

ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

ΦΥΣΙΚΗ

Ε΄ και ΣΤ΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ
ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ
1976

19374

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 ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ 1976

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Σελίς

1. Ὅρισμοί.—2. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.—3. Φωτεινὴ ἀκτίς. Φωτεινὰ δέσμη.—4. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμου 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. Ὅρισμοί.—9. Νόμοι τῆς ἀνάκλασεως τοῦ φωτός	19 - 21
--	---------

Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὅρισμοί	25
-------------	----

α) Κοίλα σφαιρικὰ κάτοπτρα

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

β) Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα

22. Κυρία ἔστις καὶ ἔστιακὸν ἐπίπεδον.—23. Εἰδῶλον ἀντικειμένου.—24. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων	32 - 38
--	---------

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

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

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

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

Α'. Συγκλίνοντες φακοί

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

	<i>B'. Αποκλίνοντες φακοί</i>	Σελίς
45. Κυρία έστία.—46. Εΐδωλον άντικειμένου.—47. Γενικοί τύποι τών φακών		59 - 62
	<i>Γ'. Ίσχύς και σφάλματα τών φακών</i>	
48. Ίσχύς φακού.—49. Όμοζωνικόν σύστημα φακών.—50. Σφάλματα τών φακών		63 - 66
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ		
51. Κατασκευή τού όφθαλμού.—52. Κανονικός όφθαλμός. Προσαρμογή.—53. Πρεσβυωπία.—54. Μύωψ και υπερμέτρωψ όφθαλμός.		
55. Φαινομένη διάμετρος τού άντικειμένου.—56. Διόφθαλμος όρασις. Στερεοσκοπία.—57. Διάρκεια τής έντυπώσεως		66 - 71
ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ		
58. Όπτικά όργανα		72
A'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ		
59. Άπλουν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τού άπλου μικροσκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστική ικανότης τού μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευή τού άντικειμενικού και τού προσοφθαλμίου φακού		72 - 78
B. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ		
65. Διοπτρικά και κατοπτρικά τηλεσκόπια.—66. Άστρονομική διόπτρα.—67. Διόπτρα τού Γαλιλαίου.—68. Διόπτρα τών έπιγείων.—69. Πρισματική διόπτρα.—70. Κατοπτρικόν τηλεσκόπιον		78 - 83
Γ. ΣΥΝΘΗΘ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ		
71. Περισκόπιον.—72. Φωτογραφική μηχανή.—73. Προβολεύς		84 - 87
ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ		
74. Άνάλυσις τού φωτός διά πρίσματος.—75. Ίδιότητες τών άκτινοβολιών τού φάσματος.—76. Συμπληρωματικά χρώματα.—77. Φάσμα τού ήλιακού φωτός.—78. Φασματοσκόπιον.—79. Ούράνιον τόξον		87 - 92
ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ		
80. Φωτεινή έέργεια.—81. Μονάς τών στερεών γωνιών.—82. Φωτομετρικά μεγέθη.—83. Φωτομετρικά μονάδες.—84. Νόμος τής φωτομετρίας.—85. Μέτρησις τής έντάσεως φωτεινών πηγών.—86. Φωτόμετρον.—87. Άπόδοσις φωτεινής πηγής		92 - 100
ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ		
88. Θεωρία περί τής φύσεως τού φωτός.—89. Θεωρία τής έκπομπής.—90. Θεωρία τών κυμάτων.—91. Συμβολή τού φωτός.—92. Παράθλασις τού φωτός.—93. Μέτρησις τού μήκους κύματος τού φωτός.—94. Πόλωσις τού φωτός.—95. Έρμηνεία τής πολώσεως τού φωτός.—96. Διπλή διάθλασις τού φωτός.—97. Έρμηνεία τής διπλής διαθλάσεως τού φωτός.—98. Πολωτικά συσκευαί		100 - 113
ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ		
A'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ		
99. Φάσματα έκπομπής.—100. Φάσματα άπορροφήσεως.—		

101. Φάσματα απορρόφησης τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—102. Τὸ ἡλιακὸν φῶς.—103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.—104. Φασματοσκοπικὴ ἐρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων	Σελίς 113 - 118
---	--------------------

Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι.—106. Ἀπορρόφησης τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—108. Ἀπορρόφησης 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. Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ	129 - 134
---	-----------

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

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

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.—130. Μαγνητικὴ ἐγκλίσις.—131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίων.—132. Ἐντάσις 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 ἀγωγού.—146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγού.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγού	149 - 158
---	-----------

ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

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

	Σελίς
κτρικῶν φορτίων.—150. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρίσεως τῶν σωμάτων.	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. Μονὰς ἀντιστάσεως.—159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ.—160. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—	
161. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως.—162. Κύτταρον σεληνίου.—163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—164. Ροοστάται.—165. Μέτρησις ἀντιστάσεως	167 - 174
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
166. Ἐνέργεια καὶ ἰσχύς τοῦ ρεύματος.—167. Νόμος τοῦ Joule.—	
168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θεσμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος	175 - 179
ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ	
169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστόν κύκλωμα.—171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—172. Ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μὲ γεννητρίαν καὶ ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώματος.—	
174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν	179 - 186
ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ	
175. Ἡλεκτρολύται.—176. Παραδείγματα ἠλεκτρολύσεων.—	
177. Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.—178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως.—179. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—180. Συσσωρευταί.—181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον	186 - 196
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	
183. Μαγνητικὸν πεδίων ρεύματος.—184. Μαγνητικὸν πεδίων ρευματοφόρου ἀγωγοῦ.—185. Μαγνητικὸν πεδίων σωληνοειδοῦς.—	
186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—187. Ἡλεκτρομαγνήτης.—	
188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν.—189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.—190. Ἡλεκτρικὸς κινήτης.— 191. Ὁργανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων	196 - 209
ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	
192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.—195. Ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—196. Ρεύματα Foucault.—197. Αὐτεπαγωγή	209 - 216
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναί.—199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—	

200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.....	216 - 220
ΓΕΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
202. Ἐναλλακτῆρες.—203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—204. Ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.—205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις.—206. Τριφασικά ρεύματα	220 - 228
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ	
207. Μετασχηματισταί.—208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.	228 - 232
ΠΥΚΝΩΤΑΙ	
210. Πυκνωταί.—211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.—215. Ὅμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίον	232 - 238
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	
216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκνώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—217. Λαμπτῆρες μὲ ἀραιὸν ἀέριον.—218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.—219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτῖνων.—220. Παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτῖνων	238 - 244
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ	
221. Θερμοηλεκτρονικὸν φαινόμενον.—222. Ἀκτῖνες Röntgen.—223. Φύσις τῶν ἀκτῖνων 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 ἠλεκτρικὸν πεδίον.—232. Πολικὸν σέλας.....	252 - 256
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ	
233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—234. Φθίνουσαι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—235. Ἀμείωτοι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—236. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων.—237. Διέγερσις ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.....	256 - 261
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ	
238. Δίπολον τοῦ Hertz.—239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.—240. Μῆκος κύματος τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας.....	261 - 265
ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ	
243. Γενικαὶ ἀρχαί.—244. Πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—245. Δέκται ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφω-	

νον.—247. Διάδοσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἶδη κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία . .	Σελίς 266 - 274
ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ	
251. Ὅμιλῶν κινηματογράφος.—252. Μαγνητόφωνον.—253. Ἀνα- παγωγὸς 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 πυρῆνος.— 261. Ἡ κατανομὴ τῶν ἠλεκτρονίων πέριξ τοῦ πυρῆνος.—262. Στοι- χειώδης μελέτη τοῦ ἀτόμου ὑδρογόνου. Αἱ δύο συνθήκαι τοῦ Bohr.— 263. Ἴονισμὸς τοῦ ἀτόμου ὑδρογόνου.—264. Ἄτομα μὲ πολλὰ ἠλε- κτρόνια.—265. Λέξηερ	281 - 287
--	-----------

Ο ΠΥΡΗΝ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

266. Ἡ διάμετρος τοῦ πυρῆνος καὶ τοῦ ἀτόμου.—267. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—268. Τὰ συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—269. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.—270. Ἴσότοποι καὶ ἰσοβαρεῖς πυρῆνες.—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. Βιολογικά ἀπο- τελέσματα τῶν ἀκτινοβολιῶν.—279. Μονὰς ραδιενεργείας.—280. Αἱ σειραὶ τῶν φυσικῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Τὸ οὐράνιον	292 - 298
---	-----------

ΤΕΧΝΗΤΗ ΜΕΤΑΣΤΟΙΧΕΙΩΣΙΣ

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

Ο ΠΥΡΗΝ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

286. Σχάσις τοῦ πυρῆνος οὐρανίου 235.—287. Προέλευσις τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας.—288. Ἄλυσωτὴ ἀντιδρασις.—289. Ὁ πυρηνι- κὸς ἀντιδραστήρ.—290. Σύντηξις ἐλαφρῶν πυρῆνων.—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. Καλούμεν 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 **φωτεινὰ πηγὰι** (ὁ "Ἥλιος, 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 ἐκπεμφθῆ ὑπὸ τοῦ σώματος πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις· τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἐτερόφωτα** σώματα (ἡ Σελήνη, οἱ πλανῆται, τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ περίξ ἡμῶν σώματα). Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτεινὰ πηγὰι (φυσικαὶ καὶ τεχνηταὶ), εἶναι πάντοτε τῆς αὐτῆς φύσεως καὶ ἀκολουθεῖ τοὺς ἰδίους νόμους.

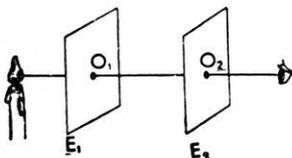
Μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα (ὕαλος, ἀήρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα (ζύλον, πλάξ μεταλλοῦ κ.ἄ.). Τέλος μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέρχεται,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

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

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' εὐθεῖαν 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.

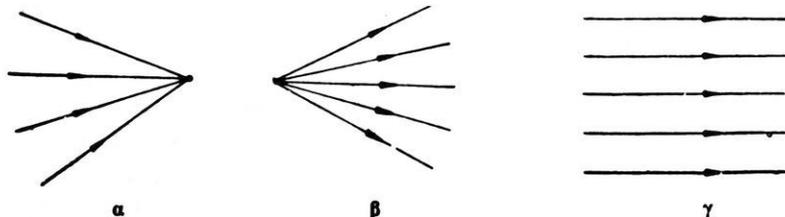
Ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός ἐπαληθεύεται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸ ἐξῆς ἀπλοῦστατον πείραμα (σχ. 1).



Σχ. 1. Ἀπόδειξις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός

Λαμβάνομεν δύο ἀδιαφανῆ διαφράγματα E₁ καὶ E₂, ἕκαστον τῶν ὁποίων φέρει μικρὰν κυκλικὴν ὄπην. Ἐν λευκὸν νῆμα διέρχεται διὰ τῶν δύο ὀπῶν O₁ καὶ O₂. Ὅπισθεν τοῦ διαφράγματος E₁ τοποθετοῦμεν φωτεινὴν πηγὴν, ὀπισθεν δὲ τοῦ διαφράγματος E₂ φέρομεν τὸν ὀφθαλμὸν μας. Ὅταν ἐπιτύχωμεν νὰ βλέπωμεν τὴν πηγὴν διὰ μέσου τῶν ὀπῶν O₁ καὶ O₂, τότε τίνομεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ὀπαι O₁, O₂ 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. Φωτεινὰ δέσμα. Ἡ εὐθεῖα γραμμὴ, κατὰ τὴν ὁποίαν διαδίδεται τὸ φῶς, καλεῖται **φωτεινὴ ἀκτίς**. Αἱ φωτεινὰ ἀκτίνες ἐκπορεύονται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν ὁμοιομόρφως πρὸς ὅλας



Σχ. 2. Εἶδη φωτεινῶν δεσμῶν (α συγκλίνουσα, β ἀποκλίνουσα, γ παράλληλος)

τάς κατευθύνσεις. Πολλὰ ἀκτίνες ἀποτελοῦν μίαν **φωτεινὴν δέσμη**. Ἐὰν ὅλαι αἱ ἀκτίνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης διέρχονται δι' ἐνὸς σημείου,

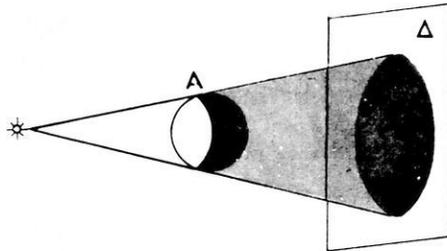
τότε ἡ μὲν δέσμη καλεῖται **στιγματική**, τὸ δὲ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **ἐστία** τῆς δέσμης. Μία φωτεινὴ δέσμη δύναται νὰ εἶναι **συγκλίνουσα**, **ἀποκλίνουσα** ἢ **παράλληλος** (σχ. 2). Πολλὰ ὀπτικά φαινόμενα εἶναι δυνατόν νὰ ἐξετασθοῦν χωρὶς νὰ εἶναι ἀνάγκη νὰ γνωρίζωμεν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Εἰς τὰ 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.

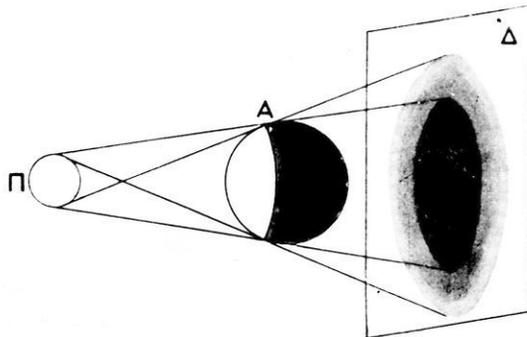
α) **Σκιά**. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν φωτεινῶν ἀκτῖνων παρεμβληθῇ ἐν ἀδιαφανὲς σῶμα, τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος ὑπάρχει χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου δὲν εἰσέρχεται φῶς· ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται **σκιά**.

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

ποτόμως. Ἐὰν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχη **διαστάσεις** (σχ. 4), τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ **σκιά**, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν εἰσέρχεται καμμία φωτεινὴ ἀκτίς, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ **παρασκιά**, ἤτοι μία περιοχὴ, ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσέρχονται φωτειναὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ



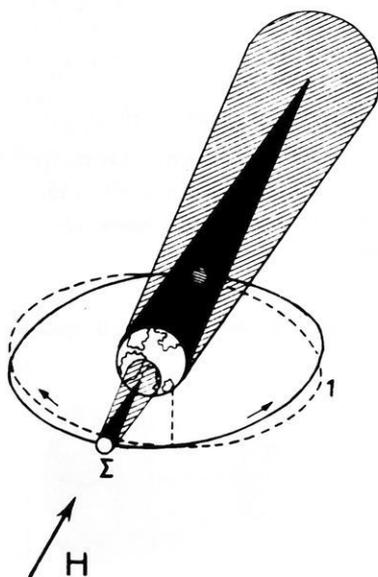
Σχ. 3. Σχηματισμὸς σκιάς



Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιάς καὶ παρασκιάς

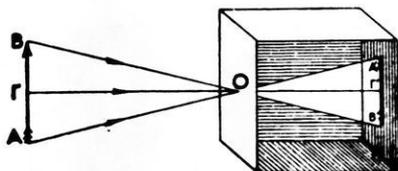
ώρισμένα μόνον σημεία τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν περιοχὴν γίνεται βαθμιαίως.

β) Ἐκλείψεις τῆς Σελήνης καὶ τοῦ Ἡλίου. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης καὶ τοῦ Ἡλίου εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.



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

παρεμβληθῆ μεταξύ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὁπότε ἡ σκιά τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς,



Σχ. 6. Σκοτεινὸς θάλαμος

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

μένη εἰς ἀντίθεσιν (πανσέληνος), δύναται ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὴν σκιάν τῆς Γῆς, ὁπότε ἡ Σελήνη δὲν φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλίον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ Σελήνη γίνεται ἀόρατος διὰ τοὺς κατοίκους τῆς Γῆς, τοὺς εὐρισκόμενους εἰς τόπους, οἵτινες εὐρίσκονται ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Γῆς. Αἱ δὲ ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὁποία σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς Σελήνης. Ὄταν ἡ Σελήνη εὐρίσκεται εἰς σύνοδον (Νέα Σελήνη), δύναται ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας νὰ

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.

γ) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ

μένον τὸ εἰδῶλον 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 μήκος τῆς σκιᾶς, τὴν ὁποίαν ρίπτει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους κατακόρυφος ράβδος ὕψους 2 m, ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῆς ράβδου ἀπὸ τὴν κατακόρυφον, τὴν διερχομένην διὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, εἶναι 3 m ;

2. Δύο σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας Ρ καὶ ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν κέντρων τῶν Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ μεγαλύτερα σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ μικροτέρα σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μήκος τοῦ σκιεροῦ κώνου, ὁ 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 μεταξὺ τῶν δύο κέντρων τῶν Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Ὅπισθεν τῆς σφαίρας Α' τοποθετεῖται διάφραγμα καθέτως πρὸς τὴν εὐθείαν ΟΟ', καὶ εἰς ἀπόστασιν ε ἀπὸ τὸ κέντρον Ο' τῆς ἀδιαφανοῦς σφαίρας. Νὰ εὑρεθοῦν αἱ ἀκτίνες 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 ἕδρας του ὑπάρχει μικρὰ ὀπή. Ἐπὶ τῆς ἕδρας, τῆς εὐρισκομένης ἀπέναντι τῆς ὀπῆς, λαμβάνομεν τὸ εἶδῶλον ἐνὸς ἀντικειμένου ἔχοντος ὕψος 300 m. Ἐὰν τὸ μήκος τοῦ εἰδώλου εἶναι 3 cm, πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν τόπον τῆς παρατηρήσεως ;

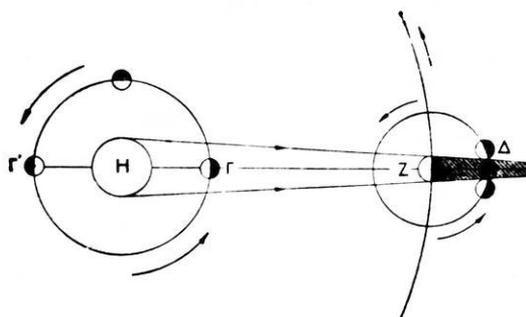
Τ Α Χ Υ Τ Η Σ Δ Ι Α Δ Ο Σ Ε Ω Σ Τ Ο Υ Φ Ω Τ Ο Σ

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

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

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

***6. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός. α) Μέθοδος τοῦ Römer.** Ὁ Römer (1675) κατώρθωσε νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός στήριζόμενος εἰς τὰς παρατηρήσεις του ἐπὶ τῆς κινήσεως τοῦ πρώτου δορυφόρου τοῦ Διὸς. Ὁ χρόνος μιᾶς



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

περιφορᾶς τοῦ δορυφόρου τούτου περί τὸν Δία εἶναι 42,15 ὥραι (περίπου). Καθ' ἐκάστην περιφορὰν του ὁ δορυφόρος βυθίζεται ἐντὸς τῆς σκιᾶς τοῦ Διὸς (σχ. 7). Ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ τῆς τροχιάς της, τότε μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ

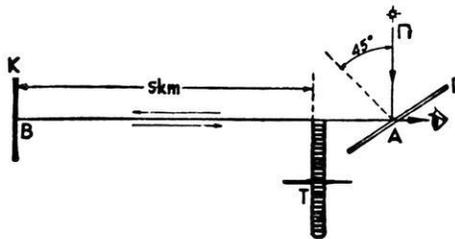
δορυφόρου Δ μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μὲ 42,15 ὥρας. Ἐφ' ὅσον ὁμοίως ἡ Γῆ κινεῖται ἐκ τῆς θέσεως Γ πρὸς τὴν ἐκ διαμέτρου ἀντίθετον θέσιν Γ' παρατηρεῖται μία διαρκῶς αὐξανόμενη καθυστέρησις εἰς τὴν ἐναρξίν τῆς ἐκλείψεως. Ἡ καθυστέρησις αὐτὴ λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν της 1000 δευτερόλεπτα (περίπου), ὅταν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

ἔπεται 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 τόσο μεγάλη, ὥστε ἐντὸς ἐλαχίστου χρόνου τὸ φῶς διατρέχει πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἶναι δυνατόν νὰ μετρηθῇ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός, ἂν καταστῇ δυνατόν νὰ μετρηθῇ ὁ πολὺ μικρὸς χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὸ φῶς διατρέχει μίαν γνωστὴν μικρὰν ἀπόστασιν. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς ἐστρηρίχθη 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 ὑάλινης πλακῆς Γ, ἀνακλᾶται ἐν μέρει ἐπ' αὐτῆς καὶ κατευθύνεται πρὸς τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον κάτοπτρον Κ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει καθέτως. Ἐκεῖ ἡ ἀκτίς ὑφίσταται δευτέραν ἀνάκλασιν, ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α καὶ διερχομένη διὰ τῆς πλακῆς Γ φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἡ ἀπόστασις τῆς πλακῆς Γ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον Κ εἶναι ὀλίγα μόνον χιλιόμετρα. Ἐμπροσθεν τῆς πλακῆς ὑπάρχει ὀδοντωτὸς τροχὸς Τ, ὁ ὁποῖος φέρει ἴσον ἀριθμὸν ὀδόντων καὶ διακέων τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ δύναται νὰ τεθῇ εἰς ὀμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐστω ὅτι ὁ τροχὸς φέρει μ ὀδόντας· ἄρα ἔχει καὶ μ διάκενα. Ἐὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίη συνεχῶς αὐξανόμενη, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει τὸ ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιστρέφον φῶς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς διέτρεξε τὸ διάστημα $AB + BA = 2 \cdot AB$, εἰς ὁδοῦς τοῦ τροχοῦ μετεκινήθη καὶ κατέλαβε τὴν θέσιν τοῦ προηγουμένου διακένου (διὰ τοῦ ὁποίου διήλθε τὸ φῶς βαῖνον πρὸς τὸ κάτοπτρον Κ). Ἐὰν κατὰ τὴν στιγμήν ἐκείνην ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ εἶναι ν, τότε τὸ φῶς, διὰ νὰ διατρέξῃ τὸ διάστημα $2s$, χρειάζεται χρόνον: $t = \frac{1}{2\nu \cdot \mu}$.



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

Ἐπομένως ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι :

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

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

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

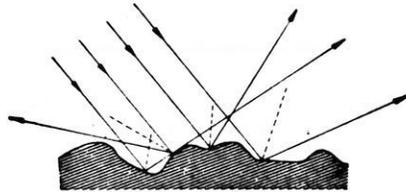
II. Εἰς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐλάχιστα διαφέρει ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν.

III. Εἰς τὰ διαφανῆ ὑλικά 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 ἀπλανῆς 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 ἑκατομμύρια ἐτῶν φωτός.

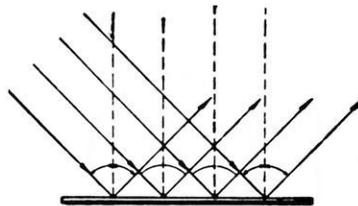
ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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



Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμάλου ἐπιφανείας

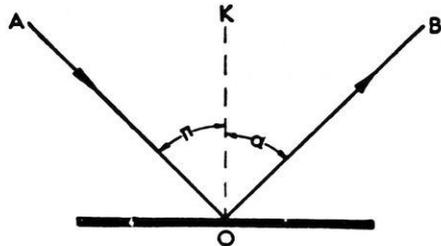
Ἔνεκα τῆς διαχύσεως γίνονται ὁρατὰ ὅλα τὰ περίξ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαιρας προκαλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἡλιακοῦ φωτός παρεμβάλλομεν μίαν λείαν καὶ στυλπνὴν μεταλλικὴν πλάκα, τότε ἡ προσπίπτουσα φωτεινὴ δέσμη ἀλλάσσει πορείαν καὶ κατευθύνεται πρὸς ὠρισμαμένην διεύθυνσιν (σχ. 10). 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 στυλπνῆς ἐπιφανείας. Ἀλλὰ καὶ μία λεία καὶ στυλπνὴ ἐπιφάνεια ἔχει πάντοτε μικρὰς ἀνωμαλίας, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν μικρὰν διάχυσιν. Τοῦτο καταφαίνεται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλὶς, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἐπὶ τῆς μεταλλικῆς πλακός, εἶναι ὁρατὴ ἀπὸ οἰονδήποτε σημείου τοῦ δωματίου παρατηροῦμεν τὴν πλάκα.



Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας

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

μορφής, την οποίαν έχει ή ανακλώσα επιφάνεια, διακρίνομεν διάφορα είδη κατόπτρων : ἐπίπεδα, σφαιρικά, κυλινδρικά, παραβολικά κάτοπτρα. Ἡ

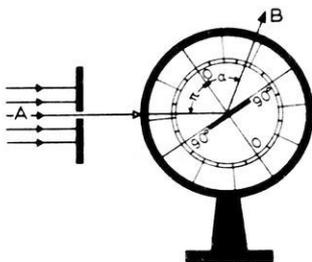


Σχ. 11. Ὁρισμός τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως

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

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

9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός. Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ ὠρισμένους νόμους, τοὺς ὁποίους δυνάμεθα νὰ 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 κάτοπτρον. Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς διαβιβάζεται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου λεπτή φωτεινὴ δέσμη. Ἡ ἀνακλωμένη λεπτή δέσμη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας μόνον, ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς μας εὑρίσκηται ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὑρίσκηται καὶ ἡ προσπίπτουσα δέσμη. Ὡστε ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου. Ἐὰν μεταβάλλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως π , εὑρίσκομεν 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** :

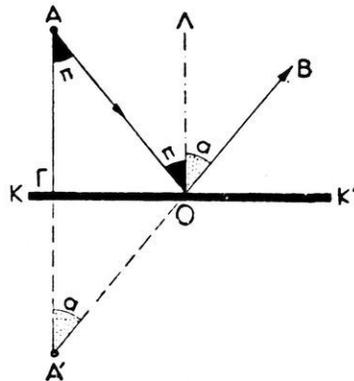
I. Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

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

Ἐφαρμογὴν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως ἔχομεν εἰς τὰ διάφορα κάτοπτρα.

Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

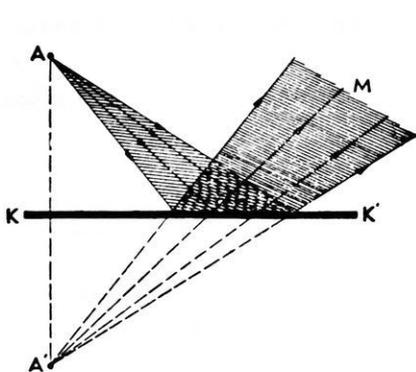
10. Ἐπίπεδον κάτοπτρον. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, προερχομένη ἀπὸ φωτεινὸν σημεῖον A (σχ. 13), δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα OB. Ἡ προέκτασις τῆς ἀκτῖνος OB τέμνει τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου AG εἰς τὸ σημεῖον A'. Εὐκόλως συνάγεται ὅτι τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα AGO καὶ A'GO εἶναι ἴσα καὶ ἐπομένως εἶναι $AG = A'G$. 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 των 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 ἀκτῖνων, καλεῖται **φανταστικὸν εἰδῶλον**. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου A'B' ἐνὸς ἀντικειμένου AB φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :



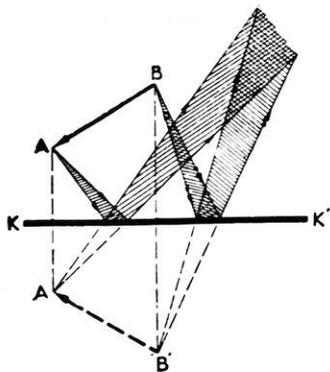
Σχ. 13. Ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου

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

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



Σχ. 14. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου



Σχ. 15. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου

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

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

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

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

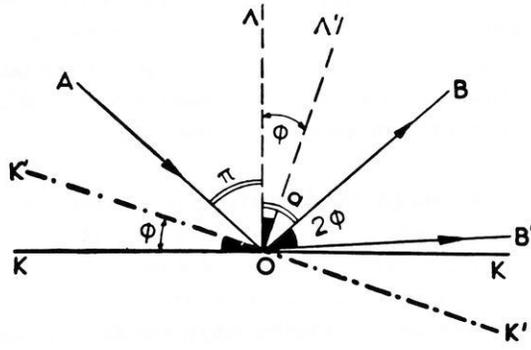
$$\widehat{AOB} = 2 \cdot \widehat{AOL} = 2\pi, \quad \widehat{AOB'} = 2 \cdot \widehat{AOL'} = 2(\pi + \varphi)$$

Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

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

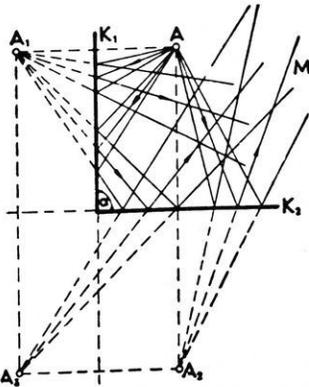
Όταν επίπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατά γωνίαν φ περί άξονα, κάθετον πρὸς τὸ επίπεδον προσπτώσεως σταθερᾶς άκτίνας, τότε ἡ ἀνακλωμένη άκτίς στρέφεται κατὰ διπλασίαν γωνίαν 2φ περί τὸν αὐτὸν άξονα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν.



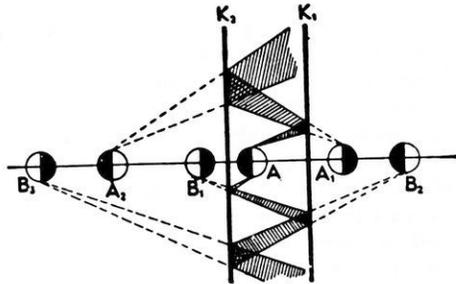
Σχ. 16. Στροφή επίπεδου κατόπτρου

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

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



Σχ. 17. Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν



Σχ. 18. Παράλληλα κάτοπτρα

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

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

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 μεταξύ των ἀπόστασις 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 ἔχη κατακόρυφον κάτοπτρον καὶ εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δάπεδον πρέπει νὰ στερεωθῇ, ὥστε ὁ παρατηρητὴς νὰ βλέπῃ τὸ εἶδωλό 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 ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ οὕτως, ὥστε νὰ ἀπέχει 50 cm ἀπὸ τὴν

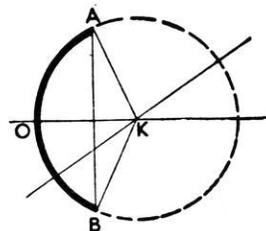
όροφην. Εἰς τὸ μέσον ἑνὸς τῶν τοίχων εὐρίσκεται κατακόρυφον ἐπίπεδον κατόπτρον, τὸ ὁποῖον ἔχει σχῆμα τετραγώνου καὶ πλευρὰν 50 cm. Πόση ἐπιφάνεια τοῦ διαπέδου φωτίζεται ἐξ ἀνακλάσεως;

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 ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὴν κεντρικὴν ἀκτῖνα τῆς δέσμης. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τῆς νέας ἐστίας τῆς δέσμης.

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

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὁρισμοί. Εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἢ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρικὴ. Διακρίνομεν δύο εἶδη σφαιρικῶν κατόπτρων: τὰ **κοῖλα** σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοίλη καὶ τὰ **κυρτά** σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή. Τὸ μέσον Ο τοῦ κατόπτρου (σχ. 19) καλεῖται **κορυφὴ** 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 ἑνὸς ἀντικειμένου, πρέπει νὰ πληροῦνται αἱ ἐξῆς συνθήκαι: α) Τὸ κάτοπτρον πρέπει νὰ ἔχη μικρὸν ἄνοιγμα· ἄνοιγμα 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 συνθήκαι. Ἐπίσης θὰ θεωροῦμεν εἰς τὰ κατωτέρω τομὴν τοῦ κατόπτρου διερχομένην διὰ τοῦ κυρίου ἄξονος.

I. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

15. Είδωλον φωτεινού 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 :

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

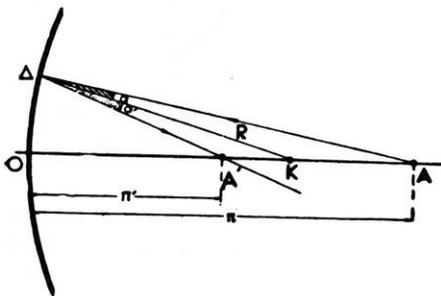
Ἀπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν εὐρίσκομεν :

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

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα ἐξίσωσις δεικνύει ὅτι ἡ ἀπόστασις π' τοῦ σημείου A' ἀπὸ τὴν κορυφὴν O ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν π τοῦ φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κατόπτρου καὶ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου. Ἐπομένως ὅλαι αἱ ἐκ τοῦ σημείου A ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, ἐφ' ὅσον προσπίπτουν πλησίον τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, διέρχονται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, διὰ τοῦ σημείου A' . Τὸ σημεῖον A' εἶναι τὸ **πραγματικὸν εἶδωλον** τοῦ φω-



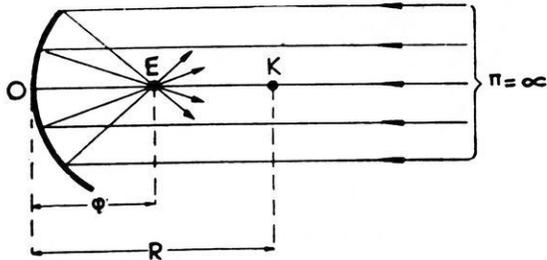
Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου

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

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

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

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



Σχ. 21. Κυρία ἐστία κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου

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

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

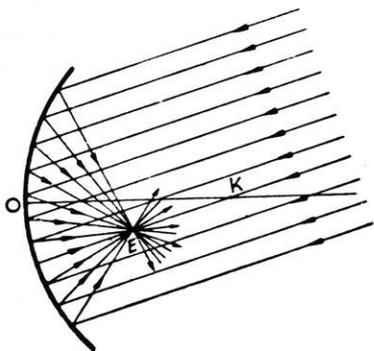
εὐρίσκομεν: $\frac{1}{\varphi} = \frac{2}{R}$. Ἄρα:

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

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

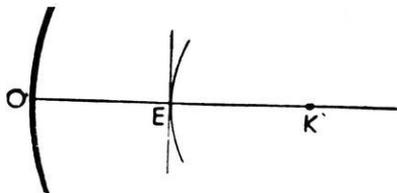
17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον. Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν δέσμη ἀκτίνων παράλληλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ὅλαι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτίνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, διέρχονται δι' ἑνὸς σημείου Ε' τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος· τὸ σημεῖον Ε' εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν $\varphi = R/2$

ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ καλεῖται **δευτερεύουσα ἐστία** (σχ. 22). Ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαὶ τοῦ κατόπτρου εὐρίσκονται ἐπὶ μιᾶς σφαιρικῆς ἐπιφανείας, ἣ ὁποία ἔχει κέντρον τὸ K καὶ ἀκτίνα $R/2$. Ἐ-



Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἐστία τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου

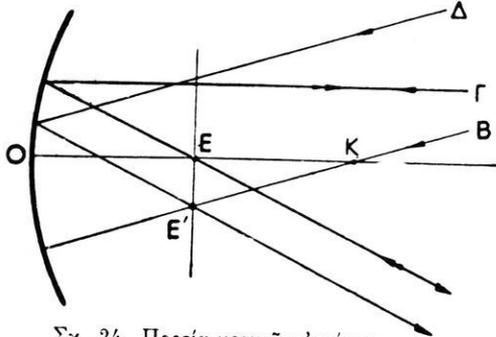
πειδὴ ὅμως τὸ κάτοπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος, δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαὶ εὐρί-



Σχ. 23. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου

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

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



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων

πορείαν μερικῶν ἀκτίνων (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.

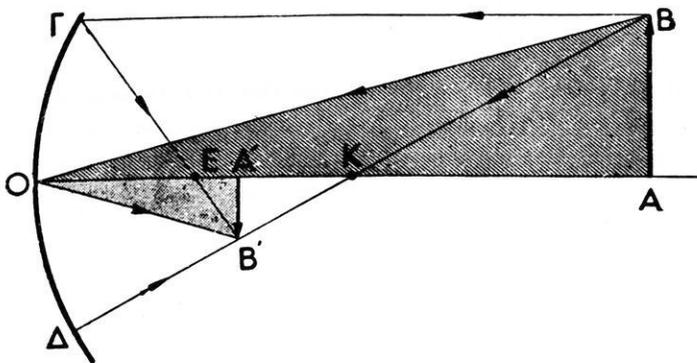
III. Όταν ή προσπίπτουσα άκτις διέρχεται διά τής κυρίας έστίας, ή ανακλωμένη άκτις είναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

IV. Όταν μία άκτις προσπίπτει παράλληλος πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ή ανακλωμένη άκτις διέρχεται διά τής αντίστοιχου δευτερευούσης έστίας, ή όποία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ έστιακοῦ ἐπιπέδου.

V. Όταν φωτεινὸν σημεῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ εἶδωλὸν τοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος· αὶ ἀποστάσεις τοῦ φωτεινοῦ σημείου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

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

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



Σχ. 25. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου

καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αὶ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτίνες ΒΓ καὶ ΒΔ δίδουν τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας ΓΒ' καὶ ΔΒ', αἱ ὁποῖαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον Β'. τοῦτο εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἶδωλα ὄλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας A'B', ή ὁποία

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

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

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

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

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

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

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

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

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

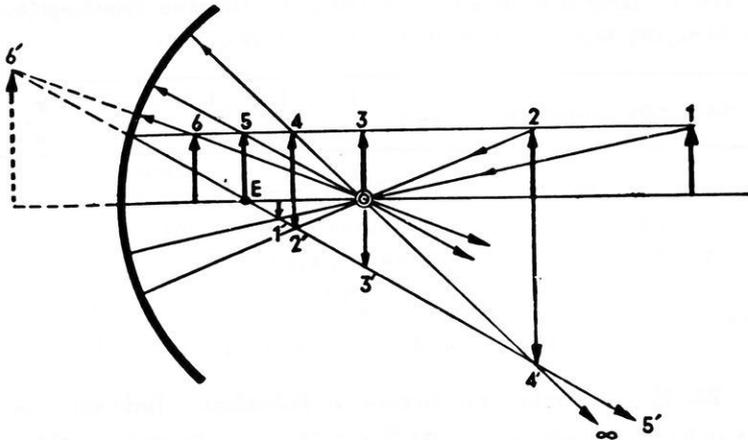
1. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($\pi = \infty$). Τότε εἶναι $\pi' = \varphi$, δηλαδή τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, εἶναι **πραγματικόν**, ἀλλ' εἶναι **σημεῖον**.

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

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

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

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



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

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

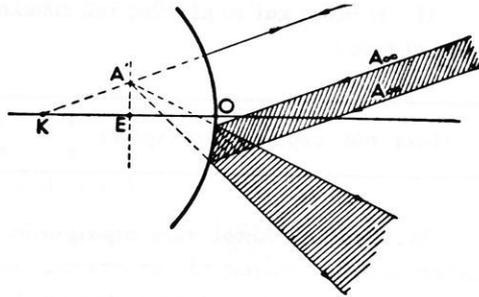
6. Τέλος τὸ ἀντικείμενον εύρσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου ($\pi < \varphi$). Τότε εἶναι $\frac{\varphi}{\pi} > 1$ καὶ ἀπὸ τὸν τύπον (1) συνάγεται ὅτι τὸ π' ἔχει ἀρνητικὴν τιμὴν ($\pi' < 0$). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς εύρσκεται ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου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

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

ερχόμενοι από την φανταστικήν κυρίαν έστιάν Ε, ή όποία εύρίσκει-
ται εις τó μέσον τής άκτίνας καμπυλότητος του κατόπτρου. "Ωστε :

Ή έστιακή άπόστασις του κυρτου σφαιρικου κατόπτρου ισουται με
τò ημισυ τής άκτίνας κα-
μπυλότητος αυτου.

έστιακή άπόστασις: $\varphi = \frac{R}{2}$
--



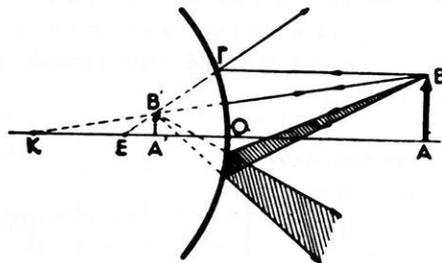
Σχ. 28. Τò έστιακόν επίπεδον του κυρτου σφαιρικου κατόπτρου είναι φανταστικόν.

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

Εις τó κυρτον κατόπτρον ή κυρία έστιά και τó έστιακόν επίπεδον είναι φανταστικά.

23. Ειδωλον άντικειμένου. "Ας θεωρήσωμεν φωτεινήν εύθεϊαν ΑΒ άκθετον προς τον κύριον άξονα του κατόπτρου (σχ. 29).

Αί άκτίνες, αί όποϊαι προσπίπτουν κατά τήν διεύθυνσιν του κυριου άξονος ή οϊουδηποτε δευτερευουτος άξονος, μετά τήν άνάκλασιν των επί του κατόπτρου, έχουν τήν αυτην διεύθυνσιν. Έργαζόμενοι λοιπόν, όπως και εις τά κοίλα κατόπτρα, κατασκευάζομεν τó ειδωλον Α'Β'. Τò ειδωλον τούτο σχηματίζεται όπισθεν του κατόπτρου, είναι δέ πάντοτε όρθον και μικρότερον από τó άντικείμενον. "Ωστε :



Σχ. 29. Σχηματισμός του ειδωλου φωτεινου άντικειμένου

I. Εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα τὸ εἶδωλον εἶναι πάντοτε φανταστικόν, ὀρθόν 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 $\kappa \acute{\alpha} \theta \epsilon \tau \omicron \nu$ πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τότε εἰς ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ἰσχύουν οἱ ἀκόλουθοι **γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων** :

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

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

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

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

Π α ρ α δ ε ἰ γ μ α τ α. 1) Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτῖνα καμπύλο-
της $R = 60$ 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 ἔστιακὴ 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, εις ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

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

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

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

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

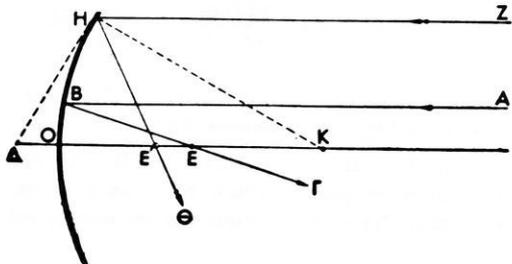
Τὸ εἶδωλον A'B' εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον AB.

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

α) τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ β) αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μὲ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Ὅταν εἷς ἐκ τῶν δύο τούτων ὄρων 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 τμηεῖον καὶ ἔνεκα τούτου τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον δὲν εἶναι καθαρὸν.

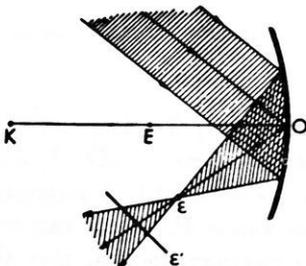
α) **Σφαιρική ἐκτροπή.** Εἰς ἓν κάτοπτρον μεγάλου ἀνοίγματος (σχ. 30) ἢ πλησίον τῆς περιφερείας τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς ΖΗ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ΗΘ· αὕτη τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ μέσον τῆς ΚΔ. Ὅσον περισσότερο ἀπομακρύνεται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



Σχ. 30. Σφαιρική ἐκτροπή

δὴ ἡ τομὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος καὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Οὕτω διὰ τὰς ἀκτίννας, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν μακρὰν τῆς κορυφῆς, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι γενικῶς μικροτέρα τοῦ ἡμίσεος τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος ($\varphi < \frac{R}{2}$). Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων μεγάλου ἀνοίγματος ὀνομάζεται **σφαιρική ἐκτροπή.**

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



Σχ. 31. Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή

πέδον τοῦ σχήματος, ἡ δὲ ἐστιακὴ γραμμὴ ε' εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπι-

πέδου του σχήματος. Το ελάττωμα τούτο των σφαιρικών κατόπτρων καλεῖται **ἀστιγματική ἔκτροπή**.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

12. Ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου κατόπτρου καὶ εἰς ἀπόστασιν δεκαπλασίαν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως φ εὐρίσκεται φωτεινὸν σημεῖον. Πόσον ἀπέχει τὸ εἶδωλον ἀπὸ τὴν 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 ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ . Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν 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 ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον εἶναι 80 cm. Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου.

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

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

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

19. Ἐν φωτεινὸν σημεῖον A ἀπέχει 40 cm ἀπὸ κοῖλον κάτοπτρον K ἐστιακῆς ἀποστάσεως 30 cm. Καθέτως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κατόπτρου τούτου τοποθετεῖται ἐπίπεδον κάτοπτρον K'. Ποῦ πρέπει νὰ τοποθετηθῆ τὸ κάτοπτρον τούτο, ὥστε αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ A, ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν διαδοχικῶς ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων, νὰ συγκεντρῶνωνται εἰς τὸ σημεῖον A:

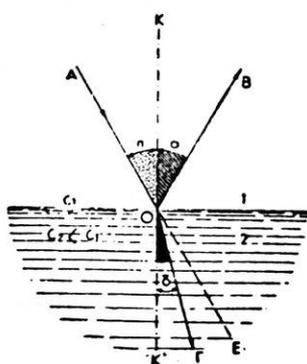
20. Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον δίδει εἶδωλον 8 φορές μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀν-

τικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον φαίνεται ὅτι εἶναι 80 cm. Νὰ εὑρεθῶν ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικείμενου 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 τῶν συμπίπτουν, αἱ δὲ κατοπτρικαὶ ἐπιφάνειαι τῶν εἶναι ἡ μίᾳ ἀπέναντι τῆς ἄλλης οὕτως, ὥστε αἱ κορυφαὶ τῶν νὰ ἀπέχουν 40 cm. Εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς τοποθετεῖται φωτεινὸν ἀντικείμενον. Νὰ εὑρεθῇ 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. Ὅταν μίᾳ λεπτῇ δέσμῃ φωτεινῶν ἀκτίνων (μονο-



Σχ. 32. Διάθλασις τοῦ φωτός

χρόου 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 μετὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος (σχ. 32). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ γωνία $\Gamma O K'$ καλεῖται γωνία διαθλάσεως.

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

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

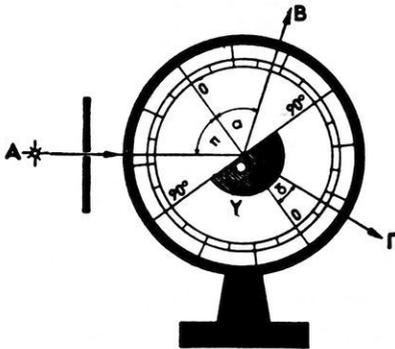
II. Ὁ λόγος τοῦ ἡμίτονου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι σταθερὸς καὶ καλεῖται δείκτης

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 δεικνύει τὸ σχῆμα 33. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου δίσκου τοποθετεῖται ὕαλινος ἡμικύλινδρος Υ. Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς προσπίπτει εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος τοῦ κατακορύφου δίσκου. Τὸ φῶς, εἰσερχόμενον ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὴν ὑαλόν, ὑφίσταται διὰ θλάσιν· παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γωνία διαθλάσεως δ εἶναι μικροτέρα ἀπὸ

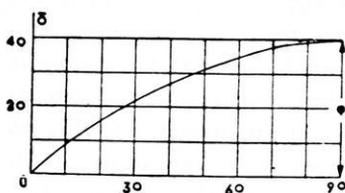
τὴν γωνίαν προσπτώσεως π (ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον). Τὸ φῶς ἐξερχόμενον ἔπειτα ἀπὸ τὴν ὑαλόν εἰς τὸν ἀέρα δὲν ὑφίσταται διὰ θλάσιν, διότι προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς κυλινδρικής ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ τῶν δύο μέσων (εἶναι π = 0°, ἄρα καὶ δ = 0°).

28. Ὅρικὴ γωνία. Ἐκ τῶν δύο διαφανῶν μέσων ἐκεῖνο, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἔχει τὴν μικροτέραν τιμὴν, καλεῖται ὀπτικῶς πυκνότερον ἢ διαθλαστικώτερον. Οὕτω τὸ ὕδωρ, ἡ ὑαλὸς κ.ἄ. εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερα μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον δὲν εἶναι πάντοτε καὶ φυσικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ἄλλο μέσον· οὕτω 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-

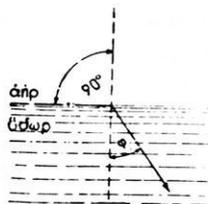
ζομένη γωνία διαθλάσεως είναι πάντοτε μικρότερα από την γωνίαν προσπτώσεως. Άρα :

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

Ἐὰν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως ($\pi = 0^\circ$) ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο μέσων (διὰ θλῶσα 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 συναρτήσεως 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 :

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

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

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

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

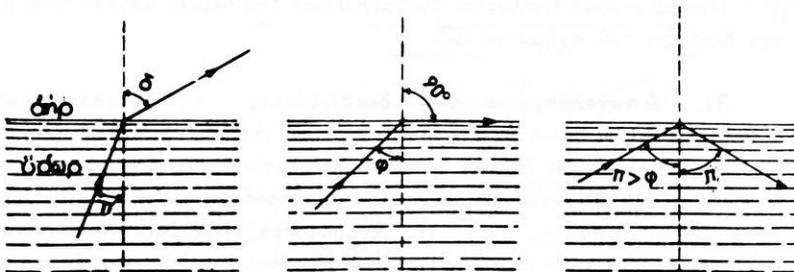
Δείκται διαθλάσεως ὡς πρὸς τὸν ἀέρα διὰ τὸ κίτρινον φῶς

Ἀδάμας	2,470
Διθειάνθραξ	1,629
Χλωριοῦχον νάτριον	1,544
Καναδικὸν βάλαμον	1,540
Βενζόλιον	1,501
Οινόπνευμα	1,361
Ἵδωρ	1,333
Ἵταλος κοινὴ	1,540
Πυριτύαλος βαρεῖα	1,963
Ἄηρ	1,000 293

Ἀπὸ τὰς μετρήσεις εὐρέθη ὅτι :

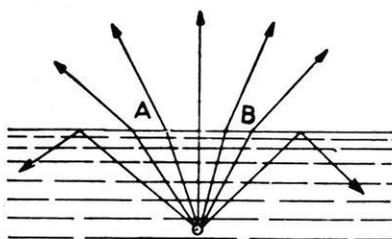
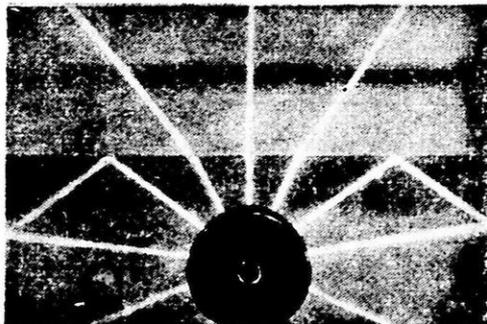
Ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως ἑνὸς σώματος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα ἰσοῦται κατὰ μεγάλην προσέγγισιν μὲ τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως τοῦ σώματος.

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



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

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



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

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

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

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

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

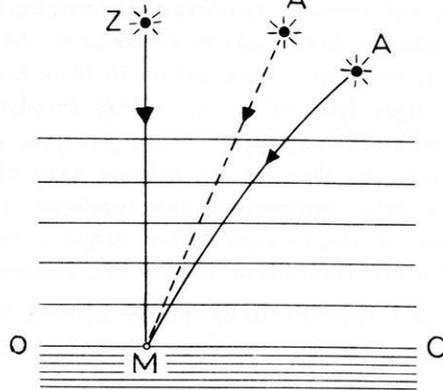
Ἐξ ὀλοκλήρου καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὀπτικῶς πυκνότερου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὀλικὴ ἀνάκλασις. Ὡστε :

Ἐξ ὀλοκλήρου καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὀπτικῶς πυκνότερου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὀλικὴ ἀνάκλασις. Ὡστε :

Ἐξ ὀλοκλήρου καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὀπτικῶς πυκνότερου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὀλικὴ ἀνάκλασις. Ὡστε :

Ἐξ ὀλοκλήρου καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὀπτικῶς πυκνότερου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὀλικὴ ἀνάκλασις. Ὡστε :

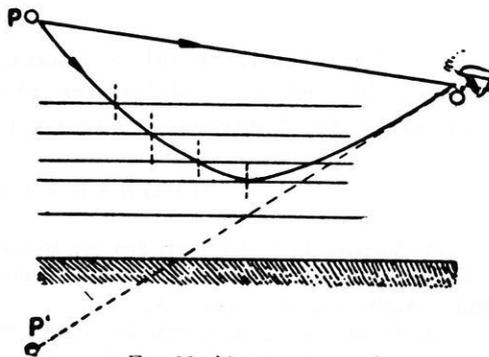
θλαται πλησιάζουσα προς την κάθετον (σχ. 38). Ούτως ή φωτεινή ακτίς λαμβάνει μορφήν καμπύλης, ό δε όφθαλμός νομίζει ότι ό άστήρ εύρίσκεται εις την θέσιν Α', ήτοι βλέπει τον άστέρα κατά την έφαπτομένην της καμπύλης ΑΜ εις τό σημείον Μ. Τό φαινόμενον τοϋτο καλεϊται **άτμοσφαιρική διάθλασις** και έχει ως άποτέλεσμα νά παρουσιάζη τον άστέρα ύψηλότερον από την πραγματικήν του θέσιν ως προς τον όριζοντα. Η φαινόμενη άνύψωσις του άστέρως είναι μεγαλύτερα, όταν ό άστήρ εύρίσκεται πλησίον του όριζοντος (περίπου 34'). Έπειδή ή φαινόμενη διάμετρος του 'Ηλίου και της Σελήνης είναι μικροτέρα των 34', ή άτμοσφαιρική διάθλασις μäs παρουσιάζει τον δίσκον του 'Ηλίου ή της Σελήνης ως έπικαθήμενον του όριζοντος, ενώ πραγματικώς δεν άνέτειλεν ακόμη ή έχει δύσει πρό όλίγου. Δέν συμβαίνει άτμοσφαιρική διάθλασις μόνον, όταν ό άστήρ εύρίσκεται εις τό Ζενίθ.



Σχ. 38. 'Ατμοσφαιρική διάθλασις

πλησίον του όριζοντος (περίπου 34'). Έπειδή ή φαινόμενη διάμετρος του 'Ηλίου και της Σελήνης είναι μικροτέρα των 34', ή άτμοσφαιρική διάθλασις μäs παρουσιάζει τον δίσκον του 'Ηλίου ή της Σελήνης ως έπικαθήμενον του όριζοντος, ενώ πραγματικώς δεν άνέτειλεν ακόμη ή έχει δύσει πρό όλίγου. Δέν συμβαίνει άτμοσφαιρική διάθλασις μόνον, όταν ό άστήρ εύρίσκεται εις τό Ζενίθ.

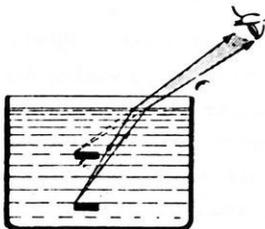
β) **'Αντικατοπτρισμός.** "Όταν εις μίαν περιοχήν έπικρατή νηγεμία και τό έδαφος θερμανθή πολύ (π.χ. εις τās έρήμους), τότε τās πλησίον του έδάφους στρώματα του άέρος θερμαίνονται πολύ και είναι δυνατόν νά γίνουσι αραιότερα από τās υπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινή ακτίς, προερχομένη από έν ύψηλόν αντικείμενον, εισέρχεται τότε συνεχώς από όπτικώς πυκνότερον εις όπτικώς αραιότερον στρώμα άέρος και έπομένως διαθλαται άτομαχρυσομένη



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 ἐὰν 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 εὕρισκόμενα τμήματα τῆς ξηρᾶς (ἀκρωτήρια, νῆσοι) φαίνονται ἀνυψωθέντα ἀνωθεν 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 εὕρισκόμενου ἐντὸς ὕδατος



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

μοίαν ἀνύψωσιν ὑφίστανται καὶ τὰ σώματα, τὰ εὕρισκόμενα 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 ὑάλινης πλακῆς ὑπὸ γωνίαν 60° . Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι $3/2$. Πόση εἶναι ἡ γωνία διαθλάσεως;

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

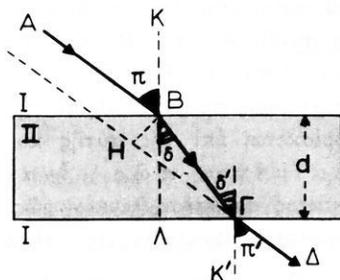
25. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν 45° ἐπὶ ὑαλίνης πλακῆς. Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι $n = \sqrt{2}$. Πόσην ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς κατὰ τὴν εἰσοδὸν τῆς εἰς τὴν ὑάλον ;

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

27. Δοχεῖον περιέχει ὕγρον, τὸ ὁποῖον ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n = \sqrt{2}$ καὶ σχηματίζει στήλην ὕψους 9 cm. Ἐπὶ τοῦ ὕγρου 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 πλακῆς μὲ παραλλήλους ἑδρας. Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον II χωρίζεται ἀπὸ τὸ πέραξ αὐτοῦ διαφανὲς μέσον I μὲ δύο παράλληλα ἐπίπεδα. Τότε τὸ μέσον II ἀποτελεῖ μίαν **πλάκα μὲ παραλλήλους ἑδρας** (σχ. 42). Τοιοῦτον σύστημα διαφανῶν μέσων ἀποτελεῖ μίαν ὑαλινὴν πλάξ ἐπίρροισομένη 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 πλακῆς ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται παράλληλον μετατόπισιν

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

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

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

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

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

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

33. Διάθλασις διὰ πρίσματος. α) **Όρισμοί.** Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλοῦμεν **πρίσμα** ἓν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένας ἐπιπέδους ἐπιφανείας. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται **ἀκμὴ** τοῦ πρίσματος. Ἡ δίεδρος γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ἔδραι τοῦ πρίσματος, καλεῖται **διαθλαστικὴ γωνία** τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ τομὴ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ καλεῖται **κυρίως τομὴ** τοῦ πρίσματος. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τοῦ πρίσματος θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι πραγματοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθήκαι : α) Ἡ **προσπίπτουσα ἀκτίς** εὐρίσκεται ἐπὶ μιᾶς **κυρίως τομῆς** τοῦ πρίσματος. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτίς εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς **κυρίως τομῆς**. β) Τὸ **χρησιμοποιούμενον φῶς** εἶναι **μόνοχρουν**. Διότι, ἂν 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 κυρίως 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 :

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

καὶ

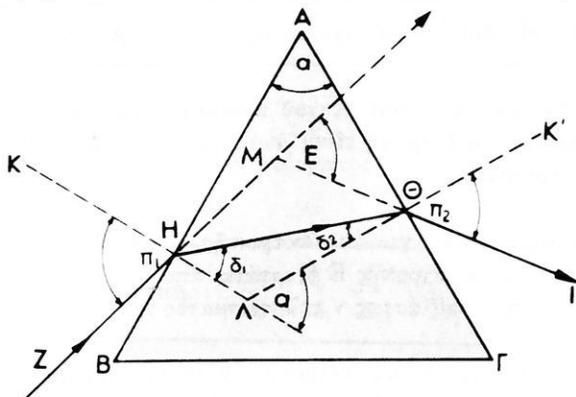
$$\eta\mu \pi_2 = n \cdot \eta\mu \delta_2$$

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

$$\alpha = \delta_1 + \delta_2 \quad \tilde{\eta} \quad A = \delta_1 + \delta_2$$

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 :

$$E = (\pi_1 - \delta_1) + (\pi_2 - \delta_2) \quad \eta \quad E = \pi_1 + \pi_2 - (\delta_1 + \delta_2)$$



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 βᾶσιν τοῦ πρίσματος.

διάθλασις διὰ πρίσματος :

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

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

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

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

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 αὐτὰς ταύτας τὰς γωνίας (εἰς ἀκτίνια)· εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν :

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

Ἄρα ἡ ἐκτροπή τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος εἶναι :

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

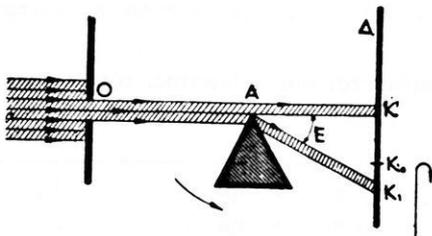
ἤτοι ἔχομεν :

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

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

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

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



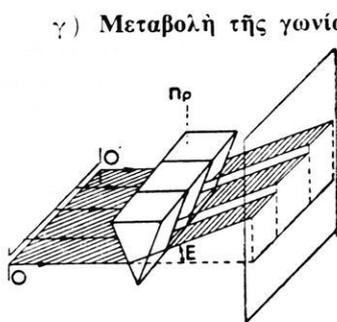
Σχ. 44. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως

Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν πρῖσμα οὕτως, ὥστε μέρος τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης νὰ προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν του. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος παρατηροῦμεν τότε δύο φωτεινὰς κηλίδας· ἡ μὲν K προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτίννας τῆς δέσμης, αἱ ὁποῖαι δὲν

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

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

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



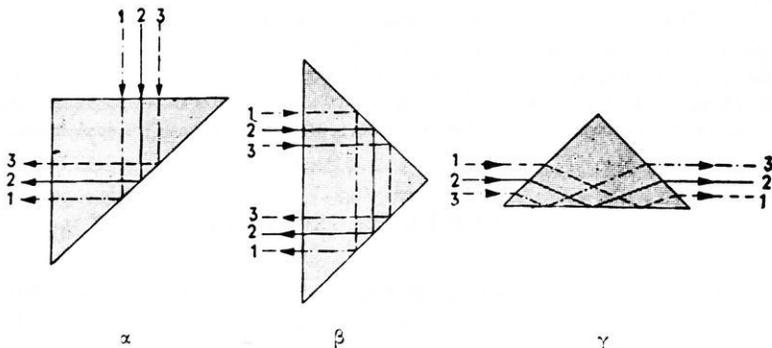
Σχ. 46. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως

ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως. Λαμβάνομεν σύστημα πρισματῶν (σχ. 46), τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν (A σταθερὸν), διαφορετικούς ὅμως δείκτας διαθλάσεως (πολύπρισμα). Ἐπὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισμάτων ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (n_1 σταθερὸν). 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 πρισματῶν ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα αὐτὰ εἶναι συνήθως ὑάλινα (ὀρικὴ γωνία διὰ τὴν ὑάλον $\varphi = 40,5^\circ$). Ἡ κυρία τομὴ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως εἶναι ὀρθογώνιον ἰσοσκελὲς τρίγωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 47α αἱ ἀκτίνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς καθέτου ἕδρας τοῦ πρίσματος. Οὕτως αἱ ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσας ἕδρας ὑπὸ γωνίαν 45° , ἥτοι μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς. Αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες ὑφίστανται ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσας ἕδρας ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν ἄλλην κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν διάθλασιν. Τὸ πρίσμα λοιπὸν τοῦτο ἐκτρέπει τὰς ἀκτίνας κατὰ 90° ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν των διεύθυνσιν. Εἰς τὸ σχῆμα 47β φαίνεται πῶς αἱ ἀκτίνες ὑφίστανται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις· οὕτως ὁμοίως

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



Σχ. 47. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

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

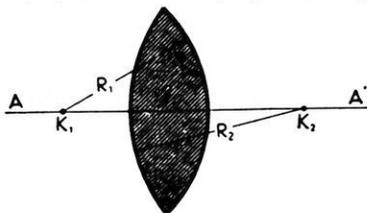
33. Πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν 45° καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτίς ὑπὸ γωνίαν 30° . Πόση εἶναι ἡ ἐκτροπὴ;

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

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

ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

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



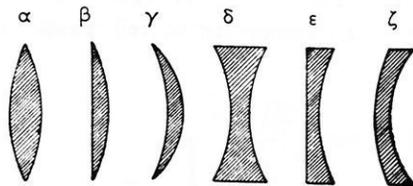
Σχ. 48. Σφαιρικοὶ φακοὶ
 R_1 καὶ R_2 αἱ ἀκτίνες καμπυ-
λότητος τοῦ φακοῦ

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

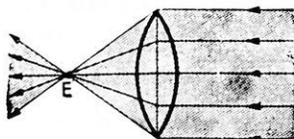
Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τῶν φακῶν θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι ἰσχύουν αἱ ἐξῆς συνθήκαι : α) Ὁ φακὸς εὐρίσκεται ἐν τῷ ἀέρος, τοῦ ὁποῖου ὁ δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἴσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτίνες εὐρίσκονται πλησίον τοῦ κυρίου ἄξονος (κεντρικαὶ ἀκτίνες).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

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

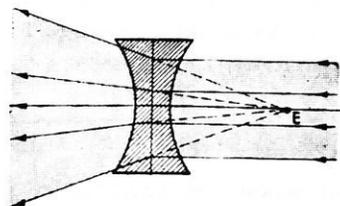
σον καὶ λεπτότεροι εἰς τὰ ἄκρα καλοῦνται **συγκλίνοντες φακοί**, διότι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ μεταβάλλουν τὴν προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτῶν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς **συγκλίνουσαν** δέσμην (σχ. 50). Ἀντιθέτως οἱ φακοί, οἱ ὅποιοι εἶναι λεπτότεροι εἰς τὸ μέσον καὶ παχύτεροι εἰς τὰ ἄκρα, καλοῦνται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



Σχ. 49. Εἶδη φακῶν
α, β, γ συγκλίνοντες φακοί (ἀμφίκυρτος, ἐπιπεδόκυρτος, συγκλίνων μηνίσκος),
δ, ε, ζ ἀποκλίνοντες φακοί (ἀμφικόκυλος, ἐπιπεδόκυκλος, ἀποκλίνων μηνίσκος)

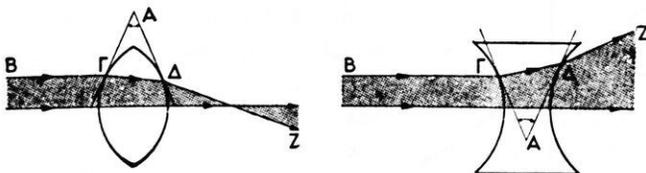


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.



Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

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

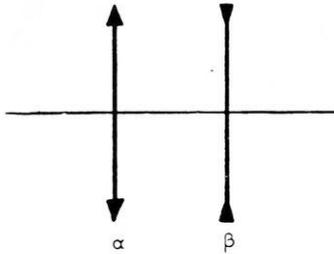


Σχ. 52. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ

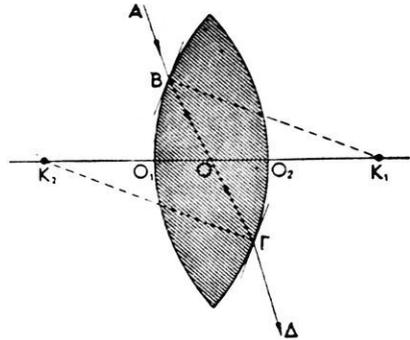
ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισμάτων, τῶν ὁποίων αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῆ (σχ. 52).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν φακοὺς, τῶν ὁποίων τὸ πάχος, μετρού-

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



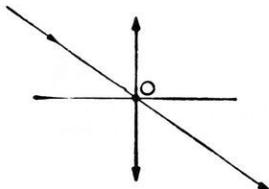
Σχ. 53. Σχηματική παράσταση συγκλίνοντος (α) καὶ ἀποκλίνοντος (β) φακοῦ



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

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

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



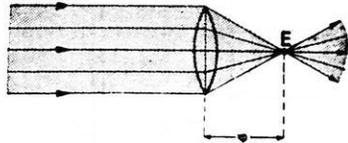
Σχ. 55. Δευτερεύων ἄξων φακοῦ

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

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

Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

39. Κυρία έστια. Έστιακή απόσταση. 'Επί ενός συγκλίνοντος φακού προσπίπτει δέσμη φωτεινών ακτίνων παραλλήλων προς τόν κύριον άξονα (σχ. 56). "Όλαι αί έξερχόμεναι από τόν φακόν ακτίνες διέρχονται δι' ενός σημείου E του κυρίου άξονος, τó όποϊον καλεϊται **κυρία έστια** του φακού. 'Η απόσταση τής κυρίας έστιας από τó όπτικόν κέντρον καλεϊται **έστιακή απόσταση** (φ) του φακού. Αύτη είναι $\sigma \tau \alpha \theta \epsilon \rho \acute{\alpha}$ και ανεξάρτητος από τήν φοράν, κατά τήν όποιάν τó φώς προσπίπτει επί του φακού. "Όστε:



Σχ. 56. 'Η κυρία έστια συγκλίνοντος φακού είναι πραγματική

'Ο συγκλίνων φακός έχει δύο πραγματικές κυρίας έστιας, αί όποιαι είναι συμμετρικαι ως προς τó όπτικόν κέντρον του φακού. 'Η έστιακή απόσταση (φ) του φακού προσδιορίζεται από τήν εξί-

σωσην :

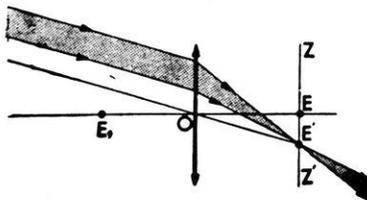
$$\frac{1}{\varphi} = (n - 1) \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right]$$

όπου n είναι ó δείκτης διαθλάσεως τής ύάλου και R, R' είναι αί ακτίνες καμπυλότητος του φακού.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. 'Αμφίκυρτος φακός έχει δείκτην διαθλάσεως $n = 1,5$ και ακτίνας καμπυλότητος $R = 40$ cm και $R' = 60$ cm. 'Από τήν εξίσωσιν

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

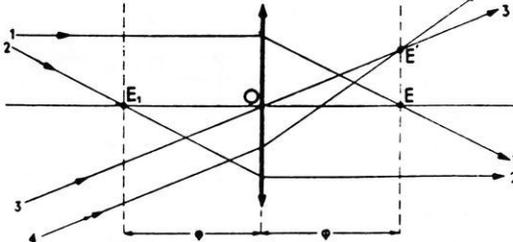
40. Έστιακόν επίπεδον. 'Εάν θεωρήσωμεν λεπτήν δέσμη φωτεινών ακτίνων, αί όποιαι είναι παράλληλοι προς ένα δευτερεύοντα άξονα, τότε ή έξερχομένη από τόν φακόν δέσμη συγκλίνει εις τήν δευτερεύουσαν έστιαν E' (σχ. 57). "Όλαι αί δευτερεύουσαι έστιαί του φακού εύρισκονται κατά προσέγγισιν, όπως και εις τó σφαιρικόν κάτοπρον, επί του **έστιακού επιπέδου** ZZ', τó όποϊον είναι κάθετον προς τόν κύριον άξονα εις τó σημείον E.



