

Μιχαήλοπουλος Ρεζάτος
ΔΑΚΤΥΛΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Ε' και Στ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ
ΕΚΔΟΣΕΩΝ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ
ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ
1971

Φ Υ Σ Ι Κ Η
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

μικροβιολογίας κεντρ.

17098

ΔΩΡΕΑ
ΕΘΝΙΚΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

Φ Υ Σ Ι Κ Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Ε' και Στ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΞΛΛΔΣ



21 ΑΠΡΙΛΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

Α ΘΗΝΑΙ 1971

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο ΠΤΙΚΗ

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

	Σελίς
1. 'Ορισμοί.—2. Εύθυγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.—3. Φωτεινή ἀκτίς. Φωτειναὶ δέσμαι.—4. 'Αποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός	11 - 15
ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	
5. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός.—6. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός	15 - 18
ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	
7. Διάχυσις καὶ ἀνάκλασις.—8. 'Ορισμοί.—9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός	19 - 21
Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ	
10. 'Επίπεδον κάτοπτρον.—11. Περιστροφὴ ἐπίπεδου κατόπτρου.—12. 'Επίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—13. 'Αρχὴ τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός	21 - 25
Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ	
14. 'Ορισμοί	25
<i>α) Κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα</i>	
15. Εἰδῶλον φωτεινοῦ σημείου.—16. Κυρία ἑστία.—17. 'Εστιακὸν ἐπίπεδον.—18. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων καὶ θέσις τοῦ εἰδώλου.—19. Εἰδῶλον ἀντικειμένου.—20. Πραγματικὸν ἡ φανταστικὸν εἰδώλον ἀντικειμένου.—21. 'Ανακεφαλίσωσις διὰ τὰ κοῖλα κάτοπτρα....	26 - 32
<i>β) Κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα</i>	
22. Κυρία ἑστία καὶ ἑστιακὸν ἐπίπεδον.—23. Εἰδῶλον ἀντικειμένου.—24. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων	32 - 38
ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	
26. 'Ορισμός.—27. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—28. 'Ορικὴ γωνία.—29. 'Απόλυτος καὶ σχετικὸς δειντῆς διαθλάσεως.—30. 'Ολικὴ ἀνάκλασις.—31. 'Αποτελέσματα τῆς διαθλάσεως	38 - 45
ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ	
32. Διάθλασις διὰ πλακές μὲν παραλλήλους ἔδρας.—33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.—34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.—35. Πρᾶσμα δλικῆς ἀνακλάσεως	45 - 52
ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ	
36. 'Ορισμοί.—37. Συγχλίνοντες καὶ ἀποχλίνοντες φακοί.—38. Οπτικὸν κέντρον	52 - 54
<i>A'. Συγχλίνοντες φακοί</i>	
39. Κυρία ἑστία. 'Εστιακὴ ἀπόστασις.—40. 'Εστιακὸν ἐπίπε-	

	Σελίς
δον.—41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.—42. Εἰδωλον ἀντικειμένου.—43. Εἰδωλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.—44. Ἀνακεφαλαῖσις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακούς	55 - 59
B'. Ἀποκλίνοντες φακοί	
45. Κυρία ἐστία.—46. Εἰδωλον ἀντικειμένου.—47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν	59 - 62
Γ'. Ἰσχὺς καὶ οργάνωτα τῶν φακῶν	
48. Ἰσχὺς φακοῦ.—49. Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.—50. Σφάλματα τῶν φακῶν	63 - 66
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ	
51. Κατασκευὴ τοῦ ὄφθαλμοῦ.—52. Κανονικὸς ὄφθαλμός. Προσαρμογή.—53. Πρεσβυωπία.—54. Μύωψ καὶ ὑπερμέτρωψ ὄφθαλμός.	66 - 71
55. Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—56. Διόφθαλμος ὅρασις. Στερεοσκοπία.—57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως	72
ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	
58. Ὁπτικὰ ὅργανα	72
Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ	
59. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστικὴ ἵκανότης μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ	72 - 78
Β'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ	
65. Διοπτρικὰ καὶ κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.—66. Ἀστρονομικὴ διόπτρα.—67. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.—69. Πρισματικὴ διόπτρα.—70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον	78 - 83
Γ'. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	
71. Περισκόπιον.—72. Φωτογραφικὴ μηχανή.—73. Προβολεύς..	84 - 87
ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ	
74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.—75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.—77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.—78. Φασματοσκόπιον.—79. Οὐράνιον τέξον	87 - 92
ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ	
80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.—81. Μονάς τῶν στερεῶν γωνιῶν.—82. Φωτομετρικὰ μεγέθη.—83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—84. Νόμος τῆς φωτομετρίας.—85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.—86. Φωτόμετρον.—87. Ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς	92 - 100
ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ	
88. Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός.—89. Θεωρία τῆς ἐκπομπῆς.—90. Θεωρία τῶν κυμάνσεων.—91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.—92. Παράθλασις τοῦ φωτός.—93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος	92 - 100

τοῦ φωτός.—94. Πόλωσις τοῦ φωτός.—95. Ἐρμηνεία τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.—96. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.—97. Ἐρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσσεως τοῦ φωτός.—98. Πολωτικαὶ συσκευαὶ	Σελίς 100 - 113
---	--------------------

ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

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

Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι.—106. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—108. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. 109. Φθορισμός.—110. Φωσφορισμός.—111. Φωταύγεια.—112. Ἐπιδρασις 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 ἐπιδρασις τῶν πόλων.—121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.—122. Στοιχειώδεις μαγνῆται.—123. Νόμος τοῦ Coulomb.—124. Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ	129 - 134
---	-----------

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

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

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

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

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

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

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ	Σελίς
140. Σπουδὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—142. Δυναμικόν.—143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.—144. Μονάδες δυναμικοῦ.—145. Σχέσεις μεταξὺ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	149 - 158
ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ	
148. Στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον.—149. Ἐμφάνισις ἡλεκτρικῶν φορτίων.—150. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων	158 - 161
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ	
151. Παραγωγὴ ροῆς ἡλεκτρονίων.—152. Εἰδη γεννητριῶν.—153. Δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—154. Ἐντασίς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—155. Κύκλωμα.....	161 - 167
ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ	
156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—157. Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμῆμα ἀγωγοῦ.—158. Μονάς ἀντιστάσεως.—159. Ἀντιστασίς ἀγωγοῦ.—160. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—161. Ἀγωγὸς σταθερᾶς ἀντιστάσεως.—162. Κύτταρον σεληνίου.—163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—164. Ροοστάται.—165. Μέτρησις ἀντιστάσεως	167 - 174
ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
166. Ἐνέργεια καὶ ισχὺς τοῦ ρεύματος.—167. Νόμος τοῦ Joule.—168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος	175 - 179
ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ	
169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα.—171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—172. Ἀντιλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μὲν γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τμῆμα κυκλώματος.—174. Κύκλωμα μὲν συστοιχίαν γεννητριῶν	179 - 186
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΣΙΣ	
175. Ἡλεκτρολύται.—176. Παραδείγματα ἡλεκτρολύσεων.—177. Νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.—178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως.—179. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—180. Συσσωρευταί.—181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον	186 - 196
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ	
183. Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος.—184. Μαγνητικὸν πεδίον εύθυγράμμου ρεύματος.—185. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.—186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—187. Ἡλεκτρομαγνήτης.—188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.—189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.—190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρος	

	Σελίς
191. "Οργανα ήλεκτρικῶν μετρήσεων	196 - 209
ΕΠΑΓΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	
192. Παραγωγὴ τῶν ἐπαγγωγικῶν ρευμάτων.—193. Τρόποι πα- ραγωγῆς ἐπαγγωγικῶν ρευμάτων.—194. Φορά τοῦ ἐπαγγωγικοῦ ρεύ- ματος.—195. Ἐπαγγωγικὴ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—196. Ρεύματα Foucault.—197. Αὐτεπαγωγὴ	209 - 226
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ.—199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.— 200. Κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα τοῦ συνε- χοῦς ρεύματος.....	216 - 220
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ	
202. Ἐναλλακτήρες.—203. Κινητήρες ἐναλλασσομένου ρεύμα- τος.—204. Ἐναλλασσόμενον ρεύμα.—205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις.—206. Τριφασικά ρεύματα.....	220 - 228
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ	
207. Μετασχηματισταὶ.—208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματι- στῶν.—209. Ἐπαγγωγικὸν πηγῶν	228 - 232
ΠΥΚΝΩΤΑΙ	
210. Πυκνωταὶ.—211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.— 215. Ὁμογενὲς ήλεκτρικὸν πεδίον	232 - 238
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ	
216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—217. Λαμ- πτήρες μὲν ἀραιῶν ἀέριον.—218. Καθοδικαὶ ἀκτίνες.—219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ..	238 - 244
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ KENON	
221. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων.—222. Ἀκτῖνες Röntgen.— 223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.—224. Σωλήνη Braun.—225. Τρίο- δος λυχνία.—226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.—227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—228. Ἡλεκτρο- νικὸν μικροσκόπιον	244 - 252
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ	
229. Ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.—230. Διαρκής ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.— 231. Τὸ γήινον ήλεκτρικὸν πεδίον.—232. Πολικὸν σέλας	252 - 256
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ	
233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. — 234. Φύινουσαι ήλεκτρι- καὶ ταλαντώσεις. — 235. Ἀμείωτοι ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— 236. Πειραματικὴ ἀπόδεξις τῶν ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων. — 237. Διέ- γερσις ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ	256 - 261

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης του Hertz.—239. Ήλεκτρομαγνητικά κύματα.— 240. Μήκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ήλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας	Σελίς 261 - 265
--	--------------------

ΑΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαὶ.—244. Πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—245. Δέκται ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφωνον.—247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἰδη κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία..... ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ 251. Όμιλῶν κινηματογράφος.—252. Μαγνητόφωνον.—253. Αναπαραγωγὸς ἔχου	266 - 274 274 - 276
---	------------------------

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

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

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ατομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.—260. Ήλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—262. Ατομικὴ μᾶζα καὶ μαζικὸς ἀριθμός.—263. Συμβολικὴ γραφὴ τῶν ἀτομικῶν πυράνων.—264. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—265. Αριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.—266. Ισότοπα στοιχεία.—267. Ποικιτρόνιον	280 - 287
---	-----------

ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

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

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

‘Η ἐξέλιξις τῆς διπλακῆς. ‘Η ἐξέλιξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ	301 - 314
---	-----------

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο ΠΤΙΚΗ

ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

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

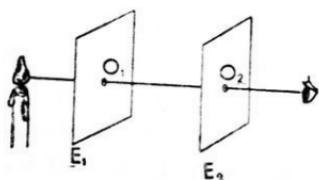
Μερικὰ σώματα ἀφήνονται τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα (ὔχαλος, ἀήρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἀφήνονται τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα (ξύλον, πλάκη μετάλλου κ.ἄ.). Τέλος μερικὰ σώματα ἀφήνονται τὸ φῶς νὰ διέρχεται, χωρὶς ὅμως νὰ εἰναι δυνατὸν νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν τὸ σχῆμα τῶν φωτεινῶν ἀντικειμένων· τὰ σώματα αὐτὰ καλοῦνται **ἡμιδιαφανῆ** (γαλακτόχρους ὔχαλος). 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.

“Ολαι αἱ συνήθεις φωτειναὶ πηγαὶ ἔχουν αἱ στάσεις. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἀναγκαῖόμεθα 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 ἀκτίνας πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.

2. Εύθυγραμμος διάδοσις του φωτός.— Διάφορα φαινόμενα τῆς καθημερινῆς ζωῆς (π.χ. ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιᾶς ἐνὸς σώματος) μᾶς δίδουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τὸ φῶς, τὸ ὄποιον ἐκπέμπεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν διαδίδεται καὶ τ' εὐθεῖαν γραμμήν. Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα πολλῶν φαινομένων ἀπέδειξε τὸν ἀκόλουθον νόμον τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός:

Ἐντὸς ὁμογενοῦς καὶ ισοτρόπου μέσου τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

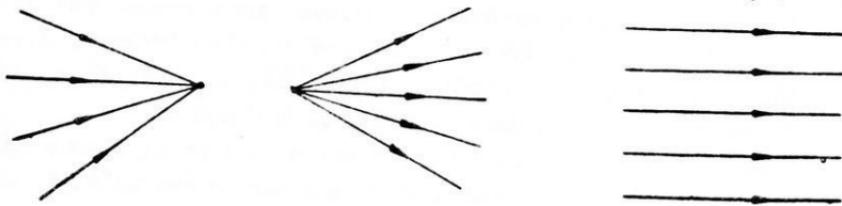
Ἡ εὐθυγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός ἐπαιηθεύεται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸ ἔξης ἀπλούστατον πείραμα (σχ. 1). Λαμβάνομεν δύο ἀδιαφανῆ διαφράγματα E_1 καὶ E_2 , ἔκαστον τῶν ὄποιων φέρει μικρὰν κυκλικὴν ὀπῆν. Ἐν λευκὸν νῆμα διέρχεται διὰ τῶν δύο ὄπῶν O_1 καὶ O_2 . Ὁποισθεν τοῦ διαφράγματος E_1 τοποθετοῦμεν φωτεινὴν πηγὴν, ὥπισθεν δὲ τοῦ διαφράγματος E_2 φέρο-



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

μεν τὸν ὀφθαλμὸν μας. "Οταν ἐπιτύχωμεν νὰ βλέπωμεν τὴν πηγὴν διὰ μέσου τῶν ὄπῶν O_1 καὶ O_2 , τότε τείνουμεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ὄπαι O_1 , O_2 καὶ ὁ ὀφθαλμός μας εύρισκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας γραμμῆς, ἐπὶ πλέον δὲ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ νῆμα φωτίζεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος του.

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



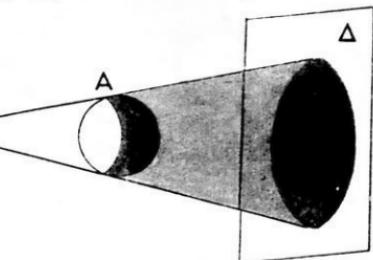
Σχ. 2. Εἰδη φωτεινῶν δεσμῶν (α συγκλίνουσα, β ἀποκλίνουσα, γ παράλληλος).
τὰς κατευθύνσεις. Πολλαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦν μίαν φωτεινὴν δέσμην.
Ἐὰν δλαι αἱ ἀκτῖνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης διέρχωνται δι' ἐνὸς σημείου,

τότε ἡ μὲν δέσμη καλεῖται στιγματική, τὸ δὲ σημεῖον τοῦτο καλεῖται ἐστία τῆς δέσμης. Μία φωτεινὴ δέσμη δύναται νὰ εἰναι συγχλίνουσα, ἀποκλίνουσα ἢ παράληλος (σχ. 2). Πολλὰ διπτικὰ φαινόμενα εἰναι δυνατὸν νὰ ἔξετασθοῦν χωρὶς νὰ εἰναι ἀνάργη νὰ γνωρίζωμεν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Εἰς τὰ φαινόμενα αὐτὰ αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες θεωροῦνται ὡς γεωμετρικαὶ ἀκτῖνες, ἤτοι φαίνεται ἵσχυων ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἡ τοιαύτη ἔρευνα τῶν διπτικῶν φαινομένων ἀποτελεῖ τὴν Γεωμετρικὴν Ὁπτικήν. Ὑπάρχουν ὅμως καὶ διπτικὰ φαινόμενα, εἰς τὰ ὅποια ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν ἴσχυει. Ἡ ἔρευνα τῶν φαινομένων τούτων ἀποτελεῖ τὴν Φυσικὴν Ὁπτικήν.

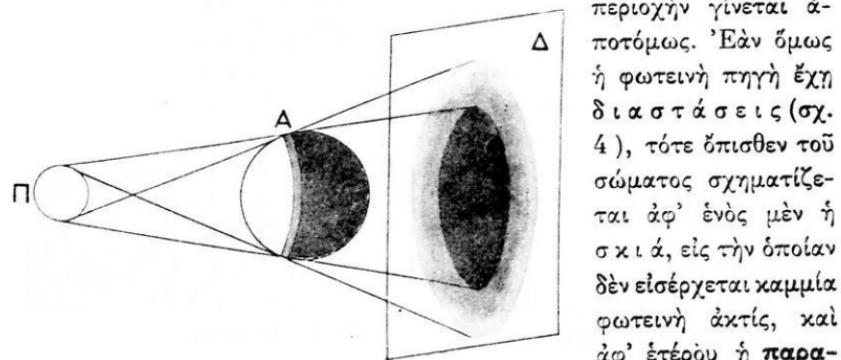
4. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

— α) Σκιά. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἐν ἀδιαφανὲς σῶμα, τότε διπισθεν τοῦ σώματος ὑπάρχει χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου δὲν εἰσέρχεται φῶς ὁ χῶρος οὗτος καλεῖται **σκιά**.

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἴναι σημεῖον (σχ. 3), τότε ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν περιοχὴν γίνεται ἀποτόμως. Ἐὰν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις (σχ. 4), τότε διπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἀφ' ἐνὸς μὲν ἡ σκιά, εἰς τὴν δόποιαν δὲν εἰσέρχεται καμμια φωτεινὴ ἀκτίς, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ **παρασκιά**,



Σχ. 3. Σχηματισμὸς σκιᾶς.



Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιᾶς καὶ παρασκιᾶς. Σημείωσή, ἐντὸς τῆς δόποιας εἰσέρχονται φωτειναὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ

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

β) Ἐκλείψεις τῆς Σελήνης καὶ τοῦ Ἡλίου. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης καὶ τοῦ Ἡλίου εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εύθυγράμμου διαδίστας τοῦ φωτός. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὥποια σχηματίζεται ὅπισθεν τῆς Γῆς (σχ. 5). Ἡ Σελήνη, ἔτον εύρισκεται εἰς ἀντίθεσιν (παν σέληνος), δύναται ὑπὸ ὄρισμένας συνθήκας νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὴν σκιὰν τῆς Γῆς, ὅπότε ἡ Σελήνη, δὲν φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλιον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ Σελήνη γίνεται ἀδρατος διὰ τοὺς κατοίκους τῆς Γῆς, τοὺς εὑρισκομένους εἰς τόπους, οἵτινες εύρισκονται ἐντὸς τῆς σκιᾶς τῆς Γῆς. Αἱ δὲ ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὥποια σχηματίζεται ὅπισθεν τῆς Σελήνης. "Οταν ἡ Σελήνη εύρισκεται εἰς σύνοδον (Νέα Σελήνη), δύναται ὑπὸ ὄρισμένας συνθήκας νὰ παρεμβληθῇ μεταξὺ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὅπότε ἡ σκιὰ τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνδὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς, οἱ εὑρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὅλην ἐκλειψίν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὥποις θὰ εὑρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴν ἐκλειψίν τοῦ Ἡλίου.

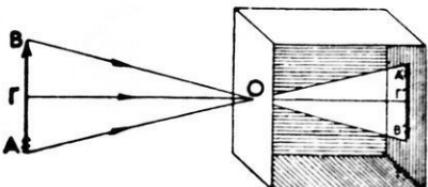


Σχ. 5. Ἐξήγησις τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.
(1 ἐκλειπτική, 2 τροχιά Σελήνης).

παρεμβληθῇ μεταξὺ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὅπότε ἡ σκιὰ τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνδὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς, οἱ εὑρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὅλην ἐκλειψίν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὥποις θὰ εὑρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴν ἐκλειψίν τοῦ Ἡλίου.

γ) Σκοτεινὸς θάλαμος. 'Ο

σκοτεινὸς θάλαμος εἶναι κλειστὸν κιβώτιον, φέρον μικρὰν ὅπην Ο (σχ. 6). 'Εὰν ἔμπροσθεν τῆς ὅπης τοποθετηθῇ φωτεινὸν ἀντικείμενον ΑΒ, τότε ἐπὶ τῆς ἀπέναντι τῆς ὅπης ἐπιφανείας σχηματίζεται ἀνεστραμ-



Σχ. 6. Σκοτεινὸς θάλαμος.

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 :

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΓ'}{ΟΓ}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Φωτεινὴ πηγὴ, ἡ ὅποια θεωρεῖται ὡς σημεῖον, εύρισκεται 5 π. ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος τῆς σκιᾶς, τὴν ὅποιαν ρίπτει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους κατακόρυφος ράβδος ὕψους 2 π., ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῆς ράβδου ἀπὸ τὴν κατακόρυφον, τὴν διερχομένην διά τῆς φωτεινῆς πηγῆς, εἶναι 3 π.;

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

'Εφαρμογὴ : $R = 108 \text{ p}$ καὶ $\delta = 23.240 \text{ p}$

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

'Εφαρμογὴ : $r = 10 \text{ cm}$, $\delta = 40 \text{ cm}$ καὶ $\epsilon = 20 \text{ cm}$

4. Σκοτεινὸς θάλαμος ἔχει σχῆμα κύβου ἀκμῆς 50 cm. Εἰς τὸ κέντρον τῆς μᾶς κατακορύφου ἔδρας του ὑπάρχει μικρά δπῆ. Ἐπὶ τῆς ἔδρας, τῆς εύρισκομένης ἀπέναντι τῆς δπῆς, λαμβάνομεν τὸ εἰδῶλον ἐνὸς ἀντικειμένου ἔχοντος ὕψος 300 m. 'Εὰν τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου εἶναι 3 cm, πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν τόπον τῆς παρατηρήσεως;

ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

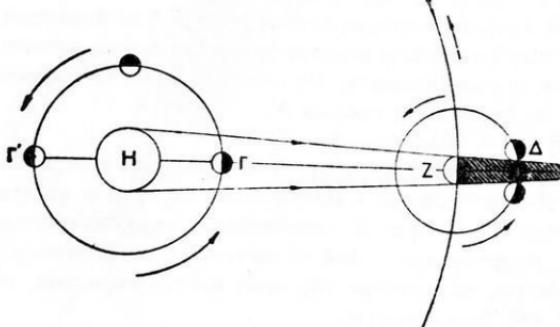
$$c = 300\,000 \text{ km/sec}$$

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

οχι |

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

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



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

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

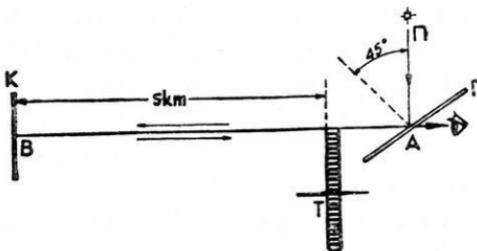
έπειται ότι ή ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενὸν εἶναι :

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

β) Μέθοδος τοῦ Fizeau. 'Η ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἶναι τόσον μεγάλη, ώστε ἐντὸς ἑλαχίστου χρόνου τὸ φῶς διατρέχει πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις. 'Επὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἶναι δυνατὸν νὰ μετρηθῇ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς, ἀν καταστῇ δυνατὸν νὰ μετρηθῇ διὰ πολὺ μικρὸς χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου τὸ φῶς διατρέχει μίαν γνωστὴν μικρὰν ἀπόστασιν. 'Επὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς ἐστηρίχθη ὁ Fizeau (1849), διὰ νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς μὲ γῆινον πείραμα.

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

ὅποίου προσπίπτει καθέτως. 'Εκεῖ ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται δευτέραν ἀνάκλασιν, ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ. Β πρὸς τὸ Α καὶ διερχομένη διὰ τῆς πλακοῦς Γ φθάνει εἰς τὸν διφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. 'Η ἀπόστασις τῆς πλακοῦ Γ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον Κ εἶναι δίλιγα μόνον χιλιόμετρα. "Εμπροσθεν τῆς πλακοῦ ὑπάρχει δόδοντωτὸς τροχὸς Τ, ὁ ὅποιος φέρει ἵσον ἀριθμὸν δόδοντων καὶ διακένων τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ δύναται νὰ τεθῇ εἰς δύματὴν περιστροφικὴν κίνησιν. "Εστω δὲ ὁ τροχὸς φέρει μὲ δόδοντας· ἄρα ἔχει καὶ μὲ διάκενα. 'Εὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίνη συνεχῶς αὐξανομένη, ἔρχεται στιγμὴ, κατὰ τὴν ὅποιαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει τὸ ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιστρέφον φῶς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι, καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς διέτρεξε τὸ διάστημα $AB + BA = 2 \cdot AB$, εἰς ὅδοὺς τοῦ τροχοῦ μετεκινήθη καὶ κατέλαβε τὴν θέσιν τοῦ προηγουμένου διακένου (διὰ τοῦ ὅποιου διῆλθε τὸ φῶς βαῖνον πρὸς τὸ κάτοπτρον Κ). 'Εὰν κατὰ τὴν στιγμὴν ἔχεινην ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ εἶναι v , τότε τὸ φῶς, διὰ νὰ διατρέξῃ τὸ διάστημα $2s$, χρειάζεται χρόνον: $t = \frac{1}{2v \cdot \mu}$



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

Έπομένως ή ταχύτης του φωτός είναι :

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

Με την άνωτέρω μέθοδον ό Fizeau εύρεν ότι ή ταχύτης διαδόσεως του φωτός είς τὸν ἀέρα είναι : 300 000 km/sec.

γ) Νεώτεραι μετρήσεις τῆς ταχύτητος τῆς διαδόσεως του φωτός.

Ο Foucault (1854), τελειοποιήσας τὴν μέθοδον του Fizeau, κατώρθωσε νὰ μετρήσῃ ἐντὸς τοῦ ἔργαστηρίου τὴν ταχύτητα διαδόσεως του φωτός διὰ μέσου διαφόρων διαφανῶν σωμάτων (ἀέρος, ὕδατος, ὑάλου κ.ἄ.). Οὕτως εύρεν ότι ή ταχύτης διαδόσεως του φωτός είς τὸ ὕδωρ, είναι ἵση μὲ τὰ 3/4 τῆς ταχύτητος διαδόσεως του φωτός είς τὸν ἀέρον. Αἱ νεώτεραι μετρήσεις ἀπέδειξαν ότι ή ταχύτης διαδόσεως του φωτός είναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς τὸ κενὸν καὶ κατὰ μεγάλην προσέγγισιν είς τὸν ἀέρα ή ταχύτης διαδόσεως του φωτός είναι ἡ αὐτὴ διὰ τὰ διάφορα χρώματα. Απὸ τὰς διαφόρους λοιπὸν μετρήσεις εὑρέθη ότι :

I. Εἰς τὸ κενὸν ή ταχύτης διαδόσεως του φωτός είναι 300 000 km/sec (ἀκριβέστερον είναι : $c_0 = 299 790$ km/sec).

II. Εἰς τὸν ἀέρα ή ταχύτης διαδόσεως του φωτός ἐλάχιστα διαφέρει ἀπὸ τὴν ταχύτητα του φωτός είς τὸ κενόν.

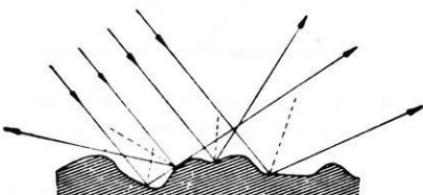
III. Εἰς τὰ διαφανῆ ύλικὰ μέσα ή ταχύτης διαδόσεως του φωτός είναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα διαδόσεως του φωτός είς τὸ κενόν.

Τὸ φῶς, διὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τὸν "Ηλιον εἰς τὴν Γῆν, χρειαζεται 8,5 min. Ο πλησιέστερος πρὸς τὴν Γῆν ἀπλανῆς είναι ό α τοῦ Κενταύρου, καὶ ἀπέχει ἀπὸ τὴν Γῆν 4,3 ἔτη φωτός: ό Σείριος ἀπέχει 8,6 ἔτη φωτός, οἱ ἀστέρες του Γαλαξίου ἀπέχουν 3 000 — 10 000 ἔτη φωτός, οἱ δὲ ἔξω του Γαλαξίου εύρισκομενοι νεφελοειδεῖς ἀπέχουν ἀπὸ ήμᾶς ἐκατομμύρια ἑτῶν φωτός.

Σημείωσις. Αἱ άνωτέρω δοθεῖσαι τιμαὶ 1000 δευτερόλεπτα καὶ 42,5 δραῖ (ἀκριβής τιμὴ 42 h 8 min 32 sec) είναι τιμαὶ κατὰ προσέγγισιν, χάριν ἀπλότητος κατὰ τὸν ὑπολογισμὸν. Οὕτω καὶ ή εύρεθεῖσα τιμὴ τῆς ταχύτητος του φωτός $c = 300 000$ km/sec είναι κατὰ προσέγγισιν. Η ἀκριβής τιμὴ τῆς ταχύτητος του φωτός είς τὸ κενὸν είναι : 299 790 km/sec.

25-2-72 ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

7. Διάχυσις καὶ ἀνάκλασις.—Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὥπης ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου μία λεπτὴ δέσμη ἡλιακοῦ φωτός. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν τεμάχιον λευκοῦ χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς οίονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου καὶ ἐν σταθῶμεν, διαχρένομεν τὸν λευκὸν χάρτην. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ χάρτης διασκορπίζει πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις τὸ φῶς, τὸ ὄποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτοῦ (σχ. 9). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις** τοῦ φωτός. "Ενεκκα τῆς διαχύσεως γίνονται ὄρατὰ ὅλα τὰ πέριξ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφα-



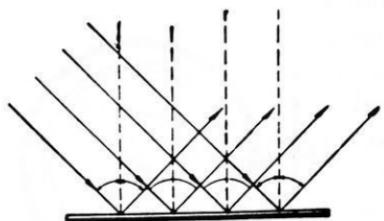
Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμάλου ἐπιφανείας.

νείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας προκαλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας. Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἡλιακοῦ φωτός παρεμβάλλομεν μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν

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

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

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



Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας.

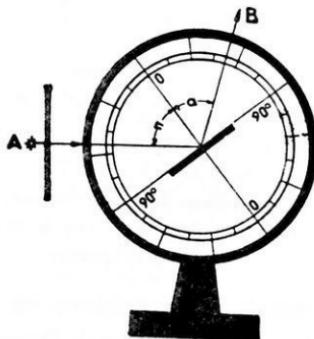
μορφῆς, τὴν ὅποιαν ἔχει ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια, διακρίνομεν διάφορα εἰδῆ κατόπτρων: ἐπίπεδα, σφαιρικά, κυλινδρικά, παραβολικά κατόπτρα. Ή ακτίς AO καλεῖται προσπίπτουσσα ἀκτίς, ἡ δὲ ἀκτίς OB καλεῖται ἀνακλωμένη ἀκτίς (σχ. 11). Εάν εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως ο φέρωμεν τὴν KO κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, τότε σχηματίζονται ἡ γωνία προσπτώσεως $AOK = \pi$ καὶ ἡ γωνία ἀνακλάσεως



Σχ. 11. Ὁρισμὸς τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.

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

9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.—¹Η ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ ὡρισμένους νόμους, τοὺς ὅποιους δυνάμεθα νὰ εύρωμεν κατὰ προσέγγισιν μὲ τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 12. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ κατακόρυφον γωνιομετρικὸν κύκλον, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὅποιου εἶναι στερεωμένον μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον. Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς διαβιβάζεται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου λεπτὴ φωτεινὴ δέσμη. Η ἀνακλωμένη λεπτὴ δέσμη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας μόνον, δταν ὁ ὀφθαλμός μας εύρισκεται ἐπὶ τοῦ κατακόρυφου ἐπίπεδου, ἐπὶ τοῦ ὅποιου εύρισκεται καὶ ἡ προσπίπτουσα δέσμη. "Ωστε ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εύρισκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατακόρυφου ἐπίπεδου. Εάν μεταβάλλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως π , εύρισκομεν δτι ἡ γωνία ἀνακλάσεως α εἶναι πάντοτε ἵση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Αἱ μετρήσεις ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς ἀπέδειξαν τοὺς ἔξῆς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός:



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

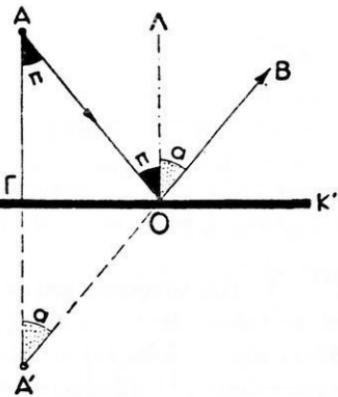
I. Ή προσπίπτουσα καὶ ή ἀνακλωμένη ἀκτίς εύρισκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

II. Η γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἵση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Ἐφαρμογὴν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως ἔχομεν εἰς τὰ διάφορα κάτοπτρα.

A'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

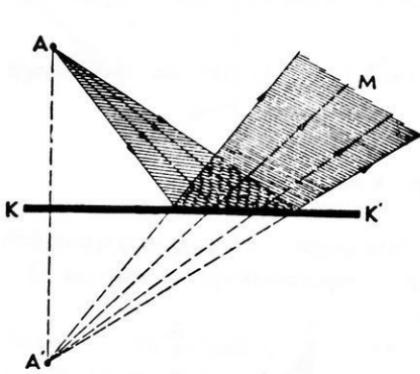
10. Ἐπίπεδον κάτοπτρον.—Μία φωτεινὴ ἀκτίς, προερχομένη ἀπὸ τῷ φωτεινὸν σημεῖον A (σχ. 13), δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα O. Η προέκτασις τῆς ἀκτῖνος OB τέμνει τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου AG εἰς τὸ σημεῖον A'. Εὐκόλως συνάγεται ὅτι τὰ δρθογώνια τρίγωνα AGO καὶ A'GO εἶναι ἵσα καὶ ἐπομένως εἶναι $AG = A'G$. Εἰς τὸ συμπέρασμα τοῦτο καταλήγομεν δι' οἰανδήποτε ἀκτῖνα K προερχομένην ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου A. Οὕτως αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναγωροῦσαι ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου A, μετὰ τὴν ἀνάλασίν 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 ἀνάλασιν τῆς προσπιπτούσης δέσμης. Τὸ σημεῖον A' καλεῖται εἴδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου A καὶ ἐπειδὴ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς φανταστικὰς προεκτάσεις τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων καλεῖται φανταστικὸν εἴδωλον. Ο σχηματισμὸς τοῦ φανταστικοῦ εἴδώλου A'B' ἐνὸς ἀντικειμένου AB φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :



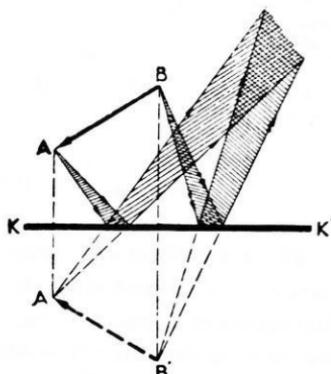
Σχ. 13. Ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου.

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

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



Σχ. 14. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου φωτεινοῦ σημείου.



Σχ. 15. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου ἀντικειμένου.

δῶλον εὑρίσκεται εἰς τοιαύτην σχέσιν πρὸς τὸ ἀντικείμενον, εἰς ὅποιαν εὑρίσκεται ἡ δεξιὰ χεὶρ πρὸς τὴν ἄριστεράν.

2-3-49 11. Περιστροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου.— "Ἄς θεωρήσωμεν ὅτι τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον KK' (σχ. 16) στρέφεται κατὰ γωνίαν φ περὶ ἔξονα εὐρισκόμενον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ σημείου προσπτώσεως Ο μιᾶς φωτεινῆς ἀκτῖνος AO , ἡ ὅποια διατηρεῖται σταθερά. 'Ο ἔξων περιστροφῆς τοῦ κατόπτρου εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως KOL . "Οταν τὸ κάτοπτρον στραφῇ κατὰ γωνίαν φ , ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς στρέφεται κατὰ γωνίαν :

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

"Επειδὴ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως ἔχομεν :

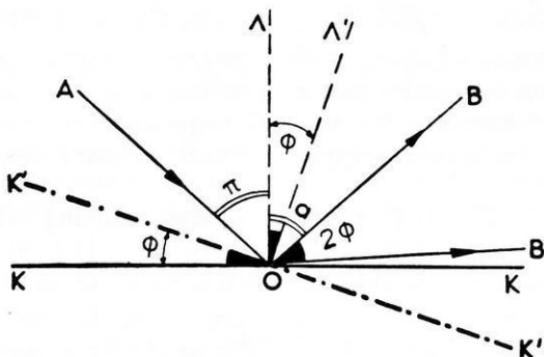
$$A\widehat{OB} = 2 \cdot A\widehat{OL} = 2\pi, \quad A\widehat{OB'} = 2 \cdot A\widehat{OL'} = 2(\pi + \varphi)$$

Οὕτως εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

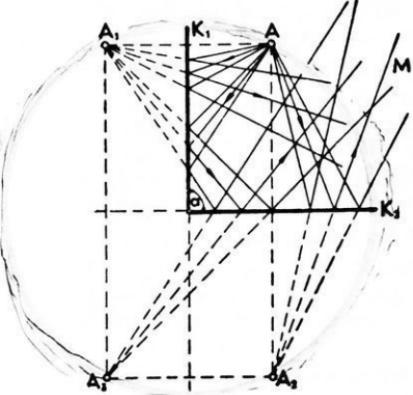
"Όταν έπιπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατά γωνίαν φ περὶ άξονα, κάθετον πρὸς τὸ έπιπεδον προσπτώσεως σταθερᾶς ἀκτῖνος, τότε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτῖς στρέφεται κατὰ διπλασίαν γωνίαν 2ϕ περὶ τὸν αὐτὸν ἄξονα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν.

'Η ἀνωτέρω ἴδιότης τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν μικρῶν γωνιῶν.

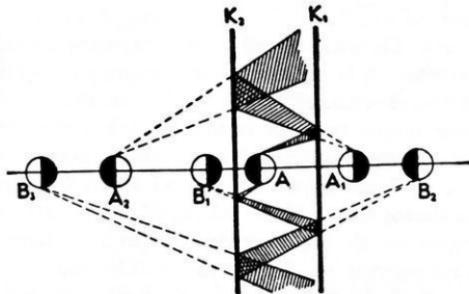


Σχ. 16. Στροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου.

12. Ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—Ἐὰν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν, τότε ἡ ἔξ ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου προερχομένη δέσμη, πρὸς φθάσῃ εἰς τὸν ὁφθαλμὸν 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 εἴδωλα καὶ μάλιστα τόσον περισσότερα, δσον μικροτέρα εἰναι ἡ γωνία α

$$\text{Θριψίς εἴδωλων} = \frac{300}{\phi} - 1$$

τὴν ὁποίαν σχηματίζουν τὰ κάτοπτρα. Ἐὰν ἡ γωνία α είναι ἵση μὲ μηδέν, τὰ κάτοπτρα είναι π α ρ ἀ λ λ η λ α. Τότε σχηματίζονται δύο σειραὶ εἰδώλων ὅπισθεν ἐκάστου κατόπτρου καὶ βλέπομεν ἐναλλάξ τὴν ἐμπροσθίαν καὶ τὴν ὁπισθίαν ὅψιν τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὸ σχῆμα 18 δεικνύεται ὁ τρόπος τοῦ σχηματισμοῦ τῶν εἰδώλων μᾶς σφαίρας A, ἡ ὁποία κατὰ τὸ ήμισυ είναι λευκὴ καὶ κατὰ τὸ ημισυ μαύρη.

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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

✓ 5. Παρατηρητής βλέπει τὸν ὄφθαλμὸν του AB μήκους 3 επι ἐντὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 επι ἀπὸ τὸν ὄφθαλμόν. Ποῦ βλέπει τὸ εἰδώλον τοῦ ὄφθαλμοῦ του; “Υπὸ ποίαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἰδώλον τοῦτο;

✓ 6. Εἰς πύργος καὶ εἰς παρατηρητής εύρισκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὅριζοντίου ἐπιπέδου, ἡ δὲ μεταξὺ των ἀπόστασις είναι 42 π. Ὁ ὄφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ εύρισκεται εἰς ὑψος 1,60 π ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους καὶ βλέπει τὸ εἰδώλον τοῦ πύργου ἐντὸς μικροῦ ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον ἀπέχει 2 π ἀπὸ τὸν παρατηρητήν καὶ εύρισκεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Πόσου είναι τὸ ὑψος τοῦ πύργου;

✓ 7. Παρατηρητής ἔχει ὑψος 1,70 π., ἡ δὲ ἀπόστασις τῶν ὄφθαλμῶν του ἀπὸ τὸ ἐδάφος είναι 1,60 π. Νὰ εὐρεθῇ πόσον ὑψος πρέπει νὰ ἔχῃ κατακόρυφον κάτοπτρον καὶ εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δάπεδον πρέπει νὰ στερεωθῇ, ώστε ὁ παρατηρητής νὰ βλέπῃ τὸ εἰδώλον του.

8. Ἐπιπέδουν κάτοπτρον ὑψος 10 επι είναι κατακόρυφον. “Ἐμπροσθεν αὐτοῦ καὶ εἰς ὅριζοντίαν ἀπόστασιν 20 επι εύρισκεται ὁ ὄφθαλμὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος βλέπει ἐντὸς κατόπτρου κατακόρυφον τοῖχον εύρισκόμενον ὅπισθεν αὐτοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν 2 π. Νὰ εὐρεθῇ τὸ ὑψος τοῦ τοίχου, τὸ ὁποῖον βλέπει ὁ παρατηρητής ἐντὸς τοῦ κατόπτρου.

9. Τετράγωνος αἴθουσα ἔχει πλευρὰν 5 π καὶ ὑψος 3,50 π. Ἀπὸ τὸ μέσον τῆς δροφῆς ἔξαρταται ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ οὔτως, ώστε νὰ ἀπέχῃ 50 επι ἀπὸ τὴν

δροφήν. Εις τὸ μέσον ἐνὸς τῶν τοίχων εύρισκεται κατακόρυφον ἐπίπεδον κατόπιτρον, τὸ ὅποιον ἔχει σχῆμα τετραγώνου καὶ πλευρὰν 50 cm. Πόση ἐπιφάνεια τοῦ διαπέδου φωτίζεται ἐξ ἀναλλάσσεως;

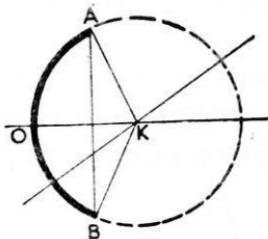
10. Η κεντρική άκτις μιᾶς συγκλινούστης φωτεινῆς δέσμης είναι άριζοντιά. Εις τὴν πορείαν τῆς δέσμης καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 cm πρὸ τῆς ἑστίας της παρεμβάλλεται ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὅποιον σχηματίζει γωνίαν 45° μὲ τὴν κεντρικὴν άκτινα τῆς δέσμης. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τῆς νέας ἑστίας τῆς δέσμης.

11. Δύο έπιπέδα κάτοπτρά σχηματίζουν γωνίαν 45° . Μεταξύ αυτῶν ήπαρχει φωτεινὸν σημεῖον Σ. Νὰ εὑρεθῇ διὰ κατασκευῆς τῶν ἀνακλωμένων δικτίνων δὲ ἀριθμὸς τῶν εἰσόδων.

3-3-78 Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Όρισμοί.— Εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι σφαῖρα καὶ ἡ. Διαχρίνομεν δύο εἰδη σφαιρικῶν κατόπτρων: τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὅποια ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοῖλη καὶ τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὅποια ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή. Τὸ μέσον οὗ τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ κέντρον Κ τῆς σφαῖρας, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καλεῖται κέντρον καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. Ἡ εὐθεῖα, ἡ διερχομένη διὰ τῆς κορυφῆς καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, καλεῖται κύριος ἄξων τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα, διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, καλεῖται δευτερεύων ἄξων. Διὰ νὰ σχηματισθῇ εὐχρινὲς εἰδῶλον ἐνὸς ἀντικειμένου, πρέπει νὰ πληροῦνται αἱ ἔξης συνθῆκαι. α) Τὸ κάτοπτρον πρέπει νὰ ἔχῃ μικρὸν ἀνοιγματικὸν πόσιμον ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου καλεῖται ἡ γωνία AKB, ὑπὸ τὴν ὅποιαν φάνεται ἐκ τοῦ κέντρου Κ ἡ χορδὴ AB τοῦ κατόπτρου. β) Τὸ ἀντικείμενον πρέπει νὰ εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ πλησίον αὐτοῦ.

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



**Σχ. 19. Σφαιρικὸν
κάτοπτρον.**

I. ΚΟΙΔΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

15. Είδωλον φωτεινοῦ σημείου.—^oΕν φωτεινὸν σημεῖον A εύρισκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου (σχ. 20). Πᾶσα φωτεινὴ ἀκτὶς προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου A ἀνακλᾶται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου σχηματίζουσα ἵσας γωνίας ($\alpha = \alpha'$) μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, δῆλαδὴ μὲ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. Οὕτως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς ἐν σημεῖον A'. Εἰς τὸ τρίγωνον ΑΔΑ' ἡ ΔΚ εἶναι διχοτόμος τῆς γωνίας Δ καὶ ἐπομένως ἔχομεν τὴν σχέσιν :

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

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

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

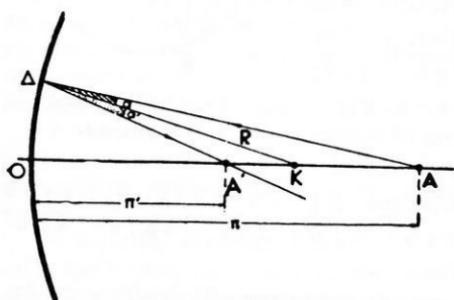
Ἄπὸ τὴν τελευταίναν σχέσιν εύρισκομεν :

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

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα ἔξισωσις δεικνύει ὅτι ἡ ἀπόστασις π' τοῦ σημείου A' ἀπὸ τὴν κορυφὴν O ἔξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν π τοῦ φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου. Ἐπομένως 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 είδωλον τοῦ φω-



Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου 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 εἰδωλόν του σχηματίζεται εἰς τὴν θέσιν A. "Ωστε τὰ σημεῖα A καὶ A' εἶναι συζυγῆ σημεῖα.

Εἶναι φανερὸν ὅτι, ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον A τεθῇ εἰς τὸ χέντρον καὶ μπούλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ εἰδωλόν A' θὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν ίδιαν θέσιν· δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἰδωλόν του συμπίπτουν.

16. Κυρία ἑστία.— "Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον A μετακινούμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος συνεχῶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, ὥστε τελικῶς αἱ ἐκ τοῦ σημείου A προερχόμεναι ἀκτῖνες νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τότε δὲ λαὶ αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες διέρχονται διὰ τοῦ σημείου E τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 21). Τὸ σημεῖον E καλεῖται **κυρία ἑστία** τοῦ κατόπτρου. Ἡ ἀπόστασις τῆς κυρίας ἑστίας E ἀπὸ τὴν κορυφὴν O καλεῖται **ἐστιακὴ ἀπόστασις** (φ) τοῦ κατόπτρου.

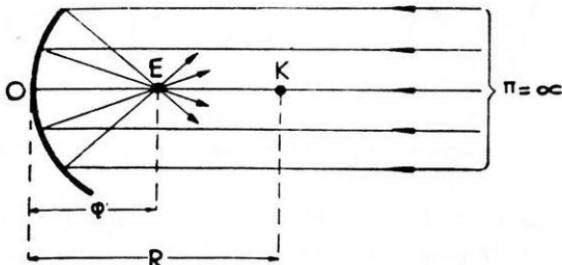
"Ἐὰν εἰς τὴν ἔξισωσιν $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{2}{R}$ θέσωμεν $\pi = \infty$ καὶ $\pi' = \varphi$, εὑρίσκομεν: $\frac{1}{\varphi} = \frac{2}{R}$. "Αρα:

"Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ισοῦται μὲ τὸ ἡμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

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



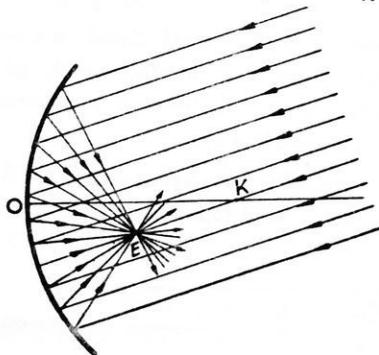
17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.— "Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν δέσμην ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε δλαι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των, διέρχονται δι' ἐνὸς σημείου E' τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος: τὸ σημεῖον E' εὑρίσκεται εἰς ἀπόστασιν $\varphi = R/2$ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ καλεῖται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



Σχ. 21. Κυρία ἑστία κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

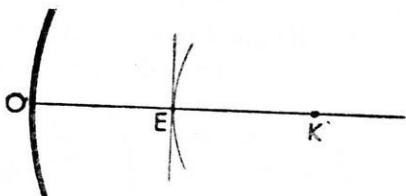
2..3.77

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



Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἔστια τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

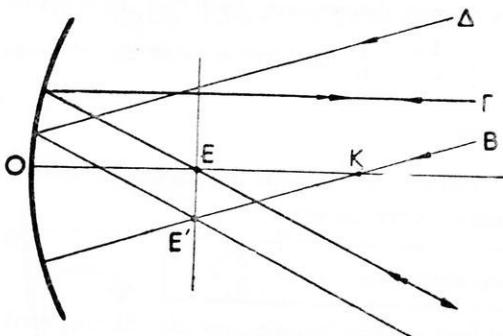
πειδὴ δῆμως τὸ κάτοπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος, δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι δλαι αἱ δευτερεύουσαι ἔστιαι εύρι-



Σχ. 23. Ἔστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου.

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

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



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

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

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

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

III. "Όταν ή προσπίπτουσα άκτις διέρχεται διά της κυρίας έστιας, ή άνακλωμένη άκτις είναι παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἔξονα.

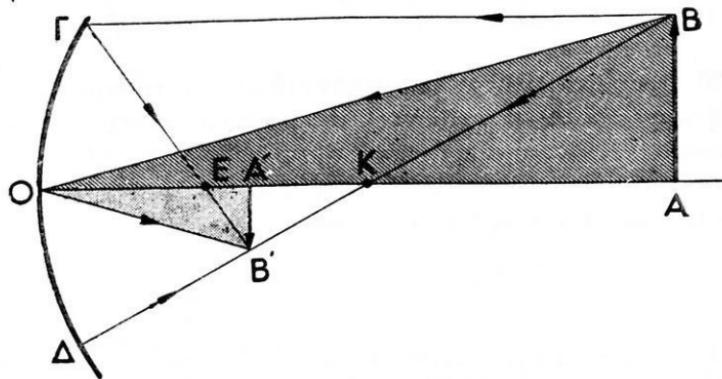
IV. "Όταν μία άκτις προσπίπτῃ παραστάθλως πρὸς δευτερεύοντα ἔξονα, ή άνακλωμένη άκτις διέρχεται διά της ἀντιστοίχου δευτερευούστης έστιας, ή ὅποια εύρισκεται ἐπὶ τοῦ ἔστιακοῦ ἐπιπέδου.

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

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

2

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



Σχ. 25. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

καὶ θετὸν πρὸς τὸν κύριον ἔξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἀκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτῖνες BG καὶ BD δίδουν τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας GB' καὶ DB' , αἱ ὅποιαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον B' τοῦτο είναι τὸ εἴδωλον τοῦ σημείου B . Τὰ εἰδώλα δὲ λογικῶν τῶν ἀλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας $A'B'$, ή ὅποια

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

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

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

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

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

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

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

20. Πραγματικὸν ἡ φανταστικὸν εἴδωλον ἀντικειμένου.—'Ας ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον AB πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸ κάτοπτρον. 'Η ἔκαστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον (2) τῆς προηγουμένης παραγράφου 19. 'Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς π' , εὑρομεν:

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

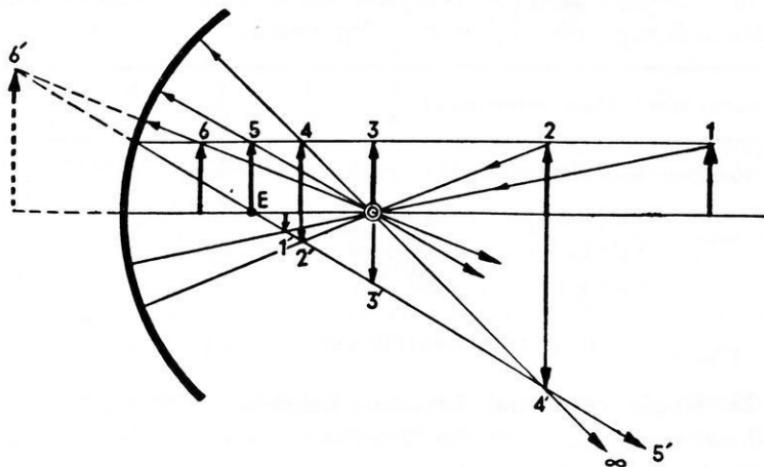
1. Τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται εἰς τὸ ἀπειρον ($\pi = \infty$). Τότε είναι $\pi' = \varphi$, δηλαδὴ τὸ εἴδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, είναι πραγματικόν, ἀλλ' είναι σημεῖον.

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

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

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

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



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

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

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

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

21. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοῖλα κάτοπτρα.—Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα γενικὰ συμπεράσματα διὰ τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα:

I. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας, καὶ τὸ εἰδωλον σχηματίζεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας, εἰναι δὲ πάντοτε πρᾶγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον.

II. "Οταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπιτρου, τὸ εἰδωλον σχηματίζεται ὅπισθεν αὐτοῦ, εἶναι δὲ πάντοτε φανταστικόν, ὅρθον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

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

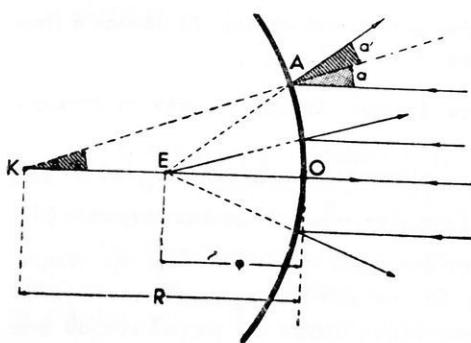
$$\text{τύποι τῶν κοίλων κατόπτρων: } \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

ύπό τὸν ὄρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἐξῆγη σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

π	$\theta \varepsilon \tau \iota x \acute{o} v :$	$\grave{a}n\tau i\kappa e\acute{m}e\kappa o\eta$	$\pi r a \gamma m a t i k \grave{o} n$
π'	$\theta \varepsilon \tau \iota x \acute{o} v :$	$\varepsilon i\delta \omega l o\eta$	$\pi r a \gamma m a t i k \grave{o} n$
π'	$\grave{a} \rho v \eta \tau \iota x \acute{o} v :$	$\varepsilon i\delta \omega l o\eta$	$\varphi a n t a s t i k \acute{o} n,$

II. ΚΥΡΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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



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

πὸν αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες
φαίνονται προερχόμεναι ἀπό

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

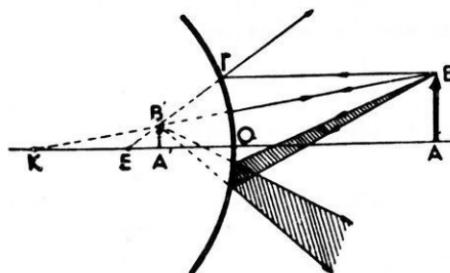
"Η ἑστιακή ἀπόστασις τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἴσοῦται μὲ τὸ ἡμισύ τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

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

"Οπως εἰς τὸ κοῖλον κάτοπτρον, οὕτω καὶ εἰς τὸ κυρτὸν ὅλαις αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαι θεωροῦνται εὑρίσκομεναι ἐπὶ τοῦ ἑστιακοῦ ἐπιπέδου, τὸ ὅποῖον εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἀξοναν εἰς τὸ σημεῖον E (σχ. 28). εἶναι προφανὲς ὅτι τὸ ἑστιακὸν ἐπίπεδον εἶναι φανταστικόν. "Αρα :

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

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



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

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

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

I. Εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα τὸ εἰδώλον εἶναι πάντοτε φανταστικόν, δρθὸν 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 ἔξης τύπους :

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

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

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

Ūπὸ τὸν ὅρον ὅτι θὰ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικοὺς τοὺς δρους, οἱ δποῖοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά. Οὕτω διὰ πραγματικὸν ἀντικείμενον ἔχομεν τὰς ἔξης περιπτώσεις :

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

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

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

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

Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου εἶναι :

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

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

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

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου AB εύρισκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

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

2) Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον. Εχει ἀκτῖνα καμπυλότητος R = 16 cm. Καθέτως πρὸς τὸν κύριον δέξονα τοποθετεῖται φωτεινὴ εὐθεῖα AB μήκους 10 cm, εις άπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Νὰ εύρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

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

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

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

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

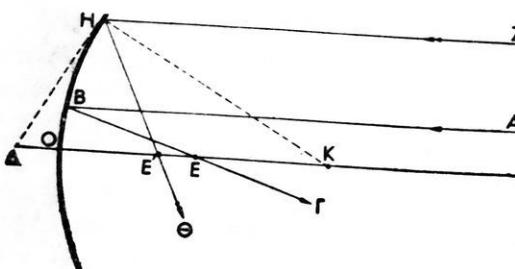
Τὸ εἰδώλον A'B' εἶναι φανταστικόν, ὅρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον AB.

4

L6-3-78 25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.— Τὰ ἀνωτέρω εὑρέθέντα συμπεράσματα ἴσχύουν, ἐὰν πραγματοποιοῦνται οἱ ἔξῆς ὄροι : α) τὸ ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ β) αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μὲ τὸν κύριον δέξονα τοῦ κατόπτρου. "Οταν εἰς ἔκ τῶν δύο τούτων ὄρων δὲν πραγματοποιῆται, τότε αἱ ἔξι ἐνὸς σημείου τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρώ-

νονται εις ἐν σημεῖον καὶ ἔνεκα τούτου τὸ σχηματιζόμενον εἰδῶλον δὲν εἶναι καθαρόν.

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

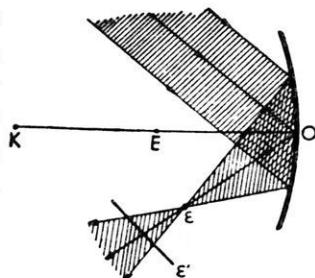


Σχ. 30. Σφαιρική ἑκτροπή.

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

$(\varphi < \frac{R}{2})$. Τὸ ἀλάττωμα τοῦτο τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων μεγάλου ἀνοίγματος ὀνομάζεται **σφαιρικὴ ἑκτροπή**.

β) Ἀστιγματική ἑκτροπή. Ἐπὶ ἐνδὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀδιαφόρως ἀν τούτῳ εἶναι μικροῦ ἢ μεγάλου ἀνοίγματος, προσπίπτει φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων σχηματίζουσα μεγάλην γωνίαν μὲ τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 31). Αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες δὲν σχηματίζουν κώνικήν δέσμην, ἀλλὰ διέρχονται διὰ δύο μικρῶν εὐθειῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι κάθετοι μεταξὺ τῶν καὶ δὲν εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου· αἱ δύο αὐταὶ μικραὶ εὐθεῖαι καλοῦνται **ἐστιακαὶ γραμμαὶ**. Εἰς τὸ σχῆμα 31 ἡ μὲν ἐστιακὴ γραμμὴ εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, ἡ δὲ ἐστιακὴ γραμμὴ ε' εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπι-



Σχ. 31. Ἀστιγματική ἑκτροπή.

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

15. Κοίλον σφαιρικὸν κάτοπτρον δίδει ὄρθον εἰδωλον 5 φοράς μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον είναι 80 cm. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ ἀστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου.

16. Παρατηρητής βλέπει τὸν ὄφθαλμὸν του AB μήκους 3 cm ἐντὸς κοίλου κατόπτρου, τὸ ὅποιον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὄφθαλμόν ἢ ἀστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου είναι 12 cm. Ὑπὸ ποίαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἰδωλον τοῦτο; Νὰ συγκριθῇ ἡ φαινομένη αὐτὴ διάμετρος τοῦ εἰδώλου πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον τοῦ εἰδώλου, τὸ ὅποιον θὰ ἐσχηματίζετο ὑπὸ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου εύρισκομένου εἰς τὴν ίδιαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ὄφθαλμόν.

17. Ἀντικείμενον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ ἐνα τοίχον. Νὰ εύρεθῃ ποῦ πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν κοίλον κάτοπτρον, ἀστιακῆς ἀποστάσεως φ = 20 cm, διὰ νὰ λάβωμεν ἐπὶ τοῦ τοίχου εύκρινὲς εἰδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

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

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

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

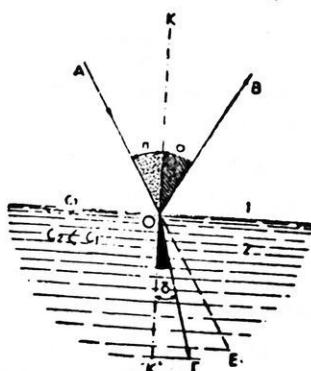
τικείμενον. Ή απόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον φαίνεται δτὶ εἶναι 80 cm. Νὰ εύρεθοῦν ἡ απόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ ἀκτίς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου.

21. Δύο σφαιρικὰ κάτοπτρα, τὸ ἐν κυρτὸν M_1 καὶ τὸ ἄλλο κοῖλον M_2 ἔχουν κατοπτρικὰ ἐπιφάνειαὶ τῶν εἶναι ἡ μία ἀπέναντι τῆς ἀλλῆς οὔτως, ὥστε αἱ κορυτεινὸν ἀντικείμενον. Νὰ εύρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου, τὸ δόπιον σχηματίζεται μετὰ τὴν ἀνάλασιν τῶν ἀκτίνων πρῶτον ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ καὶ ἐπειτα ἐπὶ τοῦ κοίλου κατόπτρου.

17-3-42 ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

5

26. Όρισμός.— "Οταν μία λεπτὴ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων (μονοχρόου φωτὸς) προσπίπτῃ πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν μέσων, τότε μέρος μὲν τοῦ φωτὸς ἀναχλάται, ἄλλο δὲ μέρος τοῦ φωτὸς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ δευτέρου διαφανοῦς μέσου. Ή ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου εἰσερχομένη ἀκτίς ἀκολουθεῖ ὡρισμένην διεύθυνσιν, ἡ δοπία δὲν συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος (σχ. 32). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διάθλασις τοῦ φωτός. Η γωνία ΓΟΚ' καλεῖται γωνία διαθλάσεως.



Σχ. 32. Διάθλασις τοῦ φωτός.

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

I. 'Η προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτίς εύρισκονται εἰς τὸ αὐτὸν ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

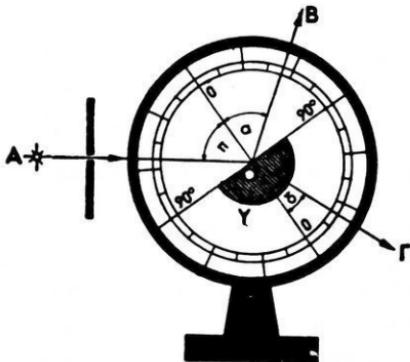
II. 'Ο λόγος τοῦ ἡμιτόνου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ημίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι σταθερὸς καὶ καλεῖται δει-

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

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

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

Οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἀπόδεικνύονται πειραματικῶς μὲ τὴν συσκευήν, τὴν ὁποίαν δειχνύει τὸ σχῆμα 33. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου δίσκου τοποθετεῖται ὑάλινος ἡμικύλινδρος Υ . Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς προσπίπτει εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος τοῦ κατακορύφου δίσκου. Τὸ φῶς, εἰσερχόμενον ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὴν ὕαλον, ὑφίσταται διάθλασιν παρατηροῦμεν διτὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως π (ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον). Τὸ φῶς ἔξερχόμενον ἔπειτα ἀπὸ τὴν ὕαλον εἰς τὸν ἀέρα δὲν ὑφίσταται διάθλασιν, διότι προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ τῶν δύο μέσων (εἶναι $\pi = 0^\circ$, ἥπερ καὶ $\delta = 0^\circ$).



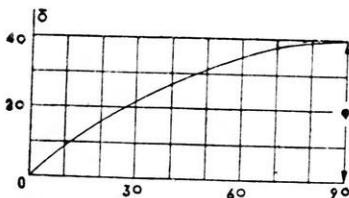
Σχ. 33. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

28. Ὁρικὴ γωνία.— Ἐκ τῶν δύο διαφανῶν μέσων ἐκεῖνο, εἰς τὸ ὄποῖον ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἔχει τὴν μικροτέραν τιμήν, καλεῖται ὁ πτικῶς πυκνότερον ἢ διαθλαστικώς πυκνότερον. Οὕτω τὸ ὄγκωρο, ἡ ὕαλος κ.ἄ. εἶναι ὁπτικῶς πυκνότερα μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα. Τὸ ὁπτικῶς πυκνότερον μέσον δὲν εἶναι πάντοτε καὶ φυσικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ὄγκωρο. Τὸ ὁπτικῶς πυκνότερον μέσον ἀναγνωρίζεται ἐκ τοῦ γεγονότος διτὶ, δταν τὸ φῶς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου, ἡ σχηματι-

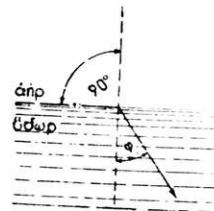
ζομένη γωνία διαθλάσεως είναι πάντοτε μικροτέρα από τήν γωνίαν προσπτώσεως. "Αρχ :

"Οταν τὸ φῶς εἰσέρχεται εἰς ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον, ἡ διαθλαμένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον (σχ. 32)."

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



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



Σχ. 35. Ἡ ὄρική γωνία διατοιχεῖ 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 συναρτήσει τῆς γωνίας προσπτώσεως. Παρατηροῦμεν ὅτι, αὐξανομένης τῆς γωνίας προσπτώσεως π , αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ , ἀλλὰ παραμένει πάντοτε μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. "Οταν λοιπὸν ἡ γωνία προσπτώσεως π τείνῃ πρὸς τὴν ὄρικήν τιμὴν 90° , ἡ γωνία διαθλάσεως τείνει πρὸς μίαν ὄρικήν τιμὴν φ , ἡ ὁποία καλεῖται ὄρική γωνία (σχ. 35). Ἡ τιμὴ τῆς ὄρικῆς γωνίας εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$v = \frac{\eta_2 90^\circ}{\eta_1 \varphi} \quad \text{ἀρα}$$

$$\eta_1 \varphi = \frac{1}{v}$$

Τὸ ἡμίτονον τῆς ὄρικῆς γωνίας ισοῦται μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

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

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

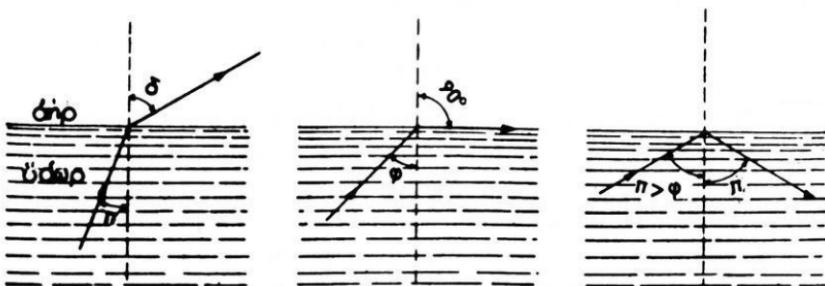
Δείκται διαθλάσεως ως πρὸς τὸν ἀέρα διὰ τὸ κίτρινον φῶς

'Αδάμας	2,470
Διέμειάνθραξ	1,629
Χλωριοῦχον νάτριον	1,544
Καναδικὸν βάλσαμον	1,540
Βενζόλιον	1,501
Οινόπνευμα	1,361
"Τδωρ	1,333
"Γάλος κοινὴ	1,540
Πυριτίαλος βαρεῖα	1,963
'Αήρ	1,000 293

Απὸ τὰς μετρήσεις εὑρέθη ὅτι :

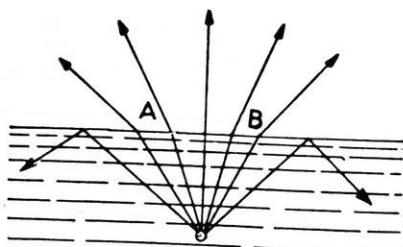
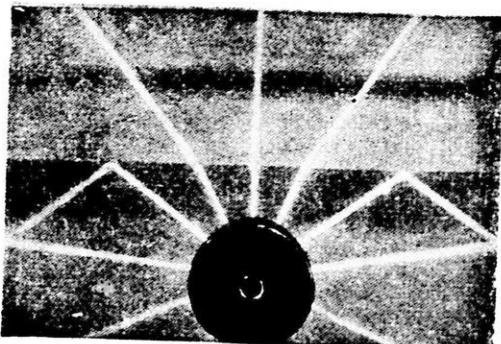
Ο σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως ἐνὸς σώματος ως πρὸς τὸν ἀέρα ισοῦται κατὰ μεγάλην προσέγγισιν μὲ τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως του σώματος.

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



Σχ. 36. Ολικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει, δταν εἶναι $\pi > \varphi$.

φωτὸς ἡ διαθλωμένη ἀκτίς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, δηλαδὴ ἡ γωνία διαθλάσεως εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ



Σχ. 37. Πειραματική διάταξις καὶ σχηματική παράστασις τῆς διστάξεως διὰ τὴν ἀπόδειν τῆς διλικῆς ἀνακλάσεως.

διπτικῶς πυκνότερον εἰς τὸ διπτικῶς ἀραιότερον μέσον καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 37.

Πειραματικῶς δεικνύεται τὸ φαινόμενον τῆς διλικῆς ἀνακλάσεως μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 37.

6

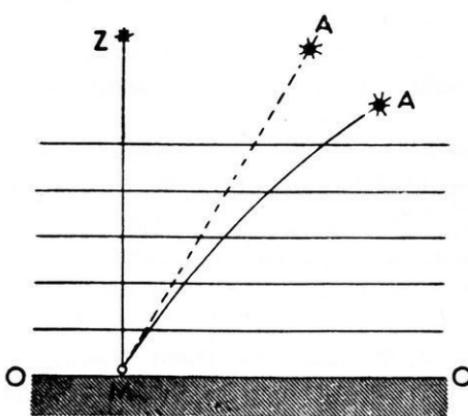
31. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.— α) Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις. Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα τῆς Γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώματα ἀέρος, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης ἐλαττώνεται, ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς αὐτῆς. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ ἔνα ἀστέρα, κατὰ τὴν πορείαν της ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑφίσταται διαδοχικάς διαθλάσεις. Ἐπειδὴ δὲ τὸ φῶς συνεχῶς εἰσέρχεται ἀπὸ διπτικῶς ἡ ραῖς τερον εἰς διπτικῶς πυκνότερον στρῶμα, ἡ φωτεινὴ ἀκτίς δια-

τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἐὰν λοιπὸν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γωνία προσπτώσεως γίνῃ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ὄρικήν γωνίαν φ., τότε δὲν εἶναι πλέον δυνατὸν νὰ συμβῇ διάθλασις. Τὸ φῶς, ὅταν φθάσῃ εἰς τὴν δισχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο μέσων, δὲν διαθλάται, ἀλλ’ ἡ νακλαστικὴ ἐξ ὀλοκλήρου καὶ ἔξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐντὸς τοῦ διπτικῶς πυκνότερου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διλικὴ ἀνακλασις. "Ωστε :

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

φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διλικὴ ἀνακλασις. "Ωστε :

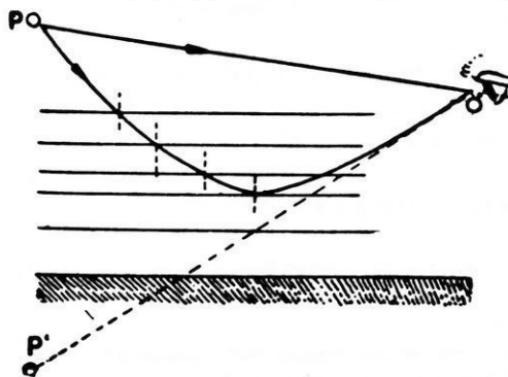
θλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον (σχ. 38). Οὕτως ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς λαμβάνει μορφὴν καμπύλης, ὁ δὲ ὄφθαλμὸς νομίζει ὅτι ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν A', ἥτοι βλέπει τὸν ἀστέρα κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς καμπύλης AM εἰς τὸ σημεῖον M. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις καὶ ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα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



Σχ. 38. Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις.

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

β) Ἀντικατοπτρισμός. "Οταν εἰς μίαν περιοχὴν ἐπικρατῇ νηγεμία καὶ τὸ ἔδαφος θερμανθῇ πολὺ (π.χ. εἰς τὰς ἐρήμους), τότε τὰ πλησίον τοῦ

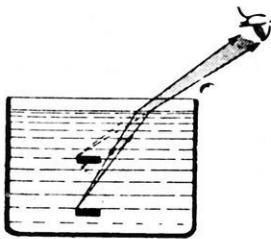


Σχ. 39. Ἀντικατοπτρισμός.

ἐδάφους στρώματα τοῦ ἀέρος θερμαίνονται πολὺ καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ γίνουν ἀραιότερα ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, προερχομένη ἀπὸ ἐν ὑψηλὸν ἀντικείμενον, εἰσέρχεται τότε συνεχῶς ἀπὸ ὄπτικῶς πυκνότερον εἰς ὄπτικῶς ἀραιότερον στρώμα δέρος καὶ ἐπομένως διαθλᾶται ἀπομακρυνομένη

ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 39). Εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν δύο τοιούτων στρωμάτων ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ὑφίσταται τότε ὀλικὴν ἀνάλασιν καὶ ἀκολουθεῖ μίαν συμμετρικὴν πορείαν, διότι τώρα εἰσέρχεται συνεχῶς ἀπὸ ὅπτικῶς ἀραιότερα εἰς ὅπτικῶς πυκνότερα στρώματα. Οὕτως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει μὲν τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικότητα, συγχρόνως ὅμως βλέπει τὸ ἔδιον ἀντικείμενον ἀνεστραμμένον, ὡς ἔχει εἶχεν ἐνώπιόν του ἡρεμοῦσαν ἐπιφάνειαν ὄδατος (ἐπίπεδον κάτοπτρον). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀντικατοπτρισμὸς** καὶ παραπηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους κατὰ τὰς μεσημβρινὰς ὥρας. Φαινόμενα ἀντικατοπτρισμοῦ παρατηροῦνται πολλάκις καὶ εἰς τὰς ἀκτὰς, ὅποτε τὰ μακρὰν εὐρισκόμενα τμῆματα τῆς ξηρᾶς (ἀκρωτήρια, νῆσοι) φαίνονται ἀνύψωθέντα ἐνώπιον τῆς θαλάσσης.

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



Σχ. 40. Φαινομένη ἀνύψωσις σώματος εὐρισκόμενου ἐντὸς ὄδατος.



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

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

ΤΙΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

✓ 24. Ο δείκτης διαθλάσεως τοῦ ύδατος είναι $4/3$. Πόση είναι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ ύδωρ;

25. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν 45° ἐπὶ υαλίνης πλακός. Ο δείκτης διαθλάσεως τῆς ύαλου είναι $v = \sqrt{2}$. Πόσην ἐκτροπήν ύφίσταται ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς κατὰ τὴν είσοδόν της εἰς τὴν ύαλον;

26. Πόση είναι ἡ δρικὴ γωνία ὡς πρὸς τὸν ἀέρα τῆς ύαλου ($v = 1,5$) καὶ τοῦ ἀδάμαντος ($v = 2,4$) ;

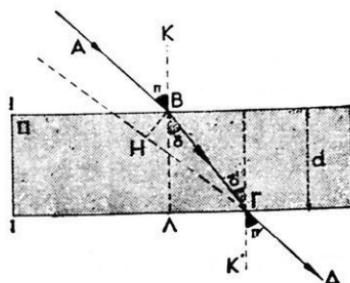
27. Δοχεῖον περιέχει ύγρόν, τὸ ὅποιον ἔχει δείκτην διαθλάσεως $v = \sqrt{2}$ καὶ σχηματίζει στήλην ύψους 9 cm. Ἐπὶ τοῦ ύγρου ἐπιπλέει κυκλικὸς δίσκος φελλοῦ, ὃ ὅποιος ἔχει διάμετρον 8 cm καὶ πάχος ἀσήμαντον. Ἀνωθεν τοῦ κέντρου τοῦ δίσκου καὶ εἰς ἀπόστασιν 4 cm ύπάρχει σημείωδης φωτεινὴ πηγὴ. Νὰ εύρεθῇ ἡ διάμετρος τοῦ σκοτεινοῦ κύκλου, ὃ ὅποιος σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ πυθμένος τοῦ δοχείου.

42-3-12

ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλακός μὲν παραλλήλους ἔδρας.— "Ας ύποθέσωμεν ὅτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ἴσοτροπον διαφανὲς μέσον II χωρίζεται

ἀπὸ τὸ πέριξ αὐτοῦ διαφανὲς μέσον I μὲν δύο παράληλα ἐπίπεδα. Τότε τὸ μέσον II ἀποτελεῖ μίαν **πλάκα μὲν παραλλήλους ἔδρας** (σχ. 42). Τοιούτον σύστημα διαφανῶν μέσων ἀποτελεῖ μία υαλίνη πλάξ εύρισκομένη ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Αἱ δύο γωνίαι δ καὶ δ', αἱ σχηματίζόμεναι ἐντὸς τῆς ύαλου, είναι ἵσαι ὡς ἐντὸς ἐναλλάξ. Επομένως διὰ τὰς δύο διαθλάσεις τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος AB ἴσχύουν αἱ σχέσεις :



Σχ. 42. Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ πλακός ἡ ἀκτὶς ύφίσταται παράληλον μετατόπισιν.

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

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

"Αρα $\pi = \pi'$. Η ἀκτὶς ΓΔ, ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὴν πλάκα, εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν προσπιπτούσαν ἀκτῖνα AB. "Ωστε διὰ τὴν

άνωτέρω μερικήν περίπτωσιν, κατά τὴν ὅποίαν ἡ πλάξις ἔχει ἐκατέρωθεν αὐτῆς τὸ ίδιον διαφανὲς μέσον, συνάγεται τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

“Οταν μία φωτεινή ἀκτίς διέρχεται διὰ πλακός μὲν παραλλήλους ἔδρας, τότε ἡ ἀκτίς ύφισταται μόνον παράλληλον μεταπόπισιν.

33. Διαύλασις διὰ πρίσματος.—**α)** Όρισμοί. Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλοῦμεν **πρίσμα** ἐν ὁμογενὲς καὶ ἴσοτροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὅποῖον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένας ἐπιπέδους ἐπιφανείας. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται ἀκτίς καὶ μὴ τοῦ πρίσματος. Ἡ δίεδρος γωνία, τὴν ὅποίαν σχηματίζουν αἱ ἔδραι τοῦ πρίσματος, καλεῖται διαστικὴ γωνία καὶ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ τομὴ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμήν αὐτοῦ καλεῖται κυρία τομὴ τοῦ πρίσματος. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τοῦ πρίσματος θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι πραγματοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθῆκαι : **α)** Ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς εὑρίσκεται ἐπὶ μιᾶς κυρίας τομῆς τοῦ πρίσματος. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτίς εύρισκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς. **β)** Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι μονόχρονον. Διότι, ἂν ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπέσῃ λευκὸν φῶς, τοῦτο διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος ύφισταται ἀνάλυσιν εἰς πολλὰ ἀπλὰ χρώματα.

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

$$\eta_{\mu} \pi_1 = v \cdot \eta_{\mu} \delta_1$$

καὶ

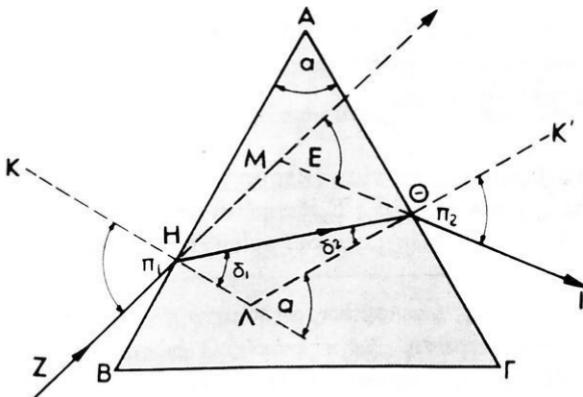
$$\eta_{\mu} \pi_2 = v \cdot \eta_{\mu} \delta_2$$

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

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

Η γωνία E , την όποιαν σχηματίζουν αἱ προεκτάσεις τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος ZH καὶ τῆς ἔξερχομένης ἀκτῖνος $ΘI$, καλεῖται γωνία ἐκτροπῆς καὶ εἶναι ἔξωτερη γωνία τοῦ τριγώνου HMI . ἔρχε εἰναι :

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



Σχ. 43. Διάθλασις διὰ πρίσματος.

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

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

~~31-3-18~~ διάθλασις διὰ πρίσματος :

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

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

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

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

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

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

*Αρα ή έκτροπή τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος εἶναι :

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

ήτοι έχομεν :

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

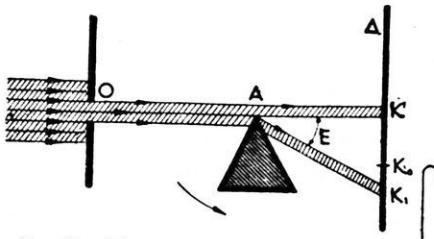
Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ λεπτοῦ πρίσματος καὶ ὑπὸ μικρὰν γωνίαν προσπτώσεως ή έκτροπή εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαθλαστικήν γωνίαν τοῦ πρίσματος.



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

α) Μεταβολὴ τῆς γωνίας έκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἐλαχίστη έκτροπή. Διὰ τῆς ὁπῆς O ἐνὸς διαφράγματος διέρχεται λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (σχ. 44). Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης

παρεμβάλλομεν πρᾶσμα οὔτως,
ώστε μέρος τῶν ἀκτίνων τῆς
δέσμης νὰ προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ
πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν
ἀκμὴν τοῦ. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος παρατηροῦμεν τότε δύο
φωτεινὰς κηλίδας· ἡ μὲν K
προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας
τῆς δέσμης, αἱ ὅποιαι δὲν



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

διῆλθον διὰ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ K_1 προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὅποιαι ὑπέστησαν ἐκτροπήν. Στρέφοντες τὸ πρᾶσμα περὶ τὴν ἀκμὴν τοῦ μεταβάλλομεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως· ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος εἶναι τοιαύτη, ὡστε ἡ K_1 νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὴν K . Κατὰ τὴν τοιαύτην περιστροφὴν τοῦ πρίσματος ἡ γωνία προσπτώσεως βαίνει συνεχῶς ἐλαττούμενη. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ κηλίς 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

μίαν ώρισμένην τιμήν τῆς γωνίας προσπτώσεως ή γωνία εκτροπῆς, η καμβάνει μίαν ἐλαχίστη στην τιμήν, ή όποια καλεῖται **έλαχίστη εκτροπή**.

Η έλαχίστη εκτροπή πραγματοποιείται, όστιν είναι $\pi_1 = \pi_2$, όπότε ή προσπίπτουσα ἀκτίς και ή ἔξερχομένη ἀκτίς σχηματίζουν ίσας γωνίας μὲ τὰς ἔδρας τοῦ πρίσματος.

"Οτένι πραγματοποιεῖται ή έλαχίστη εκτροπή, λέγομεν ὅτι τὸ πρᾶμα εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν ἐλαχίστης εκτροπῆς. Τότε ἀπὸ τοὺς γωνιστοὺς τύπους τοῦ πρίσματος εὑρίσκομεν τὰς ἀκολούθους σχέσεις :

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \pi_2 & \delta_1 &= \delta_2 & \text{ημ } \pi_1 &= v \cdot \eta \mu \delta_1 \\ \text{Θέσις έλαχίστης εκτροπῆς: } & A = 2\delta_1 & E_{\text{el}} &= 2\pi_1 - A \end{aligned}$$

β) Μεταβολὴ τῆς γωνίας εκτροπῆς μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας. Διὰ νὰ ἔγωμεν πρᾶμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας, χρησιμοποιοῦμεν δογχεῖν (σγ. 45), τοῦ όποιου αἱ δύο πλάγιαι ἔδραι εἰναι ὑάλιναι πλάκες δυνάμεναι νὰ στρέφονται περὶ ὄριζοντινῶν ἄξονα. Ἐντὸς τοῦ σχηματιζομένου οὕτω πρίσματος γένομεν διαφανὲς ύγρὸν π.χ. ὕδωρ. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς μιᾶς ἔδρας τοῦ πρίσματος λεπτὴ δέσμη παραχλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτός. Διατηροῦντες σταθερὰν τὴν ἔδραν AB, διὰ τῆς όποιας τὸ φῶς Σχ. 45. Μεταβολὴ τῆς γωνίας εἰσέρχεται εἰς τὸ πρᾶμα (π_1 σταθερόν), νίας εκτροπῆς μετὰ τῆς στρέφομεν τὴν ἔδραν AG, διὰ τῆς όποιας διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ ἔξερχεται ἡ δέσμη, καὶ οὕτω μεταβάλλομεν πρίσματος. τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν A. Παρατηροῦμεν ὅτι :

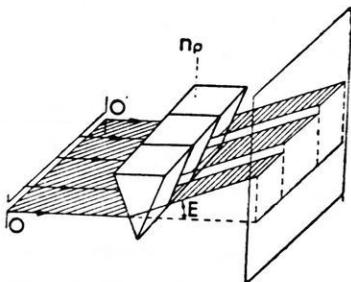
Η εκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

Ἐὰν συνεχισθῇ ἡ αὔξησις τῆς γωνίας, A, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν όποιαν τὸ φῶς δὲν εξέρχεται ἀπὸ τὸ πρᾶμα, ἀλλ' ὑφίσταται ἐπὶ τῆς ἔδρας AG ὁ λικὴν ἀνάκλασιν. Οὗτως εὑρέθη, ὅτι :

‘Η φωτεινή άκτις έξέρχεται άπό τὸ πρῆσμα, ἐὰν ἡ διαθλαστικὴ γωνία αὐτοῦ εἴναι ἵση ἡ μικροτέρα τοῦ διπλασίου τῆς όρικῆς γωνίας.

συνθήκη έξόδου τῆς άκτινος: $A \leqslant 2\varphi$

γ) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἑκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσσεως.



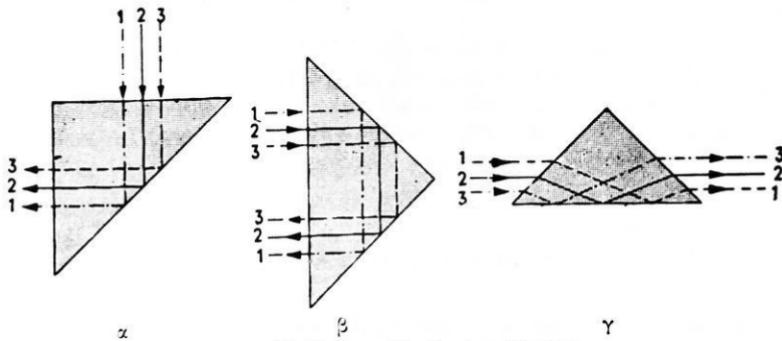
Σχ. 46. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἑκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσσεως.

Λαμβάνομεν σύστημα πρισμάτων (σχ. 46), τὰ ὅποια ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν (Α σταθερόν), διαφορετικοὺς ὅμως δείκτας διαθλάσσεως (πολύ πρισμα). Επὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισμάτων ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων άκτινων μονοχρόου φωτὸς (πισταθερόν). Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ πρίσματα αὐτὰ προκαλοῦν ἀνίσους ἑκτροπὰς τῶν άκτινων. Οὕτως εὑρίσκομεν ὅτι :

‘Η ἑκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσσεως τοῦ πρίσματος.

