

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

2. Δύο σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτῖνας Ρ καὶ ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξύ τῶν κέντρων τῶν Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ μεγαλύτερα σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ μικροτέρα σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανῆς. Νὰ εὐρεθῇ τὸ μῆκος τοῦ σκιεροῦ κώνου, ὃ ὁποῖος σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς σφαίρας Α'.

Ἐφαρμογὴ : Ρ = 108 ρ καὶ δ = 23240 ρ

3. Δύο ἴσαι σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀκτίνα ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξύ τῶν δύο κέντρων τῶν Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανῆς. Ὄπισθεν τῆς σφαίρας Α' τοποθετεῖται διάφραγμα καθέτως πρὸς τὴν εὐθείαν ΟΟ', καὶ εἰς ἀπόστασιν ε ἀπὸ τὸ κέντρον Ο' τῆς ἀδιαφανοῦς σφαίρας. Νὰ εὐρεθοῦν αἱ ἀκτῖνες τῶν κύκλων τῆς σκιᾶς καὶ τῆς παρασκιᾶς, οἱ ὁποῖοι σχηματίζονται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος.

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

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

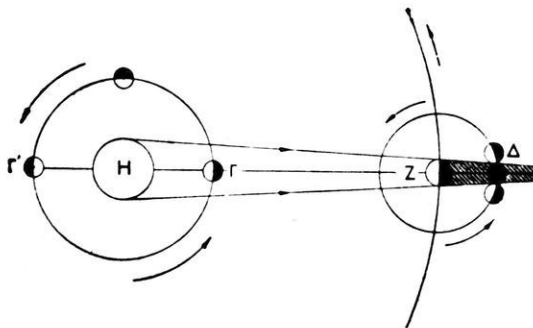
Τ Α Χ Υ Τ Η Σ Δ Ι Α Δ Ο Σ Ε Ω Σ Τ Ο Υ Φ Ω Τ Ο Σ

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

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

Διά διαφόρων μεθόδων κατώρθωσαν (Fizeau, Foucault, Michelson) νά μετρήσουν τήν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός καί ἐπί τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς.

***6. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.** α) Μέθοδος τοῦ Romer. Ὁ Rømer (1675) κατώρθωσε νά μετρήσῃ τήν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός στηριζόμενος εἰς τὰς παρατηρήσεις του ἐπί τῆς κινήσεως τοῦ πρώτου δορυφόρου τοῦ Διός.



Σχ. 7. Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός κατὰ τήν μέθοδον τοῦ Rømer (ἀρχή)

Ο χρόνος μιᾶς περιφορᾶς τοῦ δορυφόρου τούτου περί τὸν Δία εἶναι 42,15 ὥραι (περίπου). Καθ' ἐκάστην περιφορὰν τοῦ ὀ δορυφόρος βυθίζεται ἐντὸς τῆς σκιάς τοῦ Διός (σχ. 7). Ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ τῆς τροχιάς της, τότε μεταξύ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ

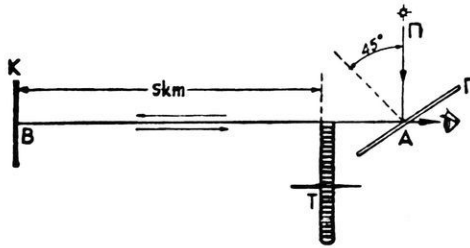
δορυφόρου Δ μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μὲ 42,15 ὥρας. Ἐφ' ὅσον ὅμως ἡ Γῆ κινεῖται ἐκ τῆς θέσεως Γ πρὸς τὴν ἐκ διαμέτρου ἀντίθετον θέσιν Γ' παρατηρεῖται μία διαρκῶς ἀξανομένη καθυστέρησις εἰς τὴν ἔναρξιν τῆς ἐκλείψεως. Ἡ καθυστέρησις αὐτὴ λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς 1000 δευτερολέπτα (περίπου), ὅταν ἡ Γῆ εὑρεθῇ εἰς τὴν θέσιν Γ'. Ἐφ' ὅσον ἡ Γῆ κινεῖται τώρα ἐκ τῆς θέσεως Γ' πρὸς τὴν θέσιν Γ, ἡ καθυστέρησις αὐτὴ βαίνει συνεχῶς ἐλαττωμένη, καὶ ὅταν ἡ Γῆ εὑρεθῇ πάλιν εἰς τὴν θέσιν Γ, τότε μεταξύ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ δορυφόρου μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μὲ 42,15 ὥρας. Ἡ μεγίστη καθυστέρησις τῶν 1000 δευτερολέπτων ὀφείλεται εἰς τὴν ἐξῆς αἰτίαν: ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ', τὸ φῶς, τὸ ἐκπεμπόμενον ἀπὸ τὸν δορυφόρον Δ, διατρέχει δρόμον κατὰ μίαν διάμετρον (ΓΓ') τῆς τροχιάς τῆς Γῆς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸν δρόμον, τὸν ὁποῖον διατρέχει, ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ. Ἐπειδὴ ἡ διάμετρος τῆς τροχιάς τῆς Γῆς εἶναι 300 000 000 km,

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

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



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

ὁποίου προσπίπτει καθέτως. Ἐκεῖ ἡ ἀκτίς ὑφίσταται δευτέραν ἀνάκλασιν, ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α καὶ διερχομένη διὰ τῆς πλακῆς Γ φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἡ ἀπόστασις τῆς πλακῆς Γ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον Κ εἶναι ὀλίγα μόνον χιλιόμετρα. Ἐμπροσθεν τῆς πλακῆς ὑπάρχει ὀδοντωτὸς τροχὸς Τ, ὁ ὁποῖος φέρει ἴσον ἀριθμὸν ὀδόντων καὶ διακένων τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ δύναται νὰ τεθῇ εἰς ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν. Ἔστω ὅτι ὁ τροχὸς φέρει μ ὀδόντας ἄρα ἔχει καὶ μ διάκενα. Ἐὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίη συνεχῶς ἀύξανομένη, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει τὸ ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιστρέφον φῶς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς διέτρεξε τὸ διάστημα $AB + BA = 2 \cdot AB$, εἰς ὁδοῦς τοῦ τροχοῦ μετεκινήθη καὶ κατέλαβε τὴν θέσιν τοῦ προηγουμένου διακένου (διὰ τοῦ ὁποίου διήλθε τὸ φῶς βαῖνον πρὸς τὸ κάτοπτρον Κ). Ἐὰν κατὰ τὴν στιγμήν ἐκεῖνην ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ εἶναι ν, τότε τὸ φῶς, διὰ νὰ διατρέξῃ τὸ διάστημα $2s$, χρειάζεται χρόνον: $t = \frac{1}{2\nu \cdot \mu}$.

Ἐπομένως ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι :

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

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

Σημείωσις. Αἱ ἀνωτέρω δοθεῖσαι τιμαὶ 1000 δευτερόλεπτα καὶ 42,15 ὥραι (ἀκριβὴς τιμὴ 42 h 8 min 32 sec) εἶναι τιμαὶ κατὰ προσέγγισιν, χάριν ἀπλότητος κατὰ τὸν ὑπολογισμόν. Οὕτω καὶ ἡ εὑρεθεῖσα τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός $c = 300\,000$ km/sec εἶναι κατὰ προσέγγισιν. Ἡ ἀκριβὴς τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν εἶναι : 299 792 km/sec.

γ) Νεώτεροι μετρήσεις τῆς ταχύτητος τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός.

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

I. Εἰς τὸ κενὸν ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι 300 000 km/sec (ἀκριβέστερον εἶναι : $c_0 = 299\,792$ km/sec).

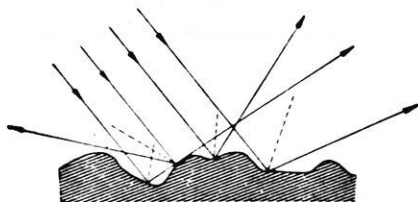
II. Εἰς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ελάχιστα διαφέρει ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν.

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

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

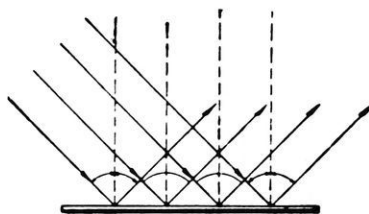
ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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



Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμάλου ἐπιφανείας

Ἔνεκα τῆς διαχύσεως γίνονται ὄρατὰ ὅλα τὰ πέριξ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαιρας προκαλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἡλιακοῦ φωτός παρεμβάλλομεν μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν μεταλλικὴν πλάκα, τότε ἡ προσπίπτουσα φωτεινὴ δέσμη ἀλλάσσει πορείαν καὶ κατευθύνεται πρὸς ὀριζομένην διεύθυνσιν (σχ. 10).

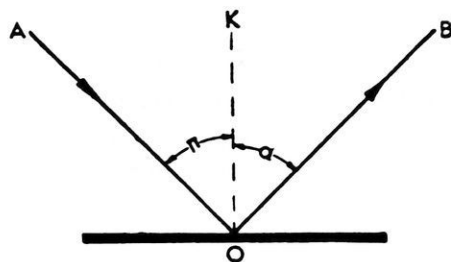


Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάκλασις** τοῦ φωτός. Ὡστε ἡ διάχυσις συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ τραχείας καὶ ἀνωμάλου ἐπιφανείας, ἐνῶ ἡ ἀνάκλασις συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ λείας καὶ στιλπνῆς ἐπιφανείας. Ἀλλὰ καὶ μία λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἔχει πάντοτε μικρὰς ἀνωμαλίας, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν μικρὰν διάχυσιν. Τοῦτο καταφαίνεται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλὶς, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἐπὶ τῆς μεταλλικῆς πλακός, εἶναι ὄρατὴ ἀπὸ οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου παρατηροῦμεν τὴν πλάκα.

8. Ὅρισμοί. Αἱ λείαι καὶ στιλπναὶ ἐπιφάνειαι, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀνάκλασιν τοῦ φωτός, καλοῦνται **κάτοπτρα**. Ἀναλόγως τῆς

μορφῆς, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια, διακρίνομεν διάφορα εἶδη κατόπτρων: ἐπίπεδα, σφαιρικά, κυλινδρική, παραβολικά κατόπτρα. Ἡ

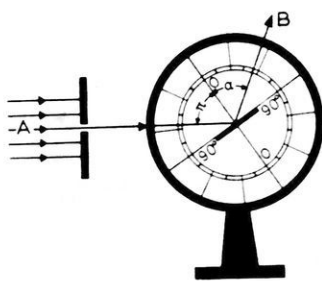


Σχ. 11. Ὅρισμός τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως

ἄκτις AO καλεῖται **προσπίπτουσα** ἀκτίς, ἡ δὲ ἀκτίς OB καλεῖται **ἀνακλωμένη** ἀκτίς (σχ. 11). Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως O φέρωμεν τὴν KO κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλῶσα ἐπιφάνειαν, τότε σχηματίζονται ἡ **γωνία προσπτώσεως** AOK = π καὶ ἡ **γωνία ἀνακλάσεως** BOK = α . Τὸ

ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς AO καὶ ἡ κάθετος KO, καλεῖται **ἐπίπεδον προσπτώσεως**.

9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός. Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ ὠρισμένους νόμους, τοὺς ὁποίους δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν κατὰ προσέγγισιν μὲ τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 12. Αὕτη ἀποτε-



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

λεῖται ἀπὸ κατακόρυφον γωνιομετρικὸν κύκλον, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένον μικρὸν ἐπίπεδον κατόπτρον. Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς διαβιβάζεται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου λεπτή φωτεινὴ δέσμη. Ἡ ἀνακλωμένη λεπτή δέσμη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας μόνον, ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς μας εὐρίσκηται ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὐρίσκηται καὶ ἡ προσπίπτουσα δέσμη. Ὡστε ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου. Ἐὰν μεταβάλλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως π , εὐρίσκωμεν ὅτι ἡ γωνία

ἀνακλάσεως α εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Αἱ μετρήσεις ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἀπέδειξαν τοὺς ἑξῆς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός:

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

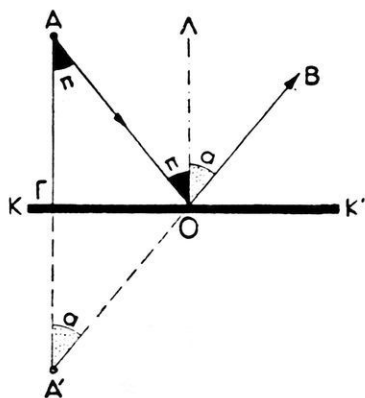
II. Ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Ἐφαρμογὴν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως ἔχομεν εἰς τὰ διάφορα κάτοπτρα.

Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

10. Ἐπίπεδον κάτοπτρον. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, προερχομένη ἀπὸ φωτεινὸν σημεῖον A (σχ. 13), δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα OB.

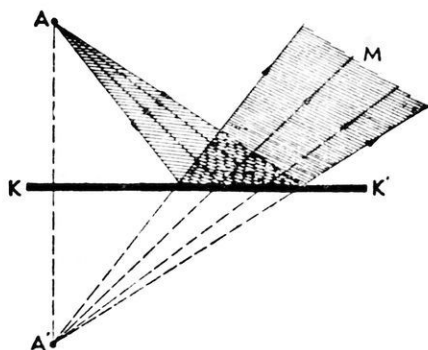
Ἡ προέκτασις τῆς ἀκτίνος OB τέμνει τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου AG εἰς τὸ σημεῖον A'. Εὐκόλως συνάγεται ὅτι τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα AΓO καὶ A'ΓO εἶναι ἴσα καὶ ἐπομένως εἶναι $AG = A'Γ$. Εἰς τὸ συμπέρασμα τοῦτο καταλήγομεν δι' οἰανδήποτε ἀκτῖνα προερχομένην ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου A. Οὕτως αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου A, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον A' (σχ. 14). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κορυφὴ τῆς κωνικῆς δέσμης, ἡ ὁποία προκύπτει μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς προσπιπτούσης δέσμης. Τὸ σημεῖον A' καλεῖται **εἰδῶλον** τοῦ φωτεινοῦ σημείου A καί, ἐπειδὴ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς φανταστικὰς προεκτάσεις τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων, καλεῖται **φανταστικὸν εἰδῶλον**. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου A'B' ἐνὸς ἀντικειμένου AB φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :



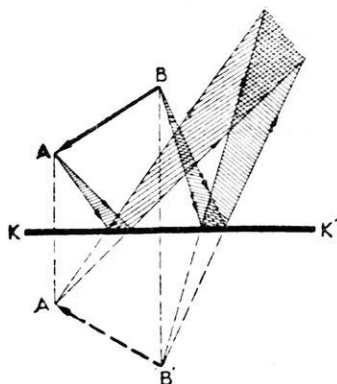
Σχ. 13. Ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου

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

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



Σχ. 14. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου



Σχ. 15. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἀντικείμενου

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

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

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

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

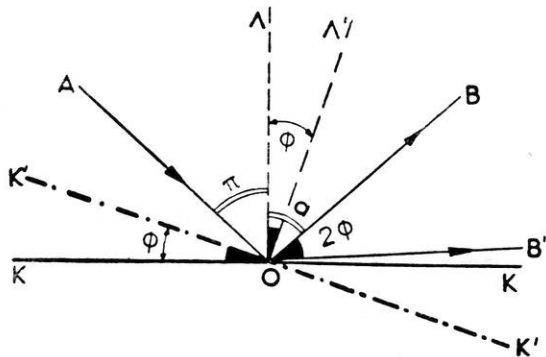
$$\widehat{AOB} = 2 \cdot \widehat{AO\Lambda} = 2\pi, \quad \widehat{AOB'} = 2 \cdot \widehat{AO\Lambda'} = 2(\pi + \varphi)$$

Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι:

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

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

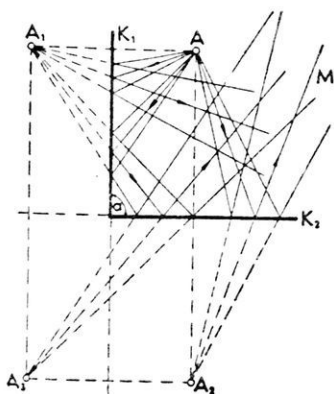
Όταν επίπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατά γωνίαν φ περι ἄξονα, κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον προοπτικώσεως σταθερᾶς ἀκτίνος, τότε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς στρέφεται κατὰ διπλασίαν γωνίαν 2φ περι τὸν αὐτὸν ἄξονα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν.



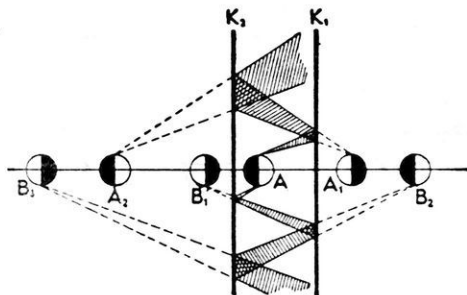
Σχ. 16. Στροφή ἐπίπεδου κατόπτρου

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

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



Σχ. 17. Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν



Σχ. 18. Παράλληλα κάτοπτρα

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

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

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

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

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

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

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

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

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

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

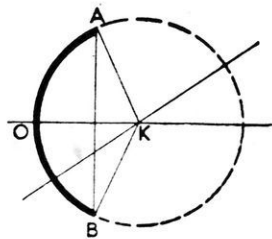
όροφην. Εἰς τὸ μέσον ἐνὸς τῶν τοίχων εὐρίσκεται κατακόρυφον ἐπίπεδον κατόπτρον, τὸ ὅποῖον ἔχει σχῆμα τετραγώνου καὶ πλευράν 50 cm. Πόση ἐπιφάνεια τοῦ δαπέδου φωτίζεται ἐξ ἀνακλάσεως;

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

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

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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



Σχ. 19. Σφαιρικὸν κάτοπτρον

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

I. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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

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

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

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

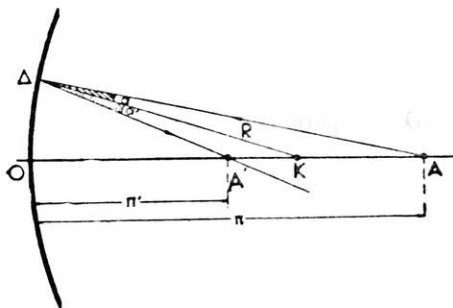
Ἀπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν εὐρίσκομεν:

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

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

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

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



Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου

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

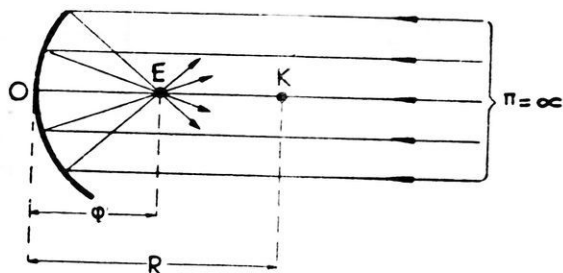
τεινοῦ σημείου A . Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῆ εἰς τὴν θέσιν A' ,

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

Εἶναι φανερόν ὅτι, ἐάν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Α τεθῆ εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ εἶδωλον Α' θὰ σχηματισθῆ εἰς τὴν ἰδίαν θέσιν· δηλαδή εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλόν του συμπίπτου.

16. Κυρία ἐστία. Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον Α μετακινούμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος συνεχῶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ

κάτοπτρον, ὥστε τελικῶς αἱ ἐκ τοῦ σημείου Α προερχόμεναι ἀκτῖνες νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τότε ὅλαι αἱ ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες διέρχονται



Σχ. 21. Κυρία ἐστία κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου

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

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

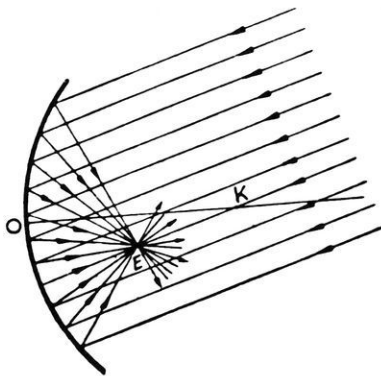
εὐρίσκομεν: $\frac{1}{\varphi} = \frac{2}{R}$. Ἄρα:

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

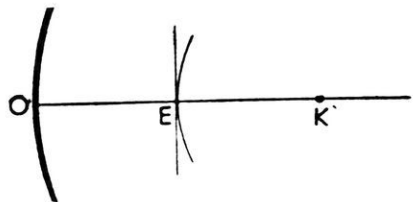
ἐστιακὴ ἀπόστασις : $\varphi = \frac{R}{2}$

17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον. Ἐάν θεωρήσωμεν μίαν δέσμην ἀκτῶν παράλληλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ὅλαι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες, μετὰ τῆν ἀνάκλασίν των, διέρχονται δι' ἑνὸς σημείου Ε' τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος· τὸ σημεῖον Ε' εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν $\varphi = R/2$

ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ καλεῖται **δευτερεύουσα ἐστία** (σχ. 22). Ὅλαί αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαί τοῦ κατόπτρου εὐρίσκονται ἐπὶ μιᾶς σφαιρικῆς ἐπιφανείας, ἣ ὑποία ἔχει κέντρον τὸ K καὶ ἀκτῖνα $R/2$. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ κάτοπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος, δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι ὅλαί αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαί εὐρί-



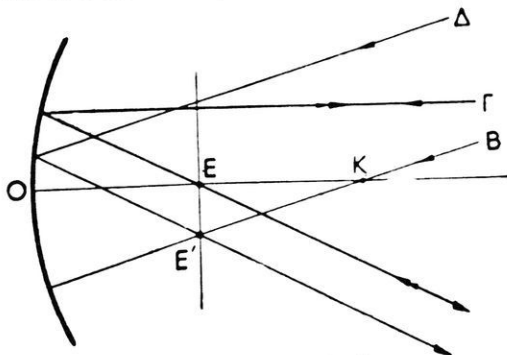
Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἐστία τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου



Σχ. 23. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου

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

18. Πορεία μερικῶν ἀκτῖνων καὶ θέσις τοῦ εἰδώλου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ κατωτέρω συμπεράσματα ἐν σχέσει μὲ τὴν πορείαν μερικῶν ἀκτῖνων (σχ. 24) καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου A' ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος :



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτῖνων

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

I. Ὅταν ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, ἢ ἀνακλωμένη ἀκτίς ἀκολουθεῖ ἀντιστρόφως τὴν ἰδίαν πορείαν.

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

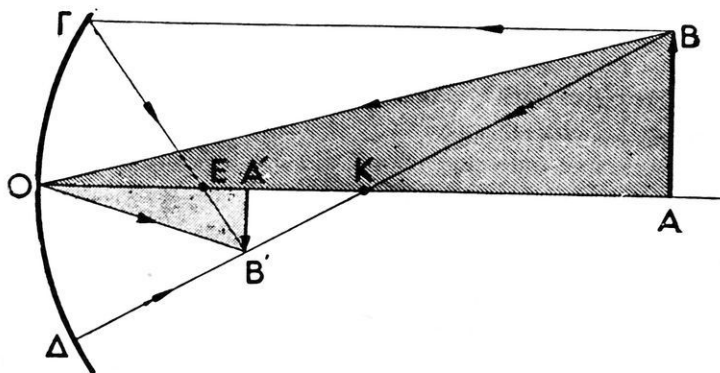
III. Όταν ή προσπίπτουσα άκτις διέρχεται διά τής κυρίας έστίας, ή ανακλωμένη άκτις είναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

IV. Όταν μία άκτις προσπίπτη παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ή ανακλωμένη άκτις διέρχεται διά τής αντιστοίχου δευτερεύουσης έστίας, ή όποία εύρίσκεται ἐπὶ τοῦ έστιακοῦ επιπέδου.

V. Όταν φωτεινὸν σημεῖον εύρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ εἶδωλὸν του σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος· αἱ ἀποστάσεις τοῦ φωτεινοῦ σημείου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον συνδέονται μετὴν σχέσιν :

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

19. Εἶδωλον ἀντικειμένου. Ἐς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB κἀθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 25). Γνωρίζοντας τὴν πορείαν ὠρισμένων ανακλωμένων ακτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον A'B', τὸ ὁποῖον εἶναι ἐπίσης



Σχ. 25. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου

κἀθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ακτίνες BΓ καὶ BΔ δίδουν τὰς ανακλωμένας ακτίνας ΓB' καὶ ΔB', αἱ ὁποῖαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον B' τοῦτο εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου B. Τὰ εἶδωλα ὅλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB εύρίσκονται ἐπὶ τής εὐθείας A'B', ή ὁποία

είναι κάθετος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἶδωλον Α'Β' εἶναι **ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν** συνεπῶς δυνάμεθα νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα ΑΟΒ καὶ Α'ΟΒ' εὐρίσκομεν :

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΑ'}{ΟΑ}$$

Ὁ λόγος τοῦ μήκους (Ε) τοῦ εἰδώλου πρὸς τὸ μήκος (Α) τοῦ ἀντικειμένου καλεῖται **γραμμικὴ μεγέθυνσις**. Ἐὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν $ΟΑ' = π'$ καὶ $ΟΑ = π$, τότε τὸ **μέγεθος τοῦ εἰδώλου** προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

Αἱ ἀποστάσεις $ΟΑ = π$ καὶ $ΟΑ' = π'$ τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον δίδονται ἀπὸ τὴν γνωστὴν ἐξίσωσιν :

$$\boxed{\frac{1}{π} + \frac{1}{π'} = \frac{1}{φ}} \quad (2)$$

Ὅτως αἱ τύποι (1) καὶ (2) προσδιορίζουν τὸ μέγεθος καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου Α'Β'.

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

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

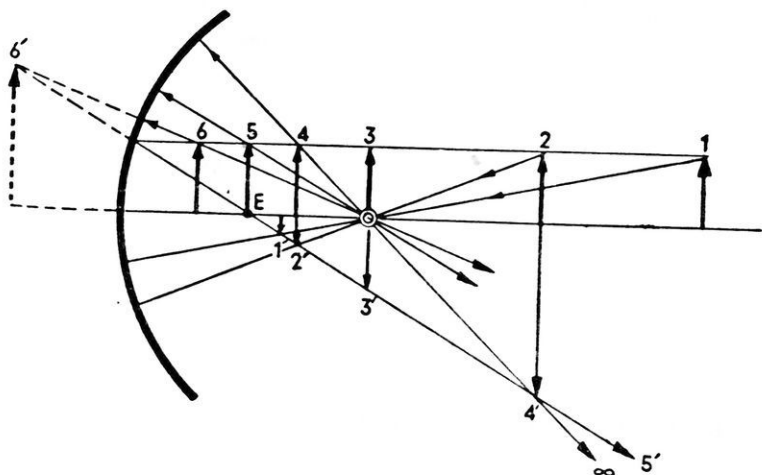
1. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($π = \infty$). Τότε εἶναι $π' = φ$, δηλαδὴ τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, εἶναι **πραγματικόν**, ἀλλ' εἶναι **σημεῖον**.

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

3. Το αντικείμενον εϋρίσκεται εις τὸ κέντρον καμπυλότητος ($\pi = 2\varphi$). Τότε εἶναι $\pi' = 2\varphi$, δηλαδή και τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εις τὸ κέντρον καμπυλότητος, εἶναι δὲ **πραγματικόν, ἀνεστραμμένον** καὶ **ἴσον** μὲ τὸ ἀντικείμενον.

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

5. Τὸ ἀντικείμενον εϋρίσκεται εις τὴν κυρίαν ἐστίαν ($\pi = \varphi$). Τότε



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

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

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

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

21. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοίλα κάτοπτρα. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα γενικά συμπεράσματα διὰ τὰ κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα.

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

II. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπισθεν αὐτοῦ, εἶναι δὲ πάντοτε **φανταστικὸν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.**

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

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

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

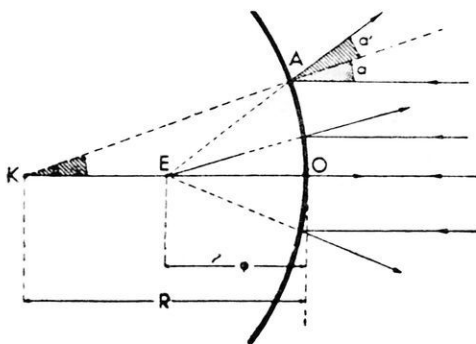
π θετικόν : ἀντικείμενον πραγματικόν

π' θετικόν : εἶδωλον πραγματικόν

π' ἀρνητικόν : εἶδωλον φανταστικόν.

II. ΚΥΡΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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



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

$$EK = EO = \frac{R}{2}.$$

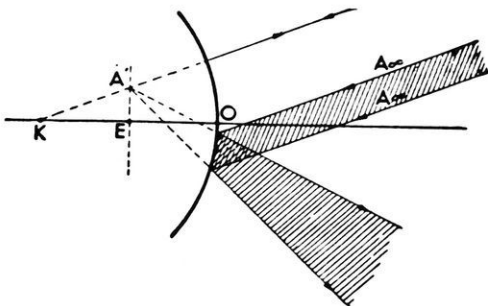
Σχ. 27. Ἡ κυρία ἐστία τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι φανταστικῆ.

Ὅλαι λοιπὸν αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες φαίνονται προ-

ερχόμενοι από την φανταστικήν κυρίαν έστιαν Ε, ή όποία εύρσκαται εις τó μέσον τής άκτίνος καμπυλότητος του κατόπτρου. "Ωστε :

"Η έστιακή απόστασις του κυρτου σφαιρικου κατόπτρου ισουται με τó ημισυ τής άκτίνος καμπυλότητος αυτου.

$$\text{έστιακή απόστασις: } \varphi = \frac{R}{2}$$



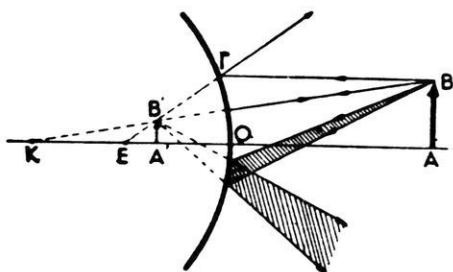
Σχ. 28. Τó έστιακόν επίπεδον του κυρτου σφαιρικου κατόπτρου είναι φανταστικόν.

"Όπως εις τó κοίλον κατόπτρον, ουτω και εις τó κυρτόν κατόπτρον όλαί δευτερεύουσαι έστιαι θεωρουνται εύρισκόμεναι επί του έστιακου επιπέδου, τó όποιον είναι κάθετον προς τον κύριον άξονα εις τó σημειον Ε (σχ. 28). είναι προφανές ότι τó έστιακόν επίπεδον είναι φανταστικόν. "Αρα :

Εις τó κυρτόν κατόπτρον ή κυρία έστια και τó έστιακόν επίπεδον είναι φανταστικά.

23. Είδωλον άντικειμένου. "Ας θεωρήσωμεν φωτεινήν ευθείαν ΑΒ κάθετον προς τον κύριον άξονα του κατόπτρου (σχ. 29).

Αί άκτίνες, αί όποιαί προσπίπτουν κατά τήν διεύθυνσιν του κυρίου άξονος ή οίουδηποτε δευτερευοντος άξονος, μετά τήν ανάκλασιν των επί του κατόπτρου, έχουν τήν αυτήν διεύθυνσιν. Έργαζόμενοι λοιπόν, όπως και εις τά κοίλα κατόπτρα, κατασκευάζομεν τó είδωλον Α'Β'. Τó είδωλον τουτο σχηματίζεται επι-



Σχ. 29. Σχηματισμός του είδωλου φωτεινου άντικειμένου

σθεν του κατόπτρου, είναι δέ πάντοτε όρθόν και μικρότερον από τó άντικειμενον. "Ωστε :

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

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

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

24. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Ἐὰν π καὶ π' καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον (κοῖλον ἢ κυρτόν), E καὶ A καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς γραμμικὰς διαστάσεις τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον θεωροῦμεν $\acute{\alpha}\theta\epsilon\tau\omicron\nu$ πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τότε εἰς ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ἰσχύουν οἱ ἀκόλουθοι γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων :

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

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

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

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

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

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

Ἡ ἔστικὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου εἶναι :

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

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

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

εὐρίσκομεν :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

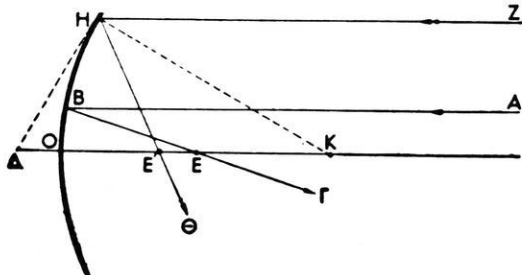
Τὸ εἶδωλον A'B' εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον AB.

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

α) τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ β) αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Ὄταν εἰς ἓκ τῶν δύο τούτων ὁρων δὲν πραγματοποιῶνται, τότε αἱ ἐξ ἑνὸς σημείου τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρῶ-

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

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

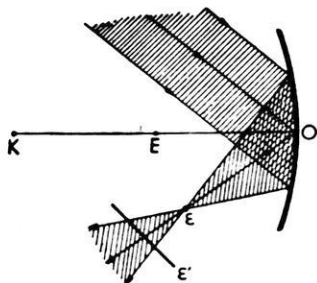


Σχ. 30. Σφαιρική ἐκτροπή

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

ἀνοίγματος ὀνομάζεται **σφαιρική ἐκτροπή.**

β) **Ἀστιγματική ἐκτροπή.** Ἐπὶ ἐνός σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀδιαφύρως ἂν τοῦτο εἶναι μικροῦ ἢ μεγάλου ἀνοίγματος, προσπίπτει φω-



Σχ. 31. Ἀστιγματική ἐκτροπή

τενὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων σχηματίζουσα μεγάλην γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 31). Αἱ ἀνακλωμέναι ἀκτίνες δὲν σχηματίζουν κωνικὴν δέσμη, ἀλλὰ διέρχονται διὰ δύο μικρῶν εὐθειῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι κάθετοι μεταξύ των καὶ δὲν εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου· αἱ δύο αὗται μικραὶ εὐθεῖαι καλοῦνται **ἔστιαι καὶ γραμ-**

μαί. Εἰς τὸ σχῆμα 31 ἡ μὲν ἔστιαι καὶ γραμμὴ ε εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπί-

πέδον τοῦ σχήματος, ἡ δὲ ἔστιαι καὶ γραμμὴ ε' εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπι-

πέδου του σχήματος. Το ελάττωμα τουτο των σφαιρικών κατόπτρων καλείται **άστιγματική έκτροπή**.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

12. 'Επί του κυρίου άξονος κοίλου κατόπτρου και εις απόστασιν δεκαπλάσιαν τῆς έστιακῆς απόστάσεως φ εὐρίσκεται φωτεινόν σημεῖον. Πόσον απέχει τὸ εἶδωλον ἀπὸ τῆν φωτεινὴν πηγὴν;

13. Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτῖνα καμπυλότητος 40 cm. Ποῦ πρέπει νὰ τεθῆ ἀντικείμενον AB, διὰ νὰ λάβωμεν εἶδωλον πραγματικὸν τρεῖς φορές μεγαλύτερον ἢ τέσσαρας φορές μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου ;

14. Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει έστιακὴν απόστασιν φ. Εἰς πόσῃν απόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον πρέπει νὰ τεθῆ ἀντικείμενον, διὰ νὰ λάβωμεν εἶδωλον φανταστικὸν διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου ἢ εἶδωλον πραγματικὸν διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου ;

15. Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον δίδει ὀρθὸν εἶδωλον 5 φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ απόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον εἶναι 80 cm. Νὰ εὐρεθῆ ἡ απόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ έστιακὴ απόστασις τοῦ κατόπτρου.

16. Παρατηρητὴς βλέπει τὸν ὀφθαλμὸν του AB μήκους 3 cm ἐντὸς κοίλου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον κρατεῖ εἰς απόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν ἢ έστιακὴν απόστασιν τοῦ κατόπτρου εἶναι 12 cm. Ὑπὸ ποίαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦτο; Νὰ συγκριθῆ ἡ φαινομένη αὐτὴ διάμετρος τοῦ εἰδώλου πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον θὰ έσχηματίζετο ὑπὸ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου εὐρισκομένου εἰς τὴν ἰδίαν απόστασιν ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν.

17. Ἀντικείμενον απέχει 75 cm ἀπὸ ἕνα τοίχον. Νὰ εὐρεθῆ ποῦ πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν κοῖλον κάτοπτρον, έστιακῆς απόστάσεως $\varphi = 20$ cm, διὰ νὰ λάβωμεν ἐπὶ τοῦ τοίχου εὐκρινές εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

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

19. Ἐν φωτεινὸν σημεῖον A απέχει 40 cm ἀπὸ κοῖλον κάτοπτρον K έστιακῆς απόστάσεως 30 cm. Καθέτως πρὸς τὸν άξονα τοῦ κατόπτρου τούτου τοποθετεῖται ἐπίπεδον κάτοπτρον K'. Ποῦ πρέπει νὰ τοποθετηθῆ τὸ κάτοπτρον τοῦτο, ὥστε αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ A, ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν διαδοχικῶς ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων, νὰ συγκεντρώνωνται εἰς τὸ σημεῖον A;

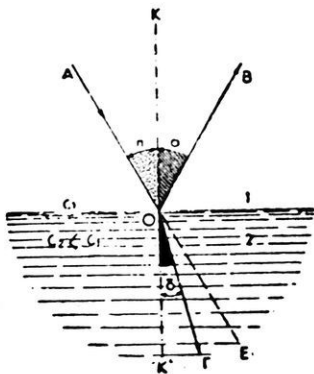
20. Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον δίδει εἶδωλον 8 φορές μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀν-

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

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

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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



Σχ. 32. Διάθλασις τοῦ φωτός

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

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

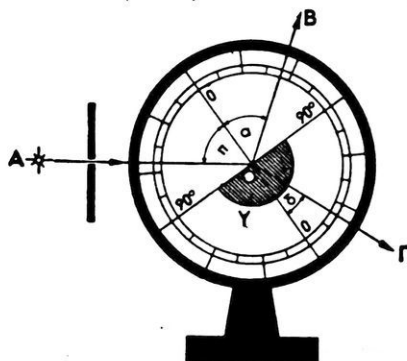
II. Ὁ λόγος τοῦ ἡμίτονου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι σταθερὸς καὶ καλεῖται δείκτης

διαθλάσεως τοῦ μέσου 2 ὡς πρὸς τὸ μέσον 1 καὶ ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῶν ταχυτήτων τοῦ φωτὸς εἰς τὰ δύο διαφανῆ μέσα :

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

Ὁ δείκτης διαθλάσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τῶν μέσων καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς



Σχ. 33. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως

μὲ τὴν συσκευὴν, τὴν ὁποίαν δεῖκνυεὶ τὸ σχῆμα 33. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου δίσκου τοποθετεῖται ὑάλινος ἡμικύλινδρος Γ . Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὴς προσπίπτει εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος τοῦ κατακορύφου δίσκου. Τὸ φῶς, εἰσερχόμενον ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὴν ὑάλον, ὑφίσταται διάθλασιν παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γωνία διαθλάσεως δ εἶναι μικροτέρα ἀπὸ

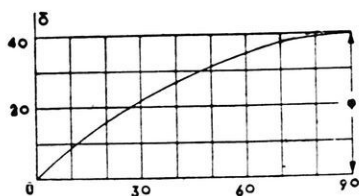
τὴν γωνίαν προσπτώσεως π (ἡ διαθλωμένη ἀκτὴς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον). Τὸ φῶς ἐξερχόμενον ἔπειτα ἀπὸ τὴν ὑάλον εἰς τὸν ἀέρα $\delta > \pi$ ὑφίσταται διάθλασιν, διότι προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς κυλινδρικής ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ τῶν δύο μέσων (εἶναι $\pi = 0^\circ$, ἄρα καὶ $\delta = 0^\circ$).

28. Ὅρικὴ γωνία. Ἐκ τῶν δύο διαφανῶν μέσων ἐκεῖνα, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἔχει τὴν μικροτέραν τιμὴν, καλεῖται ὀπτικῶς πυκνότερον ἢ διαθλαστικώτερον. Οὔτω τὸ ὕδωρ, ἡ ὑάλος κ.ἄ. εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερα μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον δὲν εἶναι πάντοτε καὶ φυσικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ἄλλον μέσον· οὔτω τὸ οἶνόπνευμα εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ὕδωρ. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον ἀναγνωρίζεται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι, ὅταν τὸ φῶς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου, ἡ σχηματι-

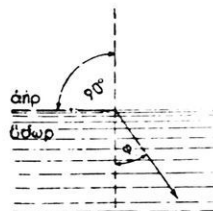
ζομένη γωνία διαθλάσεως είναι πάντοτε μικροτέρα από την γωνίαν προσπτώσεως. Άρα :

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

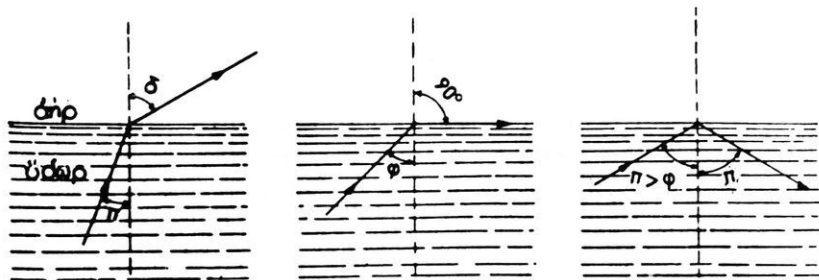
Δείκται διαθλάσεως ὡς πρὸς τὸν ἀέρα διὰ τὸ κίτρινον φῶς

Ἀδάμας	2,470
Διθειάνθραξ	1,629
Χλωριοῦχον νάτριον	1,544
Καναδικὸν βάλσαμον	1,540
Βενζόλιον	1,501
Οἰνόπνευμα	1,361
Ὑδωρ	1,333
Ἰαλὸς κοινὴ	1,540
Πυριτύαλος βαρεῖτα	1,963
Ἄηρ	1,000 293

Ἀπὸ τὰς μετρήσεις εὐρέθη ὅτι :

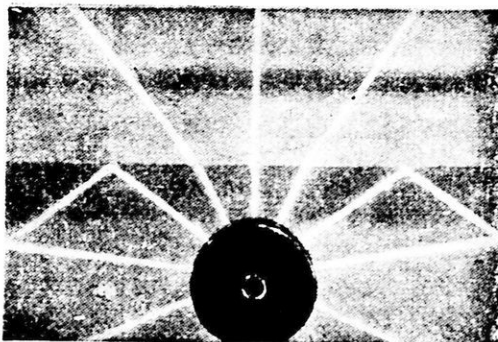
Ὁ **σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως** ἑνὸς σώματος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα **ἰσοῦται** κατὰ **μεγάλῃν προσέγγισιν** μὲ τὸν **ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως** τοῦ σώματος.

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

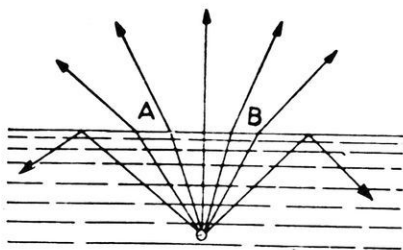


Σχ. 36. Ὀλικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει, ὅταν εἶναι $\pi > \varphi$.

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



τήν γωνίαν προσπτώσεως. Εάν λοιπόν εις την περίπτωσιν αὐτήν ή γωνία προσπτώσεως γίνη μεγαλύτερα από την όρικὴν γωνίαν φ , τότε δὲν εἶναι πλέον δυνατόν νά συμβῆ διάθλασις. Τὸ φῶς, ὅταν φθάσῃ εις τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο μέσων, δὲν διαθλάται, ἀλλ' ἀνακλάται ἐξ ὀλοκλήρου καὶ ἐξακολουθεῖ νά διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὀπτικῶς πυκνοτέρου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὀλικὴ ἀνάκλασις. Ὡστε :



Σχ. 37. Πειραματικὴ διάταξις καὶ σχηματικὴ παράστασις τῆς διατάξεως διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

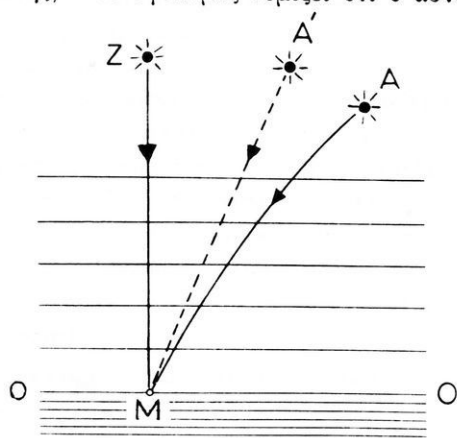
Ὅλικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας δύο φανῶν μέσων, ὅταν τὸ φῶς μεταβαίη ἀπὸ τὸ

ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς τὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον καὶ ή γωνία προσπτώσεως εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν όρικὴν γωνίαν.

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

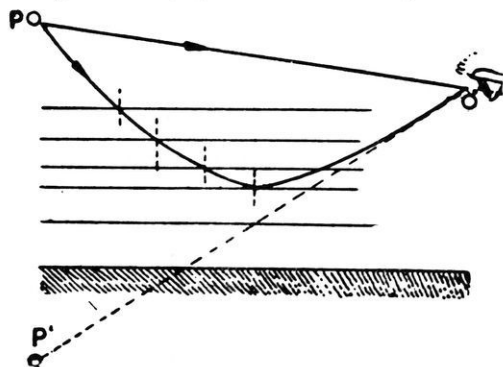
31. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως. α) Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις. Εἶναι γνωστὸν ὅτι ή ἀτμόσφαιρα τῆς Γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώματα ἀέρος, τῶν ὁποίων ή πυκνότης ἐλαττώνεται, ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς αὐτῆς. Μία φωτεινὴ ακτίς, ή ὁποία προέρχεται ἀπὸ ἓνα ἀστέρα, κατὰ τὴν πορείαν τῆς ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρῆς ὑφίσταται διαδοχικὰς διαθλάσεις. Ἐπειδὴ δὲ τὸ φῶς συνεχῶς εἰσέρχεται ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον εἰς ὀπτικῶς πυκνότερον στρῶμα, ή φωτεινὴ ακτίς δια-

θλάται πλησιάζουσα προς την κάθετον (σχ. 38). Ούτως ή φωτεινή ακτίς λαμβάνει μορφήν καμπύλης, ό δέ όφθαλμός νομίζει ότι ό άστήρ εύρίσκεται εις την θέσιν Α', ήτοι βλέπει τον άστέρα κατά την έφαπτομένην τής καμπύλης ΑΜ εις τó σημεϊόν Μ. Τό φαινόμενον τούτο καλεϊται **άτμοσφαιρική διάθλασις** και έχει ως αποτέλεσμα νά παρουσιάζη τον άστέρα ύψηλότερον από την πραγματικήν του θέσιν ως προς τον όριζοντα. 'Η φαινόμενη άνύψωσις τού άστέρος είναι μεγαλύτερα, όταν ό άστήρ εύρίσκεται πλησίον τού όριζοντος (περίπου 34'). 'Επειδή ή φαινόμενη διάμετρος τού 'Ηλίου και τής Σελήνης είναι μικροτέρα των 34', ή άτμοσφαιρική διάθλασις μās παρουσιάζει τον δίσκον τού 'Ηλίου ή τής Σελήνης ως έπικαθήμενον τού όριζοντος, ενώ πραγματικώς δέν άνέτειλεν ακόμη ή έχει δύσει πρό όλίγου. Δέν συμβαίνει άτμοσφαιρική διάθλασις μόνον, όταν ό άστήρ εύρίσκεται εις τó Ζενίθ.



Σχ. 38. 'Ατμοσφαιρική διάθλασις.

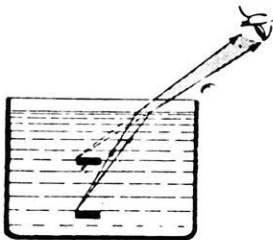
β) **'Αντικατοπτρισμός.** Όταν εις μίαν περιοχήν έπικρατῆ νηνεμία και τó έδαφος θερμανθῆ πολύ (π.χ. εις τās έρήμους), τότε τὰ πλησίον τού έδάφους στρώματα τού άέρος θερμαίνονται πολύ και είναι δυνατόν νά γίνουιν άραιότερα από τὰ ύπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινή ακτίς, προερχομένη από έν ύψηλόν αντικείμενον, εισέρχεται τότε συνεχώς από όπτικώς πυκνότερον εις όπτικώς άραιότερον στρώμα άέρος και έπομένως διαθλάται άπομακρυνομένη



Σχ. 39. 'Αντικατοπτρισμός.

ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 39). Εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν δύο τοιοῦτων στρωμάτων ἢ φωτεινὴ ἀκτὶς ὑφίσταται τότε ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀκολουθεῖ μίαν συμμετρικὴν πορείαν, διότι τώρα εἰσέρχεται συνεχῶς ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερα εἰς ὀπτικῶς πυκνότερα στρώματα. Οὕτως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει μὲν τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικότητά, συγχρόνως ὅμως βλέπει τὸ ἴδιον ἀντικείμενον ἀνεστραμμένον, ὡς ἐάν εἶχεν ἐνώπιόν του ἡρεμοῦσαν ἐπιφάνειαν ὕδατος (ἐπίπεδον κάτοπτρον). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντικατοπτρισμὸς** καὶ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους κατὰ τὰς μεσημβρινὰς ὥρας. Φαινόμενα ἀντικατοπτρισμοῦ παρατηροῦνται πολλάκις καὶ εἰς τὰς ἀκτὰς, ὅποτε τὰ μακρὰν εὐρισκόμενα τμήματα τῆς ξηρᾶς (ἀκρωτήρια, νῆσοι) φαίνονται ἀνυψωθέντα ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

γ) **Φαινόμενη ἀνύψωσις.** Ἔνεκα τῆς διαθλάσεως ὁ πυθμὴν ἐνὸς δοχείου, περιέχοντος ὕδωρ, ὑφίσταται μίαν φαινομένην ἀνύψωσιν. Ὁ-



Σχ. 40. Φαινόμενη ἀνύψωσις σώματος εὐρισκόμενου ἐντὸς ὕδατος.



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

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

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

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

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

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

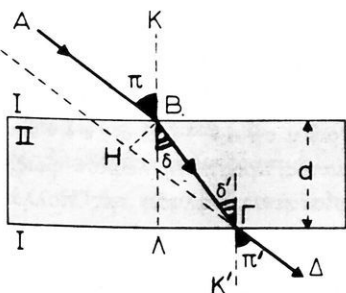
25. Φωτεινὴ ἀκτὴ προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν 45° ἐπὶ ὑαλίνης πλάκῃς. Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι $n = \sqrt{2}$. Πόσῃν ἐκτροπῇ ὑφίσταται ἡ φωτεινὴ ἀκτὴ κατὰ τὴν εἰσοδὸν τῆς εἰς τὴν ὑάλον ;

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

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

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλάκῃς μὲ παραλλήλους ἔδρας. Ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον II χωρίζεται ἀπὸ τὸ περίξ 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 μίαν ὑαλίνην πλάξιν εὐρισκομένην ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Αἱ δύο γωνίαι δ καὶ δ' , αἱ σχηματιζόμεναι ἐντὸς τῆς ὑάλου, εἶναι ἴσαι ὡς ἐντὸς ἐναλλάξ. Ἐπομένως διὰ τὰς δύο διαθλάσεις τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος AB ἰσχύουν αἱ σχέσεις :



Σχ. 42. Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ πλάκῃς ἡ ἀκτὴ ὑφίσταται παράλληλον μετατόπισιν.

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

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

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

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

Όταν μία φωτεινὴ ἀκτίς διέρχεται διὰ πλακὸς με παραλλήλους ἔδρας, τότε ἡ ἀκτίς ὑφίσταται μόνον παράλληλον μετατόπισιν.

33. Διάθλασις διὰ πρίσματος. α) **Όρισμοί.** Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλοῦμεν **πρίσμα** ἐν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένης ἐπιπέδους ἐπιφανείας. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται ἀκμὴ τοῦ πρίσματος. Ἡ διέδρος γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ἔδραι τοῦ πρίσματος, καλεῖται **διαθλαστικὴ γωνία** τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ τομὴ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ πρίσματος. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τοῦ πρίσματος θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι πραγματοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθήκαι : α) Ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς εὐρίσκεται ἐπὶ μιᾶς κυρίας τομῆς τοῦ πρίσματος. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτίς εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς. β) Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι **μόνοχρονον**. Διότι, ἀν ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπέσῃ λευκὸν φῶς, τοῦτο διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος ὑφίσταται ἀνάλυσιν εἰς πολλὰ ἀπλᾶ χρώματα.

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

$$n \mu \pi_1 = n \cdot n \mu \delta_1$$

καὶ

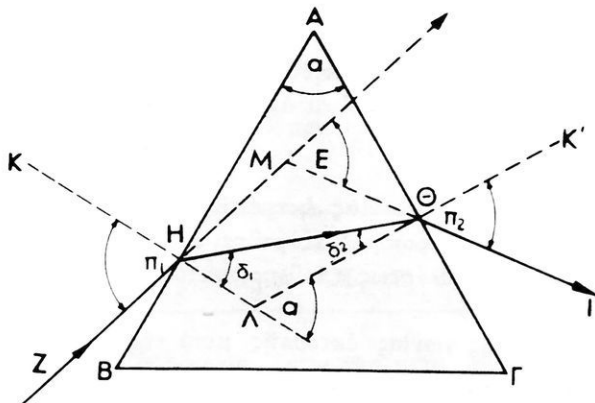
$$n \mu \pi_2 = n \cdot n \mu \delta_2$$

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

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

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

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



Σχ. 43. Διάθλασις διὰ πρίσματος

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

Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτίς διέρχεται διὰ πρίσματος, τότε ἡ ἀκτίς ὑφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάση 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. Ἐὰν ἡ διαθλαστικὴ γωνία A τοῦ πρίσματος εἶναι πολὺ μικρὰ (λεπτόν πρῖσμα) καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως π_1 εἶναι ἐπίσης πολὺ μικρὰ, τότε ἀντὶ τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν αὐτάς ταύτας τὰς γωνίας (εἰς ἀκτίνια)· εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν :

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

Ἄρα ἡ ἔκτροπή τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος εἶναι :

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

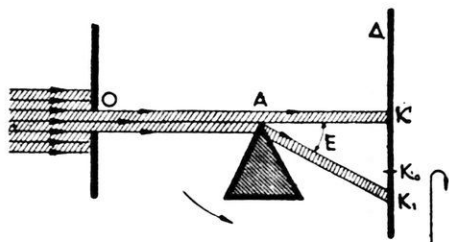
ἢτοι ἔχομεν :

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

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

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

α) **Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἔκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἐλαχίστη ἔκτροπή.** Διὰ τῆς ὁπῆς O ἐνὸς διαφράγματος διέρχεται λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτός (σχ. 44).



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

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

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

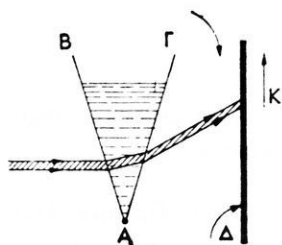
Ἡ ἐλαχίστη ἐκτροπή πραγματοποιεῖται, ὅταν εἶναι $\pi_1 = \pi_2$, ὁπότε ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς καὶ ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς σχηματίζουν ἴσας γωνίας μὲ τὰς ἑδρας τοῦ πρίσματος.

Ὅταν πραγματοποιῆται ἡ ἐλαχίστη ἐκτροπή, λέγομεν ὅτι τὸ πρίσμα εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν ἐλαχίστης ἐκτροπῆς. Τότε ἀπὸ τοὺς γνωστούς τύπους τοῦ πρίσματος εὐρίσκομεν τὰς ἀκολουθούσας σχέσεις :

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

β) **Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας.** Διὰ νὰ ἔχωμεν πρίσμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας, χρησιμοποιοῦμεν δοχεῖον (σχ. 45), τοῦ ὁποίου αἱ δύο πλάγια ἑδραὶ εἶναι ὑάλινοι πλάκες δυνάμεναι νὰ στραφοῦν περὶ ὀριζόντιον ἄξονα.

Ἐντὸς τοῦ σχηματιζομένου οὕτω πρίσματος χύνομεν διαφανὲς ὑγρὸν π.χ. ὕδωρ. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας τοῦ πρίσματος λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτός. Διατηροῦντες στάθεράν τὴν ἑδραν AB, διὰ τῆς ὁποίας τὸ φῶς εισέρχεται εἰς τὸ πρίσμα (π_1 σταθερὸν), στρέφομεν τὴν ἑδραν AG, διὰ τῆς ὁποίας ἐξέρχεται ἡ δέσμη, καὶ οὕτω μεταβάλλομεν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν A. Παρατηροῦμεν ὅτι :



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

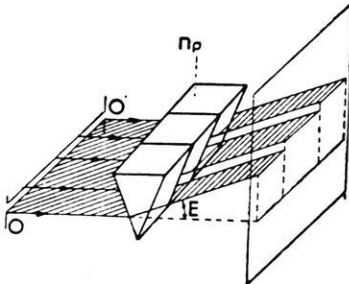
Ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

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

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

συνθήκη ἐξόδου τῆς ἀκτίνος: $A \leq 2\varphi$

γ) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλά-



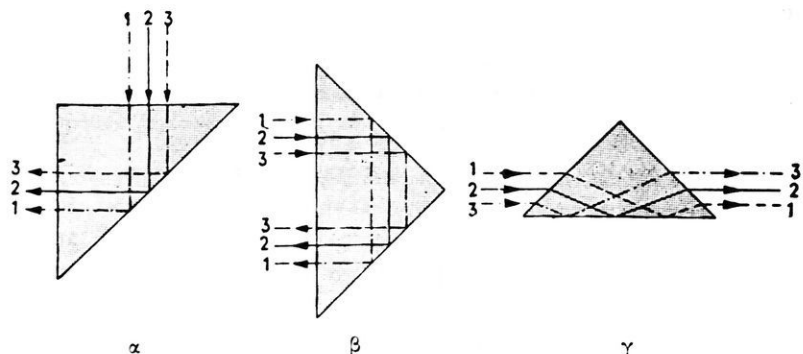
Σχ. 46. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

σεως. Λαμβάνομεν σύστημα πρισμαμάτων (σχ. 46), τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν (A σταθερόν), διαφορετικούς ὅμως δείκτας διαθλάσεως (πολύπρισμα). Ἐπὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισμαμάτων ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτός (π_1 σταθερόν). Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ πρίσματα αὐτὰ προκαλοῦν ἀνίσους ἐκτροπὰς τῶν ἀκτίνων. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ πρίσματος.

35. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Ἡ λειτουργία τῶν πρισμαμάτων ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα αὐτὰ εἶναι συνήθως ὑάλινα (ὀρικὴ γωνία διὰ τὴν ὕαλον $\varphi = 40,5^\circ$). Ἡ κυρία τομὴ ἐνὸς ὑάλινου πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως εἶναι ὁρθογωνίον ἰσοσκελὲς τρίγωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 47α αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς καθέτου ἕδρας τοῦ πρίσματος. Οὕτως αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσῃς ἕδρας ὑπὸ γωνίαν 45° , ἥτοι μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ὑφίστανται ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσῃς ἕδρας ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν ἄλλην κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν διάθλασιν. Τὸ πρίσμα λοιπὸν τοῦτο ἐκτρέπει τὰς ἀκτῖνας κατὰ 90° ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῶν διεύθυνσιν. Εἰς τὸ σχῆμα 47β φαίνεται πῶς αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις· οὕτως ὅμως

ἐπέρχεται ἀντιστροφή τῆς σειρᾶς τῶν ἀκτίνων καὶ ἀλλαγὴ τῆς κατεύθυνσεως αὐτῶν. Τέλος εἰς τὸ σχῆμα 47γ φαίνεται πῶς συμβαίνει ἀντι-



Σχ. 47. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως

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

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

28. Ἐπὶ μιᾶς ὑαλίνης πλακῶς, ἡ ὁποία ἔχει πάχος 2 cm καὶ δείκτην διαθλάσεως $n = \sqrt{2}$ προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν 45° . Νὰ κατασκευασθῇ ἡ πορεία τῆς ἀκτίνος καὶ νὰ μετρηθῇ μὲ τὸν κανόνα ἢ 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 ἐξάγεται ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν δύο αποτελεσμάτων;

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

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

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

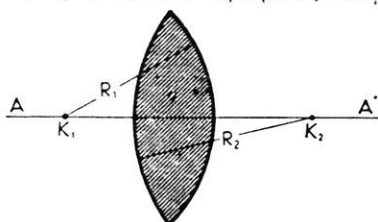
33. Πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν 45° καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν 30° . Πόση εἶναι ἡ ἐκτροπὴ;

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

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

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

36. Ὅρισμοί. Καλεῖται φακὸς ἐν διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἢ ἀπὸ μίαν ἐπίπεδον καὶ μίαν



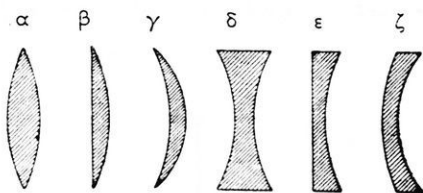
Σχ. 48. Σφαιρικοὶ φακοὶ
 R_1 καὶ R_2 αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ

σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν. Αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν καλοῦνται **ἀκτῖνες καμπυλότητος** τοῦ φακοῦ (σχ. 48)· τὰ δὲ κέντρα καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν τούτων καλοῦνται **κέντρα καμπυλότητος** τοῦ φακοῦ. Ἡ εὐθεΐα, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ φακοῦ.

Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τῶν φακῶν θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι ἰσχύουν αἱ ἐξῆς συνθήκαι : α) Ὁ φακὸς εὐρίσκεται ἐν τῷ ἀέρος, τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἴσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτῖνες εὐρίσκονται πλησίον τοῦ κυρίου ἄξωνος (κεντρικαὶ ἀκτῖνες). γ) Τὸ προσπίπτον φῶς εἶναι μονόχρουν.

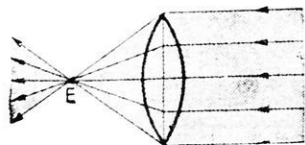
37. Συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες φακοί. Οἱ συνθήεις φακοὶ κατασκευάζονται ἐξ ὑάλου. Ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου ἐπιφανείας προκύπτουν ἐξ εἴδη φακῶν (σχ. 49). Οἱ φακοί, οἱ ὁποῖοι εἶναι παχύτεροι εἰς τὸ μέ-

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

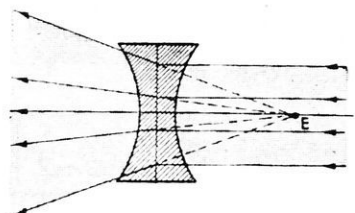


Σχ. 49. Εἶδη φακῶν

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

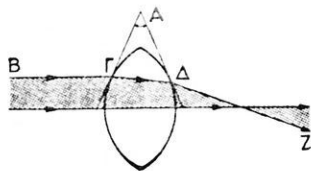


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.

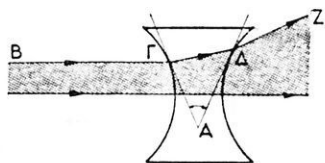


Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

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



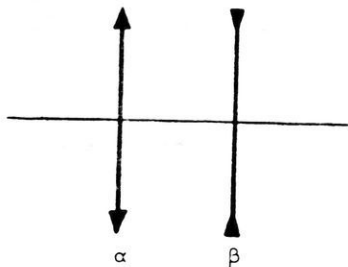
Σχ. 52. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ.



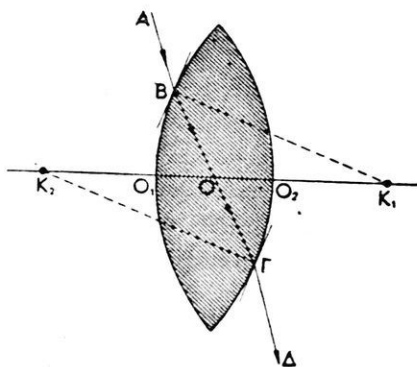
ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισμάτων, τῶν ὁποίων αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῆ (σχ. 52).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν φακοὺς, τῶν ὁποίων τὸ πάχος, μετροῦ-

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



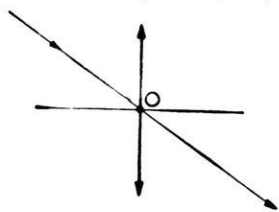
Σχ. 53. Σχηματικὴ παράστασις συγκλίνοντος (α) καὶ ἀποκλίνοντος (β) φακοῦ.



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

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

38. Ὀπτικὸν κέντρον. Ὁ κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ τέμνει τὰς δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας εἰς δύο σημεῖα O_1 καὶ O_2 (σχ. 54). Εἰς τοὺς



Σχ. 55. Δευτερεύων ἄξων φακοῦ

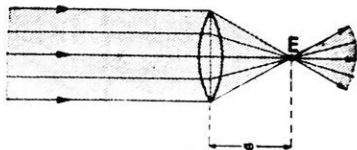
λεπτοὺς φακοὺς δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα συμπίπτουν εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυρίου ἄξονος. Τὸ σημεῖον τοῦτο εἰς τοὺς λεπτοὺς φακοὺς εἶναι ἡ τομὴ τοῦ κυρίου ἄξονος μετὸν φακὸν καὶ καλεῖται **ὀπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ. Τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἔχει τὴν ἐξῆς ιδιότητα :

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

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

Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

39. Κυρία έστια. Έστιακή απόσταση. 'Επί ενός συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 56). "Όλοι αἱ ἐξερχόμενοι ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτίνες διέρχονται δι' ἑνὸς σημείου E τοῦ κύριου ἄξονος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **κυρία έστια** τοῦ φακοῦ. 'Η απόσταση τῆς κυρίας έστιας ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καλεῖται **έστιακή απόσταση** (φ) τοῦ φακοῦ. Αὕτη εἶναι $\sigma\tau\alpha\theta\epsilon\rho\acute{\alpha}$ καὶ ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φακοῦ. "Όστε:



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

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

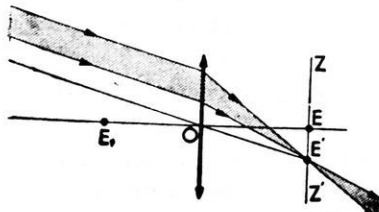
$$\frac{1}{\varphi} = (v - 1) \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right]$$

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

Παράδειγμα. 'Αμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως $v = 1,5$ καὶ ἀκτῖνας καμπυλότητος $R = 40$ cm καὶ $R' = 60$ cm. 'Απὸ τὴν ἐξίσωσιν

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

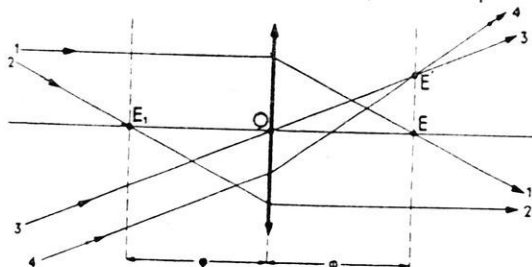
40. Έστιακὸν ἐπίπεδον. 'Εὰν θεωρήσωμεν λεπτὴν δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι εἶναι παράλληλοι πρὸς ἕνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ἡ ἐξερχόμενη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη συγκλίνει εἰς τὴν δευτερεύουσαν έστίαν E' (σχ. 57). "Όλοι αἱ δευτερεύουσαι έστιαὶ τοῦ φακοῦ εὐρίσκονται κατὰ προσέγγισιν, ὅπως καὶ εἰς τὸ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



Σχ. 57. Έστιακὸν ἐπίπεδον φακοῦ

τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον E.

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



Σχ. 58. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

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

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

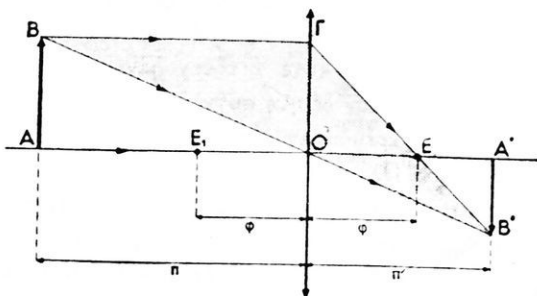
χομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτίς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας (ἀκτίς 1).

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

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

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

42. Εἶδωλον ἀντικειμένου. Ἄς θεωρήσωμεν ὡς φ ω τ ε ι ν ὸ ν ἀ ν τ ι κ ε ἴ μ ε ν ο ν μ ἰ ἄ ν εὐθεῖαν AB κ ἄ θ ε τ ο ν π ρ ὸ ς τ ὸ ν κύριον ἄξονα (σχ. 59).



Σχ. 59. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον A'B', τὸ ὁποῖον εἶναι ἐπίσης κ ἄ θ ε τ ο ν π ρ ὸ ς τ ὸ ν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικει-

μένου προσερχόμεναι ακτίνες BO και ΒΓ, μετά την έξοδόν των από τον φακόν, τέμνονται εις τὸ σημεῖον Β', τὸ ὅποιον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἶδωλα ὅλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικείμενου AB εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας Α'Β', ἡ ὁποία εἶναι κ ά θ ε τ ο ς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἶδωλον Α'Β' εἶναι **ἀνεστραμμένον** καὶ **πραγματικόν**, δυνάμεθα συνεπῶς νά τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα OAB καὶ OA'B' εὐρίσκομεν ὅτι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις εἶναι:

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

ἂν ὀνομάσωμεν Α'Β' = E καὶ AB = A. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα OEF καὶ A'EB' εὐρίσκομεν :

$$\frac{A'B'}{OF} = \frac{EA'}{OE} \quad \tilde{\eta} \quad \frac{A'B'}{AB} = \frac{\pi' - \varphi}{\varphi} \quad (2)$$

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

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

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

43. Εἶδωλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

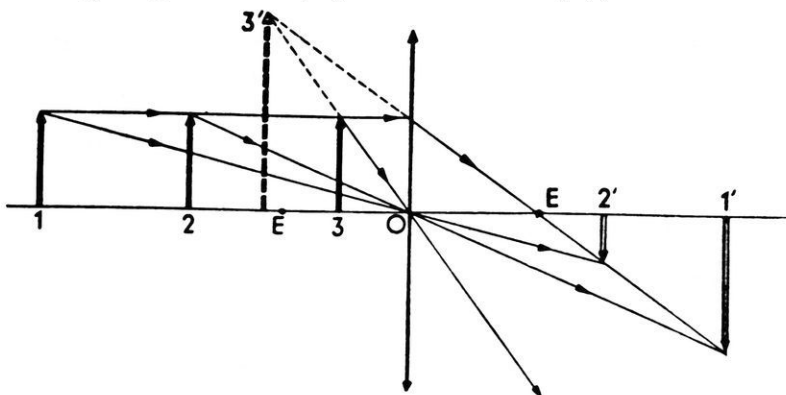
Ἐς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸν συγκλίνοντα φακόν. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακόν προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον : $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$. Ἐάν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς π', ἔχομεν :

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

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

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

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



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

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

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

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

44. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοῦς. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἐξῆς γενικὰ συμπεράσματα διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοῦς:

I. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τῆς ἄλλης κυρίας ἐστίας, εἶναι δὲ **π ρ α γ μ α τ ι κ ὸ ν** καὶ **ἀνεστραμμένον**.

II. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξύ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς

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

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

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

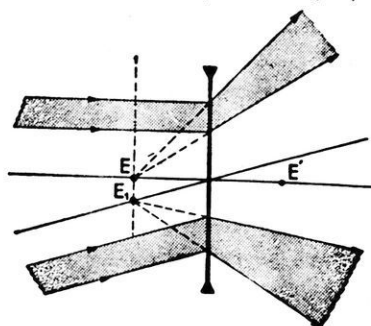
ὑπὸ τὸν ὄρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἐξῆς σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

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

Β'. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

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

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



Σχ. 61. Ἡ κυρία έστία καὶ αἱ δευτερεύουσαι έστιαὶ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικαὶ

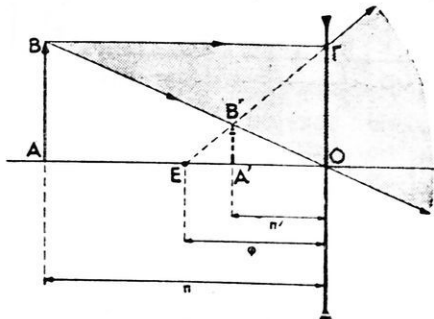
$$\frac{1}{\phi} = (v-1) \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$$

ὅπου τὸ R τῶν κοίλων ἐπιφανειῶν τίθεται ἀρνητικόν.

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

φακόν αποκλίνουσα δέσμη φαίνεται προερχόμενη από την φανταστικήν δευτερεύουσαν έστίαν E_1 . Εις τόν αποκλίνοντα φακόν τὰ δύο έστιακά επίπεδα είναι φανταστικά.

46. Είδωλον αντίκειμένου. Ἐὰς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεΐαν AB κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 62). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀκτῶνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον, πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικείμενου προερχόμεναι ἀκτῖνες BO καὶ $BΓ$, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακόν, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον B' , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου B .



Σχ. 62. Σχηματισμὸς εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ.

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Γενικὸς τύπος φακῶν: } \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$$

Εἶδος φακοῦ	Εἶδωλον	Μορφή τοῦ γενικοῦ τύπου
Συγκλίνων	πραγματικὸν	$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
	φανταστικὸν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
Ἀποκλίνων	φανταστικὸν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$

Παραδείγματα. 1) Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως 1,5

και ακτινας καμπυλότητας 40 cm και 60 cm. Εις απόστασιν 40 cm από τον φακόν τοποθετείται φωτεινή εὐθεία μήκους 5 cm. Νά εὐρεθῇ ἡ θέσις και τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακόν αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ εἶναι κυρταί· ἄρα αἱ ἀκτινες καμπυλότητος λαμβάνονται θετικαί. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εὐρίσκειται ἀπὸ τὴν γενικὴν σχέσιν :

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

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

και $\varphi = 48 \text{ cm}$

Ἐπειδὴ δίδεται ὅτι εἶναι $\pi < \varphi$, ἔπεται ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Ἡ ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακόν εὐρίσκειται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

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

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

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

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

2) Ἄς ἐξετάσωμεν τὸ προηγούμενον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ φακὸς εἶναι ἀμφίκυλλος. Εἰς τὸν ἀμφίκυλλον φακόν αἱ ἀκτινες καμπυλότητος θὰ ληφθοῦν ἀρνητικαί. Ἐπομένως εἶναι :

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

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

και $\varphi = -48 \text{ cm}$

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἶναι πραγματικόν, ἔχομεν :

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

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

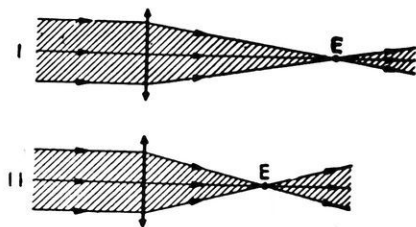
Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

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

Γ'. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

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

Καλεῖται ἰσχύς (ἢ συγκεντρωτικὴ ἰκανότης) ἐνὸς φακοῦ τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστιακῆς τοῦ ἀποστάσεως.



Σχ. 63. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἰσχύος τοῦ φακοῦ

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

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

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

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

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

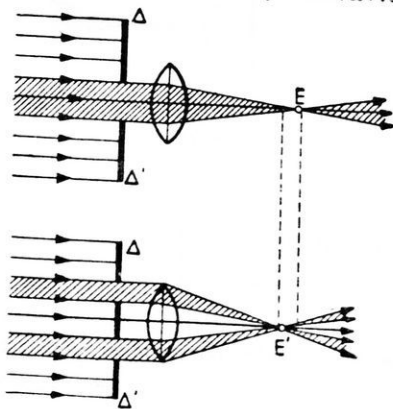
49. Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν. Ὄταν πολλοὶ λεπτοὶ φακοὶ ἔχουν κοινὸν κύριον ἄξονα, τότε οἱ φακοὶ οὗτοι σχηματίζουν ὁμοαξονικὸν σύστημα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὕτην ἔχομεν ὅτι :

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

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

Ἡ σχέση αὕτη δίδει τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ τοῦ συστήματος.

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



Σχ. 64. Σφαιρική ἐκτροπή φακοῦ

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

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

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

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

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

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

φακῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλοῦς φακῶς (3 - 12), τῶν ὁποίων αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος, τὸ εἶδος τῆς ὕλης καὶ αἱ μεταξὺ τῶν ἀποστάσεις ἔχουν ἐκλεπτῆ καταλλήλως. Ἐν διορθωμένον σύστημα εἶναι ἀπλανητικόν, ἀχρωματικόν, ἀναστιγματικόν. Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο τὸ εἶδωλον ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου εἶναι σημεῖον (ἀπλανητικόν), ἡ χρωματικὴ ἐκτροπὴ καταργεῖται (ἀχρωματικόν) καὶ ἐξαφανίζονται τὰ ἐλαττώματα ἐκ τῆς κλίσεως τῶν ἀκτίνων πρὸς τὸν ἄξονα (ἀναστιγματικόν).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

38. Ἀμφικύρτος φακὸς ἔχει τὰς δύο ἀκτῖνας καμπυλότητος ἴσας μὲ 50 cm. Ἡ ἔστικὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ δι' ὀριζμημένην ἀκτινοβολίαν εἶναι 45 cm. Πόσος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕλης διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτήν ;

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

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

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

42. Φωτεινὴ εἰθεῖα μήκους 2 cm ἀπέχει 1 m ἀπὸ πέτασμα. Μεταξὺ τῆς εἰθείας καὶ τοῦ πετάσματος τοποθετεῖται συγκλίνων φακὸς, ὅποτε λαμβάνομεν εὐκρινὲς εἶδωλον διὰ δύο θέσεις τοῦ φακοῦ, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξὺ τῶν 40 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔστικὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ καὶ αἱ διαστάσεις τῶν δύο εἰδώλων.

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

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

ματίζεται εκεί, όπου βρίσκεται και τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

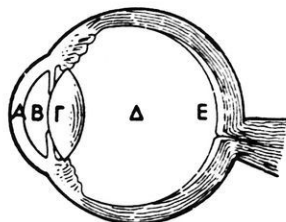
45. Μὲ ἓνα φακὸν ἰσχύος 5 διοπτριῶν θέλομεν νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ ἐνὸς τοίχου, ὁ ὁποῖος παίζει ρόλον πετάσματος, τὸ εἶδωλον $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB . Τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου πρέπει νὰ εἶναι 20 φορές μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοίχον πρέπει νὰ τεθῇ ὁ φακὸς καὶ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

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

37. Φακὸς Λ ἀπέχων 15 cm ἀπὸ ἀντικείμενον AB δίδει πραγματικὸν εἶδωλον $A'B' = 3 \cdot AB$. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἄλλου φακοῦ Λ' , ὁ ὁποῖος τιθέμενος εἰς ἀπόστασιν 10 cm ὕψισθεν τοῦ φακοῦ Λ δίδει νέον πραγματικὸν εἶδωλον $A''B'' = v \cdot A'B'$. Πόση εἶναι ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ Λ' , ἂν εἶναι $v = 2$ ἢ $v = 1$;

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

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

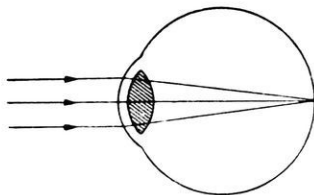


Σχ. 65. Τομή ὀφθαλμοῦ

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

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

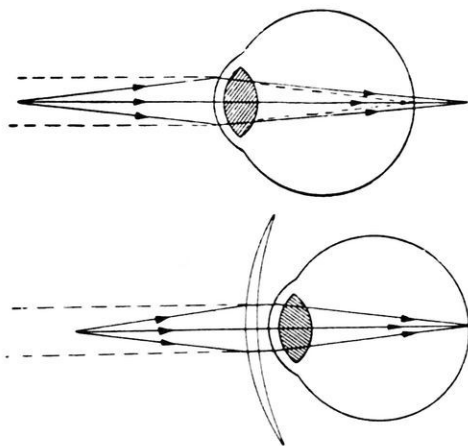
52. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Προσαρμογή. Ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρῆ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίνη αὐτὸ εὐκρινῶς, τότε τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). Ὅταν τὸ ἀντικείμενον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



Σχ. 66. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς

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

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

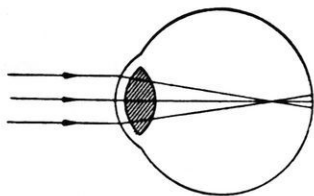


Σχ. 67. Πρεσβυπικός ὀφθαλμὸς καὶ διόρθωσις αὐτοῦ

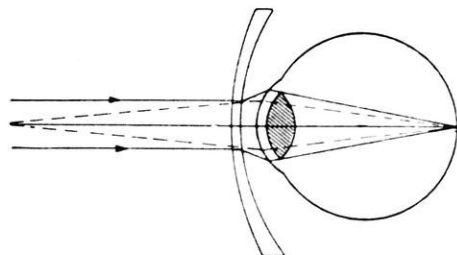
ἰκανότητος προσαρμογῆς, ὁ πρεσβύωψ ὀφθαλμὸς χρησιμοποιεῖ συγκλίνοντα φακὸν διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν πλησίον εὑρισκομένων ἀντικειμένων (σχ. 67).

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

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



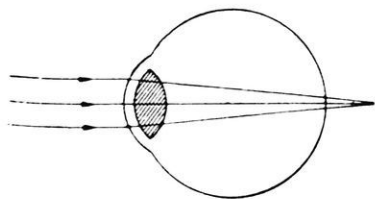
Σχ. 68. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς



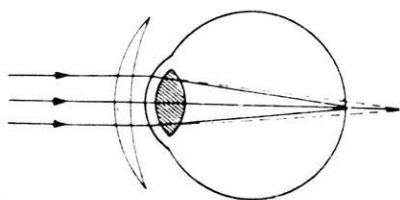
Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ

εἶδωλον ἑνὸς μακρὰν εὑρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 68). Οὕτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς χωρὶς προσαρμογῆν ἀντικείμενα εὑρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν ὀλίγων

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



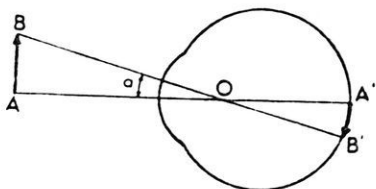
Σχ. 70. Ὑπερμετρῶπικὸς ὀφθαλμὸς



Σχ. 71. Διόρθωσις ὑπερμετρῶπικοῦ ὀφθαλμοῦ

ἐπομένως τὸ εἶδωλον ἑνὸς μακρὰν εὐρισκόμενου ἀντικειμένου σχηματίζεται ὀπίσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 70). Οὕτως ὁ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμὸς δὲν διακρίνει τίποτε χωρὶς προσαρμογῆν. Εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦτον ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι πολὺ μεγαλύτερα ἀπὸ 25 cm. Ἡ ὑπερμετρῶπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας συγκλίνοντος φακοῦ, ὁ ὁποῖος μετατοπίζει τὸ εἶδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 71).

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



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

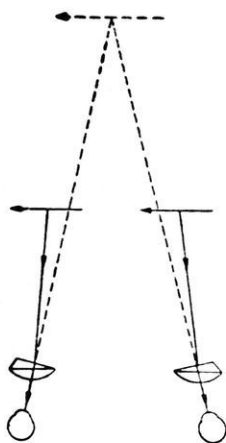
φαινομένη διάμετρος :	$\alpha = \frac{AB}{OA}$
-----------------------	--------------------------

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις φανερώνει ὅτι :

Ἡ φαινομένη διάμετρος ἐνὸς ἀντικειμένου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦτοῦ ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν.

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου Α'Β' ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ἀντικείμενον δὲν δύναται νὰ πλησιάσῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν ἀπεριορίστως, ἔπεται ὅτι ἡ φαινομένη διάμετρος ἐνὸς ἀντικειμένου δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ μίαν ὀρισμένην μεγίστην τιμὴν, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν τοῦ ἀντικειμένου τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἔχει τὴν μ ε γ ί σ τ η ν δυνατὴν τιμὴν.

56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία. Ὅταν παρατηροῦμεν ἓν ἀντικείμενον μὲ τοὺς δύο ὀφθαλμούς, τότε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἐκάστου ὀφθαλμοῦ σχηματίζεται ἰδιαιτέρον εἶδωλον. Ἐν τούτοις βλέπομεν ἓν μόνον ἀντικείμενον. Ὅταν τὸ αὐτὸ ἀντικείμενον τὸ παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν μὲ τὸν ἓνα ὀφθαλμὸν, ἄλλοτε δὲ μὲ τὸν ἄλλον ὀφθαλμὸν, τότε τὸ θέαμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι ἄλλογον διαφορετικόν, ὅταν παρατηρῆται μὲ μόνον τὸν δεξιὸν ἢ τὸν ἀριστερὸν ὀφθαλμὸν. Αἱ μικραὶ αὗται διαφοραὶ συντελοῦν εἰς τὸ νὰ μᾶς δίδουν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, δηλαδή νὰ ἀντιλαμβάνωμεθα ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἡμᾶς χῶρον, ὅχι ὡς ἐπιφάνεια, ἀλλὰ ὡς στερεὸν ἔχον διαστάσεις.



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου

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

σκοπίου (σχ. 73) και παρατηρούμεν συγχρόνως τὰς δύο εἰκόνας οὕτως, ὥστε ἕκαστος ὀφθαλμὸς νὰ βλέπῃ μόνον τὴν εἰκόνα, ἣ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς αὐτόν. Τὰ δύο εἶδωλα συμπίπτουν εἰς ἓν μόνον εἶδωλον, τὸ ὁποῖον μᾶς δίδει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἀνακλῦφου. Τὸ σύστημα παρατηρήσεως ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα φακοῦ καὶ πρίσματος.

57. Διάρκεια τῆς ἐντύψεως. Ἡ γένεσις καὶ ἡ ἐξοφάνισις μιᾶς ὀπτικῆς ἐντύψεως ἀπαιτεῖ τὴν πάροδον ὀρισμένου χρόνου, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐντασιν καὶ τὰ χρώματα τοῦ φωτός. Ἐκάστη λοιπὸν ὀπτικὴ ἐντύπωσις διαρκεῖ περίπου ἐπὶ $1/10$ τοῦ δευτερολέπτου. Διὰ τοῦτο ἐν τὰ χέως κινουμένων φωτεινῶν σημεῖων δὲν διακρίνεται ὡς κινούμενον σημεῖον, ἀλλὰ ὡς μία φωτεινὴ γραμμὴ. Ἡ κινηματογραφία βασίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντύψεως. Ἐπὶ τῆς ὀθόνης προβάλλονται διαδοχικῶς φωτογραφίαι ἐνὸς κινουμένου ἀντικειμένου ληφθεῖσαι κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα μὲ $1/24$ τοῦ δευτερολέπτου. Αἱ φωτογραφίαι αὗται προβάλλονται ἔπειτα μὲ τὸν ἴδιον ρυθμὸν, ἦτοι 24 κατὰ δευτερόλεπτον. Ὁ παρατηρητὴς βλέπει προβαλλομένης τὰς διαδοχικὰς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, ἕνεκα ὅμως τῆς διαρκείας τῶν ὀπτικῶν ἐντύψεων, δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν συνεχῆ ἀλλαγὴν τῶν προβαλλομένων εἰκόνων καὶ νομίζει ὅτι βλέπει κινούμενον τὸ ἀντικείμενον.