Σχ. 57. Έστιακόν επίπεδον φακού

τόν κύριον άξονα εις τó σημείον E.

41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα διὰ τὴν πορείαν μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 58).



Σχ. 58. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων

1. Ὄταν μία ἀκτίς προσπίπτει παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτίς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας (ἀκτίς 1).

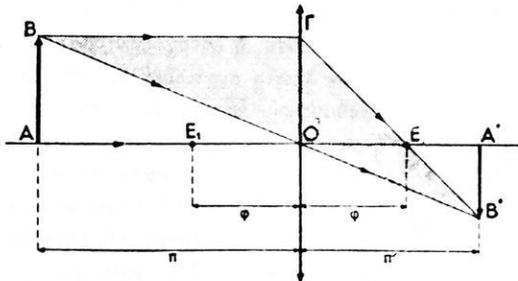
2. Ὄταν μία προσπίπτουσα ἀκτίς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτίς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (ἀκτίς 2).

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

4. Ὄταν μία ἀκτίς προσπίπτει 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).

5. Ὄταν μία ἀκτίς προσπίπτει παράλληλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτίς διέρχεται διὰ τῆς δευτερευούσης ἐστίας, ἡ ὁποία εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου (ἀκτίς 5).

42. Εἶδωλον ἀντικειμένου. Ἄς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 59).



Σχ. 59. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ

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

μένου προερχόμενοι ακτίνες BO και ΒΓ, μετά την έξοδόν των από τον φακόν, τέμνονται εις τὸ σημεῖον Β', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἶδωλα ὄλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου 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 νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα OAB καὶ OΑ'Β' 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 OEG καὶ Α'ΕΒ' εὐρίσκομεν :

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

Ἐξισώνοντες τὰ δεύτερα 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.

Ἐὰς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸν συγκλίνοντα φακόν. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακόν προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

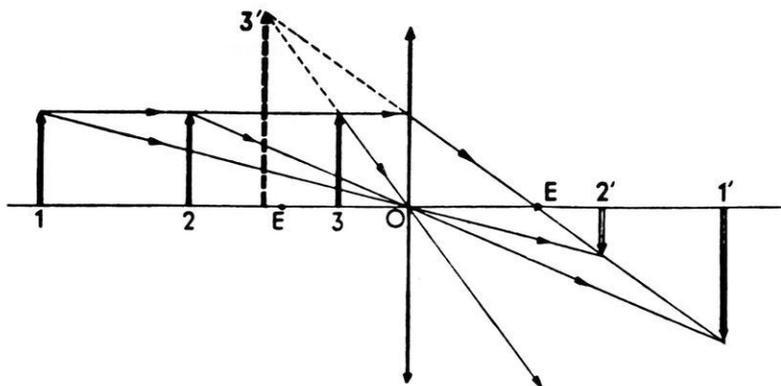
Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς π', ἔχομεν :

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

1. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($\pi = \infty$). Τότε εἶναι $\pi' = \varphi$, δηλαδὴ 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 περίπτωσιν αὐτὴν **δὲν ὑπάρχει** εἶδωλον.

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

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

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

I. 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:

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

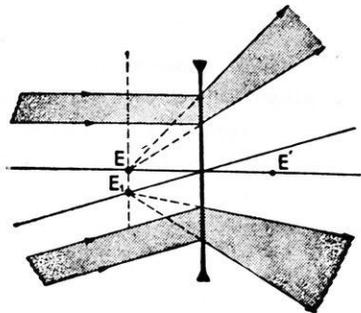
ὑπὸ τὸν ὅρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἐξῆς σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

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

Β'. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

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

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



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

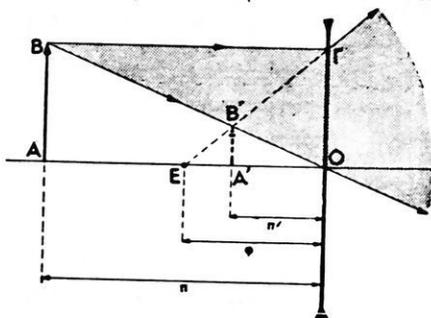
$$\frac{1}{\varphi} = (v-1) \cdot \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$$

ὅπου τὸ R τῶν κοίλων ἐπιφανειῶν τίθεται ἀρνητικόν.

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

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

46. Εἶδωλον ἀντικειμένου. Ἐὰς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεΐαν AB κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 62). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀκτῶν δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον, πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου 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 ἀντικειμένου εἶναι **φανταστικόν, ὀρθόν** καὶ **μικρότερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον· δὲν δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου $A'B'$ συνάγεται ὅτι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου O καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας E . Σκεπτόμενοι ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ εὐκόλως εὐρίσκομεν ὅτι καὶ διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἰσχύουν οἱ γενικοὶ τύποι, οἱ ἰσχύοντες καὶ διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ κυρία ἐστία εἶναι φανταστικὴ (ἐπομένως φ ἄρνητικὸν) καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι ἐπίσης φανταστικὸν (ἄρα καὶ p' ἄρνητικόν). Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὰ ἐξῆς συμπεράσματα διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς:

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

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

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

47. 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 ὁποῖον θεωροῦμεν κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, καὶ τέλος R καὶ R' τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, τότε εἰς ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ἰσχύουν οἱ ἀκόλουθοι γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν:

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

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

ὑπὸ τὸν ὄρον ὅτι 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.

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

Παράδειγμα τ.α. 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 ἀκτῖνες καμπυλότητος λαμβάνονται θετικά. Ἡ ἔστικὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν γενικὴν σχέσιν :

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

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

καὶ $\varphi = 48 \text{ cm}$

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

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

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) Ἐξετάσωμεν τὸ προηγούμενον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ φακός εἶναι ἀμφίκυλλος. Εἰς τὸν ἀμφίκυλλον φακόν αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος θὰ ληφθοῦν ἀρνητικά. Ἐπομένως εἶναι :

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

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

καὶ $\varphi = -48 \text{ cm}$

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἶναι πραγματικόν, ἔχομεν :

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

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

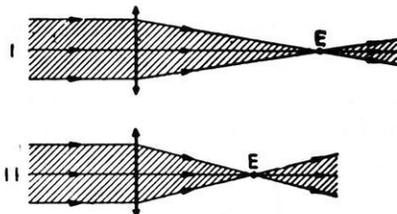
Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

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

Γ'. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

48. Ίσχύς φακού. Ἐπὶ ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα· ἡ δέσμη αὐτὴ μετατρέπεται ἀπὸ τὸν φακὸν εἰς μίαν δέσμη τὸσον περισσότερον συγκλίνουσαν, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ (σχ. 63). Οὕτω ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον ὄρισμόν :

Καλεῖται ἰσχύς (ἢ συγκεντρωτικὴ ἰκανότης) ἑνὸς φακοῦ τὸ ἀντίστροφον τῆς ἔστιακῆς τοῦ ἀποστάσεως.



Σχ. 63. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἰσχύος τοῦ φακοῦ

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

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

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

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

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

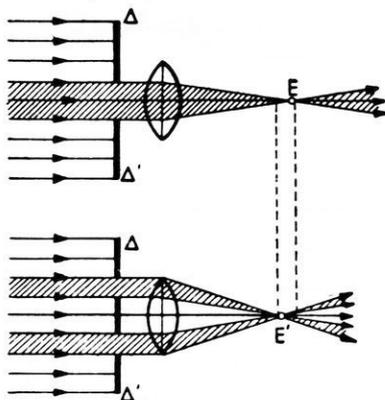
49. Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν. Ὄταν πολλοὶ λεπτοὶ φακοὶ ἔχουν κοινὸν κύριον ἄξονα, τότε οἱ φακοὶ οὗτοι σχηματίζουν ὁμοαξονικὸν σύστημα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν ὅτι :

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

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

Ἡ σχέση αὕτη δίδει τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ τοῦ συστήματος.

50. Σφάλματα τῶν φακῶν. Ἡ ἐξίσωσις τῶν φακῶν ἰσχύει ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ὁ φακὸς εἶναι 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 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 σφαιρικὴν ἐκτροπὴν θέτομεν

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

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

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

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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

39. Εἰς πόσῃ ἀπόστασι ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν ἐστιακῆς 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 ἐστιακῆς 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 πόσῃ ἀπόστασι ἀπὸ φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, ὥστε τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον νὰ ἔχη ἐπιφάνειαν 9 φορές μεγαλύτεραν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀντικειμένου;

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

43. Εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ ἀμφικύρτου φακὸν ἐστιακῆς 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 εφύσσεται και το φωτεινόν σημεῖον. Νά υπολογισθῆ ἡ ἑστικὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

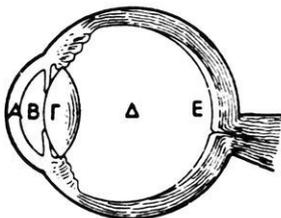
45. Μὲ ἓνα φακὸν ἰσχύος 5 διοπτριῶν θέλομεν νά σχηματίσωμεν ἐπὶ ἐνὸς τοίχου, ὃ ὁποῖος παίζει ρόλον πετάσματος, τὸ εἶδωλον Α'Β' ἐνὸς ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου πρέπει νά εἶναι 20 φορές μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοῖχον πρέπει νά τεθῆ ὁ φακὸς καὶ πόσον θά ἀπέχη τότε τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸν φακόν; Ὁ ὀπτικὸς ἄξων τοῦ φακοῦ εἶναι κάθετος πρὸς τὸν τοῖχον.

46. Ἀντικείμενον ΑΒ μήκους 10 cm ἀπέχει 40 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν Α ἑστικῆς ἀποστάσεως $f = 30$ cm. Θέλομεν νά λάβωμεν τὸ εἶδωλον τοῦ ΑΒ ἐπὶ διαφράγματος ἀπέχοντος 6 m ἀπὸ τὸν φακὸν Α. Πρὸς τοῦτο φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν φακὸν Α ἓνα ἄλλον φακὸν Α'. Νά εὑρεθῆ τὸ εἶδος τοῦ φακοῦ Α' καὶ ἡ ἑστικὴ ἀπόστασις αὐτοῦ. Πόσον εἶναι τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος.

37. Φακὸς Α ἀπέχων 15 cm ἀπὸ ἀντικείμενον ΑΒ δίδει πραγματικὸν εἶδωλον Α'Β' = 3 · ΑΒ. Νά εὑρεθῆ ἡ ἑστικὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἄλλου φακοῦ Α', ὃ ὁποῖος τιθέμενος εἰς ἀπόστασιν 10 cm ὀπισθεν τοῦ φακοῦ Α δίδει νέον πραγματικὸν εἶδωλον Α''Β'' = ν · Α'Β'. Πόση εἶναι ἡ ἑστικὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ Α', ἂν εἶναι $\nu = 2$ ἢ $\nu = 1$;

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) : α) Τὸν διαφανῆ κερ α τ ο σ ε ι δ ῆ χ ι τ ῶ ν α Α. β) Τὸ ὑ δ α τ ῶ δ ε σ ὑ γ ρ ὶ ν Β. γ) Ἐν διάφραγμα ἔχον διάφορον χρῶμα εἰς τὰ διάφορα ἄτομα, τὸ ὁποῖον καλεῖται Ἴρις καὶ φέρει εἰς τὸ μέσον κυκλικὸν ἄνοιγμα (κό ρ η)· ἡ διάμετρος τῆς κόρης μεταβάλλεται ἀπὸ 2 ἕως 8 mm περίπου. δ) Ἐνα ἀμφικυρτον ἐλαστικὸν φακὸν Γ, ὃ ὁποῖος καλεῖται κ ρ υ σ τ α λ λ ῶ δ η ς φ α κ ὸ ς.

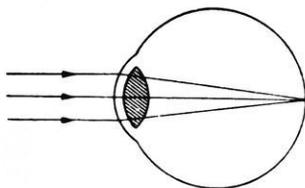


Σχ. 65. Τομή ὀφθαλμοῦ

ε) Τὸ ὑ α λ ῶ δ ε σ ὑ γ ρ ὶ ν Δ. Τὸ ἐσωτερικόν τοίχωμα τοῦ ὀφθαλμοῦ καλύπτεται ἀπὸ μίαν μεμβράνην Ε, ἡ ὁποία καλεῖται ἀ μ φ ι β λ η σ τ ρ ο σ ε ι δ ῆ ς χ ι τ ῶ ν 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.

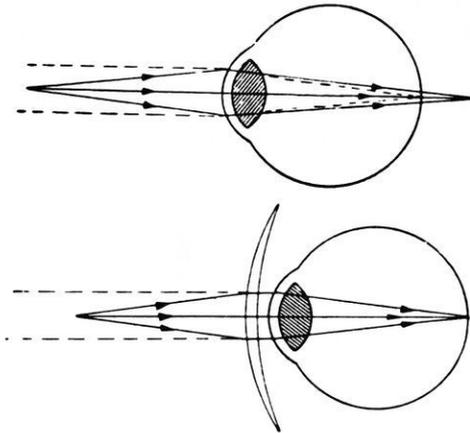
52. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Προσαρμογὴ. Ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρῇ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίνη αὐτὸ εὐκρινῶς, τότε τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ συνεχῶς πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, τότε τὸ εἶδωλον θὰ ἔπρεπε νὰ σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ νὰ ἀπομακρύνεται 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 ἢ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν, ὁ κρυσταλλώδης φακὸς γίνεται συγκεντρωτικώτερος. Ἡ ἱκανότης αὕτη τοῦ ὀφθαλμοῦ καλεῖται **προσαρμογὴ**. Ὁ **κανονικὸς ὀφθαλμὸς**, δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς, χωρὶς προσαρμογῆν, τὰ εἰς ἄπειρον εὐρισκόμενα ἀντικείμενα καὶ προσαρμοζόμενος δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα μέχρις 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 οὖτος ἤρεμῇ, εἶναι 19 διοπτρίαι· διὰ τῆς προσαρμογῆς ἢ ἰσχὺς του αὐξάνεται εἰς 33 διοπτρίας. Αὕτη ὅμως ἡ ἱκανότης τοῦ ὀφθαλμοῦ, νὰ μεταβάλλῃ τὴν ἰσχύϊν τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ κατὰ 14 διοπτρίας, ἐλαττώνεται μὲ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν, διότι ἡ ἐλαστικότης τοῦ φακοῦ συνεχῶς ἐλαττώνεται. Οὕτως εἰς ἡλικίαν 20 ἐτῶν ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ

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

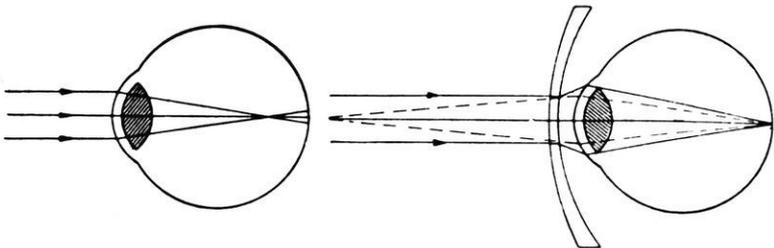


Σχ. 67. Πρεσβυωπικός ὀφθαλμὸς καὶ διόρθωσις αὐτοῦ

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

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

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

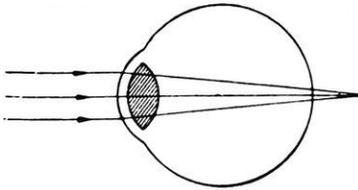


Σχ. 68. Μυωπικός ὀφθαλμὸς

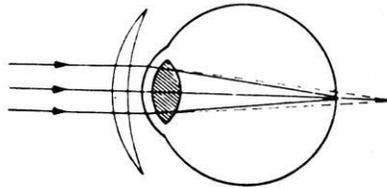
Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ

εἶδωλον ἑνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 68). Οὕτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς χωρὶς προσαρμογῆν ἀντικείμενα εὐρισκόμενα 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 χρησιμοποίησεως ἀποκλίνοντος φακοῦ, ὁ ὁποῖος μετατοπίζει τὸ εἶδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 69). Εἰς τὸν **υπερμέτρωπα** ὀφθαλμὸν ὁ ἄξων τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι βραχύτες καὶ



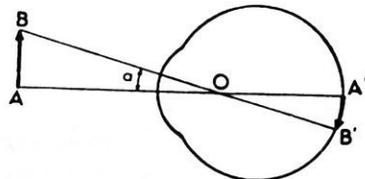
Σχ. 70. Ὑπερμετρῶπικὸς ὀφθαλμὸς



Σχ. 71. Διόρθωσις ὑπερμετρῶπικοῦ ὀφθαλμοῦ

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

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



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

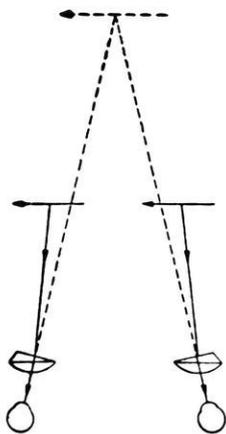
φαινομένη διάμετρος : $\alpha = \frac{AB}{OA}$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις φανερώνει ὅτι :

Ἡ φαινομένη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τούτου ἀπὸ τὸν 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 ἑνὸς ἀντικειμένου δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ μίαν ὠρισμένην μεγίστην τιμὴν, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν τοῦ ἀντικειμένου τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἔχει τὴν **μ ε γ ῖ σ τ η ν** δυνατὴν τιμὴν.

56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία. Ὄταν παρατηροῦμεν ἓν ἀντικείμενον μετὰ τοὺς δύο ὀφθαλμοὺς, τότε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἑκάστου ὀφθαλμοῦ σχηματίζεται ἰδιαιτέρον εἶδωλον. Ἐν τούτοις βλέπομεν ἓν μόνον ἀντικείμενον. Ὄταν τὸ αὐτὸ ἀντικείμενον τὸ παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν μετὰ τὸν ἓνα ὀφθαλμὸν, ἄλλοτε δὲ μετὰ τὸν ἄλλον ὀφθαλμὸν, τότε τὸ θέαμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι ὀλίγον διαφρετικόν, ὅταν παρατηρῆται μετὰ μόνον τὸν δεξιὸν ἢ τὸν ἀριστερὸν ὀφθαλμὸν. Αἱ μικραὶ αὐταὶ διαφοραὶ συντελοῦν εἰς τὸ νὰ μᾶς δίδουν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, δηλαδὴ νὰ ἀντιλαμβάνομεθα ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἡμᾶς χῶρον, ὄχι 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 μετὰ δύο φωτογραφικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξὺ των, ὅσον ἀπέχουν οἱ δύο ὀφθαλμοί, ἤτοι 6 ἕως 7 cm. Αἱ δύο αὐταὶ εἰκόνες τοῦ ἀντικειμένου δὲν εἶναι τελείως ὅμοιαι ἢ μία ἐξ αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ δεξιὸς ὀφθαλμὸς, ἡ δὲ ἄλλη εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ ἀριστερὸς ὀφθαλμὸς. Θέτομεν τὰς δύο αὐτὰς 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 εἰδῶλα συμπέτουν εἰς ἓν μόνον εἰδῶλον, τὸ ὁποῖον μᾶς δίδει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἀναγλύφου. Τὸ σύστημα παρατηρήσεως ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα φακοῦ καὶ πρίσματος.

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

Π Ρ Ο Β Λ 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 ἰσχὺς τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ὥστε ὁ ὀφθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς τὰ μικρὰν εὐρισκόμενα ἀντικείμενα ;

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

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

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

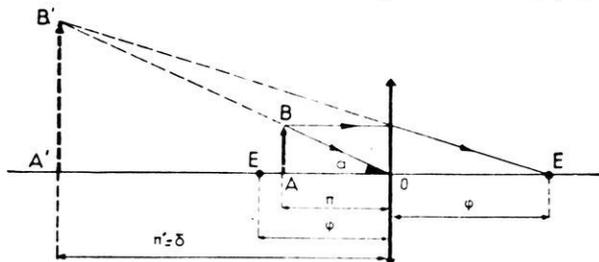
52. Γέρον, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 1,20 m, θέλει νὰ διαβάξῃ βιβλίον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν του. Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ, τὸν ὁποῖον θὰ χρησιμοποιήσῃ ;

ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

58. Όπτικά όργανα. Είδομεν (§ 55) ότι, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ φαινόμενη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου, τόσον μεγαλύτερον εἶναι καὶ τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀπὸ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐξαρτᾶται καὶ τὸ πλῆθος τῶν λεπτομερειῶν, τὰς ὁποίας διακρίνομεν. Ἡ μεγίστη δυνατὴ φαινόμενη διάμετρος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξῆσιν τῆς φαινόμενης διαμέτρου, χρῆσιμοποιοῦμεν διάφορα ὀπτικά ὅργανα.

Α' ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

59. Ἄπλοῦν μικροσκόπιον. Τὸ ἄπλοῦν μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑνα συγκλίνοντα φακὸν μικρᾶς ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Τὸ πρὸς παρατήρησιν ἀντικείμενον AB (σχ. 74) τοποθετεῖται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας E καὶ τοῦ φακοῦ. Τὸ παρατηρούμενον τότε εἶδωλον $A'B'$ εἶναι ὀρθόν, φανταστικόν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Ὑποθέτομεν ὅτι ὁ ὀφθαλμὸς εὐρίσκεται σχεδὸν εἰς ἐπαφὴν μὲ 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 μὲ τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Τὸ εἶδωλον $A'B'$ φαίνεται ὑπὸ γωνίαν α . Ἄρα ἡ μονὰς μήκους τοῦ ἀντικειμένου AB φαίνεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ ὑπὸ γωνίαν :

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

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

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

Ἡ φαινομένη διάμετρος α τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς α κ τ ῖ ν ι α καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου AB μετρεῖται εἰς μέ τ ρ α, ἐπομένως ἡ ἰσχὺς μετρεῖται εἰς δ ι ο π τ ρ ῖ α ς.

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

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

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

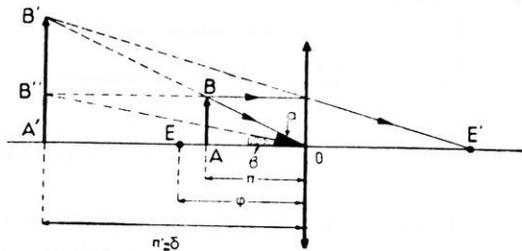
Μεγέθυνσις ἐνὸς ὀπτικοῦ ὄργανου καλεῖται ὁ λόγος τῆς γωνίας α , ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ ὄργανου τὸ εἶδωλον A'B', πρὸς τὴν γωνίαν β , ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ὅταν τοῦτο εὐρίσκεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως.

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 $\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\varphi}$ εὐρίσκωμεν:

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



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

Αί γωνία α και β είναι πολύ μικρά. Έπομένως από τα ορθογώνια τρίγωνα OAB και $OA'B''$ εύρισκομεν ότι είναι :

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

και

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

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

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

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

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

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

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

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

(κατὰ προσέγγισιν)

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

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

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

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

Ἡ ἰσχύς τοῦ χρησιμοποιουμένου ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἶναι

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

Ἡ ἐπιτυγχανομένη μεγέθυνσις εἶναι :

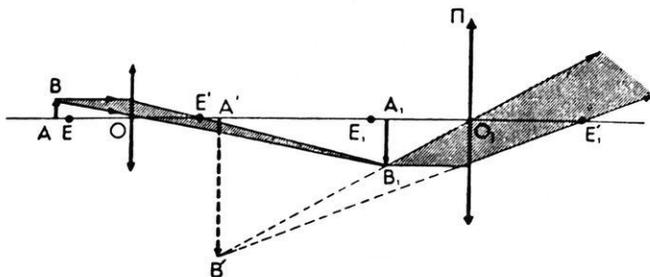
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} = 12,5$$

Ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

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

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

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 π ρ α-



Σχ. 76. Πορεία τῶν ἀκτῶν εἰς τὸ σύνθετον μικροσκόπιον

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

α) **Ίσχύς του μικροσκοπίου.** Όπως είδομεν, ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου καλεῖται ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ μικροσκοπίου τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν λοιπὸν α εἶναι ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ τελικοῦ εἰδώλου Α'Β', τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν

ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται ὡς ἐξῆς :

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

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

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

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

(§ 42), ἡ ὁποία εἶναι :

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

ἢ κατὰ προσέγγισιν :

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{OO_1}{OE} = \frac{l}{\varphi_{\alpha}}$$

Ὡστε κατὰ προσέγγισιν ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

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

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

Ἡ μεγέθυνσις (Μ) τοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἰσχύος (Ρ) τοῦ μικροσκοπίου ἐπὶ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινούς ὀράσεως (δ) τοῦ παρατηρητοῦ.

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

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

Παράδειγμα. Εἰς ἓν μικροσκόπιον εἶναι :

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

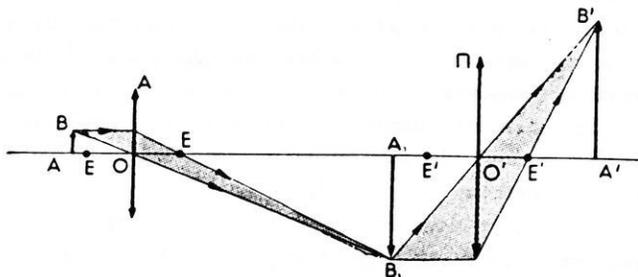
Ἡ ἰσχὺς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

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

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

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



Σχ. 77. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδώλου ὑπὸ τοῦ μικροσκοπίου

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

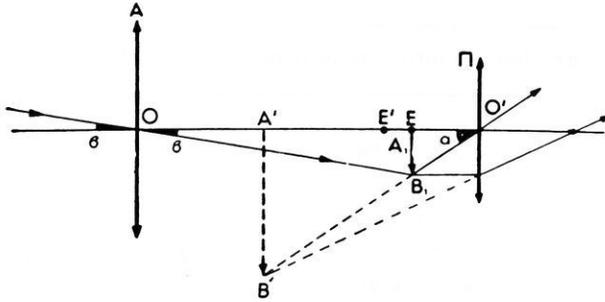
ρίκας εστίας E' του προσοφθαλμίου (σχ. 77). Τότε ο προσοφθάλμιος δίδει το πραγματικόν εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ληφθῆ ἐπὶ διαφράγματος ἢ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλάκῃς. Ἡ φωτογράφησις τῶν εἰδώλων μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων καλεῖται **μικροφωτογραφία**. πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου φωτογραφικὴ μηχανή. Ἀντὶ φωτογραφικῆς μηχανῆς δύναται νὰ στερεωθῆ ἡ συσκευὴ λήψεως κινηματογραφικῶν εἰκόνων· ἡ **κινηματομικροφωτογραφία** παρέχει σήμερον πολύτιμον βοήθειαν εἰς τὰς διαφόρους ἐρεῦνας καὶ τὴν διδασκαλίαν.

64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 , τὸ ὁποῖον σχηματίζει ὁ ἀντικειμενικὸς φακός, πρέπει νὰ εἶναι πολὺ φωτεινὸν καὶ χωρὶς σφάλματα· διότι, ἂν τὸ εἶδωλον τοῦτο ἔχη σφάλματα, ταῦτα θὰ γίνουιν μεγαλύτερα διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Γενικῶς ὁ ἀντικειμενικὸς φακός τοῦ μικροσκοπίου εἶναι ἐν σύστημα φακῶν, διὰ τοῦ ὁποῖου ἐπιδιώκεται αὐξήσις τῆς ἰσχύος τοῦ μικροσκοπίου καὶ διόρθωσις τῶν διαφόρων σφαλμάτων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουιν οἱ φακοί. Ἀλλὰ καὶ ὁ προσοφθάλμιος φακός τοῦ μικροσκοπίου εἶναι πάντοτε σύστημα φακῶν.

Β' ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

65. Διοπτρικά καὶ κατοπτρικά τηλεσκόπια. Τὰ τηλεσκόπια εἶναι ὀπτικά ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων εὐρισκομένων πολὺ μακρὰν. Μὲ τὰ τηλεσκόπια ἐπιτυγχάνομεν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα ταῦτα ὑπὸ γωνίαν πολὺ μεγαλύτεραν ἀπὸ τὴν γωνίαν, ὑπὸ τὴν ὁποῖαν τὰ βλέπωμεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Τὰ τηλεσκόπια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀντικειμενικὸν σύστημα, τὸ ὁποῖον σχηματίζει ἐν πολὺ μικρὸν πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο παρατηρεῖται μὲ ἐν προσοφθάλμιον σύστημα, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ τελικὸν φανταστικὸν εἶδωλον. Ὑπάρχουιν δύο κατηγορίαι τηλεσκοπίων. Τὰ **διοπτρικά τηλεσκόπια ἢ διόπτραι** ἔχουιν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἓνα συγγλίνοντα φακὸν μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Τὰ δὲ **κατοπτρικά τηλεσκόπια** ἔχουιν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἐν κοίλον κάτοπτρον. Τὸ ἀντικειμενικὸν καὶ τὸ προσοφθάλμιον σύστημα εἶναι στερεωμένα καταλλήλως ἐπὶ μακροῦ σωλῆνος.

66. 'Αστρονομική διόπτρα. 'Η αστρονομική διόπτρα αποτελείται : α) 'Από τὸν ἀντικειμενικὸν φακόν, ὁ ὁποῖος ἔχει πολὺ μεγάλην ἔστιακὴν ἀπόστασιν (φ_a) καὶ δίδει τὸ πραγματικόν, μικρὸν καὶ ἀνεστραμμένον εἶδωλον A_1B_1 (σχ. 78). β) 'Απὸ τὸν προσο-



Σχ. 78. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν αστρονομικὴν διόπτραν

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

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

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

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

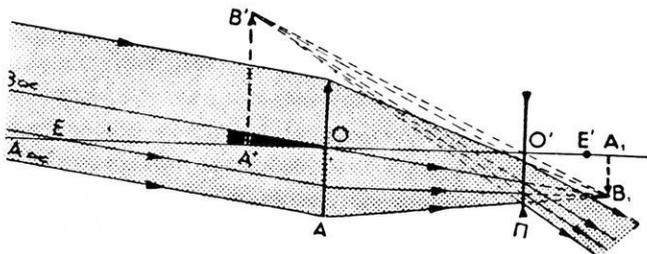
Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡ μεγέθυνσις τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας ἰσοῦται μετὸν λόγον τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμενικοῦ πρὸς τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ προσοφθαλμίου.

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

β) **Διαχωριστικὴ ἰκανότης τῆς διόπτρας.** Δύο σημεῖα A καὶ B σχηματίζουν δύο διακεκριμένα εἶδωλα, ἐὰν ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων εἶναι μεγαλύτερα μιᾶς ὠρισμένης τιμῆς ω. Ἡ ὠρικὴ αὐτὴ γωνιακὴ ἀπόστασις καλεῖται **διαχωριστικὴ ἰκανότης** τῆς διόπτρας. Ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τόσο μικρότερα 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 ἀντικειμενικὸς εἶναι σ υ γ κ λ ἰ ν ω φανός, ὁ ὅποιος δίδει τὸ πραγμα-



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

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

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

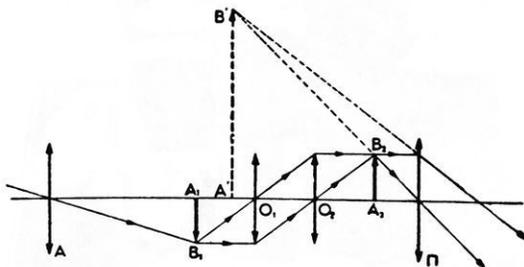
Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου εὐρίσκεται ὅτι εἶναι, ὅπως εἰς τὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν, ἴση μὲ :

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

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 ὅποιοι

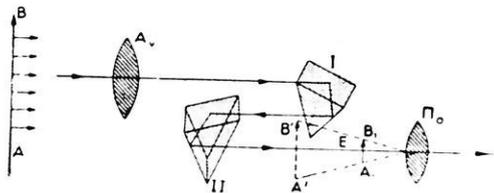
ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ . Τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσφθάλμιου οὕτως, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός, νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ O_1 (σχ. 80).

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



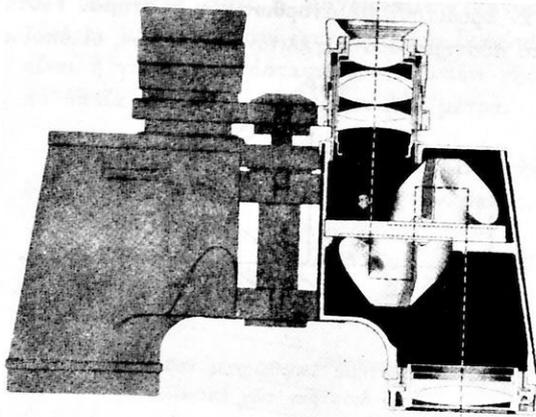
Σχ. 80. Σύστημα ἀνορθώσεως τοῦ εἰδώλου εἰς τὴν διόπτραν τῶν ἐπιγείων

69. Πρισματική διόπτρα. Εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ 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 πρᾶγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ

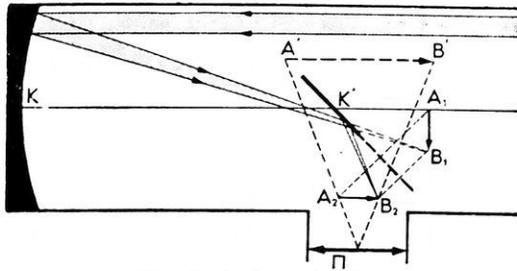


Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας

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

τοῦ προσοφθαλμοῦ παρατηροῦμεν τὸ ὄρθον ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον πρᾶγματικόν εἶδωλον $A'B'$. Οὕτως ὅμως ἐπιτυγχάνεται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι ἡ ἀκτίς διατρέχει τρεῖς φορές τὸ μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων διάστημα. Δύο τοι-

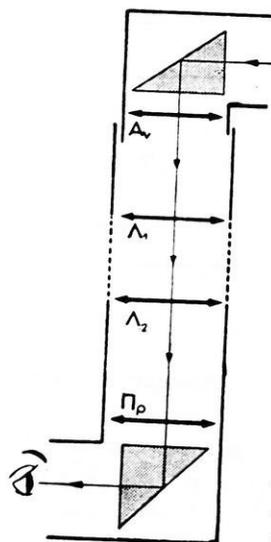
70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον. Τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον φέρει ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἓν κοίλον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 83). Τὸ κάτοπτρον K δίδει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 ἐνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου AB . Τὸ εἶδωλον A_1B_1 σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ἀνεστραμμένον. Πρὸ τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ κοίλου κατόπτρου τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον K' (ἢ πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως), τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὸν 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 προσοφθαλμίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἴση μετὸν λόγον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως (φ_a) τοῦ κοίλου κατόπτρου πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_n) τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, ἦτοι $M = \frac{\varphi_a}{\varphi_n}$.



Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον

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

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



Σχ. 84. Σχηματική παράστασις τοῦ περισκοπίου

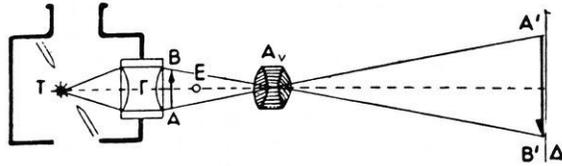
τόπτειυσιν τοῦ ὀρίζοντος.

τῆς ὁποίας ὁ ἄξων κάμπτεται εἰς τὰ δύο ἄκρα κατ' ὀρθὴν γωνίαν χάρις εἰς δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως (σχ. 84)· τὸ ἐν ἑκ τῶν πρίσμάτων τούτων εὐρίσκεται πρὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τὸ δὲ ἄλλο πρίσμα εὐρίσκεται πρὸ ἢ καὶ μετὰ τὸν προσοφθάλμιον. Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας αὐτῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα, διὰ τὴν ἔχῃ ὁ παρατηρητὴς ἀκριβῆ ἰδέαν τῶν διαστάσεων τῶν ἀντικειμένων. Ἐπομένως ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν τὴν αὐτὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν. Τὸ σύστημα ἀνορθώσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὁμοίους συγκλίνοντας φακούς 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 κα-

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

73. Προβολεὺς. Ὁ προβολεὺς χρησιμεύει διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ διαφράγματος πραγματικοῦ καὶ μεγεθυσμένου εἰ-

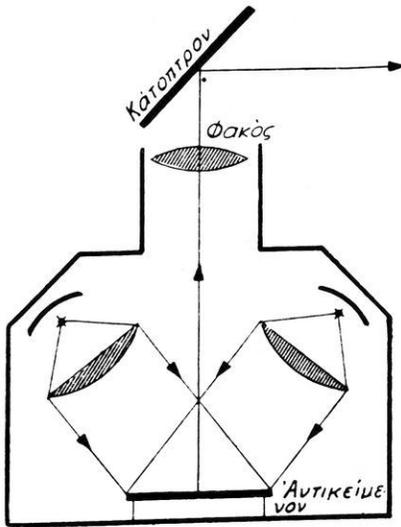
δώλου, τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι ὄρατὸν ἀπὸ πολλοὺς συγχρόνως παρατηρητάς. Ἐκάστη συσκευή προβολῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ συγκλίνον σύστημα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ μὲ ἓνα φακὸν (ἀντικειμενικός). Ἐν μικρὸν διαφανὲς ἀντικείμενον AB τοποθετεῖται ὀλίγον πέραν τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ (σχ. 85)· ὁ φακὸς δίδει τότε ἐπὶ τοῦ πετάσματος τὸ πρα-



Σχ. 85. Προβολεὺς

γματικὸν καὶ μεγεθυσμένον εἶδωλον A'B'. Ἡ μεγέθυνσις αὐξάνεται, ὅταν τὸ ἀντικείμενον AB πλη-

σιάζη πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν E καὶ ἐπομένως, ὅταν τὸ εἶδωλον A'B' ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν συσκευήν. Διὰ νὰ εἶναι φωτεινὸν τὸ λαμβανόμενον μεγεθυσμένον εἶδωλον, πρὲπει 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 ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου καὶ ἀνακλῶμεναι ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ



Σχ. 86. Σχηματικὴ παράστασις ἐπιδιασκοπίου

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

53. Παρατηρητής, του οποίου η ελάχιστη απόστασις εύκρινους όράσεως είναι 12 cm, χρησιμοποιεί ως άπλου μινροσκοπίον συγκλίνοντα φακόν έστιακής απόστάσεως 4 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις, τήν όποιαν επιτυγχάνει, και πόση είναι η απόστασις του αντικειμένου από τον φακόν ;
54. Παρατηρητής έχων ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όράσεως 25 cm χρησιμοποιεί ως άπλου μινροσκοπίον συγκλίνοντα φακόν έστιακής απόστάσεως 2 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις και η ισχύς του άπλου μινροσκοπίου ;
55. Συγκλίνων φακός ισχύος 12 διοπτριών χρησιμοποιείται ως άπλου μινροσκοπίον από παρατηρητήν έχοντα ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όράσεως 20 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις του όργάνου ; Έάν τό παρατηρούμενον είδωλον έχη μήκος 4 cm πόσον είναι τό μήκος του αντικειμένου ;
56. Σύνθετον μινροσκοπίον αποτελείται από δύο λεπτούς συγκλίνοντας φακούς, των όποιων τά όπτικα κέντρα απέχουν 15 cm. Η έστιακή απόστασις του αντικειμενικού είναι 1 cm, του δέ προσοφθάλμιου είναι 3 cm. Παρατηρητής, έχων ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όράσεως 25 cm, τοποθετεί τον όφθαλμόν του πολύ πλησίον του προσοφθάλμιου. Νά εύρεθῆ η ισχύς και η μεγέθυνσις του μινροσκοπίου.
57. Σύνθετον μινροσκοπίον αποτελείται από αντικειμενικόν φακόν A_1 ισχύος 200 διοπτριών και από προσοφθάλμιον A_2 ισχύος 50 διοπτριών, οι όποιοι εύρίσκονται εις σταθεράν μεταξύ των απόστασιν ίσην με 15 cm. Νά εύρεθῆ η ισχύς και η μεγέθυνσις του όργάνου.
58. Εις έν σύνθετον μινροσκοπίον ό αντικειμενικός φακός και ό προσοφθάλμιος έχων αντίστοιχώς έστιακές απόστάσεις 5 mm και 20 mm. Αντικείμενον AB απέχει 5,2 mm από τον αντικειμενικόν. 1) Νά εύρεθῆ η θέσις του πραγματικού είδώλου A_1B_1 , τό όποιον δίδει ό αντικειμενικός και ό λόγος των γραμμικών διαστάσεων του είδώλου A_1B_1 και του αντικειμένου AB. 2) Εις πόσην απόστασιν από τον αντικειμενικόν πρέπει νά εύρεθῆ ό προσοφθάλμιος, ώστε τό φανταστικόν είδωλον $A'B'$, τό όποιον δίδει ό προσοφθάλμιος, νά σχηματίζεται εις απόστασιν 25 cm από τον φακόν τούτον, επί του όποιου εύρίσκεται και ό όφθαλμός του παρατηρητού ; Πόση είναι η μεγέθυνσις του μινροσκοπίου ;
59. Εις μίαν άστρονομικήν διόπτραν ό αντικειμενικός και ό προσοφθάλμιος έχων αντίστοιχώς έστιακές απόστάσεις $\varphi_a = 2$ m και $\varphi_p = 2$ cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις τῆς διόπτρας ;
60. Ο αντικειμενικός και ό προσοφθάλμιος μιᾶς διόπτρας είναι συγκλίνοντες φακοί, οι όποιοι έχων αντίστοιχώς έστιακές απόστάσεις $\varphi_a = 1$ m και $\varphi_p = 10$ cm. Παρατηρητής, έχων κωνοκικήν όρασιν, στρέφει τον άξονα τῆς διόπτρας πρὸς τό κέντρον του Ηλίου, του όποιου η φαινόμενη διάμετρος είναι $32'$. Νά εύρεθῆ υπό ποίαν γωνίαν (εις μοίρας) θά ἴδῃ ό παρατηρητής διά μέσου τῆς διόπτρας τον Ηλίον.
61. Εις μίαν διόπτραν του Γαλιλαίου ό αντικειμενικός έχει έστιακήν απόστασιν $\varphi_a = 50$ cm, ό δέ προσοφθάλμιος έχει $\varphi_p = 10$ cm (κατ' άπόλυτον τιμήν).

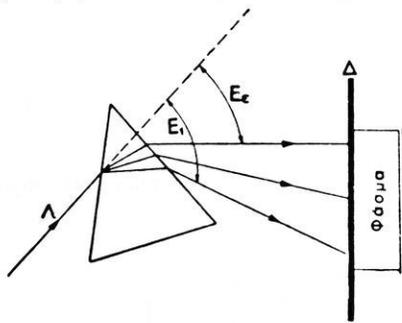
Ὁ ὀφθαλμὸς αὐτὸς παρατηρεῖ διὰ τῆς διόπτρας ἀντικείμενον ὕψους 20 m, εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν ἑνὸς χιλιομέτρου. Πόση εἶναι ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ ἀντικείμενου, ὅταν τοῦτο παρατηρηθῆται διὰ τῆς διόπτρας;

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 του τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὸν ἄξωνα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ μικροῦ κατόπτρου ἀπέχει 5 cm ἀπὸ τὴν ἐστίαν. Τὸ σύστημα τοῦτο δίδει πραγματικὸν εἰδώλον τοῦ Ἡλίου, τὸ ὁποῖον παρατηρητῆς βλέπει διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως $\varphi = 2$ cm. 1) Ἐάν ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ Ἡλίου εἶναι 0,009 rad, νὰ εὑρεθοῦν αἱ διαστάσεις τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ σύστημα τῶν δύο κατόπτρων. 2) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ φαινόμενη διάμετρος, ὑπὸ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητῆς βλέπει τὸν Ἥλιον διὰ τοῦ ὄργανου. 3) Ποῖα εἶναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργανου;

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος. Ἐπὶ ἐνὸς πρίσματος ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ λεπτὴ δέσμη λευκοῦ φωτός (σχ. 87). Ἡ δέσμη αὐτὴ ὑφίσταται ἔκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος, συγχρόνως ὅμως ὑφίσταται καὶ ἀνάλυσιν εἰς πλῆθος ἀκτίνων. Διότι, ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν ἐξερχόμενων ἐκ τοῦ πρίσματος ἀκτίνων παρεμβάλωμεν διάφραγμα, θὰ σχηματισθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία συνεχῆς ἐγχρωμὸς ταινία· αὕτη καλεῖται **φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός**.

Ἡ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἓν χρῶμα τοῦ φάσματος εἰς τὸ ἐπόμενον γίνεται ἀνεπαισθήτως. Κατὰ σειρὰν διακρίνονται κυρίως τὰ ἐξῆς χρώματα: 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.).



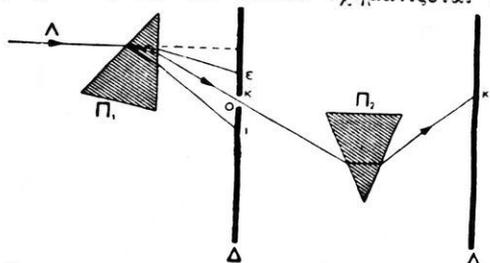
Σχ. 87. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ πρίσματος

Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα ὅλαι 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 διαφορετικὴν ἐκτροπὴν. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν συνάγεται ὅτι εἰς ἐκάστην ἀκτινοβολίαν ἀντιστοιχεῖ ἐντὸς τοῦ πρίσματος μία ὀρισμένη γωνία διαθλάσεως. Ἄρα τὸ πρίσμα ἔχει διαφορετικὸν δείκτην διαθλάσεως δι' ἐκάστην ἀκτινοβολίαν. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ὁ δείκτης διαθλάσεως, ἔπεται ὅτι οἱ δείκτες 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 ἀκτινοβολία διαθλώνται ὑπὸ τοῦ πρίσματος καὶ τότε εἰς ἐκάστην ἀκτινοβολίαν ἀντιστοιχεῖ διαφορετικὴ γωνία ἐκτροπῆς, διότι ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ πρίσματος εἶναι διαφορετικὸς δι' ἐκάστην ἀκτινοβολίαν.

Τὸ φάσμα, τὸ ὁποῖον ἐξητάσαμεν ἀνωτέρω, καλεῖται ὁ ρ α τ ὂ ν φ ἄ σ μ α, διότι ὅλαι αἱ ἀκτινοβολία 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)



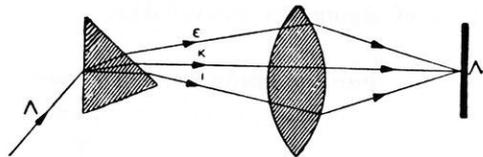
Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ

καὶ ἀφ' ἧς μίαν ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κίτρινη. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη προσπίπτει ἔπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Π₂. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρίσμα Π₂ προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀ-

κτινοβολίας, ὄχι ὅμως περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς. Ὡστε :

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

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



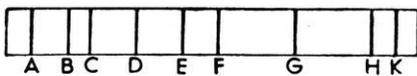
Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντροῦμεναι δίδουν λευκὸν φῶς.

Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός

76. Συμπληρωματικὰ χρώματα. Μὲ ἓν μικρὸν πρίσμα ἐκτρέπομεν ἓν ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος καὶ συγκεντρώνομεν τὰ ὑπόλοιπα χρώματα τοῦ φάσματος. Τότε δὲν λαμβάνομεν λευκὸν φῶς, ἀλλὰ νέον χρῶμα, τὸ ὁποῖον προῆλθεν ἀπὸ τὴν ἀ ν ἄ μ ε ι ζ ι ν τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Οὕτως ἀφαιροῦντες τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα λαμβάνομεν ἐκ τῆς μείξεως τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων πράσινον χρῶμα. Δύο χρώματα, ὅπως π.χ. τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὰ ὁποῖα ἀναμειγνυόμενα ὑπὸ ὀρισμένης ἀναλογίας 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.

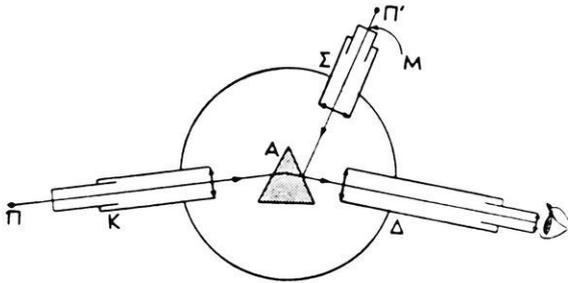
77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Δι' ἑνὸς πρίσματος ἀναλύομεν μίαν λεπτὴν δέσμη ἀκτίνων ἡλιακοῦ φωτός. Τότε λαμβάνομεν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὀρισμένης θέσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὑπάρχουν σ κ ο τ ε ι ν α ἰ γ ρ α μ α ἰ. Αἱ γραμμαὶ αὗται καλοῦνται γ ρ α μ μ α ἰ τοῦ F r a u n h o f e r αἰ ζωηρότεραι ἐξ αὐτῶν χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 90). Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος φανεροῦν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι πλῆρες λευκὸν φῶς, διότι ἐλλείπουν ἐξ αὐτοῦ μερικαὶ ἀκτινοβολίαι. Ὡστε :



Σχ. 90. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος

Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός δὲν εἶναι συνεχές, διότι ἔλλείπουν ἐξ αὐτοῦ ὠρισμένοι ἀκτινοβολίαι.

78. Φασματοσκόπιον. Τὸ φασματοσκόπιον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτεινὰί πηγαί. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν πρίσμα



Σχ. 91. Σχηματικὴ παράστασις φασματοσκοπίου

ἀπὸ ἓν πρίσμα A , τοῦ ὁποῖου ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακόρυφος (σχ. 91). Τὸ πρίσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ ὀριζοντίου κύκλου. Πέριξ τοῦ πρί-

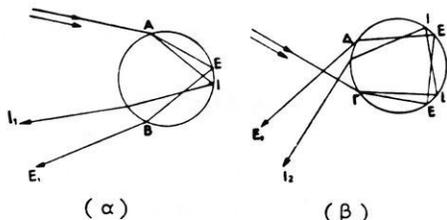
σματος δύνανται νὰ μετακινῶνται ὀριζοντίως τρεῖς σωλῆνες. Ὁ **κατευθυντήρ** K φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον του φέρει λεπτὴν σχισμὴν παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Ἡ σχισμὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ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

Οὕτως ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων (ἦτοι αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως). Ἡ **διόπτρα** Δ συλλέγει τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται ἀπὸ τὸ πρίσμα. Ὁ ἀντικειμενικὸς τῆς διόπτρας σχηματίζει πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ φάσματος, τὸ δὲ εἶδωλον τοῦτο παρατηροῦμεν διὰ τοῦ 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 φωτεινὰί ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τὴν κλίμακα μετατρέπονται ἀπὸ τὸν φακόν εἰς δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, ἡ ὁποία ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ πρίσματος καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν διόπτραν. Οὕτω παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμίου τῆς διόπτρας βλέπομεν συμπίπτοντα τὸ εἶδωλον τῆς κλίμακος καὶ τὸ εἶδωλον τοῦ φάσματος.

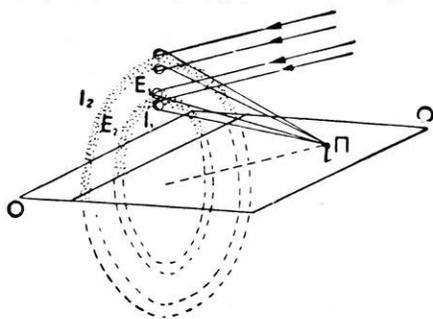
79. Ουράνιον τόξον. Τὸ οὐράνιον τόξον εἶναι μέγα φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται, ὅταν ἐμπροσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχη ἐν τεῖχος σταγόνων βροχῆς καὶ ὀπισθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχει ἀκάλυπτος ἀπὸ νέφη ὁ ἥλιος. Ἄς θεωρήσωμεν μίαν σφαιρικὴν σταγόνα ὕδατος, εἰς τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας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

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

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

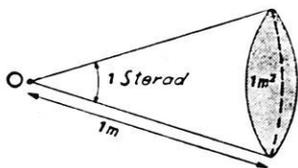
καί τέλος διάθλασιν, κατά τήν ὁποίαν ἐξέρχεται εἰς τόν ἀέρα. Ἔνεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητής βλέπει τὸ δευτερεύον οὐράνιον τόξον, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἰώδες χρῶμα I_2 φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ E_2 (σχ. 93).

Φ Ω Τ Ο Μ Ε Τ Ρ Ι Α

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

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

81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν. Ἐστω O τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἣ ὁποῖα ἔχει ἀκτῖνα ἴσην μὲ 1 μέτρον. Ἡ ἐπιφάνεια αὐτῆς τῆς σφαίρας ἔχει ἐμβαδὸν 4π τετραγωνικά μέρτρα. Ἄς θεωρήσωμεν τώρα ἓνα κῶνον, ὁ ὁποῖος ἔχει ὡς κορυφὴν τὸ O (σχ. 94) καὶ βάσιν ἐν τμήματι τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας ταύτης, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐμβαδὸν 1 m^2 . Λέγομεν τότε ὅτι ὁ κῶνος οὗτος ὀρίζει τὴν μονάδα τῶν στερεῶν γωνιῶν, ἣ ὁποῖα καλεῖται **στερακτίνιον** (1 sterad).



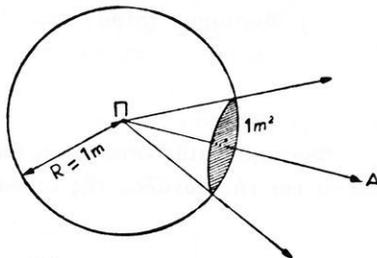
Σχ. 94. Ὅρισμός τῆς μονάδος τῶν στερεῶν γωνιῶν

Ἄρα :

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

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω ὀρισμὸν προκύπτει ὅτι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ὅλον τὸν περίξ τοῦ σημείου O χῶρον, ἰσοῦται μὲ 4π στερακτίνια.

82. Φωτομετρικὰ μεγέθη. α) **Φωτεινὴ ροή.** Ἐκάστη φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον ὠρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν. Ἡ φωτεινὴ αὐτὴ ἐνέργεια διαδίδεται εἰς τὸ περίξ τῆς πηγῆς διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον θεωροῦμεν ὡς ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον (π.χ. τὸ κενόν). Οὕτω δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὸ φῶς ὡς μίαν ροὴν φωτεινῆς ἐνεργείας.



Σχ. 95. Ὅρισμὸς τῆς μονάδος φωτεινῆς ροῆς

Φωτεινὴ ροή (ἢ **ρεῦμα φωτὸς**) **καλεῖται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία κατὰ δευτερόλεπτον διέρχεται διὰ μιᾶς ἐπιφανείας.**

β) Ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς. Ἐς θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινὴν πηγὴν Π , ἡ ὁποία εὑρίσκεται εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτίνος 1 m (σχ. 95). Κατὰ μίαν διεύθυνσιν ΠA ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον καὶ κατὰ μονάδα στερεᾶς γωνίας ὠρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Σήμερον δέχονται ὡς πρότυπον φωτεινὴν πηγὴν ἡλεκτρικὴν λυχνίαν διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦσαν ὑπὸ ὀρισμένης 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 ὀρισμένης προτύπου φωτεινῆς πηγῆς.

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

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

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

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

μονὰς 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

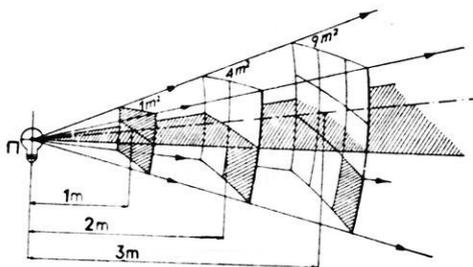
γ) **Μονὰς φωτισμοῦ.** 'Απὸ τὸν ὀρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $E = \frac{\Phi}{\sigma}$, συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας $\sigma = 1 \text{ m}^2$ προσπίπτῃ καθ' ἑτέρας φωτεινὴ ροὴ $\Phi = 1$ lumen, τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι ἴσος μὲ τὴν μονάδα φωτισμοῦ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

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

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

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

84. Νόμος τῆς φωτομετρίας. Ἄς θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινὴν πηγὴν Π, τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις I εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας

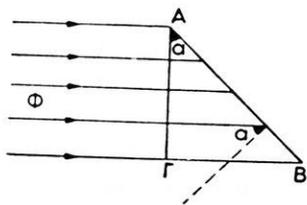


Σχ. 96. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις προϋποθέτει ὅτι τὸ φῶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας. Ἐστω ὅτι μίᾳ δέσμῃ 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' ὀλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας AB προσπίπτει φωτεινὴ ροὴ $\Phi = E \cdot \sigma$. Ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας $AG = \sigma'$ προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν

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

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

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

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

Ἄρα ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν

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

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

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

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

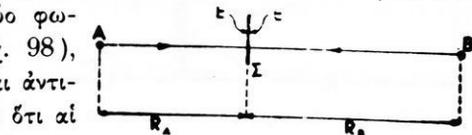
Παράδειγμα: Μία ὀριζοντία ὁδὸς φωτίζεται ὑπὸ ηλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἐντάσεως 500 κηρίων. Ὁ λαμπτήρ εὑρίσκεται εἰς ὕψος 5 m ἄνωθεν τῆς ὁδοῦ. Ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ λαμπτήρος εἶναι:

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

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

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

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



Σχ. 98. Σύγκρισις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν

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

Ἡ εὑρεθεῖσα σχέση ἀποτελεῖ τὴν ἐξίσωσιν τῆς φωτομετρίας καὶ φανερώνει δτι:

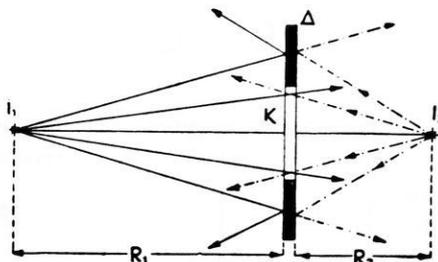
Όταν δύο φωτειναι πηγαι φωτιζουν εξ ισου μιαν επιφανειαν, αι εντασεις των φωτεινων πηγων ειναι αναλογοι προς τα τετραγωνα των αποστασεων των πηγων τουτων απο την εξ ισου φωτιζομενη επιφανειαν.

$$\text{εξιωσησ φωτομετριας : } \frac{I_A}{I_B} = \frac{R_A^2}{R_B^2}$$

Εαν η εντασις της πηγης A ειναι $I_A = 30$ κηρια, αι δε δυο φωτειναι πηγαι φωτιζουν εξ ισου την επιφανειαν Σ εξ αποστασεως $R_A = 2$ m και $R_B = 4$ m, τότε η εντασις της πηγης B ειναι :

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

86. Φωτόμετρον. Το φωτόμετρον ειναι οργανον, δια του οποιου δυναμεθα να μετρησωμεν την εντασιν μιās φωτεινης πηγης. Το φωτόμετρον Bunsen αποτελειται



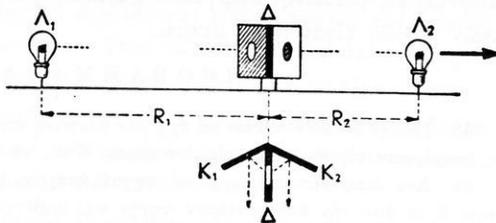
Σχ. 99. Φωτόμετρον του Bunsen

αποτελειται απο λευκον φυλλον χαρτου, επι του οποιου υπαρχει κυκλικη κηλις παραχθεισα απο μιαν λιπαραν ουσιαν. Η κηλις ειναι περισσοτερον διαφανησ απο το υπολοιπον μέρος του χαρτου. Το διάφραγμα Δ με την κηλιδα K τοποθετειται μεταξυ των

δυο προς συγκρισιν φωτεινων πηγων και καθετως προς την ευθειαν, η οποια συνδεει αυτας (σχ. 99). Όταν η κηλις K δεχεται τον αυτον φωτισμον εκ μερους των δυο πηγων, η κηλις εξαφανιζεται και το διάφραγμα Δ φαίνεται ομοιομορφως φωτισμενον. Εάν τότε αι αποστασεις των δυο πηγων απο την κηλιδα ειναι R_1 και R_2 , τότε θα ισχυη η σχεσις :

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

από την όποιαν εύρσκεται η έντασις τῆς μιᾶς πηγῆς, όταν εἶναι γνωστὴ ἡ έντασις τῆς ἄλλης πηγῆς. Διὰ νὰ βλέπωμεν συγχρόνως τὰς δύο ὀψεις τοῦ διαφράγματος Δ, υπάρχουν ἑκατέρωθεν 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 φωτόμετρου 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.

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

Διὰ νὰ εὔρωμεν τὴν ἀπόδοσιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν με πόσῃ ἰσχύϊ εἰς Watt ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς τῆς φωτεινῆς ροῆς. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὔρεθη ὅτι :

Εἰς τὰς συνθήεις φωτεινᾶς πηγᾶς τὸ 1 lumen λευκοῦ φωτός ἰσοδυναμεῖ με 0,01 Watt.

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

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

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

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

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

63. Πόσῃ 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 ἀσθενεστέραν πηγὴν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν, ἡ ὁποία ἐνώνει τὰς δύο πηγάς, εὐρίσκεται φύλλον χάρτου, τοῦ ὁποίου αἱ δύο ὕψεις 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. Πόσῃ ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχη ὁ ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ, τὸν ὁποῖον θὰ τοποθετήσωμεν ἄνωθεν τῆς τραπέζης καὶ εἰς ὕψος 1,5 m ;

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

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

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

69. Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ ἔχει ἰσχύν 60 Watt καὶ φωτεινὴν ἰσχύν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς 1,2 κηρία κατὰ Watt. Πόσῃ εἶναι ἡ παραγομένη φωτεινὴ ροὴ ;

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 ὀριζοντος.

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

ἀκτινοβολία μικροτάτων σωματιδίων. Τὰ σωματίδια αὐτὰ ἐκπέμπονται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν, διαδίδονται εὐθύγραμμως καὶ ἐπειδὴ εἶναι τελείως ἐλαστικά, ἀνακλῶνται, ὅταν προσπέσουν ἐπὶ λεῖων ἐπιφανειῶν, ὅπως ἀκριβῶς ἀνακλᾶται μία τελείως ἐλαστικὴ 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 διευτώθη ἀπὸ τὸν Huygens (1677). Οὗτος ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι **κυμάνσεις**, αἱ ὁποῖαι διαδίδονται διὰ μέσου τοῦ **αιθέρος**. Ὁ αἰθὴρ εἶναι ἓν ἀβαρὲς διαφανὲς μέσον, ἀπολύτως ἐλαστικόν, τὸ ὅποιον πληροῖ ὅλον τὸν χῶρον τοῦ Σύμπαντος καὶ τὰ μεταξύ τῶν μορίων τῶν σωμάτων κενὰ διαστήματα. Ὡστε :

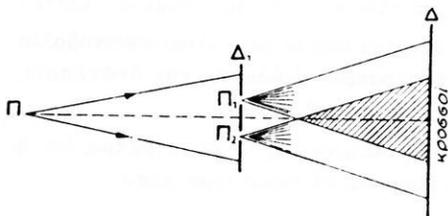
I. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι **κυμάνσεις** διαδιδόμεναι διὰ μέσου τοῦ **αιθέρος** καὶ ἐρμηνεύει πολὺ περισσότερα ὀπτικά φαινόμενα ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

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

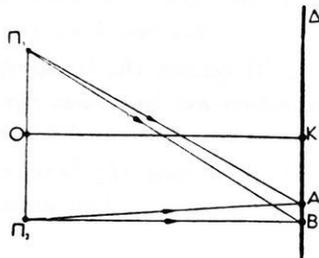
Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε, διότι ἐπεβεβαιώθη πλήρως ὑπὸ τοῦ πειράματος. Ἡ **ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία** τοῦ Maxwell (τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν) μᾶς ἀπαλλάσσει ἀπὸ τὴν ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν τὴν ὑπαρξιν τοῦ αἰθέρος, ἀλλὰ δὲν καταργεῖ τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις. Εἰς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

91. Συμβολὴ τοῦ φωτός. Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν φαινομένων **συμβολῆς τοῦ φωτός** εἶναι ἡ ἀκόλουθος : Μία λεπτὴ φωτεινὴ σχισμὴ Π (σχ. 101) φωτίζει ἰσχυρῶς τὰς δύο παραλλήλους σχισμάς 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-

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



Σχ. 101. Παραγωγή φαινομένου συμβολῆς τοῦ φωτός



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

παράγονται **κροσσοὶ συμβολῆς**. Εἰς

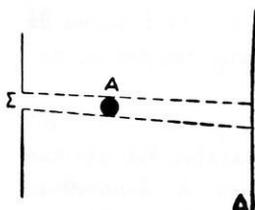
ὄσα σημεῖα, ὅπως π.χ. εἰς τὸ σημεῖον A (σχ. 102), ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση μὲ ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται **φωτεινοὶ κροσσοὶ**

($\Pi_1A - \Pi_2A = 2\nu \cdot \frac{\lambda}{2}$). Ἀντιθέτως εἰς ὄσα σημεῖα, ὅπως π.χ. τὸ B ,

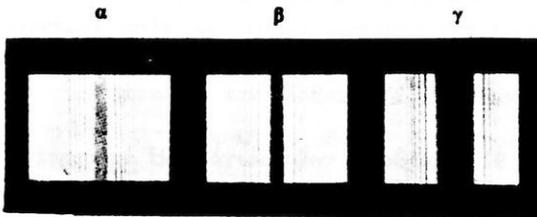
ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται **σκοτεινοὶ κροσσοὶ**

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

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



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

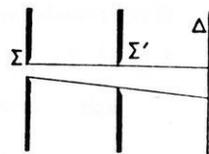


Σχ. 104. Φαινόμενα παραθλάσεως (α μαλκοβδοκόνδυλον, β βελόνη, γ θρίξ)

νων καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν Σ τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτὸν

σύρμα. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ δὲν σχηματίζεται σαφῶς ἡ σκιά τοῦ ἀδιαφρανοῦς 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 δυνατὸν νὰ ὑπάρχῃ φωτεινὸς κροσσός. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς Σ φέρομεν ἄλλην σχισμὴν Σ' (σχ. 105), ἡ ὁποία εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ . Τὸ ἄνοιγμα τῆς σχισμῆς Σ' εἶναι πολὺ μικρόν.



Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτῆς σχισμῆς

Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ σχηματίζεται τότε μία στενὴ φωτεινὴ ράβδωσις καὶ ἑκατέρωθεν 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 συμβάλλουσιν ἀλλήλους, ἀλλὰ ἀλλοτρίως καὶ ἀντικειμένως καὶ σκοτεινοὺς κροσσούς. Ὡστε :

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

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

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

II. Τὸ μήκος κύματος τῶν ὄρατῶν ἀκτινοβολιῶν περιλαμβάνονται μεταξὺ $0,8 \mu$ καὶ $0,4 \mu$.

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

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

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

Οὕτως εὐρίσκωμεν :

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

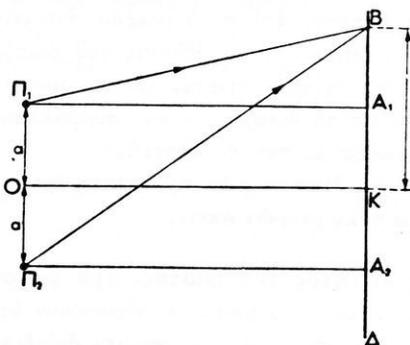
$$\text{ἄρα} \quad \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{0,8 \cdot 10^{-4}} = 375 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

β) διὰ τὴν ἰώδη 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.