~~27-4-72~~ **35. Πρῖσμα όλικῆς ἀνακλάσεως.** — ‘Η λειτουργία τῶν πρισμάτων όλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς όλικῆς ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα αὐτὰ εἴναι συνήθως ὑάλινα (όρικὴ γωνία διὰ τὴν ὕαλον $\varphi = 40,5^\circ$). ‘Η κυρία τομὴ ἐνὸς ὑάλινου πρίσματος όλικῆς ἀνακλάσεως εἴναι ὁ $\rho \theta \circ \gamma \omega \nu \iota \circ \nu \ i \circ \sigma \kappa \epsilon \lambda \epsilon \varsigma$ τρίγωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 47α αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς καθέτου ἔδρας τοῦ πρίσματος. Οὕτως αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας ὑπὸ γωνίαν 45° , ἥτοι μεγαλυτέραν τῆς όρικῆς. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ὑφίστανται ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας όλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν ἄλλην κάθετον ἔδραν τοῦ πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν διάθλασιν. Τὸ πρῖσμα λοιπὸν τοῦτο ἑκτρέπει τὰς ἀκτῖνας κατὰ 90° ἀπὸ τὴν ὀργικήν των διεύθυνσιν. Εἰς τὸ σχῆμα 47β φαίνεται πῶς αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται δύο όλικὰς ἀνακλάσεις: οὕτως ὅμως

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



Σχ. 47. Πρίσμα διλικῆς ἀνακλάσεως.

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



ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

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

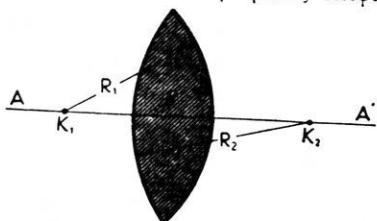
33. Πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν 45° καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν 30° . Πόση εἶναι ἡ ἐκτροπή;

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

35. Υάλινον πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν $A_1 = 5^\circ$ καὶ δείκτην διαθλάσεως $v_1 = 1,52$, εύρισκεται δὲ εἰς ἐπαφὴν μὲ ἄλλο ύάλινον πρίσμα, τὸ δόποιον ἔχει δείκτην διαθλάσεως $v_2 = 1,63$. Μία φωτεινὴ άκτις, ὅταν προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ ἐνὸς πρίσματος, ἔξερχεται ἀπὸ τὴν ἔδραν τοῦ ἄλλου πρίσματος, πρίσματος;

28-4-72 ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

36. Όρισμοί.— Καλεῖται φακὸς ἐν διαφανὲς μέσον, τὸ ὅποιον περιορίζεται ἀπὸ σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἢ ἀπὸ μίαν ἐπίπεδον καὶ μίαν σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν. Αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν καλοῦνται ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ (σχ. 48). τὰ δὲ κέντρα καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τούτων καλοῦνται κέντρα καμπυλότητος τοῦ φακοῦ. Ή εὐθεῖα, ἢ ὅποια διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται κύριος ἀ-

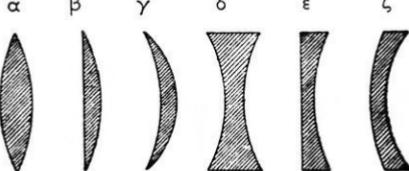


Σχ. 48. Σφαιρικοί φακοί.
α₁ καὶ α₂ αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

ξῶν τοῦ φακοῦ. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τῶν φακῶν θὰ υποθέσωμεν ὅτι ἴσχύουν αἱ ἔξῆς συνθῆκαι : α) Ο φακὸς εὐρίσκεται εἰντὸς τοῦ ἀέρος, τοῦ ὅποιου δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἵσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτῖνες εὐρίσκονται πλησίον τοῦ κυρίου ἀξονοῦ (κεντρικαὶ ἀκτῖνες). γ) Τὸ προσπίπτον φῶς εἰναι μονόχρονο.

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

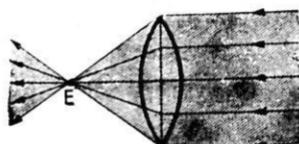
σον καὶ λεπτότεροι εἰς τὰ ἄκρα καλοῦνται **συγκλίνοντες φακοί**, διότι ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ μεταβάλλουν τὴν προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτῶν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς **συγκλίνουσαν** δέσμην (σχ. 50). Ἀντιθέτως οἱ φακοί, οἱ ὅποιοι εἰναι λεπτότεροι εἰς τὸ μέσον καὶ παχύτεροι εἰς τὰ ἄκρα, καλοῦνται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



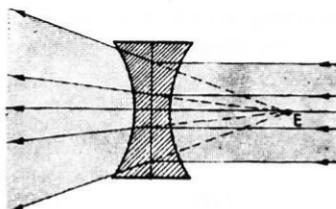
Σχ. 49. Είδη φακῶν.

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

ἀποκλίνουσαν δέσμην (σχ. 51).

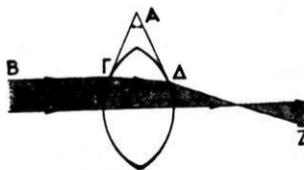


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.



Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

Ἡ ἴδιότης αὐτῆς τῶν φακῶν ἐρμηνεύεται, ἂν θεωρήσωμεν ὅτι ὁ φακὸς

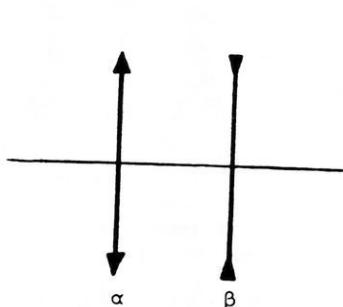


Σχ. 52. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ.

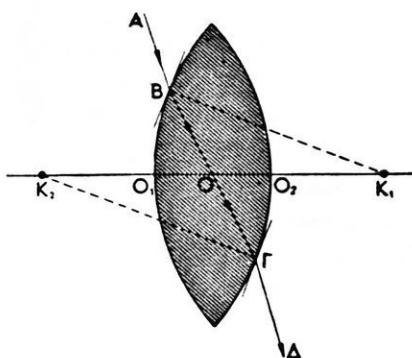
ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισμάτων, τῶν ὅποιων καὶ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῆ (σχ. 52).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν φακούς, τῶν ὅποιων τὸ πάχος, μετρού-

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



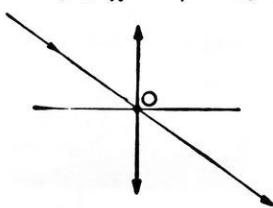
Σχ. 53. Σχηματική παράστασις συγκλίνοντος (α) καὶ ἀποκλίνοντος (β) φακοῦ.



Σχ. 54. Ἡ ἀκτὶς ἡ διερχομένη διὰ τοῦ διπτικοῦ κέντρου δὲν ύφισταται ἐκτροπήν.

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

38. Ὁπτικὸν κέντρον.— Ὁ κύριος ἀξων τοῦ φακοῦ τέμνει τὰς δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας εἰς δύο σημεῖα O_1 καὶ O_2 (σχ. 54). Εἰς τοὺς λεπτοὺς φακοὺς δυνάμεθα κατὰ προσέγγιστον νὰ θεωρήσωμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα συμπίπτουν εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυρίου ἀξονος. Τὸ σημεῖον τοῦτο εἰς τοὺς λεπτοὺς φακοὺς εἰναι ἡ τομὴ τοῦ κυρίου ἀξονος μὲ τὸν φακὸν καὶ καλεῖται **διπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ. Τὸ διπτικὸν κέντρον ἔχει τὴν ἑξῆς ἴδιότητα :



Σχ. 55. Δευτερεύων ἀξων φακοῦ.

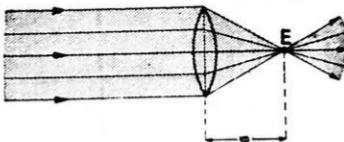
Μία ἀκτὶς διερχομένη διὰ τοῦ διπτικοῦ κέντρου ἔξερχεται ὀπὸ τὸν φακὸν χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπήν.

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

8

Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

39. Κυρία έστια. 'Εστιακή άπόστασις.— 'Επι ένδος συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 56). "Ολαι αἱ ἐξερχόμεναι ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτῖνες διέρχονται δι' ἔνδος σημείου Ε τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ ὅποιον καλεῖται κυρία έστια τοῦ φακοῦ. 'Η ἀπόστασις τῆς κυρίας ἔστιας ἀπὸ τὸ δόσμον τοῦ φακοῦ είναι πραγματική.



Σχ. 56. 'Η κυρία έστια συγκλίνοντος πτυκιὸν κέντρον καλεῖται **έστιακή** φακοῦ είναι πραγματική. ἀπόστασις (φ) τοῦ φακοῦ. Αὕτη είναι σταθερὰ καὶ ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ φῶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φακοῦ. "Ωστε:

'Ο συγκλίνων φακὸς ἔχει δύο πραγματικὰς κυρίας έστιας, αἱ ὁποῖαι είναι συμμετρικαὶ ως πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. 'Η έστιακή άπόστασις (φ) τοῦ φακοῦ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν:

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

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

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

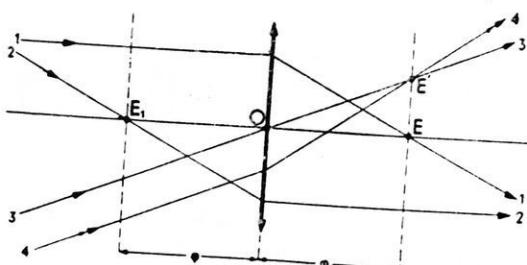
$$\frac{1}{\varphi} = (1,5 - 1) \cdot \left[\frac{1}{40} + \frac{1}{60} \right] \text{ εὑρίσκομεν : } \varphi = 48 \text{ cm}$$

40. 'Εστιακὸν ἐπίπεδον. — 'Εὰν θεωρήσωμεν λεπτὴν δέσμην φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι είναι παράλληλοι πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ἡ ἐξερχόμενη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη συγκλίνει εἰς τὴν δευτερεύουσαν έστιαν E' (σχ. 57).

Σχ. 57. 'Εστιακὸν ἐπίπεδον φακοῦ.

"Ολαι αἱ δευτερεύονται έστιαι τοῦ φακοῦ εύρισκονται κατὰ προσέγγισιν, ὅπως καὶ εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον, ἐπὶ τοῦ **έστιακοῦ ἐπιπέδου** ZZ' , τὸ ὅποιον είναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον E .

41. Πορεία μερικών άκτινων διερχομένων διά συγκλίνοντος φακού. — Έκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα διὰ τὴν πορείαν μερικῶν άκτινων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 58).



Σχ. 58. Πορεία μερικῶν άκτινων.

χομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἄκτις διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἑστίας (ἄκτις 1).

II. "Όταν μία προσπίπτουσα ἄκτις διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἑστίας, ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἄκτις εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (ἄκτις 2).

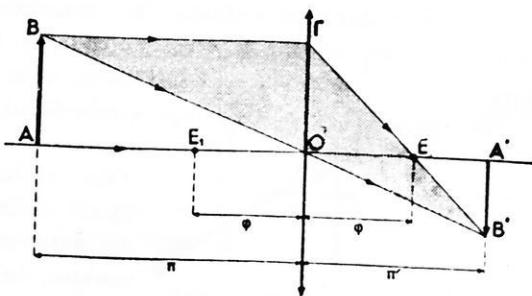
III. "Όταν μία ἄκτις διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, αὕτη ἔξερχεται ἀπὸ τὸν φακὸν χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπὴν (ἄκτις 3).

IV. "Όταν μία ἄκτις προσπίπτη παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἄκτις διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστοίχου δευτερευόσης ἑστίας, ἡ ὁποία εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἑστιακοῦ ἐπιπέδου (ἄκτις 4)."

4-5-78

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

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



Σχ. 59. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

μένου προερχόμεναι ἀκτῖνες ΒΟ καὶ ΒΓ, μετὰ τὴν ἔξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακόν, τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον Β', τὸ ὅποῖον εἶναι τὸ εἴδωλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἰδώλα ὅλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ εύρισκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας Α'Β', ἡ ὅποια εἶναι καὶ θετική πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἰδώλον Α'Β' εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν, δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα ΟΑΒ καὶ ΟΑ'Β' εύρισκομεν ὅτι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις εἶναι:

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

Ἄν δονομάσωμεν $A'B' = E$ καὶ $AB = A$. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα ΟΕΓ καὶ $A'E'B'$ εύρισκομεν :

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

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

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

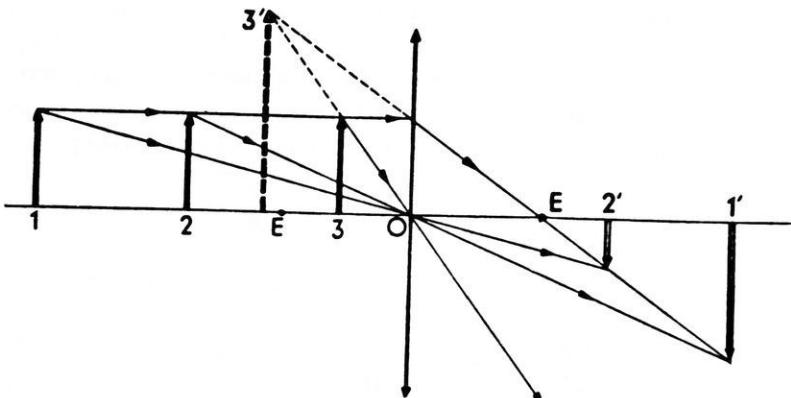
Αἱ εὐρεθεῖσαι ἔξισώσεις (1) καὶ (3) προσδιορίζουν τὸ μέγεγενος καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου $A'B'$.

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

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

- Τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται εἰς τὸ ἄπειρον ($\pi = \infty$). Τότε εἶναι $\pi' = \varphi$, δηλαδὴ τὸ εἰδώλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν, εἶναι πραγματικόν, ἀλλ' εἶναι σημεῖον.
- Τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται πέραν τῆς κυρίας ἑστίας ($\pi > \varphi$).

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



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

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

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

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

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

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

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

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

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

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

ἕπο τὸν δρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἔξης σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

π θετικόν : ἀντικείμενον πραγματικὸν

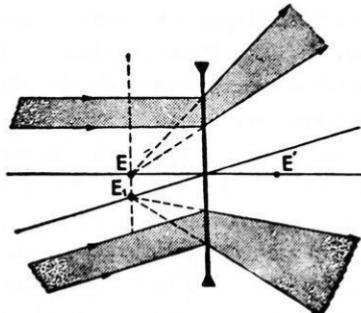
π' θετικόν : εἰδώλον πραγματικὸν

π' ἀρνητικόν : εἰδώλον φανταστικόν.

B'. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

45. Κυρία έστια.— "Οταν ἐπὶ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ προσπίπτῃ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη εἶναι ἀ ποκλίνουσα καὶ φαίνεται προερχομένη ἀπὸ ἐν σημεῖον E τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 61). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κυρία έστια τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἡ ὅποια εἶναι φανταστική."

Ο ἀποκλίνων φακὸς ἔχει δύο φανταστικάς κυρίας έστιας, αἱ διποῖαι εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Η ἔστιακή ἀπόστασις εἶναι ἀρνητική καὶ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον σχέσιν :



Σχ. 61. Η κυρία έστια καὶ αἱ δευτερεύουσαι έστιαι 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 ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν

φακόν άποκλίνουσα δέσμη φαίνεται προερχομένη από τὴν φανταστική καὶ νὰ δευτερεύουσαν ἐστίαν E_1 . Εἰς τὸν άποκλίνοντα φακόν τὰ δύο ἐστίακαὶ ἐπίπεδα εἶναι φανταστικά.

5-5-78

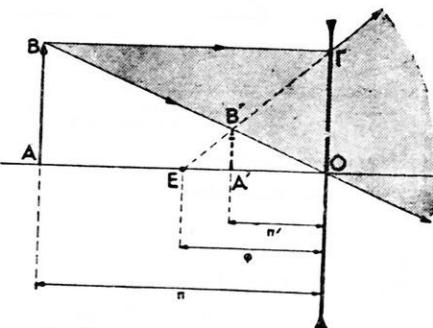
46. Εἰδώλον ἀντικειμένου. — "Ας θεωρήσωμεν ως φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καὶ θετον πρὸς τὸν κύριον ἔξονα (σχ. 62). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὠρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἴδωλον $A'B'$, τὸ ὅποιον εἶναι καὶ θετον, πρὸς τὸν κύριον ἔξονα. Αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτίνες BO καὶ BG , μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν, φαίνονται προερχόμεναι απὸ τὸ σημεῖον B' , τὸ ὅποιον εἶναι τὸ εἴδωλον τοῦ σημείου B . Τὸ εἴδωλον $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι φανταστικόν, δρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, δὲν δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω κατασκευὴν τοῦ εἴδώλου $A'B'$ συνάγεται ὅτι τὸ φανταστικὸν εἴδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ διπτικοῦ κέντρου O καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας E . Σκεπτόμενοι ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συγχλίνοντος φακοῦ εὐκόλως εὑρίσκομεν ὅτι καὶ διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἴσχύουν οἱ γενικοὶ τύποι, οἱ ἴσχυοντες καὶ διὰ τοὺς συγχλίνοντας φακούς, ὑπὸ τὸν ὄρον ὅτι πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπὸ δψιν ὅτι ἡ κυρία ἐστία εἶναι φανταστικὴ (ἐπομένως φανταστικὸν) καὶ τὸ εἴδωλον εἶναι ἐπίσης φανταστικὸν (ἄρα καὶ π' ἀρνητικόν). Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὰ ἔξης συμπεράσματα διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακούς:

Σχ. 62. Σχηματισμὸς εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ.

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

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

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



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

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

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

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

Γενικὸς τύπος φακῶν: $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$		
Εἶδος φακοῦ	Εἶδωλον	Μορφὴ τοῦ γενικοῦ τύπου
Συγκλίνων	πραγματικὸν	$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
	φανταστικὸν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
'Αποκλίνων	φανταστικὸν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = - \frac{1}{\varphi}$

Π αρ α δείγματα. 1) 'Αμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως 1,5 καὶ

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

Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακὸν αἱ δύο ἐπιτάνειαὶ τοῦ εἰναι κυρταῖ· ἔφα αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος λαμβάνονται θετικαὶ. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εύρισκεται ἀπὸ τὴν γενικὴν σχέσιν :

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

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

καὶ $\varphi = 48 \text{ cm}$

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

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

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

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

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

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

2) Ἀς ἔξετάσωμεν τὸ προηγούμενον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν δύοιαν ὁ φακὸς εἰναι ἀμφίκοιλος. Εἰς τὸν ἀμφίκοιλον φακὸν αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος θὰ ληφθοῦν ἀρνητικαί. Ἐπομένως εἰναι :

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

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

καὶ $\varphi = - 48 \text{ cm}$

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἰναι πραγματικόν, ἔχομεν :

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

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

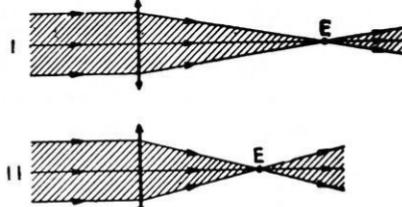
Τὸ δὲ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἰναι :

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

Γ'. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

48. Ισχύς φακοῦ. — 'Επί ένὸς συγχλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλήγων πρὸς τὸν κύριον ξένονα· ή δέσμη αὐτὴ μετατρέπεται ἀπὸ τὸν φακὸν εἰς μίαν δέσμην τόσον περισσότερον συγχλίνουσαν, ὡσον μικροτέρα εἶναι ή ἔστιακή ἀπόστασις τοῦ φακοῦ (σχ. 63). Οὕτω ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον δρισμόν:

Καλεῖται ίσχὺς (ἢ συγκεντρωτική ίκανότης) ένὸς φακοῦ τὸ ἀντίστροφον τῆς ἔστιακῆς τοῦ φακοῦ ἀποστάσεως.



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

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

'Εκ τοῦ ἀνωτέρω δρισμοῦ ἔπειται ὅτι εἰς μὲν τοὺς συγχλίνοντας φακοὺς ἡ ίσχὺς εἶναι θετική, εἰς δὲ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς εἶναι ἀρνητική. Η ίσχὺς τοῦ φακοῦ ὑπολογίζεται εἰς διοπτρίας:

Διοπτρία (1 dpt) εἶναι ἡ ίσχὺς φακοῦ ἔχοντος ἔστιακήν ἀπόστασιν 1 μέτρου.

Οὕτως, ἂν ἡ ἔστιακή ἀπόστασις ένὸς συγχλίνοντος φακοῦ εἶναι $\varphi = 20 \text{ cm}$, τότε ἡ ίσχὺς τοῦ φακοῦ τούτου εἶναι :

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

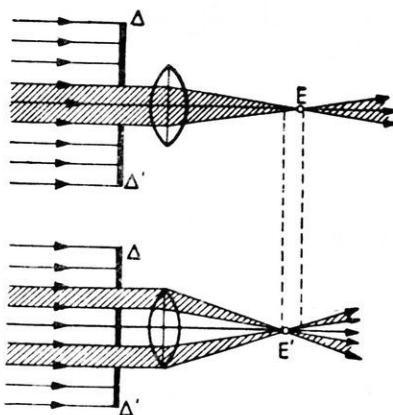
49. Όμοαξονικὸν σύστημα φακῶν. — "Οταν πολλοὶ λεπτοὶ φακοὶ ἔχουν κοινὸν κύριον ξένονα, τότε οἱ φακοὶ οὗτοι σχηματίζουν **δμοαξονικὸν σύστημα**. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν ὅτι:

'Η ίσχὺς ένὸς δμοαξονικοῦ συστήματος λεπτῶν φακῶν, εύρισκομένων εἰς ἐπαφὴν, ισοῦται μὲ τὸ ἀλγεθρικὸν ἄθροισμα τῶν ισχύων τῶν φακῶν τοῦ συστήματος.

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

Η σχέσις αὗτη δίδει τὴν έστιακὴν ἀπόστασιν φ τοῦ συστήματος.

50. Σφάλματα τῶν φακῶν. — Η ἔξισωσις τῶν φακῶν ίσχύει ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ὁ φακὸς εἶναι λεπτὸς καὶ ὅτι προσπίπουν ἐπ' αὐτοῦ κεντρικὰ ἀκτῖνες μονοχρόου φωτός. Εἰς τὴν πραγματικότητα οἱ ἀνωτέρω ὅροι σπανίως ἀπαντῶνται. Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι



Σχ. 64. Σφαιρικὴ ἐκτροπὴ φακοῦ.

πρὸ τοῦ φακοῦ διὰ φραγμα, φέρον κυκλικὸν ἄνοιγμα, διὰ τοῦ διοίου δέρχονται μόνον κεντρικὰ ἀκτῖνες.

β) Ἀστιγματικὴ ἐκτροπὴ. Αὕτη διείλεται εἰς τὴν μεγάλην γωνίαν, τὴν ὅποιαν σχηματίζουν αἱ προσπίπουσαι ἀκτῖνες μὲ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ. Οἱ ἀστιγματισμὸς συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μὴ εἶναι εὔκρινη τὰ σχηματιζόμενα εἴδωλα.

γ) Χρωματικὴ ἐκτροπὴ. Αὕτη διείλεται εἰς τὴν ἀνάλυσιν, τὴν ὅποιαν ὑφίσταται τὸ λευκὸν φῶς, δταν τοῦτο διέρχεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ. Καὶ ἡ ἐκτροπὴ αὕτη συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μὴ εἶναι εὔκρινὲς τὸ σχηματιζόμενον εἴδωλον.

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

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

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

τὴν σφαιρικὴν ἐκτροπὴν θέτομεν

φακών άποτελούνται άπό πολλούς φακούς (3 - 12), τῶν όποίων αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος, τὸ εἰδος τῆς ὑάλου καὶ αἱ μεταξὺ τῶν ἀποστάσεις ἔχουν ἔκλεγῆ καταλλήλως. "Ἐν διωρθωμένον σύστημα εἶναι ἀπλανήτικόν, ἀχρωματικόν, ἀναστιγματικόν. Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο τὸ εἰδωλὸν ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου εἶναι σημεῖον (ἀπλανήτικόν), ἡ χρωματικὴ ἔκτροπὴ καταργεῖται (ἀχρωματικόν) καὶ ἔξαφανίζονται τὰ ἐλαττώματα ἐκ τῆς κλίσεως τῶν ἀκτίνων πρὸς τὸν ἀξονα (ἀναστιγματικόν).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

37. Ἡ μία ἀκτίς καμπυλότητος ἀμφίκυρτου φακοῦ εἶναι 15 cm, δὲ διέκτης διαθλάσεως εἶναι 1,5 καὶ ἡ ἐστιακὴ τοῦ ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ διλῆτης ἀκτίς καμπυλότητος;

38. Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει τὰς δύο ἀκτίνας καμπυλότητος ἴσας μὲ 50 cm. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ δι' ὠρισμένην ἀκτινοβολίαν εἶναι 45 cm. Πόσος εἶναι ὁ διέκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτῆν;

39. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπό συγκλίνοντα φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως φτέρει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, διὰ νὰ εἶναι τὸ εἰδωλὸν 3 φοράς μεγαλύτερον ἀπό τὸ ἀντικείμενον;

40. Φωτεινὸν σημεῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἀξονος συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδῶλου ἀπό τὸν φακὸν εἶναι κατὰ 80 cm μικροτέρα τῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου ἀπό τὸν φακόν. Πόσον ἀπέχει τὸ εἰδωλὸν ἀπό τὸν φακόν;

41. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπό φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, ὥστε τὸ σχηματιζόμενον εἰδωλὸν νὰ ἔχῃ ἐπιφάνειαν 9 φοράς μεγαλύτεραν ἀπό τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀντικειμένου;

42. Φωτεινὴ εὐθεία μήκους 2 cm ἀπέχει 1 m ἀπό πέτασμα. Μεταξὺ τῆς εὐθείας καὶ τοῦ πετάσματος τοποθετεῖται συγκλίνων φακός, διπλὲ λαμβάνομεν εὐκρινὲς εἰδωλὸν διὰ δύο θέσεις τοῦ φακοῦ, αἱ ὅποιαι ἀπέχουν μεταξύ τῶν 40 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ καὶ αἱ διαστάσεις τῶν δύο εἰδῶλων.

43. Εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπό ἀμφίκυρτον φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως -12 cm, τοποθετεῖται ἀντικείμενον μήκους 10 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδῶλου.

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

ματίζεται ἑκεῖ, διπου εύρισκεται καὶ τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

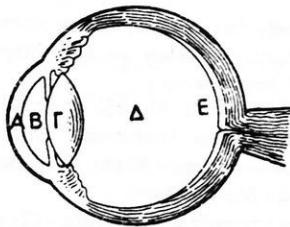
45. Μὲ ἔνα φακὸν ἴσχυός 5 διοπτριῶν θέλομεν νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ ἔνος τοῖχου, δ ὅποιος παίζει ρόλον πετάσματος, τὸ εἰδώλον Α'Β' ἔνος ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου πρέπει νὰ εἴναι 20 φοράς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοῖχον πρέπει νὰ τεθῇ δ φακὸς καὶ πόσον θὰ ἀπέχῃ τότε τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸν φακόν; 'Ο διπτικὸς ἄξων τοῦ φακοῦ εἶναι κόθετος πρὸς τὸν τοῖχον.

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

47. Φακὸς Λ ἀπέχων 15 cm ἀπὸ ἀντικείμενον ΑΒ δίδει πραγματικὸν εἰδώλον $A'B' = 3 \cdot AB$. Νὰ εὔρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς ἄλλου φακοῦ Λ', δ ὅποις τιθέμενος εἰς ἀπόστασιν 10 cm δηισθεῖν τοῦ φακοῦ Λ δίδει νέον πραγματικὸν εἰδώλον $A''B'' = v \cdot A'B'$. Πόση εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ Λ', ἀν εἶναι $v = 2$ ἢ $v = 1$;

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

51. Κατασκευὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.—'Απὸ ὀπτικῆς ἀπόψεως ὁ ὄφθαλμὸς ἀποτελεῖται ἐκ σειρᾶς διαφανῶν μέσων, τὰ ὅποια χωρίζονται μεταξὺ των μὲ αἰσθητῶς σφαιρικὰς ἐπιφανείας: τὰ κέντρα τῶν ἐπιφανειῶν τούτων εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ ἄξονος. "Οταν προγροῦμεν ἐκ τοῦ ἔξωτερικοῦ πρὸς τὸ ἔσωτερικόν, συναντῶμεν διαδοχικῶς τὰ ἔξης (σχ. 65) : α) Τὸν διαφα-



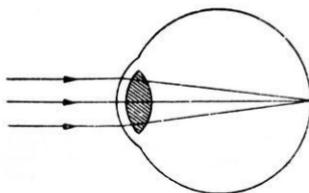
Σχ. 65. Τομὴ ὀφθαλμοῦ.

ε) Τὸ ὄ α λ ὡ δ ε σ ὑ γ ρ ὄ ν Δ. Τὸ ἔσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ὄφθαλμοῦ καλύπτεται ἀπὸ μίαν μεμβράνην Ε, ἡ ὅποια καλεῖται ἡ μ φι β λη σ τρο-ειδῆς χιτῶν καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς διακλαδώσεις τοῦ ὀπτικοῦ

νῆ κερατοειδῆς χιτῶν α. β) Τὸ δ α τῶ δε ε σ ὑ γ ρ ὄ ν Β. γ) "Ἐν διάφορα μέσον διάφορον χρῶμα εἰς τὰ διάφορα ἄτομα, τὸ ὅποιον καλεῖται ἡ ρισκαὶ φέρει εἰς τὸ μέσον κυκλικὸν ἀνοιγμα (χ θρη) ἡ διάμετρος τῆς κύρης μεταβάλλεται ἀπὸ 2 ἔως 8 mm περίπου. δ) "Ἐνα ἀμφικυρτὸν ἐλαστικὸν φακὸν Γ, ὃ ὅποιος καλεῖται κρυσταλλώδης φακός.

νεύρου. Διὰ νὰ είναι εὐκρινῶς ὁρατὸν ἐν ἀντικείμενον, πρέπει τὸ εἴδωλόν του νὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Κατὰ προσέγγισιν δὲ φθαλμὸς δύναται νὰ ἔξομοιωθῇ μὲ συγχλίνοντα φακόν, τοῦ ὅποιου τὸ ὀπτικὸν κέντρον εύρισκεται 15 mm ἐμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

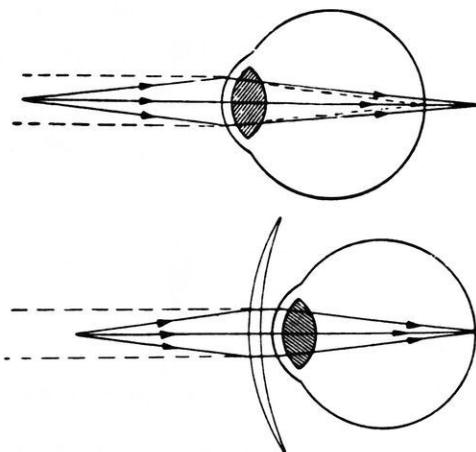
52. Κανονικὸς ὀφθαλμός. Προσαρμογή. — "Οταν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηῇ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίνῃ αὐτὸν εὐκρινῶς, τότε τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται εἰς τὸ ἄπειρον, τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). "Οταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ συνεχῶς πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, τότε τὸ εἴδωλον θὰ ἔπειτε νὰ σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ νὰ ἀπομακρύνεται συνεχῶς ἀπὸ αὐτόν. Διὰ νὰ σχηματίζεται ὅμως πάντοτε τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, πρέπει νὰ τροποποιῆται ἑκάστοτε δὲ μηχανισμὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταβολῆς τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ· ἐφ' ὅσον ἐλαττώνεται ή ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν, οἱ κρυσταλλώδης φακὸς γίνεται συγκεντρωτικότερος. Ἡ ἵκανότης αὐτὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ καλεῖται **προσαρμογή**. Ὁ **κανονικὸς ὀφθαλμός**, δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς, χωρὶς προσαρμογήν, τὰ εἰς ἄπειρον εύρισκόμενα ἀντικείμενα καὶ προσαρμοζόμενος δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα μέχρις ἀπόστασεως 25 cm. Ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ εύρεθῇ ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἐν ἀντικείμενον, διὰ νὰ διακρίνεται εὐκρινῶς, καλεῖται **ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὀράσεως**· αὕτη διὰ τὸν κανονικὸν ὀφθαλμὸν εἶναι περίπου 25 cm.



Σχ. 66. Κανονικὸς ὀφθαλμός.

53. Προσβινωπία. — "Ἡ ἴσχὺς τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ, ὅταν οὗτος ἡρεμῇ, είναι 19 διοπτρίαι· διὰ τῆς προσαρμογῆς ἡ ἴσχὺς του αὔξανεται εἰς 33 διοπτρίας. Αὐτὴ ὅμως ἡ ἵκανότης τοῦ ὀφθαλμοῦ, νὰ μεταβάλλῃ τὴν ἴσχὺν τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ κατὰ 14 διοπτρίας, ἐλαττώνεται μὲ τὴν πάροδον τῶν ἑτῶν, διότι ἡ ἐλαστικότης τοῦ φακοῦ συνεχῶς ἐλαττώνεται. Οὕτως εἰς ἥλικιαν 20 ἑτῶν ἡ ἴσχὺς τοῦ φακοῦ

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

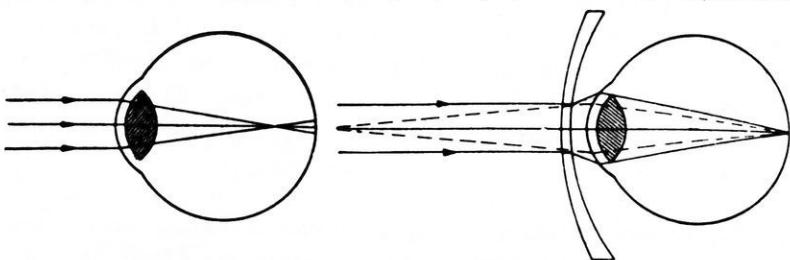


Σχ. 67. Πρεσβυωπικὸς ὀφθαλμὸς καὶ διόρθωσις αὐτοῦ.

ίκανότητος προσαρμογῆς, ὁ πρεσβύωψ ὀφθαλμὸς γρησιμοποιεῖ συγχρίνη τὰ πλησίον ἀντικείμενα τὰ εύρισκομένων συγχρίνη τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διότι τότε τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Διὰ νὰ ἀναπληρωθῇ ἡ ἔλλειψις

Αὐτὴ ἡ ἐλάττωσις τῆς ίκανότητος προσαρμογῆς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ αὖξῃ εἰς ταῖς μὲ τὴν πάροδον τῶν ἑτῶν ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐχρινοῦς ὄράσεως (πρεσβυωπία). Ο πρεσβύωψ βλέπει εὐχρινῶς τὰ ἀντικείμενα τὰ εύρισκόμενα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἀλλὰ δὲν δύναται νὰ διαχρίνῃ τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διότι τότε τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Διὰ νὰ ἀναπληρωθῇ ἡ ἔλλειψις

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

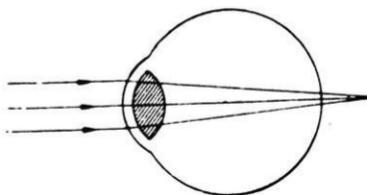


Σχ. 68. Μυωπικὸς ὀφθαλμός.

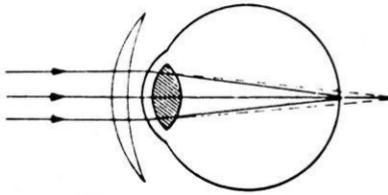
εἶδωλον ἐνὸς μακρὰν εύρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 68). Οὕτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει εὐχρινῶς χωρὶς προσαρμογὴν ἀντικείμενα εύρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν ὥλιγων

Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

μέτρων, διότι τότε μόνον, τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστρο-εἰδοῦς. Ἀντιθέτως ὁ μάυωψ ὁ φθαλμὸς δύναται προσαρμοζόμενος νὰ δια-κρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν πολὺ μικροτέραν τῶν 25 cm. Ἡ μωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ἡ ποκλίνων τος φακοῦ, ὁ ὅποιος μετατοπίζει τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 69). Εἰς τὸν ὑπερμέτρωπα ὁ φθαλμὸν ὁ ἔξων τοῦ ὁφθαλμοῦ εἶναι βραχὺς καὶ



Σχ. 70. Ὑπερμετρωπικὸς ὁφθαλμός.

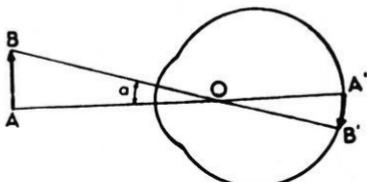


Σχ. 71. Διόρθωσις ὑπερμετρωπικοῦ ὁφθαλμοῦ.

ἐπομένως τὸ εἴδωλον ἐνὸς μακρὰν εύρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 70). Οὕτως ὁ ὑπερμέτρωπος ὁφθαλμὸς δὲν διακρίνει τίποτε χωρὶς προσαρμογήν. Εἰς τὸν ὁφθαλμὸν τοῦτον ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὄράσεως εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα ἀπὸ 25 cm. Ἡ ὑπερμετρωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως συγκλίνων τος φακοῦ, ὁ ὅποιος μετατοπίζει τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 71).

70-5-22

55. Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου. — Καλεῖται φαι-
νομένη διάμετρος ἐνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 72) ἡ γωνία AOB = α
ἡ σχηματίζομένη ἀπὸ τὰς ἀκτίνας
OA καὶ OB, αἱ ὅποιαι ἀγονται ἀπὸ τὸ κέντρον O τοῦ ὁφθαλμοῦ εἰς τὰ
ἄκρα A καὶ B τοῦ ἀντικειμένου. "Ο-
ταν τὸ ἀντικειμένον εύρισκεται πολὺ¹
μακρά καὶ μετρουμένη εἰς ἀκτίνια
εἶναι :



Σχ. 72. Ἡ γωνία AOB καλεῖται φαι-
νομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.

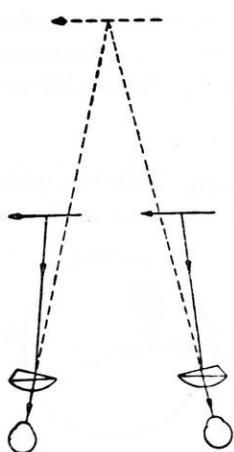
$$\text{φαινομένη διάμετρος : } \alpha = \frac{AB}{OA}$$

‘Η ἀνωτέρω σχέσις φανερώνει ὅτι :

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

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

56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία.—“Οταν παρατηροῦμεν ἐν ἀντικείμενον μὲ τοὺς δύο ὄφθαλμοὺς, τότε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἑκάστου ὄφθαλμοῦ σχηματίζεται ἴδιαίτερον εἰδῶλον. Ἐν τούτοις βλέπομεν ἐν μόνον ἀντικείμενον.” Οταν τὸ αὐτὸν ἀντικείμενον τὸ παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν μὲ τὸν ἕνα ὄφθαλμόν, ἄλλοτε δὲ μὲ τὸν ἄλλον ὄφθαλμόν, τότε τὸ θέαμα, τὸ ὄποιον παρουσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι διαφορετικόν, ὅταν παρατηρήται μὲ μόνον τὸν δεξιὸν ἢ τὸν ἀριστερὸν ὄφθαλμόν. Λι μικροί αὐταὶ διαφοραὶ συντελοῦν εἰς τὸ νὰ μᾶς δίδουν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀντικειμένου, δηλαδὴ νὰ ἀντιλαμβανώμεθα ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἡμᾶς χῶρον, ὅχι ὡς ἐπιφάνεια, ἀλλὰ ὡς στερεὸν ἔχον διαστάσεις.



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου.

Τὸ στερεοσκοπίον ἀναπαράγει σχεδὸν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, τὴν ὧποίαν μᾶς δίδει ἡ διόφθαλμος ὄρασις. Λαμβάνομεν δύο φωτογραφίας τοῦ ἀντικειμένου μὲ δύο φωτογραφικὰς μηχανάς, αἱ ὧποίαι ἀπέχουν μεταξὺ τῶν, δύον ἀπέχουν οἱ δύο ὄφθαλμοί, ἤτοι 6 ἔως 7 cm. Λι δύο αὐταὶ εἰκόνες τοῦ ἀντικειμένου δὲν εἶναι τελείως ὅμοιαι: ἡ μία ἔξ αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὧποίαν μᾶς δίδει ὁ δεξιὸς ὄφθαλμός, ἡ δὲ ἄλλη εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὧποίαν μᾶς δίδει ὁ ἀριστερὸς ὄφθαλμός. Θέτομεν τὰς δύο αὐτὰς εἰκόνας ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεο-

βάσης. Θέτομεν τὰς δύο αὐτὰς εἰκόνας ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεο-

σκοπίου (σημ. 73) καὶ παρατηροῦμεν συγχρόνως τὰς δύο εἰκόνας οὕτως, ώστε ἔκαστος ὁ φθαλμὸς νὰ βλέπῃ μόνον τὴν εἰκόνα, ἢ ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς αὐτόν. Τὰ δύο εἰδῶλα συμπίπτουν εἰς ἐν μόνον εἰδῶλον, τὸ ὅποιον μᾶς δίδει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἀναγλύφου. Τὸ σύστημα παρατηρήσεως ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα φακοῦ καὶ πρίσματος.

57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως.—'Η γένεσις καὶ ἡ ἔξαφάνισις μᾶς ὁπτικῆς ἐντυπώσεως ἀπαιτεῖ τὴν πάροδον ὠρισμένου χρόνου, ὁ ὅποιος ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἔντασιν καὶ τὰ χρώματα τοῦ φωτός. 'Εκάστη λοιπὸν ὁπτικὴ ἐντύπωσις διαρκεῖ περίπου ἐπὶ 1/10 τοῦ δευτερολέπτου. Διὰ τοῦτο ἐν ταχέως κινούμενον σημεῖον, ἀλλὰ ὡς μία φωτεινὴ γραμμή. 'Η κινηματογραφία βασίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς ὁπτικῆς ἐντυπώσεως. 'Ἐπὶ τῆς ὀθόνης προβάλλονται διαδοχικῶς φωτογραφίαι ἐνὸς κινούμενου ἀντικειμένου ἡρθεῖσαι κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἵστα μὲ 1/24 τοῦ δευτερολέπτου. Αἱ φωτογραφίαι αὐταὶ προβάλλονται ἔπειτα μὲ τὸν ὕδιον ρυθμόν, γῆτοι 24 κατὰ δευτερόλεπτον. 'Ο παρατηρητὴς βλέπει προβαλλομένας τὰς διαδοχικὰς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, ἔνεκα ὅμως τῆς διαρκείας τῶν ὄπτικῶν ἐντυπώσεων, δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν συνεχῆ ἀλλαγήν τῶν προβαλλομένων εἰκόνων καὶ νομίζει ὅτι βλέπει κινούμενον τὸ ἀντικείμενον.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

48. Μυωπικὸς ὁφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ εὔκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τῶν 3 m. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ίσχὺς τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ώστε ὁ ὁφθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εύκρινῶς τὰ μακράν εὐρισκόμενα ἀντικείμενα;

49. Μυωπικὸς ὁφθαλμὸς δὲν διακρίνει εύκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τῶν 10 cm. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ώστε ὁ ὁφθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εύκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm;

— 50. Εἰς ἓντα ὑπερμέτρωπα ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς δράσεως είναι 90 cm. Νὰ εὐρεθῇ πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ίσχὺς τῶν φακῶν, τοὺς ὅποιους θὰ χρησιμοποιῆῃ, διὰ νὰ διακρίνῃ εύκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm.

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

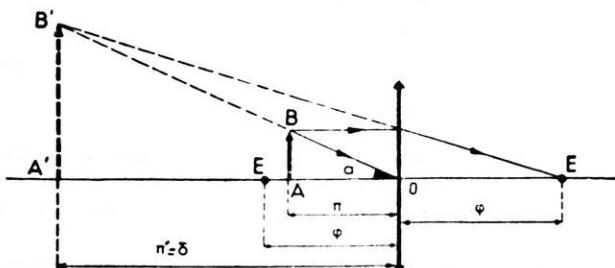
52. Γέρων, τοῦ ὅποιού ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς δράσεως είναι 1,20 m, θέλει νὰ διαβάζῃ βιβλίον εύρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὁφθαλμὸν του. Πόση είναι ἡ ίσχὺς τοῦ φακοῦ, τὸν ὅποιον θὰ χρησιμοποιήσῃ;

Ο ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

58. Οπτικά δργανα.—Είδομεν (§ 55) ότι, όσον μεγαλυτέρα είναι ή φαινομένη διάμετρος ένδος άντικειμένου, τόσον μεγαλύτερον είναι και τὸ εἴδωλον τοῦ άντικειμένου τούτου, τὸ δόποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Απὸ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἔξαρτᾶται καὶ τὸ πλῆθος τῶν λεπτομερεών, τὰς δόποιας διαχρίνομεν. Ή μεγάλη στη θυνατή φαινομένη διάμετρος άντικειμένου εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὔχρινοῦς δράσεως. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξησιν τῆς φαινομένης διαμέτρου, χρησιμοποιοῦμεν διάφορα διπτικά δργανα.

A'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

59. Απλούν μικροσκόπιον.—Τὸ ἀπλούν μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα συγκλίνοντα φακὸν μικρᾶς ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Τὸ πρὸς παρατήρησιν άντικειμένον AB (σχ. 74) τοποθετεῖται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας E καὶ τοῦ φακοῦ. Τὸ παρατηρούμενον τότε εἴδωλον A'B' είναι δρθόν, φανταστικὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ άντικείμενον. Υποθέτομεν δὲ οἱ δοφθαλμὸι εὑρίσκεται σχεδὸν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν φα-



Σχ. 74. Ο συγκλίνων φακὸς ἀποτελεῖ ἀπλούν μικροσκόπιον

κόν. Τὸ εἴδωλον A'B' είναι εὔχρινὲς, διὸ η ἀπόστασίς του ἀπὸ τὸν δοφθαλμὸν είναι ἵση μὲ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὔχρινοῦς δράσεως. Τὸ εἴδωλον A'B' φαίνεται ὑπὸ γωνίαν α . Αρά η μονάς μήκους τοῦ άντικειμένου AB φαίνεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ ὑπὸ γωνίαν: $\frac{\alpha}{AB}$.

Καλεῖται ίσχὺς μικροσκοπίου η γωνία, ὑπὸ τὴν δόποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ φακοῦ τὴν μονάδα μήκους τοῦ άντικειμένου.

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

(1)

‘Η φαινομένη διάμετρος α τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς ἀ κ τίνια καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου AB μετρεῖται εἰς μέτρα, ἐπομένως ή ἴσχὺς μετρεῖται εἰς διοπτριας.

‘Από τὸ δρθιογώνιον τρίγωνον OAB εύρισκομεν: $AB = OA \cdot \text{εφ} \alpha$. ‘Εὰν λάβωμεν ὑπ’ δψιν δτι ή γωνία α εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δτι ή ἔστιακή ἀπόστασις τοῦ φακοῦ συνήθως εἶναι πολὺ μικρά, τότε δυνάμεθα κατὰ μεγάλην προσέγγισιν νὰ λάβωμεν: $AB = \varphi \cdot \alpha$. Ἐπομένως ή ἴσχὺς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου κατὰ προσέγγισιν εἶναι:

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

60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—Δι’ ὅλα τὰ διπτικὰ δργαναὶ ἴσχύει ὁ ἀκόλουθος ὄρισμός:

Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ δργάνου καλεῖται ὁ λόγος τῆς γωνίας α, ὑπὸ τὴν διπτικὸν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ δργάνου τὸ εἰδώλον A'B', πρὸς τὴν γωνίαν β, ὑπὸ τὴν διπτικὸν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ὅταν τοῦτο εύρισκεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως.

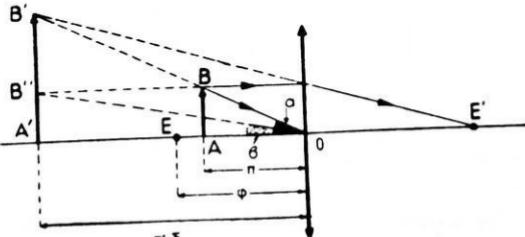
‘Η οὔτως ὄριζομένη μεγέθυνσις εἶναι ή γωνιακή μεγέθυνσις, ἐνῷ ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι ή γραμμικὴ μεγέθυνσις:

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

‘Η γωνία α ἔχει τὴν μεγαλυτέραν τιμήν,

ὅταν τὸ εἰδώλον A'B' σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως (σχ. 75). ‘Απὸ τὴν σχέσιν $\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\varphi}$ εύρισκομεν:

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



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

Αἱ γωνίαι α καὶ β εἰναι πολὺ μικραί. Ἐπομένως ἀπὸ τὰ δρθιογώνια τρίγωνα ΟΑΒ καὶ ΟΑ'B' εὑρίσκομεν ὅτι εἰναι :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(κατὰ προσέγγισιν)

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

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

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

Π α ρ ἄ δ ει γ μ α. Παρατηρητὴς ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὔκρινοῦς δράσεως 25 cm παρατηρεῖ διὰ μέσου συγχλίνοντος φακοῦ ἑστιακῆς ἀποστάσεως 2 cm μικρὸν ἀντικείμενον μήκους 2 mm.

Η ισχύς του χρησιμοποιουμένου άπλου μικροσκοπίου είναι :

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

Η έπιτυγχανομένη μεγέθυνσις είναι :

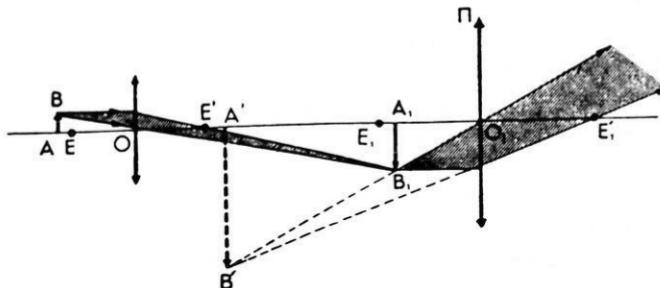
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} = 12,5$$

Η φαίνομένη διάμετρος του ειδώλου είναι :

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

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

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



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

ματικὸν εἰδώλον A_1B_1 , τὸ ὅποῖον είναι ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Οἱ προσοφθάλμιοι φακοὶ λειτουργεῖ ὡς ἀπλοῦ μικροσκόπιον καὶ χρησιμεύει διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 : τοῦτο σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ προσοφθάλμιου φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του. Οὕτως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ πρᾶγμα τικὸν εἰδώλον $A'B'$, τὸ ὅποῖον διὰ νὰ είναι εὐχρινές, πρέπει νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐχρινοῦς δράσεως τοῦ παρατηρητοῦ. Τὸ ἀντικείμενον φωτίζεται κατωθεν πολὺ ἰσχυρῶς μὲ τὴν βοήθειαν κατόπτρου, ὥστε τὸ τελικὸν εἰδώλον, τὸ ὅποῖον είναι πολὺ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, νὰ είναι φωτεινόν.

α) Ισχύς τοῦ μικροσκοπίου. "Οπως είδομεν, ίσχύς τοῦ μικροσκοπίου καλεῖται ή γωνία, ύπό την οποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ μικροσκοπίου τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου. Εάν λοιπὸν α είναι ή φανομένη διάμετρος τοῦ τελικοῦ εἰδώλου A'B', τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν ή ίσχύς τοῦ μικροσκοπίου είναι: $P = \frac{\alpha}{AB}$

Η ἀνωτέρω σχέσις γράφεται ὡς ἔξῆς:

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

Αλλὰ $\frac{\alpha}{A_1B_1}$ είναι ή ίσχύς P_π τοῦ προσοφθαλμίου, ή ὅποια ὡς γνωστὸν (§ 59) είναι:

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

Ο δὲ λόγος $\frac{A_1B_1}{AB}$ είναι ή γραμμικὴ μεγέθυνσις τοῦ ἀντικειμενικοῦ

(§ 42), ή ὅποια είναι: $\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{OA_1}{OA}$

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

"Ωστε κατὰ προσέγγισιν ή ίσχύς τοῦ μικροσκοπίου είναι:

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

Εἰς τὰ συνήθη μικροσκόπια ή ίσχύς ἀνέρχεται εἰς 3 000 διοπτρίας. Εἰς τὰ πολὺ καλὰ μικροσκόπια ή ίσχύς ἀνέρχεται εἰς 10 000 διοπτρίας.

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

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

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

Κατὰ συνθήκην ἡ ἐμπορικὴ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου δρίζεται μὲ βάσιν τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐχρινοῦς δράσεως τοῦ κανονικοῦ δοφθαλμοῦ ($\delta = 25 \text{ cm}$).

Παράδειγμα. Εἰς ἓν μικροσκόπιον εἶναι:

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

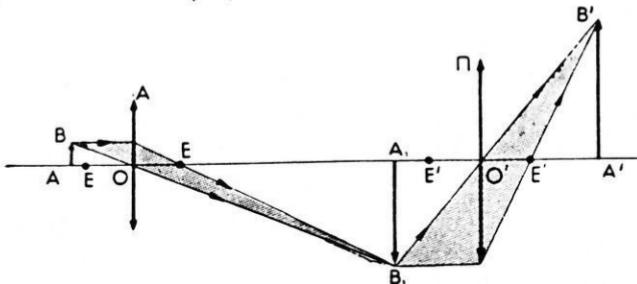
Ἡ ίσχὺς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι:

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

‘Η δὲ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου δὲ’ ἔνα δοφθαλμὸν ἔχοντα ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐχρινοῦς δράσεως $\delta = 10 \text{ cm}$ εἶναι: $M = 1000 \cdot 0,10 = 100$, έτοι δοφθαλμὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον 100 φοράς μεγαλύτερον.

62. Διαχωριστικὴ ικανότης τοῦ μικροσκοπίου.— ‘Ἐκ πρώτης ὅψεως φάίνεται ὅτι εἶναι δυνατὸν νὰ αὐξηθῇ ἡ ίσχὺς τοῦ μικροσκοπίου πέραν τῶν ἀνωτέρων δρίων ίσχύος, τὰ ὅποια ἔχομεν σήμερον ἐπιτύχει. ’Εφ’ ὅσον δὲ βαίνει αὐξανομένη ἡ ίσχὺς, αὐξάνονται καὶ αἱ λεπτομέρειαι, τὰς ὅποιας διαχρίνει ὁ δοφθαλμός. Παρὰ τὰς τεχνικὰς τελειοποιήσεις, δύο σημεῖα A καὶ B δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ φαίνωνται ώς χωριστὰ σημεῖα, ὅταν ἡ ἀπόστασίς των εἶναι μικροτέρα τῶν 0,2 μ. Τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα δίδουν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ώς εἰδῶλα δύο κηλεῖδας, αἱ ὅποιαι καλύπτουν ἐν μέρει ἡ μία τὴν ἄλλην. Τὸ φανόμενον τοῦτο εἶναι ἀπότελεσμα τῆς παραθλάσσεως τοῦ φωτός (§ 92). Διὰ τῶν μικροσκοπίων διαχρίνομεν λεπτομερείας τοῦ ἀντικείμενου, αἱ ὅποιαι ἔχουν διαστάσεις ἀπὸ 0,2 μ ἕως 50 μ.

63. Μικροφωτογραφία.— ‘Ἡ ἀπόστασίς τῶν δύο φακῶν τοῦ μικροσκοπίου δύναται νὰ ρυθμισθῇ οὕτως, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον



Σχ. 77. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδῶλου ὑπὸ τοῦ μικροσκοπίου.

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

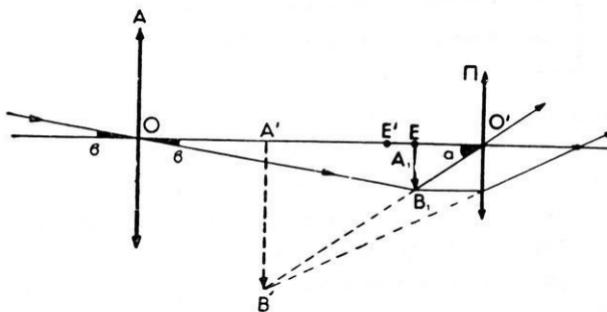
ρίας έστιας Ε' τοῦ προσοφθάλμιου (σχ. 77). Τότε ὁ προσοφθάλμιος δίδει τὸ πρᾶγμα τικὸν εἰδώλον Α'Β', τὸ ὅποῖον δύναται νὰ ληφθῇ ἐπὶ διαφράγματος ἢ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Ἡ φωτογράφησις τῶν εἰδώλων μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων καλεῖται **μικροφωτογραφία**. πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου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

64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθάλμιου φακοῦ.—Τὸ πραγματικὸν εἰδώλον Α₁Β₁, τὸ ὅποῖον σχηματίζει ὁ ἀντικειμενικὸς φακός, πρέπει νὰ είναι πολὺ φωτεινὸν καὶ χωρίς σφάλματα διότι, ἂν τὸ εἰδώλον τοῦτο ἔχῃ σφάλματα, ταῦτα θὰ γίνουν μεγαλύτερα διὰ τοῦ προσοφθάλμιου φακοῦ. Γενικῶς ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς τοῦ μικροσκοπίου είναι ἐν σύστημα φακῶν, διὰ τοῦ ὅποίου ἐπιδιώκεται αὐξησις τῆς ἰσχύος τοῦ μικροσκοπίου καὶ διόρθωσις τῶν διαφόρων σφαλμάτων, τὰ ὅποια παρουσιάζουν οἱ φακοί. Ἄλλα καὶ ὁ προσοφθάλμιος φακὸς τοῦ μικροσκοπίου είναι πάντοτε σύστημα φακῶν.

B'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

65. Διοπτρικὰ καὶ κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.—Τὰ τηλεσκόπια είναι διπτικὰ ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων εὑρισκομένων πολὺ μακράν. Μὲ τὰ τηλεσκόπια ἐπιτυγχάνομεν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα ταῦτα ὑπὸ γωνίαν πολὺ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν γωνίαν, ὑπὸ τὴν ὅποιαν τὰ βλέπομεν διὰ γυμνοῦ ὄφθαλμοῦ. Τὰ τηλεσκόπια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀντικείμενα μεγάλης σύστημα, τὸ ὅποῖον σχηματίζει ἐν πολὺ μικρὸν πραγματικὸν εἰδώλον τοῦ μακράν εὑρισκομένου ἀντικειμένου. Τὸ εἰδώλον τοῦτο παρατηρεῖται μὲν ἐν προσφθάλμῳ σύστημα, τὸ ὅποῖον δίδει τὸ τελικὸν φανταστικὸν εἰδώλον. Ὑπάρχουν δύο κατηγορίαι τηλεσκοπίων. Τὰ **διοπτρικὰ τηλεσκόπια** ἢ **διόπτραι** ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἐνα συγκλίνοντα φακὸν μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Τὰ δὲ **κατοπτρικὰ τηλεσκόπια** ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἐν κοῖλον κάτοπτρον. Τὸ ἀντικειμενικὸν καὶ τὸ προσοφθάλμιον σύστημα είναι στερεωμένα καταλλήλως ἐπὶ μακροῦ σωλήνος.

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



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

ο φθάλμῳ μιον φακόν, ὁ ὅποιος ἔχει μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_x) καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 . Τὸ εἰδώλον τοῦτο σχηματίζεται πλησίον τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ. Κατὰ τὴν παρατήρησιν χωρὶς προσαρμογήν, ἡ κυρία ἐστία Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ ἡ κυρία ἐστία Ε' τοῦ προσοφθαλμίου συμπίπτουν καὶ τὸ μῆκος l τοῦ ὄργανου εἶναι τότε : $l = \varphi_a + \varphi_x$.

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

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

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

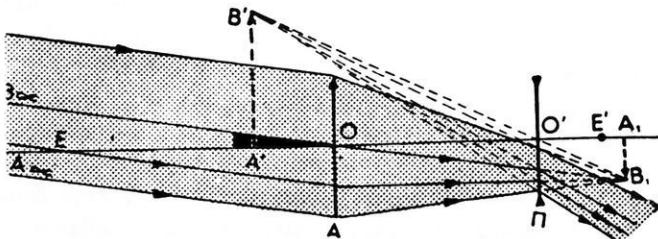
Ούτως εύρίσκομεν ότι :

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

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

β) Διαχωριστική ίκανότης τῆς διόπτρας. Δύο σημεῖα A καὶ B σχηματίζουν δύο διακεκριμένα εἰδώλα, ἐὰν ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων εἶναι μεγαλυτέρα μιᾶς ὥρισμένης τιμῆς ω. ‘Η δρικὴ αὐτὴ γωνιακὴ ἀπόστασις καλεῖται διαχωριστικὴ ίκανότης τῆς διόπτρας. ‘Οσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τόσον μικροτέρα εἶναι ἡ διαχωριστικὴ ίκανότης τῆς διόπτρας. Αἱ καλύτεραι διόπτραι ἔχουν διαχωριστικὴν ίκανότητα 0,12''. ‘Η γωνία αὐτὴ εἶναι ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις δύο σημείων τῆς ἐπιφανείας τῆς Σελήνης, τὰ ὅποια ἀπέχουν μεταξὺ των 230 μέτρων.

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



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

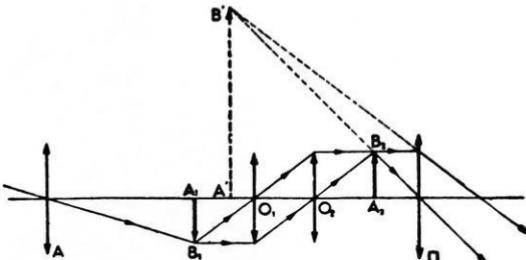
τικὸν εἴδωλον A_1B_1 (σχ. 79). τοῦτο σχηματίζεται πολὺ πλησίον τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ. ‘Ο προσοφθάλμιος εἶναι ἀποκλίνων φακός, ὁ ὅποιος παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τῆς ἐστίας του E. Οὕτω τὸ εἴδωλον A_1B_1 ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸν προσοφθάλμιον φακόν. ‘Ἐὰν ἡ κυρία ἐστία E τοῦ προσοφθαλμίου εύρισκεται πρὸ τῆς ἐστίας τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τότε ὁ

προσοφθάλμιος δίδει τὸ φανταστικὸν εἰδώλον Α'Β', τὸ ὅποῖον εἶναι ὁρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ Α₁Β₁.

Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου εὑρίσκεται διτεῖναι, ὅπως εἰς τὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν, ἵση μέ :

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

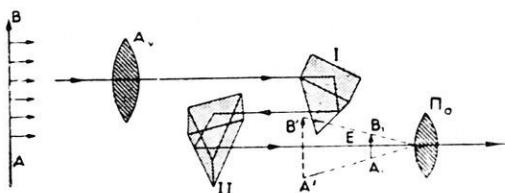
68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.— Διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, εύρισκομένων πολὺ μακράν, πρέπει τὸ παρατηρούμενον διὰ τῆς διόπτρας τελικὸν εἰδώλον νὰ εἶναι ὁρθὸν. Τοιοῦτον εἶναι τὸ εἰδώλον, τὸ ὅποῖον παρατηροῦμεν διὰ τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου. Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, ἢν ἐφοδιασθῇ μὲ ἀνορθωτικὸν σύστημα. Τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ ὅποῖοι ἔχουν τὴν ίδίαν ἐστίασιν ἀκὴν ἀπόστασιν φ. Τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου οὔτως, ὡστε τὸ πραγματικὸν εἰδώλον Α₁Β₁, τὸ ὅποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός, νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ Ο₁ (σχ. 80). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος εἶναι ἵση μὲ τὴν ἐστίακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σύστημα σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ δευτέρου φακοῦ Ο₂, τὸ πραγματικὸν εἰδώλον Α₂Β₂, τὸ ὅποῖον εἶναι ἵσον μὲ τὸ Α₁Β₁, ἀλλ' ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς αὐτό, καὶ συνεπῶς ὁρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τοῦ προσοφθαλμίου παρατηροῦμεν τότε τὸ φανταστικὸν εἰδώλον Α'Β' τοῦ ὀρθοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου Α₂Β₂. Ἡ προσθήκη τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος προκαλεῖ αὔξησιν τοῦ μήκους τῆς διόπτρας κατὰ 3φ.



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

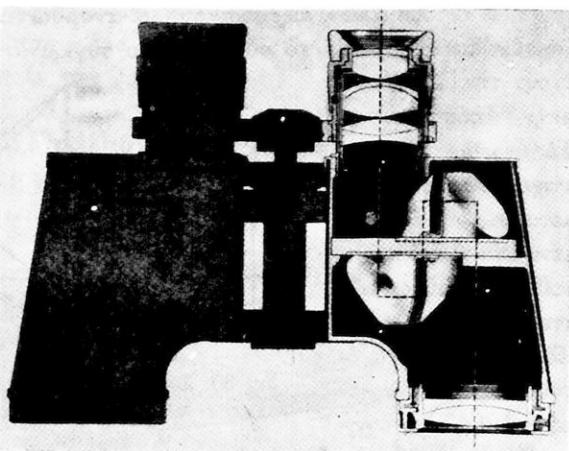
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

69. Πρισματική διόπτρα.—Εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου παρεμβάλλονται δύο πρίσματα ὄλικῆς ἀνακλάσεως I καὶ II (σχ. 81), τῶν δύοισιν αἱ ἀκμαὶ εἰναι κάθετοι μεταξὺ τῶν. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὁποία ἔξέρχεται ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν, δρισταῖς δύο ὄλικάς ἀνακλάσεις ἐντὸς ἑκάστου



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

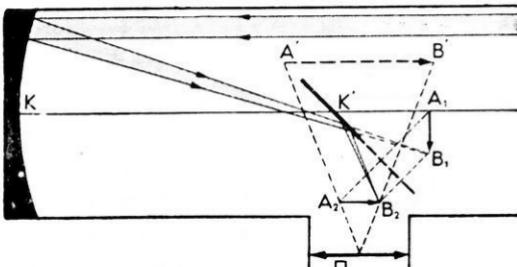
πρίσματος· αἱ ἀνακλάσεις αὐτὰς προκαλοῦν τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ δόποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ τοῦ προσοφθαλμίου παρατηροῦμεν τὸ δρθὸν πρὸς τὸ ἀντικείμενον πραγματικὸν εἰδώλον $A'B'$. Οὕτως δύμως ἐπιτυγχάνεται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι ἡ ἀκτίς διατρέχει τρεῖς φοράς τὸ μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων διάστημα. Δύο τοιοῦτοι διοπτρικοὶ σωλῆνες ἐνούμενοι καταλήγωσι χρησιμοποιοῦνται διὰ διόφθαλμον δρασιν (σχ. 82). Αἱ διόφθαλμοι πρισματικαὶ διόπτραι παρέχουν στερεοσκοπικὴν ἀποψίν τοῦ εἰδώλου· διότι ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἀντικειμενικῶν εἰναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο προσοφθαλμίων καὶ συνεπῶς ἔκαστος διόφθαλμὸς παρατηρεῖ ἄλλην ἀποψίν τοῦ ἀντικειμένου.



Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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

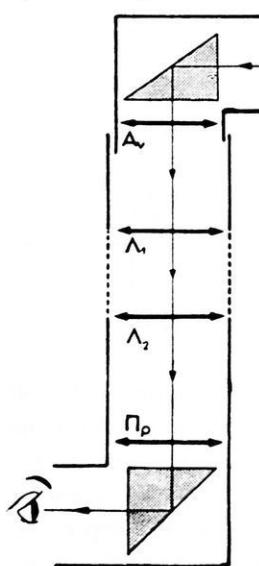


Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον.

Τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον ἔχει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν χρησιμοποιεῖ ἀντικειμενικὸν φακὸν μεγάλης διαμέτρου. Ἡ κατασκευὴ τοιούτων φακῶν παρουσιάζει πολὺ μεγάλης δυσκολίας (ἀκριβειαν εἰς τὴν καμπυλότητα τῶν δύο ἐπιφανειῶν, ἀπόλυτον ὄμογένειαν τῆς ὑάλου κ.ἄ.). Τὸ κοῖλον 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 μεγαλυτέρου ἀντικειμενικοῦ φακοῦ εἶναι 1,02 m (ἀστρονομικὴ διόπτρα τοῦ Yerkes).

Γ'. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

71. Περισκόπιον.—Τὸ περισκόπιον χρησιμοποιοεῖται κυρίως ὑπὲ τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εὑρίσκωνται ἐν καταδύσει, διὰ τὴν ἔξερεύησιν τοῦ δρίζοντος. Τὸ περισκόπιον εἶναι μία διόπτρα τῶν ἐπιγείων, τῆς ὁποίας ὁ ἀξών κάμπτεται εἰς τὰ δύο ἄκρα κατ' ὅρθὴν γωνίαν χάρις εἰς δύο πρίσματα ὄλικῆς ἀνακλάσεως (σχ. 84). τὸ ἐν ἐκ τῶν πρισμάτων τούτων εὑρίσκεται πρὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τὸ δὲ ἄλλο πρίσμα εὑρίσκεται πρὸ ἡ καὶ μετὰ τὸν προσοφθάλμιον. Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας αὐτῆς εἶναι ἵση μὲ τὴν μονάδα, διὰ νὰ ἔχῃ ὁ παρατηρητὴς ἀκριβῆ ἴδεαν τῶν διαστάσεων τῶν ἀντικειμένων. Ἐπομένως ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν τὴν αὐτὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν. Τὸ σύστημα ἀνορθώσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὅμοιοις συγκλίνοντας φακούς Λ_1 καὶ Λ_2 , μεγάλης ἑστιακῆς ἀποστάσεως. Ἐπειδὴ ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων φακῶν δὲν ἐπηρεάζει τὴν θέσιν ἡ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, τὸ μῆκος τοῦ περισκοπίου δύναται νὰ μεταβάλλεται διὰ τῆς προσεγγίσεως ἡ ἀπομακρύνσεως τῶν δύο φακῶν Λ_1 καὶ Λ_2 . Τὸ ἀνώτερον τμῆμα τοῦ περισκοπίου εἶναι στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἀξονα διὰ τὴν κατόπτευσιν τοῦ δρίζοντος.

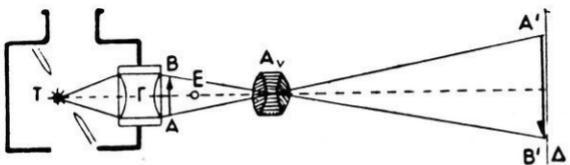


Σχ. 84. Σχηματική παράστασις τοῦ περισκοπίου.

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

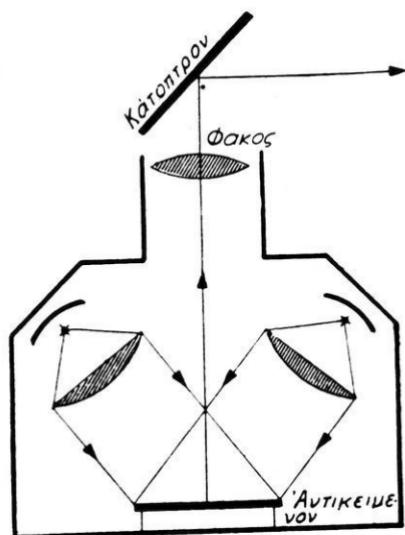
73. Προβολεύς.—Ο προβολεὺς χρησιμεύει διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ διαφράγματος πραγματικοῦ καὶ μεγεθυσμένου εἰ-

δώλου, τὸ ὅποῖον νὰ είναι ὄρατὸν ἀπὸ πολλοὺς συγχρόνως παρατηρητάς. Ἐκάστη συσκευὴ προβολῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ συγκλινον σύστημα, τὸ ὅποῖον δύναται νὰ ἔξομοιωθῇ μὲ ἕνα φακὸν (ἀντικείμενον τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ (σχ. 85). ὁ φακὸς δίδει τότε ἐπὶ τοῦ πετάσματος τὸ πραγματικὸν καὶ μεγεθυσμένον εἰδωλὸν Α'Β'. Ἡ μεγέθυνσις αὐξάνεται, ὅταν τὸ ἀντικείμενον ΑΒ πλησιάζῃ, πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε καὶ ἐπομένως, ὅταν τὸ εἰδωλὸν Α'Β' ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν συσκευήν. Διὰ νὰ είναι φωτεινὸν τὸ λαμπτανόμενον μεγεθυσμένον εἰδωλὸν, πρέπει τὸ ἀντικείμενον νὰ φωτισθῇ πολὺ ἵσχυρῶς. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιεῖται ἵσχυρὰ φωτεινὴ πηγὴ (ἥλεκτρικὸς λαμπτήρ ή ἥλεκτρικὸν τόξον), τῆς ὃποίας τὸ φῶς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου δι' ἐνὸς συγκλίνοντος συστήματος (συναγωγός). Διὰ τὴν προβολὴν ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων (π. χ. φωτογραφιῶν, κειμένων κ.τ.λ.) τὸ φῶς τῆς πηγῆς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου· αἱ ἔξ αυτοῦ προερχόμεναι ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου καὶ ἀνακλώμεναι ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ



Σχ. 85. Προβολεύς.

σιᾶς, πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε καὶ ἐπομένως, ὅταν τὸ εἰδωλὸν Α'Β' ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν συσκευήν. Διὰ νὰ είναι φωτεινὸν τὸ λαμπτανόμενον μεγεθυσμένον εἰδωλὸν, πρέπει τὸ ἀντικείμενον νὰ φωτισθῇ πολὺ ἵσχυρῶς. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιεῖται ἵσχυρὰ φωτεινὴ πηγὴ (ἥλεκτρικὸς λαμπτήρ ή ἥλεκτρικὸν τόξον), τῆς ὃποίας τὸ φῶς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου δι' ἐνὸς συγκλίνοντος συστήματος (συναγωγός). Διὰ τὴν προβολὴν ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων (π. χ. φωτογραφιῶν, κειμένων κ.τ.λ.) τὸ φῶς τῆς πηγῆς συγκεντρώνεται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου· αἱ ἔξ αυτοῦ προερχόμεναι ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου καὶ ἀνακλώμεναι ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ



Σχ. 86. Σχηματικὴ παράστασις ἐπιδιασκοπίου.

(σχ. 86). Ἡ προβολὴ διαφανῶν ἀντικειμένων δυνομάζεται διὰ σχοινῆς προβολῆς, ἡ δὲ προβολὴ ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων δυνομάζεται ἐπισκοπική. Αἱ συνήθεις συσκευαὶ προβολῆς ἐπιτρέπουν καὶ τὰ δύο εἰδὴ προβολῆς καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἐπισκοπικές προβολαὶ.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

53. Παρατηρητής, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς δράσεως είναι 12 cm, χρησιμοποιεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακὸν ἐστιακῆς ἀπόστασεως 4 cm. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις, τὴν ὅποιαν ἐπιτυγχάνει, καὶ πόση είναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν φακόν;

54. Παρατηρητής ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως 25 cm χρησιμοποιεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακὸν ἐστιακῆς ἀπόστασεως 2 cm. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις καὶ ἡ ἰσχύς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου;

55. Συγκλίνων φακὸς ἰσχύος 12 διοπτρῶν χρησιμοποιεῖται ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον ἀπὸ παρατηρητήν ἔχοντα ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως 20 cm. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὀργάνου; Ἐὰν τὸ παρατηρούμενον εἰδώλον ἔχῃ μῆκος 4 cm πόσον είναι τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου;

56. Σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο λεπτούς συγκλίνοντας φακούς, τῶν ὁποίων τὰ ὄπτικά κέντρα ἀπέχουν 15 cm. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου είναι 1 cm, τοῦ δὲ προσοφθάλμου είναι 3 cm. Παρατηρητής, ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως 25 cm, τοποθετεῖ τὸν ὀφθαλμὸν του πολὺ πλησίον τοῦ προσοφθάλμου. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἰσχύς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

57. Σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀντικειμενικὸν φακὸν Λ_1 ἰσχύος 200 διοπτρῶν καὶ ἀπὸ προσοφθάλμιον Λ_2 ἰσχύος 50 διοπτρῶν, οἱ ὁποῖοι εὐρίσκονται εἰς σταθερὰν μεταξύ των ἀπόστασιν ἴσην μὲ 15 cm. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἰσχύς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὀργάνου.

58. Εἰς ἐν σύνθετον μικροσκόπιον ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοίχως ἐστιακάς ἀπόστασεις 5 mm καὶ 20 mm. Ἀντικείμενον AB ἀπέχει 5,2 mm ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν. 1) Νὰ εύρεθῇ ἡ θέσις τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου A_1B_1 καὶ τοῦ ἀντικειμένου AB. 2) Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικὸν πρέπει νὰ εύρεθῇ ὁ προσοφθάλμιος, ὥστε τὸ φανταστικὸν εἰδώλον A'B', τὸ ὁποῖον δίδει ὁ προσοφθάλμιος, νὰ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τὸν φακὸν τοῦτον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εύρισκεται καὶ ὁ ὀφθαλμὸς τοῦ παρατηροῦ; Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου;

59. Εἰς μίαν ἀστρονομικὴν διόπτραν ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοίχως ἐστιακάς ἀπόστασεις $\varphi_a = 2 m$ καὶ $\varphi_\pi = 2 cm$. Πόση είναι ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας;

60. 'Ο ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος μιᾶς διόπτρας είναι συγκλίνοντες φακοί, οἱ ὁποῖοι ἔχουν ἀντιστοίχως ἐστιακάς ἀπόστασεις $\varphi_a = 1 m$ καὶ $\varphi_\pi = 10 cm$. Παρατηρητής, ἔχων κανονικὴν δρασιν, στρέφει τὸν ἄξονα τῆς διόπτρας πρὸς τὸ κέντρον τοῦ 'Ηλιου, τοῦ ὁποίου ἡ φαίνομένη διάμετρος είναι 32'. Νὰ εύρεθῇ ὑπὸ ποιάν των γωνίαν (εἰς μοίρας) θὰ ἦν ὁ παρατηρητής διὰ μέσου τῆς διόπτρας τὸν 'Ηλιον.

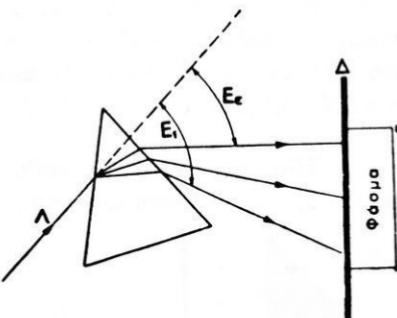
61. Εἰς μίαν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου ὁ ἀντικειμενικὸς ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν $\varphi_a = 50 cm$, δὲ προσοφθάλμιος ἔχει $\varphi_\pi = 10 cm$ (κατ' ἀπόλυτον τιμήν).

*Ο δόθαλμός αύτός παρατηρεῖ διά της διόπτρας άντικείμενον ύψους 20 m, εύρισκό- μενον εἰς άπόστασιν ένός χιλιομέτρου. Πόση είναι ή φαινομένη διάμετρος τοῦ άντι- κειμένου, διαν τοῦ παρατηρῆται διά της διόπτρας;

62. Σφαιρικόν κοίλον κάτοπτρον ἔχει ἑστιακήν ἀπόστασιν $\Phi = 1 \text{ m}$. *Ο ἄξων του διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τοῦ 'Ηλίου, μεταξὺ δὲ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἑστίας του τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὅποιον σχηματίζει γωνίαν 45° μὲ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ μικροῦ κατόπτρου ἀπέχει 5 cm ἀπὸ τὴν ἑστίαν. Τὸ σύστημα τοῦτο δίδει πραγματικόν ειδω- λον τοῦ 'Ηλίου, τὸ ὅποιον παρατηρητής βλέπει διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἑστια- κῆς ἀποστάσεως $\phi = 2 \text{ cm}$. 1) Ἐν ή φαινομένη διάμετρος τοῦ 'Ηλίου είναι 0,009 rad, νὰ εὐρεθοῦν αἱ διαστάσεις τοῦ ειδώλου, τὸ ὅποιον δίδει τὸ σύστημα τῶν δύο κατόπτρων. 2) Νὰ υπολογισθῇ ἡ φαινομένη διάμετρος, ὑπὸ τὴν ὅποιαν δὲ παρατηρητής βλέπει τὸν 'Ηλιον διὰ τοῦ δρυγάνου. 3) Ποία είναι ή μεγέθυνσις τοῦ δρυγάνου;

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.—Ἐπὶ ένὸς πρί- σματος ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ λεπτὴ δέσμη λευκοῦ φωτὸς (σχ. 87) Ἡ δέσμη αὐτὴ ὑφίσταται ἐκτρο- πὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσμα- τος, συγχρόνως ὅμως ὑφίσταται καὶ ἀλλυσινεὶς εἰς πλῆθος ἀκτίνων. Διότι, ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν ἔξερχομένων ἐκ τοῦ πρίσματος ἀκτίνων παρεμβάλω- μεν δάφραγμα, θὰ σχηματισθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία συνεχὴς ἔγ- γρωμος ταινίᾳ· αὕτη καλεῖται φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτὸς.



Σχ. 87. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.

Ἡ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἐν γρῷ μα τοῦ φάσματος εἰς τὸ ἐπόμενον γίνεται ἀνεπαισθήτως. Κατὰ σειρὰν διαχρίνονται κυρίως τὰ ἔξης χρώματα: ἐρυθρόν, πορ- τοχαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν, βαθὺ κυανοῦν καὶ λαζαρέ. Ἡ τοιαύτη ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φω- τὸς εἰς πολλὰ χρώματα ἀποδεικνύει διτὶ τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύν- θετον. "Εκαστον χρώμα τοῦ φάσματος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὥρισμένον εἶδος φωτός, τὸ ὅποιον καλεῖται γενικῶς ἀκτινοβολία (π.χ. ἐρυ- θρὰ ἀκτινοβολία κ.τ.λ.).

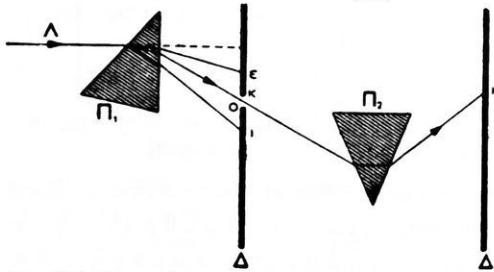
Εἰς τὸ ἀνωτέρῳ πείραμα παρατηροῦμεν ὅτι ἔκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πρίσματος διαφορετικὴν ἐκτροπήν. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία καὶ τὴν μεγαλύτεραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἴωδης ἀκτινοβολία. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὐτῆν συνάγεται ὅτι ἔκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ὥρισμένον δείκτην διαθλάσεως. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνει μὲ τὸν δείκτην διαθλάσεως, ἔπειται ὅτι οἱ δεῖκται διαθλάσεως τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαίνουν συνεχῶς αὔξανό μεν οἱ, καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐρυθρὰν πρὸς τὴν ἴωδην ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος.

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

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

Ἐκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ἐπὶ πλέον τὴν ἴδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὄφθαλμὸν καὶ νὰ προκαλῇ τὴν ἐντύπωσιν ὥρισμένου χρώματος. Τὸ φάσμα, τὸ δποῖον ἐξητάσαμεν ἀνωτέρω, καλεῖται ὁ ρατὸν φάσμα, διότι δλαι αἱ ἀκτινοβολίαι του εἶναι δραται.

75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—Εἰς τὸ διάφραγμα Δ, ἐπὶ τοῦ δποίου σχηματίζεται τὸ φάσμα, ἀνοίγομεν μι-



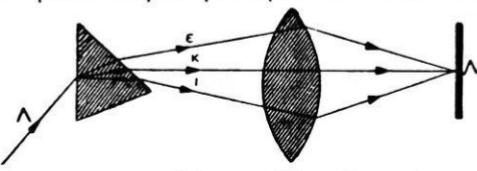
Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ.

χρὰν ὅπην Ο (σχ. 88) καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς μία ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κιτρίνη. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη προσπίπτει ἐπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Π₂. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρίσμα Π₁ προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀκτινοβολίας, δχι δμως περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς. “Ωστε :

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

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

Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντρούμεναι δίδουν λευκὸν φῶς.



Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.— Μὲ ἐν μικρὸν πρῆσμα ἐκτρέπομεν ἐν ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος καὶ συγκεντρώνομεν τὰ ὑπόλοιπα χρώματα τοῦ φάσματος. Τότε δὲν λαμβάνομεν λευκὸν φῶς, ἀλλὰ νέον χρῶμα, τὸ ὃποῖον προϊῆλθεν ἀπὸ τὴν ἀνάμειγνοντα τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Οὕτως ἀφαιροῦντες τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα λαμβάνομεν ἐκ τῆς μείζεως τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων πράσινον χρῶμα. Δύο χρώματα, ὅπως π.χ. τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὰ ὃποῖα ἀναμειγνύομενα ὑπὸ ὥρισμένας ἀναλογίας παράγουν λευκὸν φῶς, καλοῦνται: **συμπληρωματικὰ χρώματα.** “Ἐκαστὸν λοιπὸν χρῶμα τοῦ φάσματος εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ χρώματος, τὸ ὃποῖον προέρχεται ἀπὸ τὴν ἀνάμειξην ὅλων τῶν ἄλλων χρωμάτων τοῦ φάσματος.

Ὑπάρχουν ὅμως καὶ ζεύγη ἀπλῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, τὰ ὃποῖα εἶναι συμπληρωματικὰ χρώματα, ὅπως εἶναι τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὸ πορτοκαλλόχρονο καὶ τὸ κυανοῦν, τὸ κίτρινον καὶ τὸ ἵδρες.

77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.— Δι’ ἐνὸς πρήσματος ἀναλύομεν μίαν λεπτὴν δέσμην ἀκτίνων ἡλιακοῦ φωτός. Τότε λαμβάνομεν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὥρισμένας θέσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὑπάρχουν σκοτειναὶ γράμματα.

μαὶ. Αἱ γράμματαὶ αὐταὶ καλοῦνται γράμματαὶ τοῦ Φραυν-

A	B	C	D	E	F	G	H K

Σχ. 90. Αἱ σκοτειναὶ γράμματαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

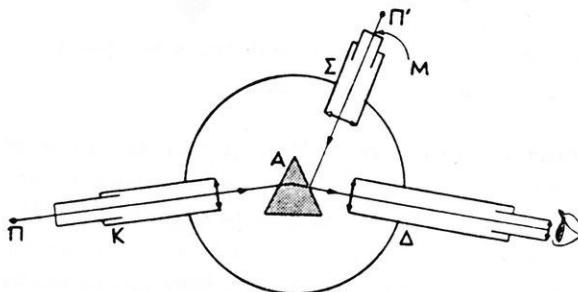
hοφεραι ἔξ αὐτῶν χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 90).

Αἱ σκοτειναὶ γράμματαὶ τοῦ

ἡλιακοῦ φάσματος φανερώνουν διτὶ τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι πλήρες λευκὸν φῶς, διότι ἔλλείπουν ἔξ αὐτοῦ μερικαὶ ἀκτινοβολίαι. “Ωστε :

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

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



Σχ. 91. Σχηματική παράστασις φασματοσκοπίου.

ροι φωτειναὶ πηγαῖ. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐν πρᾶσμα A, τοῦ ὅποιου ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακρυφος (σχ. 91). Τὸ πρᾶσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ ὁρίζοντίου κύκλου.

Πέριξ τοῦ πρί-

σματος δύνανται νὰ μετακινοῦνται ὁρίζοντίως τρεῖς σωλῆνες 'Ο κατευθυντὴρ K φέρει εἰς τὸ ἐν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον του φέρει λεπτὴν σχισμὴν παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. 'Η σχισμὴ εὑρίσκεται εἰς τὸ ἑστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ φωτίζεται ἵσχυρῶς ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν Π, τῆς ὅποιας τὸ φῶς θέλομεν νὰ ἀναλύσωμεν.

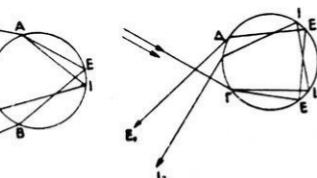
Οὕτως ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων (ἥτις αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως). 'Η διόπτρα Δ συλλέγει τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὅποιαι ἔξερχονται ἀπὸ τὸ πρίσμα. 'Ο ἀντικειμενικὸς τῆς διόπτρας σχηματίζει πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ φάσματος, τὸ δὲ εἰδῶλον τοῦτο παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμίου τῆς διόπτρας. 'Ο σωλὴν τῆς κλίμακος Σ φέρει εἰς τὸ ἐν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλον ἄκρον του, τὸ ὅποιον συμπίπτει μὲ τὸ ἑστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ φακοῦ, φέρει διαφανῆ μικρομετρικὴν κλίμακα M. 'Η κλίμακα φωτίζεται ἵσχυρῶς ἀπὸ φωτεινὴν πηγὴν. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τὴν κλίμακα μετατρέπονται ἀπὸ τὸν φακὸν εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων, ἡ ὅποια ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ πρίσματος καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν διόπτραν. Οὕτω παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμίου τῆς διόπτρας βλέπομεν συμπίπτοντα τὸ εἰδῶλον τῆς κλίμακος καὶ τὸ εἰδῶλον τοῦ φάσματος.