Π Ρ Ο Β Α Η Μ Α Τ Α

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

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

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

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

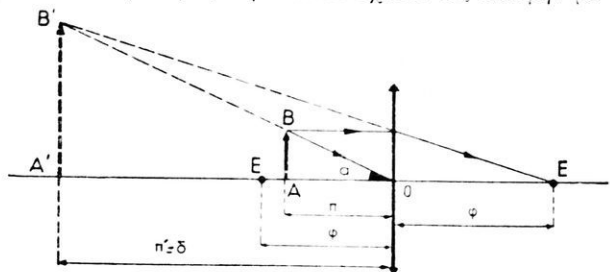
52. Γέρων, τοῦ ὁποῖου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 1,20 m, θέλει νὰ διαβάξῃ βιβλίον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν του. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ, τὸν ὁποῖον θὰ χρησιμοποιήσῃ ;

ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

58. Όπτικά όργανα. Είδομεν (§ 55) ότι, όσον μεγαλύτερα είναι ή φαινομένη διάμετρος ενός αντικειμένου, τόσον μεγαλύτερον είναι και τὸ εἶδωλον τοῦ αντικειμένου τούτου, τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀπὸ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐξαρτᾶται και τὸ πλῆθος τῶν λεπτομερειῶν, τὰς ὁποίας διακρίνομεν. Ἡ **μεγίστη δύναμη** φαινομένη διάμετρος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξησιν τῆς φαινομένης διαμέτρου, χρησιμοποιοῦμεν διάφορα ὀπτικά ὄργανα.

Α' ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

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



Σχ. 74. Ὁ συγκλίνων φακὸς ἀποτελεῖ ἄπλοῦν μικροσκόπιον

κόν. Τὸ εἶδωλον A'B' εἶναι εὐκρινές, ὅταν ἡ ἀπόστασις του ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν εἶναι ἴση με τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Τὸ εἶδωλον A'B' φαίνεται ὑπὸ γωνίαν α . Ἄρα ἡ μονὰς μήκους τοῦ ἀντικειμένου AB φαίνεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ ὑπὸ γωνίαν :

$$\frac{\alpha}{AB}.$$

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

$$\boxed{\text{ισχύς ἄπλοῦ μικροσκοπίου : } P = \frac{\alpha}{AB}} \quad (1)$$

Ἡ φαινομένη διάμετρος α τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς ἀκτίνα α καὶ τὸ μήκος τοῦ ἀντικειμένου AB μετρεῖται εἰς μέτρα α , ἐπομένως ἡ ἰσχύς μετρεῖται εἰς διοπτρία.

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

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

60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου. Δι' ὅλα τὰ ὀπτικά ὄργανα ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὀρισμός:

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

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

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

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

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

Ἡ ἰσχύς τοῦ χρησιμοποιουμένου ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἶναι

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

Ἡ ἐπιτυγχανομένη μεγέθυνσις εἶναι :

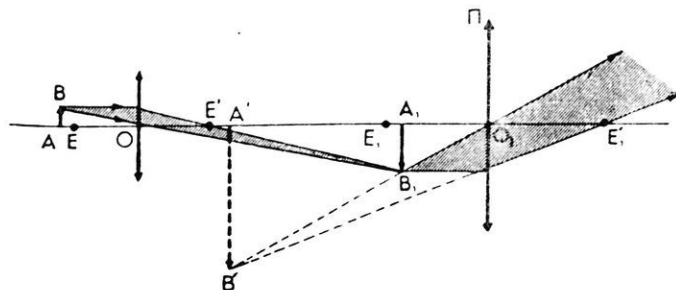
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} = 12,5$$

Ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

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

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

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



Σχ. 76. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὸ σύνθετον μικροσκόπιον

γματικὸν εἶδωλον A_1B_1 , τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Ὁ προσοφθάλμιος φακὸς λειτουργεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 : τοῦτο σχηματίζεται μεταξύ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του. Οὕτως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον διὰ νὰ εἶναι εὐκρινές, πρέπει νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ. Τὸ ἀντικείμενον φωτίζεται κάτωθεν πολὺ ἰσχυρῶς μετὰ τὴν βοήθειαν κατόπτρου, ὥστε τὸ τελικὸν εἶδωλον, τὸ ὁποῖον εἶναι πολὺ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, νὰ εἶναι φωτεινόν.

α) **Ίσχύς τοῦ μικροσκοπίου.** Ὅπως εἶδομεν, ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου καλεῖται ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ μικροσκοπίου τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου. Ἐάν λοιπὸν α εἶναι ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ τελικοῦ εἰδώλου $A'B'$, τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν

$$\text{ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι: } P = \frac{\alpha}{AB}$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσηις γράφεται ὡς ἐξῆς:

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

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

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

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

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

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

Ὅστε κατὰ προσέγγισιν ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι:

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

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

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

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

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

Κατά συνθήκην ή έμπορικ ή με γέθ υν σ ι ς τ ο υ μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ο υ ό ρ ί ζ ε τ α ι μ έ β ά σ ι ν τ ή ν έ λ α χ ί σ τ η ν ά π ό σ τ α σ ι ν ε υ κ ρ ι ν ο υ ς ό ρ ά σ σ ε ω ς τ ο υ κ α ν ο ν ι κ ο υ ό φ θ α λ μ ο υ ($\delta = 25 \text{ cm}$).

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α . Ε ι ς έ ν μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ο ν ε ί ν α ι :

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

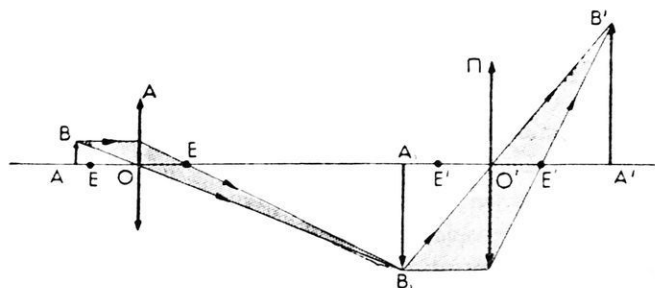
Ή ί σ χ υ ς τ ο υ μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ο υ ε ί ν α ι :

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

Ή δ έ με γ έ θ υ ν σ ι ς τ ο υ μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ο υ δι' έ ν α ό φ θ α λ μ ό ν έ χ ο ν τ α έ λ α χ ί σ τ η ν ά π ό σ τ α σ ι ν ε υ κ ρ ι ν ο υ ς ό ρ ά σ σ ε ω ς $\delta = 10 \text{ cm}$ ε ί ν α ι : $M = 1000 \cdot 0,10 = 100$, ή τ ο ι ό ό φ θ α λ μ ό ς β λ έ π ε ι τ ό ά ν τ ι κ ε ί μ ε ν ο ν 100 φ ο ρ ά ς μ ε γ α λ ύ τ ε ρ ο ν .

62. Διαχωριστική ικανότητα τ ο υ μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ο υ . Έ κ π ρ ό τ η ς ό ψ ε ω ς φ α ί ν ε τ α ι ό τ ι ε ί ν α ι δ υ ν α τ ό ν ν á α ύ ξ η θ ή ή ί σ χ υ ς τ ο υ μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ο υ π έ ρ α ν τ ω ν ά ν ω τ έ ρ ω ν ό ρ ί ω ν ί σ χ υ ς ς , τ á ό π ο ι á έ χ ο μ ε ν σ ή μ ε ρ ο ν έ π ι τ ύ χ ε ι . Έ φ' ό σ ο ν δ έ β α ί ν ε ι α ύ ξ α ν ο μ έ ν η ή ί σ χ υ ς , α ύ ξ á ν ο ν τ α ι κ α ι α í λ ε π τ ο μ έ ρ ε ι α ι , τ á ς ό π ο ι á ς δ ι α κ ρ ί ν ε ι ό ό φ θ α λ μ ό ς . Π α ρ á τ á ς τ ε χ ν ι κ á ς τ ε λ ε ι ο π ο ι ή σ ε ι ς , δ ύ ο σ η μ ε ί α A κ α ι B δ έ ν ε ί ν α ι δ υ ν α τ ό ν ν á φ α ί ν ο ν τ α ι ώ ς χ ω ρ ι ς τ á σ η μ ε ί α , έ τ α ν ή ά π ό σ τ α σ ι ς τ ω ν ε ί ν α ι μ ι κ ρ ο τ έ ρ α τ ω ν 0,2 μ . Τ á δ ύ ο α ύ τ á σ η μ ε ί α δ ί δ ο υ ν ε ι ς τ ή ν π ε ρ í π τ ω σ ι ν α ύ τ ή ν ώ ς ε ί δ ω λ α δ ύ ο κ η λ ή δ α ς , α í ό π ο ι á ι κ α λ ύ π τ ο υ ν έ ν μ έ ρ ε ι ή μ í α τ ή ν á λ λ η ν . Τ ό φ α ι ν ό μ ε ν ο ν τ ο υ τ ο ε ί ν α ι ά π ο τ έ λ ε σ μ α τ ή ς π α ρ α θ λ á σ ε ω ς τ ο υ φ ω τ ό ς (§ 92) . Δ ι á τ ω ν μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ω ν δ ι α κ ρ ί ν ο μ ε ν λ ε π τ ο μ ε ρ ε í α ς τ ο υ ά ν τ ι κ ε ί μ ε ν ο υ , α í ό π ο ι á ι έ χ ο υ ν δ ι α σ τ á σ ε ι ς á π ό 0,2 μ έ ω ς 50 μ .

63. Μικροφωτογραφία. Ή ά π ό σ τ α σ ι ς τ ω ν δ ύ ο φ α κ ω ν τ ο υ μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ο υ δ ύ ν α τ α ι ν á ρ υ θ μ ι σ θ ή ο ύ τ ω ς , ώ σ τ ε τ ό π ρ α γ μ α τ ι κ ό ν ε ί δ ω λ ο ν



Σχ. 77. Σχηματισμός πραγματικού ειδώλου υπό τ ο υ μ ι κ ρ ο σ κ ο π ί ο υ

A_1B_1 , τ ό ό π ο ι ο ν δ ί δ ε ι ό ά ν τ ι κ ε ί μ ε ν ι κ ό ς , ν á σ χ η μ α τ í ζ ε τ α ι π ρ ό τ η ς κ υ-

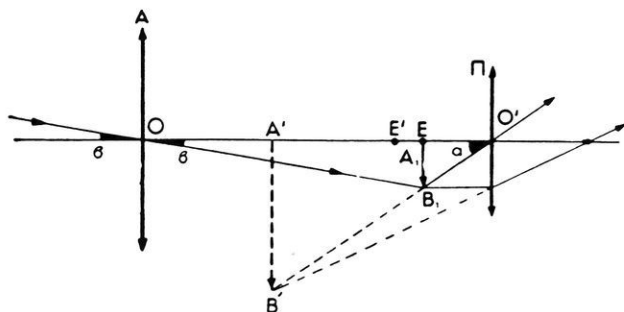
ρίας έστίας E' του προσοφθαλμίου (σχ. 77). Τότε ο προσοφθαλμικός δίδει το πραγματικόν είδωλον $A'B'$, το όποϊον δύναται να ληφθῆ επί διαφράγματος ἢ επί φωτογραφικῆς πιακός. Ἡ φωτογράφις τῶν είδῶλων μικροσκοπικῶν αντικειμένων καλεῖται **μικροφωτογραφία**. πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου φωτογραφικὴ μηχανή. Ἀντὶ φωτογραφικῆς μηχανῆς δύναται να στερεωθῆ ἡ συσκευή λήψεως κινηματογραφικῶν εἰκόνων ἢ **κινηματομικροφωτογραφία** παρέχει σήμερον πολύτιμον βοήθειαν εἰς τὰς διαφόρους έρεῦνας καὶ τὴν διδασκαλίαν.

64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Τὸ πραγματικόν είδωλον A_1B_1 , το όποϊον σχηματίζει ὁ ἀντικειμενικός φακός, πρέπει να εἶναι πολὺ φωτεινόν καὶ χωρὶς σφάλματα· διότι, ἂν τὸ είδωλον τοῦτο ἔχη σφάλματα, ταῦτα θὰ γίνουιν μεγαλύτερα διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Γενικῶς ὁ ἀντικειμενικός φακός τοῦ μικροσκοπίου εἶναι ἐν σύστημα φακῶν, διὰ τοῦ όποίου ἐπιδιώκεται αὔξησις τῆς ἰσχύος τοῦ μικροσκοπίου καὶ διόρθωσις τῶν διαφόρων σφαλμάτων, τὰ όποια παρουσιάζουιν οἱ φακοί. Ἀλλὰ καὶ ὁ προσοφθαλμικός φακός τοῦ μικροσκοπίου εἶναι πάντοτε σύστημα φακῶν.

Β ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

65. Διοπτρικά καὶ κατοπτρικά τηλεσκόπια. Τὰ τηλεσκόπια εἶναι ὀπτικά ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων εύρισκομένων πολὺ μακρὰν. Μὲ τὰ τηλεσκόπια ἐπιτυγχάνομεν να βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα ταῦτα ὑπὸ γωνίαν πολὺ μεγαλύτεραν ἀπὸ τὴν γωνίαν, ὑπὸ τὴν όποιαν τὰ βλέπωμεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Τὰ τηλεσκόπια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀντικειμενικόν σύστημα, τὸ όποϊον σχηματίζει ἐν πολὺ μικρὸν πραγματικόν είδωλον τοῦ μακρὰν εύρισκομένου ἀντικειμένου. Τὸ είδωλον τοῦτο παρατηρεῖται μὲ ἐν προσοφθαλμίον σύστημα, τὸ όποϊον δίδει τὸ τελικόν φανταστικόν είδωλον. Ὑπάρχουιν δύο κατηγορίαι τηλεσκοπίων. Τὰ **διοπτρικά τηλεσκόπια** ἔχουιν ὡς ἀντικειμενικόν σύστημα ἓνα συγκλίνοντα φακὸν μεγάλης έστιακῆς ἀποστάσεως. Τὰ δὲ **κατοπτρικά τηλεσκόπια** ἔχουιν ὡς ἀντικειμενικόν σύστημα ἐν κοίλον κάτοπτρον. Τὸ ἀντικειμενικόν καὶ τὸ προσοφθαλμίον σύστημα εἶναι στερεωμένα καταλλήλως ἐπὶ μακροῦ σωλήνος.

66. Ἀστρονομική διόπτρα. Ἡ ἀστρονομική διόπτρα ἀποτελείται : α) Ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικὸν φακόν, ὁ ὁποῖος ἔχει πολὺ μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_a) καὶ δίδει τὸ πραγματικόν, μικρὸν καὶ ἀνεστραμμένον εἶδωλον A_1B_1 (σχ. 78). β) Ἀπὸ τὸν προσ-



Σχ. 78. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν

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

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

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

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

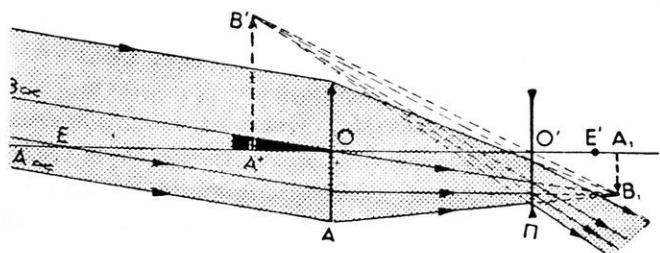
Οὕτως εὐρίσκωμεν ὅτι :

Ἡ μεγέθυνσις τῆς ἀστερονομικῆς διόπτρας ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμενικοῦ πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ προσοφθαλμίου.

$$\text{μεγέθυνσις ἀστερονομικῆς διόπτρας: } M = \frac{\varphi_a}{\varphi_n}$$

β) Διαχωριστικὴ ἰκανότης τῆς διόπτρας. Δύο σημεῖα A καὶ B σχηματίζουν δύο διακεκριμένα εἰδῶλα, ἐὰν ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων εἶναι μεγαλύτερα μιᾶς ὁρισμένης τιμῆς ω. Ἡ ὀρικὴ αὐτὴ γωνιακὴ ἀπόστασις καλεῖται **διαχωριστικὴ ἰκανότης** τῆς διόπτρας. Ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τόσον μικροτέρα εἶναι ἡ **διαχωριστικὴ ἰκανότης** τῆς διόπτρας. Αἱ καλύτεραι διόπτραι ἔχουν διαχωριστικὴν ἰκανότητα 0,12". Ἡ γωνία αὐτὴ εἶναι ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις δύο σημείων τῆς ἐπιφανείας τῆς Σελήνης, τὰ ὅποια ἀπέχουν μεταξύ των 230 μέτρα.

67. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου. Εἰς τὴν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου ὁ ἀντικειμενικός εἶναι σ υ γ κ λ ἰ ν ω ν φακός, ὁ ὅποιος δίδει τὸ πραγμα-



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

τικὸν εἶδῶλον A_1B_1 (σχ. 79)· τοῦτο σχηματίζεται πολὺ πλησίον τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Ὁ προσοφθαλμῖος εἶναι ἀ π ο κ λ ἰ ν ω ν φακός, ὁ ὅποιος παρεμβάλλεται μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τῆς ἐστίας του E. Οὕτω τὸ εἶδῶλον A_1B_1 ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸν προσοφθαλμῖον φακόν. Ἐὰν ἡ κυρία ἐστία E' τοῦ προσοφθαλμίου εὐρίσκεται πρὸ τῆς ἐστίας τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τότε ὁ

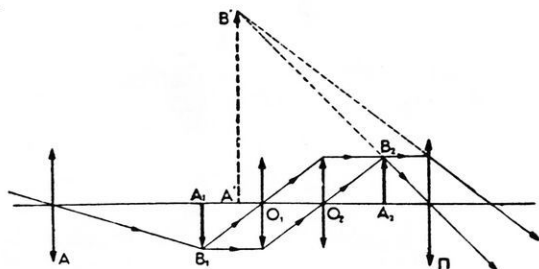
προσοφθάλμιος δίδει τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ A_1B_1 .

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

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

68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων. Διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, εὐρισκομένων πολὺ μακρὰν, πρέπει τὸ παρατηρούμενον διὰ τῆς διόπτρας τελικὸν εἶδωλον νὰ εἶναι ὀρθόν. Τοιοῦτον εἶναι τὸ εἶδωλον, τὸ ὁποῖον παρατηροῦμεν διὰ τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου. Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, ἂν ἐφοδιασθῇ μὲ **ἀνορθωτικὸν σύστημα**. Τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ ὁποῖοι

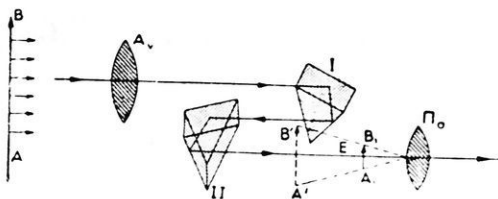
ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ . Τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ προσοφθαλμίου οὕτως, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός, νὰ σχη-



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

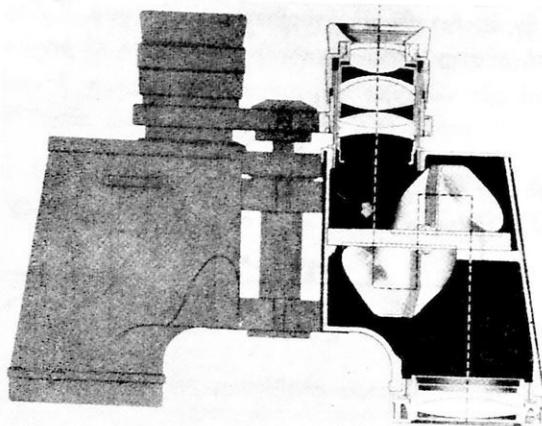
ματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ O_1 (σχ. 80). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σύστημα σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ δευτέρου φακοῦ O_2 τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 , τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον μὲ τὸ A_1B_1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

69. Πρισματική διόπτρα. Εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου παρεμβάλλονται δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως I καὶ II (σχ. 81), τῶν ὁποίων αἱ ἀκμαὶ εἶναι κάθετοι μεταξύ των. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἢ ὁποῖα ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν, ὑφίσταται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις ἐντὸς ἐκάστου



Σχ. 81. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν

πρίσματος· αἱ ἀνακλάσεις αὗται προκαλοῦν τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ

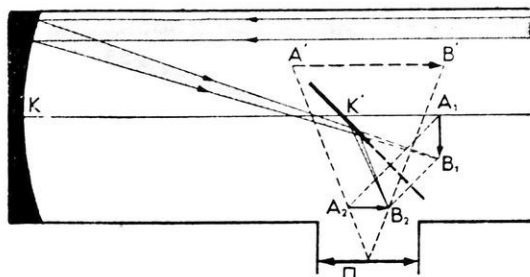


Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας

τοῦ προσοφθαλμίου παρατηροῦμεν τὸ ὄρθον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον πραγματικόν εἶδωλον $A'B'$. Οὕτως ὅμως ἐπιτυγχάνεται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι ἡ ἀκτίς διατρέχει τρεῖς φορές τὸ μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων διάστημα. Δύο τοιούτοι διοπτρικοὶ σωλήνες ἐνούμενοι καταλλήλως χρησιμοποιοῦνται διὰ διόφθαλμον ὄρασιν (σχ. 82). Αἱ διόφθαλμοι πρισματικαὶ διόπτραι παρέχουν στερεοσκοπικὴν ἀποψιν τοῦ εἰδώλου· διότι ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἀντικειμενικῶν εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο προσοφθαλμίων καὶ συνεπῶς ἕκαστος ὀφθαλμὸς παρατηρεῖ ἄλλην ἀποψιν τοῦ ἀντικειμένου.

τοῦ προσοφθαλμίου παρατηροῦμεν τὸ ὄρθον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον πραγματικόν εἶδωλον $A'B'$. Οὕτως ὅμως ἐπιτυγχάνεται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι ἡ ἀκτίς διατρέχει τρεῖς φορές τὸ μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων διάστημα. Δύο τοιούτοι διοπτρικοὶ σωλήνες ἐνούμενοι καταλλήλως χρησιμοποιοῦνται διὰ διόφθαλμον ὄρασιν (σχ. 82). Αἱ διόφθαλμοι πρισματικαὶ διόπτραι παρέχουν στερεοσκοπικὴν ἀποψιν τοῦ εἰδώλου· διότι ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἀντικειμενικῶν εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο προσοφθαλμίων καὶ συνεπῶς ἕκαστος ὀφθαλμὸς παρατηρεῖ ἄλλην ἀποψιν τοῦ ἀντικειμένου.

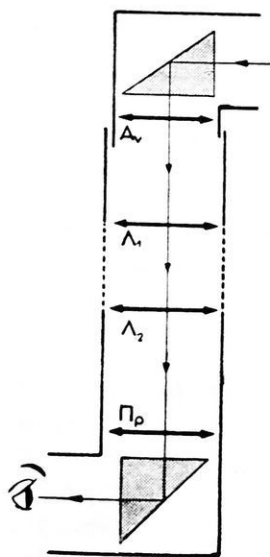
70. Κατοπτρικόν τηλεσκόπιον. Τὸ κατοπτρικόν τηλεσκόπιον φέρει ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἓν κοῖλον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 83). Τὸ κάτοπτρον Κ δίδει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 ἐνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου AB . Τὸ εἶδωλον A_1B_1 σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ἀνεστραμμένον. Πρὸ τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ κοίλου κατόπτρου τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον K' (ἢ πρῖσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως), τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μὲ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον δίδει τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 . Παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἴση μὲ τὸν λόγον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως (φ_a) τοῦ κοίλου κατόπτρου πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_n) τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ, ἥτοι $M = \frac{\varphi_a}{\varphi_n}$.



Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικόν τηλεσκόπιον

Τὸ κατοπτρικόν τηλεσκόπιον ἔχει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν χρησιμοποιεῖ ἀντικειμενικὸν φακὸν μεγάλῃς διαμέτρου. Ἡ κατασκευὴ τοιούτων φακῶν παρουσιάζει πολὺ μεγάλην δυσκολίαν (ἀκριβείαν εἰς τὴν καμπυλότητα τῶν δύο ἐπιφανειῶν, ἀπόλυτον ὁμογένειαν τῆς ὑάλου κ.ἄ.). Τὸ κοῖλον κάτοπτρον τοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ὑάλινον παραβολικὸν κάτοπτρον μεγάλῃς διαμέτρου. Οὕτω τὸ κάτοπτρον τοῦ τηλεσκοπίου τοῦ ὕρους Wilson ἔχει διάμετρον 2,5 m, τοῦ δὲ τηλεσκοπίου τοῦ ὕρους Palomar ἔχει διάμετρον 5 m. Ἀντιθέτως ἡ διάμετρος τοῦ μεγαλύτερου ἀντικειμενικοῦ φακοῦ εἶναι 1,02 m (ἀστρονομικὴ διόπτρα τοῦ Yerkes).

71. Περισκόπιον. Τὸ περισκόπιον χρησιμοποιεῖται κυρίως ὑπὸ τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εὐρίσκονται ἐν καταδύσει, διὰ τὴν ἐξερεύνησιν τοῦ ὀρίζοντος. Τὸ περισκόπιον εἶναι μία διόπτρα τῶν ἐπιγείων,



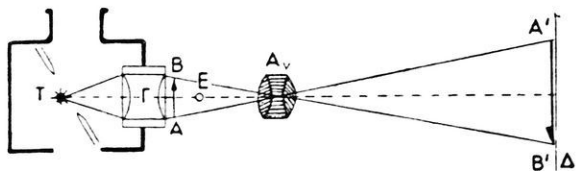
Σχ. 84. Σχηματική παράσταση τοῦ περισκοπίου

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

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

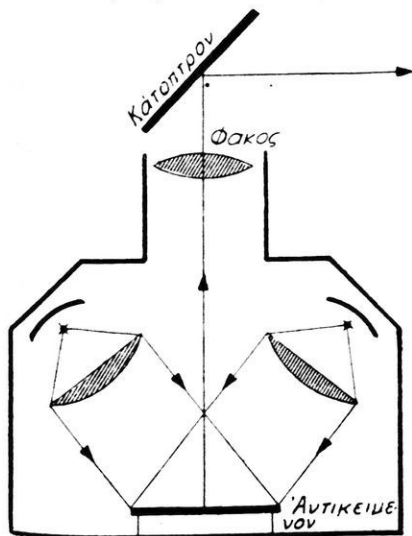
73. Προβολεύς. Ὁ προβολεύς χρησιμεύει διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ διαφράγματος πραγματικοῦ καὶ μεγεθυμένου εἰ-

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



Σχ. 85. Προβολεὺς

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



Σχ. 86. Σχηματικὴ παράστασις ἐπιδιασκοπίου

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

54. Παρατηρητής έχων ελάχιστην απόστασιν ευκρινούς όρασεως 25 cm χρησιμοποιεί ως άπλοον μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακόν έστιακής απόστασεως 2 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις και η ίσχύς του άπλου μικροσκοπίου ;

55. Συγκλίνων φακός ίσχύος 12 διοπτριών χρησιμοποιείται ως άπλοον μικροσκόπιον από παρατηρητήν έχοντα ελάχιστην απόστασιν ευκρινούς όρασεως 20 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις του όργάνου ; Εάν το παρατηρούμενον είδωλον έχη μήκος 4 cm πόσον είναι το μήκος του αντικειμένου ;

56. Σύνθετον μικροσκόπιον αποτελείται από δύο λεπτούς συγκλίνοντας φακούς, των οποίων τα όπτικά κέντρα απέχουν 15 cm. Η έστιακή απόστασις του αντικειμενικού είναι 1 cm, του δε προσοφθάλμιου είναι 3 cm. Παρατηρητής, έχων ελάχιστην απόστασιν ευκρινούς όρασεως 25 cm, τοποθετεί τον όφθαλμόν του πολύ πλησίον του προσοφθάλμιου. Νά εύρεθῆ ἡ ίσχύς και ἡ μεγέθυνσις του μικροσκοπίου.

57. Σύνθετον μικροσκόπιον αποτελείται από αντικειμενικόν φακόν Λ_1 ίσχύος 200 διοπτριών και από προσοφθάλμιον Λ_2 ίσχύος 50 διοπτριών, οι οποίοι εύρισκονται εις σταθεράν μεταξύ των απόστασιν ίσην με 15 cm. Νά εύρεθῆ ἡ ίσχύς και ἡ μεγέθυνσις του όργάνου.

58. Εἰς ἓν σύνθετον μικροσκόπιον ὁ αντικειμενικός φακός και ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοίχως έστιακὰς ἀποστάσεις 5 mm και 20 mm. Ἀντικείμενον AB ἀπέχει 5,2 mm ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν. 1) Νά εύρεθῆ ἡ θέσις τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὅποιον δίδει ὁ ἀντικειμενικός και ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου A_1B_1 και τοῦ ἀντικειμένου AB. 2) Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν πρέπει νά εύρεθῆ ὁ προσοφθάλμιος, ὥστε τὸ φανταστικόν εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὅποιον δίδει ὁ προσοφθάλμιος, νά σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τὸν φακόν τοῦτον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εύρίσκεται και ὁ όφθαλμός τοῦ παρατηρητοῦ ; Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου ;

59. Εἰς μίαν ἀστρονομικὴν διόπτραν ὁ ἀντικειμενικός και ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοίχως έστιακὰς ἀποστάσεις $\varphi_a = 2 \text{ m}$ και $\varphi_p = 2 \text{ cm}$. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας ;

60. Ὁ ἀντικειμενικός και ὁ προσοφθάλμιος μιᾶς διόπτρας εἶναι συγκλίνοντες φακοί, οι ὅποιοι ἔχουν ἀντιστοίχως έστιακὰς ἀποστάσεις $\varphi_a = 1 \text{ m}$ και $\varphi_p = 10 \text{ cm}$. Παρατηρητής, έχων κανονικὴν όρασιν, στρέφει τὸν ἄξονα τῆς διόπτρας πρὸς τὸ κέντρον τοῦ Ἡλίου, τοῦ ὁποίου ἡ φαινόμενη διάμετρος είναι 32'. Νά εύρεθῆ ὑπὸ ποίαν γωνίαν (εἰς μοίρας) θά ἴδῃ ὁ παρατηρητής διὰ μέσου τῆς διόπτρας τὸν Ἡλίον.

61. Εἰς μίαν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου ὁ ἀντικειμενικός ἔχει έστιακὴν ἀπόστασιν $\varphi_a = 50 \text{ cm}$, ὁ δὲ προσοφθάλμιος ἔχει $\varphi_p = 10 \text{ cm}$ (κατ' ἀπόλυτον τιμὴν).

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

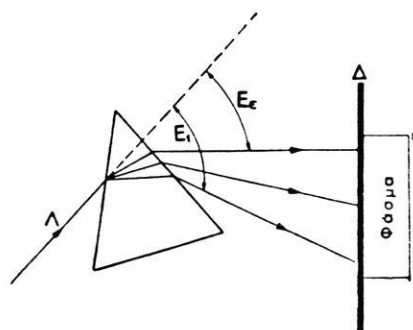
62. Σφαιρικὸν κοίλον κάτοπτρον ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν $\Phi = 1$ m. Ὁ ἄξων τοῦ διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τοῦ Ἡλίου, μεταξύ δὲ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὸν ἄξωνα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ μικροῦ κατόπτρου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

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος. Ἐπὶ ἑνὸς πρίσματος ἀφ' ἠρῶμεν νὰ προσπέσῃ λεπτὴ δέσμη λευκοῦ φωτός (σχ. 87).

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

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



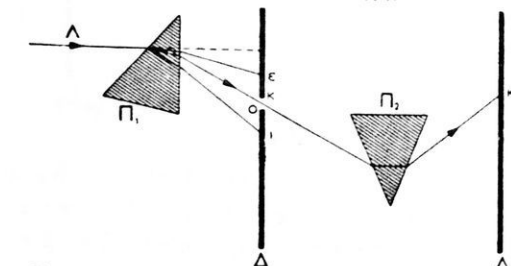
Σχ. 87. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ πρίσματος

Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα ἔλαι αἱ ἀκτῖνες τῆς δέσμης τοῦ λευκοῦ φωτός προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ πρίσματος ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως. Τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ πλῆθος ἀκτινοβολιῶν, ἐκάστη τῶν ὁποίων ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πρίσματος διαφορητικὴν ἐκτροπὴν. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν συνάγεται ὅτι εἰς ἐκάστην ἀκτινοβολίαν ἀντιστοιχεῖ ἐντὸς τοῦ πρίσματος μία ὠρισμένη γωνία διαθλάσεως. Ἄρα τὸ πρῖσμα ἔχει διαφορητικὸν δείκτην διαθλάσεως δι' ἐκάστην ἀκτινοβολίαν. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ὁ δείκτης διαθλάσεως, ἔπεται ὅτι οἱ δείκται διαθλάσεως τοῦ πρίσματος διὰ τὰς διαφόρους ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος βαίνουν αὐξανόμενοι καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐρυθρὰν πρὸς τὴν ἰώδη ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος.

Ὁ Νεύτων, στηριζόμενος εἰς τὰς ἀνωτέρω παρατηρήσεις, ἐξήγησε τὸν σχηματισμὸν τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός ὡς ἐξῆς: Μία δέσμη λευκοῦ φωτός ἀποτελεῖται ἀπὸ πλῆθος ἀκτινοβολιῶν. Αὗται προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ πρίσματος ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως. Αἱ ἀκτινοβολίαι διαθλῶνται ὑπὸ τοῦ πρίσματος καὶ τότε εἰς ἐκάστην ἀκτινοβολίαν ἀντιστοιχεῖ διαφορητικὴ γωνία ἐκτροπῆς, διότι ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ πρίσματος εἶναι διαφορητικὸς δι' ἐκάστην ἀκτινοβολίαν.

Τὸ φάσμα, τὸ ὁποῖον ἐξητάσαμεν ἀνωτέρω, καλεῖται ὁ ρ α τ ὲ ν φ ἄ σ μ α, διότι ἔλαι αἱ ἀκτινοβολίαι του εἶναι ὄραται.

75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Εἰς τὸ διάφραγμα Δ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ φάσμα, ἀνοίγομεν μικρὰν ὀπὴν Ο (σχ. 88) καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς μία ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κίτρινη. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη προσπίπτει ἔπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Π₂. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρῖσμα Π₂ προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀκτινοβολίας, ὄχι ὅμως περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς. Ὡστε:



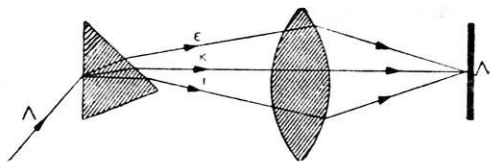
Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ

ἀκτινοβολίας, ὄχι ὅμως περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς. Ὡστε:

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

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

Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντροῦμεναι δίδουν λευκὸν φῶς.



Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός

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

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

77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Δι' ἑνὸς πρῖσματος ἀναλύομεν μίαν λεπτὴν δέσμην ἀκτίνων ἡλιακοῦ φωτός. Τότε λαμβάνομεν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὀρισμέναις θέσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὑπάρχουν σκοτεινὰ ἰσχυρὰ γράμματα. Αἱ γραμμὴ αὗται καλοῦνται **γραμμὰί τοῦ Fraunhofer** καὶ ζωηρότεροι ἐξ αὐτῶν χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 90). Αἱ σκοτεινὰ γραμμὰί τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος φανερόνουν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι πλῆρες λευκὸν φῶς, διότι ἐλλείπουν ἐξ αὐτοῦ μερικαὶ ἀκτινοβολίαι. Ὡστε :

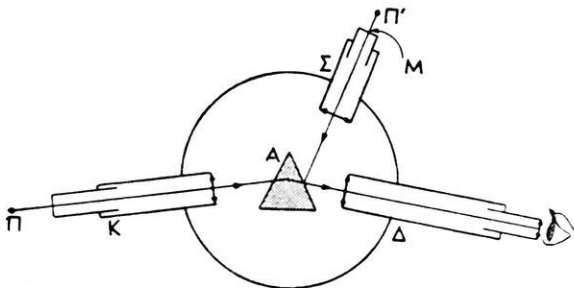


Σχ. 90. Αἱ σκοτεινὰ γραμμὰί τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος

Φηφιολοιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Ἐκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς δὲν εἶναι συνεχές, διότι ἔλλείπουν ἐξ αὐτοῦ ὠρισμένα ἀκτινοβολαί.

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



Σχ. 91. Σχηματικὴ παράστασις φασματοσκοπίου

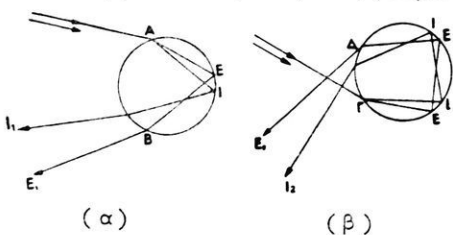
ροι φωτειναὶ πηγὰί. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν πρίσμα A , τοῦ ὁποῖου ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακόρυφος (σχ. 91). Τὸ πρίσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ ὀριζοντίου κύκλου. Πέριξ τοῦ πρίσματος δύνανται νὰ μετακινουῦνται ὀριζοντίως τρεῖς σωλῆνες. Ὁ **κατευθυντήρ** K φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον του φέρει λεπτὴν σχισμὴν παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Ἡ σχισμὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν Π , τῆς ὁποίας τὸ φῶς θέλομεν νὰ ἀναλύσωμεν.

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

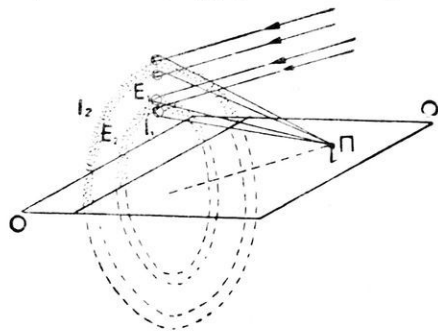
79. Ουράνιον τόξον. Τὸ οὐράνιον τόξον εἶναι μέγα φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται, ὅταν ἔμπροσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχη ἓν τεῖχος σταγόνων βροχῆς καὶ ὀπισθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχει ἀκάλυπτος ἀπὸ νέφη ὁ Ἥλιος. Ἄς θεωρήσωμεν μίαν σφαιρικὴν σταγόνα ὕδατος, εἰς τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας προσπίπτει μία ἀκτὶς ἡλιακοῦ φωτός (σχ. 92α). Ἡ ἀκτὶς αὕτη διαθλάται καὶ εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς σταγόνος.

Κατ' αὐτὴν ὁμῶς τὴν διάθλασιν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός, αἱ δὲ ἰώδεις ἀκτίνες ἐκτρέπονται περισσότερον ἀπὸ τὰς ἐρυθρὰς ἀκτίνες. Αἱ ἀκτίνες ἐκάστου χρώματος τοῦ φάσματος φθάνουν εἰς τὴν ἀπέναντι ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος, ὅπου μέρος μὲν τοῦ φωτός, διαθλώμενον ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα (δὲν φαίνεται τοῦτο εἰς τὸ σχῆμα), μέρος δὲ τοῦ φωτός ὑφίσταται ἀνάκλασιν καὶ διαδιδόμενον πάλιν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ φθάνει εἰς τὴν ἔμπροσθίαν ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος.

Ἐκεῖ αἱ ἀκτίνες ὑφίστανται νέαν διάνκλασιν καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα. Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα, αἱ ἐρυθρὰ ἀκτίνες E_1 , αἱ ὁποῖαι εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, φαίνονται προσερχόμεναι ἀπὸ σημεῖα εὐρισκόμενα ὑψηλότερον παρὰ τὰ σημεῖα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα φαίνονται προσερχόμεναι αἱ ἰώδεις ἀκτίνες I_1 . Οὕτως εἰς τὸ πρῶτον οὐράνιον τόξον τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἰώδους (σχ. 93). Μερικαὶ ὁμῶς ἐκ τῶν παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτίνων προσπίπτουν εἰς τὸ κάτω μέρος τῶν σταγόνων (σχ. 92β). Τότε τὸ ἡλιακὸν φῶς ὑφίσταται ἀρχικῶς διάνκλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις, ἔπειτα ὑφίσταται δύο ἀνάκλασεις



Σχ. 92. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανοῦ τόξου



Σχ. 93. Σχηματισμὸς δύο συγκεντρικῶν οὐρανοῦ τόξων

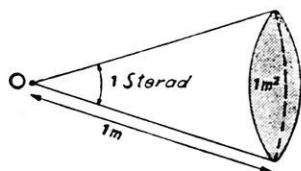
καὶ τέλος διάθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα. Ἐνεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητὴς βλέπει τὸ δευτερεῦον οὐράνιον τόξον, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἰώδες χρῶμα I_2 φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ E_2 (σχ. 93).

Φ Ω Τ Ο Μ Ε Τ Ρ Ι Α

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

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

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



Σχ. 94. Ὅρισμός τῆς μονάδος τῶν στερεῶν γωνιῶν

κτίνιον (1 sterad). Ὡστε :

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

Από τον άνωτέρω όρισμόν προκύπτει ότι ή στερεά γωνία, ή οποία άντιστοιχεί εις όλον τον περίξ του σημείου Ο χώρον, ίσοῦται με 4π στερεακτίνια.

82. Φωτομετρικά μεγέθη. α) **Φωτεινή ροή.** Έκάστη φωτεινή πηγή εκπέμπει κατά δευτερόλεπτον ώρισμένην φωτεινήν ενέργειαν.

Η φωτεινή αύτη ενέργεια διαδίδεται εις τό περίξ τής πηγής διαφανές μέσον, τό όποϊον θεωρούμεν ώς όμογενές και ισότροπον (π.χ. τό κενόν). Οὔτω δυνάμεθα νά θεωρήσωμεν τό φώς ώς μίαν ροήν φωτεινής ενέργειας.

Φωτεινή ροή (ή ρεύμα φωτός) καλεϊται ή φωτεινή ενέργεια ή όποία κατά δευτερόλεπτον διέρχεται διά μιās επιφανείας.

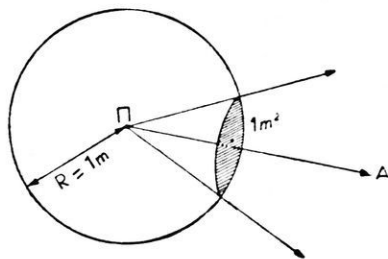
β) **Ένταση φωτεινής πηγής.** Άς θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινήν πηγήν Π, ή οποία εύρίσκεται εις τό κέντρον σφαιρας ακτίνας 1 m (σχ. 95). Κατά μίαν διεύθυνσιν ΠΑ ή φωτεινή πηγή εκπέμπει κατά δευτερόλεπτον και κατά μονάδα στερεάς γωνίας ώρισμένην φωτεινήν ενέργειαν.

Ένταση φωτεινής πηγής καλεϊται ή φωτεινή ροή, την όποιαν εκπέμπει ή φωτεινή πηγή κατά μονάδα στερεάς γωνίας.

Έάν ή φωτεινή πηγή εκπέμπη φωτεινήν ροήν Φ, ή οποία περιέχεται έντός στερεάς γωνίας ω, τότε συμφώνως προς τον άνωτέρω όρισμόν έχομεν :

$$\text{ένταση φωτεινής πηγής: } I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (1)$$

Έστω ότι μία σημειώδης φωτεινή πηγή εκπέμπει όμοιομόρφως φωτεινήν ενέργειαν καθ' όλας τās διευθύνσεις. Εις την περίπτωσιν αύτην είναι εύκολον νά εύρεθῇ ή όλική φωτεινή ενέργεια, την όποιαν εκπέμπει κατά δευτερόλεπτον ή φωτεινή πηγή καθ' όλας τās διευθύνσεις, ήτοι ή όλική φωτεινή ροή τής πηγής. Όστε :



Σχ. 95. Όρισμός τής μονάδος φωτεινής ροής

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

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

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

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

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

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

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

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

Μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς εἶναι τὸ 1 διεθνὲς κηρίον, ἧτοι ἡ ἔντασις μιᾶς ὄρισμένης προτύπου φωτεινῆς πηγῆς.

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

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

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

Μονάς φωτεινῆς ροῆς εἶναι τὸ 1 lumen, ἥτοι ἡ φωτεινὴ ροή, τὴν ὁποῖαν ἐκπέμπει φωτεινὴ πηγὴ ἐντάσεως 1 κηρίου ἐντὸς στερεῆς γωνίας ἴσης μὲ 1 στερακτίκιον.

μονάς φωτεινῆς ροῆς : 1 lumen

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

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

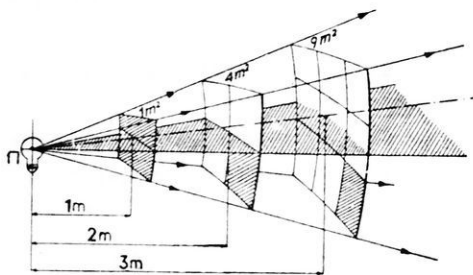
γ) **Μονάς φωτισμοῦ.** Από τον όρισμόν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $E = \frac{\Phi}{\sigma}$, συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας $\sigma = 1 \text{ m}^2$ προσπίπτῃ καθέτως φωτεινὴ ροὴ $\Phi = 1$ lumen, τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι ἴσος μὲ τὴν μονάδα φωτισμοῦ ($E =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

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

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

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω ὅρισμόν τῆς μονάδος φωτισμοῦ ἔπεται ὅτι : φωτισμὸς 1 lux εἶναι ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον ἔχει ἐπιφάνεια ἀπέχουσα 1 m ἀπὸ φωτεινῆς πηγῆς ἐντάσεως 1 κηρίου, ὅταν αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

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

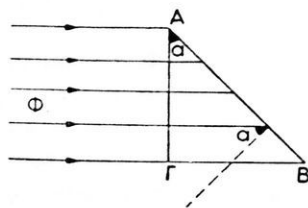


Σχ. 96. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσης προϋποθέτει ὅτι τὸ φῶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας. Ἐστω ὅτι μία δέσμη παραλλήλων



Σχ. 97. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως

φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας $AB = \sigma$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως α (σχ. 97). Ἐὰν E εἶναι ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας, τότε ἐφ' ὅλοκληρου τῆς ἐπιφανείας AB προσπίπτει φωτεινὴ ροὴ $\Phi = E \cdot \sigma$. Ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας $AG = \sigma'$ προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν

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

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

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

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

Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν

της φωτεινής πηγής, αντίστροφως ανάλογος του τετραγώνου της απόστασεως της επιφανείας από την πηγήν και ανάλογος προς το συνημίτονον της γωνίας προσπτώσεως.

$$\text{φωτισμός επιφανείας: } E = \frac{I}{R^2} \cdot \sigma \nu \alpha$$

Εάν αἱ ἀκτῖνες πρ ο σ π ί π τ ο υ ν κ α θ έ τ ω ς ($\alpha = 0$), τότε ἡ ἐπιφάνεια δέχεται τὸν μέγιστον φωτισμὸν (κ ά θ ε τ ο ς φ ω τ ι σ μ ό ς):

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

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α : Μία ὀριζοντία ὁδὸς φωτίζεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἐντάσεως 500 κηρίων. Ὁ λαμπτήρ εὐρίσκεται εἰς ὕψος 5 m ἄνωθεν τῆς ὁδοῦ. Ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ λαμπτήρος εἶναι:

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

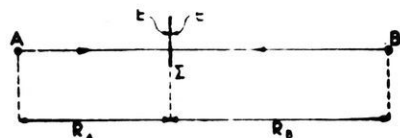
Εἰς ἀπόστασιν 5 m ἀπὸ τὴν κατακόρυφον, τὴν διερχομένην διὰ τοῦ λαμπτήρος, ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ εἶναι:

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

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσηις ἀποτελεῖ τὴν ἐξίσωσιν τῆς φωτομετρίας καὶ φανερώνει ὅτι:



Σχ. 98. Σύγκρισις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν

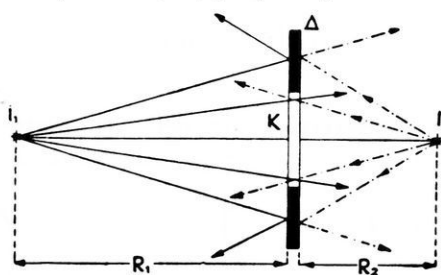
Όταν δύο φωτεινά πηγαι φωτίζουν εξ ίσου μίαν επιφάνειαν, αι έντάσεις τών φωτεινών πηγών είναι ανάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τών ἀποστάσεων τών πηγών τούτων ἀπὸ τὴν ἐξ ίσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

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

Ἐάν ἡ έντασις τῆς πηγῆς Α εἶναι $I_A = 30$ κηρία, αἱ δὲ δύο φωτεινά πηγαι φωτίζουν ἐξ ίσου τὴν ἐπιφάνειαν Σ ἐξ ἀποστάσεως $R_A = 2$ m καὶ $R_B = 4$ m, τότε ἡ έντασις τῆς πηγῆς Β εἶναι :

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

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



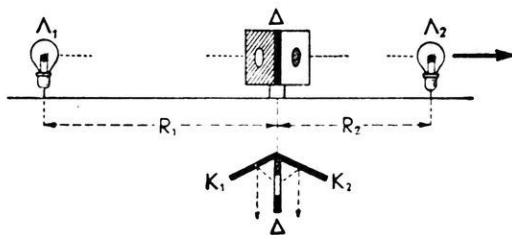
Σχ. 99. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen

μετρον Bunsen ἀποτελεῖται ἀπὸ λευκὸν φύλλον χάρτου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὑπάρχει κυκλικὴ κηλὶς παραχθεῖσα ἀπὸ μίαν λιπαρὰν οὐσίαν. Ἡ κηλὶς εἶναι περισσοτέρον διαφανῆς ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπον μέρος τοῦ χάρτου. Τὸ διάφραγμα Δ μετὴν κηλῖδα Κ τοποθετεῖται μεταξύ τῶν

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

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

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



Σχ. 100. Διάγραμμα φωτομέτρου τοῦ Bunsen

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

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

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

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

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

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

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

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

"Ὡστε μόνον τὰ 0,10 τῆς δαπανωμένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπονται εἰς φωτεινὴν ἐνεργείαν. Γενικῶς ἡ ἀπόδοσις τῶν συνήθων φωτεινῶν πηγῶν εἶναι πολὺ μικρά.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

63. Πόσην ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχη μία φωτεινὴ πηγὴ, ὥστε, ὅταν φωτίζη καθέτως ἐπιφάνειαν εὐρισκομένην εἰς ἀπόστασιν 6 m, νὰ προκαλῆ φωτισμὸν 20 lux ;

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

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

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

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

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

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

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

Τ Ο Φ Ω Σ Ω Σ Κ Υ Μ Α Ν Σ Ε Ι Σ

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

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

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

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

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

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

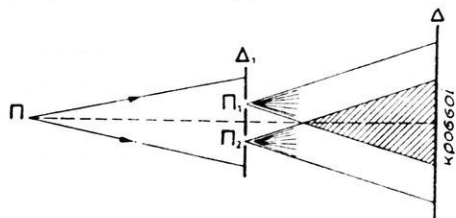
I. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις **διαδιδόμεναι** διὰ μέσου τοῦ αἰθέρος καὶ ἐρμηνεύει πολὺ περισσότερα ὀπτικά φαινόμενα ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

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

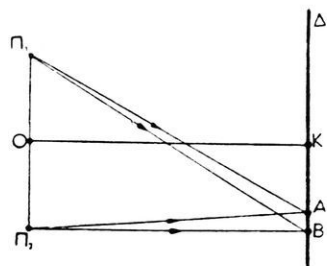
Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε, διότι ἐπεβεβαιώθη πλήρως ὑπὸ τοῦ πειράματος. Ἡ **ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία** τοῦ Maxwell (τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν) μᾶς ἀπαλλάσσει ἀπὸ τὴν ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν τὴν ὕπαρξιν τοῦ αἰθέρος, ἀλλὰ δὲν καταργεῖ τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις. Εἰς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

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

χρονοι φωτειναι πηγαι, δηλαδη ειναι δυο συγχρονα κεντρα παραγωγης φωτεινων κυμανσεων. Αι κυμανσεις αυται φθανουν εις το διαφραγμα Δ, οπου συμβαλλουν και ουτω



Σχ. 101. Παραγωγή φαινομένου συμβολής του φωτός



Σχ. 102. Ο σχηματισμός φωτεινού ή σκοτεινού κροσσοῦ εξαρτάται από την διαφορά δρόμου των δύο ακτίνων

παράγονται **κροσσοί συμβολής**. Είς

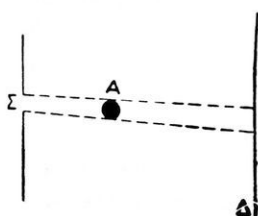
όσα σημεία, όπως π.χ. εις τὸ σημείον Α (σχ. 102), ἡ διαφορά δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση με ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεία αὐτὰ παράγονται **φωτεινοὶ κροσσοί**

($\Pi_1A - \Pi_2A = 2\nu \cdot \frac{\lambda}{2}$). Ἀντιθέτως εἰς ὅσα σημεία, όπως π.χ. τὸ Β,

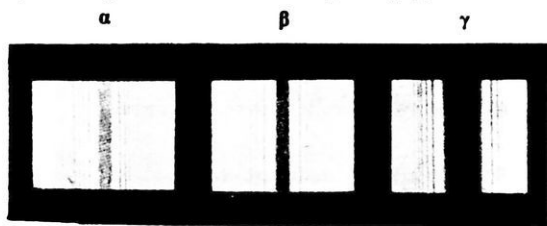
ἡ διαφορά δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση με περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεία αὐτὰ παράγονται **σκοτεινοὶ κροσσοί**

[$\Pi_1B - \Pi_2B = (2\nu + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$]

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



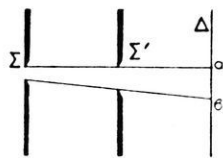
Σχ. 103. Φαινόμενα παραθλάσεως διὰ μικροῦ διαφράγματος (Α)



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

νων καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν Σ τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτόν

σύρμα. 'Επί τοῦ διαφράγματος Δ δὲν σχηματίζεται σαφῶς ἡ σκιά τοῦ ἀδιαφανοῦς σώματος, ὅπως προβλέπει ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός (§ 2), ἀλλὰ σύστημα φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν κροσσῶν (σχ. 104). Εἰς τὸ μέσον μάλιστα τῆς γεωμετρικῆς σκιάς εἶναι δυνατόν νὰ ὑπάρχῃ φωτεινὸς κροσσός. "Εμπροσθεν τῆς σχισμῆς Σ φέρομεν ἄλλην σχισμὴν Σ' (σχ. 105), ἡ ὁποία εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ . Τὸ ἄνοιγμα τῆς σχισμῆς Σ' εἶναι πολὺ μικρόν. 'Επί τοῦ διαφράγματος Δ σχηματίζεται



Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτῆς σχισμῆς

τότε μία στενὴ φωτεινὴ ράβδωσις καὶ ἐκατέρωθεν αὐτῆς σκοτεινὰ καὶ φωτεινὰ ραβδώσεις. Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον καλεῖται **παράθλασις** τοῦ φωτός καὶ δεικνύει ὅτι ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν ἰσχύει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ πολὺ μικρῶν ἀντικειμένων ἢ διέρχεται διὰ πολὺ μικρῶν ὀπῶν. Ἡ παράθλασις τοῦ φωτός ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι κάθε σημεῖον τῆς σχισμῆς γίνεται κέντρον φωτεινῶν κυμάνσεων, αἱ ὁποῖαι φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα καὶ συμβάλλουσαι παράγουν φωτεινοὺς καὶ σκοτεινοὺς κροσσούς. "Ωστε :

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

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

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

II. Τὰ μῆκη κύματος τῶν ὄρατῶν ἀκτινοβολιῶν περιλαμβάνονται μεταξύ 0,8 μ καὶ 0,4 μ.

ὄρατα ἀκτινοβολία : 0,8 μ — 0,4 μ = 8 000 Å — 4 000 Å

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

δυνάμεθα νά εὑρωμεν τήν συχνότητα ν μιᾶς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας, ὅταν γνωρίζωμεν τὸ μήκος κύματος λ .

Οὕτως εὐρίσκομεν :

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

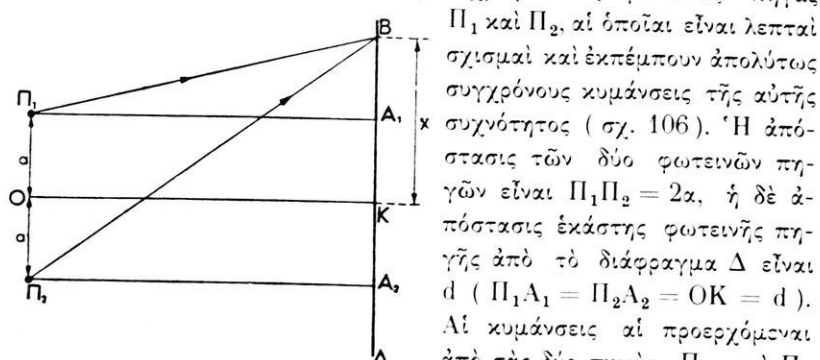
$$\text{ἄρα} \quad \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{0,8 \cdot 10^{-4}} = 375 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

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

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

* Παράδειγμα ὑπολογισμοῦ τοῦ μήκους τοῦ κύματος τοῦ φωτός.

Ἐς θεωρήσωμεν δύο γειτονικὰς μονοχρωματικὰς φωτεινὰς πηγὰς



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

διάφραγματος παράγονται κροσσοὶ συμβολῆς, ἧτοι διαδοχικαὶ φωτειναὶ καὶ σκοτεινὰι ταινίαι (σχ. 107). Εἰς τὸ σημεῖον K σχηματίζεται ὁ κεντρικὸς φωτεινὸς κροσσός, διότι οἱ δρόμοι Π₁K καὶ Π₂K εἶναι ἴσοι καὶ ἐπομένως αἱ δύο κυμάνσεις φθάνουν εἰς τὸ K με διαφορὰν φάσεως μηδέν. Φωτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται ἐπίσης εἰς ὅσα σημεῖα ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ δρόμου (δ)

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

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

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

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

Ἄς ὑπολογίσωμεν τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων. Ἀπὸ τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα $\Pi_2 A_2 B$ καὶ $\Pi_1 A_1 B$ εὐρίσκομεν 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 :

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

Ἀφαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

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

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

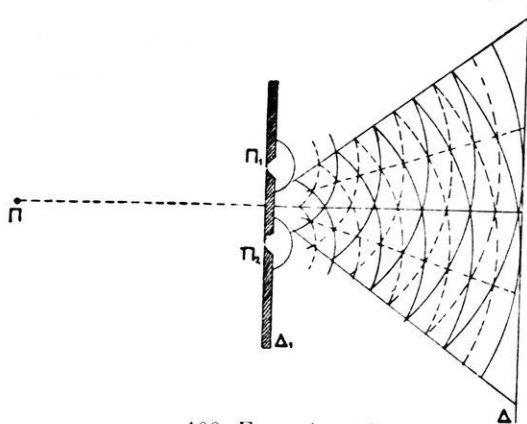
$$2d \cdot \delta = 4\alpha \cdot x \quad (3)$$

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

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

Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν κροσσῶν συμβολῆς εἶναι αἱ **σχισμαὶ τοῦ Young**. Μία λεπτή 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 απόστασις μεταξύ τῶν Π_1 καὶ Π_2 εἶναι πολὺ μικρὰ (τῆς τά-

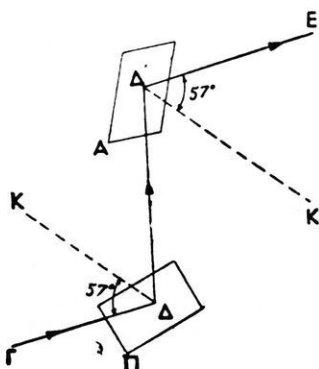


108. Σχισμαὶ τοῦ Young

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

ξεως τοῦ χιλιοστομέ-
τρου). Αἱ δύο σχισμαὶ
 Π_1 καὶ Π_2 εἶναι τότε
δύο σύγχρονοι φωτειναὶ
πηγαί. Ἐὰν π.χ. εἶναι
 $\Pi_1\Pi_2 = 2 \text{ mm}$, $d = 100$
cm, ἢ δὲ ἀπόστασις τοῦ
πέμπτου φωτεινοῦ κροσ-
σοῦ ($\nu = 5$) ἀπὸ τὸν
κεντρικὸν φωτεινὸν κροσ-
σὸν εἶναι $x = 1,7 \text{ mm}$,
τότε τὸ μῆκος κύματος
τῆς φωτεινῆς ἀκτινοβο-
λίας εἶναι :

94. Πόλωση τοῦ φωτός. Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ
μίαν φωτεινὴν πηγὴν, καλεῖται **φυσικὸν φῶς**, ὅταν δὲν ἔχη ὑποστῆ

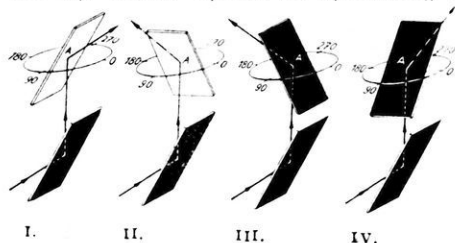


Σχ. 109. Πόλωση τοῦ φω-
τός ἐξ ἀνακλάσεως

καμίαν ἀνάκλασιν ἢ διάθλασιν. Ἀφήνο-
μεν μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός νὰ προσ-
πέσῃ πλαγίως ἐπὶ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπ-
τρου. Στρέφομεν τὸ κάτοπτρον περὶ τὴν
προσπίπτουσαν ἀκτῖνα ὡς ἄξονα, διατη-
ροῦντες σταθερὰν τὴν γωνίαν προσπτώ-
σεως. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διαγράφει ἐπι-
φάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔν τ α σ ι ς τ ῆ ς
ἀ ν α κ λ ω μ ἔ ν η ς ἀ κ τ ῖ ν ο ς δ ἔ ν μ ε -
τ α β ἄ λ λ ε τ α ι. Χρησιμοποιοῦμεν τώρα
ὡς κάτοπτρον μίαν ὑαλίνην πλάκα Π , τῆς
ὁποίας ἡ ὀπίσθια ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ
μὲ στρώμα αἰθάλης. Ἀφήνομεν νὰ προσ-
πέσῃ ἐπὶ τῆς πλακῆς Π μία ἀκτὶς φυσικοῦ
φωτός $\Gamma\Delta$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 57°

(σχ. 109). Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ δευτέρας ὁμοίας κα-

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



Σχ. 110. Ἐρευνα τῶν ιδιοτήτων τῆς πεπολωμένης ἀκτίνος φωτός

Ἐὰν ἡ ἀκτίς φυσικοῦ φωτός ΓΔ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ πολωτοῦ Π ὑπὸ γωνίαν **διὰφορον** τῆς γωνίας πολώσεως τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς ΔΔ' δὲν δύναται νὰ καταργηθῇ τελείως διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως τῆς ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου Α. Κατὰ μίαν ὀλόκληρον στροφὴν τοῦ ἀναλύτου ἢ ἔντασις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος Δ'Ε λαμβάνει δύο μεγίστας καὶ δύο ἐλαχίστας τιμὰς, ἀλλὰ οὐδέποτε μηδενίζεται. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἀκτίς ΔΔ' εἶναι **μερικῶς πεπολωμένη** Ὡστε :

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

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

Τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιοι κυμάνσεις.

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

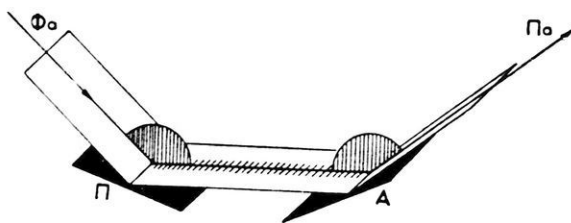
I. Εἰς μίαν ἀκτίνα φυσικοῦ φωτός οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

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

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



Σχ. 111. Κραδασμοὶ εἰς φυσικὴν ἀκτίνα φωτός

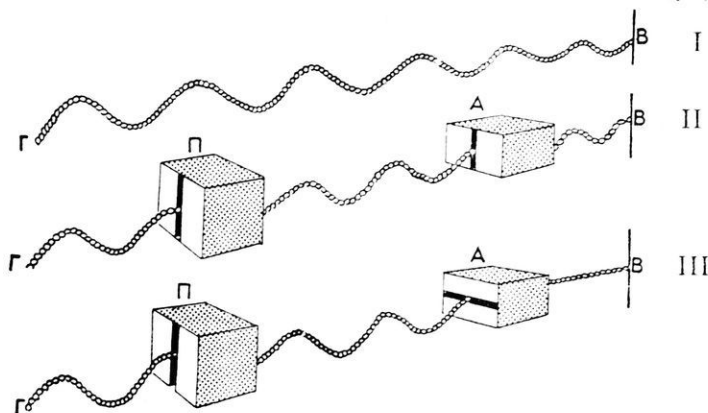


Σχ. 112. Κραδασμοὶ εἰς πεπολωμένην ἐξ ἀνακλάσεως ἀκτίνα φωτός

Τὸ ἀκόλουθον πείραμα ἐρμηνεύει μηχανικῶς τὴν πόλωσησιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος. Τὸ ἄκρον Β ἑνὸς σχοινίου εἶναι μονίμως στερεωμένον, ἐνῶ τὸ ἄλλο ἄκρον Γ τοῦ σχοινίου τὸ ἀναγκάζομεν νὰ ἐκτελῇ παλμικὴν κίνησιν (ἄρμονικὴν ταλάντωσιν). Τότε κατὰ μῆκος τοῦ σχοινίου διαδίδεται μία ἐγκάρσια κύμασις (σχ. 113 I).

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

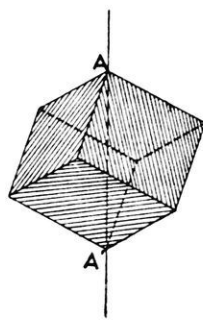
Ἡ πρώτη σχισμὴ Π ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῶν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κυμάνσεις, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμὴν.



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

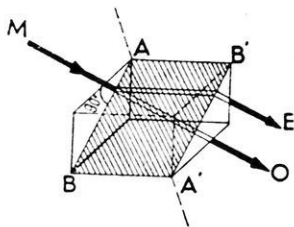
Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν σχισμὴν Α. Ὄταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ὀρι-
σμένη κύμανσις (σχ. 113 II). Ὄταν ὅμως τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι κάθετα, τότε ἡ σχισμὴ Α δὲν ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῇ πέραν αὐτῆς ἡ κύμανσις (σχ. 113 III).

96. Διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός. Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίτου (CaCO_3): εἶναι τελείως διαυγῆς καὶ σχίζεται εὐκόλως δίδουσα ρομβόεδρον, δηλαδὴ στερεὸν τοῦ ὁποίου αἱ ἑξ ἑδραὶ εἶναι ῥόμβοι (σχ. 114). Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος ἀνήκει εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ καθέτως μία φωτεινὴ ἀκτίς, τότε ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἑδραν ἐξέρχονται δύο παράλληλοι φωτειναὶ ἀκτίνες, ἡ Ο καὶ ἡ Ε (σχ. 115). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὅποιον ἐπέρχεται διχασμὸς τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος εἰς δύο διαθλωμένας ἀκτίνας, καλεῖται **διπλῆ διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ δὲ



Σχ. 114. Ὀπτικὸς ἄξων κρυστάλλου

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



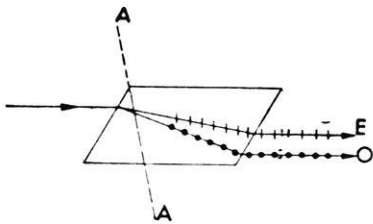
Σχ. 115. Διπλή διάθλασις
τοῦ φωτός

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

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

Ἐὰν μὲ ἓνα ἀναλύτην ἐξετάσωμεν τὴν τακτικὴν καὶ τὴν ἔκτακτον ἀκτίνα, θὰ εὑρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο αὐταὶ ἀκτίνες εἶναι ὀλιγω-

πεπολωμένοι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλωμένοι ἀκτίνες
εἶναι πεπολωμένοι

αὐτὰς ἀκτίνες εἶναι κάθετα μεταξὺ τῶν. Ὑπάρχει ὅμως μία διεύθυνσις AA', κατὰ τὴν ὁποίαν ή προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίς ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ AA' καλεῖται **ὀπτικὸς ἄξων** τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος ή εἶναι παράλληλον πρὸς αὐτόν, καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ κρυστάλλου (ή γραμμωτὴ ἐπιφάνεια ABA'B' εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν λοιπὸν τὰ ἑξῆς :

I. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτίς προσέση ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου οὕτως, ὥστε νὰ μὴ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξωνα, τότε προκύπτουν δύο παράλληλοι διαθλωμένοι ἀκτίνες, ή τακτικὴ καὶ ή ἔκτακτος ἀκτίς.

II. Ἡ τακτικὴ ἀκτίς ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, ἐνῶ ή ἔκτακτος ἀκτίς δὲν τὸν ἀκολουθεῖ.

III. Ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἑκτακτος ἀκτίς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένοι, τὰ δὲ ἐπίπεδα κρδασαμῶν εἶναι κάθετα μεταξύ των.

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

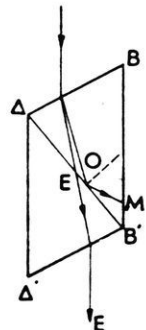
97. Ἑρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός ἀπέδειξαν ὅτι ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἰσότροπα σώματα, τὰ σώματα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

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

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

98. Πολωτικαὶ συσκευαί. Ἐπειδὴ οἱ διπλοθλαστικοὶ κρυστάλλοι δίδουν ὀλικῶς πεπολωμένας ἀκτῖνας, διὰ τοῦτο οἱ κρυστάλλοι οὗτοι χρησιμοποιοῦνται ὡς **πολωτικαὶ συσκευαί**. Τοιαύτη ἀπλή συσκευή εἶναι τὸ πρῖσμα Nicol. Τοῦτο εἶναι κρυστάλλος ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ὁ ὁποῖος ἔχει κοπῆ εἰς δύο (σχ. 117). Τὰ δύο ἡμίση τοῦ κρυστάλλου ἔχουν ἔπειτα συγκολληθῆ με λεπτὸν στρῶμα βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ. Ἡ τακτικὴ ἀκτίς ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ καὶ ἐξαφανίζεται. Οὕτως ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν κρυστάλλον μόνον ἡ ἑκτακτος ἀκτίς, κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὴν προσπίπτουσαν. Ἡ ἐξερχομένη ἑκτακτος ἀκτίς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Ἐν ἄλλο πρῖσμα Nicol δύναται νὰ χρησιμοποιηθῆ ὡς ἀναλύτης (σχ. 118).

Διὰ τὴν εὐκόλον παραγωγὴν πεπολωμένου φωτός χρησιμοποιεῖται



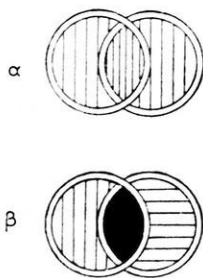
Σχ. 117. Ἀπὸ τὸ πρῖσμα Nicol ἐξέρχεται μόνον ἡ ἑκτακτος ἀκτίς

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



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

ἐνώσεως τῆς κινίης (ἐ ρ α θ ί τ η ς). Ἐκαστος τοιοῦτος κρύσταλλος συμπεριφέρεται ὅπως ἐν πρίσμα Nicol, δηλαδὴ ἀπορροφᾷ τὴν μίαν ἀκτίνα καὶ ἀφήνει νὰ διέλθῃ μόνον ἡ ἄλλη ἀκτίς, ἡ ὁποία εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι ἀπλώνονται οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες



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

των νὰ εἶναι παράλληλοι. Τὸ πολωτικὸν σῶμα τοποθετεῖται μεταξὺ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν ἢ διατάξεις αὐτὴ ἀποτελεῖ **πολωτὴν**. Μία ἄλλη ὁμοία διάταξις δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς **ἀναλύτης**. Εἰς τὴν θέσιν διασταυρώσεως ἐπέρχεται κατάργησις τοῦ διερχομένου φωτός (σχ. 119). Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτως οἱ φανοὶ τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἡ ὑαλινὴ πλάξ, διὰ μέσου τῆς ὁποίας βλέπει ὁ ὀδηγός, φέρουν πολωτικὸν σῶμα (πολωτὴς), τοῦ ὁποίου ὁ ἄξων σχηματίζει γωνίαν $\alpha = 45^\circ$ μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Εἰς ὅλα τὰ αὐτοκίνητα ἡ γωνία α εἶναι ἡ ἴδια καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν. Κατὰ τὴν διασταύρωσιν δύο ἀντιθέτως κινουμένων αὐτοκινήτων ἡ ἐμπροσθεν τοῦ ὀδηγοῦ ὑαλινὴ πλάξ λειτουργεῖ ὡς ἀναλύτης διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου καὶ δὲν ἀφήνει νὰ διέλθῃ διὰ τῆς πλακῶς τὸ φῶς τοῦτο· διότι οἱ ἄξονες πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι κάθετοι. Οὕτως ἀποφεύγεται ἡ ἐνόησις ἐκάστου ὀδηγοῦ ἀπὸ τὸ φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου.

Π Ρ Ο Β Η Μ Α Τ Α

71. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι 6438 \AA . Πόσον

είναι το μήκος κύματος της ακτινοβολίας αυτής εις την ύαλον, εάν ο δείκτης διαθλάσεως της ύαλου είναι 1,747 :

72. Εις τον άέρα το μήκος κύματος μιᾶς ακτινοβολίας είναι 6000 Å. Πόση είναι ή συχνότης της ακτινοβολίας ταύτης :

73. Διά δύο είδη ύαλου ο δείκτης διαθλάσεως αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν άέρα είναι ἀντιστοίχως 1,4 καὶ 1,6 διὰ μίαν ὠρισμένην ακτινοβολίαν. Πόσος είναι ὁ λόγος τῶν ταχυτήτων διαδόσεως της ακτινοβολίας αὐτῆς εις τὰ δύο είδη της ύαλου ;

74. Μία ακτινοβολία έχει εις τον άέρα μήκος κύματος 5000 Å. Νά μετρηθῆ εις μήκη κύματος της ακτινοβολίας ταύτης 1 cm άέρος καὶ 1 cm ύαλου, της ὁποίας ὁ δείκτης διαθλάσεως είναι 3/2.

75. Μία φωτεινὴ ακτινοβολία έχει εις τον άέρα μήκος κύματος $\lambda = 0,6 \mu$. Νά εὐρεθῆ ή συχνότης της ακτινοβολίας ταύτης, ἂν ή ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ άέρος είναι 300 000 km/sec. Πόσον γίνεται τὸ μήκος κύματος της ακτινοβολίας ταύτης ἐντὸς τοῦ ύδατος, ἂν ἐντὸς αὐτοῦ ή ταχύτης τοῦ φωτός είναι 225 000 km/sec :

76. Δύο εὐθύγραμμοι φωτειναὶ πηγαὶ Α καὶ Β, παράλληλοι μεταξὺ των, ἀπέχουν ή μία ἀπὸ τὴν ἄλλην 1 mm. Ἐπὶ πετάσματος Π, τὸ ὁποῖον είναι παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο πηγῶν, παρατηροῦμεν τοὺς κροσσούς συμβολῆς τοῦ φωτός τῶν δύο πηγῶν. Ἡ ἀπόστασις τοῦ πετάσματος ἀπὸ τὸ ἐπίπεδον τῶν φωτεινῶν πηγῶν είναι 1 m. Αἱ δύο πηγαὶ ἐκπέμπουν μονόχρουν φῶς, ἔχον μήκος κύματος $\lambda = 0,47 \mu$. Νά εὐρεθῆ εις πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κεντρικὸν κροσσὸν εὐρίσκειται ὁ ἕνατος σκοτεινὸς κροσσός.

ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Α' ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. Φάσματα έκπομπῆς. Ἡ ἔρευνα τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαί, γίνεται μετὰ τὸ φασματοσκόπιον (σχ. 91). Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἓν διάπυρον στερεὸν ἢ ὑγρὸν σῶμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἓν συνεχές φάσμα, δηλαδή μίαν συνεχῆ σειράν ακτινοβολιῶν χωρὶς καμμίαν διακοπήν. Γοιούτον φάσμα δίδουν π.χ. τὸ διάπυρον σύρμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τὸ ἠλεκτρικὸν τόξον, ή φλόξ ἐνός κηρίου, τὰ διάπυρα μέταλλα κ.ἄ. Διὰ νὰ λάβωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν οἱ διάπυροὶ ἀτμοὶ τῶν μετάλλων, εἰσάγωμεν ἐντὸς της φλογός τοῦ λύχνου Bunsen ἢ ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ τόξου, μικρὸν τεμάχιον ἐνός ἄλατος τοῦ μετάλλου τούτου. Τέλος τὰ εις τὴν συνήθη θερμοκρασίαν άέρια (π.χ. ὑδρογόνον, ὀξυγόνον, ἄζωτον κ.ἄ.) τὰ ἀναγκάζομεν νὰ γίνουν φωτει-

ναί πηγαι δια τοῦ σωλῆνος τοῦ Geissler (σχ. 120). Ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος ὑπάρχει τὸ πρὸς ἐξέτασιν ἀέριον ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν. Ὅταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος παράγονται ἤλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις, τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ καὶ ἰδίως ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει εἰς τὸ στενότερον τμήμα τοῦ σωλῆνος. Ἐάν λοιπὸν ἐξετάσωμεν



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

τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει διὰ πύρον ἀέριον ἢ ἀτμός, θὰ παρατηρήσωμεν ἐν **ἀσυνεχῆς φάσμα**, δηλαδὴ ὠρισμένας μόνον φωτεινὰς γραμμὰς. Ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ φωτοβολούντος ἀερίου. Οὕτως τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας μόνον γραμμὰς. Αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὰ ἐξῆς μήκη κύματος :

0,656 μ, 0,486 μ, 0,434 μ, 0,410 μ.

Οἱ διάπυροι ἀτμοὶ τοῦ νατρίου δίδουν φάσμα ἀποτελούμενον ἀπὸ δύο κιτρίνας γραμμὰς, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἢ μία πολὺ πλησίον τῆς ἄλλης. Ἀπὸ τὴν ἔρευναν λοιπὸν τῶν φασμάτων συνάγονται τὰ ἀκόλουθα διὰ τὰ φάσματα ἐκπομπῆς :

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

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

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

Τὰ διάπυρα ἀέρια ὑπὸ πολὺ μεγάλας πίεσεις ἐκπέμπουν φῶς, τὸ ὁποῖον δίδει φάσμα συνεχῆς.

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

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

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

101. Φάσματα ἀπορροφήσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν. Δι' ἠλεκτρικοῦ τόξου παράγομεν ἐν συνεχές φάσμα. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου φέρομεν μὴ φωτεινὴν φλόγα φωταερίου. Εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτῆς τεμάχιον ἄλατος τοῦ νατρίου, ὅποτε ἡ φλόξ ἀποκτᾷ τὸ ζωηρὸν κίτρινον χρῶμα τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὸ συνεχές φάσμα ἐμφανίζονται δύο λεπταὶ σ κ ο τ ε ι ν α ἰ γ ρ α μ μ α ἰ εἰς τὴν ἰδίαν ἀκριβῶς θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἐσχηματίζοντο προηγουμένως αἱ δύο χαρακτηριστικαὶ κίτριναι γραμμαὶ τῶν διαπύρων ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντιστροφή τῶν γραμμῶν τοῦ φάσματος** καὶ εἶναι γενικόν :

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

102. Τὸ ἡλιακὸν φάσμα. Διὰ τοῦ φασματοσκοπίου λαμβάνομεν τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν συνεχές φάσμα, εἰς τὸ ὁποῖον ὅμως ὑπάρχει μεγάλος ἀριθμὸς σ κ ο τ ε ι ν ῶ ν γ ρ α μ μ ῶ ν. Ὡστε τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν **φάσμα ἀπορροφήσεως**. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ἡλιακὸν φῶς. Μερικαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινάς γραμμάς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι ζωηρότεραι, ὅταν ὁ Ἡλιος εὐρίσκεται εἰς τὸν ὀρίζοντα, καὶ ἐξασθενοῦν ἐφ' ὅσον ὁ Ἡλιος πλησιάζει πρὸς τὸ Zenith. Ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τῶν σκοτεινῶν τούτων γραμμῶν φανερώνει ὅτι αὐταὶ

οφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὀρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ὑπὸ τῆς γηίνης ἀτμοσφαιρας. Αἱ ἴδιαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτός ἐνὸς φάρου, εὐρισκομένου εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν. Αἱ περισσότεραι ὁμως σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθερὰν τὴν ἔντασίν των, ἀνεξαρτήτως τῆς τροχιάς τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς γηίνης ἀτμοσφαιρας. Ἡ ἀπορρόφησις τῶν ἀντιστοίχων ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ Ἡλίου. Πολλαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινάς γραμμάς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος κατέχουν ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δίδουν ὀρισμένα διάπυρα ἀέρια. Οὕτω π.χ. εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα ὑπάρχει μία διπλῆ σκοτεινὴ γραμμὴ, καταλαμβάνουσα ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῆς διπλῆς κιτρίνης γραμμῆς τοῦ νατρίου.

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

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

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

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

104. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων.

Εἰς τὴν φασματοσκοπικὴν ἀνάλυσιν στηρίζεται ἡ Ἀστροφυσικὴ, ἡ ὁποία ἐξετάζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τῶν ἀστέρων. Ἡ τοιαύτη ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ φῶς τῶν π λ α ν η τ ὠ ν καὶ τῆς Σ ε λ ῆ ν η ς δίδει φάσμα ὅμοιον πρὸς τὸ ἡλιακὸν φάσμα. Οἱ ἀ π λ α ν ε ῖ ς ἀ σ τ ἔ ρ ε ς ἀναλόγως τοῦ φάσματός των, κατατάσσονται εἰς ὠρισμένον ἀριθμὸν τύπων ἀστέρων (φασματικοὶ τύποι). Μεταξὺ τούτων διακρίνονται αἱ ἀκόλουθοι κατηγορίαι ἀπλανῶν : Οἱ λευκοὶ καὶ κυανόλευκοι ἀστέρες, τῶν ὁποίων τὸ φάσμα ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ τὰς γραμμὰς τοῦ ἡλίου καὶ τοῦ ὕδρογόνου. Οἱ κίτρινοι ἀστέρες ἀνάλογοι πρὸς τὸν Ἥλιον, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν αἱ γραμμαὶ τῶν μετάλλων. Οἱ ἐρυθροκίτρινοι ἀστέρες, τῶν ὁποίων τὸ φάσμα παρουσιάζει χαρακτηριστικὰς ταινίας· αἱ ταινίαι φανερόνουν ὅτι ἐπὶ τῶν ἀστέρων τούτων ὑπάρχουν χημικαὶ ἐνώσεις. Οἱ ἐρυθροὶ ἀστέρες, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν αἱ χαρακτηριστικαὶ ταινίαι τοῦ ἀνθρακος. Οἱ ἐκτὸς τοῦ Γαλαξίου εὐρισκόμενοι σ π ε ῖ ρ ο ε ἰ δ ε ῖ ς ν ε φ ε λ ο ε ἰ δ ε ῖ ς δίδουν συνεχὲς φάσμα, τὸ ὁποῖον διακόπτεται ἀπὸ μερικὰς σκοτεινὰς γραμμὰς (κυρίως τοῦ ἀβσετίου, τὰς δύο γραμμὰς τοῦ ὕδρογόνου καὶ μερικὰς γραμμὰς ἀτμῶν μετάλλων). Ἡ μέτρησις τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς τὰς διαφόρους γραμμὰς ἀπέδειξεν ὅτι τὸ σ ύ μ π α ν δ ι α σ τ ἔ λ λ ε τ α ἰ α ὑ τ ο μ ᾶ τ ω ς. Ἡ θεωρία τῆς σχετικότητος ἀποδίδει τὴν παρατηρουμένην δ ι α σ τ ο λ ῆ ν τ ο ῦ σ ύ μ π α ν τ ο ς

εις ἓν εἶδος διαστολῆς τοῦ χώρου, ὁ ὁποῖος ἐξογκώνεται ὅπως μία φουσαλὶς σάπωνος.

Ἡ φασματοσκοπικὴ ἐξέτασις τῶν ἀστέρων ἀπέδειξεν ὅτι :

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

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

Β. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

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

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

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

II. Αἱ υπέρυθροι ακτινοβολίαι ἐξασκοῦν θερμικὰς δράσεις.

106. Ἀπορρόφησης τῶν υπέρυθρων ακτινοβολιῶν. Ἡ ὕαλος, ὁ χαλαζίας, τὸ ὕδωρ ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς υπέρυθρους ακτινοβολίας. Ἀντιθέτως τὸ ὀρυκτὸν γλωριούχον νάτριον εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανὲς διὰ τὰς υπέρυθρους ακτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδῆν τῶν υπέρυθρων ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ ὀρυκτὸν γλωριούχον νάτριον. Εἰς τὸ υπέρυθρον τμήμα τοῦ φάσματος εὐρίσκομεν θέσεις, εἰς τὰς ὁποίας δὲν παρατηρεῖται καμμία θερμικὴ δράσις. Εἰς τὰς θέσεις αὐτάς δὲν ὑπάρχουν υπέρυθροι ακτινοβολίαι, ἤτοι εἶναι σ κ ο τ ε ι ν α ἰ γ ρ α μ μ α ἰ τοῦ θερμικοῦ φάσματος καὶ ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησην ὠρισμένων υπέρυθρων ακτινοβολιῶν.

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

τῶν ὀρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Κατὰ διαφόρους τρόπους κατωρθώθη νὰ ἀπομονωθοῦν καὶ νὰ μελετηθοῦν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0,4 μ καὶ 0,1 μ. Εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα εὐρίσκουμεν ἐπίσης ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ὅλαι αἱ πηγαὶ λευκοῦ φωτὸς ἐκπέμπουν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Αὗται εἶναι τόσον περισσότεραι ὅσον ὑψηλότερα εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Οὕτω τὸ φῶς τοῦ ἠλεκτρικοῦ τόξου εἶναι πολὺ πλουσιώτερον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτίνες ἀπὸ τὸ φῶς τῆς φλογὸς κηρίου.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν (§ 109) πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἐπίσης ἐξασκοῦν ἐντόνους βιολογικὰς δράσεις. Οὕτως αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὰ φαινόμενα τῆς ἠλιάσεως κατὰ τὸ θέρος· φονεύουν τὰ μικροβία καὶ διὰ τοῦτο εἰς τὰς ἀκτινοβολίας αὐτὰς ἀποδίδεται ἡ μικροβιοκτόνος ἐνέργεια τοῦ ἥλιακοῦ φωτὸς. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες εἶναι ἐπιβλαβεῖς διὰ τὸν ὀφθαλμὸν. Ὡστε :

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

II. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι ἐξασκοῦν χημικὰς δράσεις, ἐπιδρῶν ἐπὶ τῶν ὀργανισμῶν, διεγείρουν τὸν φθορισμὸν καὶ προκαλοῦν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων.