Ἄς θεωρήσωμεν δύο γειτονικὰς μονοχρωματικὰς φωτεινὰς πηγὰς



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

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

διαφράγματος παράγονται κροσσοὶ συμβολῆς, ἥτοι διαδοχικαὶ φωτειναὶ καὶ σκοτειναὶ ταινίαι (σχ. 107). Εἰς τὸ σημεῖον K σχηματίζεται ὁ κεντρικὸς φωτεινὸς κροσσός, διότι οἱ δρόμοι P_1K καὶ P_2K εἶναι ἴσοι καὶ ἐπομένως αἱ δύο κυμάνσεις φθάνουν εἰς τὸ K με διαφορὰν φάσεως μηδέν. Φωτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται ἐπίσης εἰς ὅσα σημεῖα ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ δρόμου (δ)



Σχ. 107. Κροσσοὶ συμβολῆς

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

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

Ἀντιθέτως σκοτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται εἰς ὄσα σημεῖα ἀντιστοιχεῖ διαφορά δρόμου (δ) ἴση με περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων ($\delta = [2\nu + 1] \cdot \frac{\lambda}{2}$). Ἐστω 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 :

$$(\Pi_2 B)^2 = (\Pi_2 A_2)^2 + (A_2 B)^2$$

$$(\Pi_1 B)^2 = (\Pi_1 A_1)^2 + (A_1 B)^2$$

Αἱ ἀνωτέρω ἐξισώσεις γράφονται καὶ ὡς ἐξῆς :

$$(\Pi_2 B)^2 = d^2 + (x + \alpha)^2$$

$$(\Pi_1 B)^2 = d^2 + (x - \alpha)^2$$

Ἀφαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

$$(\Pi_2 B)^2 - (\Pi_1 B)^2 = 4\alpha \cdot x$$

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

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

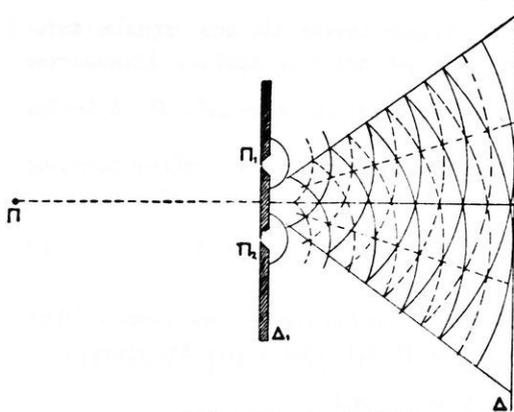
$$2d \cdot \delta = 4\alpha \cdot x \quad (3)$$

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

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

Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν κροσσῶν συμβολῆς εἶναι αἱ **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, ἡ 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

μῖαν φωτεινὴν πηγὴν, καλεῖται **φυσικὸν φῶς**, ὅταν δὲν ἔχη ὑποστῆ

καμμίαν ἀνάκλασιν ἢ διάθλασιν. Ἀφῆνο-

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 ἔντασις τῆς

ἀνακλωμένης ἀκτῖνος δὲν με-

ταβάλλεται. Χρησιμοποιοῦμεν τώρα

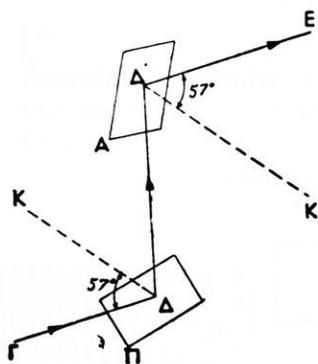
ὡς κάτοπτρον μίαν ὑαλίνην πλάκα Π , τῆς

ὁποίας ἡ ὀπίσθια ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ

μὲ στρῶμα αἰθάλης. Ἀφῆνομεν νὰ προσ-

πέσῃ ἐπὶ τῆς πλακῆς Π μίαν ἀκτῖς φυσικοῦ

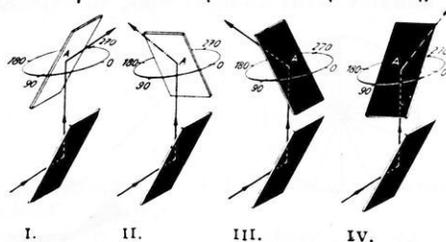
φωτός $\Gamma\Delta$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 57°



Σχ. 109. Πόλωση τοῦ φω-
τός ἐξ ἀνακλάσεως

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

τοπτικῆς πλακῶς A καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως 57° . Ὅς ἐξετάσωμεν τὰς ιδιότητες τῆς νέας ἀνακλωμένης ἀκτίνος Δ'Ε. Πρὸς τοῦτο στρέφομεν τὸ κάτοπτρον A περὶ τὴν ΔΔ' ὡς ἄξονα. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς Δ'Ε διαγράφει πάλιν ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος μεταβάλλεται περιδικῶς. 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 ἐνδιάμεσους θέσεις ἡ ἔντασις τῆς Δ'Ε λαμβάνει ἐνδιάμεσους τιμὰς. Ἀπὸ τὸ πείραμα τοῦτο συνάγεται ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς ΔΔ' δὲν ἔχει τὰς αὐτὰς ιδιότητας μετὰ 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 A καλεῖται **ἀναλύτης**. Ἐὰν ἡ ἀκτίς φυσικοῦ φωτός ΓΔ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ πολωτοῦ Π ὑπὸ γωνίαν θ τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς ΔΔ' δὲν δύναται νὰ καταργηθῇ τελείως διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεώς της ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου A. Κατὰ μίαν ὀλόκληρον στροφὴν τοῦ ἀναλύτου ἡ 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** ὥστε :



Σχ. 110. Ἐρευνα τῶν ιδιοτήτων τῆς πεπολωμένης ἀκτίνος φωτός

διὰ φορον τῆς γωνίας πολώσεως τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς ΔΔ' δὲν δύναται νὰ καταργηθῇ τελείως διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεώς της ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου A. Κατὰ μίαν ὀλόκληρον στροφὴν τοῦ ἀναλύτου ἡ 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** ὥστε :

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 ἡ διεύθυνσις κραδασμοῦ καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, δὲν εἶναι ὠρισμένον. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ἐπίπεδον κραδασμῶν**, δύναται νὰ λάβῃ οἰανδήποτε θέσιν εἰς τὸν περίξ τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος χῶρον (σχ. 111). Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποδεικνύει ὅτι :

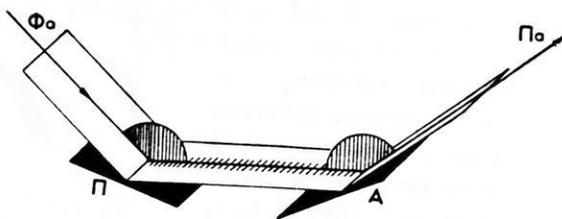
I. Εἰς μίαν ἀκτίνα φυσικοῦ φωτός οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

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

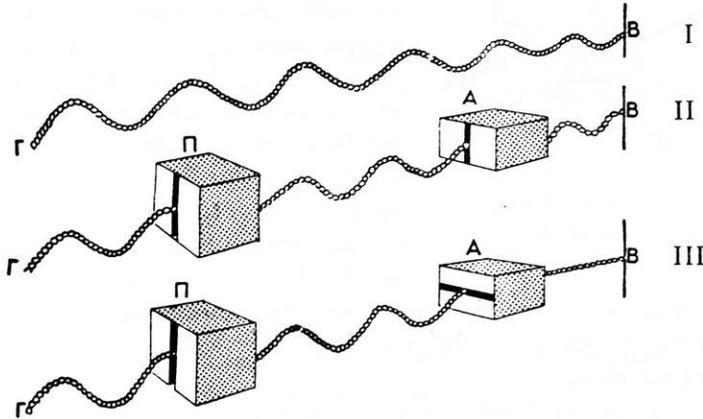


Σχ. 112. Κραδασμοὶ εἰς πεπολωμένην ἐξ ἀνακλάσεως ἀκτίνα φωτός

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

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

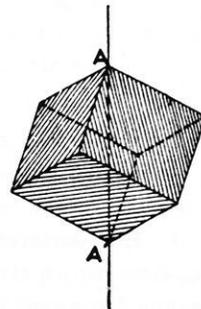
Ἡ πρώτη σχισμὴ Π ἐπιτρέπει νὰ διαδοθοῦν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κυμάνσεις, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμὴν.



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

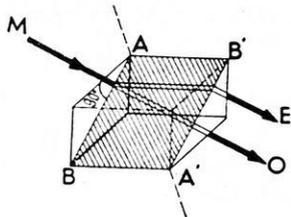
Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν σχισμὴν Α. "Όταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ὠρισμένη κύμανσις (σχ. 113 II). "Όταν ὅμως τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι κάθετα, τότε ἡ σχισμὴ Α δὲν ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῇ πέραν αὐτῆς ἡ κύμανσις (σχ. 113 III).

96. Διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός. Ἡ ἰσλανδικὴ κρυστάλλος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίτου (CaCO_3)· εἶναι τελείως διαυγῆς καὶ σχίζεται εὐκόλως δίδουσα ρομβόεδρον, δηλαδὴ στερεὸν τοῦ ὁποίου αἱ ἐξ ἑδρῶν εἶναι ρόμβοι (σχ. 114). Ἡ ἰσλανδικὴ κρυστάλλος 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 ἀκτῖνες, ἡ Ο καὶ ἡ Ε (σχ. 115). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὅποιον ἐπέρχεται διχασμὸς τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος εἰς δύο διαθλωμένας ἀκτῖνας, καλεῖται **διπλῆ διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ δὲ



Σχ. 114. Ὀπτικὸς ἄξων κρυστάλλου

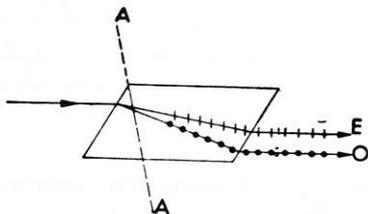
ισλανδική κρύσταλλος, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν διπλὴν διάθλασιν, κα-



Σχ. 115. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός

λείται **διπλοθλαστικὸν** σώμα. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ ἀκτίς **O** ἐξέρχεται κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος, διότι ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς **M** προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου. Ἡ ἀκτίς λοιπὸν **O** ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, ὅχι μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν καθέτου προσπτώσεως τῆς ἀκτίνος **M**, ἀλλὰ καὶ δι' οἰανδήποτε ἄλλην γωνίαν προσπτώσεως· διὰ τοῦτο ἡ ἀκτίς **O** καλεῖται **τακτικὴ ἀκτίς**. Ἀντιθέτως ἡ ἀκτίς **E** δὲν ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται **ἔκτακτος ἀκτίς**.

Ἐάν μὲ ἓνα ἀναλύτην ἐξετάσωμεν τὴν τακτικὴν καὶ τὴν ἔκτακτον ἀκτῖνα, θὰ εὕρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο αὐταὶ ἀκτίνες εἶναι ὀλιγωρῶς πεπολωμέναι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλωμέναι ἀκτίνες εἶναι πεπολωμέναι.

αὐτὰς ἀκτίνας εἶναι κάθετα μεταξὺ των. Ὑπάρχει ὅμως μία διεύθυνσις **AA'**, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίς ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὕτη **AA'** καλεῖται **ὀπτικὸς ἄξων** τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξωνος ἢ

εἶναι παράλληλον πρὸς αὐτόν, καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ κρυστάλλου (ἢ γραμμωτῆ ἐπιφάνεια **ABA'B'** εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν λοιπὸν τὰ ἑξῆς :

I. Ἐάν φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου οὖτως, ὥστε νὰ μὴ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξωνα, τότε προκύπτουν δύο παράλληλοι διαθλωμένοι ἀκτίνες, ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτίς.

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

III. Ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένοι, τὰ δὲ ἐπίπεδα κρυστασμῶν εἶναι κάθετα μεταξύ των.

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

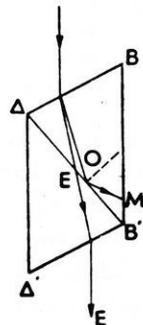
97. Ἐρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός ἀπέδειξαν ὅτι ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἢ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἰσότροπα σώματα, τὰ σώματα τὰ ὁποῖα 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 κρύσταλλοι τοῦ κυβικοῦ συστήματος εἶναι ὀπτικῶς ἰσότροπα σώματα καὶ δὲν παρουσιάζουν τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως.

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

98. Πολωτικαὶ συσκευαί. Ἐπειδὴ οἱ διπλοθλαστικοὶ κρύσταλλοι δίδουν ὀλικῶς πεπολωμένας ἀκτῖνας, διὰ τοῦτο οἱ κρύσταλλοι οὗτοι χρησιμοποιοῦνται ὡς πολωτικαὶ συσκευαί. Γοιαντὴ ἀπλὴ συσκευὴ 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 στρώμα βαλσάμου τοῦ Καναδά. Ἡ τακτικὴ ἀκτὶς ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ βαλσάμου τοῦ Καναδά καὶ ἐξαφανίζεται. Οὕτως ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν κρυστάλλον μόνον ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς, κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὴν προσπίπτουσαν. Ἡ ἐξερχομένη ἔκτακτος ἀκτὶς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Ἐν ἄλλο πρῖσμα Nicol δύναται νὰ χρησιμοποιηθῆ ὡς ἀναλύτης (σχ. 118).

Διὰ τὴν εὐκόλον παραγωγὴν πεπολωμένου φωτός χρησιμοποιεῖται



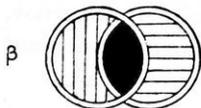
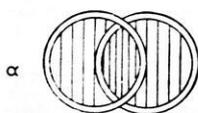
Σχ. 117. Ἀπὸ τὸ πρῖσμα Nicol ἐξέρχεται μόνον ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς.

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



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

ἐνώσεως τῆς κινήσης (ἐραπαθίτης). Ἐκαστος τοιοῦτος κρύσταλλος συμπεριφέρεται ὅπως ἐν πρίσμα Nicol, δηλαδή 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 μεταξύ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν ἢ διατάξεις αὐτὴ ἀποτελεῖ **πολωτὴν**. Μία ἄλλη ὁμοία διάταξις δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς **ἀναλύτης**. Εἰς τὴν θέσιν διασταυρώσεως ἐπέρχεται κατάργησις τοῦ διερχομένου φωτός (σχ. 119). Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτως οἱ φανοὶ τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἡ 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 φοράν. Κατὰ τὴν διασταύρωσιν δύο ἀντιθέτως κινουμένων αὐτοκινήτων ἢ ἐμπροσθεν τοῦ ὀδηγοῦ ὑαλινὴ πλάξ λειτουργεῖ ὡς ἀναλύτης διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου καὶ δὲν ἀφήνει νὰ διέλθῃ διὰ τῆς πλακὸς τὸ φῶς τοῦτο· διότι οἱ ἄξονες πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι κάθετοι. Οὕτως ἀποφεύγεται ἡ ἐνόχλησις ἐκάστου ὀδηγοῦ ἀπὸ τὸ φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου.

Π Ρ Ο Β Α 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. Πόσον είναι ο 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 οποίας ο δείκτης διαθλάσεως είναι 3/2.

75. Μία φωτεινή ακτινοβολία έχει εις τον άέρα μήκος κύματος $\lambda = 0,6 \mu$. Νά εὔρεθῆ ή συχνότης της ακτινοβολίας ταύτης, ἂν ή ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ άέρος είναι 300 000 km/sec. Πόσον γίνεται το 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 μεταξύ των, απέχουν ή μία ἀπὸ την 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 εὔρεθῆ εις πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κεντρικὸν κροσσὸν εὔρισκεται ο ἕνατος σκοτεινὸς κροσσός.

ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Α: ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. Φάσματα έκπομπῆς. Ἡ έρευνα τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ, γίνεται μετὸ φασματοσκόπιον (σχ. 91). Ἐάν ἐξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἕν διάπυρον στερεὸν ἢ ὑγρὸν σώμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἕν συνεχές φάσμα, δηλαδή μίαν συνεχή σειράν ακτινοβολιῶν χωρὶς καμμίαν διακοπήν. Τοιοῦτον φάσμα δίδουν π.χ. τὸ διάπυρον σύρμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τὸ ἠλεκτρικὸν τόξον, ή φλόξ ἐνὸς κηρίου, τὰ διάπυρα μέταλλα κ.ἄ. Διὰ νὰ λάβωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν οἱ διάπυροι ἄτμοὶ τῶν μετάλλων, εἰσάγομεν ἐντὸς τῆς φλογὸς τοῦ λύχνου Bunsen ἢ ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ τόξου, μικρὸν τεμάχιον ἐνὸς ἄλατος τοῦ μετάλλου τούτου. Τέλος τὰ εις τὴν συνήθη θερμοκρασίαν άέρια (π.χ. ὑδρογόνον, ὀξυγόνον, ἄζωτον κ.ἄ.) τὰ ἀναγκάζομεν νὰ γίνουιν φωτει-

ναί πηγαί διὰ τοῦ σωλῆνος τοῦ Geissler (σχ. 120). Ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος ὑπάρχει τὸ πρὸς ἐξέτασιν ἀέριον ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν. Ὄταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος παράγωνται ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις, τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ καὶ ἰδίως ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει εἰς τὸ στενότερον τμήμα τοῦ σωλῆνος. Ἐὰν λοιπὸν ἐξετάσωμεν



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

τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει διὰ πυρρον ἀέριον ἢ ἀτμός, θὰ παρατηρήσωμεν ἓν **ἀσυνεχὲς φάσμα**, δηλαδή ὠρισμένας μόνον φωτεινὰς γραμμὰς. Ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ φωτοβολουῦτος 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 κιτρινας 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 συνεχὲς φάσμα· ἄρα τὰ σώματα αὐτὰ ἐκπέμπουν φῶς ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀκτινοβολίας ἀντιστοιχοῦσας εἰς ὅλα τὰ δυνατὰ μήκη κύματος.

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

Ὄταν 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 μεγάλης πίεσεως ἐκπέμπουν φῶς, τὸ ὁποῖον δίδει φάσμα συνεχές.

100. Φάσματα ἀπορροφήσεως. Μόνον τὸ κενὸν εἶναι τελείως διαφανές. Ἐπομένως τὸ φῶς διέρχεται διὰ τοῦ κενου, 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 ἀπορροφῆσεως**. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι :

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

101. Φάσματα ἀπορροφῆσεως 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 κίτριναὶ γραμμαὶ τῶν διαπύρων ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντιστροφή τῶν γραμμῶν τοῦ φάσματος** καὶ εἶναι γενικόν :

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

102. Τὸ ἠλιακὸν φάσμα. Διὰ τοῦ φασματοσκοπίου λαμβάνομεν τὸ φάσμα τοῦ ἠλιακοῦ φωτός. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἠλιακὸν 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 ἠλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν **φάσμα ἀπορροφῆσεως**. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἠλιακοῦ φάσματος ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ἠλιακὸν φῶς. Μερικαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινάς γραμμάς τοῦ ἠλιακοῦ φάσματος εἶναι ζωηρότεροι, ὅταν ὁ Ἥλιος εὐρίσκεται εἰς τὸν ὀρίζοντα, καὶ ἐξασθενοῦν ἐφ' ὅσον ὁ Ἥλιος πλησιάζει πρὸς τὸ Ζενίθ. Ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τῶν σκοτεινῶν τούτων γραμμῶν φανεράνει ὅτι αὐταὶ

ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὠρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ὑπὸ τῆς γήινης ἀτμοσφαιρας. Αἱ ἴδιαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτός ἐνὸς φάρου, εὐρισκομένου εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν. Αἱ περισσότερα ὁμοῦ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθερὰν τὴν ἔντασίν των, ἀνεξαρτήτως τῆς τροχιάς τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς γήινης ἀτμοσφαιρας. Ἡ ἀπορρόφησις τῶν ἀντιστοιχῶν ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ Ἡλίου. Πολλὰ ἀπὸ τὰς σκοτεινάς γραμμάς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος κατέχουν ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δίδουν ὠρισμένα 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 Ἡλίον πρέπει νὰ διακρίνωμεν δύο μέρη. Τὸ ἐσωτερικὸν τμήμα, τὸ ὁποῖον καλεῖται φωτόσφαιρα, ἐκπέμπει ὀλοκλήρον τὴν σειρὰν τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ συνεχοῦς φάσματος. Ἡ φωτόσφαιρα περιβάλλεται ὑπὸ τῆς ἡλιακῆς ἀτμοσφαιρας, ἡ ὁποία καλεῖται χρωμόσφαιρα. Αὕτη εἶναι ἐν στρῶμα διαπύρων ἀέριων καὶ ἀτμῶν. Ἐντὸς τῆς χρωμοσφαιρας συμβαίνει ἡ ἀπορρόφησις ὠρισμένων 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 ὀλιγὰς 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 ὄρατον 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 Ἄστροφυσικὴ, 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 ὑδρογόνου. 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 φανερώνουν ὅτι ἐπὶ τῶν ἀστέρων τούτων ὑπάρχουν χημικαὶ ἐνώσεις. Οἱ ἐρυθροὶ ἀστέρες, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν αἱ χαρακτηριστικαὶ ταινίαι τοῦ ἄνθρακος. Οἱ ἐκτὸς τοῦ Γαλαξίου εὐρισκόμενοι σ π ε ἰ ρ ο ε ἰ δ ε ῖ ς ν ε φ ε λ ο ε ἰ δ ε ῖ ς δίδουν συνεχῆς φάσμα, τὸ ὁποῖον διακόπτεται ἀπὸ μερικὰς σκοτεινὰς γραμμὰς (κυρίως τοῦ ἀσβεστίου, τὰς δύο γραμμὰς τοῦ ὑδρογόνου καὶ μερικὰς γραμμὰς ἀτμῶν μετάλλων). Ἡ μέτρησις τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀντιστοιχοῦντων εἰς τὰς διαφόρους γραμμὰς ἀπέδειξεν ὅτι τὸ σ ὕ 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 ὕ σ ὕ μ π α ν τ ο ς

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

Ἡ φασματοσκοπικὴ ἐξέτασις τῶν ἀστέρων ἀπέδειξεν ὅτι :

Ὅλα τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα 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 τῶν ἀποδεικνύει ὅτι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐλαφρὰ στοιχεῖα, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν τὸ ὕδρογονόν 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 ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἀστέρας, σχηματίζονται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς προοδευτικῆς συμπυκνώσεως τῆς ὕλης τῶν νεφελοειδῶν τούτων. Ἐφ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ἐξέλιξις, ἐμφανίζονται στοιχεῖα ἔχοντα διαρκῶς καὶ μεγαλυτέραν ἀτομικὴν μᾶζαν.

Β. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι. Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ προκαλῆ θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων τοῦτο προσπίπτει. Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὰς θερμικὰς ιδιότητας τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτός ἐκτελοῦμεν τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Σχηματίζομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἐν διάπυρον στερεὸν σῶμα. Κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος τούτου μετακινούμεν εὐπαθὲς θερμομετρικὸν ὄργανον (θερμοηλεκτρικὴν στήλην). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμαντικὴ ἰκανότης τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαίνει συνεχῶς ἀξανανομένη καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὸ ἰῶδες πρὸς τὸ ἐρυθρὸν ἄκρον τοῦ φάσματος. Ἐὰν μετακινήσωμεν τὸ θερμομετρικὸν ὄργανον πέραν τοῦ ἐρυθροῦ, παρατηροῦμεν ἀκόμη μεγαλυτέραν ὑψωσιν 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 μῆχην κύματος μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ μῆχην κύματος τῶν ὀρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Εἰς τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπου

αί διάφοροι φωτειναί πηγαί, εὑρέθησαν ὑπερύθροι ἀκτινοβολίαι, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξύ 0,750 μ καὶ 300 μ. Εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα εὑρίσκομεν ἐπίσης ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Τοιαύτας ἀκτινοβολίας ἐκπέμπουν ἀφθόνως καὶ ὄλαι γενικῶς αἱ συσκευαὶ θερμάνσεως (θερμάστραι, καλοριφέρ κ.ἄ.). "Ὡστε :

I. Αἱ ὑπερύθροι ἀκτινοβολίαι εἶναι ἀόρατοι, τὸ δὲ μῆκος κύματος αὐτῶν εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς ὄρατῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας.

II. Αἱ ὑπερύθροι ἀκτινοβολίαι ἐξασκοῦν θερμικὰς δράσεις.

106. Ἀπορρόφησης τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν. Ἡ ὕαλος, ὁ χαλαζίας, τὸ ὕδωρ ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως τὸ ὄρυκτὸν γλωριούχον νάτριον εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανές διὰ τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδῆν τῶν ὑπερύθρων ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ ὄρυκτὸν γλωριούχον νάτριον. Εἰς τὸ ὑπερύθρον τμήμα τοῦ φάσματος εὑρίσκομεν θέσεις, εἰς τὰς ὁποίας δὲν παρατηρεῖται καμμία θερμικὴ δρᾶσις. Εἰς τὰς θέσεις αὐτάς δὲν ὑπάρχουν ὑπερύθροι ἀκτινοβολίαι, 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 ὀρισμένων ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.

107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι. Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ προκαλῆ χημικὰς δράσεις· οὕτω προκαλεῖ τὴν ἔνωσην τοῦ ὕδρογόνου μὲ τὸ χλώριον, τὴν διάσπασιν τοῦ γλωριούχου ἀργύρου κ.ἄ. Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὰς χημικὰς ιδιότητας τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν 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 ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἐντόνους χημικὰς δράσεις καὶ καλοῦνται **ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι** ἢ καὶ **χημικαὶ ἀκτινοβολίαι**. Αἱ ἀκτινοβολίαι αὐταὶ ἔχουν μῆκη κύματος μικρότερα ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος

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

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν (§ 109) πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἐπίσης ἐξασκοῦν ἐντόνους βιολογικὰς δράσεις. Οὕτως αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὰ φαινόμενα τῆς ἠλιάσεως κατὰ τὸ θέρος· φονεύουν τὰ μικροβία καὶ διὰ τοῦτο εἰς τὰς ἀκτινοβολίας αὐτὰς ἀποδίδεται ἡ μικροβιοκτόνος ἐνέργεια τοῦ ἠλιακοῦ φωτὸς. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες 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, ἐπιδρουν ἐπὶ τῶν ὀργανισμῶν, διεγείρουν τὸν φθορισμὸν καὶ προκαλοῦν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων.

108. Ἐπορρόφησις τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. Ἡ ὕαλος, τὸ ὕδωρ καὶ γενικῶς τὰ περισσότερα ἐκ τῶν διαφανῶν σωμάτων ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως ὁ χαλαζίας εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανῆς διὰ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτῖνων 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 ἀκτῖνας.

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

λυμα, ἀ μέσως διακόπτεται καὶ ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτὸς τοῦτου. Λέγομεν ὅτι τὸ διάλυμα τῆς θεικῆς κινίνης εἶναι ἐν φθορίζον σώμα. 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.ἄ.). Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ φαινομένου τοῦ **φθορισμοῦ** εὐρέθη ὅτι τὸ χρῶμα τοῦ φωτὸς, 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 διεγερούσης 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 ὁποῖοι 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 φωτὸς καὶ ἔπειτα φέρομεν τὸ διάφραγμα ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ στρώμα τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου ἐκπέμπει ζωηρὸν πρασινωπὸν φῶς· ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτὸς τοῦτου διαρκεῖ ἐπὶ μακρὸν χρόνον μετὰ τὴν κατάργησιν τοῦ προσπίπτοντος φωτὸς. 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 διεγείρουσης ἀκτινοβολίας.

111. Φωταύγεια. Ὁ φθορισμός καὶ ὁ φωσφορισμός εἶναι δύο περιπτώσεις ἐνὸς 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 ἀπορρόφωσιν μέρους τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Μόνον αἱ ἀπορροφώμεναι ἀκτινοβολίαι εἶναι ἱκαναὶ νὰ προκαλέσουν τὴν φωταύγειαν. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ τὸ ἐπιβεβαιώσωμεν, ἂν ἀφήσωμεν μίαν φωτεινὴν δέσμη νὰ διέλθῃ διαδοχικῶς διὰ μέσου δύο διαλυμάτων θεικῆς κινίνης· θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μόνον τὸ πρῶτον διάλυμα φθορίζει ἢ φωταύγει· 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 ἐν 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 ἥλιακοῦ φάσματος. Τὸ σῶμα εἶναι τότε σκοτεινόν. Καθ' ὅσον προχωρεῖ ἡ θερμομανσις τοῦ σώματος, αὐξάνεται ἡ ἔντασις τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων καὶ ἐπὶ πλέον ἔρχεται στιγμὴ, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπῃ καὶ ὀρατὴν 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 ὀρατῶν 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 μῆκη κύματος.

113. Θεωρία τῶν κβάντα. Τὸ φῶς ἐκπέμπεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ὕλην, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα. Ἐκ πρώτης ὕψους φαίνεται ὅτι ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτινοβολίας συνεχῶς. Ἡ τοιαύτη ἔμωσις ἀντίληψις δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνευθοῦν θεωρητικῶς ὠρισμένα φαινόμενα. Πλήρη θεωρητικὴν ἐρμηνείαν τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀπορροφῆσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τὴν ὕλην δίδει ἡ **θεωρία τῶν κβάντα**, ἡ ὁποία 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 κοκκιδίων ἐνεργείας, τὰ ὁποῖα ὀνομάζει **κβάντα** (quanta). Ἀπὸ τὸ ἄτομον δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα, ἀλλὰ ἐκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμένοι ὁμάδες κυμάτων (κυματοσυρμοί), ἐκάστη τῶν ὁποίων περικλείει ὠρισμένην ποσότητα ἐνεργείας. Ἡ ἐνέργεια q , τὴν ὁποίαν μεταφέρει ἕκαστον ἀπὸ τὰ κβάντα μιᾶς ἀκτινοβολίας συχνότητος ν , εἶναι ἀπολύτως ὠρισμένη καὶ ἴση μὲ :

$$q = h \cdot \nu$$

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

114. Φύσις τοῦ φωτός. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ φωτεινὴ ἀκτινοβολία ἔχει 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 Νευτωνοῦ καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι :

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

Γ. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων. Ὄταν τὸ λευκὸν φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε μέρος τοῦ φωτός ἀπορροφᾶται. Ἡ ἀπορροφήσις αὕτῃ ἐξηγεῖ τὸ χρῶμα, τὸ ὁποῖον λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα. Εὐκόλως δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὁποίας ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ἐν σώμα. Πρὸς τοῦτο φωτίζομεν τὸ σῶμα μετὰ 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 τοῦτου, 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 ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ διαφανῆ σώματα, τὰ ὁποῖα φαίνονται ἐγγχροα (χρωματισταὶ ὕαλοι, διαλύματα χρωστικῶν οὐσιῶν κ.ἄ.), ἀπορροφοῦν ὠρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία ὕαλος φαίνεται πρασίνῃ, διότι δι' αὐτῆς διέρχονται αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ πρασίνου, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀκτινοβολίαι ἀπορροφῶνται.

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

τότε τὸ σῶμα φαίνεται λευκόν. Τέλος ἂν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὠρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ χρῶμα τοῦ σώματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς διαχεομένας ἀκτινοβολίας. Τὸ χρῶμα ἑνὸς σώματος ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ σώματος φωτός. Οὕτως ἐν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου, ὅταν 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 χρυσὸς 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 ὅποιον ἔλαβεν καὶ οὕτω τὸ σημεῖον τοῦ σώματος γίνεται μία δευτερεύουσα φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις τοῦ φωτός**. Διάχυσιν τοῦ φωτός προκαλοῦν καὶ τὰ μόρια τῶν ἀερίων, ὡς καὶ γενικώτερον μικρότατα σωματίδια, τὰ ὅποια εἶναι διασκορπισμένα ἀτάκτως ἐντὸς ἑνὸς διαφανοῦς μέσου. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι διὰ τὴν τοιαύτην διάχυσιν τοῦ φωτός ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ **Rayleigh** :

Ἡ ἔντασις τοῦ διαχεομένου φωτός ἀπὸ μικρότατα αἰωρούμενα σωματίδια εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετάρτης δυνάμεως τοῦ μήκους κύματος λ τῆς ἀκτινοβολίας, ἢ ὅποια προσπίπτει ἐπὶ τῶν σωματιδίων.

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 ἀτμοσφαιρας, φωτιζόμενα ἀπὸ τὸ ἡλιακὸν φῶς, διαχέουσι τὰς προσπιπτούσας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἡ ἔντασις τῶν διαχεομένων ἀκτινοβολιῶν εἶναι πολὺ μεγαλύτερα διὰ τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὅποια ἔχουσι τὰ μικρότερα μήκη κύματος, δηλαδή διὰ τὰς κυανὰς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας. Οὕτως εἰς τὸ διαχεόμενον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρας φῶς ἐπικρατεῖ τὸ κυανοῦν χρῶμα. Κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν τοῦ Ἡλίου τὸ ἡλιακὸν φῶς, διὰ τὴν φθᾶσιν εἰς ἡμᾶς, διέρχεται διὰ μέσου παχυτέρου στρώματος ἀτμοσφαιρας. 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 ὅποσον 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. Μετὰ τὴν βοήθειαν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς σχηματίζομεν εὐκρινές εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ μιᾶς ὑαλίνης πλακῆς, ἢ ὅποια ἔχει ἐπικαλυφθῆ μετὰ λεπτὸν στρώμα γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου. Ἡ εὐαίσθητος πλάξ φυλάσ-

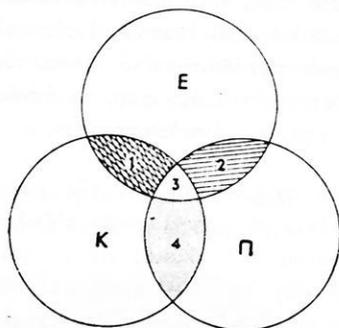
σεται εἰς σκοτεινὸν χῶρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτιζομένου μὲ ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολίαι τοῦ λευκοῦ φωτός καὶ ἰδίως αἱ κυαναὶ καὶ ἰώδεις ἀκτινοβολίαι ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου, τὰ ὅποια οὕτως ἀποσυντίθενται εὐκόλως ὑπὸ τῶν χημικῶν ἀντιδραστηρίων.

α) Ἄρνητικὴ εἰκὼν. Ἀφήνομεν νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς εὐαισθητοῦ πλακὸς καὶ δι' ὀλίγον μόνον χρόνον τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ διάρκεια τῆς ἐκθέσεως τῆς πλακὸς εἰς τὸ φῶς ἐξαρθᾶται ἀπὸ τὴν εὐαισθησίαν τῆς πλακὸς, τὸν φωτισμὸν καὶ τὸν φακὸν τῆς μηχανῆς. Μετὰ τὴν ἐκθεσίν τῆς εἰς τὸ φῶς ἡ πλάξ δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἐκ πρώτης ὄψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν ὅμως βυθίσωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, ὁ βρωμιούχος ἀργυρος ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς, εἰς τὰ ὅποια προσέπεσε τὸ φῶς· εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλας ἀδιαφανῆς ἀργυρος. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται ἐ μ φ ἀ ν ι σ ι ς. Ἐπειτα ἡ πλάξ βυθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὅποιον διαλύει τὸν μὴ ἀναχθέντα βρωμιούχον ἀργυρον. Οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς, εἰς τὰ ὅποια δὲν προσέπεσε φῶς. Ἡ δευτέρα αὐτῆ κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται σ τ ε ρ ὠ σ ι ς. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακὸς ἡ ἀ ρ ν η τ ι κ ῆ ε ἰ κ ὼ ν τοῦ ἀντικειμένου. Τὰ ἀδιαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνας αὐτῆς ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως τὰ διαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνας 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 φ ω τ ο γ ρ α φ ι κ ο ῦ χ ἄ ρ τ ο ῦ· οὗτος εἶναι φύλλον χάρτου, τοῦ ὁποίου ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στρώμα φωτοπαθοῦς ἐνώσεως. Ἡ πλάξ μὲ τὸν κάτωθεν αὐτῆς εὐρισκόμενον χάρτην ἐκτίθεται εἰς τὸ ἥλιακὸν φῶς. Τοῦτο διέρχεται διὰ τῶν διαφανῶν μερῶν τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνας καὶ προσβάλλει τὸ φωτοπαθὲς στρώμα τοῦ χάρτου. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν καὶ τὴν στερέωσιν λαμβάνεται ἐπὶ τοῦ χάρτου ἡ θ ε τ ι κ ῆ ε ἰ κ ὼ ν τοῦ ἀντικειμένου (σ χ . 122).

γ) Εἶδη πλακῶν. Ἡ συνήθης φωτογραφικὴ πλάξ προσβάλλεται

μόνον από τὰς πράσινας, τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας.



Σχ. 123. Χρώματα ἐκ προσθέσεως τῶν πρωτεύοντων χρωμάτων : Ε ἔρυθρον, Κ κυανοῦν, Π πράσινον. 1 πορφυροῦν, 2 κίτρινον, 3 λευκόν, 4 κυανοπράσινον

βολίαι αὗται 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 καταλλήλους ἀναλογίας τρεῖς μόνον ἀκτινοβολίαι, αἱ ὅποιαὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται **πρωτεύουσαι ἀκτι-**

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

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 υπερύθρου ἀκτινοβολίας εἶναι 300 μ. Πόσῃ ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια αὐτῆς τῆς ἀκτινοβολίας ;
79. Μία υπεριώδης ἀκτινοβολία ἔχει μήκος κύματος 0,1 μ. Πόση εἶναι ἡ ἐνέργεια ἐκάστου φωτονίου τῆς ;

Νάτριον

Λίθιον

Κάλιον

Βάριον

Υδρογόνον

Όξυγόνον

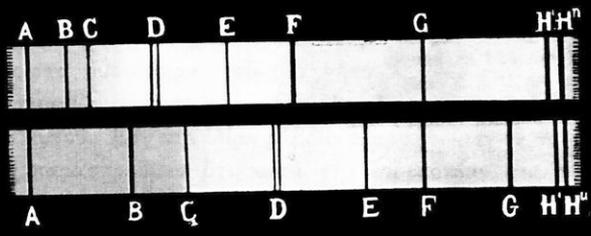
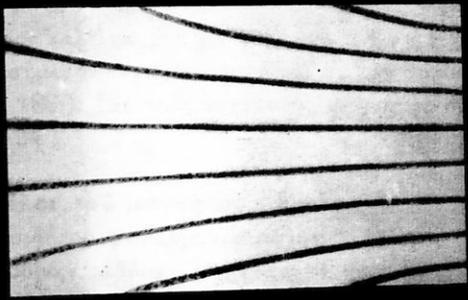
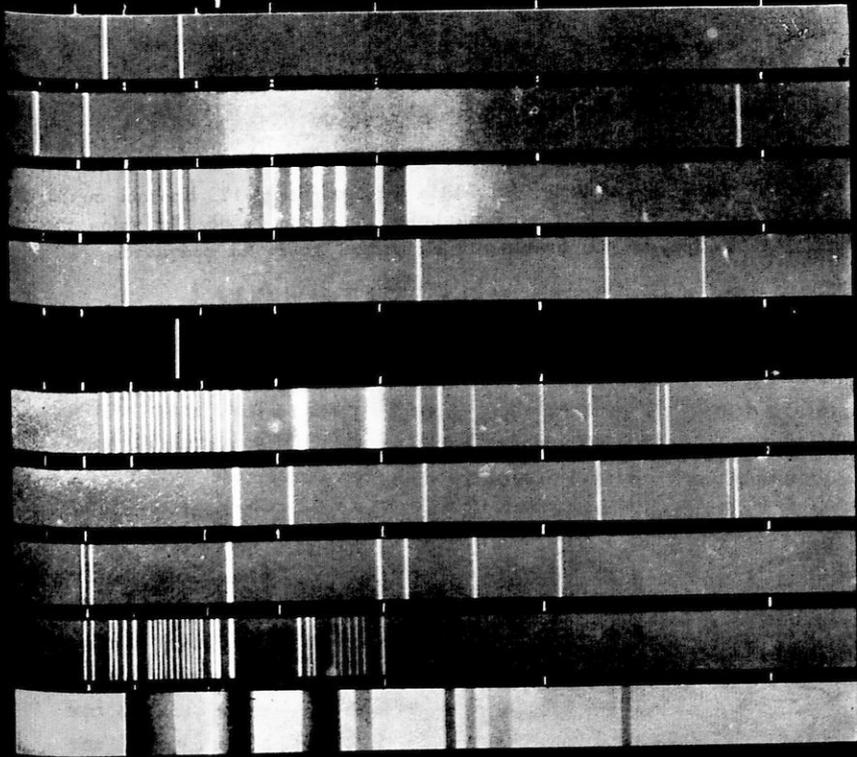
Άζωτον

Υδράργυρος

Ήλιον

Νέον

Νεοδύμιον
(φάσμα απορρο-
φήσεως)



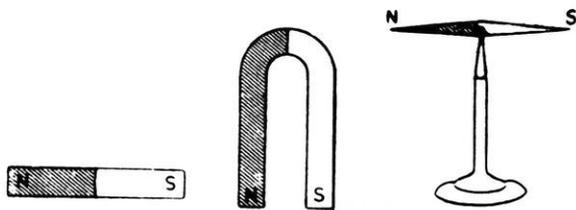
Πίναξ Φασμάτων

- 1 έως 10. Φάσματα έκπομπής. 11. Φάσμα απορρόφησης. 12. Κροσσοί συμβολής εις φάσμα. 13. Γραμμαι του Fraunhofer εις φάσμα ληφθεν διά πρίσματος. 14. Γραμμαι του Fraunhofer εις φάσμα ληφθεν διά φράγματος.

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

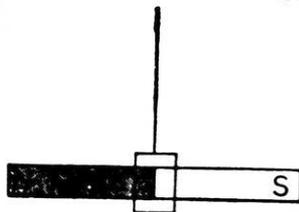
118. Θεμελιώδεις έννοιαι. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα ἦτο γνωστὸν ὅτι ὁ φυσικὸς μαγνήτης (μαγνητικὸν ὄξειδον τοῦ σιδήρου Fe_3O_4) ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη μικρὰ τεμάχια σιδήρου ἢ χάλυβος. Ἡ ιδιότης αὕτη καλεῖται **μαγνητισμός**. Ἐὰν δι' ἐνὸς φυσικοῦ μαγνήτου προστριψωμεν ἐπανευλημμένως καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν ράβδον χάλυβος, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ὁ χάλυψ γίνεται μονίμως μαγνήτης. Ὁ



Σχ. 124. Τεχνητοὶ μαγνήται

μαγνήτης οὗτος καλεῖται **τεχνητὸς μαγνήτης**. Εὐκόλως κατασκευάζονται σήμερον τεχνητοὶ μαγνήται μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ 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 ἅκρα τοῦ μαγνήτου,



Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου

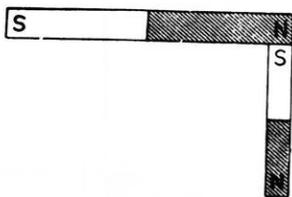
ἔπου σχηματίζουσιν θυσάνους. Τὰ δύο ἅκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται **πόλοι** αὐτοῦ. Ἐὰν τὴν ἰδίαν ράβδον ἐξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου της διὰ νήματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν ἰσορροπίαν της ἡ ράβδος λαμ-

βάνει ώρισμένον πάντοτε προσανατολισμόν, στρέφουσα τόν ένα πόλον της πρὸς Βορρᾶν, τόν δὲ ἄλλον πρὸς Νότον (σχ. 125). Ὁ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Βορρᾶν, καλεῖται βόρειος πόλος (ἢ θετικὸς πόλος), ὁ δὲ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Νότον, καλεῖται νότιος πόλος (ἢ ἀρνητικὸς πόλος). Διεθνῶς ὁ βόρειος πόλος σημειώνεται μὲ Ν (Nord = Βορρᾶς), ὁ δὲ νότιος πόλος μὲ S (Sud = Νότος).

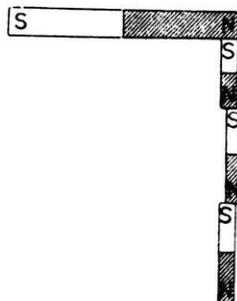
120. Ἀμοιβαία επίδρασις τῶν πόλων. Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, ἣ ὁποία δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀπωθεῖται. Ἀντιθέτως, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγεται ὅτι :

Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, οἱ δὲ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται.

121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἐὰν τὸ ἄκρον μικρᾶς ράβδου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἐγγίση τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου (σχ. 126), εὐκόλως διαπιστώνομεν ὅτι τὸ ἐλεύθερον ἄκρον τῆς ράβδου ἔγινε βόρειος πόλος. Ἡ μαγνήτισις τῆς ρά-



Σχ. 126. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς



Σχ. 127. Ἄλυσις ράβδου μαλακοῦ σιδήρου

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

νά σχηματισθῆ ἄλλοις μικρῶν μαγνητισμένων ράβδων (σχ. 127). Ἡ μαγνήτισις ὅλων τῶν ράβδων εἶναι πρόσκαιρος.

Ἡ μικρὰ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἂν ἀπλῶς πλησιάζωμεν 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.

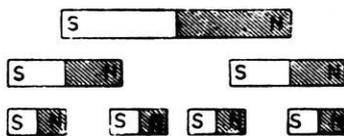
Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι ὁ μαλακὸς σίδηρος μαγνητίζεται παροδικῶς, ὅταν εὐρίσκεται πλησίον μαγνήτου. Ὁ τοιοῦτος τρόπος μαγνητίσεως καλεῖται **μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς** (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ἐὰν ἀντὶ μαλακοῦ σιδήρου χρησιμοποιήσωμεν εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα ράβδον γάλυβος, αὕτη μαγνητίζεται **μ ο ν ῖ μ ω ς**.



Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς

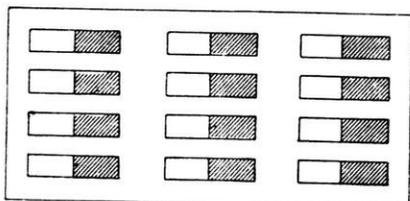
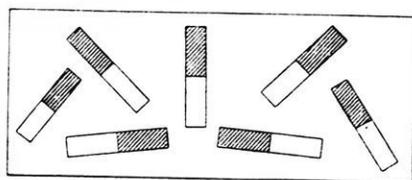
122. Στοιχειώδεις μαγνήται. Ἐὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην Α, παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο πόλους, ἓνα βόρειον καὶ ἓνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου ἐθραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφαίνονται δύο ἑτερονόμοι πόλοι οὕτως, ὥστε ἕκαστον τῶν τεμαχίων νὰ παρουσιάξῃ πάλιν δύο ἑτερονόμους πόλους. Ἐὰν ἕκαστον τῶν τεμαχίων θραυσθῆ εἰς δύο νέα τεμάχια, θὰ εὕρωμεν ὅτι ἕκαστον νέον τεμάχιον ἔχει ἐπίσης δύο ἑτερονόμους πόλους. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου ἀποδεικνύεται ὅτι δὲν δυνάμεθα ποτὲ νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἓνα πόλον μαγνήτου καὶ ἐπομένως ἕκαστος μαγνήτης θὰ παρουσιάζῃ πάντοτε δύο ἑτερονόμους πόλους. Ἐὰν ἦτο δυνατόν νὰ ἐξακολουθήσωμεν τὴν θραῦσιν τοῦ μαγνήτου μέχρι τῶν ἐλαχίστων τμημάτων τοῦ μαγνήτου, δηλαδὴ μέχρι τῶν μορίων του, θὰ ἐβλέπομεν ὅτι ἕκαστον μόριον εἶναι μικρότατος μαγνήτης μὲ δύο ἑτερονόμους πόλους.

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



Σχ. 129. Θραῦσις μαγνήτου

τισμένη, οι στοιχειώδεις μαγνήται διατάσσονται άτάκτως έντός τής ράβδου (σχ. 130). Έπό τήν επίδρασιν ένός μαγνητικού πόλου οι στοιχειώδεις μαγνήται τής ράβδου διατάσσονται κατά τοιοϋτον τρόπον,

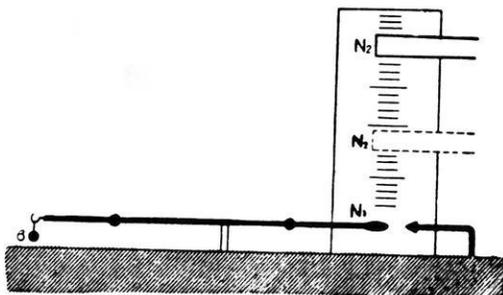


Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται

ώστε άπέναντι τοϋ επίδρώντος πόλου νά εύρίσκονται οι έτερόνυμοι πόλοι τών στοιχειωδών μαγνητών. Οϋτως εις τά άκρα τής ράβδου άναφαίνονται οι δύο έτερόνυμοι πόλοι. Μετά τήν άπομάκρυνσιν τοϋ επίδρώντος μαγνήτου ή διάταξις τών στοιχειωδών μαγνητών κατά παράλληλα νήματα διατηρεΐται και ή ράβδος έξακολουθεΐ νά είναι μαγνήτης (μόνιμος μαγνήτης). Εις τόν μαλακόν όμως σίδηρον ή διάταξις αύτή καταστρέφεται,

μόλις άπομακρυνθῆ ό μαγνήτης (παροδική μαγνήτης). Έπί τῆ βάσει τών άνωτέρω άντιλήψεων έρμηνεύεται ή έμφάνισις νέων πόλων κατά τήν θραϋσιν ένός μαγνήτου.

123. Νόμος τοϋ Coulomb. Η δύναμις, ή όποία άναπτύσσεται μεταξύ δύο μαγνητικών πόλων, δύναται νά μετρηθῆ με τήν διάτα-



Σχ. 131. Διά τήν μέτρησιν τής άμοιβαΐας δράσεως τών πόλων

ξιν τοϋ σχήματος 131.

Εις ραβδόμορφος μαγνήτης άποτελεΐ ένα όριζόντιον άξονα, ό όποΐος δύναται νά περιστρέφεται, όπως ή φάλαγγξ τοϋ ζυγοϋ. Εις ώρισμένην άπόστασιν άπό τοϋ βορείου πόλου N_1 φέρομεν τόν βόρειον πόλον N_2 άλλου εύθυγράμμου μαγνήτου. Η

μεταξύ των δύο πόλων αναπτυσσομένη άπωση ισορροπείται από τὸ βάρος β. Ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ μεταξὺ των δύο πόλων N_1 καὶ N_2 ἀπόσταση, ἡ άπωση γίνεται 4 φορές μικροτέρα. Ἐκ των μετρήσεων λοιπὸν εὐρίσκεται ὅτι ἡ μεταξὺ των δύο ὁμωνύμων πόλων αναπτυσσομένη άπωση μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως των δύο πόλων. Ἐὰν ἄλλος βόρειος πόλος N_3 ἀπωθῇ ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως τὸν πόλον N_1 μὲ διπλασίαν δύναμιν, τότε πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ (m_3) τοῦ πόλου N_3 εἶναι διπλασία τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ (m_2) τοῦ πόλου N_2 . Ἐκ των μετρήσεων τούτων εὐρέθη ὅτι ἡ μεταξὺ των δύο πόλων αναπτυσσομένη άπωση εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς ποσότητας μαγνητισμοῦ των πόλων. Οὕτω συνάγεται ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ **Coulomb**:

Ἡ μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων αναπτυσσομένη δύναμις εἶναι ἀνάλογος των ποσοτήτων μαγνητισμοῦ των 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 των μονάδων καὶ ἐκ τοῦ μέσου ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὐρίσκονται αἱ ποσότητες μαγνητισμοῦ. Οἱ δύο ἑτερόνυμοι πόλοι ἐνὸς μαγνήτου ἔχουν κατ' ἀπόλυτον τιμὴν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ καὶ ἀποτελοῦν ἐν **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 μὲ τὴν 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:

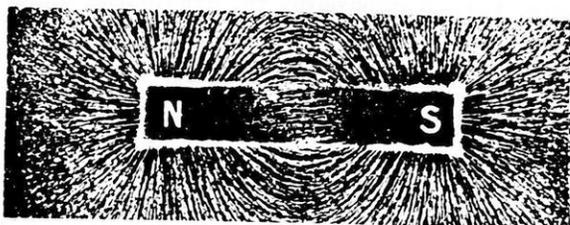
Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ C.G.S. (ἢ HMM — ποσότητος μαγνητισμοῦ) εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ ἡ ὁποία, εὐρισκομένη

έντος του αέρος εις απόστασιν 1 cm από ίσην ποσότητα μαγνητισμοῦ, ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτῆς δυνάμιν ἴσην μὲ μίαν δύνην.

Ἐἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. ἡ σταθερὰ K εἶναι $K = 10^{-7} \text{ N/A}^2$, καὶ μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἶναι τὸ 1 A · m (ἀμπέρ ἐπὶ μέτρον).

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

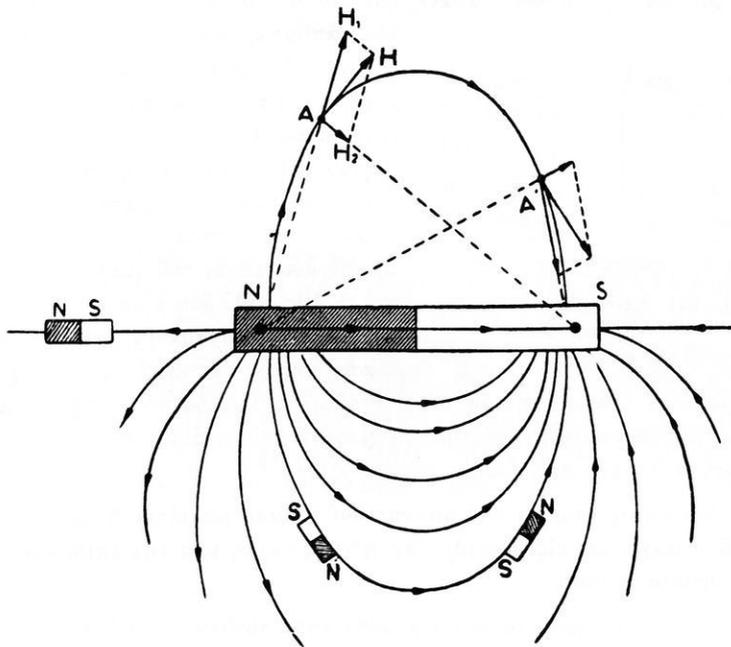
125. Μαγνητικὸν φάσμα. Κάτωθεν μιᾶς ὀριζοντίας ὑαλίνης πλακὸς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὴν πλάκα μὲ τὸν δάκτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰς γραμμὰς, αἱ ὁποῖαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου εἰς τὸν ἄλλον (σχ. 132). Τὸ σχημα-



Σχ. 132. Μαγνητικὸν φάσμα

τισθὲν διάγραμμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ γραμμαί, ἐπὶ τῶν ὁποίων διατίθενται τὰ ρινίσματα, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαί**. Διὰ τὴν ἐξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακὸς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἐξηρητημένας ἀπὸ λεπτόν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἡρεμήσῃ, εὐρίσκειται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦν 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 έφραπτομένην εις ἕκαστον σημείον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



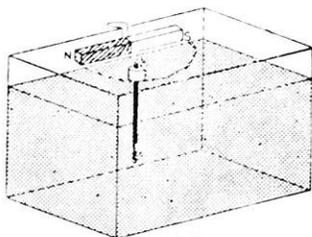
Σχ. 133. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος

126. Μαγνητικὸν πεδίον. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος αἰσθητοποιεῖ μίαν ιδιότητα, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ὁ περίξ τοῦ μαγνήτου χώρος, ἕνεκα τῆς παρουσίας τοῦ μαγνήτου. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ χώρου τούτου φέρωμεν μίαν ποσότητα μαγνητισμοῦ, αὕτη υφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου. Λέγομεν τότε ὅτι περίξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει **μαγνητικὸν πεδίον**. Ὡστε :

Μαγνητικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χώρος, ἐντὸς τοῦ οὗοῦ ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ ὁποῖαι φέρονται εἰς οἷον-δήποτε σημείον τοῦ χώρου τούτου.

Ἐπὶ μιᾷ μακρᾷ καὶ λεπτῆς μαγνητικῆς ράβδου στερεώνομεν διακτύλιον ἐκ φελλοῦ. Βυθίζομεν τὴν ράβδον κατακορύφως ἐντὸς ὕδατος

οὕτως, ὥστε νὰ ἐξέχη ἀπὸ τὸ ὕδωρ ὁ βόρειος πόλος τῆς (σχ. 134). Φέρομεν τὸν βόρειον πόλον τῆς ράβδου πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἐνὸς ἰσχυροῦ μαγνήτου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς ρά-



Σχ. 134. Κίνησις ἐνὸς βορείου μαγνητικοῦ πόλου

βδου ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου καὶ διαγράφου μίαν καμπύλην τροχιάν, ἔρχεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἡ κίνησις αὐτῆ τοῦ βορείου πόλου τῆς ράβδου ὑφείλεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, τὰς ὁποίας ἀσκοῦν ἐπ' αὐτοῦ οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου (βλ. σχῆμα 133). Αἱ δύο αὐταὶ δυνάμεις διδρασι 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 ὁρισμοῦ τούτου δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι ἐκτὸς τοῦ μαγνήτου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

127. 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 **έντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου** εἰς τὸ σημεῖον A καὶ ὀρίζεται

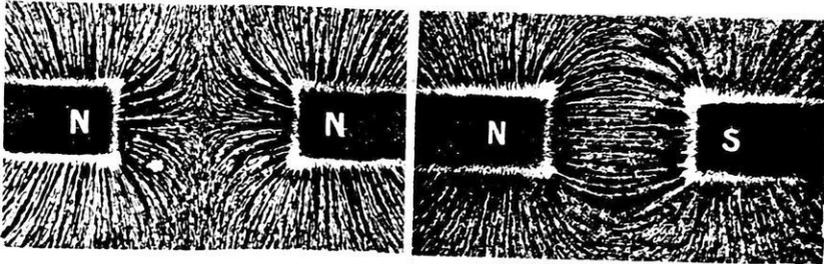
ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :
$$\vec{H} = \frac{\vec{F}}{m}$$
 Ἡ έντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι

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 :

Ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως F , ἢ ὅποια 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 π α ρ ά λ λ η λ ο ι. Τὸ μαγνητικὸν τοῦτο πεδίων καλεῖται ὁμογενές, εὐρίσκεται δὲ ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἢ ἔ ν τ α σ ι ς τοῦ πεδίου εἶναι σ τ α θ ε ρ ά εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

128. Μαγνητικὴ ροή. Ἐν ὁμογενές μαγνητικὸν πεδίων ἔχει ἔντασιν H . Ἐντὸς τοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς τοῦ πεδίου τοποθετεῖται ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἔχουσα ἐμβαδὸν σ (σχ. 137). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὀρισμὸς :

Καλεῖται μαγνητικὴ ροή (Φ) τὸ γινόμενον τοῦ ἐμβαδοῦ (σ) τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τὴν ἔντασιν (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 μετὰ τὴν μονάδα $\Phi = 1$. Ἡ μονὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς καλεῖται



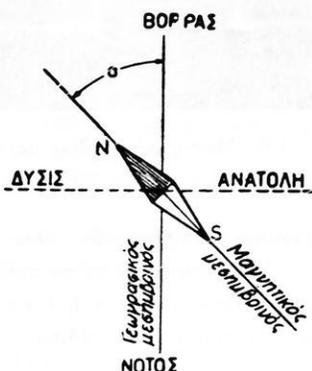
Σχ. 137. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς

ροὴ εἶναι $\Phi = \sigma \cdot H \cdot \sin \alpha$, ὅπου α εἶναι ἡ γωνία ποῦ σχηματίζει ἡ κάθετος πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν μετὰ τὴν ἔντασιν H .

Maxwell (1 Mx). Κατὰ συνθήκηην ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι διέρχονται διὰ τῆς θεωρουμένης ἐπιφάνειας. Ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια σ δὲν εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς, τότε ἡ μαγνητικὴ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

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



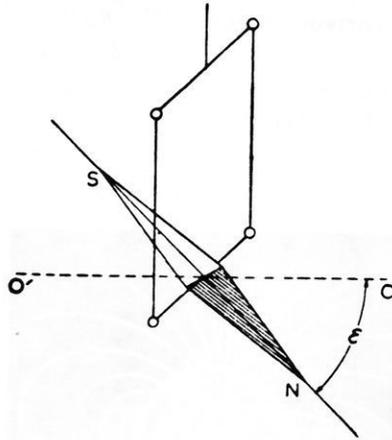
Σχ. 138. Ἀπόκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης

Ἐὰν ἡ βελὸνὴ ἰσορροπῆ, 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 βελόνης, καλεῖται **μαγνητικὸς μεσημβρινός**. Οὗτος δὲν συμπίπτει μετὰ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου, ἀλλὰ σχηματίζει μετὰ αὐτὸν γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἀπόκλισις** (σχ. 138). Αὕτη εἶναι ἀνατολικὴ ἢ δυτικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης 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 μετὰ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν.

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

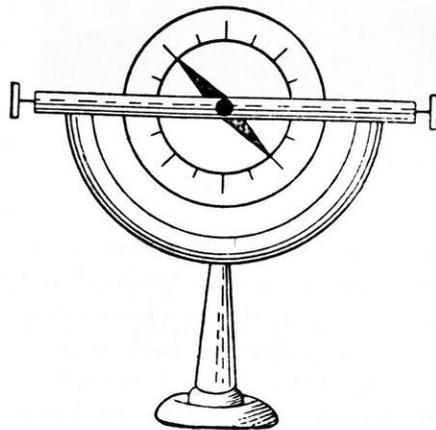
γνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ὄταν ἡ βελὼν ἰσορροπῆ, τότε ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελὼνης σχηματίζει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (σχ. 139). Αὕτη εἶναι θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελὼνης εὐρίσκεται κάτωθεν ἢ ἄνωθεν τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῆς βελὼνης. 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 βελὼνης

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

Ἡ συσκευὴ τοῦ σχ. 140 χρησιμεύει διὰ τὴν εὑρεσιν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως ἢ τῆς μαγνητικῆς ἔγκλίσεως, καθ' ὅσον ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι ὀριζόντιος ἢ κατακόρυφος.

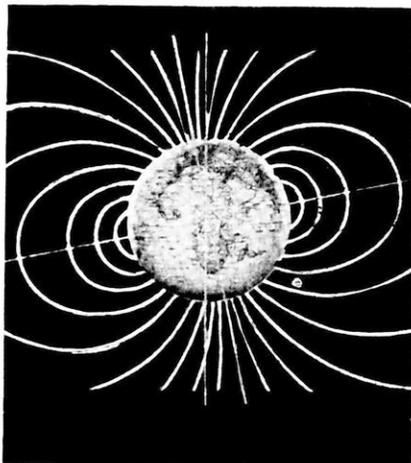


Σχ. 140. Πυξὶς ἐγκλίσεως μετατρεπομένη εἰς πυξίδα ἀποκλίσεως διὰ στροφῆς τοῦ δίσκου κατὰ 90°

131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίων. Εἰς οἰονδήποτε τόπον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ

βελὼν ἀποκλίσεως ἰσορροπεῖ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς νὰ ἔχη ὠρισμέ-

νην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι περίξ ὀλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γῆινον μαγνητικὸν πεδίου**. 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 βελὸν ἔγκλίσεως 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, ἥτοι ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις βαίνει συνεχῶς αὐξανομένη. Εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἡ μαγνητικὴ βελὸν ἔγκλίσεως 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 βελὸν 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 διαγράψουν εἰς τὸν χῶρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτω ὁ πλανήτης μας συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸν δίπολον. Τὰ αἷτια εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλεται τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίου δὲν εἶναι τελειῶς 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 (Μ). Μία μαγνητικὴ βελὸν ἔγκλισις ἰσορροπεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ON. Αἱ γωνίαι α καὶ ϵ εἶναι ἀντιστοίχως ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις καὶ ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις.

Ἡ ἔντασις 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 ὀριζοντίαν συνιστώσαν H_0 καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν H_k . Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον ὀρθογώνιον τρίγωνον εὐρίσκονται αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις :

$$H_0 = H \cdot \sin \epsilon, \quad H_k = H \cdot \eta \mu \epsilon,$$

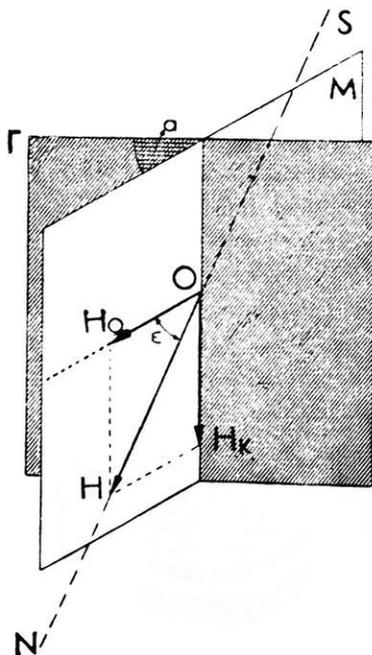
$$H^2 = H_0^2 + H_k^2$$

Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται ὅτι :

Τὰ στοιχεῖα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις, ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἀντὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου χρησιμοποιεῖται συνήθως ὡς μαγνητικὸν στοιχεῖον ἡ ὀριζοντία συνιστώσα H_0 , ἡ ὁποία εὐρίσκεται εὐκόλως.

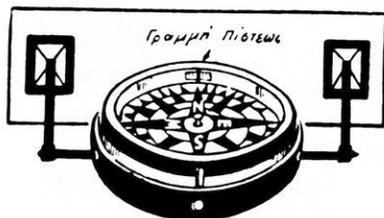
Μεταβολαὶ τῶν μαγνητικῶν στοιχείων ἐνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικὰ



Σχ. 142. Αἱ δύο συνιστώσας τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου

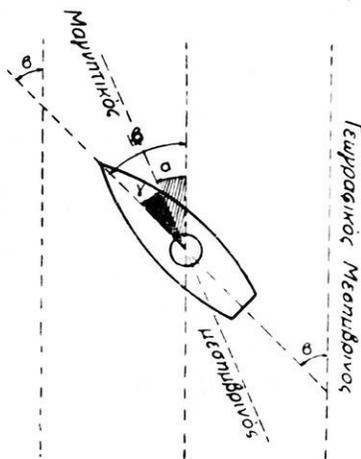
στοιχεία ενός τόπου δὲν ἔχουν σταθερὰν τιμὴν, ἀλλ' ὑφίστανται κανονικὰς ἡμερησίαις καὶ ἐτησίαις μεταβολάς. Πολλάκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἰφνιδίαις μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται μαγνητικὰ ἑλκυσμὰ. Αἱ ἀπότομοι αὗται μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲ ἄλλα φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βόρειον σέλας, αἱ κηλίδες τοῦ Ἡλίου.

133. Ναυτικὴ πυξίς. Ἐφαρμογὴν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν εἰς τὴν πυξίδα, τὴν ὁποῖαν χρῆσιμοποιοῦμεν διὰ νὰ προσανατολιζώμεθα ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ πυξίς εἶναι μαγνητικὴ βελὸνὴ 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 ὀριζοντος



Σχ. 143. Ναυτικὴ πυξίς

καὶ αἱ διαιρέσεις τοῦ κύκλου. Ὁ δίσκος οὗτος καλεῖται ἀνεμολόγιον. Τὸ σύστημα τῶν βελονῶν ἀντιστοιχεῖ πρὸς ἓνα μαγνήτην, δυνάμενον νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεωμένος εἰς τὸν πυθμένα χαλκίνου δοχείου (σχ. 143). Τὸ δοχεῖον τοῦτο ἐξαρτᾶται καταλλήλως (σύστημα Cardan), ὥστε ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ ἀνεμολογίου νὰ εἶναι πάντοτε κατακόρυφος παρὰ τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ χαλκίνου δοχείου εἶναι χαρκαγμένη μικρὰ εὐθεῖα, ἡ γραμμὴ πίστεως, ἡ ὁποία δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τοῦ σκάφους. Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, ἡ



Σχ. 144. Ἡ χρῆσις τῆς πυξίδος εἰς τὴν ναυσίπλοῖαν

γραμμή πίστεως στρέφεται και αυτή μετά του πλοίου, αλλά το άνεμολόγιον διατηρεί θέσιν σταθεράν. Είς τόν ναυτικόν είναι γνωστή ἕκ τῶν χαρτῶν ἡ γωνία β, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίξῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστή και ἡ ἀπόκλισις α, εὐρίσκεται ἡ γωνία γ, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίξῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτη κατεύθυνσις, ὥστε ἡ γραμμὴ πίστεως νὰ εὐρίσκειται ἔμπροσθεν τῆς διαίρέσεως γ τοῦ βαθμολογημένου κύκλου.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

80. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπέχουν μεταξύ των 5 cm. Ἐκαστος πόλος ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 80 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἀμοιβαία ἄπωση τῶν πόλων τούτων ;

81. Δύο ὅμοιοι εὐθύγραμμοι μαγνήται ἔχουν μῆκος 15 cm, ἕκαστος δὲ πόλος των ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 500 C.G.S. Οἱ δύο μαγνήται εὐρίσκονται ἐπὶ ὀριζοντίας τραπέζης, κατὰ μῆκος τῆς αὐτῆς εὐθείας και ἔχουν τοὺς βόρειους πόλους των ἀπέναντι ἀλλήλων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο βόρειων πόλων εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἐκάστου μαγνήτου ;

82. Εὐθύγραμμος μαγνήτης ἔχει μῆκος 10 cm ἕκαστος δὲ πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 200 C.G.S. Ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ μαγνήτου και εἰς ἀπόστασιν 35 cm ἀπὸ τὸ μέσον Ο τοῦ μαγνήτου φέρομεν βόρειον μαγνητικὸν πόλον, ἔχοντα ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ;

83. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι Α και Β ἔχουν ἀντιστοίχως ποσότητας μαγνητισμοῦ 20 C.G.S. και 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 Α και Β νὰ εἶναι ἴση μὲ μηδέν.

84. Βόρειος μαγνητικὸς πόλος ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 1000 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ;

85. Εὐθύγραμμος μαγνήτης ἔχει μῆκος 8 cm και ἕκαστος πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 400 C.G.S. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον Α εὐρισκόμενον ἐπὶ τῆς καθέτου εἰς τὸ μέσον Ο τοῦ μαγνήτου και εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἀπὸ τὸ Ο.

86. Εἰς ἓνα τόπον ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ και ἴση μὲ 60° . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τούτον ;

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

συνιστώσα του γήινου μαγνητικού πεδίου είναι $H_0 = 0,18$ Gauss. Πόσον ἔργον δαπανῶμεν, ὅταν ἀπομακρύνωμεν τὴν βελόνην κατὰ 60° ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας τῆς ;

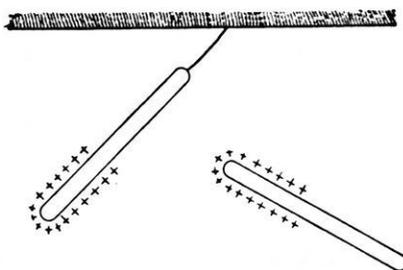
88. Μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως ἔχει μῆκος 10 cm, ἕκαστος δὲ τῶν πόλων τῆς ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 30 C.G.S. Ἡ βελόνη αἰωρεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ ὀριζοντία συνιστώσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἐγκλίσις εἶναι 60° . Διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν βελόνην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

Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ι Σ Μ Ο Σ

Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ι Κ Ο Ν Φ Ο Ρ Τ Ι Ο Ν

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

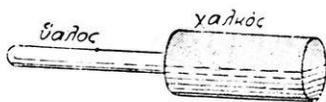
Ἡλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἐξαρτῶμεν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μετᾶξής (σχ. 145). Ἐάν εἰς τὴν ἐξηρητημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἄλλην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀπωθονται μεταξὺ των. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ μετὰ δύο ἤλεκτρισμένας ράβδους ρητίνης. Ἐάν ὁμοῦ εἰς τὴν ἤλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἤλεκτρισμένην ράβδον ρητίνης, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἔλκονται μεταξὺ των. Ἐκ τῶν πειραμάτων τούτων συνάγεται ὅτι ὑπάρχουν δύο εἴδη ἤλεκτρισμοῦ, ἥτοι ὁ **θετικὸς ἤλεκτρισμός**, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ὑάλου καὶ ὁ **ἀρνητικὸς ἤλεκτρισμός**, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ρητίνης. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ἀπλᾶ πειράματα συνάγεται ἐπὶ πλέον ὅτι :



Σχ. 145. Ἀπωσις ὁμωνύμων ἤλεκτρισμένων ράβδων

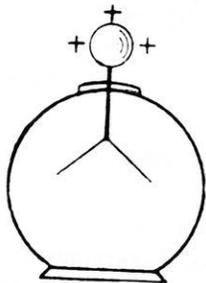
Σώματα ὁμωνύμως ἤλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται, ἐνῶ σώματα ἑτερονύμως ἤλεκτρισμένα ἔλκονται.