79. Ούρανιον τόξον.— Τὸ οὐράνιον τόξον εἶναι μέγα φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται, ὅταν ἐμπροσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχῃ ἐν τεῖχος σταγόνων βροχῆς καὶ ὅπισθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχει ἀκάλυπτος ἀπὸ νέφη ὁ "Ἡλιος." Αἱ θεωρήσωμεν μίαν σφαιρικὴν σταγόνα ὕδατος, εἰς τὸ ἀνωμέρον μέρος τῆς ὕδατος, ὅποιας προσπίπτει μία ἀκτίς ἡλιακοῦ φωτός (σχ. 92α). Ἡ ἀκτίς αὐτὴ διαθλάτικη ἔτη καὶ εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς σταγόνος.

Κατ' αὐτὴν δύμας τὴν διαθλαστικὰς συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός, αἱ δὲ ἴω-

δεις ἀκτίνες ἐκτρέπονται περισσότερον ἀπὸ τὰς ἐρυθρὰς ἀκτίνας. Αἱ ἀκτίνες ἐκάστου χρώματος τοῦ φάσματος φθάνουν εἰς τὴν ἀπέναντι ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος, ὅπου μέρος μὲν τοῦ φωτός, διαθλώμενον ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα (δὲν φαίνεται τοῦτο εἰς τὸ σχῆμα), μέρος δὲ τοῦ φωτός ὑφίσταται ἀνάκλασιν καὶ διαδιδόμενον πάλιν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ φθάνει εἰς τὴν ἐμπροσθίαν ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος.

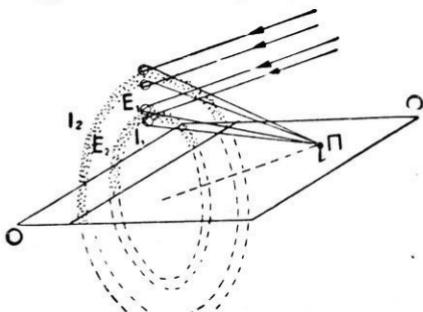
Ἐκεῖ αἱ ἀκτίνες ὑφίστανται νέαν διάθλασιν καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα. "Οπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες E_1 , αἱ ὅποιαι εἰσέρχονται εἰς τὸν ὄφθαλμόν μας, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ σημεῖα



(α)

Σχ. 92. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανίου τόξου.

(β)



Σχ. 93. Σχηματισμὸς δύο συγκεντρικῶν οὐρανίων τόξων.

ἐνρισκόμενα ὑψηλότερον παρὰ τὰ σημεῖα, ἀπὸ τὰ ὅποια φαίνονται προερχόμεναι αἱ ἴωδεις ἀκτίνες I_1 . Οὕτως εἰς τὸ πρωτεῦον οὐράνιον τόξον ἐρυθρὸν χρώμα φαίνεται ἀνωθεν τοῦ ἴωδον (σχ. 93). Μερικαὶ δύμας ἐκ τῶν παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτίνων προσπίπτουν εἰς τὸ κάτω μέρος τῶν σταγόνων (σχ. 92 β). Τότε τὸ

ἡλιακὸν φῶς ὑφίσταται ἀρχικῶς διάθλασιν, κατὰ τὴν ὅποιαν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις, ἐπειτα ὑφίσταται δύο ἀνακλάσεις

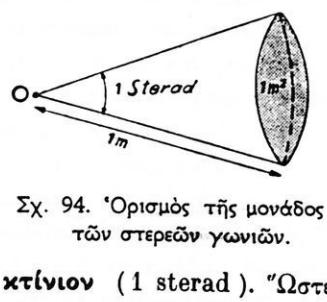
καὶ τέλος διάθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἔξερχεται εἰς τὸν οὐρανόν.
"Ενεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητής βλέπει τὸ δευτερεῦον οὐράνιον τόξον, εἰς τὸ ὄποιον τὸ ἴωδες γρῶμα I_2 φαίνεται ἀνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ E_2 (σχ. 93)."

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

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

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

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



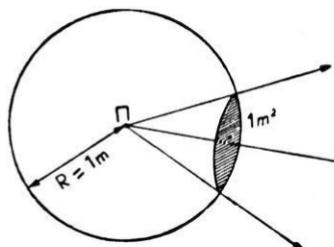
Σχ. 94. Ορισμὸς τῆς μονάδος τῶν στερεῶν γωνιῶν.

Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν εἰναι τὸ στερεάτινον, ἢτοι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὁποία ἔχει τὴν κορυφὴν της εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτῖνος ἵσης μὲ τὴν μονάδα τοῦ μήκους καὶ βαίνει ἐπὶ τμήματος τῆς σφαιρικῆς ταύτης ἐπιφανείας, τὸ δηποτὸν ἔχει ἐμβαδὸν 1 στερεάτινον μὲ τὴν μονάδα ἐπιφανείας

Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν εἰναι τὸ στερεάτινον, ἢτοι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὁποία ἔχει τὴν κορυφὴν της εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτῖνος ἵσης μὲ τὴν μονάδα τοῦ μήκους καὶ βαίνει ἐπὶ τμήματος τῆς σφαιρικῆς ταύτης ἐπιφανείας, τὸ δηποτὸν ἔχει ἐμβαδὸν 1 στερεάτινον μὲ τὴν μονάδα ἐπιφανείας

Από τὸν ἀνωτέρῳ ὥρισμὸν προκύπτει ὅτι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὁποίᾳ ἀντιστοιχεῖ εἰς ὅλον τὸν πέριξ τοῦ σημείου Ο χῶρον, ἴσοῦται μὲ 4π στερεοκτίνια.

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



Σχ. 95. Ὁρισμὸς τῆς μονάδος φωτεινῆς ροῆς.

Ἡ φωτεινὴ αὐτὴ ἐνέργεια διαδίδεται εἰς τὸ πέριξ τῆς πηγῆς διαφανὲς μέσον, τὸ ὄποιον θεωροῦμεν ὡς δόμογενὲς καὶ ισότροπον (π.χ. τὸ κενόν). Οὕτω δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὸ φῶς ὡς μίαν ροὴν φωτεινῆς ἐνέργειας.

Φωτεινὴ ροὴ (ἢ ρεῦμα φωτὸς) καλεῖται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια ἡ ὁποίᾳ κατὰ δευτερόλεπτον διέρχεται διὰ μᾶς ἐπιφανείας.

β) Ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς. Ἀς θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινὴν πηγὴν Π, ἡ ὁποίᾳ εύρισκεται εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτῖνος 1 m (σχ. 95). Κατὰ μίαν διεύθυνσιν ΠΑ ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔκπεμπει κατὰ δευτερόλεπτον καὶ κατὰ μονάδα διαφανεῖς γωνίας ὥρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν.

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

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔκπεμπῃ φωτεινὴν ροὴν Φ , ἡ ὁποίᾳ περιέχεται ἐντὸς στερεᾶς γωνίας ω , τότε συμφώνως πρὸς τὸν ἀνωτέρῳ ὥρισμὸν ἔχομεν :

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

Ἐστω ὅτι μία σημειώδης φωτεινὴ πηγὴ ἔκπεμπει ὁ μοιμόρφως φωτεινὴν ἐνέργειαν καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι εὔκολον νὰ εὑρεθῇ ἡ ὅλη καὶ φωτεινὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἔκπεμπει κατὰ δευτερόλεπτον ἡ φωτεινὴ πηγὴ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἤτοι ἡ ὅλη καὶ φωτεινὴ ροὴ τῆς πηγῆς. "Ωστε :

‘Η διλική φωτεινή ροή μιᾶς σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς, τῆς όποιας ή έντασις είναι σταθερά καθ’ δλας τὰς διευθύνσεις, ισοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς έντάσεως (I) τῆς πηγῆς ἐπὶ 4π.

$$\boxed{\text{διλική φωτεινή ροή: } \Phi_{\text{ολ}} = 4\pi \cdot I}$$

(2)

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

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

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

(3)

83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—‘Ανωτέρω ἐγνωρίσαμεν τὰ ἔξῆς φυσικὰ μεγέθη: φωτεινή ροή, έντασις φωτεινῆς πηγῆς καὶ φωτισμὸς ἐπιφανείας. Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν φυσικῶν τούτων μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται κατάλληλοι μονάδες, αἱ ὅποιαι προκύπτουν ἐκ τοῦ ὀρισμοῦ τῆς μονάδος ἐν τάσεως φωτεινῆς πηγῆς.

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

Σήμερον δέχονται ὡς πρότυπον φωτεινῆν πηγὴν ἥλεκτρικὴν λυχνίαν διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦσαν ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας. ‘Η έντασις τῆς προτύπου φωτεινῆς πηγῆς λαμβάνεται ὡς μονὰς ἐντάσεως καὶ καλεῖται **κηρίον** (1 cd).

Μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς είναι τὸ 1 διεθνὲς κηρίον, ἢ τοι ἡ έντασις μιᾶς ὠρισμένης προτύπου φωτεινῆς πηγῆς.

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

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

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

Μονάς φωτεινῆς ροῆς είναι τὸ 1 lumen, ἡτοι ἡ φωτεινὴ ροή, τὴν ὅποιαν ἐκπέμπει φωτεινὴ πηγὴ ἐντάσεως 1 κηρίου ἐντὸς στερεᾶς γωνίας ἵσης μὲ 1 στερακτίνιον.

μονάς φωτεινῆς ροῆς: 1 lum

Μία λοιπὸν σημειώδης φωτεινὴ πηγή, ἡ ὅποια καθ' ὅλας τὰς διεύθυνσεις ἔχει τὴν αὐτὴν ἐντασιν I, ἐκπέμπει ὀλικὴν φωτεινὴν ροήν ἵσην μὲ :

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

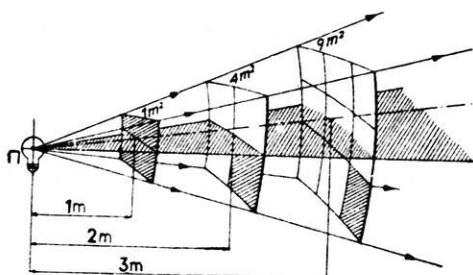
γ) Μονάς φωτισμοῦ. 'Απὸ τὸν ὄρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἡτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν : $E = \frac{\Phi}{\sigma}$, συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας $\sigma = 1 \text{ m}^2$ προσπίπτῃ $\times \alpha \theta \epsilon \tau \omega \varsigma$ φωτεινὴ ροή $\Phi = 1 \text{ lumen}$, τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς είναι ἵσος μὲ τὴν μονάδα φωτισμοῦ ($E = 1$). 'Η μονάς αὐτὴ φωτισμοῦ καλεῖται **lux** (1 lx). "Αρα :

Μονάς φωτισμοῦ είναι τὸ 1 lux, ἡτοι ὁ φωτισμὸς, τὸν ὅποιον προκαλεῖ φωτεινὴ ροή 1 lumen, ὅταν προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ ἐπιφανείας 1 τετραγωνικοῦ μέτρου.

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

'Απὸ τὸν ἀνωτέρω ὄρισμὸν τῆς μονάδος φωτισμοῦ ἔπειται ὅτι : φωτισμὸς 1 lux είναι ὁ φωτισμός, τὸν ὅπιον ἔχει ἐπιφάνεια ἀπέγουσα 1 m ἀπὸ φωτεινὴν πηγὴν ἐντάσεως 1 κηρίου, ὅταν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

84. Νόμος τῆς φωτομετρίας.—[“]Ας θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινή πηγήν ΙΙ, τῆς δύοις ἡ ἔντασις Ι είναι σταθερά καθ' όλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 96). Ή δική φωτεινή ροή ($\Phi_{ολ} = 4\pi \cdot I$), τὴν δύοις ἐκπέμπει ἡ φωτεινή πηγή, ἐξαπλοῦται διαδοχικῶς ἐπὶ σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, τῶν δύοις αἱ ἀκτίνες βαίνουν αὐξανόμεναι. Τὰ ἐμβαδὰ τῶν σφαιρικῶν αὐτῶν ἐπιφανειῶν βαίνουν αὐξανόμενα ἀναλόγως τοῦ τετραέκαστης σφαιρικῆς ἐπιφανείας εἰναι:



Σχ. 96. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως.

γώνου τῶν ἀκτίνων. [“]Αρα ὁ φωτισμὸς E_x νείκαι εἰναι:

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

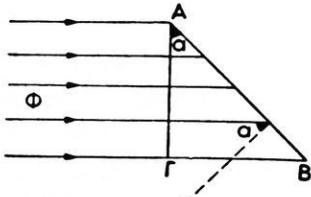
‘Η εὑρεθεῖσα σχέσις προϋποθέτει ὅτι τὸ φῶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας. ‘Εστω ὅτι μία δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας $AB = \sigma$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως α (σχ. 97). ‘Εὰν E εἰναι ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας, τότε ἐφ' ὀλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας AB προσπίπτει φωτεινὴ ροή $\Phi = E \cdot \sigma$. ‘Η αὐτὴ φωτεινὴ ροή προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας $AG = \sigma'$ προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν $E_x = \frac{I}{R^2} \cdot \text{ἐπομένως}$ εἰναι $\Phi = E_x \cdot \sigma'$

‘Επειδὴ δυως εἰναι: $\sigma' = \sigma \cdot \sin \alpha$, ἐπεται δτι εἰναι:

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

‘Απὸ τὰς ἐξισώσεις (1) καὶ (2) συνάγεται ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ φωτισμοῦ**:

‘Ο φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας εἰναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν



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

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

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

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

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

Παράδειγμα. Μία ὁρίζοντια ὁδὸς φωτίζεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος ἐντάσεως 500 κιρίων. Ὁ λαμπτήρας εύρισκεται εἰς ὅψος 5 m ἀνωθεν τῆς ὁδοῦ. Ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ λαμπτῆρος εἶναι:

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

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

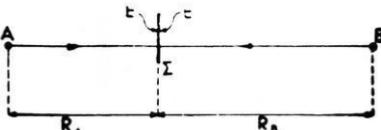
$$E = \frac{I}{R_1^2} \cdot \sin \alpha = \frac{500}{50} \cdot \sin 45^\circ = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 7 \text{ lux}$$

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις ἀποτελεῖ τὴν ἔξισωσιν τῆς φωτομετρίας καὶ φανερώνει δὲ:

“Οταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ίσου μίαν ἐπιφάνειαν, αἱ



Σχ. 98. Σύκρισις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν.

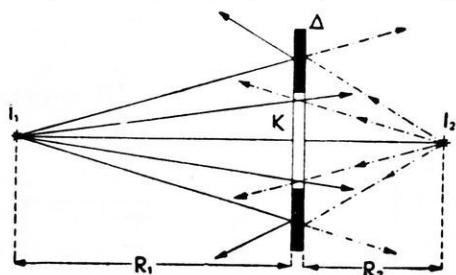
έντάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἰναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων τῶν πηγῶν τούτων ἀπὸ τὴν ἐξ ἵσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

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

Ἐὰν ἡ ἔντασις τῆς πηγῆς A εἶναι $I_A = 30$ κηρία, αἱ δὲ δύο φωτειναι πηγαι φωτίζουν ἐξ ἵσου τὴν ἐπιφάνειαν Σ ἐξ ἀποστάσεως $R_A = 2$ m καὶ $R_B = 4$ m, τότε ἡ ἔντασις τῆς πηγῆς B εἶναι :

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

86. Φωτόμετρον.— Τὸ φωτόμετρον εἶναι ὅργανον, διὰ τοῦ ὅποιου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν μᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ φωτόμετρον Bunsen ἀποτελεῖται



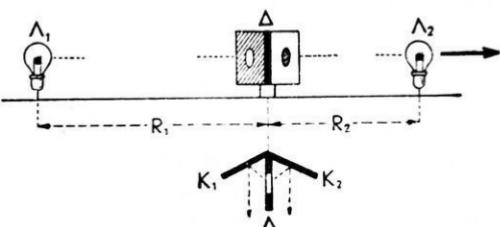
Σχ. 99. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen.

ἀπὸ λευκὸν φύλλον χάρτου, ἐπὶ τοῦ ὅποιου ὑπάρχει κυ-
λικὴ κηλὶς παραχθεῖσα ἀπὸ μίαν λιπαρὰν οὐσίαν. Ἡ κη-
λὶς εἶναι περισσότερον διαφανὴς ἀπὸ τὸ ὑπό-
λοιπον μέρος τοῦ χάρτου. Τὸ διάφραγμα Δ μὲ τὴν κηλῖδα
Κ τοποθετεῖται μεταξὺ τῶν

δύο πρὸς σύγκρισιν φωτεινῶν πηγῶν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν, ἡ ὅποια συνδέει αὐτὰς (σχ. 99). "Οταν ἡ κηλὶς K δέχεται τὸν αὐ-
τὸν φωτισμὸν ἐκ μέρους τῶν δύο πηγῶν, ἡ κηλὶς ἐξαφανίζεται καὶ τὸ διάφραγμα Δ φαίνεται ὁμοιομόρφως φωτισμένον. Ἐὰν τότε αἱ ἀπο-
στάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν κηλῖδα εἶναι R_1 καὶ R_2 , τότε θὰ
ἰσχύῃ ἡ σχέσις :

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

καὶ τὴν ὁποίαν εύρισκεται ἡ ἔντασις τῆς μιᾶς πηγῆς, ὅταν εἶναι γνωστή
ἡ ἔντασις τῆς ἄλλης πη-
γῆς. Διὰ νὰ βλέπωμεν
συγχρόνως τὰς δύο δι-
φέις τοῦ διαφράγματος
Δ, ὑπάρχουν ἐκκατέρω-
θεν αὐτοῦ δύο ἐπίπεδα
κάτοπτρα, τὰ ὁποῖα
σχηματίζουν ἀμβλεῖαν
γραμμάτων ὃ διφλιλὸς τί-
θεται εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ διαφράγματος Δ (σχ. 100). Εἰς τὰ ἐργαστή-
ρια γρηγοριούνται πολὺ ἀκριβέστερα φωτόμετρα.



Σχ. 100. Διάγραμμα φωτομέτρου τοῦ Bunsen.

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

Καλεῖται ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς ὁ λόγος τῆς παραγο-
μένης φωτεινῆς ἐνεργείας πρὸς τὴν διαπανωμένην ἐνέργειαν.

$$\text{ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς: } A = \frac{\text{διλικὴ φωτεινὴ ροή}}{\text{διαπανωμένη ίσχύς}}$$

Διὰ νὰ εύρωμεν τὴν ἀπόδοσιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, πρέπει νὰ γνω-
ρίζωμεν μὲ πόσην ίσχὺν εἰς Watt ίσοδυναμεῖ ἡ μονάς τῆς φωτεινῆς
ροῆς. Ἐκ τῶν μετρήσεων εύρεθη ὅτι :

Εἰς τὰς συνήθεις φωτεινὰς πηγὰς τὸ 1 lumen λευκοῦ φωτός ίσο-
δυναμεῖ μὲ 0,01 Watt.

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

Συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρος, ἔχων ίσχὺν καταναλώσεως 25 Watt,
παράγει ὀλικὴν φωτεινὴν ροήν 260 lumen, ἡ δοπία ίσοδυναμεῖ μὲ ίσχὺν
2,60 Watt. Ἀρα ἡ ἀπόδοσις τοῦ λαμπτῆρος τούτου εἶναι :

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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

64. Δύο διαφορετικαὶ φωτειναὶ πηγαὶ ἀπέχουν μεταξύ των 6 m. Εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὴν ἀσθενεστέραν πηγὴν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν, ἡ ὁποία ἔνωνται τὰς δύο πηγάς, εύρισκεται φύλλον χάρτου, τοῦ ὅποιου αἱ δύο ὅψεις φωτίζονται ἐξ ίσου. Ποίος εἶναι ὁ λόγος τῶν ἔντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν;

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

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

67. Δύο δμοίοι λαμπτήρες εύρισκονται εἰς ὄψος 9 m ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους, ἡ δὲ ὀρίζοντιά ἀπόστασίς των εἶναι 12 m. "Εκαστος λαμπτήρος ἔχει ἔντασιν 500 κηρίων. Νὰ εύρεθῇ ὁ φωτισμὸς τοῦ ἐδάφους: α) ἀκριβῶς κάτωθεν ἐκάστου λαμπτήρος καὶ β) εἰς τὸ μέσον τῆς μεταξὺ τῶν λαμπτήρων ἀποστάσεως.

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

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

70. Νὰ εύρεθῇ ὁ λόγος τῶν φωτισμῶν, τούς ὅποιους προκαλεῖ ὁ "Ἡλιος εἰς ἓν τόπον, δταν δ Ἡλιος εύρισκεται εἰς τὸ Zenith τοῦ τόπου καὶ δταν εἶναι εἰς ὄψος 30° διπλῶς τοῦ δρίζοντος.

ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ

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

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

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

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

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

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

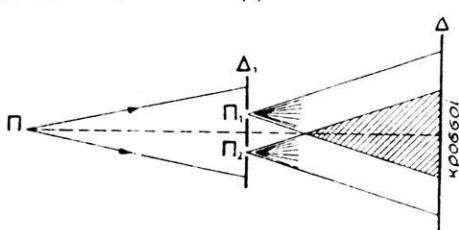
I. 'Η θεωρία τῶν κυμάνσεων δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις διαδιδόμεναι διὰ μέσου τοῦ αἰθέρος καὶ ἔρμηνει πολὺ περισσότερα ὀπτικὰ φαινόμενα ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

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

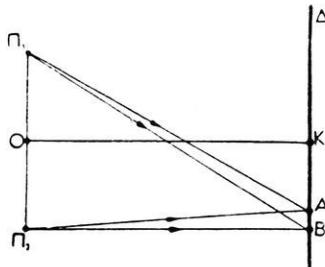
'Η θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε, διότι ἐπεβεβαιώθη πλήρως ὑπὸ τοῦ πειράματος. 'Η ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ Maxwell (τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν) μᾶς ἀπαλλάσσει ἀπὸ τὴν ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν τὴν ὑπαρξίν τοῦ αἰθέρος, ἀλλὰ δὲν καταργεῖ τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις. Εἰς τὰ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

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

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



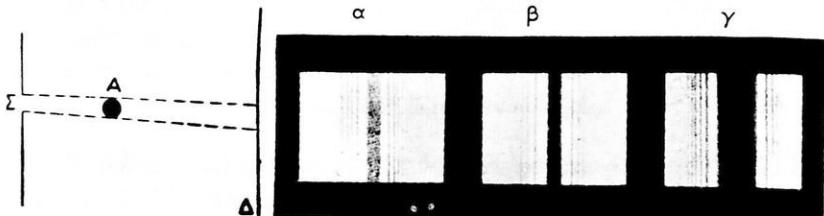
Σχ. 101. Παραγωγὴ φαινομένου συμβολῆς τοῦ φωτός.



Σχ. 102. Ο σχηματισμὸς φωτεινοῦ ἡ σκοτεινοῦ κροσσοῦ ἔξαρταται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο ἀκτίνων.

παράγονται κροσσοὶ συμβολῆς. Εἰς ὅσα σημεῖα, ὅπως π.χ. εἰς τὸ σημεῖον Α (σχ. 102), ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἵση μὲ ἀρτιον ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται φωτεινοὶ κροσσοὶ ($\Pi_1A - \Pi_2A = 2n \cdot \frac{\lambda}{2}$). Αντιθέτως εἰς ὅσα σημεῖα, ὅπως π.χ. τὸ Β, ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἵση μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται σκοτεινοὶ κροσσοὶ [$\Pi_1B - \Pi_2B = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$]

92. Παράθλασις τοῦ φωτός.—Μία λεπτὴ σχισμὴ Σ φωτίζεται ἵσχυρῶς μὲ μονόχρουν φῶς (σχ. 103). Εντὸς τῆς δέσμης τῶν ἀκτίνων

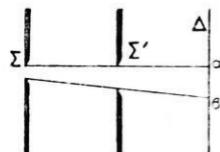


Σχ. 103. Φαινόμενα παραθλάσεως διὰ μικροῦ διαφράγματος (Α).

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

νων καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν Σ τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτὸν

σύρμα. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ δὲν σχηματίζεται σαφῶς ή σκιὰ τοῦ ἀδιαρανοῦσα σώματος, ὅπως προβλέπει ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτὸς (§ 2), ἀλλὰ σύστημα φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν κροσσῶν (σχ. 104). Εἰς τὸ μέσον μάλιστα τῆς γεωμετρικῆς σκιᾶς εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρχῃ φωτεινὸς κροσσός. "Εμπροσθεν τῆς σχισμῆς Σ φέρομεν ἄλλην σχισμὴν Σ' (σχ. 105), ή ὅποιαν εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ. Τὸ ἀνοιγμα τῆς σχισμῆς Σ' εἶναι πολὺ μικρόν. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ σχηματίζεται τότε μία στενὴ φωτεινὴ ράβδωσις καὶ ἔκατέρωθεν αὐτῆς σκοτειναὶ καὶ φωτειναὶ ράβδωσις. Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον καλεῖται παράθλασις τοῦ φωτὸς καὶ δεικνύει ὅτι ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτὸς δὲν ἴσχυει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ πολὺ μικρῷ ἀντικειμένων ἢ διέρχεται διὰ πολὺ μικρῶν διαστάσεων. Ἡ παράθλασις τοῦ φωτὸς διείλεται εἰς τὸ ὅτι κάθε σημεῖον τῆς σχισμῆς γίνεται κέντρον φωτεινῶν κυμάνσεων, αἱ ὅποιαι φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα καὶ συμβάλλουσαι παράγουν φωτεινοὺς καὶ σκοτεινοὺς κροσσούς. "Ωστε :



Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτῆς σχισμῆς.

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

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

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

II. Τὸ μήκη κύματος τῶν δραστῶν ἀκτινοβολιῶν περιλαμβάνονται μεταξὺ 0,8 μ καὶ 0,4 μ.

δραταὶ ἀκτινοβολίαι : 0,8 μ — 0,4 μ = 8000 Å — 4000 Å

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

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

Οὕτως εὐρίσκομεν :

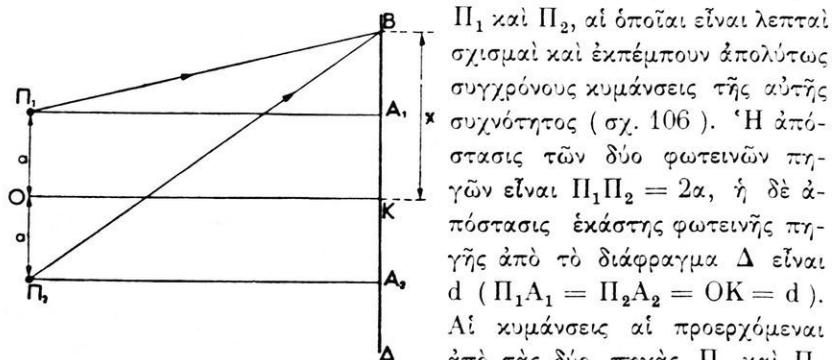
α) διὰ τὴν ἐρυθρόπλανην ἀκτινοβολίαν : $\lambda = 0,8 \mu = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$,

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

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

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

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

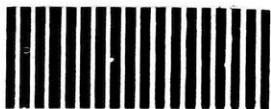


Σχ. 106. Διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός.

P_1 καὶ P_2 , αἱ ὁποῖαι εἰναι λεπταὶ σχισμαὶ καὶ ἐκπέμπουν ἀπολύτως συγγρόνους κυμάνσεις τῆς κύτης συχνότητος (σχ. 106). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν εἰναι $P_1P_2 = 2\alpha$, ἡ δὲ ἀπόστασις ἔκαστης φωτεινῆς πηγῆς ἀπὸ τὸ διάφραγμα Δ εἰναι 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 κροσσοί συμβολῆς, ἤτοι διαδοχικαὶ φωτειναὶ καὶ σκοτειναὶ ταινίαι (σχ. 107).

Εἰς τὸ σημεῖον K σχηματίζεται ὁ κεντρικὸς φωτεινὸς κροσσός, διότι οἱ δρόμοι P_1K καὶ P_2K εἰναι ἵσοι καὶ ἐπομένως αἱ δύο κυμάνσεις φθάνουν εἰς τὸ K μὲδιαφορὰν φάσεως μηδέν. Φωτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται ἐπίσης εἰς διαφορὰν δρόμου (δ)



Σχ. 107. Κροσσοὶ συμβολῆς.

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

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

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

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

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

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

Αἱ ἀνωτέρω ἔξισώσεις γράφονται καὶ ὡς ἔξῆς :

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

Αφαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

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

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

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

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

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

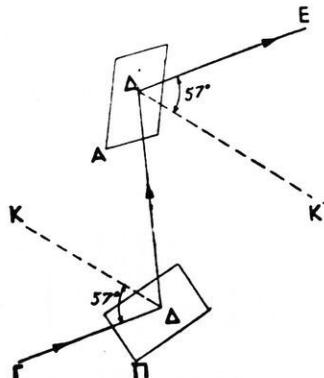
Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν κροσσῶν συμβολῆς εἶναι αἱ διπλαὶ τοῦ Young. Μία λεπτὴ φωτεινὴ σχισμὴ Π φωτίζει ἰσχυρῶς τὰς δύο παραλλήλους λεπτὰς σχισμὰς Π_1 καὶ Π_2 τοῦ διαφράγματος Δ (σχ. 108). Αἱ σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν

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

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

108. Ὁπαὶ τοῦ Young.

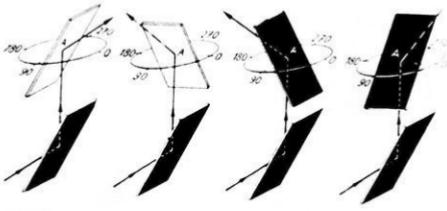
94. Πόλωσις τοῦ φωτός.— Τὸ φῶς, τὸ ὅποῖον προέρχεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν, καλεῖται **φυσικὸν φῶς**, ὅταν δὲν ἔχῃ ὑποστῆ καμμίαν ἀνάκλασιν ή διάθλασιν. Ἀφήνομεν μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός νὰ προσπέσῃ πλαγίως ἐπὶ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου. Στρέφομεν τὸ κάτοπτρον περὶ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα ὡς ἔξονα, διατηροῦντες σταθερὰν τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διαγράφει ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ η̄ ἐν τασὶς τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος δὲν μεταβάλλεται. Χρησιμοποιοῦμεν τώρα ὡς κάτοπτρον μίαν ὑαλίνην πλάκα Π , τῆς ὁποίας η̄ ὀπισθία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στρῶμα αἰθάλης. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς πλακὸς Π μία ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός $\Gamma\Delta$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 57° (σχ. 109). Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ δευτέρας δύοις κα-



Σχ. 109. Πόλωσις τοῦ φωτὸς ἐξ ἀνακλάσεως.

τοπτρικής πλακός Α καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως 570. "Λεξέετάσωμεν τὰς ιδιότητας τῆς νέχις ἀνακλωμένης ἀκτῖνος Δ'Ε. Πρὸς τοῦτο στρέφομεν τὸ κάτοπτρον Α περὶ τὴν ΔΔ' ὡς ἀξονα. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε διαγράφει πάλιν ἐπιφάνειαν κάτων, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος μεταξὺ ταῖς περιοδικῶς. Παρατηροῦμεν δὲ ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει τὴν μεγίστην ἔντασιν, ὅταν τὸ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως συμπίπτουν (Θέσεις I, III εἰς τὸ σχ. 110). Ἀντιθέτως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει ἔντασιν μηδέν, δηλαδὴ καταργεῖται, ὅταν τὰ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως εἶναι καθόθετα μεταξύ των (Θέσεις II, IV εἰς τὸ σχ. 110). Εἰς τὰς ἐνδιαμέσους θέσεις ἡ ἔντασις τῆς Δ'Ε λαμβάνει ἐνδιαμέσους τιμάς. Ἀπὸ τὸ πείραμα τοῦτο συνάγεται ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν ἔχει τὰς αὐτὰς ιδιότητας μὲ τὴν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτὸς ΓΔ. Ἡ ἀκτὶς ΔΔ' δύναται νὰ καταργηθῇ διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως. Λέγομεν ὅτι ἡ ΔΔ' εἶναι ἀκτὶς πεπολωμένου φωτὸς (ἢ καὶ πεπολωμένης τοῦ φωτὸς). Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως ἐπὶ τοῦ κάτοπτρου ΙΙ ὀνομάζεται ἐπίπεδον πολώσεως τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος. Ἡ ὥρισμένη γωνία, ὑπὸ τὴν ὧδοιν πρέπει νὰ προσπίπτῃ ἡ ἀκτὶς τοῦ φυσικοῦ φωτὸς ἐπὶ τοῦ κάτοπτρου ΙΙ, διὰ νὰ ὑποστῇ τὴν πόλωσιν, καλεῖται γωνία πολώσεως. Τέλος τὸ μὲν πρῶτον κάτοπτρον ΙΙ καλεῖται πολωτής, τὸ δὲ δεύτερον κάτοπτρον Α καλεῖται ἀναλύτης. Ἐὰν ἡ ἀκτὶς φυσικοῦ φωτὸς ΓΔ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ πολωτοῦ ΙΙ ὑπὸ γωνίαν διάφορον τῆς γωνίας πολώσεως τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν δύναται νὰ καταργηθῇ τελείως διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως τῆς ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου Α. Κατὰ μίαν ὀλόκληρον στροφὴν τοῦ ἀναλύτου ἡ ἔντασις τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος Δ'Ε λαμβάνει δύο μεγίστας καὶ δύο ἐλάχιστας τιμάς, ἀλλὰ οὐδέποτε μηδενίζεται. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἀκτὶς ΔΔ' εἶναι μερικῶς πεπολωμένη. "Ωστε :

"Οταν τὸ φυσικὸν φῶς ἀνακλᾶται, ἐπέρχεται διλικὴ ἢ μερικὴ πόλωσις αὐτοῦ.



Σχ. 110. Ἔρευνα τῶν ιδιοτήτων τῆς πεπολωμένης ὀκτῖνος φωτὸς.

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

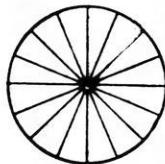
Τὸ φῶς εἶναι ἔγκάρσιοι κυμάνσεις.

Εἰς μίαν φυσικὴν ἀκτῖνα φωτὸς οἱ κραδασμοὶ τῶν μορίων τοῦ αἰθέρος γίνονται ἐπὶ εὐθειῶν, αἱ ὥποιαι εἶναι μὲν κάθετοι πρὸς τὴν ἀκτῖνα τοῦ φωτός, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὥποιον ὄρίζουν ἡ διεύθυνσις κραδασμοῦ καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος, δὲν εἶναι ὠρισμένον. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, τὸ ὥποιον καλεῖται ἐπίπεδον κραδασμῶν, δύναται νὰ λάβῃ οἰανδήποτε θέσιν εἰς τὸν πέριξ τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος χῶρον (σχ. 111). Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποδειχνύει δὲτι :

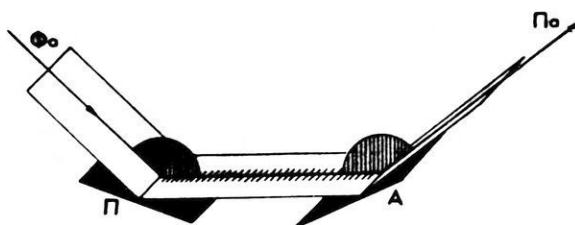
I. Εἰς μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτὸς οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

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

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



Σχ. 111. Κραδασμοὶ εἰς φυσικὴν ἀκτῖνα φωτός.

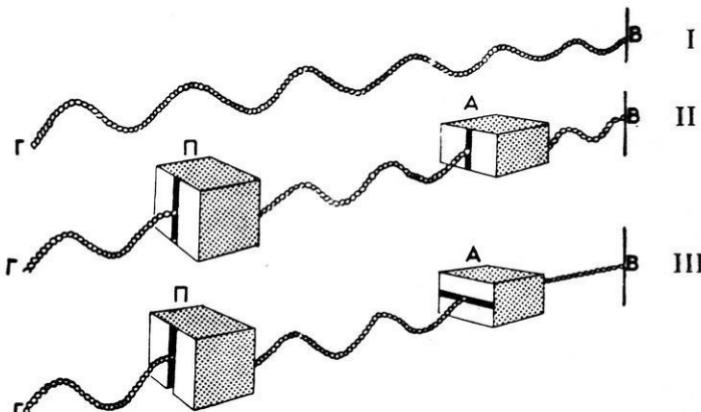


Σχ. 112. Κραδασμοὶ εἰς πεπολωμένην ἐξ ἀνακλάσεως ἀκτῖνα φωτός.

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

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

‘Η πρώτη σχισμή Π έπιτρέπει νὰ διαδοθοῦν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κυμάνσεις, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμήν.



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

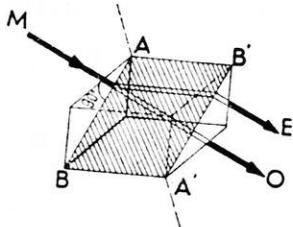
Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν σχισμὴν Α. ‘Οταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ώρι- σμένη κύμανσις (σχ. 113 II). ‘Οταν δὲ μως τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι κάθετα, τότε ἡ σχισμὴ Α δὲν ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῇ πέραν αὐτῆς ἡ κύμανσις (σχ. 113 III).

96. Διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός.— ‘Η ισλανδικὴ κρύσταλ- λος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίου (CaCO_3). εἶναι τελείως διαυγὴς καὶ σχίζεται εὐκόλως δίδουσα ρομβόεδρον, δηλαδὴ στερεόν τοῦ ὅποιου αἱ ἔξι ἔδραι εἶναι ρόμβοι (σχ. 114). ‘Η ισλανδικὴ κρύσταλλος ἀνήκει εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα. ‘Εὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἔδρας τοῦ ρομβοέδρου ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ καθέτως μία φωτεινὴ ἀκτίς, τότε ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδραν ἔξερχονται δύο παράλληλοι φωτειναὶ ἀκτῖνες, ἡ Ο καὶ ἡ Ε (σχ. 115). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὄποιον ἐπέρχεται διχασμὸς τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος εἰς δύο δια- θλωμένας, καλεῖται διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός. ‘Η δὲ



Σχ. 114. Οπτικὸς ἀξων κρυστάλλου.

ἰσλανδικὴ κρύσταλλος, ἡ ὅποια προκαλεῖ τὴν διπλῆν διαθλασιν, κα-
λεῖται διπλοθλαστικὸν σῶμα.



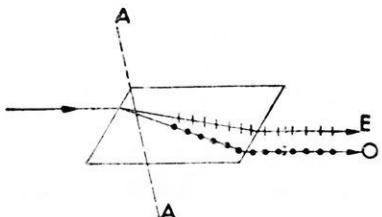
Σχ. 115. Διπλὴ διάθλασις
τοῦ φωτός.

Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ ἀκτὶς Ο ἐξέρχεται κατὰ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτὶνας Μ προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ ρομβοεδροῦ. Ἡ ἀκτὶς λοιπὸν Ο ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, δχλ μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν καθέτου προσπτώσεως διὰ τοῦτο ἡ ἀκτὶς Ο καλεῖται τακτικὴ ἀκτὶς. Ἀντιθέτως ἡ ἀκτὶς Ε δὲν ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται ἔκτακτος ἀκτὶς.

Ἐὰν μὲν ἀναλύτην ἐξετάσωμεν τὴν τακτικὴν καὶ τὴν ἔκτακτον ἀκτῖνα, θὰ εὑρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο αὐταὶ ἀκτῖνες εἶναι ὀλικῶς πεποιημέναι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο αὐτὰς ἀκτῖνας εἶναι καὶ θετα μεταξὺ των. Υπάρχει δμως μία διεύθυνσις AA', κατὰ τὴν δρόμον ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτὶς ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ AA' καλεῖται δρόπτικὸς ἄξων τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ δρόμον διέρχεται διὰ τοῦ δρόπτικοῦ ἄξονος ἢ εἶναι παράλληλον πρὸς αὐτὸν, καλεῖται κυρία τομὴ τοῦ κρυστάλλου (ἡ γραμμωτὴ ἐπιφάνεια ABA'B' εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν λοιπὸν τὰ ἔξης :

I. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, οὕτως, ὥστε νὰ μὴ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν δρόπτικὸν ἄξονα, τότε προκύπτουν δύο παράλληλοι διαθλώμεναι ἀκτῖνες, ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς.

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



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλώμεναι ἀκτῖνες εἶναι πεποιημέναι.

III. Ή τακτική καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτίς εἶναι όλικῶς πειτολωμέναι, τὰ δὲ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἶναι κάθετα μεταξύ των.

IV. Ή τακτική καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτίς εύρισκονται πάντοτε ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς.

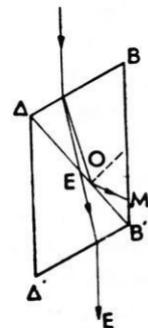
97. Έρμηγεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—¹Η πειραματική καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἀπέδειξαν ὅτι ἐντὸς τῆς ἴσλανδικῆς κρυστάλλου ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς δὲν εἶναι σεταθερὰ καθαύτης διεύθυνσεις. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἵσσοτροπα σώματα, τὰ σώματα τὰ ὅποια παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς ίδιοτητας καθού διευθύνσεις. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἴσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι διπλικῶς ἀνισότροπον σῶμα. Γενικῶς εὑρέθη ὅτι :

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

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

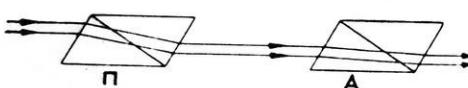
98. Πολωτικαὶ συσκευαί.—Ἐπειδὴ οἱ διπλοθλαστικοὶ κρύσταλλοι δίδουν ὄλικῶς πεπολωμένας ἀκτῖνας, διὰ τοῦτο οἱ κρύσταλλοι οὗτοι χρησιμοποιοῦνται ως **πολωτικαὶ συσκευαί**. Τοικύτη ἀπλῆ συσκευὴ εἶναι τὸ πρᾶσμα $N i c o l$. Τοῦτο εἶναι κρύσταλλος ἴσλανδικῆς κρυστάλλου, δὲ ὅποιος ἔχει κοπῆ εἰς δύο (σχ. 117). Τὰ δύο ἡμίση τοῦ κρυστάλλου ἔχουν ἐπειτα συγκολληθῆ μὲ λεπτὸν στρῶμα βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ. Ή τακτικὴ ἀκτίς ύφισταται ὄλικὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ καὶ ἔξαφανίζεται. Οὕτως ἔξερχεται ἀπὸ τὸν κρύσταλλον μόνον ἡ ἔκτακτη τος ἀκτίς, κατὰ διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὴν προσπίπτουσαν. Ή ἔξερχομένη ἔκτακτος ἀκτίς εἶναι όλικῶς πεπολωμένη. "Εν ᾧ πρᾶσμα Nicol δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ως ἀνάκλυτης (σχ. 118).

Διὰ τὴν εὔκολον παραγωγὴν πεπολωμένου φωτὸς χρησιμοποιεῖται



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

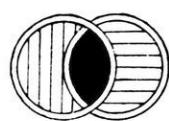
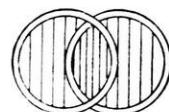
τελευταίως ἐν τεχνητῶς παρασκευαζόμενον σῶμα, τὸ πολωτικὸν σῶμα.



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

ἐνώσεως τῆς κινήσης (ἐραπαθίτης). "Εκαστος τοιοῦτος κρύσταλλος συμπεριφέρεται ὅπως ἐν πρᾶσμα Nicol, δηλαδὴ ἀπορροφᾷ τὴν μίαν ἀκτῖνα καὶ ἀφήνει νὰ διέλθῃ μόνον ἡ ἄλλη ἀκτῖς, ἡ ὁποία εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι ἀπλώνονται οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονές των νὰ εἶναι παράλληλοι. Τὸ πολωτικὸν σῶμα τοποθετεῖται μεταξὺ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν· ἡ διάταξις αὐτὴ ἀποτελεῖ πολωτήν. Μία ἄλλη α δόμοια διάταξις δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς ἀναλύτης. Εἰς τὴν θέσιν διασταύρωσεως ἐπέρχεται κατάργησις τοῦ διερχομένου φωτός (σχ. 119). Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν β νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται εἰς τοὺς ὁρθαλιμούς μας. Οὕτως οἱ φανοὶ τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἡ ὑαλίνη πλάξ, διὰ μέσου Σχ. 119. Δίσκοι ποτῆς ὁποίας βλέπει ὁ ὀδηγός, φέρουν πολωτικὸν λωτικοῦ σῶματος. σῶμα (πολωτής), τοῦ ὁποίου ὁ ἄξων σχηματίζει (α παράλληλοι, β διαγωνίαν $\alpha = 45^\circ$ μὲ τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον. Εἰς δόλα τὰ αὐτοκίνητα ἡ γωνία α εἶναι ἡ ἴδια καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Κατὰ τὴν διασταύρωσιν δύο ἀντιθέτως κινουμένων αὐτοκινήτων ἡ ἔμπροσθεν τοῦ ὀδηγοῦ ὑαλίνη πλάξ λειτουργεῖ ὡς ἀναλύτης διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου καὶ δὲν ἀφήνει νὰ διέλθῃ διὰ τῆς πλακὸς τὸ φῶς τοῦτο· διότι οἱ ἄξονες πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι κάθετοι. Οὕτως ἀποφεύγεται ἡ ἐνόχλησις ἐκάστου ὁδηγοῦ ἀπὸ τὸ φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου.

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



ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

71. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι 6438 Α^ο. Πόσον

είναι τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὴν οὐράνιον, ἐὰν ὁ δείκτης διαθέσεως τῆς οὐράνου εἴναι 1,747;

72. Εἰς τὸν ἄέρα τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἴναι 6000 Å. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης;

73. Διὰ δύο εἶδη οὐράνου δείκτης διαθέσεως αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν ἄέρα εἴναι ἀντιστοίχως 1,4 καὶ 1,6 διὰ μίαν ὥρισμένην ἀκτινοβολίαν. Πόσος εἴναι ὁ λόγος τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὰ δύο εἶδη τῆς οὐράνου;

74. Μία ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἄέρα μῆκος κύματος 5000 Å. Νὰ μετρηθῇ εἰς μῆκη κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης 1cm ἀέρος καὶ 1cm οὐράνου, τῆς ὅποιας ὁ δείκτης διαθέσεως εἴναι 3/2.

75. Μία φωτεινὴ ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἄέρα μῆκος κύματος $\lambda = 0,6 \text{ μ.}$ Νὰ εύρεθῃ ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης, ἀν ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἴναι 300 000 km/sec. Πόσον γίνεται τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης ἐντὸς τοῦ οὐρανοῦ, ἀν ἐντὸς αὐτοῦ ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἴναι 225 000 km/sec.;

76. Δύο εὐθύγραμμοι φωτεινοί πηγαί A καὶ B, παράλληλοι μεταξύ των, διέπουν ἡ μία ἀπὸ τὴν δλλήν 1 mm. Ἐπὶ πετάσματος P, τὸ ὅποιον εἴναι 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 μῆκος κύματος $\lambda = 0,47 \text{ μ.}$ Νὰ εύρεθῃ εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κεντρικὸν κροσσὸν εύρισκεται ὁ ἐνατος σκοτεινὸς κροσσός.

ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

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

να λιπηγχι διὰ τοῦ σωλῆνος τοῦ Geissler (σχ. 120). Εντὸς τοῦ θάλινου σωλῆνος ύπάρχει τὸ πρὸς ἔξετασιν ἀέριον ὑπὸ πολὺ μικρὸν πίεσιν. "Οταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος παράγωνται ἡλεκτρικὴ ἐκκενώσεις, τὸ ἀέριον φωτοβολίας καὶ λίνως ἔκενο, τὸ ὅποιον ύπάρχει εἰς τὸ στενότερον τμῆμα τοῦ σωλῆνος. Εὖλοιπὸν ἔξετάσωμεν



τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον ἔκπεμπει διὰ πυρὸν ἀέριον ἀέριον ἡ παρατηρήσωμεν ἐν **ἀσυνεχὲς φάσμα**, δηλαδὴ ὠρισμένας μόνον φωτεινὰς γραμμάς. Οἱ ἀριθμὸς καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἶναι χρόνιτη στιχὸς τοῦ φωτοβολούντος ἀερίου. Οὕτως τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας μόνον γραμμάς. Αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὅποιαι ἔχουν τὰ ἔξης μήκη κύματος:

0,656 μ., 0,486 μ., 0,434 μ., 0,410 μ.

Οἱ διάπυροι ἀέραι τοῦ νατρίου δίδουν φάσμα ἀπο-

Σχ. 120. Σωλὴν τελεσθεμένον ἀπὸ δύο κιτρίνας γραμμάς, αἱ ὅποιαι εὐρίσκονται ἡ μία πολὺ πλησίον τῆς ἄλλης. Απὸ τὴν ἕγερσιν τῆς φωτοβολίας ἔρευναν λοιπὸν τῶν φασμάτων συνάγονται τὰ ἀκόλουθα:

Θα διὰ τὰ φάσματα ἔκπομπῃς:

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

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

"Οταν ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου αὔξανεται, αἱ γραμμαι τοῦ φάσματος, τὸ ὅποιον δίδει τὸ ἀέριον, διαπλατύνονται διαρκῶς καὶ τέλος ἐνώνονται. Έκ τούτου συνάγεται ὅτι :

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

100. Φάσματα ἀπορροφήσεως.—Μόνον τὸ κενὸν εἶναι τελείως διαφανές. Επομένως τὸ φῶς διέρχεται διὰ τοῦ κενοῦ, χωρὶς νὰ ὑποστῆ καμμίαν ἀλλοίωσιν. Αντιθέτως, ὅλα τὰ διαφανῆ σώματα ἀπὸροι ὅταν πάντοτε μέρος τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν.

Εύκόλως δυνάμεθα νὰ լδωμεν τὴν τοιαύτην ἀπορρόφησιν τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν διαφόρων διαφανῶν σωμάτων. Μὲ τὸ φασματοσκόπιον παρατηροῦμεν τὸ συνεχὲς φάσμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ κατευθυντήρος τοῦ φασματοσκοπίου τοποθετοῦμεν ὑαλίνηγο πλάκα σκοτεινοῦ ἐρυθροῦ χρώματος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἀπὸ τὸ προηγούμενον συνεχὲς φάσμα ἀπομένει μόνον τὸ τμῆμα τοῦ σκοτεινοῦ ἐρυθροῦ χρώματος. Ὁλόκληρον τὸ ὑπόλοιπον μέρος τοῦ φάσματος ἐλλείπει, διότι αἱ ἀκτινοβολίαι αὐτὰ ἀπερροφήθησαν ἀπὸ τὴν ὕαλον. Τὸ παρατηρούμενον τότε φάσμα εἶναι ἐν φάσμα ἀπορροφήσεως. Τὸ περιφράξαντα λοιπὸν ἀπόδειξνει ὅτι :

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

101. Φάσματα ἀπορροφήσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—Διὶ ἡλεκτρικοῦ τόξου παράγομεν ἐν συνεχὲς φάσμα. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου φέρομεν μὴ φωτεινὴν φλόγα φωταερίου. Εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτῆς τεμάχιον ἄλατος τοῦ νατρίου, ὅπότε ἡ φλόξ ἀποκτᾷ τὸ ζωηρὸν κίτρινον χρῶμα τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὸ συνεχὲς φάσμα ἐμφανίζονται δύο λεπταὶ σκοτειναὶ γραμμαὶ καὶ εἰς τὴν ἑδίκαν ἀκριβῶς θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἐσχηματίζοντο προηγουμένως αἱ δύο χαρακτηριστικαὶ κίτριναι γραμμαὶ τῶν διαπύρων ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Τὸ φανόμενον τοῦτο καλεῖται ἀντιστροφὴ τῶν γραμμῶν τοῦ φάσματος καὶ εἶναι γενικόν :

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

102. Τὸ ἡλιακὸν φάσμα — Διὰ τοῦ φασματοσκοπίου λαμβάνομεν τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν συνεχὲς φάσμα, εἰς τὸ ὅποιον ὅμως ὑπάρχει μεγάλος ὀριθμὸς σκοτεινῶν γραμμῶν. “Ωστε τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν φάσμα ἀπορροφήσεως. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ἡλιακὸν φῶς. Μερικαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινὰς γραμμὰς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι ζωηρότεραι, ὅταν ὁ “Ἡλιος εὐρίσκεται εἰς τὸν ὄριζοντα, καὶ ἔξασθενον ἐφ’ ὅσον ὁ “Ἡλιος πλησιάζει πρὸς τὸ Ζενίθ. ‘Η μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τῶν σκοτεινῶν τούτων γραμμῶν φανερώνει ὅτι αὐταὶ

δφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὡρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἥλιακοῦ φωτὸς ὑπὸ τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας. Αἱ ἔδαιαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτὸς ἐνὸς φάρου, εύρισκομένου εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητήν. Αἱ περισσότεραι δομῶς σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθερὰν τὴν ἔντασίν των, ἀνεξαρτήτως τῆς τροχιᾶς τοῦ φωτὸς ἐντὸς τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας. Ἡ ἀπορρόφησις τῶν ἀκτιστοίχων ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ Ἡλίου. Πολλαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινὰς γραμμὰς τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος κατέχουν ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δίδουν ὡρισμένα διάπυρα ἀερία. Οὕτω π.χ. εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα ὑπάρχει μία διπλῆ σκοτεινὴ γραμμή, καταλαμβάνουσα ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῆς διπλῆς κιτρίνης γραμμῆς τοῦ νατρίου.

Ἄπὸ τὴν σπουδὴν τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι εἰς τὸν "Ἡλιον πρέπει νὰ διακρίνωμεν δύο μέρη. Τὸ ἐσωτερικὸν τμῆμα, τὸ ὁποῖον καλεῖται φωτός σφαίρα, ἐκπέμπει ὀλόκληρον τὴν σειρὰν τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ συνεχοῦς φάσματος. Ἡ φωτόσφαιρα περιβάλλεται ὑπὸ τῆς ἥλιακῆς ἀτμοσφαίρας, ἡ ὁποία καλεῖται χρωμόσφαίρα. Αὕτη εἶναι ἐν στρῶμα διαπύρων ἀερίων καὶ ἀτμῶν. Ἐντὸς τῆς χρωμοσφαίρας συμβαίνει ἡ ἀπορρόφησις ὡρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἡ φωτόσφαιρα, καὶ οὕτω προκύπτουν αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος. Ἔπειδὴ εἰς τὸ φάσμα τοῦ ἥλιακοῦ φωτὸς ὑπάρχει τὸ φάσμα ἀπορροφήσεως τῶν ἀτμῶν ἐνὸς στοιχείου, ἔπειται ὅτι εἰς τὴν χρωμόσφαιραν ὑπάρχει τὸ στοιχεῖον τοῦτο.

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

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

άναλυσις. Αὕτη είναι πολὺ περισσότερον εύαίσθητος απὸ τὴν χημικὴν ἀνάλυσιν. Οὕτως χρεῖ $\frac{1}{14\,000\,000}$ τοῦ χιλιοστρογράμμου νατρίου, διὰ νὰ ἐμφανισθῇ ἡ διπλῆ κιτρίνη γραμμὴ τοῦ νατρίου. Ἐπὶ πλέον ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις ἐβοήθησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν νέων στοιχείων ἐκ τῆς παρουσίας εἰς τὸ φάσμα ὡρισμένων γραμμῶν, αἱ ὅποιαι δὲν ἀνῆκον εἰς κανὲν γνωστὸν ἔως τότε στοιχεῖον. Οὕτως ἀνεκαλύφθησαν τὰ στοιχεῖα καίσιον, ρουβίδιον, θάλλιον, ίνδιον καὶ γάλλιον. Ἐπὶ πλέον ἡ μελέτη τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὡδῆγησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν ἐνὸς νέου στοιχείου, τὸ ὅποιον δὲν εἶχεν εὑρεθῆ ἔως τότε ἐπὶ τῆς Γῆς καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάσθη ἥλιον. Ἡ ἀνακάλυψις τούτου ὀφείλεται εἰς τὸν Lockhyer (1868). Ἀργότερον ὁ Ramsay (1895) ἀνεκάλυψε φασματοσκοπικῶς ὅτι τὸ ἥλιον ὑπάρχει καὶ εἰς τὸν πλανήτην μας.

104. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων.— Εἰς τὴν φασματοσκοπικὴν ἀνάλυσιν στηρίζεται ἡ Ἀστροφυσική, ἡ ὅποια ἔξετάζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τῶν ἀστέρων. Ἡ τοιαύτη ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ φῶς τῶν πλανητῶν καὶ τῆς Σελήνης δίδει φάσμα ὅμοιον πρὸς τὸ ἡλιακὸν φάσμα. Οἱ ἀπλανητικοὶ ἀστέρες τοῦ ἡλίου κατατάσσονται εἰς ὡρισμένον ἀριθμὸν τύπων ἀστέρων (φασματικοὶ τύποι). Μεταξὺ τούτων διακρίνονται αἱ ἀκόλουθοι κατηγορίαι ἀπλανῶν: Οἱ λευκοὶ καὶ κυανόλευκοι ἀστέρες, τῶν ὅποιών τὸ φάσμα ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ τὰς γραμμὰς τοῦ ἥλιου καὶ τοῦ ὑδρογόνου. Οἱ κίτρινοι ἀστέρες ἀνάλογοι πρὸς τὸν "Ηλιον, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὅποιών ἐπικρατοῦν αἱ γραμμαὶ τῶν μετάλλων. Οἱ ἐρυθροκίτρινοι ἀστέρες, τῶν ὅποιών τὸ φάσμα παρουσιάζει χαρακτηριστικὰς ταινίας αἱ ταινίαι φανερώνουν ὅτι ἐπὶ τῶν ἀστέρων τούτων ὑπάρχουν χημικαὶ ἐνώσεις. Οἱ ἐρυθροὶ ἀστέρες, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὅποιών ἐπικρατοῦν αἱ χαρακτηριστικαὶ ταινίαι τοῦ ἀνθρακος. Οἱ ἔκτος τοῦ Γαλαξίου εύρισκόμενοι σπειροειδεῖς νεφελοειδεῖς δίδουν συνεχές φάσμα, τὸ ὅποιον διακόπτεται ἀπὸ μερικὰς σκοτεινὰς γραμμὰς (κυρίως τοῦ ἀσβεστίου, τὰς δύο γραμμὰς τοῦ ὑδρογόνου καὶ μερικὰς γραμμὰς ἀτμῶν μετάλλων). Ἡ μέτρησις τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς τὰς διαφόρους γραμμὰς ἀπέδειξεν ὅτι τὸ Σύμπαν διαστέλλεται αὐτομάτως. Ἡ θεωρία τῆς σχετικότητος ἀποδίδει τὴν παρατηρουμένην διαστολὴν τοῦ Σύμπαντος

εἰς ἐν εἴδος διαστολῆς τοῦ χώρου, ὁ δποῖος ἔξογκώνεται
ὅπως μία φυσική σάπιων.

‘Η φασματοσκοπική ἔξετάσις τῶν ἀστέρων ἀπέδειξεν ὅτι :

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

Ἐπὶ πλέον, ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων ἐπέβαλε τὴν ἰδέαν τῆς ἐξελίξεως τῆς ὑλῆς, πολὺ πρὸ τῆς ἀνακαλύψεως τῆς ραδιενεργείας. Οἱ μὴ διαλυτοὶ νεφελοειδεῖς εἶναι γηγεντιαῖνοι σωροὶ διαπύρων ἀερίων· τὸ φάσμα των ἀποδεικνύει ὅτι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐλαρρὰ στοιχεῖα, μεταξὺ τῶν ὅποιων ἐπικρατοῦν τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ ἥλιον. Οἱ νεφελοειδεῖς οὖτοι εἶναι μία κατάστασις, ἡ δποία προηγεῖται τοῦ σχηματισμοῦ τῶν ἀστέρων. Ἐπομένως πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ διάφορα στοιχεῖα, τὰ δποῖα ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἀστέρας, σχηματίζονται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς προοδευτικῆς συμπυκνώσεως τῆς ὑλῆς τῶν νεφελοειδῶν τούτων. Ἐφ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ἔξέλιξις, ἐμφανίζονται στοιχεῖα ἔχοντα διαρκῆς καὶ μεγαλυτέρων ἀπομικήν μᾶζαν.

B'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Υπέροχοι ἀκτινοβολίαι.— Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ἴδιότητα νὰ προκαλῇ θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν δποίων τοῦτο προσπίπτει. Διὰ νὰ ἔξετάσωμεν τὰς θερμικὰς ἴδιότητας τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτὸς ἐκτελοῦμεν τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Σχηματίζομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ δποῖον ἐκπέμπει ἐν διάπυρον στερεὸν σῶμα. Κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος τούτου μετακινοῦμεν εὐπαθὲς θερμομετρικὸν ὅργανον (θερμομηλεκτρικὴν στήλην). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμαντικὴ ἴκανότης τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαίνει συνεχῶς αὐξανομένη καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὸ ἰῶδες πρὸς τὸ ἐρυθρὸν ἄκρον τοῦ φάσματος. Ἐὰν μετακινήσωμεν τὰ θερμομετρικὸν ὅργανον πέραν τοῦ ἐρυθροῦ, παρατηροῦμεν ἀκόμη μεγαλυτέρων ὑψώσιν τῆς θερμοκρασίας. “Ωστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἐρυθροῦ περιοχὴν τοῦ φάσματος ὑπάρχουν ἀδρατοὶ ἀκτινοβολίαι, αἱ δποῖαι ἔχουν ἐντόνους θερμικὰς ἴδιότητας καὶ καλοῦνται ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι ἢ καὶ θερμικαὶ ἀκτινοβολίαι. Αἱ ἀκτινοβολίαι αὐταὶ ἔχουν προφανῶς μήκη κύματος μεγαλύτερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν δρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Εἰς τὸ φῶς, τὸ δποῖον ἐκπέμπουν

οι διάφοροι φωτεινοί πηγαί, εύρεθησαν ύπερυθρούς άκτινοβολίας, τῶν όποιων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξύ 0,750 μ καὶ 300 μ. Εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα εὑρίσκουμεν ἐπίσης ύπερυθρούς άκτινοβολίας. Τοιαύτας άκτινοβολίας ἐκπέμπουν ἀφθόνως καὶ ὅλαι γενικῶς οἱ σκευαὶ θερμάνσεως (θερμάστραι, καλοριφέρ κ.ἄ.). "Ωστε :

I. Αἱ ύπερυθροὶ άκτινοβολίαι εἰναι ἀόρατοι, τὸ δὲ μῆκος κύματος αὐτῶν εἰναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς ὁρατῆς ἐρυθρᾶς άκτινοβολίας.

II. Αἱ ύπερυθροὶ άκτινοβολίαι ἔξασκοῦν θερμικὰς δράσεις.

106. Απορρόφησις τῶν ύπερυθρῶν άκτινοβολιῶν.—'Η ὥλος, ὁ χαλαζίας, τὸ ὄδωρο ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἐξ ὀλοκλήρου τὰς ύπερυθρούς άκτινοβολίας. Ἀντιθέτως τὸ ὄρυκτὸν χλωριοῦχον νάτριον εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανὲς διὰ τὰς ύπερυθρούς άκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ύπερυθρῶν άκτινων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ ὄρυκτον χλωριοῦχον νάτριον. Εἰς τὸ ύπερυθρὸν τμῆμα τοῦ φάσματος ἀπὸ ύρισκομεν θέσεις, εἰς τὰς ὄποιας δὲν παρατηρεῖται καμμία θερμικὴ δρᾶσις. Εἰς τὰς θέσεις αὐτὰς δὲν ύπάρχουν ύπερυθροὶ άκτινοβολίαι, ἢτοι εἶναι σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ θερμικοῦ φάσματος καὶ ὀφελοῦνται εἰς ἀπορρόφησιν ὀρισμένων ύπερυθρῶν άκτινοβολιῶν.

107. Υπεριώδεις άκτινοβολίαι.—Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ἴδιαν τητανὰ προκαλῆ χρημικὰς δράσεις οὕτω προκαλεῖ τὴν ἔνωσιν τοῦ ὑδρογόνου μὲ τὸ χλωρίον, τὴν διάσπασιν τοῦ χλωριοῦχου ἀργύρου κ.ἄ. Διὰ νὰ ἔξετάσωμεν τὰς χημικὰς ίδιότητας τῶν διαφόρων άκτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτός, προβάλλομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακός. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν τῆς φωτογραφικῆς πλακός, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἐρυθρὸν τμῆμα τοῦ φάσματος δὲν προκαλεῖ καμμίαν προσβολὴν τῆς πλακός. 'Η προσβολὴ αὐτῆς ἀρχίζει ἀπὸ τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρίνου καὶ βαίνουσα συνεχῶς αὐξανομένη συνεχίζεται πέραν τοῦ ἱώδους, ὅπου παρατηρεῖται ἡ μεγίστη προσβολὴ τῆς φωτογραφικῆς πλακός. "Ωστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἱώδους περιοχὴν τῆς φωτογραφικῆς πλακός. "Ωστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἱώδους περιοχὴν τοῦ φάσματος ύπάρχουν ἀρρατοὶ άκτινοβολίαι, αἱ όποιαι τοῦ φάσματος ύπάρχουν χρημικὰς δράσεις καὶ καλοῦνται ύπεριώδεις άκτινοβολίαι ἢ καὶ χημικαὶ άκτινοβολίαι. Αἱ άκτινοβολίαι αὐταὶ ἔχουν μήκη κύματος μικρότερα ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος

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

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

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

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

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

109. Φθορισμὸς.—'Εντὸς δοχείου περιέχεται ὄδωρ. Ρίπτομεν ἐντὸς τοῦ ὄδατος ὄλιγας σταγόνας διαλύματος θειεῖκης κινίνης καὶ φωτίζομεν τὸ δοχεῖον μὲ τὸ λευκὸν φῶς ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ ὄδωρ τοῦ δοχείου, τὸ ὅποιον προηγουμένως ἦτο ἄχρουν, ἐκπέμπει τώρα ἐν ἀνοικτὸν κυανοῦν φῶς. Μόλις δμως παύσωμεν νὰ φωτίζωμεν τὸ διά-

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

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

II. Αἱ ἀκτινοβολίαι, τὰς ὅποίας ἐκπέμπουν τὰ φθορίζοντα σώματα, ὅταν ταῦτα φωτίζωνται μὲ μόνοχρωματικὴν ἀκτινοβολίαν, ἔχουν μῆκος κύματος μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς διεγειρούσης ἀκτινοβολίας.

Ἡ ἀνωτέρω ἴδιότης τῶν φθοριζόντων σωμάτων μᾶς βοηθεῖ νὰ ἀνακαλύψωμεν τὴν παρουσίαν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. Οὕτως, ἀν εἰς τὸ ὑπεριῶδες μέρος τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος θέσωμεν ὕαλον τοῦ οὐρανίου, αὕτη ἐκπέμπει πράσινον φῶς. Τὸν φθορισμὸν διεγέρουν ἐπίσης αἱ ἀκτίνες, τὰς ὅποίας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ σώματα. Σήμερον γίνεται εὔρεται χρῆσις τοῦ φθορισμοῦ εἰς τὸ νέον εἰδός τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων, οἱ ὅποιοι καλοῦνται λαμπτῆρες φθορισμοῦ.

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

ρίζουν (π.χ. ὁ ἀδάμας, τὰ θειοῦχα ἀλλα τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ βαρίου, τοῦ στροντίου, τοῦ καδμίου). Ὁ φωσφορισμὸς παρατηρεῖται πάντοτε εἰς στερεὰ σώματα. Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπούμενου φωτὸς καὶ ἡ διάρκεια τοῦ φωσφορισμοῦ ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ σώματος. "Ωστε :

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

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

111. Φωταύγεια.—Ο φθορισμὸς καὶ ὁ φωσφορισμὸς εἶναι δύο περιπτώσεις ἑνὸς γενικοῦ φαινούμενου, τὸ ὅποιον καλεῖται **φωταύγεια**. Διὸ τὴν διέγερσιν τῆς φωταύγειας πρέπει νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ σώματος λευκὸν φῶς ἢ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι. Ἡ ἐκπομπὴ φωτὸς ἀπὸ τὰ φθορίζοντα καὶ τὰ φωσφορίζοντα σώματα συνδέεται πάντοτε μὲν ἀπὸ ορόφῳ φῆσιν μέρους τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Μόνον καὶ ἀπορροφώμεναι ἀκτινοβολίαι εἶναι ίκαναι νὰ προκαλέσουν τὴν φωταύγειαν. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ τὸ ἐπιβεβιώσωμεν, ἀν ἀρήσωμεν μίαν φωτεινὴν δέσμην νὰ διέλθῃ διαδοχικῶς διὰ μέσου δύο διαλυμάτων θειϊκῆς κινήσεως. Θὰ παρατηρήσωμεν δητὶ μόνον τὸ πρῶτον διάλυμα φθορίζει. Ἡ φωταύγεια διέπεται (ἐκτὸς μερικῶν ἔχοντος) ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Stokes**:

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

112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.—Θερμαίνομεν συνεχῶς ἐν σῶμα (π.χ. μίαν μεταλλικὴν σφαῖραν), ὥστε ἡ θερμοκρασία του νὰ βαίνῃ συνεχῶς αὐξανούμενη. Τὸ σῶμα ἐκπέμπει τότε κατ’ ἀρχὰς ἀντίστοιχον πρὸς τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ σῶμα εἶναι τότε σκοτεινόν. Καθὼς ὅσον προχωρεῖ ἡ θερμανσὶς τοῦ σώματος, αὐξάνεται ἡ ἔντασις τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων καὶ ἐπὶ πλέον ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὅποιαν τὸ σῶμα ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπῃ καὶ ὁρατὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν. Λέγομεν τότε δητὶ

τὸ σῶμα εἶναι ἐρυθροπυρωμένον. Ἐφ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ὑψώσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος, προχωρεῖ διαδοχικῶς καὶ ἡ ἐμφάνισις τῶν λοιπῶν ὄρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἥλιου κοῦ φάσματος καὶ τέλος τὸ σῶμα ἐκπέμπει, ἐκτὸς τῶν προηγουμένων ἀκτινοβολιῶν, καὶ ἀօράτον εἰς ὑπεριώδειας ἀκτινοβολίας. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι :

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

II. Ἐν διάπυρον σῶμα ἐκπέμπει γενικῶς μεῖγμα ἀκτινοβολιῶν, αἱ ὁποίαι ἔχουν διάφορα μήκη κύματος.

113. Θεωρία τῶν κβάντα.—Τὸ φῶς ἐκπέμπεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ὕλην, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀτομα. Ἐκ πρώτης ὅψεως φαίνεται ὅτι ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτινοβολίας συνεχῆς. Ἡ τοιαύτη, ὅμως ἀντιληψίς δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνευθοῦν θεωρητικῶς ὠρισμένα φαινόμενα. Πλέον, θεωρητικὴν ἐφαρμογὴν τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀπορροφήσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τὴν ὕλην δίδει ἡ **θεωρία τῶν κβάντα**, ἡ ὁποία διετυπώθη ἀρχικῶς ἀπὸ τὸν Planck (1900) καὶ θεωρεῖται σήμερον ὡς μία ἀπὸ τὰς ὡραιοτέρας κατακτήσεις τοῦ ἀνθρωπίνου πνεύματος. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὴν ἐνέργειαν συνεχῆς. Δέχεται δηλαδὴ ἡ θεωρία τῶν κβάντα ὅτι τὸ χτομὸν τῆς ὕλης ἐκπέμπει τὴν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφὴν κοκκιδίων ἐνεργείας, τὰ ὄποια ὀνομάζει **κβάντα** (quanta). Ἀπὸ τὸ δάτρον δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα ἀλλὰ ἐκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμέναι ὄμάδες κυμάτων (κυματοσύρμοι), ἐκάστη τῶν ὄποιων περικλείει ὠρισμένην ποσότητα ἐνέργειας. Ἡ ἐνέργεια οὖτη, τὴν ὄποιαν μεταφέρει ἐκαστον ἀπὸ τὰ κβάντα μιᾶς ἀκτινοβολίας συγνότητος ν., εἶναι ἀπολύτως ὠρισμένη καὶ ἵση μὲ :

$$\mathbf{q} = \mathbf{h} \cdot \mathbf{v}$$

ὅπου \mathbf{h} εἶναι μία παγκόσμιος σταθερά, ὀνομαζόμενη **σταθερὰ τοῦ Planck**. αὗτη εἶναι ἵση μὲ $\mathbf{h} = 6,62 \cdot 10^{-34}$ C.G.S.

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

να κοκκίδια ένεργειας, τὰ κβάντα φωτὸς ἡ φωτόνια. 'Η ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας. Οὕτω τὰ φωτόνια τῆς ίώδους ἀκτινοβολίας μεταφέρουν περισσοτέραν ἐνέργειαν ἀπὸ τὰ φωτόνια τῆς ἑρυθρᾶς ἀκτινοβολίας. 'Η τοιαύτη ἀντίληψις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτὸς ἀποτελεῖ μίαν σύνθεσιν τῶν δύο παλαιοτέρων καὶ ἐκ πρώτης θύμεως τελείως ἀντιθέτων ἀντιλήψεων τοῦ Neutonος καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι :

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

Γ'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ-ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—"Οταν τὸ λευκὸν φῶς προσπίπτῃ, ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε μέρος τοῦ φωτὸς ἀπορριφᾶται. 'Η ἀπορρίφησις αὐτῇ ἔξηγεται τὸ χρῶμα, τὸ ὅποιον λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα. Εὔκολως δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὅποιας ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἀπορριφᾶται ἐκ λεκκικῶς ἐν σῶμα. Πρὸς τοῦτο φωτίζομεν τὸ σῶμα μὲ τὸ λευκὸν φῶς μιᾶς ἵσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ ἔζεταζομεν διὰ τοῦ φασματοσκοπίου τὸ φῶς, τὸ ὅποιον ἀνακλᾶται ἡ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος ἡ καὶ διέρχεται διὰ μέσου τούτου, ἢν τὸ σῶμα εἶναι διαφανές. Οὕτως εὑρίσκομεν ὅτι τὰ διαφανῆ σώματα (ὔαλος, ὕδωρ, χαλαζίας κ.ἄ.), τὰ ὅποια φαίνονται ἄχρον, ἀφήγουν νὰ διέλθουν δι' αὐτῶν ὅλαι σχεδὸν αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ διαφανῆ σώματα, τὰ ὅποια φαίνονται ἔγχρον (χρωματισταὶ ὔαλοι, διαλύματα χρωστικῶν ούσιῶν κ.ἄ.) ἀπορριφοῦν ὥρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία ὔαλος φαίνεται πρασίνη, διότι δι' αὐτῆς διέρχονται αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ πρασίνου, ἐνῷ αἱ ὑπόλοιποι ἀκτινοβολίαι ἀπορριφῶνται.

Τὰ διαφανῆ σώματα ὁφείλουν τὸ χρῶμα των εἰς τὸ φῶς, τὸ ὅποιον ἀνακλᾶται ἡ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος. 'Εὰν τὸ σῶμα ἀπορριφᾶται ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ σῶμα φαίνεται μαύρον. 'Αντιθέτως ἢν ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτὸς διαχέωνται κατὰ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν,

τότε τὸ σῶμα φαίνεται λευκόν. Τέλος ἂν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὡρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ χρῶμα τοῦ σώματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς διαχειρέμένας ἀκτινοβολίας. Τὸ χρῶμα ἐνὸς σώματος ἔξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸ εἰδος τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ σώματος φωτός. Οὕτως ἐν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου, ὅταν τεθῇ εἰς τὸ ἐρυθρὸν τμῆμα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, φαίνεται ἐρυθρόν· εἰς τὸ δύμας ἄλλην περιοχὴν τοῦ φάσματος φαίνεται μαῦρον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἔκαστον σῶμα ἀπορροφᾷ ἑκλεκτικῶς ὡρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός, τὰς δὲ λοιπὰς ἀφήνει νὰ διέλθουν ἡ ἀνακλᾶ καὶ διαχέει.

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

116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ ούρανοῦ.—"Ολα τὰ ἑτερόφωτα σώματα ἐκπέμπουν φῶς, ὅταν προσπέσῃ ἐπ' αὐτῶν τὸ φῶς μιᾶς πηγῆς. Τότε ἔκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος ἐκ πέμψεως πρὸς διλαχθεῖν καὶ οὔτω τὸ σημεῖον τοῦ σώματος γίνεται μία δευτερεύουσα φωτεινὴ πηγή. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις τοῦ φωτός**. Διάχυσιν τοῦ φωτὸς προκαλοῦν καὶ τὰ μόρια τῶν ἀερίων, ὡς καὶ γενικώτερον μικρότατα σωματίδια, τὰ ὅποια εἶναι διασκορπισμένα ἀτάκτως ἐντὸς ἐνὸς διαφανοῦς μέσου. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι διὰ τὴν τοιαύτην διάχυσιν τοῦ φωτὸς ἴσχεις ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ Rayleigh**:

"Η ἔντασις τοῦ διαχειρέμενου φωτὸς ἀπὸ μικρότατα αἰωρούμενα σωματίδια εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετάρτης δυνάμεως τοῦ μήκους κύματος λ τῆς ἀκτινοβολίας, ἡ ὅποια προσπίπτει ἐπὶ τῶν σωματιδίων.

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

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

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



Σχ. 121. Ἀρνητική φωτογραφική πλάξ.



Σχ. 122. Θετική φωτογραφική πλάξ.

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

117. Φωτογραφία.—*Ἡ φωτογραφία χρησιμοποιεῖ τὰς χημικὰς ιδιότητας τῶν ὄρατῶν ἀκτινοβολιῶν, διὰ νὰ ἀποτυπώσῃ μονίμως τὸ εἴδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς φωτογραφικῆς μιχανῆς συγματίζομεν εὐκρινὲς εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ μιᾶς ὑαλίνης πλακός, ἡ ὅποια ἔχει ἐπικαλυφθῆ μὲ λεπτὸν στρῶμα γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου. Ἡ εὐαίσθητος πλάξις φυλάσ-*

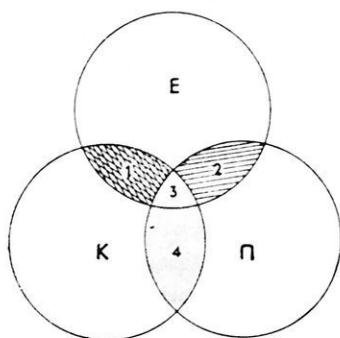
σεται εις σκοτεινὸν χῶρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτιζομένου μὲ ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολίαι τοῦ λευκοῦ φωτὸς καὶ ἕδίως αἱ κυαναὶ καὶ ιώδεις ἀκτινοβολίαι ἔχουν τὴν ἕδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων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

α) Ἀρνητική εἰκὼν. Ἄφηνομεν νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς εὐαίσθητου πλακός καὶ δὶ’ ὀλίγον μόνον χρόνον τὸ πραγματικὸν εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ διάρκεια τῆς ἐκθέσεως τῆς πλακός εἰς τὸ φῶς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εὐαίσθησίαν τῆς πλακός, τὸν φωτισμὸν καὶ τὸν φακὸν τῆς μηχανῆς. Μετὰ τὴν ἔκθεσίν της εἰς τὸ φῶς ἡ πλάξ δὲν παρουσίζει καμμίαν ἐκ πρώτης ὅψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν δημιώσεις βυθίσωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, ὁ βρωμιούχος ἀργυρος ἀποσυντίθεται εἰς δόλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακός, εἰς τὸ ὅποια προσέπεσε τὸ φῶς εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλαχς ἀδιαφανῆς ἀργυρος. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακός καλεῖται ἐμ φάνισι. Ἐπειτα ἡ πλάξ βυθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὅποιον διαλύει τὸν μὴ ἀναγέντα βρωμιούχον ἀργυρον. Οὗτος εὑρίσκεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς πλακός, εἰς τὸ ὅποια δὲν προσέπεσε φῶς. Ἡ δευτέρα αὐτὴ κατεργασία τῆς πλακός καλεῖται στερέωσις. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακός ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. Τὰ ἀδιαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος αὐτῆς ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως τὰ διαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ σκοτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 121).

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

γ) Εἶδη πλακῶν. Ἡ συνήθης φωτογραφικὴ πλάξ προσβάλλεται

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



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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

Νάτσιον

Λίθιον

Κάλιον

Βάζιον

Τδερογόνον

Οξυγόνον

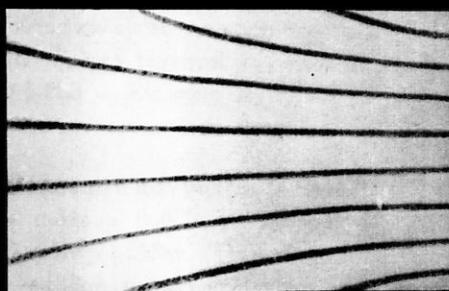
Αζωτον

Γδεράγυρος

Ηλιον

Νέον

Νεοδύμιον
(φάσμα χρωματισμού)



Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούπο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Πίναξ Φασμάτων

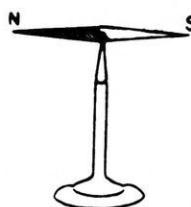
- 1 έως 10. Φάσματα έκπομπής. 11. Φάσμα απορροφήσεως. 12. Κροσσοί συμβολῆς εις φάσμα. 13. Γραμματί τοῦ Fraunhofer εἰς φάσμα ληφθὲν διὰ πρίσματος. 14. Γραμματί τοῦ Frannhofer εἰς φάσμα ληφθὲν διὰ φράγματος.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

118. Θεμελιώδεις έννοιαι.—'Από τὴν ἀρχαιότητα ἡτο γνωστὸν ὅτι ὁ φυσικὸς μαγνήτης (μαγνητικὸν διέδιον τοῦ σιδῆρου Fe_3O_4) ἔχει τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλκῃ μικρὰ τεμάχια σιδῆρου ἢ χάλυβος. Η ἴδιότης αὐτῆς καλεῖται μαγνητισμός. Εὰν δὲ' ἐνὸς φυσικοῦ μα-

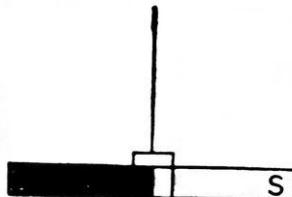


Σχ. 124. Τεχνητοί μαγνήται.

γνήτου προστρίψωμεν ἐπανεύλημένως καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν ράβδον χάλυβος, παρατηροῦμεν δὲ καὶ ὁ χάλυψ γίνεται μονίμως μαγνήτης. Ο

μαγνήτης οὗτος καλεῖται τεχνητός μαγνήτης. Εύκλως κατασκευάζονται σήμερον τεχνητοί μαγνήται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (§ 183). Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδουν διάφορα σχήματα (σχ. 124).

119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—'Εντὸς ρινισμάτων σιδῆρου βυθίζομεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον. "Οταν ἀνασύρωμεν τὴν ράβδον, παρατηροῦμεν δὲ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδῆρου ἔχουν προσκολληθῆ μόνον εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου, που σχηματίζουν θυσάνους. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται πόλοι οἱ αὐτοῦ. Εὰν τὴν ἴδιαν ράβδον ἔξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου τῆς διάνηματος, παρατηροῦμεν δὲ κατὰ τὴν ἴσορροπίαν τῆς ἡ ράβδος λαμ-



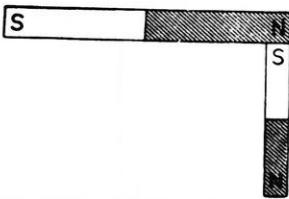
Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου.

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

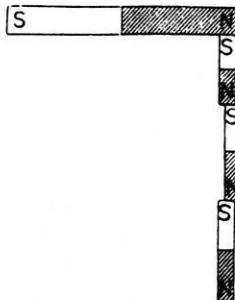
120. Αμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.—Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὄποια δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἕξοντα. Ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀ πωθεῖται. Ἀντιθέτως, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον 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 διμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, οἱ δὲ ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται.

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



Σχ. 126. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαφῆς.



Σχ. 127. Ἀλυσις ράβδων μακαλοῦ σιδήρου.

βδου εἶναι παροδικὴ καὶ διαρκεῖ, ἐφ' ὃσον ἡ ράβδος εὑρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μὲν τὸν μαγνήτην. Ἡ μαγνητικὴ ράβδος δύναται νὰ μαγνητίσῃ ὁμοίως δευτέραν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Οὕτως εἶναι δυνατὸν

νὰ συγκατισθῇ ἄλυσις μικρῶν μαγνητισμένων ράβδων (σχ. 127). Η μαγνήτισις ὅλων τῶν ράβδων ἔναι πρόσκαιρος.

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

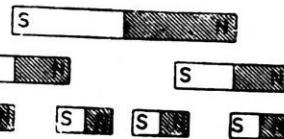


Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς.

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

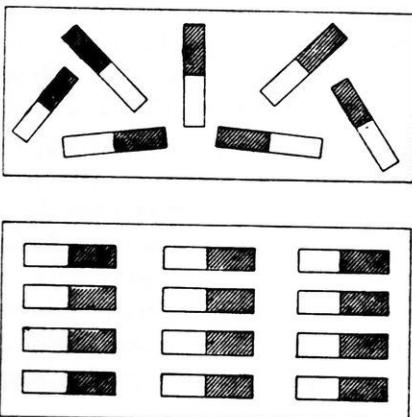
122· Στοιχειώδεις μαγνήται.—Ἐὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην Α, παρητηροῦμεν ὅτι ἔκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο ο πόλοις, ἕνα βόρειον καὶ ἕνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὃπου ἐθραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφεύονται δύο ἑτερώνυμοι πόλοι οὗτως, ὥστε ἔκαστον τῶν τεμαχίων νὰ παρουσιάζῃ πάλιν δύο ἑτερωνύμους πόλοις. Ἐὰν ἔκαστον τῶν τεμαχίων θραυσθῇ εἰς δύο νέα τεμάχια, θὰ εὑρωμεν ὅτι ἔκαστον νέον τεμάχιον ἔχει ἐπίσης δύο ἑτερωνύμους πόλοις. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου ἀποδεικνύεται ὅτι δὲν δυνάμεθα ποτὲ νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἕνα πόλον μαγνήτου καὶ ἐπομένως ἔκαστος μαγνήτης θὰ παρουσιάζῃ πάντοτε δύο ἑτερωνύμους πόλοις. Ἐὰν ἢτο δυνατὸν νὰ ἔξαχολουθήσωμεν τὴν θραύσιν τοῦ μαγνήτου μέχρι τῶν ἐλαχίστων τμημάτων τοῦ μαγνήτου, δηλαδὴ μέχρι τῶν μορίων του, θὰ ἐβλέπομεν ὅτι ἔκαστον μόριον εἶναι μικρότατος μαγνήτης μὲ δύο ἑτερωνύμους πόλοις.

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



Σχ. 129. Θραύσις μαγνήτου.

τισμένη, οι στοιχειώδεις μαγνήται διατάσσονται άταχτως έντὸς τῆς ράβδου (σχ. 130). Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἑνὸς μαγνητικοῦ πόλου οἱ στοιχειώδεις μαγνήται τῆς ράβδου διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον,

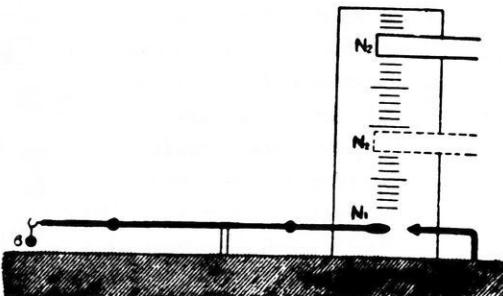


Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται.