108. Ἀπορρόφησης τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. Ἡ ὕαλος, τὸ ὕδωρ καὶ γενικῶς τὰ περισσότερα ἐκ τῶν διαφανῶν σωμάτων ἀπορροφῶν σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως ὁ χαλαζίας εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανὴς διὰ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ χαλαζιαν. Ὁ ἀήρ ἀπορροφᾷ ἐπίσης τὰς ἀκτινοβολίας ταύτας. Ἐπομένως εἰς μεγαλύτερα ὕψη ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιράς τὸ ἥλιακὸν φῶς εἶναι πλουσιώτερον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτίνες.

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

λυμα, ἀμέσως διακόπτεται καὶ ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτός τούτου. Λέγομεν ὅτι τὸ διάλυμα τῆς θεικῆς κινίνης εἶναι ἐν φθορίζον σῶμα. Ἐκτὸς τῆς θεικῆς κινίνης καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ φθορίζουν (π.χ. ἡ ὕαλος τοῦ οὐρανοῦ, τὸ φθοριοῦχον ἀσβέστιον, ὁ κυανιοῦχος βαριολευκόχρυσος, τὰ πετρέλαια, τὸ διάλυμα ἐσκουλίνης, οἱ ἀτμοὶ τοῦ ἰωδίου, τοῦ νατρίου, τοῦ ὑδραργύρου κ.κ.). Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ φαινομένου τοῦ **φθορισμοῦ** εὐρέθη ὅτι τὸ χρῶμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει τὸ φθορίζον σῶμα διαφέρει ἀπὸ τὸ προσπίπτον ἐπὶ τοῦ σώματος φῶς καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ σώματος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἐξῆς :

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

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

Ἡ ἀνωτέρω ιδιότης τῶν φθορίζόντων σωμάτων μᾶς βοηθεῖ νὰ ἀνακαλύψωμεν τὴν παρουσίαν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. Οὕτως, ἂν εἰς τὸ ὑπεριώδες μέρος τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος θέσωμεν ὕαλον τοῦ οὐρανοῦ, αὕτη ἐκπέμπει πράσινον φῶς. Τὸν φθορισμὸν διεγείρουν ἐπίσης αἱ ἀκτίνες, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ σώματα. Σήμερον γίνεται εὐρεῖα χρῆσις τοῦ φθορισμοῦ εἰς τὸ νέον εἶδος τῶν ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων, οἱ ὅποιοι καλοῦνται **λαμπτήρες φθορισμοῦ**.

110. Φωσφορισμὸς. Καλύπτομεν τὴν μίαν ἐπιφάνειαν διαφράγματος μὲ στρώμα θειοῦχου ψευδαργύρου. Ἐκθέτομεν τὸ στρώμα τοῦτο ἐπ' ὀλίγον χρόνον εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς ἢ εἰς τὸ φῶς μιᾶς ἰσχυρᾶς πηγῆς φωτός καὶ ἔπειτα φέρομεν τὸ διάφραγμα ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ στρώμα τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου ἐκπέμπει ζωηρὸν πρασινωπὸν φῶς· ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτός τούτου διαρκεῖ ἐπὶ μακρὸν χρόνον μετὰ τὴν κατάργησιν τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Λέγομεν ὅτι ὁ θειοῦχος ψευδάργυρος εἶναι ἐν φωσφορίζον σῶμα. Ἐκτὸς τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου ὑπάρχουν καὶ μερικὰ ἄλλα σώματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ φωσφο-

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

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

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

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

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

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

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

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

II. Ἐν διάπυρον σῶμα ἐκπέμπει γενικῶς μείγμα ἀκτινοβολιῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορα μήκη κύματος.

113. Θεωρία τῶν κβάντα. Τὸ φῶς ἐκπέμπεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ὕλην, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα. Ἐκ πρώτης ὄψεως φαίνεται ὅτι ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτινοβολίας συνεχῶς. Ἡ τοιαύτη ὁμως ἀντίληψις δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνευθοῦν θεωρητικῶς ὀρισμένα φαινόμενα. Πλήρη θεωρητικὴν ἐρμηνεῖαν τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀπορροφῆσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τὴν ὕλην δίδει ἡ **θεωρία τῶν κβάντα**, ἡ ὁποία διευτύθη ἀρχικῶς ἀπὸ τὸν Planck (1900) καὶ θεωρεῖται σήμερον ὡς μία ἀπὸ τὰς ὠραιότερας κατακτήσεις τοῦ ἀνθρωπίνου πνεύματος. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὴν ἐνέργειαν ἀσυνεχῶς. Δέχεται δηλαδὴ ἡ θεωρία τῶν κβάντα ὅτι τὸ ἄτομον τῆς ὕλης ἐκπέμπει τὴν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφήν κωκκιδίων ἐνεργείας, τὰ ὁποῖα ὀνομάζει **κβάντα** (quanta). Ἀπὸ τὸ ἄτομον δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα, ἀλλὰ ἐκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμένοι ὁμάδες κυμάτων (κυματοσυρμοί), ἐκάστη τῶν ὁποίων περιχλεῖει ὀρισμένην ποσότητα ἐνεργείας. Ἡ ἐνέργεια q , τὴν ὁποίαν μεταφέρει ἕκαστον ἀπὸ τὰ κβάντα μιᾶς ἀκτινοβολίας συχνότητος ν , εἶναι ἀπολύτως ὀρισμένη καὶ ἴση μὲ :

$$q = h \cdot \nu$$

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

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

να κοκκίδια ἐνεργείας, τὰ κβάντα φωτός ἢ φωτόνια. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας. Οὕτω τὰ φωτόνια τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας μεταφέρουν περισσοτέραν ἐνέργειαν ἀπὸ τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας. Ἡ τοιαύτη ἀντίληψις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός ἀποτελεῖ μίαν σύνθεσιν τῶν δύο παλαιότερων καὶ ἐκ πρώτης ὄψεως τελείως ἀντιθέτων ἀντιλήψεων τοῦ Νεύτωνος καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι :

Τὸ φῶς ἔχει ἀφ' ἐνὸς μὲν τὰς ιδιότητας μιᾶς ἠλεκτρομαγνητικῆς κυμάνσεως, ἀλλὰ συγχρόνως ἔχει καὶ τὰς ιδιότητας μιᾶς σωματιδιακῆς ἀκτινοβολίας, τῆς ὁποίας τὰ σωματίδια (φωτόνια) κινοῦνται μὲ ταχύτητα $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec καὶ μεταφέρουν ἐνέργειαν $q = h \cdot \nu$.

Γ. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων. "Ὅταν τὸ λευκὸν φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε μέρος τοῦ φωτός ἀπορροφᾶται. Ἡ ἀπορρόφησις αὕτῃ ἐξηγεῖ τὸ χρῶμα, τὸ ὁποῖον λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα. Εὐκόλως δυνάμεθα νὰ εὐρωμεν τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὁποίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ἐν σώμα. Πρὸς τοῦτο φωτίζομεν τὸ σῶμα μὲ τὸ λευκὸν φῶς μιᾶς ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ ἐξετάζομεν διὰ τοῦ φασματοσκοπίου τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος ἢ καὶ διέρχεται διὰ μέσου τούτου, ἂν τὸ σῶμα εἶναι διαφανές. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι τὰ διαφανῆ σώματα (ὕαλος, ὕδωρ, χαλαζίας κ.ἄ.), τὰ ὁποῖα φαίνονται ἄχρσα, ἀφήνουν νὰ διέλθουν δι' αὐτῶν ὅλα σχεδὸν αἱ ἀκτινοβολαὶ τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ διαφανῆ σώματα, τὰ ὁποῖα φαίνονται ἐγχρσα (χρωματίζονται ὕαλοι, διαλύματα χρωστικῶν οὐσιῶν κ.ἄ.), ἀπορροφῶν ὠρισμένης ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία ὕαλος φαίνεται πρασίνῃ, διότι δι' αὐτῆς διέρχονται αἱ ἀκτινοβολαὶ τοῦ πρασίνου, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀκτινοβολαὶ ἀπορροφῶνται.

Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα ὀφείλουν τὸ χρῶμα των εἰς τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος. Ἐὰν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ σῶμα φαίνεται μαῦρον. Ἀντιθέτως ἂν ὅλα αἱ ἀκτινοβολαὶ τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός διαχέωνται κατὰ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν,

τότε τὸ σῶμα φαίνεται λευκόν. Τέλος ἂν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὠρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ χρῶμα τοῦ σώματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς διαχεομένας ἀκτινοβολίας. Τὸ χρῶμα ἑνὸς σώματος ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ σώματος φωτός. Οὕτως ἐν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου, ὅταν τεθῆ εἰς τὸ ἐρυθρὸν τμήμα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, φαίνεται ἐρυθρόν· εἰς οἰανδήποτε ὅμως ἄλλην περιοχὴν τοῦ φάσματος φαίνεται μαῦρον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

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

Τὸ αὐτὸ σῶμα δύναται νὰ ἔχῃ ἐν χρῶμα, ὅταν παρατηρῆται ἐξ ἀνακλάσεως ἢ διαχύσεως καὶ ἄλλο χρῶμα, ὅταν εἶναι διαφανές. Οὕτω λεπτὰ διαφανῆ φύλλα χρυσοῦ φαίνονται πράσινα, ἐνῶ ὁ χρυσοὺς παρατηρούμενος ἐξ ἀνακλάσεως φαίνεται ἐρυθροκίτρινος.

116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ. "Ὅλα τὰ ἑτερόφωτα σώματα ἐκπέμπουν φῶς, ὅταν προσπέσῃ ἐπ' αὐτῶν τὸ φῶς μιᾶς πηγῆς. Τότε ἕκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις μέρος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἔλαβεν καὶ οὕτω τὸ σημεῖον τοῦ σώματος γίνεται μία δευτερεύουσα φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις τοῦ φωτός**. Διάχυσιν τοῦ φωτός προκαλοῦν καὶ τὰ μόρια τῶν ἀερίων, ὡς καὶ γενικώτερον μικρότατα σωματίδια, τὰ ὁποῖα εἶναι διασκορπισμένα ἀτάκτως ἐντὸς ἑνὸς διαφανοῦς μέσου. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι διὰ τὴν ταιαύτην διάχυσιν τοῦ φωτός ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ **Rayleigh** :

Ἡ ἔντασις τοῦ διαχεομένου φωτός ἀπὸ μικρότατα αἰωρούμενα σωματίδια εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετάρτης δυνάμεως τοῦ μήκους κύματος λ τῆς ἀκτινοβολίας, ἢ ὁποῖα προσπίπτει ἐπὶ τῶν σωματιδίων.

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

ὅπου A εἶναι μία σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν σωματιδίων.

Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ ὀφείλεται εἰς φαινόμενον διαχύσεως. Τὰ μόρια τῶν ἀερίων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαιράς, φωτιζόμενα ἀπὸ τὸ ἠλιακὸν φῶς, διαχέουν τὰς προσπιπτούσας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἡ ἔντασις τῶν διαχεομένων ἀκτινοβολιῶν εἶναι πολὺ μεγαλύτερα διὰ τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὰ μικρότερα μήκη κύματος, δηλαδή διὰ τὰς κυανὰς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας. Οὕτως εἰς τὸ διαχεόμενον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιράς φῶς ἐπικρατεῖ τὸ κυανοῦν χρῶμα. Κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν τοῦ Ἡλίου τὸ ἠλιακὸν φῶς, διὰ τὴν φθάσιν εἰς ἡμᾶς, διέρχεται διὰ μέσου παχύτερου στρώματος ἀτμοσφαιράς. Κατὰ τὴν μακρὰν αὐτὴν πορείαν τοῦ χάνει διὰ



Σχ. 121. Ἀρνητικὴ φωτογραφικὴ πλάξ



Σχ. 122. Θετικὴ φωτογραφικὴ πλάξ

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

117. Φωτογραφία. Ἡ φωτογραφία χρησιμοποιεῖ τὰς χημικὰς ιδιότητας τῶν ὀρατῶν ἀκτινοβολιῶν, διὰ τὴν ἀποτυπώσιν μονίμως τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς σχηματίζομεν εὐκρινές εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ μιᾶς ὑαλίνης πλακῆς, ἢ ὁποῖα ἔχει ἐπικαλυφθῆ με λεπτὸν στρώμα γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου. Ἡ εὐαίσθητος πλάξ φυλάσ-

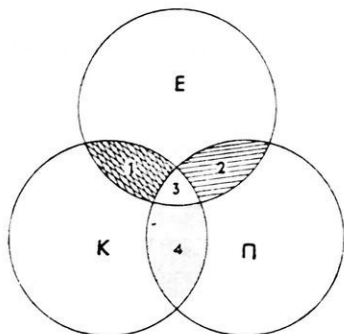
σεται εις σκοτεινόν χώρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτιζομένου με ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολαὶ τοῦ λευκοῦ φωτός καὶ ἰδίως αἱ κυαναὶ καὶ ἰώδεις ἀκτινοβολαὶ ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου, τὰ ὁποῖα οὕτως ἀποσυντίθενται εὐκόλως ὑπὸ τῶν χημικῶν ἀντιδραστηρίων.

α) Ἄρνητικὴ εἰκὼν. Ἀφήνομεν νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς εὐαισθητοῦ πλακῶς καὶ δι' ὀλίγον μόνον χρόνον τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ διάρκεια τῆς ἐκθέσεως τῆς πλακῶς εἰς τὸ φῶς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εὐαισθησίαν τῆς πλακῶς, τὸν φωτισμὸν καὶ τὸν φακὸν τῆς μηχανῆς. Μετὰ τὴν ἐκθεσὶν τῆς εἰς τὸ φῶς ἡ πλάξ δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἐκ πρώτης ὄψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν ὅμως βυθίσωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, ὁ βρωμιούχος ἀργυρὸς ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακῶς, εἰς τὰ ὁποῖα προσέπεσε τὸ φῶς· εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλας ἀδιαφανῆς ἀργυρὸς. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακῶς καλεῖται ἐ μ φ ἀ ν ι σ ι ς. Ἐπειτα ἡ πλάξ βυθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὁποῖον διαλύει τὸν μὴ ἀναχθέντα βρωμιούχον ἀργυρον. Οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς πλακῶς, εἰς τὰ ὁποῖα δὲν προσέπεσε φῶς. Ἡ δευτέρα αὐτῆ κατεργασία τῆς πλακῶς καλεῖται σ τ ε ρ ῶ σ ι ς. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακῶς ἡ ἀ ρ ν η τ ι κ ῆ ε ἰ κ ῶ ν τοῦ ἀντικειμένου. Τὰ ἀδιαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος αὐτῆς ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως τὰ διαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ σκοτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου (σ χ . 121).

β) Θετικὴ εἰκὼν. Ἡ πλάξ, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀπετυπώθη ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου· οὗτος εἶναι φύλλον χάρτου, τοῦ ὁποίου ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ με στρῶμα φωτοπαθοῦς ἐνώσεως. Ἡ πλάξ με τὸν κάτωθεν αὐτῆς εὐρισκόμενον χάρτην ἐκτίθεται εἰς τὸ ἡλιακὸν 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 θ ε τ ι κ ῆ ε ἰ κ ῶ ν τοῦ ἀντικειμένου (σ χ . 122).

γ) Εἶδη πλακῶν. Ἡ συνήθης φωτογραφικὴ πλάξ προσβάλλεται

μόνον από τὰς πρασίνας, τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας.



Σχ. 123. Χρώματα ἐκ προσθέσεως τῶν πρωτεύοντων χρωμάτων :

E ἐρυθρόν, K κυανόν, Π πράσινον.

1 πορφυροῦν, 2 κίτρινον, 3 λευκόν, 4 κυανοπράσινον

βολία: αὐταὶ εἶναι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ ἐρυθροῦ, τοῦ πρασίνου καὶ τοῦ κυανοῦ (σχ. 123). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἔγχρωμος φωτογραφία, ἡ ὅποια ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ διαφόρων μεθόδων.

Ἐπεξητήθη νὰ κατασκευασθοῦν φωτογραφικαὶ πλάκες εὐαίσθητοι καὶ εἰς ἀκτινοβολίας μεγαλύτερου μήκους κύματος. Οὕτως αἱ ὀρθοχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς τὰς ἀπὸ τοῦ ἰώδους μέχρι τοῦ κίτρινου ἀκτινοβολίας, ἐνῶ αἱ παγχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός.

δ) Ἐγχρωμος φωτογραφία. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὅλα τὰ χρώματα, ἂν προστεθοῦν ὑπὸ καταλλήλου ἀναλογίας τρεῖς μόνον ἀκτινοβολίαι, αἱ ὅποια διὰ τοῦτο καλοῦνται **πρωτεύουσαι ἀκτι-**

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

77. Πόσῃ ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς καὶ τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας, ἐὰν τὰ ἀντίστοιχα μήκη κύματος αὐτῶν εἶναι 0,8 μ καὶ 0,4 μ ;

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

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

Νάτριον

Λίθιον

Κάλιον

Βάριον

Υδρογόνον

Όξυγόνον

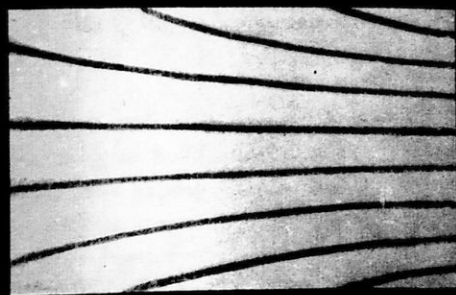
Άζωτον

Υδράργυρος

Ήλιον

Νέον

Νεοδύμιον
(φάσμα απορρο-
φήσεως)



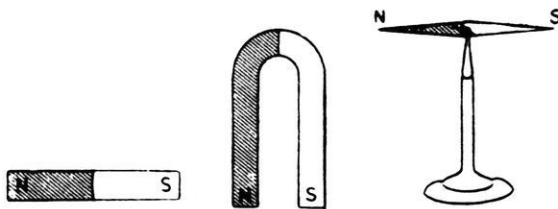
Πίναξ Φασμάτων

1 έως 10. Φάσματα έκπομπής. 11. Φάσμα απορρόφησης. 12. Κρυσσοί συμβολής εις φάσμα. 13. Γραμμαι του Fraunhofer εις φάσμα ληρθέν διά πρίσματος. 14. Γραμμαι του Fraunhofer εις φάσμα ληρθέν διά φράγματος.

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

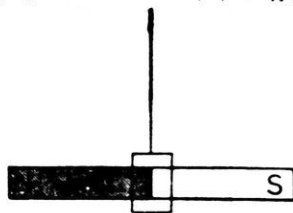
118. Θεμελιώδεις έννοιαι. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα ἤτο γνωστὸν ὅτι ὁ φυσικὸς μαγνήτης (μαγνητικὸν ὀξείδιον τοῦ σιδήρου Fe_3O_4) ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκη μικρὰ τεμάχια σιδήρου ἢ γάλυβος. Ἡ ἰδιότης αὕτη καλεῖται **μαγνητισμός**. Ἐάν δι' ἑνὸς φυσικοῦ μαγνήτου προστίψωμεν ἐπανειλημμένως καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν ράβδον γάλυβος, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ὁ γάλυψ γίνεται μονίμως μαγνήτης. Ὁ



Σχ. 124. Τεχνητοὶ μαγνήται

μαγνήτης οὗτος καλεῖται **τεχνητὸς μαγνήτης**. Εὐκόλως κατασκευάζονται σήμερον τεχνητοὶ μαγνήται μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος (§ 183). Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδουν διάφορα σχήματα (σχ. 124).

119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου. Ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου βυθίζομεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον. Ὅταν ἀνασύρωμεν τὴν ράβδον, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου ἔχουν προσκολληθῆ μόνον εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου, ὅπου σχηματίζουσι θυσάνους. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται **πόλοι** αὐτοῦ. Ἐάν τὴν ἰδίαν ράβδον ἐξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου τῆς διὰ νήματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν ἰσορροπίαν τῆς ἢ ράβδος λαμ-



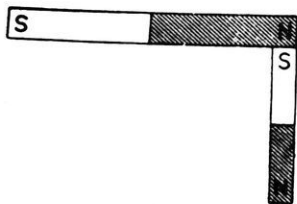
Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου

βάνει ὠρισμένον πάντοτε προσανατολισμόν, στρέφουσα τὸν ἓνα πόλον τῆς πρὸς Βορρᾶν, τὸν δὲ ἄλλον πρὸς Νότον (σχ. 125). Ὁ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Βορρᾶν, καλεῖται βόρειος πόλος (ἢ θετικὸς πόλος), ὁ δὲ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Νότον, καλεῖται νότιος πόλος (ἢ ἀρνητικὸς πόλος). Διεθνῶς ὁ βόρειος πόλος σημειώνεται μὲ Ν (Nord = Βορρᾶς), ὁ δὲ νότιος πόλος μὲ S (Sud = Νότος).

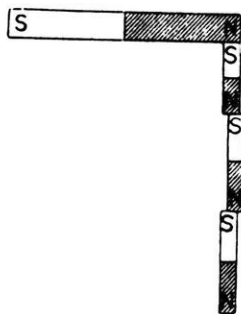
120. Ἄμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων. Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, ἣ ὅποια δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀπωθεῖται. Ἀντιθέτως, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγεται ὅτι :

Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, οἱ δὲ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται.

121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἐὰν τὸ ἄκρον μικρᾶς ράβδου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἐγγίσῃ τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου (σχ. 126), εὐκόλως διαπιστώνομεν ὅτι τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τῆς ράβδου ἔγινε βόρειος πόλος. Ἡ μαγνήτισις τῆς ρά-



Σχ. 126. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς



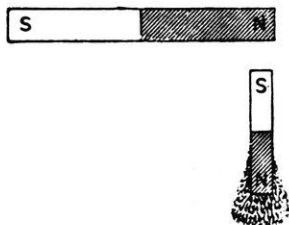
Σχ. 127. Ἄλυσις ράβδων μαλακοῦ σιδήρου

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

νά σχηματισθῆ ἄλυσις μικρῶν μαγνητισμένων ράβδων (σχ. 127). Ἡ μαγνήτισις ὅλων τῶν ράβδων εἶναι πρόσκαιρος.

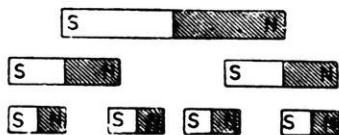
Ἡ μικρὰ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἂν ἀπλῶς πλησιάσωμεν εἰς αὐτὴν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου (σχ. 128). Ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἐπίσης παροδική. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου ἀμέσως καταργεῖται.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι ὁ μαλακὸς σίδηρος μαγνητίζεται παροδικῶς, ὅταν εὐρίσκεται πλησίον μαγνήτου. Ὁ τοιοῦτος τρόπος μαγνητίσεως καλεῖται **μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς** (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ἐὰν ἀντὶ μαλακοῦ σιδήρου χρησιμοποιήσωμεν εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα ράβδον χάλυβος, αὕτη μαγνητίζεται μ ο ν ῖ μ ω ς.



Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς

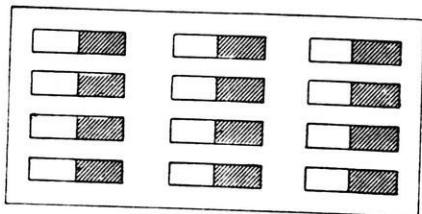
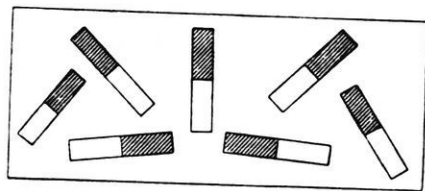
122. Στοιχειώδεις μαγνήται. Ἐὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην Α, παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο πόλους, ἓνα βόρειον καὶ ἓνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου ἐθραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφαίνονται δύο ἑτερόνυμοι πόλοι οὕτως, ὥστε ἕκαστον τῶν τεμαχίων νὰ παρουσιάζῃ πάλιν δύο ἑτερόνυμους πόλους. Ἐὰν ἕκαστον τῶν τεμαχίων θραυσθῆ εἰς δύο νέα τεμάχια, θὰ εὕρωμεν ὅτι ἕκαστον νέον τεμάχιον ἔχει ἐπίσης δύο ἑτερονύμους πόλους. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου ἀποδεικνύεται ὅτι δὲν δύναμεθα ποτὲ νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἓνα πόλον μαγνήτου καὶ ἐπομένως ἕκαστος μαγνήτης θὰ παρουσιάζῃ πάντοτε δύο ἑτερονύμους πόλους. Ἐὰν ἦτο δυνατόν νὰ ἐξακολουθήσωμεν τὴν θραῦσιν τοῦ μαγνήτου μέχρι τῶν ἐλαχίστων τμημάτων τοῦ μαγνήτου, δηλαδή μέχρι τῶν μορίων του, θὰ ἐβλέπομεν ὅτι ἕκαστον μόριον εἶναι μικρότατος μαγνήτης μὲ δύο ἑτερονύμους πόλους.



Σχ. 129. Θραῦσις μαγνήτου

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

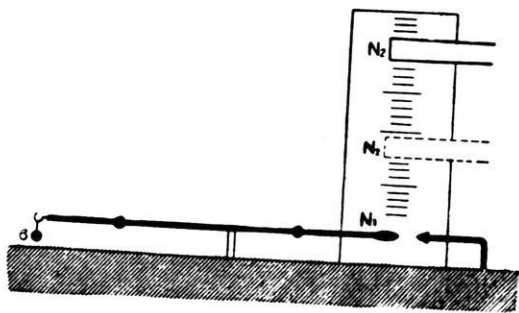
τισμένη, οι στοιχειώδεις μαγνήται διατάσσονται άτάκτως έντός τής ράβδου (σχ. 130). Ὑπό τήν επίδρασιν ενός μαγνητικοῦ πόλου οι στοιχειώδεις μαγνήται τής ράβδου διατάσσονται κατά τοιοῦτον τρόπον,



Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται.

μόλις απομακρυνθῇ ὁ μαγνήτης (παροδική μαγνήτισις). Ἐπί τῇ βάσει τῶν άνωτέρω άντιλήψεων έρμηνεύεται ἡ έμφάνισις νέων πόλων κατά τήν θραῦσιν ενός μαγνήτου.

123. Νόμος τοῦ Coulomb. Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία άναπτύσσεται μεταξύ δύο μαγνητικῶν πόλων, δύναται νά μετρηθῇ μέ τήν διάταξιν τοῦ σχήματος 131.



Σχ. 131. Διά τήν μέτρησιν τῆς άμοιβαίας δράσεως τῶν πόλων

ώστε άπέναντι τοῦ επιδρῶντος πόλου νά εὑρίσκωνται οι έτερόνυμοι πόλοι τῶν στοιχειωδῶν μαγνητῶν. Οὔτως εἰς τά άκρα τῆς ράβδου άναφαίνονται οι δύο έτερόνυμοι πόλοι. Μετά τήν άπομάκρυνσιν τοῦ επιδρῶντος μαγνήτου ἡ διάταξις τῶν στοιχειωδῶν μαγνητῶν κατά παράλληλα νήματα διατηρεῖται καί ἡ ράβδος έξακολουθεῖ νά εἶναι μαγνήτης (μόνιμος μαγνήτισις). Εἰς τόν μαλακόν όμως σίδηρον ἡ διάταξις αὐτή καταστρέφεται,

Εἰς ραβδόμορφος μαγνήτης άποτελεῖ ένα ὀριζόντιον άξονα, ὁ ὁποῖος δύναται νά περιστρέφεται, ὅπως ἡ φάλαγγξ τοῦ ζυγοῦ. Εἰς ὠρισμένην άπόστασιν από τοῦ βορείου πόλου N_1 φέρομεν τόν βόρειον πόλον N_2 άλλου εὐθύγραμμου μαγνήτου. Ἡ

μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις ἰσορροπεῖται ἀπὸ τὸ βάρος β. Ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ μεταξὺ τῶν δύο πόλων N_1 καὶ N_2 ἀπόστασις, ἡ ἄπωσις γίνεται 4 φορές μικροτέρα. Ἐκ τῶν μετρήσεων λοιπὸν εὐρίσκεται ὅτι ἡ μεταξὺ τῶν δύο ὁμωνύμων πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο πόλων. Ἐὰν ἄλλος βόρειος πόλος N_3 ἀπωθῇ ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως τὸν πόλον N_1 με διπλασίαν δύναμιν, τότε πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ (m_3) τοῦ πόλου N_3 εἶναι διπλασία τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ (m_2) τοῦ πόλου N_2 . Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων εὐρέθη ὅτι ἡ μεταξὺ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς ποσότητες μαγνητισμοῦ τῶν πόλων. Οὕτω συνάγεται ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ Coulomb :

Ἡ μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων ἀναπτυσσομένη δύναμις εἶναι ἀνάλογος τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν δύο πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν (r).

$$\text{νόμος τοῦ Coulomb : } F = K \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (1)$$

ὅπου K εἶναι μία σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἐκ τῶν μονάδων καὶ ἐκ τοῦ μέσου ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὐρίσκονται αἱ ποσότητες μαγνητισμοῦ. Οἱ δύο ἐτερόνυμοι πόλοι ἑνὸς μορῆτου ἔχουν κατ' ἀπόλυτον τιμὴν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ καὶ ἀποτελοῦν ἓν μαγνητικὸν δίπολον.

124. Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ. Εἰς τὸ σύστημα C.G.S. (ἠλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων, HMM) ἡ σταθερὰ K διὰ τὸ κενὸν καὶ τὸν ἀέρα εἶναι ἴση μετὴν μονάδα ($K = 1$). Ἐὰν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1) θέσωμεν $K = 1$, $F = 1$ dyn, $r = 1$ cm, $m_1 = m_2 = m$, εὐρίσκομεν $m = 1$. Ἄρα :

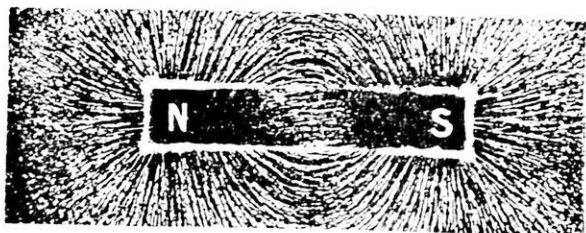
Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ C.G.S. (ἢ HMM — ποσότητος μαγνητισμοῦ) εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ ἡ ὁποία, εὐρίσκομένη

έντός του αέρος εις απόστασιν 1 cm από ἴσην ποσότητα μαγνητισμοῦ, ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτῆς δύναμιν ἴσην μὲ μίαν δύνην.

Εἰς τὸ σύστημα Μ.Κ.Σ.Α. ἡ σταθερὰ Κ εἶναι $K = 10^{-7} \text{ N/A}^2$, καὶ μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἶναι τὸ 1 A · m (ἀμπέρ ἐπὶ μέτρον).

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

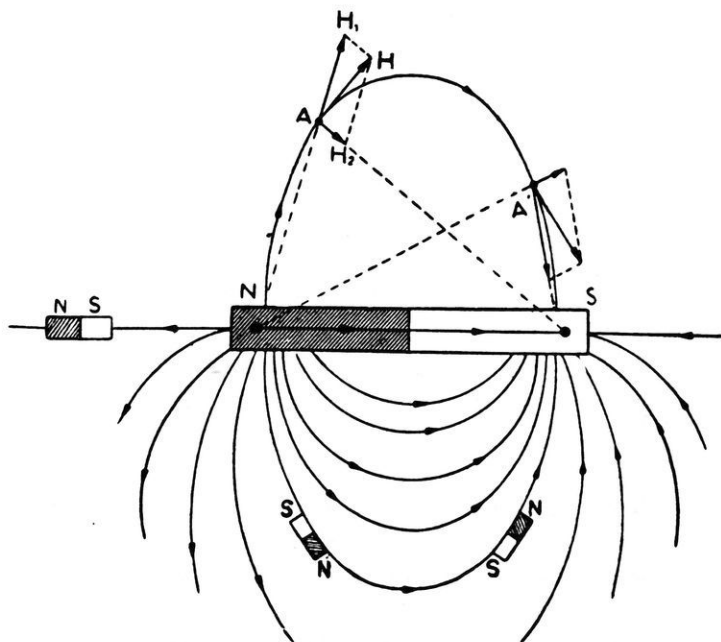
125. Μαγνητικὸν φάσμα. Κάτωθεν μιᾶς ὀριζοντίας ὑαλίνης πλακῆς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακῆς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὴν πλάκα μὲ τὸν δάκτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰς γραμμὰς, αἱ ὁποῖαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου εἰς τὸν ἄλλον (σχ. 132). Τὸ σχημα-



Σχ. 132. Μαγνητικὸν φάσμα

τισθὲν διάγραμμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ γραμμῆαι, ἐπὶ τῶν ὁποίων διατίθενται τὰ ρινίσματα, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμῆαι**. Διὰ τὴν ἐξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακῆς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἐξηρητημένας ἀπὸ λεπτὸν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἠρεμήσῃ, εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὑφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὁποίαν ἀσχοῦν ἐπὶ τῶν δύο πόλων τῆς οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου. Ὡστε τὸ μαγνητικὸν φάσμα σχηματίζεται, διότι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, μαγνητιζόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς, γίνονται μικροὶ μαγνήται, οἱ ὁποῖοι δια-

τάσσονται κατά την έφαπτομένην εις έκαστον σημείον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



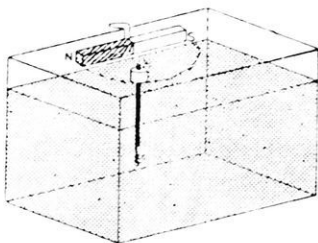
Σχ. 133. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος

126. Μαγνητικὸν πεδίων. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος αἰσθητοποιεῖ μίαν ιδιότητα, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ὁ περίξ τοῦ μαγνήτου χώρος, ἕνεκα τῆς παρουσίας τοῦ μαγνήτου. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ χώρου τούτου φέρωμεν μίαν ποσότητα μαγνητισμοῦ, αὕτη ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου. Λέγομεν τότε ὅτι περίξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει **μαγνητικὸν πεδίων**. Ὡστε :

Μαγνητικὸν πεδίων καλεῖται ὁ χώρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ ὁποῖαι φέρονται εἰς οἷον-δῆποτε σημείον τοῦ χώρου τούτου.

Ἐπὶ μιᾷ μακρᾷ καὶ λεπτῆς μαγνητικῆς ράβδου στερεώνομεν δακτύλιον ἐκ φελλοῦ. Βυθίζομεν τὴν ράβδον κατακορύφως ἐντὸς ὕδατος

ούτως, ώστε να εξέχει από τὸ ὕδωρ ὁ βόρειος πόλος τῆς (σχ. 134). Φέρομεν τὸν βόρειον πόλον τῆς ράβδου πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἑνὸς ἰσχυροῦ μαγνήτου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς ρά-



Σχ. 134. Κίνησις ἑνὸς βορείου μαγνητικοῦ πόλου

βδου ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου καὶ διαγράφει μίαν καμπύλην τροχιάν, ἔρχεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἡ κίνησις αὕτη τοῦ βορείου πόλου τῆς ράβδου ὀφείλεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, τὰς ὁποίας ἀσκοῦν ἐπ' αὐτοῦ οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου (βλ. σχῆμα 133). Αἱ δύο αὗται δυνάμεις δίδουν μίαν συνισταμένην, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὁποίας κινεῖται ὁ πόλος τῆς

ράβδου. Ἡ τροχιά, τὴν ὁποίαν διαγράφει ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου, εἶναι μία δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. Ὡστε :

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

Ἐκ τοῦ ὀρισμοῦ τούτου δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι ἐκτὸς τοῦ μαγνήτου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

127. Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓν σημεῖον A τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου φέρεται μία ποσότης μαγνητισμοῦ m . Τότε, ἔνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ m μία μαγνητικὴ δύναμις F , ἡ ὁποία εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ m , ἥτοι εἶναι $F = H \cdot m$. Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας H καλεῖται **ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου** εἰς τὸ σημεῖον A καὶ ὀρίζεται

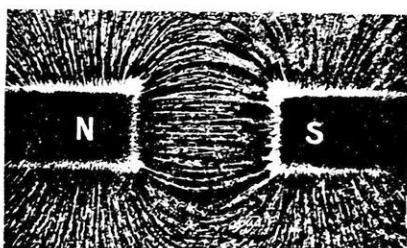
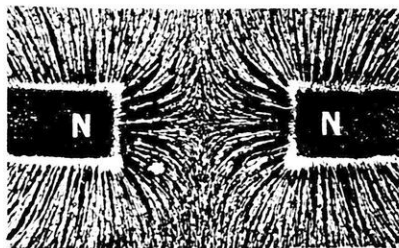
ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :
$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{m}$$
 Ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι

ἀνυσματικὸν μέγεθος καὶ συμβατικῶς ἔχει τὴν φοράν τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ μιᾶς ποσότητος μαγνητισμοῦ $+m$, φερομένης εἰς τὸ σημεῖον A τοῦ πεδίου. Ὡστε :

Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως F , ἢ ὁποῖα ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ $+ m$, φερομένης εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου, διὰ τῆς ποσότητος αὐτῆς μαγνητισμοῦ.

Εἰς τὸ σύστημα C.G.S. ἡ μονὰς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ὀνομάζεται **1 Gauss** καὶ ὀρίζεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν $H = F/m$ (διὰ $F = 1 \text{ dyn}$, $m = 1 \text{ C.G.S.}$ εἶναι $H = 1 \text{ Gauss}$).

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



Σχ. 135. Μαγνητικὸν πεδίων μεταξύ δύο ὁμωνύμων μαγνητικῶν πόλων

Σχ. 136. Μαγνητικὸν πεδίων μεταξύ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων

πόλων. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξύ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι. Τὸ μαγνητικὸν τοῦτο πεδίων καλεῖται ὁμογενές, εὐρίσκεται δὲ ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἢ ἐν τῷ σί τ ο ῦ πεδίου εἶναι σ τ α θ ε ρ ἄ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

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

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

$$\text{μαγνητικὴ ροή: } \Phi = \sigma \cdot H$$

Ἐὰν εἶναι $\sigma = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $H = 1 \text{ Gauss}$, τότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα $\Phi = 1$. Ἡ μονὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς καλεῖται **Maxwell** (1 Mx). Κατὰ συνθήκην ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι διέρχονται διὰ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας. Ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια σ δὲν εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς, τότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ εἶναι $\Phi = \sigma \cdot H \cdot \sin \alpha$, ὅπου α εἶναι ἡ γωνία πού σχηματίζει ἡ κάθετος πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν μὲ τὴν ἔντασιν H .

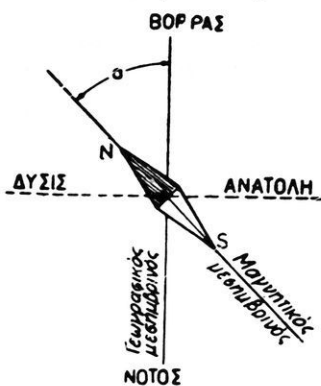


Σχ. 137. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς

ροὴ εἶναι $\Phi = \sigma \cdot H \cdot \sin \alpha$, ὅπου α εἶναι ἡ γωνία πού σχηματίζει ἡ κάθετος πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν μὲ τὴν ἔντασιν H .

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

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



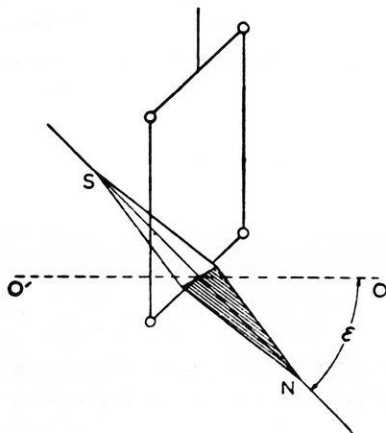
Σχ. 138. Ἀπόκλισις τῆς μαγνητικῆς βελὸνῆς

Ἐλαφρὰ μαγνητικὴ βελὸνὴ δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ὄταν ἡ βελὸνὴ ἰσορροπῇ, λαμβάνει τοιαύτην θέσιν, ὥστε ὁ κατὰ μῆκος ἄξων αὐτῆς διευθύνεται σχεδὸν ἀπὸ Βορρᾶ πρὸς Νότον. Τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τῆς βελὸνῆς, καλεῖται **μαγνητικὸς μεσημβρινός**. Οὗτος δὲν συμπίπτει μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου, ἀλλὰ σχηματίζει μὲ αὐτὸν γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἀπόκλισις** (σχ. 138). Αὕτη εἶναι ἀνατολικὴ ἢ δυτικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελὸνῆς εὐρίσκεται πρὸς Ἀνατολὰς ἢ πρὸς Δυσμὰς τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις διαφέρει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Ὡστε :

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

130. Μαγνητικὴ ἔγκλισις. Ἐλαφρὰ μαγνητικὴ βελὸνὴ δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

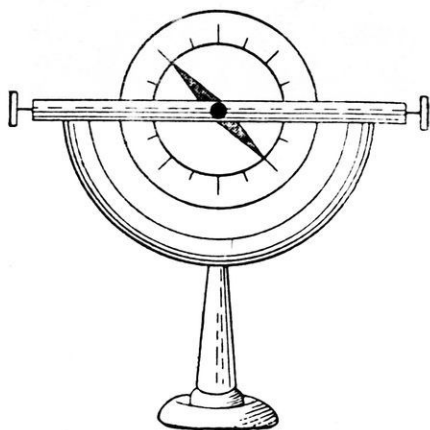
γνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ὄταν ἡ βελόνη ἰσορροπῆ, τότε ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (σχ. 139). Αὕτη εἶναι θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης εὐρίσκεται κάτωθεν ἢ ἄνωθεν τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῆς βελόνης. Εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ, ἐνῶ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον εἶναι ἀρνητικὴ. Ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις ἔχει διάφορον τιμὴν εἰς τοὺς διαφόρους τόπους. Ὡστε :



Σχ. 139. Ἐγκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης

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

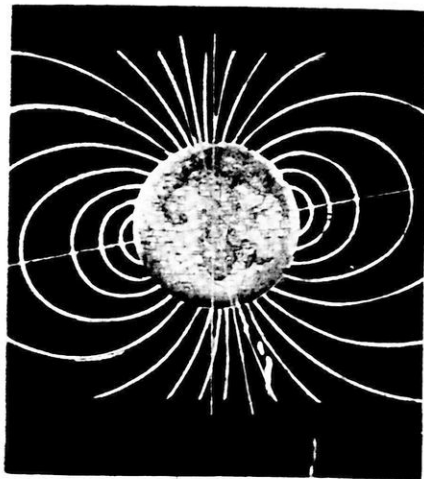
Ἡ συσκευὴ τοῦ σχ. 140 χρησιμεύει διὰ τὴν εὕρεσιν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως ἢ τῆς μαγνητικῆς ἔγκλισεως, καθ' ὅσον ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι ὀριζόντιος ἢ κατακόρυφος.



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

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

νην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι περίξ ὀλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γῆινον μαγνητικὸν πεδίον**. Ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης ἐγκλίσεως δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓνα τόπον αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι κατὰ προσέγγισιν εὐθεῖαι παράλληλοι. Εἰς τὸν ἰσημερινὸν ἡ μαγνητικὴ βελὼν ἐγκλίσεως εἶναι περίπου ὀριζόντια. Ὅσον ὅμως προχωροῦμεν πρὸς Βορρᾶν ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχη-



Σχ. 141. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου.

ματίζει μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς διαρκῶς μεγαλυτέραν γωνίαν, ἤτοι ἡ μαγνητικὴ ἐγκλίσις βαίνει συνεχῶς ἀξανομένη. Εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἡ μαγνητικὴ βελὼν ἐγκλίσεως γίνεται κατακόρυφος, ἔχουσα πρὸς τὰ κάτω τὸν βόρειον πόλον τῆς. Τὸ ἴδιον συμβαίνει εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ Νοτίου πόλου μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἐκεῖ ἡ βελὼν ἔχει πρὸς τὰ κάτω τὸν νότιον πόλον τῆς. Εἰς τὰς δύο αὐτὰς περιοχὰς τῆς Γῆς εὐρίσκονται οἱ δύο **μαγνητικοὶ πόλοι** τῆς Γῆς. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν γῆινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον καὶ ὁ ὁποῖος ὑπὸ μαγνητικὴν ἀποψιν εἶναι βόρειος πόλος. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουν εἰς τὸν γῆινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον, ἀφοῦ διαγράφουν εἰς τὸν χῶρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτω ὁ πλανήτης μας συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸν δίπολον. Τὰ αἷτια εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλεται τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίον δὲν εἶναι τελείως γνωστά. Ἡ ἀκριβὴς θέσις τῶν δύο μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εἶναι ἡ ἐξῆς: βόρειον ἡμισφαίριον: γεωγραφικὸν πλάτος $70^{\circ} 5'$ δυτικὸν γεωγραφικὸν μῆκος $96^{\circ} 45'$ νότιον ἡμισφαίριον:

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

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

Ἡ ἐντάσις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τοῦτον εἶναι τὸ ἄνυσμα H . Τοῦτο ἔχει τὴν διεύθυνσιν SN τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, τὴν ὀριζοντιαν συνιστώσαν H_0 καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν H_k . Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον ὀρθογώνιον τρίγωνον εὐρίσκονται αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις :

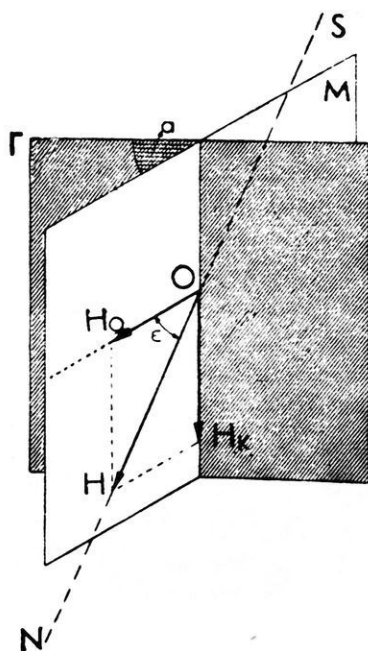
$$H^2 = H_0^2 + H_k^2$$

Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται ὅτι :

Τὰ στοιχεῖα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις, ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις καὶ ἡ ἐντάσις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἀντὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου χρησιμοποιεῖται συνήθως ὡς μαγνητικὸν στοιχεῖον ἡ ὀριζοντιὰ συνιστώσα H_0 , ἡ ὁποία εὐρίσκεται εὐκόλως.

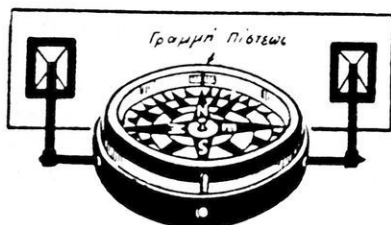
Μεταβολαὶ τῶν μαγνητικῶν στοιχείων ἑνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικὰ



Σχ. 142. Αἱ δύο συνιστώσαι τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου

στοιχεῖα ἑνὸς τόπου δὲν ἔχουν σταθερὰν τιμὴν, ἀλλ' ὑφίστανται κανονικὰς ἡμερησίας καὶ ἐτησίας μεταβολὰς. Πολλάκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἰφνιδίως μεταβολὰς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται μαγνητικὰ ἰσχυρὰ καὶ θύελλα. Αἱ ἀπότομοι αὐταὶ μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲ ἄλλα φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βόρειον σέλας, αἱ κηλίδες τοῦ Ἡλίου.

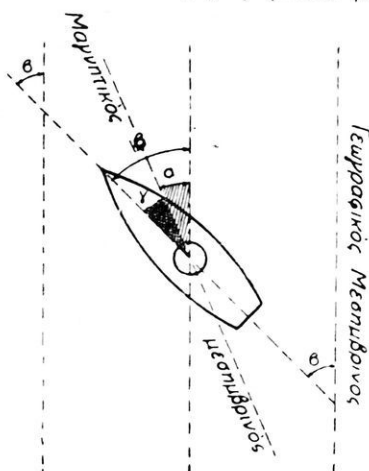
133. Ναυτικὴ πυξίς. Ἐφαρμογὴν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν εἰς τὴν πυξίδα, τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦμεν διὰ νὰ προσανατολιζώμεθα ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ πυξίς εἶναι μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως, ἡ ὁποία στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἡ ναυτικὴ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς μαγνητικὰς βελόνας συνηνωμένας παραλλήλως. Ἐπ' αὐτῶν προσκολλᾶται μονίμως ἑλαφρὸς δίσκος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σημειώνονται τὰ σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος



Σχ. 143. Ναυτικὴ πυξίς

καὶ αἱ διαίρεσεις τοῦ κύκλου. Ὁ δίσκος οὗτος καλεῖται ἀνεμολόγιον. Τὸ σύστημα τῶν βελονῶν ἀντιστοιχεῖ πρὸς ἓνα μαγνήτην, δυνάμενον νὰ

στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεωμένος εἰς τὸν πυθμένα χαλκίνου δοχείου (σχ. 143). Τὸ δοχεῖον τοῦτο ἐξαρτᾶται καταλλήλως (σύστημα Cardan), ὥστε ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ ἀνεμολογίου νὰ εἶναι πάντοτε κατακόρυφος παρὰ τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ χαλκίνου δοχείου εἶναι χαραγμένη μικρὰ εὐθεῖα, ἡ γραμμὴ πίστεως, ἡ ὁποία δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τοῦ σκάφους. Ὄταν τὸ πλοῖον στρέφεται, ἡ



Σχ. 144. Ἡ χρῆσις τῆς πυξίδος εἰς τὴν ναυσιπλοίαν

γραμμική πίστεως στρέφεται και αυτή μετά του πλοίου, αλλά το άνεμολόγιον διατηρεί θέσει σταθεράν. Είς τόν ναυτικόν είναι γνωστή εκ των χαρτῶν ἡ γωνία β , τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου με τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστὴ καὶ ἡ ἀπόκλισις α , εὐρίσκεται ἡ γωνία γ , τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου με τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτη κατεύθυνσις, ὥστε ἡ γραμμὴ πίστεως νὰ εὐρίσκειται ἔμπροσθεν τῆς διαιρέσεως γ τοῦ βαθμολογημένου κύκλου.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

80. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπέχουν μεταξύ των 5 cm. Ἐκαστος πόλος ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 80 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἀμοιβαία ἥκωσις τῶν πόλων τούτων ;

81. Δύο ὅμοιοι εὐθύγραμμοι μαγνήται ἔχουν μήκος 15 cm, ἕκαστος δὲ πόλος των ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 500 C.G.S. Οἱ δύο μαγνήται εὐρίσκονται ἐπὶ ὀριζοντίας τραπέζης, κατὰ μήκος τῆς αὐτῆς εὐθείας καὶ ἔχουν τοὺς βορείους πόλους των ἀπέναντι ἀλλήλων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο βορείων πόλων εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἐκάστου μαγνήτου ;

82. Εὐθύγραμμος μαγνήτης ἔχει μήκος 10 cm ἕκαστος δὲ πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 200 C.G.S. Ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς ἀπόστασιν 35 cm ἀπὸ τὸ μέσον O τοῦ μαγνήτου φέρομεν βόρειον μαγνητικὸν πόλον, ἔχοντα ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ;

83. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως ποσότητας μαγνητισμοῦ 20 C.G.S. καὶ 30 C.G.S. Ἡ μεταξύ τῶν δύο τούτων πόλων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Νὰ εὐρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ἔχων ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S., ὥστε ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν δύο πόλων A καὶ B νὰ εἶναι ἴση με 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 μήκος 8 cm καὶ ἕκαστος πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 400 C.G.S. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον A εὐρισκόμενον ἐπὶ τῆς καθέτου εἰς τὸ μέσον O τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἀπὸ τὸ O .

86. Εἰς ἓνα τόπον ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἐγκλίσις εἶναι θετικὴ καὶ ἴση με 60° . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τούτον ;

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

συνιστώσα του γήινου μαγνητικού πεδίου είναι $H_0 = 0,18$ Gauss. Πόσον έργο δαπανώμεν, όταν απομακρύνωμεν την βελόνη κατά 60° από την θέση της ισοροπίας της ;

88. Μαγνητική βελόνη εγκλίσεως έχει μήκος 10 cm, έκαστος δὲ τῶν πόλων της έχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 30 C.G.S. Ἡ βελόνη αἰωρεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ ὀριζοντία συνιστώσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἐγκλίσις εἶναι 60° . Διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν βελόνην ὀριζοντίαν, θέτομεν ἐπ' αὐτῆς μικρὸν ἰππέα ἔχοντα βάρους 0,500 gr*. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς βελόνης πρέπει νὰ τεθῇ ὁ ἰππέυς ;

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

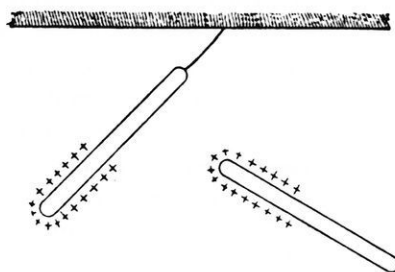
134. Θεμελιώδη φαινόμενα. Ἐξ αἰῶνας π.Χ. ὁ Θαλῆς ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ ἤλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ μαλλίνου ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἐλαφρὰ σώματα (τρίχας, τεμάχια χάρτου, πτῖλα κ.ἄ.). Ἡ ιδιότης αὕτη τοῦ ἤλεκτρον ὀνομάσθη **ἠλεκτρισμός**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι τὴν ιδιότητα αὕτην ἔχουν καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα (ἡ ρητίνη, ὁ ἐβονίτης, τὸ θεῖον, ἡ ὑάλος κ.ἄ.).

Ἠλεκτριζόμεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἐξαερωμέν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μετάξις

(σχ. 145). Ἐάν εἰς τὴν ἐξηρητημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἄλλην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀπωθόνται μεταξύ των. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ μὲ δύο ἠλεκτρισμένας ράβδους ρητίνης. Ἐάν ὅμως εἰς τὴν ἠλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἠλεκτρισμένην ράβδον ρητίνης, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἔλκονται μεταξύ των.

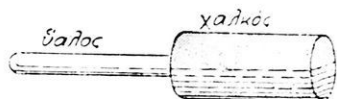
Ἐκ τῶν πειραμάτων τούτων συνάγεται ὅτι ὑπάρχουν δύο εἴδη ἠλεκτρισμοῦ, ἕτοι ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμός, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ρητίνης. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ἀπλᾶ πειράματα συνάγεται ἐπὶ πλέον ὅτι :

Σώματα ὁμωνύμως ἠλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται, ἐνῶ σώματα ἐτερονύμως ἠλεκτρισμένα ἔλκονται.



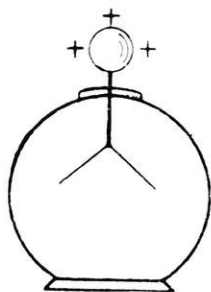
Σχ. 145. Ἀπωσις ὁμωνύμως ἠλεκτρισμένων ράβδων

135. Καλοί και κακοί άγωγοί. "Όταν έν σώμα είναι ήλεκτρι-
σμένον, λέγομεν ότι τό σώμα τούτο φέρει ήλεκτρικόν φορτίον, δηλα-
δή φέρει π ο σ ό τ η τ α ή λ ε κ τ ρ ι σ μ ο ύ . 'Εάν ήλεκτρίσωμεν διά
τριβής, μίαν ράβδον ύάλου ή ρητίνης παρατηρούμεν ότι τά έλαφρά σώ-
ματα προσκολλώνται μόνον εις τό προστριβέν μέρος τής ράβδου. 'Επο-
μένως μόνον εις τό μέρος εκείνο τής ράβδου ύπάρχει ήλεκτρικόν φορτίον.
Λαμβάνομεν ράβδον χαλκού, ή ύποία φέρει ύάλινην λαβήν (σ χ . 146).



Σχ. 146. 'Ηλεκτρισμός διά τριβής
ράβδου χαλκού

'Εάν προστριβώμεν με μάλλινον ύρα-
σμα έν μέρος τής χαλκίνης ράβδου,
παρατηρούμεν ότι όλόκληρος ή ράβδος
ήλεκτρίζεται. "Άρα τό ήλεκτρικόν φορ-
τίον, τό ύποϊον άνεπεύχθη εις τό προσ-
τριβέν μέρος τής ράβδου, διεδόθη διά
μέσου τού χαλκού εις όλόκληρον τήν ράβδον τού χαλκού. Ούτω τά σώ-
ματα διακρίνονται εις καλούς και κακούς άγωγούς τού
ήλεκτρισμού. Καλοί άγωγοί ή άπλώς άγωγοί καλούνται τά σώμα-
τα, τά ύποία άφήνουν τά ήλεκτρικά φορτία νά κινούνται διά μέσου αυ-
τών τοιαύτα σώματα είναι όλα τά μέταλλα, τά διαλύματα τών όξέων,
τών βάσεων και τών αλάτων, τό σώμα τών ζώων, τό ύγρόν έδαφος, ό
άνθραξ, οι φλόγες κ.ά. Κακοί άγωγοί ή μ ο ν ω τ α ί καλούνται τά
σώματα, τά ύποία δέν έπιτρέπουν εις τά ήλεκτρικά φορτία νά κινήθουν
διά μέσου αυτών τοιαύτα σώματα είναι ή ρητίνη, τό ήλεκτρον, ή παρα-
ρίνη, ό μαρμαρυγίς, ή μέταξς, ή ξηρά ύαλος, ή πορσελάνη κ.ά. Μερικά



Σχ. 147. 'Ηλεκτρο-
σκόπιον

σώματα είναι πολύ μέτριοι άγωγοί ή άλλως πολύ
άτελεϊς μονωτάι και διά τούτο καλούνται ή μ ι α
γ ω γ ο ί τοιαύτα σώματα είναι τό ξύλον, ό χάρ-
της, τό μάρμαρον, τό πόσιμον ύδωρ κ.ά.

136. 'Ηλεκτροσκόπιον. Τό ήλεκτροσκό-
πιον (σ χ . 147) άποτελείται από μεταλλικόν στέ-
λεχος, τό ύποϊον εις τό έν άκρον καταλήγει εις
σφαίραν ή μικρόν δίσκον, εις δε τό άλλον άκρον φέ-
ρει δύο λεπτά και μακρά φύλλα άργιλλίου (ή
χρυσού). Τό στέλεχος τούτο στερεώνεται με μ ο -
νωτικόν πώμα εις ύάλινον δοχείον. 'Εάν ήλεκτρισμένον σώμα έγγί-
ση τήν σφαίραν τού μεταλλικού στελέχους, τούτο ήλεκτρίζεται έξ

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

137. Νόμος τοῦ Coulomb. Δύο μικραὶ ἠλεκτρισμέναι σφαῖραι ἔχουν ἀντιστοίχως ἠλεκτρικὰ φορτία Q_1 καὶ Q_2 , ἡ δὲ ἀπόστασις τῶν δύο σφαιρῶν εἶναι r . Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι ἡ μεταξὺ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων ἀναπτυσσομένη δύναμις διέπεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Coulomb :

Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μικρῶν ἠλεκτρισμένων σφαιρῶν, εἶναι ἀνάλογος τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων τῶν δύο σφαιρῶν καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

$$\text{νόμος τοῦ Coulomb : } F = K \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \quad (1)$$

ὅπου K εἶναι μία σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἐκ τῶν μονάδων καὶ ἐκ τοῦ μέσου ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὐρίσκονται τὰ δύο ἠλεκτρικὰ φορτία. Διὰ τὸ κενὸν καὶ τὸν ἀέρα ἡ σταθερὰ K εἶναι :

σύστημα C.G.S : $K = 1$, σύστημα M.K.S.A : $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{Cb}^2$

138. Μονάδες ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων, ΗΣΜ (σύστημα C.G.S.) εἶναι $K = 1$. Ἐὰν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1) θέσωμεν $K = 1$, $F = 1 \text{ dyn}$, $r = 1 \text{ cm}$, $Q_1 = Q_2 = Q$, εὐρίσκομεν $Q = 1$. Ἄρα :

Ἡλεκτροστατικὴ μὴ φορτίου εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον, ὅταν εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ κενοῦ ἢ τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἴσον ἠλεκτρικὸν φορτίον, ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτοῦ δύναμιν ἴσην μὲ μίαν δύννην.

Εἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. μὴ φορτίου εἶναι τὸ 1 Coulomb (1 Cb), τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ $3 \cdot 10^9$ ἠλεκτροστατικὰς μονάδας φορτίου.

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

Παράδειγμα 1) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία $Q_1 = 25 \text{ ΗΣΜ}$ και $Q_2 = 72 \text{ ΗΣΜ}$ βρίσκονται εις τον άερα και εις απόστασιν $r = 1 \text{ cm}$. Ἡ μεταξύ αὐτῶν ἀσκουμένη ἄπωση εἶναι :

$$F = \frac{25 \cdot 72}{36} \text{ dyn} = \frac{1800}{36} \text{ dyn} = 50 \text{ dyn}$$

2) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶναι ἴσον με 1 Cb , εἰσὶν εἰς τον άερα και εις απόστασιν 10 m . Ἡ μεταξύ αὐτῶν ἐξασκουμένη ἄπωση εἶναι :

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

$$\eta \tau \omicron \iota \quad F = 9 \cdot 10^6 \text{ kgr}^* \quad \eta \quad F = 9000 \text{ tn}^*$$

Τὸ παράδειγμα τοῦτο δεικνύει πόσον μεγάλα εἶναι αἱ ἀναπτυσσόμεναι ηλεκτρικαὶ δυνάμεις.

139. Διανομή τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου. Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ηλεκτρισμένην μεταλλικὴν σφαῖραν. Ἐνεκα τῆς ἀπόσεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται μεταξύ τῶν ὁμωνύμων ηλεκτρικῶν φορτίων τῆς σφαίρας, τὰ φορτία μετακινουῦνται καὶ λαμβάνουν θέσιν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλων ἀγωγῶν δὲν ὑπάρχουν ηλεκτρικά φορτία. Τοῦτο ἐπαληθεύομεν πειραματικῶς μετὰ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ηλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ σφαιριδίου. Τὸ δοκιμαστικὸν σφαιρίδιον εἶναι μεταλλικὸν σφαιρίδιον στερεωμένον εἰς τὸ ἄκρον ὑαλίνης ράβδου (σχ. 148). Ὅταν φέρωμεν τὸ σφαιρίδιον εἰς ἐπαφήν μετὰ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ηλεκτρισμένου κοίλου ἀγωγοῦ, τὸ σφαιρίδιον λαμβάνει ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ηλεκτρικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, ὅταν φέρεται εἰς ἐπαφήν μετὰ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.

Σχ. 148. Εὐρεσις τῆς κατανομῆς τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου

Ἐπὶ ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ τὸ ηλεκτρικὸν φορτίον κατανέμεται ὁμοιομόρφως. Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς φέρῃ ἀκμὰς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρώνεται εἰς τὰ σημεῖα αὐτά, διότι, ἔνεκα τῆς ἀπόσεως τῶν ὁμωνύμων ηλεκτρικῶν φορτίων, ταῦτα προσπαθοῦν νὰ καταφύγουν εἰς τὰ ἀπώτερα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἐξῆς :

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

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

89. Δύο θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = 50$ C.G.S. καὶ $Q_2 = 80$ G.C.S. εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Ἡ μεταξὺ τῶν φορτίων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἄπωση ;

90. Δύο ἴσα ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθόνται μὲ δύναμιν 25 dyn, ὅταν ἡ μεταξὺ τῶν ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόσον εἶναι ἕκαστον φορτίον ;

91. Εἰς τὰ ἄκρα Α καὶ Β μιᾶς εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εἶναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποῖαν θέσιν πρέπει νὰ τεθῆ ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ὥστε αἱ ἐπ' αὐτῆς ἀσκούμεναι δράσεις ἐκ μέρους τῶν δύο φορτίων νὰ ἔχουν συνισταμένην μηδέν ;

92. Ὁρθογώνιον παραλλήλογράμμον ἔχει πλευρὰς 3 cm καὶ 4 cm. Εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ παραλλήλογράμμου εὐρίσκονται τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία + 125, + 36, - 32 καὶ + 1 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν τριῶν ἄλλων φορτίων ἐπὶ τοῦ φορτίου + 1 C.G.S.

93. Δύο ὁμοίαι μικρὰ μεταλλικὰ σφαῖρα ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον μὲ δύο νήματα μετὰξυς μήκους 20 cm. Ἐκάστη σφαῖρα ἔχει βάρος 0,5 gr* καὶ φέρει φορτίον + Q. Ὅταν αἱ σφαῖραι ἰσοροποῦν, τὰ δύο νήματα σχηματίζουν γωνίαν 30°. Πόσον εἶναι τὸ φορτίον ἐκάστης σφαῖρας ;

Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ι Κ Ο Ν Π Ε Δ Ι Ο Ν

140. Σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ὅταν ἐν σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον, τότε τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ σώματος τούτου ἐξασκεῖ ἑλξεις ἢ ἀπώσεις ἐπὶ παντὸς ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον φέρεται εἰς τὸν περίξ τοῦ σώματος χῶρον. Λέγομεν τότε ὅτι περίξ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει ἠλεκτρικὸν πεδίον. Ὡστε :

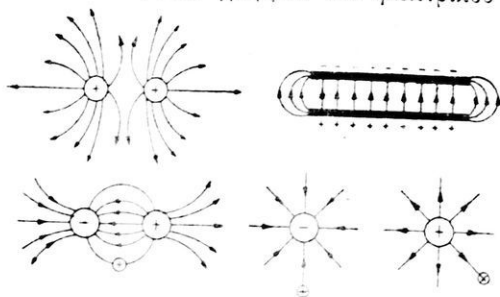
Ἡλεκτρικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκούνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χῶρου τούτου.

Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν ἐλεύθερον ὕλικὸν σημεῖον, τὸ ὁποῖον ἔχει θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ μία ὠρισμένη δύναμις, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὸ ὕλικὸν

σημείον να διαγράφη μίαν εὐθύγραμμον ἢ καμπυλόγραμμον τροχιάν. Ἡ τροχιά αὕτη καλεῖται **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον ἐμπειρικὸν ὀρισμὸν :

Δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ **τροχιά**, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Εἰς ἕκαστον σημείον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ κινουμένου θετικοῦ φορτίου, εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Εἰς τὸ σχῆμα 149 δεικνύονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς διαφόρους περι-

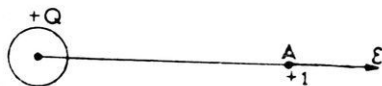


Σχ. 149. Διαφοραὶ περιπτώσεις ἠλεκτρικοῦ πεδίου

πτώσεις. Μεταξὺ δύο ἐπερωνόμεως ἠλεκτρισμένων παραλλήλων πλακῶν σχηματίζεται ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίου, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι (§ 215).

Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Εἰς ἕν

σημεῖον Α τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου φέρεται μικρὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον + q. Τὸ πεδίου ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου μίαν δύναμιν F, ἀνάλογον πρὸς τὸ φορτίον q, ἥτις $F = E \cdot q$. Ὁ συντελεστὴς E καλεῖται **έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου** εἰς τὸ σημεῖον Α καὶ ὀρίζεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :



Σχ. 150. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q}.$$

Ἡ ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ἀνυσματικὸν μέγεθος καὶ συμβατικῶς ἔχει τὴν φοράν τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἠλεκτρικοῦ φορτίου + q, φερομένου εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ πεδίου. Ὡστε :

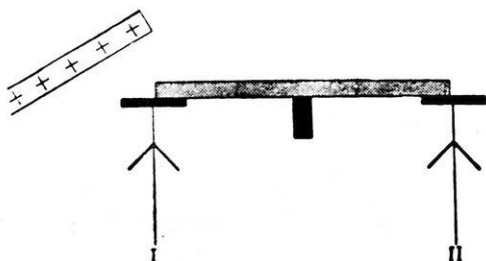
Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως F , ἢ ὁποῖα ἐνεργεῖ ἐπὶ ἠλεκτρικοῦ φορτίου $+q$, φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου, διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ τούτου φορτίου.

Μονὰς ἐντάσεως ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι :

εἰς τὸ ΗΣΜ : 1 dyn/ΗΣΜ - φορτίου εἰς τὸ Μ.Κ.Σ.Α. : 1 N/Cb.

141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Λαμβάνομεν δύο ὅμοια ἠλεκτροσκόπια καὶ ἐπὶ τῶν δύο δίσκων τῶν στηρίζομεν τὰ δύο ἄκρα μα-

κρᾶς μεταλλικῆς ράβδου (σχ. 151). Εἰς τὸ ἓν ἠλεκτροσκόπιον πλησιάζομεν ἠλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ἠλεκτρικὰ φορτία, ἂν καὶ ἡ ἠλεκτρισμένη ὑαλίνη ράβδος δὲν ἦλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ κανὲν ἐξ αὐ-

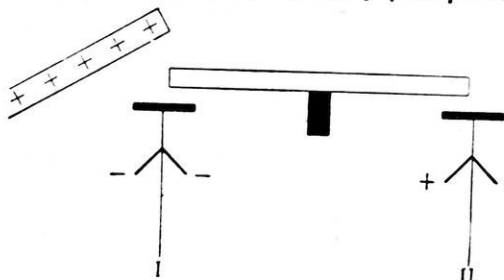


Σχ. 151. Τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ἠλεκτρικὰ φορτία

τῶν. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μεταλλικὴν ράβδον, κρατοῦντες αὐτὴν ἐκ τῆς μονωτικῆς λαβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι, καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ὑαλίνης ράβδου, τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἕτερονύμως ἠλεκτρισμένα (σχ. 152). Ἐὰν ὅμως συνδέσωμεν τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια διὰ τῆς μεταλλικῆς ράβδου, καὶ ἀπομακρύνωμεν τὴν ὑαλίνην ράβδον, τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο ἠλεκτροσκοπιῶν ἐξαφανίζονται. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια φέρουν ἴσα ἕτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία.

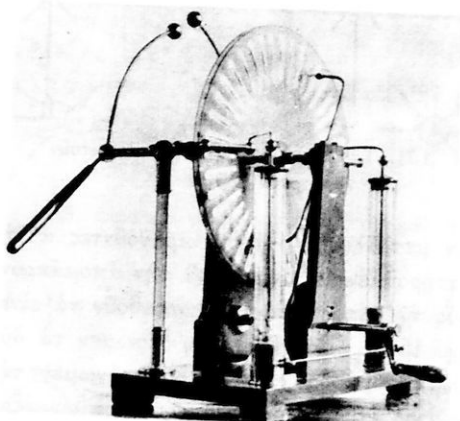
Ὅταν ἀρχικῶς ἡ μεταλλικὴ ράβδος στηρίζεται ἐπὶ τῶν δίσκων τῶν δύο ἠλεκτροσκοπιῶν, τότε τὰ μεταλλικὰ στελέχη τῶν καὶ ἡ ράβδος ἀποτελοῦν ἓνα συνεχῆ μεταλλικὸν ἀγωγόν. Ὁ ἀγωγὸς οὗτος, ὅταν εὔρεθῃ ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τῆς ὑαλίνης ράβδου, ἠλεκτρίζεται καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐμφανίζονται ἴσα ἕτερόνυμα φορτία. Ὁ τοιοῦτος τρόπος ἠλεκτρίσεως ἀγωγῶν καλεῖται **ἠλέκτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς** (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ὡστε :

Όταν άγωγός εύρεθῆ ἐντὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσα ἑτερώνυμα φορτία.



Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ἠλεκτροσκοπίων εἶναι ἑτερώνυμα

σόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς ἑτερώνυμα ἠλεκτρικά φορτία εἰς δύο μεταλλικά σφαιρίδια (σχ. 153).



Σχ. 153. Ἡλεκτροστατική μηχανή τοῦ Wimshurst

σημεῖον B μέχρι τοῦ ἀπείρου (ὅπου γίνεται $E = 0$). Κατ' αὐτὴν τὴν μεταφορὰν τοῦ φορτίου $+q$ παράγεται ἔργον W. Τότε ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὀρισμός :

Δυναμικόν (U) τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου (W), τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου

Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρίσεως ἐξ ἐπαγωγῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς ἠλεκτροστατικῆς μηχανῆς τοῦ Wimshurst, ἡ ὁποία συγκεντρώνει τὰ ἀναπτυσ-

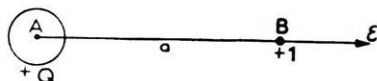
142. Δυναμικόν.

Μικρὸς σφαιρικός άγωγός A ἔχει ἠλεκτρικὸν φορτίον $+Q$, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ περίε τοῦ άγωγοῦ ἠλεκτρικὸν πεδίου. Εἰς ἓν σημεῖον B τοῦ πεδίου, ὅπου ἡ έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι E, φέρεται μικρὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον $+q$. Τότε ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις $F = E \cdot q$. Ἐάν τὸ φορτίον q εἶναι ἐλεύθερον, τότε ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου θά μεταφερθῆ ἀπὸ τὸ

κατά την μεταφοράν τοῦ φορτίου $+q$ ἀπὸ τὸ θεωρούμενον σημεῖον μέχρι τοῦ ἀπείρου, διὰ τοῦ φορτίου q .

$$\text{δυναμικόν: } U = \frac{W}{+q}$$

Εἶναι προφανές ὅτι τὸ δυναμικὸν ἐκφράζει τὸ ἀνὰ μονάδα θετικοῦ φορτίου παραγόμενον ἔργον. Ἐπειδὴ τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου ἀρχίζει ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ A, δυνάμεθα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον ὀρισμὸν:



Δυναμικὸν ἑνὸς ἀγωγοῦ κα- Σχ. 154. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τοῦ δυναμικοῦ λείπει τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ἀγωγοῦ τούτου, ὅταν τὸ φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἀπείρου.

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

Εἶναι φανερόν ὅτι ἀγωγὸς ἔχει δυναμικόν, ὅταν εἶναι ἠλεκτρισμένος. Ἐπειδὴ τὸ ἔδαφος οὐδέποτε παρουσιάζεται ἠλεκτρισμένον, δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι:

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἔδαφους εἶναι ἴσον μὲ μηδέν.

143. Διαφορὰ δυναμικοῦ. Δύο ἠλεκτρισμένοι 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 μεταξύ τῶν δύο ἀγωγῶν A καὶ B ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ τάσις ἴση μὲ $U_1 - U_2$.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ δύο ἀγωγῶν ἐκφράζει τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου $+1$ ἐκ τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω ὀρισμοῦ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ προκύπτει τὸ ἐξῆς συμπέρασμα:

Ἐάν ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α μετεφερθῆ εἰς τὸν ἀγωγὸν Β ἠλεκτρικὸν φορτίον Q, τότε κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ φορτίου τούτου παράγεται ἔργον ἴσον μὲ τὸ γινόμενον τοῦ φορτίου Q ἐπὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ $U_1 - U_2$.

$$\text{Ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν φορτίου: } W = Q \cdot (U_1 - U_2)$$

Μεταφορὰ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α εἰς τὸν ἀγωγὸν Β δύναται νὰ γίνῃ εὐκόλως, ἂν συνδέσωμεν τοὺς δύο ἀγωγούς μὲ ἓν σύρμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου θὰ μᾶς δώσῃ ἔργον.

144. Μονάδες δυναμικοῦ. Ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς Α ἔχει δυναμικὸν U. Μεταξὺ τοῦ ἀγωγοῦ Α καὶ τοῦ ἐδάφους ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ $U - 0 = U$. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐξίσωσις :

$$W = Q \cdot (U_1 - U_2) \quad \text{γράφεται: } W = Q \cdot U, \quad \text{ἄρα } U = \frac{W}{Q}$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις μᾶς βοηθεῖ νὰ ὀρίσωμεν τὰς μονάδας δυναμικοῦ. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

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

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

Εἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. ἡ μονὰς δυναμικοῦ καλεῖται Volt (1 V) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

Τὸ δυναμικὸν ἑνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἴσον μὲ 1 Volt, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν φορτίου 1 Coulomb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 1 Joule.

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

Ἡ σχέσηις μεταξύ τῆς πρακτικῆς μονάδος Volt καὶ τῆς ΗΣΜ — δυναμικοῦ εὐρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι :

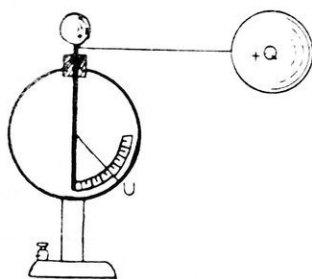
$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}} \quad \text{ἄρα}$$

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

Μὲ τὰς ἀνωτέρω δύο μονάδας δυναμικοῦ μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ δύο ἀγωγῶν ἢ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ 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 ἴσον μὲ 220 Joule. Ἐπίσης, ὅταν λέγομεν ὅτι ἠλεκτρισμένος ἀγωγὸς ἔχει δυναμικὸν 500 000 Volt, ἐννοοῦμεν ὅτι, ἂν ἀφήσωμεν νὰ μετακινηθῇ 1 Cb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ ἕως τὸ ἔδαφος, θὰ παραχθῇ ἔργον ἴσον μὲ 500 000 Joule.

145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται μὲ εἰδικὸν ὄργανον, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἡ λ ε κ τ ρ ὀ μ ε τ ρ ο ν. Τοῦτο εἶναι σύνηθες ἠλεκτροσκόπιον (σχ. 155), τοῦ ὁποίου τὰ φύλλα μετακινουῦνται ἔμπροσθεν τόξου φέροντος διαιρέσεις εἰς Volt.

Ἐστω ὅτι εἰς σφαιρικὸς ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q. Μὲ τὸ ἠλεκτρόμετρον εὐρίσκομεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος ἔχει δυναμικὸν U. Ἐὰν τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ γίνῃ 2Q, 3Q... εὐρίσκομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ γίνεται ἀντιστοίχως 2U, 3U... Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου διὰ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ ἔχει σταθερὰν τιμὴν, ἐφ' ὅσον πλησίον αὐτοῦ δὲν ὑπάρχουν ἄλλοι ἀγωγοί. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καταλήγομεν εἰς τὸν ὀρισμὸν ἐνὸς νέου φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι σταθερὸν δι' ἕκαστον ἀγωγὸν καὶ καλεῖται **χωρητικότης** τοῦ ἀγωγοῦ :



Σχ. 155. Ἠλεκτρόμετρον

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

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

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

Ἡλεκτροστατικὴ μονάς χωρητικότητας εἶναι ἡ χωρητικότης άγωγού, ὁ ὁποῖος φέρει 1 ἠλεκτροστατικὴν μονάδα φορτίου καὶ ἔχει δυναμικὸν ἴσον μὲ 1 ἠλεκτροστατικὴν μονάδα δυναμικοῦ.

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

Εἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. ἡ μονάς χωρητικότητας καλεῖται **Farad** (1 F) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

Ἡ χωρητικότης άγωγού εἶναι ἴση μὲ 1 Farad, ὅταν ὁ άγωγός φέρῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον 1 Coulomb καὶ ἔχη δυναμικὸν 1 Volt.

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

Ἡ σχέσης μεταξύ τῆς πρακτικῆς μονάδος Farad καὶ τῆς ΗΣΜ—χωρητικότητας εὐρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι :

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

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

Εἰς τὴν πράξιν χρησιμοποιεῖται συνήθως ἡ μονάς microfarad (μF), ἡ ὁποία εἶναι :

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{10^6} \text{ Farad} \quad \text{ἄρα} \quad 1 \mu\text{F} = 9 \cdot 10^5 \text{ ΗΣΜ} - \text{χωρητικότητας.}$$

146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν r εἶναι ἡ ἀκτίς ἑνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ καὶ Q τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον του, τότε ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι: $U = \frac{Q}{r}$. Ἡ χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι: $C = \frac{Q}{U}$. Ἀπὸ τὰς δύο αὐτὰς σχέσεις εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι $C = r$. Ἄρα:

Ἡ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰς ΗΣΜ — χωρητικότητος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὴν ἀκτίνα τοῦ ἀγωγοῦ μετρηθεῖσαν εἰς ἑκατοστόμετρα.

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

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

147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ. Μεμονωμένος ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q καὶ ἔχει δυναμικὸν U . Διὰ τὴν φόρτισιν τοῦ ἀγωγοῦ δαπανᾶται ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Μεμονωμένος ἀγωγός, ἔχων ἠλεκτρικὸν φορτίον Q , δυναμικὸν U καὶ χωρητικότητα C , περικλείει ἐνέργειαν:

$$\text{ἐνέργεια ἀγωγοῦ: } W = \frac{1}{2} Q \cdot U \text{ ἢ } W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν εἶναι $Q = 2 \text{ Cb}$ καὶ $U = 30 \text{ Volt}$ ἡ ἐνέργεια τοῦ φορτισμένου ἀγωγοῦ εἶναι:

$$W = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ Cb} \cdot 30 \text{ V} = 30 \text{ Joule}$$

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

94. Εἰς ἓν σημεῖον εὐρίσκεται ἠλεκτρικὸν φορτίον $Q = 150 \text{ C.G.S.}$ Πόση εἶναι ἡ ἔνταση τοῦ ὑπὸ τοῦ φορτίου Q παραγομένου ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm καὶ 10 cm;

95. Εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο ἠλεκτρικὰ φορτία $+Q$ καὶ $+4Q$. Εἰς ποῖον σημεῖον ἡ ἔνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ἴση μὲ μηδέν;

96. Εἰς τὰς κορυφὰς τετραγώνου, ἔχοντος πλευρὰν 4 cm, εὐρίσκονται κατὰ σειρὰν τὰ φορτία +100, +100, -100 καὶ -100 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου ;

97. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἴση μὲ 4,5 Volt. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ μεταφερθῇ ἐκ τοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον, διὰ νὰ λάβωμεν ἔργον 90 Joule.

98. Ἄγωγός ἔχει χωρητικότητα 250 C.G.S. Πόσον φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἀγωγός, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ δυναμικὸν 0,1 Volt ;

99. Ἄγωγός ἔχει χωρητικότητα 10 μF καὶ δυναμικὸν 4 Volt. Πόσον εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ ;

100. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ σφαιρικός ἀγωγός, ἀκτίνος 5 cm, διὰ νὰ ἔχῃ δυναμικὸν 10 Volt ;

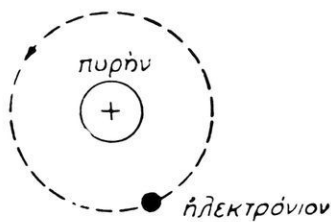
101. Ἄγωγός ἔχει χωρητικότητα 8 μF καὶ δυναμικὸν 100 Volt. Πόσον εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον του καὶ πόση εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀγωγοῦ ;

102. Σφαιρικός ἀγωγός ἔχει ἀκτίνα 10 cm. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἀγωγός, διὰ νὰ ἔχῃ ἐνέργειαν 5 Joule ;

103. Δύο μεταλλικαὶ σφαῖραι A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνες $R_1 = 5$ cm καὶ $R_2 = 20$ cm. Τὸ δυναμικὸν ἐκάστης σφαίρας εἶναι ἀντιστοίχως $U_1 = 100$ καὶ $U_2 = 60$ C.G.S. Διὰ μίαν στιγμὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰς δύο σφαῖρας καὶ ἔπειτα τὰς ἀπομακρύνομεν. Νὰ εὐρεθῇ : α) τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῆς μὲ τὴν ἄλλην καὶ β) τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνεργειῶν τῶν δύο σφαιρῶν πρὸ τῆς ἐπαφῆς τῶν καὶ μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῶν.

ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειώδεις ἠλεκτρικὸν φορτίον. Εἰς τὰ προηγούμενα φαινόμενα τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία συμπεριφέρονται κατὰ τὸν



Σχ. 156. Ἄτομον ὕδρογόνου

ἴδιον τρόπον. Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία ἀναπτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἄρα ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὅποια ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία εἶναι στενῶτατα συνδεδεμένα μὲ τὰ συστατικὰ τῆς ὕλης. Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου εἶναι τὸ ἀπλούστερον ἐξ ὕλων τῶν ἀτόμων. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα θετικῶς ἠλεκτρισμένον πυρῆνα (σχ. 156), ὁ

ὅποιος καλεῖται **πρωτόνιον**. Πέριξ τοῦ πυρῆνος περιφέρεται μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχιάς ἐν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὅποιον καλεῖται **ἠλεκτρόνιον**. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου

εἶναι ἴση μὲ τὸ $\frac{1}{1840}$ τῆς ὅλης μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Τὸ

ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μὲ τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος. Τὸ φορτίον τοῦτο καλεῖται **στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον (e)** καὶ εἶναι ἴσον μὲ

$1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Ἐκ τῶν

μετρήσεων εὐρέθη, ὅτι

τὸ στοιχειῶδες ἠλεκτρι-

κὸν φορτίον e ἀποτελεῖ

τὴν μικροτέραν ποσότη-

τα ἠλεκτρισμοῦ, διότι

οὐδέποτε παρετηρήθη ἠ-

λεκτρικὸν φορτίον μικρό-

τερον τοῦ στοιχειῶδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἅτομα τῶν ἄλλων στοι-

χείων ἔχουν περισσότερον πολὺπλοκον κατασκευήν, ἀποτελοῦνται ὅμως

πάντοτε ἀπὸ ἓνα θετικῶς ἠλεκτρισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ ὠρισμένον

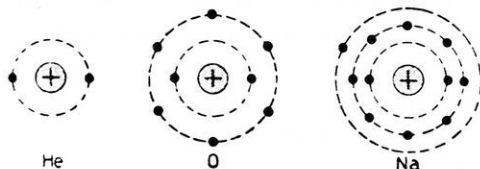
δι' ἕκαστον εἶδος ἀτόμου ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων, τὰ ὅποια περιφέρον-

ται πέριξ τοῦ πυρῆνος (σχ. 157). Ὅταν τὸ ἅτομον εἶναι οὐδέτερον, τὸ

θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον

μὲ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοι-

πὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 157. Ἄτομα ἠλίου, ὀξυγόνου καὶ νατρίου

I Τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι πάντοτε ἀκέραια πολλαπλάσια τοῦ στοιχειῶδους φορτίου τοῦ ἠλεκτρονίου :

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

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

III. Τὰ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρονίου, τὸ ὅποιον εἶναι κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

149. Έμφάνις ηλεκτρικῶν φορτίων. Τὰ φαινόμενα τοῦ ηλεκτρισμοῦ ὀφείλονται εἰς τὴν ιδιότητα τῶν ηλεκτρονίων νὰ ἀποσπῶνται ἀπὸ ἓν ἄτομον καὶ νὰ προστίθενται εἰς ἓν ἄλλον ἄτομον. Ὄταν ὅμως τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον στερηθῇ ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ηλεκτρονίων, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται θετικῶς ηλεκτρισμένον. Ἀντιθέτως, ἂν τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον προσλάβῃ ηλεκτρόνια, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ηλεκτρισμένον. Τὰ τοιαῦτα ηλεκτρισμένα ἄτομα ἢ μόρια καλοῦνται **ἰόντα** (θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ ἰόντα). Ἰδιαιτέρως τὰ ἄτομα τῶν μετάλλων ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ μεταβάλλονται εἰς θετικὰ ἰόντα, διότι 1, 2 ἢ 3 ἐκ τῶν ηλεκτρονίων τοῦ ἀτόμου πολὺ εὐκόλως ἐγκαταλείπουν τὸ ἄτομον τοῦ μετάλλου. Τὰ εὐκίνητα αὐτὰ ηλεκτρόνια τῶν μετάλλων καλοῦνται **ἐλεύθερα ηλεκτρόνια**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται τὸ ἐξῆς συμπέρασμα :

Ἐν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ηλεκτρισμένον, ὅταν ἔχη χάσει ηλεκτρόνια καὶ ἀντιθέτως ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ηλεκτρισμένον, ὅταν ἔχη περίσσειαν ηλεκτρονίων.