135. Καλοί και κακοί άγωγοί. "Όταν έν σώμα είναι ηλεκτρι-
σμένον, λέγομεν ότι τό σώμα τούτο φέρει **ηλεκτρικόν φορτίον**, δηλα-
δή φέρει ποσό τη τα ή λε κ τ ρ ι σ μ ο ύ. Έάν ηλεκτρίσωμεν διά
τριβής, μίαν ράβδον ύάλου ή ρητίνης παρατηρούμεν ότι τά έλαφρά σώ-
ματα προσκολλώνται μόνον εις τό προστριβέν μέρος τής ράβδου. Έπο-
μένως μόνον εις τό μέρος έκείνο τής ράβδου ύπάρχει ηλεκτρικόν φορτίον.
Λαμβάνομεν ράβδον χαλκού, ή οποία φέρει ύάλινην λαβήν (σχ. 146).



Σχ. 146. Έλεκτρισμός διά τριβής
ράβδου χαλκού

Έάν προστριψόμεν με μάλλινον ύφα-
σμα έν μέρος τής χαλκίνης ράβδου,
παρατηρούμεν ότι **ολόκληρος ή ράβδος**
ηλεκτρίζεται. "Άρα τό ηλεκτρικόν φορ-
τίον, τό όποίον ανεπτύχθη εις τό προσ-
τριβέν μέρος τής ράβδου, διεδόθη διά
μέσου του χαλκού εις **ολόκληρον** τήν ράβδον του χαλκού. Ούτω τά σώ-
ματα διακρίνονται εις **καλούς** και **κακούς άγωγούς** του
ηλεκτρισμού. Καλοί άγωγοί ή **όπλως άγωγοί** καλούνται τά σώμα-
τα, τά όποια αφήνουν τά ηλεκτρικά φορτία να κινούνται διά μέσου αυ-
τών τοιαύτα σώματα είναι όλα τά μέταλλα, τά διαλύματα των οξέων,
των βάσεων και των άλάτων, τό σώμα των ζώων, τό υγρόν έδαφος, ό
άνθραξ, κί φλόγες κ.ά. Κακοί άγωγοί ή **μονωταί** καλούνται τά
σώματα, τά όποια δέν επιτρέπουν εις τά ηλεκτρικά φορτία να κινηθουν
διά μέσου αυτών τοιαύτα σώματα είναι ή ρητίνη, τό ηλεκτρον, ή παρα-
φίνη, ό μαρμαρυγίας, ή μέταξα, ή ξηρά ύαλος, ή πορσελάνη κ.ά. Μερικά
σώματα είναι πολύ μέτριοι άγωγοί ή άλλως πολύ
άτελεις μονωταί και διά τούτο καλούνται ή **μικ-
ροί άγωγοί** τοιαύτα σώματα είναι τό ξύλον, ό χάρ-
της, τό μάρμαρον, τό πόσιμον ύδωρ κ.ά.



Σχ. 147. Έλεκτρο-
σκόπιον

136. Έλεκτροσκόπιον. Τό **ηλεκτροσκό-
πιον** (σχ. 147) αποτελείται από μεταλλικόν στέ-
λεχος, τό όποίον 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 **μο-
νωτικόν** πώμα εις ύάλινον δοχείον. Έάν ηλεκτρισμένον σώμα έγγί-
ση τήν σφαίραν του μεταλλικού στελέχους, τούτο **ηλεκτρίζεται** εξ

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 μικρὰ ἠλεκτρισμένοι 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 μονὰς 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 δύνην.

Εἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. μονὰς ἠλεκτρικοῦ 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 $Q_2 = 72 \text{ ΗΣΜ}$ εϋρίσκονται εις τόν άέρα και εις άπόστασιν $r = 1 \text{ cm}$. 'Η μεταξϋ αύτϋν άσκούμένη άπωσις είναι :

$$F = \frac{25 \cdot 72}{36} \text{ dyn} = \frac{1800}{36} \text{ dyn} = 50 \text{ dyn}$$

2) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία, έκαστον τϋν όποιϋν είναι ίσον με 1 Cb , εϋρίσκονται εις τόν άέρα και εις άπόστασιν 10 m . 'Η μεταξϋ αύτϋν έξασκούμένη άπωσις είναι :

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

$$\text{ήτοι} \quad F = 9 \cdot 10^6 \text{ kgr*} \quad \eta \quad F = 9 \text{ 000 tn*}$$

Τό παράδειγμα τούτο δεικνϋει πόσον μεγάλα είναι αι άναπτυσσόμεναι ηλεκτρικά δυνάμεις.

139. Διανομή τού ηλεκτρικού φορτίου. "Ας θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ηλεκτρισμένην μεταλλικήν σφαιράν. "Ενεκα τῆς άπόσεως, ἡ όποία έξασκεΐται μεταξϋ τϋν όμωνύμων ηλεκτρικῶν φορτίων τῆς σφαιράς, τὰ φορτία μετακινούνται και λαμβάνουν θέσιν επί τῆς έξωτερικῆς ἐπιφανείας τού άγωγού. 'Επί τῆς έσωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλων άγωγῶν δέν υπάρχουν ηλεκτρικά φορτία. Τούτο έπαληθεύομεν πειραματικῶς με τήν βοήθειαν ενός ηλεκτροσκοπίου και τού δοκιμαστικού σφαιριδίου. Τό δοκιμαστικόν σφαιρίδιον είναι μεταλλικόν σφαιρίδιον στερεωμένον εις τό άκρον ύάλινης ράβδου (σχ. 148). "Όταν φέρωμεν τό σφαιρίδιον εις έπαφήν με τήν έξωτερικήν ἐπιφάνειαν τού ηλεκτρισμένου κοίλου άγωγού, τό σφαιρίδιον λαμβάνει εκ τού άγωγού ηλεκτρικόν φορτίον. 'Αντιθέτως τό σφαιρίδιον δέν λαμβάνει διόλου φορτίον, όταν φέρεται εις έπαφήν με τήν έσωτερικήν ἐπιφάνειαν τού κοίλου άγωγού.



Σχ. 148. Εϋρεσις τῆς κατανομῆς τού ηλεκτρικού φορτίου

'Επί ενός σφαιρικού άγωγού τό ηλεκτρικόν φορτίον κατανέμεται όμοιομόρφως. 'Εάν ό άγωγός φέρη άκμάς ἢ άκίδα, μέγα μέρος τού ηλεκτρικού φορτίου τού άγωγού συγκεντρώνεται εις τὰ σημεΐα αυτά, διότι, ένεκα τῆς άπόσεως τϋν όμωνύμων ηλεκτρικῶν φορτίων, ταϋτα προσπαθοϋν νά καταφύγουν εις τὰ άπώτερα σημεΐα τού άγωγού. 'Εκ τϋν άνωτέρω συνάγονται τὰ έξῆς :

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 ἄπωσις ;

90. Δύο ἴσα ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται μὲ δύναμιν 25 dyn, ὅταν ἡ μεταξὺ τῶν ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόσον εἶναι ἕκαστον φορτίον ;

91. Εἰς τὰ ἄκρα A καὶ B μιᾶς εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, ἕκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εἶναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποίαν 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 παραλληλόγραμμον ἔχει πλευρὰς 3 cm καὶ 4 cm. Εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ παραλληλογράμμου εὐρίσκονται τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία + 125, + 36, - 32 καὶ + 1 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν τριῶν ἄλλων φορτίων ἐπὶ τοῦ φορτίου + 1 C.G.S.

93. Δύο ὅμοιαι μικραὶ μεταλλικαὶ σφαῖραι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον μὲ δύο νήματα μετᾶξὺς μήκους 20 cm. Ἐκάστη σφαῖρα ἔχει βᾶρος 0,5 gr* καὶ φέρει φορτίον + Q. Ὅταν αἱ σφαῖραι ἰσορροποῦν, τὰ δύο νήματα σχηματίζουν γωνίαν 30°. Πόσον εἶναι τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας ;

Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ι Κ Ο Ν Π Ε Δ Ι Ο Ν

140. Σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ὅταν ἓν 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 :

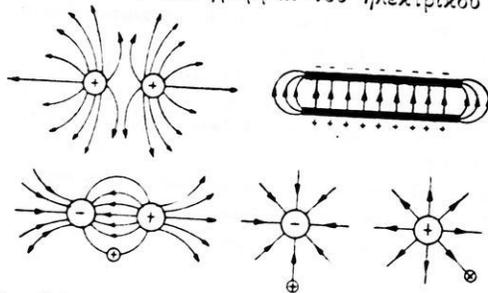
Ἐλεκτρικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκούνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

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

σημείον να διαγράψη μίαν εὐθύγραμμον ἢ καμπυλόγραμμον τροχιάν. Ἡ τροχιά αὕτη καλεῖται **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον ἐμπειρικὸν ὄρισμόν :

Δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχιά, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Εἰς ἕκαστον σημεῖον 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 περιπτώσεις. Μεταξὺ δύο ἐ-



Σχ. 149. Διάφοροι περιπτώσεις ἠλεκτρικοῦ πεδίου

σημείον A τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου φέρεται μικρὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον + q. Τὸ πεδίου ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου μίαν δύναμιν F, ἀνάλογον πρὸς τὸ φορτίον q, ἥτοι $F = E \cdot q$. Ὁ συντελεστής E καλεῖται **ἐντάσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου** εἰς τὸ σημεῖον A καὶ ὀρίζεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :



Σχ. 150. Διὰ τὸν ὄρισμόν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον A

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{+q}$$

Ἡ ἐντάσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ἀνυσματικὸν μέγεθος καὶ συμβατικῶς ἔχει τὴν φοράν τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἠλεκτρικοῦ φορτίου + q, φερομένου εἰς τὸ σημεῖον A τοῦ πεδίου. Ὡστε :

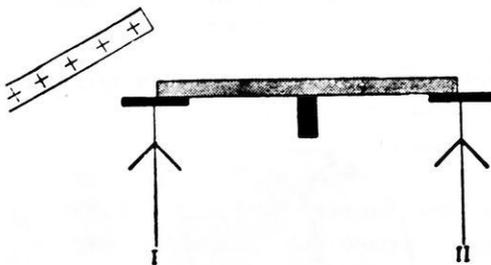
Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως F , ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἠλεκτρικοῦ φορτίου $+ q$, φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου, διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ τούτου φορτίου.

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 ἅκρα μα-

κρᾶς μεταλλικῆς ράβδου (σχ. 151). Εἰς τὸ ἓν ἠλεκτροσκόπιον πλησιάζομεν ἠλεκτρισμένην ὑάλινην ράβδον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια ἀποκοτῶν ἠλεκτρικὰ φορτία, ἂν καὶ ἡ ἠλεκτρισμένη ὑάλινη ράβδος δὲν ἦλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ κανὲν ἐξ αὐ-

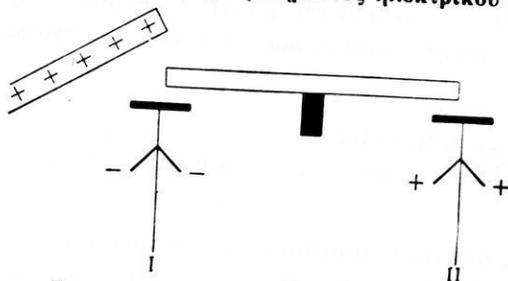


Σχ. 151. Τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια ἀποκοτῶν ἠλεκτρικὰ φορτία

τῶν. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μεταλλικὴν ράβδον, κρατοῦντες αὐτὴν ἐκ τῆς μονωτικῆς λαβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι, καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ὑάλινης ράβδου, τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἕτερονύμως ἠλεκτρισμένα (σχ. 152). Ἐὰν ὅμως συνδέσωμεν τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια διὰ τῆς μεταλλικῆς ράβδου, καὶ ἀπομακρύνωμεν τὴν ὑάλινην ράβδον, τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο ἠλεκτροσκοπιῶν ἐξαφανίζονται. Τὸ γεγονός τοῦτο φανεραίνει ὅτι τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια φέρουν ἴσα ἕτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία.

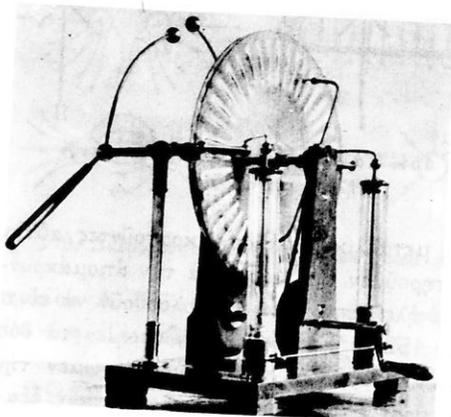
Ὅταν ἀρχικῶς ἡ μεταλλικὴ ράβδος στηρίζεται ἐπὶ τῶν δίσκων τῶν δύο ἠλεκτροσκοπιῶν, τότε τὰ μεταλλικὰ στελεῆ των καὶ ἡ ράβδος ἀποτελοῦν ἓνα συνεχῆ μεταλλικὸν ἀγωγόν. Ὁ ἀγωγὸς οὗτος, ὅταν εὔρεθῃ ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τῆς ὑάλινης ράβδου, ἠλεκτρίζεται καὶ εἰς τὰ δύο ἅκρα του ἐμφανίζονται ἴσα ἕτερονύμια φορτία. Ὁ τοιοῦτος τρόπος ἠλεκτρίσεως ἀγωγῶν καλεῖται **ἠλέκτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς** (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ὡστε :

Όταν άγωγός εύρεθῆ εντός ηλεκτρικού πεδίου, αναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσα ἑτερόνυμα φορτία.



Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων εἶναι ἑτερόνυμα

σόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς ἑτερόνυμα ηλεκτρικά 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 ηλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου (W), τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου

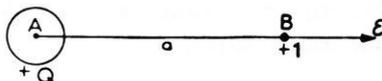
Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρίσεως ἐξ ἐπαγωγῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς ἠλεκτροστατικῆς μηχανῆς τοῦ Wimshurst, ἡ ὁποία συγκεντρώνει τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς ἑτερόνυμα φορτία εἰς δύο μεταλλικά

142. Δυναμικόν. Μικρὸς σφαιρικός άγωγός A ἔχει ηλεκτρικὸν φορτίον $+Q$, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ περὶ τοῦ άγωγοῦ ηλεκτρικὸν πεδῖον. Εἰς ἓν σημεῖον B τοῦ πεδίου, ὅπου ἡ έντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι E, φέρεται μικρὸν ηλεκτρικὸν φορτίον $+q$. Τότε ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις $F = E \cdot q$. Ἐὰν τὸ φορτίον q εἶναι ἐλεύθερον, τότε ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου θά μεταφερθῆ ἀπὸ τοῦ

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 πεδίον ἀρχίζει ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ A, δυνάμεθα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον ὀρισμὸν :



Δυναμικὸν ἑνὸς ἀγωγοῦ κα- Σχ. 154. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τοῦ δυναμικοῦ **λεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον πα-**
ράγεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ἀγωγοῦ τούτου, ὅταν τὸ
φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι
τοῦ ἀπείρου.

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

Εἶναι φανερόν ὅτι ἀγωγὸς ἔχει δυναμικόν, ὅταν εἶναι ἠλεκτρισμένος. Ἐπειδὴ τὸ ἔδαφος οὐδέποτε παρουσιάζεται ἠλεκτρισμένον, δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι :

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἐδάφους 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 A μεταφερθῆ εἰς τὸν ἀγωγὸν B 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 A εἰς τὸν ἀγωγὸν B 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 A ἔχει δυναμικὸν U. Μεταξὺ τοῦ ἀγωγοῦ A 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 ἔργιον.

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

Εἰς τὸ σύστημα M.K.S.A. ἡ μονὰς δυναμικοῦ καλεῖται Volt (1 V) καὶ ὀρίζεται ὡς ἑξῆς:

Τὸ δυναμικὸν ἑνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἴσον μὲ 1 Volt, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν φορτίου 1 Coulomb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 1 Joule.

$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ Coulomb}}$$

Ἡ σχέσηος μεταξύ τῆς πρακτικῆς μονάδος Volt καὶ τῆς ΗΣΜ — δυναμικοῦ εὐρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι :

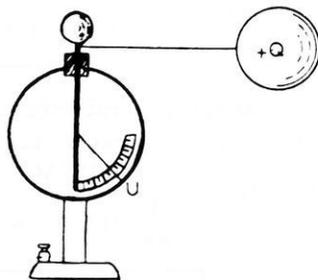
$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}} \quad \text{ἄρα}$$

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

Με τὰς ἀνωτέρω δύο μονάδας δυναμικοῦ μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ δύο ἀγωγῶν ἢ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς 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 ἓνα 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 ὁ μ ε τ ρ ο ν. Τοῦτο εἶναι σύνθητες ἠλεκτροσκόπιον (σχ. 155), τοῦ ὁποῖου τὰ φύλλα μετακινοῦνται ἔμπροσθεν τόξου φέροντος διαιρέσεις εἰς Volt.

Ἐστω ὅτι εἰς σφαιρικὸς ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q. Μετὰ 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 **χωρητικότητα** τοῦ ἀγωγοῦ :



Σχ. 155. Ἐλεκτρόμετρον

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

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

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

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς χωρητικότητας εἶναι ἡ χωρητικότητας άγωγοῦ, ὃ 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 μονὰς χωρητικότητας καλεῖται **Farad** (1 F) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

Ἡ χωρητικότητας άγωγοῦ εἶναι ἴση μὲ 1 Farad, ὅταν ὁ άγωγὸς φέρῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον 1 Coulomb καὶ ἔχη δυναμικὸν 1 Volt.

$$1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}}$$

Ἡ σχέσηις μεταξὺ τῆς πρακτικῆς μονάδος Farad καὶ τῆς ΗΣΜ—χωρητικότητας εὐρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι :

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

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

Εἰς τὴν πράξιν χρησιμοποιεῖται συνήθως ἡ μονὰς microfarad (μF), ἡ ὁποία εἶναι :

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{10^6} \text{ Farad} \quad \text{ἄρα} \quad 1 \mu\text{F} = 9 \cdot 10^5 \text{ ΗΣΜ} - \text{χωρητικότητας.}$$

146. Δυναμικόν και χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ. Ἐάν r εἶναι ἡ ἀκτίς ἐνός 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 : $C = \frac{Q}{U}$
Ἄπὸ 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 ἀγωγός ἔχει ἀκτίνα $r = 10$ cm. Διὰ τὴν ἀποκτῆσιν ὁ ἀγωγός δυναμικὸν 60 Volt, πρέπει ὁ ἀγωγός νὰ ἀποκτῆσιν φορτίον :

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

147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ. Μεμονωμένος ἀγωγός 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 :

$$\text{ἐνέργεια ἀγωγοῦ : } W = \frac{1}{2} Q \cdot U \quad \eta \quad W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν εἶναι $Q = 2$ Cb καὶ $U = 30$ Volt ἡ ἐνέργεια τοῦ φορτισμένου ἀγωγοῦ εἶναι :

$$W = \frac{1}{2} \cdot 2 \text{ Cb} \cdot 30 \text{ V} = 30 \text{ Joule}$$

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

94. Εἰς ἓν σημεῖον εὐρίσκεται ἠλεκτρικὸν φορτίον $Q = 150$ C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις 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 ἠλεκτρικά φορτία $+Q$ καὶ $+4Q$. Εἰς ποῖον σημεῖον ἡ ἔντασις 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 διαφορά δυναμικοῦ ἴση μὲ 4,5 Volt. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ μεταφερθῇ ἐκ τοῦ ἑνὸς 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 ;

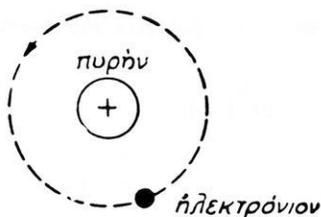
101. Ἄγωγός ἔχει χωρητικότητα 8 μF καὶ δυναμικὸν 100 Volt. Πόσον εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον του καὶ πόση εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀγωγοῦ ;

102. Σφαιρικός ἀγωγός ἔχει ἀκτίνα 10 cm. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἀγωγός, διὰ νὰ ἔχῃ ἐνέργειαν 5 Joule ;

103. Δύο μεταλλικὰ σφαίρα 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 σφαίρας καὶ ἔπειτα τὰς ἀπομακρύνομεν. Νὰ εὐρεθῇ : α) τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῆς μὲ τὴν ἄλλην καὶ β) τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνεργειῶν τῶν δύο σφαιρῶν πρὸ τῆς ἐπαφῆς των καὶ μετὰ τὴν ἐπαφὴν των.

ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειώδες ἠλεκτρικὸν φορτίον. Εἰς τὰ προηγούμενα φαινόμενα τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία συμπεριφέρονται κατὰ τὸν



Σχ. 156. Ἄτομον ὑδρογόνου

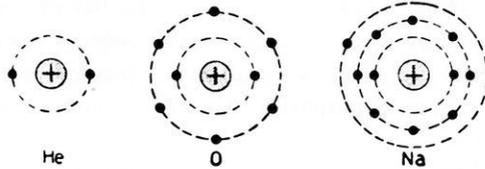
ἴδιον τρόπον. Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία ἀναπτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἄρα ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία εἶναι στενῶτατα συνδεδεμένα μὲ τὰ συστατικὰ τῆς ὕλης. Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου εἶναι τὸ ἀπλούστερον ἐξ ὅλων τῶν ἀτόμων. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα θετικῶς ἠλεκτρισμένον **πυρῆνα** (σχ. 156), ὁ

όποιος καλεῖται **πρωτόνιον**. Πέριξ τοῦ πυρῆνος περιφέρεται μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχιᾶς ἐν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ἠλεκτρόνιον**. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου

εἶναι ἴση μὲ τὸ $\frac{1}{1840}$ τῆς ὅλης μᾶζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Τὸ

ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μὲ τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος. Τὸ φορτίον τοῦτο καλεῖται **στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον (e)** καὶ εἶναι ἴσον μὲ

$1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη, ὅτι τὸ στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον e ἀποτελεῖ τὴν μικροτέραν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ, διότι οὐδέποτε παρετηρήθη ἠλεκτρικὸν φορτίον μικρό-



Σχ. 157. Ἄτομα ἡλίου, ὀξυγόνου καὶ νατρίου

τερον τοῦ στοιχειῶδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἅτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἔχουν περισσότερον πολὺπλοκον κατασκευὴν, ἀποτελοῦνται ὅμως πάντοτε ἀπὸ ἓνα θετικῶς ἠλεκτρισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ ὠρισμένον δι' ἕκαστον εἶδος ἀτόμου ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (σχ. 157). Ὅταν τὸ ἅτομον εἶναι οὐδέτερον, τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοιπὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

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 ὁποῖον εἶναι κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

149. Ἐμφάνις ηλεκτρικῶν φορτίων. Τὰ φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὀφείλονται εἰς τὴν ιδιότητα τῶν ηλεκτρονίων νὰ ἀποσπῶνται ἀπὸ ἓν ἄτομον καὶ νὰ προστίθενται εἰς ἓν ἄλλον ἄτομον. Ὅταν 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 μεταβάλλωνται 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. Ὅταν προσρίβωμεν 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 ἑτερωνύμως. 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.

Ὅταν 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 ἑτερώνυμα ηλεκτρικὰ φορτία.

Ἐστω ὅτι ἓν σῶμα Α φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετ' 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. "Ωστε :

"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 άγωγού άρνητικά ή θετικά ήλεκτρικά φορτία.

Τέλος, ἐάν μεμονωμένος οὐδέτερος άγωγός εύρεθῆ ἐντός ήλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ἐλεύθερα ήλεκτρόνια τοῦ άγωγού μετακινούνται ὑπὸ τήν επίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εις δύο περιοχάς τοῦ άγωγού ἐμφανίζονται ἴσα έτερόνυμα ήλεκτρικά φορτία. "Ωστε :

Ἡ ήλέκτρισις ἐνός άγωγού ἐξ έπαγωγῆς όφείλεται εις τήν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ήλεκτρονίων τοῦ άγωγού ὑπὸ τήν επίδρασιν τοῦ ήλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἐναντιθέτως πρὸς τοὺς άγωγούς, οἱ μονωταὶ ἔχουν τήν ιδιότητα νά διατηροῦν ἐντοπισμένα τὰ ἀναπτυσσόμενα επ' αὐτῶν ήλεκτρικά φορτία. Οὕτως, ἐάν εις μίαν περιοχὴν τοῦ μονωτοῦ παρουσιασθῆ ἔλλειψις ή περίσσεια ήλεκτρονίων, τὸ θετικὸν ή τὸ άρνητικὸν ήλεκτρικὸν φορτίον μένει ἐντοπισμένον εις τήν περιοχὴν αὐτὴν τοῦ μονωτοῦ. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ μονωτῆς δὲν ἔχει ἐλεύθερα ήλεκτρόνια.

Π Ρ Ο Β Η Μ Α Τ Α

104. Ἄγωγός ἔχει φορτίον — 6,4 Cb. Πόσος είναι ὁ ἀριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ήλεκτρονίων, τὰ ὅποια φέρει ὁ άγωγός ;

105. Ἄγωγός ἔχει φορτίον + 3,2 Cb. Πόσα ήλεκτρόνια ἔχασεν ὁ άγωγός ;

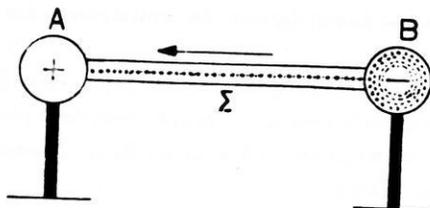
106. Δύο έτερόνυμα στοιχειώδη ήλεκτρικά φορτία + e καὶ — e εύρίσκονται εις απόστασιν 1 mm. Πόση είναι ή μεταξύ αὐτῶν άσκουμένη ἔλξις ;

107. Μεταξὺ δύο άγωγῶν ὑπάρχει διαφορά δυναμικοῦ 1 Volt. Ἐν ήλεκτρόνιον μεταβαίνει από τὸν ἕνα άγωγὸν εις τὸν ἄλλον. Πόσον έργον εις έργια καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτὴν τήν μετακίνησιν 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 (σγ. 158) φέρουν φορτία + Q καὶ — Q. Τὸ δυναμικὸν ἐκάστου άγωγού είναι ἀντιστοίχως + U καὶ — U. Ἐάν συνδέσωμεν με σύρμα τοὺς δύο άγωγούς, τότε τὰ ἐπὶ τοῦ άγωγού Β πλεονάζοντα ήλε-

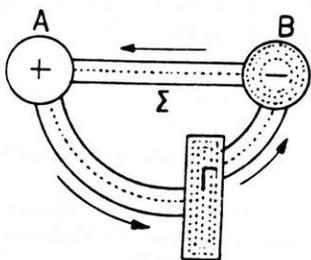
κτρόνια θά ἔλθουν διὰ μέσου τοῦ σύρματος εἰς τὸν ἀγωγὸν Α καὶ οἱ δύο ἀγωγοὶ θά γίνουν οὐδέτεροι. Ἡ τοιαύτη ροὴ ἠλεκτρονίων διὰ μέσου τοῦ σύρματος ἀποτελεῖ **ἠλεκτρικὸν ρεῦμα**. Ἡ διάρκεια τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἦτο ἐλαχίστη. Ἐὰν θέλωμεν νὰ διατηρηθῇ συνεχῆς αὕτη ἡ ροὴ τῶν ἠλεκτρονίων, πρέπει συνεχῶς νὰ ἀφαιροῦνται ἀπὸ τὸν



Σχ. 158. Ροὴ ἠλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Β πρὸς τὸν ἀγωγὸν Α

ἀγωγὸν Α τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἠλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ Β. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρηθῆται σταθερὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν Α καὶ Β. Ἡ συνεχῆς ἀφαίρεσις τῶν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν Α καὶ ἡ

ἐπαναφορά των ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ Β ἐπιτυγχάνεται μὲ εἰδικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **γεννήτριαι ρεύματος** ἢ καὶ ἀπλῶς **γεννήτριαι**. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι εἶναι ἀντλῖαι ἠλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἀγωγοὶ Α καὶ Β ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννήτριας (θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος). Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σύρμα Σ, ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννήτριας. 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 γεννήτριας. Ἡ φορὰ αὕτη τοῦ



Σχ. 159. Ἡ γεννήτρια (Γ) εἶναι μία ἀντλία ἠλεκτρονίων

ρεύματος καλεῖται **συμβατικὴ φορὰ** 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-

ρὰν διαφορὰν δυναμικοῦ (τάσιν), ἔνεκα τῆς ὁποίας προκαλεῖται συνεχῆς ροὴ ἠλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τῆς.

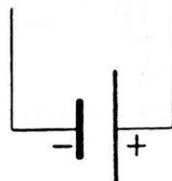
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φορᾶς δὲν ἐμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

152. Εἶδη γεννητριῶν. Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται συνήθως τὰ ἐξῆς εἶδη γεννητριῶν :

α) Τὰ **ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα**, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται σήμερον μόνον διὰ τὴν λειτουργίαν μικρῶν φορητῶν συσκευῶν (ἠλεκτρικοὶ φανοὶ τσέπης, ραδιόφωνα, ἀκουστικὰ κ.ἄ.).

β) Οἱ **συσσωρευταί**, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς (αὐτοκίνητα, ραδιόφωνα, ὑποβρύχια, ἐργαστήρια κ.ἄ.).

γ) Αἱ **ἠλεκτρικαὶ μηχαναί**, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸ κυριώτερον εἶδος γεννητριῶν καὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν βιομηχανικὴν παραγωγὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Συμβολικῶς θὰ παριστῶμεν τὴν γεννήτριαν διὰ δύο ἀνίσων παραλλήλων εὐθειῶν (σχ. 160).



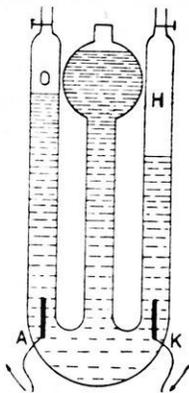
Σχ. 160. Συμβολικὴ παράστασις γεννήτριας

153. Ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ διέλευσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ προδίδεται ἀπὸ διάφορα φαινόμενα.

α) **Θερμικὰ φαινόμενα.** Ὄταν μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα πάντοτε θερμαίνεται. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου 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 ὠρισμένης χημικᾶς ἀποσυνθέσεις. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἠλεκτρόλυσις**, τὰ δὲ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα καλοῦνται **ἠλεκτρολύται**. Ἡ συσκευή,

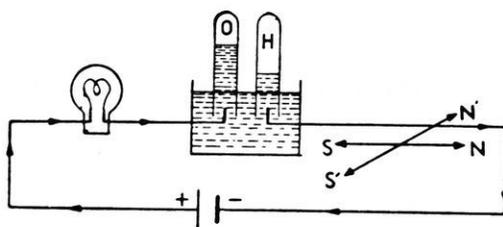
διὰ τῆς ὁποίας γίνεται ἡ ἠλεκτρόλυσις καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα συνδέονται μετὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίδας, καλοῦνται ἀντιστοίχως **ἀνοδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν



Σχ. 161. Βολτάμετρον

ἀραιῶν ὑδατικῶν διαλυμάτων ὑξέων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, ἐνῶ κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλυμάτων βάσεων καὶ ἀλάτων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται μέταλλον. Εἰς τὸ σχῆμα 161 φαίνονται τὰ προϊόντα, τὰ ὁποῖα συλλέγονται κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος θεικοῦ ὑξέος.

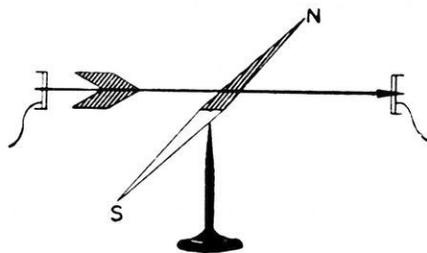
γ) **Μαγνητικὰ φαινόμενα.** Ἐνοσθεν ἡρεμούσης μαγνητικῆς βελόνης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἀγωγὸν διαρ-



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

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

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα.

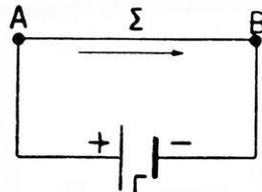


Σχ. 162. Ἐκτροπή τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος

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

Εἰς τὸ σχῆμα 163 φαίνονται αἱ διαφοροὶ δράσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

154. Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας διατηρεῖται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ (§ 151). Τότε τὸ σύρμα, τὸ ὁποῖον συνδέει τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 164). Τοῦτο ἔχει φορὰν σταθερὰν ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸ ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας (συμβατικὴ φορὰ). Τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ φορὰ διατηρεῖται σταθερὰ, καλεῖται **συνεχῆς ρεῦμα**. Εἰς χρόνον t δι' ἐκάστης τομῆς τοῦ σύρματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν φορτίον Q .



Σχ. 164. Συνεχῆς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα

Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ μονάδα χρόνου.

$$\text{ἐντασις ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{χρόνος}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

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 ἐντασιν ἴσην μὲ **1 Ampère**, ὅταν διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον ἠλεκτρικὸν φορτίον ἴσον μὲ **1 Coulomb**.

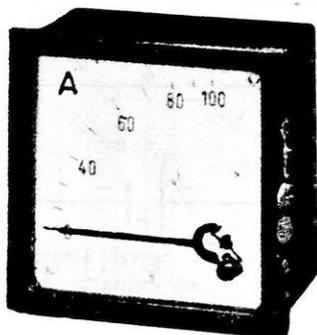
$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος: } 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Cb/sec}$$

Ὅταν λοιπὸν λέγωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντασιν 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 ἐντάσις τοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα

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

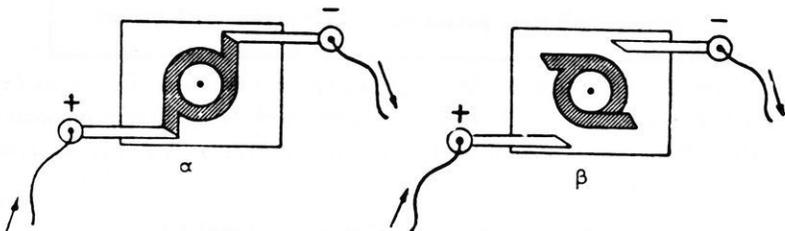


Σχ. 165. Ἄμπερόμετρον

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

Καθ' ὅλον τὸ μήκος 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



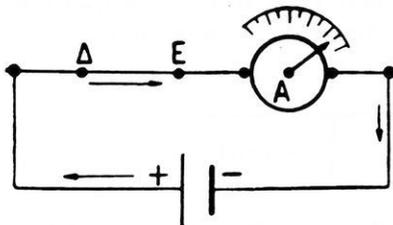
Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστόν, β ἀνοικτὸν κύκλωμα)

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

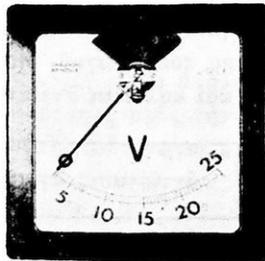
ται εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν ὅτι τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἀνοίγημα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ὅταν οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας συνδέωνται μὲ σύρμα, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως I , τὴν ὁποίαν μετροῦμεν μὲ ἀμπερόμετρον (σχ. 169). Τὸ τμήμα ΔΕ τοῦ σύρματος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ συνεπῶς μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Διὰ τὴν μέ-



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

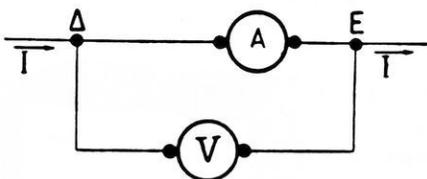


Σχ. 170. Βολτόμετρον

τρησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **βολτόμετρα** (σχ. 170) καὶ τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος (ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα). Τὴν 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 μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων, χωρὶς νὰ κόψωμεν τὸ κύκλωμα. Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ τὸ ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα.

157. Νόμος του Ohm διά τμήμα άγωγού. Είς τά άκρα όμογενούς σύρματος ύπάρχει διαφορά δυναμικού U (σχ. 171). Τότε τó



Σχ. 171. Μεταξύ τών σημείων Δ και Ε ύπάρχει διαφορά δυναμικού U .

ρεύμα έχει ένταση I . Μεταβάλλομεν τήν διαφοράν δυναμικού (π.χ. διά τής χρησιμοποίησης περισσοτέρων γεννητριών). Τò πείραμα αποδεικνύει ότι, όταν ή τάσις γίνεται $2U, 3U, 4U...$, ή έντασις τού ρεύματος γίνεται αντίστοιχώς $2I, 3I, 4I...$ Ούτω τó πηλίκον τής τάσεως διά τής έντάσεως τού ρεύματος παραμένει πάντοτε σταθερόν διά τó τμήμα τούτο τού σύρματος. Τò πείραμα λοιπόν αποδεικνύει ότι :

Τò πηλίκον τής διαφορᾶς δυναμικού (U), ή όποία εφαρμόζεται είς τά άκρα τού άγωγού, διά τής έντάσεως (I) τού ρεύματος, είναι σταθερόν και καλεῖται αντίστασις (R) τού άγωγού.

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

Ἡ εύρεθεῖσα σχέση ἐκφράζει τόν ακόλουθον νόμον τού Ohm :

Ἡ έντασις τού ρεύματος είναι ανάλογος πρός τήν διαφοράν δυναμικού, ή όποία ύπάρχει είς τά άκρα τού άγωγού, καί αντίστροφως ανάλογος πρός τήν αντίστασιν αὐτοῦ.

$$\text{νόμος τού Ohm: } I = \frac{U}{R}$$

158. Μονάς αντίστάσεως. Είς τó σύστημα M.K.S.A. μονάς αντίστάσεως είναι τó 1 Ohm (1Ω), ή όποία όρίζεται ως έξής :

Ἄγωγός έχει αντίστασιν ίσην με 1 Ohm, όταν είς τά άκρα του ύπάρχη διαφορά δυναμικού 1 Volt καί ή έντασις τού ρεύματος είναι 1 Ampère.

$$\text{μονάς αντίστάσεως: } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad \eta \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται εις τὰς ἐφαρμογὰς καὶ τὰ κατωτέρω πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm :

$$1 \text{ megohm} \quad (1 \text{ M}\Omega) \quad = 10^6 \text{ Ohm}$$

$$1 \text{ microhm} \quad (1 \text{ }\mu\Omega) \quad = \frac{1}{10^6} \text{ Ohm}$$

Παράδειγμα. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος ὑπάρχει διαφορά δυναμικοῦ $U = 220 \text{ Volt}$, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $I = 2 \text{ Ampère}$. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 110 \Omega$$

159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Οὕτως εὐρέθη ὅτι :

Ἡ ἀντίστασις (R) ἑνὸς ὁμογενοῦς ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος (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 εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐάν 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 χαλκινόν έχει μήκος 1 km και διατομήν 1 mm². Ἡ ειδική αντίσταση τοῦ χαλκοῦ εἶναι $\rho = 1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Ἡ αντίσταση τοῦ σύρματος τούτου εἶναι :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = \frac{1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm} \cdot 10^5 \text{ cm}}{0,01 \text{ cm}^2} = 17 \cdot 10^6 \mu\Omega$$

$$\text{ἤτοι:} \quad R = 17 \Omega$$

160. Μεταβολή τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ἀντίσταση ἐνὸς ἀγωγοῦ αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἐὰν εἰς θερμοκρασίαν $\theta^{\circ}\text{C}$ ὁ ἀγωγὸς ἔχη ἀντίστασιν R_0 , τότε εἰς $\theta^{\circ}\text{C}$ ὁ ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν :

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

ὅπου α εἶναι συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ (θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως). Διὰ τὰ μέταλλα εἶναι περίπου $\alpha = 0,004 \text{ grad}^{-1}$. Ἡ ἀντίσταση τῶν μετάλλων ἐλαττώνεται, ὅταν ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία. Ὄταν 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. Ἡ αὐξήσις 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 ὅργανα ὅμως ἀκριβείας ἡ ἀντίσταση αὐτῶν πρέπει νὰ μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὴν ιδιότητα αὐτὴν ἔχουν ὠρισμένα

κράματα, όπως το κοιναντάν (Cu, Ni), ή μαγγάνη (Cu, Mn, Ni), ή νικελίνη (Cu, Zn, Ni, Fe) και ο νεάργυρος (Cu, Zn, Ni). Τα κράματα αυτά έχουν άσημαντον θερμικόν συντελεστήν αντίστασης.

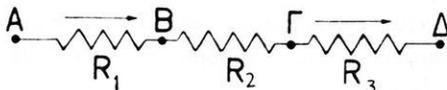
162. Κύτταρον σεληνίου. Το μέταλλον σελήνιον έχει τήν ενδιαφέρουσαν ιδιότητα να ελαττώνεται ή ειδική αντίστασις αὐτοῦ, ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμός του. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ **κυττάρου σεληνίου**.

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυττάρου σεληνίου ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 20 Volt. Εἰς τὸ σκότος ἡ αντίστασις τοῦ κυττάρου εἶναι περίπου 10^5 ἕως 10^6 Ohm. Ὄταν ὅμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ἡ αντίστασις αὐτοῦ ελαττώνεται σημαντικῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. Ὅσον δὲ ἰσχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμὸς τοῦ κυττάρου τόσο καὶ τὸ ρεύμα 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 ἀκόλουθους δύο τρόπους :

α) **Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.**

Ὅταν τρεῖς ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 172), τότε καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντιστάσεων διέρχεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I . Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm θὰ ἰσχύουν τότε αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις :



Σχ. 172. Σύνδεσις ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν

$$U_A - U_B = I \cdot R_1 \quad U_B - U_\Gamma = I \cdot R_2 \quad U_\Gamma - U_\Delta = I \cdot R_3$$

Ἐὰν προσθέσωμεν κατὰ μέλη τὰς τρεῖς ἐξισώσεις, εὐρίσκομεν :

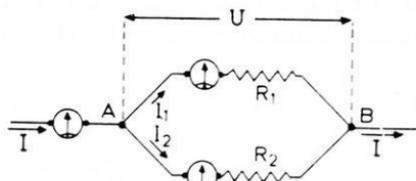
$$U_A - U_\Delta = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

Ἀπὸ τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν συναγεται ὅτι :

Εἰς τὴν σύνδεσιν ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν ἡ ὅλική ἀντίστασις τοῦ συστήματος ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιετάσεων.

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

β) Παράλληλος σύνδεσις. Μεταξύ δύο σημείων Β και Γ ενός κυκλώματος παρεμβάλλονται αί δύο αντίστασεις R_1 και R_2 (σχ. 173). Τότε το ρεύμα έντάσεως I χωρίζεται εις δύο ρεύματα, τὰ ὅποια ἔχουν



Σχ. 173. Παράλληλος σύνδεσις ἀντιστάσεων

ἀντιστοίχους έντάσεις 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 ὅποια διαρρέουν τὰς παραλλήλως συνδεδεμένας ἀντιστάσεις.

$$I = I_1 + I_2 \quad (1)$$

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

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

$$\text{ἤτοι} \quad U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3$$

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 συνδεδεμένας ἀντιστάσεις, χωρὶς ἑμῶς 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.

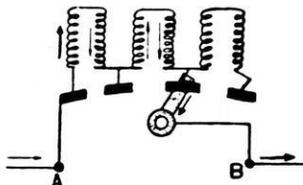
Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Ἐχομεν τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$. Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις εἶναι :

$$R_{ολ} = 2 \Omega + 3 \Omega + 4 \Omega = 9 \Omega$$

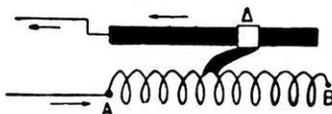
Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις θὰ εἶναι :

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

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 ὅποιον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δι' ἐνὸς βολτομέτρου εὐρίσκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U , ἣ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Ohm εὐρίσκομεν τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ : $R = \frac{U}{I}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

108. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἔχοντος ἀντίστασιν 2,5 Ohm ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 75 Volt. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον διέρχεται διὰ τοῦ σύρματος ἐντὸς 20 λεπτῶν ;

109. Σύρμα γάλκινον 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 διαφορὰ δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς, ὥστε αὕτη 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 διαφορὰ δυναμικοῦ 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον 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 διαφορὰ δυναμικοῦ 200 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἐκάστην τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων ;

115. Τὸ σύρμα τηλεγραφικῆς γραμμῆς μήκους l εἶναι ἀπὸ χαλκὸν καὶ ἔχει διάμετρον 3 mm. Θέλομεν νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χάλκινον σύρμα μὲ σύρμα ἀργιλίου ἔχοντος τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος τούτου καὶ ποῖος εἶναι ὁ λόγος 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. Ἐνέργεια καὶ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος. Μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων Α καὶ Γ ἐνὸς σύρματος ὑπάρχει σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 176). Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I καὶ διαρρέει τὸ σύρμα ἐπὶ t δευτερόλεπτα. Τότε διὰ τοῦ σύρματος μεταφέρεται ἐκ τοῦ Α εἰς τὸ Γ ἠλεκτρικὸν φορτίον $Q = I \cdot t$. Κατ' αὐτὴν τὴν μεταφορὰν γνωρίζομεν (§ 143) ὅτι παράγεται ἔργον :

$$W = U \cdot Q \quad \text{ἢτοι} \quad W = U \cdot I \cdot t$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μετατρέπεται ὁλόκληρον εἰς θερμότητα καὶ διὰ τοῦτο τὸ σύρμα θερμαίνεται (§ 153). Ὡστε :

Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, μετρουμένη εἰς Joule εἶναι :

ἐνέργεια τοῦ ρεύματος : $W = U \cdot I \cdot t$

(1)

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

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

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

Ἡ ἰσχὺς (P) τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τάσιν καὶ τὴν ἔντασιν αὐτοῦ.

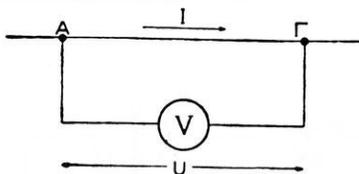
ἰσχὺς τοῦ ρεύματος : $P = U \cdot I$

(2)

Οὕτως, ἂν εἶναι $U = 220$ Volt καὶ $I = 2$ Ampère, ἡ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$P = 220 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 440 \text{ Watt}$$

167. Νόμος τοῦ Joule. Ρεῦμα ἐντάσεως I διαρρέει ἐπὶ χρόνον t ἐν σύρμα, τὸ ὅποῖον ἔχει ἀντίστασιν R . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος



Σχ. 176. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει ἔργον

υπάρχει διαφορά δυναμικού U . Τότε έχουμε $U = I \cdot R$. Το έργο του ρεύματος είναι :

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

Το έργο του τούτο μεταβάλλεται ολόκληρον εις θερμότητα, ή όποία προκαλεί την θέρμανσιν του σύρματος. Έπειδή 1 θερμιά ισοδυναμεί με 4,19 Joule, εύρισκομεν ότι ή ποσότης θερμότητος (Q_{θ}), ή όποία αναπτύσσεται επί του σύρματος, είναι :

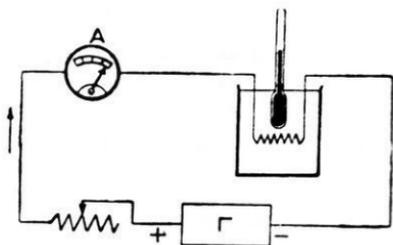
$$Q_{\theta} = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Το συμπέρασμα τούτο αποτελεί τον νόμον του Joule :

Η ποσότης θερμότητος, ή όποία αναπτύσσεται επί ενός σύρματος είναι ανάλογος προς τó τετράγωνον τής έντάσεως του ρεύματος, ανάλογος προς τήν αντίστασιν του σύρματος και ανάλογος προς τόν χρόνον διελεύσεως του ρεύματος.

νόμος του Joule : $Q_{\theta} = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal}$

Ο νόμος του Joule επαληθεύεται πειραματικώς, εάν έντός θερμιδομέτρου βυθίσωμεν σύρμα και διαβιάσωμεν δι' αυτό ρεύμα (σχ. 177). Μεταβάλλοντες τήν έντασιν I του ρεύματος ή τήν αντίστασιν R του σύρματος ή τόν χρόνον t τής διελεύσεως του ρεύματος επαληθεύομεν εύκόλως τόν νόμον του Joule.



Σχ. 177. Διά τήν πειραματικήν απόδειξιν του νόμου του Joule

Παράδειγμα. Σύρμα έχει αντίστασιν 5Ω και επί 10 min διαρρέεται υπό ρεύματος έντάσεως 10 A. Η αναπτυσσομένη επί του σύρματος ποσότης θερμότητος είναι :

$$Q_{\theta} = 0,24 \text{ cal/J} \cdot (10 \text{ A})^2 \cdot 5 \Omega \cdot 600 \text{ sec} = 72 \text{ 000 cal}$$

168. Έφαρμογαί τών θερμικών αποτελεσμάτων του ρεύματος. Τά θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος έμμεταλλευόμεθα σήμερον εις διάφορους εφαρμογάς.

α) Οί **ηλεκτρικοί λαμπτήρες** διά πυρακτώσεως αποτελούνται από ύαλινο δοχείον, ἐντός 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^ο ἕως 2300^ο C. Εἰς τοὺς συγγρόνους λαμπτήρας διά 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 **παρὰλλήλως** (σχ. 179). "Εκαστος λαμπτήρ λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπὸ μίαν ὠρισμένην τάσιν, ἢ ὁποία σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος ἀναγράφεται καὶ ἡ ἰσχύς κατανάλωσεως 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 :

$$\text{ἐντάσεως : } I = \frac{P}{U} = \frac{50W}{110V} = 0,45 \text{ A}$$

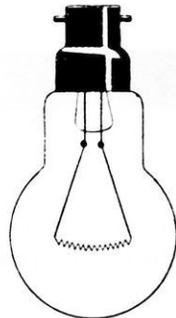
Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110V}{0,45A} = 222 \text{ Ohm}$$

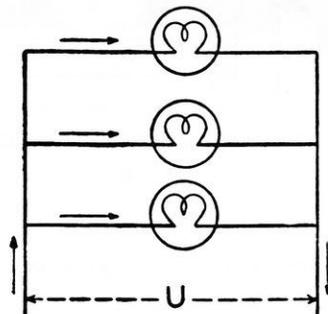
Καθ' ὥραν ὁ λαμπτήρ καταναλίσκει ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἴσην μέ :

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

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



Σχ. 178. Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διά πυρακτώσεως



Σχ. 179. Σύνδεσις τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων

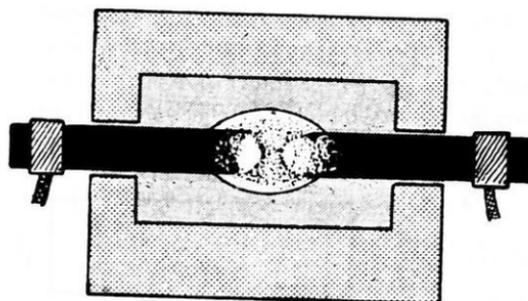
ταξύ τῶν δύο ραβδίων σχηματίζεται ἰσχυρὸν φωτεινὸν τόξον (σχ. 180). Τὰ δύο ραβδία τοῦ ἄνθρακος φθείρονται, ἀλλὰ ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου σχηματίζεται κρα-



Σχ. 180. Ἡλεκτρικὸν τόξον

τήρ. Εἰς τὸν κρατήρα ἢ θερμοκρασία εἶναι 3500°C . Τὸ ἠλεκτρικὸν τόξον ἀποτελεῖ ἰσχυροτάτην φωτεινὴν πηγὴν καὶ χρησιμοποιεῖται πρὸς φωτισμὸν (εἰς τοὺς προβολεῖς κ.ἄ.). Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν κάμινον (σχ. 181) διὰ τὴν τήξιν διαφόρων δυστήκτων σωμάτων, διὰ τὴν παρασκευὴν ἐνώσεων (π.χ. τοῦ ἄνθρακα-σβεστίου), καὶ εἰς τὴν ἠλεκτρομεταλλουργίαν (παρασκευὴ ἀργιλίου).

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



Σχ. 181. Ἡλεκτρικὴ κάμινος

σκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως (ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἠλεκτρικὰ κουζίνα, ἠλεκτρικὰ 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 ἢ ἐντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῆ μίαν ὠρισμένην 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 λεπτῶν ;

117. Λαμπτήρ ἰσχύος $60\ \text{Watt}$ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσει $110\ \text{Volt}$. 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 ώρες, αν το κιλοβατώριον τιμᾶται 1,2 δραχμάς ;

119. Τρεῖς ἀντιστάσεις 2 Ω, 3 Ω και 5 Ω συνδέονται κατὰ σειράν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται τάσις 120 Volt. Πόση ποσότης θερμότητος ἀναπτύσσεται κατὰ λεπτόν ἐπὶ ἐκάστης ἀντιστάσεως ;

120. Ἡλεκτρικὴ κουζίνα ἔχει ἰσχύν 500 Watt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 4 A. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς κουζίνας καὶ ὑπὸ ποίαν τάσιν λειτουργεῖ ;

121. Μία ἠλεκτρικὴ κουζίνα, ἰσχύος 500 Watt, θερμαίνει 500 gr ὕδατος ἀπὸ 20° εἰς 100° C ἐντὸς 10 λεπτῶν. Πόσον μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος χρησιμοποιοῦμεν καὶ πόσον κοστίζει ἡ θέρμανσις τοῦ ὕδατος, ἂν τὸ κιλοβατώριον τιμᾶται 1,50 δρχ. ;

122. Διὰ νὰ θερμάνωμεν ἐντὸς 5 λεπτῶν ἐν λίτρον ὕδατος ἀπὸ 10° εἰς 100° C, βυθίζομεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἐν σύρμα, διὰ τοῦ ὁποίου διαβιβάζομεν ρεῦμα ὑπὸ τάσιν 125 Volt. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος τούτου ;

123. Μία αἰθουσα φωτίζεται ἀπὸ 3 λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχύν 40 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 Volt. Ἡ αἰθουσα θερμαίνεται ἀπὸ μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία ἔχει ἰσχύν 600 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν. Τὰ χρησιμοποιούμενα σύρματα διὰ τὰς συνδέσεις ἔχουν ἀσήμαντον ἀντίστασιν. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἐκάστου λαμπτήρος καὶ τῆς θερμάστρας ; Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕκαστον τῶν ἀνωτέρω ὀργάνων ;

ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ἐὰς θεωρήσωμεν μίαν γεννήτριαν Γ, μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὁποίας παρεμβάλλονται κατὰ σειράν διάφοροι συσκευαὶ χρησιμοποιοῦσεως τοῦ ρεύματος (π.χ. ἠλεκτρικὴ θερμάστρα, ἠλεκτρικοὶ λαμπτήρες, βολτάμετρον κ.ἄ.). Τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, καθ' ὅλον δὲ τὸ μῆκος τοῦ κυκλώματος ἡ ἔντασις I τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερὰ (§ 156). Ἡ γεννήτρια παρέχει τότε εἰς τὸ κύκλωμα ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ χρόνος λειτουργίας τῆς γεννητρίας. Γενικῶς :

Ἡ ἰσχύς (P), τὴν ὁποίαν παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα μία γεννήτρια, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

$$\text{ἰσχύς γεννητρίας: } P = E \cdot I$$

ὅπου E εἶναι συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῆς γεν-

νητρίας και καλείται **ήλεκτρεγερτική δύναμις** τῆς γεννητρίας (ΗΕΔ). 'Επειδὴ ἡ ἔντασις I μετρεῖται εἰς Ampère καὶ 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). 'Εὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κλειστὸν κύκλωμα, εἶναι ἴση μὲ 1 Ampère ($I = 1 \text{ A}$), τότε ἔχομεν $P = E$. "Ωστε :

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητρίας, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχύν, τὴν ὁποῖαν παρέχει ἡ γεννήτρια, ὅταν αὕτη δίδῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

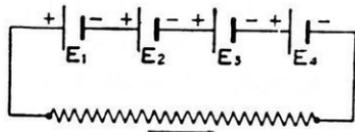
Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἄς θεωρήσωμεν δύο γεννητρίας A καὶ B , αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἀντιστοίχως ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E_1 = 500 \text{ Volt}$ καὶ $E_2 = 100 \text{ Volt}$. "Όταν αἱ δύο αὗται γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I , τότε ἡ μὲν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

'Επομένως ἔχομεν :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{500}{100} = 5$$

ἦτοι ἡ γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της 5 φορές μεγαλύτεραν 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 γεννητρίας καὶ φανερώνει πόσῃ ἰσχύν εἰς Watt δίδει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά της δι' ἕκαστον Ampère τοῦ παρεχομένου ρεύματος. 'Εὰν συνδεθοῦν πολλαὶ γεννήτριαι κατὰ σειρὰν, δηλαδὴ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννητριῶν (σχ. 182). "Όταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστὸν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . 'Εκαστὴ 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 :

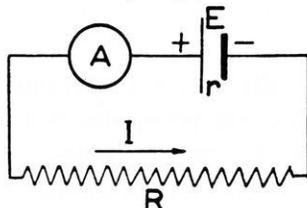
$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \cdot I$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις φανερώνει ὅτι :

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) μιᾶς συστοιχίας γεννητριῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται κατὰ σειρᾶν, 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. Ἐὰς 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 ἰσχὴν $P = E \cdot I$, ἡ ὁποία ἐξ ὀλοκλήρου 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 αὕτῃ τῆς θερμότητος προέρχεται ἀπὸ τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν $E \cdot I$, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα. Ὡστε εἶναι :



Σχ. 183. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r \quad \text{ἢ} \quad E = I \cdot (R + r) \quad (1)$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ ἐξωτερικὰς ἀντιστάσεις, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν 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. Είς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 183 εἶναι $E = 10$ Volt $r = 2$ Ohm καὶ θέλομεν νὰ ἔχωμεν ρεῦμα ἐντάσεως $I = 2$ Amperé. Ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχη ὠρισμένην τιμὴν, τὴν ὁποίαν ὑπολογίζομεν 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 γεννητρίας. Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως R , δηλαδὴ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία εἶναι $U = I \cdot R$. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν $E = I \cdot (R + r)$ εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

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

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

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

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ἐκφράζει τὴν μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὑπάρχουσας διαφορὰν δυναμικοῦ, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν.

172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Εἰς τὸν λαμπτήρα πυρακτώσεως, τὴν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἢ δαπανωμένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία τοιαύτη συσκευὴ λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ νεκρὰν ἀντίστασιν. Εἰς τὸ βολτάμετρον ἢ τὸν ἀνεμιστήρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἄλλο δὲ μέρος αὐτῆς μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συσκευὴ καλεῖται γενικῶς ἀποδέκτης. Ὁ ἀνεμιστήρ καὶ γενικῶς ὁ ἠλεκτρικὸς κινητήρ εἶναι τόσοσιν καλύτερος, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δαπανωμένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Εἰς ἓνα ἀποδέκτην ἡ ἰσχὺς (P) τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία μετατρέπεται εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ἐκτὸς τῆς θερμότη-

τος, είναι ανάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἀποδέκτου.

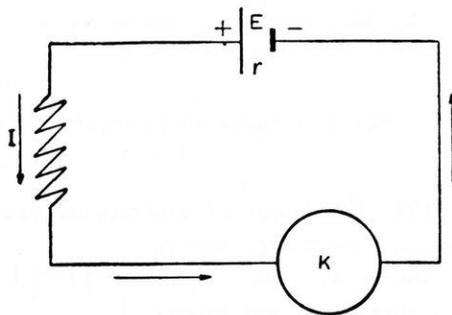
ισχύς ἀποδέκτου: $P = E' \cdot I$

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 γεννητριάς (§ 170). Ἐὰν ἡ ἔντασις 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 ἐντάσεως 1 Ampère.

Οὕτως, ἂν ὁ ἠλεκτρικὸς κινητὴρ ἔχῃ ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E' = 200 \text{ Volt}$, αὕτη φανερώνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινητῆρος διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως 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 ὅλική ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι $R + r + r'$. Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι I , τότε ἡ μὲν γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύον: $P = E \cdot I$, ὁ δὲ κινητὴρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχύον: $P' = E' \cdot I$. 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 $E = E' + (R + r + r') \cdot I$

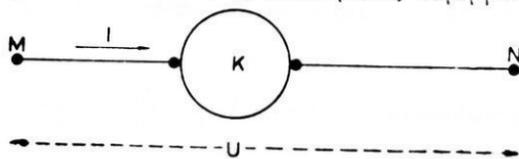
Εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἢ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως (E') τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν ($R_{ολ}$) τοῦ κυκλώματος.

$$E = E' + I \cdot R_{ολ} \quad (1)$$

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



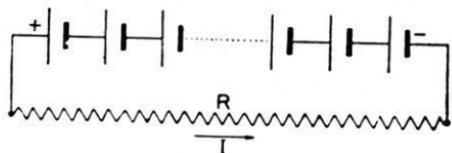
Σχ. 185. Ἀποδέκτης (κινητῆρ K) εἰς τμήμα κυκλώματος

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 ἓξ ὁμοίας γεννητρίαις, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r .



Σχ. 186. Σύνδεσις κατὰ σειρὰν

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

Ἐὰν αἱ n γεννητρίαι συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 186), τότε ἡ ὀλικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις

τῆς συστοιχίας εἶναι $v \cdot E$, ἡ δὲ ὀλική ἀντίστασις αὐτῆς εἶναι $v \cdot r$.
 Ἐὰν R εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, τότε συμφώ-
 νως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm
 εἶναι :

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

β) Σύνδεσις παράλληλος.

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν γεννητριῶν (σχ. 187). Ἡ ὀλική ἠλεκτρορεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι E , διότι εἶναι ὡς ἐάν νὰ ἔχωμεν μίαν μόνον γεννήτριαν. Ἡ ἐσωτερικὴ ὁμῶς ἀντίστασις τῆς συστοιχίας

εἶναι $\frac{r}{v}$. Ἐπομένως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι :

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

Π α ρ 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 σειρὰν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

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

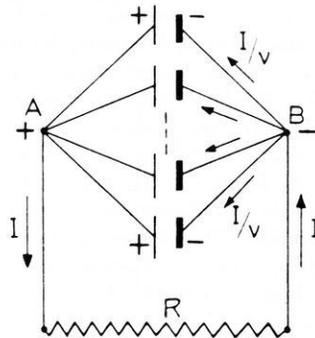
Ἐὰν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν παράλληλως, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{v}} = \frac{2 \text{ V}}{(9 + 0,01) \Omega} = 0,22 \text{ Ampère}$$

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

124. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρορεγερτικὴν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 10 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει δύο μόνον ἀντιστάσεις $R_1 = 26$ Ω καὶ $R_2 = 36$ Ω. Πόση εἶναι ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R_2 ;

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



Σχ. 187. Σύνδεσις παράλληλος

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

126. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν 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 ἑσωτερικὴ ἀντίστασις r τῆς γεννητρίας ;

127. Ἀνεμιστῆρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,6 A. Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συσκευῆς εἶναι 110 Ω . Πόση εἶναι ἡ ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀνεμιστῆρος καὶ πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποῖαν μᾶς δίδει ὁ ἀνεμιστῆρ ;

128. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 52 Volt καὶ ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν 1 Ω . Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$ καὶ ἓνα κινητῆρα, ὅταν ὁ κινητῆρ δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 4 A, ἐνῶ, ὅταν ὁ κινητῆρ στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 1 A. Πόση εἶναι ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντὴλεκτρεγερτικὴ 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 ἑσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητῆρος ;

130. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν 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 καὶ ἐπὶ τῆς γραμμῆς ἀπώλειαι, ἕνεκα τῆς θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ, νὰ εἶναι ἴσαι μὲ τὸ 1/20 τῆς ἰσχύος τῆς γεννητρίας ;

131. Μεταξὺ τῶν πόλων μιᾶς γεννητρίας παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν δύο ἀντιστάσεις $R_1 = 3 \Omega$ καὶ $R_2 = 7 \Omega$, αἱ ὁποῖαι διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀντιστοίχως ἐντάσεις $I_1 = 14$ A καὶ $I_2 = 6$ A. Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας εἶναι 0,9 Ω . Πόση εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ;

132. Μία ὕδατόπνοισις ἔχει ἰσχὴν 40 ἀτμοῦππων 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 δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν ;

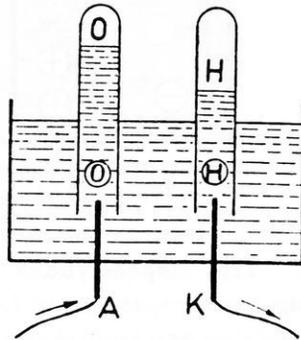
ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

175. Ἠλεκτρολύται. 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 **βολτόμετρον** (σχ. 188). Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

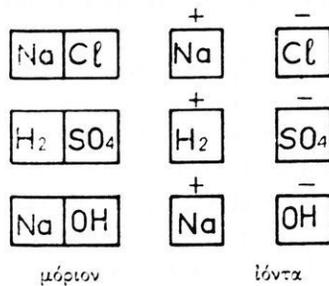
Ἡλεκτρολύται εἶναι μόνον τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα, ὅταν εὐρίσκονται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος, εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν (βάσεις καὶ ἄλατα).

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

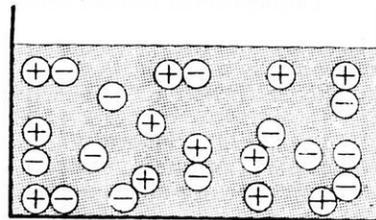
Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μῦρον ἐκάστου ἠλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἑτερωνύμων ἰόντων, τὰ ὁποῖα φέρουν ἴσα ἠλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω τὸ μῦρον τοῦ χλωριούχου νατρίου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν θετικὸν ἰὸν νατρίου καὶ ἓν ἀρνητικὸν ἰὸν χλωρίου (σχ. 189). Ὅταν τὰ δύο ἰόντα εἶναι ἠνωμένα, τότε τὸ μῦρον ἐμφανίζεται οὐδέτερον. Ἐὰν ὅμως διαλύσωμεν χλωριούχον νάτριον ἐντὸς ὕδατος, τότε μέγας ἀριθμὸς μορίων χλωριούχου νατρίου ὑφίσταται ἠλεκτρολυτικὴν διάστασιν, δηλαδὴ τὰ



Σχ. 188. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν



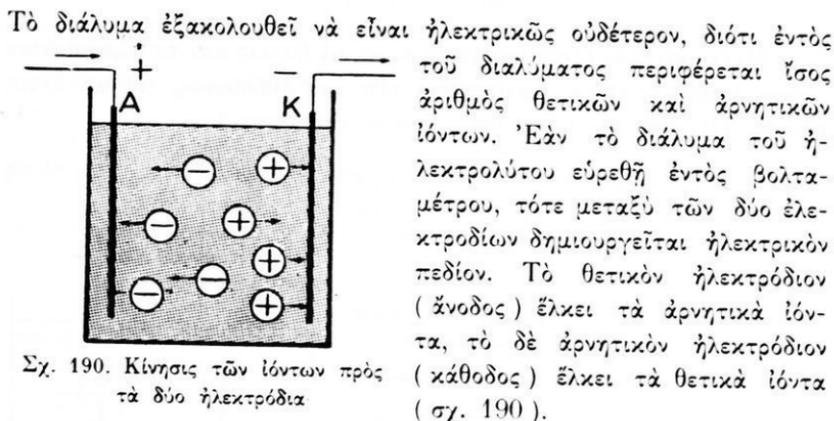
Σχ. 189. Τὸ μῦρον τοῦ ἠλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἑτερώ-
νυμα ἰόντα, φέροντα ἴσα φορτία



- (+ -) ἀκέραιον μῦρον
- (+) θετικὸν ἰὸν
- (-) ἀρνητικὸν ἰὸν

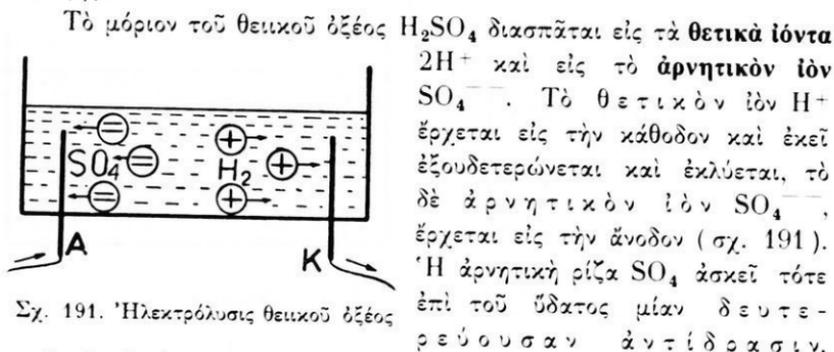
Σχ. 189α. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις

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



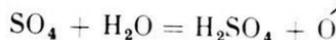
176. Παραδείγματα ἠλεκτρολύσεων. Θὰ ἐξετάσωμεν κατωτέρω τρία παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως. Τὰ ηλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, ὃ ὁποῖος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τῶν ὀξέων.

α) Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος ὀξέος. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος ὀξέος π.χ. θεικοῦ ὀξέος, εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὕδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐρμηνεύεται ὡς ἐξῆς :



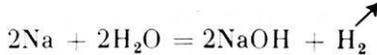
Σχ. 191. Ἐλεκτρόλυσις θεικοῦ ὀξέος

κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνασυντίθεται τὸ θετικὸν ὀξὺ καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον καὶ ἐκλύεται :

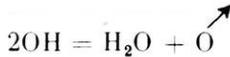


β) Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος βάσεως. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος βάσεως, π.χ. καυστικοῦ νατρίου, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον

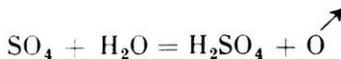
ὕδρογονον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ νατρίου NaOH διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰὸν Na⁺, τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, ὅπου ἐξουδετερώνεται, καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὸν ὑδροξύλιον OH⁻, τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω σχηματίζονται καυστικὸν νάτριον καὶ ὕδρογονον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται :



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ ὑδροξύλια ἀνασχηματίζουσι τὸ ὕδωρ ἐνῶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον :



γ) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ἁλατος. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν 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 CuSO₄ διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰὸν Cu⁺⁺, τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ἐξουδετερωθῆ, ἐπικάθεται ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου τῆς καθόδου καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὸν SO₄⁻, τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Ἐκεῖ ἡ ρίζα τοῦ ὀξέος ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω προκύπτει θεικὸν ὄξιον καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται :



177. Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως συνάγονται οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως :

I. Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται πάντοτε ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ οὐδέποτε εἰς τὸ μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων ὑγρὸν.

II. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν τῶν ὀξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων τὸ μὲν ὕδρογονον 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 ἠλεκτροδίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἠλεκτρικὸν 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 εὑρέθη ὅτι ἔχει τιμὴν: $a = \frac{1}{96\,500}$. Ἐπειδὴ τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον ἐνὸς στοιχείου ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μετὰ 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 μετὰ 1 γραμμοῖσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σταθερὸν 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 θετικοῦ ψευδαργύρου (ZnSO_4) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεύμα ἐντάσεως $I = 10$ Amperè. Διὰ τὸν Zn εἶναι $A = 65$ καὶ $v = 2$. Ἡ ἀποτιθέμενη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn εἶναι:

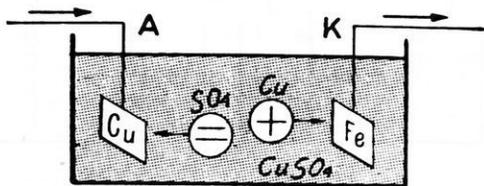
$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{65}{2} \cdot 10 \cdot 965 = 3,25 \text{ gr}$$

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 ἀσβέστιον, τὸ μαγνήσιον λαμβάνονται δι' ἠλεκτρολύσεως τῶν τετηγμένων χλωριούχων ἀλάτων των. Τὸ ἀργύριον λαμβάνεται δι' ἠλεκτρολύσεως μείγματος βοξίτου καὶ κρυσλίθου. Ὁμοίως λαμβάνεται καὶ ὁ χημικῶς καθαρὸς χαλκός.

β) Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προφύλαξιν ὠρισμένων μετάλλων. Πρὸς τοῦτο τὰ μέταλλα αὐτὰ ἐπικαλύπτονται ἠλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρώμα νικελίου, χρωμίου, ἀργύρου ἢ χρυσοῦ. Τὸ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενον ἀποτελεῖ τὴν κάθodon τοῦ βολταμέτρου. Ὁ ἠλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα ἄλατος τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὁποῖον



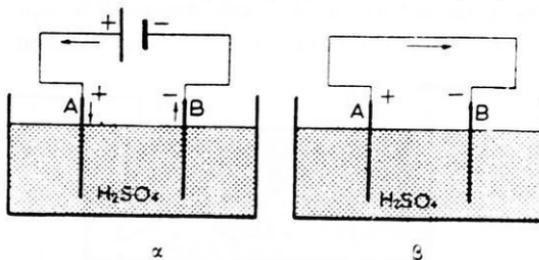
Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου

θέλομεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τὸ ἀντικείμενον. Ἡ ἄνοδος εἶναι πλάξ ἐκ τοῦ ἴδιου ἐπίσης μετάλλου (διαλυτὴ ἄνοδος). Κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν τὸ ἐρχόμενον εἰς τὴν ἄνοδον ἀρνητικὸν ἰὸν προσβάλλει τὸ μέταλλον τῆς ἀνόδου, ἢ ὅποια συνεχῶς φθεῖρεται. Οὕτω μεταφέρεται συνεχῶς μέταλλον ἐκ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθodon (σχ. 192).

γ) Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἐπιτυγχάνει τὴν ἀναπαραγωγὴν διαφόρων ἀντικειμένων (π.χ. νομισμάτων, μεταλλίων κ.ἄ.). Πρὸς τοῦτο λαμβάνεται ἐπὶ θερμῆς γουταπέρκας ἢ μήτρα, ἥτοι τὸ ἀκριβὲς ἀποτύπωμα τοῦ ἀντικειμένου. Ἐπειτα καλύπτεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς μήτρας μὲ γραφίτην, διὰ νὰ γίνῃ ἀγωγός, καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς κάθodos. Αὕτη ἐπικαλύπτεται μὲ στρώμα μετάλλου, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἐπιμετάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν τσιγκογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν τῶν δίσκων γραμμοφῶνων κ.ἄ.).

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

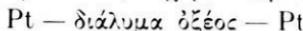
τριαν (σχ. 193 β). Παρατηρούμεν ότι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ προκαλέσασιν τὴν ἠλεκτρόλυσιν. Τὸ ἀντίρροπον τοῦτο ρεῦμα διαρκεῖ ἐπ' ὀλίγον χρόνον καὶ ὀφείλεται εἰς τὴν ἀλλοίωσιν, τὴν ὁποίαν ὑπέστησαν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐκλύεται εἰς τὴν



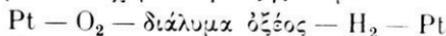
Σχ. 193. Πόλωση τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν

κάθωδον ὑδρογόνον καὶ εἰς τὴν ἀνοδον ἐκλύεται ὀξυγόνον. Μέρος τῶν αἰριῶν τούτων προσφύεται ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων, τὰ ὁποῖα οὕτω περιβάλλονται ἀπὸ λεπτὸν στρώμα αἰρίου. Ἡ ἀλλοίωσις αὕτη τῶν ἠλεκτροδίων καλεῖται

πόλωση τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου. Παρατηρούμεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πολωμένων ἠλεκτροδίων δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ. Πρὸ τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν ἀγωγῶν :



Μετὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν εἶχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν :



δηλαδὴ εἶχομεν μίαν μὴ συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Γενικῶς :

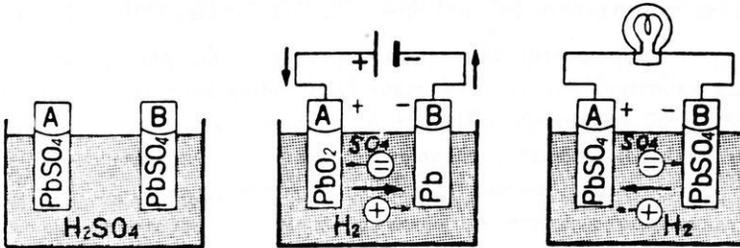
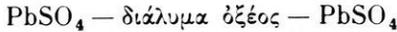
Μία μὴ συμμετρικὴ σειρὰ ἀγωγῶν παρουσιάζει διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς.

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

180. Συσσωρευταί. Ἐὰν ἡ πόλωση τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου εἶναι δυνατόν νὰ διατηρηθῇ ἐπὶ μακρὸν, τότε τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προερχόμενον ρεῦμα θὰ εἶναι μακρᾶς διαρκείας. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν **συσσωρευτῶν**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν πολὺ

εὔχρηστον τύπον γεννητριῶν (§ 152). Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς ἐπιτυγχάνεται κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν (φόρτισις τοῦ συσσωρευτοῦ) ριζικὴ ἀλλοίωσις τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων του, τὰ ὅποια καλοῦνται π ὀ λ ο ι τοῦ συσσωρευτοῦ. Εἰς τὴν πρᾶξιν 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 :



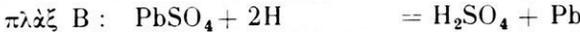
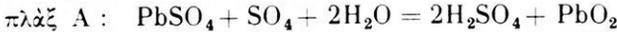
Ἀφόρτιστος

Φόρτισις

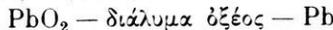
Ἐκφόρτισις

Σχ. 194. Ἐξήγησις τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτοῦ

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

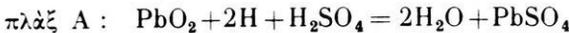


Οὕτω δημιουργεῖται ἡ ἐξῆς σειρὰ ἀγωγῶν :



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

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

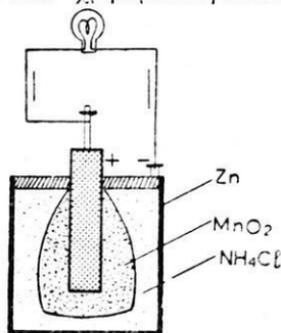


Οὕτω μετὰ τὴν ἐκφόρτισιν τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐπανερχονται εἰς τὴν ἀρχικὴν των κατάστασιν. Διὰ τὴν αὐξήσασιν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητας.

Ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδὴ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισίν του μετρεῖται εἰς **ἀμπερώρια** (Ah). Τὸ 1 ἀμπερώριον εἶναι ἴσον μὲ 3600 Cb, ἧτοι εἶναι φορτίον, τὸ ὁποῖον μεταφέρει ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐντὸς 1 ὥρας. Οἱ σύγχρονοι συσσωρευταὶ ἔχουν χωρητικότητα 8 — 10 Ah κατὰ dm² ἐπιφανείας τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου. Ἐάν συσσωρευτὴς ἔχῃ χωρητικότητα 400 Ah, τότε ὁ συσσωρευτὴς δύναται νὰ μᾶς δώσῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐπὶ 400 ὥρας ἢ ρεῦμα ἐντάσεως 10 A ἐπὶ 40 h.

β) **Συσσωρευταὶ ἀλκαλικοί.** Οὗτοι ἔχουν ὡς 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 ἀνθεκτικώτεροι ἀπὸ τοὺς συσσωρευτάς μαλ' ὅσους, ἔχουν μεγάλην χωρητικότητα καὶ δύναται νὰ μείνουν ἀφόρτιστοι, χωρὶς νὰ καταστραφοῦν. Ἡ ἠλεκτρογενετικὴ των δυνάμις ἀνέρχεται εἰς 1,4 Volt.

181. Ἠλεκτρικὰ 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**.



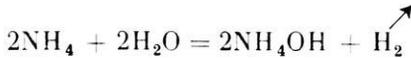
Σχ. 195. Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché

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 ὁποῖα εἶναι διαποτισμένα μὲ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH₄Cl). Οὕτως ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν σωμάτων :



Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωριούχος

Ψευδάργυρος ($ZnCl_2$), ή δε άπομένουσα ρίζα NH_4 αντιδρά με τὸ ὕδωρ, ὅποτε ἐλευθερώνεται H_2 :



Τὸ παραγόμενον ὕδρογόνον ἐνοῦται μετὸ 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 ζήρὸν στοιχείον καὶ μεταφέρεται εὐκόλως, διότι δὲν περιέχει ὕγρα.

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

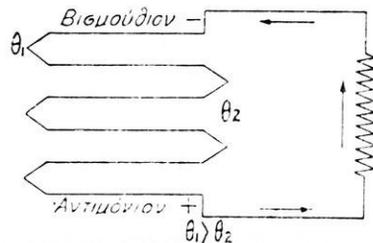
Ἐὰς σχηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμούθιον καὶ ἀντιμόνιον (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι αἱ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς Α



Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον

καὶ Β τῶν δύο μετάλλων ἐξουδετερώνονται ἀμοιβαίως. Ἐὰν ὅμως τὰ σημεῖα ἐπαφῆς εὐρίσκονται εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας θ_1 καὶ θ_2 , τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (**θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα**), διότι ἀναπτύσσεται **θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Αὕτη εἶναι

ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν θερμοκρασίας τῶν δύο ἐπαφῶν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο μετάλλων. Τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν δύο διαφορετικῶν μετάλλων καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον**. Πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα συνδεόμενα κατὰ σειράν ἀποτελοῦν μίαν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** (σχ. 197).



Σχ. 197. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη

Αἱ στήλαι αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν (θερμοηλεκτρικὰ θερμομέτρα) καὶ διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν ὤρισμένων διατάξεων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

134. Βολτάμετρον περιέχει διάλυμα όξέος. Διαβιβάζομεν δι' αυτού ρεύμα έντάσεως 5 A. 'Επί πόσον χρόνον πρέπει να διέρχεται τό ρεύμα, διά να προκληθῆ διάσπασις 54 gr ύδατος ;

135. Ρεύμα διέρχεται επί 5 ώρας διά βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικού άργύρου. Είς τήν κάθοδον αποτίθενται τότε 10,8 gr άργύρου. Πόση είναι ἡ έντασις τοῦ ρεύματος ; 'Ατομικόν βάρος Ag 108, σθένος 1.

136. 'Επί μιᾶς σιδηρᾶς πλακός, ἡ ὁποία ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm² θέλομεν να αποτεθῆ ἠλεκτρολυτικῶς στρώμα χαλκοῦ πάχους 2 mm. Τό ρεύμα ἔχει έντασιν 5 A. Πόσον χρόνον θά διαρκέσῃ ἡ ἠλεκτρόλυσις ; 'Ατομικόν βάρος χαλκοῦ 63,6, σθένος 2. Πυκνότης χαλκοῦ 8,8 gr/cm³.

137. Κατά μίαν ἠλεκτρόλυσιν όξειδίου τοῦ άργιλίου συλλέγονται εἰς τήν κάθοδον 6700 gr άργιλίου καθ' ὥραν. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμάζεται τάσις 5 Volt, ἡ δὲ άντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 2,8 Volt. Πόση ἰσχὺς χρησιμοποιεῖται ἐντὸς τοῦ βολταμέτρου, ἀφ' ἐνός ὑπὸ μορφήν θερμότητος καὶ ἀφ' ἑτέρου ὑπὸ μορφήν χημικῆς ἐνεργείας ; 'Ατομικόν βάρος άργιλίου 27, σθένος 3.

138. Μὲ ρεύμα έντάσεως 3 A φορτίζομεν επί 10 ώρας συσσωρευτήν. Πόσον ἠλεκτρικόν φορτίον θά ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτῆς κατὰ τήν ἐκκένωσίν του, ἂν ἡ ἀπόδοσις αὐτοῦ εἶναι 0,9 ;

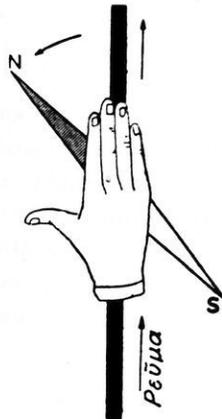
139. Συσσωρευτῆς ἔχει χωρητικότητα 30 ἀμπερώρια καὶ λειτουργεῖ μέχρις ὅτου παραωρήσῃ τὰ 2/3 τοῦ ὅλου ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τό ὁποῖον δύναται να προσφέρῃ. 'Επί πόσας ώρας δύναται ὁ συσσωρευτῆς οὗτος να τροφοδοτήσῃ λαμπτήρα μὲ ρεύμα έντάσεως 0,5 A ;

140. Τρία στοιχεῖα Leclanché συνδέονται κατὰ σειράν. 'Η στήλη παρέχει εἰς ἓν κύκλωμα ρεύμα έντάσεως 2 A επί 25 ώρας. Πόση μᾶζα ψευδαργύρου δαπανᾶται κατὰ τόν χρόνον τοῦτον ; 'Ατομικόν βάρος ψευδαργύρου 66, σθένος 2.

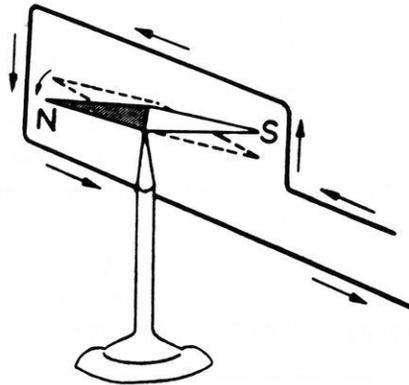
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικόν πεδίων ρεύματος. Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι πέριξ ἐνός άγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται μαγνητικόν πεδίων, τό ὁποῖον προκαλεῖ τήν ἐκτροπήν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. 'Η φορά, κατὰ τήν ὁποίαν ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τήν φοράν τοῦ ρεύματος. 'Ὡς φοράν τοῦ ρεύματος θά λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τήν συμβατικὴν

φοράν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀκολουθεῖ τὸν ἐξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς (σχ. 198) : Ἐὰν φέρωμεν τὴν παλάμην τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἄνωθεν τοῦ ἀγωγοῦ, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῶν δακτύλων, τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ἐκτρεπομένη ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας της, λαμβάνει μίαν νέαν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἰσορροπεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ



Σχ. 198. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς

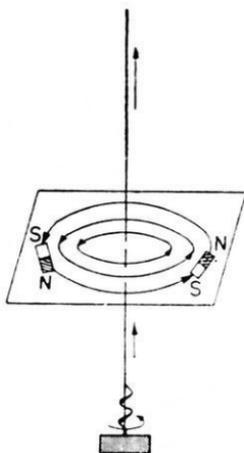


Σχ. 199. Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλύτερα

κατακόρυφον ὀρθογώνιον πλαίσιον, τὸ ὁποῖον συμπίπτει μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (σχ. 199). Ἐὰν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τότε ἕκαστον εὐθύγραμμον τμήμα τοῦ πλαισίου προκαλεῖ ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Οὕτως ἀσθενὲς ρεῦμα δύναται νὰ προκαλέσῃ αἰσθητὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἐπὶ τῆς διατάξεως αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία πολλῶν ὀργάνων μετρήσεων (ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα).

184. Μαγνητικὸν πεδίον 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 περιφέρεια ὁμοκέντρων κύκλων, τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα εἶναι κάθετα ἐπὶ τὸν ἄγωγόν.



Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθύγραμμου ρεύματος

Κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινουμένον 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 στραφῇ δεξιόστροφος κοιλίαις, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος. Ὡστε :

I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθύγραμμου ρεύματος εἶναι περιφέρεια ὁμοκέντρων κύκλων, τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα εἶναι κάθετα ἐπὶ τὸν ἄγωγόν.

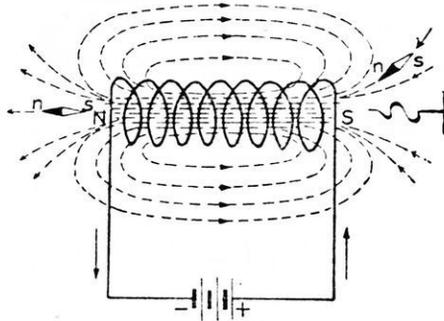
II. Ἡ ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῆς δυναμικῆς γραμμῆς καὶ εἰς ἀπόστασιν a ἀπὸ

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 εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας. Τοιοῦτον σύστημα κυκλικῶν ρευμάτων λαμβάνομεν, ἐὰν περιτυλίξωμεν σύρμα πέριξ ὑαλίνου ἢ ξυλίνου κυλίνδρου. Ἐπὶ ἐνὸς ὁριζοντίου χαρτονίου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς σχηματίζομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα (σχ. 201). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τελείως ὅμοιον μετὰ τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὐθύγραμμου μαγνήτου. Μετὰ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὑρίσκομεν ὅτι τὰ δύο ἅκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελοῦν δύο ἑτερονόμους μαγνητικοὺς 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: Κοιλίας 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 διαρροέμενον 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:

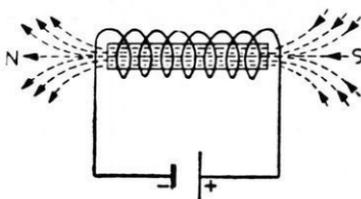
<p>ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου: $H = \frac{4\pi}{10} \cdot n \cdot I$ Gauss</p>
--

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι περίξ οἰοῦδήποτε ἀγωγῶ, διαρροεμένου 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 έντασης I . Τότε εις τὸ ἐσωτερικόν του ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, ἔχον έντασιν H (§ 185). Ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγομεν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος γίνεται μαγνήτης, τοῦ ὁποῖου οἱ πόλοι συμπιπτουν με τοὺς πόλους τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 202). Τὸ σύστημα, τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν τὸ πηνίον καὶ ἡ έντὸς αὐτοῦ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, καλεῖται **ἤλεκτρομαγνήτης**. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι παροδικὴ καὶ διαρκεῖ ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ διέλευσις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ πηνίου. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρίσκειται ὅτι τὸ παραγόμενον μαγνητικὸν πεδίον δὲν ἔχει έντασιν H , ἀλλὰ μίαν πολὺ μεγαλύτεραν έντασιν B , ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγή**:



Σχ. 202. Ήλεκτρομαγνήτης

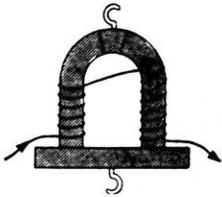
$B = \mu \cdot H$

Ὁ συντελεστὴς μ καλεῖται **μαγνητικὴ διαπερατότης** τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμὰς (μέχρι 4000).

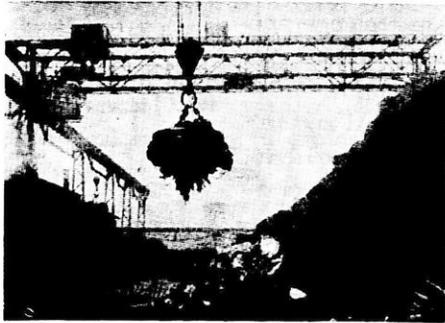
Ἡ τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἐξῆς: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα περίξ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. Ὄταν ὅμως ὁ μαλακὸς σίδηρος εὑρεθῇ έντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα προσανατολιζονται καὶ ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των νέον σωληνοειδές. Οὕτως εἰς τὴν έντασιν H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς προστίθεται ἡ έντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ νέου σωληνοειδοῦς καὶ ἡ συνισταμένη έντασις τῶν δύο μαγνητικῶν πεδίων εἶναι τώρα B . Ἐάν έντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσαχθῇ ράβδος χάλυβος, αὕτη μεταβάλλεται εἰς μόνιμον μαγνήτην, διότι τὰ στοιχειώδη ρεύματα ἐξακολουθοῦν νὰ ἀποτελοῦν σωληνοειδές καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ χάλυβος ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος.

188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἤλεκτρομαγνητῶν. Ἡ παροδικὴ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος εὐρίσκει πολλὰς ἐφαρμογὰς. Εἰς τὸ σχῆμα 203 δεῖκνύεται

πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης, εις δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ηλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιούμενος διὰ τὴν ἀνύψωσιν



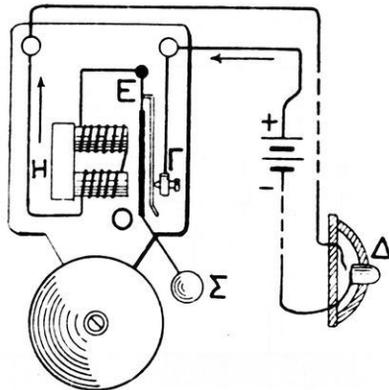
Σχ. 203. Πεταλοειδής
ηλεκτρομαγνήτης



Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου

τεμαχίων σιδήρου. Θὰ ἐξετάσωμεν συντόμως μερικὰς πολὺ συνήθεις ἐφαρμογὰς τῶν ηλεκτρομαγνητῶν.

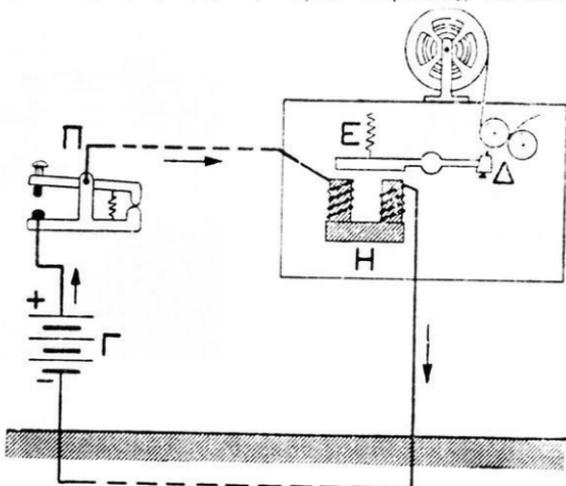
α) **Ἡλεκτρικὸς κώδων.** Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ηλεκτρομαγνήτην H (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ηλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει ὁ ὀπλισμὸς O ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ ὀπλισμὸς εἶναι στερεωμένος εἰς ἐλατήριον E καὶ εἰς τὸ ἄκρον του φέρει σφύραν Σ . Ὅταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην, κλείομεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου καὶ ὁ ὀπλισμὸς του ἔλκεται. Τότε ὁμοῦς ἐπέρχεται διάκοπὴ τοῦ κυκλώματος εἰς τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ ὀπλισμὸς ἐπαναφέρεται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου E . Τὸ κύκλωμα πάλιν κλείεται καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια. Εἰς ἐκάστην ἔλξιν τοῦ ὀπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἓν κτύπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.



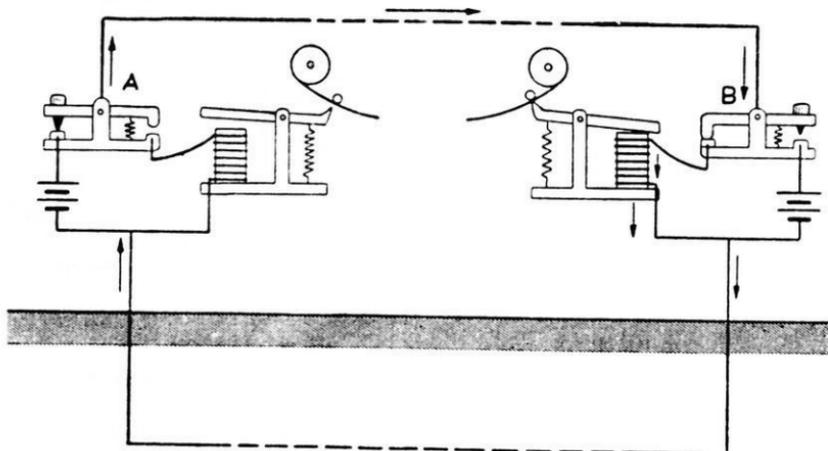
Σχ. 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων

β) **Μορσικὸς τηλεγράφος.** Ἡ λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἐξῆς ἀρχὴν : Ἐκ τοῦ ἑνὸς τόπου στέλλονται εἰς

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ἢ μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὅποια διέρχονται δι' ἑνὸς ηλεκτρομαγνήτου ἐφωδιασμένου με εὐλαίσθητον ὄπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ἀφιεθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τόπον ὑπάρχει κατάλληλος διακόπτης, ὁ ὅποιος καλεῖται χειριστήριον ἢ πομπὸς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὅποιος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίδας. Ἐάν ὁ μοχλὸς ἀφεθῆ ἐλεύθερος, ἐν



Σχ. 206. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (μονόπλευρος ἐγκατάστασις)

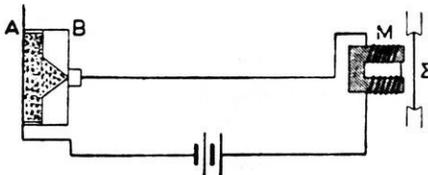


Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις)

ἐλατήριον τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὕτως εἶναι ηλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὅποιον

φθάνει τὸ ρεῦμα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. Ὁ ὄπλισμός τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου εἶναι στερεωμένος εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ. Ὄταν ἔλκεται ὁ ὄπλισμός, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὀμαλῶς ἐκτυλισσομένην ταινίαν χάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόγγου διαποτισμένου μὲ μελάνην. Ἐπὶ τῆς ταινίας καταγράφονται τότε γραμμαὶ διαφόρου μήκους ἀναλόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον 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 ὁποῖα ἐπιτρέπουν πολὺ ταχύτεραν μεταβίβασιν.

γ) **Τηλέφωνον.** Εἰς τὸ τηλέφωνον ὡς πομπὸς χρησιμοποιεῖται τὸ **μικρόφωνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας πλάκας ἄνθρακος Α καὶ Β (σχ. 208). Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν παρεμβάλλονται σφαιρίδια ἄνθρακος. Ὄταν ὀμιλοῦμεν ἔμπροσθεν τῆς πλακῆς Α, τότε τὰ σφαιρίδια τοῦ ἄνθρακος μετακινοῦνται. Ἡ ἀστραθὴς ἐπαφῆ τῶν μεταξὺ τῶν πλακῶν Α καὶ Β ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντιστάσεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὐταὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν πρὸ τῆς πλακῆς Α τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ἦχον. Ὡς δέκτης χρησιμοποιεῖται τὸ **ἀκουστικόν**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ ὁποῖοῦ τὰ ἄκρα περιβάλλονται ἀπὸ δύο πηνία. Διὰ τῶν πηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εὐρίσκεται λεπτὴ πλάξ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὁποία δύναται νὰ πάλ्लεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκαλοῦν ἀντιστοιχοῦς μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μόνιμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἔλξις, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλακῆς τοῦ σιδή-



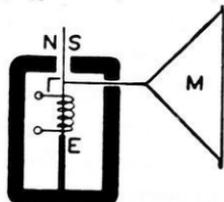
Σχ. 208. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου

ρου, ύφίσταται αντίστοιχους μεταβολάς και 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 ὑ τ ὄ - μ α τ ο ἰ ἐ π ι λ ο γ ε ῖ ς). Μὲ τὸ τηλέφωνον ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβίβασις τοῦ ἤχου εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὕτῃ 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-

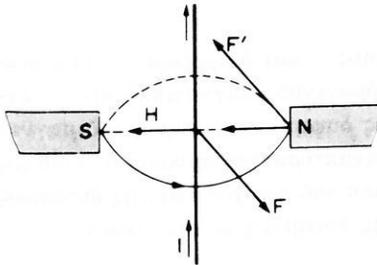


Σχ. 209. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ μεγὰφώνου

ἠλεκτρομαγνήτου, ὑφίσταται ταχείας μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ἡ γλωσσὶς πάλλεται καὶ μετ' αὐτῆς πάλλεται ἡ κωνικὴ μεμβράνη *M*, ἡ ὁποία, ἕνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας τῆς, παράγει ἤχον μεγάλης ἐντάσεως.

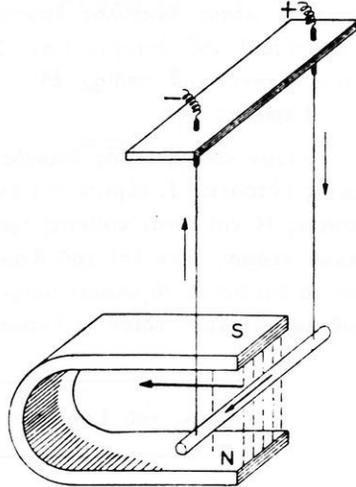
189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος. Κατὰ κόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως *I* (σχ. 210). Ὁ ἀγωγὸς εὔρισκεται ἐντὸς ὀριζοντίου ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως *H*. Τὸ μαγνητικὸν πεδίου τοῦ ρεύματος ἐξασκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ

μαγνητικού πόλου N μίαν δύναμιν F' , ή οποία είναι όριζοντία. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ὁ μαγνητικὸς πόλος N ἀσχεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος, μίαν ἀν-



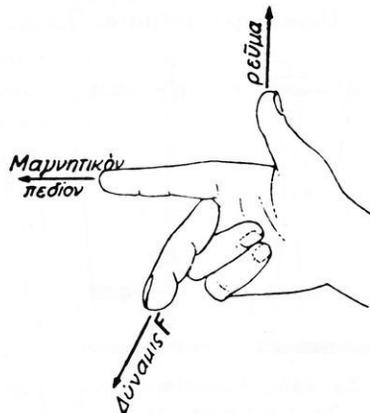
Σχ. 210. Ἡ F' εἶναι ἡ δράσις τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ πόλου N, ἡ δὲ F εἶναι ἡ ἀντίδρασις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος

τίδρασιν F ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν F' . Ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται λοιπὸν μία δύναμις F , ἡ οποία εἶναι όριζοντία, δηλαδὴ καθετός πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὅποιον όρίζουν ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὴν τοιαύτην ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς, ἐάν ὁ ἀγωγὸς εἶναι κινητὸς (σχ. 211). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ὁ ἀγωγὸς μετακινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μιᾶς δυνάμεως. Ἡ φορά τῆς κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς ἡ φορά τῆς δυνάμεως F προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον ἐμπειρικὸν κανόνα τῶν τριῶν δακτύλων: Τείνομεν τοὺς τρεῖς πρῶτους δακτύλους τῆς δεξιᾶς χειρὸς οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουμ μεταξὺ των ὀρθὰς γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φοράν



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπίδρασεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος

ἡ διεύθυνσις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ



Σχ. 212. Εὐρέσις τῆς φοράς τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F (δεξιᾶ χειρ)

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 :

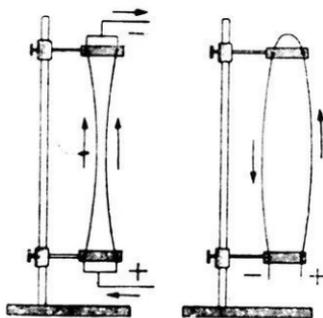
Ὄταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους l , καὶ διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I , εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις F κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἢ ἐντασις τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι :

$$\text{νόμος τοῦ Laplace : } F = \frac{l}{10} \cdot l \cdot H \cdot I \text{ dyn}$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α . Ἐὰν εἶναι $l = 10 \text{ cm}$, $I = 4 \text{ Ampère}$ καὶ $H = 2000 \text{ Gauss}$ τότε εἶναι :

$$F = \frac{4 \cdot 2000 \cdot 10}{10} = 8000 \text{ dyn}$$

Παράλληλα ρεύματα. Ἐκτελοῦμεν τὸ ἐξῆς πείραμα : Διὰ δύο κατα-

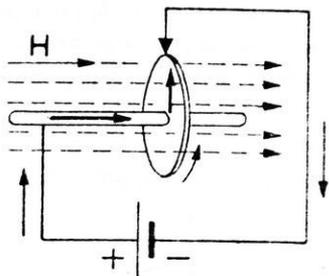


Σχ. 213. Ἀμοιβαῖαι δράσεις παραλλήλων ρευμάτων

κορῦφων ἀγωγῶν διαβιβάζομεν ρεῦμα 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 περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ρεύματος.

190. Ἡλεκτρικὸς κινητῆρ. Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὁποῖος δύναται νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ὁ εἰς πόλος τῆς

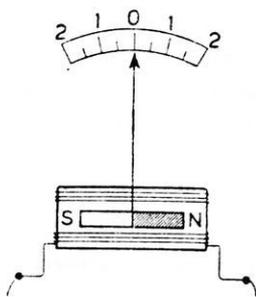
γεννητριάς, συνδέεται με τὸν ἄξονα τοῦ δίσκου, ὁ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται με ἕλασμα, τὸ ὁποῖον ἐφάπτεται τῆς περιφερείας τοῦ δίσκου. Ὁ δίσκος εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ χάλκινος δίσκος ἀποκτᾷ περιστροφικὴν κίνησιν. Αὕτη ὑφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐπὶ τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διατρέχει τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου, ἐνεργεῖ συνεχῶς μία δύναμις, ἣ 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 ἐρμηγεύει τὴν λειτουργίαν τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων.



Σχ. 214. Ἀρχὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ κινητήρος

191. Ὅργανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων. Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἠλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὄργανα. Ἡ λειτουργία τούτων στηρίζεται κυρίως εἰς τὰ θερμικὰ ἢ τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ρεύματος. Τὰ **γαλβανόμετρα** ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν μαγνήτην εὐρισκόμενον ἐντὸς πλαισίου διαρρομένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 215). Τὸ γαλβανόμετρον χρησιμεύει διὰ νὰ δείξῃ, ἂν ὑπάρχῃ ρεῦμα καὶ ποία εἶναι ἡ φορά τοῦ ρεύματος. Ὅμοία εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν **ἀμπερομέτρων**, με τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαιρέσεις εἰς Ampère.

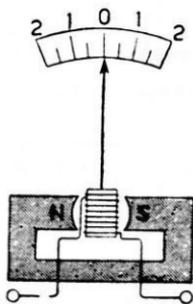
Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρά, διότι τὰ ὄργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιῶν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ **βολτόμετρα** λειτουργοῦν ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα με τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων



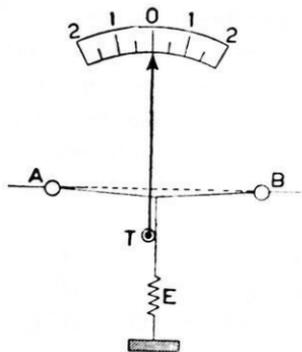
Σχ. 215. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου με κινητὸν μαγνήτην

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 δυνατόν 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 τείνεται ἀπὸ τὸ ἐλατήριο E καὶ ἡ τροχαλία T, ἐπὶ τῆς ὁποίας στερεώνεται ὁ δείκτης στρέφεται.)

(σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὄργανα μετρήσεως ἐπιτυγχάνεται μετακινήσεις τοῦ δείκτη ἐνώπιον βαθμολογημένου τόξου ἐξ αἰτίας τῆς διαστολῆς, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 217).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

141. Ρεῦμα ἐντάσεως 30 A διαρρέει εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ ;

142. Πηνίον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάζομεν ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ;

143. Πηνίον φέρει 10 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους. Πόσῃ ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχη τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαβιβάζωμεν 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 ἔντασις 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 ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ; Τί συμβαίνει, ἐὰν ἐντὸς τοῦ πηνίου εἰσαχθῇ ράβδος μαλακοῦ σιδήρου ἔχουσα μαγνητικὴν διαπερατότητα $\mu = 4000$;

146. Πηνίον φέρει 20 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ ὁ ἄξων του εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ὑπάρχει μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως. Ὅταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, ἡ βελόνη ἐκτρέπεται κατὰ 45° . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἐὰν ἡ ὀριζοντίαι συνιστώσα τοῦ γηίνου 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 ηλεκτρομαγνητικὴ δύναμις ;

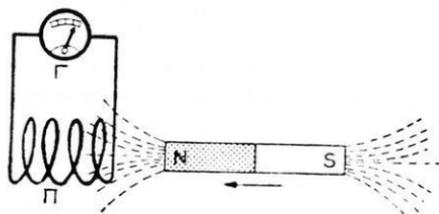
148. Δύο εὐθύγραμμα σύρματα μήκους 50 cm εἶναι παράλληλα καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ηλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἐκάστου σύρματος, ἕνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος ;

Ε Π Α Γ Ω Γ Ι Κ Α Ρ Ε Υ Μ Α Τ Α

192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου. Ὁ Faraday ἀντιστρέφων τὸ ζήτημα ἐπέζητησε 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 ἑνὸς 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 γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου του νὰ διέρχωνται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα πολὺ μικρᾶς διαρκείας. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τὸ πηνίον, παρατηροῦμεν πάλιν

μικρῆς διάρκειας ρεύμα, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ προηγουμένως παραχθέν ρεύμα. Τὰ οὗτω παραγόμενα ρεύματα, καλοῦνται

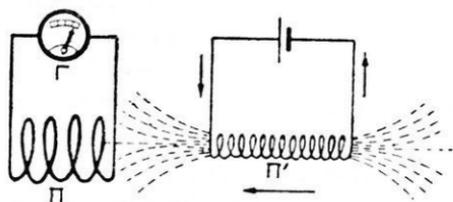


Σχ. 218. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος
κῆς ροῆς εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.
"Ὡστε :

"Ὄταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται δι' ἐνὸς ἄγωγου, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἄγωγου ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διαρκοῦν, ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. Ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου Π (σχ. 218), δύναται νὰ μεταβληθῇ κατὰ τοὺς ἐξῆς τρόπους :

α) Πλησιάζομεν εἰς τὸ πηνίον Π ἢ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ αὐτοῦ ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην (σχ. 218) ἢ ἐν ἄλλῳ πηνίον Π', τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 219). Τὸ πηνίον Π' συμπεριφέρεται, ὅπως ὁ εὐθύγραμμος μαγνήτης. Καὶ ἐν ταῖς δύο περιπτώσεσι ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεύμα.



Σχ. 219. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος
(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-

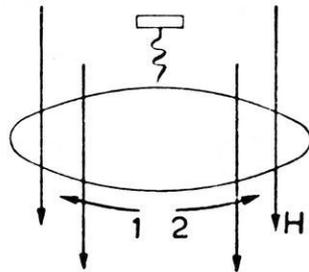
ταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὁποίου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτειν ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμον μαγνήτην ἤ τὸ πηνίον Π' τὸ διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πηνίον Π, προκαλεῖται μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ παράγεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος. Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος καθορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Lenz**:

Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τοιαύτην φορὰν, ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦτο νὰ ἀντιδρῇ εἰς τὴν αἰτία, ἢ ὅποια τὸ παράγει.

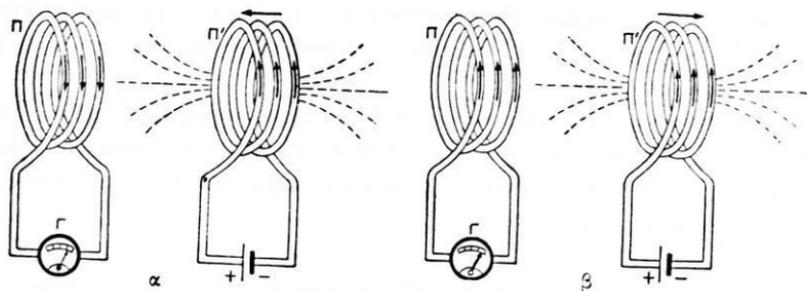
Ὄταν λοιπὸν πλησιάζωμεν εἰς τὸ πηνίον Π (σχ. 218) τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἔχει τοιαύτην φορὰν, ὥστε εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργηθῆται βόρειος πόλος. Οὗτος ἀπωθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομακρύνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὐκολον εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μνημονικὸν κανόνα τοῦ Maxwell: Θεωροῦμεν κοχλίαν το-



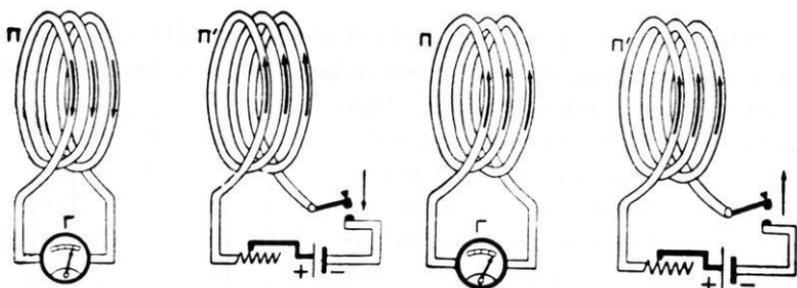
Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος

τοποθετημένον παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 220). Ὄταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐλάττωνεται τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τὴν φορὰν, κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας διὰ νὰ προχωρήσῃ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 1). Ὄταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἀύξάνεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα 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 αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ἀντίτροπον

Σχ. 223. Κατὰ τὴν διακοπὴν ἢ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ὁμότροπον

(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 ὁποῖα ἔχει ἢλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ἐὰς θεωρήσωμεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἀπὸ πηνίου 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 **επαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις**. Το πείραμα και ή θεωρία αποδεικνύουν ότι :

‘Η **επαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις (E)** είναι ανάλογος προς την μεταβολήν ($\Delta\Phi$) τής μαγνητικής ροής και αντίστροφως ανάλογος προς τόν χρόνον (t), εντός του οποίου συμβαίνει ή μεταβολή αΰτη.

επαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις :	$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t} \text{ Volt}$
---	--

‘Η μεταβολή $\Delta\Phi$ τής μαγνητικής ροής μετρεΐται εις Maxwell (§ 128) και ό χρόνος t εις δευτερόλεπτα.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Πηνίον αποτελείται από 100 σπειρας, διμέτρου 10 cm και εύρσκεται εντός όμογενοϋς μαγνητικού πεδίου εντάσεως 50 Gauss. Αι σπείραι του πηνίου είναι κάθετοι προς τάς δυναμικάς γραμμάς του μαγνητικού πεδίου. ‘Εντός 0,1 sec τό πεδίον καταργεΐται. Πόση είναι ή αναπτυσσομένη εντός του πηνίου **επαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις** ;

‘Η **όλική μαγνητική ροή**, ή οποία διέρχεται διά τών 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. “Αρα είναι :

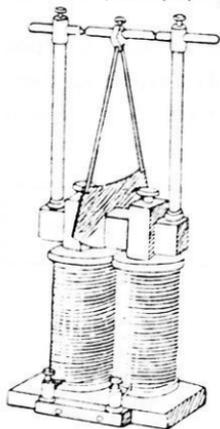
$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\ 500 \text{ Mx}}{0,1 \text{ sec}} = 0,03925 \text{ Volt}$$

‘Εάν ή ίδια μεταβολή τής μαγνητικής ροής συμβή εντός 0,001 sec, τότε είναι :

$$E = 3,925 \text{ Volt}$$

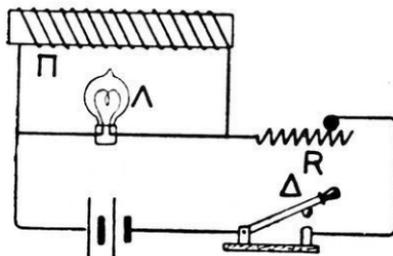
196. Ρεύματα Foucault. “Όταν μία μεταλλική μάζα μετακινηται εντός μαγνητικού πεδίου, αναπτύσσονται εντός αΰτης **επαγωγικά ρεύματα**, τά όποια διατρέχουν εντός τής μεταλλικής μάζης κλειστάς τροχιάς. Τά ρεύματα αΰτα καλοϋνται **ρεύματα Foucault** και προκαλοϋν ισχυράν θέρμανσιν τής μεταλλικής μάζης. Τά ρεύματα Foucault, συμφώνως προς τόν νόμον του Lenz, αντιτίθενται εις την μεταβολήν τής μαγνητικής ροής, δηλαδή αντιτίθενται εις την μετακίνησιν τής μεταλλικής μάζης. Οΰτω τά ρεύματα Foucault ένεργοϋν επί τής κινουμένης μεταλλικής μάζης ως τροχοπέδη (φρένο). Τοϋτο καταφαίνεται εις τό έξής πείραμα. Μεταξύ τών πόλων ισχυροϋ ηλεκτρομαγνή-

του δύναται νά αιώρηται παχέια μεταλλική πλάξ (σχ. 224). "Όταν διά τοῦ ηλεκτρομαγνήτου δέν διέρχεται ρεύμα, αἱ αιώρήσεις τῆς πλάκῃς διαρκοῦν 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 βραδεῖα καὶ ταχέως ἡ πλάξ ἐπανάρχεται εἰς τὴν ἡρεμίαν. Τὰ ρεύματα Foucault χρησιμοποιοῦνται ὡς τροχοπέδη εἰς πολλὰ ὄργανα μετρήσεων διὰ τὴν ταχεῖαν 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 περὶ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Οὕτω διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος. "Όταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος καὶ ἐπομένως μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀγωγοῦ. "Ὡστε, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον διαρρέει ἀγωγόν, ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ρεύματα αὐτεπαγωγῆς**.



Σχ. 225. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ

ὥστε ὁ λαμπτήρ μόλις νά φωτοβολῇ. Διακόπτομεν ἀποτόμως τὸ ρεύμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἰσχυρῶς διὰ μίαν μόνον στιγμὴν. Ἡ διακοπὴ τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον μεταβολὴν τῆς

μαγνητικής ροής, ή όποία διέρχεται διά του πηνίου. Ούτως αναπτύσσεται έντός του πηνίου ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής, ή όποία δημιουργεί τό ρεύμα αύτεπαγωγής. Συμφώνως πρός τόν νόμον του Lenz, αΰξησις τής έντάσεως του ρεύματος δημιουργεί ρεύμα αύτεπαγωγής αντίρροπον και αντίθέτως ελάττωσις τής έντάσεως του ρεύματος δημιουργεί ρεύμα αύτεπαγωγής όμόρροπον. Τό πείραμα και ή θεωρία άποδεικνύουν ότι :

Ή ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής (E) είναι ανάλογος πρός τήν μεταβολήν (ΔI) τής έντάσεως του ρεύματος και αντίστροφως ανάλογος πρός τόν χρόνον (t), έντός του όποιου συμβαίνει ή μεταβολή αύτη.

<p>ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής : $E = L \cdot \frac{\Delta I}{t}$ Volt</p>

όπου L είναι ό συντελεστής αύτεπαγωγής του άγωγού και ό όποιος έξαρτάται από τήν μορφήν και τό μέγεθος του άγωγού. Έάν εις τήν άνωτέρω σχέσιν θέσωμεν ΔI = 1 Ampère, t = 1 sec και E = 1 Volt, εύρίσκομεν L = 1. Ή μονάς συντελεστού αύτεπαγωγής καλεΐται Henry (1 H) και όρίζεται ώς εξής :

Άγωγός έχει συντελεστήν αύτεπαγωγής 1 Henry όταν, μεταβαλλομένης τής έντάσεως του ρεύματος κατά 1 Ampère έντός 1 δευτερολέπτου αναπτύσσεται επί του άγωγού ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής ίση με 1 Volt.

Παράδειγμα. Πηνίον έχει συντελεστήν αύτεπαγωγής L = 0,2 Henry και διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως I = 10 Ampère. Έντός χρόνου t = 0,01 sec τό ρεύμα διακόπτεται. Έντός του πηνίου αναπτύσσεται τότε ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής :

$$E = 0,2 \text{ H} \cdot \frac{10 \text{ A}}{0,01 \text{ sec}} = 200 \text{ Volt}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

149. Πλαίσιον φέρει 100 σπείρας και έχει επιφάνειαν 1 m². Τό επίπεδον του πλαισίου είναι κάθετον πρός τό επίπεδον του μαγνητικού μεσημβριού. Τό σύρμα του πλαισίου έχει αντίστασιν 2 Ω και συνδέεται με γαλβανόμετρον αντίστάσεως 8 Ω. Τό πλάσιον στρέφεται περί κατακόρυφον άξονα κατά 90°. Πόσον είναι τό

ἀναπτυσσόμενον ἐξ ἐπαγωγῆς ἠλεκτρικὸν φορτίον ; Ὅριζοντία 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 οὕτως, ὥστε ὁ
ἄξων του νὰ συμπίπτῃ μὲ μίαν δυναμικὴν γραμμὴν. Στρέφωμεν τὸ πηνίον κατὰ 90°
ἐντὸς 0,1 sec, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ γίνουν παράλληλοι πρὸς τὰς δυναμικὰς
γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

151. Πηνίον Α μήκους 50 cm φέρει 500 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος
ἐντάσεως 10 A. Εἰς τὸ μέσον τοῦ πηνίου Α ὑπάρχει μικρὸν πηνίον Β, τὸ ὁποῖον
ἔχει διάμετρον 4 cm καὶ φέρει 1000 σπείρας. Οἱ ἄξονες τῶν δύο πηνίων συμπίπτουν.
Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Α ἐντὸς 0,01 sec. Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ πη-
νίου Β ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

152. Πηνίον φέρει 1000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν 20 cm².
Τὸ πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 3 Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως 7 Ω.
Τὸ πηνίον εὑρίσκεται μεταξύ τῶν πόλων ἠλεκτρομαγνήτου καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν
σπειρῶν εἶναι κάθετα πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐξά-
γομεν ταχέως τὸ πηνίον ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅποτε εὑρίσκομεν ὅτι διὰ τοῦ
γαλβανομέτρου διήλθεν ἠλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Cb. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ;

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρέει πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς
0,2 H. Ἐντὸς 0,04 sec ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται εἰς 3 A. Πόση εἶναι ἡ
ἀναπτυσσομένη ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

154. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,05 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύ-
ματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς
0,1 sec, διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς 2 Volt ;

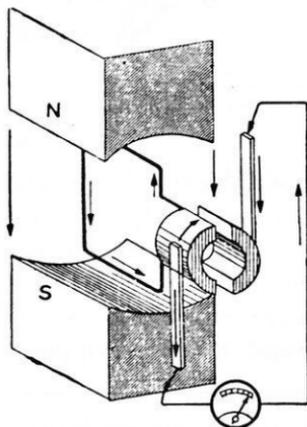
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

198. Ἠλεκτρικαὶ μηχαναί. Καλοῦνται γενικῶς ἠλεκτρικαὶ
μηχαναὶ αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναί, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν **μηχα-
νικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως. Αἱ γεν-
νήτρια** ἐκτελοῦν τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἠλε-
κτρικὴν, οἱ δὲ **κινητήρες** μετατρέπουν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς
μηχανικὴν ἐνέργειαν. Αἱ ἠλεκτρικαὶ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος,
(§ 154) ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἐξῆς κύρια μέρη : τὸν **ἐπαγωγέα**,
τὸν **ἐπαγωγίμον** καὶ τὸν **συλλέκτην**.

Ὁ ἐπαγωγέυς εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης, μεταξύ τῶν πόλων
τοῦ ὁποίου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ ἐπαγω-
γίμον ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον στρέφεται ἐντὸς τοῦ
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, διὰ νὰ προκαλῆται συνεχῶς μετα-

βολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ συλλέκτης εἶναι κατάλληλον σύστημα, διὰ τοῦ ὁποίου τὰ ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου παραγόμενα ἐπαγωγικὰ ρεύματα μεταβιβάζονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα τῆς καταναλώσεως.

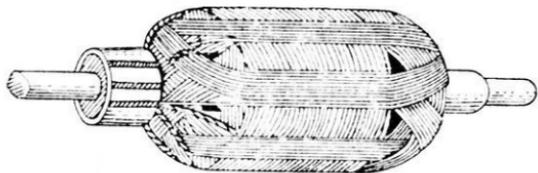
199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος. Ἡ λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἐξῆς ἀρχῆς: "Ἐὰς θεωρήσωμεν ὀρθογώνιον πλαίσιον ἀπὸ γάλκινον σύρμα (σχ. 226). Τὸ πλαίσιον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουσιν εἰς δύο μεμονωμένους ἡμιδακτυλίους (συλλέκτης), οἱ ὁποῖοι εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς καὶ στρέφονται μετ' αὐτοῦ. Ἐκαστος 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 οὐδέτερος γραμμῆ. Ὄταν τὸ πλαίσιον στρέφεται κατὰ 90° , ἢ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται μεταξύ τῆς τιμῆς 0 (τὸ πλαίσιον παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς) καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς Φ (τὸ πλαίσιον κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς).



Σχ. 226. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διοχετεύονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ὡς συνεχῆ ρεῦμα

Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγίμου ρεύματος ἐντὸς τοῦ πλαισίου ἀλλάσσει, ὁσάκις τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως ἡ μία ψήκτρα τοῦ συλλέκτου παύει νὰ ἐφάπτεται τοῦ ἐνὸς ἡμιδακτυλίου καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον τοῦ συλλέκτου. Οὕτω τὸ ρεῦμα ἐξέρχεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ἀπὸ τὴν αὐτὴν πάντοτε ψήκτραν, ἢ ὁποῖα ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, ἐνῶ ἡ ἄλλη ψήκτρα ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Εἰς

τὴν προῆξιν, 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). Οὕτως χρησιμεύει διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (§ 187) καὶ συνεπῶς διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητρίως τροφοδοτεῖται μὲ μέρος τοῦ ρεύματος,



Σχ. 227. Ἐπαγωγόμεν τομπάνου, εἰς τὸ ὅποῖον τὰ σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου.

τὸ ὅποῖον παράγει ἡ γεννήτρια. Ἡ γεννήτρια ἀρχίζει νὰ λειτουργῇ, μόλις τεθῆ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἐπαγωγόμενον, διότι ὁ μαλακὸς σίδηρος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου διατηρεῖ πάντοτε μίαν μικρὰν μαγνητισιν, ἱκανὴν νὰ προκαλέσῃ τὴν διέγερσιν τῆς μηχανῆς (αὐτὸ εἰς ἐγερσιν τῆς μηχανῆς).

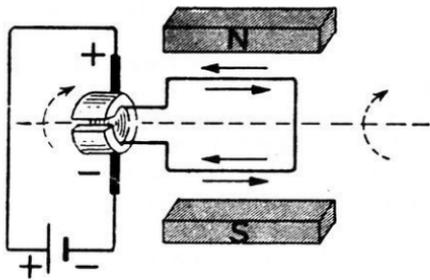
Ἐάν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγωγόμενον φέρῃ N εὐθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι ν , τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις E τῆς γεννητρίως εἶναι :

$$\text{ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητρίως: } E = \frac{1}{10^8} \cdot N \cdot \nu \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου Φ εἶναι ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται δι' ὁλοκλήρου τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75% ἕως 98%.

200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος. Ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ἡ μία ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίως συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ἄλλη ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίως. Τότε τὸ πλαίσιον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἐκάστης πλευρᾶς τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεύγος δυνάμεων, τὸ ὅποῖον στρέφει τὸ πλαίσιον, ἕως ἔτου τοῦτο

γίνη κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε ὅμως ἀλλάσσει ἡ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν μὲ τοὺς ἡμιδακτυλίους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζεύγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον συνεχίζει τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ κινητῆρες οὗτοι εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι μὲ τὰς γεννήτριαι. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἠλεκτροκινητῶν ἀνέρχεται εἰς 70% ἕως 98%.



Σχ. 228. Ἀρχὴ τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος

201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος. Ἐστω ὅτι μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως $I = 20$ Ampère ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000$ Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως μὲ γραμμὴν ἔχουσαν ἀντίστασιν $R = 300$ Ohm. Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς κύκλωμα ἰσχύον $P = U \cdot I$ ἤτοι $P = 200\,000$ Watt. Ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἰσχύς $P' = I^2 \cdot R$, ἤτοι χάνονται $P' = 120\,000$ Watt. Ἄρα εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἴση μὲ $80\,000$ Watt. Ἐστω τώρα ὅτι ἡ γεννήτρια παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως $I = 2$ Ampère ὑπὸ τάσιν $U = 100\,000$ Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται πάλιν διὰ τῆς ἰδίας γραμμῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύον $P = 200\,000$ Watt, ὅσην παρείχεν 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 μὲ $198\,800$ Watt. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου καταφαίνεται ὅτι, διὰ νὰ μεταφερθῇ τὸ ρεῦμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, πρέπει τὸ ρεῦμα νὰ ἔχη μὲ γάλην τάσιν καὶ μικρὰν ἔντασιν. Ἄλλ' αἱ γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος δὲν δύναται νὰ μᾶς δώσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μεγάλας τάσεις. Οὕτω τὰ συνεχῆ ρεῦμα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ μεταφερθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, διότι δημιουργεῖ τεραστίαν ἀπώλειαν ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

155. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 300 Volt, εσωτερικήν αντίστασιν 0,5 Ω και ταχύτητα περιστροφής 1500 στροφάς κατά λεπτόν. Ἡ γεννήτρια αὕτη συνδέεται με ἄλλην ὅμοιαν μηχανήν, ἣ ὅποια λειτουργεῖ ὡς κινητήρ, ὁ ὁποῖος ἐκτελεῖ 1200 στροφάς κατά λεπτόν. Οἱ ἄγωγοί τῆς συνδέσεως τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν ἀντίστασιν 4 Ω. 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 1 Ω. Πόση εἶναι ἡ μεγίστη δυνατὴ ἰσχύς, τὴν ὅποιαν δύναται νὰ προσφέρῃ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ἡ γεννήτρια αὕτη ; Πόση εἶναι τότε ἡ ἀπόδοσις τῆς γεννητρίας ;

157. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος ἔχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 120 Volt, καὶ εσωτερικήν ἀντίστασιν 1 Ω. Ἡ γεννήτρια τροφοδοτεῖ λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦντας ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Ἐκάστος λαμπτήρ, ὅταν λειτουργῇ κανονικῶς, ἔχει ἀντίστασιν 440 Ω. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ ἡ γεννήτρια ;

158. Γεννήτρια ἔχει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt καὶ στέλλει ρεῦμα ἐντάσεως 100 A εἰς κινητήρα εὐρισκόμενον μακρὰν τῆς γεννητρίας. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἂν θέλωμεν νὰ χρησιμοποιῆ ὁ κινητήρ τὰ 0,90 τῆς ἰσχύος, τὴν ὅποιαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ; Πόση εἶναι τότε ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τοῦ κινητήρος ;

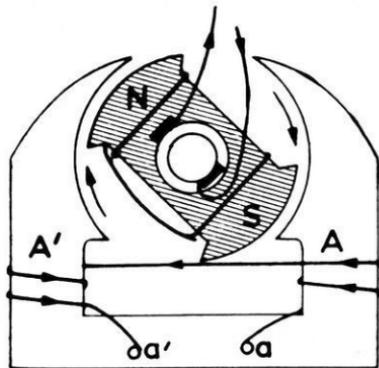
159. Δύο δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστάσεις $r_A = 30 \Omega$ καὶ $r_B = 15 \Omega$, συνδέονται δὲ μεταξύ των με ἄγωγους, οἱ ὅποιοι ἔχουν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$. Ἡ A λειτουργεῖ ὡς γεννήτρια καὶ εἰς τοὺς πόλους τῆς ἡ τάσις εἶναι 120 Volt, ἡ δὲ B λειτουργεῖ ὡς κινητήρ καὶ εἰς τοὺς πόλους τῆς ἡ τάσις εἶναι 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς A καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς B ;

160. Μία ὕδατόπταισις παρέχει ἰσχὴν 600 kW εἰς γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 90%. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως με ἄγωγους ἔχοντας ἀντίστασιν 300 Ω. Πόση εἶναι ἡ βιομηχανικὴ ἀπόδοσις τῆς ἐγκαταστάσεως, ὅταν ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας εἶναι 20 000 Volt καὶ ὅταν εἶναι 100 000 Volt ;

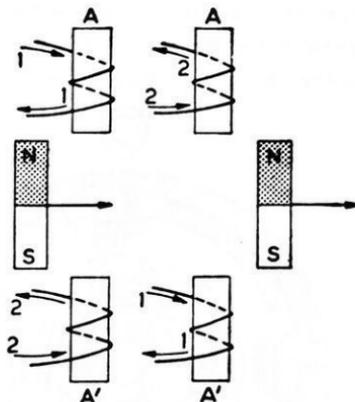
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

202. Ἐναλλακτῆρες. Σήμερον, ἀντὶ τοῦ συνεχούς ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἔχει πάντοτε τὴν ἰδίαν φοράν, χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ φορά ἐναλλάσσεται περιοδι-

κῶς. Αἱ γεννήτριαι, αἱ ὁποῖαι παράγουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, καλοῦνται εἰδικώτερον **ἐναλλακτῆρες**. Εἰς τούτους ὁ **ἐπαγωγεὺς** εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ ἄξονα (σχ.

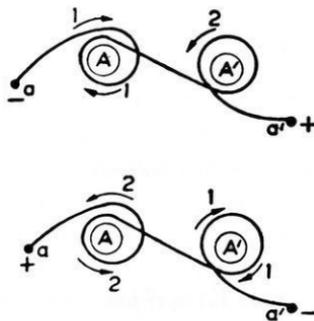


Σχ. 229. Σχηματικὴ παράστασις ἐναλλακτῆρος



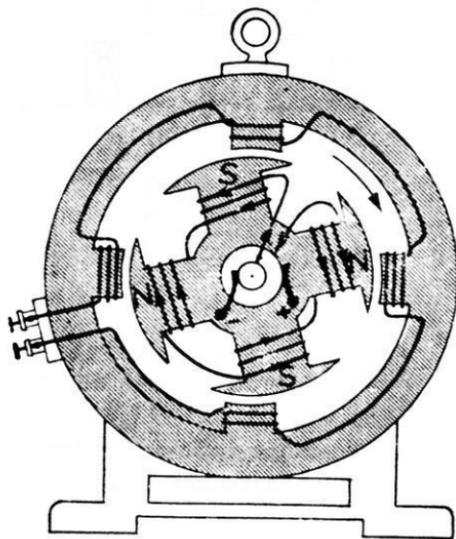
Σχ. 230. Τὰ ρεύματα ἐντὸς τῶν πηνίων A καὶ A' ἔχουν πάντοτε ἀντίθετον φοράν.

229). Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παράγει γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος. Τὸ **ἐπαγωγίμον** εἶναι ἀκίνητον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία A καὶ A', τὰ ὁποῖα φέρουν κοινὸν πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον. Τὸ σύρμα εἰς τὰ δύο πηνία εἶναι τυλιγμένον κατ' ἀντίθετον φοράν, τὰ δὲ δύο ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ σύρματος καταλήγουν εἰς τοὺς ἀκροδέκτας α καὶ α'. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὰ δύο πηνία. Ἐστω ὅτι εἰς μίαν στιγμὴν ὁ βόρειος πόλος N τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου πλησιάζει πρὸς τὸ πηνίον A. Τότε ἐντὸς τοῦ πηνίου A (σχ. 230) παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχον τὴν φοράν 1. Μετ' ὀλίγον ὁ βόρειος πόλος N ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ πηνίον A καὶ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου



Σχ. 231. Εἰς ἐκάστην στιγμὴν τὰ δύο ἀντίθετα 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 κύλιγμα τοῦ σύρματος εἰς τὰ δύο πηνία ἔχει γίνει ἀντιθέτως, διὰ τοῦτο τὰ δύο αὐτὰ ἀντίθετα ἐπαγωγικὰ ρεύματα προστίθενται εἰς ἐκάστην στιγμήν (σχ. 231). Οὕτως οἱ ἀκροδέκται α καὶ α' γίνονται περιεδικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητρίδας. Ἐὰν δὲ συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μετὰ ἓνα ἐξωτερικὸν ἄγωγόν, οὗτος θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα ἐναλλασσομένης περιεδικῶς φοράς καὶ τὸ ὅποιον διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐναλλασσόμενον ρεύμα**. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὁ ἐπαγωγεὺς ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, τὰ ὅποια περιστρέφονται ἔμπροσθεν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πηνίων τούτων εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέως (σχ. 232). Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου φέρουν πυρῆνας ἀπὸ μαλακῶν σιδηρῶν,

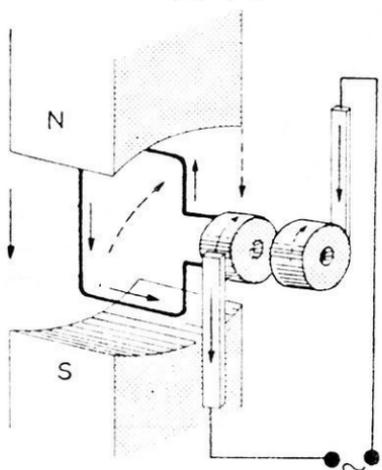


Σχ. 232. Μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ

οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν ὀγκώδη σιδηρῶν μάζαν. Οἱ ἀνωτέρω ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **μονοφασικοί**, τὸ δὲ παραγόμενον ὑπ' αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεύμα καλεῖται **μονοφασικόν**. Ἡ συχνότης τῶν παραγομένων σήμερον ἐναλλασσομένων ρευμάτων ποικίλει ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν (ἀπὸ 20 Hz ἕως 1 000 000 Hz).

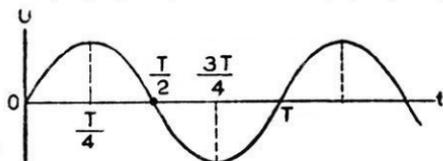
203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ὁ κινητῆρ συνεχῶς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητῆρ μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγίμου εἰς τὸν κινητῆρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότερον ὅμως χρησιμοποιούμενοι σήμερον κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος 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

πλασίου μαγνητική ροή μεταβάλλεται συνεχώς. Ούτως εις τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τάσις, ἡ ὁποία μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσει τοῦ χρόνου (σχ. 234). Κατὰ τὰς χρονικὰς στιγμὰς $\frac{T}{4}$ καὶ $\frac{3T}{4}$ ἡ τάσις λαμβάνει τὴν μεγίστην ἀπόλυτον τιμὴν τῆς U_0



Σχ. 234. Η τάσις εις τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς

ἡ ὁποία καλεῖται **πλάτος τῆς τάσεως** (ἢ **μεγίστη τάσις**). Ἡ στιγμιαία τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \eta \quad U = U_0 \cdot \eta\mu 2\pi\nu t$$

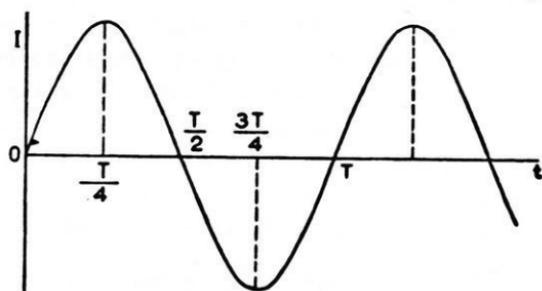
Ἐὰν καλέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$, τότε ἡ στιγμιαία τάσις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\text{στιγμιαία τάσις:} \quad U = U_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Τὸ ω καλεῖται **κυκλικὴ συχνότης** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ φανεροῦναι πόσαι περίοδοι ἀντιστοιχοῦν εἰς 2π δευτερόλεπτα.