μόλις ἀπομακρυθῇ ὁ μαγνήτης (παροδικὴ μαγνήτισις). Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ἀντιλήψεων ἔρμηνεύεται ἡ ἐμφάνισις νέων πόλων κατὰ τὴν θραῦσιν ἑνὸς μαγνήτου.

123. Νόμος τοῦ Coulomb.—Ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 131.

Εἰς ραβδόμορφος μαγνήτης ἀποτελεῖ μέρος ὄριζοντίου ἀξονος, ὁ ὅποιος δύναται νὰ περιστρέφεται, ὅπως ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ. Εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου N_1 φέρομεν τὸν βορειόν πόλον N_2 , ἀλλού εὐθυγράμμου μαγνήτου. Ἡ



Σχ. 131. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἀμοιβαίας δράων τῶν πόλων.

μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις ἵσορροπεῖται ἀπὸ τὸ βάρος β. Ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ μεταξύ τῶν δύο πόλων N_1 καὶ N_2 ἀπόστασις, ἡ ἄπωσις γίνεται 4 φοράς μικροτέρη. Ἐκ τῶν μετρήσεων λοιπὸν εὑρίσκεται δτὶ ἡ μεταξύ τῶν δύο ὄμωνύμων πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο πόλων. Ἐὰν ἄλλος βόρειος πόλος N_3 ἀπωθῇ ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως τὸν πόλον N_1 μὲ διπλασίην δύναμιν, τότε πρέπει νὰ δεχθῶμεν δτὶ ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ (m_3) τοῦ πόλου N_3 εἶναι διπλασία τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ (m_1) τοῦ πόλου N_1 . Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων εὑρέθη δτὶ ἡ μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς ποσότητας μαγνητισμοῦ τῶν πόλων. Οὕτω συνάγεται ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ Coulomb:

Ἡ μεταξύ δύο μαγνητικῶν πόλων ἀναπτυσσομένη ἀμοιβαία ἔλξις ἡ ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν δύο πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

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

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη δτὶ οἱ δύο ἑτερώνυμοι πόλοι ἐνὸς μαγνήτου, δηλαδὴ ὁ βόρειος καὶ ὁ νότιος πόλος του, φέρουν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, τὴν δοπίαν θεωροῦμεν συγκεντρωμένην εἰς δύο ὠρισμένα σημεῖα πλησίον τῶν ἀκρων τοῦ μαγνήτου. Δύο ἑτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι εὑρισκόμενοι εἰς σταθερὰν ἀπόστασιν ἀποτελοῦν ἐν μαγνητικὸν δίπολον.

124. Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ.— Ἐὰν εἰς τὸν τύπον $F = \frac{m_1 \cdot m_2}{\alpha^2}$ θέσωμεν $m_1 = m_2$, $\alpha = 1 \text{ cm}$ καὶ $F = 1 \text{ dyn}$, εὑρίσκομεν δτὶ εἶναι $m = 1$. Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὸν ἀκόλουθον δριμὸν τῆς μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ:

Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ, ἡ δοπία, εὑρισκομένη ἐντὸς τοῦ δέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ τοῦ ποσότητα μαγνητισμοῦ, ἔξασκει ἐπ' αὐτῆς δύναμιν ἵσην μὲ 1 δύνην.

‘Η ἀνωτέρω ὁρισθεῖσα μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ ὑπάγεται εἰς τὸ σύστημα μονάδων C.G.S.

Πλακός δέ τοι διάφορος εἰς διάφορας 2 cm ἀπόστασιν μὲ δύναμιν 100 dyn. Πόση εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ ἐκάστου πόλου;

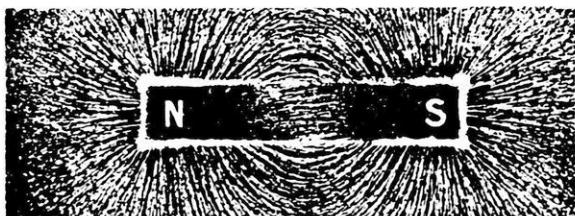
‘Απὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

11-10-11

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

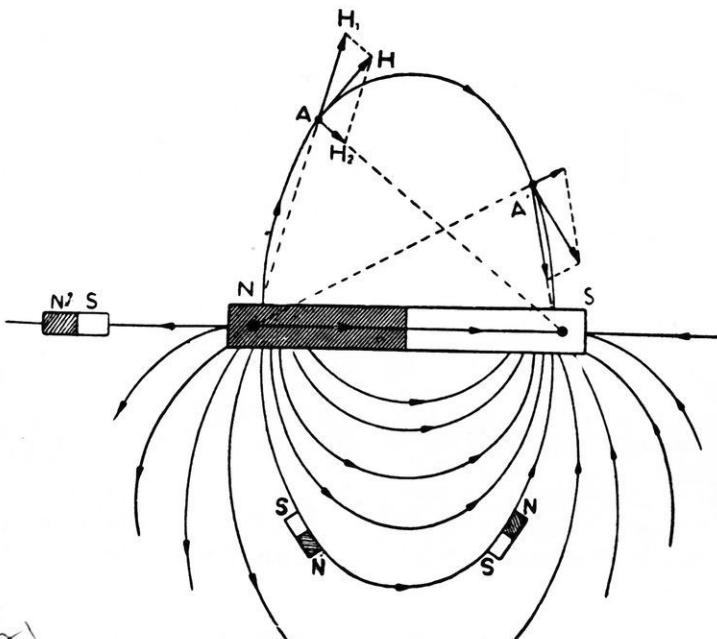
125. Μαγνητικὸν φάσμα.—Κάτωθεν μιᾶς ὁριζοντίας ὑαλίνης πλακὸς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὴν πλάκα μὲ τὸν δάκτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰς γραμμάς, αἱ ὁποῖαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου εἰς τὸν ἄλλον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



Σχ. 132. Μαγνητικὸν φάσμα.

τισθὲν διάγραμμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ γραμμαί, ἐπὶ τῶν ὁποίων διατίθενται τὰ ρινίσματα, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαί**. Διὰ νὰ ἔξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακὸς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἔξηρτημένας ἀπὸ λεπτὸν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἡρεμήσῃ, εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. ‘Η τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦν ἐπὶ τῶν δύο πόλων τῆς οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου. ‘Ωστε τὸ μαγνητικὸν φάσμα σχηματίζεται, διότι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, μαγνητιζόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς, γίνονται μικροὶ μαγνῆται, οἱ ὁποῖοι δια-

τάσσονται κατά τὴν ἐφαπτομένην εἰς ἔκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



Σχ. 133. Έξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

126. Μαγνητικὸν πεδίον.— 'Ο σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος αἰσθητοποιεῖ μίαν ἴδιότητα, τὴν ὅποιαν ἀποκτᾷ ὁ πέριξ τοῦ μαγνήτου χῶρος, ἐνεκα τῆς παρουσίας τοῦ μαγνήτου. 'Εὰν ἐντὸς τοῦ χώρου τούτου φέρωμεν μίαν ποσότητα μαγνητισμοῦ, αὕτη ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου: Λέγομεν τότε ὅτι πέριξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον. "Ωστε :

Μαγνητικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ ὅποιαι φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

'Ἐπὶ μιᾶς μακρᾶς καὶ λεπτῆς μαγνητικῆς ράβδου στερεώνομεν δακτύλιον ἐκ φελλοῦ. Βυθίζομεν τὴν ράβδον κατακορύφως ἐντὸς ὕδατος

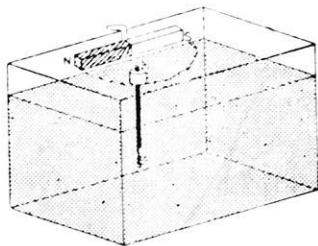
οὔτως, ὥστε νὴ ἐξέγη ἀπὸ τὸ ὄδωρ ὁ βόρειος πόλος τῆς (σχ. 134). Φέρουμεν τὸν βόρειον πόλον τῆς ράβδου πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἐνὸς ἵσχυροῦ μαγνήτου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου καὶ διαγράφων μίαν καὶ πύλην τροχιάν, ἔρχεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἡ κίνησις αὐτὴ τοῦ βορείου πόλου τῆς ράβδου διφείλεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, τὰς δύοις ἀσκοῦν ἐπ' αὐτοῦ οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου (βλ. σχῆμα 133). Αἱ δύο αὗται δυνάμεις δίδουν μίαν συνισταμένην, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δύοις κινεῖται ὁ πόλος τῆς ράβδου. Ἡ τροχιά, τὴν ὑποίαν διαγράφει ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου, εἶναι μία δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ δύοιον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. "Ωστε :

Δυναμικὴ γράμμη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχιά, τὴν ὑποίαν διαγράφει εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

'Ἐκ τοῦ ὄρισμοῦ τούτου δεγχέεται κατὰ συνθήκην ὅτι ἔκτὸς τοῦ μαγνήτου αἱ δυναμικαὶ γράμμαι ἀναγραφοῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουν εἰς τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

127. Διεύθυνσις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.—Εἰς ἓν σημεῖον Α μιᾶς δυναμικῆς γράμμῆς εὑρίσκεται εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος (σχ. 133). Ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις F, κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς δυναμικῆς γράμμῆς. Ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως F καλεῖται διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α. "Εστω δὲ ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, τὸν ὅποιον ἐφέρομεν εἰς τὸ σημεῖον Α ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ m. Τότε εἰς τὸ σημεῖον Α ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ποσότητος βορείου μαγνητισμοῦ ἐνεργεῖ δύναμις :
$$F = \frac{m}{m}$$
.

'Ἡ δύναμις αὐτὴ H καλεῖται ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ πεδίου. "Ωστε :



Σχ. 134. Κίνησις ἐνὸς βορείου μαγνητικοῦ πόλου.

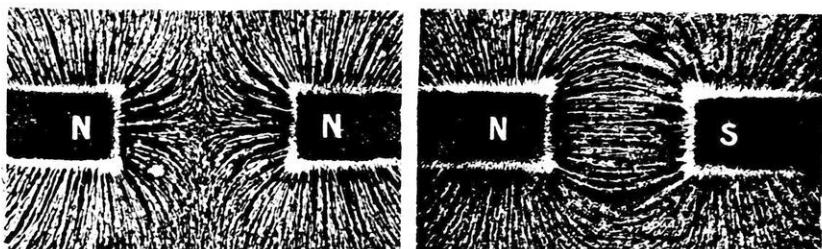
βδου ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου καὶ διαγράφων μίαν καὶ πύλην τροχιάν, ἔρχεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἡ κίνησις αὐτὴ τοῦ βορείου πόλου τῆς ράβδου διφείλεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, τὰς δύοις ἀσκοῦν ἐπ' αὐτοῦ οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου (βλ. σχῆμα 133). Αἱ δύο αὗται δυνάμεις δίδουν μίαν συνισταμένην, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δύοις κινεῖται ὁ πόλος τῆς ράβδου. Ἡ τροχιά, τὴν ὑποίαν διαγράφει εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος τῆς ράβδου, εἶναι μία δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ δύοιον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. "Ωστε :

Ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον αύτοῦ καλεῖται ἡ δύναμις, ή ὅποια ἐνέργει ἐπὶ βορείου μαγνητικοῦ πόλου, φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦ πεδίου καὶ ἔχοντος ποσότητα μαγνητισμοῦ ἵσην μὲ τὴν μονάδα.

Ἄπο τὴν ἔξισωσιν $H = \frac{F}{m}$ συνάγεται ὅτι, ἂν εἴναι $m = 1$ C.G.S.

καὶ $F = 1$ dyn, τότε ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου είναι ἵση μὲ τὴν μονάδα $H = 1$. Η μονάς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται Gauss.

Εἰς τὰ σχήματα 135 καὶ 136 φαίνονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξὺ δύο δύονύμων ἢ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν



Σχ. 135. Μαγνητικὸν πεδίον μεταξὺ δύο δύωνύμων μαγνητικῶν πόλων.

Σχ. 136,. Μαγνητικὸν πεδίον μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων.

πόλων. Παρατηροῦμεν δτι μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ είναι π αρ ἀ λ λ η ο ι. Τὸ μαγνητικὸν τοῦτο πεδίον καλεῖται δμογενές, εύρισκεται δὲ δτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐν ταῖς τοῦ πεδίου είναι σταθερὰ εἰς δλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

128. Μαγνητικὴ ροή.—“Ἐν δμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον ἔχει ἐντασιν H . Ἐνδὸς τοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου τοποθετεῖται ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἔχουσα ἐμβαδὸν σ (σχ. 137). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἴσχύει ὁ ἀκόλουθος δρισμός :

Καλεῖται μαγνητικὴ ροή (Φ) τὸ γινόμενον τοῦ ἐμβαδοῦ (σ) τῆς ἐπιφάνειας ἐπὶ τὴν ἐντασιν (H) τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

$$\text{μαγνητικὴ ροή: } \Phi = \sigma \cdot H$$

Έάν είναι $\sigma = 1 \text{ cm}^2$ και $H = 1 \text{ Causs}$, τότε η μαγνητική ροή είναι ίση με την μονάδα $\Phi = 1$. Η μονάς της μαγνητικής ροής καλείται **Maxwell** (1 Mx). Ούτως έχει είναι $H = 20 \text{ Causs}$, τότε η μαγνητική ροή, ή όποια διέρχεται καθέτως δι' έπιφανείας $\sigma = 5 \text{ cm}^2$ είναι: $\Phi = 5 \cdot 20 = 100 \text{ Maxwell}$

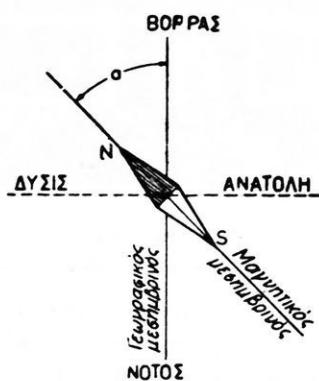
Κατά συνθήκην ή μαγνητική ροή έκφραζει τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ όποιαι διέρχονται διὰ τῆς θεωρουμένης έπιφανείας.



Σχ. 137. Διὰ τὸν δρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

14-10-7' ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.—'Ελαφρὰ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἀξονα ἐπὶ ὄριζοντου ἐπιπέδου.



Σχ. 138. 'Απόκλισις τῆς μαγνη-

"Οταν ἡ βελόνη ἴσορροπῇ, λαμβάνει τοιαύτην θέσιν, ὥστε ὁ κατὰ μῆκος ἀξωνάς αὐτῆς διευθύνεται σχεδὸν ἀπὸ Βορρᾶ πρὸς Νότον. Τὸ κατακόρυφον ἐπιπέδον, τὸ δόποιον διέρχεται διὰ τοῦ κατὰ μῆκος ἀξονος τῆς βελόνης, καλεῖται μαγνητικὸς μεσημβρινός. Οὗτος δὲν συμπίπτει μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου, ἀλλὰ σχηματίζει μὲ αὐτὸν γωνίαν, ή όποια καλεῖται μαγνητικὴ ἀπόκλισις (σχ. 138). Αὕτη είναι ἀνατολικὴ ή δυτι-

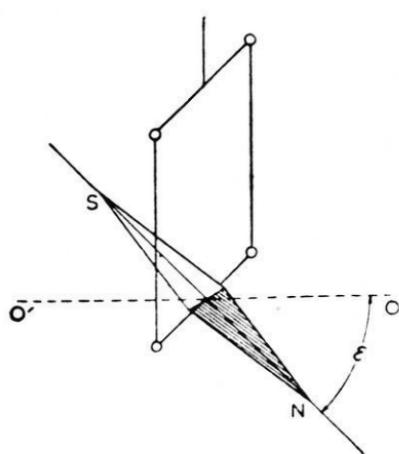
κή, καθ' ὃσον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης εὑρίσκεται πρὸς 'Α-

νατολὰς ή πρὸς Δυσμὰς τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. 'Η μαγνητικὴ ἀπόκλισις διαφέρει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. "Ωστε :

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

130. Μαγνητικὴ ἔγκλισις.—'Ελαφρὰ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὄριζοντον ἀξονα ἐπὶ τοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου τοῦ μα-

γνητικοῦ μεσημβρινοῦ. "Οταν ἡ βελόνη ἴσορροπή, τότε ὁ κατὰ μῆκος



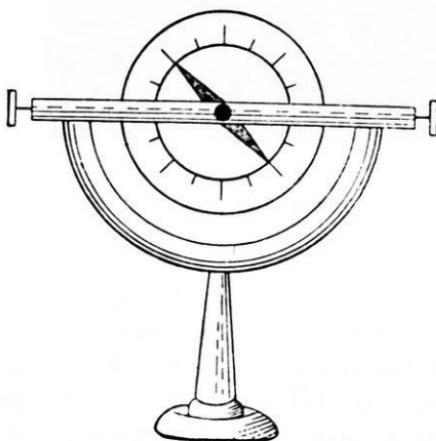
Σχ. 139. Έγκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

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

"Η συσκευὴ τοῦ σχ. 140 χρησιμεύει διὰ τὴν εὑρεσιν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως ἡ τῆς μαγνητικῆς ἔγκλισεως, καθ' ὃν ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι ὄριζόντιος ἢ καταχόρυφος.

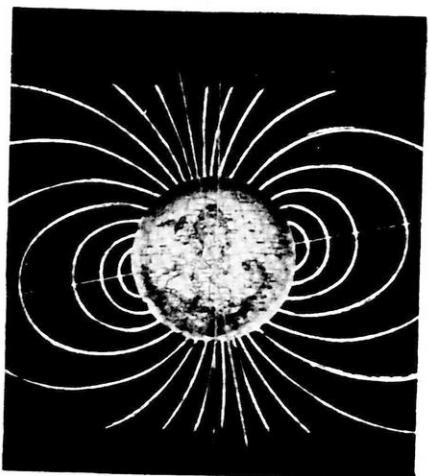
131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.—Εἰς οἰονδήποτε τόπον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως ἴσορροπεῖ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς νὰ ἔχῃ ὠρισμέ-

ζῶν τῆς βελόνης συγματίζει μὲ τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον γωνίαν, ἡ ὥσπεια καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (σχ. 139). Αὕτη εἶναι θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ, καθ' ὃν ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης εὐρίσκεται κάτωθεν ἢ ἀνωθεν τοῦ ὄριζόντιον ἐπιπέδου, τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῆς βελόνης. Εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις εἶναι θετική, ἐνῷ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον εἶναι ἀρνητική. Η μαγνητικὴ ἔγκλισις ἔχει διάφορον τιμὴν εἰς τοὺς διαφόρους τόπους. "Ωστε :



Σχ. 140. Πυξίς ἔγκλισεως μετατρεπομένη εἰς πυξίδα ἀποκλίσεως διὰ στροφῆς τοῦ δίσκου κατὰ 90°.

νην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι πέριξ ὄλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποιον καλεῖται γῆινον μαγνητικὸν πεδίον. Ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης ἐγκλίσεως δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ γηίου μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓνα τόπον αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἰναι κατὰ προσέγγισιν εὐθεῖαι παράλληλοι. Εἰς τὸν ἴσημερινὸν ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως εἰναι περίπου ἔριζοντια. "Οσον ὅμως προχωροῦμεν πρὸς Βορρᾶν ὁ κατὰ μῆκος ἔξων τῆς βελόνης συν-



Σχ. 141. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γηίνου
μαγνητικοῦ πεδίου.

μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον καὶ ὁ ὄποιος ὑπὸ μαγνητικὴν ἀποψὺν εἶναι βόρειος πόλος. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουν εἰς τὸν γῆινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον, ἀφοῦ διαγράψουν εἰς τὸν χῶρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτω ὁ πλανήτης μας συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸν δίπολον, τὸ ὄποιον δημιουργεῖ τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς δρείλεται εἰς κυκλικὰ ἥλεκτρικὰ ρεύματα. ‘Η ἀκριβῆς θέσις τῶν δύο μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εἶναι ἡ ἔξης: βόρειον ἡμισφαίριον:

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

νότιον ή μισφαίριον:

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

132. "Εντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου. — Εἰς τὸ σχῆμα 142 δεικνύονται τὰ ἐπίπεδα τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ (Γ) καὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (M). Μία μαγνητικὴ βελόνη ἔρχεται εἰς τὸ πεδίον Γ από τὴν διεύθυνσιν ON . Αἱ γωνίαι ακολούθης καὶ εἰναι ἀντιστοίχως ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις καὶ ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις.

Ἡ ἔντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τοῦτον είναι ἡ δύναμις H . Αὔτη ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, τὴν δριζοντίαν συνιστώσαν H_0 καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν H_x . Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον δρθογώνιον τρίγωνον εὑρίσκονται καὶ ἀκόλουθοι σχέσεις: $H_0 = H \cdot \sin \epsilon$, $H_x = H \cdot \eta \mu \epsilon$,

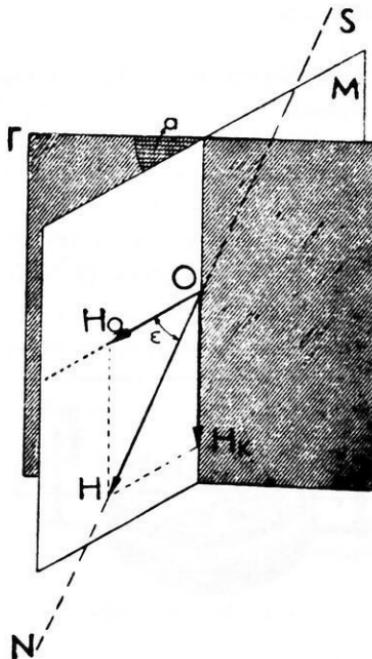
$$H^2 = H_0^2 + H_x^2$$

Ἄπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται: οὐτε :

Τὰ στοιχεῖα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς είναι ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις, ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

Αντὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου χρησιμοποιεῖται συνήθως ὡς μαγνητικὸν στοιχεῖον ἡ δριζοντία συνιστῶσα H_0 , ἡ ἥποια εὑρίσκεται εὐκόλως.

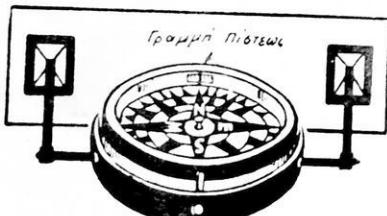
Μεταβολαὶ τῶν μαγνητικῶν στοιχείων ἐνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικὰ



Σχ. 142. Αἱ δύο συνιστῶσαι τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

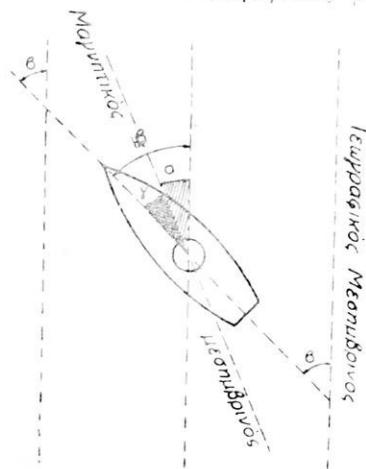
στοιχεῖα ἑνὸς τόπου δὲν ἔχουν σταθερὰν τιμὴν, ἀλλ᾽ ὑφίστανται κακονικές ήμερησίας καὶ ἐπησίας μεταβολάς. Πολλάκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἱρησίας μεταβολάς, αἱ ὄποιαι καλοῦνται μαγνητικαὶ θύελλαι. Αἱ ἀπότομοι καὶ τοιχοί μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲν ἀλλὰ φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βρόξειν σέλας, αἱ κηληδίδες τοῦ Ήλιου.

133. Ναυτικὴ πυξίς.— Ἐρχομογήν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν εἰς τὴν πυξίδα, τὴν ὥποιαν χρησιμοποιοῦμεν διὸ νὰ προσανατολιζόμεθα ἐπὶ τοῦ ὁρίζοντού ἐπιπέδου. Ἡ πυξίς εἶναι μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως, ἡ ὥποις στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἡ ναυτικὴ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς μαγνητικὰς βελόνας συνηγορώμενας παραλλήλως. Ἐπ' αὐτῶν προσκολλᾶται μονίμως ἐλαχρός δίσκος, ἐπὶ τοῦ ὥποιου σημειώνονται τὰ σημεῖα τοῦ ὁρίζοντος



Σχ. 143. Ναυτικὴ πυξίς.

καὶ αἱ διαιρέσεις τοῦ κύκλου. Ο δίσκος οὗτος καλεῖται ἀνεμολόγιον. Τὸ σύστημα τῶν βελονῶν ἀντιστοιχεῖ πρὸς ἕνα μαγνήτην, δυνάμενον νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα, δ ὥποιος εἶναι στερεωμένος εἰς τὸν πυθμένα χαλκίνου δοχεῖον (σχ. 143). Τὸ δοχεῖον τοῦτο ἐξαρτᾶται καταλλήλως (σύστημα Cardan), ὥστε ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ ἀνεμολόγιου νὰ εἶναι πάντοτε κατακόρυφος παρὰ τοὺς κλιδωνισμοὺς τοῦ σκάφους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ χαλκίνου δοχεῖου εἶναι χαραγμένη μικρὰ εὐθεῖα, ἡ γραμμὴ πίστεως, ἡ ὥποια δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τοῦ σκάφους. "Οταν τὸ πλοῖον στρέφεται, ἡ



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

γραμμή πίστεως στρέφεται καὶ αὐτὴ μετὰ τοῦ πλοίου, ἀλλὰ τὸ ἀνεμολόγιον διατηρεῖ θέσιν σταθεράν. Εἰς τὸν ναυτικὸν εἶναι γνωστὴ ἐκ τῶν χαρτῶν ἡ γωνία β, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστὴ καὶ ἡ ἀπόκλισις α, εὑρίσκεται ἡ γωνία γ, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτη κατεύθυνσις, ὥστε ἡ γραμμή πίστεως νὰ εὑρίσκεται ἔμπροσθεν τῆς διαιρέσεως γ τοῦ βαθμολογημένου κύκλου.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

81. Δύο δῆμοιοι εὐθύγραμμοι μαγνήται ἔχουν μῆκος 15 cm, ἐκαστος δὲ πόλος των ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 500 C.G.S. Οἱ δύο μαγνήται εύρισκονται ἐπὶ ὁρίζοντίας τραπέζης, κατὰ μῆκος τῆς αὐτῆς εύθειάς καὶ ἔχουν τοὺς βορείους πόλους των ἀπέναντι ἀλλήλων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο βορείων πόλων εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἑκάστου μαγνήτου;

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

83. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι Α καὶ Β ἔχουν ἀντιστοίχως ποσότητας μαγνητισμοῦ 20 C.G.S. καὶ 30 C.G.S. Ἡ μεταξὺ τῶν δύο τούτων πόλων ἀπόστασις εἴναι 10 cm. Νὰ εὐρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ἔχων ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S., ὥστε ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν δύο πόλων Α καὶ Β νὰ εἴναι ἴση μὲ μῆδν.

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

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

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

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

συνιστώσα τοῦ γηίνου μαγνητικού πεδίου είναι $H_0 = 0,18$ Gauss. Πόσον έργον δαπανῶμεν, όταν άπομακρύνωμεν τὴν βελόνην κατὰ 60° ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ίσορροπίας της;

88. Μαγνητική βελόνη ἔγκλισεως ἔχει μῆκος 10 cm, ἔκαστος δὲ τῶν πόλων της ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 30 C.G.S. Ἡ βελόνη αἰωρεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ δριζούτις συνιστώσα τοῦ γηίνου μαγνητικού πεδίου είναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἔγκλισις είναι 60° . Διὸ νὰ διατηρήσωμεν τὴν βελόνην δριζοντίαν, θέτομεν ἐπ' αὐτῆς μικρὸν ιππέα ἔχοντα βάρος 0,500 grⁱⁱⁱ. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς βελόνης πρέπει νὰ τεθῇ ὁ ιππεύς;

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

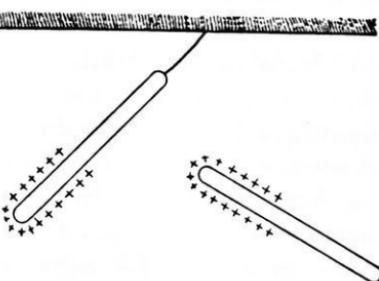
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

~~0-15-20
T8-10-71~~

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—“Εξ αἰῶνας π.Χ. ὁ Θαλῆς ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ ἡλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ μαλλίνου ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα (τρίχας, τεμάχια χάρτου, πτίλα κ.ἄ.). Ἡ ἰδιότης αὐτὴ τοῦ ἡλέκτρου ὠνομάσθη ἡλεκτρισμός. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι τὴν ἰδιότητα αὐτὴν ἔχουν καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα (ἡ ρητίνη, ὁ ἐθεούντης, τὸ θεῖον, ἡ ψαλος κ.ἄ.).

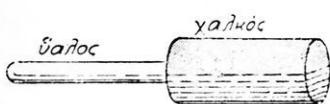
Ἡλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἔξαρτῶμεν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μεταξὺς (σχ. 145). Ἐὰν εἰς τὴν ἔξηρτημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἄλλην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀπωθοῦνται μεταξύ των. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ μὲ δύο ἡλεκτρισμένας ράβδους ρητίνης. Ἐὰν ὅμως εἰς τὴν ἡλεκτρισμένην ύαλίνην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἡλεκτρισμένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἡλεκτρισμένην ράβδον ρητίνης, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἔλκονται μεταξύ των. Ἐκ τῶν πειραμάτων τούτων συνάγεται ὅτι ὑπάρχουν δύο εἴδη ἡλεκτρισμοῦ, ἥτοι ὁ θετικὸς ἡλεκτρισμός, ὁ ὄποιος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός, ὁ ὄποιος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ρητίνης. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ἀπλὰ πειράματα συνάγεται ἐπὶ πλέον ὅτι :



Σχ. 145. Ἀπωσις ὅμωνύμων ἡλεκτρισμένων ράβδων.

Σώματα ὅμωνύμων ἡλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται, ἐνῷ σώματα ἔτερωνύμων ἡλεκτρισμένα ἔλκονται.

135. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἀγωγοί. — "Οταν ἐν σῶμα εἴναι ἡλεκτρισμένον, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο φέρει ἡλεκτρικὸν φορτίον, δηλαδὴ φέρει πιστότητα ἡλεκτρισμοῦ. Εὖν ἡλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς, μίαν ράβδον ὑάλου ἢ ῥητίνης παραπτηροῦμεν ὅτι τὰ ἐλαφρὰ σώματα προσκολλῶνται μόνον εἰς τὸ προστριβὲν μέρος τῆς ράβδου. Ἐπομένως μόνον εἰς τὸ μέρος ἐκεῖνο τῆς ράβδου ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν φορτίον. Λαμβάνομεν ράβδον χαλκοῦ, ἢ ὅποια φέρει ὑάλινην λαβὴν (σγ. 146).

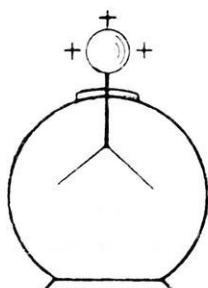


Σχ. 146. Ἡλέκτρισις διὰ τριβῆς ράβδου χαλκοῦ.

'Εὰν προστρίψωμεν μὲν μάλλινον ψηστικού μέρος τῆς χαλκίνης ράβδου, παρατηροῦμεν ὅτι ὀλόκληρος ἢ ράβδος ἡλεκτρίζεται. "Αρι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὄποιον ἀνεπτύγθη εἰς τὸ προστριβὲν μέρος τῆς ράβδου, διεδίλη, διὰ

μέσου τοῦ χαλκοῦ εἰς ὀλόκληρον τὴν ράβδον τοῦ χαλκοῦ. Οὕτω τὰ σώματα διακρίνονται εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἢ γωγοὺς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Καλοὶ ἀγωγοὶ ἢ ἀπλῶς ἢ γωγοὶ καλοῦνται τὰ σώματα, τὰ ὄποια ἀρήνουν τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινοῦνται διὰ μέσου αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἴναι ὅλα τὰ μέταλλα, τὰ διαλύματα τῶν ὑξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων, τὸ σῶμα τῶν ζώων, τὸ ὑγρὸν ἔδαφος, ὁ ἄνθραξ, αἱ φλόγες κ.ἄ. Κακοὶ ἀγωγοὶ ἢ μονωτικοὶ καλοῦνται τὰ σώματα, τὰ ὄποια δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινηθοῦν διὰ μέσου αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἴναι ἡ ρητίνη, τὸ ἡλεκτρον, ἡ παραφίνη, ὁ μαρμαρύγιας, ἡ μέταξα, ἡ ξηρὰ ψάλιος, ἡ παρσελάνη κ.ἄ. Μερικὰ σώματα εἴναι πολὺ μέτριοι ἀγωγοὶ ἢ ἄλλως πολὺ ἀτελεῖς μονωταὶ καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἡ μονωτικοὶ τοιαῦτα σώματα εἴναι τὸ ξύλον, ὁ χάρτης, τὸ μάρμαρον, τὸ πόσιμον ὄδωρ κ.ἄ.

136. Ἡλεκτροσκόπιον. — Τὸ ἡλεκτροσκόπιον (σγ. 147) ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν στέλεχος, τὸ ὄποιον εἰς τὸ ἐν ἄκρων καταλήγει εἰς σφαῖραν ἢ μικρὸν δίσκον, εἰς δὲ τὸ ἄλλον ἄκρον φέρει δύο λεπτὰ καὶ μακρὰ φύλλα ἀργυρίου (ἢ χρυσοῦ). Τὸ στέλεχος τοῦτο στερεώνεται μὲν μονωτικὸν πῶμα εἰς ὑάλινον δοχεῖον. Εὖν ἡλεκτρισμένον σῶμα ἐγγίσῃ τὴν σφαῖραν τοῦ μεταλλικοῦ στελέχους, τοῦτο ἡλεκτρίζεται ἔξ



Σχ. 147. Ἡλεκτροσκόπιον.

έπαφης καὶ τὸ φύλα τοῦ ἀργυρίου ἀπωθοῦνται, διότι ἡλεκτρίζονται ὄμωνύμως. Οὕτω μὲ τὸ ἡλεκτροσκόπιον δυνάμεθα νὰ εὑρίσκωμεν, ἂν ἔν σῶμα ψέρῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον.

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

‘Η ἐλξις ἡ ἡ ἀπωσις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μικρῶν ἡλεκτρισμένων σφαιρῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.’

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

ὅπου F εἶναι ἡ δύναμις, Q_1 καὶ Q_2 τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, αἱ ἡ ἀπόστασις αὐτῶν καὶ εἰναι μία σταθερά, ἡ ὁποία ἔχεται ἐκ τῶν μονάδων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο φορτίων. Διὸ τὸν ἀέρα εἰς τὸ σύστημα C.G.S. εἶναι $\epsilon = 1$, διὰ τὸν μαρμαρυγίαν εἶναι $\epsilon = 6$ κ.τ.λ. Ἡ σταθερὰ εἰκαλεῖται διηλεκτρικὴ σταθερὰ (§ 211).

138. Μονάδες ἡλεκτρικοῦ φορτίου.— Δύο ἵσα θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = Q_2$ εὑρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν $a = 1$ cm καὶ μεταξὺ αὐτῶν ἔχεσκεται ἀμοιβαία ἀπωσις ἵση μὲ $F = 1$ dyn. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι $Q_1 = Q_2 = 1$. Οὕτως δοκίζεται ἡ ἡλεκτροστατικὴ μονάδα φορτίου (1 ΗΣΜ—φορτίου) ἡ μονάδας ἡλεκτρικοῦ φορτίου C.G.S.

Ἡλεκτροστατικὴ μονάδα φορτίου εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τὸ ὁποῖον, ὅταν εύρισκεται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἕσον φορτίου, ἔχασκει ἐπ’ αὐτοῦ δύναμιν ἵσην μὲ 1 δύνην.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὡς μονάδας ἡλεκτρικοῦ φορτίου λαμβάνεται τὸ 1 Coulomb (1 Cb), τὸ ὁποῖον ἴσσοῦται μὲ $3 \cdot 10^9$ ἡλεκτροστατικὰς μονάδας φορτίου.

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

Παραδείγματα. 1) Δύο θετικά ήλεκτρικά φορτία $Q_1 = 25 \text{ ΗΣΜ}$ και $Q_2 = 72 \text{ ΗΣΜ}$ εύρισκονται εἰς τὸν άέρα και εἰς άπόστασιν $\alpha = 1 \text{ cm}$. Ή μεταξὺ αὐτῶν δύσκουμένη απώσταση είναι :

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

2) Δύο θετικά ήλεκτρικά φορτία, έκαστον τῶν ὅποιων είναι ೯σον μὲ ೧ Cb, εύρισκονται εἰς τὸν άέρα και εἰς άπόστασιν 10 m. Ή μεταξὺ αὐτῶν έξασκουμένη απώσταση είναι :

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

ήτοι $F = 9 \cdot 10^6 \text{ kgf}^*$ η $F = 9\,000 \text{ tn}^*$

Τὸ παράδειγμα τοῦτο δεικνύει πόσον μεγάλαι είναι αἱ ἀναπτυσσόμεναι ήλεκτρικαὶ δύναμεις.

139. Διανομὴ τοῦ ήλεκτρικοῦ φορτίου.—"Αἱ θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ήλεκτρισμένην μεταλλικὴν σφαῖραν. "Ενεκα τῆς ἀπώσεως, ἡ ὅποια ἔξασκεται μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων ήλεκτρικῶν φορτίων τῆς σφαῖρας, τὰ φορτία μετακινοῦνται καὶ λαμβάνουν θέσιν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ. "Επὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλων ἀγωγῶν δὲν ὑπάρχουν ήλεκτρικὰ φορτία. Τοῦτο ἐπαληθεύομεν πειραματικῶς μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ήλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ σφαιριδίου. Τὸ δοκιμαστικὸν σφαιρίδιον είναι μεταλλικὸν σφαιρίδιον στερεωμένον εἰς τὸ ἄκρον ὑαλίνης ράβδου (σχ. 148). "Οταν φέρωμεν τὸ σφαιρίδιον εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ήλεκτρισμένου κοίλου ἀγωγοῦ, τὸ σφαιρίδιον λαμβάνει ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ήλεκτρικὸν φορτίον. "Αντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, ὅταν φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.



Σχ. 148 Εὑρεσις τῆς κατανομῆς τοῦ ήλεκτρικοῦ φορτίου. Οταν φέρωμεν τὸ σφαιρίδιον εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ήλεκτρισμένου κοίλου ἀγωγοῦ, τὸ σφαιρίδιον λαμβάνει ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ήλεκτρικὸν φορτίον. Αντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, ὅταν φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.

"Επὶ ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ τὸ ήλεκτρικὸν φορτίον κατανέμεται δομοιμόρφως. "Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς φέρῃ ἀκμὰς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τοῦ ήλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρώνεται εἰς τὰ σημεῖα αὐτά, διότι, ἔνεκα τῆς ἀπώσεως τῶν ὁμωνύμων ήλεκτρικῶν φορτίων, ταῦτα προσπαθοῦν νὰ καταφύγουν εἰς τὰ ἀπώτερα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. "Εκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξης:

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

89. Δύο θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = 50$ C.G.S. καὶ $Q_2 = 80$ G.G.S. εύρισκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Ἡ μεταξὺ τῶν φορτίων ἀπόστασις είναι 10 cm. Πόση είναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἀπωστισμός;

90. Δύο ἵσα ὅμωνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται μὲν δύναμιν 25 dyne, ὅταν ἡ μεταξὺ τῶν ἀπόστασις είναι 10 cm. Πόσον είναι ἑκαστον φορτίον;

* 91. Εἰς τὰ ἄκρα A καὶ B μιᾶς εὐθείας μήκους 15 cm εύρισκονται δύο θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐκ τῶν ὅποιων τὸ ἐν εἴναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποιάν θέσιν πρέπει νὰ τεθῇ ἡ μονάς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ώστε αἱ ἐπ' αὐτῆς ἀσκούμεναι δράσεις ἔκ μέρους τῶν δύο φορτίων νὰ ἔχουν συνισταμένην μηδέν;

* 92. Ὁρθογώνιον παραλληλόγραμμον ἔχει πλευρὰς 3 cm καὶ 4 cm. Εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ παραλληλογράμμου εύρισκονται τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία + 125, + 36, - 32 καὶ + 1 C.G.S. Πόση είναι ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν τριῶν ἄλλων φορτίων ἐπὶ τοῦ φορτίου + 1 C.G.S.

* 93. Δύο ὅμοιαι μικραὶ μεταλλικαὶ σφαῖραι ἔξαρτωνται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον μὲ δύο νήματα μετάξης μήκους 20 cm. Ἐκάστη σφαῖρα ἔχει βάρος 0,5, gr* καὶ φέρει φορτίον + Q. Ὁταν αἱ σφαῖραι ἴσορροποῦν, τὰ δύο νήματα σχηματίζουν γωνίαν 30°. Πόσον είναι τὸ φορτίον ἑκάστης σφαῖρας;

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

140. Σπουδὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. — "Οταν ἐν σῶμα εἰναι ἡλεκτρισμένον, τότε τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ σώματος τούτου ἔξασκεῖ ἔλεις ἡ ἀπώσεις ἐπὶ παντὸς ἡλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὅποιον φέρεται εἰς τὸν πέριξ τοῦ σώματος χῶρον. Λέγομεν τότε ὅτι πέριξ τοῦ ἡλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον." Ωστε :

"Ἡλεκτρικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὅποια φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Εἰς ἐν σημεῖον τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν ἐλεύθερον ὄλιχὸν σημεῖον, τὸ ὅποιον ἔχει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ μία ὥρισμένη δύναμις, ἡ ὅποια ἀναγκάζει τὸ ὄλιχὸν

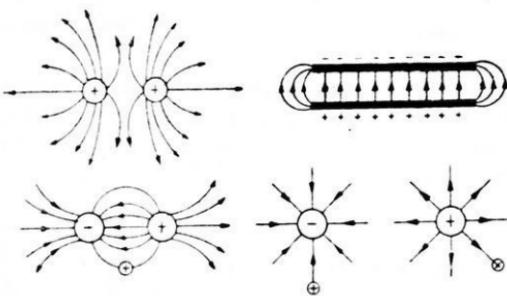
σημεῖον νὰ διαγράψῃ μίαν εὐθύγραμμον ή καμπυλόγραμμον τροχιάν. Ή τροχιά αὕτη καλεῖται **δυναμική γραμμή** τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. **Ωστε :**

Δυναμική γραμμή τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καλεῖται ή τροχιά, τὴν όποιαν διαγράφει τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ύπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Εἰς ἔκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ή δύναμις, ή όποια ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ κινουμένου θετικοῦ φορτίου, είναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.

Διεύθυνσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον αύτοῦ καλεῖται ή διεύθυνσις τῆς δυνάμεως, ή όποια ἔχασκεῖται ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

Εἰς τὸ σχῆμα 149 δεικνύονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς διαφόρους περιπτώσεις.

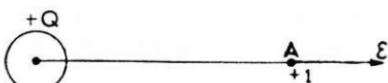


Σχ. 149. Διάφοροι περιπτώσεις ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

ἡλεκτρισμένων παραλλήλων πλακῶν σχηματίζεται **δύο γενέσεις** ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ όποιου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι παράλληλοι (§ 215).

Ἐστω $+Q$ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τό διόποιον δημιουργεῖ τὸ πεδίον (σχ. 150). Εἰς τὸ σημεῖον A τοῦ πεδίου φέρομεν ἡλεκτρικὸν φορτίον $+q$.

Τότε ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ δύναμις : $F = \frac{Q \cdot q}{\alpha^2}$. Ἀρα εἰς τὸ σημεῖον A ἐπὶ τοῦ φορτίου $+1$ ἐνεργεῖ



Σχ. 150. Διὰ τὸν δρισμὸν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον A .

ώρισμένη δύναμις $E = \frac{F}{q}$, ή όποια καλεῖται **έντασις** του ηλεκτρικού πεδίου είς τὸ σημεῖον A. "Ωστε :

"Εντασις (E) του ηλεκτρικού πεδίου είς ἐν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ή δύναμις, ή όποια ἔξασκεῖται ἐπὶ του ηλεκτρικοῦ φορτίου + 1 φερομένου είς τὸ σημεῖον τοῦτο του πεδίου.

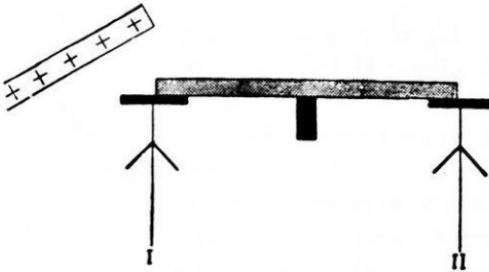
$$\boxed{\text{έντασις ηλεκτρικοῦ πεδίου : } E = \frac{F}{q} \quad \text{η} \quad E = \frac{\Omega}{\alpha^2}}$$

Εἰς τὸ ὅμογενὲς ηλεκτρικὸν πεδίον ή ἐν τασις του πεδίου εἶναι σταθερὰ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα του πεδίου. ✓

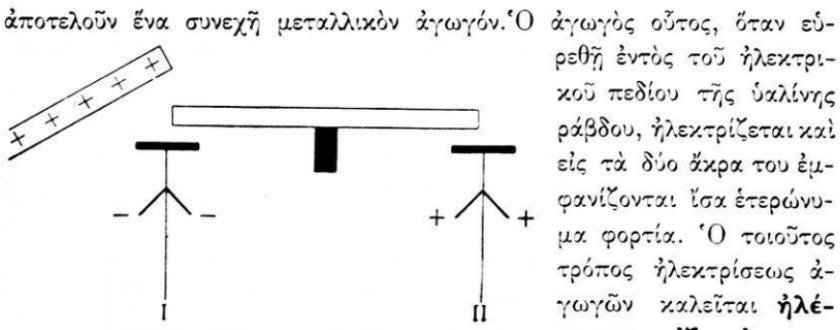
141. Αγωγὸς ἐντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου.—Λαμβάνομεν δύο ὅμοια ηλεκτροσκόπια καὶ ἐπὶ τῶν δύο δίσκων των στηρίζομεν τὰ δύο ἄκρα μαχρᾶς μεταλλικῆς ράβδου (σχ. 151). Εἰς τὸ ἐν ηλεκτροσκόπιον πλησιάζομεν ηλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία, ἀν καὶ ή ηλεκτρισμένη ὑαλίνη ράβδος δὲν ξλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ κανὲν ἐξ αὐτῶν. Εἰναι τὸ μεταλλικὸν ράβδον, κρατοῦντες αὐτὴν ἐκ τῆς μονωτικῆς λαβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι, καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ὑαλίνης ράβδου, τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἔξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἐτερωνύμως ηλεκτρισμένα (σχ. 152).

Εἰναι δημοσιεύμεν τὸ μεταλλικὸν ράβδον, καὶ ἀπομακρύνωμεν τὴν ὑαλίνην ράβδον, τὰ ηλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων ἔξαφνίζονται. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι τὰ δύο ηλεκτροσκόπια φέρουν ἵστα στοιχείωμα ηλεκτρικὰ φορτία.

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



Σχ. 151. Τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία.

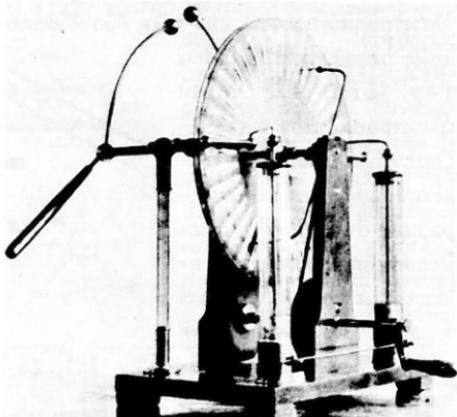


Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ἡλεκτροσκοπίων εἰναι ἐτερώνυμα.

ἀγωγὸς οὗτος, ὅταν εὔρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τῆς ύπαλινης ράβδου, ἡλεκτρίζεται καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐμφανίζονται ἵσχες ἐτερώνυμη φορτία. Ο τοιοῦτος τρόπος ἡλεκτρίσεως ἀγωγῶν καλεῖται ἡλεκτρισις ἔξι ἐπαγωγῆς (ἢ ἔξι ἐπιδράσεως). "Ωστε :

"Οταν ἀγωγὸς εύρεθῇ ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἔξι ἐπαγωγῆς ἵσα ἐτερώνυμα φορτία.

Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἡλεκτρίσεως ἔξι ἐπαγωγῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς ἡλεκτροστατικῆς μηχανῆς τοῦ Wimshurst, ἡ ὃποίᾳ συγκεντρώνει τὰ ἀναπτυσσόμενα ἔξι ἐπαγωγῆς ἐτερώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία εἰς δύο μεταλλικὰ σφαιρίδια (σχ. 153).

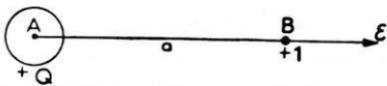


1-11-13 142. Δυναμικόν.—Μικρὸς σφαιρικὸς ἀγωγὸς A (σχ. 154)

φέρει φορτίον $+Q$. Τότε πέριξ αὐτοῦ ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον. Εἰς ἐν σημεῖον B τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν τὸ φορτίον $+1$. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ τότε ἡ δύναμις $F = \frac{Q(+1)}{a^2}$. Εὰν τὸ ύλικὸν σημεῖον εἰναι ἐλεύθερον, τοῦτο θὰ μετακινηθῇ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπειρού. Διότι ἡ ἔντασις E τοῦ πεδίου γίνεται θεωρητικῶς ἵση μὲνηδέν, δταν ἡ ἀπόστασις α γίνη ἀπειρος. Κατὰ τὴν μετακίνησιν αὐ-

Σχ. 153. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimshurst.

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



Δυναμικὸν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον B καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου, ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q εὑρίσκεται εἰς ἵσορροπίαν. "Ενεκα τούτου ἴσχύει ὁ ἀκόλουθος δρισμός :

Δυναμικὸν ἐνὸς ἡλεκτρισμένου ἀγωγοῦ καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ἀγωγοῦ τούτου, ὅταν τὸ φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον B μέχρι τοῦ ἀπείρου.

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

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

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἐδάφους εἶναι ἵσον μὲν μηδέν.

143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.— Δύο ἡλεκτρισμένοι σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως δυναμικὸν U_1 καὶ U_2 . Τὰ δυναμικὰ αὐτὰ εἶναι ἄνισα $U_1 > U_2$. Τότε λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν A καὶ B ὑπάρχει **διαφορὰ δυναμικοῦ** ἢ **τάσις** ἵση μὲν $U_1 - U_2$.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐκφράζει τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου $+1$ ἐκ τοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον.

'Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω ὁρισμοῦ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ προκύπτει τὸ ἔξης συμπέρασμα :

Έαν έκ τοῦ ἀγωγοῦ A μεταφερθῇ εἰς τὸν ἀγωγὸν B ἡλεκτρικὸν φορτίον Q, τότε κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ φορτίου τούτου παράγεται ἔργον ἵσον μὲ τὸ γινόμενον τοῦ φορτίου Q ἐπὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U₁ – U₂.

$$\text{ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν φορτίου : } W = Q \cdot (U_1 - U_2)$$

Μεταφορὰ ἡλεκτρικοῦ φορτίου ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ A εἰς τὸν ἀγωγὸν B δύναται νὰ γίνη εύκόλως, ἂν συνδέσωμεν τοὺς δύο ἀγωγοὺς μὲ ἐν σύρμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου θὰ μᾶς δώσῃ ἔργον.

114. Μονάδες δυναμικοῦ.— Ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς A ἔχει δυναμικὸν U. Μεταξὺ τοῦ ἀγωγοῦ A καὶ τοῦ ἐδάφους ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U – 0 = U. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἔξισωσις :

$$W = Q \cdot (U_1 - U_2) \quad \text{γράφεται : } \quad W = Q \cdot U, \quad \text{ἄρα} \quad U = \frac{W}{Q}$$

Ἡ εύρεθεῖσα σχέσις μᾶς βοηθεῖ νὰ ὀρίσωμεν τὰς μονάδας δυναμικοῦ. Οὕτως εύρισκομεν ὅτι :

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

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

Ἡ πρακτικὴ μονὰς δυναμικοῦ καλεῖται Volt (1 V) καὶ ὀρίζεται ὡς ἔξης :

Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ είναι ἵσον μὲ 1 Volt, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν φορτίου 1 Coulomb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἵσον μὲ 1 Joule.

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

Η σχέσις μεταξύ της πρακτικής μονάδος Volt και της ΗΣΜ — δυναμικοῦ εὑρίσκεται εύκολως, διότι είναι :

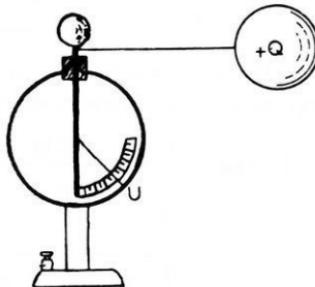
$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}} \quad \ddot{\text{αρχ}}$$

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

Μὲ τὰς ἀνωτέρα δύο μονάδας δυναμικοῦ μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὅποια ὑπάρχει μεταξύ δύο ἀγωγῶν ἢ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω π.χ. λέγομεν ὅτι μεταξύ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 220 Volt. Τοῦτο σημαίνει ὅτι κατὰ τὴν μεταφορὰν 1 Cb ἀπὸ τὸν ἔνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον παράγεται ἔργον μὲ 220 Joule. Ἐπίσης, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς ἔχει δυναμικὸν 500 000 Volt, ἐννοοῦμεν ὅτι, ἀν ἀφήσωμεν νὰ μετακινηθῇ 1 Cb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ ἕως τὸ ἔδαφος, θὰ παραχθῇ ἔργον μὲ 500 000 Joule.

145. Σχέσεις μεταξὺ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται μὲ εἰδικὸν ὅργανον, τὸ ὅποιον καλεῖται ἡλεκτρόμετρον. Τοῦτο είναι σύνηθες ἡλεκτροσκόπιον (σχ. 155), τοῦ ὅποιου τὰ φύλλα μετακινοῦνται ἐμπροσθεν τόξου φέροντος διαιρέσεις εἰς Volt.

Ἐστω ὅτι εἰς σφαιρικὸς ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q. Μὲ τὸ ἡλεκτρόμετρον εὑρίσκομεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος ἔχει δυναμικὸν U. Ἐὰν τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ γίνῃ 2Q, 3Q... εὑρίσκομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ γίνεται ἀντιστοίχως 2U, 3U... Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου διὰ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ ἔχει σταθερὰν τιμήν, ἐφ' ὅσον πλησίον αὐτοῦ δὲν ὑπάρχουν ἄλλοι ἀγωγοί. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καταλήγομεν εἰς τὸν δρισμὸν ἐνὸς νέου φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὅποιον είναι σταθερὸν δι' ἔκαστον ἀγωγὸν καὶ καλεῖται χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ :



Σχ. 155. Ἡλεκτρόμετρον.

Χωρητικότης (C) άγωγοῦ καλεῖται τὸ σταθερὸν πηλίκον τοῦ φορτίου (Q) διὰ τοῦ δυναμικοῦ (U) τοῦ άγωγοῦ.

$$\boxed{\text{χωρητικότης άγωγοῦ: } C = \frac{Q}{U}}$$

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

Ἡλεκτροστατική μονάς χωρητικότητος είναι ἡ χωρητικότης άγωγοῦ, ὁ ὅποιος φέρει 1 ἡλεκτροστατικὴν μονάδα φορτίου καὶ ἔχει δυναμικὸν ἴσον μὲ 1 ἡλεκτροστατικὴν μονάδα δυναμικοῦ.

$$\boxed{1 \text{ HSEM} - \text{χωρητικότητος} = \frac{1 \text{ HSEM} - \text{φορτίου}}{1 \text{ HSEM} - \text{δυναμικοῦ}}}$$

Ἡ πρακτικὴ μονάς χωρητικότητος καλεῖται **Farad** (1 F) καὶ ὀρίζεται ὡς ἔξῆς :

Ἡ χωρητικότης άγωγοῦ είναι ἵση μὲ 1 Farad, ὅταν ὁ άγωγὸς φέρῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 1 Coulomb καὶ ἔχῃ δυναμικὸν 1 Volt.

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

Ἡ σχέσις μεταξὺ τῆς πρακτικῆς μονάδος Farad καὶ τῆς HSEM—χωρητικότητος εὑρίσκεται εὐκόλως, διότι είναι :

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

$$\boxed{1 \text{ Farad} = 9 \cdot 10^9 \text{ HSEM} - \text{χωρητικότητος}}$$

Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιεῖται ἡ μονάς microfarad (μF), ἡ ὅποια είναι :

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{10^6} \text{ Farad} \quad \text{ἄρα} \quad 1 \mu\text{F} = 9 \cdot 10^{-9} \text{ HSEM} - \text{χωρητικότητος}$$

146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—'Εὰν τὸ εἶναι ἡ ἀκτίς ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ καὶ Ζ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του, τότε ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι: $U = \frac{Q}{r}$. 'Η χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι: $C = \frac{Q}{U}$. 'Απὸ τὰς δύο αὐτὰς σχέσεις εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι $C = r$. "Ἄρα:

'Η χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰς ΗΣΜ — χωρητικότητος ισοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὴν ἀκτῖνα τοῦ ἀγωγοῦ μετρηθεῖσαν εἰς ἑκατοστόμετρα.

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

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

147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ.— Μεμονωμένος ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q καὶ ἔχει δυναμικὸν U . Διὰ τὴν φόρτισιν τοῦ ἀγωγοῦ δαπανᾶται ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. 'Αποδεικνύεται ὅτι:

Μεμονωμένος ἀγωγός, ἔχων ἡλεκτρικὸν φορτίον Q , δυναμικὸν U καὶ χωρητικότητα C , περικλείει ἐνέργειαν:

$$\text{Ἐνέργεια ἀγωγοῦ: } W = \frac{1}{2} Q \cdot U \text{ ή } W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

94. Εἰς ἓν σημεῖον εὑρίσκεται ἡλεκτρικὸν φορτίον $Q = 150$ C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τοῦ φορτίου Q παραγομένου ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm καὶ 10 cm;

95. Εἰς τὰ σκρα εὐθείας μήκους 15 cm εὑρίσκονται δύο ἡλεκτρικὰ φορτία $+Q$ καὶ $+4Q$. Εἰς ποῖον σημεῖον η ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ίση μὲ μηδέν;

96. Εις τὰς κορυφὰς τετραγώνου, ἔχοντος πλευρὰν 4 cm, εύρισκονται κατὰ σειρὰν τὰ φορτία +100, +100, -100 καὶ -100 C.G.S. Πόση είναι ἡ ἑντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου;

97. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἵση μὲ 4,5 Volt. Πόσου ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ μεταφερθῇ ἐκ τοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον, διὰ νὰ λάβωμεν ἔργον 90 Joule.

98. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 250 C.G.S. Πόσον φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἀγωγός, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ δυναμικὸν 0,1 Volt;

99. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα $10 \mu F$ καὶ δυναμικὸν 4 Volt. Πόσον είναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ;

100. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ σφαιρικὸς ἀγωγός, ἀκτίνος 5 cm, διὰ νὰ ἔχῃ δυναμικὸν 10 Volt;

101. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα $8 \mu F$ καὶ δυναμικὸν 100 Volt. Πόσον είναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του καὶ πόση είναι ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀγωγοῦ;

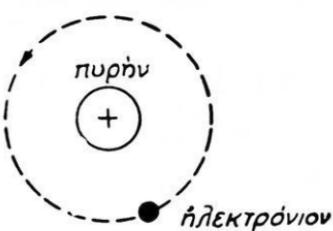
102. Σφαιρικὸς ἀγωγός ἔχει ἀκτίνα 10 cm. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἀγωγός, διὰ νὰ ἔχῃ ἐνέργειαν 5 Joule ;

103. Δύο μεταλλικαὶ σφαῖραι A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας $R_1 = 5$ cm καὶ $R_2 = 20$ cm. Τὸ δυναμικὸν ἑκάστης σφαίρας είναι ἀντιστοίχως $U_1 = 100$ καὶ $U_2 = 60$ C.G.S. Διὰ μίαν στιγμὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰς δύο σφαίρας καὶ ἐπειτα τὰς ἀπομακρύνομεν. Νὰ εὔρεθῇ : α) τὸ φορτίον ἑκάστης σφαίρας μετά τὴν ἐπαφὴν της μὲ τὴν ἀλλην καὶ β) τὸ ἀθροισμα τῶν ἐνεργειῶν τῶν δύο σφαιρῶν πρὸ τῆς ἐπαφῆς των καὶ μετά τὴν ἐπαφὴν των.

3-11-11

ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

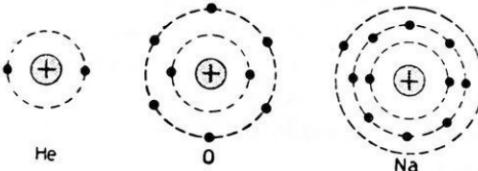
148. Στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον.— Εἰς τὰ προηγούμενα φαινόμενα τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία συμπεριφέρονται κατὰ τὸν



Σχ. 156. *Ατομον ὑδρογόνου.

ἴδιον τρόπον. Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία ἀναπτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἀρχ ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὅποια ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία εἰναι στενώτατα συνδεδεμένα μὲ τὰ συστατικὰ τῆς ὑλῆς. Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἀτομον τοῦ ὑδρογόνου είναι τὸ ἀπλούστερον ἐξ ὅλων τῶν ἀτόμων. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα θετικῶς ἡλεκτρισμένον πυρῆνα (σχ. 156), ὃ

όποιος καλεῖται **πρωτόνιον**. Πέριξ του πυρήνας περιφέρεται μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχιᾶς ἐν ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὄποιον καλεῖται **ἡλεκτρόνιον**. Ἡ μάζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἵση μὲ τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ήδρογόνου. Τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἵσον μὲ τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνας. Τὸ φορτίον τοῦτο καλεῖται: **στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον (e)** καὶ εἶναι ἵσον μὲ $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη, ὅτι τὸ στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον ε ἀποτελεῖ τὴν μικροτέραν ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ, διότι οὐδέποτε παρετεράθη ἡλεκτρικὸν φορτίον μικρότερον τοῦ στοιχειώδους ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἄτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἔχουν περισσότερον πολύπλοκον κατασκευήν, ἀποτελοῦνται δμως πάντοτε ἀπὸ ἕνα **θετικῶς ἡλεκτρισμένον πυρῆνα** καὶ ἀπὸ ὀρισμένον δι' ἔκαστον εἰδος ἀτόμου ἀριθμὸν **ἡλεκτρονίων**, τὰ ὅποια περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνας (σχ. 157). "Οταν τὸ ἄτομον εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἵσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἡλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοιπὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 157. Ἀτομα ἡλίου, διγυόνου καὶ νατρίου.

τερον τοῦ στοιχειώδους ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἄτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἔχουν περισσότερον πολύπλοκον κατασκευήν, ἀποτελοῦνται δμως πάντοτε ἀπὸ ἕνα **θετικῶς ἡλεκτρισμένον πυρῆνα** καὶ ἀπὸ ὀρισμένον δι' ἔκαστον εἰδος ἀτόμου ἀριθμὸν **ἡλεκτρονίων**, τὰ ὅποια περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνας (σχ. 157). "Οταν τὸ ἄτομον εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἵσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἡλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοιπὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

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

$$\text{στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον : } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$$

II. Τὰ θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τῶν πυρίνων τῶν ἀτόμων τῆς ὑλῆς.

III. Τὰ ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρονίου, τὸ ὅποιον εἶναι κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων τῆς ὑλῆς.

149. Ἐμφάνισις ἡλεκτρικῶν φορτίων.—Τὰ φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διφεύλονται εἰς τὴν ἴδιότητα τῶν ἡλεκτρονίων νὰ ἀποσπῶνται ἀπὸ ἐν ἄτομον καὶ νὰ προστίθενται εἰς ἐν ἄλλον ἄτομον. "Οταν ὅμως τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον στερηθῇ ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἡλεκτρονίων, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον. Ἀντιθέτως, ὅταν τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον προσλάβῃ ἡλεκτρόνια, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον. Τὰ τοιαῦτα ἡλεκτρισμένα ἄτομα ἢ μόρια καλοῦνται **ἴόντα** (θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ ίόντα). Ἰδιαίτερως τὰ ἄτομα τῶν μετάλλων ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ μεταβάλλωνται εἰς θετικὰ ίόντα, διότι 1, 2 ἢ 3 ἐκ τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ ἄτομου πολὺ εὐκόλως ἐγκαταλείπουν τὸ ἄτομον τοῦ μετάλλου. Τὰ εὐκίνητα αὐτὰ ἡλεκτρόνια τῶν μετάλλων καλοῦνται **έλευθερα ἡλεκτρόνια**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται τὸ ἔξτης συμπέρασμα:

"Ἐν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον, ὅταν ἔχῃ ἀπωλέσει ἡλεκτρόνια καὶ ἀντιθέτως ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον, ὅταν ἔχῃ περίσσειαν ἡλεκτρονίων.

150. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων.—"Οταν προστρίβωμεν δύο διαφορετικὰ σώματα A καὶ B (π.χ. ρητίνην καὶ ψφασμα), φέρομεν τὰ σώματα αὐτὰ εἰς πολὺ στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των. Παρατηροῦμεν δτι τὰ δύο σώματα ἡλεκτρίζονται ἑτερωνύμως. Τοῦτο ἀποδεικνύει δτι ἡλεκτρόνια μετέβησαν ἀπὸ τὸ ἐν σῶμα εἰς τὸ ἄλλο καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἐν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον, τὸ δὲ ἄλλο σῶμα ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν.

"Οταν δύο διαφορετικὰ σώματα ἔρχωνται εἰς στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των, τότε ἡλεκτρόνια μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ οὕτως ἐπὶ τῶν δύο σωμάτων ἐμφανίζονται ίσα ἑτερώνυμα ἡλεκτρικά φορτία.

"Ἐστω δτι ἐν σῶμα A φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Εὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲν οὐδέτερον μεμονωμένον ἀγωγὸν B, τότε μέρος τῶν πλεοναζόντων ἐπὶ τοῦ σώματος A ἡλεκτρονίων μεταβαίνει εἰς τὸν ἀγωγὸν B. Οὕτως δὲ ἀγωγὸς B ἀποκτᾷ ἀρνητικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ σῶμα A εἶναι θετικῶς ἡλεκτρισμένον, τότε μέρος τῶν ἐλευθέρων

ήλεκτρονίων τοῦ ἀγαγοῦ Β μεταβαίνει εἰς τὸ σῶμα Α καὶ οὕτως ὁ ἀγαγός Β ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένος. "Ωστε :

"Οταν ἡλεκτρισμένον σῶμα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲν μεμονωμένον οὐδέτερον ἀγωγόν, τότε ἡ ἔρχονται ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρόνια ἡ ἀποσπῶνται ἀπὸ αὐτὸν ἡλεκτρόνια καὶ οὕτως ἐμφανίζονται ἐπὶ τοῦ ἀγαγοῦ ἀρνητικά ἡ θετικὰ ἡλεκτρικά φορτία.

Τέλος, ἐὰν μεμονωμένος οὐδέτερος ἀγωγὸς εὑρεθῇ ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια τοῦ ἀγαγοῦ μετακινοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εἰς δύο περιοχάς τοῦ ἀγαγοῦ ἐμφανίζονται ἵσα ἑτερώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία. "Ωστε :

'Η ἡλεκτρισις ἐνὸς ἀγαγοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς διφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων τοῦ ἀγαγοῦ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

104. 'Αγωγὸς ἔχει φορτίον — 6,4 Cb. Πόσος είναι ὁ ἀριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ἡλεκτρονίων, τὰ δποῖα φέρει ὁ ἀγωγός;

ε 105. 'Αγωγὸς ἔχει φορτίον + 3,2 Cb. Πόσα ἡλεκτρόνια ἔχασεν ὁ ἀγωγός;

ε 106. Δύο ἑτερώνυμα στοιχειώδη ἡλεκτρικά φορτία + e καὶ -e εύρισκονται εἰς σπόστασιν 1 p.m. Πόση είναι ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη έλξις ;

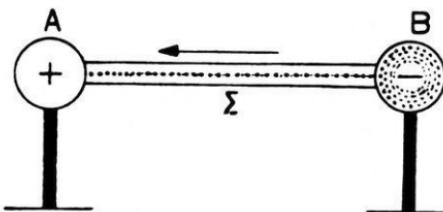
ε 107. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν υπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt. "Ἐν ἡλεκτρόνιον μεταβαίνει διπό τὸν ἔνα ἀγωγὸν εἰς τὸν δλλον. Πόσον ἔργον εἰς ἔργια καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτὴν τὴν μετακίνησιν τοῦ ἡλεκτρονίου ;

11-11-11

Η ΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

151. Παραγωγὴ ροῆς ἡλεκτρονίων.— Δύο σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ Α καὶ Β (σχ. 158) φέρουν φορτία +Q καὶ -Q. Τὸ δυναμικὸν ἔκαστου ἀγαγοῦ είναι ἀντιστοίχως +U καὶ -U. 'Εὰν συνδέσωμεν μὲ σύρμα τοὺς δύο ἀγωγούς, τότε τὰ ἐπὶ τοῦ ἀγαγοῦ Β πλεονάζοντα ἡλε-

κτρόνια θὰ ἔλθουν διὰ μέσου τοῦ σύρματος εἰς τὸν ἀγωγὸν A καὶ οἱ δύο ἀγωγοὶ θὰ γίνουν οὐδέτεροι. 'Η τοιαύτη ροή ἡλεκτρονίων διὰ μέσου τοῦ σύρματος ἀποτελεῖ **ἡλεκτρικὸν ρεῦμα**. 'Η διάρκεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἥτο ἐλαχίστη. 'Εὰν θέλωμεν νὰ διατηρηθῇ συνεχῆς αὐτὴ ἡ ροή τῶν ἡλεκτρονίων, πρέπει συνεχῶς νὰ ἀφαιροῦνται ἀπὸ τὸν



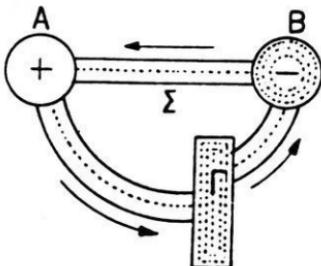
Σχ. 158. Ροή ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ B πρὸς τὸν ἀγωγὸν A.

ἐπαναφορά των ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ B ἐπιτυγχάνεται μὲ εἰδικάς μηχανάς, αἱ ὅποιαι καλοῦνται **γεννήτριαι ρεύματος** ἢ καὶ ἀπλῶς **γεννήτριαι**. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι εἶναι ἀντλίαι ἡλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἀγωγοὶ A καὶ B ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας (θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος). Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὅποῖον διαρρέει τὸ σύρμα Σ, ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. 'Η φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται **πραγματικὴ φορά**. Διότι, πρὶν διευκρινισθῇ ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐδέχθησαν κατὰ συνθήκην ὅτι τὸ ρεῦμα βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. 'Η φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται **συμβατικὴ φορά** καὶ ἔξακολουθεῖ νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὅψιν εἰς τὴν τεχνικήν. 'Εκ τῶν ἀνωτερῶν καταλήγομεν εἰς τὰ ἔξης συμπεράσματα :

I. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ροή ἡλεκτρονίων.

II. 'Η γεννήτρια δημιουργεῖ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς στα-

ἀγωγῶν A τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἡλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρωνται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ B. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρῆται σταθερὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν A καὶ B. 'Η συνεχῆς ἀφαίρεσις τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν A καὶ ἡ



Σχ. 159. 'Η γεννήτρια (Γ) είναι μία ἀντλία ἡλεκτρονίων.

θεράν διαφοράν δυναμικοῦ (τάσιν), ἵνεκα τῆς ὅποίας προκαλεῖται συνεχής ροή ήλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὃ ὅποιος ἔνώνει τοὺς δύο πόλους τῆς.

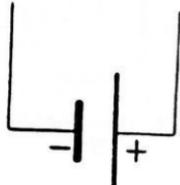
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φοράν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φορᾶς δὲν ἐμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

152. Εἰδη γεννητριῶν.—Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται συνήθως τὰ ἔξης εἰδη γεννητριῶν:

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

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

γ) Αἱ **ἡλεκτρικαὶ μηχαναί**, αἱ ὅποιαι ἀποτελοῦν τὸ κυριώτερον εἶδος γεννητριῶν καὶ χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν βιομηχανικὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Συμβολικῶς θὰ παριστῶμεν τὴν γεννήτριαν διὰ δύο ἀνίσων παραλλήλων εύθειῶν (σχ. 160).



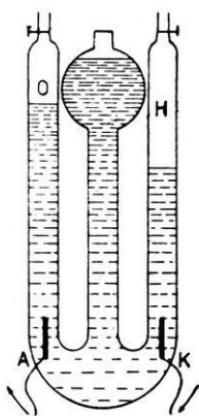
Σχ. 160. Συμβολική παράστασις γεννητρίας.

153. Δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—'Η διέλευσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ προδίδεται ἀπὸ διάφορα φαινόμενα.

α) Θερμικὰ φαινόμενα. "Οταν μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα πάντοτε θερμαίνεται. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τούτου στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος διὰ πυρακτώσεως καὶ τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας.

β) Χημικὰ φαινόμενα. "Οταν τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ διαλυμάτων δέξεων, βάσεων καὶ ἀλάτων, προκαλεῖται διάσπασις τῶν μορίων τῶν σωμάτων τούτων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἡλεκτρόλυσις**, τὰ δὲ δέξεα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἀλατα καλοῦνται **ἡλεκτρολύται**. Η συσκευὴ,

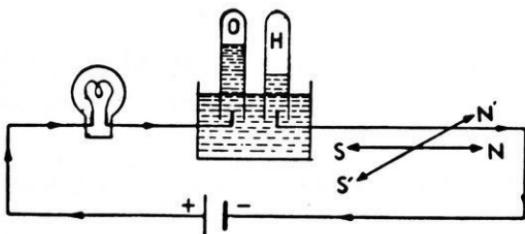
διὰ τῆς ὁποίας γίνεται ή ἡλεκτρόλυσις καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἡλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα συνδέονται μὲ τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, καλοῦνται ἀντιστοίχως **ἀνοδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν



Σχ. 161. **Βολτάμετρον.** ἀρχιῶν ὑδατικῶν διαλυμάτων δξέων εἰς τὴν κάθοδον

συλλέγεται ὑδρογόνον, ἐνῷ κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλυμάτων βάσεων καὶ ἀλάτων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται μέταλλον. Εἰς τὸ σχῆμα 161 φαίνονται τὰ προϊόντα, τὰ ὁποῖα συλλέγονται κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος θειικοῦ δξέος.

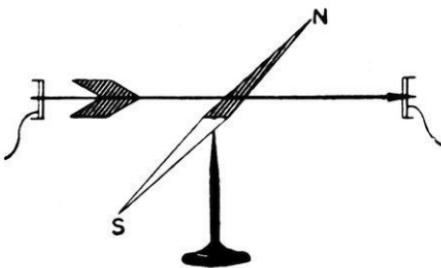
γ) **Μαγνητικὰ φαινόμενα.** "Ανωθεν ἡρεμούσης μαγνητικῆς βελόνης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἀγωγὸν διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος (σχ. 163). Παρατηροῦμεν δτὶς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀμέσως ἀποκλίνει καὶ τείνει νὰ τοποθετηθῇ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει δτὶς τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα πα-



Σχ. 163. Θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικά φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

ράγει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται δτὶς :

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικά φαινόμενα.



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

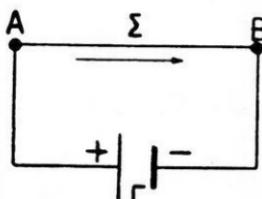
Εἰς τὸ σχῆμα 163 φαίνονται αἱ διάφοροι δράσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

15-11-4 154. "Ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος — Μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας διατηρεῖται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ (§ 151).

Τέτε τὸ σύρμα, τὸ ὅποιον συνδέει τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 164). Τοῦτο ἔχει φορὰν σταθερὰν ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας (συμβατικὴ φορὰ).

Τὸ ρεύμα, τοῦ ὅποιου ἡ φορὰ διατηρεῖται σταθερά, καλεῖται **συνεχὲς ρεῦμα**.

Εἰς χρόνον t δὶ' ἔκαστης τομῆς τοῦ σύρματος διέρχεται ἡλεκτρικὸν φορτίον O .



Σχ. 164. Συνεχὲς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

"Ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ μονάδα χρόνου.

$$\text{ἐντασις ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{χρόνος}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνεται τὸ **1 Ampère (1 A)**, τὸ ὅποιον δρίζεται ὡς ἔξης :

Ρεῦμα ἔχει ἐντασιν ἵστη μὲ 1 Ampère ὅταν διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον ἡλεκτρικὸν φορτίον ἵστον μὲ 1 Coulomb.

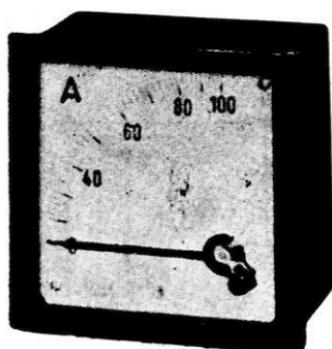
$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος: } 1 \text{ Ampere} = 1 \text{ Cb/sec}$$

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

$$Q = I \cdot t = 5 \text{ Cb/sec} \cdot 600 \text{ sec} = 3000 \text{ Cb}$$

"Η ἐντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ εἰδικὰ δργανα, τὰ ὅποια

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

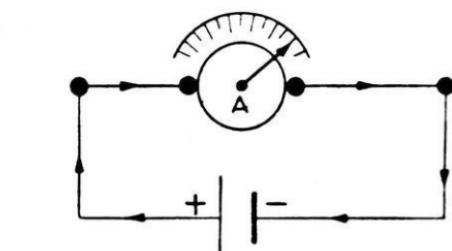


Σχ. 165. Ἀμπερόμετρον.

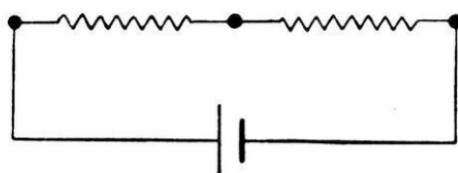
παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ ρεύμα, τοῦ ὅποίου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν (σχ. 166). Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἀμπερομέτρου εὑρίσκομεν ὅτι :

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

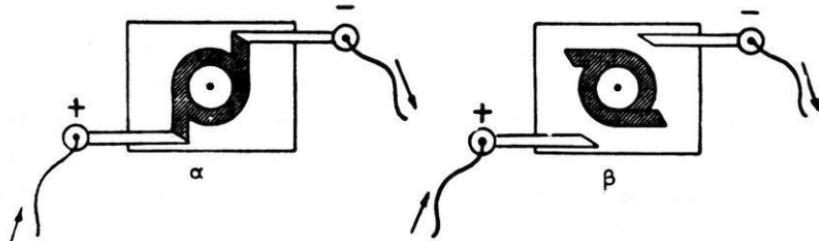
155. Κύκλωμα.— "Οταν μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας παρεμβάλλεται συνεχὴς ἀγωγὸς ἢ σειρὰ ἀγωγῶν, λέγομεν ὅτι ἔχομεν



Σχ. 166. Τὸ ἀμπερόμετρον τίθεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα.



Σχ. 167. Κλειστὸν κύκλωμα.



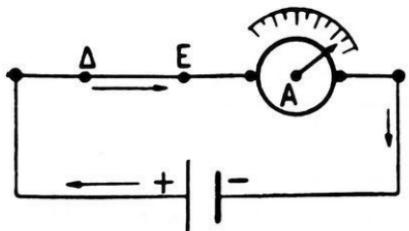
Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστόν, β ἀνοικτὸν κύκλωμα).

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

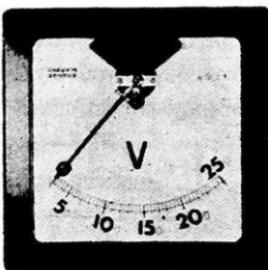
ται εις ἐν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν δτὶ τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—"Οταν οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας συνδέωνται μὲ σύρμα, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως I, τὴν ὅποιαν μετροῦμεν μὲ ἀμπερόμετρον (σχ. 169). Τὸ τμῆμα ΔE τοῦ σύρματος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ συνεπῶς μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ E ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Διὰ τὴν μέ-



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



Σχ. 170. Βολτόμετρον

τρησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰδικὰ δργανα, τὰ ὅποια καλοῦνται βολτόμετρα (σχ. 170) καὶ τὰ ὅποια λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος (ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα). Τὴν ἀρχήν, ἐπὶ τῆς ὅποιας στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ἀμπερομέτρων καὶ τῶν βολτομέτρων, θὰ ἔξετάσωμεν εἰς ἄλλο κεφαλαίον (§ 191). Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο σημείων Δ καὶ E (σχ. 171) παρεμβάλλομεν τὸ βολτόμετρον κατὰ διακόπταιν μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων, χωρὶς νὰ κόψωμεν τὸ κύκλωμα. "Ωστε :

Τὸ βολτόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ τὸ ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ σειράν εἰς τὸ κύκλωμα.

157. Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμῆμα ἀγωγοῦ.—Εἰς τὰ ἄκρα ὁμογενοῦς σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 171). Τότε τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I . Μεταβάλλομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ (π.χ. διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως περισσοτέρων γεννητριῶν). Τότε πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ τάσις γίνεται $2U, 3U, 4U\dots$, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος γίνεται ἀντιστοίχως $2I, 3I, 4I\dots$ Οὕτω τὸ πηλίκον τῆς τάσεως διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος παραμένει πάντοτε σταθερὸν διὰ τὸ τμῆμα τοῦτο τοῦ σύρματος. Τότε πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι :

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

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

‘Η εὐρεθεῖσα σχέσις ἔχει τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Ohm :

‘Η ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ.

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Ohm : } I = \frac{U}{R}}$$

158. Μονὰς ἀντιστάσεως.—Εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς μονὰς ἀντιστάσεως χρησιμοποιεῖται τὸ **1 Ohm (1 Ω)**, ἡ ὁποία ὀρίζεται ὡς ἔξης :

‘Αγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν ἴσην μὲ 1 Ohm, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ὑπάρχῃ διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι 1 Ampère.

$$\boxed{\text{μονὰς ἀντιστάσεως : } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad \text{ἢ} \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται είς τάξ έφαρμογάς και τὰ κατωτέρω πολλαπλάσια ἢ ίνποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm :

$$1 \text{ megohm} \quad (1 \text{ M}\Omega) = 10^6 \text{ Ohm}$$

$$1 \text{ microhm} \quad (1 \text{ }\mu\Omega) = \frac{1}{10^6} \text{ Ohm}$$

Η αράδει γμα. Είς τὰ ἄκρα σύρματος ίπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ $U = 220$ Volt, ἢ δὲ σητασις τοῦ ρεύματος είναι $I = 2$ Ampère. Η ἀντίστασις τοῦ σύρματος είναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 110 \Omega$$

L8-U-41

159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ. — 'Εκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τάξ διαστάσεις καὶ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Οὕτως εὑρέθη ὅτι :

'Η ἀντίστασις (R) ἐνὸς διαφορετικοῦ ἀγωγοῦ είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος (l) τοῦ ἀγωγοῦ, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν (σ) τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ.

$$\text{ἀντίστασις ἀγωγοῦ: } R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma}$$

'Ο συντελεστὴς ρ καλεῖται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. 'Εὰν λάβωμεν $l = 1$ cm καὶ $\sigma = 1$ cm², τότε ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν εύρισκομεν $R = \rho$. Δηλαδή :

'Η ειδικὴ ἀντίστασις (ρ) τοῦ ἀγωγοῦ φανερώνει τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἀγωγὸς εἰς σχῆμα κύβου πλευρᾶς 1 cm.

'Η ειδικὴ ἀντίστασις τῶν σωμάτων μετρεῖται συνήθως εἰς Ohm ἢ microhm, ὅταν τὸ μῆκος (l) μετρῆται εἰς cm καὶ ἡ διατομὴ (σ) εἰς cm². Τότε ἀπὸ τὸν τύπον (1) εύρισκομεν $\rho = \frac{R \cdot \sigma}{l}$ καὶ ἐπομένως

ώς μονάς τῆς ειδικῆς ἀντιστάσεως λαμβάνεται τό :

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

Ειδική άντιστασις μερικῶν μετάλλων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
"Αργυρος	1,62	Σιδηρος	9,80
Χαλκός	1,72	Λευκόχρυσος	10,50
'Αργύριον	2,82	'Υδραργυρος	95,78
Βολφράμιον	5,50		

Π α ρ α δ ε i γ μ α. Σύρμα χάλκινον έχει μῆκος 1 km και διατομήν 1 mm². Η ειδική άντιστασις του χαλκού είναι $\rho = 1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Η άντιστασις του σύρματος τούτου είναι :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = \frac{1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm} \cdot 10^5 \text{ cm}}{0,01 \text{ cm}^2} = 17 \cdot 10^6 \mu\Omega$$

Ήτοι :

$$R = 17 \Omega$$

160. Μεταβολὴ τῆς άντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ άντιστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Εάν εἰς θερμοκρασίαν 0°C ὁ ἀγωγὸς έχῃ άντιστασιν R_0 , τότε εἰς $\theta^\circ \text{C}$ ὁ ἀγωγὸς έχει άντιστασιν :

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

ὅπου α είναι συντελεστὴς ἔξαρτώμενος ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ (θερμικὸς συντελεστὴς άντιστάσεως). Διὰ τὰ μέταλλα είναι περίου $\alpha = 0,004$. Η άντιστασις τῶν μετάλλων ἐλαττώνεται, ὅταν ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία. "Οταν δὲ ἡ θερμοκρασία γίνη -269°C ἡ άντιστασις τῶν μετάλλων είναι ἀσήμαντος καὶ οὕτω τὰ μέταλλα γίνονται τότε ὑπεραγωγοί.

*Π α ρ α δ ε i γ μ α. Τὸ σύρμα ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος έχει εἰς 0°C άντιστασιν 50Ω . Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ λαμπτῆρος ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος γίνεται 2000°C . Τότε ἡ άντιστασις τοῦ σύρματος είναι :

$$R = 50 \Omega \cdot (1 + 8) = 450 \Omega$$

161. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς άντιστάσεως.—Η αὔξησις τῆς άντιστάσεως ἐνὸς σύρματος μετὰ τῆς θερμοκρασίας είναι ὠφέλιμος εἰς μερικὰς περιπτώσεις (π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος, τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας, τῶν θερμικῶν ἀμπερομέτρων κ.ἄ.). Εἰς τὰ δργανα διμως ἀκριβείας ἡ άντιστασις αὐτῶν πρέπει νὰ μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὴν ιδιότητα αὐτὴν έχουν ὡρισμένα

χράματα, ὅπως τὸ κονσταντὸν (Cu, Ni), ή μαγγανίνη (Cu, Mn, Ni), ή νικελίνη (Cu, Zn, Ni, Fe) καὶ ὁ νεάργυρος (Cu, Zn, Ni). Τὰ χράματα αὐτὰ ἔχουν ἀσήμαντον θερμικὸν συντελεστὴν ἀντίστασεως.

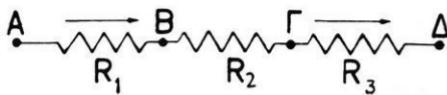
162. Κύτταρον σεληνίου.—Τὸ μέταλλον σεληνίου ἔχει τὴν ἐνδιαχφέρουσαν ίδιότητα νὰ ἐλαττώνεται ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ, ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμός του. Ἐπὶ τῆς ίδιότητος αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ **κυττάρου σεληνίου**.

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυττάρου σεληνίου ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 20 Volt. Εἰς τὸ σκότος ἡ ἀντίστασις τοῦ κυττάρου εἶναι περίπου 10^5 έως 10^6 Ohm. "Οταν ὅμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἐλαττώνεται σημαντικῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. "Οσον δὲ ἴσχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμός τοῦ κυττάρου τόσον καὶ τὸ ρεῦμα γίνεται ἴσχυρότερον. Τὸ κύτταρον σεληνίου, χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν πολλῶν διατάξεων. ✓

163. Συνδεσμολογία ἀντίστασεων.—Αἱ ἀντίστάσεις εἶναι δυνατὸν νὰ συνδυασθοῦν μεταξύ των κατὰ τοὺς ἀκόλουθους δύο τρόπους:

α) Σύνδεσις κατὰ σειράν.