150. Ἐξήγησις τῆς ηλεκτρίσεως τῶν σωμάτων. Ὄταν προστρίβωμεν δύο διαφορετικὰ σώματα Α καὶ Β (π.χ. ρητίνην καὶ ὕψασμα), φέρομεν τὰ σώματα αὐτὰ εἰς πολὺ στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο σώματα ηλεκτρίζονται ἑτερονόμως. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ηλεκτρόνια μετέβησαν ἀπὸ τὸ ἓν σῶμα εἰς τὸ ἄλλο καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἓν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ηλεκτρισμένον, τὸ δὲ ἄλλο σῶμα ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ηλεκτρισμένον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν.

Ὄταν δύο διαφορετικὰ σώματα ἔρχονται εἰς στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των, τότε ηλεκτρόνια μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ οὕτως ἐπὶ τῶν δύο σωμάτων ἐμφανίζονται ἴσα ἑτερόνυμα ηλεκτρικὰ φορτία.

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

ήλεκτρονίων του άγωγού Β μεταβαίνει εις τὸ σῶμα Α καὶ οὕτως ὁ άγωγός Β ἐμφανίζεται θετικῶς ήλεκτρισμένος. "Ὡστε :

"Όταν ήλεκτρισμένον σῶμα έρχεται εις έπαφήν με μεμονωμένον οὐδέτερον άγωγόν, τότε ή έρχονται επ' αὐτοῦ ήλεκτρόνια ή άποσπώνται από αὐτὸν ήλεκτρόνια καὶ οὕτως ἐμφανίζονται ἐπὶ τοῦ άγωγοῦ άρνητικά ή θετικά ήλεκτρικά φορτία.

Τέλος, εἰάν μεμονωμένος οὐδέτερος άγωγός εὐρεθῆ έντός ήλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ελεύθερα ήλεκτρόνια τοῦ άγωγοῦ μετακινοῦνται ὑπὸ τήν επίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εις δύο περιοχάς τοῦ άγωγοῦ ἐμφανίζονται ἴσα έτερόνυμα ήλεκτρικά φορτία. "Ὡστε :

Ἡ ήλεκτρισ ἐνός άγωγοῦ ἐξ έπαγωγῆς ὀφείλεται εις τήν μετακίνησην τῶν ελευθέρων ήλεκτρονίων τοῦ άγωγοῦ ὑπὸ τήν επίδρασιν τοῦ ήλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἐναντιθέτως πρὸς τοὺς άγωγούς, οἱ μονωταὶ ἔχουν τήν ιδιότητα νά διατηροῦν έντοπισμένα τὰ άναπτυσσόμενα επ' αὐτῶν ήλεκτρικά φορτία. Οὕτως, εἰάν εις μίαν περιοχήν τοῦ μονωτοῦ παρουσιασθῆ ἔλλειψις ἢ περίσσεια ήλεκτρονίων, τὸ θετικόν ή τὸ άρνητικόν ήλεκτρικόν φορτίον μένει έντοπισμένον εις τήν περιοχήν αὐτήν τοῦ μονωτοῦ. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ μονωτής δέν ἔχει ελεύθερα ήλεκτρόνια.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

104. Ἄγωγός ἔχει φορτίον — 6,4 Cb. Πόσος εἶναι ὁ αριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ήλεκτρονίων, τὰ ὁποία φέρει ὁ άγωγός :

105. Ἄγωγός ἔχει φορτίον +3,2 Cb. Πόσα ήλεκτρόνια ἔχασεν ὁ άγωγός :

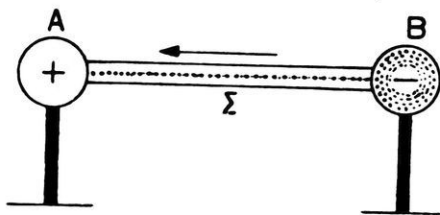
106. Δύο έτερόνυμα στοιχειώδη ήλεκτρικά φορτία +e καὶ — e εὐρίσκονται εις άπόστασιν 1 mm. Πόση εἶναι ή μεταξὺ αὐτῶν άσκούμένη ἔλξις :

107. Μεταξὺ δύο άγωγῶν ὑπάρχει διαφορά δυναμικοῦ 1 Volt. Ἐν ήλεκτρονιον μεταβαίνει από τὸν ἕνα άγωγόν εις τὸν άλλον. Πόσον έργον εις έργια καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτήν τήν μετακίνησην τοῦ ήλεκτρονίου :

Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ι Κ Ο Ν Ρ Ε Υ Μ Α

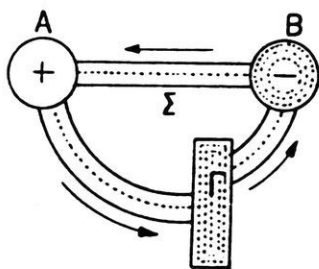
151. Παραγωγή ροῆς ήλεκτρονίων. Δύο ἴσοι σφαιρικοὶ άγωγοὶ Α καὶ Β (σχ. 158) φέρουν φορτία + Q καὶ — Q. Τὸ δυναμικόν ἐκάστου άγωγοῦ εἶναι άντιστοίχως + U καὶ — U. Ἐάν συνδέσωμεν με σύρμα τοὺς δύο άγωγούς, τότε τὰ ἐπὶ τοῦ άγωγοῦ Β πλεονάζοντα ήλε-

κτρόνια θα έλθουν διά μέσου τοῦ σύρματος εἰς τὸν ἄγωγὸν Α καὶ οἱ δύο ἄγωγοὶ θα γίνουν οὐδέτεροι. Ἡ τοιαύτη ροὴ ἠλεκτρονίων διά μέσου τοῦ σύρματος ἀποτελεῖ **ἠλεκτρικὸν ρεῦμα**. Ἡ διάρκεια τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἦτο ἐλαχίστη. Ἐὰν θέλωμεν νὰ διατηρηθῇ συνεχῆς αὕτη ἢ ροὴ τῶν ἠλεκτρονίων, πρέπει συνεχῶς νὰ ἀφαιροῦνται ἀπὸ τὸν



Σχ. 158. Ροὴ ἠλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἄγωγου Β πρὸς τὸν ἄγωγὸν Α

ἔπαναφορά τῶν ἐπὶ τοῦ ἄγωγου Β ἐπιτυγχάνεται μὲ εἰδικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **γεννήτριαι ρεύματος** ἢ καὶ ἀπλῶς **γεννήτριαι**. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν ὅτι εἶναι ἀντλίας ἠλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἄγωγοὶ Α καὶ Β ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας (θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος). Τὸ



Σχ. 159. Ἡ γεννήτρια (Γ) εἶναι μία ἀντλία ἠλεκτρονίων

ρεύματος καλεῖται **συμβατικὴ φορά** καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὴν τεχνικὴν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὰ ἐξῆς συμπεράσματα :

I. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ροὴ ἠλεκτρονίων.

II. Ἡ γεννήτρια δημιουργεῖ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς σταθε-

ἄγωγὸν Α τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἠλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρωνται ἐπὶ τοῦ ἄγωγου Β. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρῆται σταθερὰ ἡ διαφορά δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄγωγῶν Α καὶ Β. Ἡ συνεχῆς ἀφαίρεσις τῶν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἄγωγὸν Α καὶ ἡ

ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σύρμα Σ, ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὕτη τοῦ ρεύματος καλεῖται **πραγματικὴ φορὰ**, διότι, πρὶν διευκρινισθῇ ἡ φύσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐδέχθησαν κατὰ συνθήκην ὅτι τὸ ρεῦμα βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὕτη τοῦ

ρὰν διαφορὰν δυναμικοῦ (τάσιν), ἔνεκα τῆς ὁποίας προκαλεῖται συν-εχῆς ροὴ ἤλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τῆς.

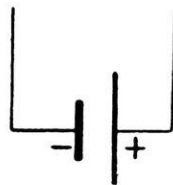
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φοράν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φορᾶς δὲν ἐμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

152. Εἶδη γεννητριῶν. Εἰς τὴν πράξιν χρησιμοποιοῦνται συνή-θως τὰ ἑξῆς εἶδη γεννητριῶν :

α) Τὰ **ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα**, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται σήμε-ρον μόνον διὰ τὴν λειτουργίαν μικρῶν φορητῶν συ-σκευῶν (ἠλεκτρικοὶ φανοὶ τσέπης, ραδιόφωνα, ἀκου-στικά κ.ἄ.).

β) Οἱ **συσσωρευταί**, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποι-οῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμο-γὰς (αὐτοκίνητα, ραδιόφωνα, ὑποβρύχια, ἐργαστή-ρια κ.ἄ.).

γ) Αἱ **ἠλεκτρικαὶ μηχαναί**, αἱ ὁποῖαι ἀποτε-λοῦν τὸ κυριώτερον εἶδος γεννητριῶν καὶ χρησιμο-ποιοῦνται διὰ τὴν βιομηχανικὴν παραγωγὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Συμ-βολικῶς θὰ παριστῶμεν τὴν γεννήτριαν διὰ δύο ἀνίσων παραλλήλων εὐθειῶν (σχ. 160).



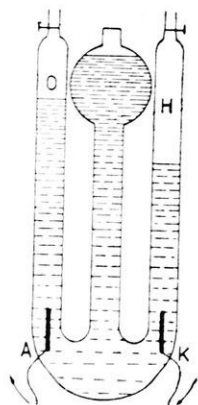
Σχ. 160. Συμβο-λικὴ παράστασις γεννητρίας

153. Ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ διέλευ-σις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἑνὸς ἀγωγοῦ προδίδεται ἀπὸ διάφορα φαινόμενα.

α) **Θερμικὰ φαινόμενα.** Ὄταν μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα πάντοτε θερμαίνεται. Ἐπὶ τοῦ φαινο-μένου τούτου στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος διὰ πυρακτώσεως καὶ τῆς ἠλεκτρικῆς θερμάστρας.

β) **Χημικὰ φαινόμενα.** Ὄταν τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τῶν ὕδατικῶν διαλυμάτων ὀξέων, βάσεων καὶ ἀλάτων, προκαλεῖ ὠρισμένας χημικὰς ἀποσυνθέσεις. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἠλεκτρόλυσις**, τὰ δὲ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα καλοῦνται **ἠλεκτρολύται**. Ἡ συσκευή,

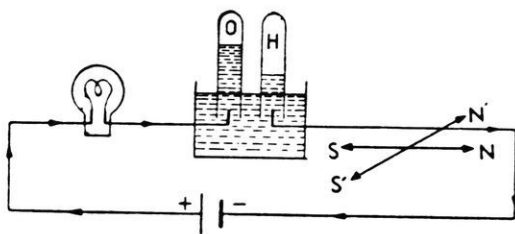
διὰ τῆς ὁποίας γίνεται ἡ ἠλεκτρόλυσις καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὅποια συνδέονται μὲ τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητήριας, καλοῦνται ἀντιστοίχως **ἀνόδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν



Σχ. 161. Βολτάμετρον

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

γ) **Μαγνητικὰ φαινόμενα.** Ἐάντιθεν ἡρεμούσης μαγνητικῆς βελόνης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἀγωγὸν διαρ-



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

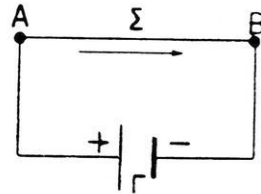
ρέομενον ὑπὸ ρεύματος (σχ. 163). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀμέσως ἀποκλίνει καὶ τείνει νὰ τοποθετηθῇ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα πα-

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

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα.

Εἰς τὸ σχῆμα 163 φαίνονται αἱ διάφοροι δράσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

154. Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Μεταξύ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας διατηρεῖται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ (§ 151). Τότε τὸ σύρμα, τὸ ὁποῖον συνδέει τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 164). Τοῦτο ἔχει φοράν σταθεράν ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸ ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας (συμβατικὴ φορά). Τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ φορά διατηρεῖται σταθερὰ, καλεῖται **συνεχὲς ρεῦμα**. Εἰς χρόνον t δι' ἐκάστης τομῆς τοῦ σύρματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν φορτίον Q .



Σχ. 164. Συνεχὲς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα

Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ μονάδα χρόνου.

$$\text{ἔντασις ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{χρόνος}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Εἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. ὡς μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνεται τὸ **1 Ampère (1 A)**, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

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

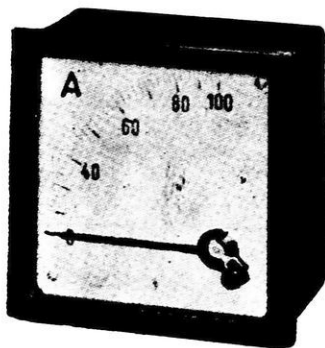
$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος:} \quad 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Cb/sec}$$

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

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

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται μετὰ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα

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

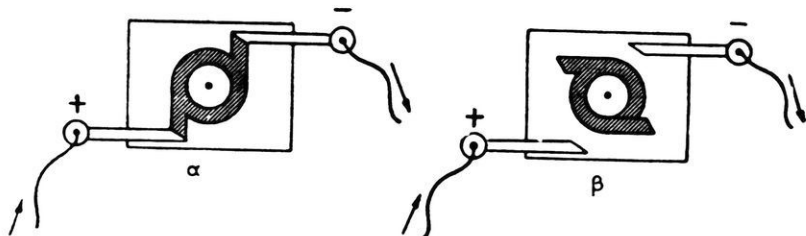


Σχ. 165. Ἄμπερόμετρον

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

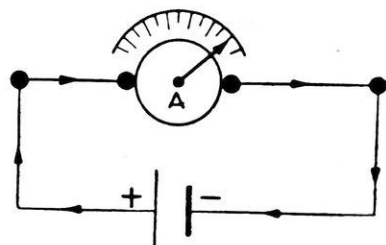
Καθ' ὄλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερά.

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

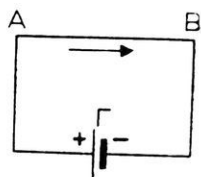


Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστὸν, β ἀνοικτὸν κύκλωμα)

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



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

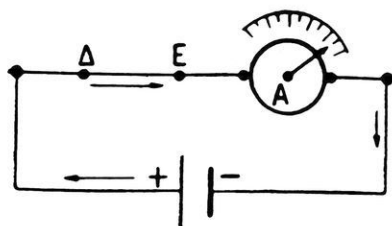


Σχ. 167. Κλειστὸν κύκλωμα

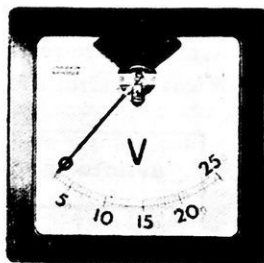
ται εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν ὅτι τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἀνοίγμα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ὅταν οἱ πόλοι τῆς γεννητρίδας συνδέωνται μὲ σύρμα, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως I , τὴν ὁποίαν μετροῦμεν μὲ ἀμπερόμετρον (σχ. 169). Τὸ τμήμα ΔΕ τοῦ σύρματος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ συνεπῶς μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Διὰ τὴν μέ-



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

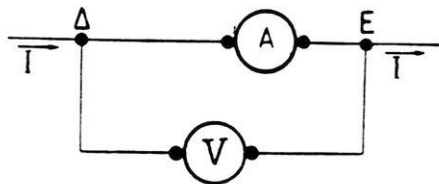


Σχ. 170. Βολτόμετρον

τρησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **βολτόμετρα** (σχ. 170) καὶ τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος (ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα). Τὴν ἀρχὴν, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ἀμπερομέτρων καὶ τῶν βολτομέτρων, θὰ ἐξετάσωμεν εἰς ἄλλο κεφάλαιον (§ 191). Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο σημείων Δ καὶ Ε (σχ. 171) παρεμβάλλομεν τὸ βολτόμετρον κατὰ διακλάδωσιν μεταξύ τῶν δύο τούτων σημείων, χωρὶς νὰ κόψωμεν τὸ κύκλωμα. Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν μεταξύ δύο σημείων τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ τὸ ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα.

157. Νόμος του Ohm δια τμήμα άγωγού. Είς τὰ άκρα άμογενούς σύρματος ύπάρχει διαφορά δυναμικοϋ U (σχ. 171). Τότε τὸ



Σχ. 171. Μεταξύ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ύπάρχει διαφορά δυναμικοϋ U

ρεύμα ἔχει ένταση I . Μεταβάλλομεν τήν διαφοράν δυναμικοϋ (π.χ. διά τῆς χρησιμοποίησης περισσοτέρων γεννητριῶν). Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ τάσις γίνεται $2U, 3U, 4U, \dots$ ἡ ένταση τοῦ ρεύματος γίνεται ἀντιστοίχως $2I, 3I, 4I, \dots$ Οὕτω τὸ πηλίκον τῆς τάσεως διά τῆς έντάσεως τοῦ ρεύματος παραμένει πάντοτε σταθερὸν διά τὸ τμήμα τοῦτο τοῦ σύρματος. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι :

Τὸ πηλίκον τῆς διαφοράς δυναμικοϋ (U), ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ άκρα τοῦ άγωγού, διά τῆς έντάσεως (I) τοῦ ρεύματος, εἶναι σταθερὸν καὶ καλεῖται αντίστασις (R) τοῦ άγωγού.

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

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσηις ἐκφράζει τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Ohm :

Ἡ έντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τήν διαφοράν δυναμικοϋ, ἡ ὁποία ύπάρχει εἰς τὰ άκρα τοῦ άγωγού, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τήν αντίστασιν αὐτοῦ.

$$\text{νόμος τοῦ Ohm: } I = \frac{U}{R}$$

158. Μονὰς αντίστάσεως. Εἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. ὡς μονὰς αντίστάσεως εἶναι τὸ 1 Ohm (1Ω), ἡ ὁποία ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

Ἄγωγός ἔχει αντίστασιν ἴσην με 1 Ohm , ὅταν εἰς τὰ άκρα του ύπάρχη διαφορά δυναμικοϋ 1 Volt καὶ ἡ έντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 1 Ampère .

$$\text{μονὰς αντίστάσεως: } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad \eta \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται εις τὰς ἐφαρμογὰς καὶ τὰ κατωτέρω πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm :

$$1 \text{ megohm} \quad (1 \text{ M}\Omega) \quad = 10^6 \text{ Ohm}$$

$$1 \text{ microhm} \quad (1 \mu\Omega) \quad = \frac{1}{10^6} \text{ Ohm}$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ $U = 220 \text{ Volt}$, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $I = 2 \text{ Ampère}$. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 110 \Omega$$

159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰς δ ι α σ τ ἄ σ ε ι ς καὶ τὴν φ ὕ σ ι ν τοῦ ἀγωγοῦ. Οὕτως εὑρέθη ὅτι :

Ἡ ἀντίστασις (R) ἑνὸς ὁμογενοῦς ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος (l) τοῦ ἀγωγοῦ, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν (σ) τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ.

$$\text{ἀντίστασις ἀγωγοῦ : } R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} \quad (1)$$

Ὁ συντελεστὴς ρ καλεῖται εἰ δ ι κ ἡ ἀ ν τ ἰ σ τ α σ ι ς τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν λάβωμεν $l = 1 \text{ cm}$ καὶ $\sigma = 1 \text{ cm}^2$, τότε ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν προκύπτει ἀριθμητικῶς $R = \rho$. Δηλαδή :

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

Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω ἐξίσωσιν (1) εὐρίσκομεν : $\rho = \frac{R \cdot \sigma}{l}$.

Εἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. ἡ μονὰς εἰδικῆς ἀντιστάσεως εἶναι :

$$1 \text{ μονὰς εἰδικῆς ἀντιστάσεως} = \frac{1 \Omega \cdot 1 \text{ m}^2}{1 \text{ m}} = 1 \Omega \cdot \text{m}.$$

Συνήθως ὡς μονὰς εἰδικῆς ἀντιστάσεως λαμβάνεται : τὸ $1 \Omega \cdot \text{cm}$ ἢ καὶ τὸ $1 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

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

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Σύρμα χάλκινον έχει μήκος 1 km και διατομήν 1 mm². 'Η ειδική αντίσταση του χαλκού είναι $\rho = 1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. 'Η αντίσταση του σύρματος τούτου είναι :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = \frac{1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm} \cdot 10^5 \text{ cm}}{0,01 \text{ cm}^2} = 17 \cdot 10^6 \mu\Omega$$

ήτοι :

$$R = 17 \Omega$$

160. Μεταβολή τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ἀντίσταση ἐνὸς ἀγωγοῦ αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. 'Εὰν εἰς θερμοκρασίαν 0°C ὁ ἀγωγὸς ἔχῃ ἀντίστασιν R_0 , τότε εἰς $\theta^\circ \text{C}$ ὁ ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν :

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

ὅπου α εἶναι συντελεστὴς ἐξαρθώμενος ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ (θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως). Διὰ τὰ μέταλλα εἶναι περίπου $\alpha = 0,004 \text{ grad}^{-1}$. 'Η ἀντίσταση τῶν μετάλλων ἐλαττώνεται, ὅταν ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία. "Ὅταν δὲ ἡ θερμοκρασία γίνῃ -269°C ἡ ἀντίσταση τῶν μετάλλων εἶναι ἀσήμαντος καὶ οὕτω τὰ μέταλλα γίνονται τότε ὑπεραγωγοί.

Παράδειγμα. Τὸ σύρμα ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἔχει εἰς 0°C ἀντίστασιν 50 Ω . Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ λαμπτήρος ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος γίνεται 2000°C . Τότε ἡ ἀντίσταση τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = 50 \Omega \cdot (1 + 0,004 \text{ grad}^{-1} \cdot 2000 \text{ grad}) = 450 \Omega$$

161. Ἄγωγοι σταθερᾶς ἀντιστάσεως. 'Η αὔξησις τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς σύρματος μετὰ τῆς θερμοκρασίας εἶναι ὠφέλιμος εἰς μερικὰς περιπτώσεις (π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τῆς ἠλεκτρικῆς θερμάστρας, τῶν θερμικῶν ἀμπερομέτρων κ.ἄ.). Εἰς τὰ ὄργανα ὅμως ἀκριβείας ἡ ἀντίσταση αὐτῶν πρέπει νὰ μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὴν ιδιότητα αὐτὴν ἔχουν ὠρισμένα

κράματα, όπως το κοινιστανάν (Cu, Ni), ή μαγγανίνη (Cu, Mn, Ni), ή νικελίνη (Cu, Zn, Ni, Fe) και ο νεάργυρος (Cu, Zn, Ni). Τὰ κράματα αὐτὰ ἔχουν ἀσήμαντον θερμικὸν συντελεστὴν ἀντιστάσεως.

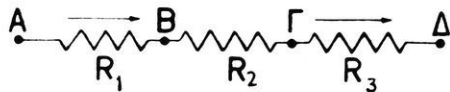
162. Κύτταρον σεληνίου. Τὸ μέταλλον σελήνιον ἔχει τὴν ἐνδιαφέρουσαν ιδιότητα νὰ ἐλαττώνεται ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ, ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμὸς του. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ **κυττάρου σεληνίου**.

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυττάρου σεληνίου ἐφαρμόζεται διαφορά δυναμικοῦ 20 Volt. Εἰς τὸ σκότος ἡ ἀντίστασις τοῦ κυττάρου εἶναι περίπου 10^6 ἕως 10^8 Ohm. Ὄταν ὅμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἐλαττώνεται σημαντικῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. Ὅσον δὲ ἰσχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμὸς τοῦ κυττάρου τόσο καὶ τὸ ρεῦμα γίνεται ἰσχυρότερον. Τὸ κύτταρον σεληνίου χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν πολλῶν διατάξεων.

163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων. Αἱ ἀντιστάσεις εἶναι δυνατὸν νὰ συνδυασθοῦν μεταξύ των κατὰ τοὺς ἀκολουθοῦντας δύο τρόπους :

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

Ὄταν τρεῖς ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 172), τότε καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντιστάσεων διέρχεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I . Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm θὰ ἰσχύουν τότε αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις :



Σχ. 172. Σύνδεσις ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν

$$U_A - U_B = I \cdot R_1 \quad U_B - U_\Gamma = I \cdot R_2 \quad U_\Gamma - U_\Delta = I \cdot R_3$$

Ἐὰν προσθέσωμεν κατὰ μέλη τὰς τρεῖς ἐξισώσεις, εὐρίσκομεν :

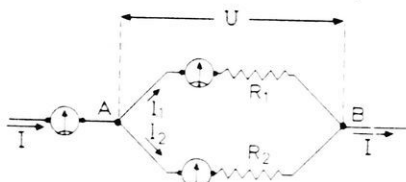
$$U_A - U_\Delta = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

Ἀπὸ τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν συνάγεται ὅτι :

Εἰς τὴν σύνδεσιν ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν ἡ ὅλικὴ ἀντίστασις τοῦ συστήματος ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων.

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

β) Παράλληλος σύνδεσις. Μεταξύ δύο σημείων Β και Γ ενός κυκλώματος παρεμβάλλονται αί δύο αντίσταςεις R_1 και R_2 (σχ. 173). Τότε τὸ ρεύμα έντάσεως I χωρίζεται εἰς δύο ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν



Σχ. 173. Παράλληλος σύνδεσις αντίσταςεων

ἀντιστοιχοῦς έντάσεως I_1 και I_2 . Μὲ τὴν βοήθειαν ἀμπερομέτρων εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡ έντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν έντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα διαρρέουν τὰς παραλλήλως συνδεόμενας αντίσταςεις.

$$I = I_1 + I_2 \quad (1)$$

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

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

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

Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (2) εὐρίσκομεν :

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

Προσθέτοντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

$$I_1 + I_2 + I_3 = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ἀλλὰ $I_1 + I_2 + I_3$ εἶναι ἡ έντασις I τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἄρα εἶναι :

$$I = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (3)$$

Ἡ ἀντίστασις $R_{ολ}$, ἡ ὁποία δύναται νὰ ἀντικαταστήσῃ τὰς τρεῖς παραλλήλως συνδεδεμέναις ἀντιστάσεις, χωρὶς ὅμως νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος, θὰ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$I = \frac{U}{R_{ολ}} \quad (4)$$

Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ $R_{ολ}$ καλεῖται ὀλικὴ ἢ ἀντίστασις. Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (3) καὶ (4) εὐρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν ἀντιστάσεων τὸ ἀντίστροφον τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρώφων τῶν παραλλήλως συνδεδεμένων ἀντιστάσεων.

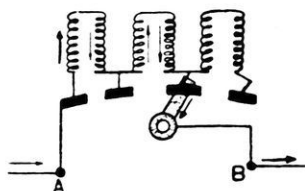
Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Ἐχομεν τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$. Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις εἶναι :

$$R_{ολ} = 2 \Omega + 3 \Omega + 4 \Omega = 9 \Omega$$

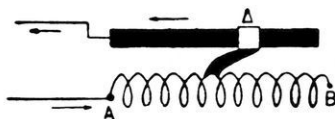
Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις θὰ εἶναι :

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

164. Ροοστάται. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις εἶναι ἀνάγκη νὰ μεταβάλλωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕνα ἀγωγόν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν μεταβάλλοντες τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 174. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις



Σχ. 175. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις

Αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις καλοῦνται γενικῶς **ροοστάται** καὶ παρεμβάλλονται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα. Τὰ σχήματα 174 καὶ 175 δεικνύουν δύο συνήθεις τύπους ρυθμιστικῶν ἀντιστάσεων.

165. Μέτρησις ἀντιστάσεως. Ἡ μέτρησις τῆς ἀντιστάσεως R ἐνὸς ἀγωγοῦ ΔE (σχ. 171) εἶναι εὐκόλος. Δι' ἐνὸς ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν τὴν ἔντασιν I τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δι' ἐνὸς βολτομέτρου εὐρίσκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Ohm εὐρίσκομεν τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ : $R = \frac{U}{I}$.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

108. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἔχοντος ἀντίστασιν 2,5 Ohm ἐφαρμόζεται διαφορά δυναμικοῦ 75 Volt. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον διέρχεται διὰ τοῦ σύρματος ἐντὸς 20 λεπτῶν ;

109. Σύρμα χάλκινον ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ διάμετρον 1 mm. Πόσον μῆκος σύρματος ἔχει ἀντίστασιν 4,8 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 ἔχη 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 διαφορά δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς, ὥστε αὐτὴ νὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,2 Ampère ;

112. Τρεῖς ἀντιστάσεις 5 Ω , 10 Ω , 45 Ω συνδέονται κατὰ σειρὰν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορά δυναμικοῦ 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σύστημα ;

113. Δύο σύρματα, ὅταν συνδέωνται κατὰ σειρὰν, ἔχουν ἀντίστασιν 30 Ω καὶ ὅταν συνδέωνται παραλλήλως ἔχουν ἀντίστασιν 3 Ω . Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἐκάστου σύρματος ;

114. Τρεῖς ἀντιστάσεις 20 Ω , 30 Ω καὶ 40 Ω συνδέονται παραλλήλως καὶ τὸ σύστημα τοῦτο συνδέεται κατὰ σειρὰν μὲ ἀντίστασιν 10 Ω . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὅλου συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορά δυναμικοῦ 200 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἐκάστην τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων ;

115. Τὸ σύρμα τηλεγραφικῆς γραμμῆς μῆκους l εἶναι ἀπὸ χαλκὸν καὶ ἔχει διάμετρον 3 mm. Θέλομεν νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χάλκινον σύρμα μὲ σύρμα ἀργιλίου ἔχοντος τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος τούτου καὶ ποῖος εἶναι ὁ λόγος τοῦ βάρους τῆς νέας γραμμῆς πρὸς τὸ βᾶρος τῆς παλαιᾶς ;

Εἰδικαὶ ἀντιστάσεις : χαλκοῦ $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, ἀργιλίου 3 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$. Εἰδικὰ βάρη : χαλκοῦ 9 gr*/cm³, ἀργιλίου 2,7 gr*/cm³.

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. Ένέργεια και ισχύς του ρεύματος. Μεταξύ των δύο άκρων Α και Γ ενός σύρματος υπάρχει σταθερά διαφορά δυναμικού U (σχ. 176). Το ρεύμα έχει ένταση I και διαρρέει το σύρμα επί t δευτερόλεπτα. Τότε δια του σύρματος μεταφέρεται εκ του Α εις το Γ ηλεκτρικόν φορτίον $Q = I \cdot t$. Κατ' αυτήν την μεταφοράν γνωρίζομεν (§ 143) ότι παράγεται έργον :

$$W = U \cdot Q \quad \text{ήτοι} \quad W = U \cdot I \cdot t$$

Τò έργον τούτο μετατρέπεται όλόκληρον εις θερμότητα και δια τούτο τò σύρμα θερμαίνεται (§ 153). "Ωστε :

Ή ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος, μετρουμένη εις Joule είναι :

$$\text{ένέργεια του ρεύματος : } W = U \cdot I \cdot t$$

(1)

Ούτως, αν είναι $U = 220$ Volt, $I = 2$ Ampère και $t = 10$ sec, ή ενέργεια του ρεύματος, τò όποιον διήλθεν δια του σύρματος είναι :

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

Δια να εύρωμεν την ισχύν του ρεύματος, άρχεϊ να διαιρέσωμεν τò υπό του ρεύματος παραγόμενον έργον $U \cdot I \cdot t$ δια του αντίστοιχου χρόνου t . Ούτως εύρίσκομεν ότι :

Ή ισχύς (P) του ρεύματος είναι ανάλογος προς την τάσιν και την έντασιν αυτού.

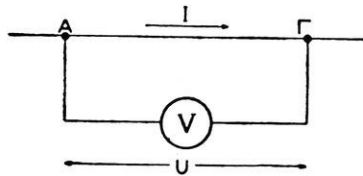
$$\text{ισχύς του ρεύματος : } P = U \cdot I$$

(2)

Ούτως, αν είναι $U = 220$ Volt και $I = 2$ Ampère, ή ισχύς του ρεύματος είναι :

$$P = 220 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 440 \text{ Watt}$$

167. Νόμος του Joule. Ρεύμα έντάσεως I διαρρέει επί χρόνον t έν σύρμα, τò όποιον έχει αντίστασιν R . Εις τὰ άκρα του σύρματος



Σχ. 176. Τò ηλεκτρικόν ρεύμα παράγει έργον

υπάρχει διαφορά δυναμικοῦ U . Τότε ἔχομεν $U = I \cdot R$. Τὸ ἔργον τοῦ ρεύματος εἶναι :

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

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

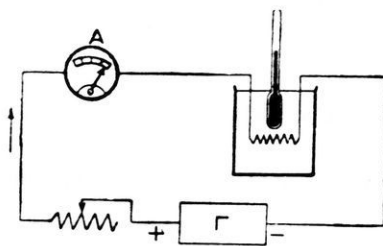
$$Q_{\theta} = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν νόμον τοῦ Joule :

Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐπὶ ἑνὸς σύρματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

νόμος τοῦ Joule : $Q_{\theta} = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal}$

Ὁ νόμος τοῦ Joule ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν ἐντὸς θερμιδομέτρου βυθίσωμεν σύρμα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ρεῦμα (σχ. 177). Μεταβάλλοντες τὴν ἐντάσιν I τοῦ ρεύματος ἢ τὴν ἀντίστασιν R τοῦ σύρματος ἢ τὸν χρόνον t τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος ἐπαληθεύομεν εὐκόλως τὸν νόμον τοῦ Joule.



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

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

$$Q_{\theta} = 0,24 \text{ cal/J} \cdot (10 \text{ A})^2 \cdot 5 \Omega \cdot 600 \text{ sec} = 72 \text{ 000 cal}$$

168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος. Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκμεταλλεῦμεθα σήμερον εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς.

α) Οί ηλεκτρικοί λαμπτήρες διά πυρακτώσεως αποτελούνται από ύαλινον δοχείον, εντός τοῦ ὁποίου περιέχεται ἀδρανὲς ἀέριον (ἀργόν ἢ ἥλιον) καὶ μακρὸν καὶ λεπτὸν σύρμα ἀπὸ πολὺ δύστηκτον μέταλλον (βολφράμιον, ὄσμιον, ταυτάλιον). Τὸ διαπυρούμενον μέταλλον φωτοβολεῖ (σχ. 178). Ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος ἀνέρχεται εἰς 2100° ἕως 2300° C. Εἰς τοὺς συγχρόνους λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως ἢ καταναλισκομένη ἰσχύς ἀνέρχεται εἰς 0,5 ἕως 0,9 Watt κατὰ κηρίον. "Οἱ οἱ λαμπτήρες μιᾶς ἐγκαταστάσεως πρέπει νὰ λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Διὰ τοῦτο οἱ λαμπτήρες τῆς ἐγκαταστάσεως συνδέονται παραλλήλως (σχ. 179). "Εκαστος λαμπτήρ λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπὸ μίαν ὠρισμένην τάσιν, ἢ ὁποία σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος ἀναγράφεται καὶ ἡ ἰσχύς καταναλώσεως τοῦ λαμπτήρος. Ἐκ τῶν ἀναγραφόμενων δύο ἐνδείξεων εὐρίσκομεν τὴν κατανάλωσιν τοῦ λαμπτήρος, τὴν ἀντίστασιν τοῦ διαπύρου σύρματός του καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ διερχομένου ρεύματος. Οὕτω λαμπτήρ ἰσχύος 50 Watt καὶ λειτουργῶν ὑπὸ τάσιν 110 Volt διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος :

$$\text{ἐντάσεως : } I = \frac{P}{U} = \frac{50 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0,45 \text{ A}$$

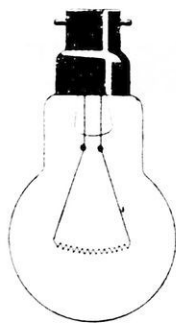
Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110 \text{ V}}{0,45 \text{ A}} = 222 \text{ Ohm}$$

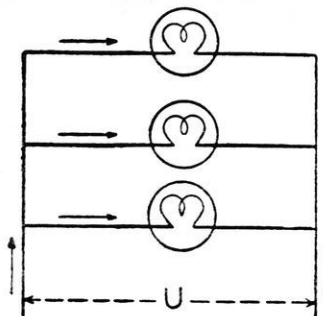
Καθ' ὥραν ὁ λαμπτήρ καταναλίσκει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἴσην μέ :

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

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



Σχ. 178. Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως



Σχ. 179. Σύνδεσις τῶν ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων

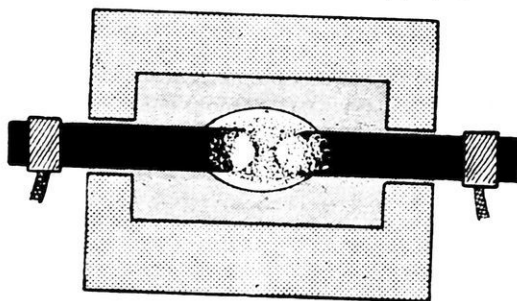
ταξὺ τῶν δύο ραβδίων σχηματίζεται ἰσχυρὸν φωτεινὸν τόξον (σχ. 180). Τὰ δύο ραβδία τοῦ ἄνθρακος φθείρονται, ἀλλὰ ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικὸν ἤλεκτροδίου, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποῦ σχηματίζεται κρα-



Σχ. 180. Ἐλεκτρικὸν τόξον

τηρ. Εἰς τὸν κρατῆρα ἡ θερμοκρασία εἶναι 3500°C . Τὸ ἤλεκτρικὸν τόξον ἀποτελεῖ ἰσχυροτάτην φωτεινὴν πηγὴν καὶ χρησιμοποιεῖται πρὸς φωτισμὸν (εἰς τοὺς προβολεῖς κ.ἄ.). Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἤλεκτρικὴν κάμινον (σχ. 181) διὰ τὴν τήξιν διαφόρων δυστήκτων σωμάτων, διὰ τὴν παρασκευὴν ἐνώσεων (π.χ. τοῦ ἄνθρακκα-σβεστίου), καὶ εἰς τὴν ἤλεκτρομεταλλουργίαν (παρασκευὴ ἀργιλίου).

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



Σχ. 181. Ἐλεκτρικὴ κάμινος

σκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως (ἤλεκτρικαὶ θερμάστρα, ἤλεκτρικαὶ κουζίνα, ἤλεκτρικὰ σίδερα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἀπὸ τυχαίαν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀσφά-

λειαν. Αὕτη εἶναι εὐτήκτων σύρμα, τὸ ὁποῖον τήκεται μόλις ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ μίαν ὀρισμένην τιμὴν. Οὕτω τὸ ρεῦμα διακόπτεται αὐτομάτως.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

116. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἀντιστάσεως $8\ \Omega$ ἐφαρμόζεται τάσις $56\ \text{Volt}$. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τοῦ ρεύματος καὶ πόσον εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντὸς $30\ \text{λεπτῶν}$;

117. Λαμπτήρ ἰσχύος $60\ \text{Watt}$ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν $110\ \text{Volt}$. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος ;

118. Αἰθουσα φωτίζεται ἀπὸ 6 λαμπτήρας, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχύον

60 Watt. Πόσον κοστίζει ο φωτισμός της αίθουσας επί 4,5 ώρας, αν το κιλοβατώριον τιμάται 1,2 δραχμάς ;

119. Τρεις αντίστασεις 2 Ω, 3 Ω και 5 Ω συνδέονται κατά σειράν. Είς τὰ άκρα του συστήματος εφαρμόζεται τάσις 120 Volt. Πόση ποσότης θερμότητος αναπτύσσεται κατά λεπτόν επί εκάστης αντίστασεως ;

120. Ηλεκτρική κουζίνα έχει ισχύν 500 Watt και τροφοδοτείται με ρεύμα εντάσεως 4 A. Πόση είναι ή αντίστασις της κουζίνας και υπό ποίαν τάσιν λειτουργεί ;

121. Μία ηλεκτρική κουζίνα, ισχύος 500 Watt, θερμαίνει 500 gr ύδατος από 20° εις 100° C εντός 10 λεπτών. Πόσον μέρος της παραγομένης θερμότητος χρησιμοποιούμεν και πόσον κοστίζει ή θέρμανσις του ύδατος, αν τὸ κιλοβατώριον τιμάται 1,50 δρχ. ;

122. Διά νά θερμάνωμεν εντός 5 λεπτών εν λίτρον ύδατος από 10° εις 100° C, βυθίζομεν εντός του ύδατος εν σύρμα, διά του οποίου διαβιβάζομεν ρεύμα υπό τάσιν 125 Volt. Πόση πρέπει νά είναι ή αντίστασις του σύρματος τούτου ;

123. Μία αίθουσα φωτίζεται από 3 λαμπτήρας διά πυρακτώσεως, εκαστος των οποίων έχει ισχύν 40 Watt και λειτουργεί υπό τάσιν 120 Volt. Η αίθουσα θερμαίνεται από μίαν ηλεκτρικήν θερμάστραν, ή οποία έχει ισχύν 600 Watt και λειτουργεί υπό την αὐτήν τάσιν. Τά χρησιμοποιούμενα σύρματα διά τὰς συνδέσεις έχουν άσήμαντον αντίστασιν. Πόση είναι ή αντίστασις εκάστου λαμπτήρος και της θερμάστρας ; Πόση είναι ή έντασις του ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει εκαστον των άνωτέρω ὀργάνων ;

Τ Ο Κ Λ Ε Ι Σ Τ Ο Ν Κ Υ Κ Λ Ω Μ Α

169. Ήλεκτρεγερτική δύναμις. Ἐς θεωρήσωμεν μίαν γεννήτριαν Γ, μεταξύ τῶν πόλων της οποίας παρεμβάλλονται κατά σειράν διάφοροι συσκευαί χρησιμοποίησεως του ρεύματος (π.χ. ηλεκτρική θερμάστρα, ηλεκτρικοί λαμπτήρες, βολτάμετρον κ.ά.). Τὸ κύκλωμα είναι κλειστόν, καθ' ὄλον δὲ τὸ μήκος του κυκλώματος ή έντασις I του ρεύματος είναι σταθερά (§ 156). Ἡ γεννήτρια παρέχει τότε εις τὸ κύκλωμα ηλεκτρικήν ἐνέργειαν, ή ὁποία είναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερα είναι ή έντασις του ρεύματος και ὅσον μεγαλύτερος είναι ὁ χρόνος λειτουργίας της γεννητριάς. Γενικῶς :

Ἡ ισχύς (P), τὴν ὁποίαν παρέχει εις τὸ κύκλωμα μία γεννήτρια, είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν έντασιν (I) του ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

$$\text{ισχύς γεννητριάς : } P = E \cdot I$$

ὅπου E είναι συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν της γεν-

νητριάς και καλεῖται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τῆς γεννητριάς (ΗΕΔ). Ἐπειδὴ ἡ ἔντασις I μετρεῖται εἰς Ampère και ἡ ἰσχύς P μετρεῖται εἰς Watt, ἔπεται ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις E μετρεῖται εἰς Volt (ὅπως εἰς τὸν τύπον $P = U \cdot I$ τῆς § 166). Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποσον διαρρέει τὸ κλειστὸν κύκλωμα, εἶναι ἴση μετὰ 1 Ampère ($I = 1 A$), τότε ἔχομεν $P = E$. Ὡστε :

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητριάς, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχύν, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια, ὅταν αὕτη δίδῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

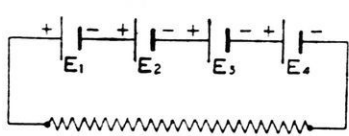
Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἄς θεωρήσωμεν δύο γεννητριάς A και B , αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἀντιστοίχως ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E_1 = 500$ Volt και $E_2 = 100$ Volt. Ὅταν αἱ δύο αὗται γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I , τότε ἡ μὲν γεννήτρια A παρέχει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

Ἐπομένως ἔχομεν :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{500}{100} = 5$$

ἦτοι ἡ γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά τῆς 5 φορές μεγαλυτέραν ἰσχύν ἀπὸ ὅσην παρέχει ἡ γεννήτρια B εἰς τὸ ἰδικόν της κύκλωμα.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι μέγεθος **χ α ρ α κ τ η ρ ι σ τ ι κ ὸ ν**



Σχ. 182. Σύνδεσις γεννητριῶν κατὰ σειρὰν

ἐκάστης γεννητριάς και φανερώνει πόσην ἰσχύν εἰς Watt δίδει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά τῆς δι' ἕκαστον Ampère τοῦ παρεχόμενου ρεύματος. Ἐὰν συνδεθῶν πολλαὶ γεννήτριαι κατὰ σειρὰν, δηλαδή ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης μετὰ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννητριῶν (σχ. 182). Ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστὸν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἐκάστη γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύν :

$$P_1 = E_1 \cdot I, \quad P_2 = E_2 \cdot I, \quad P_3 = E_3 \cdot I, \quad P_4 = E_4 \cdot I.$$

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :

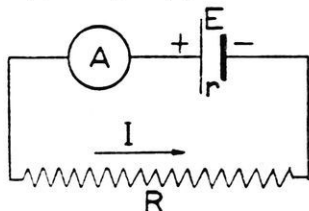
$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \cdot I$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις φανερώνει ὅτι :

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) μιᾶς συστοιχίας γεννητριῶν, αἱ ὁποῖα συνδέονται κατὰ σειράν, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν γεννητριῶν τῆς συστοιχίας.

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα. Ὅς θεωρήσωμεν κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει γεννήτριαν Γ καὶ ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν R (σχ. 183). Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύον $P = E \cdot I$, ἡ ὁποία ἐξ ὁλοκλήρου μεταβάλλεται ἐπὶ τοῦ κυκλώματος εἰς θερμότητα. Ἐκάστη γεννήτρια διαρρέεται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος καὶ παρουσιάζει μίαν ἀντίστασιν r , ἡ ὁποία καλεῖται ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Joule ἡ ἀναπτυσσομένη κατὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος εἶναι $I^2 \cdot R$ ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως καὶ $I^2 \cdot r$ ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τῆς γεννητρίας. Ἡ ποσότης αὐτῆς τῆς θερμότητος προέρχεται ἀπὸ τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν $E \cdot I$, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα. Ὅστε εἶναι :



Σχ. 183. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r \quad \eta \quad E = I \cdot (R + r) \quad (1)$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ ἐξωτερικὰς ἀντιστάσεις, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὁλικὴν ἀντίστασιν ($R_{ολ}$) τοῦ κυκλώματος.

$$\text{νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα: } E = I \cdot R_{ολ}$$

Ὁ ἀνωτέρω νόμος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν εἰσάγωμεν διαδοχικῶς εἰς τὸ κύκλωμα διαφόρους γνωστὰς ἀντιστάσεις (σχ. 183).

Παράδειγμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 183 εἶναι: $E = 10$ Volt
 $r = 2$ Ohm καὶ θέλομεν νὰ ἔχωμεν ρεύμα ἐντάσεως $I = 2$ Ampère. Ἡ ἐξωτερικὴ
 ἀντίσταση R τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχη ὀρισμένην τιμὴν, τὴν ὁποίαν ὑπολο-
 γίζομεν ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$E = I \cdot (R + r) \quad \text{ἔτσι} \quad 10 = 2 \cdot (R + 2) \quad \text{καὶ} \quad R = 3 \text{ Ohm}$$

**171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννη-
 τρίας.** Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως R , δηλαδὴ εἰς τοὺς
 πόλους τῆς γεννητρίας, ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία εἶναι
 $U = I \cdot R$. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν $E = I \cdot (R + r)$ εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι:

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

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

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (U) μεταξὺ τῶν
 πόλων τῆς γεννητρίας εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύνα-
 μιν (E) τῆς γεννητρίας.

Εἶναι δυνατόν νὰ εἶναι $U = E$, ἐὰν εἶναι $I = 0$, δηλαδὴ ἐὰν τὸ κύ-
 κλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Ἐκ τούτων συνάγεται ὁ ἀκόλουθος ὀρι-
 σμὸς τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως:

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ἐκφράζει τὴν μεταξὺ
 τῶν πόλων τῆς ὑπάρχουσας διαφορὰν δυναμικοῦ, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶ-
 ναι ἀνοικτόν.

172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Εἰς τὸν λαμπτήρα πυρα-
 κτώσεως, τὴν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἢ δαπανωμένη
 ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία
 τοιαύτη συσκευὴ λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ νεκρὰν ἀντίστασιν.
 Εἰς τὸ βολτάμετρον ἢ τὸν ἀνεμιστήρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἠλε-
 κτρικῆς ἐνεργείας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἄλλο δὲ μέρος αὐτῆς
 μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συ-
 σκευὴ καλεῖται γενικῶς ἀποδέκτης. Ὁ ἀνεμιστήρ καὶ γενικῶς ὁ ἠλε-
 κτρικὸς κινητῆρ εἶναι τόσοι καλύτεροι, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δα-
 πανωμένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.
 Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι:

Εἰς ἓνα ἀποδέκτην ἢ ἰσχὺς (P) τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἡ
 ὁποία μετατρέπεται εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ἐκτὸς τῆς θερμότη-

τος, είναι ανάλογος προς την έντασιν (I) του ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἀποδέκτου.

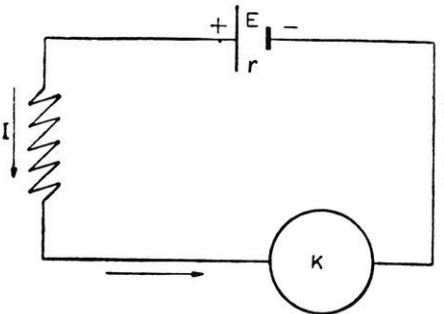
$$\text{ισχύς ἀποδέκτου: } P = E' \cdot I$$

ὅπου E' εἶναι συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀποδέκτου καὶ καλεῖται **ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ ἀποδέκτου. Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου μετρεῖται εἰς Volt, ὅπως καὶ ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας (§ 170). Ἐὰν ἡ έντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἴση μὲ 1 Ampère ($I = 1 \text{ A}$), τότε ἔχομεν $P = E'$.

Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀποδέκτου, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχὴν τοῦ ἀποδέκτου, ὅταν δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα έντάσεως 1 Ampère.

Ὁῦτως, ἂν ὁ ἠλεκτρικὸς κινητὴρ ἔχῃ ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E' = 200 \text{ Volt}$, αὕτη φανεραίνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινητῆρος διέλθῃ ρεῦμα έντάσεως 1 A, τότε ὁ κινητὴρ παρέχει μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία ἔχει ἰσχὴν 200 Watt.

173. Κύκλωμα μὲ γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην. Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ὑπάρχουν συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν γεννήτρια, ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἀποδέκτης π.χ. κινητὴρ K (σχ. 184). Ἡ γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r , ὁ δὲ κινητὴρ ἔχει ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' . Ἡ ὅλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι $R + r + r'$. Ἐὰν ἡ έντασις τοῦ ρεύματος εἶναι I , τότε ἡ μὲν γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχὴν: $P = E \cdot I$, ὁ δὲ κινητὴρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχὴν: $P' = E' \cdot I$. Συγχρόνως ἐφ' ὅλων τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ποσότης θερμότητος $(R + r + r') \cdot I^2$.



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

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :
 $E \cdot I = E' \cdot I + (R + r + r') \cdot I^2$ ἢ $E = E' + (R + r + r') \cdot I$

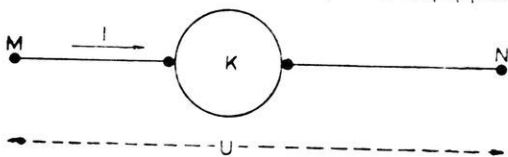
Εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἢ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητριάς ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ἀντὴλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως (E') τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν ($R_{ολ}$) τοῦ κυκλώματος.

$$E = E' + I \cdot R_{ολ} \quad (1)$$

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Ἡ γεννήτρια ἔχει $E = 220$ Volt καὶ $r = 1$ Ohm, ὁ δὲ ἀποδέκτης ἔχει $E' = 60$ Volt καὶ $r' = 2$ Ohm. Ἐὰν αἱ λοιπαὶ ἐξωτερικαὶ ἀντιστάσεις τοῦ κυκλώματος εἶναι $R = 7$ Ohm, τότε ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E - E'}{R_{ολ}} = \frac{(220 - 60) \text{ V}}{(7 + 1 + 2) \Omega} = \frac{160 \text{ V}}{10 \Omega} = 16 \text{ Ampère}$$

173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώματος. Μεταξὺ τῶν σημείων M καὶ N ἐνὸς κυκλώματος παρεμβάλλεται ἀποδέκτης (π.χ. κινητὴρ), ἔχων ἀντὴλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' (σχ. 185).



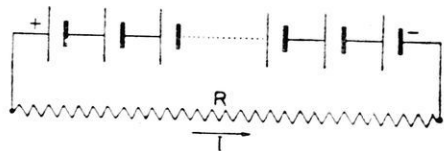
Σχ. 185. Ἀποδέκτης (κινητὴρ K) εἰς τμήμα κυκλώματος

Τὸ ρεῦμα ἔχει ἐνταση I , ἡ δὲ διαφορά δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν σημείων M καὶ N εἶναι U .

Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἰσχύει ἡ ἐξίσωσις (1) ὡς ἐξῆς :

$$U = E' + I \cdot R_{ολ}$$

174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν. Ἐστω ὅτι ἔχομεν n ὁμοίας γεννητριάς, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r .



Σχ. 186. Σύνδεσις κατὰ σειρὰν

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

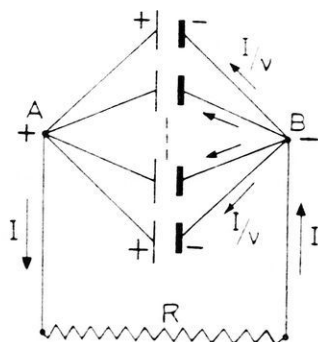
Ἐὰν αἱ n γεννητριάς συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 186), τότε ἡ ὀλικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις

τῆς συστοιχίας εἶναι $v \cdot E$, ἡ δὲ ὅλική ἀντίστασις αὐτῆς εἶναι $v \cdot r$. Ἐὰν R εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm εἶναι :

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

β) Σύνδεσις παράλληλος.

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν γεννητριῶν (σχ. 187). Ἡ ὅλική ἠλεκτρογενετική δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι E , διότι εἶναι ὡς ἐὰν νὰ ἔχωμεν μίαν μόνον γεννήτριαν. Ἡ ἐσωτερικὴ ὅμως ἀντίστασις τῆς συστοιχίας



Σχ. 187. Σύνδεσις παράλληλος

εἶναι $\frac{r}{v}$. Ἐπομένως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι :

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

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

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

Ἐὰν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν παράλληλως, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{v}} = \frac{2 \text{ V}}{(9 + 0,01) \Omega} = 0,22 \text{ Ampère}$$

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

124. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρογενετικὴν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 10 Ω . Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει δύο μόνον ἀντιστάσεις $R_1 = 26 \Omega$ καὶ $R_2 = 36 \Omega$. Πόση εἶναι ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R_2 ;

125. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρογενετικὴν δύναμιν 2 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 8 Ω . Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει κατὰ σειρᾶν ἀντιστάσιν R καὶ

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

126. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρογενετικήν δύναμιν 40 Volt. Οἱ πόλοι τῆς συνδέονται μὲ ἀγωγὸν ἀντιστάσεως R' τότε εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας ἡ τάσις εἶναι 30,8 Volt. Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν καὶ ἄλλη ἀντίστασις $R_1 = 5 \Omega$ τότε ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους γίνεται 34,8 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις r τῆς γεννητρίας ;

127. Ἄνεμιστῆρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,6 A. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συσκευῆς εἶναι 110 Ω . Πόση εἶναι ἡ ἀντηλεκτρογενετικὴ δύναμις τοῦ ἀνεμιστῆρος καὶ πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ ἀνεμιστῆρ ;

128. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρογενετικήν δύναμιν 52 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 1 Ω . Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$ καὶ ἓνα κινητῆρα, ὅταν ὁ κινητῆρ δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντάσιν 4 A, ἐνῶ, ὅταν ὁ κινητῆρ στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντάσιν 1 A. Πόση εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρογενετικὴ δύναμις τοῦ κινητῆρος ;

129. Κινητῆρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 Volt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητῆρος εἶναι 0,8. Πόση εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρογενετικὴ δύναμις τοῦ κινητῆρος ;

130. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρογενετικήν δύναμιν 500 Volt καὶ παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως 350 A, τὸ ὁποῖον μεταφέρεται διὰ μακροῦ σύρματος εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἂν θέλωμεν αἰ ἐπὶ τῆς γραμμῆς ἀπώλειαι, ἕνεκα τῆς θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ, νὰ εἶναι ἴσαι μὲ τὸ 1/20 τῆς ἰσχύος τῆς γεννητρίας ;

131. Μεταξὺ τῶν πόλων μιᾶς γεννητρίας παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν δύο ἀντιστάσεις $R_1 = 3 \Omega$ καὶ $R_2 = 7 \Omega$, αἱ ὁποῖαι διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀντιστοιχῶς ἐντάσεις $I_1 = 14$ A καὶ $I_2 = 6$ A. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας εἶναι 0,9 Ω . Πόση εἶναι ἡ ἠλεκτρογενετικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ;

132. Μία ὕδατόπτωσης ἔχει ἰσχὴν 40 ἀτμοσφαιρῶν καὶ κινεῖ γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 0,8. Τὸ ρεῦμα χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν φωτισμὸν συνοικισμοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες ἰσχύος 75 Watt. Αἱ ἀπώλειαι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἶναι 10%. Πόσοι λαμπτήρες εἶναι δυνατόν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ;

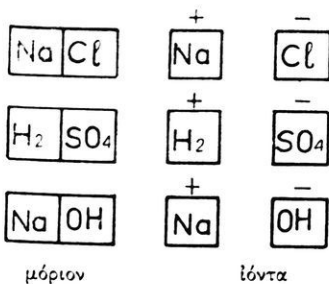
ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

175. Ἡλεκτρολύται. Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέρχεται διὰ τοῦ ὕδατικοῦ διαλύματος ὀξέος, βάσεως ἢ ἄλατος προκαλεῖ ὠρισμένας χημικὰς ἀποσυνθέσεις. Διὰ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως χρησιμοποιεῖται τὸ **βολτάμετρον** (σχ. 188). Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

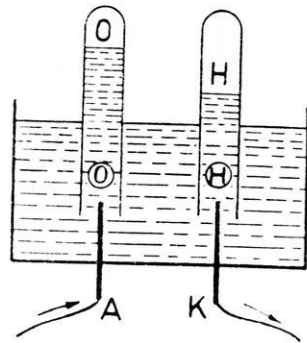
Ἡλεκτρολύται εἶναι μόνον τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα, ὅταν εὐρίσκωνται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος, εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν (βάσεις καὶ ἅλατα).

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

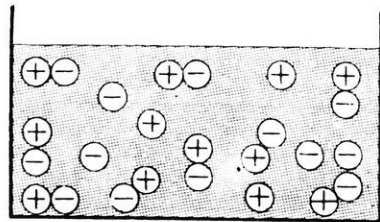
Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μόριον ἐκάστου ἠλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἑτερονύμων ἰόντων, τὰ ὅποια φέρουν ἴσα ἠλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ χλωριούχου νατρίου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν θετικὸν ἰὸν νατρίου καὶ ἓν ἀρνητικὸν ἰὸν χλωρίου (σχ. 189). Ὅταν τὰ δύο ἰόντα εἶναι ἡνωμένα, τότε τὸ μόριον ἐμφανίζεται οὐδέτερον. Ἐὰν ὅμως διαλύσωμεν χλωριούχον νάτριον ἐντὸς ὕδατος, τότε μέγας ἀριθμὸς μορίων χλωριούχου νατρίου ὑφίσταται ἠλεκτρολυτικὴν διάστασιν, δηλαδὴ τὰ



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



Σχ. 188. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν

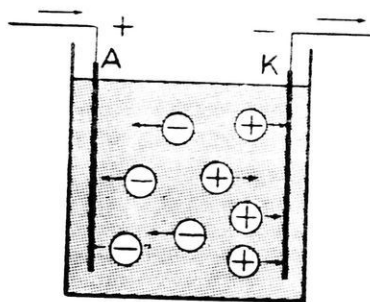


- $\oplus\ominus$ ἀκέραιον μόριον
- \oplus θετικὸν ἰὸν
- \ominus ἀρνητικὸν ἰὸν

Σχ. 189α. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις

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

Το διάλυμα εξακολουθεί νά είναι ηλεκτρικῶς ουδέτερον, διότι ἐντός



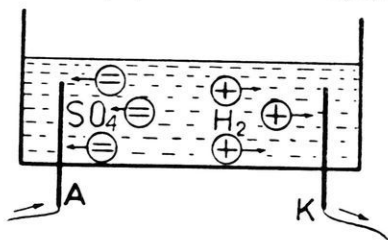
Σχ. 190. Κίνησις τῶν ἰόντων πρὸς τὰ δύο ηλεκτρόδια

τοῦ διαλύματος περιφέρεται ἴσος ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. Ἐὰν τὸ διάλυμα τοῦ ἡλεκτρολύτου εὐρεθῇ ἐντὸς βολταμέτρου, τότε μεταξύ τῶν δύο ηλεκτροδίων δημιουργεῖται ἡλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον (ἄνοδος) ἔλκει τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον (κάθοδος) ἔλκει τὰ θετικὰ ἰόντα (σχ. 190).

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

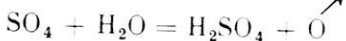
α) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ὀξέος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ὀξέος π.χ. θεικοῦ ὀξέος, εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐρμηνεύεται ὡς ἐξῆς :

Τὸ μόριον τοῦ θεικοῦ ὀξέος H_2SO_4 διασπάζεται εἰς τὰ θετικὰ ἰόντα $2H^+$ καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὼν SO_4^{--} . Τὸ θετικὸν ἰὼν H^+ ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐκεῖ ἐξουδετερώνεται καὶ ἐκλύεται, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἰὼν SO_4^{--} ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 191). Ἡ ἀρνητικὴ ρίζα SO_4 ἄσκει τότε ἐπὶ τοῦ ὕδατος μίαν δευτερεύουσαν ἀντίδρασιν.



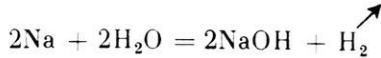
Σχ. 191. Ἡλεκτρόλυσις θεικοῦ ὀξέος

κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνασυντίθεται τὸ θεικὸν ὀξὺ καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον καὶ ἐκλύεται :

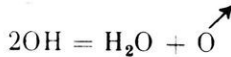


β) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος βάσεως. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος βάσεως, π.χ. καυστικοῦ νατρίου, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον

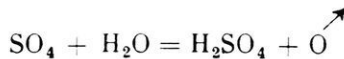
ὕδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ νατρίου NaOH διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰόν Na^+ , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, ὅπου ἐξουδετερώνεται, καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰόν ὑδροξύλιον OH^- , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον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



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ ὑδροξύλια ἀνασχηματίζουσι τὸ ὕδωρ ἐνῶ συγχρόως ἐκλύεται ὀξυγόνον :



γ) Ἑλεκτρόλυσις διαλύματος ἁλατος. Κατὰ τὴν ἑλεκτρόλυσιν διαλύματος ἁλατος π.χ. θεικοῦ χαλκοῦ, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον χαλκός, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ CuSO_4 διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰόν Cu^{++} , τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ἐξουδετερωθῆ, ἐπικάθεται ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου τῆς καθόδου καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰόν SO_4^{--} , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Ἐκεῖ ἡ ρίζα τοῦ ὀξέος ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω προκύπτει θεικὸν ὄξύ καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται :



177. Νόμοι τῆς ἑλεκτρολύσεως. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἑλεκτρολύσεως συνάγονται οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς ἑλεκτρολύσεως :

I. Τὰ προϊόντα τῆς ἑλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται πάντοτε ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων καὶ οὐδέποτε εἰς τὸ μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων ὑγρὸν.

II. Κατὰ τὴν ἑλεκτρόλυσιν τῶν ὀξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων τὸ μὲν ὕδρογόνον τῶν ὀξέων ἢ τὸ μέταλλον τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, αἱ δὲ ρίζαι αὐτῶν ἔρχονται εἰς τὴν ἄνοδον.

III. Ἡ μᾶζα (m) τοῦ στοιχείου, ἢ ὁποῖα ἐμφανίζεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον (Q), τὸ

όποιον διέρχεται διά του βολταμέτρου και ανάλογος προς τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον (K) τοῦ στοιχείου.

$$\text{νόμος ἠλεκτρολύσεως: } m = a \cdot K \cdot Q$$

ὅπου α εἶναι μία σταθερά, ἡ ὁποία ἐκ τοῦ πειράματος εὐρέθη ὅτι ἔχει τιμὴν: $a = \frac{1}{96\,500}$. Ἐπειδὴ τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον ἑνὸς στοιχείου ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους (A) τοῦ στοιχείου διὰ τοῦ σθένους του (v), ἡ προηγουμένη ἐξίσωσις γράφεται:

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

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

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

Ἡ μᾶζα αὕτη εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον στοιχεῖον καὶ καλεῖται **ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον** τοῦ στοιχείου. Ἐὰν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον 96 500 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι: $m = \frac{A}{v}$ γραμμάρια, ἥτοι εἶναι ἴση μὲ 1 γραμμοῖσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σ τ α θ ε ρ ὸ ν τοῦτο ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν 96 500 Cb καλεῖται **σταθερὰ Faraday (F)**. Ἄρα εἶναι:

$$F = 96\,500 \text{ Cb/γραμμοῖσοδύναμον}$$

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα θεικοῦ ψευδαργύρου (ZnSO_4) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεύμα ἐντάσεως $I = 10$ Ampère. Διὰ τὸν Zn εἶναι $A = 65$ καὶ $v = 2$. Ἡ ἀποτιθεμένη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn

εἶναι:

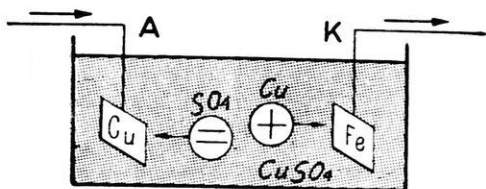
$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{65}{2} \cdot 10 \cdot 965 = 3,25 \text{ gr}$$

178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως. Τὰ φαινόμενα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογὰς, κυριώτεραι τῶν ὁποίων εἶναι αὐτὴ ἐξῆς:

α) Εἰς τὴν **ἠλεκτρομεταλλουργίαν** χρησιμοποιεῖται ἡ ἠλεκτρόλυ-

σις διὰ τὴν παρασκευὴν καθαρῶν μετάλλων. Οὕτω τὸ κάλιον, τὸ ἀσβέσιον, τὸ μαγνήσιον λαμβάνονται δι' ἤλεκτρολύσεως τῶν τετηγμένων χλωριούχων ἀλάτων των. Τὸ ἀργίλλιον λαμβάνεται δι' ἤλεκτρολύσεως μείγματος βοξίτου καὶ κρυσόλιθου. Ὁμοίως λαμβάνεται καὶ ὁ χημικῶς καθαρὸς χαλκός.

β) Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προφύλαξιν ὀρισμένων μετάλλων. Πρὸς τοῦτο τὰ μέταλλα αὐτὰ ἐπικαλύπτονται ἤλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρώμα νικελίου, χρωμίου, ἀργύρου ἢ χρυσοῦ. Τὸ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενον ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον τοῦ βολταμέτρου. Ὁ ἤλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα ἄλατος τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὅποσον



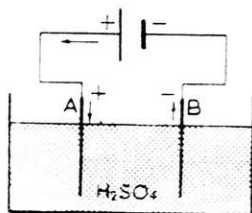
Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου

θέλομεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τὸ ἀντικείμενον. Ἡ ἄνοδος εἶναι πλάξ ἐκ τοῦ ἰδίου ἐπίσης μετάλλου (διαλυτὴ ἄνοδος). Κατὰ τὴν ἤλεκτρολύσιν τὸ ἐρχόμενον εἰς τὴν ἄνοδον ἀρνητικὸν ἰόν προσβάλλει τὸ μέταλλον τῆς ἀνόδου, ἢ ὅποια συνεχῶς φθείρεται. Οὕτω μεταφέρεται συνεχῶς μέταλλον ἐκ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθοδον (σχ. 192).

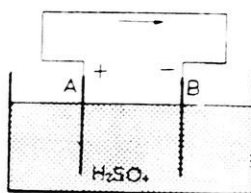
γ) Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἐπιτυγχάνει τὴν ἀναπαρχωγὴν διαφόρων ἀντικειμένων (π.χ. νομισμάτων, μεταλλίων κ.ἄ.). Πρὸς τοῦτο λαμβάνεται ἐπὶ θερμῆς γουταπέρακας ἢ μήτρας, ἥτοι τὸ ἀκριβὲς ἀποτύπωμα τοῦ ἀντικειμένου. Ἐπειτα καλύπτεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς μήτρας μὲ γραφίτην, διὰ νὰ γίνῃ ἀγωγός, καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς κάθοδος. Αὕτη ἐπικαλύπτεται μὲ στρώμα μετάλλου, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἐπιμετάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν τσιγκογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν τῶν δίσκων γραμμοφώνων κ.ἄ.).

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

τριαν (σχ. 193 β). Παρατηρούμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ προκαλέσαν τὴν ἠλεκτρόλυσιν. Τὸ ἀντίρροπον τοῦτο ρεῦμα διαρκεῖ ἐπ' ὀλίγον χρόνον καὶ ἀφείλεται εἰς τὴν ἀλλοίωσιν, τὴν ὁποίαν ὑπέστησαν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐκλύεται εἰς τὴν



α

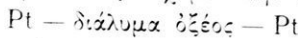


β

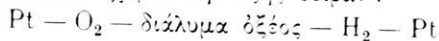
Σχ. 193. Πόλωση τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν

κάθodon ὑδρογόνον καὶ εἰς τὴν ἀνοδον ἐκλύεται ὀξυγόνον. Μέρος τῶν ἀερίων τούτων προσφύεται ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων, τὰ ὁποῖα οὕτω περιβάλλονται ἀπὸ λεπτὸν στρώμα ἀερίου. Ἡ ἀλλοίωσις αὕτη τῶν ἠλεκτροδίων καλεῖται

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



Μετὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν εἴχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν :



δηλαδὴ εἴχομεν μίαν μὴ συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Γενικῶς :

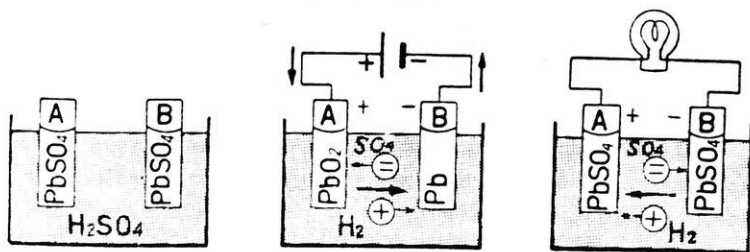
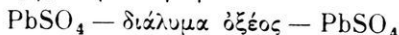
Μία μὴ συμμετρικὴ σειρὰ ἀγωγῶν παρουσιάζει διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς.

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

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

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

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



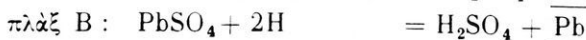
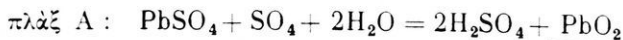
Ἀφόρτιστος

Φόρτισις

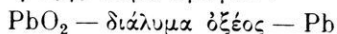
Ἐκφόρτισις

Σχ. 194. Ἐξήγησις τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτοῦ

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

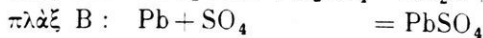
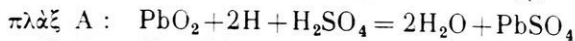


Οὕτω δημιουργεῖται ἡ ἐξῆς σειρὰ ἀγωγῶν :



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

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

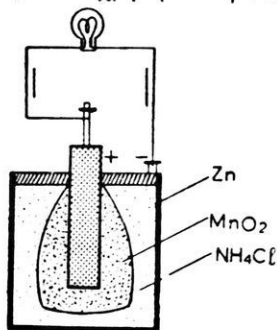


Οὕτω μετὰ τὴν ἐκφόρτισιν τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐπανερχονται εἰς τὴν ἀρχικὴν των κατάστασιν. Διὰ τὴν αὐξήσασιν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητα.

Ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδὴ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον παρέχει ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισίν του μετρεῖται εἰς **ἀμπερώρια** (Ah). Τὸ 1 ἀμπερώριον εἶναι ἴσον μὲ 3600 Cb, ἤτοι εἶναι φορτίον, τὸ ὅποιον μεταφέρει ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐντὸς 1 ὥρας. Οἱ σύγχρονοι συσσωρευταὶ ἔχουν χωρητικότητα 8 — 10 Ah κατὰ dm² ἐπιφανείας τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου. Ἐὰν συσσωρευτὴς ἔχη χωρητικότητα 400 Ah, τότε ὁ συσσωρευτὴς δύναται νὰ μᾶς δώσῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐπὶ 400 ὥρας ἢ ρεῦμα ἐντάσεως 10 A ἐπὶ 40 h.

β) **Συσσωρευταὶ ἀλκαλικοί.** Οὗτοι ἔχουν ὡς ἠλεκτρολύτην διάλυμα καυστικοῦ καλίου. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ὕδροξειδιον τοῦ νικελίου Ni(OH)₂, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἀπὸ ὀξειδιον τοῦ σιδήρου FeO. Οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταὶ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι ἐλαφρότεροι καὶ ἀνεκτικώτεροι ἀπὸ τοὺς συσσωρευτάς μολύβδου, ἔχουν μεγάλην χωρητικότητα καὶ δύναται νὰ μείνουν ἀφόρτιστοι, χωρὶς νὰ καταστραφοῦν. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ των δύναμις ἀνέρχεται εἰς 1,4 Volt.

181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα. Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι αἱ πρῶται χρησιμοποιηθεῖσαι γεννήτριαι. Σήμερον ἡ χρῆσις των εἶναι πολὺ περιορισμένη (§ 152). Τὸ περισσότερο χρησιμοποιούμενον ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι τὸ **στοιχεῖον Leclanché.**



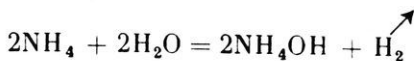
Σχ. 195. Σηρὸν στοιχεῖον Leclanché

Εἰς τοῦτο ὁ θετικὸς πόλος εἶναι ράβδος ἄνθρακος (σχ. 195), ἡ ὁποία περιβάλλεται ἀπὸ πυρολουσίτην (MnO₂). Ὁ ἀρνητικὸς πόλος εἶναι κύλινδρος ψευδαργύρου. Μεταξὺ τοῦ πυρολουσίτου καὶ τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει πολτὸς ἀπὸ ρινίσματα ξύλου, τὰ ὅποια εἶναι διαποτισμένα μὲ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH₄Cl). Οὕτως ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν σωματίων :



Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωριούχος

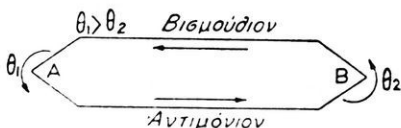
ψευδάργυρος ($ZnCl_2$), ή δὲ ἀπομένουσα ρίζα NH_4 ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ, ὅποτε ἐλευθερώνεται H_2 :



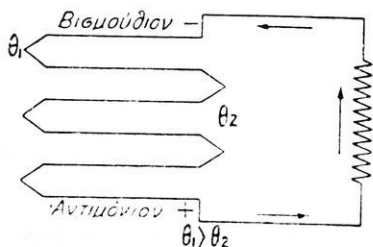
Τὸ παραγόμενον ὕδρογόνον ἐνοῦται μετὰ τὸ ὀξυγόνον τοῦ πυρολουσίτου. Οὕτως ἡ σειρά τῶν ἀγωγῶν παραμένει πάντοτε ἀσύμμετρος.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου Leclanché ἀνέρχεται εἰς 1,5 Volt. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο καλεῖται ξηρὸν στοιχεῖον καὶ μεταφέρεται εὐκόλως, διότι δὲν περιέχει ὕγρα.

***182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.** Ὅταν δύο διαφορετικὰ μέταλλα εὐρίσκονται εἰς ἐπαφὴν πάντοτε ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Αὕτη ἐξαρτᾶται πολὺ ἐκ τῆς θερμοκρασίας. Ἐὰς σχηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμούθιον καὶ ἀντιμόνιον (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι αἱ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς A καὶ B τῶν δύο μετάλλων ἐξουδετερώνονται ἀμοιβαίως. Ἐὰν ὅμως τὰ σημεῖα ἐπαφῆς εὐρίσκονται εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας θ_1 καὶ θ_2 , τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (**θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα**), διότι ἀναπτύσσεται **θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Αὕτη εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν θερμοκρασίας τῶν δύο ἐπαφῶν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο μετάλλων. Τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν δύο διαφορετικῶν μετάλλων καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον**. Πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν ἀποτελοῦν μίαν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** (σχ. 197).



Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον



Σχ. 197. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη

Αἱ στήλαι αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν (θερμοηλεκτρικὰ θερμομέτρα) καὶ διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν ὀρισμένων διατάξεων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

133. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα οξέος διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεύμα ἐντάσεως 2 A. Πόσον ὄγκον ὕδρογόνου συλλέγομεν (ὕπὸ κανονικᾶς συνθήκας) ;

134. Βολτάμετρον περιέχει διάλυμα οξέος. Διαβιβάζομεν δι' αὐτοῦ ρεύμα ἐντάσεως 5 A. Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διέρχεται τὸ ρεύμα, διὰ νὰ προκληθῇ διάσπασις 54 gr ὕδατος ;

135. Ρεύμα διέρχεται ἐπὶ 5 ὥρας διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου. Εἰς τὴν κάθοδον ἀποτίθενται τότε 10,8 gr ἀργύρου. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ; Ἄτομικὸν βᾶρος Ag 108, σθένος 1.

136. Ἐπὶ μιᾶς σιδηρᾶς πλακῆς, ἡ ὁποία ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm² θέλομεν νὰ ἀποτεθῇ ἠλεκτρολυτικῶς στρώμα χαλκοῦ πάχους 2 mm. Τὸ ρεύμα ἔχει ἔντασιν 5 A. Πόσον χρόνον θὰ διαρκέσῃ ἡ ἠλεκτρόλυσις ; Ἄτομικὸν βᾶρος χαλκοῦ 63,6, σθένος 2. Πυκνότης χαλκοῦ 8,8 gr/cm³.

137. Κατὰ μίαν ἠλεκτρόλυσιν οξειδίου τοῦ ἀργιλίου συλλέγονται εἰς τὴν κάθοδον 6700 gr ἀργιλίου καθ' ὥραν. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμάσσεται τάσις 5 Volt, ἡ δὲ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 2,8 Volt. Πόση ἰσχύς χρησιμοποιεῖται ἐντὸς τοῦ βολταμέτρου, ἀφ' ἑνὸς ὑπὸ μορφῆν θερμότητος καὶ ἀφ' ἑτέρου ὑπὸ μορφῆν χημικῆς ἐνεργείας ; Ἄτομικὸν βᾶρος ἀργιλίου 27, σθένος 3.

138. Μὲ ρεύμα ἐντάσεως 3 A φορτίζομεν ἐπὶ 10 ὥρας συσσωρευτήν. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον θὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσίν του, ἂν ἡ ἀπόδοσις αὐτοῦ εἶναι 0,9 ;

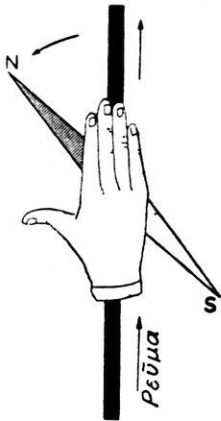
139. Σύσσωρευτὴς ἔχει χωρητικότητά 30 ἀμπερώρια καὶ λειτουργεῖ μέχρις ὅτου παραχωρήσῃ τὰ 2/3 τοῦ ὅλου ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὅποῖον δύναται νὰ προσφέρει. Ἐπὶ πόσας ὥρας δύναται ὁ συσσωρευτὴς οὗτος νὰ τροφοδοτήσῃ λαμπτήρα μὲ ρεύμα ἐντάσεως 0,5 A ;

140. Τρία στοιχεῖα Leclanché συνδέονται κατὰ σειρᾶν. Ἡ στήλη παρέχει εἰς ἓν κύκλωμα ρεύμα ἐντάσεως 2 A ἐπὶ 25 ὥρας. Πόση μᾶζα ψευδαργύρου διαπανᾶται κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον ; Ἄτομικὸν βᾶρος ψευδαργύρου 66, σθένος 2.

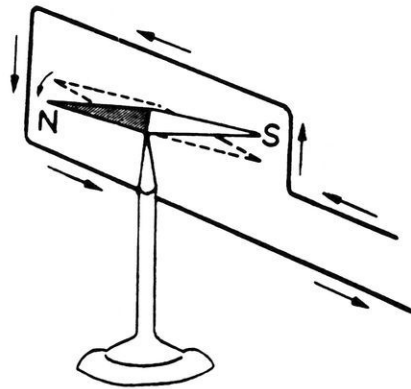
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίων ρεύματος. Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι περίξ ἐνὸς ἀγωγοῦ διαρροεμένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίων, τὸ ὅποῖον προκαλεῖ τὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ φορά, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος. Ὡς φοράν τοῦ ρεύματος θὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν συμβατικὴν

φοράν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀκολουθεῖ τὸν ἐξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς (σχ. 198) : 'Εάν φέρωμεν τὴν παλάμην τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἄνωθεν τοῦ ἀγωγοῦ, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῶν δακτύλων, τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. Ἡ μαγνητικὴ βελὼν, ἐκτρεπομένη ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας της, λαμβάνει μίαν νέαν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἰσορροπεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ



Σχ. 198. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς

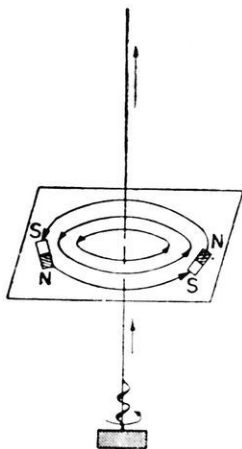


Σχ. 199. Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλύτερα

κατακόρυφον ὀρθογώνιον πλαίσιον, τὸ ὅποιον συμπίπτει μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (σχ. 199). Ἐάν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τότε ἕκαστον εὐθύγραμμον τμήμα τοῦ πλαισίου προκαλεῖ ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Οὕτως ἀσθενὲς ρεῦμα δύναται νὰ προκαλέσῃ αἰσθητὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἐπὶ τῆς διατάξεως αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία πολλῶν ὀργάνων μετρήσεων (ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα).

184. Μαγνητικὸν πεδίον ρευματοφόρου ἀγωγοῦ. Μακρὸς κατακόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 200). Ὁ ἀγωγὸς διαπερᾷ ὀριζόντιον χαρτόνιον. Ρίπτομεν ρινίσματα σιδή-

ρου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου καὶ κτυπῶντες ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον λαμβάνομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι περιφέρειαι ὁμοκέντρων κύκλων, τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα εἶναι κάθετα ἐπὶ τὸν ἄγωγόν. Κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινούμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην. Ἡ διεύθυνσις αὐτῆς εἰς ἐκάστην θέσιν εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ μετὰ τὴν φοράν κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῆ δεξιόστροφος κοχλίας, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος. Ὡστε :



Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθύγραμμου ρεύματος

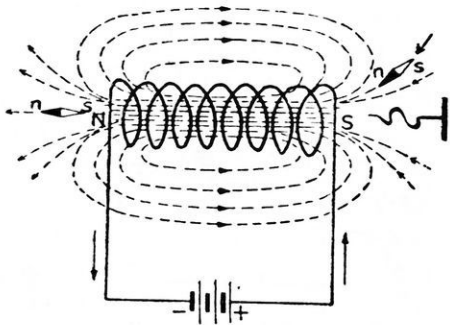
I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθύγραμμου ρεύματος εἶναι περιφέρειαι ὁμοκέντρων κύκλων, τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα εἶναι κάθετα ἐπὶ τὸν ἄγωγόν.

II. Ἡ ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῆς δυναμικῆς γραμμῆς καὶ εἰς ἀπόστασιν a ἀπὸ μακρὸν εὐθύγραμμον ρευματοφόρον ἄγωγόν ἔχει μέτρον :

$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{1}{10} \cdot \frac{2I}{a} \text{ Gauss}$$

185. Μαγνητικὸν πεδίων σωληνοειδοῦς. Καλεῖται σωληνοειδὴς ἢ πηνίον σύστημα παραλλήλων κυκλικῶν ρευμάτων, τῶν ὁποίων τὰ κέντρα εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας. Τοιοῦτον σύστημα κυκλικῶν ρευμάτων λαμβάνομεν, ἐὰν περιτυλίξωμεν σύρμα πέριξ υαλίνου ἢ ξυλίνου κυλίνδρου. Ἐπὶ ἐνὸς ὀριζοντίου χαρτονίου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς σχηματίζομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα (σχ. 201). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τελείως ὅμοιον μετὰ τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνός εὐθύγραμμου μαγνήτου. Μετὰ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὐρίσκομεν ὅτι τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελοῦν δύο ἑτερωνύμους μαγνητικούς πόλους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι περὶ τὸ μέσον αὐτοῦ πα-

ράλληλοι. Ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐρίσκεται με τὸν ἐξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα: Κοχλίας τοποθετούμενος κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ στρεφόμενος κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος προχωρεῖ κατὰ τὴν φοράν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς συνάγονται τὰ ἐξῆς:



Σχ. 201. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς

I. Σωληνοειδῆς διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος ἰσοδυναμεῖ με εὐθύγραμμον μαγνήτην.

II. Εἰς τὸ μέσον μακροῦ σωληνοειδοῦς φέροντος n σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους, τὸ μαγνητικὸν πεδίων εἶναι ὁμογενές καὶ ἔχει ἔντασιν:

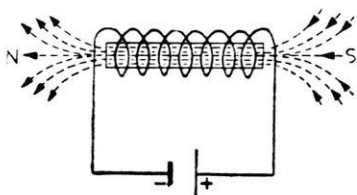
<p>ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου :</p> $H = \frac{4\pi}{10} \cdot n \cdot I \text{ Gauss}$
--

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι περίξ οἰοῦδηποτε ἀγωγῶ, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίων. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἐξῆς:

Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἠλεκτρικοῦ φορτίου παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίων.