Εἰς τοὺς πόλους τοῦ ἐναλλακτῆρος ἀναπτύσσεται ὁμοίως ἐναλλασσομένη τάσις. Ὁ ἐξωτερικὸς ἀγωγός, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τοῦ

έναλλακτῆρας, διαρρέεται τότε από έναλλασσόμενον ρεύμα. Ἡ έντα-



Σχ. 235. Ἡ έντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς

σις τοῦ ρεύματος τούτου μεταβάλλεται ἐπίσης ἡμιτονοειδῶς συναρτῆσει τοῦ χρόνου (σχ. 235) καὶ ἡ στιγμιαία τιμὴ I τῆς έντάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi\nu t$$

ὅπου I_0 εἶναι ἡ μεγίστη ἀπόλυτος τιμὴ τῆς έντάσεως καὶ ἡ ὁποία καλεῖται **πλάτος τῆς έντάσεως** (ἡ **μεγίστη έντασις**). Ἐάν θέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$, τότε ἡ στιγμιαία έντασις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\text{στιγμιαία έντασις :} \quad I = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Ἡ τάσις καὶ ἡ έντασις τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς συναρτῆσει 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 έντάσεως $I_0 = 12$ 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. Ἐς θεωρήσωμεν ἓνα ἀγωγὸν ἔχοντα ἀντίστασιν R καὶ ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα. Ἐντὸς μιᾶς περιόδου T ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται συνεχῶς. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα, διερχόμενον διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ χρόνον t , ἀναπτύσσει ἐπ' αὐτοῦ ὠρισμὲνην ποσότητα θερμότητος. Καλεῖται **ἐνεργὸς ἔντασις** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ ἔντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέον τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον παράγει τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος, τὴν ὅποιαν παράγει καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα. Ἀποδεικνύεται ὅτι :

Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις (I_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς ἐντάσεως (I_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$I_{ev} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad I_{ev} = 0,707 \cdot I_0$$

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, τὸν ὅποιον διαρρέει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεύμα, ὑπάρχει μία ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένη τάσις. Καλεῖται **ἐνεργὸς τάσις** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ τάσις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ὁποία ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ προκαλεῖ συνεχῆ ρεύμα ἔχον ἔντασιν ἴσην μὲ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εὐρίσκεται δὲ ὅτι :

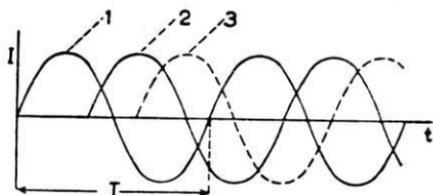
Ἡ ἐνεργὸς τάσις (U_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως (U_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$U_{ev} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad U_{ev} = 0,707 \cdot U_0$$

Ἡ ἐνεργὸς ἐντάσις 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 ἀντεπαγωγὴν ἐφαρμόζεται ἐνεργὸς τάσις $U_{εν}$. Τότε ἰσχύει ὁ νόμος τοῦ Ohm : $U_{εν} = I_{εν} \cdot R$. Ἡ δὲ ἰσχύς τοῦ ἐναλλάσσοντος ρεύματος εἶναι : $P = U_{εν} \cdot I_{εν}$. Ἐντὸς χρόνου t ἡ μεταφερομένη ἐνέργεια εἶναι : $W = U_{εν} \cdot I_{εν} \cdot t$.

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**. Ἐς θεωρήσωμεν τρία μονοφασικὰ ἐναλλάσσόμενα 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 ἐντάσις 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 προ-



Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξύ των διαφορὰν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$.

γούμενον ἢ τὸ ἐπόμενον αὐτοῦ. Αἱ στιγμιαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$I_1 = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

$$I_2 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 120^\circ)$$

$$I_3 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 240^\circ)$$

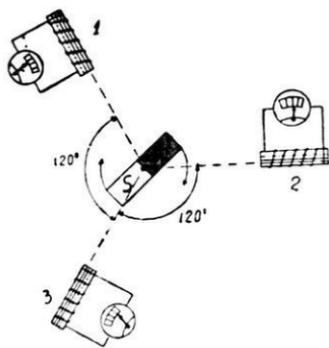
Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω

τριῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **τριφασικὸν ρεῦμα**. Ὡστε :

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 ἐνῤαλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς

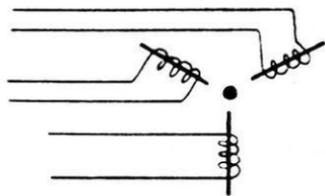


Σχ. 237. Σχηματικὴ παράστασις τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος

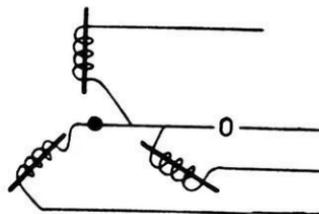


Σχ. 238. Τριφασικὴ γεννήτρια

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 ἄγωγοί.



Σχ. 240. Οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται μετὸν οὐδέτερον ἄγωγόν O.

γωγέως (σχ. 238). Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος φαίνεται ὅτι ἀπαιτοῦνται 6 ἄγωγοί (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 ἄγωγοί.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

161. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος τάσεως 86 Volt και πλάτος εντάσεως 32 A. Πόση είναι η ενεργός τάσις και η ενεργός έντασις του ρεύματος ;

162. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος εντάσεως 10 A. Πόση είναι η έντασις του ρεύματος, όταν η φάσις αυτού (ωt) λαμβάνη τὰς τιμὰς 30° ἢ 60° ;

163. Η ενεργός έντασις έναλλασσομένου ρεύματος είναι 7,07 A. Πόσον είναι τὸ πλάτος τῆς εντάσεως τοῦ ρεύματος ;

164. Έναλλασσόμενον ρεύμα διαρρέει πηνίον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν 5Ω καὶ εἶναι βυθισμένον ἐντὸς θερμοδομέτρου ἔχοντος θερμοχωρητικὴν 1000 cal/grad . Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ θερμοδομέτρου ὑψώνεται κατὰ 10° C ἐντὸς 1 λεπτοῦ. Πόση εἶναι ἡ ενεργός έντασις τοῦ ρεύματος ;

165. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον Σ σύρματος AB φθάνει συνεχὲς ρεύμα σταθερᾶς εντάσεως $I_\Sigma = 3 \text{ A}$ καὶ έναλλασσόμενον ρεύμα ἔχον ἐνεργὸν έντασιν $I_e = 4 \text{ A}$. Πόση εἶναι ἡ ενεργός έντασις τοῦ συνισταμένου ρεύματος, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ τῆς προσθέσεως τῶν δύο ρευμάτων ;

166. Λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἔχει έντασιν 25 κηρίων, ἀντίστασιν 440Ω καὶ τροφοδοτεῖται μὲ έναλλασσόμενον ρεύμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt. Πόση εἶναι ἡ μεγίστη έντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν λαμπτήρα καὶ πόση εἶναι ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς κατὰ κηρίον ;

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

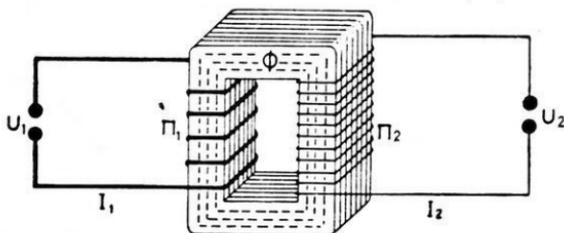
207. Μετασχηματισταί. Ὁ μετασχηματιστὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία Π_1 καὶ Π_2 , τὰ ὁποῖα τυλίσσονται εἰς τὰς πλευρὰς πλαι-

σίου ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (σχ. 241).

Τὸ πηνίον Π_1 καλεῖται πηνίον χαμηλῆς τάσεως (ἢ πρωτεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀλί-

γας σπείρας χονδροῦ σύρματος.

Τὸ πηνίον Π_2 καλεῖται πηνίον ὑψηλῆς τάσεως (ἢ δευτερεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος. Τὸ πηνίον Π_1 συνδέεται μὲ τὸν ἐναλλακτῆρα. Τὸ δὲ πηνίον Π_2 συνδέεται μὲ τὸ κύκλωμα μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ



Σχ. 241. Ἡ έναλλασσομένη μαγνητικὴ ροὴ Φ , τὴν ὁποίαν παράγει τὸ πρωτεῦον ρεύμα, δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Π_2 τὸ έναλλασσόμενον δευτερεύον ρεύμα.

του πηνίου Π_1 χαμηλῆς τάσεως διαβιβάζεται το π ρ ω τ ε υ ο ν ρ ε υ μ α, το ὁποῖον ἔχει συχνότητα N , ἐνεργὸν τάσιν U_1 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_1 . Τότε ἐντὸς τοῦ μαλακοῦ σιδήρου παράγεται ἐναλλασσομένη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία, διερχομένη διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Π_2 , δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα τῆς αὐτῆς συχνότητος N . Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται δ ε υ τ ε ρ ε υ ο ν ρ ε υ μ α καὶ ἔχει ἐνεργὸν τάσιν U_2 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_2 . Πειραματικῶς εὐρίσκεται ὅτι ἡ ἰσχὺς $U_1 \cdot I_1$ τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχὺν $U_2 \cdot I_2$ τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἥτοι εἶναι :

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \tilde{\eta} \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐὰν v_1 καὶ v_2 εἶναι ἀντιστοίχως ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, τότε εὐρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Ὁ λόγος $\frac{v_2}{v_1}$ καλεῖται **λόγος μετασχηματισμοῦ**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς :

I. Αἱ ἐνεργοὶ τάσεις εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

II. Αἱ ἐνεργοὶ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

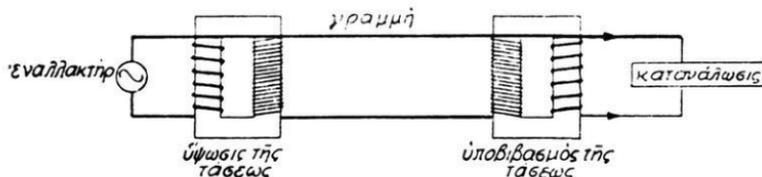
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Π α ρ ἄ 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 δευτερεῖον ρεῦμα εἶναι :

$$\text{ἡ τάσις} : U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \text{ V} \cdot 50 = 50000 \text{ Volt}$$

$$\text{ἡ ἔντασις} : I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \text{ A} \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

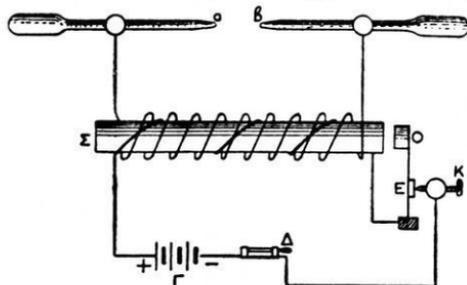
208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν. Οἱ μετασχηματισταὶ χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ νὰ προκαλοῦμεν κατὰ βούλησιν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἀπώλεια ἐνεργείας κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως εἶναι ἀσήμαντος καὶ ἀνέρχεται εἰς 2 ἕως 5%. Χάρης εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς καθίσταται σήμερον δυνατὴ ἡ μεταφορὰ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Οὕτω τὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα παράγονται εἰς τοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἠλεκτροπαραγωγῆς, μεταφέρονται εἰς τὸν τόπον



Σχ. 242. Μεταφορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑπὸ ὑψηλὴν τάσιν

τῆς καταναλώσεως ὑπὸ τάσεις 20 000 ἕως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτο εἰς τὸν σταθμὸν ἠλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑψώσεως 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 προφοδοτεῖται μὲ συνεχές ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ παρέχει ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν μεταβολὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρωτεύον πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδή-

ρου, περίξ τοῦ ὁποίου τυλίσσονται αἱ ὀλίγαι σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (σχ. 243). Τὸ δευτερεῖον πηνίον, ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰς σπεῖρας λεπτοῦ σύρματος, περιβάλλει τὸ πρωτεῖον πηνίον. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου καταλήγουν εἰς δύο ἀγωγούς α καὶ β. Αἱ διακοπαὶ καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον πηνίον γίνονται μὲ τὴν βοήθειαν διακόπτου, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ ὅπως καὶ ὁ διακόπτης τοῦ ἠλεκτρικοῦ κώδωνος. Κατὰ τὴν δ *ι α κ ο π ῆ ν* τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον πηνίον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ὁ *μ ὀ ρ ρ ο π ο ν* πρὸς τὸ πρωτεῖον ρεῦμα. Κατὰ τὴν ἀ *π ο κ α τ ἄ σ τ α σ ι ν* τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ἄ *ν τ ῖ ρ ρ ο π ο ν* πρὸς τὸ πρωτεῖον ρεῦμα. Οὕτω μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσομένη τάσις, ἣ 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 ἠλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Οὗτοι ἀποδεικνύουν ὅτι ἡ ἀναπτυσσομένη ὑψηλὴ τάσις μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β καθιστᾷ δυνατὴν τὴν διέλευσιν τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀέρος. Ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου δευτερεύοντος ρεύματος εἶναι ἴση πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διακοπῶν τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξῆσιν τῆς συχνότητος, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικούς διακόπτας, οἱ ὁποῖοι προκαλοῦν πολλὰς χιλιάδας διακοπῶν τοῦ ρεύματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σφαιρῶν ὑπερβῇ ἐν ὅριον, τότε σχηματίζονται σπινθῆρες μόνον ἐκ τῆς μιᾶς σφαίρας πρὸς τὴν ἄλλην. Οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν **ὑψισύχνων ρευμάτων**, τὰ ὁποῖα εὐρίσκουν διαφόρους ἐφαρμογὰς (ιατρική, βενζινοκινητήρες, ἀσύρματος τηλεγραφία κ.ἄ.).

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

167. Θέλομεν νὰ ὑποβιβάσωμεν τὴν ἐνεργὸν τάσιν τοῦ ρεύματος ἀπὸ 220 Volt εἰς 5 Volt. Ἐὰν τὸ δευτερεῖον πηνίον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχη 8 σπεῖρας, πόσας σπεῖρας πρέπει νὰ ἔχη τὸ πρωτεῖον πηνίον ;

168. Εἰς μετασχηματιστὴν τὸ πρωτεῖον πηνίον ἔχει 100 σπεῖρας καὶ τὸ δευτερεῖον ἔχει 2 000 σπεῖρας. Εἰς τὸ πρωτεῖον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν 100 A. Τὸ πρωτεῖον πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 0,03 Ω.

Πόση είναι ή απόδοσις του μετασχηματιστοῦ καὶ πόση είναι ή ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ δευτερευόντος ρεύματος, ἐάν ή ἐνεργὸς τάσις αὐτοῦ είναι 2200 Volt ;

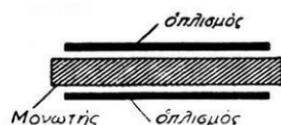
169. Μετασχηματιστὴς ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως ἔχει εἰς τὸ πρωτεῖον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεῖον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεῖον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 3 000 Volt, τὸ δὲ δευτερεῖον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν R καὶ δαπανᾶται διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἀντιστάσεως R ἀναπτύσσεται θερμότης ἰσοδυναμοῦσα μὲ ἰσχὴν 9 kW. Πόση είναι ή ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ πρωτεῖοντος ρεύματος καὶ πόση είναι ή ἀντίστασις R ; Ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 1.

170. Μία ὕδατόπτωσης ἔχει ἰσχὴν 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 είναι 3 000/50. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι 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 πρωτεῖον ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A, ή δὲ διακοπὴ αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς 0,001 sec. Τὸ πρωτεῖον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = 0,05$ H. Τὸ δευτερεῖον πηνίον ἔχει 20 000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν 200 cm^2 . Πόση είναι ή ἐντὸς τοῦ δευτερευόντος πηνίου ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον ;

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), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑπάρχει στρώμα μονωτικοῦ σώματος (ὑάλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγία, ἄηρ). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται ὀ π λ ι σ μ ο ῖ, τὸ δὲ στρώμα τοῦ μονωτικοῦ σώματος καλεῖται δι η λ ε κ τ ρ ι κ ὄ ν. Διὰ

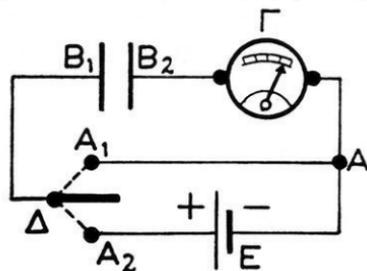
νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ὁ διακόπτης Δ ἐπιτρέπει νὰ συνδεθοῦν οἱ δύο ὀπλισμοὶ B_1 καὶ B_2 τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητηρίας συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε μεταξὺ των. Κατὰ σειρὰν μὲ τὸν πυκνωτὴν εἶναι συνδεδεμένον β α λ λ ι σ τ ι κ ὄ 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 ὅποιον διέρχεται δι' αὐτοῦ καὶ τὴν φοράν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. Ἄς ἐκτελέσωμεν τώρα τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

α) Φέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸ A_1 . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλείνει, ἄρα δὲν διῆλθεν δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν φορτίον. β) Φέρομεν τὸν διακόπτην εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸ A_2 . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται διὰ μίαν στιγμὴν καὶ ἀμέσως ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν. Διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν ἠλεκτρικὸν φορτίον Q . γ) Ἐπαναφέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸ A_1 . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τώρα κατ' ἀντίθετον φοράν καὶ δεικνύει ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q , ἀμέσως δὲ ἡ βελόνη ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἐρμηνεύονται ὡς ἑξῆς: Ὄταν οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μετὰ τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας κυκλοφορεῖ ἐντὸς τοῦ κυκλώματος διὰ μίαν στιγμὴν ἠλεκτρικὸν φορτίον Q καὶ μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἴση μετὰ ἐκείνην, ἣ ὅποια ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται. Ὄταν οἱ ὄπλισμοὶ 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 ὄπλισμῶν τοῦ γίνεται ἴση μετὰ μηδέν. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q , τὸ ὅποιον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὅποιον ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ καλεῖται ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ.

211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ. Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ μετὰ τοὺς πόλους γεννητριῶν, αἱ ὅποια ἔχουν διαφόρους ἠλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις (σχ. 245), εὐρίσκομεν διὰ τοῦ βαλλιστικοῦ γαλβανομέτρου ὅτι:



Σχ. 245. Φόρτισις καὶ ἐκφόρτισις πυκνωτοῦ

Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U μεταξὺ 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 χωρητικότητα ἀγωγοῦ § 145). Ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ μετρεῖται εἰς Farad ($\tilde{\eta}$ microfarad) καὶ φανερώνει πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ ἀποκτῆσῃ ὁ πυκνωτής, διὰ νὰ ἀύξηθῇ κατὰ 1 Volt ἢ τάσις μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι:

Ἡ χωρητικότης (C) τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας (σ) τῶν ἀπέναντι ἀλλήλων ὀπλισμῶν του, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ πάχος (l) τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.

$$\text{χωρητικότης ἐπιπέδου πυκνωτοῦ: } C = \epsilon \cdot \frac{\sigma}{4\pi l}$$

(εἰς τὸ ΗΣΜ)

Ὁ συντελεστὴς ϵ ἀναφέρεται εἰς τὸ διηλεκτρικὸν καὶ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερά**. Εἰς τὸ ΗΣΜ διὰ τὸν ἀέρα εἶναι $\epsilon = 1$.

Διηλεκτρικὴ σταθερά			
Ἄηρ	1	Μαρμαμαρυγίαις	6 - 8
Παραφίνη	2,1	Ἰάλος	5 - 7
Χάρτης	2,5	Ὀινόπνευμα	25
Ἐβονίτης	2,6	Ἰῶερ	80

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτίνος 20 cm, χωρίζονται μὲ πλάκα ὕαλου πάχους 2 mm. Διὰ τὴν ὕαλον εἶναι $\epsilon = 6$. Ὁ πυκνωτής 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 ἐνὸς ἀγω-

γού, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ εὐρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ, εἶναι :

$$\text{ἐνέργεια πυκνωτοῦ: } W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν ἡ χωρητικότης ἐνὸς πυκνωτοῦ εἶναι $C = 1 \mu\text{F}$ καὶ ὁ πυκνωτὴς φορτισθῇ ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000 \text{ Volt}$, τότε ἡ ἀποταμιευμένη ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἐνέργεια εἶναι :

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^6} \text{ F} \cdot (10^4 \text{ V})^2 = 50 \text{ Joule}$$

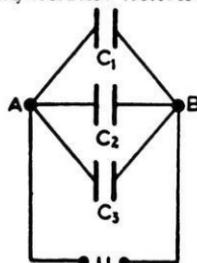
213. Σύνδεσις πυκνωτῶν. Διὰ τῆς συνδέσεως πολλῶν πυκνωτῶν λαμβάνομεν **συστοιχίαν πυκνωτῶν**. Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 246. Οὕτω μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εἶναι :

$$C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$$

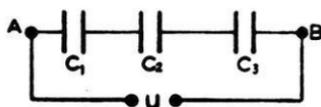
Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ σειράν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\frac{1}{C_{\text{ολ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

214. Μορφαι πυκνωτῶν. Ὁ ἀνωτέρω ἐξετασθεὶς πυκνωτὴς

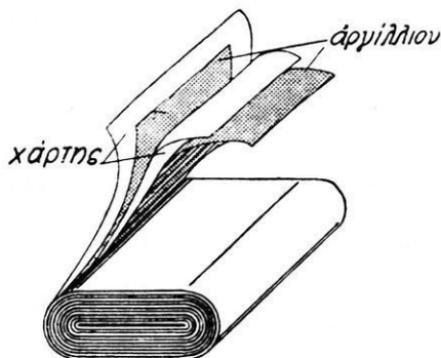


Σχ. 246. Σύνδεσις πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ

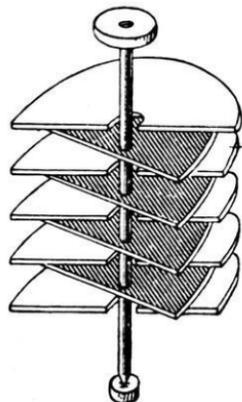


Σχ. 247. Σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειράν

καλείται και ἐπίπεδος πυκνωτής. Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται διάφοροι μορφαὶ πυκνωτῶν. Ὁ φυλλωτὸς πυκνωτής ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο στενὰ καὶ ἐπιμήκη φύλλα ἀργιλίου, μεταξύ τῶν ὁποίων παρεντίθεται ὡς διηλεκτρικὸν μία ταινία ἐκ παραφινωμένου χάρτου (σχ. 248). Οἱ ὀπλισμοὶ καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὥστε ὁ πυκνωτής 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 πυκνωτής

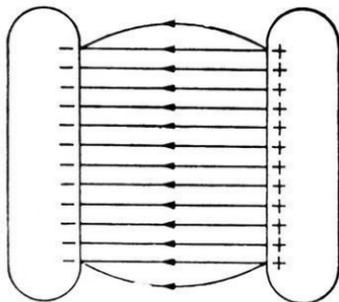


Σχ. 249. Μεταβλητὸς πυκνωτής

πλακῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται μὲ μεταλλικὰς ράβδους (σχ. 249). Ὁ ἄλλος ὀπλισμὸς τῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὁμοίων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι στερεωμέναι ἐπὶ ἄξονος καὶ δύνανται νὰ εἰσάγονται περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον μεταξύ τῶν μονίμων πλακῶν. Διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ κινητοῦ ὀπλισμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ τοιοῦτοι πυκνωταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται πυκνωταὶ μὲ ὑγρὰ διηλεκτρικὰ (π.χ. ὀρυκτέλαιον).

215. Ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίων. Ὄταν ὁ πυκνωτής εἶναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ ὑπάρχοντος ἴσα ἑτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

των όπλισμών, αί όποϊαι εύρίσκονται άπέναντι άλλήλων (σχ. 250). Μεταξύ των δύο παραλλήλων όπλισμών σχηματίζεται όμογενές ήλεκτρικόν πεδίου, τοϋ όποϊού αϊ δυναμικαϊ γραμμαι είναι εύθειαι παράλληλοι, ή δέ έντασις αυτου είναι σταθερα. Ευρίσκεται ότι :



Η έντασις (E) τοϋ όμογενου ήλεκτρικου πεδίου, το όποϊον σχηματίζεται μεταξύ των όπλισμών τοϋ επιπέδου πυκνωτου είναι ίση με το πηλικον τής τάσεως (U) μεταξύ των όπλισμών δια τής άποστάσεως (l) των δύο όπλισμών.

Σχ. 250. Μεταξύ των όπλισμών τοϋ πυκνωτου σχηματίζεται όμογενές ήλεκτρικόν πεδίου.

έντασις όμογενου ήλεκτρικου 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 στρωμα άερος πάχους 1 mm . Ό εις όπλισμός τοϋ πυκνωτου συνδέεται με την γην, ό δέ άλλος με πηγήν έχουσαν σταθερόν δυναμικόν 600 Volt . Πόση είναι ή χωρητικότης και το φορτίον τοϋ πυκνωτου ;

173. Δύο φύλλα άργιλλίου έχοντα διαστάσεις $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ είναι έπικολλημένα επί των δύο όψεων παραφινωμένου χαρτου, έχοντος πάχος $0,2 \text{ mm}$ και διηλεκτρικήν σταθεράν $2,5$. Πόση είναι ή χωρητικότης τοϋ πυκνωτου ;

174. Πυκνωτής έχει χωρητικότητα $25 \mu\text{F}$. Πόση διαφορά δυναμικου πρέπει να εφαρμοσθῃ μεταξύ των δύο όπλισμών τοϋ πυκνωτου, δια να άποκτήση οϋτος φορτίον $0,001 \text{ Cb}$; Πόσην ενέργειαν έχει τότε ό πυκνωτής ;

175. Τρεις πυκνωται έχουν χωρητικότητα $1 \mu\text{F}$, $2 \mu\text{F}$ και $3 \mu\text{F}$. Πόση είναι ή χωρητικότης τής συστοιχίας, όταν οι πυκνωται συνδεθοϋν παραλλήλως ή κατά σειράν ;

176. Η άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών πυκνωτου είναι 4 cm και μεταξύ αυτων ύπάρχει τάσις 60 Volt . Πόση είναι ή έντασις E τοϋ ήλεκτρικου πεδίου ;

177. Η άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών επιπέδου πυκνωτου είναι 3 cm .

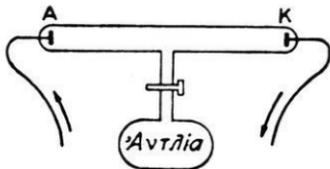
Πόση πρέπει να είναι εις Volt ή μεταξύ των όπλισμών τάσις, ώστε η έντασις τοῦ παραγομένου ὁμογενοῦς ηλεκτρικοῦ πεδίου να είναι ἴση με 10 C.G.S ;

178. Μία ηλεκτρισμένη σταγὼν ἐλαίου, ἔχουσα μᾶζαν $\frac{12}{10^{12}}$ gr. διατηρεῖται

κίωρουμένη μεταξύ των δύο ὀριζοντιῶν ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ, οἱ ὁποῖοι ἀπέχουν μεταξύ των 2 cm καὶ παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 3 000 Volt. Πόσον είναι τὸ ηλεκτρικὸν 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. Ἐλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων. Ὅλα τὰ ἀέρια ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν εἶναι μονωταῖ. Ἐὰς ἐξετάσωμεν ἂν τὰ ἀέρια ἐξακολουθοῦν νὰ ἔχουν τὴν ιδιότητά αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσις των εἶναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπιμήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὁ ὁποῖος



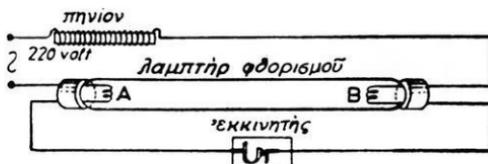
Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ηλεκτρικῶν ἐκκενώσεων

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 κατάλληλον πηγὴν (π.χ. με τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου).

Διὰ μιᾶς ἀεραντλίας δυνάμεθα νὰ ἐλαττώμεν προοδευτικῶς τὴν πίεσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ὅταν ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἴση με τὴν ἀτμοσφαιρικὴν, δὲν παρατηροῦμεν κανὲν φαινόμενον ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ὅταν ὁμως 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**. Ὅταν ἡ ἐλάττωσις τῆς πίεσεως προχωρήσῃ περισσότερον, ὁ σωλὴν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν στήλην, ἢ ὁποῖα καλεῖται **θετικὴ στήλη**. Ὀλοκληρὸς τότε ὁ σωλὴν ἐκπέμπει ὁμοιόμορφον φῶς (**σωλὴν Geissler**). Ὅταν ὁμως ἡ πίεσις γίνῃ μικροτέρα των 10 mm Hg, τότε ἡ θετικὴ στήλη ἀρχίζει νὰ ὀπισθοχωρῇ πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτεινὰ περιοχαί. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσις γίνῃ ἴση με 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἀνωτέρω φωτεινὰ φαινόμενα ἐξαφανίζονται, τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινὸν καὶ μόνον τὰ τοιχώματα

τοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἐκπέμπουν ἀσθενές πρᾶσινον φῶς. Ὁ 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 ἐκκένωσης.

217. Λαμπτήρες με ἀραιὸν ἀέριον. Ὅταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος περιεχόμενον ἀέριον ἔχῃ πίεσιν περίπου ἴσην με 10 mm Hg, τότε ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀερίου ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις προκαλεῖ τὴν ὁμοίωμορφον φωτοβολίαν τοῦ ἀερίου. Ἡ θερμοκρασία τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου εἶναι χαμηλὴ (κατωτέρα τῶν 100° C). Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτός 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 ἐκκένωσης διεγερσις ἐνὸς ἀραιοῦ ἀερίου, ὥστε νὰ φωτοβολῇ, εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὸν φωτισμὸν διαφόρων χώρων καὶ τὴν κατασκευὴν διαφημιστικῶν ἐπιγραφῶν. Εἰς τὸ ἐμπόριον φέρονται καὶ μικροὶ λαμπτήρες με νέον (με ἠλεκτροδία εἰς σχῆμα σταυροῦ ἢ σωληνοειδῶν), λειτουργοῦντες ὑπὸ τὴν συνήθη τάσιν τῶν 110 ἢ 220 Volt. Οἱ χρησιμοποιούμενοι σήμερον λαμπτήρες με ἀραιὸν ἀέριον λειτουργοῦν καὶ με ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

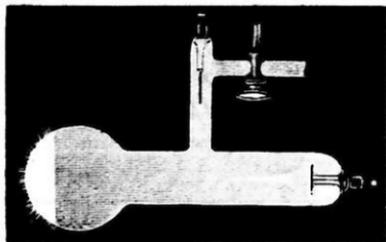


Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ὁ ἐκκινητής κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγω διαστολῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἐλάματος σχήματος U.

Τελευταίως διεδόθη ἡ χρῆσις τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλῆνες, τῶν ὁποίων τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα ἐπιχρίονται με στρώμα φθορίζοντος σώματος. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἓν εὐγενές ἀέριον καὶ μία σταγὼν ὑδραργύρου. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος ὑπάρχουν ἠλεκτροδία (σχ. 252). Διὰ τὴν ἑναρξιν 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

λευκόν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθως ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἕως 4 φορές μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διάρκεια ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτίνες. Λαμβάνομεν ἓνα σωλῆνα Crookes κατὰ τὴν παρακάτω διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια του

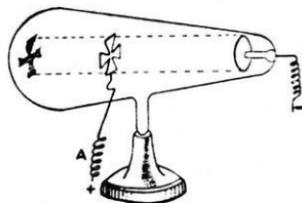


Σχ. 253. Σωλῆν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων

ὑψηλῆν τάσιν (σχ. 253). Παρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ ὅποιον εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀόρατοι ἀκτινοβολοῦντες ἀκτίνες, αἱ ὅσαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτίνες**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἔχουν τὰς ἀκολούθους ιδιότητες :

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου κ.ά.

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.



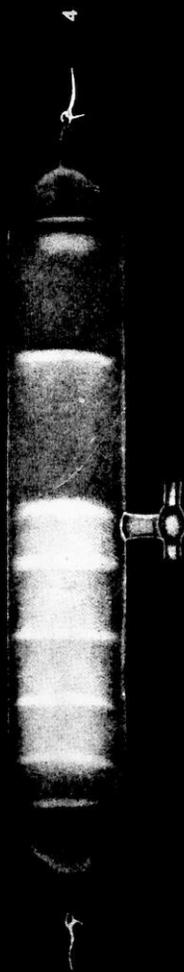
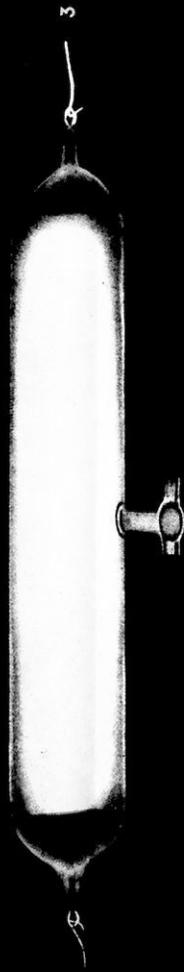
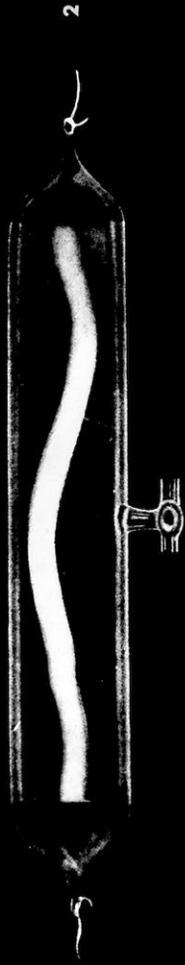
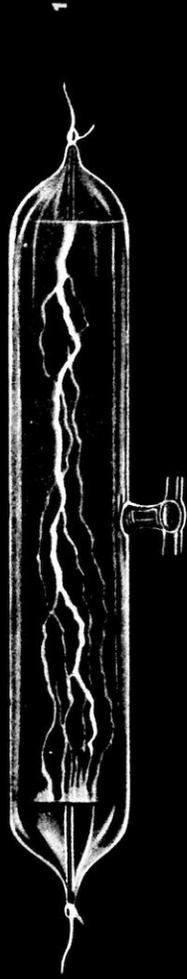
Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διαδίδονται εὐθυγράμμως. Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἓν σῶμα, τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἡ σκιά τοῦ σώματος, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς ὠρισμένην περιο-

ρῆν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).

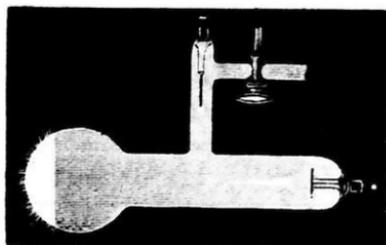
ΑΝΟΔΟΙ (+)

ΚΑΘΟΔΟΙ (-)



λευκόν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθης ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἕως 4 φορές μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Λαμβάνομεν ἓνα σωλῆνα Crookes καταλλῆλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἠλεκτροδία του

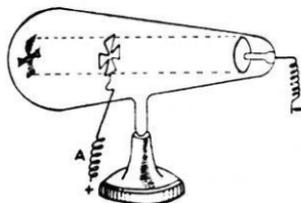


Σχ. 253. Σωλὴν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων

ὑψηλὴν 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 ἀκτινοβολοίαι, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτῖνες**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολουθοῦσας ιδιότητες :

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θείουχου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὑάλος περιέχουσα μόλυβδον (κρυστάλλος) 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 περιορὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).

Διάφοροι φάσεις τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως

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 ἐγγυώμου 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 σκοτεινὰ περισοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος.
5. Ὑπὸ πίεσιν ἴσην μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς τὸ στενὸν τμήμα τοῦ σωλῆνος φωτοβολεῖ ἰσχυρότερον.

4) Αί καθοδικαί άκτίνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

5) Αί καθοδικαί άκτίνες προκαλοῦν μηχανικά φαινόμενα. Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν άκτίνων παρεμβάλωμεν εὐκίνητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

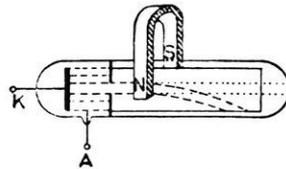
6) Αί καθοδικαί άκτίνες ἔχουν διεισδυτικὴν ἰκανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλῆνος ἀνοίγωμεν ὄπη, τὴν ὁποίαν κλείομεν μὲ λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαί άκτίνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5 cm ἀπὸ τῆς ὄπης.

7) Αἱ καθοδικαί άκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Δι' ἐνὸς διαφράγματος φέροντος μικρὰν ὄπη,ν δημιουργοῦμεν λεπτὴν δέσμη καθοδικῶν άκτίνων (σχ. 256). Θέτομεν τὸν σωλῆνα μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Αἱ καθοδικαί άκτίνες ἐκτρέπονται καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη τῶν καθοδικῶν άκτίνων εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν θὰ ὑρίσκατο ρεῦμα ἔχον φορὰν ἐκ τῆς ἀνόδου Α πρὸς τὴν κάθοδον Κ.

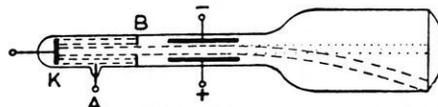
8) Αἱ καθοδικαί άκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη ἀποδεικνύεται, ἐάν μία λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν άκτίνων διέλθῃ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εὑρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαί άκτίνες ἐκτρέπονται τότε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐλκόμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν ὀπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαί άκτίνες προκαλοῦν μηχανικά φαινόμενα.



Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν άκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν άκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

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 με ήλεκτροσκόπιον, εύρίσκειται ότι ό κύλινδρος ήλεκτρίζεται άρνητικώς.

10) Αί καθοδικαί άκτίνες άποτελοῦνται άπό σωματίδια έχοντα μάζαν. "Όταν αί καθοδικαί άκτίνες διέρχωνται μεταξύ τών όπλισμῶν του πυκνωτοῦ, ύφίστανται υπό του όμογενοῦς ήλεκτρικού πεδίου έκτροπήν, άνάλογον προς την έκτροπήν, την όποιάν ύφίσταται έν σώμα ένεκα τής έλξεως τής Γῆς, όταν τό σώμα βάλλεται όριζοντίως.

'Εκ τών άνωτέρω συναγεται ότι :

Αί καθοδικαί άκτίνες άποτελοῦνται άπό σωματίδια άρνητικώς ήλεκτρισμένα, τά όποία κινοῦνται εύθυγράμμως.

219. Φύσις τών καθοδικών άκτίνων. 'Η πειραματική έρευνα κατώρθωσε νά προσδιορίση την μάζαν, τό ήλεκτρικόν φορτίον και την ταχύτητα τών σωματιδίων, εκ τών όποίων άποτελοῦνται αί καθοδικαί άκτίνες. Ούτως εύρέθη ότι :

I. Αί καθοδικαί άκτίνες άποτελοῦνται άπό ήλεκτρόνια.

II. 'Η μάζα του ήλεκτρονίου είναι ίση με τό $\frac{1}{1840}$ τής μάζης του άτόμου του ύδρογόνου, ήτοι είναι ίση με $9,1 \cdot 10^{-28}$ gr.

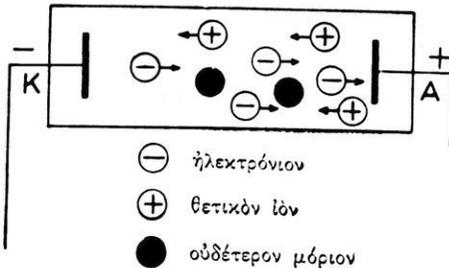
III. Τό ήλεκτρικόν φορτίον του ήλεκτρονίου είναι ίσον με τό στοιχειώδες ήλεκτρικόν φορτίον $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

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 την διαφοράν δυναμικοῦ, ή όποία ύπάρχει μεταξύ τής καθόδου και τής άνόδου.

220. Παραγωγή τών καθοδικών άκτίνων. "Ενεκα διαφόρων αίτιών άπό μερικά μόρια τών αερίων διαφεύγει έν ήλεκτρόνιον και

οὕτω τὰ μόρια αὐτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικὰ ἰόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ἠλεκτρόνιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μόριον, τὸ ὁποῖον οὕτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ἰόν. "Ὡστε μεταξύ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ ἀερίου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. "Ὅταν τὸ ἀέριον εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἰσχυροῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται μεταξύ τῶν δύο ἠλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ ἀερίου ἰόντα κατευθύνονται πρὸς τὸ ἐν ἧ τὸ ἄλλο ἠλεκτρόδιον ἀναλόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ φορτίου των. Τὰ ἰόντα αὐτὰ συγκρούονται μὲ οὐδέτερα μόρια τοῦ ἀερίου. "Ἐνεκα τῆς συγκρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ ἀερίου ἐκφεύγουν ἠλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἠλεκτρόνια ἀποκοτῶν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἄνοδον συγκρούονται μὲ μόρια τοῦ ἀερίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων καὶ θετικῶν ἰόντων, δηλαδὴ προκαλοῦν **ἰονισμόν τοῦ ἀερίου**.



Σχ. 258. Ἴονισμὸς τοῦ ἀερίου διὰ κρούσεως

καὶ τὸ μόριον τοῦ ἀερίου ἐκφεύγουν ἠλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἠλεκτρόνια ἀποκοτῶν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἄνοδον συγκρούονται μὲ μόρια τοῦ ἀερίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων καὶ θετικῶν ἰόντων, δηλαδὴ προκαλοῦν **ἰονισμόν τοῦ ἀερίου**.

Τὰ θετικὰ 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 μὲ ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια. "Ὡστε :

Ἡ παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλῆνος Crookes ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀερίου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (ἰονισμὸς κρούσεως).

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

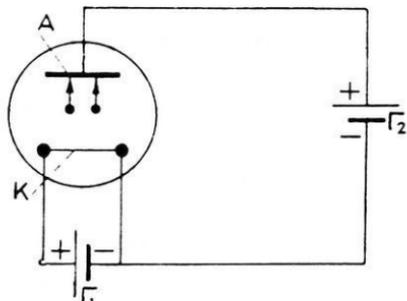
179. Εἰς ἓνα σωλῆνα Crookes ὑπάρχει μεταξύ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου τάσις $U = 100\,000$ Volt. Πόσῃν ταχύτητα ἀποκοτᾷ ἐν ἠλεκτρονιον, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου; Μᾶζα ἠλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἠλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμὴν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

180. Πόσην κινητικήν ενέργειαν έχει εν ηλεκτρόνιον κινούμενον με ταχύτητα $v = 100\ 000\ \text{km/sec}$; Μάζα ηλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}\ \text{gr}$.

181. Ηλεκτρόνιον κινείται με ταχύτητα $v = 60\ 000\ \text{km/sec}$ εντός ομογενούς μαγνητικού πεδίου και καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Τί τροχίαν διαγράφει τὸ ηλεκτρόνιον; Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ στοιχεῖα τῆς τροχιάς. Μάζα ηλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}\ \text{gr}$. Φορτίον ηλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμὴν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}\ \text{Cb}$. Ἐνταση μαγνητικοῦ πεδίου $H = 150\ \text{Gauss}$.

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 ηλεκτρονίων



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 διαπυρρύνεται μετὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα τῆς γεννητριάς Γ₁. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει καὶ ἡ μεταλλικὴ πλάξ A (ἄνοδος), ἡ ὁποία συνδέεται μετὰ τὸν θετικὸν πόλον ἰσχυρᾶς γεννητριάς Γ₂ (ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς συνδέεται μετὰ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητριάς Γ₁). Τὸ κύκλωμα τῆς πλακῶς 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 Γ₂, τότε τὸ ρεῦμα τῆς πλακῶς (ἀνοδικὸν ρεῦμα) διακόπτεται. Τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὸ διάπυρον σύρμα K ἠλεκτρόνια σχηματίζουν περίξ τοῦ σύρματος «νέφος ἠλεκτρονίων», τὸ ὁποῖον ἀναγκάζει τὰ ἐξερχόμενα νέα ἠλεκτρόνια νὰ ἐπανεέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτω εἰς τὴν ἄνοδον δὲν φθάνουν ἠλεκτρόνια. Ὁ χρησιμοποιηθεὶς σωλὴν ἔχει

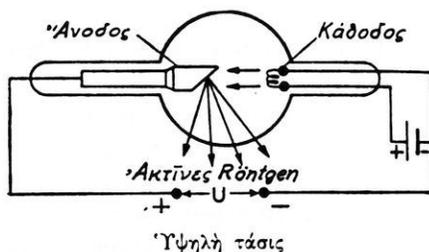
δύο ηλεκτρόδια (K και A) και καλείται **δίοδος ηλεκτρονική λυχνία** ή και απλώς **δίοδος**. "Όταν όλα τὰ εξερχόμενα από την κάθοδον ηλεκτρόνια φθάνουν εις την άνοδον, τότε τὸ άνοδικόν ρεύμα έχει τὴν μεγίστην δυνατὴν τιμὴν και καλείται **ρεύμα κόρου**.

Ἡ θερμικὴ ἔκπομπὴ ηλεκτρονίων εὐρίσκει μεγάλας ἐφαρμογὰς εις διαφόρους ηλεκτρονικὰς διατάξεις. Ἡ δίοδος λυχνία χρησιμοποιεῖται και ὡς **ἀνορθωτὴς** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, διότι ἀφήνει νὰ διέρχεται τὸ ρεύμα μόνον κατὰ τὴν μίαν ἡμιπερίοδον ($T/2$), δηλ. ὅταν ἡ πλάξ A εἶναι θετικὴ. Τότε ἀντὶ τῆς συνεχοῦς τάσεως τῆς γεννητριάς 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, ἣ ὅποια ἐπεκράτησεν νὰ καλεῖται **ἀκτῖνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι :

"Όταν ταχέως κινούμενα ηλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτῖνας Röntgen.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτῖνων Röntgen ἐχρησιμοποιοῦντο κατ' ἀρχὰς καθοδικοὶ σωλῆνες. Σήμερον χρησιμοποιοῦνται οἱ **σωλῆνες Coolidge**, οἱ ὅποιοι εἶναι σωλῆνες κενοῦ, τὰ δὲ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος ηλεκτρόνια τὰ παρέχει μία διαπυρουμένη **κάθοδος** (σχ. 260). Ἀπέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βολφράμιον), ὁ ὅποιος ἀποτελεῖ τὴν **ἀνοδον**. Αὕτη συνδέεται μετὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ὑψηλῆς τάσεως (50 000 ἕως 250 000 Volt). Τὸ μεταξὺ τῆς ἀνόδου και τῆς καθόδου παραγόμενον ἰσχυρὸν ηλεκτρικὸν πεδίου προσδίδει πολὺ μεγάλην ταχύτητα εις τὰ εξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ηλεκτρόνια. Ταῦτα προσπίπτουν



Σχ. 260. Σωλῆν Coolidge διὰ τὴν παραγωγὴν ἀκτῖνων Röntgen

ἐπὶ τῆς ἀνόδου **(ἀντικαθόδος)** καὶ τὴν καθιστοῦν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι αἱ ἀκτίνες Röntgen ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητας :

1) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων, ὅπως π.χ. τοῦ κυανιοῦχου βαριολευκοχρύσου.

2) Προκαλοῦν χημικὰ φαινόμενα καὶ προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Οὕτω π.χ. προκαλοῦν μεταβολὴν τοῦ χρώματος διαφόρων πολυτίμων λίθων.

3) Προκαλοῦν ἰσχυρὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων καὶ διὰ τοῦτο καθιστοῦν τὸν ἀέρα ἀγωγόν, ἕνεκα τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων ἰόντων.

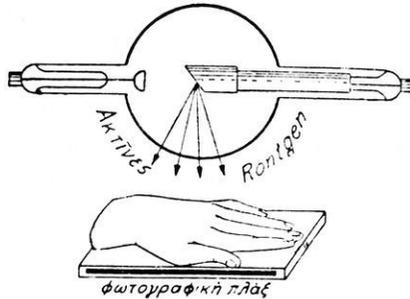
4) Διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταφέρουν ἠλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἐπιδροῦν ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώντων 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 ὑδατάνθρακες 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 τόσον 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 ἱατρικὴν. Ἐμπροσθεν τοῦ σωλήνος παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen τοποθετεῖται ὑαλινὴ πλάξ, τῆς ὁποίας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στῤῥωμα κυανιοῦχου βαριολευκοχρύσου. Ἐὰν μεταξὺ τοῦ σωλήνος 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 μὲ φωτογραφικὴν πλάκα, τότε ἐπὶ τῆς πλακῶς ἀποτυπώνεται ὁ σκελετὸς τῆς χειρός. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινογραφία**. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις, διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται πρὸς θεραπευτικὰ σκοποὺς. 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 ὑλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἐρεῦνας καὶ ἰδιαίτερος διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

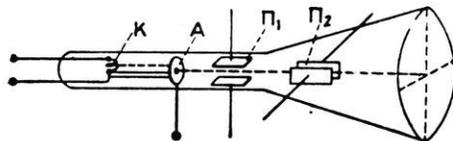


Σχ. 261. Ἀκτινογραφία

223. Φύσις τῶν ἀκτῖνων Röntgen. Ἡ πειραματικὴ ἐρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, τελείως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτῖνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτῖνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ἔχουσα πολὺ μικρὰ μήκη κύματος (μικρότερα τοῦ $0,01 \mu = 100 \text{ \AA}$).

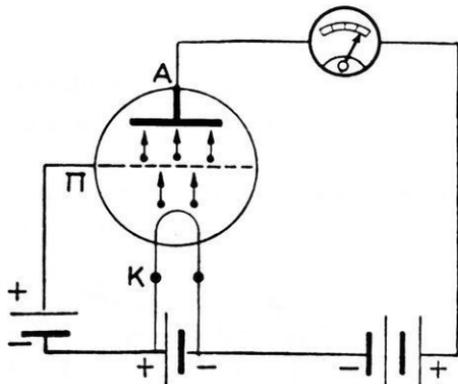
224. Σωλὴν Braun. Ὁ σωλὴν Braun εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον του φέρει διαπυρουμένην κάθοδον K, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον του κλείεται μὲ φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262). Ἡ ἄνοδος εἶναι δίσκος, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον του φέρει μικρὰν ὀπήν. Τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα διέρ-



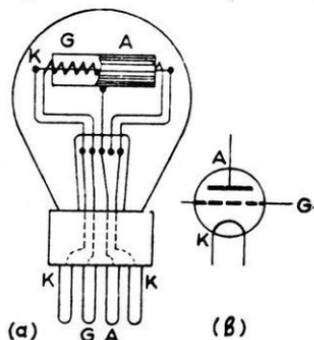
Σχ. 262. Σωλὴν Braun

χονται διὰ τῆς ὀπῆς, ἀποτελοῦν λεπτὴν δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς ἐπιπέδου πυκνωτοῦ Π_1 . Ὄταν ὁ πυκνωτὴς Π_1 εἶναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη, εἶναι εὐθύγραμμος. Ἐὰν ὅμως οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκοτῶν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ Π_1 ὑπάρχει δευτέρος ἐπίπεδος πυκνωτὴς Π_2 , τοῦ ὁποῦ οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐὰν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ Π_2 ἀποκοτῶν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὀριζοντίαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἀδράνειαν καὶ συνεπῶς παρακολουθεῖ τὰς ταχυτάτας μεταβολὰς τῆς τάσεως τῶν δύο πυκνωτῶν. Οὕτω τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης δύναται νὰ μετακινῆται 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 ἠλεκτροδίου. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίδος λυχνία

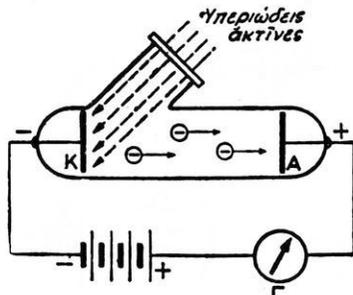


Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδές, περιβάλλον τὴν διαπυρομένην κάθοδον. Ἡ ἄνοδος εἶναι κυλινδρική καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

καὶ παρεμβάλλεται μεταξύ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ

πλέγμα αποτελείται συνήθως από σύρμα μολυβδαινίου, το όποιον έχει περιτυλιχθῆ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον (σχ. 264). Ἐξωθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνόδος, ἡ ὁποία ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα 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 ἐξασθενίξει σημαντικῶς ἢ καὶ διακόπτεται τελείως. Ἡ τρίτος λυχνία εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι μετὰ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράδος, πεντάδος, ὀκτάδος κ.τ.λ. λυχνία).

226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενῷ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα εἶναι συνδεδεμένα μετὰ τοὺς δύο πόλους γεννητρίας (σχ. 265). Ἀφήνομεν νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς καθόδου ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐξερχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται **φωτοηλεκτρόνια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον K ἀποσπῶνται ἠλεκτρόνια.

Ὅταν 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 ἓν μέταλλον εἶναι δυνατὴ μόνον, ὅταν τὸ μήκος κύματος τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας εἶναι μικρότερον ἑνὸς ὄρισμένου μήκους κύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ μέταλλον.

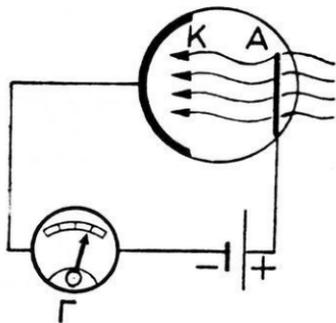
II. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀποσπῶμένων φωτοηλεκτρονίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ παραγομένου φωτοηλεκτρονίου δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον φωτοηλεκτρικὴν ἐξίσωσιν τοῦ Einstein :

$$\text{φωτοηλεκτρικὴ ἐξίσωσις Einstein : } \frac{1}{2} m v^2 = h\nu - W_0$$

ὅπου $h\nu$ εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας καὶ W_0 εἶναι μίᾳ σταθερὰ τοῦ μετάλλου. Ἡ σταθερὰ αὕτη καλεῖται ἔργον ἐξάγωγῆς, διότι ἐκφράζει τὸ ἔργον τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι συγκρατοῦν τὸ ἠλεκτρόνιον ἐντὸς τοῦ μετάλλου.

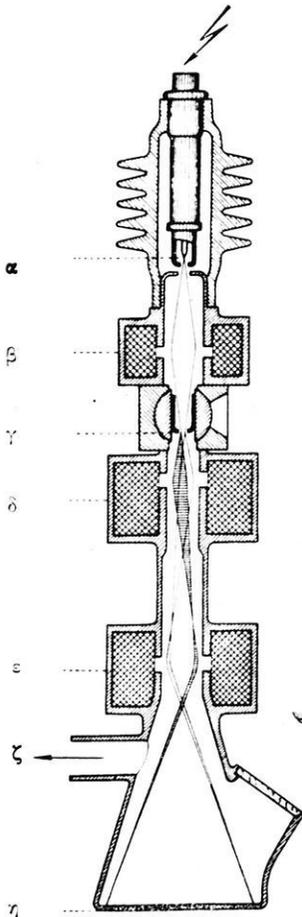
227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκῦτταρον. Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον εὐρίσκει μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὸ **φωτοκῦτταρον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος εἶναι τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρῶμα καλίου, τὸ ὁποῖον ἐπικαλύπτει μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σωλῆνος (σχ. 266). Ἡ ἄνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἢ κυκλικὸν μεταλλικὸν ἠλεκτρόδιον. Ὅταν ἐπὶ τῆς καθόδου προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου παρακολουθεῖ τὰς μεταβολὰς τῆς προσπιπτούσης φωτεινῆς ροῆς. Τὰ παραγόμενα ἀσθενῆ ρεύματα ἐνισχύονται διὰ καταλλήλου διατά-



Σχ. 266. Φωτοκῦτταρον

ξεως. Τὸ φωτοκῦτταρον εἶναι σήμερον πολύτιμος συσκευή καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ὁμιλῶν 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 ὀρισμένης συνθήκας ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς δέσμης τῶν



Σχ. 267. Τομή τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου

α κάθοδος, β συναγωγὸς φακός, γ ἀντικείμενον, δ ἀντικείμενικὸς φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀντιλία, η φθορίζον διάφραγμα

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. 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 ὅποια δημιουργοῦν τὰ κατάλληλα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια διανοίγει τελείως νέους ὀριζον-

τας έρεύνης (σχ. 268). Τοῦτο έχει σήμεραν ιδιαίτεράν σημασίαν διὰ τὴν Βιολογίαν καὶ τὴν Μικροβιολογίαν.

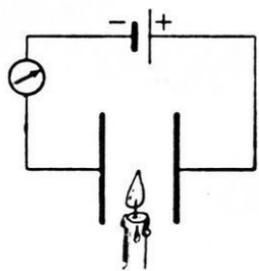
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κρούσιν τοῦ ηλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου ὀλόκληρος ἡ κινήτῃ ἐνέργεια τοῦ ηλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen συχνότητος ν . Νὰ εὔρεθῇ σχέσις μεταξὺ τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς τάσεως U , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸν σωλῆνα.

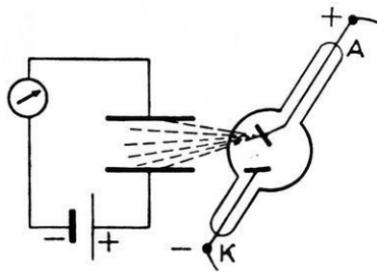
183. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἐφαρμόζεται τάσις 500 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας Röntgen. Σταθερὰ Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος. Ὁ ἀήρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὅμως διαφόρων αἰτίων ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ



Σχ. 269. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος διὰ φλόγα



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 ὑπάρχῃ 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 ἀκτίνες ἢ ἀκτίνες Röntgen (σχ. 270). Ἡ ἀγωγιμότης αὕτη τοῦ ἀέρος ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀέρος. Ἐκ τοῦ πειράματος εὔρεθη ὅτι :

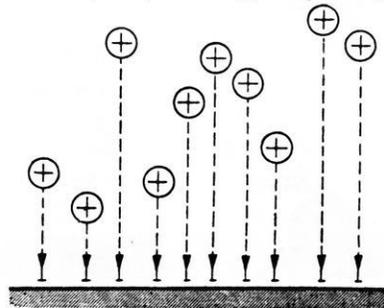
Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgen ὁ ἀήρ ἀποκτῆ ἀγωγιμότητα, ἐπειδὴ προκαλεῖται ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.

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 :

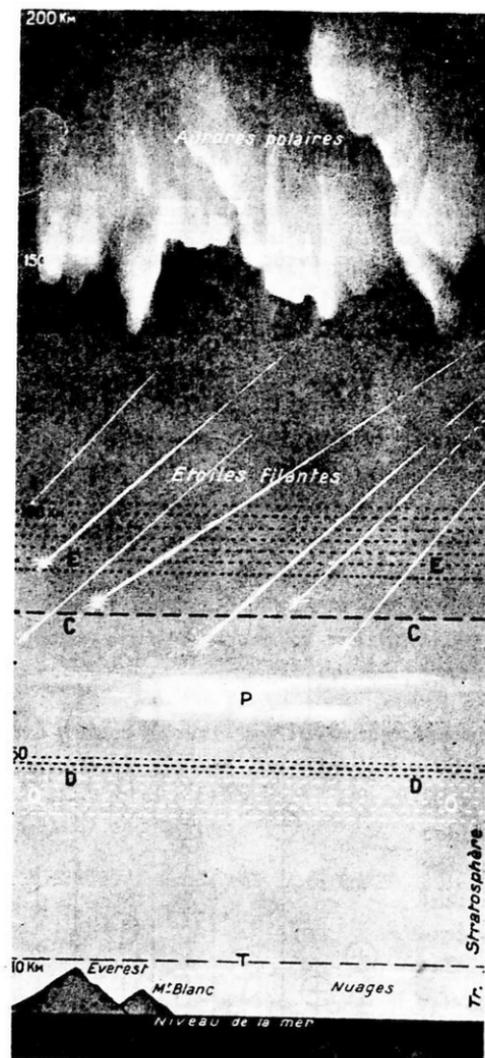
Ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ εἶναι πάντοτε ἰονισμένος.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἰόντων, τὰ ὅποια ὑπάρχουν ἐντὸς τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους. Εἰς ὕψος ἄνω τῶν 100 km παρατηρεῖται μία ἀπότομος αὐξήσις τῆς ἀγωγιμότητος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ στρώμα τοῦτο τῆς ἀτμοσφαίρας καλεῖται **ιονόσφαιρα**. Ὁ ἰσχυρὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕψος τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίννας τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, εἰς ἠλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸν Ἥλιον, καὶ εἰς μίαν ἰδιαιτέραν ἀκτινοβολίαν, ἣ ὅποια φθάνει εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ ἣ ὅποια καλεῖται **κοσμικὴ ἀκτινοβολία**. Εἰς τὰ ἀνωτέρω αἷτια ἀποδίδεται γενικῶς ὁ ἰονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

231. Τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίου. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος πλεονάζουν τὰ θετικὰ ἰόντα, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σχηματίζεται **ἠλεκτρικὸν πεδίου** (σχ. 271), τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Ἡ πτώσις τοῦ δυναμικοῦ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἀνέρχεται εἰς 100 ἢ καὶ 1000 Volt κατὰ μέτρον. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ θετικὰ ἰόντα τῆς ἀτμοσφαίρας κινοῦνται διαρκῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους. Ἀλλὰ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ ὅποια ὀφείλεται τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίου δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίου



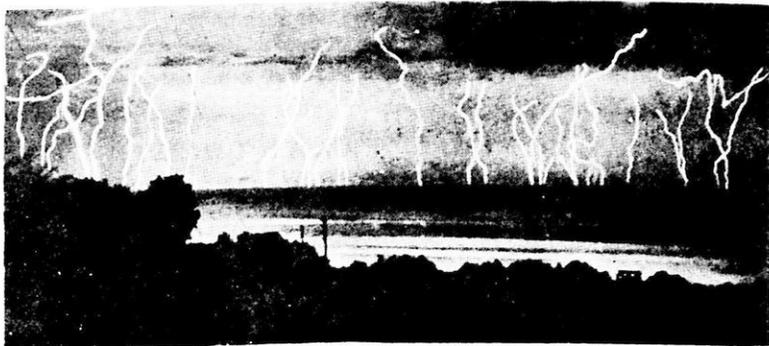
Τομή του κατωτέρου τμήματος της ατμόσφαιρας. T τροπόπαυσις, O στρώμα όζοντος, D στρώμα Ιο-νισμένον, P ήφαιστειακή κόνις, C άνώτατον όριον λυκόφωτος, E στρώμα του Heaviside. Το πολικόν σέλας εμφανίζεται εις ύψος άνω των 150 km.

έξαφανίζονται, διότι συνεχώς αναπληροούνται από νέα φορτία. Δεν είναι ακόμη πλήρως γνωστόν πώς γίνεται ή αναπλήρωσις των φορτίων τούτων. Ός μία σημαντική αιτία τής συνεχούς παραγωγής θετικῶν ιόντων έντός του άέρος και άρνητικῶν ιόντων επί τής επιφανείας του εδάφους θεωροῦνται αί άστραπαί και οί κεραυνοί. Η άστραπή είναι ήλεκτρική εκκένωσις μεταξύ δύο νεφῶν, τά όποια έχουν αντίθετα ήλεκτρικά φορτία. Ο δέ κεραυνός είναι ήλεκτρική εκκένωσις μεταξύ του νέφους και του εδάφους. Η διαφορά δυναμικοῦ μεταξύ νέφους και εδάφους κατά την πτώσιν κεραυνοῦ άνέρχεται εις έκατομμύρια ή δισεκατομμύρια Volt. Η έντασις του ρεύματος, ή άντιστοιχοῦσα εις ένα κεραυνόν άνέρχεται εις 20 000 Ampère. Υπολογίζεται ότι κατά δευτερόλεπτον παράγονται έφ' όλοκληρου του πλανήτου μας 100 κεραυνοί, οί όποιοι μεταφέρουν συνεχώς εις τό εδαφος άρνητικά ήλεκτρικά φορτία, ένῶ συγχρόνως έγκαταλείπονται εις

τὸν ἀέρα θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἐξῆς :

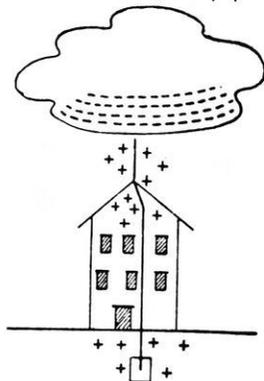
I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικὰ φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας ὑπάρχει ἠλεκτρικὸν πεδίων, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαι εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἷτια συντελοῦν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γηίνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κερανοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἄλεξικέραυον. Ὅταν ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους εὐρίσκεται νέφος, φέρον σημαντικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὁποῖον συγκεντρώνεται εἰς ἐξέχοντα σημεῖα τοῦ ἐδάφους (ὑψηλαὶ οἰκοδομαί, καπνοδόχοι, δένδρα κ.ἄ.). Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς πτώσεως τοῦ κεραυνοῦ ἐπὶ τῶν ὑψηλῶν κτιρίων, ἐφοδιάζομεν αὐτὰ μὲ **ἀλεξικέραυον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὴν ράβδον, ἡ ὁποία καταλήγει εἰς ἀκίδα καὶ συνδέεται δι' ἀγωγοῦ μὲ μεγάλῃν μεταλλικὴν πλάκα εὐρισκομένην εἰς ἀρκετὸν βάθος ἐντὸς τοῦ ἐδάφους. Ὅταν ὁ κεραυνὸς πίπτῃ ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεραυνοῦ, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἔδαφος καὶ οὕτως ἀποφεύγεται βλάβη τοῦ κτιρίου (σχ. 272 καὶ 273).

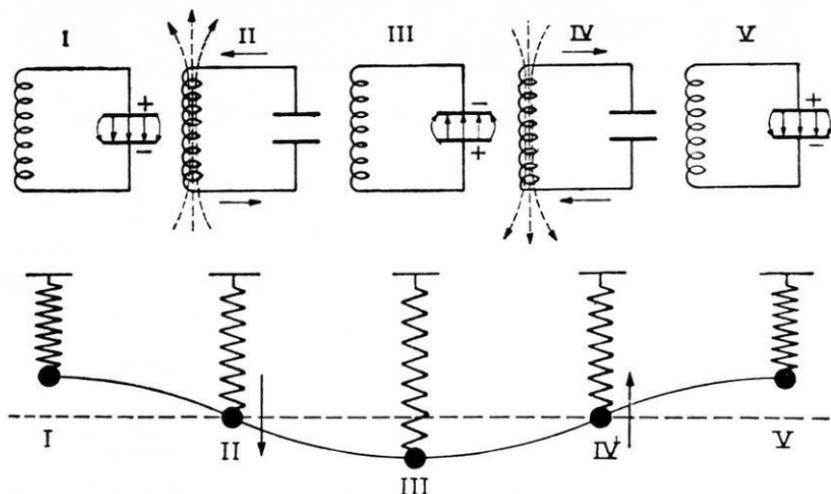


Σχ. 273. Ἄλεξικέραυον

232. Πολικόν σέλας. Καλεῖται πολικόν σέλας ἐν ὀπτικῶν φαινόμενον, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας. Τὸ πολικόν σέλας ἔχει τὴν ὕψιν τεραστίου φωτεινοῦ τόξου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον κρέμονται φωτεινοὶ χρῆσοι (βλ. εἰκ. σελ. 254). Ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ παραγωγὴ τοῦ φωτὸς 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. Ἐλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἡ συχνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τῶν



Σχ. 274. Εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων συμβαίνουν συνεχεῖς μετατροπῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν 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 ύψηλῆς συχνότητος (ἄνω τῶν 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ύψηλῆς συχνότητος 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 τῶν διὰ τοῦ πηνίου, ὁ πυκνωτὴς ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν πεδῖον ἐξασθενίζει. Τὸ παραγόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ πηνίου, παράγει **μαγνητικὸν πεδῖον**. Ὄταν 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 ὁμόροπον 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 ύψηλῆς συχνότητος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

I. Εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον πυκνωτὴν καὶ πηνίον παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἔνεκα τῆς διαρκοῦς μετατροπῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως.

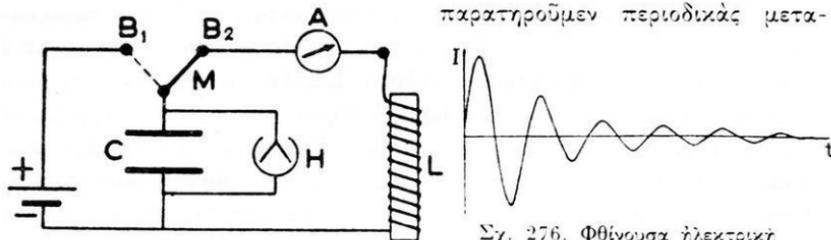
II. Ἡ περίοδος (T) τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον τοῦ Thomson :

$$\text{τύπος τοῦ Thomson : } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

ὅπου C εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ L ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.

234. Φθίνουσαι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν παρατήρησιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 275. Ὁ πυκνωτὴς ἔχει μεγάλην χωρητικότητα C καὶ τὸ πηνίον ἔχει μὲγάλον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L, ὥστε ἡ περίοδος T τῶν ταλαντώσεων νὰ εἶναι ἴση μὲ ἀρκετὰ δευτερόλεπτα. Ὄταν ὁ μεταγωγὸς M φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ

τὸν ἀκροδέκτην B_1 , ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ τὸ ἠλεκτρόμετρον H δεικνύει τὴν τάσιν μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐὰν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸν ἀκροδέκτην B_2 , παρατηροῦμεν περιοδικὰ μετα-



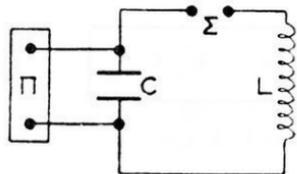
Σχ. 275. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων

Σχ. 276. Φθίνουσα ἠλεκτρικὴ 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 ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις εἶναι φθίνουσαι καὶ πολὺ ταχέως καταρροῦνται (σχ. 276). Διὰ νὰ παραχθῇ νέα σειρά ἠλεκτρικῶν 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 ἀποσβεννυμέναι**.

Διὰ τὴν διαδοχικὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ἀντὶ μεταγωγοῦ, ἢ ἀκόλουθος διάταξις (σχ. 277). Ὁ πυκνωτὴς συνδέεται μετὰ τὸ δευτερεῖον ἑνὸς 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 σπινθὴρ. Ὁ σπινθὴρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μίᾳ ἀποσβεννυμένῃ ἠλεκτρικῇ ταλάντωσις. Ἐὰν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῖον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἶναι $\nu = 50$ Hz,



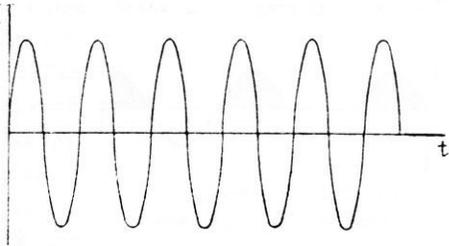
Σχ. 277. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγήν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων

τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθήρες. Είς ἕκαστον σπινθήρα ἀντιστοιχεῖ εἰς συρμὸς ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων. Ἄρα κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοὶ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).