"Οταν τρεῖς ἀντίστασεις συνδέθουν κατὰ σειρὰν (σχ. 172), τότε καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντίστασεων διέρχεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm θὰ ισχύουν τότε αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις:



Σχ. 172. Σύνδεσις ἀντίστασεων κατὰ σειράν.

$$U_A - U_B = I \cdot R_1 \quad U_B - U_G = I \cdot R_2 \quad U_G - U_D = I \cdot R_3$$

Ἐξὸν προσθέσωμεν κατὰ μέλη τὰς τρεῖς ἑξισώσεις, εὑρίσκομεν :

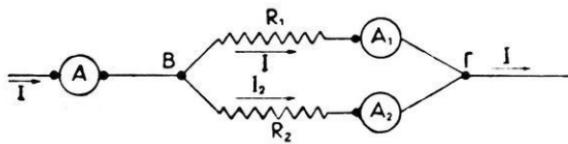
$$U_A - U_D = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

Απὸ τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν συνάγεται διτὶ :

Εἰς τὴν σύνδεσιν ἀντίστασεων κατὰ σειρὰν ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις τοῦ συστήματος ισοῦται μὲ τὸ ὅθροισμα τῶν ἀντίστασεων.

$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$

β) Παράλληλος σύνδεσις. Μεταξύ δύο σημείων Β και Γ ένδεικυκλώματος παρεμβάλλονται αἱ δύο ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 (σχ. 173). Τότε τὸ ρεῦμα ἐντάσεως I χωρίζεται εἰς δύο ρεύματα, τὰ ὅποια ἔχουν ἀντιστοίχους ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 . Μὲ τὴν βοήθειαν ἀμπερομέτρων εὑρίσκομεν ὅτι :



Σχ. 173. Παράλληλος σύνδεσις ἀντιστάσεων.

Ἡ ἑντασις (1) τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὅποια διαρρέουν τὰς παραλλήλως συνδεδεμένας ἀντιστάσεις.

$$I = I_1 + I_2 \quad (1)$$

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

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

$$\text{ἡτοι} \quad U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3$$

Ἄπὸ τὰς ἔξισώσεις (2) εὑρίσκομεν :

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

Προσθέτοντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

$$I_1 + I_2 + I_3 = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ἄλλα $I_1 + I_2 + I_3$ εἶναι ἡ ἑντασις I τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἀρα εἶναι :

$$I = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (3)$$

Η άντιστασις R_{ol} , ή όποια δύναται να άντικαταστήσῃ τὰς τρεῖς παραλλήλως συνδεδεμένας άντιστάσεις, χωρὶς δῆμας νὰ μεταβληθῇ ή έντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος, θὰ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$I = \frac{U}{R_{\text{ol}}} \quad (4)$$

Η άντιστασις αὗτὴ R_{ol} καλεῖται ὥλική ή ἀντίστασις. Ἀπὸ τὰς έξισώσεις (3) καὶ (4) εὑρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{1}{R_{\text{ol}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Εἰς τὴν παραλληλούν σύνδεσιν άντιστάσεων τὸ άντιστροφὸν τῆς ὄλικῆς άντιστάσεως ίσοῦται μὲ τὸ ἀθροίσμα τῶν άντιστρόφων τῶν παραλλήλως συνδεδεμένων άντιστάσεων.

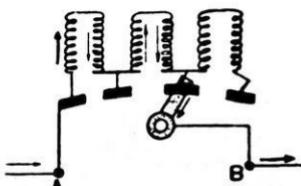
Παρόχθι γιγμα. "Εχομεν τρεις άντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$. Εὰν αἱ άντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειράν, τότε ἡ ὄλική άντιστασις εἶναι :

$$R_{\text{ol}} = 2 + 3 + 4 = 9 \Omega$$

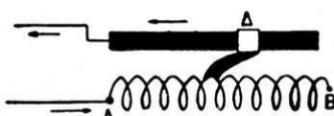
Εὰν αἱ άντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε ἡ ὄλική άντιστασις θὰ εἶναι :

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

164. Ροοστάται.— Εἰς πολλὰς περιπτώσεις εἶναι ἀνάγκη νὰ μεταβάλωμεν τὴν έντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἔνα ἀγωγόν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν μεταβάλλοντες τὴν άντιστασιν τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 174. Ρυθμιστική άντιστασις.



Σχ. 175. Ρυθμιστική άντιστασις.

Αἱ ρυθμιστικαὶ άντιστάσεις καλοῦνται γενικῶς **ροοστάται** καὶ παρεμβάλλονται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα. Τὰ σχήματα 174 καὶ 175 δεικνύουν δύο συνήθεις τύπους ρυθμιστικῶν άντιστάσεων.

165. Μέτρησις άντιστάσεως.— 'Η μέτρησις τῆς άντιστάσεως R ἐνὸς ἀγωγοῦ ΔΕ (σχ. 171) εἰναι εύκολος. Δι' ἐνὸς ἀμπερομέτρου εύρισκομεν τὴν ἔντασιν I τοῦ ρεύματος, τὸ διποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δι' ἐνὸς βολτομέτρου εύρισκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U, ἡ διποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Ohm εύρισκομεν τὴν άντιστάσιν R τοῦ ἀγωγοῦ : $R = \frac{U}{I}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

108. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἔχοντος άντιστάσιν 2,5 Ohm ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 75 Volt. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον διέρχεται διὰ τοῦ σύρματος ἐντὸς 20 λεπτῶν ;

109. Σύρμα χάλκινον ἔχει εἰδικὴν άντιστάσιν $1,6 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ διάμετρον 1 mm. Πόσον μῆκος σύρματος ἔχει άντιστάσιν 4,8 Ohm ;

110. Σύρμα, διαμέτρου 1 mm, ἔχει άντιστάσιν 0,4 Ohm κατὰ μέτρον. Σύρμα ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ διαμέτρου 0,4 mm θέλομεν νὰ ἔχῃ άντιστάσιν 12,5 Ohm. Πόσον μῆκος ἐκ τοῦ δευτέρου σύρματος πρέπει νὰ λάβωμεν ;

111. Μία τηλεγραφική γραμμὴ ἔχει μῆκος 320 km. Τὸ σύρμα ἔχει διάμετρον 4 mm καὶ εἰδικὴν άντιστάσιν $1,6 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$. Πόση διαφορὰ δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς, ώστε αὐτῇ νὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος έντάσεως 0,2 Ampère.

112. Τρεῖς άντιστάσεις 5Ω , 10Ω , 45Ω συνδέονται κατὰ σειράν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 90 Volt. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ διποῖον διαρρέει τὸ σύστημα ;

113. Δύο σύρματα, δταν συνδέονται κατὰ σειράν, ἔχουν άντιστάσιν 30Ω καὶ δταν συνδέονται παραλλήλως ἔχουν άντιστάσιν 3Ω . Πόση είναι ἡ άντιστάσις ἑκάστου σύρματος ;

114. Τρεῖς άντιστάσεις 20Ω , 30Ω καὶ 40Ω συνδέονται παραλλήλως καὶ τὸ σύστημα τοῦτο συνδέεται κατὰ σειράν μὲ άντιστάσιν 10Ω . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ διου συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 200 Volt. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ διποῖον διαρρέει ἑκάστην τῶν τεσσάρων άντιστάσεων ;

115. Τὸ σύρμα τηλεγραφικῆς γραμμῆς μήκους l είναι ἀπὸ χαλκὸν καὶ ἔχει διάμετρον 3 mm. Θέλομεν νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χάλκινον σύρμα μὲ σύρμα ἀργιλλίου ἔχοντος τὴν αὐτὴν άντιστάσιν. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος τούτου καὶ ποῖος είναι ὁ λόγος τοῦ βάρους τῆς νέας γραμμῆς πρὸς τὸ βάρος τῆς παλαιᾶς ;

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

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. Ένέργεια και ίσχυς του ρεύματος.—Μεταξύ των δύο άκρων A και Γ ένδος σύρματος ύπάρχει σταθερά διαφορά δυναμικοῦ U (σχ. 176). Τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντασιν I καὶ διαρρέει τὸ σύρμα ἐπὶ τὸ δευτερόλεπτα. Τότε διὰ τοῦ σύρματος μεταφέρεται ἐκ τοῦ A εἰς τὸ Γ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q = I · t. Κατ’ αὐτὴν τὴν μεταφορὰν γνωρίζομεν (§ 143) δτι παράγεται ἔργον :

$$W = U \cdot Q \quad \text{ήτοι} \quad W = U \cdot I \cdot t$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μετατρέπεται ὀλόκληρον εἰς θερμότητα καὶ διὰ τοῦτο τὸ σύρμα θερμαίνεται (§ 153). "Ωστε :

'Η ἑνέργεια τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, μετρουμένη εἰς Joule είναι:

ένέργεια τοῦ ρεύματος : $W = U \cdot I \cdot t$

(1)

Οὕτως, ἂν είναι U = 220 Volt, I = 2 Ampère καὶ t = 10 sec, ἡ

ένέργεια τοῦ ρεύματος, τὸ διόποιον

διῆλθεν διὰ τοῦ σύρματος είναι :

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

Διὰ νὰ εύρωμεν τὴν ίσχὺν τοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ νὰ διαιρέσωμεν τὸ ὑπὸ τοῦ ρεύματος παραγόμενον ἔργον $U \cdot I \cdot t$ διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου t. Οὕτως εύρισκομεν δτι :

Σχ. 176. Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει ἔργον.

'Η ίσχὺς (P) τοῦ ρεύματος είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τάσιν καὶ τὴν ἐντασιν αὐτοῦ.

ίσχὺς τοῦ ρεύματος : $P = U \cdot I$

(2)

Οὕτως, ἂν είναι U = 220 Volt καὶ I = 2 Ampère, ἡ ίσχὺς τοῦ ρεύματος είναι :

$$P = 220 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 440 \text{ Watt}$$

167. Νόμος τοῦ Joule.—Ρεῦμα ἐντάσεως I διαρρέει ἐπὶ χρόνον t ἐν σύρμα, τὸ διόποιον ἔχει ἀντίστασιν R. Εἰς τὰ άκρα τοῦ σύρματος

ύπάρχει διαφορά δυναμικοῦ U . Τότε έχουμεν $U = I \cdot R$. Τὸ ἔργον τοῦ ρεύματος είναι :

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

Τὸ ἔργον τοῦτο μεταβάλλεται διάλογηρον εἰς θερμότητα, ἢ ὅποια προκαλεῖ τὴν θέρμανσιν τοῦ σύρματος. Ἐπειδὴ 1 θερμικὸς ίσοδυναμεῖ μὲ 4,19 Joule, εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος (Q_θ), ἢ ὅποια ἀντίσσεται ἐπὶ τοῦ σύρματος, είναι :

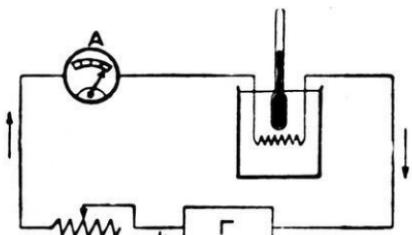
$$Q_\theta = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν νόμον τοῦ Joule :

‘Η ποσότης θερμότητος, ἢ ὅποια ἀναπτύσσεται ἐπὶ ἑνὸς σύρματος είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

$$\text{νόμος τοῦ Joule : } Q_\theta = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal}$$

Ο νόμος τοῦ Joule ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν ἐντὸς θερμιδομέτρου βιθίσωμεν σύρμα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ρεῦμα (σχ. 177). Μεταβάλλοντες τὴν ἐντασίν I τοῦ ρεύματος ἢ τὴν ἀντίστασιν R τοῦ σύρματος ἢ τὸν χρόνον τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος ἐπαληθεύομεν εὐκόλως τὸν νόμον τοῦ Joule.



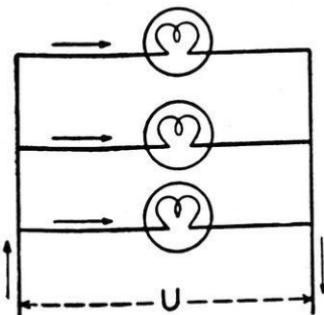
Σχ. 177. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Joule.

εται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 10 A. Ἡ ἀναπτυσσομένη ἐπὶ τοῦ σύρματος ποσότης θερμότητος είναι :

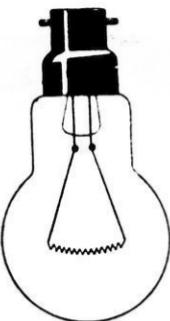
$$Q_\theta = 0,24 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 600 = 72\,000 \text{ cal}$$

168. Έφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος.— Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκμεταλλευόμεθα σήμερον εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς.

α) Οι ήλεκτρικοί λαμπτήρες διά πυρακτώσεως ἀποτελοῦνται ἀπό ύψιλον δογχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχεται ἀδρανὲς ἀέριον (ἀργὸν ἢ ἥλιον) καὶ μακρὸν καὶ λεπτὸν σύρμα ἀπὸ πολὺ δύστηκτον μέταλλον (βολφράμιον, δσμιον, ταντάλιον). Τὸ διαπυρούμενον μέταλλον φωτοβολεῖ (σχ. 178). Ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος ἀνέρχεται εἰς 2100° ἕως 2300° C. Εἰς τοὺς συγχρόνους λαμπτῆρας διά πυρακτώσεως ἡ καταναλούσκομένη ἴσχυς ἀνέρχεται εἰς 0,5 ἕως 0,9 Watt κατὰ κηρίον. "Ολοὶ οἱ λαμπτῆρες μᾶς ἐγκαταστάσεως πρέπει νὰ λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Διὰ τοῦτο οἱ λαμπτῆρες τῆς ἐγκαταστάσεως συνδέονται παραλλήλως (σχ. 179)." Ἐκστος λαμπτῆρος λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπὸ μίαν ὡρισμένην τάσιν, ἡ ὅποια σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτῆρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτῆρος ἀναγράφεται καὶ ἡ ἴσχυς καταναλώσεως τοῦ λαμπτῆρος. Ἐκ τῶν ἀναγραφομένων δύο ἔνδειξεων εὑρίσκομεν τὴν κατανάλωσιν τοῦ λαμπτῆρος, τὴν ἀντίστασιν τοῦ διαπύρου σύρματός του καὶ τὴν ἐντασιν τοῦ διεργούμενου ρεύματος. Οὕτω λαμπτῆρος ἴσχυος 50 Watt καὶ λειτουργῶν ὑπὸ τάσιν 110 Volt διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος :



Σχ. 179. Σύνδεσις τῶν ήλεκτρικῶν λαμπτήρων.



Σχ. 178. Ήλεκτρικὸς λαμπτήρος διά πυρακτώσεως.

$$\text{ἐντάσεως : } I = \frac{P}{U} = \frac{50 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0,45 \text{ A}$$

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110 \text{ V}}{0,45 \text{ A}} = 222 \text{ Ohm}$$

Καθ' ὥραν ὁ λαμπτήρος καταναλίσκει ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἵσην μέ :

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

β) Τὸ ήλεκτρικὸν τόξον σχηματίζεται μεταξὺ δύο ραβδίων ἄνθρακος, εἰς τὰ ἄκρα τῶν ὅποιων ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 40 ἕως 60 Volt. Φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰ ἄκρα τῶν δύο ραβδίων. Ἐάν ἀπομακρύνωμεν ὅλιγον τὰ ἄκρα τῶν ραβδίων, παρατηροῦμεν διτὶ τὸ ρεῦμα ἔξακολουθεῖ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἀέρος καὶ με-

διαφορὰ δυναμικοῦ 40 ἕως 60 Volt. Φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰ ἄκρα τῶν δύο ραβδίων. Ἐάν ἀπομακρύνωμεν ὅλιγον τὰ ἄκρα τῶν ραβδίων, παρατηροῦμεν διτὶ τὸ ρεῦμα ἔξακολουθεῖ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἀέρος καὶ με-

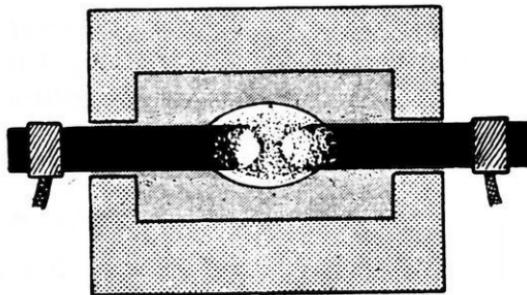
ταξὺ τῶν δύο ραβδίων σχηματίζεται ισχυρὸν φωτεινὸν τόξον (σχ. 180). Τὰ δύο ραβδία τοῦ ἀνθρακοῦ φθείρονται, ἀλλὰ ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὅποιου σχηματίζεται κρα-

τήρ. Εἰς τὸν κρατῆρα ἡ θερμοκρασία εἶναι 3500°C . Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον ἀποτελεῖ ισχυροτάτην φωτεινὴν πυργὴν καὶ χρησι-

μοποιεῖται πρὸς φωτισμὸν (εἰς τοὺς προβολεῖς κ.ἄ.). Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν κάμινον (σχ. 181) διὰ τὴν τῆξιν διαφόρων δυστήκτων σωμάτων, διὰ τὴν παρασκευὴν ἐνώσεων (π.γ. τοῦ ἀνθρακασθεστίου), καὶ εἰς τὴν ἡλεκτρομεταλλουργίαν (παρασκευὴ ἀργιλίου).

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

σκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως (ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἡλεκτρικαὶ κουζίναι, ἡλεκτρικὰ σίδερα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς ἐργαταστάσεως ἀπὸ τυχαίαν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀσφάλειαν.



Σχ. 181. Ἡλεκτρικὴ κάμινος.

λειαν. Αὕτη εἶναι εὔτηκτον σύρμα, τὸ ὅποιον τήκεται μόλις ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ μίαν ὥρισμένην τιμήν. Οὕτω τὸ ρεῦμα διακόπτεται αὐτομάτως.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

116. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἀντιστάσεως $8\ \Omega$ ἐφαρμόζεται τάσις 56 Volt . Πόση εἶναι ἡ ίσχύς τοῦ ρεύματος καὶ πόσον εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντὸς 30 λεπτῶν ;

117. Λαμπτήρ ίσχύος 60 Watt λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt . Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος;

118. Αἴθουσα φωτίζεται ἀπὸ 6 λαμπτήρας, ἑκαστος τῶν ὅποιων ἔχει ίσχύν

60 Watt. Πόσον κοστίζει ό φωτισμός της αιθούσης έπι 4,5 ώρας, αν τὸ κιλοβατώ-
ριον τιμάται 1,2 δραχμάς;

119. Τρεις άντιστάσεις $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ καὶ $5\ \Omega$ συνδέονται κατὰ σειράν. Εἰς τὰ ἄκρα
τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται τάσις 120 Volt. Πόση ποσότης θερμότητος ἀν-
πτύσσεται κατὰ λεπτὸν ἐπὶ ἑκάστης άντιστάσεως;

120. Ἡλεκτρικὴ κουζίνα ἔχει ίσχὺν 500 Watt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντά-
σεως 4 A. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς κουζίνας καὶ ὑπὸ ποίαν τάσιν λειτουργεῖ;

121. Μία ἡλεκτρικὴ κουζίνα, ίσχύος 500 Watt, θερμαίνει 500 gr ὑδατος ἀπὸ
20° εἰς 100° C ἐντὸς 10 λεπτῶν. Πόσον μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος χρησι-
μοποιούμεν καὶ πόσον κοστίζει ἡ θέρμανσις τοῦ ὑδατος, αν τὸ κιλοβατώριον τι-
μᾶται 1,50 δρχ.;

122. Διὰ νὰ θερμάνωμεν ἐντὸς 5 λεπτῶν ἐν λίτρον ὑδατος ἀπὸ 10° εἰς 100° C,
βυθίζομεν ἐντὸς τοῦ ὑδατος ἐν σύρμα, διὰ τοῦ ὅποιου διαβιβάζομεν ρεῦμα ὑπὸ^{τάσιν} 125 Volt. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος τούτου;

123. Μία αἰθουσα φωτίζεται ἀπὸ 3 λαμπτῆρας διὰ πυρακτώσεως, ἔκαστος τῶν
ὅποιων ἔχει ίσχὺν 40 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 Volt. Ἡ αἰθουσα θερμαί-
νεται ἀπὸ μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὅποια ἔχει ίσχὺν 600 Watt καὶ λειτουργεῖ
ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν. Τὰ χρησιμοποιούμενα σύρματα διὰ τὰς συνδέσεις ἔχουν ἀσή-
μαντον ἀντίστασιν. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἔκαστου λαμπτῆρος καὶ τῆς θερμά-
στρας; Πόση εἶναι ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἔκαστον τῶν ἀνω-
τέρω ὀργάνων;

3-12-41 ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— "Ἄς θεωρήσωμεν μίαν γεννή-
τριαν Γ, μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὅποιας παρεμβάλλονται κατὰ σειρὰν διά-
φοροι συσκευαὶ χρησιμοποιήσεως τοῦ ρεύματος (π.χ. ἡλεκτρικὴ θερ-
μάστρα, ἡλεκτρικοὶ λαμπτῆρες, βολτάμετρον κ.ἄ.). Τὸ κυκλωμα εἶναι
κλειστόν, καθ' ὅλον δὲ τὸ μῆκος τοῦ κυκλώματος ἡ ἐντασις I τοῦ ρεύ-
ματος εἶναι σταθερὰ (§ 156). Ἡ γεννήτρια παρέχει τότε εἰς τὸ κυ-
κλωμα ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὅποια εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον
μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος καὶ ὅσον μεγαλύτερος εἶναι
ὁ χρόνος λειτουργίας τῆς γεννητρίας. Γενικῶς:

"Η ίσχυς (P), τὴν ὅποιαν παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα μία γεννή-
τρια, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἐντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον
διαρρέει τὸ κύκλωμα.

$$\boxed{\text{Ισχὺς γεννητρίας: } P = E \cdot I}$$

διό ποιοιος εἶναι συντελεστής, ὁ ὅποιος ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύσιν τῆς γεν-

νητρίας και καλεῖται ήλεκτρεγερτική δύναμις της γεννητρίας (ΗΕΔ). Έπειδή ή έντασις I μετρεῖται εἰς Ampère και ή ίσχύς P μετρεῖται εἰς Watt, έπειτα ότι ή ήλεκτρεγερτική δύναμις E μετρεῖται εἰς Volt (όπως εἰς τὸν τύπον $P = U \cdot I$ τῆς § 166). Εάν ή έντασις τοῦ ρεύματος, τὸ όποιον διαρρέει τὸ κλειστὸν κύκλωμα, είναι ἵση μὲ 1 Ampère ($I=1 A$), τότε έχομεν $P = E$. "Ωστε :

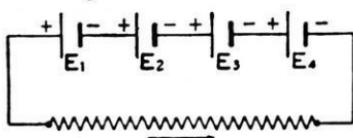
"Η ήλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ίσχύν, τὴν δόποιαν παρέχει ή γεννήτρια, ὅταν αὗτη δίδῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἂς θεωρήσωμεν δύο γεννητρίας A και B, αἱ όποιαι ἔχουν ἀντιστοίχως ήλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E_1 = 500$ Volt και $E_2 = 100$ Volt. "Οταν αἱ δύο αὐταὶ γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I, τότε ή μὲν γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ίσχύν $P_1 = E_1 \cdot I$, ή δὲ γεννήτρια B παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ίσχύν $P_2 = E_2 \cdot I$.

Ἐπομένως έχομεν : $\frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{500}{100} = 5$

ἥτοι ή γεννήτρια A παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της 5 φορὲς μεγαλυτέραν ίσχύν ἀπὸ δῆσην παρέχει ή γεννήτρια B εἰς τὸ ίδιον τῆς κύκλωμα.

"Η ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις είναι μέγεθος χαρακτηριστικὸν



Σχ. 182. Σύνδεσις γεννητριῶν κατὰ σειράν.

έκαστη, γεννητρίας και φανερώνει πόσην ίσχύν εἰς Watt δίδει ή γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά της δι' ἔκαστον Ampère τοῦ παρεχομένου ρεύματος. Εάν συνδεθοῦν πολλαὶ γεννήτριαι κατὰ σειρὰν, δηλαδὴ δ' ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννητριῶν (σχ. 182). "Οταν τὸ κύκλωμα είναι κλειστόν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I. Έκάστη γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ίσχύν :

$$P_1 = E_1 \cdot I, \quad P_2 = E_2 \cdot I, \quad P_3 = E_3 \cdot I, \quad P_4 = E_4 \cdot I.$$

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ είναι :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \cdot I$$

· Η εύρεθενσα σχέσις φανερώνει ότι :

· Η ήλεκτρεγερτική δύναμις (E) μιᾶς συστοιχίας γεννητριῶν, αἱ ὅποιαι συνδέονται κατὰ σειράν, εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ήλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν γεννητριῶν τῆς συστοιχίας.

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

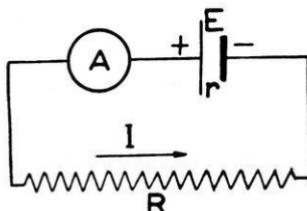
170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα.— "Ἄς θεωρήσωμεν κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὑπότον περιλαμβάνει γεννήτριαν Γ καὶ ἔξωτερικὴν ἀντίστασιν R (σχ. 183). Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἴσχὺν $P = E \cdot I$, ἡ ὅποιᾳ ἔξωτερικῷ μεταβάλλεται ἐπὶ τοῦ κυκλώματος εἰς θερμότητα. Ἐκάστη γεννήτρια διαρρέεται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος καὶ παρουσιάζει μίαν ἀντίστασιν r , ἡ ὅποια καλεῖται ἔσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Joule ἡ ἀναπτυσσομένη κατὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος εἶναι $I^2 \cdot R$. R ἐπὶ τῆς ἔξωτερικῆς ἀντίστασεως καὶ $I^2 \cdot r$ ἐπὶ τῆς ἔσωτερικῆς ἀντίστασεως τῆς γεννητρίας. Ἡ ποσότης αὐτὴ τῆς θερμότητος προέρχεται ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν $E \cdot I$, τὴν ὅποιαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα. "Ωστε εἶναι :

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r \quad \text{ἢ} \quad E = I \cdot (R + r) \quad (1)$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ ἔξωτερικὰς ἀντίστασεις, ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν ($R_{\text{ολ}}$) τοῦ κυκλώματος.

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα: } E = I \cdot R_{\text{ολ}}}$$

· Ο ἀνωτέρω νόμος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν εἰσάγωμεν διαδοχικῶς εἰς τὸ κύκλωμα διαφόρους γνωστὰς ἀντίστασεις (σχ. 183).



Σχ. 183. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Παράδειγμα. Είς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 183 είναι $E = 10$ Volt $r = 2$ Ohm καὶ θέλουμεν νὰ ἔχωμεν φεῦμα ἐντάξεως $I = 2$ Ampère. Η ἔξωτερη ἀντίστασις R τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχῃ ὥρισμένην τιμήν, τὴν ὅποιαν ὑπόλογίζουμεν ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$E = I \cdot (R + r) \quad \text{ἡτοι} \quad 10 = 2 \cdot (R + 2) \quad \text{καὶ} \quad R = 3 \text{ Ohm}$$

171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—Είς τὰ ἄκρα τῆς ἔξωτερηκῆς ἀντίστασεως R , δηλαδὴ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἡ ὅποια είναι $U = I \cdot R$. Απὸ τὴν ἔξισωσιν $E = I \cdot (R + r)$ εὑρίσκομεν ὅτι είναι:

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

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

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

Εἶναι δυνατὸν νὰ είναι $U = E$, ἐὰν είναι $I = 0$, δηλαδὴ ἐὰν τὸ κύκλωμα είναι ἀνοικτόν. Έκ τούτων συνάγεται ὁ ἀκόλουθος ὅρισμὸς τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως:

‘Η ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ἐκφράζει τὴν μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὑπάρχουσαν διαφορὰν δυναμικοῦ, ὅταν τὸ κύκλωμα είναι ἀνοικτόν.

172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—Είς τὸν λαμπτῆρα πυρακτώσεως, τὴν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἡ δαπανωμένη ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία τοιαύτη συσκευὴ λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ νεκρὰν ἀντίστασιν. Είς τὸ βολτάμετρον ἡ τὸν ἀνεμιστῆρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἄλλο δὲ μέρος αὐτῆς μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συσκευὴ καλεῖται γενικῶς **ἀποδέκτης**. Ο ἀνεμιστῆρα καὶ γενικῶς ὁ ἡλεκτρικὸς κινητὴρ είναι τόσον καλύτερος, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Είς ἓνα ἀποδέκτην ἡ ίσχυς (P) τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, ἡ ὅποια μετατρέπεται εἰς ἄλλην μορφὴν ἐνέργειας, ἔκτος τῆς θερμό-

τητος, είναι άναλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ τοῦ ἀποδέκτου.

$$\text{ἰσχὺς ἀποδέκτου: } P = E' \cdot I$$

ὅπου E' εἶναι συντελεστής, ὁ ὅποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀποδέκτου καὶ καλεῖται ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου. Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου μετρεῖται εἰς Volt, ὥπως καὶ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας (§ 170). Ἐάν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἴναι ἵστη μὲ 1 Ampère ($I = 1 A$), τότε ἔχομεν $P = E'$.

Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀποδέκτου, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχὺν τοῦ ἀποδέκτου, ὅταν δι’ αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

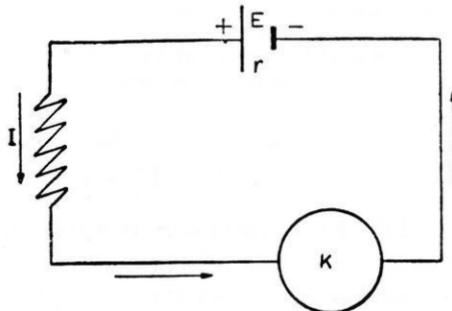
Οὕτως, ἂν ὁ ἡλεκτρικὸς κινητήρος ἔχῃ ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E' = 200$ Volt, αὕτη φανερώνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινητῆρος διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 A, τότε ὁ κινητήρος παρέχει μηχανικὴν ἐνέργειαν; ἡ ὅποια ἔχει ἵσχυν 200 Watt.

173. Κύκλωμα μὲ γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ὑπάρχουν συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν γεννήτρια, ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἀποδέκτης

π.χ. κινητήρος K (σγ. 184).

Ἡ γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r , ὁ δὲ κινητήρος ἔχει ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' . Ἡ διική ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἴναι $R + r + r'$.

Ἐάν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἴναι I , τότε ἡ μὲν γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἵσχυν: $P = E \cdot I$, ὁ δὲ κινητήρος μᾶς δίδει μηχανικὴν ἵσχυν: $P' = E' \cdot I$. 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 εἰναι : $E \cdot I = E' \cdot I + (R + r + r') \cdot I^2$ ή $E = E' + (R + r + r') \cdot I$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ισοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως (E') τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν ($R_{\text{ολ}}$) τοῦ κυκλώματος.

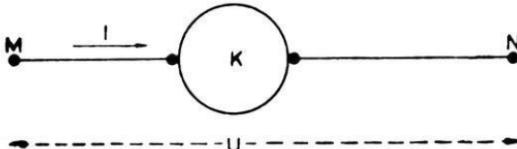
$$E = E' + I \cdot R_{\text{ολ}}$$

Παράδειγμα. Ἡ γεννήτρια ἔχει $E = 220$ Volt καὶ $r = 1$ Ohm, ὁ δὲ ἀποδέκτης ἔχει $E' = 60$ Volt καὶ $r' = 2$ Ohm. Εὖν αἱ λοιπαὶ ἐξωτερικαὶ ἀντιστάσεις τοῦ κυκλώματος εἰναι $R = 7$ Ohm, τότε ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἰναι :

$$I = \frac{E - E'}{R_{\text{ολ}}} = \frac{(220 - 60)}{(7 + 1 + 2)} \text{ V} = \frac{160}{10} \text{ V} = 16 \text{ Ampère}$$

10 - Η - 71

173α. Ἀποδέκτης εἰς τμῆμα κυκλώματος.—Μεταξὺ τῶν σημείων M καὶ N ἐνὸς κυκλώματος παρεμβάλλεται ἀποδέκτης (π.γ. κινητήρ), ἔχων ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E' καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r' (σχ. 185).

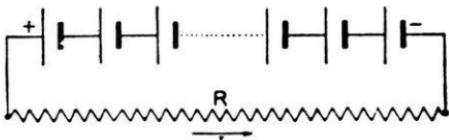


Σχ. 185. Ἀποδέκτης (κινητήρ K) εἰς τμῆμα κυκλώματος.

Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ισχύει ἡ ἐξίσωσις (1) ὡς ἔξης :

$$U = E' + I \cdot R_{\text{ολ}}$$

174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν.—Ἐστω ὅτι ἔχομεν ν ὁμοίας γεννητρίας, ἔκαστη τῶν ὅποιων ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r .



α) Σύνδεσις κατὰ σειράν.

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

Σχ. 186. Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

τῆς συστοιχίας είναι $v \cdot E$, ή δὲ όλη ή άντιστασις αύτῆς είναι $v \cdot r$. "Αν R είναι ή άντιστασις του έξωτερικού άγωγού, τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον του Ohm είναι :

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

β) Σύνδεσις παράλληλος.

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν γεννητριῶν (σχ. 187). 'Η όλη ή λεκτρεγερτική δύναμις τῆς συστοιχίας είναι E , διότι είναι ως ἐὰν νὰ ἔχωμεν μίαν μόνον γεννήτριαν. 'Η ἐσωτερική σύμως άντιστασις τῆς συστοιχίας είναι : $\frac{r}{v}$. 'Επομένως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν είναι :

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

Παράδειγμα. "Εστω ὅτι ἔχομεν $v = 10$ γεννήτριας, ἔκαστη τῶν δύοιων ἔχει $E = 2$ Volt καὶ $r = 0,1$ Ohm. 'Ο έξωτερικός άγωγός έχει άντιστασιν $R = 9$ Ohm. "Αν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν κατὰ σειράν, ή ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι :

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

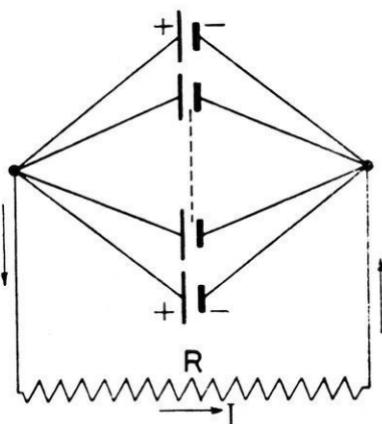
"Αν αἱ γεννήτριαι συνδεθοῦν παραλλήλως, ή ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι :

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{v}} = \frac{2 V}{(9 + 0,01)\Omega} = 0,22 \text{ Ampère}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

124. Γεννήτρια ἔχει ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικήν άντιστασιν 10 Ω. Τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει δύο μόνον άντιστάσεις $R_1 = 26$ Ω καὶ $R_2 = 36$ Ω. Πόση είναι ή διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς άντιστάσεως R_2 ;

125. Γεννήτρια ἔχει ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν 2 Volt καὶ ἐσωτερικήν άντιστασιν 8 Ω. Τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει κατὰ σειράν άντιστάσειν R καὶ



Σχ. 187. Σύνδεσις παράλληλος.

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

126. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικήν δύναμιν 40 Volt. Οἱ πόλοι τῆς συνδέονται μὲ ἀγωγὸν ἀντίστασεως R : τότε εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας ἡ τάσις είναι 30,8 Volt. Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται κατά σειράν καὶ ἄλλη ἀντίστασις $R_1 = 5 \Omega$: τότε ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους γίνεται 34,8 Volt. Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἡ ἐσωτερική ἀντίστασις r τῆς γεννητρίας;

127. Ἀνεμιστήρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,6 A. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συσκευῆς είναι 110 Ω . Πόση είναι ἡ ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις τοῦ ἀνεμιστήρος καὶ πόση είναι ἡ ισχὺς τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας, τὴν ὅποιαν μᾶς δίδει ὁ ἀνεμιστήρ;

128. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικήν δύναμιν 52 Volt καὶ ἐσωτερικήν ἀντίστασιν 1 Ω . Τὸ ἐσωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$ καὶ ἓνα κινητήρα. Ὁταν δὲ κινητήρος δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐν γαστιν 4 A, ἐνῷ, ὅταν δὲ κινητήρος στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντάσιν 1 A. Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις τοῦ κινητήρος;

129. Κινητήρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 Volt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητήρος είναι 0,8. Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις τοῦ κινητήρος;

130. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικήν δύναμιν 500 Volt καὶ παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως 350 A, τὸ δποίον μεταφέρεται διὰ μακροῦ σύρματος εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραφμῆς, ὃν θέλωμεν αἱ ἐπὶ τῆς γραφμῆς ἀπώλειαι, ἐνεκα τῆς θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ, νὰ είναι ίσαι μὲ τὸ 1/20 τῆς ισχύος τῆς γεννητρίας;

131. Μεταξὺ τῶν πόλων μιᾶς γεννητρίας παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν δύο ἀντιστάσεις $R_1 = 3 \Omega$ καὶ $R_2 = 7 \Omega$, αἱ ὅποιαι διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων, τὰ δποία ἔχουν ἀντιστοίχως ἐντάσεις $I_1 = 14$ A καὶ $I_2 = 6$ A. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας είναι 0,9 Ω . Πόση είναι ἡ ἡλεκτρεγερτική δύναμις τῆς γεννητρίας;

132. Μία ύδατόπτωσις ἔχει ισχὺν 40 ἀτμοίππων καὶ κινεῖ γεννητρίαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 0,8. Τὸ ρεῦμα χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν φωτισμὸν συνοικισμοῦ, εἰς τὸν δποίον χρησιμοποιοῦνται λαμπτῆρες ισχύος 75 Watt. Αἱ ἀπώλειαι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας είναι 10%. Πόσοι λαμπτῆρες είναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν;

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

175. Ἡλεκτρολύται.—Είναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέρχεται διὰ διαλύματος ὁξέος, βάσεως ἡ ἀλατος προκαλεῖ τὴν διάσπασιν τοῦ μορίου τῶν σωμάτων τούτων. Διὰ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως χρησιμοποιεῖται τὸ βολτάμετρον (σχ. 188). Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

‘Ηλεκτρολύται είναι μόνον τὰ δέξια, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα, ὅταν εύρισκωνται εἰς θύγραν κατάστασιν εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος, εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν (βάσεις καὶ ἄλατα).

Οὕτως ἡλεκτρολύται είναι τὸ τετηγμένον χλωριοῦχον νάτριον, τὸ εἰς ὑδωρ διαλύμα τοῦ ὑδροχλωρικοῦ δέξιος ἥ τοῦ καυστικοῦ καλίου ἥ τοῦ θειικοῦ χλωρικοῦ κλ.

‘Η θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέλγξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μόριον ἐκάστου ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἑτερώνυμων ιόντων, τὰ ὅποια φέρουν ἵσα ἡλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ χλωριούχου νατρίου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν θειικὸν ιὸν νατρίου καὶ ἓν ἀρνητικὸν ιὸν χλωρίου (σγ. 189). ‘Οταν τὰ δύο ιόντα είναι ἡγνωμένα, τότε τὸ μόριον ἐμφανίζεται οὐδέτερον. Ἐὰν δέμας διαλύσωμεν χλωριοῦχον νάτριον ἐντὸς ὕδατος, τότε μέγχις ἀριθμὸς μορίων χλωριούχου νατρίου ὑφίσταται ἡλεκτρολύτικὴν διάστασιν, δηλαδὴ τὰ

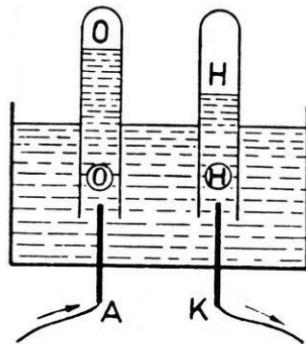
$\text{Na} \boxed{\text{Cl}}$	$\boxed{+} \text{Na}$	$\boxed{-} \text{Cl}$
$\boxed{\text{H}_2} \text{S}\text{O}_4$	$\boxed{+} \text{H}_2$	$\boxed{-} \text{S}\text{O}_4$
$\boxed{\text{Na}} \text{OH}$	$\boxed{+} \text{Na}$	$\boxed{-} \text{OH}$

μόριον

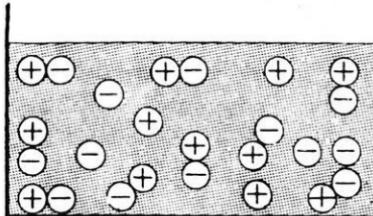
ιόντα

Σχ. 189. Τὸ μόριον τοῦ ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο δύο ἑτερώνυμα ιόντα, φέροντα ἵσα φορτία.

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



Σχ. 188. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν.



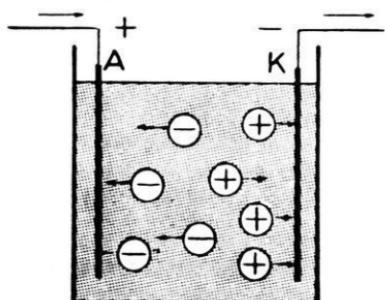
$\circlearrowleft \circlearrowright$ ἀκέραιον μόριον

\circlearrowright θειικὸν ιὸν

\circlearrowleft ἀρνητικὸν ιὸν

Σχ. 189α. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις.

Τό διάλυμα έξακολουθεῖ νὰ είναι ήλεκτρικῶς οὐδέτερον, διότι έντος



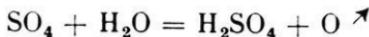
Σχ. 190. Κίνησης τῶν ιόντων πρὸς τὰ δύο ήλεκτρόδια.

τοῦ διαλύματος περιφέρεται ίσος άριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ιόντων. Εὰν τό διάλυμα τοῦ ήλεκτρολύτου εύρεθῇ έντος βολταμέτρου, τότε μεταξὺ τῶν δύο ήλεκτροδίων δημιουργεῖται ήλεκτρικὸν πεδίον. Τό θετικὸν ήλεκτρόδιον (ἀνοδός) ἔλκει τὰ ἀρνητικὰ ιόντα, τό δὲ ἀρνητικὸν ήλεκτρόδιον (κάθοδός) ἔλκει τὰ θετικὰ ιόντα (σχ. 190).

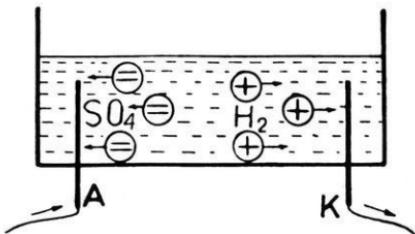
176. Παραδείγματα ήλεκτρολύσεων.— Θὰ ἔξετάσωμεν κατωτέρω τρία παραδείγματα ήλεκτρολύσεως. Τὰ ήλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου είναι ἀπὸ λευκόχρυσον, δὲ όποιος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τῶν δέσμων.

α) Ήλεκτρολύται διαλύματος δέσμος. Κατὰ τὴν ήλεκτρόλυσιν διαλύματος δέσμος π.χ. θειικοῦ δέσμος, εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἀνοδον συλλέγεται δέσμυγόνον. Τό φαινόμενον τοῦτο ἐρμηνεύεται ως ἔξης:

Τό μόριον τοῦ θειικοῦ δέσμου H_2SO_4 διασπᾶται εἰς τὸ **θετικὸν ιὸν** $2H^+$ καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ιὸν SO_4^{2-} . Τό θετικὸν ιὸν $2H^+$ ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐκεῖ ἔξουδετερώνεται καὶ ἐκλύεται, τό δὲ ἀρνητικὸν ιὸν SO_4^{2-} , ἔρχεται εἰς τὴν ἀνοδον (σχ. 191). 'Η ἀρνητικὴ ρίζα SO_4 , ἀσκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ διατάξεως μίαν δευτερεύονταν ἀντίδρασιν, κατὰ τὴν ὅποιαν ἀνασυντίθεται τὸ θειικὸν δέσμον καὶ ἐλευθερώνεται δέσμυγόνον, τό δόποιον καὶ ἐκλύεται:

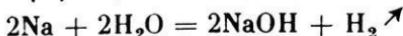


β) Ήλεκτρόλυσις διαλύματος βάσεως. Κατὰ τὴν ήλεκτρόλυσιν διαλύματος βάσεως, π.χ. καυστικοῦ νατρίου, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον



Σχ. 191. Ήλεκτρόλυσις θειικοῦ δέσμου.

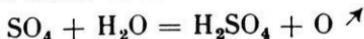
ύδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ ναυρίου NaOH διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν Na^+ , τὸ όποιον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, δηλαδή συνεπάκει, καὶ εἰς τὸ αρνητικὸν OH^- , τὸ όποιον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον ἀντιδρᾷ μὲν τὸ ὄντως (δευτερεύοντα σαστίδραστα) καὶ οὕτω σχηματίζονται καυστικὸν κάλιον καὶ ὄντως, τὸ όποιον ἔκλύεται :



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ ὄντως σχηματίζονται ἀνασχηματίζονται τὸ ὄντως συγχρόνως ἔκλύεται ὀξυγόνον :



γ) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ἀλατος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ἀλατος π.χ. θειικοῦ χαλκοῦ, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον χαλκός, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ CuSO_4 διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν Cu^{++} , τὸ όποιον ἀφοῦ ἔξουδετερωθῇ, ἐπικάθηται ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου τῆς καθόδου καὶ εἰς τὸ αρνητικὸν SO_4^{--} , τὸ όποιον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Ἐκεῖ ή ρίζα τοῦ ὀξεός ἀντιδρᾷ μὲν τὸ ὄντως (δευτερεύοντα σαστίδραστα) καὶ οὕτω προκύπτει θειικὸν ὄξυν καὶ ὄντως, τὸ όποιον ἔκλύεται :



177. Νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.—'Απὸ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως συνάγονται οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως :

I. Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται πάντοτε ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων καὶ οὐδέποτε εἰς τὸ μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων ύγρόν.

II. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τῶν ὀξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ὀλάτων τὸ μὲν ὄντως τῶν ὀξέων ἡ τὸ μέταλλον τῶν βάσεων καὶ τῶν ὀλάτων λαμβάνεται εἰς τὴν κάθοδον, αἱ δὲ ρίζαι αὐτῶν λαμβάνονται εἰς τὴν ἄνοδον.

III. Ἡ μᾶζα (m) τοῦ στοιχείου, ἡ όποια ἐμφανίζεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον (Q),

τὸ ὄποιον διέρχεται διὰ τοῦ βολταμέτρου καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸ χημικὸν ίσοδύναμον (K) τοῦ στοιχείου.

$$\boxed{\text{νόμος ἡλεκτρολύσεως: } m = \alpha \cdot K \cdot Q}$$

ὅπου α εἶναι μία σταθερά, η ὑποία ἐκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι ἔχει τιμήν: $\alpha = \frac{1}{96\,500}$. Ἐπειδὴ τὸ χημικὸν ίσοδύναμον ἐνὸς στοιχείου ίσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους (A) τοῦ στοιχείου διὰ τοῦ σθένους του (v), η προηγουμένη ἐξίσωσις γράφεται:

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

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

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

Ἡ μᾶζα αὐτὴ εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον στοιχείου καὶ καλεῖται ἡλεκτροχημικὸν ίσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Ἐν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 96 500 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι: $m = \frac{A}{v}$ γραμμάρια, ἥτοι εἶναι ἵση μὲ 1 γραμμοίσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σταθερὸν τοῦτο ἡλεκτρικὸν φορτίον τῶν 96 500 Cb καλεῖται σταθερὰ Faraday (F). Ἀρα εἶναι:

$$F = 96\,500 \text{ Cb / γραμμοίσοδύναμον}$$

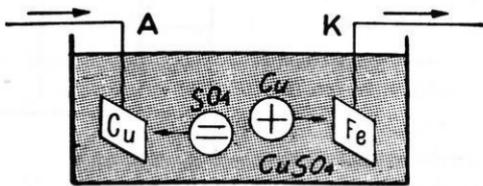
Παράδειγμα. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου ($ZnSO_4$) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεῦμα ἐντάσεως $I = 10$ Ampère. Διὰ τὸ Zn εἶναι $A = 65$ καὶ $v = 2$. Ἡ ἀποτιθεμένη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn εἶναι: $m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{65}{2} \cdot 10 \cdot 965 = 3,25 \text{ gr}$

178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως.— Τὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογάς, κυριώτεραι τῶν ὅποιων εἶναι αἱ ἐξῆς:

α) Εἰς τὴν ἡλεκτρομεταλλουργίαν χρησιμοποιεῖται ἡ ἡλεκτρόλυ-

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

β) Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προφύλαξιν ὥρισμένων μετάλλων. Πρὸς τοῦτο τὰ μέταλλα αὐτὰ ἐπικαλύπτονται ἡλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρῶμα νικελίου, χρωμίου, ἀργύρου ἢ χρυσοῦ. Τὸ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενον ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον τοῦ βολταμέτρου. ‘Ο ἡλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα ἄλατος τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὅποιον



Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου.

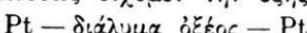
θέλομεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τὸ ἀντικείμενον. Ἡ ἀνοδος εἶναι πλάξ ἐκ τοῦ ἴδιου ἐπίσης μετάλλου (διαλυτὴ ἀνοδος). Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τὸ ἔρχόμενον εἰς τὴν ἀνοδον ἀρνητικὸν ἵὸν προσβάλλει τὸ μέταλλον τῆς ἀνόδου, ἡ ὁποία συνεχῶς φεύρεται. Οὕτω μεταφέρεται συνεχῶς μέταλλον ἐκ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθοδον (σχ. 192).

γ) Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἐπιτυγχάνει τὴν ἀναπαραγωγὴν διαφόρων ἀντικειμένων (π.χ. νομισμάτων, μεταλλίων κ.ἄ.). Πρὸς τοῦτο λαμβάνεται ἐπὶ θερμῆς γουταπέρκας ἡ μήτρα, ἡτοι τὸ ἀκριβὲς ἀποτύπωμα τοῦ ἀντικειμένου. Ἔπειτα καλύπτεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς μήτρας μὲ γραφίτην, διὰ νὰ γίνῃ ἀγωγός, καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς κάθοδος. Αὕτη ἐπικαλύπτεται μὲ στρῶμα μετάλλου, δ্বως καὶ κατὰ τὴν ἐπιμετάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν τσιγκογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν τῶν δίσκων γραμμοφώνων κ.ἄ.).

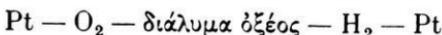
179. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—Ἐντὸς διαλύματος θειικοῦ ὀξέος βυθίζομεν δύο ἡλεκτρόδια ἐκ λευκοχρύσου. Μὲ ἐν βολτόμετρον εὑρίσκομεν δτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων εἶναι ἵση μὲ μηδέν. Διαβιβάζομεν διὰ τοῦ βολταμέτρου ρεῦμα καὶ προκαλοῦμεν ἡλεκτρόλυσιν (σχ. 193 α). Μετὰ παρέλευσιν ὀλέγου χρόνου ἐφαρμοῦμεν ἀπὸ τὸ κύκλωμα τὴν γεννή-

τριαν (σχ. 193 β). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὅποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ προκαλέσαν τὴν ἡλεκτρόλυσιν. Τὸ ἀντίρροπον τοῦτο ρεῦμα διαρκεῖ ἐπ' ὀλίγον χρόνον καὶ ὀφείλεται εἰς τὴν ἀλλοίωσιν, τὴν ὅποίαν ὑπέστησαν τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἔχλευται εἰς τὴν κάθοδον ὑδρογόνον καὶ εἰς τὴν ἀνοδὸν ἔχλευται ὀξυγόνον. Μέρος τῶν ἀερίων τούτων προσφύεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτρόδιων, τὰ ὅποια σύτῳ περιβάλλονται ἀπὸ λεπτὸν στρῶμα ἀερίου.

‘Η ἀλλοίωσις αὐτὴ τῶν ἡλεκτρόδιων καλεῖται πόλωσις τῶν ἡλεκτρόδιων τοῦ βολταμέτρου. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πεπολωμένων ἡλεκτρόδιων δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ. Πρὸ τῆς ἡλεκτρολύσεως εἴχομεν τὴν ἔξης σειρὰν ἀγωγῶν :



Μετὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἔχομεν τὴν ἔξης σειράν :

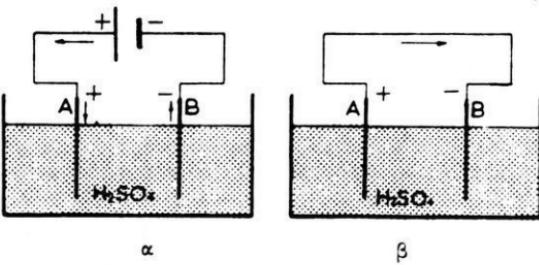


Δηλαδὴ ἔχομεν μίαν μὴ συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Γενικῶς :

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

“Ωστε πόλωσις εἶναι ἡ δημιουργία ἀσυμμετρίας εἰς μίαν ἀρχικῶς συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Διὰ τῆς τοιαύτης ἀσυμμετρίας ἐπιτυγχάνεται ἡ δημιουργία διαφορᾶς δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς σειρᾶς : Τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προκαλούμενον ρεῦμα καλεῖται ρεῦμα πολώσεως. Τὸ ρεῦμα τοῦτο πολὺ συντόμως καταστρέφει τὴν ἀσυμμετρίαν καὶ ἐπαναφέρει τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἰς τὴν ἀρχικήν των κατάστασιν.

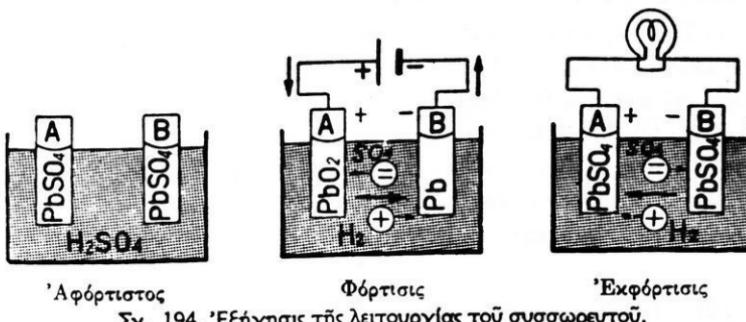
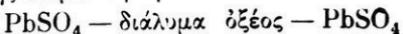
180. Συσσωρευταί.—Ἐάν ἡ πόλωσις τῶν ἡλεκτρόδιων τοῦ βολταμέτρου εἶναι δυνατὸν νὰ διατηρηθῇ ἐπὶ μακρόν, τότε τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προερχόμενον ρεῦμα θὰ εἶναι μακρᾶς διαρκείας. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν πολὺ



Σχ. 193. Πόλωσις τῶν ἡλεκτρόδιων τοῦ βολταμέτρου κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν.

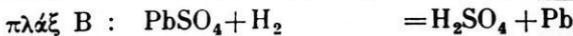
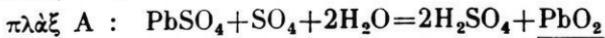
εύχρηστον τύπον γεννήτριων (§ 152). Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς ἐπιτυγχάνεται κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν (φόρτισις τοῦ συσσωρευτοῦ) ριζικὴ ἀλλοίωσις τῆς ἐπιφανείας τῶν ἡλεκτροδίων του, τὰ διόποια καλοῦνται πόλοι : τοῦ συσσωρευτοῦ. Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται κυρίως οἱ συσσωρευταὶ μολύβδου καὶ οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταί.

α) Συσσωρευταὶ μολύβδου. Οὗτοι ἔχουν ὡς ἡλεκτρολύτην διάλυμα θειικοῦ ὀξέος καὶ ὡς ἡλεκτρόδια πλάκας μολύβδου. Αὗται μόλις βυθισθοῦν ἐντὸς τοῦ H_2SO_4 καλύπτονται ἀπὸ στρῶμα $PbSO_4$ (σχ. 194). Τότε ἔχομεν τὴν ἑξῆς σειρὰν ἀγωγῶν :

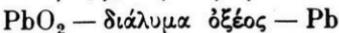


Σχ. 194. Ἐξήγησις τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτοῦ.

Κατὰ τὴν φόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει ἡλεκτρόλυσις καὶ τὸ μὲν θειικὸν ἴὸν H_2 ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον B, τὸ δέ ἀρνητικὸν ἴὸν SO_4 ἔρχεται εἰς τὴν ἀνοδὸν A. Τότε συμβαίνουν ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων αἱ ἑξῆς ἀντιδράσεις :

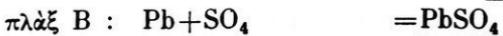
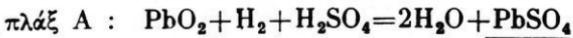


Οὕτω δημιουργεῖται ἡ ἑξῆς σειρὰ ἀγωγῶν :



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

Κατὰ τὴν ἔκφόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει πάλιν ἡλεκτρόλυσις καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἡλεκτροδίων συμβαίνουν αἱ ἑξῆς ἀντιδράσεις :

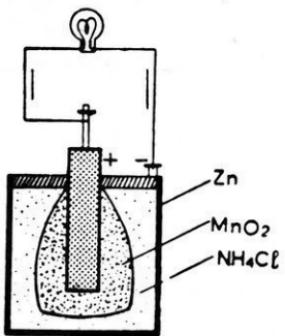


Ούτω μετά τὴν ἐκφόρτισιν τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἐπανέρχονται εἰς τὴν ἀρχικήν των κατάστασιν. Διὰ νὰ αὐξήσουν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητας.

'Η γωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδὴ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποῖον παρέχει ὁ συσσωρευτής κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν του μετρεῖται εἰς **ἀμπερώρια** (Ah). Τὸ 1 ἀμπερώριον εἶναι ἵσον μὲ 3600 Cb, ἣτοι εἶναι τὸ φορτίον, τὸ ὅποῖον μεταφέρει ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐντὸς 1 ὥρας. Οἱ σύγχρονοι συσσωρευταὶ ἔχουν χωρητικότητα 8—10 Ah κατὰ dm^2 ἐπιφανείας τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου. 'Εὰν συσσωρευτής ἔχῃ χωρητικότητα 400 Ah, τότε ὁ συσσωρευτής δύναται νὰ μᾶς δώσῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐπὶ 400 ὥρας ἢ ρεῦμα ἐντάσεως 10·A ἐπὶ 40 h.

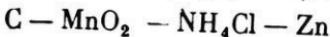
β) Συσσωρευταὶ ἀλκαλικοί. Οὔτοι ἔχουν ὡς ἡλεκτρολύτην διάλυμα καυστικοῦ καλίου. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ὄνδροξείδιον τοῦ νικελίου Ni(OH)_2 , τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἀπὸ ὄξείδιον τοῦ σιδήρου FeO . Οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταὶ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι ἐλαφρότεροι καὶ ἀνθεκτικότεροι ἀπὸ τοὺς συσσωρευτάς μολύβδου, ἔχουν μεγάλην χωρητικότητα καὶ δύνανται νὰ μείνουν ἀφόρτιστοι, χωρὶς νὰ καταστραφοῦν. 'Η ἡλεκτρεγερτικὴ τῶν δύναμις ἀνέρχεται εἰς 1,4 Volt.

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

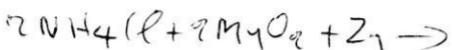


Σχ. 195. Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché.

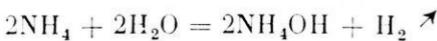
Εἰς τοῦτο ὁ θετικὸς πόλος εἶναι ράβδος ἄνθρακος (σχ. 195), ἡ δοπία περιβάλλεται ἀπὸ πυρολουσίτην (MnO_2). 'Ο ἀρνητικὸς πόλος εἶναι κύλινδρος ψευδαργύρου. Μεταξὺ τοῦ πυρολουσίτου καὶ τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει πολτὸς ἀπὸ ρινίσματα ζύλου, τὰ δοπία εἶναι διαποτισμένα μὲ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl). Οὔτως ἔχομεν τὴν ἔξης σειρὰν σωμάτων:



Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωριούχος

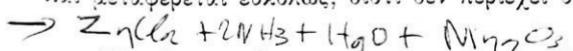


ψευδάργυρος (ZnCl_2), ή δὲ ἀπομένουσα ρίζα NH_4 ἀντιδρᾷ μὲ τὸ οὐδωρ, ὥποτε ἐλευθερώνεται H_2 :

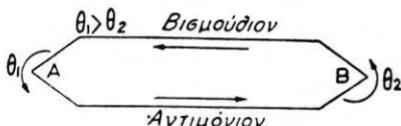


Τὸ πυραγήμενον οὐδρογόνον ἔνοῦται μὲ τὸ οὐδηγόνον τοῦ πυρολουσίτου. Οὕτως ἡ σειρὴ τῶν ἀγωγῶν παραμένει πάντοτε ἀσύμμετρος.

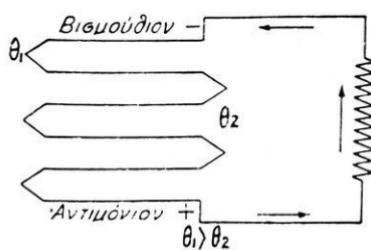
Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου Leclanché ἀνέρχεται εἰς 1,5 Volt. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο καλεῖται ξηρὸν στοιχεῖον καὶ μεταφέρεται εὐκόλως, διότι δὲν περιέχει υγρά.



182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.—^πΟταν δύο διαφορετικὰ μέταλλα εὑρίσκωνται εἰς ἐπαφὴν πάντοτε ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Αὕτη ἔξαρτᾶται πολὺ ἐκ τῆς θερμοκρασίας. Αἱ σηματίσωμενα κύκλωμα ἀπὸ βισμούδιον οὐδὲν ἀντιμόνιον (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι καὶ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς Α καὶ Β τῶν δύο μετάλλων ἔξουδετερώνονται ἀμοιβαίως. Εάν δέ μως τὰ σημεῖα ἐπαφῆς εὑρίσκωνται εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας θ_1 καὶ θ_2 , τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (**θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα**), διότι ἀναπτύσσεται **θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Αὕτη εἶναι



Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.



Σχ. 197. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη.

ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν θερμοκρασίας τῶν δύο ἐπαφῶν καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο μετάλλων. Τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν δύο διαφορετικῶν μετάλλων καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον**. Πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα συνδέομενα κατὰ σειρὰν ἀποτελοῦν μίαν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** (σχ. 197).

Αἱ στήλαι αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν (θερμοηλεκτρικὰ θερμόμετρα) καὶ διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν ὠρισμένων διατάξεων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

133. Διά βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα δξέος διέρχεται έπι 16 min 5 sec ρεύμα έντασεως 2 A. Πόσον δγκον ύδρογόνου συλλέγομεν (ύπό κανονικάς συνθήκας);

134. Βολτάμετρον περιέχει διάλυμα δξέος. Διαβιβάζομεν δι' αύτοῦ ρεύμα έντασεως 5 A. Έπι πόσον χρόνον πρέπει νά διέρχεται τό ρεύμα, διά νά προκληθῇ διάσπασις 54 gr ύδατος;

135. Ρεύμα διέρχεται έπι 5 ώρας διά βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ άργυρου. Εἰς τὴν κάθοδον δποτίθενται τότε 10,8 gr άργυρου. Πόση είναι ἡ έντασις τοῦ ρεύματος; 'Ατομικὸν βάρος Ag 108, σθένος 1.

136. 'Επι μᾶς σιδηρᾶς πλασκός, ή δποία ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm^2 θέλομεν νά δποτεθῇ ήλεκτρολυτικῶς στρῶμα χαλκοῦ πάχους 2 mm. Τὸ ρεύμα ἔχει έντασιν 5 A. Πόσον χρόνον θὰ διαρκέσῃ ή ήλεκτρόλυσις; 'Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ 63,6, σθένος. 2. Πικνότης χαλκοῦ 8,8 gr/cm³.

137. Κατά μίαν ήλεκτρόλυσιν δξειδίου τοῦ άργιλλίου συλλέγονται εἰς τὴν κάθοδον 6700 gr άργιλλίου καθ' ώραν. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμόζεται τάσις 5 Volt, ή δὲ ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις αύτοῦ είναι 2,8 Volt. Πόση ίσχυς χρησιμοποιεῖται έντὸς τοῦ βολταμέτρου, ἀφ' ὃνδε ύπὸ μορφὴν θερμότητος καὶ ἀφ' ἑτέρου ύπὸ μορφὴν χημικῆς ἐνεργείας; 'Ατομικὸν βάρος άργιλλίου 27, σθένος 3.

138. Μὲ ρεύμα έντασεως 3 A φορτίζομεν έπι 10 ώρας συσσωρευτήν. Πόσον ήλεκτρικὸν φορτίον θὰ δποδώσῃ δ συσσωρευτής κατὰ τὴν έκκενωσίν του, ἀν ἡ δπόδοσις αύτοῦ είναι 0,9;

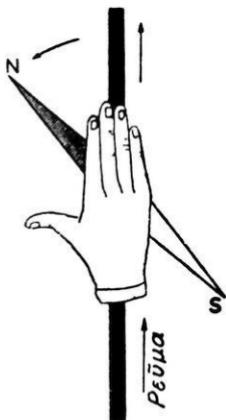
139. Συσσωρευτής ἔχει χωρητικότητα 30 άμπερώρια καὶ λειτουργεῖ μέχρις δτου παραχωρήση τὰ 2/3 τοῦ δλου ήλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ δποίον δύναται νὰ προσφέρῃ. 'Επι πόσας ώρας δύναται δ συσσωρευτής οὗτος νὰ τροφοδοτήσῃ λαμπτήρα μὲ ρεύμα έντασεως 0,5 A;

140. Τρία στοιχεῖα Leclanché συνδέονται κατὰ σειράν. 'Η στήλη παρέχει εἰς ἐν κύκλωμα ρεύμα έντασεως 2 A έπι 25 ώρας. Πόση μᾶζα ψευδαργύρου δαπανᾶται κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον; 'Ατομικὸν βάρος ψευδαργύρου 66, σθένος 2.

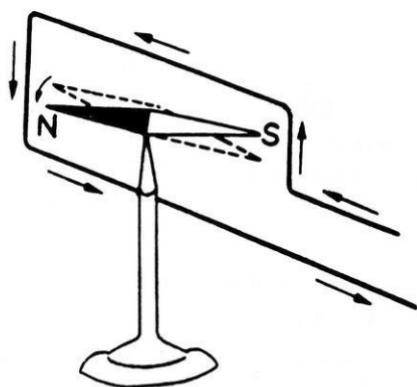
14-1-11 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος.—Εἰναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι πέριξ ἐνὸς ἀγωγοῦ διαρρεομένου ύπὸ ήλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίον, τὸ δποίον προκαλεῖ τὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. 'Η φορά, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐκτρέπεται δ βέρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος. 'Ως φορὰν τοῦ ρεύματος θὰ λάβωμεν ύπ' ὅψιν τὴν συμβατικὴν

φοράν. Τό πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀκολουθεῖ τὸν ἔξης ἐμπειρικὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς (σχ. 198): 'Ἐὰν φέρωμεν τὴν παλάμην τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἀνωθεν τοῦ ἄγωγοῦ, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἔξερχεται διὰ τῶν δακτύλων, τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. 'Η μαγνητικὴ βελόνη, ἐκτρεπομένη ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας τῆς, λαμβάνει μίαν νέαν θέσιν, εἰς τὴν ὅποιαν ἰσορροπεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ



Σχ. 198. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός.

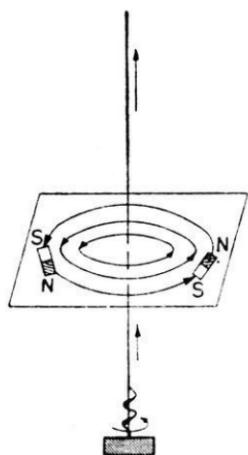


Σχ. 199. 'Η ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλυτέρα.

κατακόρυφον δρθιογώνιον πλαίσιον, τὸ δόποιον συμπίπτει μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (σχ. 199). 'Ἐὰν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τότε ἔκαστον εὐθύγραμμον τμῆμα τοῦ πλαισίου προκαλεῖ ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Οὕτως ἀσθενὲς ρεῦμα δύναται νὰ προκαλέσῃ αἰσθητὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. 'Επὶ τῆς διατάξεως αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία πολλῶν δργάνων μετρήσεων (ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα).

184. Μαγνητικὸν πεδίον εὐθυγράμμου φεύματος.—Μακρὸς κατακόρυφος ἄγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 200). 'Ο ἄγωγὸς διαπερᾷ ὄριζόντιον χαρτόνιον. Ρίπτομεν ρινίσματα σιδή-

ρου ἐπὶ τοῦ γαρτονίου καὶ καπώντες ἐλαφρῶς τὸ γαρτόνιον λαμβάνουσεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι συγκεντρικαὶ περιφέρειαὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἀγωγόν. Κατὰ μῆκος μᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινοῦμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην ἔξτρημένην ἀπὸ κατακύρωσιν νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς ἑκάστην θέσιν ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Άπο τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ τούτου πεδίου συνάγονται τὰ ἔξη :



Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθυγράμμου ρεύματος.

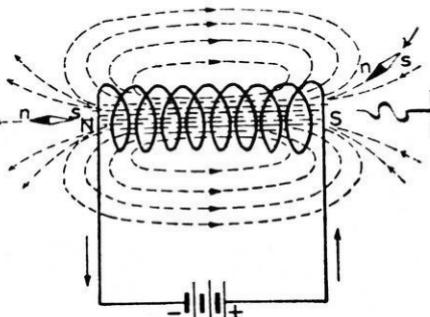
I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἶναι κύκλοι συγκεντρωτικοὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἀγωγόν, ἡ δὲ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν φορὰν, κατὰ τὴν δόποιαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος.

II. Ἡ ἔντασις Η τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μακροῦ εὐθυγράμμου ρεύματος εἰς ἀπόστασιν α ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν εἶναι :

$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{2}{10} \cdot \frac{I}{\alpha} \text{ Gauss}$$

185. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.—Καλεῖται **σωληνοειδὲς ἢ πηγίον σύστημα** παραλλήλων κυκλικῶν ρευμάτων, τῶν ὅποιων τὰ κέντρα εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας. Τοιοῦτον σύστημα κυκλικῶν ρευμάτων λαμβάνομεν, ἐὰν περιτυλίξωμεν σύρμα πέριξ ὑαλίνου ἢ ξυλίνου κυλίνδρου. Ἐπὶ ἐνὸς ὄριζοντέου χαρτονίου, τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ τοῦ ἕξονος τοῦ σωληνοειδοῦς σχηματίζομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα (σχ. 201). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τελείως ὅμοιον μὲ τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου. Μὲ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὑρίσκομεν ὅτι τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελοῦν δύο ἑτερωνύμους μαγνητικοὺς πόλους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι περὶ τὸ μέσον αὐτοῦ πα-

ράλληλοι. Ή φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὑρίσκεται μὲ τὸν ἔξης ἐμπειρικὸν κανόνα: Κοχλίας τοποθετούμενος κατὰ μῆκος τοῦ ἔξονος τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ στρεφόμενος κατὰ τὴν φοράν του ρεύματος προχωρεῖ κατὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Απὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς συνάγονται τὰ ἔξης:



I. Σωληνοειδές διαρρεό- Σχ. 201. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς. μενον ὑπὸ ρεύματος ἰσοδυναμεῖ μὲ εὐθύγραμμον μαγνήτην.

II. Εἰς τὸ μέσον μακροῦ σωληνοειδοῦς φέροντος ν σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους, τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὄμογενὲς καὶ ἔχει ἔντασιν :

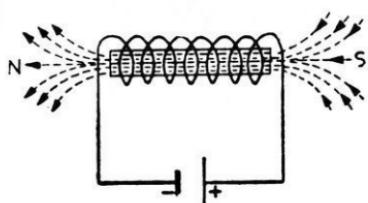
$$\boxed{\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου: } H = \frac{4\pi}{10} \cdot v \cdot I \text{ Gauss}}$$

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.— Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι πέριξ οἰουδήποτε ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἔξης :

Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἡλεκτρικοῦ φορτίου παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίον.

Τὸ ἀνωτέρω συμπέρασμα μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνεύσωμεν τὴν προέλευσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον παράγεται πέριξ μονίμου μαγνήτου. Ή περιφορὰ τῶν ἡλεκτρονίων πέριξ τοῦ πυρῆνος τῶν ἀτόμων ἀντιστοιχεῖ πρὸς χυκλικὸν ρεῦμα. Τὰ στοιχειώδη αὐτὰ ρεύματα ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν σωληνοειδές. Ανάλογος εἶναι καὶ ἡ προέλευσις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

187. Ήλεκτρομαγνήτης.— Σωληνοειδές διαρρέεται ύπο τρεύματος έντάσεως I. Τότε είς τὸ ἐσωτερικόν του ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, ἔχον ἔντασιν H (§ 185). Εντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγομεν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος γίνεται μαγνήτης, τοῦ ὅποιου οἱ πόλοι συμπίπτουν μὲ τοὺς πόλους τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 202).



Σχ. 202. Ήλεκτρομαγνήτης.

Τὸ σύστημα, τὸ ὅποιον ἀποτελοῦν τὸ πηγίον καὶ ἡ ἐντὸς αὐτοῦ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, καλεῖται ἡ-λεκτρομαγνήτης. Η μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι παροδικὴ καὶ διαρκεῖ ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ διέλευσις τοῦ τρεύματος διὰ τοῦ πηγίου. Έκ τῶν μετρήσεων εὑρίσκεται ὅτι τὸ παραγόμενον μαγνητικὸν πεδίον δὲν ἔχει ἔντασιν H, ἀλλὰ μίαν πολὺ μεγαλυτέραν ἔντασιν B, ἡ ὅποια καλεῖται μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ:

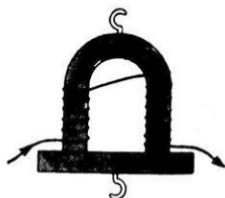
$$B = \mu \cdot H$$

Ο συντελεστὴς μ καλεῖται μαγνητικὴ διαπερατότης τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμάς (μέχρι 4000).

Η τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἔξης: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ τρεύματα πέριξ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. "Οταν ὅμως ὁ μαλακὸς σιδῆρος εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ τρεύματα προσανατολίζονται καὶ ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν νέον σωληνοειδές. Οὕτως εἰς τὴν ἔντασιν H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς προστίθεται ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ νέου σωληνοειδοῦς καὶ ἡ συνισταμένη ἔντασις τῶν δύο μαγνητικῶν πεδίων εἶναι τώρα B. Εάν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσαχθῇ ράβδος χάλυβος, αὕτη μεταβάλλεται εἰς μόνιμον μαγνήτην, διότι τὰ στοιχειώδη τρεύματα ἔξακολουθοῦν νὰ ἀποτελοῦν σωληνοειδές καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ χάλυβος ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ τρεύματος.

188. Έφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.— Η παροδικὴ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ τρεύματος εὑρίσκει πολλὰς ἐφαρμογάς. Εἰς τὸ σχῆμα 203 δεικνύεται

πεταλοειδής ήλεκτρομαγνήτης, εἰς δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ήλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιουμένος διὰ τὴν ἀνύψωσιν

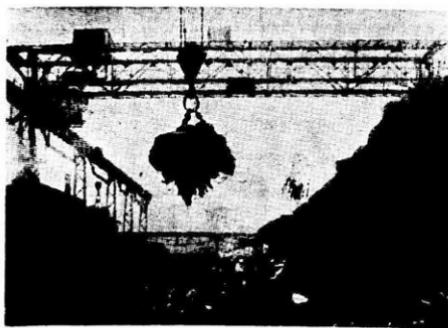


Σχ. 203. Πεταλοειδής ήλεκτρομαγνήτης.

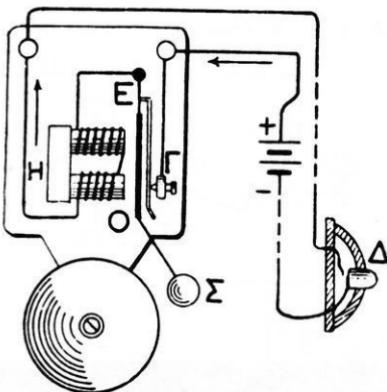
τεμαχίων σιδήρου. Θάξεξετάσωμεν συντόμως μερικάς πολὺ συνήθεις ἐφαρμογάς τῶν ήλεκτρομαγνητῶν.

α) Ἡλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ηλεκτρομαγνήτην H (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ηλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει ὁ ὄπλισμὸς O ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ ὄπλισμὸς εἶναι στερεωμένος εἰς ἐλατήριον E καὶ εἰς τὸ ἄκρον του φέρει σφύραν S . Ὅταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην, κλείσομεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου καὶ ὁ ὄπλισμὸς του ἔλκεται. Τότε δόμως ἐπέρχεται διακοπὴ τοῦ κυκλώματος εἰς τὸ σημεῖον G καὶ ὁ ὄπλισμὸς ἐπαναφέρεται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου E . Τὸ κύκλωμα πάλιν κλείσεται καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια. Εἰς ἑκάστην ἔλξιν τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἐν κτύπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.

β) Μορσικὸς τηλέγραφος.—Ἡ λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἔξης ἀρχήν: Ἐκ τοῦ ἐνὸς τόπου στέλλονται εἰς

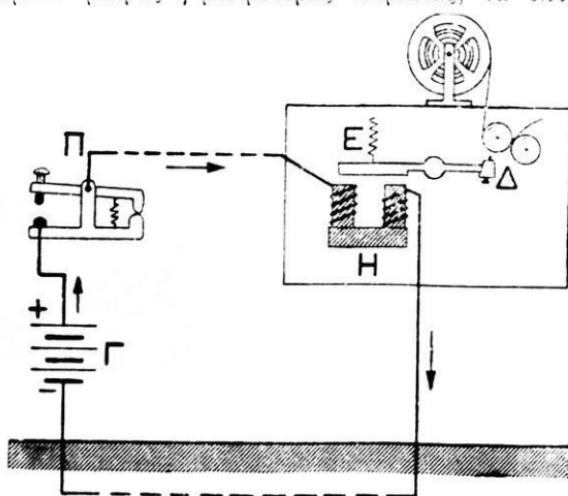


Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου.



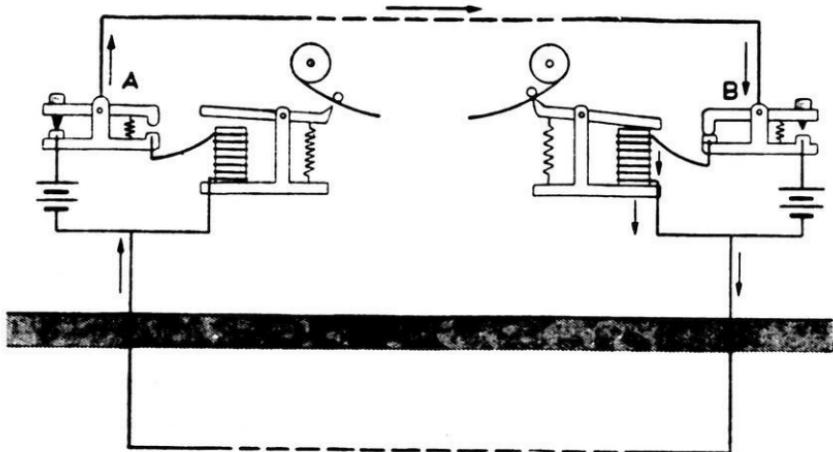
Σχ. 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ή μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὅποια διέργουνται δι' ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτου ἐφωδιασμένου μὲ εὐαίσθητον ὀπλισμόν. Λί κινήσεις τοῦ ὀπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦ εἰς τὰ ἀφιχθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τόπον ὑπάρχει ακτίλληγος διακόπησις, ὁ ὅποιος καλεῖται χειριστήρα οντῆ πομπὸς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὅποιος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐάν δὲ μοχλὸς ἀφεθῇ ἐλεύθερος, ἐν



Σχ. 206. Διὰ τὴν ἔξηγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (μονόπλευρος ἐγκατάστασις).

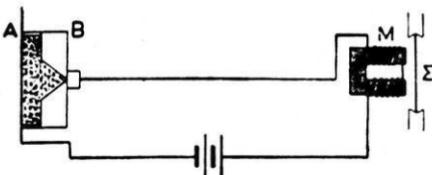
ταὶ ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὅποιος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐάν δὲ μοχλὸς ἀφεθῇ ἐλεύθερος, ἐν



Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις). ἐλατήριον τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικήν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὕτως εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὅποιον

φιάνει τὸ ρεῦμα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. Ό οὐλισμὸς τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου είναι στερεωμένος εἰς τὸ ἔχον μογῆδος. "Οταν ἔλκεται ὁ οὐλισμός, τὸ ὄλλο ἔχον τοῦ μογῆδου ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὄμβλις ἑκτυλισσομένην ταινίαν γάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόργου διαποτισμένου μὲ μελάνην. Ἐπὶ τῆς ταινίας καταγράφονται τότε γραμμαὶ διαφόρου μήκους ἀναλόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ οὐοῖον διηλθεν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ μεταβιβάσις συμβολικῆς τῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαριθμήτου καὶ τῶν ἀριθμῶν (μορσικὸν ἀλφαριθμητὸν). Ό πομπὸς καὶ ὁ δέκτης συνδυάζονται εἰς ἕκαστον τόπον, δπως φάίνεται εἰς τὸ σχῆμα 207. Ως δεύτερος ἀγωγὸς τοῦ κυκλώματος γρηγορεύει ἡ γῆ. Μὲ τὸν τηλέγραφον τοῦ Morse μεταβιβάζονται συνήθως 15—20 λέξεις κατὰ λεπτόν. Εἰς τὰ μεγάλα κέντρα γρηγοριμοποιοῦνται σήμερον περισσότερον τελειοποιημένη συστήματα, τὰ οἵποια ἐπιτρέπουν πολὺ ταχυτέρων μεταβιβάσιν.

γ) Τηλέφωνον. Εἰς τὸ τηλέφωνον ὡς πομπὸς γρηγοριμοποιεῖται τὸ μικρόσφωνον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας πλάκας ἀνθρακος Α καὶ Β (σχ. 208). Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν παρεμβάλλονται σφριρίδια ἀνθρακος. "Οταν ὄμιλοι μεν ἔμπροσθεν τῆς πλακὸς Α, τότε τὰ σφριρίδια τοῦ ἀνθρακος μετακινοῦνται. Ἡ ἀσταθὴς ἐπαφὴ τῶν μεταξὺ τῶν πλακῶν Α καὶ Β ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντιστάσεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν πρὸ τῆς πλακὸς Α τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ξήγον. Ως δέκτης γρηγοριμοποιεῖται τὸ ἀκουστικόν. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ οὐοίου τὰ ἔχον περιβάλλονται ἀπὸ δύο πηνία. Διὰ τῶν πηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. "Εμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εύρισκεται λεπτὴ πλάξ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ οἵποια δύναται νὰ πάλλεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκαλοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μονίμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἐλξις, τὴν οὐοίαν ἀσκεῖ ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλακὸς τοῦ σιδήρου.



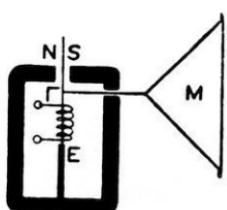
Σχ. 208. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου.

ρου, ύφίσταται άντιστοίχους μεταβολές καὶ ἡ πλάξ ἀναγκάζεται νὰ πάλεσται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀναπαράγεται ἀπὸ τὴν πλάξ τοῦ σιδήρου ὁ πρὸ τοῦ μικροφώνου παραγθεῖς ἥγος. Λί σημειωναὶ τῆλεφωνικαὶ συσκευαὶ φέρουν τὸ μικρόφωνον καὶ τὸ ἀκουστικὸν εἰς μίκην διάταξιν. Εἰς τὰ αὐτόματα τῆλεφωνα ἡ σύνδεσις τῶν συνδρομητῶν γίνεται αὐτομάτως μὲ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν ἐγκαταστάσεων (αὐτόματοι ἐπιλογεῖς). Μὲ τὸ τῆλεφωνον ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβίβασις τοῦ ἥγου εἰς μεγάλης ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὐτῇ ἀκολουθεῖ σχηματικῶς τὴν ἔξης σειρὰν μετατροπῶν :

ἥχος → ρεῦμα → ἥχος

Ἡ πρώτη μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ μικρόφωνον, ἐνῷ ἡ ἀντίστροφος μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ ἀκουστικόν.

δ) Ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον. "Οπως τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τῆλεφώνου, οὕτω καὶ τὸ **μεγάφωνον** μετατρέπει εἰς ἥγον μεγάλης ἑντάσεως τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἴσχυρὸν ἡλεκτρομαγνήτην (σχ. 209). Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει γλωσ-

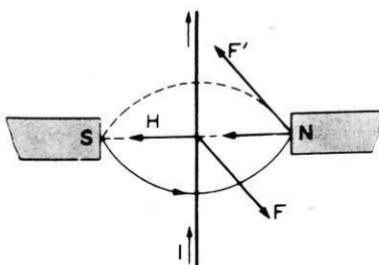


Σχ. 209. Διὰ τὴν ἔχηγον τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ μεγαφώνου.

σίς Γ ἀπὸ μαλλικὸν σίδηρον, ἡ ὅποια εἶναι στερεωμένη εἰς τὸ ἄκρον ἐλαστικοῦ ἐλάσματος. Ἡ βάσις τῆς γλωσσίδος περιβάλλεται ἀπὸ πηνίον, διὰ τοῦ ὅποιου διέρχεται τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τούτου προκαλοῦν μεταβολὰς τῆς μαγνητίσεως τῆς γλωσσίδος. "Ενεκα τούτου ἡ ἔλξις τῆς γλωσσίδος ἀπὸ τὸν ἔνα ἢ τὸν δλλον πόλον τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, ὕφίσταται ταχείας μεταβολάς, αἱ ὅποιαι ἀντιστοίχουν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ἡ γλωσσίς πάλλεται καὶ μετ' αὐτῆς πάλλεται ἡ κωνικὴ μεμβράνη M, ἡ ὅποια, ἐνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας τῆς, παράγει ἥγον μεγάλης ἑντάσεως.

21-189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.—Καταχόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἑντάσεως I (σχ. 210). Ὁ ἀγωγὸς εύρισκεται ἐντὸς ὄριζοντίου ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἑντάσεως H. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος ἔξασκεν τότε ἐπὶ τοῦ

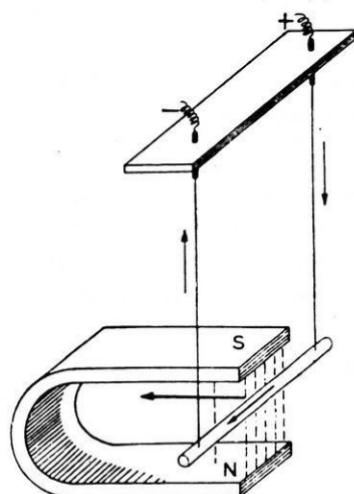
μαγνητικοῦ πόλου N μίαν δύναμιν F' , ή ὅποια εἶναι ὀριζοντία. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ὁ μαγνητικὸς πόλος N ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος, μίαν ἀν-



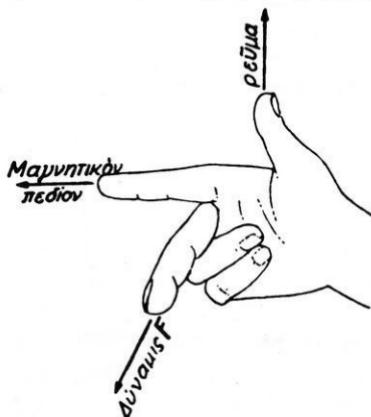
Σχ. 210. Ἡ F' εἶναι ἡ δρᾶσις τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ πόλου N , ἡ δὲ H εἶναι ἡ ἀντίδρασις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

τίδρασιν F ἵσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν F' . Ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται λοιπὸν μία δύναμις F , ἡ ὅποια εἶναι ὀριζοντία, δηλαδὴ καὶ θετική στὸς πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὅποιον ὄριζουν ἡ διεύθυνσις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Τὴν τοιαύτην ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς, ἐὰν ὁ ἀγωγὸς εἶναι κινητὸς (σχ. 211). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ὁ ἀγωγὸς μετακινεῖται ὑπὸ τῆς ἐπίδρασιν μιᾶς δυνάμεως. Ἡ φορὰ τῆς κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως F προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον ἐμπειρικὸν κανόνα τῶν τριῶν δαχτύλων: Τείνομεν τοὺς τρεῖς πρώτους δαχτύλους τῆς δεξιᾶς χειρὸς οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν μεταξὺ των ὄρθδας γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φορὰν



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.