Τὸ ἀνωτέρω συμπέρασμα μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνεύσωμεν τὴν προέλευσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται περίξ μονίμου μαγνήτου. Ἡ περιφορά τῶν ἠλεκτρονίων περίξ τοῦ πυρήνος τῶν ἀτόμων ἀντιστοιχεῖ πρὸς κυκλικὸν ρεῦμα. Τὰ στοιχειώδη αὐτὰ ρεύματα ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν σωληνοειδῆς. Ἀνάλογος εἶναι καὶ ἡ προέλευσις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

187. Ήλεκτρομαγνήτης. Σωληνοειδές διαρρέεται υπό ρεύματος έντασεως I . Τότε εις τὸ ἐσωτερικόν του ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίου, ἔχον ἔντασιν H (§ 185). Ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγομεν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος γίνεται μαγνήτης, τοῦ ὁποῦ οἱ πόλοι συμπίπτουν μετὰ τοὺς πόλους τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 202). Τὸ σύστημα, τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν τὸ πηνίον καὶ ἡ ἐντὸς αὐτοῦ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, καλεῖται **ἠλεκτρομαγνήτης**. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι μ α ρ ο δ ι κ ῆ καὶ διαρκεῖ ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ διέλευσις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ πηνίου. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρίσκεται ὅτι τὸ παραγόμενον μαγνητικὸν πεδίου δὲν ἔχει ἔντασιν H , ἀλλὰ μίαν πολὺ μεγαλυτέραν ἔντασιν B , ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγή**:



Σχ. 202. Ήλεκτρομαγνήτης

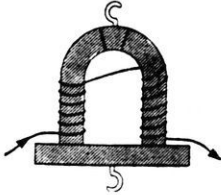
$$B = \mu \cdot H$$

Ὁ συντελεστὴς μ καλεῖται **μαγνητικὴ διαπερατότης** τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμὰς (μέχρι 4000).

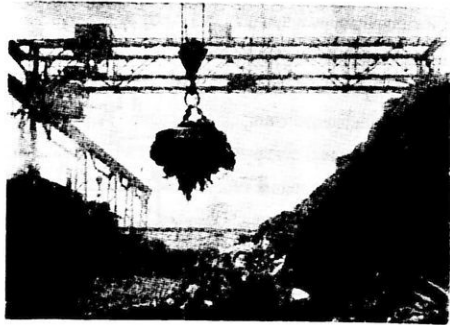
Ἡ τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἑξῆς: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα περίξ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. Ὄταν ὅμως ὁ μαλακὸς σίδηρος εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα προσανατολιζοῦνται καὶ ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των νέον σωληνοειδές. Οὕτως εἰς τὴν ἔντασιν H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς προστίθεται ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ νέου σωληνοειδοῦς καὶ ἡ συνισταμένη ἔντασις τῶν δύο μαγνητικῶν πεδίων εἶναι τώρα B . Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσαχθῇ ράβδος χάλυβος, αὕτη μεταβάλλεται εἰς **μ ὀ ν ι μ ο ν μ α γ ν ῆ τ η ν**, διότι τὰ στοιχειώδη ρεύματα ἐξακολουθοῦν νὰ ἀποτελοῦν σωληνοειδές καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ χάλυβος ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος.

188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν. Ἡ παροδικὴ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος εὐρίσκει πολλὰς ἐφαρμογὰς. Εἰς τὸ σχῆμα 203 δεικνύεται

πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης, εἰς δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ηλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιούμενος διὰ τὴν ἀνύψωσιν



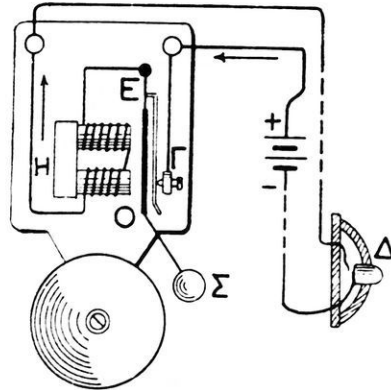
Σχ. 203. Πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης



Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου

τεμαχίων σιδήρου. Θὰ ἐξετάσωμεν συντόμως μερικὰς πολὺ συνήθεις ἐφαρμογὰς τῶν ηλεκτρομαγνητῶν.

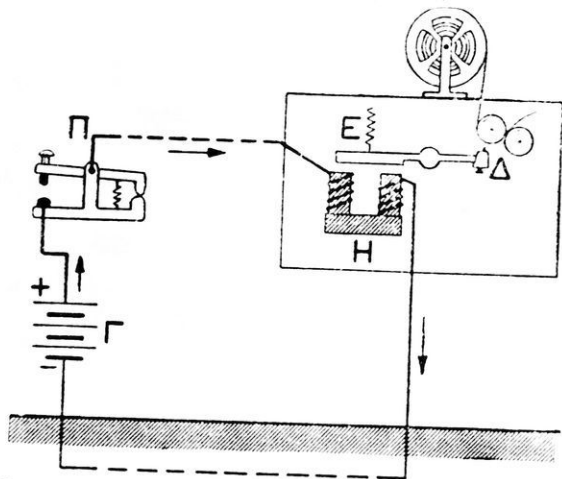
α) **Ἡλεκτρικὸς κώδων.** Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ηλεκτρομαγνήτην Η (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ηλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει ὁ ὄπλισμός Ο ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ ὄπλισμός εἶναι στερεωμένος εἰς ἐλατήριον Ε καὶ εἰς τὸ ἄκρον του φέρει σφύραν Σ. Ὅταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην, κλείομεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου καὶ ὁ ὄπλισμός του ἔλκεται. Τότε ὁμως ἐπέρχεται διακοπὴ τοῦ κυκλώματος εἰς τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ ὄπλισμός ἐπαναφέρεται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου Ε. Τὸ κύκλωμα πάλιν κλείεται καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια. Εἰς ἐκάστην ἑλξίν τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἓν κτύπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.



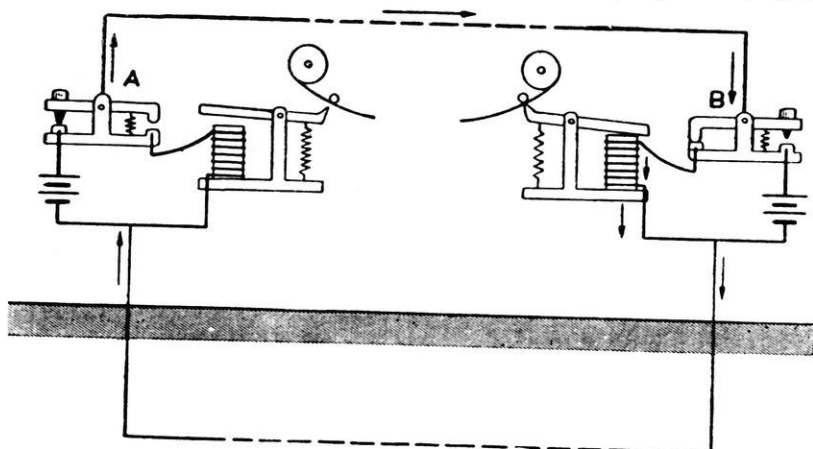
Σχ. 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων

β) **Μορσικὸς τηλεγράφος.** Ἡ λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἐξῆς ἀρχὴν : Ἐκ τοῦ ἑνὸς τόπου στέλλονται εἰς

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ἢ μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὅποια διέρχονται δι' ἐνὸς ἠλεκτρομαγνήτου ἐφωδιασμένου με εὐαίσθητον ὄπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ἀφιχθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τόπον ὑπάρχει κατ'ἀλληλος διακόπτης, ὁ ὁποῖος καλεῖται χειριστήριον ἢ πομπὴς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὁποῖος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐὰν ὁ μοχλὸς ἀφεθῆ ἐλεύθερος, ἔν



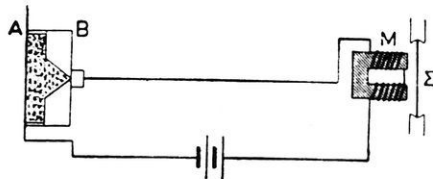
Σχ. 206. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ μουσικοῦ τηλεγράφου (μονόπλευρος ἐγκατάστασις)



Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μουσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις) ἐλατήριον τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὗτος εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὅποιον

φθάνει τὸ ρεῦμα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. Ὁ ὀπλισμὸς τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου εἶναι στερεωμένος εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ. Ὄταν ἔλκεται ὁ ὀπλισμὸς, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὀμαλῶς ἐκτυλισσομένην ταινίαν χάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόγγου διαποτισμένου με μελάνην. Ἐπὶ τῆς ταινίας καταγράφονται τότε γραμμαὶ διαφόρου μήκους ἀναλόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διῆλθεν διὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ μεταβίβασις συμβολικῶς τῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τῶν ἀριθμῶν (μορσικὸν ἀλφάβητον). Ὁ πομπὸς καὶ ὁ δέκτης συνδυάζονται εἰς ἕκαστον τόπον, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 207. Ὡς δεῦτερος ἀγωγὸς τοῦ κυκλώματος χρησιμεύει ἡ γῆ. Μὲ τὸν τηλεγράφων 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 ἄνθρακος Α καὶ Β (σχ. 208). Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν παρεμβάλλονται σφαιρίδια ἄνθρακος. Ὄταν ὀμιλοῦμεν ἔμπροσθεν τῆς πλακῆς Α, τότε τὰ σφαιρίδια τοῦ ἄνθρακος μετακινοῦνται. Ἡ ἀ σ τ α θ ἦ ς ἐ π α φ ῆ τῶν μεταξὺ τῶν πλακῶν Α καὶ Β ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντιστάσεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν πρὸ τῆς πλακῆς Α τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ἦχον. Ὡς δέκτης χρησιμοποιεῖται τὸ **ἀκουστικόν.** Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα περιβάλλονται ἀπὸ δύο πηνία. Διὰ τῶν πηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εὐρίσκεται λεπτὴ πλάξ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὅποια δύναται νὰ πάλ्लεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκαλοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μόνιμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἔλξις, τὴν ὁποίαν ἀσκει ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλακῆς τοῦ σιδή-



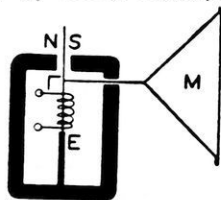
Σχ. 208. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου

ρου, ύφίσταται ἀντιστοίχους μεταβολὰς καὶ ἡ πλάξ ἀναγκάζεται νὰ πάλλεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀναπαράγεται ἀπὸ τὴν πλάκα τοῦ σιδήρου ὁ πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθεὶς ἤχος. Αἱ σημεριναὶ τηλεφωνικαὶ συσκευαὶ φέρουν τὸ μικρόφωνον καὶ τὸ ἀκουστικὸν εἰς μίαν διάταξιν. Εἰς τὰ αὐτόματα τηλέφωνα ἡ σύνδεσις τῶν συνδρομητῶν γίνεται αὐτομάτως μετὰ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν ἐγκαταστάσεων (α ὕ τ ὁ μ α τ ο ἰ ἐ π ι λ ο γ ε ῖ ς). Μὲ τὸ τηλέφωνον ἐπιτυγχάνεται ἡ μετὰ βίβασις τοῦ ἤχου εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὐτὴ ἀκολουθεῖ σχηματικῶς τὴν ἐξῆς σειρὰν μετατροπῶν :

ἤχος → ρεῦμα → ἤχος

Ἡ πρώτη μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ μικρόφωνον, ἐνῶ ἡ ἀντίστροφος μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ ἀκουστικόν.

δ) Ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον. Ὅπως τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τηλεφώνου, οὕτω καὶ τὸ **μεγάφωνον** μετατρέπει εἰς ἤχον μεγάλης ἐντάσεως τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Τὸ **ἠλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον** ἀποτελεῖται ἀπὸ ἰσχυρὸν ἠλεκτρομαγνήτην (σχ. 209). Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει γλωσ-

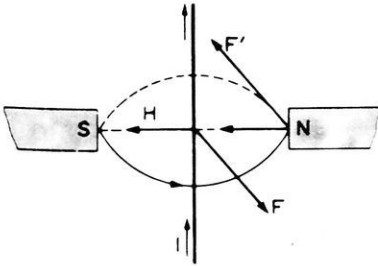


Σχ. 209. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ μεγαφώνου

σις Γ ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, ἡ ὁποία εἶναι στερεωμένη εἰς τὸ ἄκρον ἐλαστικοῦ ἐλάσματος. Ἡ βᾶσις τῆς γλωσσίδος περιβάλλεται ἀπὸ πηνίον, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τούτου προκαλοῦν μεταβολὰς τῆς μαγνητίσεως τῆς γλωσσίδος. Ἔνεκα τούτου ἡ ἔλξις τῆς γλωσσίδος ἀπὸ τὸν ἓνα ἢ τὸν ἄλλον πόλον τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, ὑφίσταται ταχείας μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ἡ γλωσσις πάλλεται καὶ μετ' αὐτῆς πάλλεται ἡ κωνικὴ μεμβρᾶνὴ Μ, ἡ ὁποία, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας τῆς, παράγει ἤχον μεγάλης ἐντάσεως.

189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος. Κατὰ κέρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 210). Ὁ ἀγωγὸς εὑρίσκεται ἐντὸς ὀριζοντίου ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H . Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος ἐξασκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ

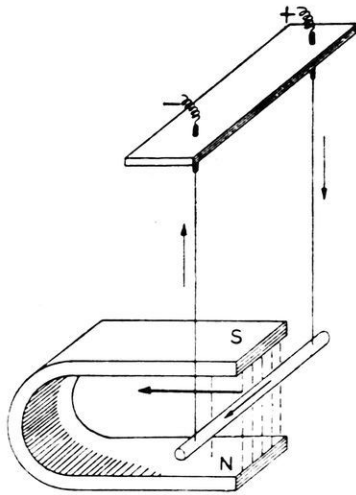
μαγνητικού πόλου N μίαν δύναμιν F' , ή οποία είναι οριζοντία. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ὁ μαγνητικὸς πόλος N ἄσκει ἐπὶ τοῦ ρεύματος, μίαν ἀν-



Σχ. 210. Ἡ F' εἶναι ἡ δράσις τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ πόλου N, ἡ δὲ F εἶναι ἡ ἀντίδρασις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος

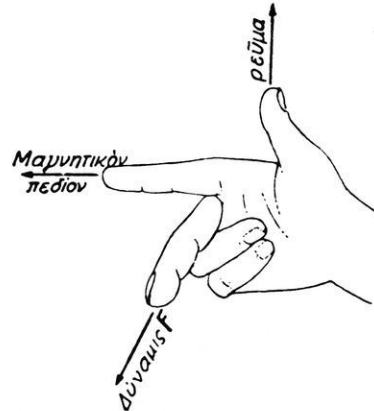
τίδρασις F ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν F' . Ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται λοιπὸν μία δύναμις F , ἡ οποία εἶναι οριζοντία, δηλαδὴ κ α θ ε τ ο ς πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ορίζουν ἡ ἐντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

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 ἐμπειρικὸν κανόνα τῶν τριῶν δακτύλων: Τείνομεν τοὺς τρεῖς πρώτους δακτύλους τῆς δεξιᾶς χειρὸς οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν μεταξὺ των ὀρθὰς γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φορὰν



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπίδρασεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος

ἡ διεύθυνσις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ



Σχ. 212. Εὐρεσις τῆς φορᾶς τῆς ηλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F (δεξιὰ χεῖρ)

τοῦ ρεύματος, τὸν δείκτην κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅποτε ὁ μέσος δάκτυλος δεικνύει τὴν φοράν τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 212). Ἀπὸ τὴν μελέτην τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος συνήχθη ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ Laplace :

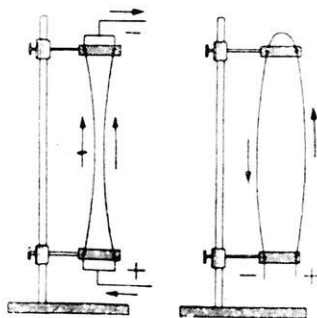
Ὅταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους l , καὶ διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I , εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις F κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου· ἡ ἐντασις τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι :

$$\text{νόμος τοῦ Laplace : } F = \frac{1}{10} \cdot l \cdot H \cdot I \text{ dyn}$$

Παράδειγμα. Ἐὰν εἶναι $l = 10$ cm, $I = 4$ Ampère καὶ $H = 2000$ Gauss τότε εἶναι :

$$F = \frac{4 \cdot 2000 \cdot 10}{10} = 8000 \text{ dyn}$$

Παράλληλα ρεύματα.

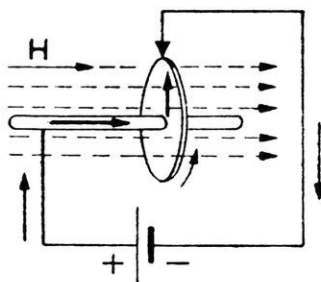


Σχ. 213. Ἀμοιβαῖαι δράσεις παραλλήλων ρευμάτων

Ἐκτελοῦμεν τὸ ἐξῆς πείραμα : Διὰ δύο κατακόρυφων ἀγωγῶν διαβιβάζομεν ρεύμα οὕτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν δύο παράλληλα ρεύματα. Παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ὁμόρροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἔλκονται (σχ. 213), ἐνῶ ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ἀντίρροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἀπωθονται. Ἡ δρᾶσις αὐτῆ τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνωτέρω νόμου τοῦ Laplace, διότι ἕκαστον ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ ἑαυτοῦ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ρεύματος.

190. Ἠλεκτρικὸς κινητήρ. Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὁποῖος δύναται νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ὁ εἰς πόλος τῆς

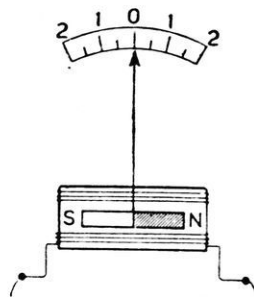
γεννητριάς, συνδέεται με τὸν ἄξονα τοῦ δίσκου, ὁ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται με ἔλασμα, τὸ ὁποῖον ἐφάπτεται τῆς περιφερείας τοῦ δίσκου. Ὁ δίσκος εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ χάλκινος δίσκος ἀποκτᾷ περιστροφικὴν κίνησιν. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐπὶ τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διατρέχει τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου, ἐνεργεῖ συνεχῶς μία δύναμις, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος πρὸς τὴν ἀκτῖνα καὶ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ δίσκου. Ἡ φορά τῆς περιστροφῆς τοῦ δίσκου ἀναστρέφεται, ἐὰν ἀναστραφῇ ἡ φορά τοῦ ρεύματος ἢ ἡ διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ ἀνωτέρω πείραμα ἐρμηνεύει τὴν λειτουργίαν τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων.



Σχ. 214. Ἀρχὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ κινητήρος

191. Ὅργανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων. Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἠλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὅργανα. Ἡ λειτουργία τούτων στηρίζεται κυρίως εἰς τὰ θερμικὰ ἢ τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ρεύματος. Τὰ **γαλβανόμετρα** ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν μαγνήτην εὐρισκόμενον ἐντὸς πλαισίου διαρροεμένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 215). Τὸ γαλβανόμετρον χρησιμεύει διὰ νὰ δείξῃ, ἂν ὑπάρχῃ ρεῦμα καὶ ποία εἶναι ἡ φορά τοῦ ρεύματος. Ὅμοια εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν **ἀμπερομέτρων**, με τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαιρέσεις εἰς Ampère.

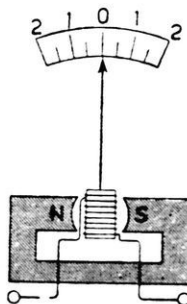
Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρά, διότι τὰ ὅργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιῶν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ **βολτόμετρα** λειτουργοῦν ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα με τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων



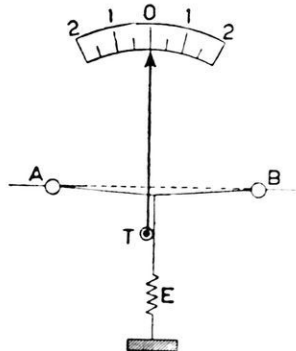
Σχ. 215. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου με κινητὸν μαγνήτην

τοῦ κυκλώματος καὶ δὲν πρέπει νὰ ἐπηρεάζουν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὄργανα μικρὸς μαγνήτης στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητον ρεῦμα. Εἶναι ὅμως δυνατὸν τὸ ρεῦμα νὰ διαρρέῃ μικρὸν πηνίον, τὸ ὁποῖον στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητος μαγνήτης



Σχ. 216. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου με κινήτων πηνίων



Σχ. 217. Ἀρχὴ τῶν θερμικῶν ὀργάνων μετρήσεων. (Τὸ διαστελλόμενον σύρμα τενίεται ἀπὸ τὸ ἐλατήριο E καὶ ἡ τροχαλία T, ἐπὶ τῆς ὁποίας στερεώνεται ὁ δείκτης στρέφεται.)

(σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὄργανα μετρήσεως ἐπιτυγχάνεται μετακινήσεις τοῦ δείκτου ἐνώπιον βαθμολογημένου τόξου ἐξ αἰτίας τῆς διαστολῆς, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται σύρμα διαρρέομενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 217).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

141. Ρεῦμα ἐντάσεως 30 A διαρρέει εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ;

142. Πηνίον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάζομεν ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου;

143. Πηνίον φέρει 10 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους. Πόσῃ ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχη τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ πηνίου, ἐάν θέλωμεν ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου νὰ εἶναι 250 Gauss;

144. Δύο εὐθύγραμμα παράλληλα σύρματα ἀπέχουν μεταξύ των 8 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων ἐντάσεως 24 A. Τὰ δύο ρεύματα εἶναι ὁμόρροπα. Πόση εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον, ἀπέχον 3 cm ἀπὸ τὸ ἓν σύρμα καὶ 5 cm ἀπὸ τὸ ἄλλο ;

145. Πηνίον μήκους 30 cm, φέρει 1200 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 6 A. Πόση εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ; Τι συμβαίνει, ἐὰν ἐντὸς τοῦ πηνίου εἰσαχθῇ ράβδος μαλακοῦ σιδήρου ἔχουσα μαγνητικὴν διαπερατότητα $\mu = 4000$;

146. Πηνίον φέρει 20 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ ὁ ἄξων του εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ὑπάρχει μικρὰ μαγνητικὴ βελὸν ἁποκλίσεως. Ὅταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, ἡ βελὸν ἐκτρέπεται κατὰ 45° . Πόση εἶναι ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος, ἐὰν ἡ ὀριζοντία συνιστώσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss ;

147. Εὐθύγραμμον σύρμα, μήκους 12 cm, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 4 A καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 200 Gauss. Τὸ σύρμα εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἐπὶ τοῦ σύρματος ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις ;

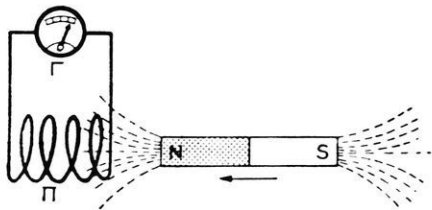
148. Δύο εὐθύγραμμα σύρματα μήκους 50 cm εἶναι παράλληλα καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἐκάστου σύρματος, ἕνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος ;

ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίων. Ὁ Faraday ἀντιστρέφων τὸ ζήτημα ἐπεζήτησε νὰ παραγάγῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν ἀνακάλυψιν αὐτὴν τοῦ Faraday στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι σήμερον παράγουν ἀφθόνως τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὰ ἄκρα ἐνὸς πηνίου εἶναι συνδεδεμένα μὲ εὐπαθὲς γαλβανόμετρον (σγ. 218). Τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, ἀλλ' ἐπειδὴ δὲν περιλαμβάνει καμμίαν γεννήτριαν, δὲν παρατηροῦμεν ρεῦμα. Εἰς τὸ πηνίον πλησιάζομεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον εὐθυγράμμου μαγνήτου οὕτως, ὥστε αἱ δυναμικαὶ γραμμὰι τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου του νὰ διέρχωνται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα πολὺ μικρᾶς διαρκείας. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τὸ πηνίον, παρατηροῦμεν πάλιν

μικρᾶς διάρκειας ρεύμα, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ προηγούμενως παραχθέν ρεύμα. Τὰ οὕτω παραγόμενα ρεύματα, καλοῦνται

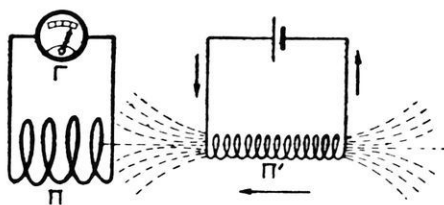


Σχ. 218. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος κῆς ροῆς εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. "Ὡστε :

"Ὄταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται δι' ἐνὸς ἀγωγοῦ, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διαρκοῦν, ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. Ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου Π (σχ. 218), δύναται νὰ μεταβληθῇ κατὰ τοὺς ἐξῆς τρόπους :

α) Πλησιάζομεν εἰς τὸ πηνίον Π ἢ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ αὐτὸ ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην (σχ. 218) ἢ ἐν ἄλλο πηνίον Π', τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 219). Τὸ πηνίον Π' συμπεριφέρεται,



Σχ. 219. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ὅπως ὁ εὐθύγραμμος μαγνήτης. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεύμα.

β) Τὸ πηνίον Π εὐρίσκειται ἀκίνητον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηνίου Π' (σχ. 219), τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I. Διακόπτομεν τὸ ρεύμα τοῦ πηνίου Π'. Ἡ κατάργησις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ συνεπῶς ἀνάπτυξιν ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηνίου Π. Ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεύμα εἰς τὸ πηνίον Π' προκαλεῖται πάλιν με-

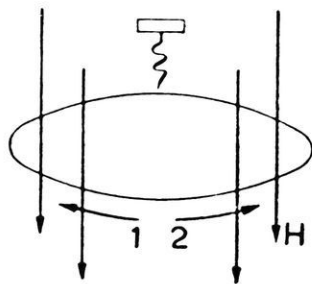
ταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὁποίου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεύμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτει ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεύμα.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμον μαγνήτην ἢ τὸ πηνίον Π' τὸ διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πηνίον Π, προκαλεῖται μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ παράγεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεύμα.

194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος. Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος καθορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ **Lenz**:

Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεύμα ἔχει τοιαύτην φορὰν, ὥστε τὸ ρεύμα τοῦτο νὰ ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αἰτίαν, ἢ ὅποια τὸ παράγει.

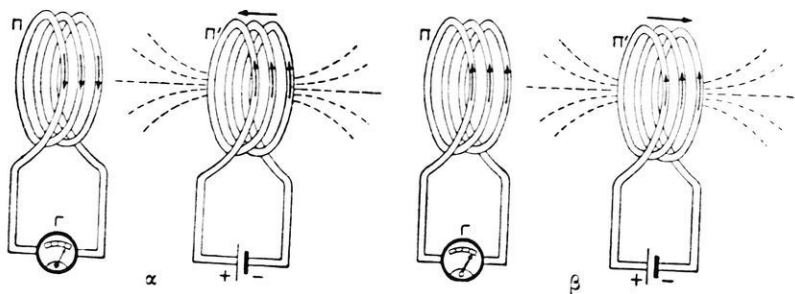
Ὅταν λοιπὸν πλησιάζωμεν εἰς τὸ πηνίον Π (σγ. 218) τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεύμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἔχει τοιαύτην φορὰν, ὥστε εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργηθῆι βόρειος πόλος. Οὗτος ἀπωθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομακρύνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βόρειου πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὐκολον εὔρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μνημονικὸν κανόνα τοῦ **Maxwell**: Θεωροῦμεν κοχλίαν το-



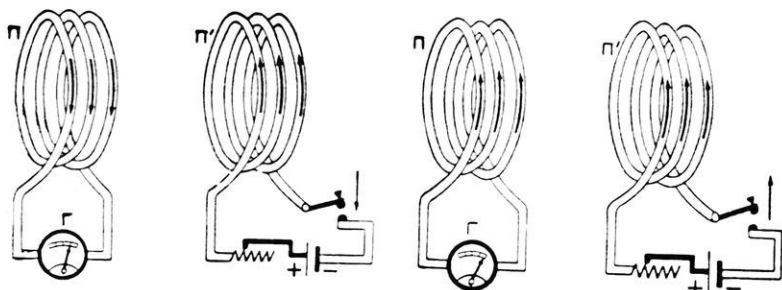
Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὔρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος

τοποθετημένον παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σγ. 220). Ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐλάττωεταὶ τὸ ἐπαγωγικὸν ρεύμα ἔχει τὴν φορὰν, κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῆ ὁ κοχλίας διὰ νὰ προχωρήσῃ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 1). Ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἀύξανεταὶ, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεύμα ἔχει φορὰν ἀντίθετον τῆς φορᾶς, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ κοχλίας στρεφόμενος προχωρεῖ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 2).

Ούτως εύρισκομεν τὴν φοράν τοῦ ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἀναπτυσσομένου ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π'



Σχ. 221. Φορὰ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π' (α τὸ Π' πλησιάζει πρὸς τὸ Π , β τὸ Π' ἀπομακρύνεται τοῦ Π)



Σχ. 222. Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἢ τὴν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ἀντίρροπον

Σχ. 223. Κατὰ τὴν διακοπὴν ἢ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ὁμόρροπον

(σχ. 221) ἢ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν καὶ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηνίου Π' (σχ. 222, 223).

195. Ἐπαγωγικὴ ἢ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Γνωρίζομεν ὅτι ἐν κλειστὸν κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχη γεννήτρια, ἢ ὁποία ἔχει ἢλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ἐὰς θεωρήσωμεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἀπὸ πηνίον Π καὶ γαλβανόμετρον Γ (σχ. 218). Ἐὰν εἰς τὸ πηνίον Π πλησιάζωμεν ταχέως ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Ἄρα ἡ μεταβολὴ τῆς

μαγνητικής ροής δημιουργεί εντός του πηνίου Π ηλεκτρεγερτική δύναμιν, ή οποία καλείται **έπαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις**. Το πείραμα και ή θεωρία αποδεικνύουν ότι :

Η έπαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις (E) είναι ανάλογος προς την μεταβολήν ($\Delta\Phi$) τής μαγνητικής ροής και αντίστροφως ανάλογος προς τον χρόνον (t), εντός του οποίου συμβαίνει ή μεταβολή αυτή.

$$\text{έπαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις : } E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t} \text{ Volt}$$

Η μεταβολή $\Delta\Phi$ τής μαγνητικής ροής μετρείται εις Maxwell (§ 128) και ό χρόνος t εις δευτερόλεπτα.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Πηνίον αποτελείται από 100 σπείρας, διαμέτρου 10 cm και εύρισκται εντός όμογενοϋς μαγνητικού πεδίου έντάσεως 50 Gauss. Αί σπείραι του πηνίου είναι κάθετοι προς τās δυναμικές γραμμάς του μαγνητικού πεδίου. Έντός 0,1 sec τó πεδίου καταργείται. Πόση είναι ή άναπτυσσομένη εντός του πηνίου έπαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις ;

Η όλική μαγνητική ροή, ή οποία διέρχεται διά των 100 σπειρών του πηνίου είναι :

$$\Phi = 100 \cdot H \cdot \sigma = 100 \cdot 50 \cdot \pi \cdot 25 = 392\ 500 \text{ Maxwell}$$

Τόση όμως είναι και ή μεταβολή $\Delta\Phi$ τής μαγνητικής ροής. Άρα είναι :

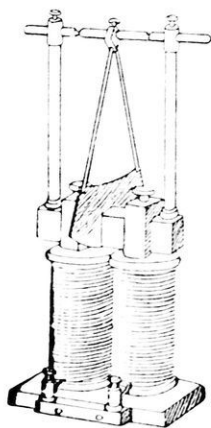
$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\ 500 \text{ Mx}}{0,1 \text{ sec}} = 0,03925 \text{ Volt}$$

Εάν ή ίδια μεταβολή τής μαγνητικής ροής συμβή εντός 0,001 sec, τότε είναι :

$$E = 3,925 \text{ Volt}$$

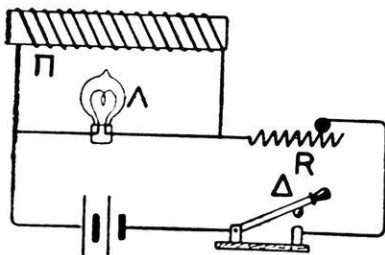
196. Ρεύματα Foucault. Όταν μία μεταλλική μάζα μετακινείται εντός μαγνητικού πεδίου, άναπτύσσονται εντός αυτής έπαγωγικά ρεύματα, τά όποια διατρέχουν εντός τής μεταλλικής μάζης κλειστάς τροχιάς. Τά ρεύματα αυτά καλούνται **ρεύματα Foucault** και προκαλούν ισχυράν θέρμανσιν τής μεταλλικής μάζης. Τά ρεύματα Foucault, συμφώνως προς τον νόμον του Lenz, αντιτίθενται εις την μεταβολήν τής μαγνητικής ροής, δηλαδή αντιτίθενται εις την μετακίνησιν τής μεταλλικής μάζης. Ούτω τά ρεύματα Foucault ένεργοϋν επί τής κινουμένης μεταλλικής μάζης ως τροχοπέδη (φρένο). Τοϋτο καταφαίνεται εις τó εξής πείραμα. Μεταξύ των πόλων ισχυροϋ ηλεκτρομαγνή-

του δύναται νά αιώρηται παχέια μεταλλική πλάξ (σχ. 224). "Όταν διά του ηλεκτρομαγνήτου δέν διέρχεται ρεύμα, αί αιώρήσεις τῆς πλάκῃς διαρκούν ἐπὶ μακρὸν χρόνον. "Όταν ὅμως ἡ πλάξ κινῆται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποῖον δημιουργεῖται μεταξύ τῶν πόλων τοῦ ηλεκτρομαγνήτου, τότε ἡ κίνησις τῆς πλάκῃς γίνεται πολὺ βραδεία καὶ ταχέως ἡ πλάξ ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἡρεμίαν. Τὰ ρεύματα Foucault χρησιμοποιοῦνται ὡς τροχοπέδη εἰς πολλὰ ὄργανα μετρήσεων διὰ τὴν ταχείαν ἀπόσβεσιν τῶν ταλαντώσεων τοῦ κινητοῦ συστήματός των καὶ εἰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ἠλεκτρομαγνητικὰ φρένα).



Σχ. 224. Ἐπὶ τῆς κινουμένης πλάκῃς ἀναπτύσσονται ρεύματα Foucault

197. **Αὐτεπαγωγή.** Κάθε ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος, δημιουργεῖ περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου. Οὕτω διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία ὑφέλλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου τοῦ ρεύματος. "Όταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος καὶ ἐπομένως μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀγωγοῦ. Ὡστε, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον διαρρέει ἀγωγόν, ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ρεύματα αὐτεπαγωγῆς**. Μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 225 ἀποδεικνύεται εὐκόλως τὸ φαινόμενον τῆς αὐτεπαγωγῆς. Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ πηνίου παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν λαμπτήρ πυρακτώσεως (Λ) καὶ ρυθμιζομεν τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος (διὰ τῆς μεταβλητῆς ἀντιστάσεως R),



Σχ. 225. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ

ὥστε ὁ λαμπτήρ μόλις νά φωτοβολῆ. Διακόπτομεν ἀποτόμως τὸ ρεύμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἰσχυρῶς διὰ μίαν μόνον στιγμήν. Ἡ διακοπὴ τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον μεταβολὴν τῆς

μαγνητικής ροής, ή οποία διέρχεται δια του πηνίου. Ούτως αναπτύσσεται εντός του πηνίου **ήλεκτρεγερτική δύναμις** εξ **αυτεπαγωγής**, ή οποία δημιουργεί τὸ ρεύμα **αυτεπαγωγής**. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz, αὐτὸς ὁ ρεύμας τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δημιουργεῖ ρεύμα **αυτεπαγωγής** ἀντίρροπον καὶ ἀντιθέτως ἐλάττωσις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δημιουργεῖ ρεύμα **αυτεπαγωγής** ὁμόρροπον. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

Ἡ ήλεκτρεγερτική δύναμις εξ **αυτεπαγωγής** (E) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν (ΔI) τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ ὁποίου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὕτη.

$$\text{ήλεκτρεγερτική δύναμις εξ αυτεπαγωγής: } E = L \cdot \frac{\Delta I}{t} \text{ Volt}$$

ὅπου L εἶναι ὁ **συντελεστής αυτεπαγωγής** τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν μορφήν καὶ τὸ μέγεθος τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν $\Delta I = 1$ Ampère, $t = 1$ sec καὶ $E = 1$ Volt, εὐρίσκομεν $L = 1$. Ἡ μονὰς συντελεστοῦ **αυτεπαγωγής** καλεῖται **Henry** ($1 H$) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

Ἄγωγός ἔχει **συντελεστήν αυτεπαγωγής 1 Henry** ὅταν, **μεταβαλλομένης** τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος κατὰ **1 Ampère** ἐντὸς **1 δευτερολέπτου** **αναπτύσσεται** ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ **ήλεκτρεγερτική δύναμις** εξ **αυτεπαγωγής ἴση** με **1 Volt**.

Παράδειγμα. Πηνίον ἔχει συντελεστήν **αυτεπαγωγής** $L = 0,2$ Henry καὶ διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα ἐντάσεως $I = 10$ Ampère. Ἐντὸς χρόνου $t = 0,01$ sec τὸ ρεύμα διακόπτεται. Ἐντὸς τοῦ πηνίου **αναπτύσσεται** τότε **ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις** εξ **αυτεπαγωγής** :

$$E = 0,2 H \cdot \frac{10 A}{0,01 \text{ sec}} = 200 \text{ Volt}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

149. Πλαίσιον φέρει 100 σπείρας καὶ ἔχει ἐπιφάνειαν 1 m^2 . Τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλαισίου εἶναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Τὸ σύρμα τοῦ πλαισίου ἔχει ἀντίστασιν 2Ω καὶ συνδέεται μετὰ γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως 8Ω . Τὸ πλάσιον στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα κατὰ 90° . Πόσον εἶναι τὸ

ἀναπτυσσόμενον ἐξ ἐπαγωγῆς ἡλεκτρικῶν φορτίων : Ὁριζοντία συνιστῶσα γῆ-
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 ὅπως, ὥστε ὁ
ἄξων του νὰ συμπίπτῃ μὲ μίαν δυναμικὴν γραμμὴν. Στρέφωμεν τὸ πηνίον κατὰ 90°
ἐντὸς 0,1 sec, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ γίνωσι παράλληλοι πρὸς τὰς δυναμικὰς
γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις :

151. Πηνίον Α μῆκους 50 cm φέρει 500 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος
ἐντάσεως 10 A. Εἰς τὸ μέσον τοῦ πηνίου Α ὑπάρχει μικρὸν πηνίον Β, τὸ ὅποιον
ἔχει διάμετρον 4 cm καὶ φέρει 1000 σπείρας. Οἱ ἄξονες τῶν δύο πηνίων συμπίπτουν.
Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Α ἐντὸς 0,01 sec. Πόση εἶναι ἡ ἐντῆσις τοῦ πη-
νίου Β ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις :

152. Πηνίον φέρει 1000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν 20 cm².
Τὸ πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 3 Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντίστάσεως 7 Ω.
Τὸ πηνίον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνητοῦ καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν
σπειρῶν εἶναι κάθετα πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐξά-
γομεν ταχέως τὸ πηνίον ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅποτε εὐρίσκομεν ὅτι διὰ τοῦ
γαλβανομέτρου διήλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Cb. Πόση εἶναι ἡ ἐντῆσις τοῦ
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἡλεκτρομαγνητοῦ :

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρέει πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς
0,2 H. Ἐντὸς 0,04 sec ἡ ἐντῆσις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται εἰς 3 A. Πόση εἶναι ἡ
ἀναπτυσσομένη ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις :

154. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,05 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύ-
ματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβιῇ ἡ ἐντῆσις τοῦ ρεύματος ἐντὸς
0,1 sec, διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς 2 Volt :

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

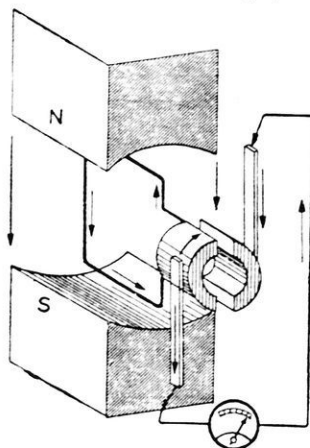
198. Ἠλεκτρικαὶ μηχαναί. Καλοῦνται γενικῶς ἡλεκτρικαὶ
μηχαναὶ αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναί, αἱ ὅσαι μετατρέπουσι τὴν μηχαν-
νικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως. Αἱ γεν-
νήτριαι ἐκτελοῦσι τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἡλε-
κτρικὴν, αἱ δὲ κινήτηρες μετατρέπουσι τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς
μηχανικὴν ἐνέργειαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος,
(§ 154) ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἐξῆς κύρια μέρη : τὸν ἐπαγωγέα,
τὸ ἐπαγωγίμον καὶ τὸν συλλέκτην.

Ὁ ἐπαγωγέως εἶναι ἡλεκτρομαγνητῆς, μεταξὺ τῶν πόλων
τοῦ ὁποίου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ ἐπαγω-
γιμον ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὅποιον στρέφεται ἐντὸς τοῦ
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, διὰ νὰ προκαλῆται συνεχῶς μετα-

βολή της μαγνητικής ροής. Ο συλλέκτης είναι κατάλληλον σύστημα, διά τοῦ ὁποίου τὰ ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου παραγόμενα ἐπαγωγικά ρεύματα μεταβιβάζονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα τῆς καταναλώσεως.

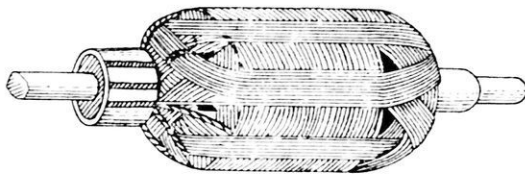
199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος. Ἡ λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἐξῆς ἀρχῆς: "Ἄς θεωρήσωμεν ὀρθογώνιον πλαίσιον ἀπὸ γάλκινον σύρμα (σχ. 226). Τὸ πλαίσιον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουν εἰς δύο μεμονωμένους ἡμιδακτύλους (συλλέκτης), οἱ ὅποιοι εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς καὶ στρέφονται μετ' αὐτοῦ. Ἐκάστος ἡμιδακτύλιος εὐρίσκειται πάντοτε εἰς ἐπαφὴν μὲ ἓν ἔλασμα (ψήκτρα). Ὄταν τὸ πλαίσιον ἐκτελέσῃ ἡμίσειαν στροφὴν, ἐκάστη ψήκτρα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον. Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν τὸ πλαίσιον εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ θέσις αὕτη τοῦ πλαισίου καλεῖται οὐδέτερα γραμμὴ. Ὄταν τὸ πλαίσιον στρέφεται κατὰ 90° , ἢ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται μεταξὺ τῆς τιμῆς 0 (τὸ πλαίσιον παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς) καὶ μίᾳ μεγίστης τιμῆς Φ (τὸ πλαίσιον κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς).

Ἡ φορά τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πλαισίου ἀλλάσσει, ὡς ἂν τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως ἡ μίᾳ ψήκτρα τοῦ συλλέκτου παύει νὰ ἐφάπτεται τοῦ ἑνὸς ἡμιδακτύλιου καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον τοῦ συλλέκτου. Οὕτω τὸ ρεῦμα ἐξέρχεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ἀπὸ τὴν αὐτὴν πάντοτε ψήκτραν, ἢ ὁποία ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, ἐνῶ ἡ ἄλλη ψήκτρα ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Εἰς



Σχ. 226. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα διοχετεύονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ὡς συνεχές ρεῦμα.

τήν πρᾶξιν, ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ πλαίσια, τὰ ὅποια καταλήγουν εἰς ἰσάριθμα ζεύγη τομέων, τὰ ὅποια εἶναι μεμονωμένα καὶ ἀποτελοῦν τὸν συλλέκτην. Τὰ πλαίσια διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου ἀπὸ μαλακῶν σιδήρων (σχ. 227). Οὗτος χρησιμεύει διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (§ 187) καὶ συνεπῶς διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητριάς τροφοδοτεῖται μὲ μέρος τοῦ ρεύματος,



Σχ. 227. Ἐπαγωγίμων τομπάνου, εἰς τὸ ὅποιον τὰ σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου

τὸ ὅποιον παράγει ἡ γεννήτρια. Ἡ γεννήτρια ἀρχίζει νὰ λειτουργῇ, μόλις τεθῆ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἐπαγωγίμων, διότι ὁ μαλακὸς σίδηρος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου διατηρεῖ πάντοτε μίαν μικρὰν μαγνητισίαν, ἱκανὴν νὰ προκαλέσῃ τὴν διέγερσιν τῆς μηχανῆς (αὐτὸ διέγερσις τῆς μηχανῆς).

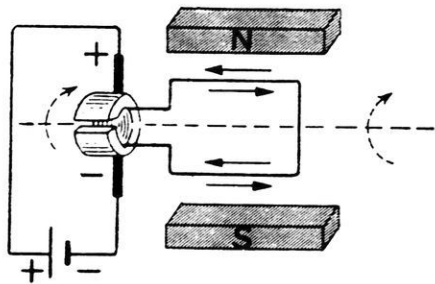
Ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγωγίμων φέρῃ N εὐθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι v , τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις E τῆς γεννητριάς εἶναι :

$$\text{ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητριάς: } E = \frac{1}{10^8} \cdot N \cdot v \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου Φ εἶναι ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται δι' ὅλοκλήρου τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75% ἕως 98%.

200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος. Ἐὰς θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ἡ μία ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς γεννητριάς συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ἄλλη ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητριάς. Τότε τὸ πλαίσιον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἐκάστης πλευρᾶς τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὅποιον στρέφει τὸ πλαίσιον, ἕως ὅτου τοῦτο

γίνη, κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε ὅμως ἀλλάσσει ἡ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν με τοὺς ἡμιδακτυλίους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζεύγος δυνάμεων, τὸ ὅποιον συνεχίζει τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητῶν συνεχῶς ρεύματος. Οἱ κινητῆρες οὗτοι εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι με τὰς



Σχ. 228. Ἀρχὴ τῶν κινητῶν συνεχῶς ρεύματος

γεννητρίας. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἠλεκτροκινητῶν ἀνέρχεται εἰς 70% ἕως 98%.

201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχῶς ρεύματος. Ἐστω ὅτι μία γεννήτρια συνεχῶς ρεύματος παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως $I = 20$ Ampère ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000$ Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως με γραμμὴν ἔχουσαν ἀντίστασιν $R = 300$ Ohm. Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς κύκλωμα ἰσχὴν $P = U \cdot I$ ἤτοι $P = 200\,000$ Watt. Ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἰσχύς $P' = I^2 \cdot R$, ἤτοι χάνονται $P' = 120\,000$ Watt. Ἄρα εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἴση με $80\,000$ 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 ἰσχὴν $P = 200\,000$ Watt, ὅσῃν παρεῖχεν καὶ προηγουμένως. Ἀλλὰ τώρα ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ἰσχύς $P' = I^2 \cdot R$ ἤτοι $P' = 1200$ Watt. Οὕτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἴση με $198\,800$ Watt. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου καταφαίνεται ὅτι, διὰ νὰ μεταφερθῇ τὸ ρεῦμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, πρέπει τὸ ρεῦμα νὰ ἔχῃ μεγάλην τάσιν καὶ μικρὰν ἐντάσιν. Ἀλλ' αἱ γεννήτριαι συνεχῶς ρεύματος δὲν δύνανται νὰ μᾶς δώσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μεγάλας τάσεις. Οὕτω τὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ μεταφερθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, διότι δημιουργεῖ τεραστίαν ἀπώλειαν ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

155. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 300 Volt, εσωτερικήν αντίστασιν $0,5 \Omega$ και ταχύτητα περιστροφής 1500 στροφάς κατά λεπτόν. Ἡ γεννήτρια αὕτη συνδέεται με ἄλλην ὁμοίαν μηχανήν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὡς κινητήρ, ὁ ὁποῖος ἐκτελεῖ 1200 στροφάς κατά λεπτόν. Οἱ ἄγωγοι τῆς συνδέσεως τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν ἀντίστασιν 4Ω . Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς ἐκάστης μηχανῆς καὶ πόση ἰσχύς χάνεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἐπὶ τῆς γραμμῆς καὶ ἐντὸς ἐκάστης μηχανῆς ;

156. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 120 Volt καὶ εσωτερικήν ἀντίστασιν 1Ω . Πόση εἶναι ἡ μεγίστη δυνατὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ προσφέρῃ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ἡ γεννήτρια αὕτη ; Πόση εἶναι τότε ἡ ἀπόδοσις τῆς γεννητρίδας ;

157. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος ἔχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 120 Volt, καὶ εσωτερικήν ἀντίστασιν 1Ω . Ἡ γεννήτρια τροφοδοτεῖ λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦντας ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Ἐκαστὸς λαμπτήρ, ὅταν λειτουργῇ κανονικῶς, ἔχει ἀντίστασιν 440Ω . Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ ἡ γεννήτρια ;

158. Γεννήτρια ἔχει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφοράν δυναμικοῦ 120 Volt καὶ στέλλει ρεῦμα ἐντάσεως 100 A εἰς κινητήρα εὐρισκόμενον μακρὰν τῆς γεννητρίδας. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἂν θέλωμεν νὰ χρησιμοποιῆ ὁ κινητήρ τὰ $0,90$ τῆς ἰσχύος, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ; Πόση εἶναι τότε ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τοῦ κινητήρος ;

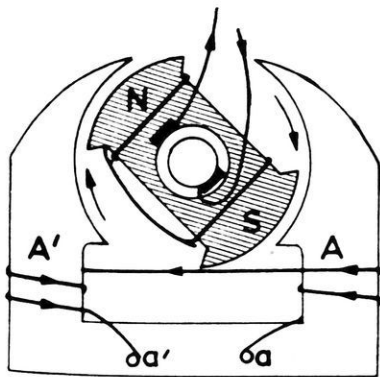
159. Δύο δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστάσεις $r_A = 30 \Omega$ καὶ $r_B = 15 \Omega$, συνδέονται δὲ μεταξύ των με ἄγωγους, οἱ ὁποῖοι ἔχουν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$. Ἡ A λειτουργεῖ ὡς γεννήτρια καὶ εἰς τοὺς πόλους τῆς ἡ τάσις εἶναι 120 Volt, ἡ δὲ B λειτουργεῖ ὡς κινητήρ καὶ εἰς τοὺς πόλους τῆς ἡ τάσις εἶναι 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς A καὶ ἡ ἀνηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς B ;

160. Μία ὑδατόπτωση παρέχει ἰσχὸν 600 kW εἰς γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 90% . Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως με ἄγωγους ἔχοντας ἀντίστασιν 300Ω . Πόση εἶναι ἡ βιομηχανικὴ ἀπόδοσις τῆς ἐγκαταστάσεως, ὅταν ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίδας εἶναι 20 000 Volt καὶ ὅταν εἶναι 100 000 Volt ;

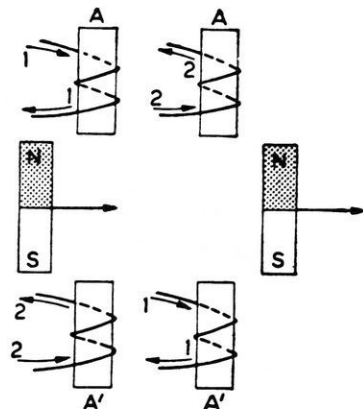
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

202. Ἐναλλακτῆρες. Σήμερον, ἀντὶ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἔχει πάντοτε τὴν ἰδίαν φοράν, χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ φορά ἐναλλάσσεται περιοδι-

κώς. Αί γεννήτριαι, αί όποϊαι παράγουν έναλλασσόμενον ρεύμα, καλοϋνται ειδικώτερον **έναλλακτῆρες**. Είς τούτους ό **επαγωγεύς** είναι ήλεκτρομαγνήτης, ό όποϊος δύναται νά περιστρέφεται περι άξονα (σχ.

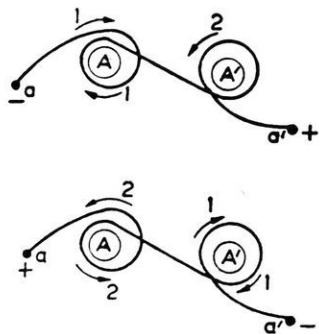


Σχ. 229. Σχηματική παράστασις έναλλακτῆρος



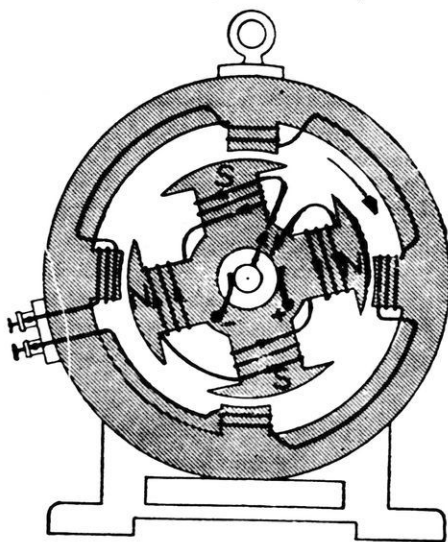
Σχ. 230. Τά ρεύματα έντός τών πηνίων A και A' έχουν πάντοτε αντίθετον φοράν

229). Ό ήλεκτρομαγνήτης τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, τó όποϊον παράγει γεννήτρια συνεχούς ρεύματος. Τó **επαγωγίμιον** είναι άκίνητον και αποτελείται από δύο πηνία A και A', τά όποϊα φέρουν κοινόν πυρήνα από μαλακόν σίδηρον. Τó σύρμα είς τά δύο πηνία είναι τυλιγμένον κατ' αντίθετον φοράν, τά δέ δύο ελεύθερα άκρα τού σύρματος καταλήγουν είς τούς άκροδέκτας α και α'. Κατά τήν περιστροφήν τού ήλεκτρομαγνήτου προκαλείται μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς είς τά δύο πηνία. Έστω ότι είς μίαν στιγμήν ό βόρειος πόλος N τού ήλεκτρομαγνήτου πλησιάζει πρòς τó πηνίον A. Τότε έντός τού πηνίου A (σχ. 230) παράγεται επαγωγικόν ρεύμα έχον τήν φοράν 1. Μετ' όλίγον ό βόρειος πόλος N άπομακρύνεται από τó πηνίον A και έντός τού πηνίου τούτου



Σχ. 231. Είς εκάστην στιγμήν τά δύο αντίθετα ρεύματα προστίθενται

παράγεται επαγωγικόν ρεύμα, ἔχον τὴν ἀντίθετον φοράν 2. Τὰ ἴδια συμβαίνουν καὶ εἰς τὸ πηνίον Α' μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ἐκάστην στιγμήν τὰ δύο πηνία Α καὶ Α' διαρρέονται ἀπὸ ἐπαγωγικὰ ρεύματα ἀντιθέτου φοράς. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ πύλιγμα τοῦ σύρματος εἰς τὰ δύο πηνία ἔχει γίνεαι ἀντιθέτως, διὰ τοῦτο τὰ δύο αὐτὰ ἀντίθετα ἐπαγωγικὰ ρεύματα προστίθενται εἰς ἐκάστην στιγμήν (σχ. 231). Οὕτως οἱ ἀκροδέκται α καὶ α' γίνονται περιοδικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητήριας. Ἐὰν δὲ συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μετὰ ἓνα ἐξωτερικὸν ἄγωγόν, οὗτος θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα ἐναλλασσομένης περιοδικῶς φοράς καὶ τὸ ὅποιον διὰ τοῦτο καλεῖται ἐναλλασσόμενον ρεύμα. Εἰς τὴν πράξιν ὁ ἐπαγωγεὺς ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγος μαγνητικῶν πόλων, τὰ ὅποια περιστρέφονται ἔμπροσθεν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πηνίων τούτων εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέως (σχ. 232). Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου φέρουν πυρῆνας ἀπὸ μαλακῶν σιδηρῶν,

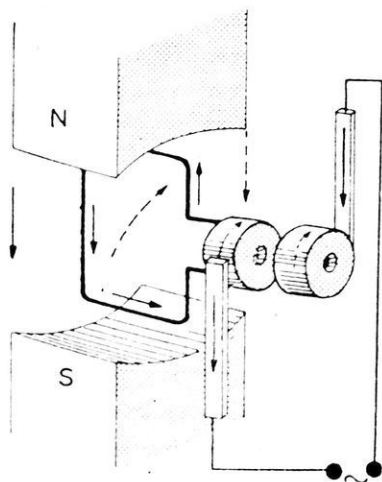


Σχ. 232. Μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ

οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των ὀγκώδη σιδηρᾶν μάζαν. Οἱ ἀνωτέρω ἐναλλακτήρες καλοῦνται **μονοφασικοί**, τὸ δὲ παραγόμενον ὑπ' αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεύμα καλεῖται **μονοφασικόν**. Ἡ συχνότης τῶν παραγομένων σήμερον ἐναλλασσομένων ρευμάτων ποικίλει ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν (ἀπὸ 20 Hz ἕως 1 000 000 Hz).

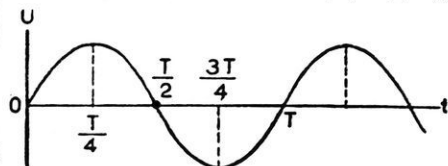
203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ὁ κινητῆρ συνελθὺς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητῆρ μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγίμου εἰς τὸν κινητῆρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότερον ὅμως χρησιμοποιούμενοι σήμερον κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι **τριφασικοὶ κινητῆρες**.

204. Έναλλασσόμενο ρεύμα. Κατά την περιστροφή ενός πλαισίου εντός μαγνητικού πεδίου (σχ. 233) ή διερχομένη δια του



Σχ. 233. Η μαγνητική ροή μεταβάλλεται συνεχώς

πλαίσιου μαγνητική ροή μεταβάλλεται συνεχώς. Ούτως εις τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τάσις, ἢ ὅποια μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσῃ τοῦ χρόνου (σχ. 234). Κατὰ τὰς χρονικὰς στιγμὰς $\frac{T}{4}$ καὶ $\frac{3T}{4}$ ἡ τάσις λαμβάνει τὴν μεγίστην ἀπόλυτον τιμὴν τῆς U_0



Σχ. 234. Η τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς

ἢ ὅποια καλεῖται **πλάτος τῆς τάσεως** (ἢ **μεγίστη τάσις**). Ἡ στιγμιαία τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \nu t$$

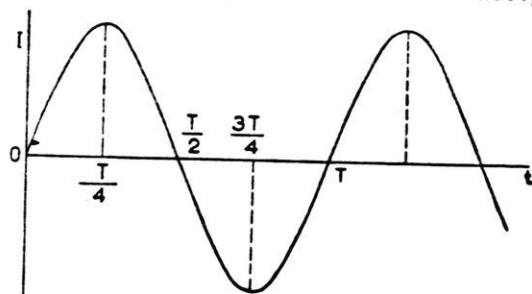
Ἐὰν καλέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$, τότε ἡ στιγμιαία τάσις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\text{στιγμιαία τάσις:} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

Τὸ ω καλεῖται **κυκλικὴ συχνότης** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ φανερώνει πόσαι περίοδοι ἀντιστοιχοῦν εἰς 2π δευτερόλεπτα.

Εἰς τοὺς πόλους τοῦ ἐναλλακτῆρος ἀναπτύσσεται ὁμοίως ἐναλλασσομένη τάσις. Ὁ ἐξωτερικὸς ἀγωγός, ὁ ὅποιος συνδέει τοὺς πόλους τοῦ

εναλλακτῆρος, διαρρέεται τότε ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα. Ἡ ἔντα-



Σχ. 235. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς

σις τοῦ ρεύματος τούτου μεταβάλλεται ἐπίσης ἡμιτονοειδῶς συναρτήσῃ τοῦ χρόνου (σχ. 235) καὶ ἡ στιγμιαία τιμὴ I τῆς ἐντάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \eta \quad I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi nt$$

ὅπου I_0 εἶναι ἡ μεγίστη ἀπόλυτος τιμὴ τῆς ἐντάσεως καὶ ἡ ὁποία καλεῖται πλάτος τῆς ἐντάσεως (ἡ μεγίστη ἔντασις). Ἐὰν θέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$, τότε ἡ στιγμιαία ἔντασις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\text{στιγμιαία ἔντασις :} \quad I = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσῃ τοῦ χρόνου, ἡ δὲ στιγμιαία τιμὴ των προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu \omega t \quad I = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Παράδειγμα. Ἐστω ὅτι ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι $\nu = 40$ Hz, τὸ πλάτος τῆς τάσεως εἶναι $U_0 = 100$ Volt καὶ τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως $I_0 = 12$ Ampère. Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = \frac{1}{480}$ sec

ἡ στιγμιαία τάσις εἶναι :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi n t = 100 \cdot \eta \mu \left(2\pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{480} \right)$$

$$\text{ἤτοι} \quad U = 100 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ Volt}$$

ἡ στιγμιαία ἔντασις εἶναι :

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi n t = I_0 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} \quad \text{ἤτοι} \quad I = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \text{ Ampère}$$

205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις. Ἐὰς θεωρήσωμεν ἓνα ἀγωγὸν ἔχοντα ἀντίστασιν R καὶ ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἐντὸς μιᾶς περιόδου T ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται συνεχῶς. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ χρόνον t , ἀναπτύσσει ἐπ' αὐτοῦ ὠρισμένην ποσότητα θερμότητος. Καλεῖται **ἐνεργὸς ἔντασις** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ ἔντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέον τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον παράγει τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος, τὴν ὁποίαν παράγει καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἀποδεικνύεται ὅτι :

Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις (I_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς ἐντάσεως (I_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$I_{ev} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad I_{ev} = 0,707 \cdot I_0$$

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, τὸν ὁποῖον διαρρέει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ὑπάρχει μία ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένη τάσις. Καλεῖται **ἐνεργὸς τάσις** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ τάσις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ὁποία ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ προκαλεῖ συνεχῆ ρεῦμα ἔχον ἔντασιν ἴσην μὲ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εὐρίσκεται δὲ ὅτι :

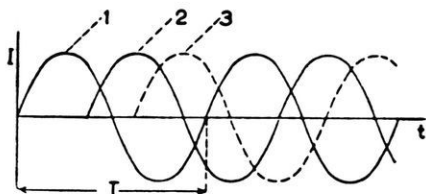
Ἡ ἐνεργὸς τάσις (U_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως (U_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$U_{ev} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad U_{ev} = 0,707 \cdot U_0$$

Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ ἀμπερόμετρα**, ἡ δὲ ἐνεργὸς τάσις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ βολτόμετρα**.

Νόμος τοῦ Ohm. Εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγοῦ ἔχοντος ἀντίστασιν R , ἀλλὰ μὴ ἔχοντος αὐτεπαγωγὴν ἐφαρμόζεται ἐνεργὸς τάσις U_{ev} . Τότε ἰσχύει ὁ νόμος τοῦ Ohm : $U_{ev} = I_{ev} \cdot R$. Ἡ δὲ ἰσχύς τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι : $P = U_{ev} \cdot I_{ev}$. Ἐντὸς χρόνου t ἡ μεταφερομένη ἐνέργεια εἶναι : $W = U_{ev} \cdot I_{ev} \cdot t$.

206. Τριφασικὰ ρεύματα. Εἰς τὰς ἐξισώσεις $U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$ καὶ $I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$ τὸ μέγεθος ωt καλεῖται **φάσις**. Ἄς θεωρήσωμεν τρία μονοφασικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, τὰ ὅποια ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον T , τὸ αὐτὸ πλάτος τάσεως U_0 καὶ τὸ αὐτὸ πλάτος ἐντάσεως I_0 . Ἐστω ὅτι εἰς ἕκαστον τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις λαμβάνουν τὴν μεγίστην τιμὴν μὲ καθυστέρησιν ἴσην πρὸς $\frac{T}{3}$ ἐν σχέσει πρὸς τὸ προηγούμενον (σχ. 236). Λέγομεν τότε ὅτι ἕκαστον ρεῦμα παρουσιάζει **διαφορὰν φάσεως** 120° ἢ $\frac{T}{3}$ ὡς πρὸς τὸ προηγούμενον ἢ τὸ ἐπόμενον αὐτοῦ.



Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξύ των διαφορὰν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$

Αἱ στιγμιαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$I_1 = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

$$I_2 = I_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 120^\circ)$$

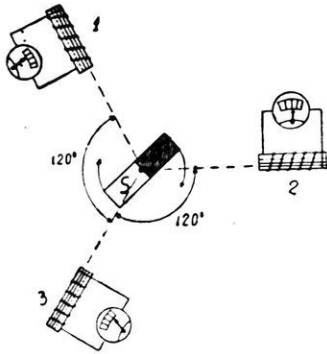
$$I_3 = I_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 240^\circ)$$

Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω τριῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **τριφασικὸν ρεῦμα**. Ὡστε :

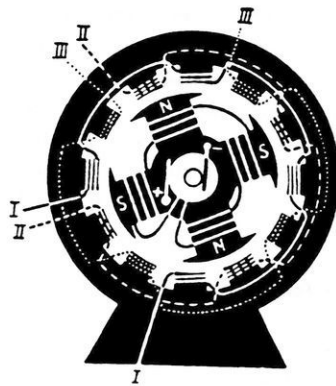
Τὸ τριφασικὸν ρεῦμα εἶναι σύστημα τριῶν μονοφασικῶν ρευμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἀλλ' ἕκαστον τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς τὸ ἄλλο.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τριφασικῶν ρευμάτων χρησιμοποιοῦνται οἱ **τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες**. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τούτων κατα-

φαίνεται εις τὸ σχῆμα 237, ὅπου τὰ τρία πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου διατάσσονται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν ἀνά δύο γωνίαν 120° . Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐπαγωγέως παράγεται ἐντὸς ἐκάστου πηνίου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς

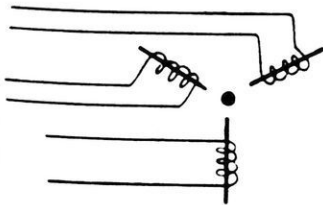


Σχ. 237. Σχηματικὴ παράστασις τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος

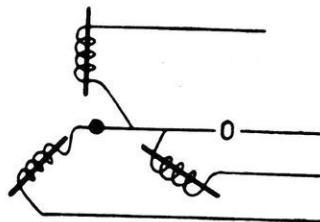


Σχ. 238. Τριφασικὴ γεννήτρια

τὸ ρεῦμα τὸ παραγόμενον ἐντὸς ἐκάστου τῶν ἄλλων δύο πηνίων. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρας ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι τριπλάσιος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων τοῦ στρεφομένου ἐπα-



Σχ. 239. Διὰ τὴν μεταφορὰν τῶν 3 ρευμάτων χρειάζονται 6 ἄγωγοι.



Σχ. 240. Οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται μετὸν οὐδέτερον ἄγωγόν O.

γωγέως (σχ. 238). Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος φαίνεται ὅτι ἀπαιτοῦνται 6 ἄγωγοι (σχ. 239). Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται μετὰ ἓνα μόνον ἄγωγόν (σχ. 240), ὁ ὁποῖος καλεῖται οὐδέτερος ἄγωγός. Οὕτω διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται τέσσαρες μόνον ἄγωγοι.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

161. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος τάσεως 86 Volt και πλάτος έντάσεως 32 A. Πόση είναι ή ενεργός τάσις και ή ενεργός έντασις του ρεύματος ;

162. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος έντάσεως 10 A. Πόση είναι ή έντασις του ρεύματος, όταν ή φάσις αύτου (ωt) λαμβάνη τās τιμάς 30° ή 60° ;

163. Η ενεργός έντασις έναλλασσομένου ρεύματος είναι 7,07 A. Πόσον είναι τό πλάτος τής έντάσεως του ρεύματος ;

164. Έναλλασσόμενον ρεύμα διαρρέει πηνίον, τό όποίον έχει αντίστασιν 5 Ω και είναι βυθισμένον έντός θερμιδομέτρου έχοντος θερμοχωρητικότητα 1000 cal/grad. Παρατηρούμεν ότι ή θερμοκρασία του θερμιδομέτρου ύψώνεται κατά 10° C έντός 1 λεπτού. Πόση είναι ή ενεργός έντασις του ρεύματος ;

165. Είς τό έν άκρον Σ σύρματος AB φθάνει συνεχές ρεύμα σταθεράς έντάσεως $I_{\Sigma} = 3$ A και έναλλασσόμενον ρεύμα έχον ενεργόν έντασιν $I_e = 4$ A. Πόση είναι ή ενεργός έντασις του συνισταμένου ρεύματος, τό όποίον προκύπτει έκ τής προσθέσεως τών δύο ρευμάτων ;

166. Λαμπτήρ διά πυρακτώσεως έχει έντασιν 25 κηρίων, αντίστασιν 440 Ω και τροφοδοτείται με έναλλασσόμενον ρεύμα έχον ενεργόν τάσιν 110 Volt. Πόση είναι ή μεγίστη έντασις του ρεύματος, τό όποίον διαρρέει τόν λαμπτήρα και πόση είναι ή καταναλισκομένη ισχύς κατά κηρίον ;

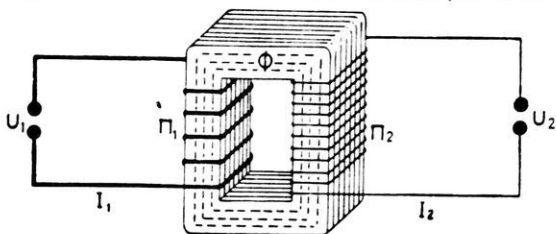
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματισταί. Ό μετασχηματιστής άποτελείται από δύο πηνία Π_1 και Π_2 , τά όποία τυλίσσονται είς τās πλευράς πλαισίου από μαλακόν σίδηρον (σχ. 241).

Τό πηνίον Π_1 καλείται πηνίον χ α μ η λ ή ς τ ά σ ε ω ς (ή πρωτεϋον) και άποτελείται από όλί-

γας σπείρας χονδρού σύρματος.

Τό πηνίον Π_2 καλείται πηνίον ύ ψ η λ ή ς τ ά σ ε ω ς (ή δευτερεϋον) και άποτελείται από πολλές σπείρας λεπτού σύρματος. Τό πηνίον Π_1 συνδέεται με τόν έναλλακτῆρα. Τό δέ πηνίον Π_2 συνδέεται με τό κύκλωμα μεταφοράς του ρεύματος είς τήν κατανάλωσιν. Διά



Σχ. 241. Η έναλλασσόμενη μαγνητική ροή Φ , τήν όποίαν παράγει τό πρωτεϋον ρεύμα, δημιουργεί έντός του δευτερεϋου ρεύματος πηνίου Π_2 τό έναλλασσόμενον δευτερεϋον ρεύμα.

τοῦ πηνίου Π_1 χαμηλῆς τάσεως διαβιβάζεται τὸ πρῶτεῦον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἔχει συχνότητα N , ἐνεργὸν τάσιν U_1 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_1 . Τότε ἐντὸς τοῦ μαλακοῦ σιδήρου παράγεται ἐναλλασσόμενη μηχανητικὴ ροή, ἡ ὁποία, διερχομένη διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Π_2 , δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα τῆς αὐτῆς συχνότητος N . Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται δευτερεῦον ρεῦμα καὶ ἔχει ἐνεργὸν τάσιν U_2 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_2 . Πειραματικῶς εὐρίσκεται ὅτι ἡ ἰσχὺς $U_1 \cdot I_1$ τοῦ πρῶτεῦοντος ρεύματος εἶναι πρακτικῶς ἴση μετὴν ἰσχὺν $U_2 \cdot I_2$ τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἥτοι εἶναι :

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \eta \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐὰν v_1 καὶ v_2 εἶναι ἀντιστοίχως ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πρῶτεῦοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, τότε εὐρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Ὁ λόγος $\frac{v_2}{v_1}$ καλεῖται λόγος μετασχηματισμοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς :

I. Αἱ ἐνεργοὶ τάσεις εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

II. Αἱ ἐνεργοὶ ἑντάσεις τῶν ρευμάτων εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

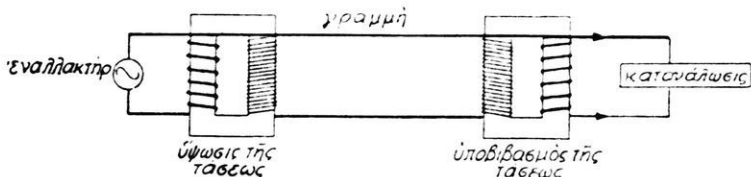
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Ἐὰν εἶναι $v_1 = 10$ σπείραι, $v_2 = 500$ σπείραι, $U_1 = 1000$ Volt καὶ $I_1 = 500$ Ampère, τότε διὰ τὸ δευτερεῦον ρεῦμα εἶναι :

$$\eta \text{ τάσις} : U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \text{ V} \cdot 50 = 50000 \text{ Volt}$$

$$\eta \text{ ἔντασις} : I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \text{ A} \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

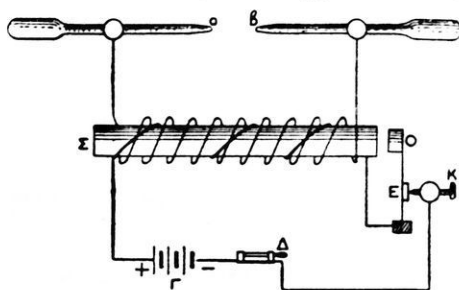
208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν. Οἱ μετασχηματισταὶ χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ νὰ προκαλοῦμεν κατὰ βούλησιν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἀπώλεια ἐνεργείας κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως εἶναι ἀσημαντος καὶ ἀνέρχεται εἰς 2 ἕως 5%. Χάρις εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς καθίσταται σήμερον δυνατὴ ἡ μεταφορὰ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Οὕτω τὰ ρεύματα, τὰ ὅποια παράγονται εἰς τοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἠλεκτροπαραγωγῆς, μεταφέρονται εἰς τὸν τόπον



Σχ. 242. Μεταφορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑπὸ ὑψηλῆν τάσιν

τῆς καταναλώσεως ὑπὸ τάσεις 20 000 ἕως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτο εἰς τὸν σταθμὸν ἠλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑψηλῆς τῆς τάσεως. Ἀντιθέτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως (σχ. 242). Εἰς πολλὰς ἄλλας ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται σήμερον μικροὶ μετασχηματισταί, ὅπως π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ κώδωνος, τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ, εἰς διάφορα ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια κ.ἄ.

209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (ἢ πηνίον τοῦ Ruhmkorff) εἶναι ὄργανον ἀνάλογον πρὸς τὸν μετασχηματιστήν.



Σχ. 243. Ἐπαγωγικὸν πηνίον

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδή-

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον τροφοδοτεῖται μὲ 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 πρωτεύον πηνίον.

ρου, περίξ τοῦ ὁποῖου τυλίσσονται αἱ ἀλίγαι σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (σχ. 243). Τὸ δευτερεῦον πηνίον, ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰς σπεῖρας λεπτοῦ σύρματος, περιβάλλει τὸ πρωτεῦον πηνίον. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου καταλήγουν εἰς δύο ἀγωγούς α καὶ β. Αἱ διακοπαὶ καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον γίνονται μὲ τὴν βοήθειαν διακόπτου, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ ὅπως καὶ ὁ διακόπτης τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος. Κατὰ τὴν διὰ κ ο π ἦ ν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ὁ μ ὁ ρ ο π ο ν πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Κατὰ τὴν ἀ π ο κ α τ ἄ σ τ α σ ι ν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ἀ ν τ ἱ ρ ρ ο π ο ν πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Οὕτω μεταξύ τῶν σφαιρῶν α καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσομένη τάσις, ἡ ὁποία ἀνέρχεται εἰς πολλὰς χιλιάδας Volt, διότι αἱ σπεῖραι τοῦ δευτερεύοντος πηνίου εἶναι πολὺ περισσότεραι ἀπὸ τὰς σπεῖρας τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (§ 207). Μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν α καὶ β παράγονται τότε ἐναλλασσόμενοι ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Οὗτοι ἀποδεικνύουν ὅτι ἡ ἀναπτυσσομένη ὑψηλὴ τάσις μεταξύ τῶν σφαιρῶν α καὶ β καθιστᾷ δυνατὴν τὴν διέλευσιν τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀέρος. Ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου δευτερεύοντος ρεύματος εἶναι ἴση πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διακοπῶν τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξησιν τῆς συχνότητος, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικούς διακόπτας, οἱ ὁποῖοι προκαλοῦν πολλὰς χιλιάδας διακοπῶν τοῦ ρεύματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σφαιρῶν ὑπερβῇ ἔν ὄριον, τότε σχηματίζονται σπινθῆρες μόνον ἐκ τῆς μιᾶς σφαιρας πρὸς τὴν ἄλλην. Οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν **ὕψιστων ρευμάτων**, τὰ ὁποῖα εὐρίσκουν διαφόρους ἐφαρμογὰς (ιατρικῆ, βενζινοκινητῆρες, ἀσύρματος τηλεγραφία κ.ἄ.).

Π Ρ Ο Β Η Μ Α Τ Α

167. Θέλομεν νὰ ὑποβιβάσωμεν τὴν ἐνεργὸν τάσιν τοῦ ρεύματος ἀπὸ 220 Volt εἰς 5 Volt. Ἐὰν τὸ δευτερεῦον πηνίον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχη 8 σπεῖρας, πόσας σπεῖρας πρέπει νὰ ἔχη τὸ πρωτεῦον πηνίον ;

168. Εἰς μετασχηματιστὴν τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπεῖρας καὶ τὸ δευτερεῦον ἔχει 2 000 σπεῖρας. Εἰς τὸ πρωτεῦον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν 100 A. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 0,03 Ω.

Πόση είναι η απόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἐὰν ἡ ἐνεργὸς τάσις αὐτοῦ εἶναι 2200 Volt ;

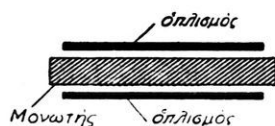
169. Μετασχηματιστὴς ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως ἔχει εἰς τὸ πρωτεύον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεῖον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεύον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 3 000 Volt, τὸ δὲ δευτερεῖον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν R καὶ δαπανᾶται διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἀντιστάσεως R ἀναπτύσσεται θερμότης ἰσοδυναμοῦσα μὲ ἰσχύϊν 9 kW. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος καὶ πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις R ; Ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 1.

170. Μία ὕδατόπτωσης ἔχει ἰσχύϊν 100 kW καὶ τροφοδοτεῖ ὕδροστρόβιλον ἔχοντα ἀπόδοσιν 0,80. Ὁ στρόβιλος ἐξασφαλίζει τὴν λειτουργίαν ἐναλλακτῆρος, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀπόδοσιν 0,90 καὶ δίδει ρεῦμα ὑπὸ ἐνεργὸν τάσιν 7200 Volt. Διὰ τῆς γραμμῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχομεν ἀπώλειαν ἐνεργείας 10% τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς μετασχηματιστὴν ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως. Ὁ λόγος μετασχηματισμοῦ εἶναι 3 000/50. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι 0,95. Τὸ δευτερεῖον ρεῦμα τροφοδοτεῖ λαμπτήρας, οἱ ὁποῖοι λειτουργοῦν ὑπὸ ἐνεργὸν ἔντασιν 0,75 A. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ περιλάβῃ τὸ δίκτυον ;

171. Ἐπαγωγικὸν πηνίον ἔχει τὰ ἐξῆς χαρακτηριστικά. Τὸ πρωτεύον ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A, ἡ δὲ διακοπὴ αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς 0,001 sec. Τὸ πρωτεύον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = 0,05$ H. Τὸ δευτερεῖον πηνίον ἔχει 20 000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν 200 cm². Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεύον ;

Π Υ Κ Ν Ω Τ Α Ι

210. Πυκνωταί. Εἰς πολλὰ κυκλώματα ἐναλλασσομένων ρευμάτων παρεμβάλλονται δι' ὠρισμένον σκοπὸν εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **πυκνωταί**. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας



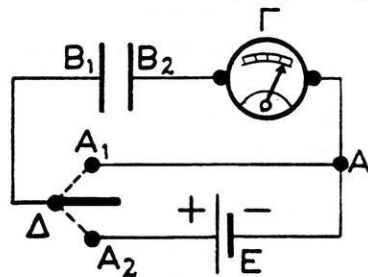
Σχ. 244. Πυκνωτής

μεταλλικὰς πλάκας (σχ. 244), μεταξύ τῶν ὁποίων ὑπάρχει στρώμα μονωτικοῦ σώματος (ύαλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγία, ἄηρ). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται ὀ π λ ι σ μ οί, τὸ δὲ στρώμα μονωτικοῦ σώματος καλεῖται δι η λ ε κ τ ρ ι κ ὸ ν. Διὰ

νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ὁ διακόπτης Δ ἐπιτρέπει νὰ συνδεθοῦν οἱ δύο ὀπλισμοὶ B_1 καὶ B_2 τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε μεταξύ των. Κατὰ σειρὰν μὲ τὸν πυκνωτὴν εἶναι συνδεδεμένον β α λ λ ι σ τ ι κ ὸ ν γ α λ β α ν ὀ μ ε τ ρ ο ν Γ .

Τὸ ὄργανον τοῦτο δεικνύει δι' ἀποτόμου ἐκτροπῆς τῆς βελόνης τοῦ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται δι' αὐτοῦ καὶ τὴν φοράν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. Ἄς ἐκτελέσωμεν τώρα τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

α) Φέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_1 . Ἡ βελὼνῃ τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλείνει, ἄρα δὲν διήλθεν δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν φορτίον. β) Φέρομεν τὸν διακόπτην εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_2 . Ἡ βελὼνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται διὰ μίαν στιγμὴν καὶ ἀμέσως ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν. Διὰ τοῦ



Σχ. 245. Φόρτισις καὶ ἐκφόρτισις πυκνωτοῦ

γαλβανομέτρου διήλθεν ἠλεκτρικὸν φορτίον Q . γ) Ἐπαναφέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_1 . Ἡ βελὼνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τώρα κατ' ἀντίθετον φοράν καὶ δεικνύει ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διήλθεν τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q , ἀμέσως δὲ ἡ βελὼνῃ ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἐρμηνεύονται ὡς ἐξῆς : Ὅταν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μὲ τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας κυκλοφορεῖ ἐντὸς τοῦ κυκλώματος διὰ μίαν στιγμὴν ἠλεκτρικὸν φορτίον Q καὶ μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἴση μὲ ἐκείνην, ἣ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται. Ὅταν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μεταξὺ των δι' ἑνὸς σύρματος ($A_1 A$), τότε ὁ πυκνωτὴς ἐκκενώνεται παρέχων εἰς τὸ κύκλωμα τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q . Μετὰ τὴν ἀκαριαίαν ἐκκένωσιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του γίνεται ἴση μὲ μηδέν. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q , τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὁποῖον ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ καλεῖται **ἠλεκτρικὸν φορτίον** τοῦ πυκνωτοῦ.

211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ. Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους γεννητριῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διαφόρους ἠλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις (σχ. 245), εὐρίσκομεν διὰ τοῦ βαλλιστικοῦ γαλβανομέτρου ὅτι :

Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν του.

$$\text{ἠλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ: } Q = C \cdot U$$

ὅπου C εἶναι συντελεστὴς χαρακτηριστικὸς τοῦ πυκνωτοῦ καὶ καλεῖται **χωρητικότητα** τοῦ πυκνωτοῦ (κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὴν χωρητικότητά ἀγωγοῦ § 145). Ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ μετρεῖται εἰς Farad (ἢ microfarad) καὶ φανερώνει πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ ὁ πυκνωτὴς, διὰ νὰ ἀξηθῇ κατὰ 1 Volt ἢ τάσις μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν του. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Ἡ χωρητικότης (C) τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἔμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας (σ) τῶν ἀπέναντι ἀλλήλων ὀπλισμῶν του, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ πάχος (l) τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.

$$\text{χωρητικότης ἐπιπέδου πυκνωτοῦ (εἰς τὸ ΗΣΜ): } C = \epsilon \cdot \frac{\sigma}{4\pi l}$$

Ὁ συντελεστὴς ϵ ἀναφέρεται εἰς τὸ διηλεκτρικὸν καὶ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερά**. Εἰς τὸ ΗΣΜ διὰ τὸν ἀέρα εἶναι $\epsilon = 1$.

Διηλεκτρικὴ σταθερά			
'Αἴρ	1	Μαρμαμαρυγίας	6 - 8
Παραφίνη	2,1	"Γαλός	5 - 7
Χάρτης	2,5	Οινόπνευμα	25
'Εβονίτης	2,6	"Γῶφ	80

Παράδειγμα. Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτίνος 20 cm, χωρίζονται μὲ πλάκα ὕδατος πάχους 2 mm. Διὰ τὴν ὕδατος εἶναι $\epsilon = 6$. Ὁ πυκνωτὴς οὗτος ἔχει χωρητικότητα :

$$C = \frac{6 \cdot 400 \pi}{4 \pi \cdot 0,2} = 3000 \text{ C.G.S}$$

$$\tilde{\eta} \quad C = \frac{3 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^5} = \frac{1}{300} \mu\text{F}$$

212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ. Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν ἑνὸς ἀγω-

γού, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ εὐρίσκειται ὅτι :

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ, εἶναι :

$$\text{ἐνέργεια πυκνωτοῦ: } W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν ἡ χωρητικότης ἐνὸς πυκνωτοῦ εἶναι $C = 1 \mu\text{F}$ καὶ ὁ πυκνωτὴς φορτισθῇ ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000 \text{ Volt}$, τότε ἡ ἀποταμιευμένη ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἐνέργεια εἶναι :

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^6} \text{ F} \cdot (10^4 \text{ V})^2 = 50 \text{ Joule}$$

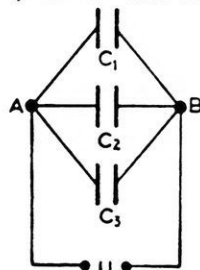
213. Σύνδεσις πυκνωτῶν. Διὰ τῆς συνδέσεως πολλῶν πυκνωτῶν λαμβάνομεν **ὑσσοιχίαν πυκνωτῶν**. Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 246. Οὕτω μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{ολ}$ τῆς συστοιχίας εἶναι :

$$C_{ολ} = C_1 + C_2 + C_3$$

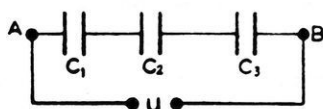
Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ σειράν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{ολ}$ τῆς συστοιχίας εὐρίσκειται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

214. Μορφαὶ πυκνωτῶν. Ὁ ἀνωτέρω ἐξετασθεὶς πυκνωτὴς

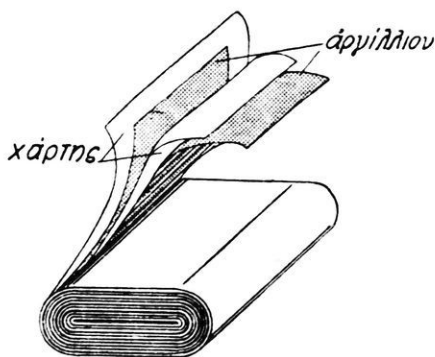


Σχ. 246. Σύνδεσις πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ

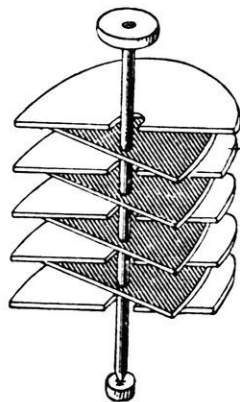


Σχ. 247. Σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειράν

καλεῖται καὶ ἐπίπεδος πυκνωτής. Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται διάφοροι μορφαὶ πυκνωτῶν. Ὁ φυλλωτὸς πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο στενὰ καὶ ἐπιμήκη φύλλα ἀργιλίου, μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεντίθεται ὡς διηλεκτρικὸν μία ταινία ἐκ παραφινωμένου χάρτου (σχ. 248). Οἱ ὀπλισμοὶ καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὥστε ὁ πυκνωτὴς νὰ ἔχη μικρὸν ὄγκον. Οἱ μεταβλητοὶ πυκνωταὶ ἔχουν συνήθως ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρα. Ὁ εἰς ὀπλισμὸς τῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σειρὰν ἀκινήτων ἡμικυκλικῶν



Σχ. 248. Φυλλωτὸς πυκνωτὴς

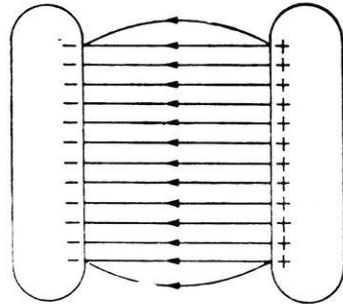


Σχ. 249. Μεταβλητὸς πυκνωτὴς

πλακῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται μὲ μεταλλικὰς ράβδους (σχ. 249). Ὁ ἄλλος ὀπλισμὸς τῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὁμοίων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι στερεωμέναι ἐπὶ ἄξονος καὶ δύνανται νὰ εἰσάγῃνται περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον μεταξὺ τῶν μονίμων πλακῶν. Διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ κινητοῦ ὀπλισμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ τοιοῦτοι πυκνωταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται πυκνωταὶ μὲ ὑγρὰ διηλεκτρικὰ (π.χ. ὀρυκτέλαιον).