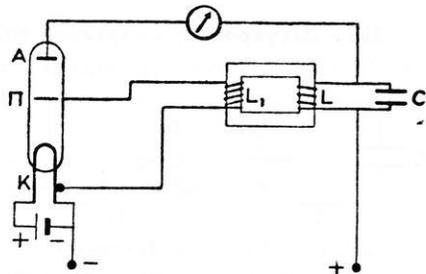


Σχ. 278. Συρμὸς ἀποσβεννυμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων

235. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἰδιαιτέραν ἀξίαν ἔχει σήμερον ἡ παραγωγὴ ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279). Ἡ παραγωγὴ τούτων γίνεται μετὰ τὴν βοήθειαν τῆς τριόδου λυχνίας. Εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας παρεντίθεται τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων (σχ. 280). Τὸ πηνίον L τοῦ κυκλώματος τούτου συνδέεται ἐπαγωγικῶς, μετὰ ἄλλο πηνίον L_1 , τοῦ ὁποίου τὸ ἓν ἄκρον συνδέεται μετὰ τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μετὰ τὴν κάθοδον. Ὄταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αὗται παράγουν ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηνίου L_1 ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς συχνότητος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν περιοδικὰς ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμικοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς περιοδικὰς διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον φορτίζει τὸν πυκνωτὴν.



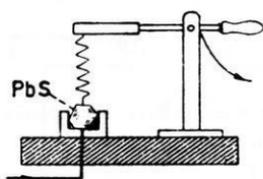
Σχ. 279. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις



Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων

Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὠθήσεις εἰς ἓν ἐκκρεμές ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεων του.

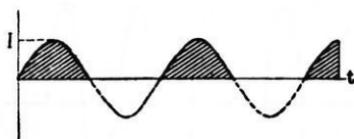
236. Πειραματική απόδειξις τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων,



Σχ. 281. Κρυσταλλικός φωρατής

θῆκης στηριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος.

Ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου στηρίζεται ἐλαφρῶς πιεζοζομένη δι' ἐλατηρίου μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). Ἐὰν διὰ τοῦ συστήματος τούτου διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τότε τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον, ὅταν ἔχη φορὰν ἐκ τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐνῶ κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ συστήματος. Οὕτως ὁ κρυσταλλικός φωρατῆς ἀφήνει νὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ μίαν ἀπόδειξις τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων, αἱ ὁποῖαι διαρρέουσιν ἐν κύκλωμα, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρ πυρακτώσεως. Ἄλλη ἀπλὴ διάταξις εἶναι ὁ κρυσταλλικός φωρατής. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρύσταλλον γαληνίτου (PbS), ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς

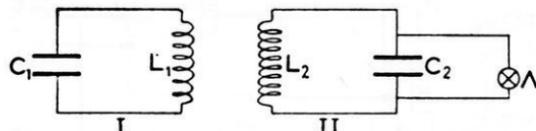


Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος

μόνον ἐκ τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. Ὡστε ὁ κρυσταλλικός φωρατῆς 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 εὑρίσκον-



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 ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχη τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἥτοι ὅταν εἶναι :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

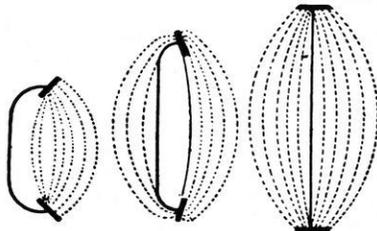
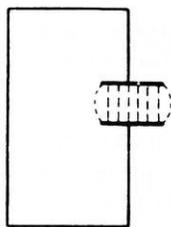
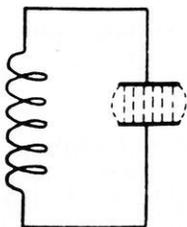
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μεταξύ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει **συντονισμός**. Ὡστε :

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εὐρίσκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον ταλαντώσεως, ὁπότε ἰσχύει ἡ σχέσις :

συνθήκη συντονισμοῦ: $L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Δίπολον τοῦ Hertz. Αἱ ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖαι παράγονται ἐντὸς κλειστοῦ κυκλώματος, δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν παραγωγὴν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἐντὸς δευτέρου κυκλώματος εὐρισκομένου πλησίον τοῦ πρώτου (σχ. 283). Ἡ διέγερσις τοῦ δευτέρου κυκλώματος ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-

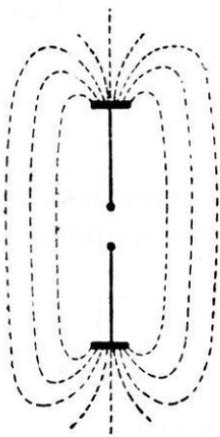


Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηνίου δι' εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ

Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον

τικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται πέριξ τοῦ πρώτου κυκλώματος, διότι τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι ὅμως δυνατὸν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου

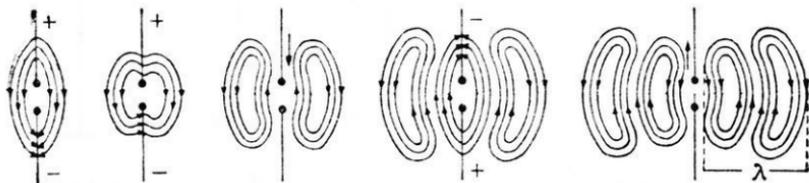
τοῦ πρώτου κυκλώματος. Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ πηνίον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἑνὸς



Σχ. 286. Δίπολον τοῦ Hertz

μόνον ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ, ἕως ὅτου οἱ δύο ὀπλισμοὶ 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 εὐθυγραμμίου ἀγωγόν, ὃ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον ἔχει μικρὰν διακοπὴν (σπινθηριστὴν) καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα καταλήγει ἐλευθέρως ἢ φέρει μικρὰς πλάκας ἢ σφαίρας (σχ. 286). Τὸ ἀνοικτὸν τοῦτο κύκλωμα ταλαντώσεως καλεῖται **δίπολον τοῦ Hertz ἢ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον.**

239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἐντὸς τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τότε τὰ ἄκρα τοῦ διπόλου ἀποκτοῦν 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



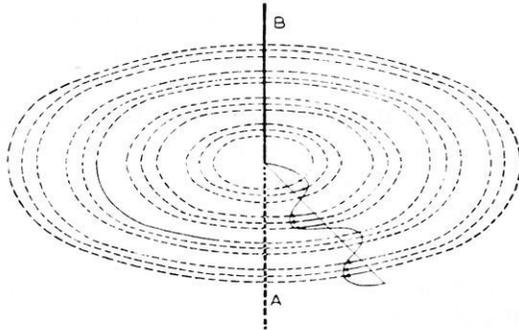
Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου

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 μετὰ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα

του φωτός. Τα δύο αυτά έναλλασσόμενα πεδία είναι άλληλάνοδα και αποτελούν το ηλεκτρομαγνητικόν πεδίων. "Ωστε :

"Εν παλλόμενον ηλεκτρικόν δίπολον περιβάλλεται από έν έναλλασσόμενον ηλεκτρομαγνητικόν πεδίων, τὸ ὁποῖον διαδίδεται με τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις πέριξ τοῦ διπόλου.

Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς έν σημείον Μ τοῦ χώρου, εὑρισκόμενον εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δίπολον (σχ. 289), αἱ ἐντάσεις τοῦ ηλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των, καὶ κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν διάδοσεως τοῦ ηλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ ἐντάσεις τῶν δύο τούτων πεδίων μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς ἐντὸς μιᾶς περιόδου. "Ωστε :

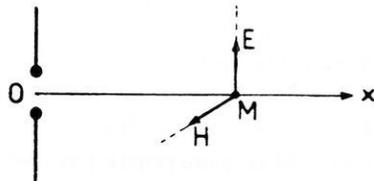


Σχ. 288. Διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου

I. Αἱ ἐντάσεις τοῦ ηλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των.

II. Τὸ διαδιδόμενον ηλεκτρομαγνητικόν πεδίων ἀποτελεῖ τὰ ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

Τὴν δημιουργίαν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πέριξ ἑνὸς διπόλου ἀνεκάλυψεν θεωρητικῶς ὁ Maxwell. Πειραματικῶς ἀπέδειξε τὴν ὕπαρξιν τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὁ Hertz. Σήμερον τὸ ραδιόφωνον ἀποδεικνύει εἰς πᾶσαν στιγμὴν τὴν ὕπαρξιν τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Σχ. 289. Ἡ ἐντασις E τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἡ ἐντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των καὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν OX.

240. Μῆκος κύματος τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὰ

εναλλασσόμενα δύο πεδία, εκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου, ἔχουν τὴν ἴδιαν συχνότητα, τὴν ὁποίαν 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 γνωστὸν, τὴν ἀπόστασιν εἰς τὴν ὁποίαν 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. Ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες :

1) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀνακλῶνται ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν πλακῶν συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

2) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διέρχονται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, διαθλῶνται συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διάθλασεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα ἀδιαφανῆ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἤτοι τὰ σώματα αὐτὰ ἀπορροφοῦν τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἀντιθέτως τὰ διηλεκτρικὰ εἶναι σώματα διαφανῆ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

4) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα παράγουν φαινόμενα συμβολῆς, καὶ παρεμβάσεως, ὅπως συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς.

Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀπέδειξεν ὅτι τὸ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον ἀκτινοβολεῖ ὑπὸ μορφήν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐνέργειαν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀκτινοβολοῦν αἱ φωτεινὰ πηγὰ. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν 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 ἐπί τῶν ὁποίων τὸ ἠλεκτρόνιον δύνανται νὰ μεταπηδᾷ, εἶναι ὠρισμένοι καὶ καλοῦνται **κβαντικά τροχιαί**.

242. Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας. Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ φῶς καὶ αἱ ἀκτίνες Röntgen εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, ἥτοι πολὺ μεγάλης συχνότητος. Οὕτω μὲ τὸν ὄρον **ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία** χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφήν ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἶδη τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας

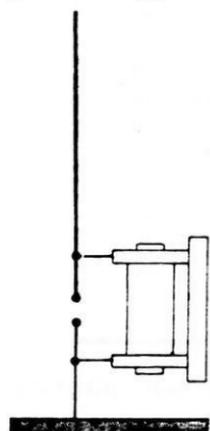
Εἶδος ἀκτινοβολίας		Μήκη κύματος		
Βιομηχανικὰ	κύματα	10^5	ἕως	10^4 km
Τηλεφωνικὰ	»	10^4	ἕως	10^2 km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ	»	10^4	ἕως	10^3 m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα	»	10^3	ἕως	10^2 m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα	»	10^2	ἕως	10 m
Ἵπερβραχέα	»	10	ἕως	1 m
Μικροκύματα		1 m	ἕως	1 mm
Ἵπέρυθροι ἀκτίνες		1 mm	ἕως	1 μ
Ὁρατὸν φῶς		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

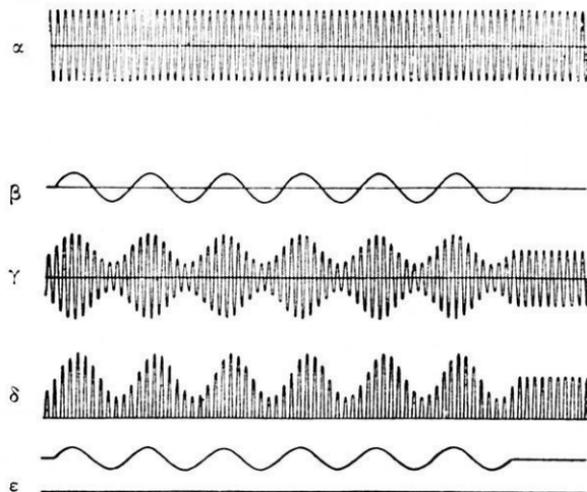
243. Γενικαὶ ἀρχαί. Ἡ ἀσύρματος τηλεπικοινωνία περιλαμβάνει δύο κυρίως κλάδους τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν, ἢ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων καὶ τὴν ἀσύρματον τηλεφωνίαν ἢ ραδιοφωνίαν, ἢ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν ἤχων. Ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία χρησιμοποιεῖ ἀποσβεννυμένας ἢ καὶ 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-

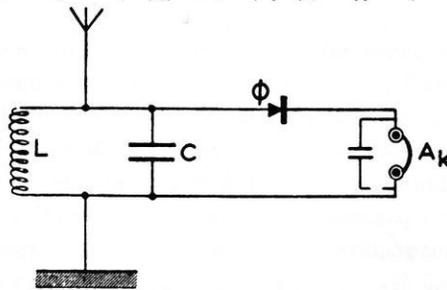
χοι μεταβολαὶ εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ραδιοφωνία. Ὁ πομπὸς



Σχ. 291. Διαμόρφωσις τῶν κυμάτων (α φέρον κύμα, β μικροφωνικὸν ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα, γ διαμορφωμένον κύμα, δ ἀνόρθωσις, ε τὸ ρεῦμα μετὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἔχει τὴν μορφήν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος)

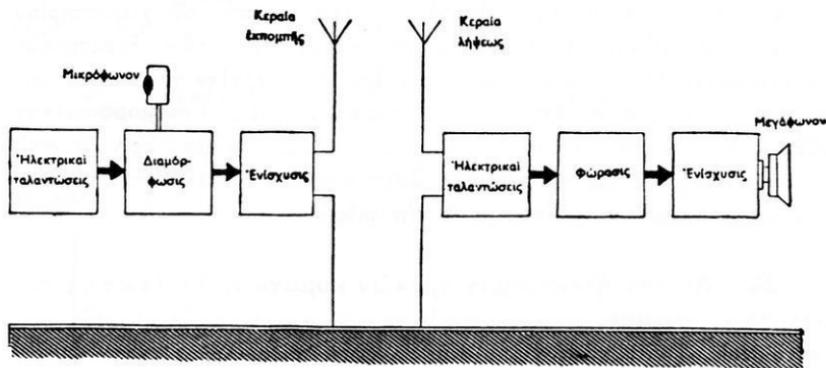
περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σχ. 290). Τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν γῆν. Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐναλλακτῆρες μεγάλης συχνότητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιοῦνται τρίοδοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα $\sigma\tau\alpha\theta\epsilon\rho\alpha\varsigma\ \upsilon\psi\eta\lambda\eta\varsigma\ \sigma\upsilon\chi\nu\acute{o}\tau\eta\tau\omicron\varsigma$ (**φέρον κύμα**). Τὸ κύκλωμα τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται καταλλήλως μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου ἢ μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ ὁποῖου παράγονται οἱ ἤχοι. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ χειριστηρίου ἢ τοῦ μικροφώνου προκαλοῦνται παραμορφώσεις τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Οὕτω τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὴν κεραίαν ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα φέρουν ἀντιστοιχοῦς παραμορφώσεις (**διαμορφωμένον κύμα**). Εἰς τὸ σχῆμα 291α δεικνύεται τὸ φέρον 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 ὁποία συνδέεται μὲ κύκλωμα ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Τοῦτο εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ πομποῦ. Ὁ δέκτης πρέπει νὰ μετατρέψῃ τὰς ὑψηλῆς συχνότητος διαμορφωμένας ἠλεκτρικὰς 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 πλᾶξ τοῦ ἀκουστικοῦ θὰ μείνῃ ἀκίνητος, διότι δὲν δύναται νὰ παρακολουθήσῃ τὰς τόσον ταχείας μεταβολὰς τοῦ ρεύματος. Ἐξ ἄλλου αἱ συχνότητες αὐταὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ ἀκουστοὺς ἤχους. Ἡ δυσκολία αὕτη αἴρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μὲ κρυσταλλικὸν φωρατὴν (Φ) καὶ ἀκουστικὰ (Ak)

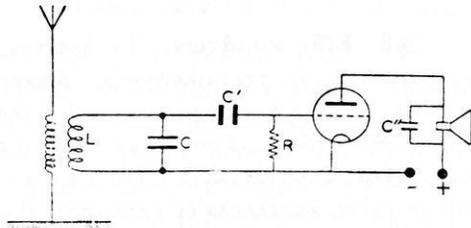
μεν **φωρατήν**, ὁ ὁποῖος προκαλεῖ **άνορθωσιν** τῶν διαμορφωμένων ἤλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστέρα **άνορθωτικὴ διάταξις** εἶναι ὁ **κρυσταλλικὸς φωρατῆς** (σχ. 292). Ὁ φωρατῆς ἐπιτυγχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἤλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ρεῦμα ἔχον σταθερὰν φοράν, ἀλλὰ μεταβαλλομένην ἔντασιν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς πλακῶς τοῦ ἀκουστικοῦ. Εἰς τὴν **ἀσύρματον τηλεγραφίαν** ἢ μετάδοσιν τῶν μουσικῶν σημάτων (παῦλαι καὶ τελεῖαι) γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ χειριστήριου, 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 ἤχον σταθεροῦ ὕψους μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὴν **ραδιοφωνίαν**, διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῶν μεταδομένων συνθέτων ἤχων, χρησιμοποιοῦνται ἀκουστικὰ ἢ μεγάφωνα. Εἰς τὸ σχῆμα 291 δεικνύονται : α) τὸ φέρον κύμα πρὸ τῆς διαμορφώσεως, β) ἡ περιοδικὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ἀπλοῦν ἤχον, γ) ἡ διαμορφωμένη ταλάντωσις, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτη, δ) ἡ ἀνόρθωσις, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ὁ φωρατῆς. Ἡ γραμμὴ ε εἰς τὸ ἀνορθωμένον 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 ἤχον. Εἰς τὸ σχῆμα 293 δεικνύεται ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ ραδιοφωνία.

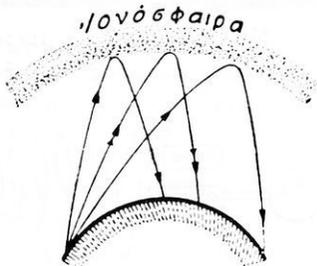
246. Ραδιόφωνον. Σήμερον εις τούς ραδιοφωνικούς δέκτας χρησιμοποιούνται ως φωραταί αι τρίοδοι ηλεκτρονικά λυχνία. Οί τοιοῦτοι δέκται καλοῦνται **ραδιόφωνα**. Εἰς τὸ σχῆμα 294 δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία ἐνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν. Λί ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας δημιουργοῦν τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα, εἶναι γενικῶς πολὺ ἀσθενεῖς. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν **ἐνισχυτάς**, οἱ ὁποῖοι παρεμβάλλονται εἴτε πρὸ τοῦ φωρατοῦ, εἴτε μετὰ τὸν φωρατῆν. Ὡς ἐνισχυταὶ χρησιμοποιοῦνται γενικῶς κατάλληλοι ηλεκτρονικαὶ λυχνία.



Σχ. 294. Ἀπλοῦν ραδιόφωνον μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν

Τελευταίως ἀντὶ τῶν ηλεκτρονικῶν λυχνιῶν χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα οἱ **τρανσίστορ**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν τεμάχιον ἢ μί α γ ω γ ο ὕ (γερμάνιον ἢ πυρίτιον). Οἱ τρανσίστορ ἔχουν μικρὸν ὄγκον, μεγάλην ἀπόδοσιν καὶ πολὺ εὐκόλον κατασκευῆν.

247. Διάδοσις τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ, δύνανται νὰ διακριθοῦν εἰς δύο τμήματα: α) Τὰ **κύματα ἐπιφανείας**, τὰ ὁποῖα διαδίδονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, καὶ β) τὰ **κύματα χώρου**, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς κεραίας πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ κύματα ἐπιφανείας ἀπορροφῶνται τόσον περισσότερον, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ μῆκος κύματος. Τὰ κύματα χώρου εἰς ὕψος 100 km περίπου ὑφίστανται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας (§ 230), ἡ ὁποία εἶναι ἰονισμένον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαιρας συμπεριφερόμενον ὡς ἀγωγὸς (σχ. 295). Τὰ ἀνακλώμενα κύματα



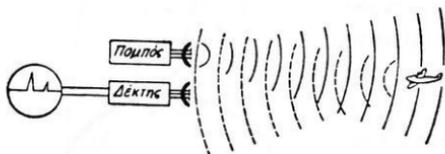
Σχ. 295. Ἀνάκλασις τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας

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 ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας καὶ εἶναι κατάλληλα διὰ μετάδοσιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. β) Τὰ μεσαῖα κύματα ($\lambda = 200$ ἕως 600 m) εἶναι κατάλληλα δι' ἐκπομπάς, αἱ ὁποῖαι προορίζονται διὰ μικρὰς σχετικῶς ἀποστάσεις. γ) Τὰ βραχέα κύματα ($\lambda = 10$ ἕως 200 m) παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, εἶναι ὅμως κατάλληλα δι' ἐκπομπάς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Εἰς τὰ βραχέα κύματα τὰ κύματα χώρου ὑφίστανται διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καὶ τοῦ ἐδάφους χωρὶς σημαντικὴν ἑξασθένησιν. Οὕτω φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. δ) Τὰ ὑπερβραχέα κύματα ($\lambda < 10 \text{ m}$) δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καὶ ἡ διάδοσις αὐτῶν γίνεται ἀποκλειστικῶς διὰ κυμάτων ἐπιφανείας. Ἡ διάδοσις τῶν ὑπερβραχέων κυμάτων εἶναι σχεδὸν εὐθύγραμμος καὶ ὁμοιάζει μὲ τὴν τοῦ φωτός. ε) Τὰ μικροκύματα ($\lambda = 0,1 \text{ cm}$ ἕως 1 m) διαδίδονται εὐθυγράμμως, ὅπως ἀκριβῶς καὶ τὸ φῶς. Οὕτω δύνανται νὰ ἀποτελέσουν κατευθυνομένας δέσμας, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰς φωτεινάς δέσμας.

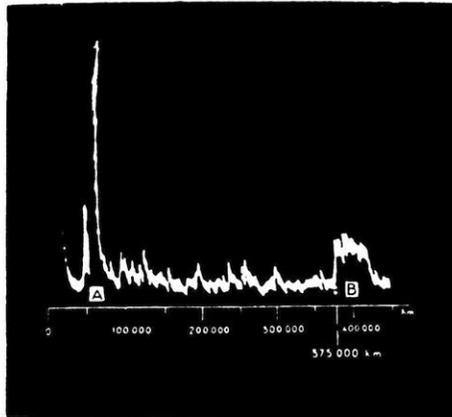
249. Ραντάρ. Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ ραντάρ. Τοῦτο εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἀποκαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἀντικειμένων εὐρισκομένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα πομπὸν μικροκυμάτων καὶ ἀπὸ ἕνα δέκτην (σχ. 296). Ἡ κεραία τοῦ πομποῦ καὶ ἡ κεραία τοῦ δέκτου εὐρίσκονται εἰς τὴν ἐ-



Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ

στίαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς $\frac{1}{1000}$ τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ

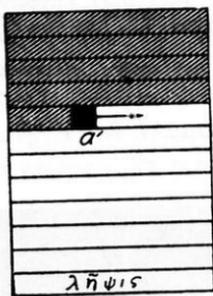
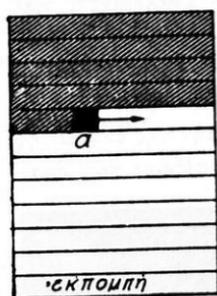
συρμοὶ μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἐκάστου συρμοῦ διαρκεῖ ἐπὶ $\frac{1}{1\,000\,000}$ τοῦ δευτερολέπτου. Τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ὅταν προσπέσουν ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν ἀνακλῶνται καὶ ἐπιστρέφουν εἰς τὸν δέκτην. Οὗτος περιλαμβάνει κατάλληλον ἐνισχυτὴν καὶ σωλῆνα Braun (§ 224). Ὅταν ὁ πομπὸς δὲν ἐκπέμπῃ μικροκύματα, ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἢ φωτεινῆς κηλὸς διαγράφει ταχύτατα μίαν ὀριζοντίαν γραμμὴν. Κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς τῶν μικροκυμάτων, ὅπως καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφίξεως τῶν ἀνακλασθέντων μικροκυμάτων εἰς τὸν δέκτην, ἡ φωτεινὴ κηλὸς ἐκτρέπεται ἀποτόμως καὶ οὕτω ἐμφανίζονται δύο αἰχμαί, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ πρώτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ ἡ δευτέρα εἰς τὴν ἀφίξιν τῶν μικροκυμάτων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο αἰχμῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος μεσολαβεῖ μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως τῶν μικροκυμάτων. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου ἀνακλῶνται τὰ μικροκύματα. Οὕτως ἢ μεταξὺ τῶν δύο αἰχμῶν ἀπόστασις παρέχει ἐπὶ κλίμακος τὴν ἀπόστασιν τοῦ στόχου ἀπὸ τὸν πομπόν. Τὰ μικροκύματα διέρχονται διὰ μέσου τῶν νεφῶν, τῆς ὁμίχλης καὶ τοῦ θαλασσοῦ ὕδατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέσου τῆς ἰονοσφαιρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὁποῖα ἐξεπέμφθησαν πρὸς τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν δέκτην τοῦ ραντάρ (σχ. 297).



Σχ. 297. Τὰ κατευθυνθέντα πρὸς τὴν Σελήνην μικροκύματα, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπ' αὐτῆς, ἐπέστρεψαν εἰς τὴν Γῆν καὶ κατεγράφησαν εἰς τὸν δέκτην.

250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία. Ἡ δι' ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μεταβίβασις εἰκόνων προσώπων ἢ ἀντικειμένων ἐν κινή-

σει καλεῖται **τηλεόρασις**, ἡ δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο ὅμως περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν

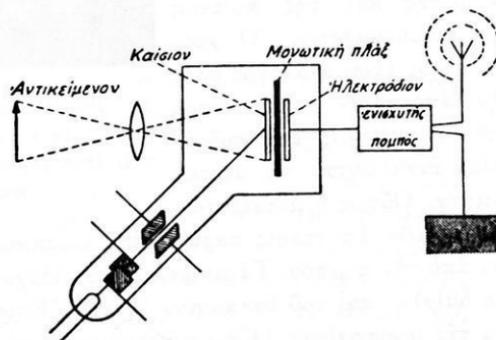


Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς

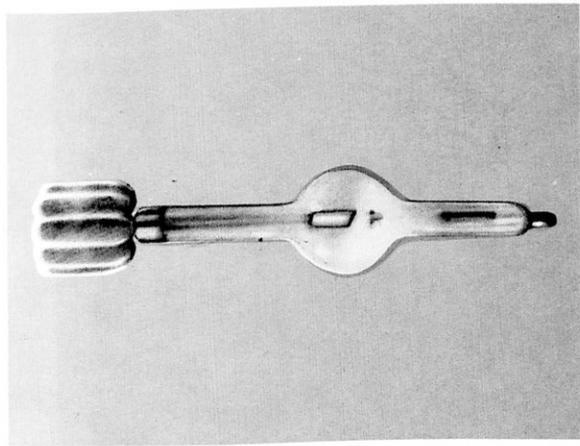
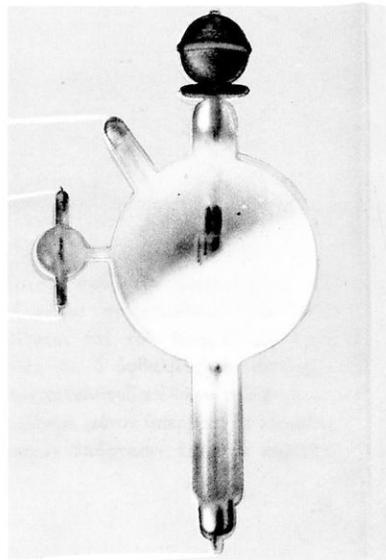
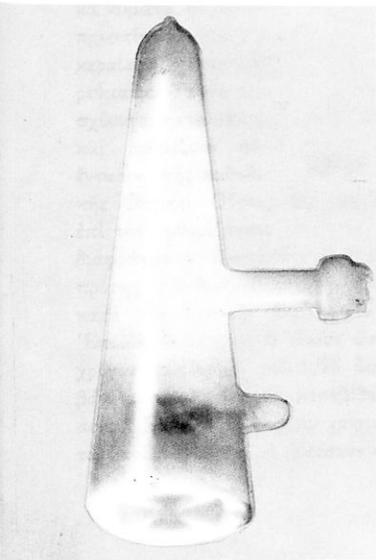
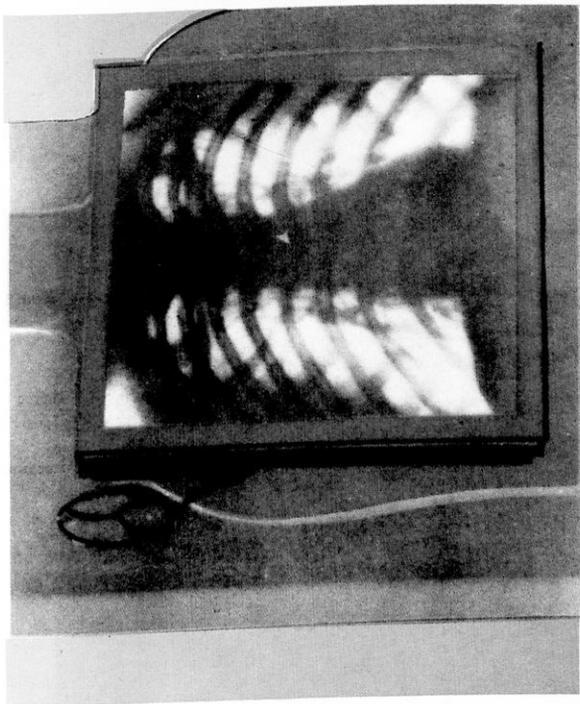
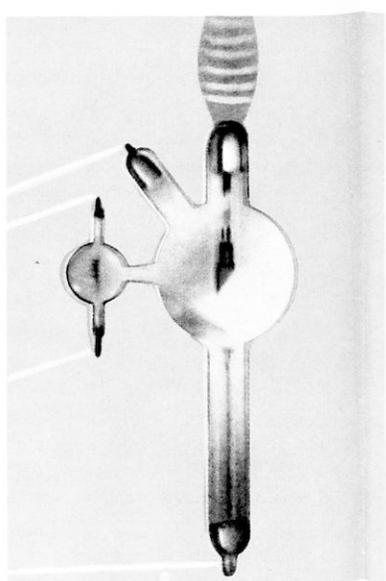
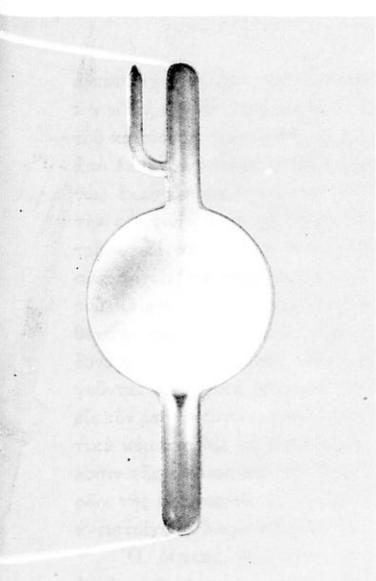
ἢ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διαιρεῖται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζώναι « σαρώνονται » ἢ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὁλοκλήρου τῆς εἰκόνας γίνεται ταχύτατα. 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).

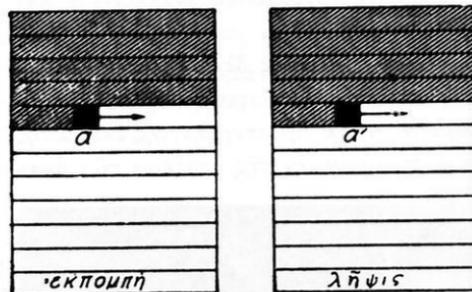
α) **Τηλεόρασις**. Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνας εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **εἰκονοσκόπιον τοῦ Zworykin**. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὃ ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικόν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 229). Ἡ μία ἐπιφάνεια τῆς πλακῆς ἔχει καλυφθῆ με πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καισίου, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακῆς 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 ὁμοῦ περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο

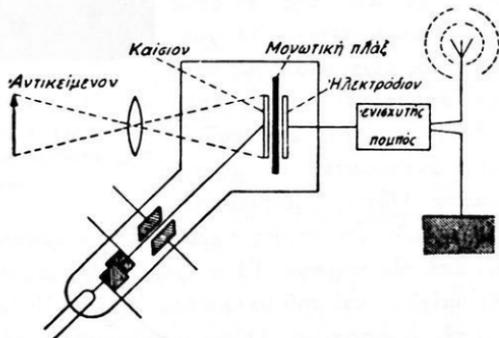


Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς

ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διακρίνεται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζώναι « σαρώνονται » ἢ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὁλόκληρου 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 ἀναπαράγῃ 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 πλακῶς ἔχει καλυφθῆ με πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καυσίου, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακῶς καλύπτεται με μεταλλικὴν πλάκα (ἠλεκτρόδιον). Οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καυσίου καὶ τὸ



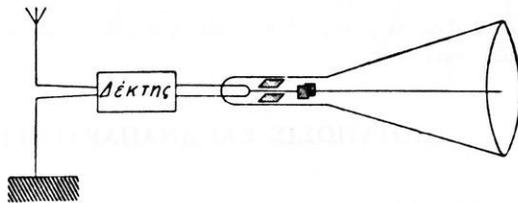
Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεόρασεως

Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Rontgen

1. Σωλὴν τοῦ Crookes με σκιάν ἑνὸς σταυροῦ
2. Παλαιὸς τύπος σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen
3. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' ὕδατος
4. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' ἀέρος
5. Σωλὴν τοῦ Coolidge
6. Ἐξέτασις θώρακος με τὴν βοήθειαν τοῦ φοριζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις)

ἀντίστοιχον τμήμα τοῦ ἠλεκτροδίου ἀποτελεῖ μικρότατον πυκνωτήν. Μὲ τὴν βοήθειαν φακοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ στρώματος τοῦ καισίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνας. Τότε ἀπὸ ἕκαστον τεμάχιον τοῦ καισίου ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καισίου ἀποκτᾷ θετικὸν φορτίον, ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἣ ὅποια ἔπесεν 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 ἐξουδετερώνουν τὸ θετικὸν φορτίον ἐκάστου τεμαχίου καισίου. Αὕτῃ ἡ ἐξουδετέρωσις ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐκκένωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθῶν, διαβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, ὅπου διαμορφώνουν τὰ ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Μὲ τὸ εἰκονοσκόπιον ἐπιτυγχάνομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνας καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν μετατροπὴν τῶν φωτεινῶν διαφορῶν τῆς εἰκόνας εἰς διαφορὰς ἐντάσεως ρεύματος, αἱ ὅποιαὶ προκαλοῦν ἀντιστοίχους διαμορφώσεις τοῦ φέροντος κύματος.

Ὁ δέκτης τηλεοράσεως εἶναι συνήθης ραδιοφωνικὸς δέκτης, ὁ ὅποιος συνδέεται μὲ 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 δέκτου τηλεοράσεως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος 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 ὀλόκληρος 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 τηλεοράσιν χρησιμοποιοῦνται μόνον ὑπερβραχεὰ κύματα, τὰ ὅποια δύναται 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 μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν ἡ σάρωσις τῆς εἰκόνας εἶναι πολὺ βραδυτέρα. Εἰς τὸν δέκτην ἡ εἰκὼν ἀποτυπώνεται ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῶς. Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν χρησιμοποιοῦνται τὰ συνήθη ραδιοφωνικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν. Ἡ τηλεφωτογραφία ἐφαρμόζεται σήμερον εὐρύτατα ὑπὸ τῆς δημοσιογραφίας διὰ τὴν ταχεῖαν μετάδοσιν φωτογραφιῶν ἐπικαίρων γεγονότων.

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 ἐκπομαί 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 ;

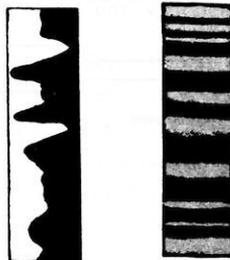
ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὅμιλῶν κινήματογράφος. Εἰς τὸν ὀμιλοῦντα κινήματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς κινήματογραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ἤχων. Γενικῶς ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἤχου καλεῖται **φωνοληψία**. Διὰ νὰ ἀποτυπωθῇ ὁ ἤχος ἐπὶ τῆς κινήματογραφικῆς ταινίας, πρέπει ὁ ἤχος νὰ μετατραπῇ εἰς φῶς. Ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται εὐκόλως κατὰ τὴν ἐξῆς σειράν :

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 αὐταὶ 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.

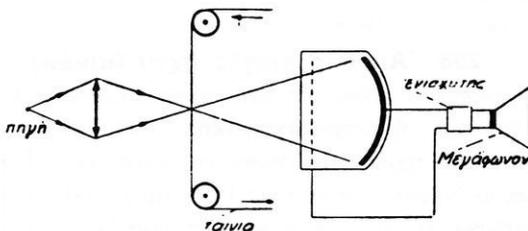


Σχ. 301. Ὁ ἦχος καταγράφεται ὑπὸ μορφὴν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαραχθῇ ὁ καταγραφεὶς ἦχος. Ἡ ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἤχου γίνεται κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν :

φῶς → ἠλεκτρικὸν ρεῦμα → ἦχος

Ἡ μετατροπὴ τοῦ φωτός εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου. Ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται μεταξύ μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου (σχ. 302). Ἡ ἔντασις τῶν φωτοηλεκτρικῶν ρευμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς ταινίας.

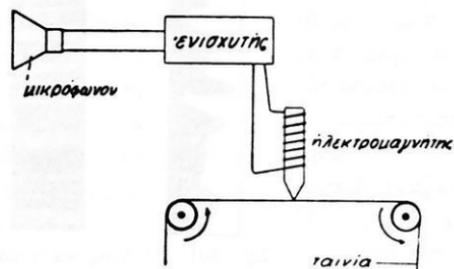


Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἤχων εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον

Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ ὄπισθεν τῆς ὀθόνης εὐρίσκόμενον μεγάρωνον, τὸ ὁποῖον μετατρέπει τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἦχον.

252. Μαγνητόφωνον. Τελευταίως ἀνεπτύχθη νέος τρόπος καταγραφῆς τοῦ ἤχου. Ἡ καταγραφὴ τοῦ ἤχου γίνεται ἐπὶ χαλυβδίνης ταινίας ὑπὸ τὴν μορφὴν περιοχῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν μαγνητίσεως. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἤχου ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὁμαλῶς ἔμπροσθεν τοῦ πόλου ἐνὸς ἠλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μι-

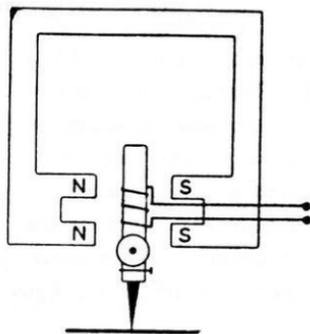
κροφώνου, τὸ ὁποῖον ἔχει προσηγουμένως ἐνισχυθῆ. Ἡ διερχομένη ἔμπροσθεν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου χαλυβδίνης ταινία μαγνητίζεται, ἀλλ'



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου

ροντος πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηνίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος. Ἡ συσκευή τῆς ταινίας καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἤχου καλεῖται **μαγνητόφωνον**.

253. Ἀναπαραγωγὸς ἤχου (πικάπ). Ὁ ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφεὶς ἦχος ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἣ ὁποία καλεῖται **ἠλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἤχου**. Ἡ συσκευή αὕτη καλεῖται κοινῶς πικάπ (Pick-up) καὶ μετατρέπει τὰς μηχανικὰς ταλαντώσεις τῆς βελόνης τοῦ γραμμοφώνου εἰς ἀντίστοιχα ἠλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ βελὼνὴ εἶναι στερεωμένη εἰς μικρὰν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἣ ὁποία δύναται νὰ μετακινήται 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 ἀνά κυβικὸν ἑκατοστόμετρον). Ἐντὸς τοῦ μετάλλου τὰ ἠλεκτρόνια κινοῦνται συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς κινητικῆς θεωρίας τῶν ἀερίων. Ὑπὸ 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 ἀποκοτῶν κινήτικὴν 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 ὠρισμένας ιδιότητας τῶν μετάλλων οὔτε νὰ ἐρμηνεύσῃ τὴν διάκρισιν τῶν στερεῶν εἰς ἀγωγούς, μονωτὰς καὶ ἡμιαγωγούς. Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη διεμορφώθη ἡ **θεωρία τῶν στερεῶν**, ἡ ὁποῖα ἐρμηνεύει πλήρως τὰς ἠλεκτρικὰς ιδιότητας τῶν στερεῶν. Ὅλα τὰ στερεὰ σώματα εἶναι γενικῶς **κρυσταλλικὰ σώματα**. Κάθε κρύσταλλος ἔχει ὠρισμένην ἐσωτερικὴν δομὴν, ἡ ὁποῖα 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 $100 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ καὶ **αὐξάνεται** μετὰ τῆς θερμοκρασίας. β) Οἱ μονωταὶ ἢ διηλεκτρικὰ ἔχουν εἰδικὴν ἀντίστασιν μεγαλυτέραν ἀπὸ $10^{10} \Omega \cdot m$, ἡ ὁποῖα **ἐλαττώνεται** μετὰ τῆς θερμοκρασίας. γ) Οἱ ἡμιαγωγοὶ ἔχουν εἰδικὴν ἀντίστασιν, ἡ ὁποῖα κυμαίνεται ἀπὸ 10^{-1} ἕως

$10^4 \Omega \cdot m$ και ή όποία **ελαττώνεται** μετά τής θερμοκρασίας, όπως και εις τούς μονωτάς. "Ωστε :

Οί άγωγοί (δηλ. τά μέταλλα) έχουν μικράν ειδικήν αντίστασιν, ή όποία **αυξάνεται** μετά τής θερμοκρασίας. **Αντιθέτως οί μονωταί και οί ήμιαγωγοί** έχουν μεγάλην ειδικήν αντίστασιν, ή όποία **ελαττώνεται** μετά τής θερμοκρασίας.

256. Άγωγοί, μονωταί, ήμιαγωγοί. Θα εξετάσωμεν στοιχειωδώς τήν διάκρισιν τών στερεών εις τās άνωτέρω τρεΐς κατηγορίας.

α) **Οί άγωγοί.** Εις τούς άγωγούς, δηλ. τά μέταλλα, τά ηλεκτρόνια σθένους είναι εύκίνητα (έλεύθερα ηλεκτρόνια) και υπό τήν επίδρασιν έξωτερικού ήλεκτρικού πεδίου άποκτοϋν επιτάχυνσιν. Τότε τά ηλεκτρόνια σθένους άποκτοϋν μεγαλυτέραν ένέργειαν. Υπό τήν επίδρασιν τοϋ έξωτερικού πεδίου τά ηλεκτρόνια κινούνται διά μέσου τοϋ στερεοϋ και διαρκώς συγκρούονται με τά θετικά ίόντα τοϋ κρυσταλλικού πλέγματος (θερμανσις τοϋ άγωγοϋ). "Όταν αυξάνεται ή θερμοκρασία τοϋ μετάλλου, τότε αυξάνεται τó πλάτος τής ταλαντώσεως τήν όποίαν έκτελοϋν περι τήν θέσιν τής ισορροπίας των τά θετικά ίόντα τοϋ κρυστάλλου (θερμική κίνησις). Κατά συνέπειαν αυξάνεται και ó αριθμός τών συγκρούσεων τοϋ κινουμένου ήλεκτρονίου με τά θετικά ίόντα τοϋ μετάλλου. Αϋτή όμως ή αύξησις τοϋ αριθμοϋ τών συγκρούσεων τοϋ ήλεκτρονίου αντίστοιχει **εις αύξησιν τής αντίστάσεως** τοϋ άγωγοϋ.

β) **Οί μονωταί.** Εις ένα άπολύτως καθαρόν κρύσταλλον μονωτοϋ, εύρισκόμενον εις πολϋ χαμηλήν θερμοκρασίαν όλα τά ηλεκτρόνια σθένους είναι δεσμευμένα από τó ήλεκτρικόν πεδίο τοϋ πυρῆνος τοϋ άτομου. Εις τόν κρύσταλλον δέν υπάρχουν εύκίνητα ηλεκτρόνια και διά τοϋτο ó κρύσταλλος δέν παρουσιάζει άγωγιμότητα. "Όταν όμως αυξάνεται ή θερμοκρασία τοϋ κρυστάλλου, τότε **ελάχιστα ηλεκτρόνια** σθένους, προσλαμβάνοντα ένέργειαν, **άποδεσμεϋονται** από τήν έλξιν τοϋ πυρῆνος και γίνονται **ελεύθερα ηλεκτρόνια**. Υπό τήν επίδρασιν έξωτερικού ήλεκτρικού πεδίου τά ηλεκτρόνια αϋτά σχηματίζουν έν ασθενέστατον ρεύμα. Η άγωγιμότης τοϋ κρυστάλλου **αυξάνεται** μετά τής θερμοκρασίας, διότι τότε αυξάνεται και ó αριθμός τών ήλεκτρονίων σθένους τά όποία άποδεσμεϋονται.

γ) **Οί ήμιαγωγοί.** Συνήθεις ήμιαγωγοί είναι τὸ γερμάνιον καὶ τὸ πυρίτιον. Εἰς ἓνα ἀπολύτως καθαρὸν κρυστάλλον ήμιαγωγοῦ, εὐρισκόμενον 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 ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου.

Ὅταν ἐν ήλεκτρόνιον σθένους ἐγκαταλείψῃ τὴν θέσιν του, τότε εἰς τὸ κρυσταλλικὸν πλέγμα δημιουργεῖται μία « κενὴ θέσις » ήλεκτρονίου, ἢ ὁποία ὀνομάζεται **ὀπή**. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἔλλειψις ήλεκτρονίου ἀπὸ τὴν θέσιν αὐτὴν, δηλ. ἡ ὀπή, ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐν **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 = $2,36 \cdot 10^{13}$ 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 ὁποία 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 τετηγμένον 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 ἐνὸς τρισθενοῦς στοιχείου (B, Al, Ga), τὰ ὁποῖα ἔχουν τρία ἠλεκτρόνια σθένους, τότε ἔχομεν ἓνα **ἡμιαγωγόν 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, τρανσίστορ ἢ κρυσταλλοτρίοδοι κ.ἄ.).

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

257. Τὸ ἠλεκτρόνιον κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων. Εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦμεν σήμερον ἠλεκτρονικοὺς σωλῆνας, εἰς τοὺς ὁποίους ἀπὸ τὴν διαπυρωμένην κάθοδον ἐξέρχονται ἠλεκτρόνια. Γνωρίζομεν ὅτι εἰς τὸν σωλῆνα τοῦ Crookes αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες εἶναι ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἀποσπῶνται ἀπὸ τὰ ἄτομα τοῦ ἀερίου. Εἰς τὸ φωτοκύτταρον ἀπὸ τὸ μέταλλον τῆς καθόδου ἀποσπῶνται ἠλεκτρόνια.

Ἀπὸ διάφορα λοιπὸν φαινόμενα ἀπεδείχθη ὅτι εἰς ὠρισμένας περιπτώσεις ἀπὸ τὸ ἄτομον τῆς ὕλης ἀποσπᾶται ἓν στοιχειῶδες σωματιδίου, τὸ ἠλεκτρόνιον. Ἄρα τὸ ἠλεκτρόνιον εἶναι κοινὸν συστατικὸν ὅλων τῶν ἀτόμων. Μὲ διαφόρους μεθόδους ἐμετρήθησαν ἡ μᾶζα του καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον του. Τοῦτο εὐρέθη ὅτι εἶναι ἴσον μὲ ἓν ἀρνητικὸν στοιχειῶδες φορτίον ($-e$).

μᾶζα ἠρεμίας ἠλεκτρονίου	:	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
ἠλεκτρικὸν φορτίον ἠλεκτρονίου	:	$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$

258. Ἡ μονὰς ἐνεργείας ἠλεκτρονιοβόλτ. Ὄταν ἓν ἠλεκτρόνιον ἐπιταχύνεται ὑπὸ τάσιν U , τότε ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν $E = e \cdot U$. Ἐὰν εἶναι $U = 1 \text{ V}$, τότε τὸ ἠλεκτρόνιον ἀποκτᾷ 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 ἠλεκτρονιοβόλτ, 1eV (électron-Volt). Ὡστε 1 ἠλεκτρονιοβόλτ, εἶναι ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἓν ἠλεκτρόνιον ($1e$), ὅταν ἐπιταχύνεται ὑπὸ τάσιν ἐνὸς βόλτ (1 V), ἤτοι

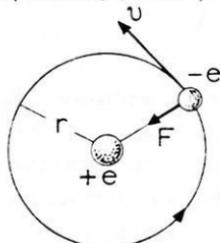
$$1 \text{ ἠλεκτρονιοβόλτ} : 1 \text{ eV} = 1 e \cdot 1 \text{ V} \quad \text{ἢ} \quad 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται και τὰ πολλαπλάσια αὐτῆς τῆς μονάδος, ἴτοι :

τὸ 1 Μεγα-ἠλεκτρονιοβόλτ : $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$

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, ἢ 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, ἴτοι εἶναι $+11e$.

Ὄνομάζεται **ἀτομικός ἀριθμός Z** ἑνὸς στοιχείου ὁ ἀριθμὸς τῶν θετικῶν στοιχειωδῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρει ὁ πυρῆν ἐκάστου ἀτόμου τοῦ στοιχείου τούτου. Οὕτω διὰ τὸ ὕδρογόνον εἶναι $Z = 1$, διὰ τὸ νάτριον εἶναι $Z = 11$, διὰ τὸν χαλκὸν εἶναι $Z = 29$ κ.ο.κ. Διὰ τὸ οὐράνιον εἶναι $Z = 92$. Ἄρα ὁ ἀτομικὸς πυρῆν οὐρανίου φέρει θετικὸν φορτίον $+92e$. Συνεπῶς, ὅταν τὸ ἄτομον οὐρανίου εἶναι οὐδέτερον, περίξ τοῦ πυρῆνος περιφέρονται 92 ἤλεκτρόνια. Ὡστε :

Δι' ἕκαστον οὐδέτερον ἄτομον ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z δεικνύει τὸν ἀριθμὸν τῶν θετικῶν στοιχειωδῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρει ὁ πυρῆν, ἐπίσης δὲ δεικνύει καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν ἤλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται περίξ τοῦ πυρῆνος.

261. Ἡ κατανομή τῶν ἤλεκτρονίων περίξ τοῦ πυρῆνος. Μόνον τὸ ἄτομον ὕδρογόνου ἔχει ἓν ἤλεκτρόνιον (σχ. 156). Εἰς τὸ ἄτομον ἡλίου ($Z = 2$) περίξ τοῦ πυρῆνος του περιφέρονται δύο ἤλεκτρόνια ἐπὶ τροχιῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὴν αὐτὴν ἀκτίνα (σχ. 157). Αἱ τροχιαὶ ὅμως αὗται δὲν εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου. Λέγομεν ὅτι τὰ δύο ἤλεκτρόνια τοῦ ἀτόμου ἡλίου εὐρίσκονται εἰς τὸν αὐτὸν φλοιὸν. Τὸ ἄτομον ὀξυγόνου ἔχει 6 ἤλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα κατανέμονται εἰς δύο φλοιούς, ἐνῶ τὰ 11 ἤλεκτρόνια τοῦ ἀτόμου νατρίου κατανέμονται εἰς τρεῖς φλοιούς (σχ. 157). Γενικῶς, ὅταν τὸ ἄτομον ἔχη περισσότερα ἀπὸ δύο ἤλεκτρόνια, τότε ἐπὶ τῆ βάσει μιᾶς θεμελιώδους ἀρχῆς τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς (ἀρχὴ τοῦ Pauli) τὰ ἤλεκτρόνια κατανέμονται εἰς συγκεντρικὸς φλοιούς, οἱ ὁποῖοι χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα K, L, M, N, O, P, Q. Τὰ ἤλεκτρόνια τὰ ὁποῖα ἀνήκουν εἰς τὸν ἐξωτερικὸν φλοιὸν ὀνομάζονται **ἤλεκτρόνια σθένους**.

262. Στοιχειώδης μελέτη τοῦ ἀτόμου ὕδρογόνου. Αἱ δύο συνθήκαι τοῦ Bohr. Τὸ φάσμα ὕδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ ὠρισμένας φασματικὰς γραμμάς, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἀντιστοιχεῖ εἰς μίαν ἀκτινοβολίαν ὠρισμένης συχνότητος. Ὡστε τὸ ἄτομον ὕδρογόνου δύναται νὰ ἐκπέμψῃ μόνον **ὠρισμένας ἀκτινοβολίας**, αἱ ὁποῖαι ἔχουν συχνότητας $\nu_1, \nu_2, \nu_3 \dots$. Σύμφωνα μὲ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα πρέπει νὰ συμπεράνωμεν ὅτι τὸ ἄτομον ὕδρογόνου δύναται νὰ ἐκπέμψῃ μόνον **ὠρισμένα φωτόνια**, τὰ ὁποῖα μεταφέρουν ἐνέργειαν $h\nu_1, h\nu_2, h\nu_3 \dots$. Ὁ Bohr, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φάσμα ἐκπομπῆς τοῦ ὕδρογόνου, διετύ-

πωσε δύο άρχάς, αί όποιαί όνομάζονται **συνθήκαι του Bohr** και αί όποιαί έπιβεβαιώνονται πειραματικώς.

α) **Πρώτη συνθήκη του Bohr.** Είς τό άτομον ύδρογόνου τό ήλεκτρόνιον δύναται νά περιφέρεται περίξ του πυρήνος **μόνον έπί όρισμένων έπιτρεπομένων τροχιών (κβαντικά τροχιαί).**

Ή κβαντική τροχιά, μέ την μικροτέραν δυνατήν άκτίνα, καλεΐται **θεμελιώδης τροχιά.** Ή άκτις αύτης είναι $r_1 \approx 0,5 \text{ \AA}$. Αί άκτίνες των άλλων κβαντικών τροχιών δίδονται από την σχέση $r = n^2 \cdot r_1$, όπου n είναι άκέραιος αριθμός, ό όποιος δύναται νά λάβη τας τιμάς από έν έως άπειρον. Ό αριθμός n καλεΐται **κύριος κβαντικός αριθμός.**

Τό ήλεκτρόνιον, ένεκα τής ταχύτητός του, έχει **κινητική** ένεργειαν $E_{κιν}$ και έπειδή εύρίσκεται έντός του ήλεκτρικού πεδίου του πυρήνος έχει και **δυναμική** ένεργειαν $E_{δυν}$. Ή **όλική ένεργεια** $E_{ολ}$ του ήλεκτρονίου ίσοϋται μέ τό άθροισμα τής κινητικής και τής δυναμικής ένεργείας (ήτοι είναι $E_{ολ} = E_{κιν} + E_{δυν}$). Τό ήλεκτρόνιον έχει την έλαχίστην όλικήν ένεργειαν E_1 , όταν κινήται έπί τής θεμελιώδους τροχιάς. Τότε είναι : $E_1 \approx -13,53 \text{ eV}$. Ή **όλική ένεργεια** του ήλεκτρονίου έπί των άλλων κβαντικών τροχιών δίδεται από την σχέση

$$E = \frac{E_1}{n^2} \quad \eta \quad E = \frac{-13,53}{n^2} \text{ eV.}$$

Όταν αυξάνεται ή άκτις τής τροχιάς του ήλεκτρονίου, τότε αυξάνεται και ή όλική ένεργεια του ήλεκτρονίου.

β) **Δευτέρα συνθήκη του Bohr.** Τό ήλεκτρόνιον του άτόμου ύδρογόνου έκπέμπει άκτινοβολίαν, **μόνον όταν τό ήλεκτρόνιον μεταπηδή** από μίαν κβαντικήν τροχιάν **μεγαλυτέρας** ένεργείας ($E_{αρχ}$) εις άλλην κβαντικήν τροχιάν **μικροτέρας** ένεργείας ($E_{τελ}$). Ή ένεργεια ($h\nu$) του έκπεπομένου φωτονίου ίσοϋται **μέ την διαφοράν των ενεργειών** του ήλεκτρονίου έπί των δύο κβαντικών τροχιών.

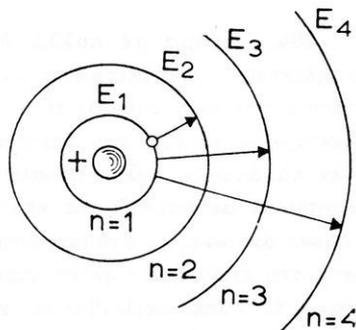
$$\text{ένεργεια φωτονίου : } h\nu = E_{αρχ} - E_{τελ}$$

Σύμφωνα μέ την δευτέραν συνθήκη του Bohr ή γένεσις τής άκτινοβολίας όφείλεται εις άπότομα άλματα του ήλεκτρονίου από μίαν **έξωτερικήν** κβαντικήν τροχιάν εις μίαν άλλην κβαντικήν τροχιάν **πλησιεστέραν** πρός τον πυρήνα. "Όταν τό άτομον ύδρογόνου εύρίσκεται εις την κανονικήν κατάστασιν, τότε τό ήλεκτρόνιον περιφέρεται έπί τής θεμελιώδους τροχιάς ($n = 1$) και έχει ένεργειαν E_1 . Τό ήλεκτρόνιον

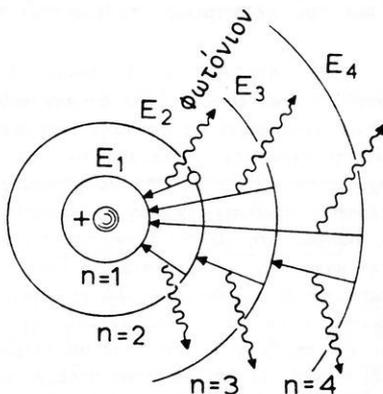
δεν εκπέμπει ακτινοβολία. Όταν το ηλεκτρόνιο προσλάβη ενέργειαν ΔE , τότε το ηλεκτρόνιο μεταπηδά απότομως εις μίαν άλλην εξωτερικὴν τροχίαν, εις τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ ἐνέργεια τοῦ ηλεκτρονίου $E_n = E_1 + \Delta E$. Αὕτῃ ἡ απότομος μεταπήδησις τοῦ ηλεκτρονίου εις ἐξωτερικὴν τροχίαν λέγεται **διέγερσις** 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 ἐπανέρχεται ταχύτατα εις τὴν κανονικὴν του κατάστασιν, διότι τὸ ηλεκτρόνιον ἐπανέρχεται ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιάς εἴτε μὲ ἓν ἄλλα του εἴτε μὲ διαδοχικὰ ἄλλατά του ἀπὸ μίαν ἐξωτερικὴν εις μίαν πλησιεστέραν πρὸς τὸν πυρῆνα τροχίαν (σχ. 307). Κατ' αὕτῃ ὅμως τὴν ἐπάνοδόν του τὸ ηλεκτρόνιον **ἀποβάλλει απότομως** τὸ πλεόνασμα τῆς ἐνεργείας του ὑπὸ μορφήν **φωτονίου**, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐνέργειαν ἴσην μὲ τὴν διαφορὰν τῶν ἐνεργειῶν τοῦ ηλεκτρονίου, ἐπὶ τῶν δύο τροχιῶν. Οὕτω ἡ δευτέρα συνθήκη τοῦ Bohr ἐρμηνεύει τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι παρατηροῦνται εις τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου.

263. Ἴονισμὸς τοῦ ἀτόμου ὑδρογόνου.

Ὄταν τὸ ἄτομον ὑδρογόνου εὐρίσκειται εις τὴν κανονικὴν κατάστασιν, τότε τὸ ηλεκτρόνιον του κινεῖται ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιάς καὶ ἔχει τὴν μικροτέραν δυνατὴν ἐνέργειαν E_1 . Ὄταν τὸ ηλεκτρόνιον προσλάβῃ ἐνέργειαν, τότε μεταπηδᾷ εις μίαν ἐξωτερικὴν τροχίαν καὶ προκαλεῖται διέγερσις τοῦ ἀτόμου. Ἐὰν τὸ ηλεκτρόνιον προσλάβῃ ἐνέργειαν μεγαλυτέραν ἐνός



Σχ. 306. Διέγερσις τοῦ ἀτόμου ὑδρογόνου



Σχ. 307. Ἐκπομπὴ ἀκτινοβολίας ἀπὸ τὸ ἄτομον ὑδρογόνου

όριου, τότε τὸ ἠλεκτρόνιον εἶναι δυνατόν νὰ εὐρεθῇ ἐκτὸς τῶν ὁρίων τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυρῆνος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ ἄτομον ὑδρογόνου μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ προσλάβῃ τὸ ἠλεκτρόνιον, διὰ νὰ μεταπηδήσῃ ἀπὸ τὴν θεμελιώδη τροχίαν ἐκτὸς τῶν ὁρίων τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυρῆνος καλεῖται **ἐνέργεια ἰονισμού**.

264. Ἄτομα με πολλὰ ἠλεκτρόνια. Ὄταν ἐν ἄτομον με πολλὰ ἠλεκτρόνια εὐρίσκεται εἰς κανονικὴν κατάστασιν, τότε ὅλα τὰ ἠλεκτρόνια τοῦ κατανέμονται εἰς κβαντικὰς τροχιάς οὕτως, ὥστε ἕκαστον ἠλεκτρόνιον νὰ ἔχῃ τὴν ἐπιτρεπομένην ἐλαχίστην δυνατὴν ἐνέργειαν. Ἐὰν τὸ ἄτομον τοῦτο προσλάβῃ ἐνέργειαν, τότε ἐν ἡ περισσότερα ἠλεκτρόνια μεταπηδοῦν εἰς κβαντικὰς τροχιάς, αἱ ὁποῖαι ἔχουν μεγαλύτερας ἀκτῖνας. Τὸ ἄτομον μεταπίπτει εἰς κατάστασιν **διεγέρσεως** καὶ κατὰ τὴν ἐπάνοδον τῶν ἠλεκτρονίων εἰς τὰς ἀρχικὰς θέσεις των, τὸ ἄτομον ἐκπέμπει ἀκτινοβολίας, σύμφωνα με τὴν δευτέραν συνθήκην τοῦ Bohr. Ἐπίσης ἐν ἄτομον με πολλὰ ἠλεκτρόνια, ἐὰν προσλάβῃ τὴν ἀπαιτούμενην ἐνέργειαν ἰονισμού, εἶναι δυνατόν νὰ μεταβληθῇ εἰς **θετικὸν ἰόν**, διότι ἐν ἡ περισσότερα ἠλεκτρόνια τοῦ μεταπηδοῦν ἔξω ἀπὸ τὰ ὅρια τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυρῆνος.

265. Λέηζερ. Δι' ἐν ἄτομον ἡ κανονικὴ κατάστασίς του ἀντιστοιχεῖ εἰς στάθμην ἐνεργείας E_1 . Τὸ ἄτομον τοῦτο φέρεται εἰς κατάστασιν διεγέρσεως, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς στάθμην ἐνεργείας E_2 . Ὄταν τὸ ἄτομον τοῦτο ἐπανέρχεται εἰς τὴν κανονικὴν του κατάστασιν, ἐκπέμπει ἐν φωτόνιον συχνότητος ν καὶ ἰσχύει ἡ σχέσις $h\nu = E_2 - E_1$. Ἄς θεωρήσωμεν πάλιν τὸ ἄτομον εἰς τὴν κατάστασιν διεγέρσεως. Ἐκείνην τὴν στιγμήν προσπίπτει ἐπὶ τοῦ ἀτόμου ἐν φωτόνιον συχνότητος ν , ἀκριβῶς ἴσης με τὴν συχνότητα τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει τὸ ἄτομον, ὅταν ἔρχεται εἰς τὴν κανονικὴν του κατάστασιν. Τότε τὸ ἄτομον ἀναγκάζεται νὰ ἀποδιεγερθῇ καὶ ἐκπέμπει ἐν 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 ἕνα 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 ρουβινίου**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ μικρὸν κύλινδρον ρουβινίου, ὁ ὁποῖος περιβάλλεται ἀπὸ ὕαλινον ἐλικοειδῆ σωλῆνα, περιέχοντα ἀραιὸν ἀέριον. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος συμβαίνει μικρᾶς διαρκείας ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν **διέγερσιν** μερικῶν ἀτόμων ἐντὸς τοῦ ρουβι-

νίου. Κατά την αποδιέγερσίν των προκαλείται διέγερσις περισσοτέρων ατόμων. Έπειτα από μερικής διεγέρσεως και αποδιεγέρσεως έρχεται μία στιγμή κατά την οποίαν μέγα πλήθος ατόμων έν διεγέρσει ύφίσταται άκαριαίως έξηναγκασμένην αποδιέγερσιν. Τότε από την συσκευήν έξέρχεται μία δέσμη παραλλήλων ακτίνων, ή οποία άποτελείται από μίαν μόνον άκτινοβολίαν, συχνότητος ν (μονοχρωματική δέσμη). Η χρήση των λήξεω συνεχώς επεκτείνεται (τηλεπικοινωνίαι, χειρουργική, βιομηχανία κ.λ.π.), διότι εις την έκπεμπομένην λεπτήν δέσμην είναι συγκεντρωμένη πολύ μεγάλη ποσότης ένεργείας.

Ο ΠΥΡΗΝ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

266. Η διάμετρος του πυρήνος και του ατόμου. Είς τὸ ἄτομον καὶ τὸν πυρῆνα δυνάμεθα νὰ ἀποδώσωμεν σφαιρικὸν σχῆμα. Ἐπὶ τῆ βάσει διαφόρων φαινομένων εὐρέθη ὅτι ἡ διάμετρος τοῦ ατόμου εἶναι τῆς τάξεωσ τοῦ 10^{-8} cm. Ἡ διάμετρος τοῦ πυρῆνος τοῦ ατόμου ὑπολογίζεται ὅτι εἶναι τῆς τάξεωσ τοῦ 10^{-12} cm. Ἄρα ἡ διάμετρος τοῦ πυρῆνος εἶναι 10 000 φορές μικροτέρα ἀπὸ τὴν διάμετρον τοῦ ατόμου.

267. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν ἡ μᾶζα τῶν διαφόρων σωματιδίων μετρεῖται μὲ τὴν μονάδα μάζης, ἡ ὁποία συμβολίζεται 1 amu (1 atomic mass unit) καὶ 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 καὶ τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν ἡ ἐνέργεια μετρεῖται συνήθωσ μὲ τὴν μονάδα 1 MeV (1 μεγα-ἠλεκτρονιοβόλτ). Συμφώνωσ πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἰσοδυναμίας μάζης καὶ 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 ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξε ὅτι ὅλοι οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο εἶδη σωματιδίων, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται **πρωτόνια** καὶ **νετρόνια**. Τὰ δύο αὐτὰ εἶδη σωματιδίων, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰ συστατικά ὄλων τῶν πυρῆνων, ὀνομάζονται γενικῶς **νουκλεόνια** (ἀπὸ τὸ nucleus = πυρῆν).

Τὸ πρωτόνιον (p) εἶναι ὁ ἀτομικὸς 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 ἀτομικῆς μᾶζης (1 amu).

Τὸ νετρόνιον (n) εἶναι σωματιδίον 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 ὁποῖον ἐπικρατεῖ περίξ ἐκάστου πυρῆνος. Οὕτω τὸ νετρόνιον ἔχει τὸ προνόμιον νὰ πλησιάζῃ κάθε πυρῆνα.

269. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος. Γνωρίζομεν (§ 260) ὅτι ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z ἐνὸς στοιχείου, ὁ ὁποῖος ἀναγράφεται εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων φανερώνει πόσα θετικὰ στοιχειώδη φορτία φέρει ὁ πυρῆν τοῦ ἀτόμου τοῦ στοιχείου τούτου. Ἄρα ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος. Οὕτω π.χ. διὰ τὸ ἥλιον εἶναι $Z = 2$. Ἄρα ὁ ἀτομικὸς πυρῆν ἡλίου περιέχει 2 πρωτόνια.

Ὀνομάζεται **μαζικὸς ἀριθμὸς A** ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ὁ ἀριθμὸς, ὁ ὁποῖος ἐκφράζει τὸ πλῆθος τῶν **νουκλεονίων** τοῦ πυρῆνος. Τότε ὁ ἀριθμὸς N τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν $A - Z = N$. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα :

Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, ὁ δὲ μαζικὸς ἀριθμὸς A εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν νουκλεονίων τοῦ πυρῆνος, δηλ. εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν Z πρωτονίων καὶ τῶν N νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

A	=	Z	+	N
νουκλεόνια		πρωτόνια		νετρόνια

Συμβολική γραφή τών πυρήνων. Έκαστος ατομικός πυρήν χαρακτηρίζεται από τον ατομικόν αριθμόν Z και από τον μαζικόν αριθμόν A. Οί δύο ούτοι αριθμοί σημειώνονται πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἢ ἐκατέρωθεν τοῦ συμβόλου Σ τοῦ στοιχείου ὡς ἐξῆς $Z\Sigma^A$. Οὕτω π.χ. οί ατομικοί πυρήνες 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 ἠλεκτρονίου εἶναι πολὺ μικρὰ ἐν σχέσει μὲ τὴν μονάδα μᾶζης (1 amu). Διὰ τοῦτο θεωροῦμεν ὅτι διὰ τὸ ἠλεκτρόνιον ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς εἶναι $A = 0$. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ἠλεκτρόνιον ἔχει ἐν ἀρνητικὸν στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον $-e$, διὰ τοῦτο δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὅτι διὰ τὸ ἠλεκτρόνιον εἶναι $Z = -1$. Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα ἀναφέρονται τὰ τρία στοιχειώδη σωματίδια.