Σχ. 212. Εὔρεσις τῆς φορᾶς τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F (δεξιά χείρ).

τοῦ ρεύματος, τὸν δείκτην κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπότε ὁ μέσος δάκτυλος δεικνύει τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, ἢ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 212). Ἀπὸ τὴν μελέτην τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος συνήγθη ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ Laplace**:

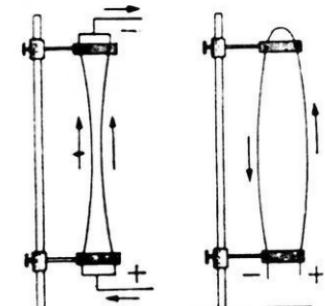
"Οταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους l , καὶ διαφρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I , εύρισκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις F κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὅποιον ὁρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἢ ἐντασις τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι :

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Laplace : } F = \frac{1}{10} \cdot l \cdot H \cdot I \text{ dyn}}$$

Παράδειγμα. Εὰν εἴναι $l = 10$ cm, $I = 4$ Ampère καὶ $H = 2000$ Gaus, τότε εἴναι :

$$F = \frac{4 \cdot 2\,000 \cdot 10}{10} = 8\,000 \text{ dyn}$$

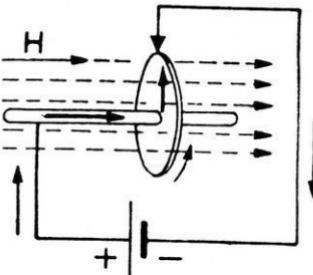
Παράλληλα ρεύματα. Ἐκτελοῦμεν τὸ ἔξης πείραμα : Διὰ δύο κατακορύφων ἀγωγῶν διεκβιβάζομεν ρεύμα σύτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν δύο παράλληλα ρεύματα εἴναι ὁ μὲρος πα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἔλκονται (σχ. 213), ἐνῶ ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἴναι ἀντίρροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἀπομένουν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου H δρᾶσις αὐτὴ τῶν δύο ρεύματων εἴναι ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνωτέρω νόμου τοῦ Laplace, διότι ἔκαστον ρεῦμα δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποῖον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ρεύματος.



Σχ. 213. Αμοιβαίαι δράσεις παραλλήλων ρευμάτων.

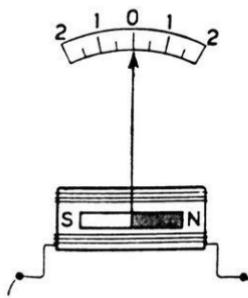
190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρος.— Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὃ ὅποιος δύναται νὰ στρέψεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ο εἰς πόλος τῆς

γεννητρίας, συνδέεται μὲ τὸν δξανα τοῦ δίσκου, ὁ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται μὲ ἔλχασμα, τὸ ὅποιον ἐφάπτεται τῇ περιφερείᾳ τοῦ δίσκου. Ο δίσκος εὑρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δύναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πρακτηροῦμεν ὅπι ο γάλικινος δίσκος ἀποκτᾷ περιστροφικὴν κίνησιν. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸ ὅπι τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διατρέχει τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου, ἐνεργεῖ συνεχῶς μία δύναμις, ἡ ὅποια εἶναι κάθετος πρὸς τὴν ἀκτῖνα καὶ εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ δίσκου. Η φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ δίσκου ἀναστρέφεται, ἐάν ἀναστραφῇ ή φορὰ τοῦ ρεύματος η ή διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ ἀνωτέρω πείραμα ἐρμηνεύει τὴν λειτουργίαν τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.



Σχ. 214. Ἀρχὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ κινητῆρος.

27. 191. "Οργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων.—Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὅργανα. Η λειτουργία τούτων στηρίζεται κυρίως εἰς τὰ θερμικὰ η τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ρεύματος. Τὰ **γαλβανόμετρα** ἀποτελοῦνται ἀπὸ



Σχ. 215. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου μὲ κινητὸν μαγνήτην.

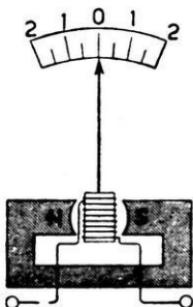
μικρὸν μαγνήτην εὐρισκόμενον ἐντὸς πλαισίου διαρρεομένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 215). Τὸ γαλβανόμετρον χρησιμεύει διὰ νὰ δεῖξῃ, ἢν ὑπάρχῃ ρεῦμα καὶ πού εἶναι η φορὰ τοῦ ρεύματος. Όμοια εἶναι η κατασκευὴ τῶν **ἀμπερομέτρων**, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαιρέσεις εἰς Ampère.

Η ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρά, διότι τὰ ὅργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιοῦν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ **βολτόμετρα** λειτουργοῦν ὥπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα μὲ

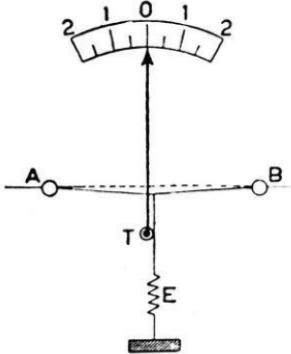
τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων

τοῦ αυκλώματος καὶ δὲν πρέπει νὰ ἐπηρεάζουν τὴν ἔντασιν τοῦ ρευματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὄργανα μικρὸς μαγνήτης στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖ ἀκίνητον ρεῦμα. Εἶναι ὅμως δυνατὸν τὸ ρεῦμα νὰ διαρρέῃ μικρὸν πηγίον, τὸ ὅποιον στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖ ἀκίνητος μαγνήτης



Σχ. 216. Σχηματική διάταξης γαλβανομέτρου μὲ κινητὸν πηγίον.



Σχ. 217. Ἀρχὴ τῶν θερμικῶν ὄργανων μετρήσεων. (Τὸ διαστελόμενον σύρμα τείνεται ἀπὸ τὸ ἔλαστριον Ε καὶ ἡ τροχαλία Τ, ἐπὶ τῆς ὅποιας στερεώνεται ὁ δείκτης στρέφεται).

(σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὄργανα μετρήσεως ἐπιτυγχάνεται μετακίνησις τοῦ δείκτου ἐνώπιον βαθμολογημένου τόξου ἐξ αἰτίας τῆς διαστολῆς, τὴν ὅποιαν ὑφίσταται σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 217).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

141. Ρεῦμα ἔντασεως 30 A διαρρέει εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ;

142. Πηγίον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Διὰ τοῦ πηγίου διαβιβάζομεν ρεῦμα ἔντασεως 15 A. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηγίου;

143. Πηγίον φέρει 10 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μῆκος. Πόσην ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ τὸ ρεῦμα, τὸ ὅποιον θὰ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ πηγίου, ἵνα θέλωμεν ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηγίου νὰ είναι 250 Gauss;

144. Δύο εύθυγραμμα παράλληλα σύρματα άπέχουν μεταξύ των 8 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ύπόριθμάτων ἐντάσεως 24 A. Τὰ δύο ρεύματα είναι διμόρφοπα. Πόση είναι ἡ ἐντασίς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον, ἀπέχον 3 cm ἀπὸ τὸ ἔν σύρμα καὶ 5 cm ἀπὸ τὸ ἄλλο;

145. Πηνίον μήκους 30 cm, φέρει 1200 σπείρας καὶ διαρρέεται ύπόριθμάτος ἐντάσεως 6 A. Πόση είναι ἡ ἐντασίς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου; Τὶ συμβαίνει, ἐὰν ἐντὸς τοῦ πηνίου εἰσαχθῇ ράβδος μαλακοῦ σιδήρου ἔχουσα μαγνητικήν διαπερατότητα $\mu = 4000$;

146. Πηνίον φέρει 20 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ δὲ ἕξων του είναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ύπάρχει μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως. "Οταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ρεύμα, ἡ βελόνη ἐκτρέπεται κατὰ 45° . Πόση είναι ἡ ἐντασίς τοῦ ρεύματος, ἐὰν ἡ ὅριζοντια συνιστῶσα τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου είναι $H_0 = 0,2$ Gauss;

147. Εύθυγραμμον σύρμα, μήκους 12 cm, διαρρέεται ύπόριθμάτος ἐντάσεως 4 A καὶ εύρισκεται ἐντὸς διμορφοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 200 Gauss. Τὸ σύρμα είναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Πόση είναι ἡ ἐπὶ τοῦ σύρματος ἀντιπυσσομένη ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις;

148. Δύο εύθυγραμμα σύρματα μήκους 50 cm είναι παράλληλα καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ύπόριθμάτων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση είναι ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ δόποια ἐνεργεῖ ἐπὶ ἑκάστου σύρματος, ἐνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος;

ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

192. Παραγωγὴ τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. 'Ο Faraday ἀντιστρέψων τὸ ζήτημα ἐπεζήτησε νὰ παραγάγῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν ἀνακάλυψιν αὐτὴν τοῦ Faraday στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν, αἱ δόποια σήμερον παράγουν ἀφθόνως τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὰ ἄκρα ἐνὸς πηνίου είναι συνδεδεμένα μὲ εὐπαθὲς γαλβανόμετρον (σχ. 218). Τὸ κύκλωμα είναι κλειστόν, ἀλλ' ἐπειδὴ δὲν περιλαμβάνει καμμίαν γεννήτριαν, δὲν παρατηροῦμεν ρεῦμα. Εἰς τὸ πηνίον πλησιάζομεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον εύθυγράμμου μαγνήτου οὕτως, ὥστε αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου του νὰ διέρχωνται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Παρατηροῦμεν δτὶ τὸ κύκλωμα τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα πολὺ μικρᾶς διαρκείας. 'Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τὸ πηνίον, παρατηροῦμεν πάλιν

μικρᾶς διαρκείας ρεῦμα, τὸ ὅποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ πρωτηγουμένως παραγόθεν ρεῦμα. Τὰ οὕτω παραγόμενα ρεύματα, καλούνται

ἐπαγωγικὰ ρεύματα.

"Οταν ὁ μαγνήτης πλησιάζῃ πρὸς τὸ πηγίον, ἡ ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτοῦ, μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηγίου. Αὐτὴ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.

"Ωστε :

Σχ. 218. Παραγωγὴ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

καὶ τοῦτο εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως

"Ωστε :

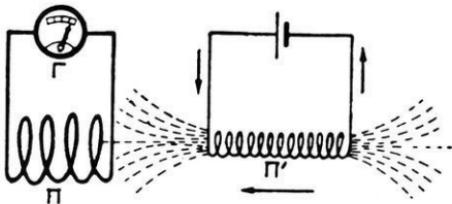
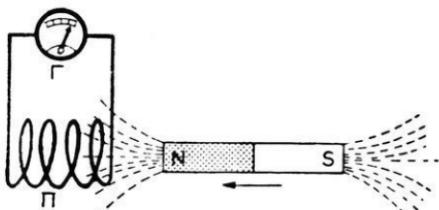
"Οταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποιο διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηγίου, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια διαρκοῦν, ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—'Η μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηγίου Π (σχ. 218), δύναται νὰ μεταβληθῇ κατὰ τοὺς ἔξης τρόπους :

α) Πλησιάζομεν εἰς τὸ πηγίον Π ἡ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ αὐτοῦ ἕνα εὐθύγραμμον μαγνήτην (σχ. 218) ἡ ἐν ἄλλῳ πηγίον Π', τὸ ὅποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 219). Τὸ πηγίον Π' συμπεριφέρεται, ὅπως ὁ εὐθύγραμμος μαγνήτης. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηγίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

β) Τὸ πηγίον Π εὑρίσκεται ἀκίνητον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηγίου Π' (σχ. 219), τὸ ὅποῖον διαρρεεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I. Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα τοῦ πηγίου Π'.

'Η κατάργησις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηγίον Π καὶ συνεπῶς ἀνάπτυξιν ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηγίου Π. 'Εὰν ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηγίον Π' προκαλεῖται πάλιν με-



Σχ. 219. Παραγωγὴ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

ταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὅποίου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτυξιν ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμον μαγνήτην ἢ τὸ πηνίον Π' τὸ διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πηνίον Π, προκαλεῖται μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ παράγεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

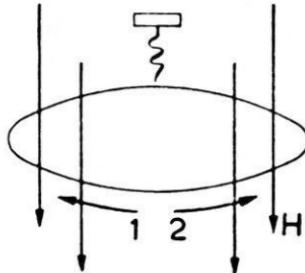
194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.—'Η φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος καθορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Lenz :

Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τοιαύτην φοράν, ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦτο νὰ ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αἵτιαν, ἡ δοπία τὸ παράγει.

"Οταν λοιπὸν πλησιάζωμεν εἰς τὸ πηνίον Π (σχ. 218) τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἔχει τοιαύτην φοράν, ὥστε εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργῆται βόρειος πόλος.

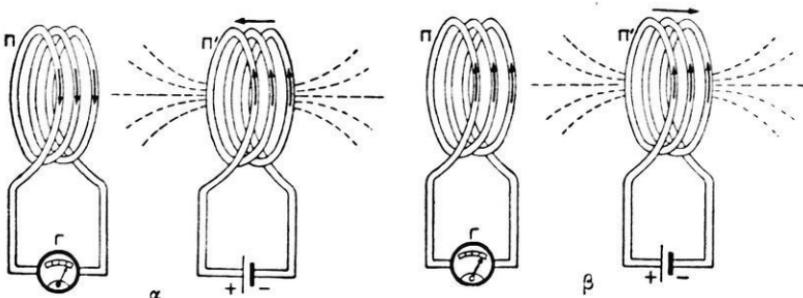
Οὗτος ἀποθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομακρύνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, ὁ δοπίος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βόρειον πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὔκολον εὔρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μηνημονικὸν κανόνα τοῦ

Μ a x w e l l : Θεωροῦμεν κοχλίαν τοτοποθετημένον παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 220). "Οταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐλαττώνεται τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τὴν φοράν, κατὰ τὴν δοπίαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας διὰ νὰ προχωρήσῃ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 1). "Οταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ αὔξανεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει φορὰν ἀντίθετον τῆς φορᾶς, κατὰ τὴν δοπίαν ὁ κοχλίας στρεφόμενος προχωρεῖ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 2).

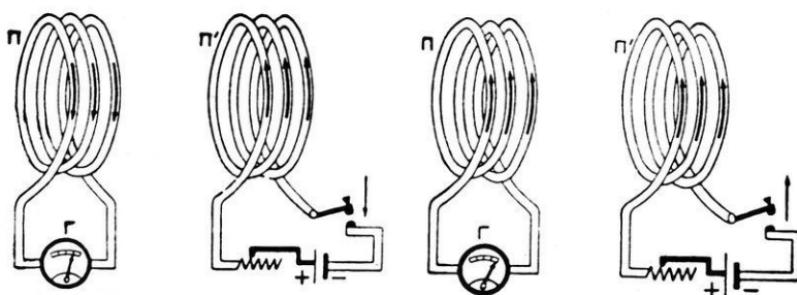


Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὔρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

Ούτως εύρισκομεν τὴν φορὰν τοῦ ἐντὸς τοῦ πηγίου Π ἀναπτυσσομένου ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηγίου Π'



Σχ. 221. Φορὰ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηγίου Π' (α τὸ Π' πλησιάζει πρὸς τὸ Π, β τὸ Π' ἀπομακρύνεται τοῦ Π).



Σχ. 222. Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἢ τὴν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν διντίρροπον.

(σχ. 221) ἢ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν καὶ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηγίου Π' (σχ. 222, 223).

195. Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Γνωρίζομεν ὅτι ἐν κλειστὸν κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχῃ γεννήτρια, ἢ ὅποια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ἀς θεωρήσωμεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἀπὸ πηγίον Π καὶ γαλβανόμετρον Γ (σχ. 218). Ἐάν εἰς τὸ πηγίον Π πλησιάσωμεν ταχέως ἔνα εὐθύγραμμον μαγνήτην, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Ἀρα ἡ μεταβολὴ τῆς

Σχ. 223. Κατὰ τὴν διακοπὴν ἢ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν διντίρροπον.

μαγνητικής ροής δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμιν, ἡ ὥποια καλεῖται ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Τὸ πέραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

Ἡ ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν ($\Delta\Phi$) τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ ὥποιου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὐτῇ.

$$\text{ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις: } E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t} \text{ Volt}$$

Ἡ μεταβολὴ $\Delta\Phi$ τῆς μαγνητικῆς ροῆς μετρεῖται εἰς Maxwell (§ 128) καὶ ὁ γρόνος t εἰς δευτερόλεπτα.

Η ράσιγμα. Πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ 100 σπείρας, διαμέτρου 10 cm καὶ εὑρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσσεως 50 Gauss. Αἱ σπείραι τοῦ πηνίου εἶναι κάθετοι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐντὸς 0,1 sec τὸ πεδίον καταργεῖται. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἐντὸς τοῦ πηνίου ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

Ἡ ὄλικη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὥποια διέρχεται διὰ τῶν 100 σπειρῶν τοῦ πηνίου εἶναι :

$$\Phi = 100 \cdot H \cdot \sigma = 100 \cdot 50 \cdot \pi \cdot 25 = 392\,500 \text{ Maxwell}$$

Τόση δύναμις εἶναι καὶ ἡ μεταβολὴ $\Delta\Phi$ τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἀρα εἶναι :

$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\,500}{0,1} = 0,03925 \text{ Volt}$$

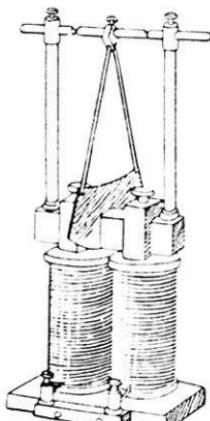
Ἐὰν ἡ λίδια μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς συμβῇ ἐντὸς 0,001 sec, τότε εἶναι :

$$E = 3,925 \text{ Volt}$$

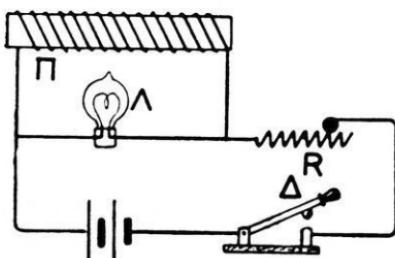
196. Ρεύματα Foucault.— "Οταν μία μεταλλικὴ μᾶζα μετακινήται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐντὸς αὐτῆς ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὥποια διατρέχουν ἐντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης κλειστάς τροχιάς. Τὰ ρεύματα αὐτὰ καλοῦνται **ρεύματα Foucault** καὶ προκαλοῦν ισχυρὰν θέρμανσιν τῆς μεταλλικῆς μάζης. Τὰ ρεύματα Foucault, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz ἀντιτίθενται εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, δηλαδὴ ἀντιτίθενται εἰς τὴν μετακίνησιν τῆς μεταλλικῆς μάζης. Οὕτω τὰ ρεύματα Foucault ἐνεργοῦν ἐπὶ τῆς κινουμένης μεταλλικῆς μάζης ὡς τροχοπέδη (φρένο). Τοῦτο καταφαίνεται εἰς τὸ ἔξης πείραμα. Μεταξὺ τῶν πόλων ισχυροῦ ἡλεκτρομαγνή-

του δύναται νὰ αἰωρῆται παχεῖς μεταλλικὴ πλάξ (σχ. 224). "Όταν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου δὲν διέρχεται ρεῦμα, αἱ αἰωρήσεις τῆς πλακὸς διαρκοῦν ἐπὶ μηκὸν χρόνον. "Όταν δύμας ἡ πλάξ κινῆται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖται μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, τότε ἡ κίνησις τῆς πλακὸς γίνεται πολὺ βραχεῖα καὶ ταχέως ἡ πλάξ ἐπικνέρχεται εἰς τὴν ἡρεμίαν. Τὰ ρεύματα Foucault χρησιμοποιοῦνται ὡς τροχοπέδη εἰς πολλὰ ὅργανα μετρήσεων διὰ τὴν ταχεῖαν ἀπόσβεσιν τῶν ταλαντώσεων τοῦ κινητοῦ συστήματος των καὶ εἰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ἡλεκτρομαγνητικὰ φρένα).

197. Αὐτεπαγωγή.— Κάθε ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος, δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Οὕτω διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια 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. "Ωστε, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἀγωγόν, ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια καλοῦνται ρεύματα αὐτεπαγωγῆς. Μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 225 ἀποδεικνύεται εὐκόλως τὸ φαινόμενον τῆς αὐτεπαγωγῆς. Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ πηνίου παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν λαμπτήρ πυρακτώσεως (Λ) καὶ ρυθμίζομεν τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος (διὰ τῆς μεταβλητῆς ἀντίστάσεως R),



Σχ. 224. Ἐπὶ τῆς κινουμένης πλακὸς ἀναπτύσσονται ρεύματα Foucault.



Σχ. 225. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος δὲ λαμπτήρ φωτοβολεῖ.

ώστε ὁ λαμπτήρ μόλις νὰ φωτοβολῇ. Διακόπτομεν ἀποτόμως τὸ ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἴσχυρῶς διὰ μίαν μόνον στιγμὴν. Ἡ διακοπὴ τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον μεταβολὴν τῆς

μαγνητικής ροής, ή όποια διέρχεται διὰ τοῦ πηνίου. Οὕτως ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς, ή όποια δημιουργεῖ τὸ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz, αὕτη σις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δημιουργεῖ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς ἀντίρροπον καὶ ἀντιθέτως ἐλάττωσις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος δημιουργεῖ ρεῦμα αὐτεπαγωγῆς ὃ μόρροπον. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς (E) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν (ΔI) τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ διποίου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὕτη.

$$\text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς : } E = L \cdot \frac{\Delta I}{t} \text{ Volt}$$

ὅπου L εἶναι ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ὁ ὄποιος ἔχει χρῆσται ἀπὸ τὴν μορφὴν καὶ τὸ μέγεθος τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν $\Delta I = 1$ Ampère, $t = 1$ sec καὶ $E = 1$ Volt, εὑρίσκουμεν $L = 1$. Ἡ μονάς συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς καλεῖται Henry (1H) καὶ ὄριζεται ὡς ἔξης :

Ἄγωγὸς ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 1 Henry ὅταν, μεταβαλλομένης τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος κατὰ 1 Ampère ἐντὸς 1 δευτερολέπτου, ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἢση μὲ 1 Volt.

Παράδειγμα. Ηγηνόν ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = 0.2$ Henry καὶ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως $I = 10$ Ampère. Ἐντὸς χρόνου $t = 0.01$ sec τὸ ρεῦμα διακόπτεται. Ἐντὸς τοῦ πηνίου ἀναπτύσσεται τότε ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς :

$$E = 0.2 \cdot \frac{10}{0.01} = 200 \text{ Volt}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

149. Πλαίσιον φέρει 100 σπείρας καὶ ἔχει ἐπιφάνειαν 1 m^2 . Τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλαισίου είναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Τὸ σύρμα τοῦ πλαισίου ἔχει ἀντίστασιν 2Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως 8Ω . Τὸ πλαίσιον στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἀξονα κατὰ 90° . Πόσον είναι τὸ

άναπτυσσόμενον έξι έπαγωγής ήλεκτρικὸν φορτίον ; Όριζοντια συνιστώσα γηί νου μαγνητικοῦ πεδίου $H_0 = 0,2$ Gauss.

150. Πηνίον ἔχει διάμετρον 20 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Τὸ πηνίον τοποθετεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 150 Gauss οὔτως, ὥστε ὅ ᾧ του νὰ συμπίπτῃ μὲ μίαν δυναμικήν γραμμήν. Στρέφομεν τὸ πηνίον κατὰ 90° ἐντὸς 0,1 sec, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ γίνουν παράληλαι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσόμενὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

151. Πηνίον Α μάκους 50 cm φέρει 500 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 10 A. Εἰς τὸ μέσον τοῦ πηνίου Α ὑπάρχει μικρὸν πηνίον Β, τὸ ὅποιον ἔχει διάμετρον 4 cm καὶ φέρει 1000 σπείρας. Οἱ ᾧ τῶν δύο πηνίων συμπίπτουν. Δισκόποτομεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Α ἐντὸς 0,01 sec. Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ πηνίου Β ἀναπτυσσόμενὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

152. Πηνίον φέρει 1000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὅποιων ἔχει ἐπιφάνειαν 20 cm². Τὸ πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 3 Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντίστάσεως 7 Ω. Τὸ πηνίον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνήτου καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν σπειρῶν εἶναι κάθετα πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐξάγομεν ταχέως τὸ πηνίον ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπότε εὐρίσκομεν ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Ch. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ;

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρέει πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,2 H. Ἐντὸς 0,04 sec ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται εἰς 3 A. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσόμενὴ ἔξι αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

154. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,05 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς 0,1 sec, διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἔξι αὐτεπαγωγῆς 2 Volt ;

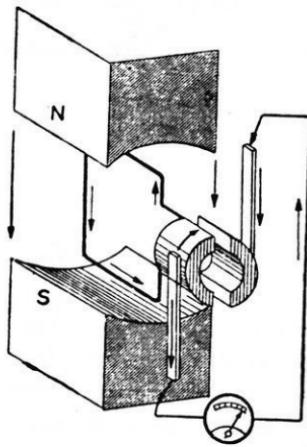
ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναί.—Καλοῦνται γενικῶς ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναί, αἱ ὅποιαι μετατρέπουν τὴν μηχανὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως. Αἱ γεννήτριαι ἔκτελοῦν τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας εἰς ἡλεκτρικήν, οἱ δὲ κινητῆρες μετατρέπουν τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος, (§ 154) ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἔξης κύρια μέρη: τὸν ἐπαγωγέα, τὸ ἐπαγώγιμον καὶ τὸν συλλέκτην.

‘Ο ἐπαγωγέας εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ὅποιου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ ἐπαγώγιον ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὅποιον στρέφεται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, διὰ νὰ προκαλῆται συνεχῶς μετα-

βιολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Όσυλλέκτης εἶναι κατάλληλον σύστημα, διὰ τοῦ ὅποίου τὰ ἐντὸς τοῦ ἐπαγγεγόμενα παραχόμενα ἐπαγγεγόμενα ρεύματα μεταβιβάζονται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα τῆς καταναλώσεως.

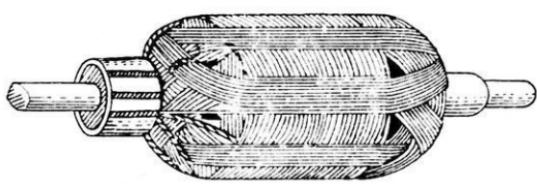
199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—Η λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἔξης ἀρχῆς: "Ἄσθεωρήσωμεν ὄρθογώνιον πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον σύρμα (σχ. 226). Τὸ πλαίσιον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὅμοιον συρμοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγγεγέως περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουν εἰς δύο μεμονωμένους ἡμιδακτυλίους (συλλέκτης), οἱ δόποῖοι εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς καὶ στρέφονται μετ' αὐτοῦ. "Εκαστος ἡμιδακτύλιος εύρισκεται πάντοτε εἰς ἐπαφὴν μὲν ἐν ἔλασμα (ψήκτρα). "Οταν τὸ πλαίσιον ἐκτελέσῃ ἡμίσειαν στροφῆν, ἐκάστη ψήκτρα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ὄλλον ἡμιδακτύλιον. Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν τὸ πλαίσιον εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Η θέσις αὐτὴ τοῦ πλαισίου καλεῖται οὐδετέρα γραμμῆς. "Οταν τὸ πλαίσιον στρέφεται κατὰ 90° , ή δι^o αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται μεταξὺ τῆς τιμῆς O (τὸ πλαίσιον παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς) ἐπαγγεγικὰ ρεύματα, τὰ δόποια καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς Φ (τὸ πλαίσιον διοιχετεύονται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς).



Σχ. 226. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσονται ἐπαγγεγικὰ ρεύματα, τὰ δόποια καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς Φ . Οὕτω τὸ ρεύμα ἔξερχεται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα ὡς συνεχὲς ρεῦμα.

"Η φορὰ τοῦ ἐπαγγεγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πλαισίου ἀλλάσσει, διότι τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως η μία ψήκτρα τοῦ συλλέκτου παύει νὰ ἐφάπτεται τοῦ ἐνὸς ἡμιδακτύλιου καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ὄλλον ἡμιδακτύλιον τοῦ συλλέκτου. Οὕτω τὸ ρεύμα ἔξερχεται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα ἀπὸ τὴν αὐτὴν πάντοτε ψήκτραν, η δόποια ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, ἐνῶ η ὄλλη ψήκτρα ἀποτελεῖ τὸν αρνητικὸν πόλον. Εἰς

την πρᾶξιν, ἀντὶ ένδος πλαισίου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ πλαίσια, τὰ ὅποια καταλήγουν εἰς ισάριθμα ζεύγη τομέων, τὰ ὅποια είναι μεμονωμένα καὶ ἀποτελοῦν τὸν συλλέκτην. Τὰ πλαίσια διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου ἀπὸ μαλλικῶν σιδήρων (σχ. 227). Οὗτος χρησιμεύει διὰ τὴν αὐξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (§ 187) καὶ συνεπῶς διὰ τὴν αὔξησιν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροής. Ὡς ἡλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητρίας τροφοδοτεῖται μὲν μέρους τοῦ ρεύματος, τὰ



Σχ. 227. Ἐπαγώγιμον τυμπάνου, εἰς τὸ ὅποιον τὰ σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου.

τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου διατηρεῖται πάντας μίαν μικρὰν μαγνήτισιν, οὐκονὴν νὰ προκαλέσῃ τὴν διέγερσιν τῆς μηχανῆς (καὶ τοι διέγερσις τῆς μηχανῆς).

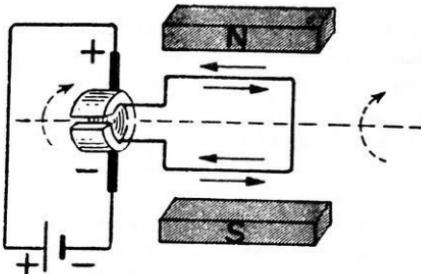
Ἐάν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλλικοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγώγιμον φέρῃ Ν εὐθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συγγόνης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου είναι ν., τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις **Ε** τῆς γεννητρίας είναι :

$$\text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητρίας : } E = \frac{1}{10^8} \cdot N \cdot v \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου Φ είναι ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται δι' ὀλοκλήρου τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75 %, ἔως 98 %.

200. Κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος.— “Ας θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ή μία ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ὅλη ὑψητρα συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Τότε τὸ πλαισίον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἔκαστης πλευρᾶς τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὅποιον στρέφει τὸ πλαισίον, ἔως ὅτου τοῦτο

γίνη κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε ὅμως ἀλλάσσει ἡ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν μὲ τοὺς ἡμιδικτύλιους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζεῦγος δυνάμεων, τὸ δόπον συνεχίζει τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ κινητῆρες οὖτοι εἰναι σχεδὸν ὅμοιοι μὲ τὰς γεννήτριας. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἡλεκτροκινητήρων ἀνέρχεται εἰς 70 % ἔως 98 %.



Σχ. 228. Ἀρχὴ τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος

201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.—Ἐστω ὅτι μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως $I = 20$ Ampère ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000$ Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως μὲ γραμμὴν ἔχουσαν ἀντίστασιν $R = 300$ Ohm. Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἴσχὺν $P = U \cdot I$. ἦτοι $P = 200\,000$ Watt. Ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἴσχὺς $P' = I^2 \cdot R$, ἦτοι χάνονται $P' = 120\,000$ Watt. Ἀρα εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἴσχὺς ἵση μὲ 80 000 Watt. Ἐστω τώρα ὅτι ἡ γεννήτρια παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως $I = 2$ Ampère ὑπὸ τάσιν $U = 100\,000$ Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται πάλιν διὰ τῆς ἴδιας γραμμῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἴσχὺν $P = 200\,000$ Watt, ὅσην παρεῖχεν καὶ προηγουμένως. Ἀλλὰ τώρα ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ἴσχὺς $P' = I^2 \cdot R$ ἦτοι $P' = 1200$ Watt. Οὕτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἴσχὺς ἵση μὲ 198 800 Watt. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου καταφαίνεται ὅτι, διὰ νὰ μεταφερθῇ τὸ ρεῦμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, πρέπει τὸ ρεῦμα νὰ ἔχῃ μεγάλην τάσιν καὶ μικρὰν ἔντασιν. Ἄλλ’ αἱ γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος δὲν δύνανται νὰ μᾶς δώσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μεγάλας τάσεις. Οὕτω τὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μεταφερθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, διότι δημιουργεῖ τεραστίαν ἀπώλειαν ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

155. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν 300 Volt, έσωτερικήν άντιστασιν $0,5 \Omega$ και ταχύτητα περιστροφῆς 1500 στροφάς κατά λεπτόν. Ή γεννήτρια αυτή συνδέεται μὲς ἄλλην δμοίσαν μηχανήν, η ὅποια λειτουργεῖ ως κινητήρ, ό όποιος έκτελει 1200 στροφάς κατά λεπτόν. Οι ἀγωγοὶ τῆς συνδέσεως τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν άντιστασιν 4Ω . Πόση είναι η ισχύς ἐκάστης μηχανῆς καὶ πόση Ισχύς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἐπὶ τῆς γραμμῆς καὶ ἐντὸς ἐκάστης μηχανῆς;

156. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν 120 Volt καὶ έσωτερικήν άντιστασιν 1Ω . Πόση είναι η μεγίστη δυνατή Ισχύς, τὴν δποίαν δύναται νὰ προσφέρῃ εἰς τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα η γεννήτρια αὐτῇ; Πόση είναι τότε η ἀπόδοσις τῆς γεννήτριας;

157. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν 120 Volt, καὶ έσωτερικήν άντιστασιν 1Ω . Ή γεννήτρια τροφοδοτεῖ λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦντας ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Ἐκαστος λαμπτήρα, δταν λειτουργῆ κανονικῶς, έχει άντιστασιν 440Ω . Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ η γεννήτρια;

158. Γεννήτρια έχει εἰς τοὺς πόλους της διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt καὶ στέλλει ρεῦμα ἐντάσεως 100 A εἰς κινητήρα εύρισκόμενον μακρὰν τῆς γεννήτριας. Πόση πρέπει νὰ είναι η άντιστασις τῆς γραμμῆς, ἀν θέλωμεν νὰ χρησιμοποιῆ δικινητήρα τὰ $0,90$ τῆς Ισχύος, τὴν δποίαν παρέχει η γεννήτρια εἰς τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα; Πόση είναι τότε η διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τοῦ κινητῆρος;

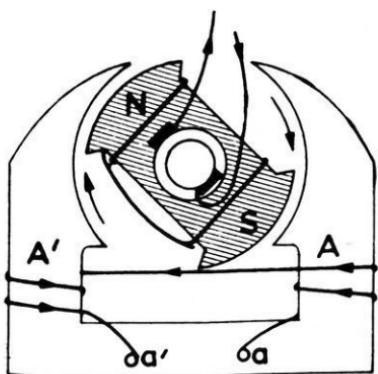
159. Δύο δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ Α καὶ Β ἔχουν άντιστάσεις $r_A = 30 \Omega$ καὶ $r_B = 15 \Omega$, συνδέονται δὲ μεταξὺ τῶν μὲ ἀγωγούς, οἱ όποιοι ἔχουν άντιστασιν $R = 5 \Omega$. Ή Λειτουργεῖ ως γεννήτρια καὶ εἰς τοὺς πόλους της ἡ τάσις είναι 120 Volt, η δὲ Β λειτουργεῖ ως κινητήρ καὶ εἰς τοὺς πόλους της ἡ τάσις είναι 90 Volt. Πόση είναι η ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς Α καὶ η άντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς Β;

160. Μία ύδατόπτωσις παρέχει ισχὺν 600 kW εἰς γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 90% . Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον κατανάλωσεως μὲ ἀγωγούς ἔχοντας άντιστασιν 300Ω . Πόση είναι η βιομηχανικὴ ἀπόδοσις τῆς ἐγκαταστάσεως, δταν η ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννήτριας είναι $20\,000$ Volt καὶ δταν είναι $100\,000$ Volt;

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

202. **Ἐναλλακτήρες**—Σήμερον, ἀντὶ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ όποιον έχει πάντοτε τὴν ἴδιαν φοράν, χρησιμοποιεῖται εύρυτατα τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ όποίου η φορὰ ἐναλλάσσεται περιοδι-

κῶς. Αἱ γεννήτριαι, αἱ ὁποῖαι παράγουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα κα-
λοῦνται εἰδικώτερον **ἐναλλακτῆρες**. Εἰς τούτους ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι
ἡλεκτρομαγνήτης, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ ἀξονα (σχ.



Σχ. 229. Σχηματική παράστασις ἐναλ-
λακτῆρος.

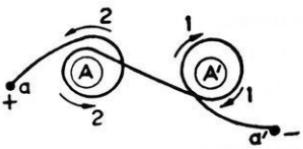
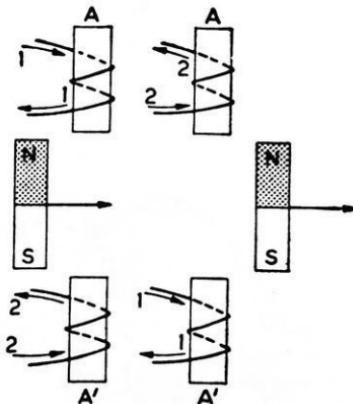
229.). Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παράγει γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος. Τὸ **ἐπαγώγιμον** εἶναι ἀκίνη-

τον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία A καὶ A', τὰ ὁποῖα φέρουν κοινὸν πυρῆ-
να ἀπὸ μαλαχὸν 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 περι-
στροφὴν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου προκα-
λεῖται μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὰ δύο πηνία. "Εστω δ̄τι εἰς μίαν στιγμὴν ὁ βόρειος πόλος N τοῦ ἡλε-
κτρομαγνήτου πλησιάζει πρὸς τὸ πηνίον A. Τότε ἐντὸς τοῦ πηνίου A (σχ. 230).



Σχ. 230. Τὰ ρεύματα ἐντὸς τῶν πηνίων
A καὶ A' ἔχουν πάντοτε ἀντίθετον φοράν.

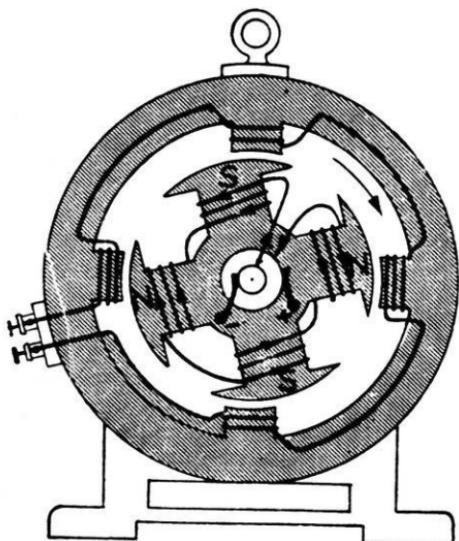
παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχον τὴν φορὰν 1. Μετ' ὀλίγον ὁ βόρειος πόλος N ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ πηνίον A καὶ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα, ἔχον τὴν ἀντίθετον φορὰν 2. Τὰ ἴδια



Σχ. 231. Εἰς ἑκάστην στιγμὴν τὰ δύο
ἀντίθετα ρεύματα προστίθενται.

παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχον τὴν φορὰν 1. Μετ' ὀλίγον ὁ βόρειος πόλος N ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ πηνίον A καὶ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα, ἔχον τὴν ἀντίθετον φορὰν 2. Τὰ ἴδια

συμβαίνουν καὶ εἰς τὸ πηνίον Α' μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ἐκάστην στιγμὴν τὰ δύο πηνία Α καὶ Α' διαροέοντα ἀπὸ ἐπαγωγικὰ ρεύματα ἀντιθέτου φορᾶς. Ἐπειδὴ δμως τὸ τύλιγμα τοῦ σύρματος εἰς τὰ δύο πηνία ἔχει γίνει ἀντιθέτως, διὰ τοῦτο τὰ δύο αὐτὰ ἀντιθετὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα προστίθενται εἰς ἐκάστην στιγμὴν (σχ. 231). Οὕτως οἱ ἀκροδέκται καὶ εἰς α' γίνονται περιοδικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητρίας. Ἐὰν δὲ συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μὲ ἔνα ἔξωτερικὸν ἀγωγόν, οὕτως θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεύματος ἐναλλασσομένης περιοδικῶς φορᾶς καὶ τὸ ὅποιον διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐναλλασσόμενον ρεύμα**. Εἰς τὴν πρᾶξιν δὲ ἐπαγωγεὺς ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, τὰ ὅποια περιστρέφονται ἔμπροσθεν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγήμου. Οἱ ἀριθμὸς τῶν πηνίων τούτων εἶναι ἵσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγήματος (σχ. 232). Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγήμου φέρουν πυρήνας ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον,

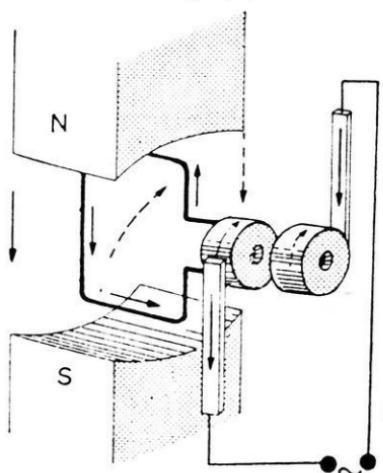


Σχ. 232. Μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ.

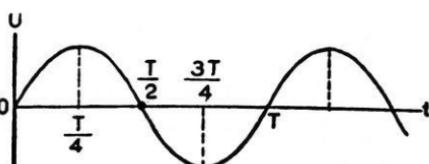
οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των δγκώδη σιδηρᾶν μᾶξαν. Οἱ ἀνωτέρω ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **μονοφασικοί**, τὸ δὲ παραγόμενον ὑπὸ αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεύμα καλεῖται **μονοφασικόν**. Ἡ συχνότης τῶν παραγομένων σήμερον ἐναλλασσομένων ρευμάτων ποικίλει ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν (ἀπὸ 20 Hz ἕως 1 000 000 Hz).

203. Κινητήρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—Ο κινητήρ συνεχοῦς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητήρ μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγήμου εἰς τὸν κινητήρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότερον δμως χρησιμοποιούμενοι σήμερον κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰναι **τριφασικοί κινητῆρες**.

204. Έναλλασσόμενον ρεύμα.— Κατά τήν περιστροφήν ένδει πλαισίου έντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 233) ή διερχομένη διὰ τοῦ πλαισίου μαγνητικὴ ροή μεταβάλλεται συνεχῶς. Οὕτως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τάξις, ή ὅποια μεταβάλλεται ή μιτονοειδῶς σειράς συναρτήσει τοῦ χρόνου (σχ. 234). Κατά τὰς χρονικὰς στιγμὰς $\frac{T}{4}$ καὶ $\frac{3T}{4}$ ή τάξις λαμβάνει τήν μεγίστην ἀπόλυτον τιμήν τῆς U_0 ,



Σχ. 233. Η μαγνητικὴ ροή μεταβάλλεται συνεχῶς.



Σχ. 234. Η τάξις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ήμιτονοειδῶς.

ἢ ὅποια καλεῖται **πλάτος τῆς τάσεως** (ἢ μεγίστη τάξις). Η στιγμιαία τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τήν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τήν ἔξισωσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi v t$$

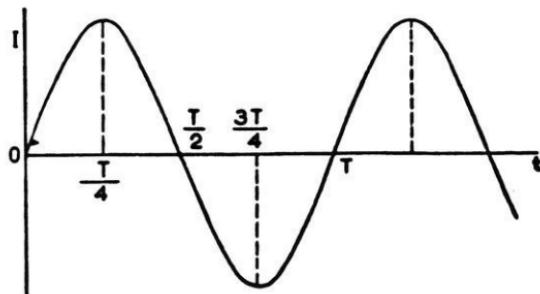
Ἐάν καλέσωμεν : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi v$, τότε ἡ στιγμιαία τάξις δίδεται ἀπὸ τήν ἔξισωσιν :

$$\text{στιγμιαία τάξις : } U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

Τὸ ω καλεῖται **κυκλικὴ συχνότης** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ φανερώνει πόσαι περίοδοι ἀντιστοιχοῦν εἰς 2π δευτερόλεπτα.

Εἰς τοὺς πόλους τοῦ ἐναλλακτῆρος ἀναπτύσσεται ὅμοιως ἐναλλασσομένη τάξις. Ο ἔξωτερικὸς ἀγωγός, δ ὅποιος συνδέει τοὺς πόλους τοῦ

έναλλακτηρος, διαρρέεται τότε άποδέναλλασσόμενον ρεύμα. Ή εντασης του ρεύματος τούτου μεταβάλλεται έπισης ή μεταβάλλεται έπισης συναρτήσει του χρόνου (σχ. 235) και η στιγμιαία έντασης κατά τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται άποδέναλλασσόμενον ρεύματος μεταβάλλεται ήμιτονοειδῶς.



Σχ. 235. Η έντασης του ρεύματος μεταβάλλεται ήμιτονοειδῶς.

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{ή} \quad I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi nt$$

ὅπου I_0 είναι η μεγίστη άπόλυτος τιμὴ τῆς έντάσεως καὶ η δύοια καλεῖται πλάτος τῆς έντάσεως (ή μεγίστη ένταση). Εάν θέσωμεν: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot n$, τότε η στιγμιαία έντασης δίδεται άποδέναλλασσώσιν :

$$\text{στιγμιαία έντασης : } I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

Έχ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται δτι :

Η τάσης καὶ η έντασης του έναλλασσόμενου ρεύματος μεταβάλλονται ήμιτονοειδῶς συναρτήσει του χρόνου, η δὲ στιγμιαία τιμὴ των προσδιορίζεται άποδέναλλασσώσεις:

$$U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t \quad I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

Παράδειγμα. Εστω δτι η συχνότης του ρεύματος είναι $n = 40$ Hz, τὸ πλάτος τῆς τάσεως είναι $U_0 = 100$ Volt καὶ τὸ πλάτος τῆς έντάσεως $I_0 = 12$ Ampère. Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = \frac{1}{480}$ sec

ή στιγμιαία τάσις είναι :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi n t = 100 \cdot \eta \mu \left(2\pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{480} \right)$$

$$\text{ήτοι } U = 100 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ Volt}$$

ή στιγμιαία έντασις είναι :

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi n t = I_0 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} \quad \text{ήτοι} \quad I = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \text{ Ampère}$$

205. Ένεργός έντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις.— "Ας θεωρήσωμεν ἔνα ἀγωγὸν ἔχοντα ἀντίστασιν R καὶ ὁ ὄποιος διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἐντὸς μιᾶς περιόδου T ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται συνεχῶς. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ χρόνον t , ἀναπτύσσει ἐπ' αὐτοῦ ὥρισμένην ποσότητα θερμότητος. Καλεῖται ἐνεργὸς έντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ ἔντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὄποιον διαρρέον τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον παράγει τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος, τὴν ὅποιαν παράγει καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἀποδεικνύεται διτι:

"Η ἐνεργὸς έντασις (I_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἴσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς έντάσεως (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 ὄποιον διαρρέει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ὑπάρχει μία ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένη τάσις. Καλεῖται ἐνεργὸς τάσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ τάσις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ὅποια ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ προκαλεῖ συνεχὲς ρεῦμα ἔχον ἔντασιν ἵσην μὲ τὴν ἐνεργὸν έντασιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εὔρισκεται δὲ ὅτι :

"Η ἐνεργὸς τάσις (U_{ev}) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἴσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως (U_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$U_{ev} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ἢ} \quad U_{ev} = 0,707 \cdot U_0$$

Η ένεργος έντασις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ ἀμπερόμετρα**, γ. δὲ ένεργὸς τάσις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ βολτόμετρα**.

Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Εὰν ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ (μὴ ἔχοντος αὐτεπαγωγὴν L) εἰναι R καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται ένεργὸς τάσις U_{εν}, τότε ὁ νόμος τοῦ Ohm ισχύει ὡς ἔξης :

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Ohm: } U_{\text{εν}} = I_{\text{εν}} \cdot R}$$

206. Τριφασικὰ ρεύματα.— Εἰς τὰς ἔξισώσεις $U = U_0 \cdot \eta \mu$ καὶ $I = I_0 \cdot \eta \mu$ ωτ τὸ μέγεθος ωτ καλεῖται **φάσις**. Λαζαρίδης προτίθεται τοὺς μονοφασικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, τὰ δόποια ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον T, τὸ αὐτὸ πλάτος τάσεως U_0 καὶ τὸ αὐτὸ πλάτος ἐντάσεως I_0 . Εἶστω ὅτι εἰς ἔκαστον τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις λαμβάνουν τὴν μεγίστην τιμὴν μὲ καθυστέρησιν ἵσην πρὸς $\frac{T}{3}$ ἐν σχέσει πρὸς τὸ προηγούμενον (σχ. 236). Λέγομεν τότε ὅτι ἔκαστον ρεῦμα παρουσιάζει **διαφορὰν φάσεως** 120° ἢ $\frac{T}{3}$ ὡς πρὸς τὸ προηγούμενον ἢ τὸ ἐπόμενον αὐτοῦ. Αἱ στιγμαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἔξισώσεις :

$$I_1 = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

$$I_2 = I_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 120^\circ)$$

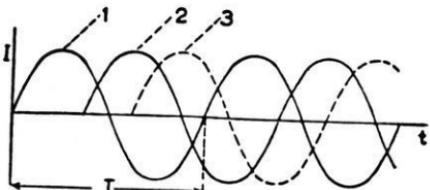
$$I_3 = I_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 240^\circ)$$

Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω

τριῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **τριφασικὸν ρεῦμα**.

"Ωστε :

τῶν διαφορὰν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$



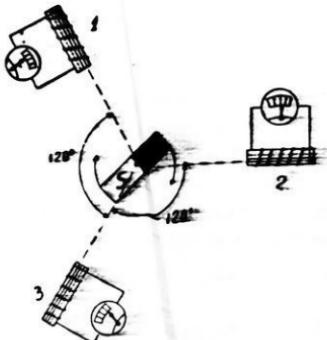
Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξύ

τούτων ρευμάτων τὸ ἀλλαγής συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἀλλ' ἔκαστον

τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς τὸ ἄλλο.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τριφασικῶν ρευμάτων χρησιμοποιοῦνται οἱ **τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες**. Η ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τούτων κατα-

φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 237, δπου τὰ τρία πηγία τοῦ ἐπαγωγήμου διατάσσονται οὕτως ώστε νὰ συμματίζουν ἀνὰ δύο γωνίαν 120° . Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐπαγωγέως παράγεται ἐντὸς ἑκάστου πηγίου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ δποῖον παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως 120° ὡς πρὸς

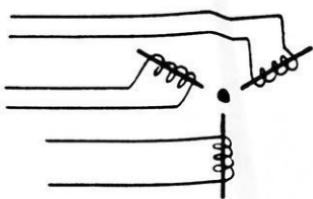


Σχ. 237. Σχηματικὴ παράστασις τριφασικοῦ ἐμπλακτῆρος.

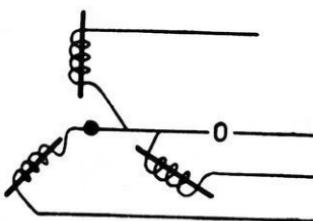


Σχ. 238. Τριφασικὴ γενιτήρια.

τὸ ρεῦμα τὸ παραγόμενον ἐντὸς ἑκάστου τῶν ἄλλων δύο πηγίων. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρας ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγήμου εἶναι τριπλάσιος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων τοῦ στρεφομένου ἐπα-



Σχ. 239. Διὰ τὴν μεταφορὰν τῶν 3 ρευμάτων χρείάζονται 6 ἀγωγοί.



Σχ. 240. Οἱ 3 ἀγωγοὶ διτικά-θίστανται μὲ τὸν οὐδέτερον ἀγωγὸν Ο.

γωγέως (σχ. 238). Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος φαίνεται δτὶ ἀπαιτοῦνται 6 ἀγωγοὶ (σχ. 239). Εἰς τὴν πρᾶξιν δύμως οἱ 3 ἀγωγοὶ ἀντικαθίστανται μὲ ἔνα μόνον ἀγωγὸν (σχ. 240), ὁ δποῖος καλεῖται οὐδέτερος ἀγωγός. Οὕτω διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται τέσσαρες μόνον ἀγωγοί.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

161. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος τάσεως 86 Volt και πλάτος έντασης 32 A. Πόση είναι ή ένεργος τάσις και ή ένεργος έντασης του ρύματος;

162. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος έντασης 10 A. Γιατί είναι ή έντασης του ρυματος, όταν η φάσης αύτοῦ (ωτ.) λαμβάνη τάς τιμάς 30° ή 60° ;

163. Η ένεργος έντασης έναλλασσόμενου ρυματος είναι 7,7 A. Πόσον είναι τὸ πλάτος τῆς έντασεως τοῦ ρεύματος;

164. Έναλλασσόμενον ρεύμα διαρρέει πηνίον, τὸ ὅποιον έχει άντίστασιν 5Ω και είναι βυθισμένον έντὸς θερμιδομέτρου έχοντος θερμοωρητικότητα 1000 cal/grad. Παρατηροῦμεν ότι η θερμοκρασία τοῦ θερμιδομέρους ίψωνεται κατά $10^\circ C$ έντὸς 1 λεπτοῦ. Πόση είναι ή ένεργος έντασης τοῦ ρεύμασος;

165. Εις τὸ ἐν ἄκρω Σ σύρματος AB φθάνει συνεχὲς ρεῦς σταθερᾶς έντασεως $I_0 = 3 A$ και έναλλασσόμενον ρεύμα έχον ένεργὸν έντασιν $I = 4 A$. Πόση είναι η ένεργος έντασης τοῦ συνισταμένου ρεύματος, τὸ ὅποιον πρόκυπτει ἐκ τῆς προσθέσεως τῶν δύο ρευμάτων;

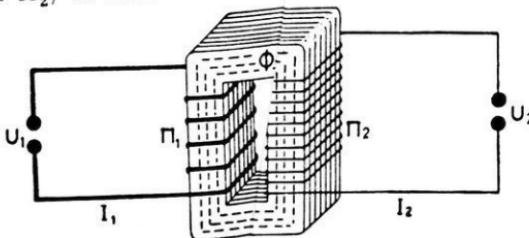
166. Λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως έχει έντασιν 25 κηρων, άντίστασιν 440 Ω και τροφοδοτεῖται μὲ έναλλασσόμενον ρεύμα έχον ένεργότάσιν 110 Volt. Πόση είναι η μεγίστη έντασης τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέειν λαμπτήρα και πόση είναι η καταναλισκομένη ισχὺς κατὰ κηρίον;

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματισταί. — Ο μετασχηματιστής ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία Π_1 καὶ Π_2 , τὰ ὅποια τυλίσσονται εἰς τὰς πλευρὰς πλαισίου ἀπὸ μαλλικὸν σίδηρον (σχ. 241).

Τὸ πηνίον Π_1 καλεῖται πηνίον για μηλῆς τάσεως (ἢ πρωτεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ δίγαγας σπείρας χονδροῦ σύρματος.

Τὸ πηνίον Π_2 καλεῖται πηνίον ψ. ης τάσεως (ἢ δευτερεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλασπείρας λεπτοῦ σύρματος. Τὸ πηνίον Π_1 συνδέεται μὲ τὸν έναλλακτα. Τὸ δὲ πηνίον Π_2 συνδέεται μὲ τὸ κύκλωμα μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ



Σχ. 241. Η έναλλασσόμενον μαγνητική ροή Φ , τὴν ὅποιαν παράγει τὸ πρωτεύον ρχ., δημιουργεῖ έντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Π_2 τὸ λλασσόμενον δευτερεύον ρεύμα.

τοῦ πηνίου P_1 χαμηλῆς τάσεως διαβιβάζεται τὸ πρῶτον φέῦμα, τὸ ὁποῖον ἔχει συγχρότητα 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 P_2 , δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐναλλασσόμενον φεῦμα τῆς αὐτῆς συγχρότητος N . Τὸ φεῦμα τοῦτο καλεῖται δεύτερο φέῦμον φέῦμα τοῦ πηνίου P_2 καὶ ἔχει ἐνεργὸν τάσιν U_2 καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν I_2 . Ηειραματικῶς εὑρίσκεται ὅτι ἡ ίσχὺς $U_1 \cdot I_1$ τοῦ πρωτεύοντος φεύματος εἶναι πρακτικῶς ἵση μὲτα τὴν ίσχὺν $U_2 \cdot I_2$ τοῦ δευτερεύοντος φεύματος, ἢτοι εἶναι :

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \text{ἢ} \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐὰν v_1 καὶ v_2 εἶναι ἀντιστοίχιοι ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, τότε εὑρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Ο λόγος $\frac{v_2}{v_1}$ καλεῖται λόγος μετασχηματισμοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξῆς :

I. Αἱ ἐνεργοὶ τάσεις εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

$$\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \frac{v_2}{v_1}}$$

II. Αἱ ἐνεργοὶ ἐντάσεις τῶν φεύμάτων εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

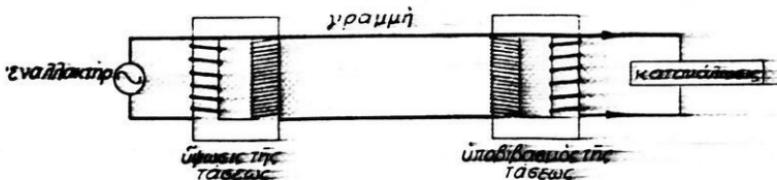
$$\boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}}$$

Παράδειγμα. Εὰν εἶναι $v_1 = 10$ σπεῖραι, $v_2 = 500$ σπεῖραι, $U_1 = 1000$ Volt καὶ $I_1 = 500$ Ampère, τότε διὰ τὸ δευτερεύον φεῦμα εἶναι :

$$\text{ἢ τάσις : } U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \cdot 50 = 50\,000 \text{ Volt}$$

$$\text{ἢ ἐντασις: } I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

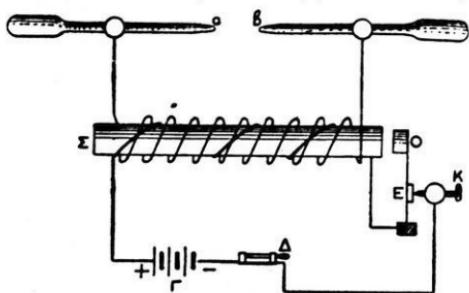
208. Έφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—Οἱ μετασχηματισταὶ χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ νὰ προκαλοῦμεν κατὰ βούλησιν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἀπώλεια ἐνεργείας κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως εἶναι ὅση-μαντυς καὶ ἀνέρχεται εἰς 2 ἔως 5 %. Χάρις εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς καθίσταται σήμερον δύνατὴ ἡ μεταφορὰ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Οὕτω τὰ ρεύματα, τὰ ὅποια παράγονται εἰς τοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἡλεκτροπαραγωγῆς, μεταφέρονται εἰς τὸν τόπον



Σχ. 242. Μεταφορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑπὲρ ὑψηλὴν τάσεων.

τῆς καταναλώσεως ὑπὲρ τάσεις 20 000 ἔως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτα εἰς τὸν σταθμὸν ἡλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὃς ὁ σε εἰς τῆς τάσεως. Ἀντιθέτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὃς οἱ βιβασμοὶ τῆς τάσεως (σχ. 242). Εἰς πολλὰς ὅλλας ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται σήμερον μικροὶ μετασχηματισταὶ, ὅπως π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος, τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ, εἰς διάφορα ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια κ.ἄ.

209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.—Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (ἢ πηνίον Ruhmkorff) εἶναι ὅργανον ἀνάλογον πρὸς τὸν μετασχηματιστήν.



Σχ. 243. Ἐπαγωγικὸν πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ παρέχει ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν μεταβολὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὅποια διέρχεται διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρωτεύον πη-

ρου, πέριξ τοῦ ὅποίου τυλίσσονται αἱ ὀλίγαι σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (σχ. 243). Τὸ δευτερεῦον πηνίον, ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος, περιβάλλει τὸ πρωτεῦον πηνίον. Τὰ δύο ἔκρα τοῦ σύρματος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου καταλήγουν εἰς δύο ἀγωγούς α καὶ β. Αἱ διακοπαὶ καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον γίνονται μὲ τὴν βοήθειαν διακόπτου, ὁ ὅποῖς λειτουργεῖ ὅπως καὶ ὁ διακόπτης τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ὃ μέρον πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ἀντίρρητον πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Οὕτω μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσόμενή τάσις, ἡ ὅποια ἀνέρχεται εἰς πολλὰς χιλιάδας Volt, διότι αἱ σπεῖραι τοῦ δευτερεύοντος πηνίου εἰναι πολὺ περισσότεραι ἀπὸ τὰς σπείρας τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (§ 207). Μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν α καὶ β παράγονται τότε ἐναλλασσόμενοι ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Οὕτοι ἀποδεικνύουν ὅτι ἡ ἀναπτυσσόμενή ψήλη τάσις μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β καθιστᾷ δυνατὴν τὴν διέλευσιν τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀέρος. Ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου δευτερεύοντος ρεύματος εἰναι ἵση πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διακοπῶν τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὔξησιν τῆς συχνότητος, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικοὺς διακόπτας, οἱ ὅποιοι προκαλοῦν πολλὰς χιλιάδας διακοπῶν τοῦ ρεύματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σφαιρῶν ὑπερβῇ ἐν ὅριον, τότε σχηματίζονται σπινθῆρες μόνον ἐκ τῆς μιᾶς σφείρας πρὸς τὴν ἄλλην. Οὕτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν ψισύχνων ρευμάτων, τὰ ὅποια εύρισκουν διαφόρους ἐφαρμογὰς (ἰατρική, βενζινοκινητῆρες, ἀσύρματος τηλεγραφία κ.ἄ.)

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

167. Θέλομεν νὰ ὑποβιβάσωμεν τὴν ἐνεργὸν τάσιν τοῦ ρεύματος ἀπὸ 220 Volt εἰς 5 Volt. Ἐὰν τὸ δευτερεῦον πηνίον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχῃ 8 σπείρας, πόσας σπείρας πρέπει νὰ ἔχῃ τὸ πρωτεῦον πηνίον;

168. Εἰς μετασχηματιστὴν τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ τὸ δευτερεῦον ἔχει 2 000 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεῦον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt καὶ ἐνεργὸν ἐντασιν 100 A. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 0,03 Ω.

Πόση είναι ή άποδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ πόση είναι ή ένεργος έντασις τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, έάν η ένεργος τάσις αὐτοῦ είναι 2200 Volt;

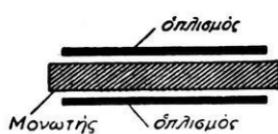
169. Μετασχηματιστής ύποβιθασμού τῆς τάσεως ἔχει εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεῦον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεῦον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ένεργὸν τάσιν 3 000 Volt, τὸ δὲ δευτερεῦον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν R καὶ δαπανᾶται διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἀντίστασέως R ἀναπτύσσεται θερμότης ισοδυναμοῦσα μὲν ίσχυν 9 kW. Πόση είναι η ένεργος έντασις τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος καὶ πόση είναι η ἀντίστασις R ; Ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 1.

170. Μία ύδατόπτωσις ἔχει ίσχυν 100 kW καὶ τροφοδοτεῖ ύδροστρόβιλον ἔχοντα άποδοσιν 0,80. Ὁ στρόβιλος ἔχει σφαλίζει τὴν λειτουργίαν ἐναλλακτῆρος, δὲ ὅποιος ἔχει άποδοσιν 0,90 καὶ δίδει ρεῦμα ύπὸ ένεργὸν τάσιν 7200 Volt. Διὰ τῆς γραμμῆς, ἐπὶ τῆς ὅποιας ἔχομεν ἀπώλειαν ένεργειας 10% , τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς μετασχηματιστήν ύποβιθασμοῦ τῆς τάσεως. Ὁ λόγος μετασχηματισμοῦ είναι $3 000/50$. Η άποδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι 0,95. Τὸ δευτερεῦον ρεῦμα τροφοδοτεῖ λαμπτήρας, οἱ ὅποιοι λειτουργοῦν ύπὸ ένεργὸν έντασιν 0,75 A. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ περιλάβῃ τὸ δίκτυον;

171. Ἐπαγωγικὸν πηνίον ἔχει τὰ ἔξις χαρακτηριστικά. Τὸ πρωτεῦον ρεῦμα ἔχει έντασιν 5 A, δὲ διακοπή αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς 0,001 sec. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ συντελεστὴν σύτεπαγωγῆς $L = 0,05$ H. Τὸ δευτερεῦον πηνίον ἔχει 20 000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὅποιων ἔχει ἐπιφάνειαν 200 cm^2 . Πόση είναι η έντος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ἀναπτυσσομένη ηλεκτρεγερτική δύναμις κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον;

27-1-74
1-12-72
ΠΥΚΝΩΤΑΙ

210. Πυκνωταί.—Εἰς πολλὰ κυκλώματα ἐνκλικοσσομένον ρεύμάτων παρεμβάλλονται δι' ὡρισμένον σκοπὸν εἰδικὰ ὅργανα, τὰ ὅποια καλοῦνται πυκνωταί. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας μεταλλικὰς πλάκας (σχ. 244), μεταξὺ τῶν ὅποιων ὑπάρχει στρῶμα μονωτικοῦ σώματος (ὕαλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγίας, ἄλλο). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται διπλούσιοι, τὸ δὲ στρῶμα τοῦ μονωτικοῦ σώματος καλεῖται διηλεκτρικόν. Διὰ



Σχ. 244. Πυκνωτής.

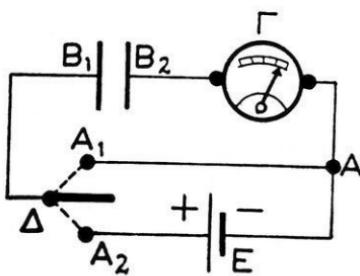
νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ὁ διακόπτης Δ ἐπιτρέπει νὰ συνδεθοῦν οἱ δύο διπλούσιοι B_1 καὶ B_2 τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦνται ρεύματος, εἴτε μεταξύ των. Κατὰ σειρὰν μὲ τὸν πυκνωτὴν είναι συνδεδεμένον β αλλαστικὸν γαλβανόμετρον Γ.

Τὸ ὅργανον τοῦτο δεικνύει δι' ἀποτόμου ἐκτροπῆς τῆς βελόνης του τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὄποιον διέρχεται δι' αὐτοῦ καὶ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. "Ἄς ἐκτελέσθων τῷώρᾳ τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

α) Φέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαρχὴν μὲ τὸ A_1 . Η βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλείει, ἔρχεται δὲν διῆλθεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον. β) Φέρομεν τὸν διακόπτην εἰς ἐπαρχὴν μὲ τὸ A_2 . Η βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται διὰ μίαν στιγμὴν καὶ ἀμέσως ἐπανέρχεται εἰς τὴν διακίρεσιν μηδὲν. Διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q. γ) Ἐπαναφέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαρχὴν μὲ τὸ A_1 . Η βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τῷώρᾳ κατ' ἀντίθετον φορὰν καὶ δεικνύει διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν τὸ αὐτὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q, ἀμέσως δὲ η βελόνη ἐπανέρχεται εἰς τὴν διακίρεσιν μηδέν.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἔρμηνενται ως ἔξῆς: "Οταν οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μὲ τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας κυκλοφορεῖ ἐντὸς τοῦ κυκλῶματος διὰ μίαν στιγμὴν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q καὶ μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ U, ἵση μὲ ἐκείνην, ἡ ὄποια ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας. Λέγομεν τότε διὰ δ πυκνωτῆς φορτίου τοῦ πυκνωτοῦ πάντα τοῦ γεννητρίας. Λέγομεν τότε διὰ δ σύρματος ($A_1 A$) τότε δ πυκνωτῆς ἐκκενοῦται παρέχων εἰς τὸ κύκλωμα τὸ αὐτὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q. Μετὰ τὴν ἀκαριαίαν ἐκκένωσιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν του γίνεται ἵση μὲ μηδέν. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q, τὸ ὄποιον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὄποιον ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ καλεῖται ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ.

211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους γεννητριῶν, αἱ ὄποιαι ἔχουν διαφόρους ἡλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις (σχ. 245), εὑρίσκομεν διὰ τοῦ βαλλιστικοῦ γαλβανομέτρου διὰ:



Σχ. 245. Φόρτισις καὶ ἐκφόρτισις πυκνωτοῦ.

Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν του.

$$\boxed{\text{ἡλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ: } Q = C \cdot U}$$

ὅπου C εἶναι συντελεστὴς γχρακτηριστικὸς τοῦ πυκνωτοῦ καὶ καλεῖται **χωρητικότης** τοῦ πυκνωτοῦ (κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὴν χωρητικότητα ἀγωγῶν § 145). Ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ μετρεῖται εἰς Farad (ἢ microfarad) καὶ φανερώνει πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ διὰ πυκνωτῆς, διὰ νὰ αὐξῇ θῆ κατὰ 1 Volt ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν του. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι:

Ἡ χωρητικότης (C) τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας (σ) τῶν ἀπέναντι ἀλλήλων ὄπλισμῶν του, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ πάχος (l) τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.

$$\boxed{\text{χωρητικότης ἐπιπέδου πυκνωτοῦ: } C = \epsilon \cdot \frac{\sigma}{4\pi l}}$$

Ο συντελεστὴς ε ἀναφέρεται εἰς τὸ διηλεκτρικὸν καὶ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερά**. Διὰ τὸν ἀέρα εἶναι $\epsilon = 1$.

Διηλεκτρικὴ σταθερά			
'Αήρ	1	Μαρμαρυγίας	6 - 8
Παραφίνη	2,1	"Γαλος	5 - 7
Χάρτης	2,5	Οινόπνευμα	25
'Εβονίτης	2,6	"Υδωρ	80

Παράδειγμα. Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτῖνος 20 cm, χωρίζονται μὲν πλάκα οὐδέποτε πάχους 2 mm. Διὰ τὴν διαλογούνταν εἶναι $\epsilon = 6$. Ο πυκνωτὴς οὗτος ἔχει χωρητικότητα:

$$C = \frac{6 \cdot 400 \pi}{4 \pi \cdot 0,2} = 3000 \text{ C.G.S.}$$

$$\text{ἢ } C = \frac{3 \cdot 10^9}{9 \cdot 10^6} = \frac{1}{300} \mu\text{F}$$

212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—"Οπως εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνδεῖ ἀγω-

γοῦ, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ, εὑρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἐνέργεια, τὴν δποίαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτής κατὰ τὴν ἔκκενωσιν αὐτοῦ, εἶναι :

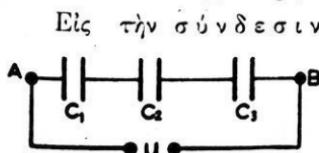
$$\text{ἐνέργεια πυκνωτοῦ : } W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν ἡ χωρητικότης ἐνὸς πυκνωτοῦ εἴναι $C = 1 \mu\text{F}$ καὶ ὁ πυκνωτής φορτισθῇ ὑπὸ τάσιν $U = 10\,000 \text{ Volt}$, τότε ἡ ἀποταμευμένη ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἐνέργεια εἴναι :

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^6} \cdot (10\,000)^2 = 50 \text{ Joule}$$

213. Σύνδεσις πυκνωτῶν. — Διὰ τῆς συνδέσεως πολλῶν πυκνωτῶν λαμβάνομεν **συστοιχίαν πυκνωτῶν**. Εἰς τὴν παράλληλην σύνδεσιν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 246. Οὕτω μεταξὺ τῶν ὅπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εἴναι :

$$C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$$

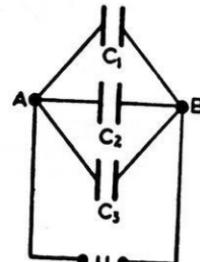


Σχ. 247. Σύνδεσης πυκνωτῶν κατὰ σειράν.

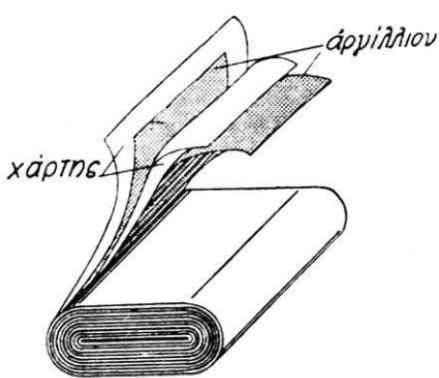
Σχ. 246. Σύνδεσης πυκνωτῶν συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ δποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης $C_{\text{ολ}}$ τῆς συστοιχίας εὑρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\frac{1}{C_{\text{ολ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

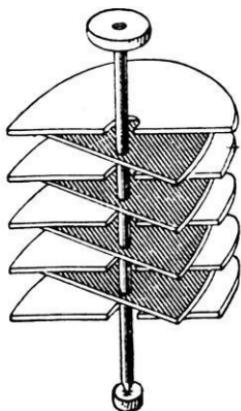
214. Μορφαὶ πυκνωτῶν. — Οἱ ἀνωτέρω ἔξετασθεὶς πυκνωτής



καλεῖται καὶ ἐπίπεδος πυκνωτής. Εἰς τὰς πρωτικὰς ἑράρμογές γρησιμοποιοῦνται διάφοροι μορφαὶ πυκνωτῶν. Ὁ φυλλωτὸς πυκνωτὴς ἀπό δύο στενά καὶ ἐπιμήκη φύλλα ἀργιλλίου, μεταξὺ τῶν ὅποιών παρεντίθεται ὡς διηλεκτρικὸν μία τανία ἐκ παραχινωμένου χάρτου (σγ. 248). Οἱ ὄπλισμοι καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὥστε ὁ πυκνωτὴς νὰ ἔγῃ μικρὸν ὄγκον. Οἱ μεταβλητοὶ πυκνωτοὶ ἔχουν συνήθως ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρον. Ὁ εἰς ὄπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ μίκην σειρὰν ἀκινήτων ἡμικυκλικῶν



Σχ. 248. Φυλλωτὸς πυκνωτής.



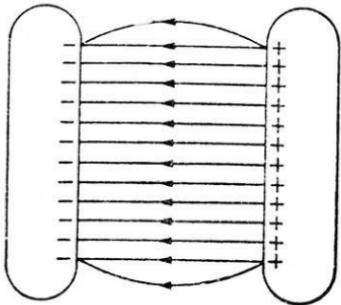
Σχ. 249. Μεταβλητὸς πυκνωτής.

πλακῶν, αἱ ὄποιαι συνδέονται μὲν μεταλλικὰς ράβδους (σγ. 249). Ὁ ἄλλος ὄπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὄμοιών ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ ὄποιαι εἶναι στερεωμέναι ἐπὶ ἄξονος καὶ δύνανται νὰ εἰσάγωνται περισσότερον ἢ διλιγάτερον μεταξὺ τῶν μονίμων πλακῶν. Διὰ τῆς μεταχινήσεως τοῦ κινητοῦ ὄπλισμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ τοιοῦτοι πυκνωταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται πυκνωταὶ μὲν ὑγρὰ διηλεκτρικά (π.χ. ὀρυκτέλαιον).

215. Ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον.— "Οταν ὁ πυκνωτὴς εἶναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὄπλισμῶν του ὑπάρχουν ἵσα ἑτερώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

τῶν ὄπλισμῶν, καὶ ὅποιαι εὐρίσκονται ἀπέναντι ἀλλήλων (σχ. 250). Μεταξὺ τῶν δύο παραλλήλων ὄπλισμῶν σχηματίζεται ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὅποιου καὶ δυναμικοὶ γραμμαὶ εἰναι εὐθεῖαι παράλληλοι, ἢ δὲ ἔντασις αὐτοῦ εἰναι σταθερά. Εὑρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἔντασις (E) τοῦ ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον σχηματίζεται μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν τοῦ ἐπιπέδου πυκνωτοῦ εἶναι ἵση μὲ τὸ πηλίκον τῆς τάσεως (U) μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν διὰ τῆς ἀποστάσεως (/) τῶν δύο ὄπλισμῶν.



Σχ. 250. Μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ σχηματίζεται ὁμογενὲς ἡλεκτρικόν πεδίον.

ἔντασις ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου :

$$E = \frac{U}{l}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

172. Ἐκαστος τῶν ὄπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm². Μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν ύπάρχει στρῶμα ἀέρος πάχους 1 mm. Ὁ εἰς ὄπλισμὸς τοῦ πυκνωτοῦ συνδέεται μὲ τὴν γῆν, δὲ ἀλλος μὲ πηγὴν ἔχουσαν σταθερὸν δυναμικὸν 600 Volt. Πόση εἰναι ἡ χωρητικότης καὶ τὸ φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ;

173. Δύο φύλλα ἀργιλίου ἔχοντα διαστάσεις 15 cm × 30 cm εἶναι ἐπικολλημένα ἐπὶ τῶν δύο ὅψεων παραφινωμένου χάρτου, ἔχοντος πάχος 0,2 mm καὶ διηλεκτρικὸν σταθερὸν 2,5. Πόση εἰναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ;

174. Πυκνωτής ἔχει χωρητικότητα 25 μF. Πόση διαφορά δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ οὗτος φορτίον 0,001 Cb; Πόσην ἐνέργειαν ἔχει τότε ὁ πυκνωτής;

175. Τρεῖς πυκνωταὶ ἔχουν χωρητικότητα 1 μF, 2 μF καὶ 3 μF. Πόση εἰναι ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας, ὅταν οἱ πυκνωταὶ συνδεθοῦν παραλλήλως ἢ κατὰ σειράν;

176. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν πυκνωτοῦ εἶναι 4 cm καὶ μεταξὺ αὐτῶν ύπάρχει τάσις 60 Volt. Πόση εἰναι ἡ ἔντασις E τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου;

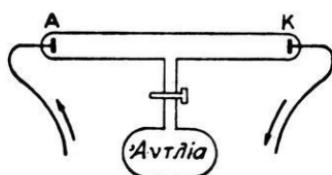
177. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ εἶναι 3 cm.

Πόση πρέπει νά είναι εις Volt ή μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν τάσις, ώστε ή ἔντασις τοῦ παραγομένου δμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου νά είναι ἵση μὲ 10 C.G.S.:

178. Μία ἡλεκτρισμένη σταγών ἐλαίου, ἔχουσα μᾶζαν $\frac{12}{10^{12}}$ gr, διατηρεῖται αἰώρουμένη μεταξύ τῶν δύο δριζοντίων ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ, οἱ ὅποιοι ἀπέχουν μεταξύ των 2 cm καὶ παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 3 000 Volt. Πόσον είναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τῆς σταγόνος; g = 980 C.G.S.

Α Γ Ω Γ ΙΜ Ο Τ Η Σ Τ Ω Ν Α ΕΡΙΩΝ

216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—"Οὐκ τὰ ἀέρια ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν εἶναι μονωταί. "Ἄς ἐξετάσωμεν ἂν τὰ ἀέρια ἐξακολουθοῦν νά ἔχουν τὴν ἴδιότητα αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσίς των εἶναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπιμήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὁ ὅποιος



Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἡλεκτρικῶν ἐκκενώσεων.

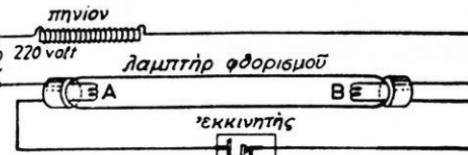
εἰς τὰ δύο ἄκρα του φέρει συντετργμένα δύο μεταλλικὰ ἡλεκτρόδια A (ἄνοδος) καὶ K (κάθοδος). Εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἐφαρμόζομεν τάσιν πολλῶν χιλιάδων Volt συνδέοντες αὐτὰ μὲ κατάληγον πηγήν (π.χ. μὲ τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος ἐνὸς ἐπαγγειακοῦ πηγίου).

Διὰ μιᾶς ἀεραντλίας δυνάμεθα νά ἐλαττώνωμεν προοδευτικῶς τὴν πίεσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. "Οταν ἡ πίεσίς τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, δὲν παραρητοῦμεν κανένα φαινόμενον ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. "Οταν δύμας ἡ πίεσίς γίνη ἵση μὲ 40 mm Hg, τότε μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων, σχηματίζεται ἡλεκτρικὸς σπινθήρ ἔχων τὴν μορφὴν τοῦ κεραυνοῦ. "Η διέλευσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τῶν ἀερίων, ἡ συνοδευομένη ὑπὸ φωτεινῶν φαινομένων, καλεῖται ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις. "Οταν ἡ ἐλάττωσις τῆς πιέσεως προχωρήσῃ περισσότερον, ὁ σωλὴν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν στήλην, ἡ ὅποια καλεῖται θετικὴ στήλη. Ὁλόκληρος τότε ὁ σωλὴν ἐκπέμπει δμοιόμορφον φῶς (σωλὴν Geissler). "Οταν δύμας ἡ πίεσίς γίνη μικροτέρα τῶν 10 mm Hg, τότε ἡ θετικὴ στήλη ἀρχίζει νά διεισθωρῇ πρὸς τὴν δινοδον καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτειναὶ περιοχαί. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσίς γίνη ἵση μὲ 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἀνωτέρω φωτεινὰ φαινόμενα ἐξαφανίζονται, τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινὸν καὶ μόνον τὰ τοιγάματα

τοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἀπέμπουν ἀσθενὲς πράσινον φῶς. Όσο σωλήνη, ὅταν φθάσῃ εἰς αὐτὸν τὸν βαθμὸν τῆς ἀραιώσεως, ὀνομάζεται **σωλήνη Crookes**. Εἰς τὴν παρατιθεμένην ἐκτὸς κειμένου ἔγγρωμον εἰκόνα δεικνύονται τὰ διάφορα στάδια τῆς ἡλεκτρικῆς ἑκκενώσεως.

217. Λαμπτήρες μὲν ἀραιὸν ἀέριον.—“Οταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος περιεχόμενον ἀέριον ἔχῃ πίεσιν περίπου ἵσην μὲ 10 mm Hg, τότε ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀερίου ἡλεκτρικὴ ἑκκένωσις προκαλεῖ τὴν ὄμοιόμορφον φωτοβολίαν τοῦ ἀερίου. Ή θερμοκρασία τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου εἶναι γαμηλὴ (κατωτέρα τῶν 100° C). Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτὸς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀερίου. Οὕτως ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω συνθήκας ὁ ἀήρ φωτοβολεῖ ἐκπέμπων ιόχρουν φῶς, τὸ νέον ἐκπέμπει ὠραῖον ὑπέρυθρον φῶς κ.τ.λ. Ή δι’ ἡλεκτρικῆς ἑκκενώσεως διέγερσις 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 μὲ νέον (μὲ ἡλεκτρόδια εἰς σχῆμα σταυροῦ ἢ σωληνοειδῶν), λειτουργοῦντες ὑπὸ τὴν συνήθη τάσιν τῶν 110 ἢ 220 Volt. Οἱ χρησιμοποιούμενοι σήμερον λαμπτήρες μὲ ἀραιὸν ἀέριον λειτουργοῦν καὶ μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

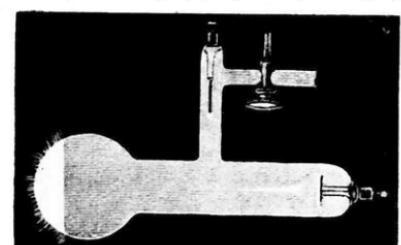
Τελευταίως διεδόθη ἡ χρῆσις τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλῆνες, τῶν ὅποιων τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα ἐπιχρίσονται μὲ στρῶμα φθορίζοντος σώματος. Έντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἐνύγενες ἀέριον καὶ μία σταγῶν ὑδραργύρου. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος ὑπάρχουν ἡλεκτρόδια (σχ. 252). Διὰ τὴν ἔναρξιν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἴδιαίτερον σύστημα, τὸ ὅποιον καλεῖται ἐκκινητής. Οὗτος κλείει τὸ κύκλωμα τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ λαμπτήρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ συμβαίνει τότε ἑκκένωσις. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ ὑδραργύρου ἐκπέμπουν ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ἡ ὅποια προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος στρῶματος. Τοῦτο ἐκπέμπει τότε



Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ο ἐκκινητής κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγω διαστολῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος σχήματος U.

λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἴσχυος 40 Watt ἔχει ἐντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ διπλανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἴσχυος 40 Watt ἔχει ἐντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ διπλανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἥως 4 φοράς μεγαλυτέρα ἢ πò τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.—Λαμπτήρας Grookes καταλλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια του ὑγρήκηντάσιν (σγ. 253). Παρατηροῦμεν ὅτι φωτίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ ὅποιον εὑρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἢπò τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὅποιαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτῖνες**. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολούθους ἰδιότητας:

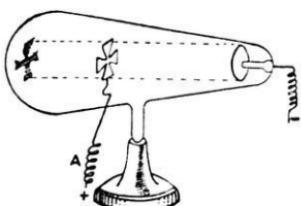


Σχ. 253. Σωλήνη τοῦ Grookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.γ. τῆς ὕδρου, τοῦ ἀσθετίου, τοῦ θειούγου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφίαν πλάκας καθοδίκων διαφόρους γημικᾶς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὕαλος περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μακρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

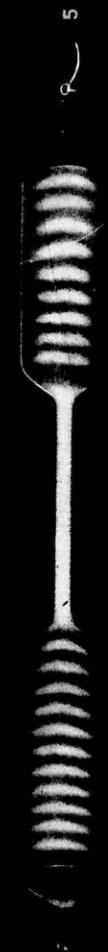
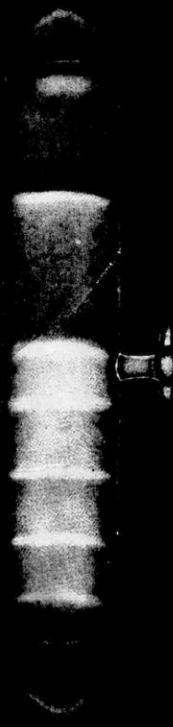
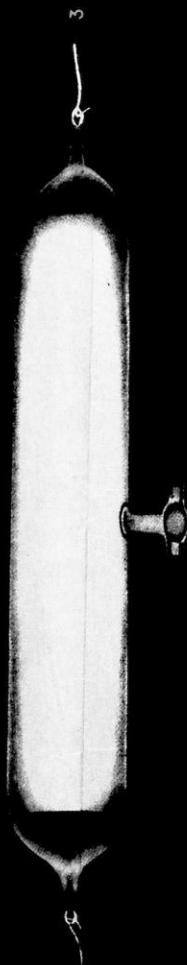
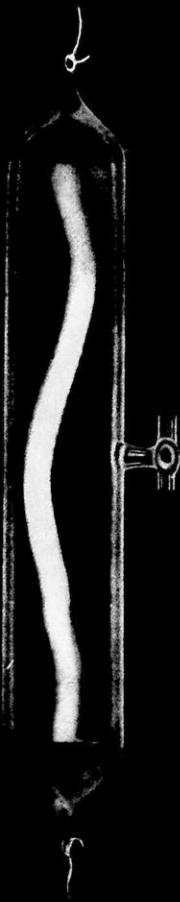
3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως. Εάν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἐν σώμα, πότε ὅπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἡ σκιὰ τοῦ σώματος, τὴν ὅποιαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς δύο σημείην περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σγ. 254).



Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

ΑΝΟΔΟΙ (+)

ΚΑΘΟΔΟΙ (-)



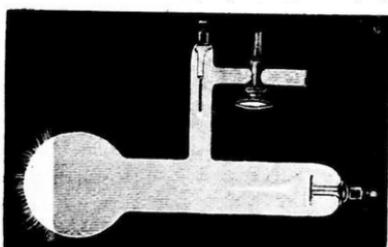
λευκόν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὔτω συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως ἴσχυός 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρας φθορισμοῦ ἴσχυός 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέτη διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ὥστε 4 φορᾶς μεγαλυτέρα ἢ πò τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.—Λαμβάνομεν ἔνα σωλῆνα Crookes καταλλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια του ὑψηλὴν τάσιν (σχ. 253). Πυρακτηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ δοποῖον εὑρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἢπò τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀδρατοὶ ἀκτινοβολίαι, αἱ δοποῖαι καλοῦνται καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολούθους ἰδιότητας:

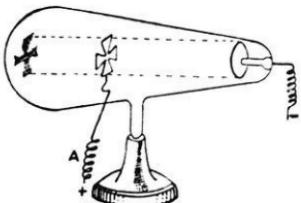
1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφίαν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.γ. τῆς ὕάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειούγου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφίαν πλάκας καὶ προκαλοῦν διαφόρους γημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὔτως ὕαλος περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως. Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.



Σχ. 253. Σωλήνη τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.



Διάφοροι φάσεις τής ήλεκτρικής έκκενώσεως

1. "Υπό τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν δὲ ἡλεκτρικὸς σπινθήρ εἶναι διακλαδισμένος.
2. "Υπὸ πίεσιν ισιν μὲ τὸ $1/4$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς δὲ ἡλεκτρικὸς σπινθήρ ἔχει τὴν δψιν ἐγχρώμου φωτεινῆς στήλης.
3. "Υπὸ πίεσιν ισην μὲ τὸ $1/20$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ὅλον τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ.
4. "Υπὸ πίεσιν ισην μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ἐμφανίζονται σκοτειναὶ περιοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος.
5. "Υπὸ πίεσιν ισην μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς τὸ στενὸν τμῆμα τοῦ σωλῆνος φωτοβολεῖ ισχυρότερον.

4) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται γὰρ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκογρύσου.

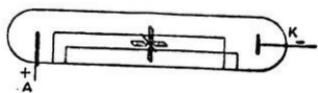
5) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβάλλωμεν εὐκίνητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

6) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν διεισδυτικὴν κανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλήνος ἀνοίγομεν ὅπήν, τὴν ὁποίαν κλείσιμον μὲν μὲν λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίου 5 cm ἀπὸ τῆς ὅπης.

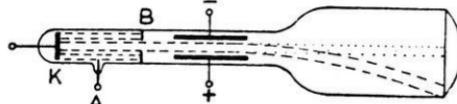
7) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκ τρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Δι' ἐνὸς διαφράγματος φέροντος μικρὰν ὅπήν δημιουργοῦμεν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων (σχ. 256). Θέτομεν τὸν σωλῆνα μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν

Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

Θὰ δρίστατο ρεῦμα ἔχον φορὴν ἐκ τῆς ἀνόδου A πρὸς τὴν καθόδον K. 8) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκ τρέπονται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Η ἐκτροπὴ αὐτὴ ἀποδεικνύεται, ἐὰν μία λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων διέλθῃ μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εύρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλήνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται τότε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐλκόμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν ὄπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα.



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

9) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες μετὰ φέρουν ἀρητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἡ ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ καὶ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἀποδεικνύει ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοποθετηθῇ μεμονωμένος κύλινδρος σινδεδεμένος μὲ ἡλεκτροσκόπιον, εὑρίσκεται ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτρίζεται ἀρνητικῶς.

10) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἀρνητικῶς ἔχοντα μᾶζαν. "Οταν αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχωνται μεταξὺ τῶν διπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὑφίστανται ὑπὸ τοῦ ὄμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἐκτροπήν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐκτροπήν, τὴν ὥποιαν ὑφίσταται ἐν σῶμα ἔνεκκ τῆς Γῆς, ὅταν τὸ σῶμα βάλλεται δριζόντια.

'Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα, τὰ ὥποια κινοῦνται εὐθυγράμμως.

219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—'Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσε νὰ προσδιορίσῃ τὴν μᾶζαν, τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ τὴν ταχύτητα τῶν σωματίδων, ἐκ τῶν ὥποιων ἀποτελοῦνται αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Οὕτως εὑρέθη ὅτι :

I. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἡλεκτρόνια.

II. 'Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἵση μὲ τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, ἢτοι εἶναι ἵση μὲ $9,1 \cdot 10^{-28}$ gr.

III. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἵσον μὲ τὸ στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

μᾶζα ἡλεκτρονίου :	$m = 9,1 \cdot 10^{-28}$ gr
φορτίον ἡλεκτρονίου :	$e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb

VI. 'Ἡ ταχύτης τῶν ἡλεκτρονίων εἶναι 20 000 ἕως 100 000 km/sec καὶ ἔξαρταται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὥποια ὑπάρχει μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου.

220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—"Ενεκα διαφόρων αἰτίων ἀπὸ μερικὰ μόρια τῶν ἀερίων διαφεύγει ἐν ἡλεκτρόνιον καὶ

οῦτω τὰ μόρια αύτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικὰ ίόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ἡλεκτρόνιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μόριον, τὸ ὅποῖον οὗτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ίόν. "Ωστε μεταξὺ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ ἀερίου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ίόντων. "Οταν τὸ δέριον εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ ισχυροῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὅποῖον δημιουργεῖται μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ ἀερίου ίόντα κατευθύνονται πρὸς τὸ ἐν ἥτοι ἄλλῳ ἡλεκτροδίῳ ἀναλόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ φορτίου των. Τὰ ίόντα αύτὰ συγχρούνονται μὲν οὐδέτερα μόρια τοῦ ἀερίου. "Ενεκα τῆς συγχρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ ἀερίου ἐκφεύγουν ἡλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ίόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἡλεκτρόνια ἀποκτοῦν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἀνοδὸν συγκρούνονται μὲν μόρια τοῦ ἀερίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθερωθέντας τὸν μόριον μὲν ταχέως κινούμενα ἡλεκτρόνια. "Ωστε:

Σχ. 258. Ιονισμὸς τοῦ ἀερίου διὰ κρούσεως.

Σχ. 258. Ιονισμὸς τοῦ ἀερίου διὰ κρούσεως. Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἡλεκτρόνια ἀποκτοῦν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἀνοδὸν συγκρούνονται μὲν μόρια τοῦ ἀερίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθερωθέντας τὸν μόριον μὲν ταχέως κινούμενα ἡλεκτρόνια. "Ωστε:

"Η παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλῆνος Crookes διφείλεται εἰς ιονισμὸν τοῦ ἀερίου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (ιονισμὸς κρούσεως).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

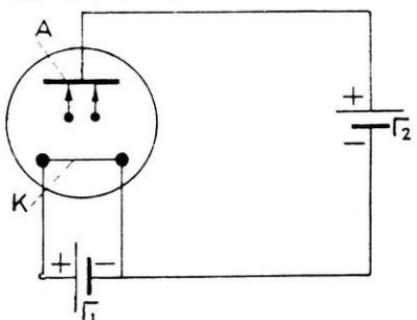
179. Εἰς ἓνα σωλῆνα Crookes ὑπάρχει μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου τάσις $U = 100\,000$ Volt. Πόσην ταχύτητα ἀποκτᾷ ἐν ἡλεκτρόνιον, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου; Μᾶζα ἡλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἡλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμήν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

180. Πόσην κινητικήν ένέργειαν έχει έν ήλεκτρονίον κινούμενον μὲ ταχύτητα $v = 100\,000 \text{ km/sec}$; Μᾶζα ήλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28} \text{ gr}$.

181. Ήλεκτρόνιον κινεῖται μὲ ταχύτητα $v = 60\,000 \text{ km/sec}$ έντὸς όμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικάς γραμμάς τοῦ πεδίου. Τὶ τροχιάν διαγράφει τὸ ήλεκτρόνιον; Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ στοιχεῖα τῆς τροχιᾶς. Μᾶζα ήλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28} \text{ gr}$. Φορτίον ήλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμήν: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$. "Εντασίς μαγνητικοῦ πεδίου $H = 150 \text{ Gauss}$.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ

221. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων.— "Οταν ἐν μέταλλον ἔχῃ ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, τότε τὸ μέταλλον ἐκπέμπει ήλεκτρόνια. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων** ή φαινόμενον Edisson καὶ παρατηρεῖται εὐκόλως μὲ τὴν διατάξιν τοῦ σχήματος 259. Εντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ δέρα υπάρχει μεταλλικὸν σύρμα K , τὸ ὃποῖον διαπυρώνεται διὰ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὃποῖον παρέχει γεννητρία Γ_1 . Εντὸς τοῦ σωλῆνος υπάρχει καὶ μία μεταλλικὴ



Σχ. 259. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων.

πλάκη A , ἡ ὃποια συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον ισχυρᾶς γεννητρίας Γ_2 , τῆς ὃποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας Γ_1 . Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ κύκλωμα τῆς πλακῆς A διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἔξηγεῖται ὡς ἔξης: Τὸ διάπυρον σύρμα K ἐκπέμπει ήλεκτρόνια, τὰ ὃποῖα ἔλκονται ὑπὸ τῆς πλακῆς A καὶ οὕτω κλείεται τὸ κύκλωμα. Εὰν δημιώσιμον τὴν σύνδεσιν τῆς πλακῆς A μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας Γ_2 , τότε διακόπτεται καὶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακῆς. Διότι τὰ ήλεκτρόνια, τὰ ὃποῖα ἐκπέμπει τὸ διάπυρον σύρμα K , σχηματίζουν πέριξ τοῦ σύρματος «νέφος ήλεκτρονίων», τὸ ὃποῖον ἀναγκάζει τὰ ἔξερχόμενα νέα ήλεκτρόνια νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτως εἰς τὴν πλάκα A δὲν φθάνουν ήλεκτρόνια. Ο ἀνωτέρω χρησιμοποιθεὶς σωλὴν καλεῖται δίοδος ήλεκτρονικὸς σωλὴν ἡ καὶ δίοδος λυχνία, ἐπειδὴ ἔχει δύο ηλεκτρόδια, τὸ σύρμα καὶ τὴν πλάκα. Τὸ σύρμα K καλεῖται κάθοδος,

ή δὲ πλάξ. Α καλεῖται **ἀνοδος**. Τὸ ρεῦμα, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα τῆς πλακός, καλεῖται **ἀνοδικὸν ρεῦμα**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξε λοιπὸν ὅτι :

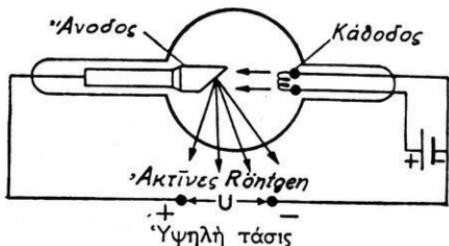
Τὰ μέταλλα εἰς ύψηλὴν θερμοκρασίαν ἐκπέμπουν ἡλεκτρόνια. Ο ἀριθμὸς τῶν κατὰ μονάδα χρόνου ἐκπεμπομένων ἡλεκτρονίων αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Εἰς τὴν δίσοδον λυγγίναν, ὅταν ὅλα τὰ ἔξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια φθάνουν εἰς τὴν ἄνοδον, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην τιμήν. Τὸ ρεῦμα τούτο καλεῖται ρεῦμα κόρον. Η θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων εὑρίσκει σήμερον πολλὰς ἀφροδιτικὰς.

222. Ἀκτίνες Röntgen.— Ο Röntgen ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ τοιχώματα τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τὰ εὑρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐκπέμπουν μίαν νέαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὅποια ἐπεκράτησεν νὰ καλῆται **ἀκτίνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι :

"Οταν ταχέως κινούμενα ἡλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτίνας Röntgen.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἔχρησιμοποιοῦντο κατ' ἀρχὰς καθοδικοὶ σωλῆνες. Σήμερον χρησιμοποιοῦνται οἱ **σωλῆνες Coolidge**, οἱ ὅποιοι εἰναι σωλῆνες κενοῦ, τὰ δὲ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος ἡλεκτρόνια τὰ παρέχει μία διαπυρουμένη **κάθοδος** (σ.γ. 260). Απέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βολφράμιον), δ ὅποιος ἀποτελεῖ τὴν **ἄνοδον**. Αὕτη συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ύψηλῆς τάσεως (50 000 ἔως 250 000 Volt). Τὸ μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου παραγόμενον ἴσχυρὸν ἡλεκτρικὸν πεδίον προσδίδει πολὺ μεγάλην ταχύτητα εἰς τὰ ἔξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια. Ταῦτα προσπίπτουν



Σχ. 260. Σωλὴν Coolidge διὰ τὴν παραγωγὴν ἀκτίνων Rontgen.

έπι τῆς ἀνόδου (**ἀντικάθοδος**) καὶ τὴν καθιστοῦν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen ἔχουν τὰς ἔξτις ιδιότητας:

1) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων, ὅπως π.χ. τοῦ κυανιούχου βαριολευκοχρύσου.

2) Προκαλοῦν χρυσικὰ φαινόμενα καὶ προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Οὕτω π.χ. προκαλοῦν μεταβολὴν τοῦ χρώματος διαφόρων πολυτίμων λίθων.

3) Προκαλοῦν οὐχ υρὸν οὐνισμὸν τῶν ἀερίων καὶ διὰ τοῦτο καθιστοῦν τὸν ἀέρα ἀγωγόν, ἔνεκα τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων ιόντων.

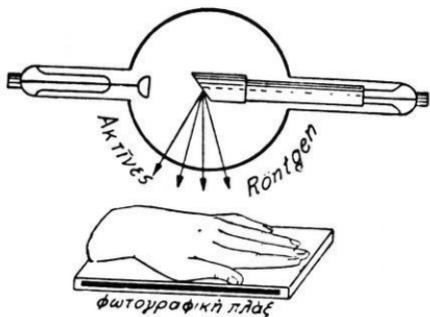
4) Διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταφέρουν ἡλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἐπιδροῦν ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώντων ὄργανισμῶν καὶ προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις.

6) Ἐχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ικανότηταν καὶ διέρχονται διὰ μέσου σωμάτων, τὰ ὅποια εἶναι ἀδιαφανῆ διὰ τὸ φῶς. Τὰ σώματα τὰ ἀποτελούμενα ἀπὸ στοιχεῖα μὲν μικρὸν ἀτομικὸν βάρος (π.χ. οἱ ὑδατάνθρακες καὶ τὰ λευκώματα) εἶναι πολὺ διαφανῆ εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Γενικῶς ἡ διαφάνεια τῶν σωμάτων εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen ἐλαττώνεται, δοσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὅποιων ἀποτελεῖται τὸ σῶμα.

Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ διεισδυτικὴ ικανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου. Αἱ ὀλιγώτερον διεισδυτικαὶ ἀκτῖνες Röntgen καλοῦνται μαλακαὶ ἀκτῖνες, αἱ δὲ περισσότερον διεισδυτικαὶ καλοῦνται σκληραὶ ἀκτῖνες. Ἡ διεισδυτικὴ ικανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἔξαρταται καὶ ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν διαφόρων σωμάτων. Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εύρισκουν σήμερον εύρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ιατρικήν. Ἐμπροσθεν τοῦ σωλῆνος παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen τοποθετεῖται ὑαλίνη πλάξ, τῆς ὅποιας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲν στρῶμα κυανιούχου βαριολευκοχρύσου. Ἐάν μεταξὺ τοῦ σωλῆνος καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοποθετήσωμεν τὴν χεῖρα μας, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματίζεται ἡ τκιὰ τῶν δστῶν

τῆς χειρός, διότι αἱ σάρκες εἶναι διαφανεῖς εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. 'Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ ἀκτινοσκόπησις (σχ. 261). 'Εὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφραγμα μὲ φωτογραφικὴν πλάκα, τότε ἐπὶ τῆς πλακὸς ἀποτυπώνεται ὁ σκελετὸς τῆς χειρός. 'Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ ἀκτινογραφία. 'Επειδὴ αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν δοαφόρους βιολογικὰς δράσεις, διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται πρὸς θεραπευτικοὺς σκοπούς. Γενικῶς αἱ ἑφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen εἰς τὴν ἰατρικὴν ἀποτελοῦν σήμερον ἴδιαιτέρον κλάδον (**ἀκτινολογία**). Εἰς διαφόρους κλάδους τῆς τεγυκῆς γρησιμοποιοῦνται ἐπίστησις αἱ ἀκτῖνες Röntgen διὰ τὴν μελέτην διαφόρων ὑλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἔρευνας καὶ ἴδιαιτέρως διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

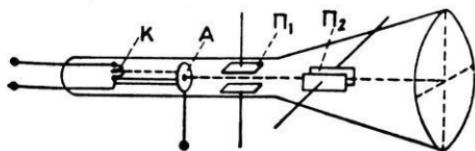


Σχ. 261. Ἀκτινοσκόπησις.

223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.— 'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, τελείως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ἔχουσα πολὺ μικρὰ μήκη κύματος (μικρότερα τοῦ $0,01 \mu = 100 \text{ \AA}$).

224. Σωλὴν Braun.— 'Ο σωλὴν Braun εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον του φέρει διαπυρουμένην κάθοδον K, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον του κλείεται μὲ φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262.). 'Η ἄνοδος εἶναι δίσκος, ὁ ὅποῖος εἰς τὸ μέσον του φέρει μικρὰν διπήν. Τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποῖα διέρ-

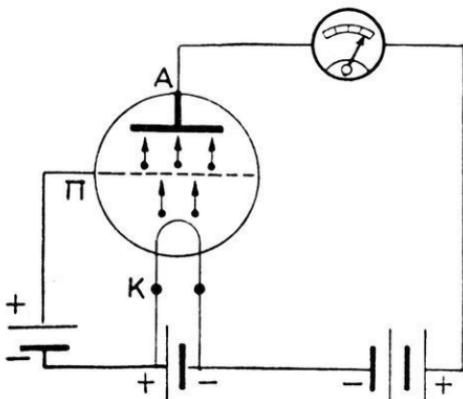


Σχ. 262. Σωλὴν Braun.

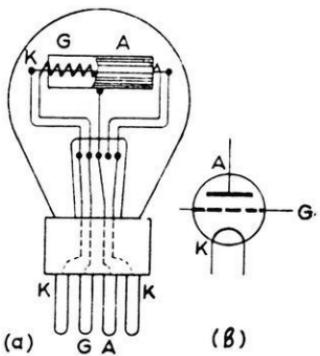
ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

χονται διὰ τῆς ὀπῆς, ἀποτελοῦν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς ἐπιπέδου πυκνωτοῦ Π_1 . "Οταν ὁ πυκνωτὴς Π_1 εἶναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη, εἶναι εὐθύγραμμος. Ἐὰν δὲ μιας οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ Π_1 ὑπάρχει δεύτερος ἐπίπεδος πυκνωτὴς Π_2 , τοῦ δοποίου οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐὰν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ Π_2 ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὄριζοντιαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει κακμίαν ἀδράνειαν καὶ συνεπῶς παρακολουθεῖ τὰς ταχυτάτας μεταβολὰς τῆς τάσεως τῶν δύο πυκνωτῶν. Οὕτω τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης δύναται νὰ μετακινήσῃ ταχύτατα καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Ὁ σωλὴν Braun χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (σπουδὴ ταχέως ἐναλλασσομένων ρευμάτων, δέκτης ραντάρ, τηλεόρασις κ.ἄ.).

225. Τρίοδος λυχνία.— Ἡ τρίοδος λυχνία εἶναι κοινὴ δίοδος λυχνία, εἰς τὴν δοπίαν ἔχει προστεθῇ τρίτον ἡλεκτρόδιον. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίοδος λυχνία.



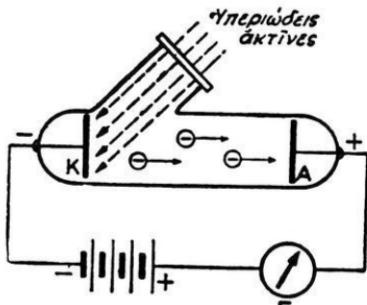
Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδὲς, περιβάλλον τὴν διαπυρουμένην κάθοδον. Ἡ διοδὸς εἶναι κυλινδρικὴ καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

καὶ παρεμβάλλεται μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ

πλέγμα ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύρμα μολυβδανίου, τὸ ὅποιον ἔχει περιτυλιχθῆ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθιδον (σχ. 264). "Εξωθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνοδος, ἡ ὅποια ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθιδον ἡλεκτρόνια ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου καὶ ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐνισχύεται. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ πλέγμα συνδεθῇ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθιδον ἡλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐξασθενίζει σημαντικῶς ἢ καὶ διακόπτεται τελείως. Ἡ τρίοδος λυχνία εύρισκε σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι μὲ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράοδος, πεντάοδος, ὄκταοδος κ.τ.λ. λυχνία).

226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.— 'Ἐντὸς σωληνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἡλεκτρόδια, τὰ ὅποια εἶναι συνδεδεμένα μὲ τοὺς δύο πόλους γεννητρίας (σχ.

265). Ἀφήνομεν νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς καθόδου ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο διφείλεται εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν κάθιδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται **φωτοηλεκτρόνια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 265. 'Απὸ τὴν κάθιδον K ἀποσπῶνται ἡλεκτρόνια.

"Οταν ἐπὶ τῶν μετάλλων προσπίπτουν ἀκτινοβολίαι (φωτεινά, ὑπεριώδεις, Röntgen), τότε ἀποσπῶνται ἐκ τῶν μετάλλων ἡλεκτρόνια.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**. 'Ιδιαιτέρως ἀπὸ τὸ καίσιον, τὸ ρουβίδιον, καὶ τὸ κάλιον ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια, ὅταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτουν δραταὶ ἀκτινοβολίαι. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι :

I. Η ἀπόσπασις φωτοηλεκτρονίων ἀπὸ ἐν μέταλλον εἶναι δυνατή μόνον, ὅταν τὸ μῆκος κύματος τῆς προσπίπτουσῆς ἀκτινοβολίας εἶναι μικρότερον ἐνὸς ὥρισμένου μήκους κύματος, τὸ ὅποιον εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ μέταλλον.

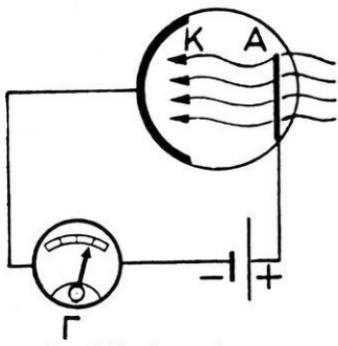
II. Οἱ ἀριθμὸς τῶν ἀποσπωμένων φωτοηλεκτρονίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ παραγομένου φωτοηλεκτρονίου δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον φωτοηλεκτρικὴν ἔξισωσιν τοῦ Einstein :

$$\text{φωτοηλεκτρικὴ ἔξισωσις Einstein : } \frac{1}{2} mv^2 = h\nu - W_0$$

ὅπου $h\nu$ εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου τῆς προσπίπτουσῆς ἀκτινοβολίας καὶ W_0 εἶναι μία σταθερὰ τοῦ μετάλλου. Ἡ σταθερὰ αὕτη καλεῖται ἐργον ἐξ αὐτῆς, διότι ἐκφράζει τὸ ἔργον τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῶν δυνάμεων, αἱ ὅποιαι συγκροτοῦν τὸ ἡλεκτρόνιον ἐντὸς τοῦ μετάλλου.

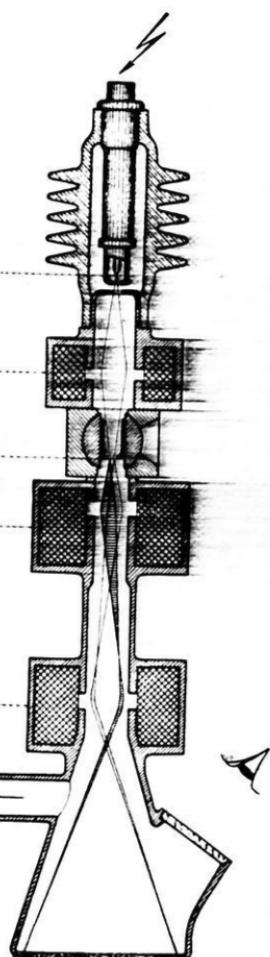
227. Εφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον εὑρίσκει μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὸ φωτοκύτταρον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ὁ ὅποιος εἶναι τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρῶμα καλίου, τὸ ὅποιον ἐπικαλύπτει μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σωλῆνος (σχ. 266). Ἡ ἀνοδὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἡ κυκλικὸν μεταλλικὸν ἡλεκτρόδιον. “Οταν ἐπὶ τῆς καθόδου προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου παρακαλούθει τὰς μεταβολὰς τῆς προσπίπτουσῆς φωτεινῆς ροῆς. Τὰ παραγόμενα ἀσθενῆ ρεύματα ἐνισχύονται διὰ καταλλήλου διατάξεως. Τὸ φωτοκύτταρον εἶναι σήμερον πολύτιμος συσκευὴ καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (δημιῶν κινηματογράφος, αὐτόματος ἔλεγχος καὶ ρύθμισις τῆς λειτουργίας μηχανῶν, τηλεφωτογραφία, τηλεόρασις, ρύθμισις κυκλοφορίας ὄχημάτων κ.ἄ.).



Σχ. 266. Φωτοκύτταρον.

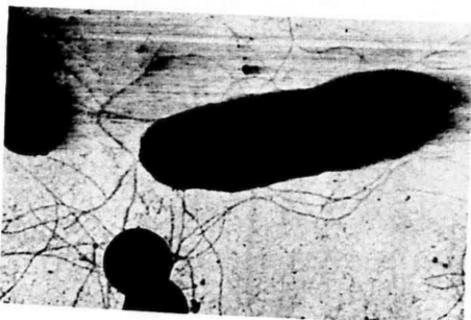
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

228. Ήλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον ὑπὸ ὥρισμένας συνθήκας ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς δέσμης τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, ὅπως ἀκριβῶς ἐνεργεῖ καὶ ὁ φακὸς ἐπὶ μιᾶς δέσμης τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Διὰ τοῦτο τὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ αὐτὰ πεδία καλοῦνται ἡλεκτρικοὶ ἢ μαγνητικοὶ φακοί. Ἐκμετάλλευσις τῶν φακῶν τούτων γίνεται σήμερον εἰς τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον, διὰ τοῦ ὅποιου ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 500.000, ἐνῷ διὰ τῶν καλοτέρων ὀπτικῶν μικροσκοπίων ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 2.000. Τὸ εἶδολον τοῦ ἀντικειμένου λαμβάνε-



Σχ. 267. Τομὴ τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου.

α κάθοδος, β συναγωγὸς φακός,
γ ἀντικείμενον, δ ἀντικειμενικὸς
φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀν-
τλία, η φθορίζον διάφραγμα.



Σχ. 268. Φωτογραφία βακτηριοφάγου λη-
φθείσα μὲ τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.
Μεγέθυνσις 20.000.

ται εἴτε ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος εἴτε ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Εἰς τὴν σχηματικὴν διάταξιν 267 οἱ φακοὶ εἰναι πηνία, τὰ ὅποια δημιουργοῦν τὰ κατάληγα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησι-
μοποίησις τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκο-
πίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἔργα στή-
ρια διανοίγει τελείως νέους ὄριζον-

τας έρευνης (σχ. 268). Τοῦτο έχει σήμερον ιδιαιτέρων σημασίαν διὰ τὴν Βιολογίαν καὶ τὴν Μικροβιολογίαν.

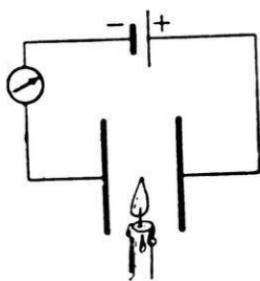
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κρούσιν τοῦ ἡλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου ὀλόκληρος ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen συχνότητος ν. Νὰ εὐρεθῇ σχέσις μεταξὺ τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς τάσεως U, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸν σωλῆνα.

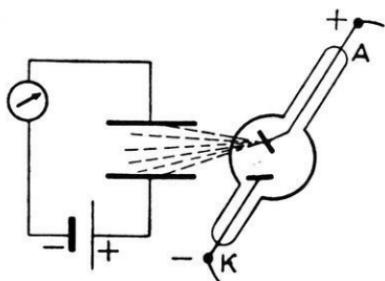
183. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἐφαρμόζεται τάσης 500 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας Röntgen. Σταθερὰ Planck : $\hbar = 6,62 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.—'Ο ἀὴρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. 'Ὕπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὅμως διαφόρων αἰτίων ὁ ἀὴρ ἀποκτᾷ



Σχ. 269. Ιονισμὸς τοῦ ἀέρος διὰ φλογός.



Σχ. 270. Ιονισμὸς τοῦ ἀέρος διὰ ἀκτίνων Röntgen.

σημαντικὴν ἀγωγιμότητα. Μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ φέρομεν φλόγα κηρίου (σχ. 269). 'Ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ὑπάρχῃ ὑψηλὴ διαφορὰ δυναμικοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι, μόλις φέρομεν τὴν φλόγα μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ἵδιον συμβαίνει, ἐὰν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν χῶρον εἰσχωροῦν καθοδικὴ ἀκτῖνες ἡ ἀκτῖνες Röntgen (σχ. 270). 'Η ἀγωγιμότης αὐτὴ τοῦ ἀέρος διφεύλεται εἰς Ιονισμὸν τοῦ ἀέρος. 'Εκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι :

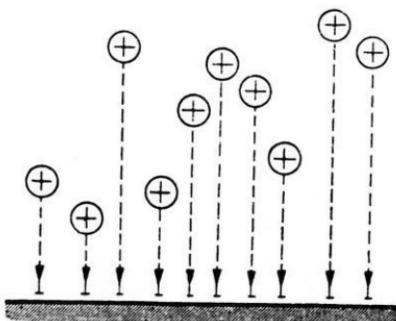
‘Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgen ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ ἀγωγιμότητα, ἐπειδὴ προκαλεῖται ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.

230. Διαρκῆς ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.— ‘Ἐν ἡλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον ἡλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται, ὅταν παραμείνῃ ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. ‘Η ἐκφόρτισις εἶναι πολὺ ταχυτέρα ἐντὸς ὑπογείων ἢ σπηλαίων καὶ δρεῖλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὑπάρχουν πάντοτε θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ίόντα. ‘Ωστε :

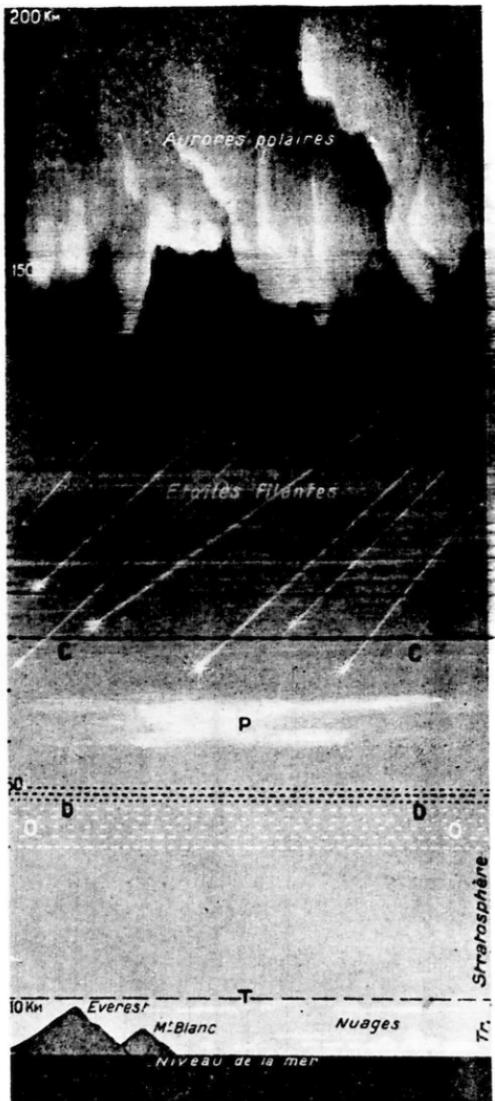
‘Ο ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ εἶναι πάντοτε ιονισμένος.

‘Ο ἀριθμὸς τῶν ίόντων, τὰ ὄποια ὑπάρχουν ἐντὸς τοῦ ἀέρος μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους. Εἰς ὕψος ἄνω τῶν 100 km παρατηρεῖται μία ἀπότομος αὔξησις τῆς ἀγωγιμότητος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ στρῶμα τοῦτο τῆς ἀτμοσφαίρας καλεῖται **ιονόσφαιρα**. ‘Ο ισχυρὸς ιονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕψος τοῦτο δρεῖλεται εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινας τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ ὄποια ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸν ‘Ἡλιον, καὶ εἰς μίαν ίδιαιτέραν ἀκτινοβολίαν, ἡ ὄποια φθάνει εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ ἡ ὄποια καλεῖται **κοσμικὴ ἀκτινοβολία**. Εἰς τὰ ἀνωτέρω αἴτια ἀποδίδεται γενικῶς ὁ ιονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

231. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.—Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος πλεονάζουν τὰ θετικὰ ίόντα, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ίόντα. Οὕτως ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σχηματίζεται **ἡλεκτρικὸν πεδίον** (σ.χ. 271), τοῦ ὄποιου αἱ δυναμικὴ γραμματίσαι εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. ‘Ἡ πτῶσις τοῦ δυναμικοῦ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἀνέρχεται εἰς 100 ἢ καὶ 1000 Volt κατὰ μέτρον. ‘Ὕπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίνου ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ θετικὰ ίόντα τῆς ἀτμοσφαίρας κινοῦνται διαρκῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους. ‘Αλλὰ τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ ὄποια δρεῖλεται τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.



Τομή τού κατωτέρου τμήματος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τ τροπόπουσις, Ο στρῶμα δόζοντος Δ στρῶμα Ιονισμένον, Ρ ἡφαιστειακή κόνις, Σ ἀνώτατον ὅριον λυκόφωτος, Ε στρῶμα τοῦ Heaviside. Τὸ πολι- ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐνῶ συγ- κὸν σέλας ἐμφανίζεται εἰς ὑψος ἄνω τῶν 150 km. χρόνως ἐγκαταλείπονται

ἐξαφανίζονται, διότι συνεχῶς ἀναπληροῦνται ἀπὸ νέα φορτία. Δὲν εἶναι ἀκόμη πλήρως γνωστὸν πῶς γίνεται ἡ ἀναπλήρωσις τῶν φορτίων τούτων. 'Ος μία σημαντικὴ αἰτία τῆς συνεχούς παραγωγῆς θετικῶν λέντων ἐντὸς τοῦ ἀέρας καὶ ἀρνητικῶν ιόντων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους διαρρέουνται αἱ ἀστραπαὶ καὶ οἱ κεραυνοί. 'Η ἀστραπὴ εἶναι ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ δύο νεφῶν, τὰ ὅποια ἔχουν ἀντίθετα ἡλεκτρικὰ φορτία. 'Ο δὲ κεραυνὸς εἶναι ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ τοῦ νέφους καὶ τοῦ ἐδάφους. 'Η διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ νέφους καὶ ἐδάφους κατὰ τὴν πτῶσιν κεραυνοῦ ἀνέρχεται εἰς ἑκατομμύρια Volt. 'Η ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ἕνα κεραυνὸν ἀνέρχεται εἰς 20 000 Ampère. 'Υπολογίζεται οτι κατὰ δευτερόλεπτον παράγονται ἐφ' ὅλοκλήρου τοῦ πλανήτου μᾶς 100 κεραυνοί, οἱ ὅποιοι μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἐδάφος ἀρνητικὰ

τὸν ἀέρα θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξηγες:

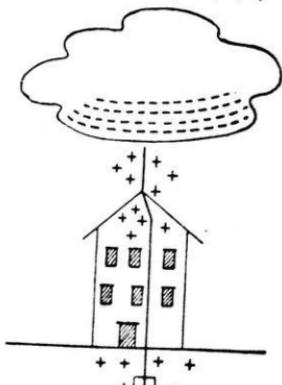
I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικὰ φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὃποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἴτια συντελοῦν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γηίνου ἡλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κεραυνοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἐδάφος ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία.

‘Αλεξικέραυνον. “Οταν ᾔνωθεν τοῦ ἐδάφους εύρισκεται νέφος, φέρον σημαντικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἔξι ἐπαγγῆγες ἵσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὃποῖον συγκεντρώνεται εἰς τὰ ἔξχοντα σημεῖα τοῦ ἐδάφους (ὑψηλαὶ οἰκοδομαὶ, καπνοδόχοι, δένδρα κ.ἄ.). Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς πτώσεως τοῦ κεραυνοῦ ἐπὶ τῶν ὑψηλῶν κτιρίων, ἐφοδιάζομεν αὐτὰ μὲ **ἀλεξικέραυνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὴν ράβδον, ἡ ὃποίᾳ καταλήγει εἰς ἀκίδα καὶ συνδέεται δι’ ἀγωγοῦ μὲ μεγάλην μεταλλικὴν πλάκα εύρισκομένην εἰς ἀρκετὸν βάθος ἐντὸς τοῦ ἐδάφους. “Οταν δὲ κεραυνὸς πίπτῃ ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεράυνου, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἐδάφος καὶ οὕτως ἀποφεύγεται βλάβη τοῦ κτιρίου (σχ. 272 καὶ 273).”

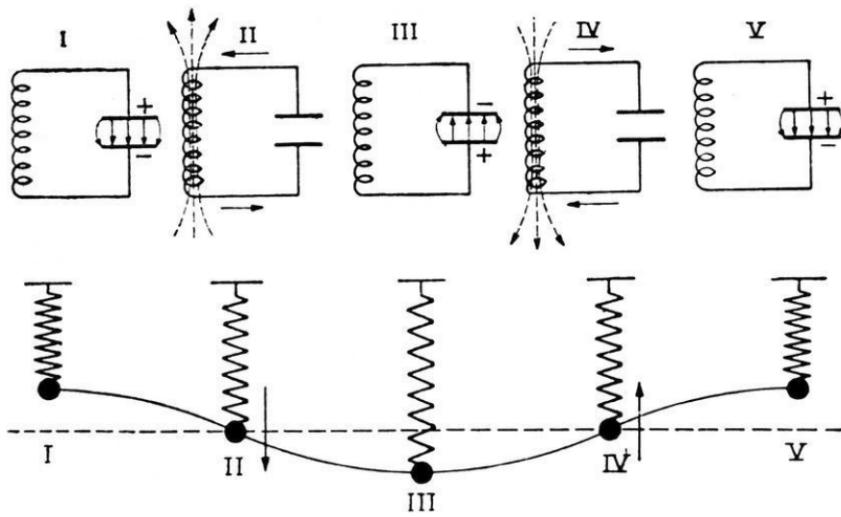


Σχ. 273. ‘Αλεξικέραυνον.

232. Πολικὸν σέλας.— Καλεῖται **πολικὸν σέλας** ἐν διπολικὸν φαινόμενον, τὸ ὅποῖον παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς πολικὰς γώρας. Τὸ πολικὸν σέλας ἔχει τὴν δύναμιν τερχοτίου φωτεινοῦ τόξου, ἀπὸ τὸ ὅποῖον κρέμονται φωτεινοὶ κροσσοί (βλ. εἰκ. σελ. 254). Ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ παραγωγὴ τοῦ φωτὸς τούτου πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτέλεσμα τῆς συγκρούσεως ἡλεκτρονίων μὲ τὰ μόρια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀζώτου καὶ διεγόνου. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ τὸν "Ηλιον" καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηρίου μαγνητικοῦ πεδίου συγκεντρώνονται εἰς τὰς περὶ τοὺς πόλους περιοχάς.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— Ἡ συχνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τῶν



Σχ. 274. Εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων συμβαίνουν συνεχεῖς μετατροπαὶ τῆς ἐνέργειας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως καὶ συνεπῶς συμβαίνουν ταλαντώσεις ἡλεκτρικοῦ φορτίου.

ρευμάτων μεταξύ μεγάλων ὀρίων. Οὔτω διακρίνομεν τρεῖς κατηγορίας ἐναλλασσομένων ρευμάτων: α) ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος, (50 ἔως 10 000 Hz), β) ρεύματα μέσης συχνότητος (10 000 ἔως

100 000 Hz) καὶ γ) ρεύματα ύψη λῆσης συχνότητος (άνω τῶν 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ύψη λῆσης συχνότητος ακολουθοῦνται καὶ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τὰ ρεύματα αὐτὰ παράγονται κατὰ τὴν ἑκφόρτισιν πυκνωτοῦ ἐντὸς αὐκλώματος, τὸ ὄποιον περιλαμβάνει πηγίον (σχ. 274). Μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ὑπάρχει καὶ ἀρχὰς ἡλεκτρικὸν πεδίον. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο ἐπλισμοὶ εἰναι συνδεδεμένοι μεταξύ των διὰ τοῦ πηγίου, ὁ πυκνωτὴς ἀρχίζει νὰ ἑκφορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον ἔχει συνθενίζει. Τὸ παραγόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ πηγίου, παράγει μαγνητικὸν πεδίον. "Οταν ὁ πυκνωτὴς ἑκφορτίσθῃ, τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ συγγρόνως καταργεῖται καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πηγίου. Ἡ κατάργησις ὅμως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ ρεῦμα ἐξ αὐτεπαγωγῆς ὑμέρροπον πρὸς τὸ προηγούμενον. Τὸ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ρεῦμα προκαλεῖ φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ μὲ ἀντίθετον ὅμως πολικότητα. Ἐπακολουθεῖ τότε νέα ἑκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται δικράνως. Οὕτω τὸ αὐκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσόμενου ρεύματος ύψη λῆσης συχνότητος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

I. Εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον πυκνωτὴν καὶ πηγίον παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις κατὰ τὴν ἑκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἔνεκα τῆς διαρκοῦς μετατροπῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως.

II. Ἡ περίοδος (T) τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπό τὸν τύπον τοῦ Thomson :

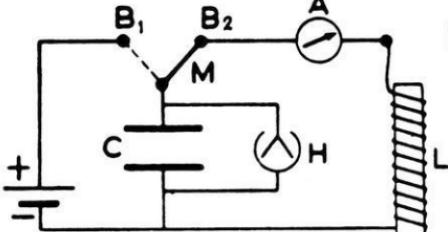
$$\text{τύπος τοῦ Thomson : } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

ὅπου C εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ L ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηγίου.

234. Φθίνουσαι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 275. Ὁ πυκνωτὴς ἔχει μεγάλην χωρητικότητα C καὶ τὸ πηγίον ἔχει μεγάλον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L , ὥστε ἡ περίοδος T τῶν ταλαντώσεων νὰ εἴναι ἵση μὲ ἀρκετὰ δευτερόλεπτα. "Οταν ὁ μεταγωγὸς M φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ

τὸν ἀκροδέκτην B_1 , ὁ πυκνωτής φορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρούμετρον Η δειχνύει τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐὰν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν Μ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_2 ,

παρατηροῦμεν περιοδικὰς μετα-

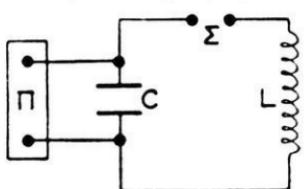


Σχ. 275. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

Σχ. 276. Φθίνουσα ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις.

βολὰς τῆς τάσεως τοῦ πυκνωτοῦ

καὶ ἀντιστοίχως περιοδικὰς ταλαντώσεις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου A. Αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ δειχνύουν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἀλλὰ τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου βαίνει συνεχῶς ἐλαττούμενον. Ἐάν αἱ ἡλεκτρικὴ ταλαντώσεις εἰναι φθίνουσαι καὶ πολὺ ταχέως καταργοῦνται (σχ. 276). Διὰ νὰ παραχθῇ νέα σειρὰ ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, φέρομεν πάλιν τὸν μεταγωγὸν Μ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_1 . Η ἀπόσβεσις τῶν ταλαντώσεων ὀφείλεται εἰς ἀπώλειαν ἐνεργείας. Αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ καλοῦνται φθίνουσαι ἢ ἀποσβεννυμέναι. Διὰ τὴν διαδοχικὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ



Σχ. 277. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

ἀντὶ μεταγωγοῦ, ἢ ἀκόλουθος διάταξις (σχ. 277). Ο πυκνωτής συνδέεται μὲ τὸ δευτερεῦον ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηγίου Π. Εἰς ἐν σημεῖον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ὑπάρχει μικρὰ διακοπὴ. Σ τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον ἔκει καταλήγει εἰς δύο μικρὰ μεταλλικὰ σφαίρας. Η διακοπὴ Σ καλεῖται σπινθήρ: στήριξι διότι ὅταν ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ λάβῃ

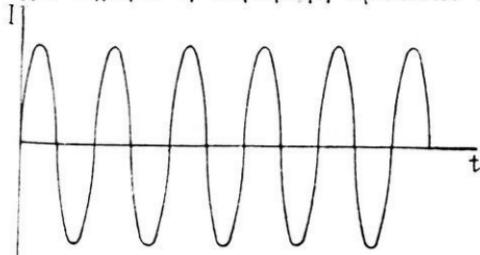
τὴν μεγίστην τιμὴν, πυράγεται εἰς τὴν διακοπὴν Σ σπινθήρ. Ο σπινθήρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μία ἀποσβεννυμένη ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις. Εάν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῦον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηγίου είναι $v = 50$ Hz,

τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθήρες. Είς έκαστου σπινθήρα ἀντιστοιχεῖ εἰς συρμό άποσβεννυμένων ταλαντώσεων. "Αρα κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοί άποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).



Σχ. 278. Συρμός άποσβεννυμένων ήλεκτρικών ταλαντώσεων.

235. Ἀμείωτοι ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.— Ιδιαιτέραν ἔξιν



Σχ. 279. Ἀμείωτοι ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

έχει σήμερον ἡ παραγωγὴ ἀμειώτων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279). Η παραγωγὴ τούτων γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τῆς τριόδου λυχνίας. Εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας

παρεντίθεται τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων (σχ. 280). Τὸ

πηγίον L_1 τοῦ κυκλώματος

τούτου συνδέεται ἐπαγωγικῶς,

μὲ ἄλλο πηγίον L_1 , τοῦ ὁποίου

τὸ ἄκρον συνδέεται μὲ τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν αὔθιδον. "Οταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται

ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αὕται

παράγουν ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς

τοῦ πηγίου L_1 ἐναλλασσόμενα

ρεύματα τῆς αὐτῆς συχνότητος.

Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν πε-

ριοδικάς ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμι-

κοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς

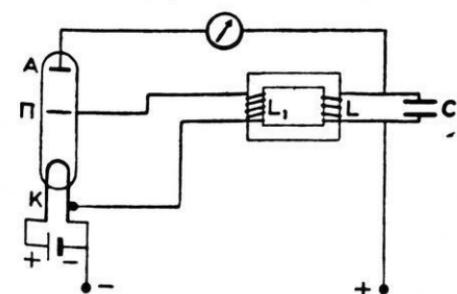
περιοδικάς διακοπὰς καὶ ἀπο-

καταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύ-

ματος, τὸ ὁποῖον φορτίζει τὸν

πυκνωτήν.

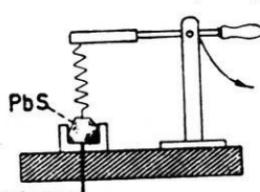
πυκνωτήν.



Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἀμειώτων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

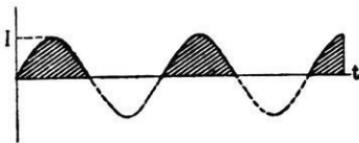
Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὀθήσεις εἰς ἐκκρεμές ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεων του.

236. Πειραματική άπόδειξης τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.— Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων,



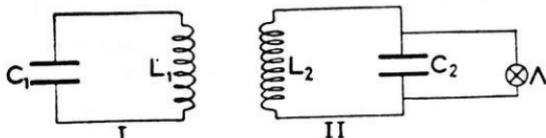
Σχ. 281. Κρυσταλλικὸς φωρατής.

αἱ δόποιαι διαρρέουν ἐν κύκλωμα, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρ πυρακτώσεως. "Αλλὴ ἀπλῆ διάταξις εἶναι ὁ **κρυσταλλικὸς φωρατής**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρυσταλλοῦ γαληνίτου (PbS), ὁ δόποιος εὐρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς θήκης στηριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος. 'Ἐπὶ τοῦ κρυσταλλοῦ στηρίζεται ἑλαφρῶς πιεζόμενη δί' ἔλατηρίου μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). 'Ἐὰν διὰ τοῦ συστήματος τούτου διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τότε τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον, ὅταν ἔχῃ φορὰν ἐκ τοῦ κρυσταλλοῦ πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐνῶ κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ συστήματος. Οὕτως ὁ κρυσταλλικὸς φωρατής ἀφήνει νὰ διέρχεται δί' αὐτοῦ μία μόνον ἐκ τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. "Ωστε ὁ κρυσταλλικὸς φωρατής μετατρέπει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχὲς διακοπόμενον ρεῦμα (σχ. 282), ἡτοι προκαλεῖ **ἀνόρθωσιν** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.



Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

237. Διέγερσις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.— "Ἄς θεωρήσωμεν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων, τὰ δόποια εὐρίσκονται τὸ ἐν πλησίον τοῦ ξλλου (σχ. 283). Εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα παράγονται διὰ καταλήλου διατάξεως ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις,



Σχ. 283. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου κυκλώματος διεγείρονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

τῶν δόποιων ἡ' περίοδος εἶναι $T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}$. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα ἀναπτύσσονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτήρος Λ . Τὸ πλάτος τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμήν,

εἶναι $T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}$. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα ἀναπτύσσονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτήρος Λ . Τὸ πλάτος τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμήν,

ὅταν ἡ περίοδος Τ τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχῃ τὴν αὐτὴν τιμήν, ἥτοι ὅταν εἴναι :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

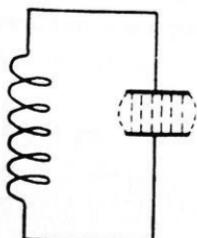
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει **συντονισμός**. "Ωστε :

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εύρισκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον ταλαντώσεως, δόποτε ἴσχυει ἡ σχέσις :

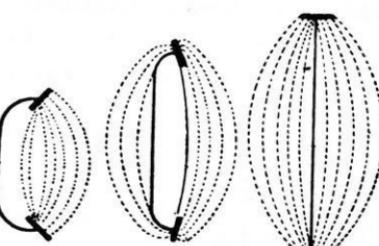
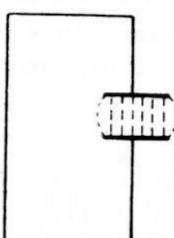
$$\text{συνθήκη συντονισμοῦ : } L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$$

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.— Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖαι παράγονται ἐντὸς κλειστοῦ κυκλώματος, δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἐντὸς δευτέρου κυκλώματος εύρισκομένου πλησίον τοῦ πρώτου (σχ. 283). Η διέγερσις τοῦ δευτέρου κυκλώματος δρείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-



Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηνίου δι' εύθυγράμμου δύωγοῦ.



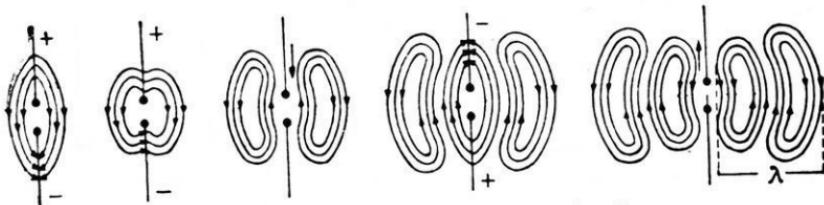
Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον.

τικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται πέριξ τοῦ πρώτου κυκλώματος, διότι τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μεταξὺ τῶν δύο διπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι δύως δυνατόν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

τοῦ πρώτου κυκλώματος. Ας ύποθέσωμεν ότι τὸ πηγίον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἐνὸς μόνον ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ, ἔως ὅτου οἱ δύο ὄπλισμοὶ εὑρεθοῦν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εὐθύγραμμου πλέον ἀγωγοῦ. Τότε τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον ἔξαπλώνεται ἐντὸς τοῦ χώρου (σχ. 285). Τὸ ἀπλούστερον ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἀγωγόν, ὁ ὄποιος εἰς τὸ μέσον ἔχει μικρὸν διακοπὴν (σπινθηριστὴν) καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα καταλήγει ἐλευθέρως ἢ φέρει μικρὰς πλάκας ἢ σφαίρας (σχ. 286). Τὸ ἀνοικτὸν τοῦτο κύκλωμα ταλαντώσεων καλεῖται διεγέρτης τοῦ Hertz ἢ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον.

Σχ. 286. Διεγέρτης τοῦ Hertz.

239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.—Ἐντὸς τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz παράγονται ἡλεκτρικὰ ταλαντώσεις. Τότε τὰ ἄκρα τοῦ διπόλου ἀποκτοῦν ἐναλλάξ θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν δυναμικόν. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ διπόλου σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ δίπολον διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω πέριξ τοῦ διπόλου σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὄποιού καὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι συγκεντρικοὶ κύκλοι, κάθετοι



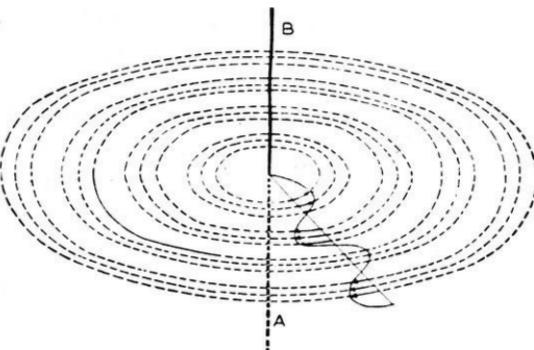
Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

πρὸς τὸν ἀγωγόν. "Οταν λοιπὸν ἐντὸς τοῦ διπόλου παράγωνται ἡλεκτρικὰ ταλαντώσεις, σχηματίζονται πέριξ τοῦ διπόλου ἐν ἡλεκτρικὸν καὶ ἐν μαγνητικὸν πεδίον, τὰ ὄποια εἰναι ἐν αλλασσόμενα καὶ διαδίδονται ἐντὸς τοῦ χώρου μὲ ταχύτητα ἵσην πρὸς τὴν ταχύτητα

τοῦ φωτός. Τὰ δύο αὐτὰ ἐναλλασσόμενα πεδία εἶναι ἀλληλένδετα καὶ ἀποτελοῦν τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον. "Ωστε :

"Ἐν παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον περιβάλλεται ἀπὸ ἐν ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποιον διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις πέριξ τοῦ διπόλου.

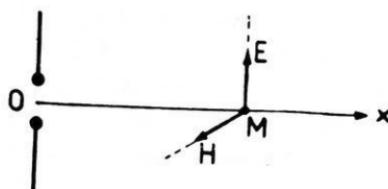
Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἐν σημεῖον M τοῦ γώρου, εὑρισκόμενον εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δίπολον (σχ. 289), αἱ ἐντάσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ τῶν, καὶ κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ ἐντάσεις τῶν δύο τούτων πεδίων μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς ἐντὸς μιᾶς περιόδου. "Ωστε :



Σχ. 288. Διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

I. Αἱ ἐντάσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ τῶν.

II. Τὸ διαδιδόμενον ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον ἀποτελεῖ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.



Σχ. 289. Ἡ ἐντασίς E τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἡ ἐντασίς H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ τῶν καὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν Ox .

Τὴν δημιουργίαν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πέριξ ἐνὸς διπόλου ἀνεκάλυψεν θεωρητικῶς ὁ Maxwell. Πειραματικῶς ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὁ Hertz. Σήμερον τὸ ραδιόφωνον ἀποδεικνύει εἰς πᾶσαν στιγμὴν τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

240. Μῆκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Τὰ

έναλλασσόμενα δύο πεδία, ἐκ τῶν ὅποίων ἀποτελεῖται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, ἔχουν τὴν ἴδιαν συχνότητα, τὴν ὅποίων ἔχουν καὶ αἱ ἐντὸς τοῦ διπόλου παραγόμεναι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἐὰν ἐ εἴναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, τότε τὸ μῆκος κύματος λ τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ κύματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν : $c = v \cdot \lambda$. Τὸ μῆκος κύματος λ φανερώνει, ὡς γνωστόν, τὴν ἀπόστασιν εἰς τὴν ὅποίων διαδίδεται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν κύμα ἐντὸς μιᾶς περιόδου. Οὕτως, ἐνείκαι :

$$T = \frac{1}{100} \text{ sec, τότε εἴναι } v = 100 \text{ Hz καὶ ἐπομένως ἔχομεν :}$$

$$\lambda = \frac{c}{v} = \frac{300\,000 \text{ km/sec}}{100 \text{ Hz}} = 3\,000 \text{ km}$$

241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἑξῆς ἴδιότητας :

1) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔν α κ λ ὡ ν τ α i ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν πλακῶν συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

2) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διέρχωνται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, διαφθορὰν ταῖς συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ εἴναι σώματα ἔ δ i α φ α ν ἦ διὰ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἥτοι τὰ σώματα αὐτὰ ἀπορροφοῦν τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἀντιθέτως τὰ διηλεκτρικὰ εἴναι σώματα διαφανῆς ἦ διὰ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

4) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα παράγουν φαινόμενα συμβολῆς καὶ παραφθοράς, ὅπως συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς.

Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀπέδειξεν ὅτι τὸ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον ἀκτινοβολεῖ ὑπὸ μορφὴν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐνέργειαν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὅποίων ἀκτινοβολοῦν αἱ φωτειναὶ πηγαί. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὅποίων ἀκτινοβολεῖ τὸ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον, καλεῖται ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

‘Η ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία συμπεριφέρεται ὡς φωτεινὴ ἀκτινοβολία καὶ ἔχει μεγαλύτερον μῆκος κύματος ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἀκτινοβολίαν.

‘Η ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐν ἄτομον τῆς ὕλης, ὅταν ἐν πλανητικὸν ἡλεκτρόνιον μεταπηδᾷ ἀπὸ μίαν ἐξωτερικὴν εἰς μίαν ἐσωτερικὴν τροχιάν.

Αἱ τροχιαὶ ἐπὶ τῶν ὁποίων τὸ ἡλεκτρόνιον δύναται νὰ μεταπηδᾷ, εἶναι ώρισμέναι καὶ καλοῦνται κβαντικαὶ τροχιαὶ.

242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας.—[‘]Η πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ φῶς καὶ αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, ἥτοι πολὺ μεγάλης συχνότητος. Οὕτω μὲ τὸν ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφὴν ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἰδή τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας

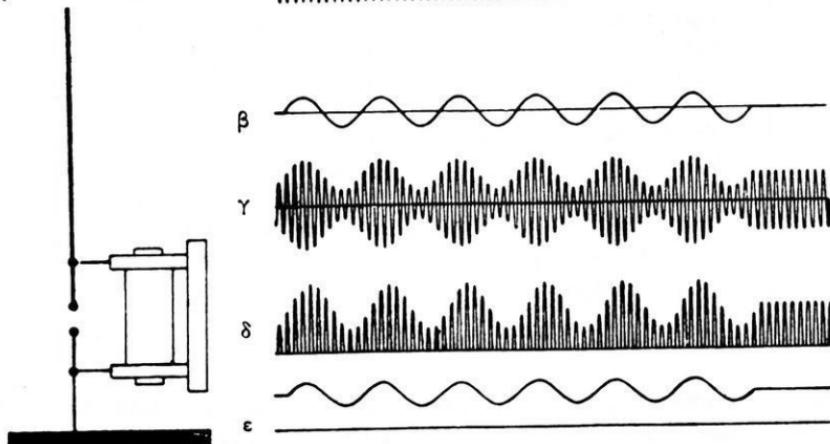
Ειδος ἀκτινοβολίας	Μήκη κύματος
Βιομηχανικὰ κύματα	10^5 έως 10^4 km
Τηλεφωνικὰ "	10^4 έως 10^2 km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ "	10^4 έως 10^3 m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα "	10^3 έως 10^2 m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα "	10^2 έως 10 m
Τηλερρεαλχέα "	10 έως 1 m
Μικροκύματα	1 m έως 1 mm
Τηλερυθροὶ ἀκτῖνες	1 mm έως 1 μ
Ορατὸν φῶς	$0,8$ μ έως $0,4$ μ
Τηλειώδεις ἀκτῖνες	$0,4$ μ έως $0,01$ μ
Ἀκτῖνες Röntgen	$0,01$ μ έως $0,01$ Å
Ἀκτῖνες γ	$0,01$ Å έως

Αἱ συχνότητες τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας περιλαμβάνονται μεταξύ τῶν τιμῶν $v = 0$ καὶ $v = 10^{24}$ Hz. Τεχνητῶς παράγονται σήμερον ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀπὸ $v = 1$ Hz έως $v = 10^{18}$ Hz. Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ἔχοντα συχνότητας ἀπὸ $v = 10^{12}$ Hz έως $v = 10^{24}$ Hz, παράγονται διὰ καταλήλου διεγέρσεως τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὅλης. Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα φαίνεται τὸ συνολικὸν φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας. Παρατηροῦμεν ὅτι μόνον μία μικρὰ περιοχὴ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ἔχει τὴν ἴδιαν τὸν διεγέρη τὸν δόφθαλμόν μας (ορατὸν φῶς).

ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαὶ. — Η ἀσύρματος τηλεπικοινωνία περιλαμβάνει δύο κυρίως κλάδους τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν, ἡ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων καὶ τὴν ἀσύρματον τηλεφωνίαν ἡ ραδιοφωνίαν, ἡ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν ἥχων. Η ἀσύρματος τηλεγραφία χρησιμοποιεῖ ἀποσβεννυμένας ἡ καὶ ἀμειώτους ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ἐνῶ ἡ ραδιοφωνία χρησιμοποιεῖ μόνον ἀμειώτους ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς ὑπάρχει κατάλληλος πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἰς δὲ τὸν σταθμὸν λήψεως ὑπάρχει κατάλληλος δέκτης τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

244. Πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. — Εἰς τὸ ἐνσύρματον τηλέφωνον (§ 188), διὰ τὴν μετάδοσιν ἥχου ἀ-



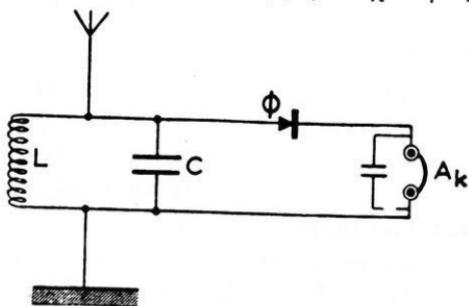
Σχ. 290. Σχηματικὴ διάταξις τοῦ πομποῦ. κουστῆς συχνότητος, πρέπει νὰ προχληθοῦν ἀντίστοι-

χοι μεταβολαι εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἴδιας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ἡ ραδιοφωνία. Ὁ πομπὸς

Σχ. 291. Διαμόρφωσις τῶν κυμάτων. (α φέρον κῦμα, β μικροφωνικὸν ἡμιτονοειδές ρεῦμα, γ διαμορφωμένον κῦμα, δ ἀνόρθωσις, ε τὸ ρεῦμα μετὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἔχει τὴν μορφὴν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος).

περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων, τὸ δόποιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σχ. 290). Τὸ ἐν ᾧ καρφάρον συνδέεται μὲ τὴν γῆν. Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐναλλακτῆρες μεγάλης συγγότητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιοῦνται τρίοδοι ηλεκτρονικαὶ λυχνίσι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθερᾶς οὐψηλῆς συγγότητος (**φέρον κῦμα**). Τὸ κύκλωμα τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται καταλλήλως μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου ἢ μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ δόποιον παράγονται οἱ ἥχοι. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ χειριστηρίου ἢ τοῦ μικροφώνου προκαλοῦνται παραμορφώσεις τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Οὕτω τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὴν κεραίαν ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα φέρουν ἀντιστοίχους παραμορφώσεις (**διαμορφωμένον κῦμα**). Εἰς τὸ σχῆμα 291α δεικνύεται τὸ φέρον κῦμα, πρὶν ὑποστῆ διαμόρφωσιν, ἐνῶ εἰς τὸ σχῆμα 291γ καὶ 291δ δεικνύονται τὰ διαμορφωμένα κύματα πρὸ καὶ μετὰ τὴν φώρασιν.

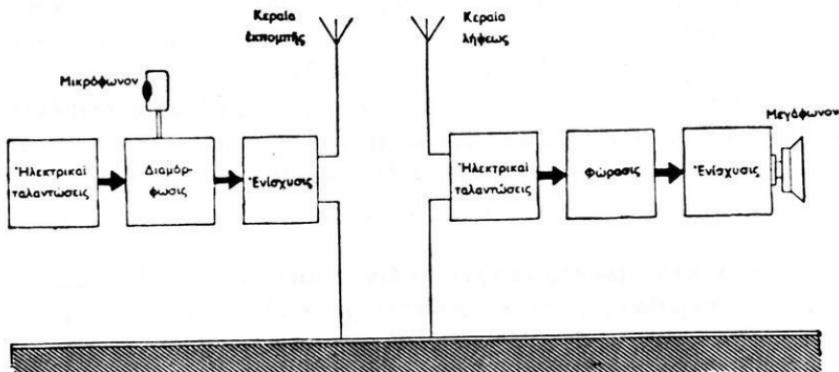
245. Δέκται ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—'Ο δέκτης περιλαμβάνει **κεραίαν**, ἡ ὁποίᾳ συνδέεται μὲ κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Τοῦτο εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ πομποῦ. 'Ο δέκτης πρέπει νὰ μετατρέψῃ τὰς οὐψηλῆς συγγότητος διαμορφωμένας ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ἥχον. Αἱ χρησιμοποιούμεναι σήμερον συγγότητες κυμαίνονται ἀπὸ 15 000 Hz ἕως 20 000 000 Hz. 'Εὰν τὰ ἀκουστικὰ συνδεθοῦν ἀπὸ εὐθείας μὲ τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, τότε ἡ πλάξ τοῦ ἀκουστικοῦ θὰ μείνῃ ἀκίνητος, διότι δὲν δύναται νὰ παρακολουθῇση τὰς τόσον ταχείας μεταβολὰς τοῦ ρεύματος. 'Εξ ἄλλου αἱ συγγότητες αὐταὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ ἀκουστοὺς ἥχους. 'Η δυσκολία αὐτὴ αἱρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μὲ κρυσταλλικὸν φωρατήν (Φ) καὶ ἀκουστικά (A_k).

τόσον ταχείας μεταβολὰς τοῦ ρεύματος. 'Εξ ἄλλου αἱ συγγότητες αὐταὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ ἀκουστοὺς ἥχους. 'Η δυσκολία αὐτὴ αἱρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-

μεν φωρατήν, δέ όποιος προκαλεῖ ἀνόρθωσιν τῶν διαμορφωμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστέρα ἀνορθωτική διάταξις εἶναι δέ καὶ υστατλικὸς φωρατής (σχ. 292). Ὁ φωρατής ἐπιτυγχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ρεῦμα ἔχον σταθερὰν φοράν, ἀλλὰ μεταβαλλόμενον ἐν τασιν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς πλακῆς τοῦ ἀκουστικοῦ. Εἰς τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν ἡ μετάδοσις τῶν μορσικῶν σημάτων (παῦλαι καὶ τελεῖαι) γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ χειριστηρίου, μὲ τὸ όποιον προκαλοῦμεν διαμορφώσεις μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὸν δέκτην αἱ διαμορφώσεις αὔται μετατρέπονται διὰ τοῦ



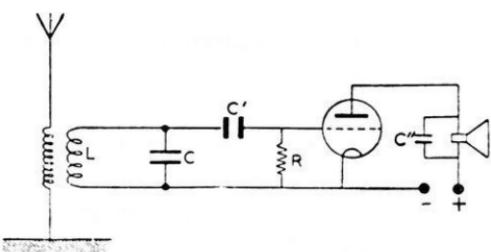
Σχ. 293. Σχηματική διάταξις τῆς ραδιοφωνικῆς τηλεπικοινωνίας.

φωρατοῦ καὶ τῶν ἀκουστικῶν εἰς οὓς ὑψούσι μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὴν ραδιοφωνίαν, διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῶν μεταδιδούμενων συνθέτων ἥχων, χρησιμοποιοῦνται ἀκουστικὰ ἢ μεγάφωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 291 δεικνύονται: α) τὸ φέρον κῦμα πρὸ τῆς διαμορφώσεως, β) ἡ περιοδικὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου, ἡ ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ἀπλοῦν ἥχον, γ) ἡ διαμορφωμένη ταλάντωσις, ἡ ὅποια διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, δ) ἡ ἀνόρθωσις, τὴν ὅποιαν προκαλεῖ δέ φωρατής. Ἡ γραμμὴ εἰς τὸ ἀνορθωμένον ρεῦμα παριστᾶ τὴν ἐντασιν τοῦ ρεύματος τούτου παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὕτη ἔχει τὴν μορφὴν τῆς περιοδικῆς μεταβολῆς τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτω τὸ ἀκουστικὸν ἢ τὸ μεγάφωνον ἀναπαράγει τὸν πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθέντα ἥχον. Εἰς τὸ σχῆμα 293 δεικνύεται ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς ὅποιας στηρίζεται ἡ ραδιοφωνία..

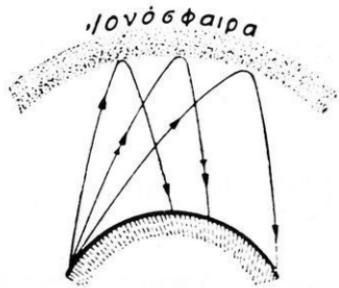
246. Ραδιόφωνον—Σήμερον εἰς τούς ραδιοφωνικούς δέκτας γρηγοριμοποιοῦνται ώς φωράται αἱ τρίοδοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Οἱ τοιοῦτοι δέκται καλοῦνται **ραδιόφωνα. Εἰς τὸ σχῆμα 294 δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία ἑνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ τάλαντάς εἰς, τὰς ὁποῖας δημιουργοῦν τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, εἶναι γενικῶς πολὺ ἀσθενεῖς. Διὰ τοῦτο γρηγοριμοποιοῦμεν **ἐνισχυτάς**, οἱ ὁποῖοι παρεμβάλλονται εἴτε πρὸ τοῦ φωράτου, εἴτε μετὰ τὸν φωράτην. ‘Ως ἐνισχυταὶ γρηγοριμοποιοῦνται γενικῶς κατάλληλοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι..**

Τελευταίως ἂντι τῶν ἡλεκτρονικῶν λυχνιῶν γρηγοριμοποιοῦνται εὐρύτατα οἱ **τρανσίστορ**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν τεμάχιον ἢ μια γωγοῦ (γερμάνιου ἢ πυρίτιου). Οἱ τρανσίστορ ἔχουν μικρὸν ὅγκον, μεγάλην ἀπόδοσιν καὶ πολὺ εὔκολον κατασκευὴν.

247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἀναγωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ, δύνανται νὰ διακριθοῦν εἰς δύο τυμάτα: 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 ἀπορριφῶνται τόσον περισσότερον, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ μῆκος κύματος. Τὰ κύματα χώρου εἰς ὕψος 100 km περίπου ὑφίστανται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας (§ 230), ἡ ὁποία εἶναι ιονισμένον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας συμπεριφερόμενον ώς ἀγωγὸς (σχ. 295). Τὰ ἀνακλώμενα κύματα



Σχ. 294. Ἀπλοῦν ραδιόφωνον μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν.

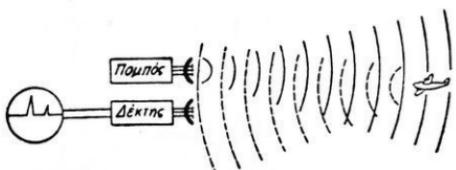


Σχ. 295. Ἀνάκλασις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας.

έπιστρεφουν πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις γωρίς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασίς των.

248. Εἰδη κυμάτων.—Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια χρησιμοποιεῖ ἡ τηλεπικοινωνία, διακρίνονται εἰς τὰ ἑξῆς εἴδη: α) Τὰ μακρὰ κύματα ($\lambda > 600 \text{ m}$) παρουσιάζουν μικρὰν ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας καὶ εἶναι κατάλληλα διὰ μετάστοιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. β) Τὰ μεσαῖα κύματα ($\lambda = 200$ ἔως 600 m) εἶναι κατάλληλα δι᾽ ἐκπομπάς, αἱ ὅποιαι προορίζονται διὰ μικρᾶς σχετικῶς ἀποστάσεις. γ) Τὰ βραχέα κύματα ($\lambda = 10$ ἔως 200 m) παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, εἶναι δημος κατάλληλα δι᾽ ἐκπομπάς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Εἰς τὰ βραχέα κύματα τὰ κύματα χώρου ὑφίστανται διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας καὶ τοῦ ἔδαφους χωρίς σημαντικὴν ἑξασθένησιν. Οὕτω φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. δ) Τὰ ύπερβραχέα κύματα ($\lambda < 10 \text{ m}$) δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας καὶ ἡ διάδοσις αὐτῶν γίνεται ἀποκλειστικῶς διὰ κυμάτων ἐπιφανείας. Ἡ διάδοσις τῶν ύπερβραχέων κυμάτων εἶναι σχεδὸν εὐθύγραμμος καὶ δύοιαζει μὲ τὴν τοῦ φωτός. ε) Τὰ μικροκύματα ($\lambda = 0,1 \text{ cm}$ ἔως 1 m) διαδίδονται εὐθυγράμμως, δπως ἀκριβῶς καὶ τὸ φῶς. Οὕτω δύνανται νὰ ἀποτελέσουν κατευθυνομένας δέσμας, δπως συμβαίνει μὲ τὰς φωτεινὰς δέσμας.

249. Ραντάρ.—Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ **ραντάρ**. Τοῦτο εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὅποιας δυνάμεθα νὰ ἀποκαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἀντικειμένων εὑρισκομένων 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 εὑρίσκονται εἰς τὴν ἑ-

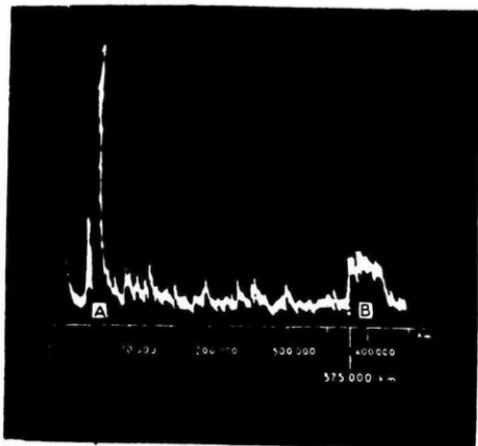


Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ.

στίαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἵσα πρὸς $\frac{1}{1000}$ τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ

παρουσίαν ἀντικειμένων εὑρισκομένων 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 εὑρίσκονται εἰς τὴν ἑ-

συρμοὶ μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἑκάστου συρμοῦ διαρκεῖ ἐπὶ $\frac{1}{1\,000\,000}$ τοῦ δευτερολέπτου. Τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ὅταν προσπέσουν ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν ἀνακλῶνται καὶ ἐπιστρέφουν εἰς τὸν δέκτην. Οὕτος περιλαμβάνει κατάλληλον ἐνισχυτὴν καὶ σωλήνα Braun (§ 224). "Οταν δὲ πομπὸς δὲν ἐκπέμπῃ μικροκύματα, ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἡ φωτεινὴ κηλὶς διαγράφει ταχύτατα μίαν ὥριζοντίν γραμμήν. Κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς τῶν μικροκυμάτων, ὅπως καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφίξεως τῶν ἀνάλογοτέρων μικροκυμάτων εἰς τὸν δέκτην, ἡ φωτεινὴ κηλὶς ἐκτρέπεται ἀποτόμως καὶ οὕτω ἐμφανίζονται δύο αίχμαι, ἐκ τῶν ὅποιων ἡ πρώτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ ἡ δευτέρα εἰς τὴν ἄφιξιν τῶν μικροκυμάτων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο αίχμῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον, δὲ ὅποιος μεσολαβεῖ μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως τῶν μικροκυμάτων. Ο χρόνος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ



Σχ. 297. Τὰ κατευθυνθέντα πρὸς τὴν Σελήνην ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ διαφράγματος, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἀποίου ἀνακλῶνται τὰ μικροκύματα τῆς ἐπέστρεψαν εἰς τὴν Γῆν καὶ κατεγράφονται εἰς τὸν δέκτην.

δύο αίχμῶν ἀπόστασις παρέχει ἐπὶ κλίμακος τὴν ἀπόστασιν τοῦ στόχου ἀπὸ τὸν πομπόν. Τὰ μικροκύματα διέρχονται διὰ μέσου τῶν νεφῶν, τῆς ὁμίλης καὶ τοῦ θαλασσίου ὄχατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέσου τῆς ἰονοσφαίρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὅποια ἐξεπέμφησαν πρὸς τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν δέκτην τοῦ ραντάρ (σχ. 297).

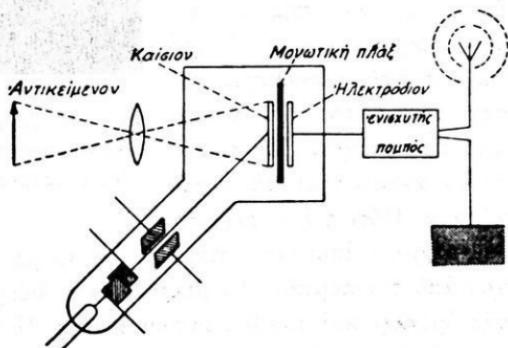
250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία.—**Ἡ δὲ** ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μεταβίβασις εἰκόνων προσώπων ἡ ἀντικειμένων ἐν κινή-

σει καλεῖται **τηλεόρασις**, ή δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο δύμας περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὀλόκληρος ή εἰκόνων. Διὰ τοῦτο ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διαιρεῖται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζῶναι «σαρώνονται» ή μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Η σάρωσις ὀλοκλήρου τῆς εἰκόνος γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

Σχ. 298. Η πρὸς μεταβιβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς.

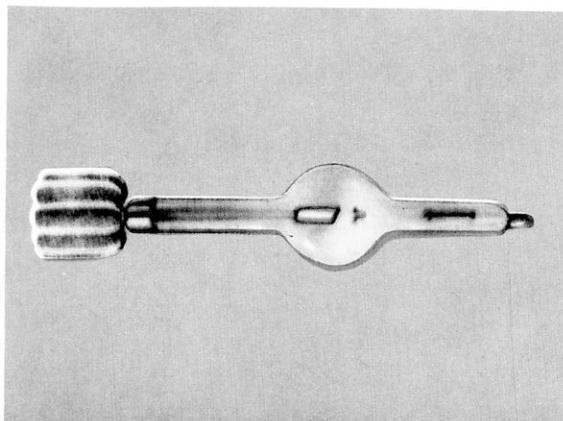
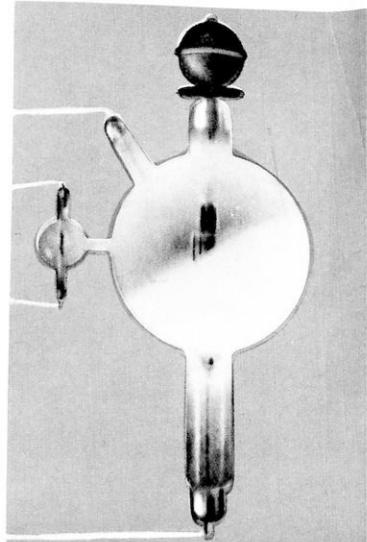
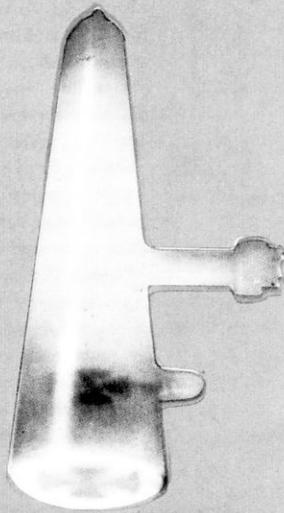
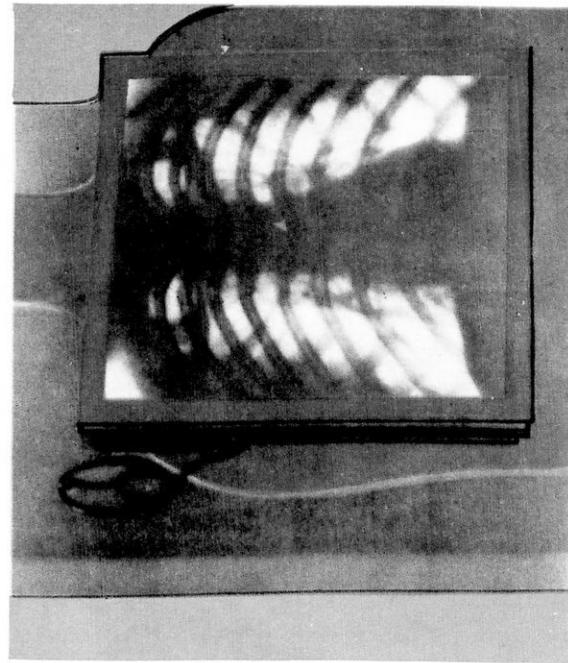
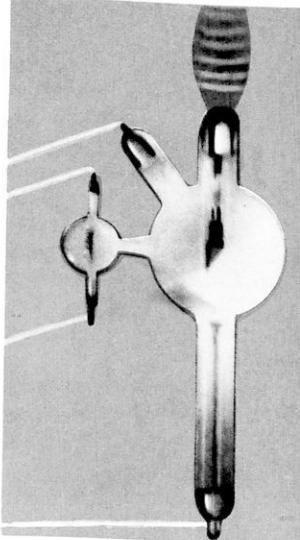
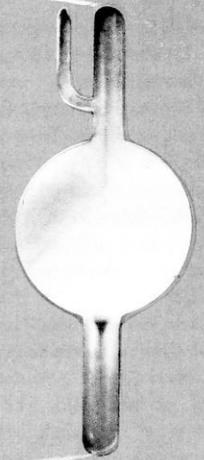
χρόνον μικρότερον τοῦ 1/16 τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγωνται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ ὅποια ἀνελύθῃ ἡ εἰκὼν. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμὴν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἐν τμῆμα α', τὸ ὅποιον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὄμολογον τμῆμα α τῆς πρὸς μεταβιβασιν εἰκόνος (σχ. 298).

α) **Τηλεόρασις.** Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **εἰκονοσκόπιον** τοῦ Zworykin. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὁ ὅποιος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν του μίαν λεπτήν μονωτικὴν πλάκα Zworykin. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὁ ὅποιος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν του μίαν λεπτήν μονωτικὴν πλάκα



Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεοράσεως.

νεια τῆς πλακὸς ἔχει καλυφθῆ μὲ πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καισίου, ἐνῷ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς καλύπτεται μὲ μεταλλικὴν πλάκα (ἡλεκτρόδιον). Οὕτως ἔκαστον τεμάχιον καισίου καὶ τὸ

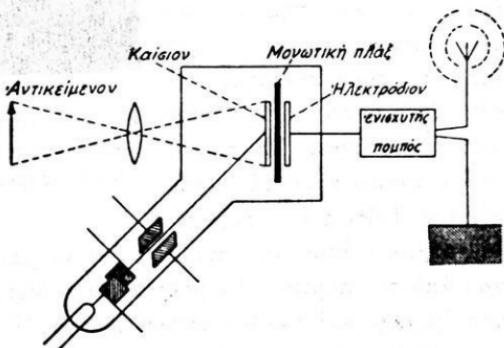


σει καλεῖται **τηλεόρασις**, ή δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο ὅμως περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὄλοκληρος ή εἰκόνων. Διὰ τοῦτο η εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ η εἰκὼν εἰς τμήματα διαιρεῖται αὗτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζῶναι «σαρώνονται» ή μία κατόπιν τῆς ἀλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. 'Η σάρωσις ὄλοκλήρου τῆς εἰκόνος γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

Σχ. 298. 'Η πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ δόποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς.

χρόνον μικρότερον τοῦ 1/16 τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγωνται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ ὅποια ἀνελύθῃ η εἰκόνων. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμὴν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἐν τμῆμα α' , τὸ δόποιον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὄμολογον τμῆμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνος (σχ. 298).

α) **Τηλεόρασις.** Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **εἰκονοσκόπιον** τοῦ Zworykin. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὁ ὅποιος φέρει εἰς τὸ ἔσωτερικὸν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 299). 'Η μία ἐπιφά-



Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεόρασεως.

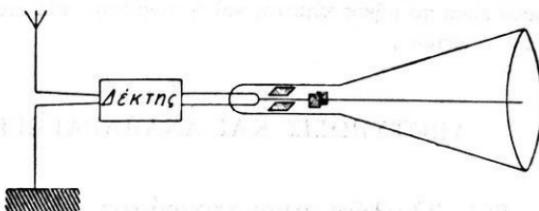
νεια τῆς πλακὸς ἔχει καλυφθῆ μὲ πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καισίου, ἐνῶ η ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς καλύπτεται μὲ μεταλλικὴν πλάκα (ἡλεκτρόδιον). Οὕτως ἔκαστον τεμάχιον καισίου καὶ τὸ

Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Röntgen

1. Σωλήνη τοῦ Grookes μὲ σκιάν ἐνδὲ σταυροῦ.
2. Παλαιός τύπος σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen.
3. Σωλήνη ἀκτίνων Röntgen μὲ κάθοδον ψυχομένην δι' ὅδατος.
4. Σωλήνη ἀκτίνων Röntgen μὲ κάθοδον ψυχομένην δι' ἀέρος.
5. Σωλήνη τοῦ Coolidge.
6. Ἐξέτασις θώρακος μὲ τὴν Յοήθεισαν τοῦ φθορίζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις).

ἀντίστοιχον τμῆμα τοῦ ἡλεκτροδίου ἀποτελεῖ μικρότατον πυκνωτήν. Μὲ τὴν βοήθειαν φακοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ στρώματος τοῦ καισίου τὸ πραγματικὸν εἰδώλον τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνος. Τότε ἀπὸ ἔκαστον τεμάχιον τοῦ καισίου ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἔκαστον τεμάχιον καισίου ἀποκτᾷ θετικὸν φορτίον, ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἡ ὅποια ἔπεσεν ἐπὶ τῶν τεμαχίων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον οἱ μικρότατοι πυκνωταὶ φορτίζονται. Ἐπειτα ἡ καθοδικὴ δέσμη ἀρχίζει νὰ σαρώνῃ διαδοχικῶς τὰς διαφόρους σειρὰς τῶν τεμαχίων τοῦ καισίου. Τὰ ἡλεκτρόνια τῆς καθοδικῆς δέσμης ἔξουδετερώνουν τὸ θετικὸν φορτίον ἑκάστου τεμαχίου καισίου. Αὐτὴ ἡ ἔξουδετέρωσις ἰσοδύνυμεῖ μὲ ἔκκενωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, διαβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, ὅπου διαμορφώνουν τὰ ἐκπεμπόμενα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Μὲ τὸ εἰκονοσκόπιον ἐπιτυγχάνομεν ἀφ' ἐνὸς μὲν τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν μετατροπὴν τῶν φωτεινῶν διαφορῶν τῆς εἰκόνος εἰς διαφορὰς ἐντάσεως ρεύματος, αἱ ὅποιαι προκαλοῦν ἀντίστοιχους διαμορφώσεις τοῦ φέροντος κύματος.