215. Ὅμογενές ἠλεκτρικὸν πεδίον. Ὅταν ὁ πυκνωτὴς εἶναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὀπλισμῶν του ὑπάρχουν ἴσα ἑτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

των όπλισμών, αί όποῖαι εὐρίσκονται άπέναντι άλλήλων (σχ. 250). Μεταξύ των δύο παραλλήλων όπλισμών σχηματίζεται όμογενές ηλεκτρικόν πεδión, του όποίου αί δυναμικαί γραμμαί είναι εὐθεΐαι παράλληλοι, ή δέ έντασις αυτού είναι σταθερά. Εὐρίσκεται ότι :



‘Η έντασις (E) του όμογενούς ηλεκτρικου πεδίου, το όποιον σχηματίζεται μεταξύ των όπλισμών του επιπέδου πυκνωτου είναι ίση με το πηλίκον τής τάσεως (U) μεταξύ των όπλισμών διά τής άποστάσεως (l) των δύο όπλισμών.

Σχ. 250. Μεταξύ των όπλισμών του πυκνωτου σχηματίζεται όμογενές ηλεκτρικόν πεδión.

έντασις όμογενούς ηλεκτρικου πεδίου :	$E = \frac{U}{l}$
---------------------------------------	-------------------

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

172. Έκαστος των όπλισμών επιπέδου πυκνωτου έχει επιφάνειαν 100 cm^2 . Μεταξύ των όπλισμών ύπάρχει στρώμα άέρος πάχους 1 mm . ‘Ο εις όπλισμός του πυκνωτου συνδέεται με την γην, ό δέ άλλος με πηγήν έχουσαν σταθερόν δυναμικόν 600 Volt . Πόση είναι ή χωρητικότης και το φορτίον του πυκνωτου ;

173. Δύο φύλλα άργιλλίου έχοντα διαστάσεις $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ είναι επικολλημένα επί των δύο όψεων παραφινωμένου χάρτου, έχοντος πάχος $0,2 \text{ mm}$ και διηλεκτρικην σταθεράν $2,5$. Πόση είναι ή χωρητικότης του πυκνωτου ;

174. Πυκνωτής έχει χωρητικότητα $25 \mu\text{F}$. Πόση διαφορά δυναμικου πρέπει να εφαρμοσθῆ μεταξύ των δύο όπλισμών του πυκνωτου, διά να άποκτήση ούτος φορτίον $0,001 \text{ Cb}$; Πόσην ενέργειαν έχει τότε ό πυκνωτής ;

175. Τρεις πυκνωταί έχουν χωρητικότητα $1 \mu\text{F}$, $2 \mu\text{F}$ και $3 \mu\text{F}$. Πόση είναι ή χωρητικότης τής συστοιχίας, όταν οί πυκνωταί συνδεοϋν παραλλήλως ή κατά σειράν ;

176. ‘Η άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών πυκνωτου είναι 4 cm και μεμαξύ αυτών ύπάρχει τάσις 60 Volt . Πόση είναι ή έντασις E του ηλεκτρικου πεδίου ;

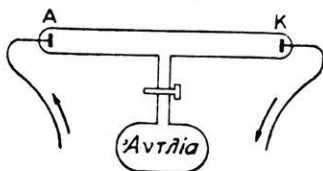
177. ‘Η άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών επιπέδου πυκνωτου είναι 3 cm .

Πόση πρέπει να είναι εις Volt ή μεταξύ των όπλισμών τάσις, ὥστε ἡ έντασις τοῦ παραγομένου ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου νά είναι ἴση με 10 C.G.S. ;

178. Μία ἠλεκτρισμένη σταγὼν ἐλαίου, ἔχουσα μᾶζαν $\frac{12}{10^{12}}$ gr. διατηρεῖται αἰωρουμένη μεταξύ των δύο ὀριζοντίων ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ, οἱ ὅποιοι ἀπέχουν μεταξύ των 2 cm καὶ παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 3 000 Volt. Πόσον είναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῆς σταγόνος ; $g = 980$ C.G.S.

Α Γ Ω Γ Ι Μ Ο Τ Η Σ Τ Ω Ν Α Ε Ρ Ι Ω Ν

216. Ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων. "Όλα τὰ ἀέρια ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν εἶναι μονωτικά. Ἄς ἐξετάσωμεν ἂν τὰ ἀέρια ἐξακολουθοῦν νά ἔχουν τὴν ιδιότητα αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσις των εἶναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπιμήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὁ ὁποῖος



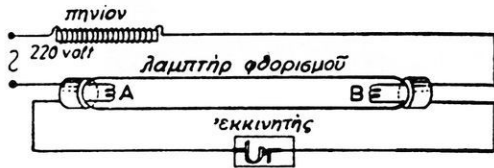
Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων

εἰς τὰ δύο ἄκρα του φέρει συντετηγμένα δύο μεταλλικὰ ἠλεκτρόδια Α (ἄνοδος) καὶ Κ (κάθοδος). Εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐφαρμόζομεν τάσιν πολλῶν χιλιάδων Volt συνδέοντες αὐτὰ με κατὰλληλον πηγὴν (π.χ. με τὰ ἄκρα τοῦ δευτερευόντος κυκλώματος ἑνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου).

Διὰ μιᾶς ἀεραντλίας δυνάμεθα νά ἐλαττώμεν προσθευτικῶς τὴν πίεσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. "Όταν ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἴση με τὴν ἀτμοσφαιρικὴν, δὲν παρατηροῦμεν κανέν φαινόμενον ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. "Όταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ ἴση με 40 mm Hg, τότε μεταξύ των δύο ἠλεκτροδίων, σχηματίζεται ἠλεκτρικὸς σπινθήρ ἔχων τὴν μορφήν τοῦ κεραυνοῦ. Ἡ διέλευσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου των ἀερίων, ἢ συνοδευομένη ὑπὸ φωτεινῶν φαινομένων, καλεῖται **ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις**. "Όταν ἡ ἐλάττωσις τῆς πίεσεως προχωρήσῃ περισσότερον, ὁ σωλῆν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν στήλην, ἡ ὁποία καλεῖται **θετικὴ στήλη**. "Όλόκληρος τότε ὁ σωλῆν ἐκπέμπει ὁμοίομορφον φῶς (**σωλῆν Geissler**). "Όταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ μικροτέρα των 10 mm Hg, τότε ἡ θετικὴ στήλη ἀρχίζει νά ὀπισθοχωρῇ πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτειναὶ περιοχαί. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσις γίνῃ ἴση με 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἄνωτέρω φωτεινά φαινόμενα ἐξαφανίζονται, τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεταί σκοτεινὸν καὶ μόνον τὰ τοιχώματα

τοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισχόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἐκπέμπουν ἀσθενές πράσινον φῶς. Ὁ σωλῆν, ὅταν φθάσῃ εἰς αὐτὸν τὸν βαθμὸν τῆς ἀραιώσεως, ὀνομάζεται **σωλῆν Crookes**. Εἰς τὴν παρατιθεμένην ἐκτὸς κειμένου ἐγχρωμον εἰκόνα δεικνύονται τὰ διάφορα στάδια τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως.

217. Λαμπτήρες με ἀραιὸν ἀέριον. Ὅταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆ-
νος περιεχόμενον ἀέριον ἔχη πίεσιν περίπου ἴσην με 10 mm Hg, τότε ἡ
διερχομένη διὰ τοῦ ἀερίου ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις προκαλεῖ τὴν ὁμοιόμορ-
φον φωτοβολίαν τοῦ ἀερίου. Ἡ θερμοκρασία τοῦ φωτοβολούντος ἀερίου
εἶναι χαμηλὴ (κατωτέρα τῶν 100° C). Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου
φωτὸς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀερίου. Οὕτως ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω
συνθήκας ὁ ἀήρ φωτοβολεῖ ἐκπέμπων ἰόχρουν φῶς, τὸ νέον ἐκπέμπει
ὠραῖον ὑπέρυθρον φῶς κ.τ.λ. Ἡ δι' ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διέγερσις
ἐνὸς ἀραιοῦ ἀερίου, ὥστε νὰ φωτοβολῇ, εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρ-
μογὴν εἰς τὸν φωτισμὸν διαφόρων χώρων καὶ τὴν κατασκευὴν διαφημι-
στικῶν ἐπιγραφῶν. Εἰς τὸ
ἐμπόριον φέρονται καὶ μι-
κροὶ λαμπτήρες με νέον
(με ἠλεκτρόδια εἰς σχῆμα
σταυροῦ ἢ σωληνοειδῶν),
λειτουργοῦντες ὑπὸ τὴν συ-
νήθη τάσιν τῶν 110 ἢ 220
Volt. Οἱ χρησιμοποιούμε-
νοι σήμερον λαμπτήρες με
ἀραιὸν ἀέριον λειτουργοῦν καὶ με ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

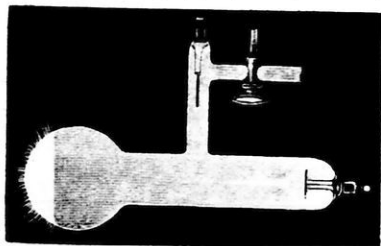


Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ὁ ἐκκινητής κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγω διαστο-
λῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος σχήματος U.

Τελευταίως διεδόθη ἡ χρῆσις τῶν λαμπτήρων φθορι-
σμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλῆνες, τῶν ὁποίων τὰ ἐσωτε-
ρικὰ τοιχώματα ἐπιχρίονται με στρώμα φθορίζοντος σώματος. Ἐντὸς
τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἓν εὐγενές ἀέριον καὶ μία σταγὼν ὑδραργύρου.
Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος ὑπάρχουν ἠλεκτρόδια (σχ. 252). Διὰ τὴν
ἐναρξιν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἰδιαιτερον σύστημα,
τὸ ὁποῖον καλεῖται ἐκκινητής. Οὗτος κλείει τὸ κύκλωμα τῶν δύο
ἠλεκτροδίων τοῦ λαμπτήρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ συμβαίνει τότε ἐκκένωσις.
Οἱ ἄτμοι τοῦ ὑδραργύρου ἐκπέμπουν ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία
προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος στρώματος. Τοῦτο ἐκπέμπει τότε

λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθως ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἕως 4 φορές μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτίνες. Λαμβάνομεν ἓνα σωλῆνα Crookes καταλλῆλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδιά του

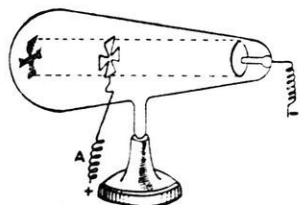


Σχ. 253. Σωλῆν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων

ὑψηλῆν τάσιν (σχ. 253). Παρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτίνες**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἔχουν τὰς ἀκολουθοῦσας ιδιότητες :

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὕαλος περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.



Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διαδίδονται εὐθυγράμμως. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἓν σῶμα, τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἡ σκιά τοῦ σώματος, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς ὠρισμένην περιο-

χὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).

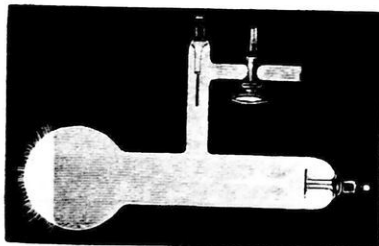
ΑΝΟΔΟΙ (+)

ΚΑΘΟΔΟΙ (-)



λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἕως 4 φορές μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Λαμβάνομεν ἓνα σωλῆνα Crookes καταλλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτροδία του

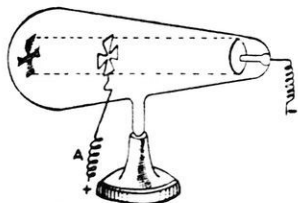


Σχ. 253. Σωλῆν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων

ὑψηλῆν τάσιν (σχ. 253). Παρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτῖνες**. Πειραματικῶς εὐρέθη, ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολουθοῦσας ιδιότητες :

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὑάλος περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.



Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἓν σῶμα, τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἡ σκιά τοῦ σώματος, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς ὠρισμένην περιόχην τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).

Διάφοροι φάσεις τής ηλεκτρικής έκκενώσεως

1. Ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ εἶναι διακλαδισμένος.
2. Ὑπὸ πίεσιν ἴσην μὲ τὸ $1/4$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ ἔχει τὴν ὄψιν ἐγγρώμου φωτεινῆς στήλης.
3. Ὑπὸ πίεσιν ἴσην μὲ τὸ $1/20$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ὅλον τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ.
4. Ὑπὸ πίεσιν ἴσην μὲ τὸ $1/100$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ἐμφανίζονται σκοτειναὶ περιοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος.
5. Ὑπὸ πίεσιν ἴσην μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς τὸ στενὸν τμήμα τοῦ σωλῆνος φωτόβολεῖ ἰσχυρότερον.

4) Αί καθοδικαί ἀκτίνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

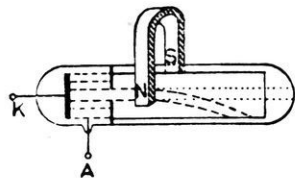
5) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβάλωμεν εὐκίνητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα.

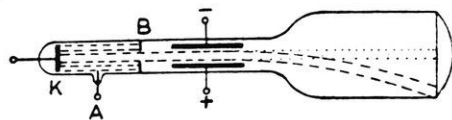
6) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἔχουν διεισδυτικὴν ἰκανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλήνος ἀνοίγωμεν ὀπήν, τὴν ὁποίαν κλείομεν μὲ λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5 cm ἀπὸ τῆς ὀπῆς.

7) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Δι' ἐνὸς διαφράγματος φέροντος μικρὰν ὀπήν δημιουργοῦμεν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων (σχ. 256). Θέτομεν τὸν σωλῆνα μεταξύ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν θὰ ὑφίστατο ρεῦμα ἔχον φορὰν ἐκ τῆς ἀνόδου A πρὸς τὴν κάθοδον K.



Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου

8) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη ἀποδεικνύεται, ἐὰν μία λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων διέλθῃ μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εὐρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλήνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

τότε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐλκόμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν ὀπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.

9) Αί καθοδικαί άκτίνες μεταφέρουν άρνητικά ήλεκτρικά φορτία. 'Η έκτροπή τών καθοδικών άκτίνων υπό μαγνητικού και ήλεκτρικού πεδίου άποδεικνύει ότι αί καθοδικαί άκτίνες μεταφέρουν άρνητικά ήλεκτρικά φορτία. 'Εάν έντός του σωλήνος και άπέναντι τής καθόδου τοποθετηθῆ μεμονωμένος κύλινδρος συνδεδεμένος μέ ήλεκτροσκόπιον, εύρίσκεται ότι ό κύλινδρος ήλεκτρίζεται άρνητικώς.

10) Αί καθοδικαί άκτίνες άποτελοῦνται άπό σωματίδια έχοντα μάζαν. "Όταν αί καθοδικαί άκτίνες διέρχονται μεταξύ τών όπλισμών του πυκνωτοῦ, ύφίστανται υπό του όμογενοῦς ήλεκτρικού πεδίου έκτροπήν, άνάλογον πρὸς τήν έκτροπήν, τήν όποιάν ύφίσταται έν σώμα ένεκα τής έλξεως τής Γῆς, όταν τό σώμα βάλλεται όριζοντίως.

'Εκ τών άνωτέρω συνάγεται ότι :

Αί καθοδικαί άκτίνες άποτελοῦνται άπό σωματίδια άρνητικῶς ήλεκτρισμένα, τά όποία κινοῦνται εύθυγράμμως.

219. Φύσις τών καθοδικῶν άκτίνων. 'Η πειραματική έρευνα κατόρθωσε νά προσδιορίσῃ τήν μάζαν, τό ήλεκτρικόν φορτίον και τήν ταχύτητα τών σωματιδίων, έκ τών όποιων άποτελοῦνται αί καθοδικαί άκτίνες. Οὕτως εύρέθη ότι :

I. Αί καθοδικαί άκτίνες άποτελοῦνται άπό ήλεκτρόνια.

II. 'Η μάζα του ήλεκτρονίου είναι ίση μέ τό $\frac{1}{1840}$ τής μάζης του άτόμου του ύδρογόνου, ἤτοι είναι ίση μέ $9,1 \cdot 10^{-28}$ gr.

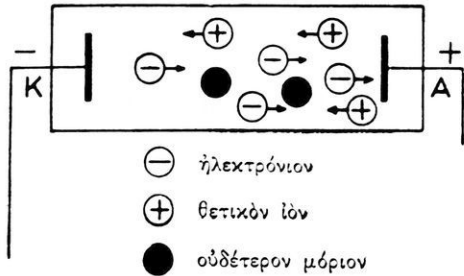
III. Τό ήλεκτρικόν φορτίον του ήλεκτρονίου είναι ίσον μέ τό στοιχώδες ήλεκτρικόν φορτίον $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

μάζα ήλεκτρονίου	:	m =	$9,1 \cdot 10^{-28}$ gr
φορτίον ήλεκτρονίου	:	e =	$- 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb

VI. 'Η ταχύτης τών ήλεκτρονίων είναι 20 000 έως 100 000 km/sec και έξαρτάται άπό τήν διαφοράν δυναμικοῦ, ή όποία ύπάρχει μεταξύ τής καθόδου και τής άνόδου.

220. Παραγωγή τών καθοδικῶν άκτίνων. "Ένεκα διαφόρων αίτιών άπό μερικὰ μόρια τών αερίων διακρεῦγει έν ήλεκτρόνιον και

ούτω τὰ μόρια αὐτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικά ἰόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ἠλεκτρόνιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μόριον, τὸ ὁποῖον οὕτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ἰόν. Ὡστε μεταξύ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ αἰρίου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. Ὄταν τὸ αἶριον εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἰσχυροῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται μεταξύ τῶν δύο ἠλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλήνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ αἰρίου ἰόντα κατευθύνονται πρὸς τὸ ἐν ἧ τὸ ἄλλο ἠλεκτρόδιον ἀναλόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ φορτίου των. Τὰ ἰόντα αὐτὰ συγκρούονται με' οὐδέτερα μόρια τοῦ αἰρίου. Ἐνεκα τῆς συγκρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ αἰρίου ἐκφεύγουν ἠλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἠλεκτρόνια ἀποκτοῦν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἀνόδου συγκρούονται με' μόρια τοῦ αἰρίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων καὶ θετικῶν ἰόντων, δηλαδὴ προκαλοῦν **ιονισμόν τοῦ αἰρίου**.



Σχ. 258. Ἴονισμὸς τοῦ αἰρίου διὰ κρούσεως

κρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ αἰρίου ἐκφεύγουν ἠλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἠλεκτρόνια ἀποκτοῦν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἀνόδου συγκρούονται με' μόρια τοῦ αἰρίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων καὶ θετικῶν ἰόντων, δηλαδὴ προκαλοῦν **ιονισμόν τοῦ αἰρίου**.

Τὰ θετικά ἰόντα φθάνουν εἰς τὴν κάθοδον καὶ παραλαμβάνουν ἐξ αὐτῆς ἠλεκτρόνια διὰ τὴν ἐξουδετέρωσίν των· τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ ἐκφεύγουν μετ' ὀλίγον κατὰ μίαν νέαν σύγκρουσιν τῶν μορίων με' ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια. Ὡστε :

Ἡ παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλήνος Crookes ὀφείλεται εἰς ἱονισμόν τοῦ αἰρίου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (ἱ ο ν ι σ μ ὸ ς κ ρ ο ὕ σ ε ω ς).

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

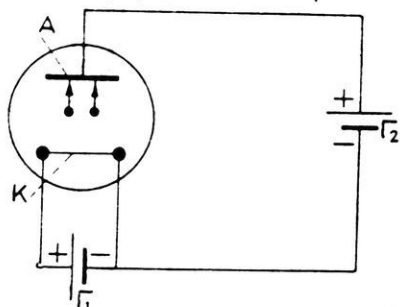
179. Εἰς ἓνα σωλήνα Crookes ὑπάρχει μεταξύ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου τάσις $U = 100\,000$ Volt. Πόσῃν ταχύτητι ἀποκτᾷ ἐν ἠλεκτρονιον, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου; Μᾶζα ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἠλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμὴν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

180. Πόσην κινητικήν ενέργειαν ἔχει ἓν ἠλεκτρόνιον κινούμενον με ταχύτητα $v = 100\,000$ km/sec ; Μᾶζα ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr.

181. Ἡλεκτρόνιον κινεῖται με ταχύτητα $v = 60\,000$ km/sec ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Τὴ τροχίαν διαγράφει τὸ ἠλεκτρόνιον ; Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ στοιχεῖα τῆς τροχιάς. Μᾶζα ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἠλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμὴν : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου $H = 150$ Gauss.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ

221. Θερμοηλεκτρονικὸν φαινόμενον. Ἀπὸ μίαν σημαντικὴν παρατήρησιν τοῦ Edison (1883) ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ μέταλλα, ὅταν ἔχουν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἐκπέμπουν ἠλεκτρόνια. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ μονάδα χρόνου ἐκπεμπομένων ἠλεκτρονίων



αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **θερμοηλεκτρονικὸν φαινόμενον** (ἢ **θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων**) καὶ παρατηρεῖται εὐκόλως μετὰ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 259. Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχει μεταλλικὸν σύρμα K (κάθοδος), τὸ ὁποῖον διακυρώνεται μετὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα τῆς γεννητριάς Γ_1 . Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει καὶ ἡ μεταλλικὴ πλάξ A (ἄνοδος), ἡ ὁποία συνδέεται μετὰ τὸν θετικὸν πόλον ἰσχυρᾶς γεννητριάς Γ_2 (ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς συνδέεται μετὰ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητριάς Γ_1). Τὸ κύκλωμα τῆς πλάξος A διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, διότι τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον K ἠλεκτρόνια ἔλκονται ἀπὸ τὴν ἄνοδον A καὶ οὕτω κλείεται τὸ κύκλωμα. Ἐὰν διακόψωμεν τὴν σύνδεσιν τῆς ἄνοδου A μετὰ τὴν γεννήτριαν Γ_2 , τότε τὸ ρεῦμα τῆς πλάξος (ἄνοδικὸν ρεῦμα) διακόπτεται. Τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὸ διάπυρον σύρμα K ἠλεκτρόνια σχηματίζουν περίξ τοῦ σύρματος «ἀέρος ἠλεκτρονίων», τὸ ὁποῖον ἀναγκάζει τὰ ἐξερχόμενα νέα ἠλεκτρόνια νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτω εἰς τὴν ἄνοδον δὲν φθάνουν ἠλεκτρόνια. Ὁ χρησιμοποιηθεὶς σωλὴν ἔχει

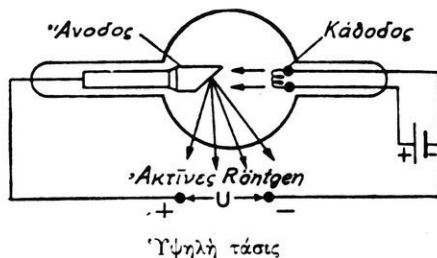
δύο ηλεκτρόδια (Κ και Α) και καλείται **δίοδος ηλεκτρονική λυχνία** ή και απλώς **δίοδος**. "Όταν όλα τα έξερχόμενα από την κάθοδον ηλεκτρόνια φθάνουν εις την άνοδον, τότε τὸ άνοδικὸν ρεύμα ἔχει τὴν μεγίστην δυνατὴν τιμὴν καὶ καλεῖται **ρεύμα κόρου**.

Ἡ θερμικὴ ἔκπομπὴ ηλεκτρονίων εὐρίσκει μεγάλας ἐφαρμογὰς εις διαφόρους ηλεκτρονικὰς διατάξεις. Ἡ δίοδος λυχνία χρησιμοποιεῖται καὶ ὡς **άνορθωτὴς** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, διότι ἀφήνει νὰ διέρχεται τὸ ρεύμα μόνον κατὰ τὴν μίαν ἡμιπερίοδον ($T/2$), δηλ. ὅταν ἡ πλάξ Α εἶναι θετικὴ. Τότε ἀντὶ τῆς συνεχοῦς τάσεως τῆς γεννητρίας Γ_2 ἐφαρμόζεται ἐναλλασσομένη τάσις.

222. Ἀκτῖνες Röntgen. Ὁ Röntgen ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ τοιχώματα τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐκπέμπουν μίαν νέαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία ἐπεκράτησεν νὰ καλεῖται **ἀκτῖνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι :

Ὅταν ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτῖνας Röntgen.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐχρησιμοποιοῦντο κατ' ἀρχὰς καθοδικοὶ σωλῆνες. Σήμερον χρησιμοποιοῦνται οἱ **σωλῆνες Coolidge**, οἱ ὁποῖοι εἶναι σωλῆνες κενοῦ, τὰ δὲ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος ἠλεκτρόνια τὰ παρέχει μία διαπυρουμένη **κάθοδος** (σχ. 260). Ἀπέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βολφράμιον), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν **άνοδον**. Αὕτη συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ὑψηλῆς τάσεως (50 000 ἕως 250 000 Volt). Τὸ μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου παρα-



Σχ. 260. Σωλῆν Coolidge διὰ τὴν παραγωγὴν ἀκτίνων Röntgen

γόμενον ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν πεδίον προσδίδει πολὺ μεγάλην ταχύτητα εις τὰ έξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια. Ταῦτα προσπίπτουν

ἐπὶ τῆς ἀνόδου (**ἀντικάθοδος**) καὶ τὴν καθιστοῦν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι αἱ ἀκτίνες Röntgen ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες :

1) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων, ὅπως π.χ. τοῦ κυανιοῦχου βαριολευκοχρῶσου.

2) Προκαλοῦν χημικὰ φαινόμενα καὶ προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Οὕτω π.χ. προκαλοῦν μεταβολὴν τοῦ χρώματος διαφόρων πολυτίμων λίθων.

3) Προκαλοῦν ἰσχυρὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων καὶ διὰ τοῦτο καθιστοῦν τὸν ἀέρα ἀγωγόν, ἕνεκα τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων ἰόντων.

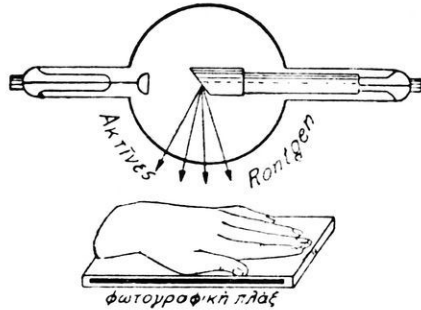
4) Διαδίδονται εὐθυσγράμμως καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταφέρουν ἠλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἐπιδρῶν ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώωντων ὀργανισμῶν καὶ προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις.

6) Ἐχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ἰκανότητα καὶ διέρχονται διὰ μέσου σωμάτων, τὰ ὅποια εἶναι ἀδιαφανῆ διὰ τὸ φῶς. Τὰ σώματα τὰ ἀποτελούμενα ἀπὸ στοιχεῖα μὲ μικρὸν ἀτομικὸν βᾶρος (π.χ. οἱ ὕδατάνθρακες καὶ τὰ λευκώματα) εἶναι πολὺ διαφανῆ εἰς τὰς ἀκτίνες Röntgen. Γενικῶς ἡ διαφάνεια τῶν σωμάτων εἰς τὰς ἀκτίνες Röntgen ἐλαττώνεται, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ ἀτομικὸν βᾶρος τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ σῶμα.

Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ διεισδυτικὴ ἰκανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι τόσοσιν μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου. Αἱ ὀλιγώτερον διεισδυτικαὶ ἀκτίνες Röntgen καλοῦνται μαλακαὶ ἀκτίνες, αἱ δὲ περισσότερον διεισδυτικαὶ καλοῦνται σκληραὶ ἀκτίνες. Ἡ διεισδυτικὴ ἰκανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν διαφόρων σωμάτων. Αἱ ἀκτίνες Röntgen εὐρίσκουν σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ἰατρικὴν. Ἐμπροσθεν τοῦ σωλῆνος παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen τοποθετεῖται ὑαλινὴ πλάξ, τῆς ὁποίας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ με στρώμα κυανιοῦχου βαριολευκοχρῶσου. Ἐὰν μεταξὺ τοῦ σωλῆνος καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοποθετήσωμεν τὴν χεῖρα μας, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματίζεται ἡ σκιά τῶν ὀστέων

τῆς χειρός, διότι αἱ σάρκες εἶναι διαφανεῖς εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινοσκόπησις** (σχ. 261). Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφραγμα με φωτογραφικὴν πλάκα, τότε ἐπὶ τῆς πλακῶς ἀποτυπώνεται ὁ σκελετὸς τῆς χειρός. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινογραφία**. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες



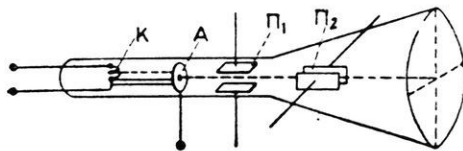
Σχ. 261. Ἀκτινογραφία

Röntgen προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις, διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται πρὸς θεραπευτικούς σκοπούς. Γενικῶς αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτῖνων Röntgen εἰς τὴν ἰατρικὴν ἀποτελοῦν σήμερον ἰδιαίτερον κλάδον (**ἀκτινολογία**). Εἰς διαφόρους κλάδους τῆς τεχνικῆς χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης αἱ ἀκτῖνες Röntgen διὰ τὴν μελέτην διαφόρων ὕλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἐρεῦνας καὶ ἰδιαίτερος διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

223. Φύσις τῶν ἀκτῖνων Röntgen. Ἡ πειραματικὴ ἐρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, τελείως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, μετὴν διαφορὰν ὅτι τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτῖνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ὑπεριώδων ἀκτῖνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ἔχουσα πολὺ μικρὰ μήκη κύματος (μικρότερα τοῦ $0,01 \mu = 100 \text{ \AA}$).

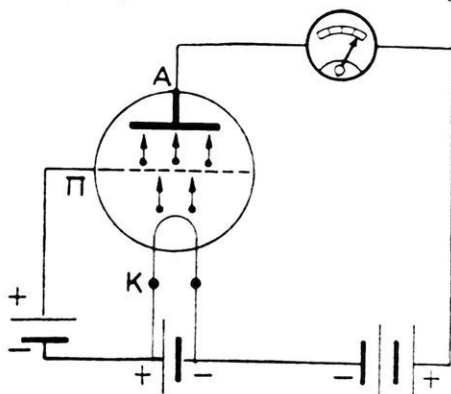
224. Σωλὴν Braun. Ὁ σωλὴν Braun εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον του φέρει διαπυρομένην κάθοδον K, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον του κλείεται με φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262). Ἡ ἀνοδος εἶναι δίσκος, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον του φέρει μικρὰν ὀπήν. Τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα διέρ-



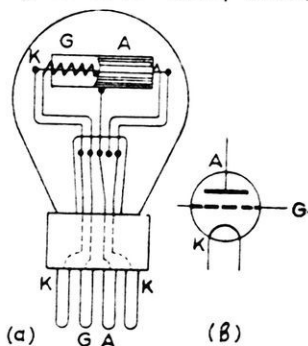
Σχ. 262. Σωλὴν Braun

χονται διά τῆς ὀπῆς, ἀποτελοῦν λεπτήν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς ἐπιπέδου πυκνωτοῦ Π_1 . Ὅταν ὁ πυκνωτὴς Π_1 εἶναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη, εἶναι εὐθύγραμμος. Ἐὰν ὅμως οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκοτῶν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ Π_1 ὑπάρχει δεῦτερος ἐπίπεδος πυκνωτὴς Π_2 , τοῦ ὁποῦ οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐὰν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ Π_2 ἀποκοτῶν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὀριζοντίαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν 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. Ὁ σωλὴν Braun χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (σπουδῆ ταχέως ἐναλλασσομένων ρευμάτων, δέκτης ραντάρ, τηλεόρασις κ.ἄ.).

225. Τρίδος λυχνία. Ἡ τρίδος λυχνία εἶναι κοινὴ δίοδος λυχνία εἰς τὴν ὁποίαν ἔχει προστεθῆ τρίτον ἠλεκτρόδιον. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίδος λυχνία

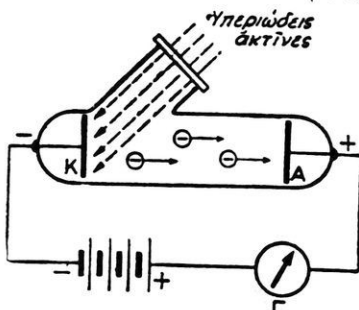


Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδές, περιβάλλον τὴν διαπυρομένην καθόδον. Ἡ ἄνοδος εἶναι κυλινδρική καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

καὶ παρεμβάλλεται μεταξύ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ

πλέγμα αποτελείται συνήθως από σύρμα μολυβδαινίου, τὸ ὁποῖον ἔχει περιτυλιχθῆ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον (σγ. 264). Ἐξῶθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνόδος, ἡ ὁποία ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μετὸν θετικὸν πόλον μιᾶς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου καὶ ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐνισχύεται. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ πλέγμα συνδεθῆ μετὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐξασθενεῖ σημαντικῶς ἢ καὶ διακόπτεται τελείως. Ἡ τρίτος λυγία εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρονικαὶ λυγίαι μετὰ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράδος, πεντάδος, ὀκτάδος κ.τ.λ. λυγία).

226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα εἶναι συνδεδεμένα μετὰ τοὺς δύο πόλους γεννητρίας (σγ. 265). Ἀφ' ἡμέρου νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς καθόδου ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐξερχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται **φωτοῦλεκτρόνια**. Τὸ πείραμα Σγ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον Κ ἀποσπῶνται ἠλεκτρόνια.



Ἐὰν ἐπὶ τῶν μετάλλων προσπίπτουν ἀκτινοβολία (φωτεινὰ, ὑπεριώδεις, Röntgen), τότε ἀποσπῶνται ἐκ τῶν μετάλλων ἠλεκτρόνια.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**. Ἰδιαιτέρως ἀπὸ τὸ καίσιον, τὸ ρουβίδιον καὶ τὸ κάλιον ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια, ὅταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτουν ὁ ρ α τ α ἰ ἀκτινοβολία. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι :

I. Ἡ ἀπόσπασις φωτοηλεκτρονίων ἀπὸ ἐν μέταλλον εἶναι δυνατὴ μόνον, ὅταν τὸ μῆκος κύματος τῆς προσπίπτουσας ἀκτινοβολίας εἶναι μικρότερον ἑνὸς ὠρισμένου μήκους κύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ μέταλλον.

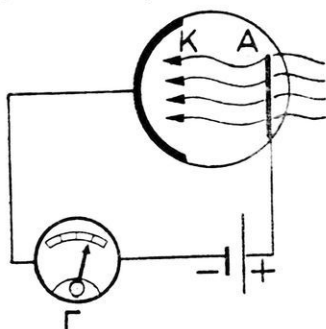
II. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀποσπασμένων φωτοηλεκτρονίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ παραγομένου φωτοηλεκτρονίου δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον φωτοηλεκτρικὴν ἐξίσωσιν τοῦ Einstein :

$$\text{φωτοηλεκτρικὴ ἐξίσωσις Einstein : } \frac{1}{2} mv^2 = hv - W_0$$

ὅπου $h\nu$ εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου τῆς προσπίπτουσας ἀκτινοβολίας καὶ W_0 εἶναι μία σταθερὰ τοῦ μετάλλου. Ἡ σταθερὰ αὕτη καλεῖται ἔργον ἐξάγωγῆς, διότι ἐκφράζει τὸ ἔργον τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι συγκαταστῶν τὸ ἠλεκτρόνιον ἐντὸς τοῦ μετάλλου.

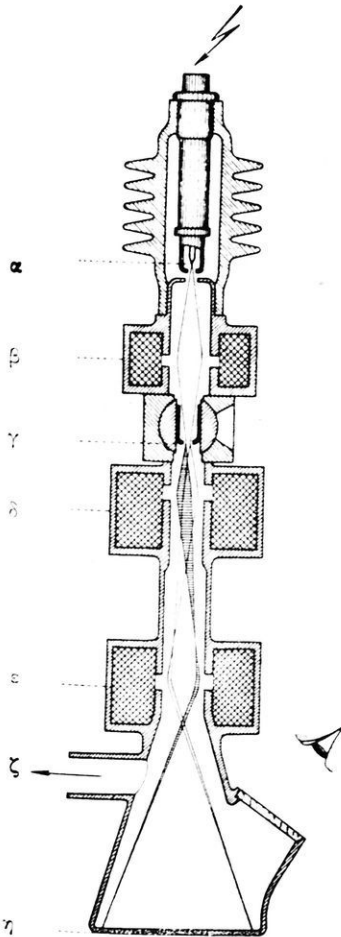
227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον. Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον εὐρίσκει μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὸ φωτοκύτταρον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος εἶναι τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρῶμα καλίου, τὸ ὁποῖον ἐπικαλύπτει μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σωλῆνος (σχ. 266). Ἡ ἀνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἢ κυκλικὸν μεταλλικὸν ἠλεκτρόδιον. Ὄταν ἐπὶ τῆς καθόδου προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου παρακολουθεῖ τὰς μεταβολὰς τῆς προσπίπτουσας φωτεινῆς ροῆς. Τὰ παραγόμενα ἀσθενῆ ρεύματα ἐνισχύονται διὰ καταλλήλου διατά-



Σχ. 266. Φωτοκύτταρον

ξεως. Τὸ φωτοκύτταρον εἶναι σήμερον πολὺτιμος συσκευή καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ὀμιλῶν κινηματογράφος, αὐτόματος ἔλεγχος καὶ ρύθμισις τῆς λειτουργίας μηχανῶν, τηλεφωτογραφία, τηλεόρασις, ρύθμισις κυκλοφορίας ὀχημάτων κ.ἄ.).

***228. Ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.** Τὸ ἠλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίου ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς δέσμης τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, ὅπως ἀκριβῶς ἐνεργεῖ καὶ ὁ φακὸς ἐπὶ μιᾶς δέσμης τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Διὰ τοῦτο τὰ ἠλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ αὐτὰ πεδία καλοῦνται **ἠλεκτρικοὶ ἢ μαγνητικοὶ φακοί.** Ἐκμετάλλευσις τῶν φακῶν τούτων γίνεται σήμερον εἰς τὸ **ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον**, διὰ τοῦ ὁποίου ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 500 000, ἐνῶ διὰ τῶν καλυτέρων ὀπτικῶν μικροσκοπίων ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 2 000. Τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου λαμβάνε-



Σχ. 267. Τομὴ τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου

α κάθοδος, β συναγωγὸς φακός, γ ἀντικείμενον, δ ἀντικειμενικός φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀντλία, η φθορίζον διάφραγμα



Σχ. 268. Φωτογραφία βακτηριοφάγου ληφθεῖσα μετὰ τὸ ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον. Μεγέθυνσις 20 000

ται εἴτε ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος εἴτε ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῆς. Εἰς τὴν σχηματικὴν διάταξιν 267 οἱ φακοὶ εἶναι πηνία, τὰ ὁποῖα δημιουργοῦν τὰ κατάλληλα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια διανοίγει τελείως νέους ὀρίζον-

τας έρεύνης (σχ. 268). Τοῦτο ἔχει σήμεραν ἰδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὴν Βιολογίαν καὶ τὴν Μικροβιολογίαν.

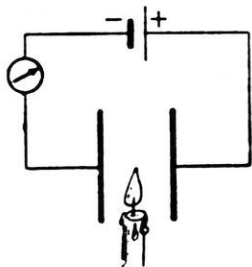
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κροῦσιν τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου ὀλόκληρος ἡ κινητὴ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen συχνότητος ν . Νὰ εὑρεθῇ σχέσηις μεταξύ τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς τάσεως U , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸν σωλῆνα.

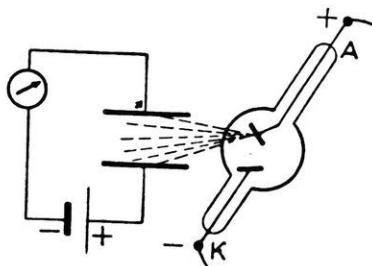
183. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἐφαρμόζεται τάσις 500 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας Röntgen. Σταθερὰ Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος. Ὁ ἀήρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὅμως διαφόρων αἰτίων ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ



Σχ. 269. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος διὰ φλόγος



Σχ. 270. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος δι' ἀκτίνων Röntgen

σημαντικὴν ἀγωγιμότητα. Μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἑνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ φέρομεν φλόγα κηρίου (σχ. 269). Ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν ὑπάρχη ὑψηλὴ διαφορά δυναμικοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι, μόλις φέρομεν τὴν φλόγα μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ἴδιον συμβαίνει, ἐὰν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν χώρον εἰσχωροῦν καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἢ ἀκτῖνες Röntgen (σχ. 270). Ἡ ἀγωγιμότης αὐτῆ τοῦ ἀέρος ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀέρος. Ἐκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι :

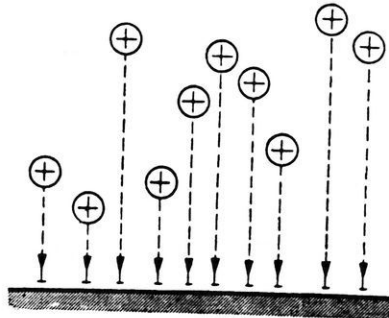
Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgen ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ ἀγωγιμότητα, ἐπειδὴ προκαλεῖται ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.

230. Διαρκῆς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος. Ἐν ἠλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον ἠλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται, ὅταν παραμείνῃ ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ἡ ἐκφόρτισις εἶναι πολὺ ταχύτερα ἐντὸς ὑπογείων ἢ σπηλαίων καὶ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὑπάρχουν πάντοτε θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα. Ὡστε :

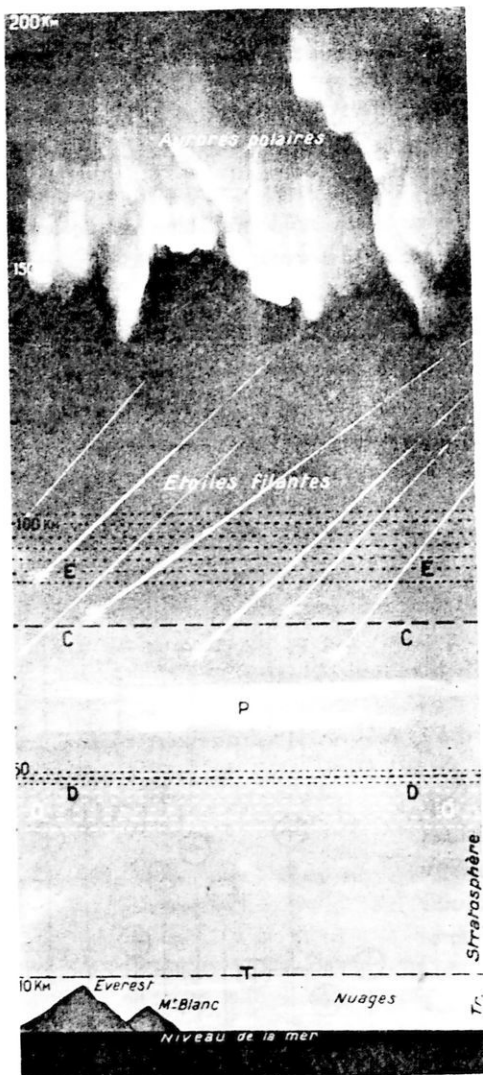
Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ εἶναι πάντοτε ἰονισμένος.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους. Εἰς ὕψος ἄνω τῶν 100 km παρατηρεῖται μία ἀπότομος αὐξήσις τῆς ἀγωγιμότητος τῆς ἀτμοσφαιρας. Τὸ στρώμα τοῦτο τῆς ἀτμοσφαιρας καλεῖται **ιονόσφαιρα**. Ὁ ἰσχυρὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕψος τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίννας τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, εἰς ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸν Ἥλιον, καὶ εἰς μίαν ἰδιαιτέραν ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία φθάνει εἰς τὸν πλανῆτην μας ἐξ ὄλων τῶν σημείων τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ ἡ ὁποία καλεῖται **κοσμικὴ ἀκτινοβολία**. Εἰς τὰ ἀνωτέρω αἴτια ἀποδίδεται γενικῶς ὁ ἰονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

231. Τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίον. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος πλεονάζουν τὰ θετικὰ ἰόντα, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας σχηματίζεται **ἠλεκτρικὸν πεδίον** (σχ. 271), τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Ἡ πτώσις τοῦ δυναμικοῦ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἀνέρχεται εἰς 100 ἢ καὶ 1000 Volt κατὰ μέτρον. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ θετικὰ ἰόντα τῆς ἀτμοσφαιρας κινοῦνται διαρκῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους. Ἀλλὰ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλεται τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίον δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίον



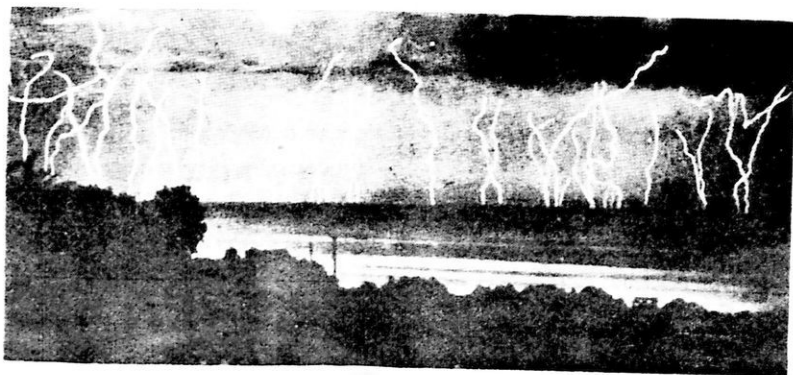
Τομή του κατωτέρου τμήματος της ατμόσφαιρας. Τ τροπόπαισις, Ο στρώμα όζοντος, D στρώμα Ιονισμένον, Ρ ήφαιστειακή κόνις, C άνώτατον όριον λυκόφωτος, E στρώμα του Heaviside. Τό πολιπόν σέλας έμφανίζεται εις ύψος άνω των 150 km

έξαφανίζονται, διότι συνεχώς αναπληροούνται από νέα φορτία. Δέν είναι ακόμη πλήρως γνωστόν πώς γίνεται ή αναπλήρωσις των φορτίων τούτων. Ός μία σημαντική αίτια τής συνεχούς παραγωγής θετικών ιόντων έντός του άέρος και άρνητικών ιόντων επί τής επιφανείας του έδάφους θεωροούνται αί άστραπαί και αί κεραυνοί. Η άστραπή είναι ήλεκτρική έκκένωσις μεταξύ δύο νεφών, τά όποία έχουν αντίθετα ήλεκτρικά φορτία. Ο δέ κεραυνός είναι ήλεκτρική έκκένωσις μεταξύ του νέφους και του έδάφους. Η διαφορά δυναμικού μεταξύ νέφους και έδάφους κατά την πτώσιν κεραυνού άνέρχεται εις έκατομμύρια ή δισεκατομμύρια Volt. Η έντασις του ρεύματος, ή αντίστοιχούσα εις ένα κεραυνόν άνέρχεται εις 20 000 Ampère. Υπολογίζεται ότι κατά δευτερόλεπτον παράγονται έφ' όλοκλήρου του πλανήτου μας 100 κεραυνοί, αί όποιοι μεταφέρουν συνεχώς εις τό έδαφος άρνητικά ήλεκτρικά φορτία, ένω συγχρόνως έγκαταλείπονται εις

τὸν ἀέρα θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς :

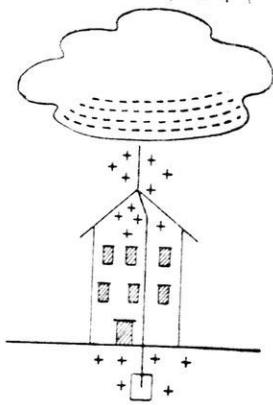
I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικὰ φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας ὑπάρχει ἠλεκτρικὸν πεδίου, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἷτια συντελοῦν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γηίνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κεραυνοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἄλεξικέραυνον. Ὅταν ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους εὐρίσκεται νέφος, φέρον σημαντικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσων καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὅποσον συγκεντρώνεται εἰς ἐξέχοντα σημεῖα τοῦ ἐδάφους (ὕψηλα οἰκοδομικὰ, καπνοδόχοι, δένδρα κ.ἄ.). Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς πτώσεως τοῦ κεραυνοῦ ἐπὶ τῶν ὑψηλῶν κτιρίων, ἐφοδιάζομεν αὐτὰ μὲ ἀλεξικέραυνον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὴν ράβδον, ἣ ὁποία καταλήγει εἰς ἀκίδα καὶ συνδέεται δι' ἀγωγοῦ μὲ μεγάλην μεταλλικὴν πλάκα εὐρισκόμενην εἰς ἄριστον βάθος ἐντὸς τοῦ ἐδάφους. Ὅταν ὁ κεραυνὸς πίπτῃ ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεραυνοῦ, τὸ ρεῦμα διαχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἔδαφος καὶ οὕτως ἀποφεύγεται βλάβη τοῦ κτιρίου (σχ. 272 καὶ 273).

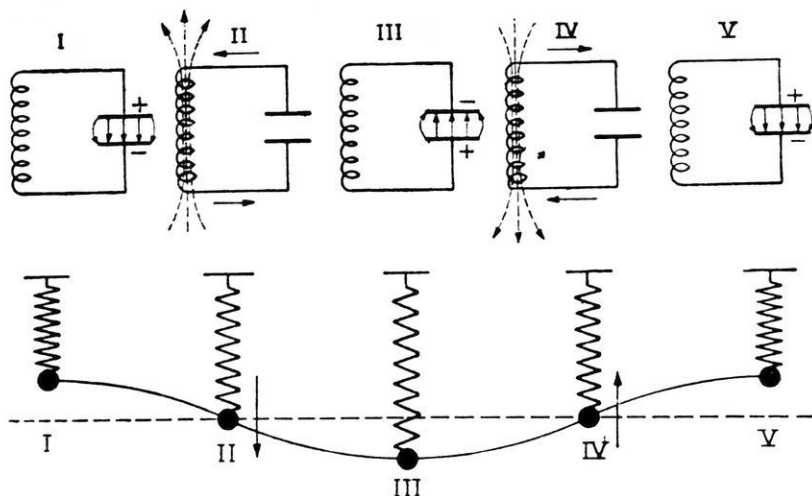


Σχ. 273. Ἄλεξικέραυνον

232. Πολικόν σέλας. Καλεῖται πολικόν σέλας ἐν ὀπτικόν φαινόμενον, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας. Τὸ πολικόν σέλας ἔχει τὴν ὄψιν τεραστίου φωτεινοῦ τόξου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον κρέμονται φωτεινοὶ χροσσοὶ (βλ. εἰκ. σελ. 254). Ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ παραγωγὴ τοῦ φωτός τούτου πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτέλεσμα τῆς συγκρούσεως ἠλεκτρονίων μὲ τὰ μόρια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀζώτου καὶ ὀξυγόνου. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ τὸν ἥλιον καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου συγκεντρώνονται εἰς τὰς περὶ τοὺς πόλους περιοχάς.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἡ συχνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τῶν



Σχ. 274. Εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων συμβαίνουν συνεχεῖς μετατροπᾶι τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνεργεῖαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως καὶ συνεπῶς συμβαίνουν ταλαντώσεις ἠλεκτρικοῦ φορτίου.

ρευμάτων μεταξύ μεγάλων ὀρίων. Οὕτω διακρίνομεν τρεῖς κατηγορίας ἐναλλασσομένων ρευμάτων: α) ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος, (50 ἕως 10 000 Hz), β) ρεύματα μέσης συχνότητος (10 000 ἕως

100 000 Hz) και γ) ρεύματα ψ η λ η ς συχνότητας (άνω των 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητας καλοῦνται καὶ **ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις**. Τὰ ρεύματα αὐτὰ παράγονται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ ἐντὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει πηνίον (σχ. 274). Μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ὑπάρχει κατ' ἀρχὰς **ἠλεκτρικὸν πεδῖον**. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο ὀπλισμοὶ εἶναι συνδεδεμένοι μεταξὺ των διὰ τοῦ πηνίου, ὁ πυκνωτὴς ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν πεδῖον ἐξασθενίζει. Τὸ παραγόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ πηνίου, παράγει **μαγνητικὸν πεδῖον**. Ὅταν ὁ πυκνωτὴς ἐκφορτισθῇ, τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ συγχρόνως καταργεῖται καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδῖον τοῦ πηνίου. Ἡ κατάργησις ὅμως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ ρεῦμα ἐξ αὐτεπαγωγῆς ὁμόρροπον πρὸς τὸ προηγούμενον. Τὸ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ρεῦμα προκαλεῖ φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ μὲ ἀντίθετον ὅμως πολικότητα. Ἐπακολουθεῖ τότε νέα ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται διαρκῶς. Οὕτω τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑψηλῆς συχνότητας. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

I. Εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον πυκνωτὴν καὶ πηνίον παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἔνεκα τῆς διαρκοῦς μετατροπῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνεργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως.

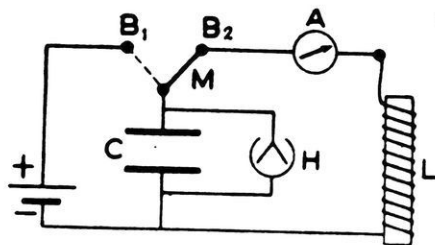
II. Ἡ περίοδος (T) τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον τοῦ Thomson :

$$\text{τύπος τοῦ Thomson : } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

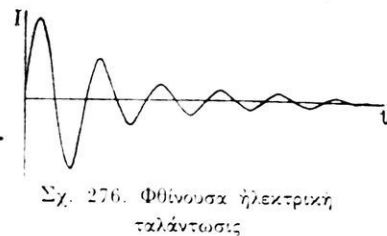
ὅπου C εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ L ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.

234. Φθίνουσαι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν παρατήρησιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 275. Ὁ πυκνωτὴς ἔχει μεγάλην χωρητικότητα C καὶ τὸ πηνίον ἔχει μεγάλον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L, ὥστε ἡ περίοδος T τῶν ταλαντώσεων νὰ εἶναι ἴση μὲ ἀρκετὰ δευτερόλεπτα. Ὅταν ὁ μεταγωγὸς M φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ

τὸν ἀκροδέκτην B_1 , ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρόμετρον H δεικνύει τὴν τάσιν μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐάν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸν ἀκροδέκτην B_2 , παρατηροῦμεν περιοδικὰ μετα-



Σχ. 275. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων



Σχ. 276. Φθίνουσα ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις

βολὰς τῆς τάσεως τοῦ πυκνωτοῦ καὶ ἀντιστοίχως περιοδικὰς ταλαντώσεις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου A . Αἱ ταλαντώσεις αὗται δεικνύουν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἀλλὰ τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου βαίνει συνεχῶς ἐλαττούμενον. Ἄρα αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις εἶναι φθίνουσαι καὶ πολὺ ταχέως καταργοῦνται (σχ. 276). Διὰ τὴν παραχθῆν νέα σειρά ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, φέρομεν πάλιν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸν ἀκροδέκτην B_1 . Ἡ ἀπόσβεσις τῶν ταλαντώσεων ὀφείλεται εἰς ἀπώλειαν ἐνεργείας. Αἱ ταλαντώσεις αὗται καλοῦνται **φθίνουσαι** ἢ **ἀποσβεννυμένα**.

Διὰ τὴν διαδοχικὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ἀντὶ μεταγωγοῦ, ἢ ἀκόλουθος διάταξις (σχ. 277). Ὁ πυκνωτὴς συνδέεται μετὰ τὸ δευτερεῖον ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου Π . Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ὑπάρχει μικρὰ διακοπὴ Σ τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον ἐκεῖ καταλήγει εἰς δύο μικρὰς μεταλλικὰς σφαίρας. Ἡ διακοπὴ Σ καλεῖται **σπινθηριστής**, διότι ὅταν ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ λάβῃ

τὴν μεγίστην τιμὴν, παράγεται εἰς τὴν διακοπὴν Σ σπινθήρ. Ὁ σπινθήρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μία ἀποσβεννυμένη ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις. Ἐάν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῖον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἶναι $\nu = 50 \text{ Hz}$,

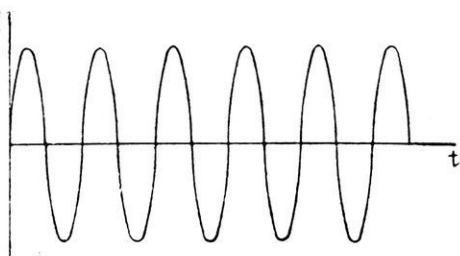
τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθήρες. Είς ἕκαστον σπινθήρα ἀντιστοιχεῖ εἰς συρμὸς ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων. Ἄρα κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοὶ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).



Σχ. 278. Συρμὸς ἀποσβεννυμένων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων

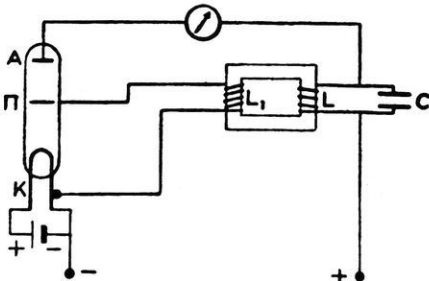
235. Ἀμείωτοι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἰδιαιτέραν ἀξίαν ἔχει σήμερον ἡ παραγωγή ἀμείωτων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279).

Ἡ παραγωγή τούτων γίνεται μετὴν βοήθειαν τῆς τριόδου λυχνίας. Εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας παρεντίθεται τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων (σχ. 280). Τὸ πηνίον L τοῦ κυκλώματος τούτου συνδέεται ἐπαγωγικῶς, μετὰ ἄλλο πηνίον L_1 , τοῦ ὁποίου τὸ ἓν ἄκρον συνδέεται μετὰ τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μετὰ τὴν κάθοδον. Ὅταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αὗται παράγουν ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηνίου L_1 ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς συχνότητος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν περιοδικὰς ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμικοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς περιοδικὰς διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον φορτίζει τὸν πυκνωτὴν.



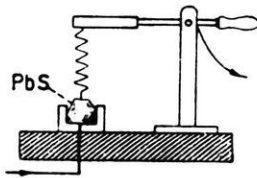
Σχ. 279. Ἀμείωτοι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις

Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὠθήσεις εἰς ἓν ἐκκρεμὲς ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεων του.

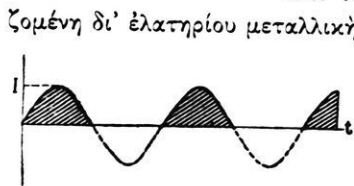


Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγήν ἀμείωτων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων

236. Πειραματική απόδειξις τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων,



Σχ. 281. Κρυσταλλικός φωρατής

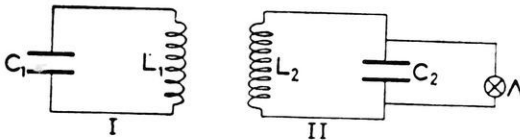


Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος

αἱ ὁποῖα διαρρέουν ἐν κύκλωμα, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρ πυρακτώσεως. Ἄλλη ἀπλὴ διάταξις εἶναι ὁ **κρυσταλλικός φωρατής**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρυστάλλον γαληνίτου (PbS), ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς θήκης στηριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος. Ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου στηρίζεται ἐλαφρῶς πιεζομένη δι' ἐλατηρίου μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). Ἐὰν διὰ τοῦ συστήματος τούτου διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τότε τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον, ὅταν ἔχῃ φορὰν ἐκ τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐνῶ κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ συστήματος. Οὕτως ὁ κρυσταλλικός φωρατής ἀφήνει νὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ μία μόνον ἐκ τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. Ὡστε ὁ κρυσταλλικός φωρατής μετατρέπει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές διακοπτόμενον ρεῦμα (σχ. 282), ἥτοι προκαλεῖ **ἀνόρθωσιν** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

237. Διέγερσις ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.

Ἄς θεωρήσωμεν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων, τὰ ὁποῖα εὐρίσκον-



Σχ. 283. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου κυκλώματος διεγείρονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

ται τὸ ἐν πλησίον τοῦ ἄλλου (σχ. 283). Εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα παράγονται διὰ καταλλήλου διατάξεως ἀμείωτοι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος

εἶναι $T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}$. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα ἀναπτύσσονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτήρος Λ. Τὸ πλάτος τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν,

ὅταν ἡ περίοδος T τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχη τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἤτοι ὅταν εἶναι :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

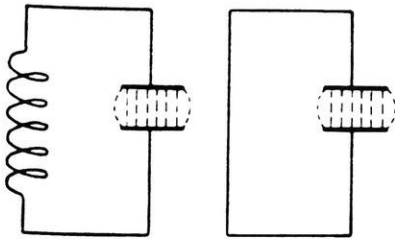
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μεταξύ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει **συντονισμός**. Ὡστε :

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εὐρίσκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον ταλαντώσεως, ὅπότε ἰσχύει ἡ σχέσις :

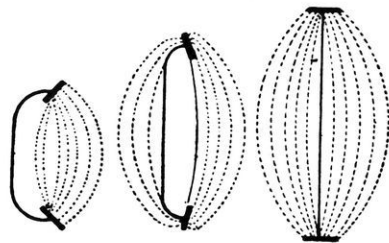
συνθήκη συντονισμοῦ : $L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Δίπολον τοῦ Hertz. Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖαι παράγονται ἐντὸς κλειστοῦ κυκλώματος, δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἐντὸς δευτέρου κυκλώματος εὐρισκομένου πλησίον τοῦ πρώτου (σχ. 283). Ἡ διέγερσις τοῦ δευτέρου κυκλώματος ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-



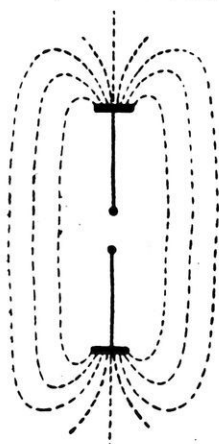
Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηνίου δι' εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ



Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν ὠρον

τικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται πέριξ τοῦ πρώτου κυκλώματος, διότι τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίων μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι ὅμως δυνατόν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

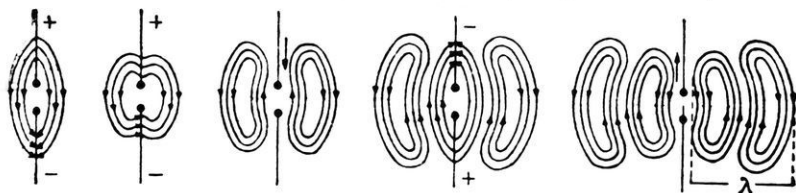
τοῦ πρώτου κυκλώματος. Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ πηγίον τοῦ κυκλώ-



Σχ. 286. Δίπολον
τοῦ Hertz

ματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἑνὸς μόνον ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὄπλισμούς τοῦ πυκνωτοῦ, ἕως ὅτου οἱ δύο ὄπλισμοὶ εὑρεθοῦν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εὐθυγράμμου πλέον ἀγωγοῦ. Τότε τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἐξαπλώνεται ἐντὸς τοῦ χώρου (σχ. 285). Τὸ ἀπλούστερον ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἀγωγόν, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον ἔχει μικρὰν διακοπὴν (σπινθηριστήν) καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα καταλήγει ἐλευθέρως ἢ φέρει μικρὰς πλάκας ἢ σφαίρας (σχ. 286). Τὸ ἀνοικτὸν τοῦτο κύκλωμα ταλαντώσεως καλεῖται **δίπολον τοῦ Hertz ἢ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον.**

239. Ἐлектроμαγνητικὰ κύματα. Ἐντὸς τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τότε τὰ ἄκρα τοῦ διπόλου ἀποκοτῶν ἐναλλάξ θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν δυναμικόν. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ διπόλου σχηματίζεται **ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν πεδίον.** Τὸ δίπολον διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω περίξ τοῦ διπόλου σχηματίζεται **ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον,** τοῦ ὁποῖου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι, κάθετοι



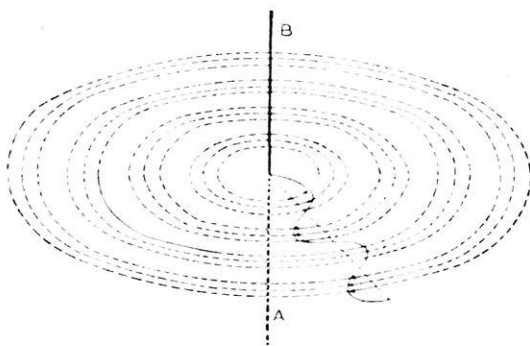
Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου

πρὸς τὸν ἀγωγόν. Ὄταν λοιπὸν ἐντὸς τοῦ διπόλου παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, σχηματίζονται περίξ τοῦ διπόλου ἐν ἠλεκτρικὸν καὶ ἐν μαγνητικὸν πεδίων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐναλλασσόμενα καὶ διαδίδονται ἐντὸς τοῦ χώρου μὲ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα

τοῦ φωτός. Τὰ δύο αὐτὰ ἐναλλασσόμενα πεδία εἶναι ἀλληλένδετα καὶ ἀποτελοῦν τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου. "Ωστε :

"Ἐν παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον περιβάλλεται ἀπὸ ἓν ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις πέριξ τοῦ διπόλου.

Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓν σημεῖον Μ τοῦ χώρου, εὐρισκόμενον εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δίπολον (σχ. 289), αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των, καὶ κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ ἐντάσεις τῶν δύο τούτων πεδίων μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς ἐντὸς μιᾶς περιόδου. "Ωστε :

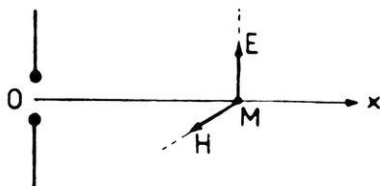


Σχ. 288. Διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου

I. Αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των.

II. Τὸ διαδιδόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου ἀποτελεῖ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

Τὴν δημιουργίαν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πέριξ ἑνὸς διπόλου ἀνεκάλυψεν θεωρητικῶς ὁ Maxwell. Πειραματικῶς ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξίν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὁ Hertz. Σήμερον τὸ ραδιόφωνον ἀποδεικνύει εἰς πᾶσαν στιγμὴν τὴν ὑπαρξίν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Σχ. 289. Ἡ ἐντασις E τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἡ ἐντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των καὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν Ox.

240. Μῆκος κύματος τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὰ

εναλλασσόμενα δύο πεδία, εκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου, ἔχουν τὴν ἴδιαν συχνότητα, τὴν ὅποιαν ἔχουν καὶ αἱ ἐντὸς τοῦ διπόλου παραγόμεναι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἐὰν c εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, τότε τὸ μῆκος κύματος λ τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ κύματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν : $c = \nu \cdot \lambda$. Τὸ μῆκος κύματος λ φανερώσει, ὡς γνωστόν, τὴν ἀπόστασιν εἰς τὴν ὅποιαν διαδίδεται τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν κύμα ἐντὸς μιᾶς περιόδου. Οὕτως, ἂν εἶναι :

$$T = \frac{1}{100} \text{ sec, τότε εἶναι } \nu = 100 \text{ Hz καὶ ἐπομένως ἔχομεν :}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{300\,000 \text{ km/sec}}{100 \text{ Hz}} = 3\,000 \text{ km}$$

241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Πειραματικῶς εὐρέθη, ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες :

1) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀ ν α κ λ ὦ ν τ α ι ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν πλακῶν συμφῶνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

2) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διέρχονται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, δ ι α θ λ ὦ ν τ α ι συμφῶνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα ἀ δ ι α φ α ν ῆ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἤτοι τὰ σώματα αὐτὰ ἀπορροφοῦν τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἀντιθέτως τὰ διηλεκτρικὰ εἶναι σώματα δ ι α φ α ν ῆ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

4) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα παράγουν φαινόμενα σ υ μ β ο λ ῆ ς, καὶ π α ρ α θ λ ᾶ σ ε ω ς, ὅπως συμβαίνει καὶ μετὰ τὸ φῶς.

Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀπέδειξεν ὅτι τὸ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον ἀκτινοβολεῖ ὑπὸ μορφήν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐνέργειαν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὅποιαν ἀκτινοβολοῦν αἱ φωτεινὰ πηγαι. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν ἀκτινοβολεῖ τὸ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον, καλεῖται ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία συμπεριφέρεται ὡς φωτεινὴ ἀκτινοβολία καὶ ἔχει μεγαλύτερον μῆκος κύματος ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἀκτινοβολίαν.

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἓν ἄτομον τῆς ὕλης, ὅταν ἓν πλανητικὸν ἠλεκτρόνιον μεταπηδᾷ ἀπὸ μίαν ἐξωτερικὴν εἰς μίαν ἐσωτερικὴν τροχίαν.

Αί τροχιαί ἐπὶ τῶν ὁποίων τὸ ἠλεκτρόνιον δύναται νὰ μεταπηδᾷ, εἶναι ὠρισμέναι καὶ καλοῦνται **κβαντικαὶ τροχιαί**.

242. Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας. Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ φῶς καὶ αἱ ἀκτίνες Röntgen εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, ἴτοι πολὺ μεγάλῃς συχνότητος. Οὕτω μὲ τὸν ὄρον **ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία** χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφήν ἐνεργείας, ἣ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἶδη τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας

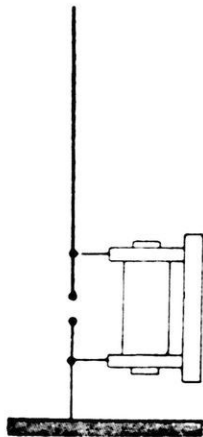
Εἶδος ἀκτινοβολίας		Μήκη κύματος		
Βιομηχανικὰ	κύματα	10^5	ἕως	10^4 km
Τηλεφωνικὰ	»	10^4	ἕως	10^2 km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ	»	10^4	ἕως	10^3 m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα	»	10^3	ἕως	10^2 m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα	»	10^2	ἕως	10 m
Ἵπερβραχέα	»	10	ἕως	1 m
Μικροκύματα		1 m	ἕως	1 mm
Ἵπέρυθροι ἀκτίνες		1 mm	ἕως	1 μ
Ὀρατὸν φῶς		0,8 μ	ἕως	0,4 μ
Ἵπεριώδεις ἀκτίνες		0,4 μ	ἕως	0,01 μ
Ἀκτίνες Röntgen		0,01 μ	ἕως	0,01 Å
Ἀκτίνες γ		0,01 Å	ἕως

Αἱ συχνότητες τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας περιλαμβάνονται μεταξὺ τῶν τιμῶν $\nu = 0$ καὶ $\nu = 10^{24}$ Hz. Τεχνητῶς παράγονται σήμερον ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀπὸ $\nu = 1$ Hz ἕως $\nu = 10^{13}$ Hz. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ἔχοντα συχνότητας ἀπὸ $\nu = 10^{12}$ Hz ἕως $\nu = 10^{24}$ Hz, παράγονται διὰ καταλλήλου διεγέρσεως τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα φαίνεται τὸ **συνολικὸν φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας**. Παρατηροῦμεν ὅτι μόνον μία μικρὰ περιοχὴ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν μας (ὄρατὸν φῶς).

ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

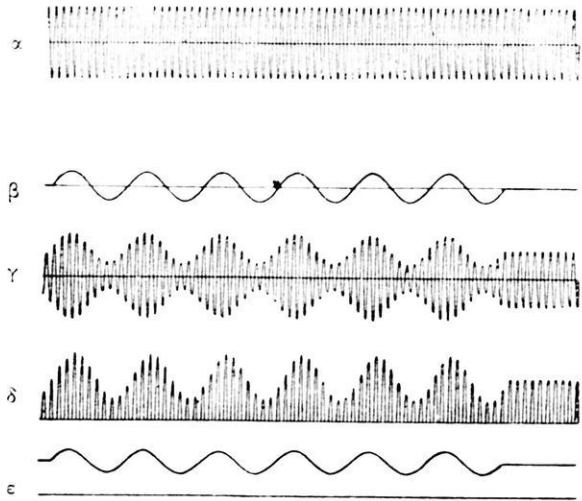
243. Γενικαὶ ἀρχαί. Ἡ ἀσύρματος τηλεπικοινωνία περιλαμβάνει δύο κυρίως κλάδους τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων καὶ τὴν ἀσύρματον τηλεφωνίαν ἢ ραδιοφωνίαν, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν ἤχων. Ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία χρησιμοποιεῖ ἀποσβεννυμένας ἢ καὶ ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ἐνῶ ἡ ραδιοφωνία χρησιμοποιεῖ μόνον ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς ὑπάρχει κατάλληλος **πομπὸς** ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἰς δὲ τὸν σταθμὸν λήψεως ὑπάρχει κατάλληλος **δέκτης** τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

244. Πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Εἰς τὸ ἐνσύρματον τηλέφωνον (§ 188), διὰ τὴν μετάδοσιν ἤχου ἀ-



Σχ. 290. Σχηματικὴ διάταξις τοῦ πομποῦ
κουστῆς συχνότητος, πρέπει νὰ προκληθοῦν ἀντίστοι-

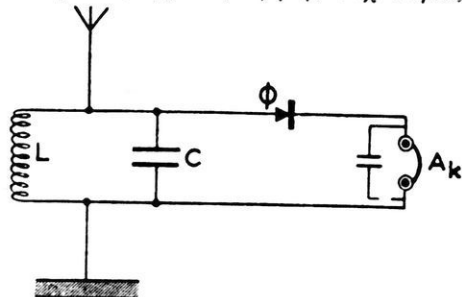
χοι μεταβολαὶ εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ραδιοφωνία. Ὁ πομπὸς



Σχ. 291. Διαμόρφωσις τῶν κυμάτων
(α φέρων κῶμα, β μικροφωνικὸν ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα, γ διαμορφωμένον κῶμα, δ ἀνόρθωσις, ε τὸ ρεῦμα μετὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἔχει τὴν μορφήν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος)

περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. τὸ ὅποιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σχ. 290). Τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν γῆν. Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐναλλακτικῆς μεγάλης συχνότητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιοῦνται τρίοδοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθερᾶς ὑψηλῆς συχνότητος (**φέρων κύμα**). Τὸ κύκλωμα τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται καταλλήλως μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου ἢ μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ ὁποίου παράγονται οἱ ἤχοι. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ χειριστηρίου ἢ τοῦ μικροφώνου προκαλοῦνται παραμορφώσεις τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Οὕτω τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὴν κεραίαν ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα φέρουν ἀντιστοιχοῦς παραμορφώσεις (**διαμορφωμένον κύμα**). Εἰς τὸ σχῆμα 291α δεικνύεται τὸ φέρων κύμα, πρὶν ὑποστῆ διαμόρφωσιν, ἐνῶ εἰς τὰ σχήματα 291γ καὶ 291δ δεικνύονται τὰ διαμορφωμένα κύματα πρὸ καὶ μετὰ τὴν φώρασιν.

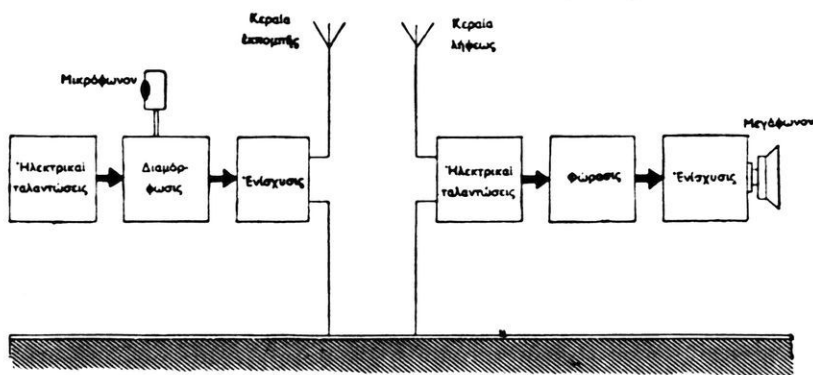
245. Δέχται ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ὁ δέκτης περιλαμβάνει **κεραίαν**, ἢ ὅποια συνδέεται μὲ κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Τοῦτο εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ πομποῦ. Ὁ δέκτης πρέπει νὰ μετατρέψῃ τὰς ὑψηλῆς συχνότητος διαμορφωμένας ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ἤχον. Αἱ χρησιμοποιούμεναι σήμερον συχνότητες κυμαίνονται ἀπὸ 15 000 Hz ἕως 20 000 000 Hz. Ἐὰν τὰ ἀκουστικὰ συνδεθοῦν ἀπ' εὐθείας μὲ τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, τότε ἡ πλάξ τοῦ ἀκουστικοῦ θὰ μείνῃ ἀκίνητος, διότι δὲν δύναται νὰ παρακολουθήσῃ τὰς



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μὲ κρυσταλλικὸν φωρατὴν (Φ) καὶ ἀκουστικὰ (Ακ)

τόσον ταχείας μεταβολᾶς τοῦ ρεύματος. Ἐξ ἄλλου αἱ συχνότητες αὐταὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ ἀκουστοὺς ἤχους. Ἡ δυσκολία αὐτὴ αἴρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-

μεν **φωρατήν**, ὁ ὁποῖος προκαλεῖ **άνόρθωσιν** τῶν διαμορφωμένων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστέρα ἀνόρθωτικὴ διάταξις εἶναι ὁ κ ρ υ σ τ α λ λ ι κ ὸ ς φ ω ρ α τ ῆ ς (σ χ . 292). Ὁ φωρατὴς ἐπιτυγχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ρεῦμα ἔχον σταθερὰν φορὰν, ἀλλὰ μεταβαλλομένην ἔντασιν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς πλακῆς τοῦ ἀκουστικοῦ. Εἰς τὴν **ἀσύρματον τηλεγραφίαν** ἢ μετάδοσιν τῶν μουσικῶν σημάτων (παῦλαι καὶ τελεῖαι) γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ χειριστηρίου, μὲ τὸ ὁποῖον προκαλοῦμεν διαμορφώσεις μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὸν δέκτην αἱ διαμορφώσεις αὐταὶ μετατρέπονται διὰ τοῦ



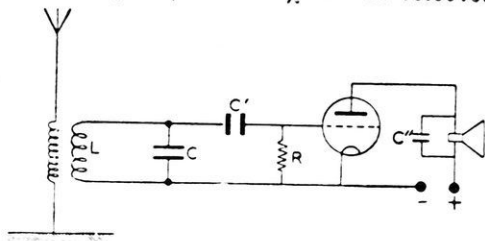
Σχ. 293. Σχηματικὴ διάταξις τῆς ραδιοφωνικῆς τηλεπικοινωνίας

φωρατοῦ καὶ τῶν ἀκουστικῶν εἰς ἦχον σταθεροῦ ὅψους μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὴν **ραδιοφωνίαν**, διὰ τὴν ἀναπαράγωγὴν τῶν μεταδιδόμενων συνθέτων ἡχῶν, 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 ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ἀπλοῦν ἦχον, γ) ἡ διαμορφωμένη ταλάντωσις, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, δ) ἡ ἀνόρθωσις, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ὁ φωρατὴς. Ἡ γραμμὴ ε εἰς τὸ ἀνόρθωμένον ρεῦμα παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τούτου· παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὕτη ἔχει τὴν μορφήν τῆς περιοδικῆς μεταβολῆς τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτω τὸ ἀκουστικὸν ἢ τὸ μεγάφωνον ἀναπαράγει τὸν πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθέντα ἦχον. Εἰς τὸ σχῆμα 293 δεικνύεται ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ ραδιοφωνία.

246. Ραδιόφωνον. Σήμερον εἰς τοὺς ραδιοφωνικούς δέκτας χρησιμοποιοῦνται ὡς φωραταὶ αἱ τρίοδοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Οἱ τοιοῦτοι δέκται καλοῦνται **ραδιόφωνα**. Εἰς τὸ σχῆμα 294

δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία ἐνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας δημιουργοῦν τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, εἶναι γενι-



Σχ. 294. Ἐπιπλοῦν ραδιοφώνον μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν

κῶς πολὺ ἀσθενεῖς. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν **ἐνισχυτάς**, οἱ ὁποῖοι παρεμβάλλονται εἴτε πρὸ τοῦ φωρατοῦ, εἴτε μετὰ τὸν φωρατὴν. Ὡς ἐνισχυταὶ χρησιμοποιοῦνται γενικῶς κατάλληλοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι.

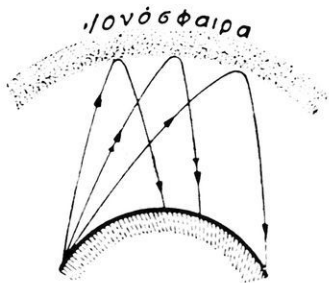
Τελευταίως ἀντὶ τῶν ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα οἱ **τρανσίστορ**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν τεμάχιον ἡμιαγωγοῦ (γερμάνιον ἢ πυρίτιον). Οἱ τρανσίστορ ἔχουν μικρὸν ὄγκον, μεγάλην ἀπόδοσιν καὶ πολὺ εὐκόλον κατασκευῆν.

247. Διάδοσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ

ὁποῖα ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ, δύνανται νὰ διακριθοῦν εἰς δύο τμήματα: α) Τὰ κύματα ἐπιφανείας,

τὰ ὁποῖα διαδίδονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, καὶ β) τὰ κύματα χώρου, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς κεραίας πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ κύματα ἐπιφανείας ἀπορροφῶνται τόσον περισσότερο, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ μῆκος κύματος.

Τὰ κύματα χώρου εἰς ὕψος 100 km περίπου ὑφίστανται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας (§ 230), ἡ ὁποία εἶναι ἰονισμένον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας συμπεριφερόμενον ὡς ἀγωγὸς (σχ. 295). Τὰ ἀνακλώμενα κύματα



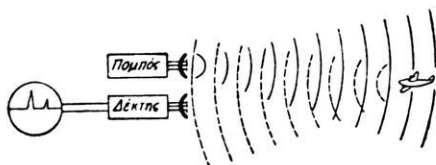
Σχ. 295. Ἀνάκλασις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας

ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις χωρὶς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασις των.

248. Εἶδη κυμάτων. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιεῖ ἡ τηλεπικοινωνία, διακρίνονται εἰς τὰ ἑξῆς εἶδη :

α) Τὰ μακρὰ κύματα ($\lambda > 600 \text{ m}$) παρουσιάζουν μικρὰν ἀπορρόφησην τῶν κυμάτων ἐπιφανείας καὶ εἶναι κατάλληλα διὰ μετάδοσιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. β) Τὰ μεσαῖα κύματα ($\lambda = 200$ ἕως 600 m) εἶναι κατάλληλα δι' ἐκπομπάς, αἱ ὁποῖαι προορίζονται διὰ μικρὰς σχετικῶς ἀποστάσεις. γ) Τὰ βραχέα κύματα ($\lambda = 10$ ἕως 200 m) παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀπορρόφησην τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, εἶναι ὅμως κατάλληλα δι' ἐκπομπάς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Εἰς τὰ βραχέα κύματα τὰ κύματα χώρου ὑφίστανται διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ἰονοσφαιρας καὶ τοῦ ἐδάφους χωρὶς σημαντικὴν ἐξασθένησιν. Οὕτω φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. δ) Τὰ ὑπερβραχέα κύματα ($\lambda < 10 \text{ m}$) δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαιρας καὶ ἡ διάδοσις αὐτῶν γίνεται ἀποκλειστικῶς διὰ κυμάτων ἐπιφανείας. Ἡ διάδοσις τῶν ὑπερβραχέων κυμάτων εἶναι σχεδὸν εὐθύγραμμος καὶ ὁμοιάζει μὲ τὴν τοῦ φωτός. ε) Τὰ μικροκύματα ($\lambda = 0,1 \text{ cm}$ ἕως 1 m) διαδίδονται εὐθυγράμμως, ὅπως ἀκριβῶς καὶ τὸ φῶς. Οὕτω δύνανται νὰ ἀποτελέσουν κατευθυνομένης δέσμης, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰς φωτεινὰς δέσμας.