Σωματίδιον	Z	Μᾶζα (εἰς amu)	A	Φορτίον	Σύμβολον
Ἠλεκτρόνιον	-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	${}_0n^1$
$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kgf}$		$m_p = 1836 m_e$		$m_n = 1838,6 m_e$	

$$|e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$$

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 οὗτοι πυρῆνες ὀξυγόνου ὀνομάζονται **ἰσότοποι πυρῆνες** καὶ εἶναι οἱ ἐξῆς: ${}_8\text{O}^{16}$, ${}_8\text{O}^{17}$ καὶ ${}_8\text{O}^{18}$. Οἱ τρεῖς οὗτοι 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 ὅποιοι 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 ὅποιοι 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, ὅπως π.χ. εἶναι : $A = 3$ πυρῆνες ${}_1\text{H}^3$, ${}_2\text{He}^3$. $A = 7$ πυρῆνες ${}_3\text{Li}^7$, ${}_4\text{Be}^7$

271. Βαρὺ ὕδωρ. Τὸ ὕδρογόνον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἰσότοπα, τὸ κοινὸν ὕδρογόνον ${}_1\text{H}^1$ καὶ τὸ **βαρὺ ὕδρογόνον** ἢ **δευτέριον** τὸ ὅποιον συμβολίζεται ${}_1\text{H}^2$ ἢ ${}_1\text{D}^2$. Τὸ βαρὺ ὕδρογόνον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 2 καὶ εὐρίσκεται ὑπὸ πολλῶν μικρὰν ἀναλογίαν εἰς τὸ φυσικὸν ὕδρογόνον. Τὸ βαρὺ ὕδρογόνον ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον, ὅπως καὶ τὸ κοινὸν ὕδρογόνον. Οὕτω προκύπτει μῆριον ὕδατος D_2O , τὸ ὅποιον 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 πικνότητητα $1,104 \text{ gr/cm}^3$, 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.

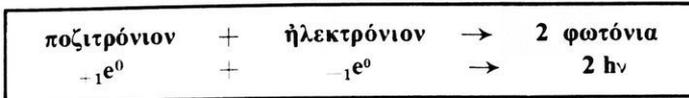
272. Τὸ ποζιτρόνιον. Γνωρίζομεν ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ὑπάρχουν μόνον πρωτόνια καὶ νετρόνια. Εἰς ὀρισμένας ὅμως περιπτώσεις ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα ἓν νέον σωματίδιον, τὸ ὅποιον ὀνομάζεται **ποζιτρόνιον**. Τὸ σωματίδιον τοῦτο ἔχει μᾶζαν ἴσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρονίου, ἀλλὰ φέρει ἓν θετικὸν 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 $+1e^0$.

α) **Ἡ γένεσις τοῦ ποζιτρονίου.** Εἰς μερικὰς περιπτώσεις ὁ ἀτομικὸς πυρῆν ἐπιδιώκει ἓνα μεγαλύτερον βαθμὸν σταθερότητος. Τότε ἓν

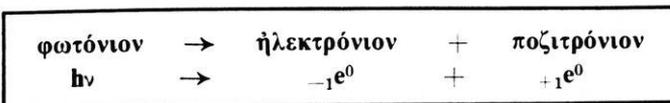
πρωτόνιον τοῦ πυρῆνος **μετατρέπεται εἰς νετρόνιον**, τὸ ὁποῖον ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ ἐντὸς τοῦ πυρῆνος. Τὸ στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον $+e$ τοῦ πρωτονίου τὸ ἐπωμίζεται τὸ ποζιτρόνιον καὶ τὸ μεταφέρει ἀμέσως ἐκτὸς τοῦ πυρῆνος. Ἡ γένεσις τοῦ ποζιτρονίου ἐκφράζεται μὲ τὴν ἀκόλουθον πυρηνικὴν ἀντίδρασιν :



β) Ἡ **ἐξαφάνισις τοῦ ποζιτρονίου**. Εἶναι χαρακτηριστικὸν ὅτι τὸ ποζιτρόνιον **ἐξαφανίζεται ταχύτατα** (ἐντὸς 10^{-6} sec). Αὐτὴ ἡ ταχύτατη ἐξαφάνισις τοῦ ποζιτρονίου ὀφείλεται εἰς τὴν ἀκόλουθον αἰτίαν : Ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα, ἐντὸς τῶν ὁποίων κινοῦνται πλῆθος ἠλεκτρονίων. Ὄταν ἓν ποζιτρόνιον ἀποβληθῆ ἀπὸ τὸν πυρῆνα, τότε τὸ ποζιτρόνιον καὶ τὸ πρῶτον τυχὸν ἠλεκτρόνιον, ἐλκόμενα ἀμοιβαίως ἕνεκα τῶν ἀντιθέτων φορτίων των, συνεννοῦνται. Τότε **ὀλόκληρος ἡ μᾶζα τῶν δύο ἑτερονύμων ἠλεκτρονίων μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν δύο φωτονίων τῆς αὐτῆς συχνότητος ν.**



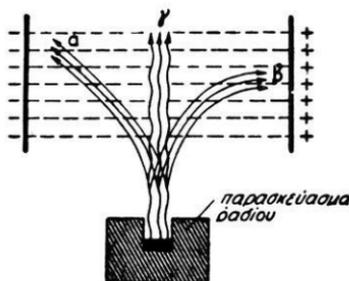
γ) **Γένεσις ζεύγους ἑτερονύμων ἠλεκτρονίων**. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι ἴση μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ποζιτρονίου καὶ ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐνέργειαν 0,51 MeV. Ἐν φωτόνιον ἔχει ἐνέργειαν hν ἴσην μὲ τὸ διπλάσιον τῆς ἀνωτέρω ἐνεργείας, ἥτοι εἶναι $h\nu = 1,02$ MeV. Ἐὰν τὸ φωτόνιον τοῦτο διέλθῃ πολὺ πλησίον ἐνὸς βαρέως πυρῆνος, τότε **ὀλόκληρος ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον μᾶζαν ἐνὸς ἠλεκτρονίου καὶ ἐνὸς ποζιτρονίου**. Τὰ δύο αὐτὰ σωματίδια γεννῶνται ἀπὸ τὴν ὑλοποίησιν τῆς ἐνεργείας τοῦ φωτονίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **γένεσις ζεύγους ἠλεκτρονίων ἢ καὶ δίδυμος γένεσις**.



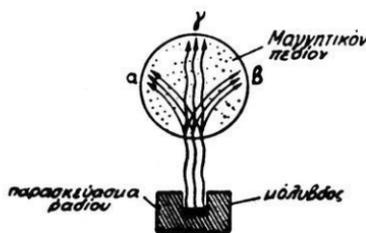
Ἐάν ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου εἶναι $h\nu > 1,02 \text{ MeV}$, τότε ἡ πλεονάζουσα ἐνέργεια κατανέμεται ἐξ ἴσου εἰς τὰ δύο σωματίδια ὑπὸ τὴν μορφήν κινητικῆς ἐνεργείας.

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 παρασκεύασμα (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 πλάκας, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος πρὸς τὴν δέσμη. Τὸ ἠλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδία διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν εἰς τρία εἶδη ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι χαρακτηρίζονται μὲ τὸ

γράμματα α, β και γ. Αί ακτίνες α και β αποτελούνται από **ηλεκτρισμένα σωματίδια**, τὰ ὅποια ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἠλεκτρικοῦ ἢ μαγνητικοῦ πεδίου ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν εὐθύγραμμον τροχίαν των. Ἀντιθέτως αἱ ακτίνες γ εἶναι **ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία**, ἡ ὅποια 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 ${}_2\alpha^4$. Ἔχουν 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 ἰονισμοῦ.

Αἱ ακτίνες β εἶναι **ἠλεκτρόνια**, τὰ ὅποια ἐκσφενδονίζονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα μὲ μεγάλην ταχύτητα (ἕως $2,9 \cdot 10^5$ km/sec). Ἔχουν 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.

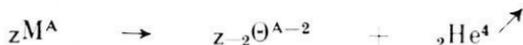
Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγουμεν εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

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) **Αἷτιον 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 **ἀσταθὴς** καὶ διὰ τῆς διαδοχικῆς ἀποβολῆς σωματιδίων τείνει νὰ μεταβληθῇ εἰς **σταθερὸν πυρῆνα**. Θὰ ἐξετάσωμεν στοιχειωδῶς τὸν μηχανισμόν τῆς **μεταστοιχειώσεως**, ἡ ὅποια συμβαίνει κατὰ τὴν ἀποβολὴν σωματιδίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα.

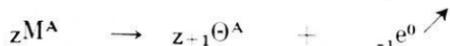
β) Ἡ **ἐκπομπὴ σωματιδίου α**. Ὁ ἀρχικὸς πυρῆν (μητρικός, M)

έχει ατομικόν αριθμόν Z καί μαζικόν αριθμόν A , δηλ. είναι ὁ πυρῆν ${}_Z M^A$. Ὁ πυρῆν οὗτος ἐκπέμπει ἐν σωματιδίον α , δηλ. ἕνα πυρῆνα ἥλιου (${}_2 \text{He}^4$). Οὕτω ἀπό τόν μητρικόν πυρῆνα προκύπτει νέος ατομικός πυρῆν (θυγατρικός, Θ), ὁ ὁποῖος ἔχει ατομικόν αριθμόν $Z - 2$ καί μαζικόν αριθμόν $A - 4$, δηλ. ὁ νέος πυρῆν εἶναι ${}_{Z-2} \Theta^{A-4}$. Ὁ πυρῆν οὗτος ἀνήκει εἰς ἄλλο στοιχεῖον. Ὡστε ἡ ἐκπομπή ἐνός σωματιδίου α προκαλεῖ μεταστοιχείωσιν καί ἐκφράζεται μέ τήν πυρηνικήν ἀντίδρασιν :

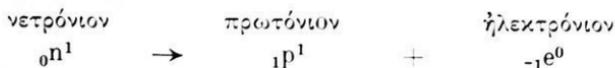


Ἐάν ὁ θυγατρικός πυρῆν εἶναι καί αὐτός ἀσταθής, τότε θά ἐπακολουθήσῃ νέα ἐκπομπή σωματιδίου α καί συνεπῶς νέα μεταστοιχείωσις.

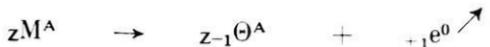
γ) Ἡ ἐκπομπή ἡλεκτρονίου. Ὅπως γνωρίζομεν, ὁ πυρῆν δέν περιέχει ἡλεκτρόνια. Ἄρα τὸ ἐκπεμπόμενον ἀπό τόν πυρῆνα ἡλεκτρόνιον δημιουργεῖται ἐντός τοῦ μητρικοῦ πυρῆνος M . Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν ἐν νετρόνιον τοῦ πυρῆνος μετατρέπεται εἰς πρωτόνιον, τὸ ὁποῖον ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ ἐντός τοῦ πυρῆνος. Τὸ δημιουργούμενον ἡλεκτρόνιον ἀποβάλλεται ἀπό τόν πυρῆνα. Ὁ ἀπομένον θυγατρικός πυρῆν ἐξακολουθεῖ νὰ ἔχῃ μαζικόν αριθμόν A , διότι δέν μετεβλήθη ὁ ἀριθμὸς τῶν νουκλεονίων τοῦ πυρῆνος. Ὁ ἀριθμὸς ὅμως τῶν πρωτονίων ηὔξηθη κατὰ μίαν μονάδα καί συνεπῶς ὁ θυγατρικός πυρῆν ἔχει ατομικόν ἀριθμόν $Z + 1$. Ὡστε ὁ θυγατρικός πυρῆν εἶναι ${}_{Z+1} \Theta^A$. Ἡ τοιαύτη μεταστοιχείωσις ἐκφράζεται μέ τήν πυρηνικήν ἀντίδρασιν :



Ἡ μετατροπὴ τοῦ νετρονίου εἰς πρωτόνιον ἐκφράζεται μέ τήν ἀντίδρασιν :



δ) Ἡ ἐκπομπή ποζιτρονίου. Ἡ μεταστοιχείωσις δι' ἐκπομπῆς ποζιτρονίου εἶναι τὸ ἀντίστροφον τῆς ἀνωτέρω περιγραφείσης. Συμβαίνει, ὅταν ἐν πρωτόνιον τοῦ πυρῆνος μετατρέπεται εἰς νετρόνιον. Τότε ὁ ατομικός ἀριθμὸς τοῦ πυρῆνος ἐλαττώνεται κατὰ μίαν μονάδα. Ἡ τοιαύτη μεταστοιχείωσις ἐκφράζεται μέ τήν πυρηνικήν ἀντίδρασιν :



ε) Ἡ ἐκπομπή φωτονίου γ. Ἡ μεταστοιχείωσις δι' ἐκπομπῆς

σωματιδίου (α , β^- , β^+) προκαλεί μεγάλην αναστάτωση εις τὸν πυρῆνα. Τότε ὁ σχηματιζόμενος θυγατρικὸς πυρῆν εὐρίσκεται εις **διέγερσιν** καί, διὰ τὰ ἐπανάληθι εις τὴν κανονικὴν του κατάστασιν, ἀποβάλλει τὴν πλεονάζουσαν ἐνέργειαν ὑπὸ τὴν μορφήν **ἑνὸς φωτονίου** γ μεγάλης ἐνεργείας.

276. Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ. Ἐὰς θεωρήσωμεν ὅτι κατὰ μίαν δεδομένην χρονικὴν στιγμὴν ἔχομεν μίαν μᾶζαν m ἑνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου, π.χ. ραδίου. Εἰς τὴν μᾶζαν αὐτὴν περιέχονται ἀρχικῶς N_0 πυρῆνες ραδίου. Ἐνεκα τῆς συνεχοῦς μεταστοιχειώσεως ἡ ἀρχικὴ μᾶζα m τοῦ ραδίου βαίνει συνεχῶς ἐλαττουμένη. Μετὰ παρέλευσιν χρόνου T θὰ ἔχη ἀπομείνη τὸ ἥμισυ τῆς ἀρχικῆς μάζης, ἦτοι θὰ ἔχη ἀπομείνη μᾶζα $m/2$. Καί μετὰ παρέλευσιν χρόνου $2T$, $3T \dots$ θὰ ἔχη ἀπομείνη μᾶζα ραδίου ἴση μὲ $m/4$, $m/8 \dots$. Διὰ τὸ ράδιον 226, ὁ χρόνος T ἰσοῦται μὲ 1620 ἔτη καὶ καλεῖται **χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ** τοῦ ραδίου. Ὡστε :

Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ T ἑνὸς 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 μεταξὺ μεγάλων ὀρίων (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 ἑνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου (π.χ. ραδίου). Μετὰ παρέλευσιν χρόνου t θὰ ἔχουν ἀπομείνει N πυρῆνες, οἱ δὲ ὑπόλοιποι θὰ ἔχουν μεταστοιχειωθῆ. Ἀπὸ τὰς μετρήσεις εὐρέθη 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 νεπερειῶν λογαρίθμων ($e \simeq 2,7$) καὶ λ εἶναι μία σταθερά, ἡ ὁποία εἶναι χαρακτηριστικὴ δι' ἕκαστον ραδιενεργ-

γόν στοιχείον καί 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 πυρηνικάς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι προέρχονται ἀπὸ τὸ κοσμικὸν διάστημα (κοσμικαὶ ἀκτῖνες), ἀπὸ τὰ φυσικὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα περιέχονται εἰς τὰ πετρώματα, καὶ ἀπὸ ραδιοϊσότοπα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἴστους (κάλιον 40, ἄνθραξ 14). Ἡ βιολογικὴ δρᾶσις τῶν πυρηνικῶν ἀκτινοβολιῶν ἐγκεῖται εἰς ἀλλοιώσεις, αἱ ὁποῖαι συμβαίνουν ἐντὸς τῶν κυττάρων. Αἰτία τῶν ἀλλοιώσεων τούτων εἶναι κυρίως ὁ ἐντὸς τῶν ἰστῶν προκαλούμενος ἰονισμός, ἔνεκα τοῦ ὁποῖου συμβαίνουν **βιοχημικαὶ μεταβολαί**. Αὗται προκαλοῦν πολυπλόκους διαταραχὰς, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐμφάνισιν διαφόρων παθήσεων (π.χ. λευχαιμία, τραύματα τοῦ δέρματος κ.ἄ.).

Κατὰ γενικὸν κανόνα περισσότερον εὐαίσθητα εἰς τὰς πυρηνικάς 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 μὲ συνέπειαν ὠρισμένης μεταβολᾶς 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 ὁποῖαν μεταφέρουν αἱ πυρηνικαὶ ἀκτινοβολαὶ.

279. Μονὰς ραδιενεργείας. Ἡ ραδιενέργεια μιᾶς ραδιενεργοῦ πηγῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διασπωμένων πυρήνων ἀνὰ δευτερόλεπτον καὶ μετρεῖται μὲ τὴν μονάδα, ἡ ὁποῖα ὀνομάζεται **1 κιοῦρι** (1 Curie, 1 Ci) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς : Μία ποσότης οἰασθῆποτε ραδιενεργοῦ οὐσίας ἔχει ραδιενέργειαν ἴσην μὲ 1 κιοῦρι, ὅταν εἰς τὴν ποσότητα ταύτην συμβαίνουν $3,7 \cdot 10^{10}$ διασπάσεις πυρήνων ἀνὰ δευτερόλεπτον.

$$1 \text{ κιοῦρι (1 Ci)} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ διασπάσεις/sec}$$

Είς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται συνήθως αἱ μικρότεροι μονάδες :
 1 μικροκυριό (1 μCi) = 10^{-6} Ci ἢ 1 πικοκυριό (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 **ἄκτινιον**

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 μολύβδου, ενώ εις τήν σειράν του νεπτουνίου είναι έν σταθερόν ισότοπον του βισμούθιου.

ΤΕΧΝΗΤΗ ΜΕΤΑΣΤΟΙΧΕΙΩΣΙΣ

281. Τεχνητή διάσπασις πυρήνων. Ἡ φυσική μεταστοιχειώσεις, ἡ ὁποία παρατηρεῖται εις τὰ φυσικά ραδιενεργά στοιχεῖα, ὀφείλεται εις τὸ ὅτι οἱ βαρεῖς πυρῆνες εἶναι **ἀσταθεῖς**. Οὗτοι αὐτομάτως διασπῶνται, διὰ νὰ μεταπέσουν εις σταθεροὺς πυρῆνας. Καὶ οἱ σταθεροὶ πυρῆνες (π.χ. ὁ πυρὴν ὀξυγόνου ἢ ἄζωτου) δύνανται νὰ μεταβληθοῦν **εἰς ἀσταθεῖς πυρῆνας**, ἐὰν βομβαρδισθοῦν μὲ κατάλληλα **βλήματα**. Ἰδιαιτέραν ἀξίαν ὡς βλήμα ἔχει τὸ **νετρόνιον**, τὸ ὅποιον δὲν φέρει ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ δύναται νὰ πλησιάζῃ ἐλευθέρως τοὺς πυρῆνας καὶ νὰ εἰσέρχεται ἐντὸς αὐτῶν. Ἡ εἰσόδος ὁμοῦ 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 εις ἓνα σταθερόν πυρῆνα, πρέπει νὰ ἔχουν μεγάλην κινητικὴν ἐνέργειαν, διὰ νὰ κατορθώσουν νὰ ὑπερνικήσουν τὴν ἄπωσιν, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτῶν τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου τοῦ σταθεροῦ πυρῆνος. Τοιαύτην ἐνέργειαν ἔχουν τὰ σωματίδια α, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ μερικὰ φυσικά ραδιενεργά ισότοπα. Σήμερον διὰ τὴν δημιουργίαν βλημάτων μὲ μεγάλην ἐνέργειαν χρησιμοποιοῦμεν ειδικὰ 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 $E_{kin} = e U$. Ἐπειδὴ ὁμοῦ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διαθετομεν πολὺ μεγάλας τάσεις, διὰ τοῦτο ἐπενοήθησαν διάφοροι διατάξεις εις τὰς ὁποίας τὸ θετικῶς φορτισμένον σωματίδιον ὀφίσταται πολὺ συχνὰς διαδοχικὰς ἐπιταχύνσεις ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἐπάρχουν 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 πεδίου. β) **Οἱ κυκλικὸι ἐπιταχυνταί**, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπὶ τῶν σωματιδίων ἐπιδρᾷ ἐκτὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πε-

δίου και ἓν μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὅποιον ὅμως δὲν προσδίδει ἐπιτάχυνσιν, ἀλλὰ ὀδηγεῖ τὸ σωματίδιον ἐπὶ μιᾶς 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 ἀντιδράσιν :



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

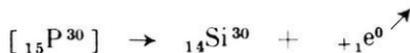
Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Μαζικὸς ἀριθμὸς A	Ἡλεκτρόνια Z	Πρωτόνια Z
1	H	1 2 3	1	1
2	He	3 4 5 6	2	2
3	Li	6 7 8	3	3
4	Be	7 8 9 10	4	4
5	B	8 9 10 11 12	5	5
6	C	10 11 12 13 14	6	6
7	N	12 13 14 15 16 17	7	7
8	O	14 15 16 17 18 19	8	8

Τὰ μὲ μαῦρα στοιχεῖα εἶναι τεχνητὰ ραδιοϊσότοπα.

Παράδειγμα σχηματισμοῦ τεχνητοῦ ραδιοϊσοτόπου εἶναι τὸ ἐξῆς :
 Ἐάν βομβαρδίσωμεν μὲ σωματίδια α τοὺς πυρῆνας ἀργιλίου, σχηματίζεται ραδιενεργὸς φωσφόρος (ἢ ραδιοφωσφόρος) καὶ νετρόνιον.



Ὁ σχηματισθεὶς ἀσταθῆς πυρὴν τοῦ ραδιενεργοῦ φωσφόρου δι' ἐκπομπῆς ἐνὸς 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 ἐκμεταλλεύμεθα συνήθως τὰ νετρόνια, τὰ ὅποια δημιουργοῦνται ἐντὸς τῶν πυρηνικῶν ἀντιδραστήρων. Μὲ τὰ νετρόνια αὐτὰ βομβαρδίζονται οἱ σταθεροὶ πυρῆνες καὶ μεταστοιχειώνονται εἰς τεχνητοὺς ραδιενεργοὺς πυρῆνας.

Τὰ ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς. Μὲ τὴν ἀκτινοβολίαν, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπουν, προδίδουν τὴν παρουσίαν των καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν τὴν πορείαν ὀρισμένων φαινομένων. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὰ ραδιοϊσότοπα ὀνομάζονται **ἰχνηθεταί**. Οὗτοι χρησιμοποιοῦνται π.χ. διὰ τὴν παρακολούθησιν τῆς ροῆς ἐνὸς ὕγρου ἢ τῶν μετακινήσεων τῆς ἄμμου εἰς ἓνα 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 ἓν 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 πυρὴν εἶναι ὁ πυρὴν τοῦ οὐρανίου 238, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν

$Z = 92$, δηλ. είναι ο πυρήν ${}_{92}\text{U}^{238}$. Η πειραματική έρευνα επέτυχε να δημιουργήσει πυρήνας, οι οποίοι έχουν ατομικούς αριθμούς από 93 έως 103, ήτοι έδημιούργησεν ένδεκα νέους πυρήνας. Ούτοι ανήκουν εις στοιχειά, τὰ ὅποια παράγονται τεχνητῶς καὶ ὀνομάζονται **ὑπερουράνια στοιχεία**. Όλα είναι ραδιενεργὰ καὶ λαμβάνονται, ὅταν βομβαρδίζονται οἱ πυρήνες τοῦ οὐρανίου ἢ ἐνὸς ὑπερουρανίου στοιχείου με νετρόνια ἢ με μεγάλης ἐνεργείας ἰόντα ἡλίου, ἄνθρακος, ἀζώτου κ.ά.

Ἰδιαιτέραν σημασίαν ἔχουν τὰ δύο πρῶτα ὑπερουράνια στοιχεῖα, ἢτοι τὸ **νεπτούνιον** ($Z = 93$, Np) καὶ τὸ **πλουτόνιον** ($Z = 94$, Pu). Τὸ νεπτούνιον παράγεται κατὰ τὸν βομβαρδισμόν τοῦ πυρήνος οὐρανίου 238 με νετρόνια. Τότε σχηματίζεται ὁ ἀσταθὴς πυρήν **οὐρανίου 239**, ὁ ὁποῖος μεταστοιχειώνεται εἰς πυρήνα **νεπτονίου 239**. Ὁ πυρήν οὗτος μεταστοιχειώνεται τελικῶς εἰς πυρήνα **πλουτονίου 239**. Τὸ ἰσότοπον τοῦτο ἔχει χρόνον ὑποδιπλασιασμοῦ $T = 25\,000$ ἔτη καὶ παίζει σπουδαῖον ρόλον εἰς τὴν ἐκμετάλλευσιν τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας. Αἱ ἀνωτέρω μεταστοιχειώσεις ἐκφράζονται σχηματικῶς ὡς ἑξῆς :



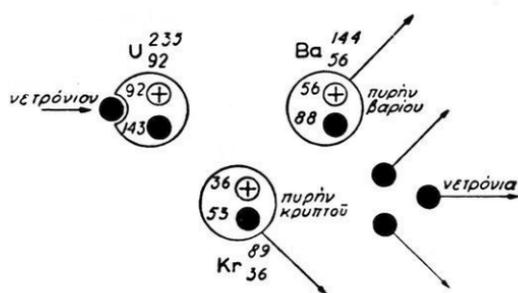
Τὰ γνωστὰ ὑπερουράνια στοιχεῖα εἶναι τὰ ἀκόλουθα :

93	Νεπτούνιον	Np	97	Μπερκέλιον	Bk	101	Μεντελέβιον	Md
94	Πλουτόνιον	Pu	98	Καλιφόρνιον	Cf	102	Νομπέλιον	No
95	Ἀμερίκιον	Am	99	Αἰνστάνιον	Es	103	Λωρέντσιον	Lw
96	Κιούριον	Cm	100	Φέρμιον	Fm	104		

Ο ΠΥΡΗΝ ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

286. Σχάσις τοῦ πυρήνος οὐρανίου 235. Τὸ εἰς τὴν Φύσιν ὑπάρχον οὐράνιον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ τρία ἰσότοπα U^{238} , U^{235} καὶ U^{234} . Ἐκ τούτων τὸ οὐράνιον 235 ἀπαντᾷ εἰς πολὺ μικρὰν ἀναλογίαν (0,7%). Ὁ πυρήν **τοῦ οὐρανίου 235** ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ δεσμεύῃ ἐν **νετρόνιον**, τὸ ὁποῖον ἔχει μικρὰν ταχύτητα. Τότε σχηματίζεται ὁ πυρήν **τοῦ οὐρανίου 236**, ὁ ὁποῖος εἶναι πολὺ ἀσταθὴς καὶ ἀμέσως **διασπᾶται** εἰς δύο μικροτέρους πυρήνας. Ἐκαστος τῶν πυρήνων τούτων ἔχει μᾶζαν περίπου ἴσην με τὸ ἥμισυ τῆς μᾶζης τοῦ ἀρχικοῦ πυρήνος. Συγχρόνως ἐλευθερώνονται μερικὰ **νετρόνια** (σχ. 309). Οἱ δύο νέοι πυρήνες ἐκσφενδονίζονται με μεγάλην ταχύτητα καὶ συνεπῶς ἔχουν μεγά-

λην κινητική ενέργεια, ή οποία τελικώς μετατρέπεται εις θερμότητα.



Σχ. 309. Σχηματική παράσταση της σχάσεως του πυρήνος του ουρανίου 235

έκφράζει ένα τρόπον σχάσεως του πυρήνος ουρανίου 235.



Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ὀνομάζεται **σχάσις** τοῦ πυρήνος οὐρανίου 235 καὶ συνοδεύεται ἀπὸ ἑκκλισην μεγάλης ποσότητος ἐνεργείας. Ἡ ἐνεργεια αὕτη καλεῖται **ἄτομικὴ 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 πυρήνος οὐρανίου 235 παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἄθροισμα τῶν μαζῶν τῶν προϊόντων τῆς σχάσεως εἶναι μικρότερον ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πυρήνος τοῦ οὐρανίου 236. "Ὅστε κατὰ τὴν σχάσιν συμβαίνει πάντοτε μία ἀπώλεια μάζης (Δm). Αὕτη ἡ μᾶζα (Δm) μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν (πυρηνικὴ ἐνέργεια) συμφώνως πρὸς τὴν ἐξίσωσιν $E = \Delta m \cdot c^2$. "Ὅστε :

Κατὰ τὴν σχάσιν τῶν πυρήνων τοῦ οὐρανίου 235 ἐκλύεται ἐνέργεια, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν μετατροπὴν μέρους τῆς πυρηνικῆς μάζης εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν.

Εὐρέθη ὅτι κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς γραμμαρίου οὐρανίου 235 ἐλευθερώνεται τεραστία ἐνέργεια ἴση μὲ $8,2 \cdot 10^{10}$ Joule.

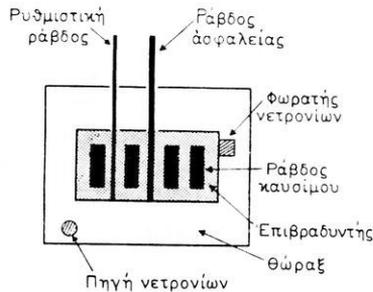
288. Ἄλυσωτὴ ἀντίδρασις. Κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρήνος οὐρανίου 235 ἐλευθερώνονται 3 νετρόνια (κατὰ μέσον ὄρον εἶναι 2 ἕως 3). Ἐὰν τὰ 3 αὐτὰ νετρόνια συναντήσουν τρεῖς πυρήνας οὐρανίου 235, τότε θὰ συμβοῦν τρεῖς νέαι σχάσεις, ὅποτε θὰ ἐλευθερωθοῦν 9 νετρόνια (3^2 νετρόνια). Αὐτὰ δύνανται νὰ προκαλέσουν ἐννέα σχάσεις,

όποτε θα ἐλευθερωθῶν 27 νετρόνια (3^3 νετρόνια) κ.ο.κ. Οὕτω ἡ 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 ἐν νετρόνιον νὰ δύναται νὰ προκαλέσῃ νέαν σχάσιν, τότε ὁ ρυθμὸς τῶν σχάσεων διατηρεῖται σταθερὸς καὶ ἡ ἀλυσωτὴ ἀντίδρασις εἶναι ἐλεγχομένη. 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 μὲ τὰς ὁποίας ρυθμίζονται αἱ ἀνὰ 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 μὲ 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, λόγω τῶν συγκρούσεων των μὲ τὰ ἄτομα τοῦ ἐπιβραδυντοῦ, εἰς βραδέα νετρόνια. Συνήθως τὸ πυρηνικὸν καύ-



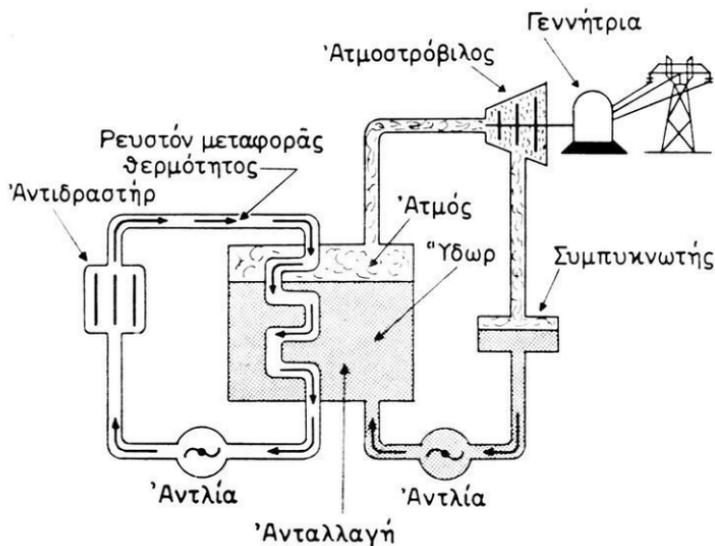
Σχ. 310. Σχηματικὴ παράστασις πυρηνικοῦ ἀντιδραστήρος ἐν στάσει. Αἱ ράβδοι ἐλέγχου καὶ ἀσφαλείας ἔχουν τελείως εἰσαχθῆ ἐντὸς τοῦ ἀντιδραστήρος καὶ ἡ πηγὴ νετρονίων ἔχει ἀπομακρυνθῆ ἀπὸ τὸ πυρηνικὸν καύσιμον.

(1) Κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὰς κλασσικὰς πηγὰς παραγωγῆς θερμικῆς ἐνεργείας (γαιάνθραξ, πετρέλαιον).

σιμον υπό μορφήν ράβδων βυθίζεται έντός του έπιβραδυντού.

Ός ρευστόν άποψύξεως χρησιμοποιείται έν κατάλληλον ύγρον ή άέριον. Το ρευστόν άποψύξεως μεταφέρει έκτός του άντιδραστήρος τεραστίαν ποσότητα θερμότητος, ή όποία χρησιμοποιείται διά τήν εξαέρωσιν ύδατος. Οί παραγόμενοι ύδρατμοί κινούν ύδροστρόβιλον, ό όποιος έξασφαλίζει τήν λειτουργίαν μιās γεννητήριας έναλλασσόμενου ρεύματος (σχ. 311).

Αί διατάξεις έλέγχου είναι ράβδοι από κάδμιον ή βόριον, αί όποίαι άπορροφούν ισχυρώς τά νετρόνια. Σήμερον ύπάρχουν διάφοροι τύποι

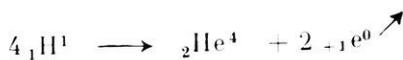


Σχ. 311. Σχηματική παράστασις έγκαταστάσεως παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικήν ενέργειαν

πυρηνικών άντιδραστήρων. Οί άντιδραστήρες ισχύος χρησιμοποιούνται διά τήν παραγωγήν ηλεκτρικού ρεύματος ή διά τήν κίνησιν μεγάλων πλοίων και ύποβρυχίων. Οί άντιδραστήρες έρευνής χρησιμοποιούνται δι' έρευνητικούς σκοπούς. Τοιοῦτον άντιδραστήρα διαθέτει τό 'Ελληνικόν Κέντρον Πυρηνικών Έρευνών « Δημόκριτος ». Ό άντιδραστήρ είναι τύπου « κολυμβητικής δεξαμενής », δηλ. αί ράβδοι ουρανίου είναι βυθισμένα έντός ύδατος, τό όποϊον είναι και ό έπιβραδυντής.

290. Σύντηξις ελαφρών πυρήνων. Ἐὰν ελαφροὶ πυρήνες συνδεθῶν μεταξὺ τῶν, ὥστε νὰ σχηματισθῇ βαρύτερος πυρήν, τότε συμβαίνει ἀπόλεια μάζης. Ἡ μάζα αὐτὴ μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **σύντηξις**. Ὡστε, σύντηξις καλεῖται ἡ πυρηνικὴ ἀντίδρασις μεταξὺ ελαφρῶν πυρήνων, κατὰ τὴν ὁποίαν σχηματίζεται βαρύτερος πυρήν ὑπὸ ἐκλυσιν ἐνεργείας.

Μεταξὺ τῶν πρὸς σύντηξιν πυρήνων ἐξασκεῖται ἠλεκτροστατικὴ ἄπωσις. Ἐπομένως διὰ νὰ κατορθώσουν νὰ πλησιάσουν ὁ εἰς πυρήν 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 πυρήνος 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, ὥπως συμβαίνει μὲ τὴν σχάσιν τῶν βαρέων πυρήνων.

291. Προέλευσις τῆς ἀστρικής ἐνεργείας. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ Ἥλιου καὶ τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων ἐπικρατοῦν πολὺ ὑψηλαὶ θερμοκρασίαι, αἱ ὁποῖαι διευκολύνουν τὴν σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων πρὸς σχηματισμὸν ἐνὸς πυρήνος 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 ἠλιακῆς μάζης μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν. Τὰ ὑπάρχοντα εἰς τὸν Ἥλιον πρωτόνια ἐξασφαλίζουν εἰς αὐτὸν τὴν ἱκανότητα νὰ ἐκπέμπῃ ἐνέργειαν μὲ τὸν σημερινὸν ρυθμὸν ἐπὶ 30 δισεκατομμύρια ἔτη.

292. Κοσμικαὶ ἀκτίνες. Ἐν φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον, εὐρισκόμενον ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ἐκφορτίζεται αὐθόγηστος καὶ ἂν εἶναι τὸ

σημείον τοῦ φορτίου του. Ἡ ἐκφόρτισις αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸν διαρκῆ **ιονισμόν** τοῦ ἀέρος. Αἰτία τοῦ ἰονισμοῦ εἶναι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι προσέρχονται ἀπὸ τὸ κοσμικὸν διάστημα καὶ ὀνομάζονται **κοσμικαὶ ἀκτίνες**.

Εἰς τὰ ἀνώτατα στρώματα τῆς ἀτμοσφαιρας 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, ἀζώτου, σιδήρου κ.ἄ.). Τὰ σωματίδια τῆς πρωτογενοῦς ἀκτινοβολίας ἔχουν τεραστίαν ἐνέργειαν καὶ μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας συγκρούονται μὲ τὰ μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρηνικὰς ἀντιδράσεις κατὰ τὰς ὁποίας προκύπτουν νέα σωματίδια καὶ φωτόνια. Οὕτω εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαιρας διαμορφώνεται ἡ **δευτερογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία**, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἠλεκτρόνια, ποζιτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια καὶ φωτόνια (σχ. 312).

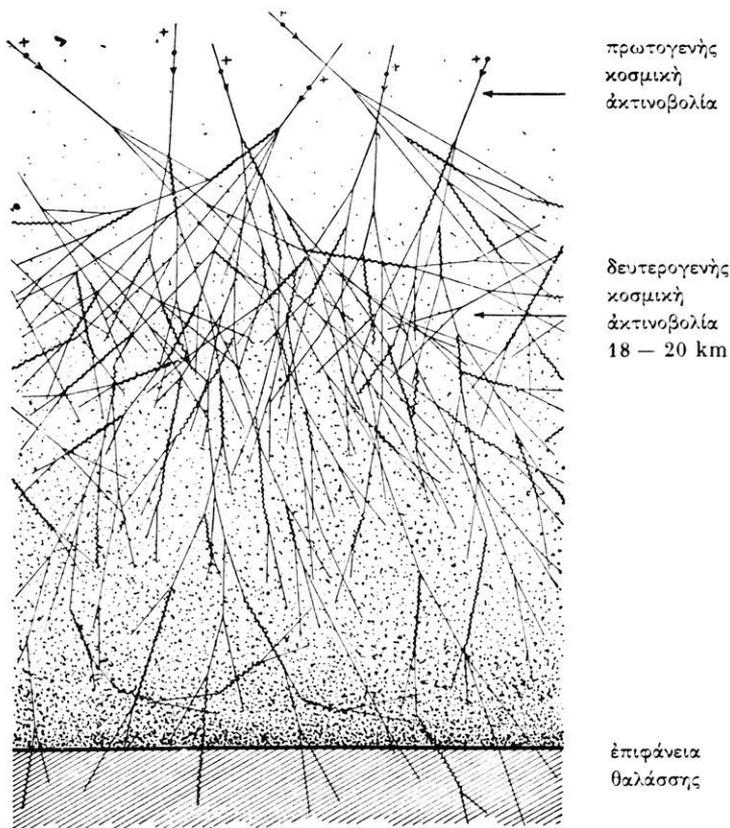
Ὑπολογίζεται ὅτι ἀνὰ δευτερόλεπτον εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς φθάνει ἓν κοσμικὸν σωματίδιον ἐπὶ ἐκάστου τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου. Μερικὰ ἐκ τῶν σωματιδίων τούτων ἔχουν τεραστίαν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία δύναται νὰ φθάσῃ ἕως 10^{10} GeV (μὲ τοὺς ἐπιταχυντὰς μας κατορθώνομεν νὰ προσδίδωμεν εἰς τὰ σωματίδια ἐνέργειαν ἕως 300 GeV). Ἡ συγκέντρωσις τόσοσ μεγάλης ἐνεργείας εἰς ἓν μόνον σωματίδιον εἶναι πιθανὸν ὅτι ἔχει ἐπίδρασιν ἐπὶ ὄρισμένων 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 ὄρισμένας 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

καί γεννᾶται κατὰ τὴν μετατροπὴν τοῦ πρωτονίου εἰς νετρόνιον καὶ ἀντιστρόφως.

β) Τὰ μεσόνια εἶναι σωματίδια μὲ ἓν θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν στοι-



Σχ. 312. Σχηματικὴ παράστασις τῆς παραγωγῆς δευτερογενούς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαιρας

χειῶδες φορτίον ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των περιλαμβάνεται μεταξὺ τῆς μᾶζης τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ τῆς μᾶζης τοῦ πρωτονίου.

γ) Τὰ ὑπερόνια εἶναι σωματίδια μὲ ἓν 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 ἀνακαλυφθὲν ἀντισωματίδιον, δηλ. εἶναι σωματίδιον ἀντίθετον πρὸς τὸ ἠλεκτρόνιον καὶ δύναται νὰ ὀνομασθῆ καὶ ἀντιηλεκτρόνιον. Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξε ὅτι εἰς ἕκαστον σωματίδιον ἀντιστοιχεῖ ἓν ἀντισωματίδιον. Τὰ ἀντισωματίδια ὀνομάζονται γενικώτερον **ἀντιύλη**.

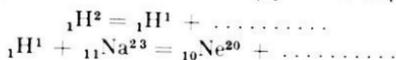
Τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ὁ πυρῆν τοῦ ἀτόμου ὕδρογόνου, ἀλλὰ μὲ ἓν ἀρνητικὸν στοιχειῶδες φορτίον. Ἐὰν φαντασθῶμεν ὅτι πέριξ τοῦ ἀντιπρωτονίου περιφέρεται ἓν ποζιτρόνιον, τότε προκύπτει τὸ ἄτομον τοῦ **ἀντιυδρογόνου**. Εἰς τὸν ἰδικὸν μας κόσμον τὸ ἄτομον τοῦτο δὲν δύναται νὰ ὑπάρξῃ, ὅπως δὲν δύναται νὰ διατηρηθῆ 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 διαφορά μεταξὺ σωματιδίου καὶ ἀντισωματιδίου δὲν στηρίζεται εἰς τὸ φορτίον, ἀλλ' εἰς ἄλλας ιδιότητες. Ὡστε εἰς τὸν ἰδικὸν μας κόσμον ἡ ἀντιύλη ἐμφανίζεται μόνον κατὰ ὠρισμένας πυρηνικὰς ἀντιδράσεις καὶ ἀκαριαίως ἐξαφανίζεται. Δὲν εἶναι ὅμως ἀπίθανον, ὅτι ὑπάρχουν ἀστῆρες καὶ γαλαξίαι ἀποτελούμενοι ἀπὸ ἀντιύλην.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

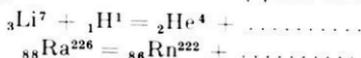
188. Νὰ εὑρεθῆ μὲ πόσῃ ἐνέργειαν ἐκπερασμένην εἰς ἔργια καὶ Joule ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς ἀτομικῆς μᾶζης καὶ ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου.

189. Μὲ πόσῃ ἐνέργειαν ἰσοδυναμεῖ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου ;

190. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



191. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



192. Ὁ ἀτομικὸς πυρῆν ἡλίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια, ἡ δὲ μᾶζα 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), ἥτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὅποیان ἀποκτᾷ ἓν ἠλεκτρόνιον, ὅταν τοῦτο μετακινεῖται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐχόντων διαφορὰν δυναμικοῦ 1 Volt. Μὲ πόσα ἔργια καὶ Joule ἰσοῦται ἡ μονὰς ἠλεκτρονιοβόλτ ;

194. Με πόσην ενέργειαν εκπεφρασμένην εις ηλεκτρονιοβόλτ (eV) ισοδυναμεί ή μονάς ατομικής μάζης (1 amu) ;
195. Πόση ενέργεια ελευθερώνεται κατά την άφυλοποίησιν ενός ηλεκτρονίου και ενός ποζιτρονίου ;
196. Πόση ενέργεια ελευθερώνεται κατά την άφυλοποίησιν ενός πρωτονίου και ενός αντιπρωτονίου ;
197. Πόση άπωσις αναπτύσσεται μεταξύ ενός ατομικού πυρήνος ήλιου ($Z = 2$) και ενός ατομικού πυρήνος άσβεστίου ($Z = 20$), όταν ή απόστασις τών δύο τούτων πυρήνων είναι ίση με $1/10^{12}$ cm ;
198. Εις τόν άτομον ύδρογόνου τόν μοναδικόν ηλεκτρόνιον διαγράφει κυκλικήν τροχιάν έχουσαν ακτίνα $r = 0,5 \cdot 10^{-8}$ cm, ή δέ συχνότης τής κινήσεως αυτού είναι $\nu = 6,6 \cdot 10^{15}$ Hz. Νά εύρεθῆ ή έντασις του ρεύματος, τόν όποιον άντιστοιχεί εις την κίνησιν του ηλεκτρονίου και ή έντασις του μαγνητικού πεδίου του ρεύματος τούτου εις τόν κέντρον τής κυκλικής τροχιάς του ηλεκτρονίου.
199. Πόση ενέργεια ελευθερώνεται κατά τόν σχηματισμόν ενός ατομικού πυρήνος ήλιου (${}_2\text{He}^4$) από την σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων (${}_1\text{H}^1$) ;
200. Έάν κατά την διάσπασιν ενός βαρέος πυρήνος παρατηρηται έλλειμμα μάζης ίσον με τόν 0,10% τής μάζης του πυρήνος, νά εύρεθῆ πόση ενέργεια ελευθερώνεται κατά την διάσπασιν 1 kgk εκ του ύλικου τούτου.

Περιοδικόν σύστημα τών στοιχείων

Περίοδος	Όμαδος I	Όμαδος II	Όμαδος III	Όμαδος IV	Όμαδος V	Όμαδος VI	Όμαδος VII	Όμαδος VIII	0
I	1 H 1,008								2 He 4,003
II	3 Li 6,940	4 Be 9,02	5 B 10,82	6 C 12,01	7 N 14,008	8 O 16,000	9 F 19,00		10 Ne 20,183
III	11 Na 22,994	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 30,98	16 S 32,06	17 Cl 35,457		18 Ar 39,944
IV	19 K 39,096 29 Ca 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 27 Co 58,94 28 Ni 58,69	36 Kr 83,7
V	37 Rb 85,48 47 Ag 107,880	38 Sr 87,63 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	54 Xe 131,3
VI	55 Cs 132,91 79 Au 197,2	56 Ba 137,36 80 Hg 200,61	57 Έκτατα γαλιό* 81 Tl 204,39	72 Hf 178,6 82 Pb 207,21	73 Ta 180,88 83 Bi 209,00	74 W 183,92 84 Po 210	75 Re 186,31 85 At (210)	76 Os 190,2 77 Ir 193,1 78 Pt 195,23	86 Rn 222
VII	87 Fr (223)	88 Ra 226,05	89 Ac 227,05	90 Th 232,12	91 Pa 231	92 U 238,07			

* Σ πάλιναι γατίαι

57 Ia	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
138,92	140,13	140,92	144,27	147	150,43	152,0	156,9	159,2	162,46	164,94	167,2	169,4	173,04	174,90

† Περιοδικόν στοιχείων

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 εἰδῶλων ὡς καὶ ἡ φαινομένη θραῦσις μιᾶς ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος ἐσπουδάζοντο μόνον τὰ ἀπλᾶ ταῦτα φαινόμενα τῆς γεωμετρικῆς ὀπτικῆς, χωρὶς ὅμως νὰ καταστῆ δυνατὸν νὰ δοθῇ μία φυσικὴ ἐρμηνεία τῶν φαινομένων τούτων. Αἱ πρῶται φυσικαὶ ὑποθέσεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός διευτυπώθησαν μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τοῦ νόμου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Αἱ ὑποθέσεις αὗται προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ τότε γνωστὰ φαινόμενα, μετὰ τὴν ἀπαροδον ὅμως τοῦ χρόνου ἀνεκαλύπτοντο νέα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα 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 ἐρμηνεύουν δύο διαφόρους ὄψεις 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 κατώρθωσε νὰ ἐρμηνεύσῃ κατὰ τρόπον ἀπλούστατον τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διάθλασιν καὶ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. Ὁ ἴδιος ὅμως ὁ Νεύτων ἀνεκάλυψε καὶ ἐν φαινομένον συμβολῆς τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον καλεῖται **δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος**. Διὰ νὰ ἐρ-

μηνεύση 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 ἐστήριζεν 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 ἐπέτυχεν 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 ἡρμήνευσε πολὺ περισσότερα φαινόμενα, ἐν τούτοις δὲν ἐγένετο δεκτὴ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν φυσικῶν, διότι εἰσῆγε τὴν ἰδέαν τοῦ παραδόξου αἰθέρος. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 19ου αἰῶνος ὁ Ἄγγλος Young ἔδωκεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



Huygens

καὶ νὰ ἀποδείξῃ οὕτως ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὰ διαφανῆ ὑλικά μέσα εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν, ὅπως ἀκριβῶς προέβλεπεν ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων. Οὕτως ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε καὶ τὸ φῶς ἐθεωρεῖτο ἔκτοτε ὡς μία διάδοσις ἐγκαρσίων κυμάτων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ, ἀλλὰ λίαν παραδόξου αἰθέρος.

3. Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτὸς. Κατὰ τὸ 1848 ὁ Ἄγγλος Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεπολωμένη ἀκτίς φωτὸς



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτίνος ὑφίσταται στροφῆν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξύ τοῦ φωτὸς καὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ὅτι εἶναι δυνατὸν 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 σειρὰν τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τῶν κυμάτων τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας μέχρι καὶ τῶν ἀκτίνων γ. Ὀλόκληρος ἡ σειρὰ αὐτῆ τῶν κυμάτων εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ μόνην διαφορὰν εἰς τὴν συχνότητα τῆς κυμάνσεως.

4. Τὰ φωτόνια. Ἐπὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἠσχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροῦς καὶ πολλοῦς ἀγῶνας κατῴρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θαυμασίαν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποία ἔδιδεν ἀπλήν καὶ ἐνιαῖαν ἐξήγησιν εἰς τὸ σύνολον



Einstein

τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς ὅμως τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν νέα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ὑπεχρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικώτερον ἐκ τῶν ἀνακαλυφθέντων νέων φαινομένων, τὸ ὁποῖον φανερώνει τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἐὰς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἓν 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 μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. Ἀντιθέτως, ἄς δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμμίαν κατάτμησιν καὶ συνεπῶς δύναται νὰ προκαλέσουν σημαντικὰ ἀποτελέσματα καὶ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Ἡ ἀνακάλυψις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἀπεκάλυψεν λοιπὸν ὅτι αἱ ἀκτινοβολία εἶναι ἱκαναὶ νὰ ἐξασκήσουν ἐπὶ τῆς ὕλης ἐνεργειακὰς δράσεις καὶ ὅτι αἱ δράσεις αὐταὶ δὲν ἐλαττώνονται, ὅσον αὐξάνεται

ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν πηγὴν. Οὕτως ὁ Einstein, ἐπανερχόμενος εἰς τὴν σωματιδιακὴν θεωρίαν, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἐδέχθη ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ κοκκίδια καὶ ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν τὰ κοκκίδια ταῦτα πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Εἰς τὰ κοκκίδια αὐτὰ ἔδωσεν τὸ ὄνομα **φωτόνια**. Ἐκαστον κοκκίδιον μεταφέρει ἐνέργειαν ἀνάλογον πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν **κβάντα**, τὴν ὁποίαν διετύπωσεν εἰς τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μας ὁ Γερμανὸς Planck. Ἡ θεωρία τῶν φωτονίων ἐρμηνεύει ὄχι μόνον τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἀλλὰ καὶ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἀνεκαλύφθησαν μεταγενεστέρως. Ἡ θεωρία ὅμως τῶν φωτονίων εἶναι ἀνίκανος νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως καὶ τῆς πολώσεως τοῦ φωτός. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων τούτων ὑπεχρεώθησαν οἱ φυσικοὶ νὰ διατηρήσουν καὶ τὴν θεωρίαν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Planck

5. Ἡ κυματομηχανικὴ. Ἡ ὑπαρξὶς δύο θεωριῶν διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων εἶναι ἀκατανόητος ἀπὸ τὴν ἀνθρωπίνην λογικὴν. Κατὰ τὸ 1924 ὁ Γάλλος θεωρητικὸς φυσικὸς Louis de Broglie ἐπέτυχε νὰ συμβιβάσῃ τὰς δύο ἀντιθέτους ἀπόψεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Ἡ γιγαντιαία αὕτη σύνθεσις ὀνομάζεται **Κυματομηχανικὴ** καὶ περιλαμβάνει ὄχι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὕλην καὶ τὰς διαφορὰς μορφὰς τῆς ἐνεργείας. Ἡ Κυματομηχανικὴ δέχεται ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ **φωτόνια**, συμφώνως πρὸς τὴν ἄποψιν τοῦ Einstein, ἀλλ' ἕκαστον φωτόνιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ ἓν **κῦμα**, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον κατὰ τὴν μετακίνησίν του εἰς τὸ διάστημα. Αὕτη ἡ θεωρία περὶ τῆς διπλῆς φύσεως τοῦ φωτός διασύει βαθύτατα τὰς συνηθείας τῆς σκέψεώς μας. Τὸ κῦμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον, εἶναι ἓν **κῦμα πιθανότητος** καὶ μᾶς φανερώνει πόσαι πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐμφανισθῇ τὸ φωτόνιον ἐδῶ ἢ ἐκεῖ. Ἐνῶ

δηλαδή τὸ φωτόνιον ταξιδεύει ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν πρὸς τὸ φωτιζόμενον σῶμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν τοῦ ἢ τὴν τροχίαν του, ἀλλὰ τὸ μόνον πρᾶγμα, περὶ τοῦ ὁποῖου εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ ὀμιλοῦμεν εἶναι τὸ κύμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον. Ἀντιθέτως, ὅταν τὸ φῶς φθάσῃ κάπου, π.χ. ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακῶς, τότε ἡ ἄφιξις τοῦ σωματιδίου ἐκδηλώνεται μὲ τὴν ἀκύρωσιν τῆς



Luis de Broglie

πλακῶς, 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 ἠσφαλισμένοι 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 ἐρμηνείαν 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 βραχύτατον ἐνστικτον ἐμποδίζει τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα νὰ ἀποθαρρυνθῆ καὶ τὸ προωθεῖ νὰ ἀνανεώσῃ τὰς προσπαθείας του, διὰ νὰ εἰσδύσῃ διαρκῶς περισσότερον εἰς τὴν γνῶσιν τῆς ἀρμονίας τῆς φύσεως » (Louis de Broglie).

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

1. Σπουδὴ καὶ ἐρμηνεία τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων.

Ἡ πρώτη παρατήρησις ἠλεκτρικοῦ φαινομένου ἀνάγεται εἰς τὸν Θαλῆν τὸν Μιλήσιον (6ος αἰὼν π.Χ.), ὁ ὁποῖος παρετήρησεν ὅτι τὸ ἤλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα. Αὐτὴ 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 ἄπωσιν, διότι μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐπιστεῦετο ὅτι μεταξὺ δύο ἠλεκτρισμένων σωμάτων ἐξασκεῖται πάντοτε ἔλξις. Ὁ Boule (1626 - 1691) ἀπέδειξεν ἀργότερον ὅτι αἱ ἠλεκτρικαὶ ἔλξεις καὶ ἀπώσεις παρατηροῦνται καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ὁ Ἄγγλος Gray ἀπέδειξεν τὸ 1729 ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς δύναται νὰ μεταβῆ ἀπὸ τοῦ ἑνὸς 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 ἑνὸς μονωτοῦ. Τέλος ὁ ἴδιος ἀνεκάλυψεν τὴν ἠλεκτρίσιν 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 ἐχρειάζοντο καὶ « ἠλεκτρικὰς μηχανάς ». Ὅλαι

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 θεῖον, ἣ 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 è r e

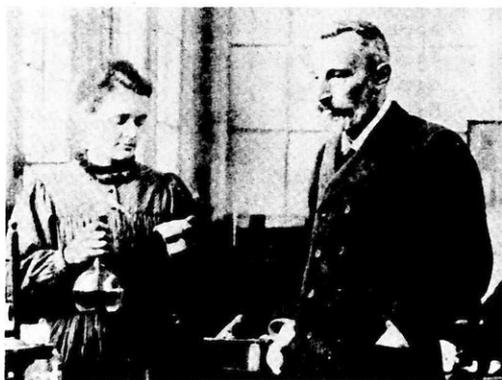
τῶν ἠλεκτροστατικῶν μηχανῶν διὰ τριβῆς ταχέως ἐτελειοποιήθη καὶ ἡ ἐκ θεῖου σφαῖρα ἀντεκατεστάθη μὲ ἕλιον στροφόμενον δίσκον. Μία ἐκ τῶν ἀρχαιοτέρων ἠλεκτρικῶν συσκευῶν εἶναι ὁ πυκνωτὴς ὑπὸ τὴν μορφήν τῆς « λουγδουρικῆς λαγῆνου ». Ὁ πυκνωτὴς ἀνεκαλύφθη ὀλίγως τυχαίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὁποῖος, προσπαθῶν νὰ ἠλεκτρίσῃ μίαν ὑάλινην φιάλην πλήρη ὕδατος, ἐδέχθη τὴν ἐκκένωσιν τοῦ σχηματισθέντος πυκνωτοῦ. Ὁ Ἀμερικανὸς Φραγκλῖνος (1706 - 1790) παρεδέχθη τὴν προηγουμένως διατυπωθεῖσαν γνώμην ὅτι ὁ κεραυνὸς εἶναι ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. Ἡ συστηματικὴ ὁμως 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 γεγονὸς, ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διεσαφηνίσθη 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 κατωρθώθη 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' ἀρχάς καὶ πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν βραδύτερον. Οἱ δύο οὗτοι νεώτατοι κλάδοι τῆς Φυσικῆς ἐξελίσσονται σήμερον ραγδαίως. Ἡ μεταστοιχείωσις, τὴν ὁποίαν ἐπεδίωκον ματαίως οἱ ἀλχημισταί, ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιτυγχάνομεν ἐπιθυμητὰς τροποποιήσεις τῆς συστάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ



Δημόκριτος



Μαρία καὶ Πέτρος Κιουρί

ἀτόμου. Ἡ βαθυτέρα γνῶσις τῶν φαινομένων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μᾶς διήνοιξεν τὴν λεωφόρον πρὸς βαθυτέραν γνῶσιν τῆς συστάσεως καὶ τῆς ἐξελιξέως τῆς ὕλης καὶ ἐπὶ πλέον μᾶς διήνοιξεν ἐν ἀπέραντον πεδίον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὁποῖαι ἤλλαξαν τὸν ρυθμὸν τῆς ζωῆς τῶν ἀνθρώπων.

3. Ἡ πρόοδος τῆς Φυσικῆς. Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰργάσθησαν διάφοροι φυσικοὶ ἀνήκοντες εἰς ὅλους τοὺς πολιτισμένους 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 αντίσταση εις $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ (θερμοκρασία 20°C)
Θερμικός συντελεστής αντίστασεως εις grad^{-1}

Σώμα	Ειδική αντίσταση	Θερμικός συντελεστής (α)
"Αργυρος	1,62	36 . 10^{-4}
Χαλκός	1,72	40 . »
'Αργίλλιον	2,82	36 . »
Βολφράμιον	5,50	52 . »
Ψευδάργυρος	5,92	35 . »
Νικέλιον	7,24	54 . »
Σίδηρος	9,80	50 . »
Λευκόχρυσος	10,50	36 . »
Μόλυβδος	21,00	40 . »
Νικελίνη	40,00	4 . »
Μαγγανίνη	44,00	0,1 . »
Κοστανταν	50,00	0,1 . »
"Ανθραξ άποστακτήρων	60,00	— —
'Υδράργυρος	95,78	9 . »

Π Ι Ν Α Ξ 2

Διηλεκτρική σταθερά	
'Αήρ	1
Χάρτης παραφινωμένος	2
'Εβονίτης	2,8
"Ηλεκτρον	2,8
Ξύλον	2 — 8
Χαλαζίας	4,5
Παραφινέλαιον	4,7
"Υαλος	5 — 10
Μαρμαρυγίας	6
Πορσελάνη	6
Οινόπνευμα	26
"Υδωρ	81

Π Ι Ν Α Ξ 3

Ήλεκτρικαί μονάδες

Φυσικόν μέγεθος	Μ ο ν ά ε ς	Σχέσις μεταξύ μονάδων
Ήλεκτρικόν φορτίον	1 ΗΣΜ	
»	1 Coulomb (1 Cb)	1 Cb = $3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ
»	1 άμπερώριον (1 Ah)	1 Ah = 3600 Cb
Δυναμικόν	1 ΗΣΜ	
»	1 Volt (1 V)	1 V = 1/300 ΗΣΜ
Χωρητικότητα	1 ΗΣΜ	
»	1 Farad (1 F)	1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ΗΣΜ
»	1 microfarad (1 μF)	1 μF = 10^{-6} F
Ένταση ρεύματος	1 Ampère (1 A)	
Άντιστάσις άγωγού	1 Ohm (1 Ω)	
»	1 microhm (1 μΩ)	1 μΩ = 10^{-6} Ω
Ένταση μαγνητικού πεδίου	1 Gauss	
Μαγνητική ροή	1 Maxwell (1 Mx)	
Συντελεστής άυτεπαγωγής	1 Henry (1 H)	

Π Ι Ν Α Ξ 4

Γενικάί φυσικάί σταθεραί

Ταχύτης φωτός εις τό κενόν	c_0	= $2,99793 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Στοιχειώδες 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
Λόγος μάζης πρωτονίου πρός μάζαν ήλεκτρονίου	$\frac{m_p}{m_e}$	= 1836,5
1 μονάς άτομικής μάζης	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 έλξεως	k	= $6,67 \cdot 10^{-8}$ C.G.S.
Άριθμός του Avogadro	N_A	= $6,0228 \cdot 10^{23}$ μόρια/mol
Άριθμός του Loschmidt	N_L	= $2,687 \cdot 10^{19}$ μόρια/cm ³

Π Ι Ν Α Ξ 5

Σχέσεις μεταξύ των μονάδων του αγγλοσαξωνικού συστήματος
και του συστήματος μονάδων C.G.S.

Μ ῆ κ ο ς			
1 ἵντσ	(in)	= 2,540	cm
1 πούς	(ft)	= 30,48	cm
1 μίλιον	(mi)	= 5280	ft
1 μίλιον	(mi)	= 1609	m
Μ ᾶ ζ α			
1 χιλιόγραμμον	(kgr)	= 2,205	πάουντ (lb)
Τ α χ ῶ τ η ς			
1 mi/h		= 44,7	cm/sec
1 ft/sec		= 30,48	cm/sec
Δ ὕ ν α μ ι ς			
1 λίμπρα	(lb)	= 4,45 · 10 ⁵	dyn
Π ί ε σ ι ς			
1 ἀτμόσφαιρα	(atm)	= 14,7	lb/in ²
1 lb/in ²		= 69,87	dyn/cm ²
Ἔ ρ γ ο ν — Ἐ ν ἔ 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
Ἴ σ χ ῶ 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
I	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 $\varphi = R/2, 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi, E/A = \pi'/\pi$

Κοῖλα 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 $E = A \cdot (\nu - 1)$

$$\begin{aligned} \text{Έλαχίστη έκτροπή (} E_{ελ} \text{)} : \pi_1 = \pi_2 \quad \delta_1 = \delta_2 \quad A = 2\delta_1 \\ \nu = \eta\mu\pi_1/\eta\mu\delta_1 \quad E_{ελ} = 2\pi_1 - A \end{aligned}$$

Συνθήκη εξόδου τής ακτίνος εκ του πρίσματος : $A \leq \varphi$
 φ ή όρική γωνία δια τὸ πρίσμα

Φακοί :

$$1) \text{ ἔστιακὴ ἀπόστασις} \quad 1/\varphi = (\nu - 1) \cdot (1/R - 1/R')$$

$$2) \text{ θέσις εἰδώλου} \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$3) \text{ μεγέθυνσις φακοῦ} \quad E/A = \pi'/\pi$$

$$4) \text{ ἰσχὺς φακοῦ} \quad P = 1/\varphi$$

Ίσχυς ὁμοαξονικοῦ συστήματος φακῶν εὐρισκομένων εἰς ἐπαφήν :

$$1/\varphi = 1/\varphi_1 + 1/\varphi_2 + 1/\varphi_3$$

Συγκλίνοντες φακοί :

$$1) \text{ εἶδωλον πραγματικὸν} \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$2) \text{ εἶδωλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$$

Ἀποκλίνοντες φακοί :

$$\text{εἶδωλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

Φαινομένη διάμετρος (α) ἀντικειμένου $\alpha = AB/OA$

AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ OA ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν

Ἀπλοῦν μικροσκόπιον :

$$1) \text{ ἰσχὺς (} P \text{)} \quad P = 1/\varphi \quad \text{ἢ} \quad P = \alpha/AB$$

$$2) \text{ μεγέθυνσις (} M \text{)} \quad M = 1 + \delta/\varphi \quad \text{ἢ} \quad M = \delta/\varphi$$

α ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου, AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ.

Σύνθετον μικροσκόπιον :

$$1) \text{ ἰσχὺς (} P \text{)} \quad P = \frac{l}{\varphi_{\pi} \cdot \varphi_{\alpha}}$$

$$2) \text{ μεγέθυνσις (} M \text{)} \quad M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_{\pi} \cdot \varphi_{\alpha}}$$

φ_{π} καὶ φ_{α} αἱ ἔστιακαὶ ἀποστάσεις προσοφθαλμίου καὶ ἀντικειμενικοῦ, l ἡ μεταξὺ των ἀποστάσις καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Μεγέθυνσις (M) τηλεσκοπίου

$$M = \varphi_a / \varphi_p$$

Φωτομετρία :

$$1) \text{ ὀλική φωτεινή ροή (} \Phi_{\text{ολ}} \text{) πηγῆς} \quad \Phi_{\text{ολ}} = 4\pi \cdot I$$

$$I \text{ ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς καὶ } \pi = 3,14$$

$$2) \text{ φωτισμὸς (} E \text{) ἐπιφανείας} \quad E = (I^2 / R) \cdot \text{συν } \alpha$$

R ἢ 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 κυμάνσεων :

$$v = \nu \cdot \lambda$$

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	ἤλεκτρικὸν φορτίον
E	ἐντασις ἤλεκτρικοῦ πεδίου
U	δυναμικόν, διαφορὰ δυναμικοῦ, τάσις
C	χωρητικότης
W	ἔργον, ἐνέργεια
P	ἰσχύς

t	χρόνος
I	ένταση ρεύματος
l	μήκος
R	άντιστασις
r	άκτις σφαιράς, έσωτερική αντίστασις γεννητριάς
E	ήλεκτρεγερτική δύναμις γεννητριάς
E'	άντηλεκτρεγερτική δύναμις αποδέκτου
L	συντελεστής αὐτεπαγωγῆς

Β' Ήξιώσεις τοῦ Μαγνητισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = m_1 \cdot m_2 / \alpha^2$
Ένταση μαγνητικοῦ πεδίου	$H = F/m$
Μαγνητική ροή	$\Phi = \sigma \cdot H$

Γ' Ήξιώσεις τοῦ Ήλεκτρισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / \alpha^2$
K ἡ σταθερά τοῦ Coulomb ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ διηλεκτρικοῦ	
Ένταση 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	
Έργον κατὰ τὴν μεταφορὰν ἠλεκτρικοῦ φορτίου	$W = Q \cdot (U_1 - U_2)$
Χωρητικότης	$C = Q/U$
Δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἀκτίνος r :	$U = Q/r$
Ένέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	$W = Q \cdot U/2 = C \cdot U^2/2 = Q^2/2C$
Ένταση τοῦ ρεύματος	$I = Q/t$
Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ	$U = I \cdot R$
Αντίστασις 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 συντελεστὴς ἀντιστάσεως καὶ θ ἡ θερμοκρασία	

Σύνδεσις αντίστασεων :

κατά σειράν

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

παραλλήλως

$$1/R_{ολ} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Ένέργεια ηλεκτρικού ρεύματος

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \eta \quad W = I^2 \cdot R \cdot t$$

Ίσχύς ηλεκτρικού ρεύματος

$$P = U \cdot I \quad \eta \quad P = I^2 \cdot R$$

Νόμος του Joule

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$$

Q ή ποσότης θερμότητας εις θερμίδας (cal)

Ίσχύς γεννητριάς

$$P = E \cdot I$$

Ίσχύς αποδέκτου

$$P = E' \cdot I$$

Κλειστόν κύκλωμα :

1) Χωρίς αποδέκτην

$$E = I \cdot R_{ολ}$$

2) με αποδέκτην

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

3) διαφορά δυναμικοῦ εις τοὺς πόλους τῆς γεννητριάς $U = E - I \cdot r$

Κύκλωμα με συστοιχίαν γεννητριῶν :

1) σύνδεσις κατά σειράν

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

2) παράλληλος σύνδεσις

$$v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

Νόμος ηλεκτρολύσεως

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot I \cdot t$$

A/v τὸ χημικόν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ m ἡ ἀποτιθεμένη μᾶζα τοῦ στοιχείου

Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος :

1) εὐθύγραμμος ἄγωγος

$$H = \frac{2I}{10x}$$

2) σωληνοειδές

$$H = \frac{4\pi}{10} \cdot v \cdot I$$

v ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους τοῦ σωληνοειδοῦς

Δύναμις ἀσκουμένη ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος $F = \frac{1}{10} \cdot I \cdot H \cdot l$

Έπαγωγικὴ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις $E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t}$

Έλεκτρεγερτικὴ 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	$U_{ev} = 0,707 \cdot U_0$
ἐνεργὸς ἔντασις	$I_{ev} = 0,707 \cdot I_0$

Μετασχηματιστής :

ἐνέργεια	$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$
τάσεις	$U_2 : U_1 = \nu_2 : \nu_1$
ἐντάσεις ρευμάτων	$I_1 : I_2 = \nu_2 : \nu_1$

ν_1 καὶ ν_2 αἱ σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος (U_1, I_1) καὶ τοῦ δευτερεύοντος (U_2, I_2) κυκλώματος

Πυκνώτης :

1) ἠλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ $Q = C \cdot U$

2) χωρητικότης πυκνωτοῦ $C = \epsilon \frac{\sigma}{4\pi \cdot l}$

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 $1/C_{ολ} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$

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 $N = A - Z$

Α μαζικὸς ἀριθμὸς, Z ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου ἐμφαίνων καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, N ἀριθμὸς νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

Ἀρχὴ ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας $W = m \cdot c^2$

m 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.



Έκδοσις ΙΖ', 1976 (IV) - Αντίτυπα 67.000 - Σύμβασις 2677/6-4-76

Έκτύπωσις - Βιβλιοδεσία : Ι. ΔΙΚΑΙΟΣ Α.Ε.