249. Ραντάρ. Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ ραντάρ. Τοῦτο εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἀποκαλύψωμεν τὴν



Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ

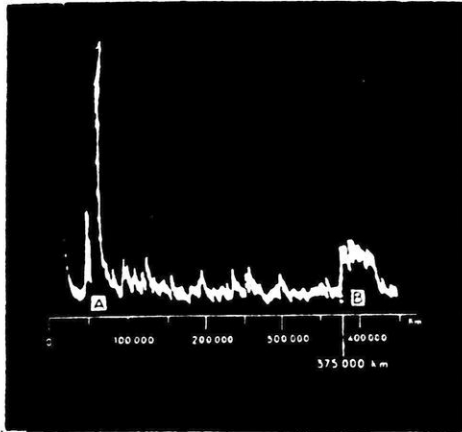
παρουσίαν ἀντικειμένων εὐρισκομένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα πομπὸν μικροκυμάτων καὶ ἀπὸ ἕνα δέκτην (σχ. 296). Ἡ κεραία τοῦ πομποῦ καὶ ἡ κεραία τοῦ δέκτη εὐρίσκονται εἰς τὴν ἐ-

στίαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς $\frac{1}{1000}$ τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ

συρμοὶ μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἐκάστου συρμοῦ διαρκεῖ ἐπὶ

$\frac{1}{1\,000\,000}$ τοῦ δευτερολέπτου. Τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυγράμ-

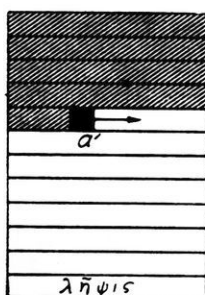
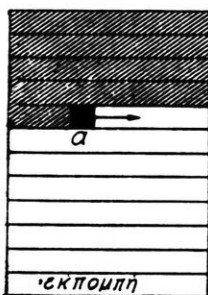
μως καὶ ὅταν προσπέσουν ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν ἀνακλῶνται καὶ ἐπιστρέφουν εἰς τὸν δέκτην. Οὗτος περιλαμβάνει κατάλληλον ἐνισχυ-
τὴν καὶ σωλῆνα Braun (§ 224). Ὅταν ὁ πομπὸς δὲν ἐκπέμπῃ μικρο-
κύματα, ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἢ φωτεινῆ κηλὶς διαγρά-
φει ταχύτατα μίαν ὀριζοντίαν γραμμὴν. Κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς
τῶν μικροκυμάτων, ὅπως καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφίξεως τῶν ἀνα-
κλασθέντων μικροκυμάτων εἰς τὸν δέκτην, ἡ φωτεινὴ κηλὶς
ἐκτρέπεται ἀποτόμως καὶ οὕ-
τω ἐμφανίζονται δύο αἰχμαί,
ἐκ τῶν ὁποίων ἡ πρώτη ἀντι-
στοιχεῖ εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ
ἡ δευτέρα εἰς τὴν ἀφίξιν τῶν
μικροκυμάτων. Ἡ ἀπόστασις
τῶν δύο αἰχμῶν εἶναι ἀνά-
λογος πρὸς τὸν χρόνον, ὁ ὁ-
ποῖος μεσολαβεῖ μεταξύ τῆς
ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως
τῶν μικροκυμάτων. Ὁ χρό-
νος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς
τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ
ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ ὁ-
ποίου ἀνακλῶνται τὰ μικρο-
κύματα. Οὕτως ἡ μεταξύ τῶν
δύο αἰχμῶν ἀπόστασις παρέχει ἐπὶ κλίμακος τὴν ἀπόστασιν τοῦ στό-
χου ἀπὸ τὸν πομπόν. Τὰ μικροκύματα διέρχονται διὰ μέσου τῶν νεφῶν,
τῆς ὀμίχλης καὶ τοῦ θαλασσίου ὕδατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέ-
σου τῆς ἰονοσφαίρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὁποῖα ἐξεπέμφθησαν πρὸς
τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν
δέκτην τοῦ ραντάρ (σχ. 297).



Σχ. 297. Τὰ κατευθυνθέντα πρὸς τὴν Σελήνην
μικροκύματα, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των ἐπ' αὐ-
τῆς, ἐπέστρεψαν εἰς τὴν Γῆν καὶ κατεγράφη-
σαν εἰς τὸν δέκτην.

250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία. Ἡ δι' ἠλεκτρομαγνη-
τικῶν κυμάτων μεταβίβασις εἰκόνων προσώπων ἢ ἀντικειμένων ἐν κινή-

σει καλεῖται **τηλεόρασις**, ἡ δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο ὅμως περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῆ διὰ μιᾶς ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο

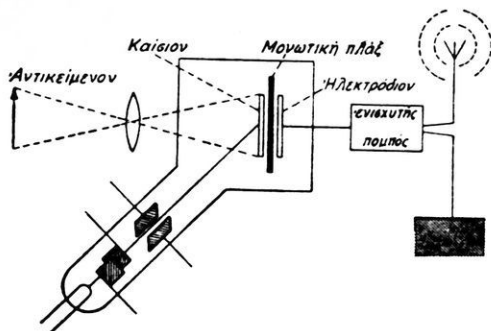


ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῆ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διαίρειται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζῶναι « σαρώνονται » ἢ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὁλοκληροῦ τῆς εἰκόνας γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

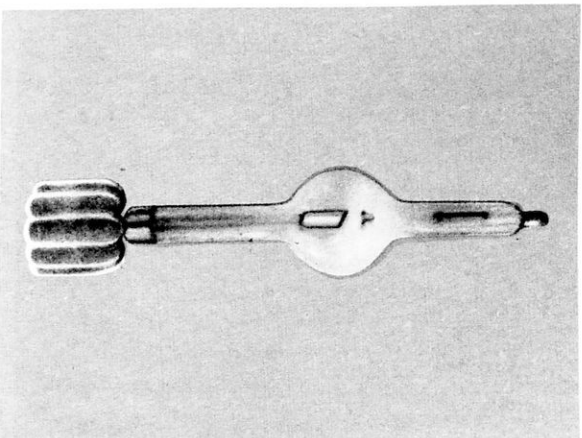
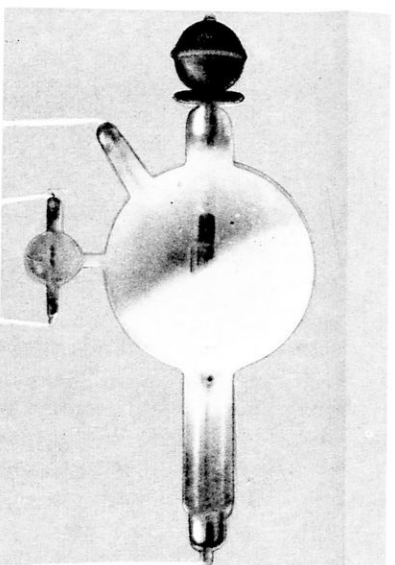
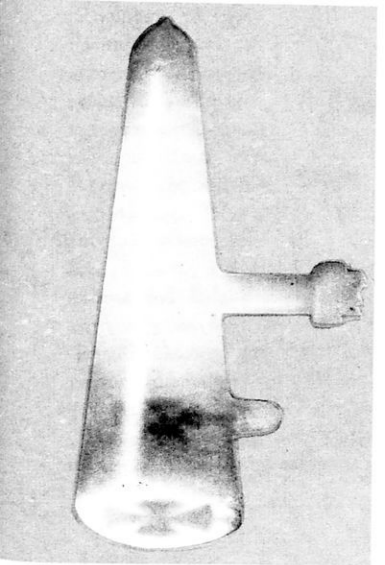
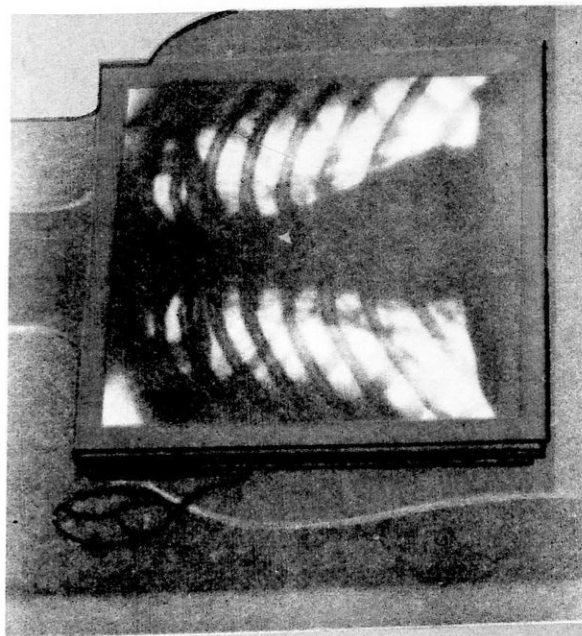
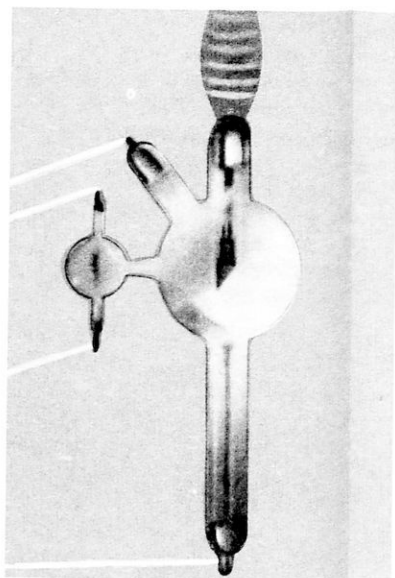
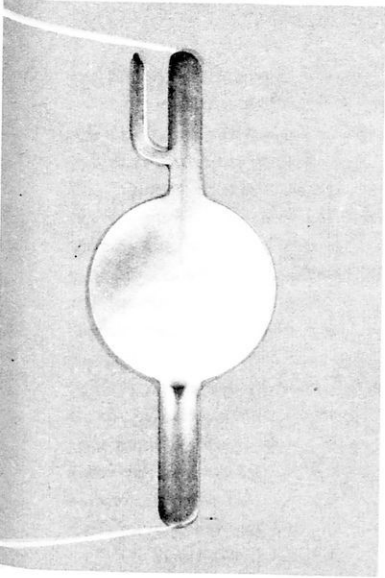
Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς

χρόνον μικρότερον τοῦ $1/16$ τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μίαν κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγωνται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ ὁποῖα ἀνελύθη ἡ εἰκὼν. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμήν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἓν τμήμα α' , τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὁμόλογον τμήμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνας (σχ. 298).

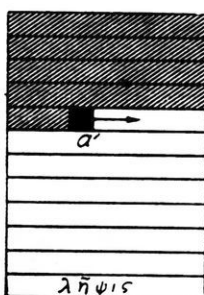
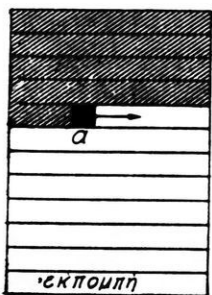
α) **Τηλεόρασις.** Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνας εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **εἰκονοσκόπιον τοῦ Zworykin**. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὃ ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικόν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 229). Ἡ μία ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς ἔχει καλυφθῆ με πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καισίου, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς καλύπτεται με μεταλλικὴν πλάκα (ἤλεκτροδιον). Οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καισίου καὶ τὸ



Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεόρασεως



σει καλεῖται **τηλεόρασις**, ἡ δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο ὅμως περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο



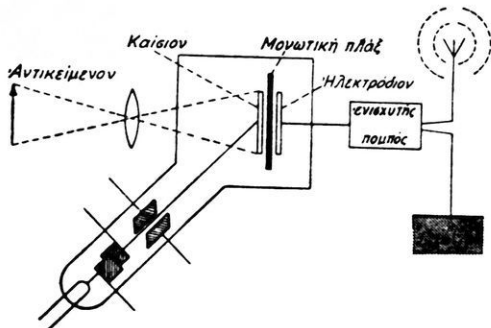
Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς

ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διαιρεῖται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζῶνας. Αἱ ζῶναι « σαρώνονται » ἢ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὁλοκλήρου τῆς εἰκόνας γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

χρόνον μικρότερον τοῦ $1/16$ τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγῳνται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ ὁποῖα ἀνελύθη ἡ εἰκὼν. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμὴν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἓν τμήμα α' , τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὁμόλογον τμήμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνας (σχ. 298).

α) **Τηλεόρασις.** Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνας εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **εἰκονοσκόπιον τοῦ Zworykin**. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὃ ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικόν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 229). Ἡ μία ἐπιφάνεια

τῆς πλακῆς ἔχει καλυφθῆ με πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καϊσίου, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακῆς καλύπτεται με μεταλλικὴν πλάκα (ἤλεκτροδίων). Οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καϊσίου καὶ τὸ



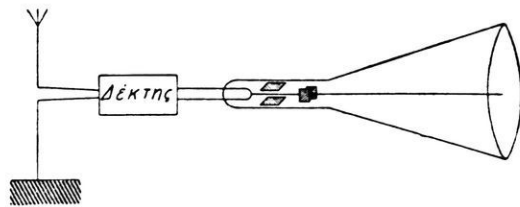
Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεόρασεως

Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Röntgen

1. Σωλήν τοῦ Crookes με σκιάν ἑνός σταυροῦ
2. Παλιός τύπος σωλήνος ἀκτίνων Röntgen
3. Σωλήν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' ὕδατος
4. Σωλήν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' ἀέρος
5. Σωλήν τοῦ Coolidge
6. Ἐξέτασις θώρακος με τὴν βοήθειαν τοῦ φθορίζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις)

ἀντίστοιχον τμήμα τοῦ ἠλεκτροδίου ἀποτελεῖ μικρότατον πυκνωτήν. Μετὴν βοήθειαν φακοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ στρώματος τοῦ καισίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς πρὸς μεταβίβασιν εικόνας. Τότε ἀπὸ ἕκαστον τεμάχιον τοῦ καισίου ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καισίου ἀποκτᾷ θετικὸν φορτίον, ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἢ ὅποια ἔπεσεν ἐπὶ τοῦ τεμαχίου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον οἱ μικρότατοι πυκνωταὶ φορτίζονται. Ἐπειτα ἡ καθοδικὴ δέσμη ἀρχίζει νὰ σαρώνη διαδοχικῶς τὰς διαφόρους σειρὰς τῶν τεμαχίων τοῦ καισίου. Τὰ ἠλεκτρόνια τῆς καθοδικῆς δέσμης ἐξουδετερῶνουν τὸ θετικὸν φορτίον ἐκάστου τεμαχίου καισίου. Αὕτῃ ἡ ἐξουδετέρωσις ἰσοδυναμεῖ μετὰ ἐκκένωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, διαβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, ὅπου διαμορφῶνουν τὰ ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Μετὸ εἰκονοσκόπιον ἐπιτυγχάνομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὴν ἀνάλυσιν τῆς εικόνας καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν μετατροπὴν τῶν φωτεινῶν διαφορῶν τῆς εικόνας εἰς διαφορὰς ἐντάσεως ρεύματος, αἱ ὅποια προκαλοῦν ἀντιστοίχους διαμορφώσεις τοῦ φέροντος κύματος.

Ὁ δέκτης τηλεόρασεως εἶναι συνήθης ραδιοφωνικὸς δέκτης, ὁ ὅποιος συνδέεται μετὰ σωλῆνα Braun (σχ. 300). Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια προσπίπτουν ἐπὶ τῆς κεραίας, δημιουργοῦν ρεύματα. Ταῦτα ἐνισχύονται καταλλήλως καὶ ρυθμίζονται ἐντάσει τῆς καθοδικῆς δέσμης. Οὕτως



Σχ. 300. Σχηματικὴ παράστασις δέκτης τηλεόρασεως

ἐπὶ τοῦ φορτίζοντος διαφράγματος ἀναπαράγεται ἡ εἰκὼν, διότι εἰς ἐκάστην στιγμὴν ἡ λαμπρότης τοῦ διαφράγματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινότητα τοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἐκφορτιζομένου στοιχειώδους πυκνωτοῦ. Ἐπειδὴ ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν ἀναπαράγεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἰς χρόνον μικρότερον τοῦ $1/16$ δευτερολέπτου, ὁ ὀφθαλμὸς δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν διαδοχικὴν μεταβίβασιν τμημάτων τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὴν τηλεόρασιν χρησιμοποιοῦνται μόνον ὑπερβραχέα κύματα, τὰ ὅποια δύνανται νὰ φθάσουν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν.

β) **Τηλεφωτογραφία.** Ἡ μεταβίβασις ἐντύπου εἰκόνας στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται καὶ ἡ τηλεόρασις μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν ἡ σάρωσις τῆς εἰκόνας εἶναι πολὺ βραδυτέρα. Εἰς τὸν δέκτην ἡ εἰκὼν ἀποτυπώνεται ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῆς. Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν χρησιμοποιοῦνται τὰ συνήθη ραδιοφωνικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν. Ἡ τηλεφωτογραφία ἐφαρμόζεται σήμερον εὐρύτατα ὑπὸ τῆς δημοσιογραφίας διὰ τὴν ταχεῖαν μετάδοσιν φωτογραφικῶν ἐπικαίρων γεγονότων.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

184. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 40 m. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας εἰς μεγακύκλους/sec ;

185. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς συχνότητα 15 μεγακύκλων/sec. Εἰς ποῖον μῆκος κύματος γίνονται αἱ ἐκπομπαὶ του ;

186. Σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 400 m. Εἰς πόσας περιόδους τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ 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 ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ;

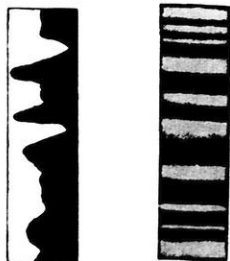
ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὅμιλῶν κινηματογράφος. Εἰς τὸν ὀμιλοῦντα κινηματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ἤχων. Γενικῶς ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἤχου καλεῖται **φωνοληψία**. Διὰ νὰ ἀποτυπωθῇ ὁ ἤχος ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας, πρέπει ὁ ἤχος νὰ μετατραπῇ εἰς φῶς. Ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται εὐκόλως κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν :

ἤχος → ἠλεκτρικὸν ρεῦμα → φῶς

Ἡ μετατροπὴ τοῦ ἤχου εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ μικροφώνου. Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ, μετατρέπε-

ται εις φῶς κατὰ διαφόρους τρόπους, ἐκ τῶν ὁποίων ἀπλούστερος εἶναι ὁ ἐξῆς: Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου διέρχεται διὰ μιᾶς εἰδικῆς λυχνίας, τῆς ὁποίας ἡ φωτεινὴ ροὴ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Αἱ μεταβολαὶ αὐτῆς τοῦ φωτός τῆς λυχνίας ἀποτυπώνονται ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας, ὑπὸ μορφὴν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως (σχ. 301). Αἱ ζῶναι αὐταὶ καταγράφονται παραπλευρῶς τῶν ἀντιστοιχῶν εἰκόνων.

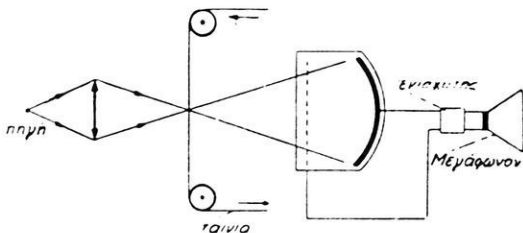


Σχ. 301. Ὁ ἦχος καταγράφεται ὑπὸ μορφὴν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαραχθῆ ὁ καταγραφεὶς ἦχος. Ἡ ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἡχου γίνεται κατὰ τὴν ἐξῆς σειράν:

φῶς → ἠλεκτρικὸν ρεῦμα → ἦχος

Ἡ μετατροπὴ τοῦ φωτός εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου. Ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται μεταξὺ μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου (σχ. 302). Ἡ ἔντασις τῶν φωτοηλεκτρικῶν ρευμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς ταινίας.

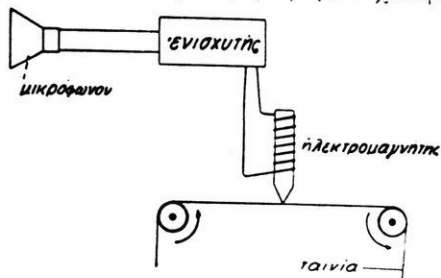


Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἡχων εἰς τὸν ὀμιλοῦντα κινηματογράφον

Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ ὀπισθεν τῆς ὀθόνης εὐρίσκόμενον μεγᾶφῶνον, τὸ ὁποῖον μετατρέπει τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἦχον.

252. Μαγνητόφωνον. Τελευταίως ἀνεπτύχθη νέος τρόπος καταγραφῆς τοῦ ἡχου. Ἡ καταγραφὴ τοῦ ἡχου γίνεται ἐπὶ χαλυβδίνης ταινίας ὑπὸ τὴν μορφὴν περιοχῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν μαγνητίσεως. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἡχου ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὀμαλῶς ἔμπροσθεν τοῦ πόλου ἑνὸς ἠλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μι-

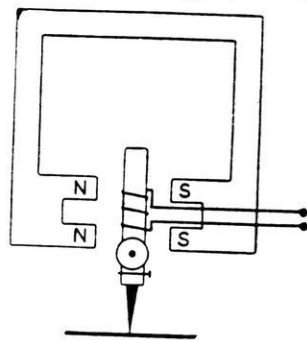
κροφώνου, τὸ ὁποῖον ἔχει προηγουμένως ἐνισχυθῆ. Ἡ διερχομένη ἔμπροσθεν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου χαλυβδίνη ταινία μαγνητίζεται, ἀλλ'



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου

ῥοντος πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηνίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος. Ἡ συσκευή τῆς τούτης καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἡχοῦ καλεῖται **μαγνητόφωνον**.

253. Ἀναπαραγωγὸς ἡχοῦ (πικάπ). Ὁ ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφεὶς ἡχος ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἣ ὁποία καλεῖται **ἠλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἡχοῦ**. Ἡ συσκευή αὕτη καλεῖται κοινῶς πικάπ (Pick-up) καὶ μετατρέπει τὰς μηχανικὰς ταλαντώσεις τῆς βελόνης τοῦ γραμμοφώνου εἰς ἀντίστοιχα ἠλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ βελόνη εἶναι στερεωμένη εἰς μικρὰν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἣ ὁποία δύναται νὰ μετακινῆται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἠλεκτρομαγνήτου (σχ. 304). Ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπάρχει πηνίον. Αἱ μετακινήσεις τῆς ράβδου δημιουργοῦν ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος.



Σχ. 304. Ἐντὸς τοῦ πηνίου παράγονται ἐπαγωγικά ρεύματα

ΑΓΩΓΟΙ—ΜΟΝΩΤΑΙ—ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ

254. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης τῶν στερεῶν. Γνωρίζομεν ὅτι ἐντὸς τῶν μετάλλων ὑπάρχουν τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια (§ 149), τὰ ὁποῖα ἐντὸς τοῦ μετάλλου ἀποτελοῦν ἓν εἶδος « ἀερίου ». Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων εἶναι τεράστιος (ἄνω τῶν 10^{20} ἠλεκτρονίων ἀνὰ κυβικὸν ἑκατοστόμετρον). Ἐντὸς τοῦ μετάλλου τὰ ἠλεκτρόνια κινοῦνται συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς κινητικῆς θεωρίας τῶν ἀερίων. Ἐπὶ τὴν ἐπίδρασιν ἐξωτερικοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τοῦ μετάλλου κινοῦνται ἐντὸς αὐτοῦ κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν τοῦ ἐξωτερικοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω ἐντὸς τοῦ μετάλλου δημιουργεῖται **ἠλεκτρικὸν ρεῦμα** (§ 151). Ἐνεκα τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τὰ ἠλεκτρόνια ἀποκοτοῦν κινητικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν ὅμως ἀποβάλλουν κατὰ τὰς κρούσεις των μὲ τὰ θετικὰ ἰόντα τοῦ μετάλλου, τὰ ὁποῖα συναντοῦν εἰς τὸν δρόμον των τὰ ἠλεκτρόνια. Οὕτω ὁ ἀγωγὸς θερμαίνεται (φαινόμενον Joule).

Ἡ ἀγωγιμότης τῶν στερεῶν ὀνομάζεται **ἠλεκτρονικὴ ἀγωγιμότης** καὶ ἐρμηνεύεται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων. Ἡ θεωρία ὅμως αὕτῃ δὲν δύναται νὰ ἐρμηνεύσῃ ὠρισμένης ιδιότητος τῶν μετάλλων οὔτε νὰ ἐρμηνεύσῃ τὴν διάκρισιν τῶν στερεῶν εἰς ἀγωγούς, μονωτὰς καὶ ἡμιαγωγούς. Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη διεμορφώθη ἡ **θεωρία τῶν στερεῶν**, ἡ ὁποία ἐρμηνεύει πλήρως τὰς ἠλεκτρικὰς ιδιότητας τῶν στερεῶν. Ὅλα τὰ στερεὰ σώματα εἶναι γενικῶς **κρυσταλλικὰ σώματα**. Κάθε κρυστάλλος ἔχει ὠρισμένην ἐσωτερικὴν δομὴν, ἡ ὁποία προσδιορίζει τὰς ἠλεκτρικὰς ιδιότητας τοῦ στερεοῦ.

255. Κατηγορίαι στερεῶν. Τὸ ἀντίστροφον τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως ρ ἐνὸς στερεοῦ ὀνομάζεται **ἠλεκτρικὴ ἀγωγιμότης** ($1/\rho$) τοῦ στερεοῦ. Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἠλεκτρικῆς ἀγωγιμότητός των τὰ στερεὰ διακρίνονται εἰς **ἀγωγούς, μονωτὰς καὶ ἡμιαγωγούς**. α) Ἀγωγοὶ εἶναι τὰ μέταλλα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ $100 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ καὶ **αὐξάνεται** μετὰ τῆς θερμοκρασίας. β) Οἱ μονωταὶ ἢ διηλεκτρικὰ ἔχουν εἰδικὴν ἀντίστασιν μεγαλυτέραν ἀπὸ $10^{10} \Omega \cdot \text{m}$, ἡ ὁποία **ἐλαττώνεται** μετὰ τῆς θερμοκρασίας. γ) Οἱ ἡμιαγωγοὶ ἔχουν εἰδικὴν ἀντίστασιν, ἡ ὁποία κυμαίνεται ἀπὸ 10^{-1} ἕως

$10^4 \Omega \cdot m$ και ή όποία **έλαττώνεται** μετά τής θερμοκρασίας, όπως και εις τούς μονωτάς. "Ωστε :

Οί άγωγοί (δηλ. τά μέταλλα) έχουν μικράν ειδικήν αντίστασιν, ή όποία αύξάνεται μετά τής θερμοκρασίας. Άντιθέτως οί μονωταί και οί ήμιαγωγοί έχουν μεγάλην ειδικήν αντίστασιν, ή όποία έλαττώνεται μετά τής θερμοκρασίας.

256. Άγωγοί, μονωταί, ήμιαγωγοί. Θα εξετάσωμεν στοιχειωδώς τήν διάκρισιν τών στερεωών εις τάς άνωτέρω τρεις κατηγορίας.

α) **Οί άγωγοί.** Εις τούς άγωγούς, δηλ. τά μέταλλα, τά ηλεκτρόνια σθένους είναι εύκίνητα (έλεύθερα ηλεκτρόνια) και υπό τήν επίδρασιν έξωτερικού ήλεκτρικού πεδίου αποκτοϋν επίτάχουσιν. Τότε τά ηλεκτρόνια σθένους αποκτοϋν μεγαλυτέραν ενέργειαν. Έπό τήν επίδρασιν τοϋ έξωτερικού πεδίου τά ηλεκτρόνια κινούνται διά μέσου τοϋ στερεοϋ και διαρκώς συγκρούονται με τά θετικά ίόντα τοϋ κρυσταλλικοϋ πλέγματος (θερμανσις τοϋ άγωγοϋ). "Όταν αύξάνεται ή θερμοκρασία τοϋ μετάλλου, τότε αύξάνεται τό πλάτος τής ταλαντώσεως τήν όποίαν έκτελοϋν περί τήν θέσιν τής ίσοροπίας των τά θετικά ίόντα τοϋ κρυστάλλου (θερμική κίνησις). Κατά συνέπειαν αύξάνεται και ό αριθμός τών συγκρούσεων τοϋ κινουμένου ηλεκτρονίου με τά θετικά ίόντα τοϋ μετάλλου. Αϋτή όμως ή αύξησις τοϋ αριθμοϋ τών συγκρούσεων τοϋ ηλεκτρονίου αντίστοιχει εις αύξησιν τής αντίστάσεως τοϋ άγωγοϋ.

β) **Οί μονωταί.** Εις ένα απολύτως καθαρόν κρύσταλλον μονωτοϋ, εύρισκόμενον εις πολύ χαμηλήν θερμοκρασίαν όλα τά ηλεκτρόνια σθένους είναι δεσμευμένα από τό ήλεκτρικόν πεδίο του πυρήνος τοϋ άτομου. Εις τόν κρύσταλλον δέν υπάρχουν εύκίνητα ηλεκτρόνια και διά τοϋτο ό κρύσταλλος δέν παρουσιάζει άγωγιμότητα. "Όταν όμως αύξάνεται ή θερμοκρασία τοϋ κρυστάλλου, τότε ελάχιστα ηλεκτρόνια σθένους, προσλαμβάνοντα ενέργειαν, **άποδεσμεϋονται** από τήν έλξιν τοϋ πυρήνος και γίνονται **έλεύθερα ηλεκτρόνια**. Έπό τήν επίδρασιν έξωτερικοϋ ήλεκτρικοϋ πεδίου τά ηλεκτρόνια αϋτά σχηματίζουεν έν ασθενέστατον ρεύμα. Η άγωγιμότης τοϋ κρυστάλλου **αύξάνεται** μετά τής θερμοκρασίας, διότι τότε αύξάνεται και ό αριθμός τών ηλεκτρονίων σθένους τά όποία άποδεσμεϋονται.

γ) **Οί ήμιαγωγοί.** Συνήθεις ήμιαγωγοί είναι τὸ γερμάνιον καὶ τὸ πυρίτιον. Εἰς ἓνα ἀπολύτως καθαρὸν κρυστάλλον ήμιαγωγοῦ, εὕρισκόμενον εἰς πολὺ χαμηλὴν θερμοκρασίαν, ὅλα τὰ ήλεκτρόνια σθένους εἶναι δεσμευμένα, ὅπως συμβαίνει καὶ εἰς τοὺς μονωτάς. Τότε ὁ κρυστάλλος δὲν παρουσιάζει ἀγωγιμότητα. Ἀλλὰ εἰς τοὺς ήμιαγωγούς τὰ ήλεκτρόνια σθένους εἶναι πολὺ ὀλιγώτερον δεσμευμένα καὶ διὰ τοῦτο μόλις προσλάβουν τὴν ἀπαιτουμένην ὀλίγην ἐνέργειαν, ἀμέσως « ἐγκαταλείπουν τὴν θέσιν των » καὶ γίνονται ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου **ἐλεύθερα ήλεκτρόνια**. Τὰ ήλεκτρόνια σθένους προσλαμβάνουν τὴν ἀπαιτουμένην ἐνέργειαν κατὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ κρυστάλλου εἴτε ἀπὸ μίαν ἀκτινοβολίαν ἢ ὅποια προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου.

Ὅταν ἐν ήλεκτρόνιον σθένους ἐγκαταλείψῃ τὴν θέσιν του, τότε εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα δημιουργεῖται μία « κενὴ θέσις » ήλεκτρονίου, ἢ ὅποια ὀνομάζεται **ὀπή**. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἔλλειψις ήλεκτρονίου ἀπὸ τὴν θέσιν αὐτὴν, δηλ. ἡ ὀπή, ἰσοδυναμεῖ μὲ **ἓν στοιχειῶδες θετικὸν ήλεκτρικὸν φορτίον + e**. Ἡ ὀπή δύναται νὰ συμπληρωθῇ ἀπὸ ἐν ήλεκτρόνιον σθένους γειτονικοῦ ἀτόμου. Τότε δημιουργεῖται ὀπή εἰς τὸ γειτονικὸν ἄτομον. Ὡστε ἡ ὀπή **δύναται νὰ μετακινήται** ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου.

Εἰς ἓνα καθαρὸν κρυστάλλον ήμιαγωγοῦ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐλευθέρων ήλεκτρονίων εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ὀπῶν. Ὁ καθαρὸς κρυστάλλος γερμανίου εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἔχει : ἐλεύθερα ήλεκτρόνια = ὀπαὶ = $2,36 \cdot 10^{18}$ ἀνά cm^3 . Τὰ δύο ἄκρα μιᾶς ράβδου ἀπὸ γερμάνιον τὰ συνδέομεν μὲ τοὺς δύο πόλους μιᾶς γεννητρίας. Ἐντὸς τοῦ ήμιαγωγοῦ ὑπάρχει τότε ήλεκτρικὸν πεδίου. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου τὰ μὲν ήλεκτρόνια κινουῦνται πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, αἱ δὲ ὀπαὶ κινουῦνται πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Οὕτως ἐντὸς τοῦ ήμιαγωγοῦ δημιουργεῖται **ήλεκτρικὸν ρεῦμα**. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν δύο ἴσης ἐντάσεως ρευμάτων, τὰ ὅποια ὀφείλονται εἰς τὴν κίνησιν τῶν ήλεκτρονίων καὶ τῶν ὀπῶν.

δ) **Οί ήμιαγωγοί προσμίξεως.** Τὸ γερμάνιον καὶ τὸ πυρίτιον εἶναι τετρασθενῆ στοιχεῖα. Τὰ ἄτομά των ἔχουν τέσσερα ήλεκτρόνια σθένους. Εἰς τετρηγμένον γερμάνιον προσθέτομεν μικρὰν ποσότητα ἐνὸς πεντασθενοῦς στοιχείου (As, P, Sb). Τὰ ἄτομα τοῦ στοιχείου τούτου ἔχουν πέντε ήλεκτρόνια σθένους. Μετὰ τὴν κρυστάλλωσιν ἔχομεν ἓνα **ήμια-**

γωγόν n τύπου, εις τὸν ὁποῖον ὑπάρχουν τόσα ἐπὶ πλέον ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, ὅσα εἶναι τὰ ἄτομα τοῦ πεντασθενοῦς στοιχείου εἰς τὸν κρύσταλλον. Τὸ σύμβολον n ὑποδηλώνει τὴν παρουσίαν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων (ἀπὸ τὸ negatif = ἀρνητικός). Ἀντιθέτως, ἐὰν νοθεύσωμεν τὸν κρύσταλλον τοῦ γερμανίου μὲ ἄτομα ἑνὸς τρισθενοῦς στοιχείου (B, Al, Ga), τὰ ὁποῖα ἔχουν τρία ἠλεκτρόνια σθένους, τότε ἔχομεν ἓνα **ἡμιαγωγὸν p τύπου**. Εἰς τοῦτον ὑπάρχουν τόσαι ἐπὶ πλέον εὐκίνητοι ὁπαί, ὅσα εἶναι τὰ ἄτομα τοῦ τρισθενοῦς στοιχείου εἰς τὸν κρύσταλλον.

Οἱ ἡμιαγωγοὶ προσμίξεως χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα (ξηροὶ ἀνορθωταί, τρανίσιστορ ἢ κρυσταλλοτρίοδοι κ.ἄ.).

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

257. Τò ηλεκτρόνιον κοινόν συστατικόν τῶν ἀτόμων. Εἰς πολλές ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦμεν σήμερον ηλεκτρονικούς σωλήνας, εἰς τοὺς ὁποίους ἀπὸ τὴν διαπυρωμένην κάθοδον ἐξέρχονται ηλεκτρόνια. Γνωρίζομεν ὅτι εἰς τὸν σωλῆνα τοῦ Crookes αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες εἶναι ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἀποσπῶνται ἀπὸ τὰ ἄτομα τοῦ ἀερίου. Εἰς τὸ φωτοκύτταρον ἀπὸ τὸ μέταλλον τῆς καθόδου ἀποσπῶνται ηλεκτρόνια.

Ἀπὸ διάφορα λοιπὸν φαινόμενα ἀπεδείχθη ὅτι εἰς ὠρισμένας περιπτώσεις ἀπὸ τὸ ἄτομον τῆς ὕλης ἀποσπᾶται ἓν στοιχειῶδες σωματιδion, τὸ **ηλεκτρόνιον**. Ἄρα τὸ ηλεκτρόνιον εἶναι κοινόν συστατικόν ὅλων τῶν ἀτόμων. Μὲ διαφόρους μεθόδους ἐμετρήθησαν ἡ μᾶζα του καὶ τὸ ηλεκτρικὸν φορτίον του. Τοῦτο εὐρέθη ὅτι εἶναι ἴσον μὲ ἓν ἀρνητικὸν στοιχειῶδες φορτίον ($-e$).

μᾶζα ἡμερίας ηλεκτρονίου	:	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kgr}$
ηλεκτρικὸν φορτίον ηλεκτρονίου	:	$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$

258. Ἡ μονὰς ἐνεργείας ηλεκτρονιοβόλτ. Ὄταν ἓν ηλεκτρόνιον ἐπιταχύνεται ὑπὸ τάσιν U , τότε ἀποκτᾶ κινητικὴν ἐνέργειαν $E = e \cdot U$. Ἐὰν εἶναι $U = 1 \text{ V}$, τότε τὸ ηλεκτρόνιον ἀποκτᾶ κινητικὴν ἐνέργειαν :

$$E = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb} \cdot 1 \text{ V} \quad \text{ἤτοι} \quad E = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$$

Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν ἡ ἀνωτέρω ἐνέργεια λαμβάνεται ὡς μονὰς ἐνεργείας, ἡ ὁποία ὀνομάζεται 1 ηλεκτρονιοβόλτ, 1eV (électron-Volt). Ὡστε 1 **ηλεκτρονιοβόλτ**, εἶναι ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾶ ἓν ηλεκτρόνιον ($1e$), ὅταν ἐπιταχύνεται ὑπὸ τάσιν ἐνὸς βόλτ (1V), ἤτοι

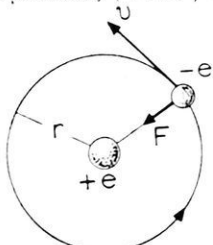
$$1 \text{ ηλεκτρονιοβόλτ} : 1\text{eV} = 1 e \cdot 1 \text{ V} \quad \text{ἢ} \quad 1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται και τὰ πολλαπλάσια αὐτῆς τῆς μονάδας, ἴσται :

$$\text{τὸ 1 Μεγα-ἠλεκτρονιοβόλτ : } 1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$$

$$\text{τὸ 1 Γιγα-ἠλεκτρονιοβόλτ : } 1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV.}$$

259. Ἡ δομὴ τοῦ ατόμου. Ὁ Rutherford ἀνεκάλυψε πειραματικῶς (1911) ὅτι ἐντὸς τοῦ ατόμου ὑπάρχει ἓν μικρότατον σωματίδιον, ὁ πυρῆν, ὁ ὁποῖος φέρει θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τοῦτο δημιουργεῖ περίξ τοῦ πυρῆνος ἠλεκτρικὸν πεδίων. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν πειραματικῶν δεδομένων δεχόμεθα ὅτι τὸ ἄτομον τῆς ὕλης εἶναι μικρογραφία ἑνὸς πλανητικοῦ συστήματος. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ ατόμου εὐρίσκεται ὁ πυρῆν καὶ περίξ αὐτοῦ περιφέρονται τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα φέρουν ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Ἡ ἔλξις, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ὁ πυρῆν μετὰ τὸ θετικὸν φορτίον του ἐπὶ ἐκάστου ἠλεκτρονίου, ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις, ἡ ὁποία συγκρατεῖ τὸ ἠλεκτρόνιον ἐπὶ τῆς τροχιάς του (σχ. 305).



Σχ. 305. Τὸ ἠλεκτρόνιον ἔχει δυναμικὴν καὶ κινητικὴν ἐνέργειαν

260. Ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων καὶ τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται περίξ τοῦ πυρῆνος, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ στοιχείου καὶ εἶναι χαρακτηριστικὸς δι' αὐτὸ τὸ στοιχεῖον. Ἀπὸ ὅλα τὰ ἄτομα τὸ ἀπλούστερον εἶναι τὸ ἄτομον ὕδρογόνου. Εἰς τὸ ἄτομον τοῦτο περίξ τοῦ πυρῆνος περιφέρεται ἓν μόνον ἠλεκτρόνιον. Πέριξ τοῦ ατομικοῦ πυρῆνος νατρίου περιφέρονται 11 ἠλεκτρόνια, κ.ο.κ. Ἐκαστὸν ἠλεκτρόνιον ἔχει σταθερὸν φορτίον $-e$. Ἐπειδὴ τὸ ἄτομον ὕδρογόνου εἶναι οὐδέτερον, πρέπει τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος νὰ εἶναι ἴσον καὶ ἀντίθετον πρὸς τὸ φορτίον τοῦ περιφερομένου περίξ τοῦ πυρῆνος ἠλεκτρονίου. Ἄρα ὁ ατομικὸς πυρῆν ὕδρογόνου ἔχει φορτίον $+e$. Εἰς τὸ ἄτομον νατρίου τὸ συνολικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρονίων του εἶναι $-11e$. Ἐπομένως τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος νατρίου εἶναι ἴσον μετὰ 11 θετικὰ στοιχειώδη φορτία, ἴσται εἶναι $+11e$.

Όνομάζεται **ατομικός αριθμός** Z ενός στοιχείου ο αριθμός των θετικών στοιχειωδών φορτίων, τα οποία φέρει ο πυρήν εκάστου ατόμου του στοιχείου τούτου. Ούτω δια το υδρογόνο είναι $Z = 1$, δια το νάτριον είναι $Z = 11$, δια τον χαλκόν είναι $Z = 29$ κ.ο.κ. Δια το ούράνιον είναι $Z = 92$. "Αρα ο ατομικός πυρήν ούρανίου φέρει θετικόν φορτίον $+92e$. Συνεπώς, όταν το άτομον ούρανίου είναι ουδέτερον, περίξ του πυρήνος περιφέρονται 92 ηλεκτρόνια. "Ωστε :

Δι' έκαστον ουδέτερον άτομον ο ατομικός αριθμός Z δεικνύει τον αριθμόν των θετικών στοιχειωδών φορτίων, τα οποία φέρει ο πυρήν, επίσης δέ δεικνύει και τον αριθμόν των ηλεκτρονίων, τα οποία περιφέρονται περίξ του πυρήνος.

261. Η κατανομή των ηλεκτρονίων περίξ του πυρήνος. Μόνον το άτομον υδρογόνου έχει εν ηλεκτρόνιον (σχ. 156). Είς το άτομον ήλιου ($Z = 2$) περίξ του πυρήνος του περιφέρονται δύο ηλεκτρόνια επί τροχιών, αι όποιαί έχουν την αυτήν ακτίνα (σχ. 157). Αι τροχιαί όμως αυταί δέν εύρισκονται επί του αυτου έπιπέδου. Λέγομεν ότι τα δύο ηλεκτρόνια του ατόμου ήλιου εύρισκονται εις τον αυτόν φλοιόν. Το άτομον όξυγόνου έχει 6 ηλεκτρόνια, τα όποια κατανέμονται εις δύο φλοιούς, ενώ τα 11 ηλεκτρόνια του ατόμου νατρίου κατανέμονται εις τρεις φλοιούς (σχ. 157). Γενικώς, όταν το άτομον έχη περισσότερα από δύο ηλεκτρόνια, τότε επί τη βάσει μιās θεμελιώδους αρχής της Ατομικής Φυσικής (αρχή του Pauli) τα ηλεκτρόνια κατανέμονται εις συγκεντρικούς φλοιούς, οι όποιοι χαρακτηρίζονται με τα γράμματα K, L, M, N, O, P, Q. Τα ηλεκτρόνια τα όποια ανήκουν εις τον έξωτερικόν φλοιόν ονομάζονται **ηλεκτρόνια σθένους**.

262. Στοιχειώδης μελέτη του ατόμου υδρογόνου. Αι δύο συνθήκαι του Bohr. Το φάσμα υδρογόνου αποτελείται από ώρισμένας φασματικας γραμμάς, εκάστη των όποιων αντιστοιχεί εις μιαν ακτινοβολίαν ώρισμένης συχνότητος. "Ωστε το άτομον υδρογόνου δύναται να εκπέμψη μόνον ώρισμένας ακτινοβολίας, αι όποιαί έχουν συχνότητας $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots$. Σύμφωνα με την θεωρίαν των κβάντα πρέπει να συμπεράνωμεν ότι το άτομον υδρογόνου δύναται να εκπέμψη μόνον **ώρισμένα φωτόνια**, τα όποια μεταφέρουν ενέργειαν $h\nu_1, h\nu_2, h\nu_3, \dots$. Ό Bohr, δια να ερμηνεύση το φάσμα εκπομπής του υδρογόνου, διετύ-

πωσε δύο άρχάς, αί όποΐαι όνομάζονται **συνθήκαι του Bohr** και αί όποΐαι έπιβεβαιώνονται πειραματικώς.

α) **Πρώτη συνθήκη του Bohr.** Είς τώ άτομον ύδρογόνου τώ ηλεκτρόνιον δύναται νά περιφέρεται περίξ του πυρήνος **μόνον έπί ώρισμένων έπιτρεπομένων τροχιών (κβαντικά τροχιά).**

Ή κβαντική τροχιά, μέ τήν μικροτέραν δυνατήν άκτίνα, καλεΐται **θεμελιώδης τροχιά.** Ή άκτις αύτής είναι $r_1 \approx 0,5 \text{ \AA}$. Αί άκτίνες τών άλλων κβαντικών τροχιών δίδονται άπό τήν σχέσιν $r = n^2 \cdot r_1$, όπου n είναι άκέραιος άριθμός, ό όποΐος δύναται νά λάβη τās τιμάς άπό έν έως άπειρον. Ό άριθμός n καλεΐται **κύριος κβαντικός άριθμός.**

Τώ ηλεκτρόνιον, ένεκα τής ταχύτητός του, έχει **κινητικην** ένεργειαν $E_{\text{κιν}}$ και έπειδή εύρίσκεται έντός του ηλεκτρικού πεδίου του πυρήνος έχει και **δυναμικην** ένεργειαν $E_{\text{δυν}}$. Ή **όλικη ένεργεια** $E_{\text{ολ}}$ του ηλεκτρονίου ίσοΐται μέ τώ άθροισμα τής κινητικής και τής δυναμικής ένεργείας (ήτοι είναι $E_{\text{ολ}} = E_{\text{κιν}} + E_{\text{δυν}}$). Τώ ηλεκτρόνιον έχει τήν έλαχίστην όλικην ένεργειαν E_1 , όταν κινηται έπί τής θεμελιώδους τροχιάς. Τότε είναι : $E_1 \approx -13,53 \text{ eV}$. Ή **όλικη ένεργεια** του ηλεκτρονίου έπί τών άλλων κβαντικών τροχιών δίδεται άπό τήν σχέσιν

$$E = \frac{E_1}{n^2} \quad \text{ή} \quad E = \frac{-13,53}{n^2} \text{ eV.}$$

όταν αυξάνεται ή άκτις τής τροχιάς του ηλεκτρονίου, τότε αυξάνεται και ή **όλικη ένεργεια** του ηλεκτρονίου.

β) **Δευτέρα συνθήκη του Bohr.** Τώ ηλεκτρόνιον του άτόμου ύδρογόνου εκπέμπει άκτινοβολίαν, **μόνον όταν τώ ηλεκτρόνιον μεταπηδά** άπό μίαν κβαντικήν τροχιάν **μεγαλυτέρας** ένεργείας ($E_{\text{αρχ}}$) είς άλλην κβαντικήν τροχιάν **μικροτέρας** ένεργείας ($E_{\text{τελ}}$). Ή ένεργεια ($h\nu$) του εκπεμπομένου φωτονίου ίσοΐται **μέ τήν διαφοράν τών ένεργειών** του ηλεκτρονίου έπί τών δύο κβαντικών τροχιών.

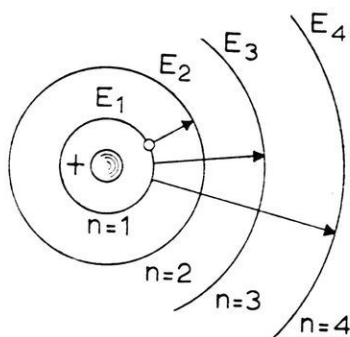
$$\text{ένεργεια φωτονίου : } h\nu = E_{\text{αρχ}} - E_{\text{τελ}}$$

Σύμφωνα μέ τήν δευτέραν συνθήκη του Bohr ή γένεσις τής άκτινοβολίας όφείλεται είς άπότομα άλματα του ηλεκτρονίου άπό μίαν **έξωτερικήν** κβαντικήν τροχιάν είς μίαν άλλην κβαντικήν τροχιάν **πλησιεστέραν** πρós τόν πυρήνα. "Όταν τώ άτομον ύδρογόνου εύρίσκεται είς τήν κανονικήν κατάστασιν, τότε τώ ηλεκτρόνιον περιφέρεται έπί τής θεμελιώδους τροχιάς ($n = 1$) και έχει ένεργειαν E_1 . Τώ ηλεκτρόνιον

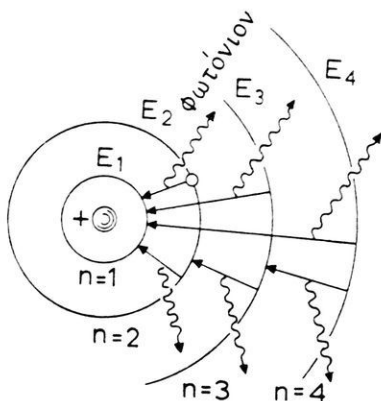
δὲν ἐκπέμπει ἀκτινοβολίαν. Ὄταν τὸ ἠλεκτρόνιον προσλάβῃ ἐνέργειαν ΔE , τότε τὸ ἠλεκτρόνιον μεταπηδᾷ ἀποτόμως εἰς μίαν ἄλλην ἐξωτερικὴν τροχιάν, εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου $E_n = E_1 + \Delta E$. Αὕτῃ ἡ ἀπότομος μεταπήδησις τοῦ ἠλεκτρονίου εἰς ἐξωτερικὴν τροχιάν λέγεται **διέγερσις** τοῦ ἀτόμου (σχ. 306). Ἡ διέγερσις διαρκεῖ ἐπὶ ἐλάχιστον χρόνον (περίπου 10^{-8} sec), διότι ἡ κατάστασις αὕτῃ τοῦ ἀτόμου εἶναι ἀσταθής. Οὕτω τὸ ἄτομον ὑδρογόνου ἐπανερχεται ταχύτατα εἰς τὴν κανονικὴν του κατάστασιν, διότι τὸ ἠλεκτρόνιον ἐπανερχεται ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιάς εἴτε μὲ ἓν ἄλμα του εἴτε μὲ διαδοχικὰ ἄλματά του ἀπὸ μίαν ἐξωτερικὴν εἰς μίαν πλησιεστέραν πρὸς τὸν πυρῆνα τροχιάν (σχ. 307). Κατ' αὐτὴν ὁμως τὴν ἐπάνοδόν του τὸ ἠλεκτρόνιον **ἀποβάλλει ἀποτόμως** τὸ πλεόνασμα τῆς ἐνεργείας του ὑπὸ μορφήν **φωτονίου**, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐνέργειαν ἴσην μὲ τὴν διαφορὰν τῶν ἐνεργειῶν τοῦ ἠλεκτρονίου, ἐπὶ τῶν δύο τροχιῶν. Οὕτω ἡ δευτέρα συνθήκη τοῦ Bohr ἐρμηνεύει τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι παρατηροῦνται εἰς τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου.

263. Ἴονισμός τοῦ ἀτόμου

ὑδρογόνου. Ὄταν τὸ ἄτομον ὑδρογόνου εὑρίσκεται εἰς τὴν κανονικὴν κατάστασιν, τότε τὸ ἠλεκτρόνιον του κινεῖται ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιάς καὶ ἔχει τὴν μικροτέραν δυνατὴν ἐνέργειαν E_1 . Ὄταν τὸ ἠλεκτρόνιον προσλάβῃ ἐνέργειαν, τότε μεταπηδᾷ εἰς μίαν ἐξωτερικὴν τροχιάν καὶ προκαλεῖται διέγερσις τοῦ ἀτόμου. Ἐὰν τὸ ἠλεκτρόνιον προσλάβῃ ἐνέργειαν μεγαλύτεραν ἐνός



Σχ. 306. Διέγερσις τοῦ ἀτόμου ὑδρογόνου



Σχ. 307. Ἐκπομπὴ ἀκτινοβολίας ἀπὸ τὸ ἄτομον ὑδρογόνου

όριου, τότε το ηλεκτρόνιον είναι δυνατόν να εὑρεθῆ ἐκτός τῶν ὁρίων τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυρῆνος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ ἄτομον ὑδρογόνου μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ προσλάβῃ τὸ ηλεκτρόνιον, διὰ νὰ μεταπηδήσῃ ἀπὸ τὴν θεμελιώδη τροχίαν ἐκτός τῶν ὁρίων τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυρῆνος καλεῖται **ἐνέργεια ἰονισμοῦ**.

264. Ἄτομα μὲ πολλὰ ηλεκτρόνια. Ὅταν ἓν ἄτομον μὲ πολλὰ ηλεκτρόνια εὑρίσκεται εἰς κανονικὴν κατάστασιν, τότε ὅλα τὰ ηλεκτρόνια του κατανέμονται εἰς κβαντικὰς τροχιάς οὕτως, ὥστε ἕκαστον ηλεκτρόνιον νὰ ἔχῃ τὴν ἐπιτρεπομένην ἐλαχίστην δυνατὴν ἐνέργειαν. Ἐὰν τὸ ἄτομον τοῦτο προσλάβῃ ἐνέργειαν, τότε ἓν ἢ περισσότερα ηλεκτρόνια μεταπηδοῦν εἰς κβαντικὰς τροχιάς, αἱ ὁποῖαι ἔχουν μεγαλύτερας ἀκτῖνας. Τὸ ἄτομον μεταπίπτει εἰς κατάστασιν **διεγέρσεως** καὶ κατὰ τὴν ἐπάνοδον τῶν ηλεκτρονίων εἰς τὰς ἀρχικὰς θέσεις των, τὸ ἄτομον ἐκπέμπει ἀκτινοβολίας, σύμφωνα μὲ τὴν δευτέραν συνθήκην τοῦ Bohr. Ἐπίσης ἓν ἄτομον μὲ πολλὰ ηλεκτρόνια, ἐὰν προσλάβῃ τὴν ἀπαιτούμενην ἐνέργειαν **ιονισμοῦ**, εἶναι δυνατόν νὰ μεταβληθῆ εἰς **θετικὸν ἰόν**, διότι ἓν ἢ περισσότερα ηλεκτρόνια του μεταπηδοῦν ἔξω ἀπὸ τὰ ὅρια τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυρῆνος.

265. Λέηζερ. Δι' ἓν ἄτομον ἡ κανονικὴ κατάσταση εἰς ἀντιστοιχεῖ εἰς στάθμην ἐνεργείας E_1 . Τὸ ἄτομον τοῦτο φέρεται εἰς κατάστασιν διεγέρσεως, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς στάθμην ἐνεργείας E_2 . Ὅταν τὸ ἄτομον τοῦτο ἐπανερχεται εἰς τὴν κανονικὴν του κατάστασιν, ἐκπέμπει ἓν φωτόνιον συχνότητος ν καὶ ἰσχύει ἡ σῆσις $h\nu = E_2 - E_1$. Ἄς θεωρήσωμεν πάλιν τὸ ἄτομον εἰς τὴν κατάστασιν διεγέρσεως. Ἐκείνην τὴν στιγμὴν προσπίπτει ἐπὶ τοῦ ἀτόμου ἓν φωτόνιον συχνότητος ν , ἀκριβῶς ἴσης μὲ τὴν συχνότητα τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει τὸ ἄτομον, ὅταν ἔρχεται εἰς τὴν κανονικὴν του κατάστασιν. Τότε τὸ ἄτομον ἀναγκάζεται νὰ ἀποδιεγερθῆ καὶ ἐκπέμπει ἓν φωτόνιον $h\nu$. Τὸ φωτόνιον τοῦτο **προστίθεται** εἰς τὸ προηγούμενον φωτόνιον, τὸ ὁποῖον ἐπροκάλεσε τὴν ἀποδιέγερσιν τοῦ ἀτόμου. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ **λέηζερ**, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ ἓνα νέον τύπον φωτεινῆς πηγῆς. Ἡ ὀνομασία του προέρχεται ἀπὸ τὰ ἀρχικὰ γράμματα τοῦ τίτλου του (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation = πολλαπλασιασμός τοῦ φωτός δι' ἐξηναγκασμένης ἐκπομπῆς ἀκτινοβολίας).

Συνήθης τύπος λέηζερ εἶναι ὁ **λέηζερ ρουβίνιου**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ μικρὸν κύλινδρον ρουβίνιου, ὁ ὁποῖος περιβάλλεται ἀπὸ ὕαλινον ἐλλεικσιδῆ σωλῆνα, περιέχοντα ἀραιὸν ἀέριον. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος συμβαίνει μικρᾶς διάρκειας ηλεκτρικὴ ἐκκένωσις, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν **διέγερσιν** μερικῶν ἀτόμων ἐντὸς τοῦ ρουβι-

νίου. Κατά την αποδιέγερσίν των προκαλείται διέγερσις περισσοτέρων ατόμων. Έπειτα από μερικάς διεγέρσεις και αποδιεγέρσεις έρχεται μία στιγμή κατά την οποίαν μέγα πλήθος ατόμων έν διεγέρσει ύφίσταται άκαριαίως έξηναγκασμένην αποδιέγερσιν. Τότε από την συσκευή έξέρχεται μία δέσμη παράλληλων ακτίνων, ή οποία αποτελείται από μίαν μόνον ακτινοβολίαν, συχνότητος ν (μονοχρωματική δέσμη). Ή χρῆσις τών λέιζερ συνεχώς επεκτείνεται (τηλεπικοινωνία, χειρουργική, βιομηχανία κ.λ.π.), διότι εις την έκπεμπομένην λεπτήν δέσμην είναι συγκεντρωμένη πολύ μεγάλη ποσότης ενέργειας.

Ο ΠΥΡΗΝ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

266. Ή διάμετρος του πυρήνος και του ατόμου. Εις τὸ ἄτομον και τὸν πυρήνα δυνάμεθα νὰ ἀποδώσωμεν σφαιρικὸν σχῆμα. Ἐπὶ τῆ βάσει διαφορῶν φαινομένων εὐρέθη ὅτι ἡ διάμετρος τοῦ ατόμου εἶναι τῆς τάξεως τοῦ 10^{-8} cm. Ἡ διάμετρος τοῦ πυρήνος τοῦ ατόμου ὑπολογίζεται ὅτι εἶναι τῆς τάξεως τοῦ 10^{-12} cm. Ἄρα ἡ διάμετρος τοῦ πυρήνος εἶναι 10 000 φορές μικροτέρα ἀπὸ τὴν διάμετρον τοῦ ατόμου.

267. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν και τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν ἡ μᾶζα τῶν διαφορῶν σωματιδίων μετρεῖται μὲ τὴν μονάδα μάζης, ἡ ὁποία συμβολίζεται 1 amu (1 atomic mass unit) και ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

Μονὰς ἀτομικῆς μάζης (1 amu) εἶναι τὸ 1/12 τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ἰσοτόπου τοῦ ἄνθρακος 12 (C^{12}).

μονὰς ἀτομικῆς μάζης : $1 \text{ amu} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$
--

Ἐπίσης εἰς τὴν Ἀτομικὴν και τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν ἡ ἐνέργεια μετρεῖται συνήθως μὲ τὴν μονάδα 1 MeV (1 μεγα-ἠλεκτρονιοβόλτ). Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἰσοδυναμίας μάζης και ἐνεργείας $E = mc^2$, εὐκόλως εὐρίσκομεν ὅτι ἡ μονὰς ἀτομικῆς μάζης (1 amu) ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐνέργειαν 931 MeV.

$1 \text{ amu} = 931 \text{ MeV}$

268. Τὰ συστατικά τοῦ ατομικοῦ πυρήνος. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ὅλοι οἱ πυρήνες τῶν ἀτόμων ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο εἶδη σωματιδίων, τὰ ὅποια ὀνομάζονται **πρωτόνια** καὶ **νετρόνια**. Τὰ δύο αὐτὰ εἶδη σωματιδίων, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν τὰ συστατικά ὅλων τῶν πυρήνων, ὀνομάζονται γενικῶς **νουκλεόνια** (ἀπὸ τὸ nucleus = πυρῆν).

Τὸ **πρωτόνιον** (p) εἶναι ὁ ατομικὸς πυρῆν τοῦ κοινοῦ ὕδρογόνου, δηλ. εἶναι τὸ ἰὸν ὕδρογόνου. Φέρει ἓν θετικὸν στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον + e καὶ ἡ μᾶζα του ἡρεμίας εἶναι περίπου ἴση μὲ μίαν μονάδα ατομικῆς μᾶζης (1 amu).

Τὸ **νετρόνιον** (n) εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον καὶ ἐμφανίζεται μόνον εἰς ὠρισμένας πυρηνικὰς ἀντιδράσεις. Ἡ μᾶζα του ἡρεμίας εἶναι ὀλίγον μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου. Ἐπειδὴ τὸ νετρόνιον δὲν ἔχει ἠλεκτρικὸν φορτίον, διὰ τοῦτο κατορθώνει νὰ εἰσέρχεται ἐλευθέρως ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον ἐπικρατεῖ περίξ ἐκάστου πυρήνος. Οὕτω τὸ νετρόνιον ἔχει τὸ προνόμιον νὰ πλησιάζῃ κάθε πυρῆνα.

269. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρήνος. Γνωρίζομεν (§ 260) ὅτι ὁ ατομικὸς ἀριθμὸς Z ἐνὸς στοιχείου, ὁ ὅποιος ἀναγράφεται εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων φανερώνει πόσα θετικὰ στοιχειῶδη φορτία φέρει ὁ πυρῆν τοῦ ατόμου τοῦ στοιχείου τούτου. Ἄρα ὁ ατομικὸς ἀριθμὸς Z εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρήνος. Οὕτω π.χ. διὰ τὸ ἥλιον εἶναι $Z = 2$. Ἄρα ὁ ατομικὸς πυρῆν ἡλίου περιέχει 2 πρωτόνια.

Ὀνομάζεται **μαζικὸς ἀριθμὸς A** ἐνὸς ατομικοῦ πυρήνος ὁ ἀριθμὸς, ὁ ὅποιος ἐκφράζει τὸ πλῆθος τῶν **νουκλεονίων** τοῦ πυρήνος. Τότε ὁ ἀριθμὸς N τῶν νετρονίων τοῦ πυρήνος ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν $A - Z = N$. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα :

Ὁ ατομικὸς ἀριθμὸς Z εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρήνος, ὁ δὲ μαζικὸς ἀριθμὸς A εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν νουκλεονίων τοῦ πυρήνος, δηλ. εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν Z πρωτονίων καὶ τῶν N νετρονίων τοῦ πυρήνος.

A	=	Z	+	N
νουκλεόνια		πρωτόνια		νετρόνια

Συμβολική γραφή τών πυρήνων. Έκαστος ατομικός πυρήν χαρακτηρίζεται από τόν ατομικόν αριθμόν Z και από τόν μαζικόν αριθμόν A. Οί δύο οὔτοι αριθμοί σημειώνονται πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἢ ἐκατέρωθεν τοῦ συμβόλου Σ τοῦ στοιχείου ὡς ἐξῆς $Z\Sigma^A$. Οὔτω π.χ. οί ατομικοί πυρῆνες ὑδρογόνου, ἡλίου, λιθίου γράφονται ἀντιστοίχως ${}_1\text{H}^1$, ${}_2\text{He}^4$, ${}_3\text{Li}^7$.

Συμβολική γραφή τών τριῶν στοιχειωδῶν σωματιδίων. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι πολὺ μικρὰ ἐν σχέσει μὲ τὴν μονάδα μάζης (1 amu). Διὰ τοῦτο θεωροῦμεν ὅτι διὰ τὸ ἡλεκτρόνιον ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς εἶναι $A = 0$. Ἐπειδὴ ὁμως τὸ ἡλεκτρόνιον ἔχει ἐν ἀρνητικὸν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον $-e$, διὰ τοῦτο δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὅτι διὰ τὸ ἡλεκτρόνιον εἶναι $Z = -1$. Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα ἀναφέρονται τὰ τρία στοιχειῶδη σωματίδια.

Σωματίδιον	Z	Μᾶζα (εἰς amu)	A	Φορτίον	Σύμβολον
Ἡλεκτρόνιον	-1	$m_e = 0,000548$	0	$-e$	${}_{-1}e^0$
Πρωτόνιον	1	$m_p = 1,007825$	1	$+e$	${}_1p^1$, ${}_1\text{H}^1$
Νετρόνιον	0	$m_n = 1,008665$	1	0	${}_0n^1$
$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kgr		$m_p = 1836$ m_e		$m_n = 1838,6$ m_e	

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$$

270. Ἴσότοποι καὶ ἰσοβαρεῖς πυρῆνες. α) Ἴσότοποι πυρῆνες. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι εἰς τὴν Φύσιν ὑπάρχουν τρία εἶδη ατομικῶν πυρήνων ὀξυγόνου, οἱ ὅποιοι ἔχουν τὸν αὐτὸν ατομικὸν ἀριθμὸν $Z = 8$, ἀλλὰ οἱ μαζικοὶ ἀριθμοὶ A εἶναι 16, 17 καὶ 18. Οἱ τρεῖς οὔτοι πυρῆνες ὀξυγόνου ὀνομάζονται **ἰσότοποι πυρῆνες** καὶ εἶναι οἱ ἐξῆς: ${}_8\text{O}^{16}$, ${}_8\text{O}^{17}$ καὶ ${}_8\text{O}^{18}$. Οἱ τρεῖς οὔτοι ἰσότοποι πυρῆνες περιέχουν διάφορον ἀριθμὸν νετρονίων (8, 9 καὶ 10). Οἱ ἰσότοποι πυρῆνες ἀνήκουν εἰς ἄτομα στοιχείων, τὰ ὅποια ὀνομάζονται **ἰσότοπα στοιχεῖα**, διότι εἰς

τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων κατατάσσονται εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Τὰ ἰσότοπα στοιχεῖα ἔχουν τὰς αὐτὰς χημικὰς ιδιότητες. Σχεδὸν ὅλα τὰ φυσικὰ στοιχεῖα εἶναι μίγματα ὀρισμένων ἰσοτόπων. Ὡστε :

Ἴσότοποι καλοῦνται οἱ πυρῆνες, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z, διάφορον ὅμως μαζικὸν ἀριθμὸν A. Οἱ πυρῆνες οὗτοι περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν Z πρωτονίων, διάφορον ὅμως ἀριθμὸν N νετρονίων.

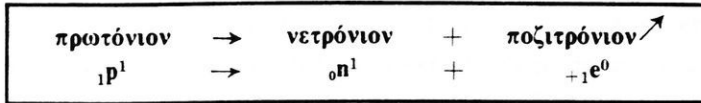
β) Ἴσοβαρεῖς πυρῆνες. Ὀνομάζονται ἰσοβαρεῖς πυρῆνες ἐκεῖνοι οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὸν αὐτὸν μαζικὸν ἀριθμὸν A. Οἱ ἰσοβαρεῖς πυρῆνες ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν νευκλεονίων, διαφέρουν ὅμως κατὰ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων Z καὶ τῶν νετρονίων N. Γενικῶς οἱ ἰσοβαρεῖς πυρῆνες ἀνήκουν εἰς ἄτομα διαφορετικῶν στοιχείων, ὥπως π.χ. εἶναι : A = 3 πυρῆνες ${}^1_1\text{H}^3$, ${}^2_1\text{He}^3$, A = 7 πυρῆνες ${}^3_2\text{Li}^7$, ${}^4_2\text{Be}^7$

271. Βαρὺ ὕδωρ. Τὸ ὕδρογόνον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἰσότοπα, τὸ κοινὸν ὕδρογόνον ${}^1_1\text{H}^1$ καὶ τὸ βαρὺ ὕδρογόνον ἢ δευτέριον τὸ ὁποῖον συμβολίζεται ${}^2_1\text{H}^2$ ἢ ${}^1_1\text{D}^2$. Τὸ βαρὺ ὕδρογόνον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 2 καὶ εὐρίσκεται ὑπὸ πολὺ μικρὰν ἀναλογίαν εἰς τὸ φυσικὸν ὕδρογόνον. Τὸ βαρὺ ὕδρογόνον ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον, ὥπως καὶ τὸ κοινὸν ὕδρογόνον. Οὕτω προκύπτει μόριον ὕδατος D_2O , τὸ ὁποῖον ἔχει μοριακὸν βάρος 20 καὶ καλεῖται **βαρὺ ὕδωρ**. Αἱ φυσικαὶ ιδιότητες τοῦ βαρέος ὕδατος διαφέρουν ἀπὸ τὰς ιδιότητες τοῦ κοινοῦ ὕδατος. Οὕτω εἰς 4°C ἔχει πυκνότητα 1,104 gr/cm^3 , ἔχει θερμοκρασίαν πήξεως $3,8^\circ\text{C}$ καὶ θερμοκρασίαν βρασμοῦ $101,4^\circ\text{C}$ (ὑπὸ τὴν κανονικὴν πίεσιν). Αἱ διαφοραὶ αὗται διευκολύνουν εἰς τὸν διαχωρισμὸν τοῦ βαρέος ὕδατος ἀπὸ τὸ κοινὸν ὕδωρ. Λαμβάνεται ἀπὸ τὰ ὑπολείμματα τῆς ἠλεκτρολύσεως καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς ὀρισμένους τύπους πυρηνικῶν ἀντιδραστήρων.

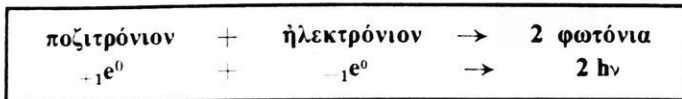
272. Τὸ ποζιτρόνιον. Γνωρίζομεν ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ὑπάρχουν μόνον πρωτόνια καὶ νετρόνια. Εἰς ὀρισμένας ὅμως περιπτώσεις ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα ἓν νέον σωματίδιον, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **ποζιτρόνιον**. Τὸ σωματίδιον τοῦτο ἔχει μᾶζαν ἴσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρονίου, ἀλλὰ φέρει ἓν θετικὸν στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον + e. Ἄρα τὸ ποζιτρόνιον εἶναι ἓν ἀντιηλεκτρόνιον. Τὸ ποζιτρόνιον δὲν ὑπάρχει ἐντὸς τοῦ πυρῆνος, ἀλλὰ εἰς ὀρισμένας περιπτώσεις γεννᾶται ἐντὸς τοῦ πυρῆνος καὶ ἀμέσως ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα. Τὸ ποζιτρόνιον συμβολίζεται μὲ $+e^0$.

α) Ἡ γένεσις τοῦ ποζιτρόνιου. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις ὁ ἀτομικὸς πυρῆν ἐπιδιώκει ἓνα μεγαλύτερον βαθμὸν σταθερότητος. Τότε ἐν

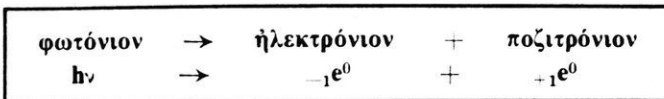
πρωτόνιον του πυρήνος μετατρέπεται εις νετρόνιον, τὸ ὁποῖον ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ ἐντὸς τοῦ πυρήνος. Τὸ στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον $+e$ τοῦ πρωτονίου τὸ ἐπωμίζεται τὸ ποζιτρόνιον καὶ τὸ μεταφέρει ἀμέσως ἐκτὸς τοῦ πυρήνος. Ἡ γένεσις τοῦ ποζιτρονίου ἐκφράζεται μετὰ τὴν ἀκόλουθον πυρηνικὴν ἀντίδρασιν :



β) Ἡ ἐξαφάνισις τοῦ ποζιτρονίου. Εἶναι χαρακτηριστικὸν ὅτι τὸ ποζιτρόνιον ἐξαφανίζεται ταχύτατα (ἐντὸς 10^{-6} sec). Αὕτῃ ἡ ταχύτατῃ ἐξαφάνισις τοῦ ποζιτρονίου ὀφείλεται εἰς τὴν ἀκόλουθον αἰτίαν : Ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα, ἐντὸς τῶν ὁποίων κινουῦνται πλήθη ἠλεκτρονίων. Ὄταν ἓν ποζιτρόνιον ἀποβληθῇ ἀπὸ τὸν πυρῆνα, τότε τὸ ποζιτρόνιον καὶ τὸ πρῶτον τυχὸν ἠλεκτρόνιον, ἐλκόμενα ἀμοιβαίως ἕνεκα τῶν ἀντιθέτων φορτίων των, συνευνοῦνται. Τότε **ὀλόκληρος ἡ μᾶζα τῶν δύο ἑτερονύμων ἠλεκτρονίων μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν δύο φωτονίων τῆς αὐτῆς συχνότητος ν.**



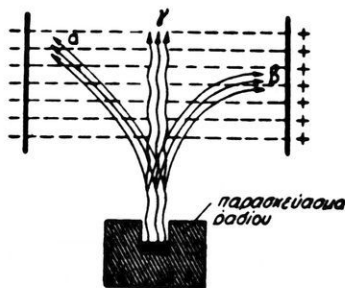
γ) Γένεσις ζεύγους ἑτερονύμων ἠλεκτρονίων. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι ἴση μετὰ τὴν μᾶζαν τοῦ ποζιτρονίου καὶ ἰσοδυναμεῖ μετὰ ἐνέργειαν 0,51 MeV. Ἐν φωτόνιον ἔχει ἐνέργειαν hν ἴσην μετὰ τὸ διπλάσιον τῆς ἀνωτέρω ἐνεργείας, ἥτοι εἶναι $h\nu = 1,02$ MeV. Ἐὰν τὸ φωτόνιον τοῦτο διέλθῃ πολὺ πλησίον ἑνὸς βαρέος πυρήνος, τότε **ὀλόκληρος ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον μᾶζαν ἑνὸς ἠλεκτρονίου καὶ ἑνὸς ποζιτρονίου.** Τὰ δύο αὐτὰ σωματίδια γεννῶνται ἀπὸ τὴν ὑλοποίησιν τῆς ἐνεργείας τοῦ φωτονίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται γένεσις ζεύγους ἠλεκτρονίων ἢ καὶ δίδυμος γένεσις.



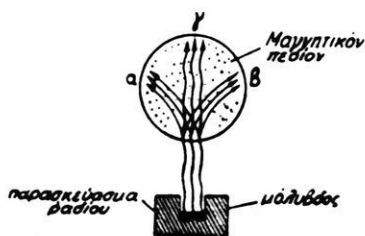
Ἐάν ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου εἶναι $h\nu > 1,02 \text{ MeV}$, τότε ἡ πλεονάζουσα ἐνέργεια κατανέμεται ἐξ ἴσου εἰς τὰ δύο σωματίδια ὑπὸ τὴν μορφήν κινητικῆς ἐνεργείας.

ΦΥΣΙΚΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

273. Ραδιενέργεια. Ὁ Becquerel (1896) ἀνεκάλυψεν ὅτι ὀρυκτά, τὰ ὁποῖα περιέχουν οὐράνιον, ἐκπέμπουν συνεχῶς ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία προσβάλλει τὴν φωτογραφικὴν πλάκα (ὅπως αἱ ἀκτίνες Röntgen), προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἡ ιδιότης τῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν **αὐτομάτως** τοιαύτην ἀκτινοβολίαν καλεῖται **ραδιενέργεια**. Τὰ δὲ στοιχεῖα, τὰ



ὁποῖα ἔχουν τὴν ιδιότητα τῆς ραδιενεργείας, καλοῦνται **ραδιενεργὰ στοιχεῖα**. Οὕτω φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ ἀκτίνιον, τὸ θόριον, τὸ ράδιον, τὸ ὁποῖον ἀνεκαλύφθη ἀπὸ τὸ ζεῦγος Curie (1898) καὶ ἄλλα στοιχεῖα. Τὰ φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν $Z \geq 81$.



274. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.

Ἐν τεμάχιον μολύβδου φέρει σωληνοειδῆ ἐνσκαφήν, ἐντὸς τῆς ὁποίας ὑπάρχει ἐν ραδιενεργὸν παρασκευάσμα (σχ. 308). Ἡ λεπτή δέσμη τῆς ἀκτινοβολίας διέρχεται διὰ μέσου ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ ἢ μαγνητικοῦ πεδίου, καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου,

Σχ. 308. Ἀνάλυσις τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδίου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου

ἔπειτα προσπίπτει ἐπὶ φωτογραφικῆς πιακῆς, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος πρὸς τὴν δέσμη. Τὸ ἠλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίου διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν εἰς τρία εἶδη ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι χαρακτηρίζονται μὲ τὰ

γράμματα α , β και γ . Αί ακτίνες α και β αποτελούνται από **ηλεκτρισμένα σωματίδια**, τὰ ὁποῖα ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἠλεκτρικοῦ ἢ μαγνητικοῦ πεδίου ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν εὐθύγραμμον τροχίαν των. Ἀντιθέτως αἱ ακτίνες γ εἶναι **ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία**, ἣ ὁποία δὲν ἐκτρέπεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἢ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Αἱ ακτίνες α εἶναι σωματίδια, ἕκαστον τῶν ὁποίων φέρει δύο θετικὰ στοιχειώδη ἠλεκτρικὰ φορτία ($+2e$). Ὀνομάζονται **σωματίδια α** καὶ εἶναι **πυρῆνες ἡλίου**. Συμβολίζονται μὲ ${}_2\text{He}^4$ ἢ ${}_2\alpha^4$. Ἐχουν μεγάλην ταχύτητα (ἕως $2 \cdot 10^4$ km/sec) καὶ συνεπῶς ἕκαστον σωματίδιον α ἔχει μεγάλην κινητικὴν ἐνέργειαν. Ἐνεκα τούτου τὰ σωματίδια α εἶναι ἐν ἰσχυρὸν μέσον ἰονισμού.

Αἱ ακτίνες β εἶναι **ἠλεκτρόνια**, τὰ ὁποῖα ἐκσπενδονίζονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα μὲ μεγάλην ταχύτητα (ἕως $2,9 \cdot 10^5$ km/sec). Ἐχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ἰκανότητα.

Αἱ ακτίνες γ εἶναι **ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία**, ἔχουσα μῆκος κύματος πολὺ μικρότερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῶν ακτίνων Röntgen. Αἱ ακτίνες γ εἶναι πολὺ περισσότερον διεισδυτικαὶ ἀπὸ τὰς ακτίνας α καὶ β καὶ ἐξασκοῦν ἐντόνους βιολογικὰς δράσεις.

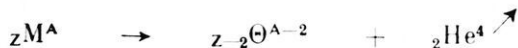
Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλλήγομεν εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Ἡ ἀκτινοβολία τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς ακτίνας α , αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀτομικοὶ πυρῆνες ἡλίου, ἀπὸ τὰς ακτίνας β , αἱ ὁποῖαι εἶναι ἠλεκτρόνια, καὶ ἀπὸ τὰς ακτίνας γ , αἱ ὁποῖαι εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία μὲ πολὺ μικρὸν μῆκος κύματος.

275. Ἡ φυσικὴ μεταστοιχείωσις. α) Αἴτιον τῆς φυσικῆς ραδιενεργείας. Εἰς τοὺς πολὺ βαρεῖς πυρῆνας ($Z > 81$) ὁ ἀριθμὸς τῶν νετρονίων εἶναι πολὺ μεγαλύτερος ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων. Οὕτω π.χ. εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα ${}_{92}\text{U}^{238}$ ὑπάρχουν $Z = 92$ πρωτόνια καὶ $N = 146$ νετρόνια. Ἐνεκα τούτου ὁ πυρῆν οὐρανίου εἶναι **ἀσταθῆς** καὶ διὰ τῆς διαδοχικῆς ἀποβολῆς σωματιδίων τείνει νὰ μεταβληθῇ εἰς **σταθερὸν πυρῆνα**. Θὰ ἐξετάσωμεν στοιχειωδῶς τὸν μηχανισμόν τῆς μεταστοιχείωσεως, ἣ ὁποία συμβαίνει κατὰ τὴν ἀποβολὴν σωματιδίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα.

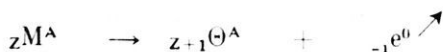
β) Ἡ ἐκπομπὴ σωματιδίου α . Ὁ ἀρχικὸς πυρῆν (μητρικός, M)

έχει άτομικόν αριθμόν Z και μαζικόν αριθμόν A , δηλ. είναι ὁ πυρῆν ${}_Z M^A$. Ὁ πυρῆν οὗτος ἐκπέμπει ἐν σωματιδίων α , δηλ. ἕνα πυρῆνα ἥλίου (${}_2\text{He}^4$). Οὕτω ἀπὸ τὸν μητρικὸν πυρῆνα προκύπτει νέος **ἀτομικὸς** πυρῆν (θυγατρικός, Θ), ὁ ὁποῖος ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν $Z - 2$ καὶ μαζικὸν ἀριθμὸν $A - 4$, δηλ. ὁ νέος πυρῆν εἶναι ${}_{Z-2}\Theta^{A-4}$. Ὁ πυρῆν οὗτος ἀνήκει εἰς **ἄλλο στοιχεῖον**. Ὡστε ἡ ἐκπομπὴ ἐνὸς σωματιδίου α **προκαλεῖ μεταστοιχείωσιν** καὶ ἐκφράζεται μὲ τὴν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν :

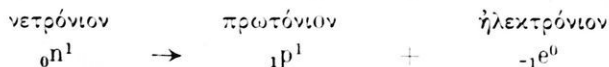


Ἐὰν ὁ θυγατρικός πυρῆν εἶναι καὶ αὐτὸς ἀσταθής, τότε θὰ ἐπακολουθήσῃ νέα ἐκπομπὴ σωματιδίου α καὶ συνεπῶς νέα μεταστοιχείωσις.

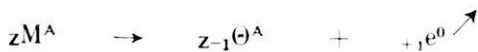
γ) Ἡ **ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίου**. Ὅπως γνωρίζομεν, ὁ πυρῆν δὲν περιέχει ἡλεκτρόνια. Ἄρα τὸ ἐκπεμπόμενον ἀπὸ τὸν πυρῆνα ἡλεκτρόνιον δημιουργεῖται ἐντὸς τοῦ μητρικοῦ πυρῆνος M . Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν ἐν νετρόνιον τοῦ πυρῆνος **μετατρέπεται εἰς πρωτόνιον**, τὸ ὁποῖον ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ ἐντὸς τοῦ πυρῆνος. Τὸ δημιουργούμενον ἡλεκτρόνιον ἀποβάλλεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα. Ὁ ἀπομένων θυγατρικός πυρῆν ἐξακολουθεῖ νὰ ἔχῃ μαζικὸν ἀριθμὸν A , διότι δὲν μετεβλήθη ὁ ἀριθμὸς τῶν νουκλεονίων τοῦ πυρῆνος. Ὁ ἀριθμὸς ὅμως τῶν πρωτονίων ἡρῆξήθη κατὰ μίαν μονάδα καὶ συνεπῶς ὁ θυγατρικός πυρῆν ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν $Z + 1$. Ὡστε ὁ θυγατρικός πυρῆν εἶναι ${}_{Z+1}\Theta^A$. Ἡ τοιαύτη **μεταστοιχείωσις** ἐκφράζεται μὲ τὴν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν :



Ἡ μετατροπὴ τοῦ νετρονίου εἰς πρωτόνιον ἐκφράζεται μὲ τὴν ἀντίδρασιν :



δ) Ἡ **ἐκπομπὴ ποζιτρονίου**. Ἡ μεταστοιχείωσις δι' ἐκπομπῆς ποζιτρονίου εἶναι τὸ ἀντίστροφον τῆς ἀνωτέρω περιγραφείσης. Συμβαίνει, ὅταν ἐν πρωτόνιον τοῦ πυρῆνος **μετατρέπεται εἰς νετρόνιον**. Τότε ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ πυρῆνος ἐλαττώνεται κατὰ μίαν μονάδα. Ἡ τοιαύτη μεταστοιχείωσις ἐκφράζεται μὲ τὴν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν :



ε) Ἡ **ἐκπομπὴ φωτονίου γ** . Ἡ μεταστοιχείωσις δι' ἐκπομπῆς

σωματιδίου (α , β^- , β^+) προκαλεί μεγάλην αναστάτωση εις τὸν πυρῆνα. Τότε ὁ σχηματιζόμενος θυγατρικός πυρῆν εὐρίσκεται εις **διέγερσιν** καί, διὰ τὴν ἐπανάληθην εἰς τὴν κανονικὴν του κατάστασιν, ἀποβάλλει τὴν πλεονάζουσαν ἐνέργειαν ὑπὸ τὴν μορφήν **ἐνὸς φωτονίου** γ μεγάλης ἐνεργείας.

276. Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ. Ἄς θεωρήσωμεν ὅτι κατὰ μίαν δεδομένην χρονικὴν στιγμὴν ἔχομεν μίαν μᾶζαν m ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου, π.χ. ραδίου. Εἰς τὴν μᾶζαν αὐτὴν περιέχονται ἀρχικῶς N_0 πυρῆνες ραδίου. Ἔνεκα τῆς συνεχοῦς μεταστοιχειώσεως ἡ ἀρχικὴ μᾶζα m τοῦ ραδίου βαίνει συνεχῶς ἐλαττουμένη. Μετὰ παρέλευσιν χρόνου T θὰ ἔχη ἀπομείνῃ τὸ ἥμισυ τῆς ἀρχικῆς μάζης, ἤτοι θὰ ἔχη ἀπομείνῃ μᾶζα $m/2$. Καὶ μετὰ παρέλευσιν χρόνου $2T$, $3T \dots$ θὰ ἔχη ἀπομείνῃ μᾶζα ραδίου ἴση μὲ $m/4$, $m/8 \dots$. Διὰ τὸ ράδιον 226, ὁ χρόνος T ἴσούται μὲ 1620 ἔτη καὶ καλεῖται **χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ** τοῦ ραδίου. Ὡστε :

Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ T ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου καλεῖται ὁ χρόνος ἐντὸς τοῦ ὁποίου μεταστοιχειώνεται τὸ ἥμισυ τῆς μάζης τοῦ στοιχείου.

Ὁ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ εἶναι μία σταθερὰ χαρακτηριστικὴ δι' ἕκαστον ραδιενεργὸν στοιχεῖον καὶ κυμαίνεται μεταξύ μεγάλων ὁρίων (10^{-9} sec διὰ τὸ θόριον C, 10^{10} ἔτη διὰ τὸ θόριον).

277. Νόμος τῆς ραδιενεργείας. Ἐστω ὅτι κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 0$ ὑπάρχουν N_0 πυρῆνες ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου (π.χ. ραδίου). Μετὰ παρέλευσιν χρόνου t θὰ ἔχουν ἀπομείνῃ N πυρῆνες, οἱ δὲ ὑπόλοιποι θὰ ἔχουν μεταστοιχειωθῇ. Ἀπὸ τὰς μετρήσεις εὐρέθῃ ὅτι ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος **νόμος τῆς ραδιενεργείας** (ἢ νόμος τῶν ραδιενεργῶν μετατροπῶν) :

$$\text{νόμος τῆς ραδιενεργείας : } N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

ὅπου e εἶναι ἡ βᾶσις τῶν νεπερείων λογαρίθμων ($e \approx 2,7$) καὶ λ εἶναι μία σταθερὰ, ἡ ὁποία εἶναι χαρακτηριστικὴ δι' ἕκαστον ραδιενερ-

γόν στοιχείον και καλεῖται **σταθερά διασπάσεως**. Αὕτη ἰσοῦται μέ :

$$\text{σταθερά διασπάσεως : } \lambda = \frac{0,693}{T}$$

ὅπου T εἶναι ὁ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ τοῦ θεωρουμένου στοιχείου.

278. Βιολογικά ἀποτελέσματα τῶν ἀκτινοβολιῶν. Ὁ ἄνθρωπος εἶναι ἐκτεθειμένος εἰς τὰς πυρηνικὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι προέρχονται ἀπὸ τὸ κοσμικὸν διάστημα (κοσμικαὶ ἀκτίνες), ἀπὸ τὰ φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα περιέχονται εἰς τὰ πετρώματα, καὶ ἀπὸ ραδιοϊσότοπα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἰστούς (κάλιον 40, ἄνθραξ 14). Ἡ βιολογικὴ δράσις τῶν πυρηνικῶν ἀκτινοβολιῶν ἐγκεῖται εἰς ἀλλοιώσεις, αἱ ὁποῖαι συμβαίνουν ἐντὸς τῶν κυττάρων. Αἰτία τῶν ἀλλοιώσεων τούτων εἶναι κυρίως ὁ ἐντὸς τῶν ἰστῶν προκαλούμενος Ἴονισμός, ἕνεκα τοῦ ὁποίου συμβαίνουν **βιοχημικαὶ μεταβολαί**. Αὐταὶ προκαλοῦν πολυπλόκους διαταραχάς, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐμφάνισιν διαφόρων παθήσεων (π.χ. λευχαιμία, τραύματα τοῦ δέρματος κ.ἄ.).

Κατὰ γενικὸν κανόνα περισσότερον εὐαίσθητα εἰς τὰς πυρηνικὰς ἀκτινοβολίας εἶναι ἐκεῖνα τὰ κύτταρα, τὰ ὁποῖα ἀναπαράγονται ταχέως. Αἱ πυρηνικαὶ ἀκτινοβολαὶ προκαλοῦν ἀποτελέσματα **σωματικά**, δηλ. βλάβας εἰς τὸν ὄργανισμὸν αὐτοῦ τούτου τοῦ ἀτόμου, καὶ ἀποτελέσματα **γενετικά**, δηλ. βλάβας εἰς τὰ ὄργανα ἀναπαραγωγῆς με συνέπειαν ὠρισμένας μεταβολὰς εἰς τοὺς ἀπογόνους. Ἐγένετο διεθνῶς παραδεκτὸν ὅτι ἐν ἄτομον καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς ζωῆς του δύναται νὰ προσλάβῃ ἀκινδύνως ὠρισμένην μόνον ποσότητα τῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν μεταφέρουν αἱ πυρηνικαὶ ἀκτινοβολαὶ.

279. Μονὰς ραδιενεργείας. Ἡ ραδιενέργεια μιᾶς ραδιενεργοῦ πηγῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διασπασμένων πυρήνων ἀνὰ δευτερόλεπτον καὶ μετρεῖται μετὰ τὴν μονάδα, ἣ ὁποῖα ὀνομάζεται **1 κιοῦρι** (1 Curie, 1 Ci) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς : Μία ποσότης οἰασθῆποτε ραδιενεργοῦ οὐσίας ἔχει ραδιενέργειαν ἴσην μετὰ 1 κιοῦρι, ὅταν εἰς τὴν ποσότητα ταύτην συμβαίνουν $3,7 \cdot 10^{10}$ διασπάσεις πυρήνων ἀνὰ δευτερόλεπτον.

$$1 \text{ κιοῦρι (1 Ci)} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ διασπάσεις/sec}$$

Εἰς τὴν πράξιν χρησιμοποιοῦνται συνήθως αἱ μικρότεραι μονάδες :
 1 μικροκυρί (1 μCi) = 10^{-6} Ci ἢ 1 πικοκυρί (1 pCi) = 10^{-12} Ci.

280. Αἱ σειραὶ τῶν φυσικῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Τὸ οὐράνιον (${}_{92}\text{U}^{238}$) εἶναι τὸ πρῶτον μέλος μιᾶς σειρᾶς ραδιενεργῶν στοιχείων, τὰ ὅποια προκύπτουν διαδοχικῶς διὰ σειρᾶς ἐκπομπῶν σωματιδίων (βλ. πίνακα). Ὅλα τὰ μέλη αὐτῆς τῆς σειρᾶς ἀποτελοῦν τὴν σειρὰν τοῦ οὐρανίου (βλ. πίνακα). Ὁμοίως τὰ στοιχεῖα ἄκτινίου

Ἡ σειρὰ τοῦ οὐρανίου

Ἴσότοπον	Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ	Ἐνέργεια ἀκτινοβολίας (εἰς MeV)		
		α	β	γ
Οὐράνιον ${}_{92}\text{U}^{238}$	$4,5 \cdot 10^9$ ἔτη	4,18	—	0,045
Θόριον ${}_{90}\text{Th}^{234}$	24,1 ἡμέραι	—	0,19	0,09
Πρωτακτίνιον ${}_{91}\text{Pa}^{234}$	1,14 min	—	2,32	1,50
Οὐράνιον ${}_{92}\text{U}^{234}$	$2,48 \cdot 10^5$ ἔτη	4,76	—	0,055
Θόριον ${}_{90}\text{Th}^{230}$	$8,22 \cdot 10^4$ ἔτη	4,68	—	0,068
Ράδιον ${}_{88}\text{Ra}^{226}$	1620 ἔτη	4,79	—	0,19
Ραδόνιον ${}_{86}\text{Rn}^{222}$	3,825 ἡμέραι	5,49	—	—
Πολώνιον ${}_{84}\text{Po}^{218}$	3,05 min	5,998	—	—
Μόλυβδος ${}_{82}\text{Pb}^{214}$	26,8 min	—	0,72	0,053
Βισμούθειον ${}_{83}\text{Bi}^{214}$	19,7 min	5,44	3,15	0,426
Πολώνιον ${}_{84}\text{Po}^{214}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$ sec	7,68	—	—
Θάλλιον ${}_{81}\text{Tl}^{210}$	1,32 min	—	1,80	1,90
Μόλυβδος ${}_{82}\text{Pb}^{210}$	25 ἔτη	—	0,025	0,047
Βισμούθειον ${}_{83}\text{Bi}^{210}$	4,85 ἡμέραι	5,00	1,17	0,08
Πολώνιον ${}_{84}\text{Po}^{210}$	138 ἡμέραι	5,30	—	0,80
Μόλυβδος ${}_{82}\text{Pb}^{206}$	σταθερὸν	—	—	—

(${}_{89}\text{Ac}^{227}$), θόριον (${}_{90}\text{Th}^{232}$) καὶ νεπτούνιον (${}_{93}\text{Np}^{237}$) εἶναι τὰ πρῶτα μέλη τριῶν ἄλλων σειρῶν, αἱ ὅποια ἀντιστοίχως ὀνομάζονται **σειρὰ τοῦ ἄκτινίου**, **σειρὰ τοῦ θορίου** καὶ **σειρὰ τοῦ νεπτουνίου**. Εἰς τὰς σειρὰς τοῦ οὐρανίου, τοῦ ἄκτινίου καὶ τοῦ θορίου **τελικὸν προϊόν** τῶν μετα-

στοιχειώσεων είναι τρία σταθερά ισότοπα του μόλυβδου, ενώ εις τὴν σειράν τοῦ νεπτουνίου είναι ἓν σταθερὸν ισότοπον τοῦ βισμούθιου.

ΤΕΧΝΗΤΗ ΜΕΤΑΣΤΟΙΧΕΙΩΣΙΣ

281. Τεχνητὴ διάσπασις πυρῆνων. Ἡ φυσικὴ μεταστοιχειώσεις, ἢ ὁποία παρατηρεῖται εἰς τὰ φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα, ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι οἱ βαρεῖς πυρῆνες εἶναι **ἀσταθεῖς**. Οὗτοι αὐτομάτως διασπῶνται, διὰ νὰ μεταπέσουν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Καὶ οἱ σταθεροὶ πυρῆνες (π.χ. ὁ πυρὴν ὀξυγόνου ἢ ἄζωτου) δύνανται νὰ μεταβληθοῦν εἰς **ἀσταθεῖς πυρῆνας**, ἐὰν βομβαρδισθοῦν με κατάλληλα **βλήματα**. Ἰδιαιτέραν ἀξίαν ὡς βλήμα ἔχει τὸ **νετρόνιον**, τὸ ὁποῖον δὲν φέρει ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ δύναται νὰ πλησιάσῃ ἐλευθέρως τοὺς πυρῆνας καὶ νὰ εἰσέρχεται ἐντὸς αὐτῶν. Ἡ εἰσοδος ὅμως ἐνὸς νετρονίου ἐντὸς σταθεροῦ πυρῆνος δημιουργεῖ ἀστάθειαν τοῦ πυρῆνος καὶ προκαλεῖ τὴν διάσπασίν του.

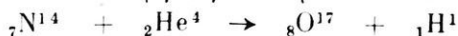
Ἄλλα βλήματα εἶναι τὰ διάφορα **θετικῶς φορτισμένα σωματίδια**, ὅπως εἶναι τὸ πρωτόνιον, τὸ δευτερόνιον, τὸ σωματίδιον α. Τὰ σωματίδια αὐτά, διὰ νὰ φθάσουν εἰς ἓνα σταθερὸν πυρῆνα, πρέπει νὰ ἔχουν μεγάλην κινητικὴν ἐνέργειαν, διὰ νὰ κατορθώσουν νὰ ὑπερνικήσουν τὴν ἄπωσιν, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτῶν τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον τοῦ σταθεροῦ πυρῆνος. Τοιαύτην ἐνέργειαν ἔχουν τὰ σωματίδια α, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ μερικὰ φυσικὰ ραδιενεργὰ ισότοπα. Σήμερον διὰ τὴν δημιουργίαν βλημάτων με μεγάλην ἐνέργειαν χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰ διατάξεις, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται **ἐπιταχυνταί**.

282. Ἐπιταχυνταί. Ἐν θετικῶς φορτισμένον σωματίδιον, π.χ. ἐν πρωτόνιον, ἀποκτᾷ μεγάλην κινητικὴν ἐνέργειαν, ἐὰν ἐπιταχυνθῇ ἐντὸς ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ἐὰν ἡ χρησιμοποιουμένη τάσις εἶναι U , τότε τὸ πρωτόνιον ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν $E_{kin} = eU$. Ἐπειδὴ ὅμως δὲν εἶναι δυνατόν νὰ διαθέσωμεν πολὺ μεγάλας τάσεις, διὰ τοῦτο ἐπενοήθησαν διάφοροι διατάξεις εἰς τὰς ὁποίας τὸ θετικῶς φορτισμένον σωματίδιον ὑφίσταται πολὺ συχνὰς διαδοχικὰς ἐπιταχύνσεις ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

ὑπάρχουν δύο κατηγορίαι ἐπιταχυντῶν. α) **Οἱ εὐθύγραμμοι ἐπιταχυνταί**, εἰς τοὺς ὁποίους ἡ ταχύτης τῶν σωματιδίων ἔχει πάντοτε τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, διότι ἐπὶ τῶν σωματιδίων ἐπιδρᾷ μόνον ἓν ἠλεκτρικὸν πεδίον. β) **Οἱ κυκλικοὶ ἐπιταχυνταί**, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπὶ τῶν σωματιδίων ἐπιδρᾷ ἐκτὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πε-

δίου και εν μαγνητικόν πεδίον, τὸ ὅποιον ὅμως δὲν προσδίδει ἐπιτάχυνσιν, ἀλλὰ ὀδηγεῖ τὸ σωματίδιον ἐπὶ μιᾷ κυκλικῆς τροχιάς. Ἡ ἐπιτάχυνσις προσδίδεται εἰς τὸ σωματίδιον ρυθμικῶς, π.χ. εἰς τὸ τέλος ἐκάστης ἡμισείας στροφῆς. Μὲ τοὺς συγχρόνους ἐπιταχυντὰς δημιουργοῦμεν βλήματα τὰ ὅποια ἔχουν ἐνέργειαν ἀνερχομένην εἰς πολλὰς δεκάδας ἢ ἑκατοντάδας GeV.

283. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις. Ὁ Rutherford (1919) ἐπέτυχεν τὴν πρώτην τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν. Ἐβομβάρδισε πυρῆνας ἄζωτου μὲ σωματίδια α καὶ παρατήρησεν ὅτι ἐσχηματίσθησαν πυρῆνες ὀξυγόνου καὶ πυρῆνες ὕδρογόνου. Τὸ πείραμα τοῦ Rutherford ἐκφράζεται μὲ τὴν ἀκόλουθον πυρηνικὴν ἀντίδρασιν :



Σήμερον πραγματοποιοῦμεν πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις βομβαρδίζοντες μὲ κατάλληλα βλήματα τοὺς σταθεροὺς πυρῆνας. Πολλὰ ἐκ τῶν προϊόντων τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων εἶναι **ἀσταθεῖς** πυρῆνες καὶ αὐτομάτως διασπῶνται, διὰ νὰ μετατραποῦν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Ἡ μεταστοιχείωσις γίνεται δι' ἐκπομπῆς πυρηνικῶν ἀκτινοβολιῶν (σωματίδια α, ἠλεκτρόνια, ποζιτρόνια, φωτόνια). Οὕτω δημιουργοῦμεν τεχνητοὺς **ραδιενεργοὺς πυρῆνας**, οἱ ὅποιοι ἀνήκουν εἰς στοιχεῖα ἰσότοπα πρὸς τὰ σταθερὰ φυσικὰ στοιχεῖα. Τὰ ἰσότοπα αὐτὰ στοιχεῖα δὲν ὑπάρχουν εἰς τὴν Φύσιν καὶ ἐπειδὴ δημιουργοῦνται τεχνητῶς ὀνομάζονται **τεχνητὰ ραδιοϊσότοπα**. Ἐκαστον ἐκ τούτων ἔχει χαρακτηριστικὸν χρόνον ὑποδιπλασιασμοῦ.

Μερικοὶ ἰσότοποι πυρῆνες

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Μαζικὸς ἀριθμὸς A	Ἠλεκτρόνια Z	Πρωτόνια Z
1	H	1 2 3	1	1
2	He	3 4 5 6	2	2
3	Li	6 7 8	3	3
4	Be	7 8 9 10	4	4
5	B	8 9 10 11 12	5	5
6	C	10 11 12 13 14	6	6
7	N	12 13 14 15 16 17	7	7
8	O	14 15 16 17 18 19	8	8

Τὰ μὲ μαῦρα στοιχεῖα εἶναι τεχνητὰ ραδιοϊσότοπα.

Παράδειγμα σχηματισμού τεχνητού ραδιοϊσοτόπου είναι τὸ ἑξῆς: Ἐάν βομβαρδίσωμεν μὲ σωματίδια α τοὺς πυρῆνας ἀργιλίου, σχηματίζεται **ραδιενεργὸς φωσφόρος** (ἢ ραδιοφωσφόρος) καὶ νετρόνιον.



Ὁ σχηματισθεὶς ἀσταθὴς πυρῆν τοῦ ραδιενεργοῦ φωσφόρου δι' ἐκπομπῆς ἑνὸς ποζιτρονίου μεταστοιχειώνεται εἰς σταθερὸν πυρῆνα πυριτίου.



Ὁ ραδιενεργὸς φωσφόρος ἔχει χρόνον ὑποδιπλασιασμοῦ $T = 2,5 \text{ min.}$

284. Ἐφαρμογαὶ τῶν τεχνητῶν ραδιοϊσοτόπων. Σήμερον παρασκευάζομεν πολλὰ τεχνητὰ ραδιοϊσότοπα (π.χ. ραδιενεργὸν ἰώδιον, ραδιενεργὸν νάτριον, ραδιενεργὸν χρυσὸν κ.λ.π.). Διὰ τὴν παρασκευὴν των ἐκμεταλλεύομεθα συνήθως τὰ νετρόνια, τὰ ὁποῖα δημιουργοῦνται ἐντὸς τῶν πυρηνικῶν ἀντιδραστῆρων. Μὲ τὰ νετρόνια αὐτὰ βομβαρδίζονται οἱ σταθεροὶ πυρῆνες καὶ μεταστοιχειώνονται εἰς τεχνητοὺς ραδιενεργοὺς πυρῆνας.

Τὰ ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς. Μὲ τὴν ἀκτινοβολίαν, τὴν ὁποῖαν ἐκπέμπουν, προδίδουν τὴν παρουσίαν των καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν τὴν πορείαν ὠρισμένων φαινομένων. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὰ ραδιοϊσότοπα ὀνομάζονται **ἰχνηθέται**. Οὗτοι χρησιμοποιοῦνται π.χ. διὰ τὴν παρακολούθησιν τῆς ροῆς ἑνὸς ὑγροῦ ἢ τῶν μετακινήσεων τῆς ἄμμου εἰς ἕνα κόλπον, εἰς τὰς βιομηχανίας, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν μίγματα (τσιμέντα, λιπάσματα, ὕαλος) κ.τ.λ. Μεγάλαι εἶναι αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἰχνηθετῶν εἰς τὴν ἐργαστηριακὴν ἔρευναν. Οὕτω π.χ., ἐάν εἰς ἕν φυτὸν εἰσέλθῃ διὰ τοῦ λιπάσματος ραδιενεργὸς φωσφόρος 32 ($T = 14,3$ ἡμέραι), οὗτος ἀφομοιώνεται ὑπὸ τοῦ φυτοῦ ὅπως καὶ ὁ κοινὸς φωσφόρος. Τότε καθίσταται δυνατὴ ἡ μελέτη τῆς διανομῆς τοῦ φωσφόρου εἰς τὰ διάφορα μέρη τοῦ φυτοῦ.

285. Τὰ ὑπερουράνια στοιχεῖα. Εἰς τὴν Φύσιν ὁ βαρύτερος πυρῆν εἶναι ὁ πυρῆν τοῦ οὐρανίου 238, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν

$Z = 92$, δηλ. είναι ο πυρήν ${}_{92}\text{U}^{238}$. Η πειραματική έρευνα επέτρεξε να δημιουργήση πυρήνας, οι οποίοι έχουν ατομικούς αριθμούς από 93 έως 103, ήτοι έδημιούργησεν ένδεκα νέους πυρήνας. Ουτοι ανήκουν εις στοιχειά, τα όποια παράγονται τεχνητώς και ονομάζονται **υπερουράνια στοιχειά**. "Όλα είναι ραδιενεργά και λαμβάνονται, όταν βομβαρδίζονται οι πυρήνες του ούρανίου ή ενός υπερουρανίου στοιχείου με νετρόνια ή με μεγάλης ενεργείας ιόντα ήλιου, άνθρακος, αζώτου κ.ά.

Ίδιαιτέραν σημασίαν έχουν τα δύο πρώτα υπερουράνια στοιχειά, ήτοι το **νεπτούνιον** ($Z = 93$, Np) και το **πλουτώνιον** ($Z = 94$, Pu). Το νεπτούνιον παράγεται κατά τον βομβαρδισμόν του πυρήνος ούρανίου 238 με νετρόνια. Τότε σχηματίζεται ο άσταθής πυρήν **ούρανίου 239**, ο όποιος μεταστοιχειώνεται εις πυρήνα **νεπτουνίου 239**. Ο πυρήν ούτος μεταστοιχειώνεται τελικώς εις πυρήνα **πλουτωνίου 239**. Το ισότοπον τούτο έχει χρόνον ύποδιπλασιασμού $T = 25\ 000$ έτη και παίζει σπουδαϊόν ρόλον εις την έκμετάλλευσιν τής πυρηνικής ενεργείας. Αι άνωτέρω μεταστοιχειώσεις εκφράζονται σχηματικώς ως έξής :



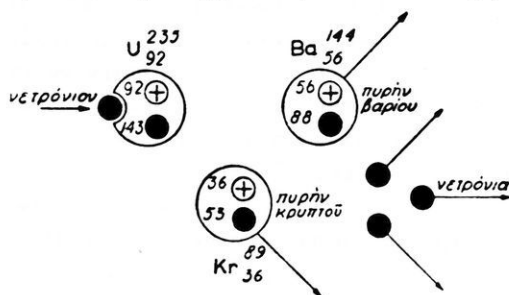
Τα γνωστά υπερουράνια στοιχειά είναι τα ακόλουθα :

93	Νεπτούνιον	Np	97	Μπερκέλιον	Bk	101	Μεντελέβιον	Md
94	Πλουτώνιον	Pu	98	Καλιφόρνιον	Cf	102	Νομπέλιον	No
95	Άμερίκιον	Am	99	Αϊνστάινιον	Es	103	Λωρέντσιον	Lw
96	Κιούριον	Cm	100	Φέρμιον	Fm	104		

Ο ΠΥΡΗΝ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

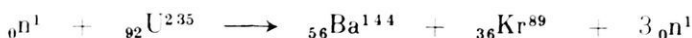
286. Σχάσις του πυρήνος ούρανίου 235. Το εις την Φύσιν ύπάρχον ούράνιον αποτελείται από τα τρία ισότοπα U^{238} , U^{235} και U^{234} . Έκ τούτων το ούράνιον 235 άπαντᾷ εις πολύ μικράν αναλογίαν (0,7%). Ο πυρήν του ούρανίου 235 έχει την ιδιότητα να δεσμεύη έν νετρόνιον, το όποϊον έχει μικράν ταχύτητα. Τότε σχηματίζεται ο πυρήν του ούρανίου 236, ο όποιος είναι πολύ άσταθής και άμέσως διασπᾶται εις δύο μικροτέρους πυρήνας. Έκαστος των πυρήνων τούτων έχει μᾶζαν περίπου ίσην με το ήμισυ τής μᾶζης του αρχικοῦ πυρήνος. Συγχρόνως ελευθερώνονται μερικά νετρόνια (σχ. 309). Οί δύο νέοι πυρήνες εκσφενδονίζονται με μεγάλην ταχύτητα και συνεπώς έχουν μεγά-

λην κινητικὴν ἐνέργειαν, ἣ ὁποία τελικῶς μετατρέπεται εἰς θερμότητα.



Σχ. 309. Σχηματικὴ παράσταση τῆς σχάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου 235

ἐκφράζει ἓνα τρόπον σχάσεως τοῦ πυρῆνος οὐρανίου 235.



Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ὀνομάζεται **σχάσις** τοῦ πυρῆνος οὐρανίου 235 καὶ συνοδεύεται ἀπὸ ἔκλυσιν μεγάλης ποσότητος ἐνεργείας. Ἡ ἐνέργεια αὕτη καλεῖται **ἀτομικὴ ἐνέργεια** ἢ ἀκριβέστερον **πυρηνικὴ ἐνέργεια**. Ἡ κατωτέρω πυρηνικὴ ἀντίδρασις

287. Προέλευσις τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας. Εἶναι γνωστὸν ὅτι μία μᾶζα m ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐνέργειαν $E = mc^2$. Κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρῆνος οὐρανίου 235 παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἄθροισμα τῶν μαζῶν τῶν προϊόντων τῆς σχάσεως εἶναι μικρότερον ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου 236. Ὡστε κατὰ τὴν σχάσιν συμβαίνει πάντοτε μία **ἀπώλεια μάζης** (Δm). Αὕτὴ ἡ μᾶζα (Δm) μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν (πυρηνικὴ ἐνέργεια) συμφώνως πρὸς τὴν ἐξίσωσιν $E = \Delta m \cdot c^2$. Ὡστε :

Κατὰ τὴν σχάσιν τῶν πυρῆνων τοῦ οὐρανίου 235 ἐκλύεται ἐνέργεια, ἣ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν μετατροπὴν μέρους τῆς πυρηνικῆς μάζης εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν.

Εὐρέθη ὅτι κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς γραμμαρίου οὐρανίου 235 ἐλευθερώνεται τεραστίαι ἐνέργεια ἴση μὲ $8,2 \cdot 10^{10}$ Joule.

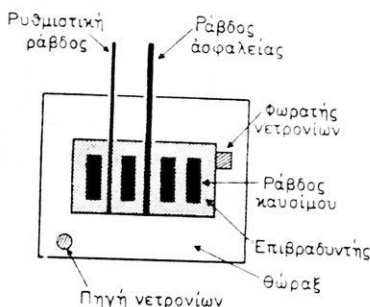
288. Ἀλυσωτὴ ἀντίδρασις. Κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρῆνος οὐρανίου 235 ἐλευθερώνονται 3 νετρόνια (κατὰ μέσον ὄρον εἶναι 2 ἕως 3). Ἐὰν τὰ 3 αὐτὰ νετρόνια συναντήσουν τρεῖς πυρῆνας οὐρανίου 235, τότε θὰ συμβοῦν τρεῖς νέαι σχάσεις, ὅποτε θὰ ἐλευθερωθοῦν 9 νετρόνια (3^2 νετρόνια). Αὐτὰ δύνανται νὰ προκαλέσουν ἐννέα σχάσεις,

όποτε θα ελευθερωθούν 27 νετρόνια (3^3 νετρόνια) κ.ο.κ. Ούτω ή σχάσις τῶν πυρήνων οὐρανίου 235 δύναται νὰ συνεχισθῇ αὐτομάτως. Ἡ τοιαύτη αὐτοσυντηρουμένη πυρηνικὴ ἀντίδρασις ὀνομάζεται **άλυσωτὴ ἀντίδρασις**. Ἡ ἀντίδρασις αὕτη προχωρεῖ ταχύτατα καὶ ἐντὸς ἐλαχίστου χρόνου ἐκλύεται τεραστία ποσότης ἐνεργείας. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὕτην πρόκειται περὶ **ἐκρήξεως** (ἀτομικὴ βόμβα). Ἐὰν ὅμως ἐπιτευχθῇ, ὥστε μεθ' ἑκάστην σχάσιν πυρήνος οὐρανίου 235 μόνον ἓν νετρόνιον νὰ δύναται νὰ προκαλέσῃ νέαν σχάσιν, τότε ὁ ρυθμὸς τῶν σχάσεων διατηρεῖται σταθερὸς καὶ ἡ ἀλυσωτὴ ἀντίδρασις εἶναι ἐλεγχόμενη. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται εἰς τὸν **πυρηνικὸν ἀντιδραστήρα**.

289. Ὁ πυρηνικὸς ἀντιδραστήρ. Ἐκαστος πυρηνικὸς ἀντιδραστήρ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ ἐξῆς κυρίως στοιχεῖα: α) τὸ πυρηνικὸν καύσιμον, β) τὸν ἐπιβραδυντὴν τῶν νετρονίων, γ) τὸ ρευστόν, τὸ ὁποῖον παραλαμβάνει καὶ μεταφέρει ἐκτὸς τοῦ ἀντιδραστήρος τὴν ἐκλυομένην θερμότητα καὶ δ) τὰς διατάξεις ἐλέγχου μετὰ τὰς ὁποίας ρυθμίζονται αἱ ἀνά δευτερόλεπτον σχάσεις πυρήνων (σχ. 310).

Ὡς **πυρηνικὸν καύσιμον**(¹) χρησιμοποιεῖται συνήθως τὸ φυσικὸν ἰσότοπον οὐράνιον 235 ἢ τὸ τεχνητὸν ἰσότοπον πλουτώνιον. Τὰ δύο αὐτὰ ἰσότοπα διασπῶνται μετὰ βραδέα νετρόνια.

Ὡς **ἐπιβραδυντὴς** χρησιμοποιεῖται συνήθως βαρὺ ὕδωρ ἢ γραφίτης. Τὰ παραγόμενα κατὰ τὴν σχάσιν νετρόνια ἔχουν μεγάλην ταχύτητα, διερχόμενα ὅμως διὰ μέσου τοῦ ἐπιβραδυντοῦ μεταβάλλονται, λόγῳ τῶν συγκρούσεων τῶν μετὰ τὰ ἄτομα τοῦ ἐπιβραδυντοῦ, εἰς βραδέα νετρόνια. Συνήθως τὸ πυρηνικὸν καύ-



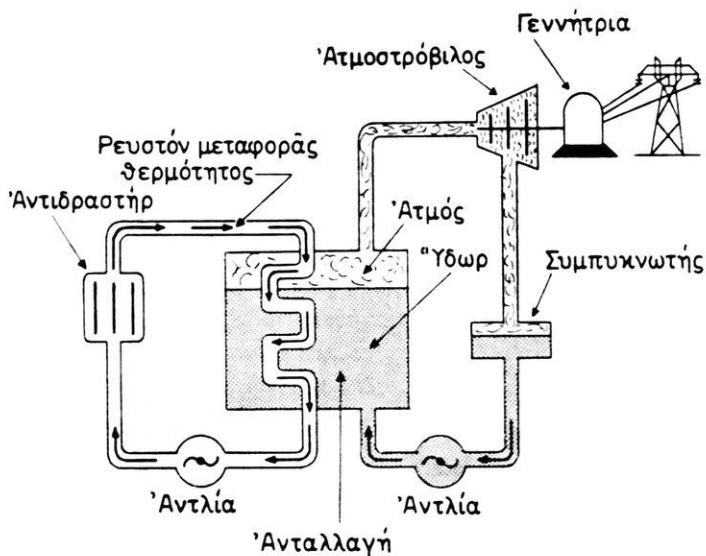
Σχ. 310. Σχηματικὴ παράστασις πυρηνικοῦ ἀντιδραστήρος ἐν στάσει. Αἱ ράβδοι ἐλέγχου καὶ ἀσφαλείας ἔχουν τελείως εἰσαχθῆ ἐντὸς τοῦ ἀντιδραστήρος καὶ ἡ πηγὴ νετρονίων ἔχει ἀπομακρυνθῆ ἀπὸ τὸν πυρηνικὸν καύσιμον.

(1) Κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὰς κλασσικὰς πηγὰς παραγωγῆς θερμικῆς ἐνεργείας (γαλιάνθραξ, πετρέλαιον).

σιμον υπό μορφήν ράβδων βυθίζεται έντός του έπιβραδυντού.

Ός ρευστόν άποψύξεως χρησιμοποιείται έν κατάλληλον ύγρον ή άέριον. Τό ρευστόν άποψύξεως μεταφέρει έκτός του άντιδραστήρος τεραστίαν ποσότητα θερμότητος, ή όποία χρησιμοποιείται διά την εξαέρωσιν ύδατος. Οί παραγόμενοι ύδρατμοί κινούν ύδροστρόβιλον, ό όποίος εξασφαλίζει την λειτουργίαν μιās γεννητριάς έναλλασσομένου ρεύματος (σχ. 311).

Αί διατάξεις έλέγχου είναι ράβδοι από κάδμιον ή βόριον, αί όποίαι άπορροφούν ισχυρώς τά νετρόνια. Σήμερον ύπάρχουν διάφοροι τύποι

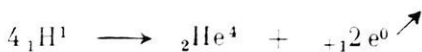


Σχ. 311. Σχηματική παράστασις έγκαταστάσεως παραγωγής ηλεκτρικής ενεργείας από πυρηνικήν ενεργείαν

πυρηνικών άντιδραστήρων. Οί άντιδραστήρες ισχύος χρησιμοποιούνται διά την παραγωγήν ηλεκτρικού ρεύματος ή διά την κίνησιν μεγάλων πλοίων και ύποβρυχίων. Οί άντιδραστήρες έρεύνης χρησιμοποιούνται δι' έρευνητικούς σκοπούς. Τοιοϋτον άντιδραστήρα διαθέτει τό 'Ελληνικόν Κέντρον Πυρηνικών Έρευνών « Δημόκριτος ». Ό άντιδραστήρ είναι τύπου « κολυμβητικής δεξαμενής », δηλ. αί ράβδοι οϋρανίου είναι βυθισμένα έντός ύδατος, τό όποίον είναι και ό έπιβραδυντής.

290. Σύντηξις ἐλαφρῶν πυρήνων. Ἐὰν ἐλαφροὶ πυρῆνες συνδεθοῦν μεταξύ των, ὥστε νὰ σχηματισθῇ βαρύτερος πυρῆν, τότε συμβαίνει ἀπώλεια μάζης. Ἡ μᾶζα αὐτῆ μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **σύντηξις**. Ὅστε, σύντηξις καλεῖται ἡ πυρηνικὴ ἀντίδρασις μεταξύ ἐλαφρῶν πυρήνων, κατὰ τὴν ὁποίαν σχηματίζεται βαρύτερος πυρῆν ὑπὸ ἐκλυσιν ἐνεργείας.

Μεταξὺ τῶν πρὸς σύντηξιν πυρήνων ἐξασκεῖται ἠλεκτροστατικὴ ἄποσις. Ἐπομένως διὰ νὰ κατορθώσουν νὰ πλησιάσουν ὁ εἰς πυρῆν τὸν ἄλλον, πρέπει νὰ ἔχουν πολὺ μεγάλην κινητικὴν ἐνέργειαν. Αὕτη ἀποκτᾶται μόνον εἰς πολὺ ὑψηλὰς θερμοκρασίας (τῆς τάξεως τῶν ἑκατομμυρίων βαθμῶν) καὶ διὰ τοῦτο ἡ σύντηξις ὀνομάζεται καὶ **θερμοπυρηνικὴ ἀντίδρασις**. Μία τοιαύτη ἀντίδρασις εἶναι ὁ σχηματισμὸς ἐνὸς πυρῆνος ἡλίου (${}_2\text{He}^4$) ἀπὸ τὴν σύντηξιν τεσσάρων πυρήνων ὑδρογόνου (${}_1\text{H}^1$).



Ἡ δημιουργία τῶν δύο ποζιτρονίων ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐκ τῶν τεσσάρων πρωτονίων τὰ δύο ἐξ αὐτῶν μετατρέπονται εἰς δύο νετρόνια.

Ἐφαρμογὴν τῆς συντήξεως ἔχομεν εἰς τὴν **βόμβαν ὑδρογόνου**, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ θερμοπυρηνικὴ ἀντίδρασις δὲν εἶναι ἐλεγχόμενη. Καταβάλλονται προσπάθειαι νὰ τεθῇ ὑπὸ ἔλεγχον καὶ ἡ σύντηξις, ὅπως συμβαίνει μὲ τὴν σχάσιν τῶν βαρέων πυρήνων.

291. Προέλευσις τῆς ἀστρικῆς ἐνεργείας. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ Ἥλιου καὶ τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων ἐπικρατοῦν πολὺ ὑψηλαὶ θερμοκρασίαι, αἱ ὁποῖαι διευκολύνουν τὴν σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων πρὸς σχηματισμὸν ἐνὸς πυρῆνος ἡλίου (${}_2\text{He}^4$). Τότε ἐκλύεται τεραστία ποσότης ἐνεργείας, ἡ ὁποία προκύπτει ἀπὸ τὴν μετατροπὴν μέρους τῆς μάζης τῶν τεσσάρων πρωτονίων εἰς ἐνέργειαν. Ὑπολογίζεται ὅτι εἰς τὸν Ἥλιον ἀνὰ δευτερόλεπτον 4,5 ἑκατομμύρια τόννοι ἡλιακῆς μάζης μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν. Τὰ ὑπάρχοντα εἰς τὸν Ἥλιον πρωτόνια ἐξασφαλίζουν εἰς αὐτὸν τὴν ἰκανότητα νὰ ἐκπέμπῃ ἐνέργειαν μὲ τὸν σημερινὸν ρυθμὸν ἐπὶ 30 δισεκατομμύρια ἔτη.

292. Κοσμικαὶ ἀκτῖνες. Ἐν φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον, εὐρισκόμενον ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ἐκφορτίζεται οἷονδὴποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ

σημείον του φορτίου του. Η εκφόρτισις αὕτη οφείλεται εἰς τὸν διαρκῆ **ιονισμόν** τοῦ ἀέρος. Αἰτία τοῦ ἰονισμού εἶναι ἀκτινοβολαίαι, αἱ ὁποῖαι προέρχονται ἀπὸ τὸ κοσμικὸν διάστημα καὶ ὀνομάζονται **κοσμικαὶ ἀκτίνες**.

Εἰς τὰ ἀνώτατα στρώματα τῆς ἀτμοσφαιράς φθάνει ἐξ ὅλων τῶν διευθύνσεων ἡ **πρωτογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία**, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ φορτισμένα σωματίδια. Αὐτὰ εἶναι κυρίως πρωτόνια, ὑπάρχουν ὅμως καὶ ἠλεκτρόνια, φωτόνια ἢ καὶ βαρύτεροι πυρῆνες (ἄνθρακος, ἄζωτου, σιδήρου κ.ἄ.). Τὰ σωματίδια τῆς πρωτογενοῦς ἀκτινοβολίας ἔχουν τεραστίαν ἐνέργειαν καὶ μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιράς συγκρούονται μὲ τὰ μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρηνικὰς ἀντιδράσεις κατὰ τὰς ὁποίας προκύπτουν νέα σωματίδια καὶ φωτόνια. Οὕτω εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαιράς διαμορφώνεται ἡ **δευτερογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία**, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἠλεκτρόνια, ποζιτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια καὶ φωτόνια (σχ. 312).

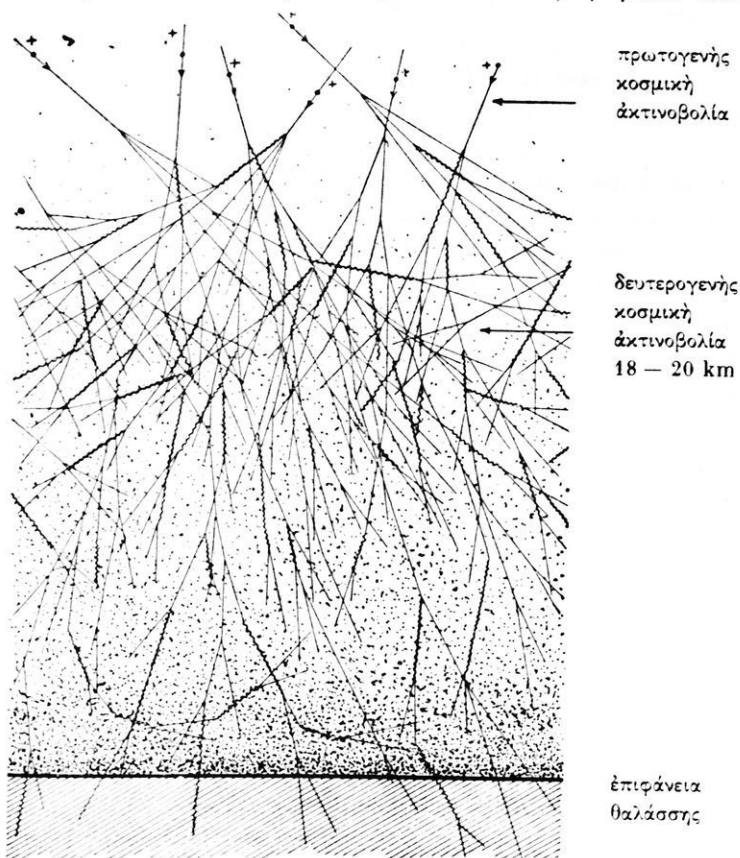
Υπολογίζεται ὅτι ἀνὰ δευτερόλεπτον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς φθάνει ἐν κοσμικῶν σωματίδιον ἐπὶ ἐκάστου τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου. Μερικὰ ἐκ τῶν σωματιδίων τούτων ἔχουν τεραστίαν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία δύναται νὰ φθάσῃ ἕως 10^{10} GeV (μὲ τοὺς ἐπιταχυντάς μας κατορθώνομεν νὰ προσδίδωμεν εἰς τὰ σωματίδια ἐνέργειαν ἕως 300 GeV). Ἡ συγκέντρωσις τόσον μεγάλης ἐνεργείας εἰς ἐν μόνον σωματίδιον εἶναι πιθανόν ὅτι ἔχει ἐπίδρασιν ἐπὶ ὀρισμένον κυττάρων τῶν ὀργανισμῶν. Αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες ἐβοήθησαν εἰς τὴν ἐξέλιξιν τῆς Πυρηνικῆς Φυσικῆς, διότι εἰς τὰς κοσμικὰς ἀκτίνας ἀνεκαλύψαμεν διὰ πρῶτην φοράν τὸ ποζιτρόνιον, τὰ ποικίλα μεσόνια, τὰ ὑπερόνια, δηλ. σωματίδια ἄγνωστα ἕως τότε.

293. Τὰ στοιχειώδη σωματίδια. Γνωρίζομεν ὅτι εἰς τὸ ἄτομον ὑπάρχουν τρία σωματίδια, τὸ ἠλεκτρόνιον, τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον. Ἐπίσης γνωρίζομεν ὅτι κατὰ ὀρισμένας πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ἐμφανίζεται τὸ ποζιτρόνιον, τὸ ὁποῖον ὅμως ἀμέσως ἐξαφανίζεται. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψε καὶ διάφορα ἄλλα σωματίδια, τὰ ὁποῖα δημιουργοῦνται κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις καὶ τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ τὰ κατατάξωμεν εἰς τὰς ἐξῆς κατηγορίας :

α) Τὸ νετρίνο εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον, ἔχει ἀσήμαντον μᾶζαν

και γεννᾶται κατὰ τὴν μετατροπὴν τοῦ πρωτονίου εἰς νετρόνιον καὶ ἀντιστρόφως.

β) Τὰ μεσόνια εἶναι σωματίδια μὲ ἐν θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν στοι-



Σχ. 312. Σχηματικὴ παράστασις τῆς παραγωγῆς δευτερογενεῶς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαιρας

χειῶδες φορτίον ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των περιλαμβάνεται μεταξύ τῆς μᾶζης τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ τῆς μᾶζης τοῦ πρωτονίου.

γ) Τὰ ὑπερόνια εἶναι σωματίδια μὲ ἐν θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν στοιχειῶδες φορτίον ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου.

294. Ἡ ἀντιύλη. Τὸ ποζιτρόνιον εἶναι τὸ πρῶτον ἀνακαλυφθεν ἀντισωματίδιον, δηλ. εἶναι σωματίδιον ἀντίθετον πρὸς τὸ ἠλεκτρόνιον καὶ δύναται νὰ ὀνομασθῇ καὶ ἀντιηλεκτρόνιον. Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι εἰς ἕκαστον σωματίδιον ἀντιστοιχεῖ ἓν ἀντισωματίδιον. Τὰ ἀντισωματίδια ὀνομάζονται γενικώτερον ἀντιύλη.

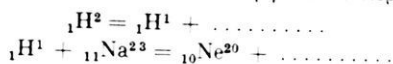
Τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου ὕδρογόνου, ἀλλὰ μὲ ἓν ἀρνητικὸν στοιχειῶδες φορτίον. Ἐὰν φαντασθῶμεν ὅτι πέριξ τοῦ ἀντιπρωτονίου περιφέρεται ἓν ποζιτρόνιον, τότε προκύπτει τὸ ἄτομον τοῦ ἀντιυδρογόνου. Εἰς τὸν ἰδικὸν μας κόσμον τὸ ἄτομον τοῦτο δὲν δύναται νὰ υπάρξῃ, ὅπως δὲν δύναται νὰ διατηρηθῇ τὸ ποζιτρόνιον, διότι ἐνώνεται μὲ ἓν ἠλεκτρόνιον καὶ ἐξαφανίζεται ὡς ὕλη. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ κάθε ἀντισωματίδιον, π.χ. τὸ ἀντιπρωτόνιον. Καὶ τὰ οὐδέτερα σωματίδια, ὅπως εἶναι τὸ νετρόνιον, ἔχουν ἀντισωματίδια. Τότε ἡ διαφορὰ μεταξὺ σωματιδίου καὶ ἀντισωματιδίου δὲν στηρίζεται εἰς τὸ φορτίον, ἀλλ' εἰς ἄλλας ιδιότητες. Ὡστε εἰς τὸν ἰδικὸν μας κόσμον ἡ ἀντιύλη ἐμφανίζεται μόνον κατὰ ὄρισμένας πυρηνικὰς ἀντιδράσεις καὶ ἀκαριαίως ἐξαφανίζεται. Δὲν εἶναι ὅμως ἀπίθανον, ὅτι ὑπάρχουν ἀστέρες καὶ γαλαξίαι ἀποτελούμενοι ἀπὸ ἀντιύλην.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

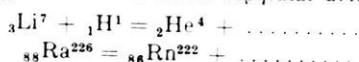
188. Νὰ εὑρεθῇ μὲ πόσῃ ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἔργα καὶ Joule ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς ἀτομικῆς μάζης καὶ ἡ μάζα τοῦ ἠλεκτρονίου.

189. Μὲ πόσῃ ἐνέργειαν ἰσοδυναμεῖ ἡ μάζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου ;

190. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



191. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



192. Ὁ ἀτομικὸς πυρὴν ἡλίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια, ἡ δὲ μάζα του εἶναι ἴση μὲ 4,003879 amu. Πόση ἐνέργεια ἠλευθερώθη κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ πυρῆνος τούτου ;

193. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ Πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονὰς ἐνεργείας λαμβάνεται τὸ 1 ἠλεκτρονιοβόλτ (1 eV), ἧτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἓν ἠλεκτρόνιον, ὅταν τοῦτο μετακινεῖται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐχόντων διαφορὰν δυναμικοῦ 1 Volt. Μὲ πόσα ἔργα καὶ Joule ἰσοῦται ἡ μονὰς ἠλεκτρονιοβόλτ ;

194. Με πόσην ενέργειαν έκπεφρασμένην εις ηλεκτρονιοβόλτ (eV) ισοδυναμεί ή μονάς ατομικής μάζης (1 amu) ;
195. Πόσην ενέργεια ελευθερώνεται κατά την άφυλοποίησιν ενός ηλεκτρονίου και ενός ποζιτρονίου ;
196. Πόσην ενέργεια ελευθερώνεται κατά την άφυλοποίησιν ενός πρωτονίου και ενός αντιπρωτονίου ;
197. Πόση άπωσις άναπτύσσεται μεταξύ ενός ατομικού πυρήνος ήλίου ($Z = 2$) και ενός ατομικού πυρήνος άσβεστίου ($Z = 20$), όταν ή άπόστασις τών δύο τούτων πυρήνων είναι ίση με $1/10^{12}$ cm ;
198. Εις τό άτομον ύδρογόνου τό μοναδικόν ηλεκτρόνιον διαγράφει κυκλικήν τροχιάν έχουσαν άκτίνα $r = 0,5 \cdot 10^{-8}$ cm, ή δέ συχνότης τής κινήσεως αύτου είναι $\nu = 6,6 \cdot 10^{15}$ Hz. Νά εύρεθ ή έντασις του ρεύματος, τό όποιον άντιστοιχεί εις την κίνησιν του ηλεκτρονίου και ή έντασις του μαγνητικού πεδίου του ρεύματος τούτου εις τό κέντρον τής κυκλικής τροχιάς του ηλεκτρονίου.
199. Πόσην ενέργεια ελευθερώνεται κατά τόν σχηματισμόν ενός ατομικού πυρήνος ήλίου (${}_2\text{He}^4$) από την σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων (${}_1\text{H}^1$) ;
200. Έάν κατά την διάσπασιν ενός βαρέος πυρήνος παρατηρήται έλλειμμα μάζης ίσον με τά 0,10% τής μάζης του πυρήνος, νά εύρεθ ή πόσην ενέργεια ελευθερώνεται κατά την διάσπασιν 1 kgf εκ του ύλικού τούτου.

Περιοδικόν σύστημα τών στοιχείων

Περίοδος	Όμας I	Όμας II	Όμας III	Όμας IV	Όμας V	Όμας VI	Όμας VII	Όμας VIII	
I	1 H 1,008								2 He 4,003
II	3 Li 6,940	4 Be 9,02	5 B 10,82	6 C 12,01	7 N 14,008	8 O 16,000	9 F 19,00		10 Ne 20,183
III	11 Na 22,994	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 30,98	16 S 32,06	17 Cl 35,457		18 Ar 39,944
IV	19 K 39,096 29 Cu 63,57	20 Ca 40,08 30 Zn 65,38	21 Sc 45,10 31 Ga 69,72	22 Ti 47,90 32 Ce 72,60	23 V 50,95 33 As 74,91	24 Cr 52,01 34 Se 78,96	25 Mn 54,93 35 Br 79,916	26 Fe 55,85 36 Kr 83,7	27 Co 58,94 38 Ni 58,69
V	37 Rb 85,48 47 Ag 107,880	38 Sr 87,63 48 Cd 112,41	39 Y 88,92 49 In 114,76	40 Zr 91,22 50 Sn 118,70	41 Nb 92,91 51 Sb 121,76	42 Mo 95,95 52 Te 127,21	43 Tc (99) 53 I 126,92	44 Ru 101,7 45 Rh 102,91 46 Pd 106,7	47 Pt 195,23 54 Xe 131,3
VI	55 Cs 132,91 79 Au 197,2	56 Ba 137,36 80 Hg 200,61	57 εὐρακίτιον* 81 Tl 204,39	72 Hf 178,6 82 Pb 207,21	73 Ta 180,88 83 Bi 209,00	74 W 183,92 84 Po 210	75 Re 186,31 85 At (210)	76 Os 190,2 77 Ir 193,1 78 Pt 195,23	79 Au 197,2 86 Rn 222
VII	87 Fr (223)	88 Ra 226,05	89 Ac 227,05	90 Th 232,12	91 Pa 231	92 U 238,07			

* Σπάνια γαλιεία

Υπεροξείδια στοιχεία

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
138,92	140,13	140,92	144,27	147	150,43	152,0	156,9	159,2	162,66	164,94	167,2	169,4	173,04	174,90

93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 E	100 Fm	101 Mv	102 No	103 Lw
237	239	241	242	243	244	254	255	256	254	257

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

1. Σπουδή και έρμηνεία τῶν ὀπτικῶν φαινομένων. Τὸ φῶς παίξει σημαντικὸν ρόλον εἰς τὴν ζωὴν τῶν ἀνθρώπων καὶ διὰ τοῦτο ἡ σπουδὴ τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἐγένετο ἀπὸ παλαιοτάτων χρόνων. Τὰ γνωστὰ φαινόμενα ἦσαν ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός, ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιᾶς, ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν λείων ἐπιφανειῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς εἰδώλων ὡς καὶ ἡ φαινομένη θραῦσις μιᾶς ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος ἐσπουδάζοντο μόνον τὰ ἀπλᾶ ταῦτα φαινόμενα τῆς γεωμετρικῆς ὀπτικῆς, χωρὶς ὅμως νὰ καταστῆ δυνατὸν νὰ δοθῆ μία φυσικὴ ἐρμηνεία τῶν φαινομένων τούτων. Αἱ πρῶται φυσικαὶ ὑποθέσεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός διετυπώθησαν μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τοῦ νόμου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Αἱ ὑποθέσεις αὗται προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ τότε γνωστὰ φαινόμενα, μετὰ τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου ἀνεκαλύπτοντο νέα φαινόμενα, τὰ ὅποια ἐπέβαλλον τὴν τροποποίησιν τῶν παλαιῶν θεωριῶν. Ἡ ἱστορία τῶν περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός θεωριῶν εἶναι εἰς ἀπὸ τοὺς πλέον ἐνδιαφέροντας κλάδους τῆς ἱστορίας τῆς Φυσικῆς, διότι ἡ ἱστορία τῶν περὶ τοῦ φωτός θεωριῶν καταδεικνύει πῶς δύο τελείως ἀντίθετοι θεωρίαι εἶναι δυνατὸν νὰ ἐρμηνεύσουν δύο διαφόρους ὕψεις μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς φυσικῆς πραγματικότητος.

2. Αἱ θεωρίαι τῆς ἐκπομπῆς 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 ἐκπομπῆς, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις μικροτάτων σωματιδίων. Οὕτως ὁ Νεύτων κατόρθωσε νὰ ἐρμηνεύσῃ κατὰ τρόπον ἀπλοῦστατον τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διάθλασιν καὶ τὴν ἀνάυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. Ὁ ἴδιος ὅμως ὁ Νεύτων ἀνεκάλυψε καὶ ἐν φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός, τὸ ὅποῖον καλεῖται δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος. Διὰ νὰ ἐρ-

μηγεύση, ὁ Νεύτων τὸ φαινόμενον τοῦτο ἠναγκάσθη νὰ παραδεχθῆ ὅτι εἰς τὰ φωτεινὰ σωματίδια ὑπάρχει κάποια περιοδικότης.



Νεύτων

ἐξαιρετικῆς σημασίας ὑποστήριξιν, διότι κατώρθωσε νὰ δημιουργήσῃ φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός καὶ νὰ ἐκτελέσῃ ἀκριβεῖς μετρήσεις. Ὁ ἴδιος, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιαι κυμάνσεις. Ἐκεῖνος ὅμως, ὁ ὁποῖος ἐοστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων εἶναι ὁ Γάλλος Fresnel, ὁ ὁποῖος κατώρθωσε νὰ ἐρμηνεύσῃ πλήρως μὲ τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς γεωμετρικῆς καὶ τῆς φυσικῆς ὀπτικῆς καὶ ἐπὶ πλέον νὰ θεμελιώσῃ τὴν ὀπτικὴν κρυσταλλογραφίαν. Τέλος ὁ Γάλλος Foucault ἐπέτυχε νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός ἐντὸς διαφόρων ὀπτικῶν μέσων

Συγχρόνως μὲ τὸν Νεύτωνα ὁ Ὁλλανδὸς Huygens διετύπωσε τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις κυμάνσεων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ αἰθέρος. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων, καίτοι ἠρμήνευσε πολὺ περισσότερα φαινόμενα, ἐν τούτοις δὲν ἐγένετο δεκτὴ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν φυσικῶν, διότι εἰσήγαγε τὴν ἰδέαν τοῦ παραδόξου αἰθέρος. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 19ου αἰῶνος ὁ Ἄγγλος Young ἔδωκεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



Huygens

και να αποδείξει ούτως ότι η ταχύτης του φωτός εις τὰ διαφανῆ ὕλικά μέσα εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εις τὸ κενόν, ὅπως ἀκριβῶς προέβλεπεν ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων. Οὕτως ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε καὶ τὸ φῶς ἐθεωρεῖτο ἔκτοτε ὡς μία διάδοσις ἐγκαρσίων κυμάτων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ, ἀλλὰ λίαν παραδόξου αἰθέρος.

3. Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός. Κατὰ τὸ 1848 ὁ Ἄγγλος Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεπολωμένη ἀκτίς φωτός



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτίνος ὑφίσταται στροφήν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσησι μεταξύ τοῦ φωτός καὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ὅτι εἶναι δυνατόν τὰ φωτεινὰ κύματα νὰ μὴ εἶναι κυμάνσεις μηχανικῆς φύσεως, ἀλλὰ ἠλεκτρικῆς φύσεως. Ἀπὸ τὴν σκέψιν αὐτὴν ἀνεχώρησεν ἡ μεγαλοφυΐα τοῦ Ἄγγλου Maxwell, διὰ νὰ ἀνακαλύψῃ διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐπὶ τοῦ χάρτου ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία καὶ νὰ ἀνακαλύψῃ ἐπὶ πλέον τὴν ὑπαρξίν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα ὀλίγα ἔτη βραδύτερον ἀνεκάλυψεν πειραματι-

κῶς ὁ Γερμανὸς Hertz. Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία συνδέει εἰς ἓν ἐνιαῖον σύνολον ὅλην τὴν σειράν τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τῶν κυμάτων τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας μέχρι καὶ τῶν ἀκτίνων γ. Ὁλόκληρος ἡ σειρά αὐτῆ τῶν κυμάτων εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως με μόνην διαφορὰν εἰς τὴν συχνότητα τῆς κυμάνσεως.

4. Τὰ φωτόνια. Ἐπὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἠσχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροὺς καὶ πολλοὺς ἀγῶνας κατώρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θαυμασίαν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποία ἔδιδεν ἀπλήν καὶ ἐνιαῖαν ἐξήγησιν εἰς τὸ σύνολον



Einstein

τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς ὁμοῦς τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν νέα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ὑπεχρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικώτερον ἐκ τῶν ἀνακαλυφθέντων νέων φαινομένων, τὸ ὁποῖον φανερῶνει τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἐὰς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἐν σφαιρικὸν κύμα, τὸ ὁποῖον διαδίδεται ἐντὸς τοῦ χώρου. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποῖαν ἐξέπεμψεν ἡ φωτεινὴ πηγὴ, κατανέμεται ἐπὶ μιᾶς διαρκῶς αὐξανο-

μένης σφαιρικῆς ἐπιφανείας καὶ συνεπῶς αἱ δράσεις, τὰς ὁποίας δύναται νὰ ἐξασκήσῃ τὸ φῶς, εἶναι τόσον ἀσθενέστεραι, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. Ἀντιθέτως, ἄς δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμμίαν κατάρτησιν καὶ συνεπῶς δύναται νὰ προκαλέσουν σημαντικὰ ἀποτελέσματα καὶ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Ἡ ἀνακάλυψις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἀπεκάλυψεν λοιπὸν ὅτι αἱ ἀκτινοβολαὶ εἶναι ἱκαναὶ νὰ ἐξασκήσουν ἐπὶ τῆς ὅλης ἐνεργειακῆς δράσεις καὶ ὅτι αἱ δράσεις αὐταὶ δὲν ἐλαττώνονται, ὅσον αὐξάνεται

ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν πηγὴν. Οὕτως ὁ Einstein, ἐπανερχόμενος εἰς τὴν σωματιδιακὴν θεωρίαν, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἐδέχθη ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ κοκκίδια καὶ ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν τὰ κοκκίδια ταῦτα πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Εἰς τὰ κοκκίδια αὐτὰ ἔδωκεν τὸ ὄνομα **φωτόνια**. "Ἐκαστον κοκκίδιον μεταφέρει ἐνέργειαν ἀνάλογον πρὸς τὴν συχνότητά τῆς ἀκτινοβολίας, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν **κβάντα**, τὴν ὁποίαν διατύπωσεν εἰς τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μας ὁ Γερμανὸς Planck. Ἡ θεωρία τῶν φωτονίων ἐρμηνεύει ἔτι μόνον τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἀλλὰ καὶ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἀνεκαλύφθησαν μεταγενεστέρως. Ἡ θεωρία ὅμως τῶν φωτονίων εἶναι ἀνίκανος νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως καὶ τῆς πολώσεως τοῦ φωτός. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων τούτων ὑπεχρεώθησαν οἱ φυσικοὶ νὰ διατηρήσουν καὶ τὴν θεωρίαν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Planck

5. Ἡ κυματομηχανικὴ. Ἡ ὑπαρξίς δύο θεωριῶν διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων εἶναι ἀκατανόητος ἀπὸ τὴν ἀνθρωπίνην λογικὴν. Κατὰ τὸ 1924 ὁ Γάλλος θεωρητικὸς φυσικὸς Louis de Broglie ἐπέτυχε νὰ συμβιβάσῃ τὰς δύο ἀντιθέτους ἀπόψεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Ἡ γυγαντιαία αὕτη σύνθεσις ὀνομάζεται **Κυματομηχανικὴ** καὶ περιλαμβάνει ἔτι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὕλην καὶ τὰς διαφόρους μορφὰς τῆς ἐνεργείας. Ἡ Κυματομηχανικὴ δέχεται ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ **φωτόνια**, συμφώνως πρὸς τὴν ἄποψιν τοῦ Einstein, ἀλλ' ἕκαστον φωτόνιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ ἐν **κῶμα**, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον κατὰ τὴν μετακίνησίν του εἰς τὸ διάστημα. Αὕτη ἡ θεωρία περὶ τῆς διπλῆς φύσεως τοῦ φωτός διασύει βαθύτατα τὰς συνθεταῖς τῆς σκέψεώς μας. Τὸ κῶμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον, εἶναι ἐν **κῶμα** πιθανότητος καὶ μᾶς φανερώνει πόσαι πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐμφανισθῇ τὸ φωτόνιον ἐδῶ ἢ ἐκεῖ. Ἐνῶ

δηλαδή τὸ φωτόνιον ταξιδεύει ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν πρὸς τὸ φωτιζόμενον σῶμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν τοῦ ἤ τὴν τροχίαν του, ἀλλὰ τὸ μόνον πρᾶγμα, περὶ τοῦ ὁποίου εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ ὀμιλοῦμεν εἶναι τὸ κύμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον. Ἀντιθέτως, ὅταν τὸ φῶς φθάσῃ κάπου, π.χ. ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακῆς, τότε ἡ ἀριζὴς τοῦ σωματιδίου ἐκδηλώνεται μὲ τὴν ἀκύρωσιν τῆς



Luis de Broglie

πλακῆς, ἐνῶ τὸ κύμα ἔχει ἐξαφανισθῆ. Ἄς ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ σχηματισμοῦ κροσσῶν συμβολῆς καὶ ἄς φαντασθῶμεν ὅτι τὸ διάφραγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν φωτογραφικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν σχηματιζόμενα τὰ σημεῖα προσβολῆς ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν σωματιδίων. Κατ' ἀρχὰς θὰ παρατηρήσωμεν σημεῖα προσβολῆς διεσπαρμένα εἰς τὴν τύχην. Ἀλλὰ ὀλίγον κατ' ὀλίγον θὰ ἀναγνωρίσωμεν ὅτι τὰ « τυχαῖα » αὐτὰ σημεῖα διασπείρονται συμφώνως πρὸς μίαν ὀρισμένην γενικὴν τάξιν καὶ θὰ ἴδωμεν νὰ σχηματίζεται ἡ ἀρμονικὴ σειρὰ τῶν κροσσῶν.

Ἐπειδὴ τὰ φαινόμενα ταῦτα εἶναι πολὺ ταχέα, διὰ τοῦτο δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν μόνον αὐτὴν τὴν γενικὴν τάξιν. Ἀνάλογον γενικὴν τάξιν παρατηρεῖ καὶ μία ἀσφαλιστικὴ ἐταιρεία ζωῆς, ἡ ὁποία εἶναι ἀνίκανος νὰ εἴπῃ, ἐὰν θὰ ἀποθάνῃ κατ' αὐτὸ τὸ ἔτος ὁ Α, ὁ Β ἢ ὁ Γ..., ἀλλὰ γνωρίζει πόσοι ἠσραλισμένοι ἐπὶ 10 000 θὰ ἀποθάνουν κατὰ τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα.

6. Ἡ σύγχρονος Φυσικὴ. Εἰς τὴν σύγχρονον Φυσικὴν κατὰ τὴν σπουδὴν πολλῶν φαινομένων καὶ ἰδιαιτέρως τῶν φαινομένων τοῦ μικροκόσμου ὑπεισέρχεται ἡ « τύχη », ἡ ὁποία διέπεται ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν πιθανοτήτων. Αἱ σύγχρονοι θεωρίαι τῆς Φυσικῆς εἶναι ἀρκετὰ πολυπλοκοί, διότι ὁ ἄπειρος μικρόκοσμος τῶν μορίων, τῶν ἀτόμων, τῶν ἠλεκτρονίων, τῶν φωτονίων διέπεται ἀπὸ τοὺς παραδόξους νόμους τῆς τύχης, καὶ ἀπὸ νόμους, οἱ ὁποῖοι δὲν ἰσχύουν διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ μακροκόσμου. Διὰ τὴν ἐρμηνεῖαν τῶν φαινομένων παρουσιάζονται τε-

ράστιαι δυσκολίαι. « Ὅσακις τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα, κατόπιν μεγάλων προσπαθειῶν, κατορθώνει νὰ ἀποκρυπτογραφῆσῃ μίαν σελίδα τοῦ βιβλίου τῆς φύσεως, ἀμέσως διακρίνει πόσον πολὺ δυσκολώτερον εἶναι νὰ ἀποκρυπτογραφῆσῃ τὴν ἀμέσως ἐπομένην σελίδα. Ἐν τούτοις ἐν βαθύτατον ἐνστικτον ἐμποδίζει τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα νὰ ἀποθαρρυνθῆ καὶ τὸ προωθεῖ νὰ ἀνανεώσῃ τὰς προσπάθειάς του, διὰ νὰ εἰσδύσῃ διαρκῶς περισσότερον εἰς τὴν γνῶσιν τῆς ἀρμονίας τῆς φύσεως » (Louis de Broglie).

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

1. Σπουδὴ καὶ ἐρμηνεία τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων.

Ἡ πρώτη παρατήρησις ἠλεκτρικοῦ φαινομένου ἀνάγεται εἰς τὸν Θαλήν τὸν Μιλήσιον (6ος αἰὼν π.Χ.), ὁ ὁποῖος παρετήρησεν ὅτι τὸ ἠλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα. Αὕτῃ ἦτο ἡ μόνη γνῶσις τῆς ἀνθρωπότητος περὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μέχρι τοῦ 16ου αἰῶνος. Ἡ ἐπιστημονικὴ ἀνάπτυξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἤρχισεν κυρίως ἀπὸ τῶν ἀρχῶν τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἀπὸ τοῦ 16ου μέχρι τοῦ 18ου αἰῶνος ἐγένοντο μερικαὶ παρατηρήσεις ἠλεκτρικῶν φαινομένων. Αἱ παρατηρήσεις ὅμως αὐταὶ ἐγένοντο τελείως τυχαίως ἀπὸ μερικοὺς περιέργους ἐρασιτέχνας. Πρῶτος ὁ Guericke (1602 - 1686) ἀνεκάλυψεν τὴν ἠλεκτροστατικὴν ἄπωσην, διότι μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐπιστεύετο ὅτι μεταξὺ δύο ἠλεκτρισμένων σωμάτων ἐξασκεῖται πάντοτε ἑλξις. Ὁ Boule (1626 - 1691) ἀπέδειξεν ἀργότερον ὅτι αἱ ἠλεκτρικαὶ ἑλξεις καὶ ἀπώσεις παρατηροῦνται καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ὁ Ἄγγλος Gray ἀπέδειξεν τὸ 1729 ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς δύναται νὰ μεταβῆ ἀπὸ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ διέκρινεν τὰ σώματα εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγούς. Ἐπίσης ἀπέδειξεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἠλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς καὶ μίαν μεταλλικὴν ράβδον, ἀρκεῖ νὰ τὴν στερεώσωμεν ἐπὶ ἐνὸς μονωτοῦ. Τέλος ὁ ἴδιος ἀνεκάλυψεν τὴν ἠλέκτρισιν τῶν σωμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς. Ὁ Γάλλος Fay ἀνεκάλυψεν τὸ 1733 ὅτι ὑπάρχουν δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ, ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ρητίνης καὶ τὰ ὁποῖα κατόπιν ὠνομάσθησαν θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός.

Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν πειραμάτων των οἱ πρῶτοι ἐρευνηταὶ τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων ἐχρηιάζοντο καὶ « ἠλεκτρικὰς μηχανάς ». Ὅλα

αὐταὶ αἱ μηχαναὶ ἐστηρίζοντο εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἠλεκτρίσεως σωμάτων διὰ τῆς τριβῆς. Μία ἐκ τῶν πρώτων αὐτῶν μηχανῶν κατασκευάσθη ἀπὸ τὸν Guericke. Ἡ μηχανὴ αὐτὴ ἦτο σφαῖρα ἀπὸ θεῖου, ἡ ὁποία ἐστρέφετο περὶ τὸν ἄξονα. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῆς σφαίρας ἔθετεν ἐπ' αὐτῆς τὴν χεῖρα καὶ οὕτως ἀνεπτύσσετο ἠλεκτρισμὸς διὰ τριβῆς. Ὁ τύπος



A m p r e e

τῶν ἠλεκτροστατικῶν μηχανῶν διὰ τριβῆς ταχέως ἐτελειοποιήθη καὶ ἡ ἐκ θεῖου σφαῖρα ἀνεκατεστάθη μὲ ὑάλινον σπρεφόμενον δίσκον. Μία ἐκ τῶν ἀρχαιότερων ἠλεκτρικῶν συσκευῶν εἶναι ὁ πυκνωτὴς ὑπὸ τὴν μορφήν τῆς «λουγδουικῆς λαγῆνου». Ὁ πυκνωτὴς ἀνεκαλύφθη ὅλως τυχαίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὁποῖος, προσπαθῶν νὰ ἠλεκτρίσῃ 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 ἠλε-

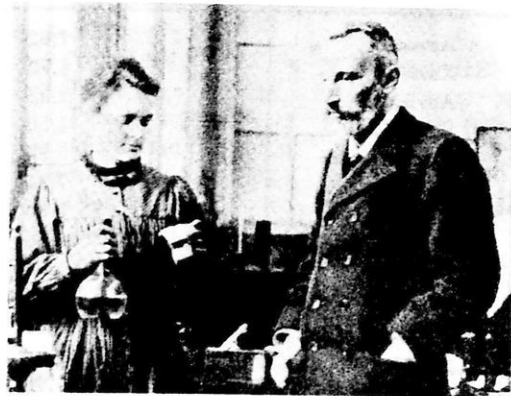
κτρικὸς σπινθὴρ μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. Ἡ συστηματικὴ ὅμως ἔρευνα τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων καὶ ἡ ἀνακάλυψις τῶν νόμων, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰ φαινόμενα ταῦτα ἤρchiσεν μόνον ἀπὸ τὰς ἀρχὰς τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἐκτοτε ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὑπῆρξεν ταχυτάτη καὶ καταπληκτικὴ, παρὰ τὸ γεγονός, ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διεσαφηρίσθη μόλις κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας τοῦ αἰῶνος μας.

Πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν. Πρὶν ἀκόμη γνωρίσωμεν τί εἶναι ὁ ἠλεκτρισμὸς, τὸν ἐξεμεταλλεύθημεν ἐντατικώτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς. Αἱ πειραματικαὶ καὶ θεωρητικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ἀπεκάλυψαν κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς εἶναι στενώτατα συνυφασμένος μὲ τὴν ὕλην. Οὕτω κατορθώθη νὰ δοθῇ πλήρης ἐρμηνεία εἰς ὅλα τὰ γνωστὰ ἠλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα καὶ

ἐπὶ πλέον νὰ ἐρμηνευθῆ ἡ παραγωγή τῶν ἀκτινοβολιῶν ὑπὸ τῆς ὕλης. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα διήνοιξεν τὴν ὁδὸν πρὸς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν κατ' ἀρχὰς καὶ πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν βραδύτερον. Οἱ δύο οὗτοι νεώτατοι κλάδοι τῆς Φυσικῆς ἐξελίσσονται σήμερον ραγδαίως. Ἡ μεταστοιχείωσις, τὴν ὁποίαν ἐπεδίωκον ματαίως οἱ ἄλχημισταί, ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιτυγχάνομεν ἐπιθυμητὰς τροποποιήσεις τῆς συστάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ



Δημόκριτος



Μαρία καὶ Πέτρος Κιουρί

ἀτόμου. Ἡ βαθυτέρα γνῶσις τῶν φαινομένων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μᾶς διήνοιξεν τὴν λεωφόρον πρὸς βαθυτέραν γνῶσιν τῆς συστάσεως καὶ τῆς ἐξελίξεως τῆς ὕλης καὶ ἐπὶ πλέον μᾶς διήνοιξεν ἓν ἀπέραντον πεδῖον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὁποῖαι ἤλλαξαν τὸν ρυθμὸν τῆς ζωῆς τῶν ἀνθρώπων.

3. Ἡ πρόοδος τῆς Φυσικῆς. Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰργάσθησαν διάφοροι φυσικοὶ ἀνήκοντες εἰς ὅλους τοὺς πολιτισμένους λαούς. Ἀπὸ τὴν διεθνῆ ἀνταλλαγὴν τῶν ἐπιστημονικῶν ἀντιλήψεων, τῶν θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν ἐπιτεύξεων προέκυψεν τὸ θαυμάσιον πνευματικὸν οἰκοδόμημα τῆς Νεωτέρας φυσικῆς καὶ ἡ καταπληκτικὴ πρόοδος τῆς Νεωτέρας Τεχνικῆς.

Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

Π Ι Ν Α Ξ 1

Ειδική αντίστασις εις $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ (θερμοκρασία 20° C)
Θερμικός συντελεστής αντίστασως εις grad^{-1}

Σώμα	Ειδική αντίστασις	Θερμικός συντελεστής (α)
Άργυρος	1,62	36 $\cdot 10^{-4}$
Χαλκός	1,72	40 . »
Άργίλλιον	2,82	36 . »
Βολφράμιον	5,50	52 . »
Ψευδάργυρος	5,92	35 . »
Νικέλιον	7,24	54 . »
Σίδηρος	9,80	50 . »
Λευκόχρυσος	10,50	36 . »
Μόλυβδος	21,00	40 . »
Νικελίνη	40,00	4 . »
Μαγγανίνη	44,00	0,1 . »
Κονσταντάν	50,00	0,1 . »
Άνθραξ άποστακτήρων	60,00	— —
Υδράργυρος	95,78	9 . »

Π Ι Ν Α Ξ 2

Διηλεκτρική σταθερά	
Άηρ	1
Χάρτης παραφινωμένος	2
Έβονίτης	2,8
Ήλεκτρον	2,8
Ξύλον	2 — 8
Χαλαζίας	4,5
Παραφινέλαιον	4,7
Υάλος	5 — 10
Μαρμαρυγίας	6
Πορσελάνη	6
Οινόπνευμα	26
Υδωρ	81

Π Ι Ν Α Ξ 3

Ήλεκτρικαί μονάδες

Φυσικόν μέγεθος	Μονάξ	Σχέσις μεταξύ μονάδων
Ήλεκτρικόν φορτίον	1 ΗΣΜ	
»	1 Coulomb (1 Cb)	1 Cb = $3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ
»	1 άμπερώριον (1 Ah)	1 Ah = 3600 Cb
Δυναμικόν	1 ΗΣΜ	
»	1 Volt (1 V)	1 V = $1/300$ ΗΣΜ
Χωρητικότηξ	1 ΗΣΜ	
»	1 Farad (1 F)	1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ΗΣΜ
»	1 microfarad (1 μF)	1 μF = 10^{-6} F
Έντασις ρεύματος	1 Ampère (1 A)	
Άντίστασις άγωγοῦ	1 Ohm (1 Ω)	
»	1 microhm (1 μΩ)	1 μΩ = 10^{-6} Ω
Έντασις μαγνητικού πεδίου	1 Gauss	
Μαγνητική ροή	1 Maxwell (1 Mx)	
Συντελεστήξ αύτεπκωγῆξ	1 Henry (1 H)	

Π Ι Ν Α Ξ 4

Γενικάί φυσικάί σταθεραί

Ταχύτηξ φωτόξ ειξ τό κενόν	c_0	= $2,99793 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Στοιχειώδεξ ήλεκτρικόν φορτίον	e	= $1,6020 \cdot 10^{-19}$ Cb
Μάζα ήλεκτρονίου	m_e	= $9,1066 \cdot 10^{-28}$ gr
Μάζα πρωτονίου	m_p	= $1,67248 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα νετρονίου	m_n	= $1,67480 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα άτόμου ύδρογόνου	m_H	= $1,6734 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα σωματιδίου α	m_a	= $6,6442 \cdot 10^{-24}$ gr
Λόγοξ μάζηξ πρωτονίου πρόξ μάζαν ήλεκτρονίου	$\frac{m_p}{m_e}$	= 1836,5
1 μονάξ άτομικήξ μάζηξ	1 amu	= $1,66 \cdot 10^{-24}$ gr
Σταθερά του Planck	h	= $6,625 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.
Σταθερά τελείων άερίων	R	= $8,31436 \cdot 10^7$ C.G.S.
Σταθερά παγκοσμίου έλξεωξ	k	= $6,67 \cdot 10^{-8}$ C.G.S.
Άριθμόξ του Avogadro	N_A	= $6,0228 \cdot 10^{23}$ μόρια/mol
Άριθμόξ του Loschmidt	N_L	= $2,687 \cdot 10^{19}$ μόρια/cm ³

Π Ι Ν Α Ξ 5

Σχέσεις μεταξύ των μονάδων του αγγλοσαξονικού συστήματος
και του συστήματος μονάδων C.G.S.

Μ ἤ κ ο ς			
1 Ἴντσα	(in)	= 2,540	cm
1 πούς	(ft)	= 30,48	cm
1 μίλιον	(mi)	= 5280	ft
1 μίλιον	(mi)	= 1609	m
Μ ἄ ρ α			
1 χιλιόγραμμα	(kgr)	= 2,205	πάουντ (lb)
Τ α χ ύ τ η ς			
1 mi/h		= 44,7	cm/sec
1 ft/sec		= 30,48	cm/sec
Δ ύ ν α μ ε ι ς			
1 λίμπρα	(lb)	= 4,45 · 10 ⁵	dyn
Π ί ε σ η ς			
1 ατμόσφαιρα	(atm)	= 14,7	lb/in ²
1 lb/in ²		= 69,87	dyn/cm ²
Έ ρ γ ο ν — Έ ν έ ρ γ ε ι α			
1 πούς λίμπρα	(ft · lb)	= 1,356	Joule
1 πούς λίμπρα	(ft · lb)	= 0,3239	cal
1 cal		= 3,087	ft · lb
Ί σ χ ύ ς			
1 ἵππος (HP)		= 746	Watt
»		= 550	ft · lb/sec

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

Α' Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν

π, π'	ἀποστάσεις ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἢ τὸν φακὸν
R, R'	ἀκτίς καμπυλότητος σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
φ	ἐστιακὴ ἀπόστασις σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
A, E	μεγέθη ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου
E/A	γραμμικὴ μεγέθυνσις κατόπτρου ἢ φακοῦ
π	γωνία προσπτώσεως
δ	γωνία διαθλάσεως
ν	δείκτης διαθλάσεως ἢ συχνότης
l	ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς
Φ	φωτεινὴ ροή
P	ἰσχύς φακοῦ ἢ μικροσκοπίου
M	μεγέθυνσις μικροσκοπίου καὶ τηλεσκοπίου
c	ταχύτης τοῦ φωτός
λ	μῆκος κύματος ἀκτινοβολίας

Β' Ἐξισώσεις τῆς Ὀπτικῆς

Σφαιρικὰ κάτοπτρα $\varphi = R/2, 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi, E/A = \pi'/\pi$

Κοίλα κάτοπτρα :

εἶδωλον πραγματικὸν $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$

εἶδωλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$

Κυρτὰ κάτοπτρα :

εἶδωλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$

Διάθλασις τοῦ φωτός $\nu = \eta\mu \pi / \eta\mu \delta \quad \nu = u_1/u_2$

u_1 καὶ u_2 αἱ ταχύτητες τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ σώματα

Ὅρικὴ γωνία (φ) $\eta\mu \varphi = 1/\nu$

Πρίσματα $\nu = \eta\mu \pi_1 / \eta\mu \delta_1 \quad \nu = \eta\mu \pi_2 / \eta\mu \delta_2$

$A = \delta_1 + \delta_2 \quad E = \pi_1 + \pi_2 - A$

A ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος καὶ E ἡ γωνία ἐκτροπῆς διὰ τὰ λεπτὰ πρίσματα $E = A \cdot (\nu - 1)$

Ἐλάχιστη ἐκτροπή ($E_{ελ}$) : $\pi_1 = \pi_2$ $\delta_1 = \delta_2$ $A = 2\delta_1$
 $\nu = \eta\mu\pi_1/\eta\mu\delta_1$ $E_{ελ} = 2\pi_1 - A$

Συνθήκη ἐξόδου τῆς ἀκτῖνος ἐκ τοῦ πρίσματος : $A \leq \varphi$
 φ ἢ ὀρθὴ γωνία διὰ τὸ πρίσμα

Φακοί :

1) ἐστιακὴ ἀπόστασις $1/\varphi = (\nu - 1) \cdot (1/R - 1/R')$

2) θέσις εἰδώλου $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$

3) μεγέθυνσις φακοῦ $E/A = \pi'/\pi$

4) ἰσχὺς φακοῦ $P = 1/\varphi$

Ἴσχυς ὁμοαξονικοῦ συστήματος φακῶν εὐρισκομένων εἰς ἐπαφὴν :

$$1/\varphi = 1/\varphi_1 + 1/\varphi_2 + 1/\varphi_3$$

Συγκλίνοντες φακοί :

1) εἰδῶλον πραγματικὸν $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$

2) εἰδῶλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$

Ἀποκλίνοντες φακοί :

εἰδῶλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$

Φαινομένη διάμετρος (α) ἀντικειμένου $\alpha = AB/OA$

AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ OA ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν

Ἀπλοῦν μικροσκοπίον :

1) ἰσχὺς (P) $P = 1/\varphi$ ἢ $P = \alpha/AB$

2) μεγέθυνσις (M) $M = 1 + \delta/\varphi$ ἢ $M = \delta/\varphi$

α ἢ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου, AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ δ ἢ ἐλάχιστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ.

Σύνθετον μικροσκοπίον :

1) ἰσχὺς (P) $P = \frac{l}{\varphi_n \cdot \varphi_a}$

2) μεγέθυνσις (M) $M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_n \cdot \varphi_a}$

φ_n καὶ φ_a αἱ ἐστιακαὶ ἀποστάσεις προσοφθαλμοῦ καὶ ἀντικειμενικοῦ, l ἢ μεταξὺ τῶν ἀποστάσεων καὶ δ ἢ ἐλάχιστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Μεγέθυνσις (M) τηλεσκοπίου

$$M = \varphi_a / \varphi_e$$

Φωτομετρία :

$$1) \text{ ὀλική φωτεινή ροή (} \Phi_{ολ} \text{) πηγῆς} \quad \Phi_{ολ} = 4\pi \cdot I$$

I ἡ ἔντασις τῆς πηγῆς καὶ $\pi = 3,14$

$$2) \text{ φωτισμὸς (E) ἐπιφανείας} \quad E = (I^2 / R) \cdot \text{συν } \alpha$$

R ἡ ἀπόστασις τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ α ἡ γωνία προσπτώσεως τῶν ἀκτίνων

$$3) \text{ Μέτρησις ἐντάσεως} \quad I_A : I_B = R_A^2 : R_B^2$$

 R_A καὶ R_B αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἐξ ἴσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν

Ἴσοδυναμία φωτεινῆς ροῆς καὶ μηχανικῆς ἰσχύος: 1 Lumen = 0,01 Watt

Ἐξίσωσις κυμάτων :

$$v = \nu \cdot \lambda$$

Ἐνέργεια φωτονίου

$$q = h \cdot \nu$$

 ν ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας, h ἡ σταθερὰ τοῦ Planck καὶ q ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Α' Φυσικά μεγέθη καὶ σύμβολα αὐτῶν

m	ποσότης μαγνητισμοῦ
α	ἀπόστασις
σ	ἐπιφάνεια
H	ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου
Φ	μαγνητικὴ ροή
$\Delta\Phi$	μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς
F	δύναμις
Q, q	ἠλεκτρικὸν φορτίον
E	ἐντασις ἠλεκτρικοῦ πεδίου
U	δυναμικόν, διαφορά δυναμικοῦ, τάσις
C	χωρητικότητα
W	ἔργον, ἐνέργεια
P	ἰσχύς

t	χρόνος
I	ένταση ρεύματος
l	μῆκος
R	άντιστασις
r	ἀκτίς σφαίρας, ἔσωτερική ἀντίστασις γεννητρίας
E	ἠλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας
E'	ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις ἀποδέκτου
L	συντελεστής αὐτεπαγωγῆς

Β' Ἐξισώσεις τοῦ Μαγνητισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = m_1 \cdot m_2 / \alpha^2$
Ἔνταση μαγνητικοῦ πεδίου	$H = F / m$
Μαγνητικὴ ροή	$\Phi = \sigma \cdot H$

Γ' Ἐξισώσεις τοῦ Ἡλεκτρισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / \alpha^2$
K ἢ σταθερὰ τοῦ Coulomb ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ διηλεκτρικοῦ	
Ἔνταση ἠλεκτρικοῦ πεδίου	$E = F / q$ ἢ $E = Q / \alpha^2$
Q τὸ φορτίον τὸ παράγον τὸ πεδίου, q τὸ φορτίον τὸ φερόμενον εἰς ἀπόστασιν α ἀπὸ τὸ φορτίον Q καὶ F ἡ δύναμις ἢ ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ φορτίου q	
Ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν ἠλεκτρικοῦ φορτίου	$W = Q \cdot (U_1 - U_2)$
Χωρητικότης	$C = Q / U$
Δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἀκτίνος r :	$U = Q / r$
Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	$W = Q \cdot U / 2 = C \cdot U^2 / 2 = Q^2 / 2C$
Ἔνταση τοῦ ρεύματος	$I = Q / t$
Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ	$U = I \cdot R$
Ἀντίστασις ἀγωγοῦ	$R = \rho \cdot l / \sigma$
ρ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου	
Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας	$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$
R ₀ ἡ ἀντίστασις εἰς 0°C, α ὁ θερμικὸς συντελεστής ἀντιστάσεως καὶ θ ἡ θερμοκρασία	

Σύνδεσις ἀντιστάσεων :

κατὰ σειράν

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

παράλληλως

$$1/R_{ολ} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Ἐνέργεια ἠλεκτρικοῦ ρεύματος

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \eta \quad W = I^2 \cdot R \cdot t$$

Ἴσχύς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος

$$P = U \cdot I \quad \eta \quad P = I^2 \cdot R$$

Νόμος τοῦ Joule

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$$

Q ἡ ποσότης θερμότητος εἰς θερμίδας (cal)

Ἴσχύς γεννητρίας

$$P = E \cdot I$$

Ἴσχύς ἀποδέκτου

$$P = E' \cdot I$$

Κλειστὸν κύκλωμα :

1) Χωρὶς ἀποδέκτην

$$E = I \cdot R_{ολ}$$

2) μὲ ἀποδέκτην

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

3) διαφορά δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας $U = E - I \cdot r$

Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν :

1) σύνδεσις κατὰ σειράν

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

2) παράλληλος σύνδεσις

$$v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

Νόμος ἠλεκτρολύσεως

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot I \cdot t$$

A/v τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ m ἡ ἀποτιθεμένη μάζα τοῦ στοιχείου

Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος :

1) εὐθύγραμμος ἄγωγος

$$H = \frac{2I}{10a}$$

2) σωληνοειδῆς

$$H = \frac{4\pi}{10} \cdot v \cdot I$$

v ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους τοῦ σωληνοειδοῦς

Δύναμις ἀσκουμένη ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος $F = \frac{1}{10} \cdot I \cdot H \cdot l$

Ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις $E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t}$

Ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς $E = L \cdot \frac{\Delta I}{t}$

Ἐναλλασσόμενον ρεύμα :

στιγμιαία τάσις	$U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$
στιγμιαία ἔντασις	$I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$
ἐνεργὸς τάσις	$U_{\text{εν}} = 0,707 \cdot U_0$
ἐνεργὸς ἔντασις	$I_{\text{εν}} = 0,707 \cdot I_0$

Μετασχηματιστής :

ἐνέργειαι	$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$
τάσις	$U_2 : U_1 = \nu_2 : \nu_1$
ἐντάσεις ρευμάτων	$I_1 : I_2 = \nu_2 : \nu_1$
ν_1 καὶ ν_2 αἱ σπείραι τοῦ πρωτεύοντος (U_1, I_1) καὶ τοῦ δευτερεύοντος (U_2, I_2) κυκλώματος	

Πυκνώτης :

1) ἤλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ $Q = C \cdot U$

2) χωρητικότης πυκνωτοῦ $C = \varepsilon \frac{\sigma}{4\pi \cdot l}$

l τὸ πάχος τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ $\pi = 3,14$

3) ἐνέργεια πυκνωτοῦ $W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$

4) παράλληλος σύνδεσις πυκνωτῶν $C = C_1 + C_2 + C_3$

5) σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειρὰν $1/C_{\text{ολ}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$

6) ἔντασις ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου $E = U/l$

l ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν

Περίοδος ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων $T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$

Συνθήκη συντονισμοῦ δύο κυκλωμάτων ταλαντώσεων $L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$

Νετρόνια τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος $N = A - Z$

A μαζικός ἀριθμὸς, Z ἀτομικός ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου ἐμφαινῶν καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, N ἀριθμὸς νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

Ἀρχὴ ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας $W = m \cdot c^2$

m μάζα ἀφυλοποιουμένη, c ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν,

W ἡ ἰσοδύναμος ἐνέργεια.

Ἐνέργεια φωτονίου $E = h \cdot \nu$.

h ἡ σταθερὰ τοῦ Planck, ν ἡ συχνότης.



024000019497

Έκδοσις ΙΣΤ', 1975 (IX) - Αντίτυπα 197.000 - Σύμβασις 2609/5-6-75

Έκτύπωσις - Βιβλιοδεσία : Ι. ΔΙΚΑΙΟΣ