Ο δέκτης τηλεοράσεως εἶναι συνήθης ραδιοφωνικὸς δέκτης, ὁ ὅποιος συνδέεται μὲ σωλῆνα Braun (σχ. 300). Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια προσπίπτουν ἐπὶ τῆς κεραίας, δημιουργοῦν ρεύματα. Ταῦτα ἐνισχύονται καταλλήλως καὶ ρυθμίζονται τὴν ἐντασίν τῆς καθοδικῆς δέσμης. Οὕτως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος



Σχ. 300. Σχηματική παράστασις δέκτου τηλεοράσεως.

διαφράγματος ἀναπαράγεται ἡ εἰκόνη, διότι εἰς ἑκάστην στιγμὴν ἡ λαμπρότης τοῦ διαφράγματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινότητα τοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἐκφορτιζομένου στοιχειώδους πυκνωτοῦ. Ἐπειδὴ ὅλοκληρος 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 ὑπερβραχέα κύματα, τὰ ὅποια δύνανται νὰ φθάσουν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν.

β) Τηλεφωτογραφία. 'Η μεταβίβασις έντυπου είκόνος στηρίζεται: ἐπὶ τῆς ιδίας ἀρχῆς, ἐπὶ τῆς ὅποιας στηρίζεται καὶ ἡ τηλεόρασις μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν ἡ σάρωσις τῆς είκόνος εἶναι πολὺ βραδυτέρα. Εἰς τὸν δέκτην ἡ εἰκὼν ἀποτυπώνεται ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν χρησιμοποιοῦνται τὰ συνήθη ραδιοφωνικὰ κύματα, τὰ ὅποια φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν. 'Η τηλεφωτογραφία ἐφαρμόζεται σήμερον εύρυτατα ὑπὸ τῆς δημοσιογραφίας διὰ τὴν ταχεῖαν μετάδοσιν φωτογραφιῶν ἐπικαίρων γεγονότων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

184. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 40 m. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας εἰς μεγακύκλους/sec;

185. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς συχνότητα 15 μεγακύκλων/sec. Εἰς ποιὸν μῆκος κύματος γίνονται αἱ ἐκπομπαὶ του;

186. Σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 400 m. Εἰς πόσας περιόδους τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα διαδίδονται εἰς ἀπόστασιν 100 km;

187. Διεγέρτης τοῦ Hertz ἀποτελεῖται ἀπὸ πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = \frac{1}{\pi \cdot 10^6} \text{H}$ καὶ ἀπὸ πυκνωτὴν χωρητικότητος $C = \frac{1}{\pi \cdot 10^{10}} \text{F}$. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος καὶ ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων;

ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Όμιλῶν κινηματογράφος.—Εἰς τὸν ὄμιλοῦντα κινηματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ἥχων. Γενικῶς ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἥχου καλεῖται φωνοληψία. Διὰ νὰ ἀποτυπωθῇ ὁ ἥχος ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας, πρέπει ὁ ἥχος νὰ μετατραπῇ εἰς φῶς. 'Η μετατροπὴ αὐτὴ γίνεται εὐκόλως κατὰ τὴν ἔξης σειράν :

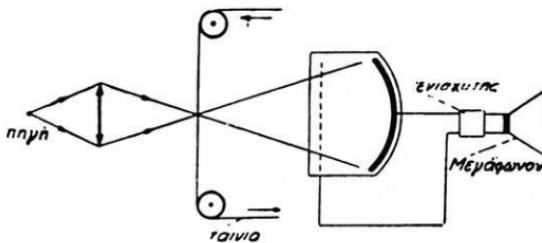
ἥχος → ἡλεκτρικὸν ρεῦμα → φῶς

'Η μετατροπὴ τοῦ ἥχου εἰς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ μικροφώνου. Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ, μετατρέπε-

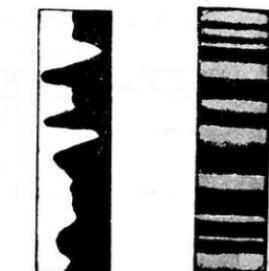
ται εἰς φῶς κατὰ διαφόρους τρόπους, ἐκ τῶν ὁποίων ἀπλούστερος εἶναι ὁ ἔξης: Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου διέρχεται διὰ μιᾶς εἰς δικῆς λυχνίας, τῆς ὁποίας ἡ φωτεινὴ ροή εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Αἱ μεταβολαὶ αὐταὶ τοῦ φωτὸς τῆς λυχνίας ἀποτυπώνονται ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας, ὑπὸ μορφὴν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως (σχ. 301). Αἱ ζῶναι αὐταὶ καταγράφονται παραπλεύρως τῶν ἀντιστοίχων εἰκόνων.

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαραγγήσῃ τοῦ ήχου γίνεται κατὰ τὴν ἔξης σειράν: ηχος. Ἡ ἀναπαραγγὴ τοῦ ήχου γίνεται κατὰ τὴν ἔξης → φῶς → ηλεκτρικὸν ρεῦμα → ήχος

Ἡ μετατροπὴ τοῦ φωτὸς εἰς ηλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ



Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ήχων εἰς τὸν τοηλεκτρικῶν ρευμάτων διμιούντα κινηματογράφου.



Σχ. 301. Ὁ ήχος καταγράφεται ὑπὸ μορφὴν ζωνῶν, αἱ δοποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως.

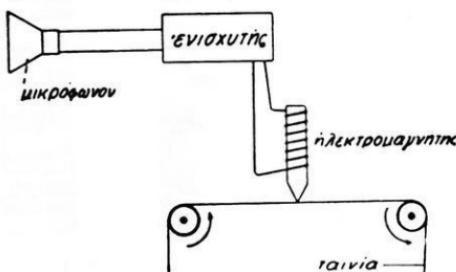
Ἡ ἔντασις τῶν φω-

φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ διασθέν τῆς διθύνης εὑρισκόμενον μεγάφωνον, τὸ δόποιον μετατρέπει τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ήχον.

Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ διασθέν τῆς διθύνης εὑρισκόμενον μεγάφωνον, τὸ δόποιον μετατρέπει τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ήχον.

252. Μαγνητόφωνον.—Τελευταίως ἀνεπτύχθη νέος τρόπος καταγραφῆς τοῦ ήχου. Ἡ καταγραφὴ τοῦ ήχου γίνεται ἐπὶ χαλυβδίνης ταινίας ὑπὸ τὴν μορφὴν περιοχῶν, αἱ δοποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν μαγνητίσεως. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ήχου ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὁμαλῶς ἐμπροσθεν τοῦ πόλου ἐνὸς ηλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ηλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μι-

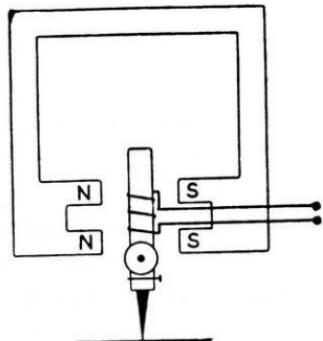
κροφώνου, τὸ ὅποιον ἔχει προηγουμένως ἐνισχυθῆ. Ἡ διερχομένη ἐμπροσθεν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου χαλυβδίνη ταινία μαγνητίζεται, ἀλλ' ἡ μαγνήτισις εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ταινίας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἐντασίν τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Ἡ ἀναπαραγωγὴ τοῦ μαγνητικῶς καταγραφέντος ἥχου γίνεται ὡς ἔξης: Ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὁμαλῶς ἐμπροσθεν πηγίου φέροντος πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηγίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἥχος. Ἡ συσκευὴ τῆς τοιούτης καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἥχου καλεῖται μαγνητόφωνον.



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου.

ροντος πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηγίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἥχος. Ἡ συσκευὴ τῆς τοιούτης καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἥχου καλεῖται μαγνητόφωνον.

253. Ἀναπαραγωγὸς ἥχου (πικάπ).—Ο ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφεὶς ἥχος ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἡ ὅποια καλεῖται ἡλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἥχου. Ἡ συσκευὴ αὕτη καλεῖται κοινῶς πικάπ (Pick-up) καὶ μετατρέπει τὰς μηχανικὰς ταλαντώσεις τῆς βελόνης τοῦ γραμμοφώνου εἰς ἀντίστοιχα ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ βελόνη είναι στερεωμένη εἰς μικρὰν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὅποια δύναται νὰ μετακινήται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 304). Ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπάρχει Σχ. 304. Ἐντὸς τοῦ πηγίου παπηγίου. Αἱ μετακινήσεις τῆς ράβδου δη-ράγονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα. μιουργοῦν ἐντὸς τοῦ πηγίου τούτου ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἥχος.

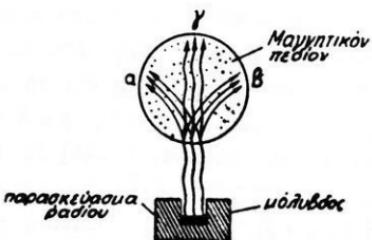
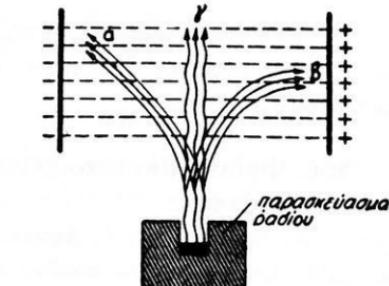


ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

254. Ραδιενεργά στοιχεῖα.—‘Ο Bequerel (1896), δύο χρόνου μετά τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ οὐράνιον καὶ τὰ ἄλατα αὐτοῦ ἔκπεμπουν συνεχῶς ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὥποια διέρχεται διὰ μέσου ἀδιαφανῶν σωμάτων, προσβάλλει τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ιονισμὸν τῶν ἀερίων. Η ἴδιότης τῶν σωμάτων νὰ ἔκπεμπουν αὐτομάτως τοιαύτην ἀκτινοβολίαν ἐκλήθη **ραδιενέργεια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ραδιενέργεια εἶναι ἴδιότης καθαρῶς πυρηνικὴ καὶ δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὴν χημικὴν ἐνώσιν τοῦ ἀτόμου μὲ ἀτομικὰ ἄλλων στοιχείων. Τὰ στοιχεῖα, τὰ ὥποια ἔχουν τὴν ἴδιότητα τῆς ραδιενέργειας, καλοῦνται ραδιενέργα στοιχεῖα. ‘Υπάρχουν 30 περίπου ραδιενέργα στοιχεῖα, τὰ ὥποια εἶναι σχεδὸν ὅλα στοιχεῖα μεγάλου ἀτομικοῦ βάρους. Οὕτω ραδιενέργα στοιχεῖα εἶναι τὸ **οὐράνιον**, τὸ **ἀκτίνιον**, τὸ **θόριον** καὶ ἴδιαιτέρως τὸ **ράδιον**, τὸ ὥποιον ἀνεκάλυψεν τὸ ζεῦγος Curie (1898).



255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενέργων στοιχείων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν ραδιενέργων στοιχείων εἰς τρία εἴδη ἀκτίνων, αἱ ὥποιαι διεθνῶς χαρακτηρίζονται διὰ τῶν

Σχ. 305. Ανάλυσης τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδίου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου.

γραμμάτων α, β καὶ γ τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 305). Αἱ ἄκτινες α καὶ β ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἡλεκτρισμένα σωματίδια, ἐνῶ αἱ ἄκτινες γ εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἄκτινος βοᾶ. 'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν τὰ ἀκόλουθα διὰ τὴν φύσιν τῶν τριῶν ἄκτινοβολιῶν, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα :

I. Αἱ ἄκτινες α ἀποτελοῦνται ἀπὸ θετικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὁποῖα καλοῦνται σωματίδια α. "Ἐκαστον σωματίδιον α εἰναι ὁ πυρὴν ἐνὸς ἀτόμου ἥλιου, φέρει ἐπ'" αὐτοῦ δύο στοιχειώδη ἡλεκτρικὰ φορτία καὶ κινεῖται μὲ ταχύτητα 15 000 ἕως 25 000 km/sec.

II. Αἱ ἄκτινες β ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὁποῖα καλοῦνται καὶ σωματίδια β. "Ἐκαστον σωματίδιον β εἰναι ἐν ἡλεκτρόνιον, τὸ ὁποῖον κινεῖται μὲ ταχύτητα 120 000 ἕως 290 000 km/sec.

III. Αἱ ἄκτινες γ εἶναι ἡλεκτρομαγνητικαὶ ἄκτινοβολίαι, τῶν ὁποίων τὰ μήκη κύματος εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ἄκτινων Röntgen.

256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.— Εἶναι φανερὸν ὅτι τὸ σωματίδιον α ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου. "Ἄς θεωρήσωμεν ἐν ἀτομον ραδίου, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 226. 'Οταν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδίου ἀποσπασθῇ ἐν σωματίδιον α, δηλαδὴ ὁ πυρὴν ἐνὸς ἀτόμου ἥλιου, τότε ὁ ἀπομένων πυρὴν δὲν εἶναι πλέον πυρὴν ἀτόμου ραδίου. Διότι ὁ ἀπομένων πυρὴν ἀνήκει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 222. 'Η πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσε νὰ ἀποδεῖξῃ ὅτι τὸ νέον τοῦτο στοιχεῖον εἶναι ἐν εὐγενὲς ἀέριον, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη ραδόνιον (Rn). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο εἶναι ἐπίσης ραδιενεργὸν καὶ δι' ἐκπομπῆς ἐνὸς σωματίδιου α μεταπίπτει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 218 καὶ τὸ ὁποῖον καλεῖται ραδόνιον A (RaA). 'Επειδὴ μὲ κανὲν μέσον δὲν δυνάμεθα νὰ ἐπηρεάσωμεν τὴν ἐκπομπὴν τῶν ἄκτινοβολιῶν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων, συνάγεται ὅτι ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἄκτινοβολιῶν τούτων εἶναι ἀποτέλεσμα αὐτομάτου ἐκρήξεως τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. 'Η ἐκρήξις αὐτὴ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν μετάπτωσιν τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου εἰς στοιχεῖον ἔχον μικρότερον ἀτομικὸν βάρος. Οὕτως ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι :

Οι πυρήνες τῶν ἀτόμων τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἰναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α, β καὶ γ.

257. Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ.—"Ἐνεκα τῆς συνεχοῦς μεταστοιχειώσεως τῶν ἀτόμων ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου συμβαίνει συνεχῆς ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ στοιχείου τούτου. Οὕτως εὑρέθη ὅτι, ἂν σήμερον ἔχωμεν 1 gr ραδίου, μετὰ παρέλευσιν 1600 ἑτῶν θὰ ἔχουν ἀπομείνει 0,5 gr ραδίου. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι χαρακτηριστικὸς δι' ἔκαστον ραδιενεργὸν στοιχείον.

Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου καλεῖται ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου μεταστοιχειώνεται τὸ ἡμιου τῆς μάζης τοῦ στοιχείου.

Ο χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ κυμαίνεται ἀπὸ 10^{10} ἔτη (διὰ τὸ θόριον) ἕως 10^{-9} τοῦ δευτερολέπτου (θόριον C').

258. Αἱ τέσσαρες σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—"Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ράδιον εἶναι ἐν ἐνδιάμεσον μέλος μιᾶς σειρᾶς μεταστοιχειώσεων. Πρῶτον μέλος τῆς σειρᾶς αὐτῆς εἶναι τὸ

·Η σειρὰ τοῦ οὐρανοῦ

Στοιχείον	Άτομικὸν βάρος	Ἀκτινοβολία	Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ
Οὐράνιον I	238	α	$4,5 \cdot 10^9$ ἔτη
Οὐράνιον II	234	α	$1,7 \cdot 10^8$ ἔτη
Ίόνιον	230	α	$8 \cdot 10^4$ ἔτη
Ράδιον	226	α,β,γ	1600 ἔτη
Ραδόνιον	222	α	3,8 ἡμέραι
Ράδιον A	218	α	3 λεπτά
Ράδιον B	214	β,γ	26,8 λεπτά
Ράδιον C	214	β	19,6 λεπτά
Ράδιον C'	214	α	10^{-7} δευτερόλεπτα
Ράδιον D	210	β,γ	16 ἔτη
Ράδιον E	210	β,γ	4,8 ἡμέραι
Ράδιον F	210	α	140 ἡμέραι
Μόλυβδος	206	—	σταθερὸν

ούρανιον. Τὰ μέλη τῆς σειρᾶς αὐτῆς ἀποτελοῦν τὴν **σειρὰν τοῦ οὐρανίου**, ἐκ τοῦ ὃποίου διὸ διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων προκύπτουν τὰ ἄλλα ραδιενεργὰ στοιχεῖα τῆς σειρᾶς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸν ἀνωτέρῳ πίνακα. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου, εὑρέθη ὅτι τὸ **ἄκτινιον** (Ac), τὸ **θόριον** (Th) καὶ τὸ **νεπτούνιον** (Np) εἶναι τὰ πρῶτα μέλη τριῶν ἄλλων σειρῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Χαρακτηριστικὸν εἶναι ὅτι τὸ τελικὸν προϊὸν τῶν διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων εἶναι τὰ σταθερὰ στοιχεῖα μόλις βδος καὶ βισμούθιον. "Ωστε:

"Υπάρχουν τέσσαρες σειραὶ ραδιενεργῶν στοιχείων, ἔχουσαι ὡς πρῶτα μέλη τὰ στοιχεῖα οὐρανίου, ἀκτίνιον, θόριον καὶ νεπτούνιον.

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ατομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.—Ἐὰν καταγράψωμεν τὰ διάφορα στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, θὰ λάβωμεν τὸν κατωτέρῳ πίνακα.

Ατομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχείον	Ατομικὸν βάρος	Μαζικὸς ἀριθμὸς A
1	Τριτογόνον	H	1,008
2	Ηλιον	He	4,003
3	Λίθιον	Li	6,940
4	Βηρύλλιον	Be	9,013
5	Βόριον	B	10,820
6	Ανθραξ	C	12,010
7	Αζωτον	N	14,008
8	Οξυγόνον	O	16,000
9	Φθόριον	F	19,000
10	Νέον	Ne	20,183
11	Νάτριον	Na	22,997
12	Μαγνήσιον	Mg	24,320
13	Αργύριον	Al	26,970
14	Πυρίτιον	Si	28,060
15	Φωσφόρος	P	30,980
16	Θεῖον	S	32,066
	κ.τ.λ.		

Παρατηροῦμεν δτὶ αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων τούτων μεταβάλλονται περιοδικῶς, καθ' ὃσον αὔξανονται τὰ ἀτομικὰ

βάρη. Ούτω τὸ δέκατον στοιχεῖον (Ne) ὁμοιάζει μὲ τὸ δεύτερον στοιχεῖον (He), τὸ ἐνδέκατον στοιχεῖον (Na) ὁμοιάζει μὲ τὸ τρίτον (Li),... τὸ δέκατον ἔκτον (S) ὁμοιάζει μὲ τὸ διγδυον (O) κ.ο.κ. "Ωστε αἱ χημικαὶ ἴδιότητες τῶν στοιχείων ἐπαναλαμβάνονται περιοδικῶς, ἐφ' ὅσον προγραροῦμεν ἀπὸ τὰ ἐλαφρύτερα πρὸς τὰ βαρύτερα ἄτομα. 'Η παρατήρησις αὐτὴ ἔδωσεν ἀφορμὴν εἰς τὸν Mendeleeff (1869) νὰ συντάξῃ τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων. 'Ο αὕτων ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου εἰς τὸν πίνακα, τὸν ὃποῖον σχηματίζομεν, δταν καταγράψωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, καλεῖται ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z τοῦ στοιχείου Τὸ περιοδικὸν σύστημα ἀναγράφεται εἰς τὴν σελίδα 282.

260. Ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—'Η πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο διακεκριμένα μέρη, τὸν πυρῆνα καὶ τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὃποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (§ 148). 'Η ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

'Ο ἀριθμὸς τῶν ἡλεκτρονίων, τὰ ὃποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος εἶναι ἵσος μὲ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν (Z) τοῦ στοιχείου.

Οὔτω τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει $Z = 11$ ἡλεκτρόνια, τὰ ὃποῖα συνολικῶς φέρουν ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον —11e. 'Επομένως τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι +11e. 'Ομοίως εὑρίσκομεν ὅτι τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ ἀνθρακος εἶναι +6e.

261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—Εἰς τὴν 'Ατομικὴν καὶ τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν διὰ τὴν μέτρησιν τῆς μάζης τῶν ἀτόμων καὶ τῶν πυρήνων χρησιμοποιεῖται ἡ φυσικὴ κλίμαξ τῶν ἀτομικῶν μαζῶν, εἰς τὴν ὃποίαν ἡ μονὰς δρίζεται ὡς ἔξης :

Εἰς τὴν φυσικὴν κλίμακα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὡς μονὰς μάζης λαμβάνεται τὸ 1/16 τῆς μάζης τοῦ ἀφθονώτερον εἰς τὴν Φύσιν ἀπαντῶντος ίσοτόπου τοῦ διξυγόνου.

'Η μονὰς αὐτὴ καλεῖται μονὰς ἀτομικῆς μάζης καὶ συμβολίζεται 1 amu (atomic-mass unit). Εὑρίσκεται δὲ ὅτι εἶναι :

$$1 \text{ μονὰς ἀτομικῆς μάζης} : 1 \text{ amu} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$$

Περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων

Περιοδικόν οὐραζ	Ομάδες I	Ομάδες II	Ομάδες III	Ομάδες IV	Ομάδες V	Ομάδες VI	Ομάδες VII	Ομάδες VIII	0
I	1 H 1,008								² He 4,003
II	3 Li 6,940	4 Be 9,02	5 B 10,82	6 C 12,01	7 N 14,008	8 O 16,000	9 F 19,00		10 Ne 20,183
III	11 Na 22,994	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 30,98	16 S 32,06	17 Cl 35,457		18 A 39,944
IV	19 K 39,096	20 Ca 40,08	21 Sc 45,10	22 Ti 47,90	23 V 50,95	24 Cr 52,01	25 Mn 54,93	26 Fe 55,85	27 Co 58,94
V	29 Cu 63,57	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,60	33 As 74,91	34 Se 78,96	35 Br 79,916	36 Kr 83,7	
VI	37 Rb 85,48	38 Sr 87,63	39 Y 88,92	40 Zr 91,92	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc (99)	44 Ru 101,7	45 Rh 102,91
VII	47 Ag 107,880	43 Cd 112,61	49 In 114,76	50 Sn 118,70	51 Sb 121,76	52 Te 127,21	53 I 126,92	46 Pd 131,3	
VIII	55 Cs 132,91	56 Ba 137,36	57 ζως Σταύρου γατού*	71 Hf 178,6	72 Hf 180,88	73 Ta 183,92	74 W 186,34	75 Re 190,2	77 Ir 193,1
IX	79 Au 197,2	80 Hg 200,61	81 Tl 204,39	82 Pb 207,21	83 Bi 209,00	84 Po 210	85 At (210)	78 Pt 195,23	86 Rn 222
X	87 Fr (223)	88 Ra 226,05	89 Ac 227,05	90 Th 232,12	91 Pa 231	92 U 238,07			

* Σπάνιαται γενεται

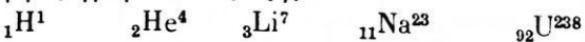
* Υπεροργήσια στοιχεία

57 La 138,92	58 Ce 140,43	59 Pr 140,92	60 Nd 144,27	61 Pm 147	62 Sm 150,43	63 Eu 152,0	64 Gd 156,9	65 Tb 159,2	66 Dy 162,46	67 Ho 164,94	68 Er 167,2	69 Tm 169,4	70 Yb 173,04	71 Lu 174,90
93 Np 237	94 Pu 239	95 Am 241	96 Cm 242	97 Bk 243	98 Cf 244	99 E 254	100 Fm 255	101 Mv 256	102 No 254	103; 257				

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

262. Άτομική μᾶζα καὶ μαζικός ἀριθμός. — Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου εἶναι σχεδὸν ὄλοκληρος συγκεντρωμένη εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα, διότι ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι πολὺ μικρά. Ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου, μετρηθεῖσα εἰς τὴν φυσικὴν κλίμακα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν καλεῖται **ἀτομικὴ μᾶζα**. Ἡ ἀκριβής μέτρησις τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ἀπέδειξεν ὅτι ὅλαι αἱ ἀτομικαὶ μᾶζαι προσεγγίζουν πρὸς ἀκέραιον ἀριθμόν. Ὁ ἀκέραιος ἀριθμός, πρὸς τὸν ὅποιον προσεγγίζει ἡ ἀτομικὴ μᾶζα τοῦ ἀτόμου, καλεῖται **μαζικὸς ἀριθμὸς A** τοῦ ἀτόμου (βλ. πίνακα σελ. 280). Ὁ ἀριθμὸς οὗτος ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.

263. Συμβολικὴ γραφὴ τῶν ἀτομικῶν πυρῆνων. — Εἰς ἔκαστον ἀτομικὸν πυρῆνα ἀντιστοιχοῦν δύο θεμελιώδεις ἀριθμοί: ὁ **ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z** καὶ ὁ **μαζικὸς ἀριθμὸς A**. Οἱ δύο οὗτοι ἀριθμοὶ ἔχουν ἴδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν καὶ σημειώνονται ἐκατέρωθεν τοῦ συμβόλου Σ τοῦ στοιχείου ὡς ἔξης: $_z^A \Sigma$. Οὕτω οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες γράφονται ὡς ἔξης:



264. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. — Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ φυσικὴ ραδιενέργεια ὀφείλεται εἰς αὐτόματον ἔκρηξιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα κατορθώνει νὰ προκαλῇ διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τῶν σταθερῶν στοιχείων. Κατὰ τὴν διάσπασιν αὐτὴν ἔζερχονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα σωματίδια, τὰ ὅποια δυνάμεθα νὰ τὰ μελετήσωμεν. Αἱ μέχρι σήμερον ἔρευναι ἀποδεικνύουν ὅτι ὅλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο εἴδη σωματίδιων, τὰ ὅποια καλοῦνται **πρωτόνια καὶ νετρόνια**. Τὰ δύο αὐτὰ εἴδη σωματίδιων καλοῦνται γενικῶς **νουκλεόνια** (ἀπὸ τὸ nucleus = πυρήνη).

α) Τὸ **πρωτόνιον** (σύμβολον $_1^1H$) εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρήνης τοῦ ὑδρογόνου, δηλ. εἶναι τὸ ἰὸν ὑδρογόνου. Φέρει ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον (+ e) καὶ ἔχει μᾶζαν περίπου ἵσην μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 amu).

β) Τὸ **νετρόνιον** (σύμβολον $_0^1n$) δὲν φέρει ἡλεκτρικὸν φορτίον, ἡ δὲ μᾶζα του εἶναι ὀλίγον μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου.

Ἐπειδὴ τὸ νετρόνιον εἶναι οὐδέτερον σωματίδιον, οὔτε ἀπωθεῖται, οὔτε ἔλκεται ἀπὸ τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας καὶ συνεπῶς κατορθώνει νὰ πληγιάζῃ πρὸς τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας ἐλευθέρως. Ἀφθονα νετρόνια λαμβάνονται, ὅταν βομβαρδίζεται τεμάχιον βηρυλλίου (Be) μὲ σωματίδια α (δῆλ. μὲ ἀκτῖνας α ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου). Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα:

I. Ὁλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦντοι ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια, τὰ ὅποια γενικῶς καλοῦνται νουκλεόνια.

II. Τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον ἔχουν μᾶζαν περίπου ἵστην μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 αἰτη).

III. Τὸ πρωτόνιον φέρει ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον (+ e), ἐνῶ τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον.

<i>Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Ζ</i>	<i>Nουκλεόνιον</i>	<i>Mᾶζα εἰς αἰτη</i>	<i>Mᾶζικός ἀριθμὸς Α</i>	<i>Ἡλεκτρικὸν φορτίον εἰς Cb</i>
1	πρωτόνιον ${}_1\text{H}^1$	$m_p = 1,00759$	1	$+ 1,60 \cdot 10^{-19}$
0	νετρόνιον ${}_0\text{n}^1$	$m_n = 1,008987$	1	0

265. Ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.—Τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος ὀφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὰ πρωτόνια, τὰ ὅποια περιέχει ὁ πυρήν. Ὁ ἀτομικὸς πυρήν τοῦ ἥλιου ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν $A = 4$ καὶ ἀτομικὸν ἀριθμὸν $Z = 2$. Ἀρα ὁ ἀτομικὸς πυρήν τοῦ ἥλιου φέρει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον $+2e$ καὶ συνεπῶς ὁ πυρήν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια. Ἐπειδὴ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου εἶναι σχεδὸν ἴση μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης, ἔπειται ὅτι ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς $A = 4$ φανερώνει τὸν ἀριθμὸν τῶν νουκλεονίων, τὰ ὅποια περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρήν τοῦ ἥλιου. "Ωστε ὁ πυρήν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

I. Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων, τὰ ὅποια περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρήν.

II. Ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς A ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸ Σθροισμα

τοῦ ἀριθμοῦ Z τῶν πρωτονίων καὶ τοῦ ἀριθμοῦ N τῶν νετρονίων, τὰ δόποια περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρήνη.

$$\boxed{A = Z + N \\ \text{νουκλεόνια} = \text{πρωτόνια} + \text{νετρόνια}}$$

III. Ὁ ἀριθμὸς N τῶν νετρονίων ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἵσος μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ μαζικοῦ ἀριθμοῦ A καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ Z τοῦ πυρῆνος.

$$\boxed{N = A - Z \\ \text{νετρόνια} = \text{νουκλεόνια} - \text{πρωτόνια}}$$

Οὕτω ὁ πυρήνη οὐρανίου $^{92}\text{U}^{238}$ περιέχει : $N = 238 - 92 = 146$ νετρόνια.

266. Ἰσότοπα στοιχεῖα.— Αἱ χημικαὶ ἴδιότητες ἐνὸς στοιχείου ἔξχρτωνται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὰ πέριξ τοῦ πυρῆνος ὑπάρχοντα ἡλεκτρόνια. "Οταν λοιπὸν ἡ Χημεία εύρισκη ὅτι δύο ἄτομα ἔχουν τὰς αὐτὰς χημικὰς ἴδιότητας, διαπιστώνει ἀπλῶς ὅτι οἱ δύο ἀτομικοὶ πυρῆνες περιβάλλονται ἀπὸ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων καὶ συνεπῶς οἱ δύο αὐτοὶ ἀτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων. Αἱ πειραματικαὶ ἕρευναι τῶν Thomson (1912) καὶ Aston (1919) ἀπέδειξαν ὅτι δύο ἄτομα εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ἀλλὰ νὰ ἔχουν διαφορετικὴν μᾶζαν. Οὕτω π.χ. ἀπεδείχθη ὅτι τὸ ὑδρογόνον, τὸ ὄποιον ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1, ἐμφανίζεται ὑπὸ τὴν μορφὴν τριῶν ἀτομικῶν πυρήνων. 'Τύπαρχουν δηλαδὴ τρία εἰδη ἀτόμων ὑδρογόνου, τὰ ὄποια ἔχουν διαφορετικὰς ἀτομικὰς μᾶζας :

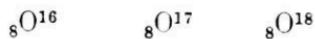
1,008145 2,014741 3,016997

'Η διαφορὰ αὐτὴ τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἀτομικὸς πυρήνη εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποτελῆται ἀπὸ μόνον 1 πρωτόνιον (κοινὸν ὑδρογόνον) ἢ δύναται νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 1 νετρόνιον (**δευτέριον D ἢ βαρὺν ὑδρογόνον**) ἢ τέλος εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 2 νετρόνια (**τρίτιον T**). Τὰ τρία αὐτὰ ὑδρογόνα καλοῦνται **ἰσότοπα στοιχεῖα** καὶ σημειώνονται ὡς ἔξης :

${}_1\text{H}^1$ ${}_1\text{H}^2$ ${}_1\text{H}^3$

'Ισότοπα καλοῦνται τὰ στοιχεῖα, τὰ ὄποια ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z, διάφορον ὅμως μαζικὸν ἀριθμὸν A.

Ούτως οπάρχουν δύο ισότοπα του χλωρίου $^{35}\text{Cl}^{35}$ και $^{37}\text{Cl}^{37}$. Επισης οπάρχουν οι άκόλουθοι τύποι άτομικῶν πυρήνων δέξιγρόνου:



Σήμερον είναι γνωστοί 1200 περίπου τύποι άτομικῶν πυρήνων, έκ τῶν οποίων μόνον 280 είναι σταθεροί. "Οπως παρατηροῦμεν εἰς τὰ ισότοπα του δέξιγρόνου, οἱ άτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν άριθμὸν πρωτονίων Z, διαφορετικὸν ὅμως ἀριθμὸν νετρονίων N. Εἰς τὴν σελίδα 299 ἀναγράφονται τὰ φυσικὰ σταθερὰ στοιχεῖα καὶ τὰ ισότοπα αὐτῶν.

Τὸ βαρύ ύδωρ. Τὸ δευτέριον ἐνώνεται μὲ τὸ δέξιγρόνον, ὅπως καὶ τὸ κοινὸν ύδρογρόνον. Οὔτως ὅμως προκύπτει μόριον ύδατος, τὸ ὅποῖν ἔχει μοριακὸν βάρος 20. Τὸ ύδωρ τοῦτο καλεῖται **βαρὺ ύδωρ** καὶ ἀνεκαλύφθη ἀπὸ τὸν Urey (1932) ἐντὸς τοῦ ύδατος, τοῦ λαμβανομένου ἀπὸ τὰς λεκάνας ἡλεκτρολύσεως. Τὸ βαρὺ ύδωρ εἰς 4° C ἔχει πυκνότητα 1,104 gr/cm³. Αἱ φυσικαὶ ἴδιότητες τοῦ βαρέος ύδατος είναι διάφοροι ἀπὸ τὰς ἴδιότητας τοῦ κοινοῦ ύδατος. Οὔτω τὸ βαρὺ ύδωρ ἔχει θερμοκρασίαν πήζεως 3,8° C καὶ θερμοκρασίαν βρασμοῦ 101,4° C. Διὰ τοῦτο τὸ βαρὺ ύδωρ είναι εύκολον νὰ διαχωρισθῇ ἀπὸ τὸ κοινὸν ύδωρ διὰ κλασματικῆς ἀποστάξεως.

267. Ποζιτρόνιον.—'Απὸ τὰς πειραματικὰς ἐρεύνας τοῦ Anderson (1932) ἀπεδείχθη ὅτι εἰς ὀρισμένας περιπτώσεις μεταστοιχειώσεων ἐμφανίζεται καὶ ἐν ἄλλῳ σωματίδιον, τὸ ὅποῖν ἐκλήθη **ποζιτρόνιον**, ἡ δὲ διάρκεια τῆς οπάρχεως του είναι ἐλάχιστη.

Τὸ ποζιτρόνιον ἔχει μᾶζαν ἵσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ φέρει ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον.

Τὸ ποζιτρόνιον είναι λοιπὸν ἐν θετικὸν ἡλεκτρόνιον καὶ γεννᾶται ὅταν ἐν πρωτόνιον μετασχηματίζεται εἰς νετρόνιον ἢ ὅταν κοσμικαὶ ἀκτῖνες ἢ πολὺ διεισδυτικαὶ ἀκτῖνες γ προσπίπτουν ἐπὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὥλης. 'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι, ὅταν ἐπὶ τῆς ὥλης προσπίπτῃ ἐν φωτόνιον ἀκτίνων γ, φέρον μεγάλην ἐνέργειαν, τότε παράγονται ἐν ἡλεκτρόνιον καὶ ἐν ποζιτρόνιον. Τὸ ἀθροισμα τῶν μαζῶν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τοῦ ποζιτρονίου είναι ίσοδύναμον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτονίου (σχ. 309 γ). Τὸ περίφημον τοῦτο πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι

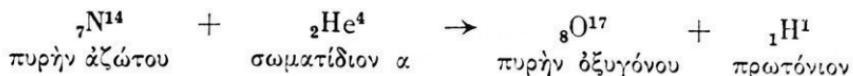
είναι δυνατή ή μετατροπή της ἐν εργείας εἰς ψληνήν, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ισοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας.

Υποατομικὰ σωματίδια

Σωματίδιον	Μᾶζα	Ηλεκτρικὸν φορτίον
ηλεκτρόνιον e^- , $-_1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
ποζιτρόνιον e^+ , $+_1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
πρωτόνιον $_1H^1$	$1,6724 \cdot 10^{-24}$ gr	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
νετρόνιον $_0n^1$	$1,6747 \cdot 10^{-24}$ gr	0

ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

268. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις. — Πρῶτος ὁ Rutherford ἐπέτυχε τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν ἐκτελέσας τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Ἐθομβάρδισεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ἀζώτου μὲ σωματίδια α (δηλ. μὲ ἀτομικοὺς πυρῆνας ἥλιου) καὶ ἔλαβεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ὀξυγόνου καὶ ὕδρογόνου. Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν πυρηνικὴν ἀντιδρασιν, ἡ ὅποια γράφεται ὡς ἔξης:

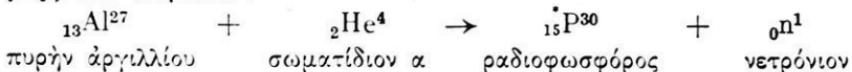


Σήμερον ἡ Πυρηνικὴ Φυσικὴ ἐπιτυγχάνει πλῆθος πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, δηλαδὴ ἐπιτυγχάνει τὴν τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν. Πολλὰ ἐκ τῶν προϊόντων τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων είναι ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες. Οὗτοι αὐτομάτως μεταστοιχείωνονται διὰ νὰ μετατραποῦν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Ἡ μεταστοιχείωσις αὐτὴ συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἐκπομπὴν ἀκτινοβολίας, ἢτοι οἱ ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες είναι ραδιενέργοι. "Ωστε:

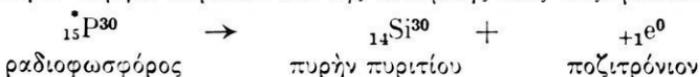
Διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων ἐπιτυγχάνεται τεχνητὴ μεταστοιχείωσις καὶ δημιουργία τεχνητῶν ραδιενέργων στοιχείων.

Οὕτως ἀπὸ τὸν βομβαρδισμὸν ἀτομικῶν πυρήνων ἀργιλλίου μὲ σω-

ματίδια α προκύπτει τεχνητὸς ραδιενεργὸς φωσφόρος (**ραδιοφωσφόρος**) καὶ νετρόνιον :

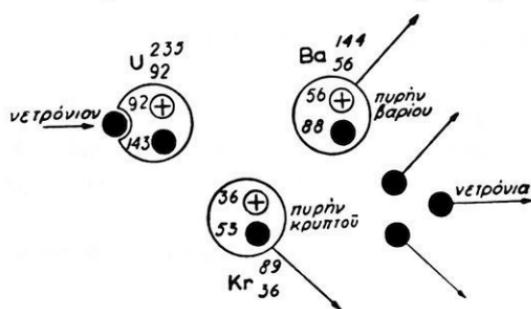


Ο ἀσταθῆς πυρὴν τοῦ ραδιοφωσφόρου μεταστοιχειῶνται ἔπειτα εἰς σταθερὸν πυρῆνα πυριτίου διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἑνὸς ποζιτρονίου :



Τὰ τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἔχουν σήμερον μεγάλην σημασίαν διὰ τὰς βιολογικὰς ἐρεύνας καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς.

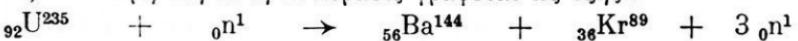
269. Διάσπασις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου.— Τὸ πείραμα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὸ ίσότοπον τοῦ οὐρανίου, τὸ ὄποιον ἔχει μαζικὸν ἀριθ-



μὸν 235, ἔχει τὴν ἑξῆς ιδιότητα: "Οταν ὁ πυρὴν τοῦ οὐρανίου τούτου βομβαρδισθῇ μὲν νετρόνιον, τότε ὁ πυρὴν οὗτος διασπᾶται εἰς δύο τμήματα, ἐκ τῶν ὄποιων τὸ μὲν ἐν εἰναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ βαρίου, τὸ δὲ ἄλλο εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ χρυπτοῦ (σχ.

Σχ. 306. Σχηματικὴ παράστασις τῆς σχάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου 235.

306). 'Η πυρηνικὴ ἀντὶ ἀντιδρασις γράφεται ὡς ἑξῆς :



Παρατηροῦμεν ὅτι προκύπτουν καὶ 3 νετρόνια, τὰ ὄποια δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν διάσπασιν νέων πυρήνων οὐρανίου (**ἀλυσωτὴ πυρηνικὴ ἀντιδρασις**). Κατὰ τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου εὑρέθη ὅτι ἐλευθερώνεται τεραστία ἐνέργεια (50 ἐκατομμύρια φορᾶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν θερμότητα, τὴν ὄποιαν προσφέρει κατὰ τὴν καῦσιν του τὸ ἀτομον τοῦ ἀνθρακος). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω πυρηνικῆς ἀντιδράσεως στηρίζεται ἡ ἀτομικὴ βόμβα. 'Η κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ἐλευθερουμένη ἐνέργεια καλεῖται ἀτομικὴ ἐνέργεια ἡ ἀκριβέστερον πυρηνικὴ ἐνέργεια.

270. Προέλευσις της πυρηνικής ένεργειας.—Είναι γνωστὸν (ἐκ τῆς προηγουμένης τάξεως) ότι μᾶζα m ίσοδυναμεῖ μὲ ἐνέργειαν $E = m \cdot c^2$ δπου ε είναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν. Αἱ μετρήσεις ἀποδεικνύουν ότι κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις παρατηρεῖται ἀπώλεια μάζης· ἡ μᾶζα αὐτῇ μετατρέπεται εἰς ίσοδύναμον ἐνέργειαν. "Ωστε :

Κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ὥρισμένη μᾶζα μετατρέπεται εἰς ίσοδύναμον πυρηνικὴν ἐνέργειαν.

Οὕτως, ἐὰν κατὰ μίαν πυρηνικὴν ἀντιδρασιν ἡ ἀπώλεια μάζης ἀνέρχεται εἰς 0,001 gr, τότε ἐλευθερώνεται ἐνέργεια :

$$E = m \cdot c^2 = 0,001 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 9 \cdot 10^{17} \text{ erg}$$

$$E = 25\,000 \text{ kWh}$$

271. Προέλευσις της ήλιακής ένεργειας.—Διὰ νὰ ἔρμηνεύσουν τὴν προέλευσιν τῆς τεραστίας ἐνέργειας, τὴν ὅποιαν ἐκπέμπει ὁ "Ηλιος, διετυπώθη ἡ ὑπόθεσις ότι εἰς τὸν "Ηλιον συμβαίνει ἡ ἀκόλουθος πυρηνικὴ ἀντιδρασις :



Τέσσαρα δηλαδὴ πρωτόνια συνενώνονται πρὸς σχηματισμὸν ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἥλιου. Κατὰ τὴν πυρηνικὴν αὐτὴν ἀντιδρασιν τὰ δύο πρωτόνια μετατρέπονται εἰς νετρόνια καὶ διὰ τοῦτο ἀποβάλλονται δύο ποζιτρόνια. Ἡ πυρηνικὴ αὐτὴ ἀντιδρασις συνοδεύεται ἀπὸ κολοσσιαίων ἔκλυσιν ἐνέργειας, διότι παρατηρεῖται μεγάλη ἀπώλεια μάζης. Ὑπολογίζουν ότι κατὰ δευτερόλεπτον μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν 4 500 000 τόννοι ήλιακῆς μάζης. Ἡ ἀνωτέρω πυρηνικὴ ἀντιδρασις, διὰ τῆς ὅποιας συντίθενται ἀτομικοὶ πυρῆνες ὑδρογόνου πρὸς σχηματισμὸν ἀτομικῶν πυρήνων ἥλιου, καλεῖται σύντηξις καὶ είναι μία θερμοπυρηνικὴ ἀντιδρασις, ἡ ὅποια πραγματοποιεῖται εἰς τὴν βόμβαν ὑδρογόνου.

272. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ.—Κατὰ τὴν διάσπασιν ἐνὸς πυρῆνος οὐρανίου ($_{92}\text{U}^{235}$) ἐκλύεται μεγάλη ποσότης ἐνέργειας. Τὰ 20% τῆς ἐνέργειας αὐτῆς ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν καὶ τὰ 80% τῆς ἐκλυομένης ἐνέργειας ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν κινητῆς ἐνέργειας τῶν θραύσματων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Οὕτω τὰ θραύσματα τοῦ πυρῆνος ἐκσφενδονίζονται μὲ μεγάλην ταχύτητα, συγκρούονται μὲ τὰ γειτονικὰ μόρια καὶ συνεπῶς διαχέουν τὴν ἐνέργειάν των ὑπὸ μορφὴν θερμότητος. Αὐτὴν τὴν θερμότητα ἐκμεταλλεύμεθα

εἰς τὸν ἀτομικὸν ἀντιδραστῆρα διὰ τὴν παραγωγὴν ὑδροχατμοῦ. Οἱ παραγόμενοι ὑδροχατμὸις γρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κίνησιν ἀτμοστροβίλου, ὁ ὄποιος παρέχει τὴν ἀπαιτουμένην μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς μίαν γεννητριαν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (δῆλον εἰς ἓνα ἐναλλακτῆρα). Οὕτως ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν θρυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος οὐρανίου μετατρέπεται τελικῶς εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σήμερον ὑπάρχουν διάφοροι τύποι ἀτομικῶν ἀντιδραστήρων. Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω γρησιμοποίησεως ὁ ἀτομικὸς ἀντιδραστῆρος γρησιμοποιεῖται εὐρύτατα καὶ διὰ τὴν παραγωγὴν διαφόρων ρεδιοϊστούπων καὶ διὰ τὴν πρόκλησιν ἄλλων πυρηνικῶν ἀντιδράσεων. Τὰ πρὸς μεταστοιχείωσιν στοιχεῖα εἰσάγονται ἐντὸς καταλλήλων θέσεων τοῦ ἀτομικοῦ ἀντιδραστῆρος.

273. 'Υπερουράνια στοιχεῖα.— Εἰς τὴν Φύσιν ὁ βαρύτερος ἀτομικὸς πυρήνης εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρήνης τοῦ οὐρανίου, ὁ ὄποιος ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν $A = 238$, δῆλον ὁ πυρήνης $_{92}\text{U}^{238}$. Ή νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα ἐπέτυχε τὴν παραγωγὴν ἀτομικῶν πυρήνων βαρύτερων τοῦ πυρήνος οὐρανίου. Οἱ νέοι οὗτοι ἀτομικοὶ πυρήνες ἀνήκουν εἰς στοιχεῖα, τὰ ὄποια

'Υπερουράνια στοιχεῖα
('Ο μαζικὸς ἀριθμὸς A ἀναρρέεται εἰς γνωστὰ ἴσστοπα)

'Ατομικὸς άριθμὸς Z	"Όνομα στοιχείου	Σύμβολον	Μαζικὸς άριθμὸς A
93	Νεπτούνιον	Np	231-241
94	Πλουτώνιον	Pu	232-246
95	'Αμερίκιον	Am	237-246
96	Κιούριον	Cm	238-250
97	Μπερκέλιον	Bk	243-250
98	Καλιφόρνιον	Cf	244-254
99	'Αινστάνιον	E	246-256
100	Φέρμιον	Fm	250-256
101	Μεντελέβιον	Mv	256
102	Νομπέλιον	No	254
103	Λορέντσιον	;	257

δὲν ὑπάρχουν εἰς τὴν Φύσιν καὶ ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z μεγαλύτερον ἀπὸ 92. Τὰ νέα αὐτὰ τεχνητῶς παραγόμενα στοιχεῖα καλούνται **ὑπερουράνια στοιχεῖα**, διότι εἰς τὸ περιστερόν σύστημα τῶν στοιχείων

κατατάξσονται πέραν του ούρανίου. Μέχρι σήμερον παρήγθησαν ύπερουράνια στοιχεῖα μέχρι του άτομικου ἀριθμοῦ $Z = 103$, γῆς παρήγθησαν ένδεκα ύπερουράνια στοιχεῖα (βλ. πίνακα σελ. 290). "Ολοι οι ύπερουράνιοι άτομικοί πυρήνες είναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων αὶ ἡ ἀκτίνων β.

274. Τὰ ύποατομικὰ σωματίδια.—'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκόλυψε διάφορα ύποατομικά σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια είναι τὸ ἡλεκτρόνιον, τὸ ποζιτρόνιον, τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον. Ἐκτὸς ὅμως τῶν ἀνωτέρω τεσσάρων ύποατομικῶν σωματίδιων ἀνεκαλύφθησαν καὶ ἄλλα ύποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια είναι :

α) Τὸ νετρίον, τὸ ὁποῖον είναι σωματίδιον οὐδέτερον, ἔχει ἀσήμαντον μᾶζαν καὶ γεννήται, ὅταν ἐν νετρόνιον μεταβάλλεται εἰς πρωτόνιον ἢ ἀντιστρόφως, ὅταν ἐν πρωτόνιον μεταβάλλεται εἰς νετρόνιον.

β) Τὰ μεσόνια είναι σωματίδια μὲν ἡλεκτρικὸν φορτίον θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν, ἵσον μὲν ἐν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον (ε) ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των περιλαμβάνεται μεταξὺ τῆς μάζης τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τῆς μάζης τοῦ πρωτονίου.

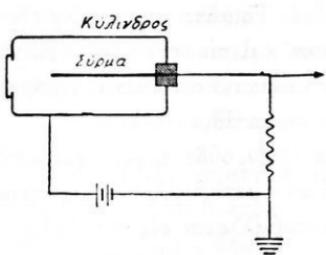
γ) Τὰ ύπεροντια είναι σωματίδια μὲν ἡλεκτρικὸν φορτίον (θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν) ἢ είναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των είναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου (${}_1H^1$) καὶ μικρότερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ δευτερονίου (${}_1H^2$).

275. Κοσμικαὶ ἀκτίνες.—'Η παρατήρησις ἀπέδειξεν ὅτι ἐν φορτισμένον ἡλεκτροσκόπιον χάνει ὀλίγον κατ' ὀλίγον τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ ἡλεκτροσκόπιον περιβάλλεται ἀπὸ παχεῖαν μεταλλικὴν πλάκα. Ἡ ἐκφόρτισις αὕτη ἀπεδόθη εἰς ιονισμὸν τοῦ ἀέρος, προκαλούμενον ἀπὸ ἄγνωστον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία είναι πολὺ διεισδυτική. Αἱ πειραματικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν (Hees, Kolhörster, Millikan, Bowen κ.ἄ.) ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης βαίνει αὐξανομένη, καθ' ὃσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι αἱ ἄγνωστοι ἀκτίνες ἔρχονται εἰς τὸν πλανήτην μας ἐκ τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ διὰ τοῦτο ὠνομάσθησαν **κοσμικαὶ ἀκτίνες**. Αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες ἔχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ἴκανότητα, δυνάμεναι νὰ διέλθουν διὰ πλακός μολύβδου, ἡ ὁποία ἔχει πάχος πολλῶν μέτρων, ἢ διὰ στρώματος ὑδατος πάχους 250 μέτρων.

Διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, ὡς καὶ ἄλλων σωματιδίων, χρησιμοποιοῦνται συνήθως αἱ ἔξης τρεῖς μέθοδοι: α) ἡ ταχύτης ἐκφορτίσεως τοῦ ἡλεκτροσκοπίου, β) ὁ ἀπαριθμητής Geiger—Muller καὶ γ) ὁ θάλαμος Wilson.

‘Ο ἀπαριθμητής Geiger—Muller ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸν μεταλλικὸν σωλῆνα, ὁ ὅποιος κατὰ τὸν ἀξονά του φέρει τεταμένον λεπτὸν

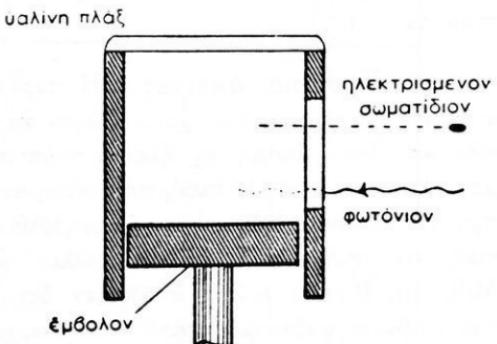
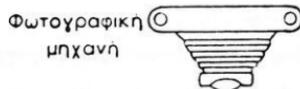
σύρμα (σχ. 307). Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἀέριον ὑπὸ μικρὰν πίεσιν. Ἡ συσκευὴ ἀποτελεῖ κυλινδρικὸν πυκνωτήν. Μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω δύο ἡλεκτροδίων ὑπάρχει τάσις 1000 Volt περίπου. ‘Οταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἰσέλθῃ ἐν φορτισμένον σωματίδιον, τότε προκαλεῖται ίσχυρὸς ιόνισμὸς τοῦ ἀέρου καὶ παράγεται



Σχ. 307. Ἀπαριθμητής. ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ στιγμιαῖον ρεῦμα, τὸ ὅποιον, ἐνισχυόμενον καταλλήλως, δύναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαφώνου καὶ νὰ καταστήῃ ἀκουστὴν τὴν ἀριξίν τοῦ σωματίδιον εἰς τὸν ἀπαριθμητὴν ἢ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν λειτουργίαν ἐνὸς μηχανικοῦ μετρητοῦ.

‘Ο θάλαμος Wilson ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κύλινδρον, ἐντὸς τοῦ ὅποιού ὑπάρχει ἀὴρ κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς (σχ. 308).

‘Η ἀνω βάσις τοῦ κυλίνδρου εἶναι ὑαλίνη πλάξη, ἡ δὲ κάτω βάσις τοῦ κυλίνδρου εἶναι ἔμβολον. ‘Αν αὐξηθῇ ἀποτόμως ὁ ὅγκος τοῦ ἀέρος, οὕτως ψύχεται, καὶ οἱ ἐντὸς αὐτοῦ ὑδρα-

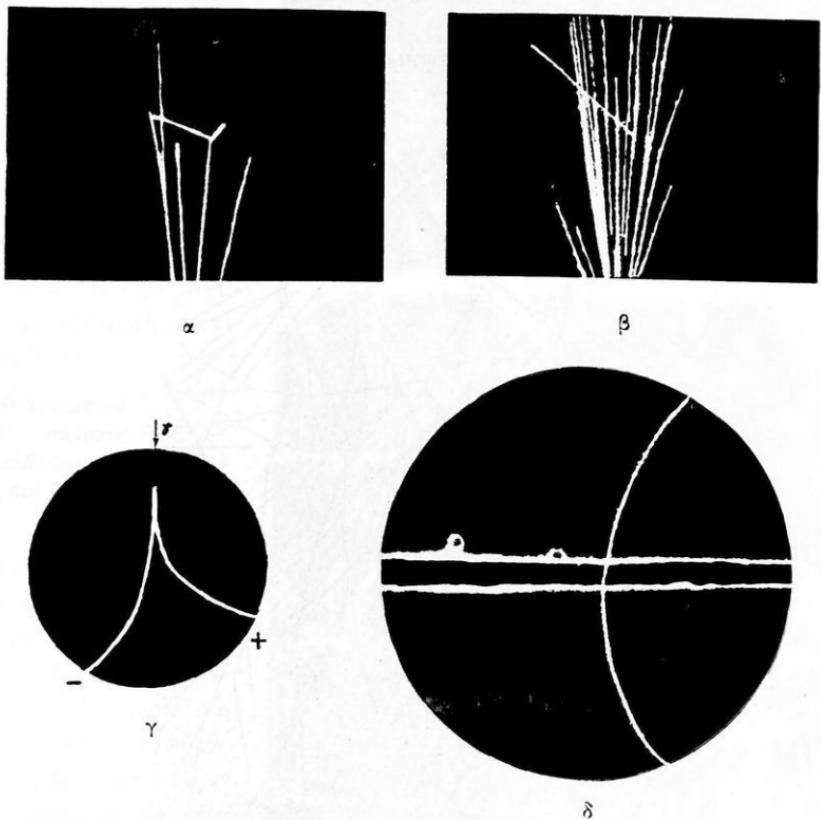


Σχ. 308. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἀρχῆς ἐπὶ τῆς δόπιας στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλά-

μού Wilson:

τμοὶ ὑγροποιοῦνται καὶ σχηματίζουν σταγονίδια. Κατὰ προτίμησιν τὰ σταγονίδια σχηματίζονται πέριξ τῶν ίόντων, τὰ ὅποια ὑπάρχουν ἐντὸς

τοῦ ἀέρος. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἔκτονωθέντος ἀέρου εἰσέλθῃ ἐν φορτισμένον



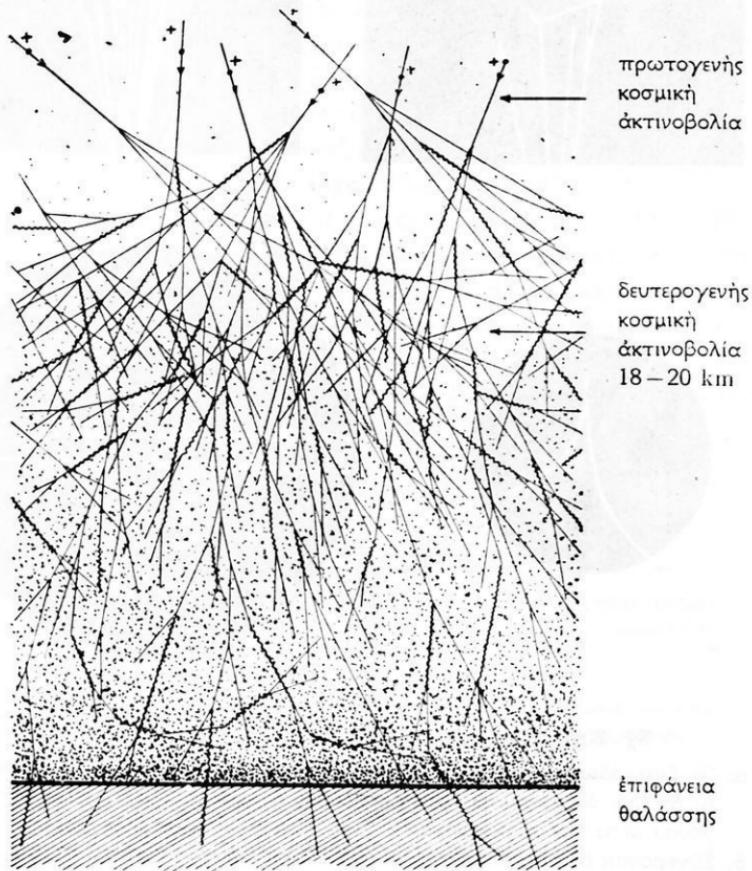
Σχ. 309. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μὲ τὸν θάλαμον τοῦ Wilson.

- Ἡ διακλάδωσις μᾶς τροχιᾶς δεικνύει τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς σωματιδίου α μὲ ἐν ἀτομον ὁξυγόνου. Ὁ βραχὺς κλάδος ἀνήκει εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα ὁξυγόνου μετὰ τὴν σύγκρουσιν.
- Σύγκρουσις ἐνὸς σωματιδίου α μὲ ἀτομικὸν πυρῆνα ὁξυγόνου (P).
- Παραγωγὴ ἐνὸς ζεύγους: ἡλεκτρόνιον - ποζιτρόνιον ἀπὸ ἐν φωτόνιον ἀκτινοβολίας γ.
- Τροχιά ἐνὸς ποζιτρονίου.

σωματίδιον, τοῦτο σχηματίζει σειρὰν ἴοντων, πέριξ τῶν ὅποιων συγκεντρώνονται σταγονίδια ὕδατος. Τὰ σταγονίδια ἀποτελοῦν μίαν λεπτήν γραμ-

μήν ζημίγλης, ή όποια φανερώνει τὴν τροχιὰν τοῦ σωματιδίου. Οὕτω δυνάμεθι νὰ παρατηρήσωμεν ἢ καὶ νὰ φωτογραφήσωμεν τὴν τροχιὰν τοῦ σωματιδίου, τὸ ὅποῖον εἰσῆλθεν ἐντὸς τοῦ θαλάσσιου (σχ. 309).

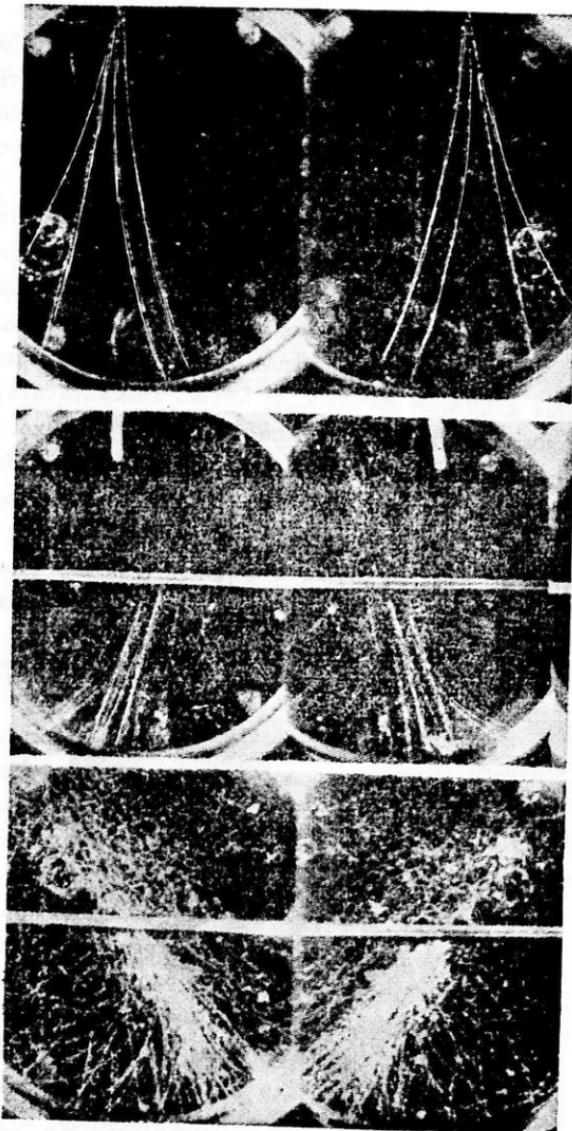
276. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.— Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης



Σχ. 310. Σχηματική παράστασις τῆς παραγωγῆς δευτερογενούς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας.

κάθε δευτερόλεπτον προσπίπτει ἐν κοσμικὸν σωματίδιον ἐπὶ 1 cm². Ἡ ἔντασις τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας διατηρεῖται σταθερὰ καὶ μόνον

εἰς τὰς περιοχὰς τῶν πόλων εἶναι μεγαλύτερα. Ἡ προέλευσις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων εἶναι ὀκόμη ἀγνωστος, φάνεται δὲ ὅτι αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες φθάνουν εἰς τὸν πλανήτην μης ἐξ ὅλων τῶν περιοχῶν τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος. Ἡ πρωτογενῆς κοσμικὴ ἀκτινοβολία, ή ὡποία φθάνει εἰς τὰ ἀνώτερα ὑψη τῆς ἀτμοσφαίρας μης, ἀποτελεῖται ὅπο ταχύτατα κινούμενα πρωτόνια. Ταῦτα, μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, συγκρούονται μὲν μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ἐκ τῶν ὡποίων προκύπτουν γέα σωματίδια καὶ φωτόνια, τὰ ὡποῖα μὲ τὴν σειράν των συγκρούονται πάλιν μὲ μόρια τοῦ ἀέρος (σχ. 310). Οὕτως εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἡ δευτερογενῆς κοσμικὴ ἀκτινοβο-



Σχ. 311. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μὲ τὸν θάλαμον Wilsson. Εἰς τὴν 2αν καὶ 3ην φωτογραφίαν φαίνεται ἡ συντριβὴ ἀτόμων μολύβδου (τοῦ ὁποίου ἡ πλάξ διακρίνεται εἰς τὸ μέσον) ὑπὸ κοσμικῶν σωματιδίων· εἰς τὴν 3ην διακρίνονται ἑκατοντάδες σωματιδίων προελθόντων ἀπὸ τὴν συντριβὴν ἀτόμων μολύβδου.

λία, ή ὅποια ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια καὶ φωτόνια. Μεταξὺ τῶν συστατικῶν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων ἀνευρέθησαν καὶ τὰ μεσόνια, τὰ ὅποια ἔχουν μᾶζαν 207, 275 καὶ 970 περίπου φοράς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρονίου. Γενικῶς τὰ σωματίδια αὐτὰ εἶναι ἀσταθῆ.

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι τὰ κοσμικὰ σωματίδια μεταφέρουν κολοσσιαίαν ἐνέργειαν, διότι κατὰ τὴν σύγκρουσίν των μὲ τὰ ἀτομα τῆς ὄλης προκαλοῦν τὴν συντριβὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος καὶ τὸν διαμελισμόν του εἰς ἑκατοντάδας μικροτάτων σωματίδιων (σχ. 311).

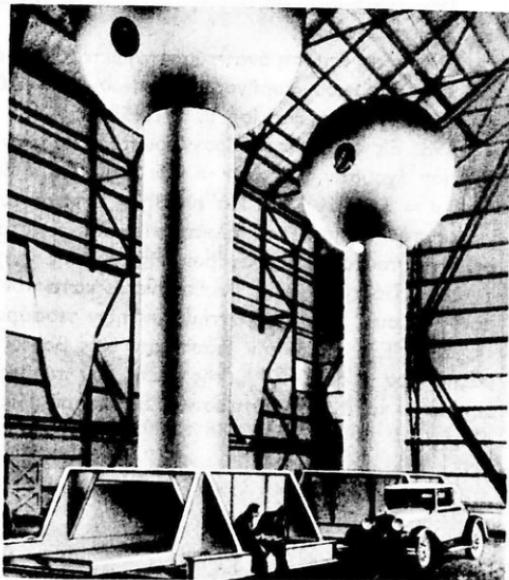
Τεράστιαι προσπάθειαι καταβάλλονται σήμερον διὰ τὴν σπουδὴν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, αἱ ὅποιαι πιθανώτατα ἔχουν σχέσιν καὶ μὲ τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς. Εἰς πᾶσαν στιγμὴν ἀτομικοὶ πυρῆνες τῶν ἰστῶν τῶν δργανισμῶν συντρίβονται ἀπὸ κοσμικὰ σωματίδια καὶ οὕτως ἐκλύεται τεραστία ἐνέργεια ἐντὸς τοῦ κυττάρου. Εἶναι ἀκόμη ὥγνωστα τὰ ἀποτέλεσματα, τὰ ὅποια ἐπιφέρει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς αὐτῆς ἡ ἀπότομος ἐκλυσίς τῆς τεραστίας ἐνεργείας. «Ποῖος γνωρίζει, ἐὰν ἡ πνευματικὴ ἀνίσοροπία ἡ ἡ μεγαλοφύτα δὲν γεννῶνται κάποιαν στιγμὴν ἀπὸ τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς κοσμικοῦ σωματίδιου μὲ ἐν ἀπὸ τὰ λεπτὰ καὶ εὐαίσθητα ἐγκεφαλικὰ κύτταρα;» (Thibaud).

277. Ἡ ἀντιύλη.— 'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ὄλη ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀτομα. "Εκαστον ἀτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ θετικῶν φορτισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ τὰ πέριξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος περιφερόμενα ἡλεκτρόνια. "Ολοι οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων τῆς ὄλης περιέχουν πρωτόνια καὶ νετρόνια. Τὸ ἀπλούστερον ἀτομον τῆς ὄλης εἶναι τὸ ἀτομον τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐν πρωτόνιον καὶ ἀπὸ τὸ πέριξ τοῦ πρωτονίου περιφερόμενον ἡλεκτρόνιον. 'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψε τὸ ποζιτρόνιον, τὸ ὅποιον εἶναι σωματίδιον ὅμοιον μὲ τὸ ἡλεκτρόνιον, ἀλλὰ μὲ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. "Ωστε τὸ ποζιτρόνιον θὰ συμπεριφέρεται ἀντιθέτως πρὸς τὸ ἡλεκτρόνιον. 'Η θεωρητικὴ καὶ ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψαν ὅτι ἐκτὸς τοῦ ποζιτρονίου ὑπάρχουν καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ ὅποια συμπεριφέρονται ἀντιθέτως πρὸς τὰ γνωστὰ σωματίδια, τὰ ὅποια ἀποτελοῦν τὰ συστατικὰ τῆς ὄλης. Τὰ νέα αὐτὰ σωματίδια καλοῦνται ἀντισωματίδια ἡ γενικώτερον ἀντιύλη. Οὕτω τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν ὑδρογόνου, ἀλλὰ μὲ ἀρνητικὸν φορτίον ἵσον μὲ ἐν στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον. 'Εὰν φαντασθῆμεν

ὅτι πέριξ τοῦ ἀντιπρωτονίου περιφέρεται ἐν ποζιτρόνιον, τότε θὰ προκύψῃ τὸ ἄτομον τοῦ ἀντιυδρογόνου. Εἰς τὸν παραπλεύρων πίνακα σημειώνονται μερικὰ σωματίδια καὶ τὰ ἀντίστοιχα πρὸς αὐτὰ ἀντισωματίδια. Τὸ ποζιτρόνιον (§ 267) δὲν δύναται νὰ διατηρηθῇ, διότι ἐνοῦται μὲ ἐν ἡλεκτρόνιον καὶ τότε ἡ μᾶκα τῶν δύο τούτων σωματίδιων μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Ὁμοίως ἐν πρωτόνιον καὶ ἐν ἀντιπρωτόνιον ἐνούμενα μετατρέπονται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὕτη εἶναι τεραστία. Εἰς τὸν ἑδικόν μας κόσμον ἡ ἀντιύλη ἐμφανίζεται κατὰ ὥρισμένας πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ἀλλ' ἔξαφανίζεται ἀκαριαίως, διότι ἐνοῦται μὲ τὴν γνωστήν μας ὅλην καὶ τότε προκύπτει ἰσοδύναμος ἐνέργεια. « Δὲν εἶναι παράλογον, ὅτι φαντασθῶμεν ὅτι ὑπάρχουν ἀστέρες καὶ γαλαξίαι ἀποτελούμενοι ἀπὸ ἀντιύλην » (M. Duquesne).

"Υλη	'Αντιύλη
Νετρίνο	'Αντινετρίνο
'Ηλετρόνιον	Ποζιτρόνιον
Μεσόνιον (+)	Μεσόνιον (-)
Πρωτόνιον	'Αντιπρωτόνιον
Νετρόνιον	'Αντινετρόνιον
'Υπερόνιον (+)	'Υπερόνιον (-)

"Ηλεκτροστατική μηχανή τύπου Van de Graff, δυναμένη νὰ ἀναπτύξῃ τάσιν 10⁷ Volt (Τοῦ Τεχνολογικοῦ Ινστιτούτου τῆς Μασσαχουσέτπορ.)

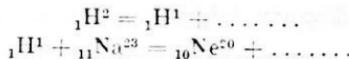


ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

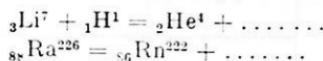
188. Νὰ εύρεθῇ μὲ πόσην ἐνέργειαν ἑκπεφρασμένην εἰς ἔργια καὶ Joule ίσοδυναμεῖ ἡ μονάς ἀτομικῆς μάζης καὶ ἡ μάζα τοῦ ἡλεκτρονίου.

189. Μὲ πόσην ἐνέργειαν ίσοδυναμεῖ ἡ μάζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου;

190. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



191. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



192. 'Ο ἀτομικὸς πυρὴν ἡλίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια, ἡ δὲ μάζα του είναι ίση μὲ 4,003879 αμπ. Πόση ἐνέργεια ἡλευθερώθη κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ πυρῆνος τούτου;

193. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ Πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονάς ἐνέργειας λαμβάνεται τὸ 1 ἡλεκτρονιοβόλτ (1 ev), ἥτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὅποιαν ἀποκτᾶ ἐν ἡλεκτρόνιον, ὅταν τοῦτο μετακινήται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἔχόντων διαφορὰν δυναμικοῦ ! Volt. Μὲ πόσα ἔργια καὶ Joule ίσούται ἡ μονάς ἡλεκτρονιοβόλτ ;

194. Μὲ πόσην ἐνέργειαν ἑκπεφρασμένην εἰς ἡλεκτρονιοβόλτ (eV) ίσοδυναμεῖ ἡ μονάς ἀτομῆς μάζης (1 αμπ.) ;

195. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησιν ἐνὸς ἡλεκτρονίου καὶ ἐνὸς ποζιτρονίου ;

196. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησιν ἐνὸς πρωτονίου καὶ ἐνὸς ἀντιπρωτονίου ;

197. Πόση ἀπωσίς ἀναπτύσσεται μεταξὺ ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου ($Z = 2$) καὶ ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἀσβεστίου ($Z = 20$), ὅταν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων πυρῆνων είναι ίση μὲ $1/10^{12}$ cm ;

198. Εἰς τὸ ἀτομον ὑδρογόνου τὸ μοναδικὸν ἡλεκτρόνιον διαγράφει κυκλικὴν τροχιὰν ἔχουσαν ἀκτίνα $r = 0,5 \cdot 10^{-8}$ cm, ἡ δὲ συχνότης τῆς κινήσεως αὐτοῦ είναι $v = 6,6 \cdot 10^{15}$ Hz. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κίνησιν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος τούτου εἰς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς τοῦ ἡλεκτρονίου.

199. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὸν σχηματισμὸν ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου (${}_2\text{He}^4$) ἀπὸ τὴν σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων (${}_1\text{H}^1$) ;

200. 'Εάν κατὰ τὴν διάσπασιν ἐνὸς βαρέος πυρῆνος παρατηρήται ἔλλειμμα μάζης ίσον μὲ τὰ $0,10\%$ τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος, νὰ εύρεθῇ πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν διάσπασιν 1 kgf ἐκ τοῦ ύλικοῦ τούτου.

Τὰ ισότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Άτομικός άριθμός Ζ	Στοιχεῖον	Μαζικός άριθμός Α
1	Τόδρογόνον	1 2 3
2	"Ηλιον	3 4
3	Λίθιον	6 7
4	Βηρύλλιον	8 9 10
5	Βόριον	10 11
6	"Ανθραξ	12 13
7	"Αζωτον	14 15
8	Οξυγόνον	16 17 18
9	Φθόριον	19
10	Νέον	20 21 22
11	Νάτριον	23
12	Μαγνήσιον	24 25 26
13	Αργιλλιον	27
14	Πυρίτιον	28 29 30
15	Φωσφόρος	31
16	Θεῖον	32 33 34
17	Χλώριον	35 37
18	Αργόν	36 38 40
19	Κάλιον	39 40 41
20	Ασβέστιον	40 42 43 44
21	Σκάνδιον	45
22	Τιτάνιον	46 47 48 49 50
23	Βανάδιον	51
24	Χρώμιον	50 52 53 54
25	Μαγγάνιον	55
26	Σίδηρος	54 56 57 58
27	Κοβάλτιον	59
28	Νικέλιον	58 60 61 62 64
29	Χαλκός	63 65
30	Ψευδάργυρος	64 66 67 68 70
31	Γάλλιον	69 71
32	Γερμάνιον	70 72 73 74 76
33	Αρσενικόν	75
34	Σελήνιον	74 76 77 78 80 82
35	Βρώμιον	79 81
36	Κρυπτόν	78 80 82 83 84 86
37	Ρουθιδίον	85 87
38	Στρόντιον	84 86 87 88
39	"Υττριον	89
40	Ζιρκόνιον	90 91 92 94 96
41	Νιόβιον	93

Τὰ ἵστοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

'Ατομικός άριθμός Ζ	Στοιχεῖον	Μαζικός 'Αριθμός Α						
42	Μολυβδανίου	92	94	95	96	97	98	100
43	Τεχνήτιον		99					
44	Ρουθήνιον	96	98	99	100	101	102	104
45	Ρόδιον	103						
46	Ηεκτάλαχδιον	102	104	105	106	108	110	
47	"Αργυρος	107	109					
48	Κάδμιον	106	108	110	111	112	113	114
49	"Ινδιον	113	115					
50	Κασσίτερος	112	114	115	116	117	118	119
		120	122	124				
51	"Αντιμόνιον	121	123					
52	Τελλούριον	120	122	123	124	125	126	128
53	"Ιώδιον	127						
54	Ξένον	124	126	128	129	130	131	132
		134	136					
55	Καίσιον	133						
56	Βάριον	130	132	134	135	136	137	138
57	Λανθάνιον	138	139					
58	Δημήτριον	136	138	140	142			
59	Περχασειδύμιον	141						
60	Νεσθένιον	142	143	144	145	146	148	150
61	Περιουμήθειον	145	147					
62	Σαμάριον	144	147	148	149	150	152	154
63	Εύρωπιον	151	153					
64	Γαδολίνιον	152	154	155	156	157	158	160
65	Τέρβιον	159						
66	Δυσπρόσιον	156	158	160	161	162	163	164
67	"Ολμιον	165						
68	"Ερβιον	162	164	166	167	168	170	
69	Θούλιον	169						
70	"Γιτέρβιον	168	170	171	172	173	174	176
71	Λουτίτιον	175	176					
72	"Λφνιον	174	176	177	178	179	180	
73	Ταντάλιον	181						
74	Βολφράμιον	180	182	183	184	186		
75	Ρήνιον	185	187					
76	"Οσμιον	184	186	187	188	189	190	192
77	"Ιρίδιον	191	193					
78	Λευκόχρυσος	190	192	194	195	196	198	
79	Χρυσός	197						
80	"Τδράργυρος	196	197	198	199	200	201	202
								204

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

1. Σπουδὴ καὶ ἔρμηνεία τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.—Τὸ φῶς πείζει σημαντικὸν ρόλον εἰς τὴν ζωὴν τῶν ἀνθρώπων καὶ διὰ τοῦτο ἡ σπουδὴ τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἐγένετο ἀπὸ παλαιοτάτων χρόνων. Τὰ γνωστὰ φαινόμενα ἦσαν ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός, ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιᾶς, ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν λείων ἐπιφανειῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς εἰδώλων ὡς καὶ ἡ φαινομένη θραύσις μιᾶς ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ὄρατος. Μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος ἐσπουδάζοντο μόνον τὰ ἀπλὰ ταῦτα φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς, χωρὶς ὅμως νὰ καταστῇ δυνατὸν νὰ δοθῇ μία φυσικὴ ἔρμηνεία τῶν φαινομένων τούτων. Αἱ πρῶται φυσικαὶ ὑποθέσεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, διετυπώθησαν μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τοῦ νόμου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Αἱ ὑποθέσεις αὗται προσεπάθησαν νὰ ἔρμηνεύσουν τὰ τότε γνωστὰ φαινόμενα, μὲ τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου ἀνεκαλύπτοντο νέα φαινόμενα, τὰ δόποια ἐπέβαλλον τὴν τροποποίησιν τῶν παλαιῶν θεωριῶν. ‘Η 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 κατατείχεινε πῶς δύο τελείως ἀντίθετοι θεωρίαι εἶναι δυνατὸν νὰ ἔρμηνεύσουν δύο διαφόρους δόψεις 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. ‘Ο Νεύτων διετύπωσε τὴν γνωστὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις μικροτάτων σωματιδίων. Οὕτως ὁ Νεύτων κατέρριψε τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διάθλασιν καὶ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. ‘Ο Ἱδιαῖς ὅμως ὁ Νεύτων ἀνεκάλυψε καὶ ἐν φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός, τὸ δόποιον καλεῖται δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος. Διὰ νὰ ἐρ-

μηνεύσῃ ὁ Νεύτων τὸ φαινόμενον τοῦτο ἡναγκάσθη νὰ παραδεχθῇ ὅτι εἰς τὰ φωτεινὰ σωματίδια ὑπάρχει κάποια περιοδικότης.



Νεύτων

ἔξαιρετικῆς σημασίας ὑποστήριξιν, διότι κατώρθωσε νὰ δημιουργήσῃ φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός καὶ νὰ ἔκτελέσῃ ἀκριβεῖς μετρήσεις. Ὁ ίδιος, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιαι κυμάνσεις. Ἐκεῖνος ὅμως, ὁ ὁποῖος ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων εἶναι ὁ Γάλλος Fresnel, ὁ ὁποῖος κατώρθωσε νὰ ἐρμηνεύσῃ πλήρως μὲ τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς καὶ τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς καὶ ἐπὶ πλέον νὰ θεμελιώσῃ τὴν Ὀπτικὴν Κρυσταλλογραφίαν. Τέλος ὁ Γάλλος Foucault ἐπέτυχε νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός ἐντὸς διαφόρων ὀπτικῶν μέσων

Συγγρόνως μὲ τὸν Νεύτωνα ὁ Ὀλλανδός 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 αἰώνος ὁ "Αγγλος Young ἔδωσεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



Huygens

καὶ νὰ ἀποδεῖξῃ οὕτως, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὰ διαφανῆ ὑλικὰ 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 λίγην πιραδόζου αἰθέρους.

3. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός.—Κατὰ τὸ 1848 ὁ "Αγγλὸς Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεπολωμένη ἀκτίς φωτὸς



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτίνος ὑφίσταται στροφήν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτὸς καὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ καὶ ὅτι εἶναι δυνατὸν τὰ φωτεινὰ κύματα νὰ μὴ εἶναι κυμάνσεις μηχανικῆς φύσεως, ἀλλὰ ἡλεκτρικῆς φύσεως. Ἀπὸ τὴν σκέψιν αὐτὴν ἀνεγώρησεν ἡ μεγάλοφυτα τοῦ "Αγγλοῦ Maxwell, διὰ νὰ ἀνακαλύψῃ διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐπὶ τοῦ χάρτου ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία καὶ νὰ ἀνακαλύψῃ ἐπὶ πλέον τὴν ὑπαρξίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὅποια ὀλίγα ἔτη βραδύτερον ἀνεκάλυψεν πειραματι-

κῶς ὁ Γερμανὸς Hertz. 'Η ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία συνδέει εἰς ἐν ἑνὶαιῶν σύνολον ὅλην τὴν σειρὰν τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τῶν κυμάτων τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας μέχρι καὶ τῶν ἀκτίνων γ. 'Ολόκληρος ἡ σειρὰ αὐτὴ τῶν κυμάτων εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως μὲν μόνην διαφορὰν εἰς τὴν συχνότητα τῆς κυμάνσεως.

4. Τὰ φωτόνια.—'Επὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἡσχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροὺς καὶ πολλοὺς ἀγῶνας κατώρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θεωρίαν ἡλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποία ἔδιδεν ἀπλῆν καὶ ἑνίαν ἐξήγγρισιν εἰς τὸ σύνολον

τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς ὄμως τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν νέα φαινόμενα, τὰ ὅποια ὑπεχρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικότερον ἐκ τῶν ἀνακαλυφθέντων νέων φαινομενῶν, τὸ ὅποῖον φανερώνει τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. "Ας θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγήν. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἐν σφαιρικὸν κῦμα, τὸ ὅποῖον διαδίδεται ἐντὸς τοῦ χώρου. 'Η ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἐξέπεμψεν ἡ φωτεινὴ πηγή, κατανέμεται ἐπὶ μιᾶς διαρκῶς αὐξανο-



Einstein

μένης σφαιρικῆς ἐπιφανείας καὶ συνεπῶς αἱ δράσεις, τὰς ὅποιας δύναται νὰ ἔξασκήσῃ τὸ φῶς, εἶναι τόσον ἀσθενέστεραι, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγήν. 'Αντιθέτως, ἀς δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμίαν κατάτμησιν καὶ συνεπῶς δύνανται νὰ προκαλέσουν σημαντικὰ ἀποτελέσματα καὶ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. 'Η ἀνακάλυψις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἀπεκάλυψεν λοιπὸν ὅτι αἱ ἀκτινοβολίαι εἶναι ἴκαναι νὰ ἔξασκήσουν ἐπὶ τῆς ὥλης ἐνέργειακὰς δράσεις καὶ ὅτι αἱ δράσεις αὐταὶ δὲν ἐλαττώνονται, ὅσον αὐξάνεται

ή απόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν πηγήν. Οὕτως ὁ Einstein, ἐπανεργόμενος εἰς τὴν σωματιδιακὴν θεωρίαν, διὰ νὰ ἔρμηνεύσῃ τὸ φωτογλεκτρικὸν φαινόμενον, ἐδέχθη ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ κοκκίδια καὶ ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν τὰ κοκκίδια ταῦτα πρὸς ὅλας τὰς χατευθύνσεις. Εἰς τὰ κοκκίδια αὐτὰ ἔδωσεν τὸ ὄνομα **φωτόνια**. "Ἐκαστὸν κοκκίδιον μεταφέρει ἐνέργειαν ἀνάλογον πρὸς τὴν συγχότητα τῆς ἀκτινοβολίας, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν **κβάντων**, τὴν ὧδοιν διετύπωσεν εἰς τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μας ὁ Γερμανὸς Planck. Ἡ θεωρία τῶν φωτονίων ἔρμηνεύει ὅχι μόνον τὸ φωτογλεκτρικὸν φαινόμενον, ἀλλὰ καὶ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὧδοια ἀνεκαλύφθησαν μεταγενεστέρως. Ἡ θεωρία ὅμως τῶν φωτονίων εἶναι ἀνίκανος νὰ ἔξηγήσῃ τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσσεως καὶ τῆς πολώσεως τοῦ φωτός. Διὰ τὴν ἔρμηνείαν τῶν φωτονίων τούτων ὑπεγρεώθησαν οἱ φυσικοὶ νὰ διατηρήσουν καὶ τὴν θεωρίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Planck

5. **Ἡ κυματομηχανική.**—¹ Η ὑπαρξίες δύο θεωριῶν διὰ τὴν ἔρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων εἶναι ἀκατανόητος ἀπὸ τὴν ἀνθρωπίνην λογικήν. Κατὰ τὸ 1924 ὁ Γάλλος θεωρητικὸς φυσικὸς Louis de Broglie ἐπέτυχε νὰ συμβιβάσῃ τὰς δύο ἀντιθέτους ἀπόψεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Ἡ γιγαντιαῖα αὕτη σύνθεσις ὀνομάζεται **Κυματομηχανική** καὶ περιλαμβάνει ὅχι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὑλην καὶ τὰς διαφόρους μορφὰς τῆς ἐνέργειας. Ἡ Κυματομηχανικὴ δέχεται ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ φωτόνια, συμφώνως πρὸς τὴν ἀποψίν τοῦ Einstein, ἀλλ' ἐκαστὸν φωτόνιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ ἐν κῦμα, τὸ ὧδοῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον καὶ τὰ τὴν μετακίνησιν του εἰς τὸ διάστημα. Αὐτὴ ἡ θεωρία περὶ τῆς διπλῆς φύσεως τοῦ φωτός διασύει βαθύτατα τὰς συνηθείας τῆς σκέψεώς μας. Τὸ κῦμα, τὸ ὧδοῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον, εἶναι ἐν κῦμα πιθανότης καὶ μᾶς φανερώνει πόσαι πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐμφανισθῇ τὸ φωτόνιον ἐδῶ η ἔκει. Ἐνῶ

δηλαδή τὸ φωτόνιον ταξιδεύει ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν πρὸς τὸ φωτιζόμενον σῶμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν του ἡ τὴν τροχιάν του, ἀλλὰ τὸ μόνον πρᾶγμα, περὶ τοῦ ὅποιου εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ ὀμιλοῦμεν εἰναι τὸ κῦμα, τὸ ὅποιον συνοδεύει τὸ φωτόνιον. Ἀντιθέτως, ὅταν τὸ φῶς φθάσῃ κάπου, π.χ. ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακός, τότε ἡ ἀφίξις τοῦ σωματιδίου ἐκδηλώνεται μὲ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς πλακός, ἐνῶ τὸ κῦμα ἔχει ἔξαφανισθῇ.

“Ἄς ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ σχηματισμοῦ κροσσῶν συμβολῆς καὶ ἂς φαντασθῶμεν δτὶ τὸ διάφραγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν φωτογραφικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὅποιας δυνάμεθα νὰ ἰδωμεν σχηματιζόμενα τὰ σημεῖα προσβολῆς ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν σωματιδίων. Κατ’ ἀρχὰς θὰ παρατηρήσωμεν σημεῖα προσβολῆς διεσπαρμένα εἰς τὴν τύχην. Ἀλλὰ δλίγον κατ’ δλίγον θὰ ἀναγνωρίσωμεν δτὶ τὰ «τυχαῖα» αὐτὰ σημεῖα διασπείρονται συμφώνως πρὸς μίαν ὥρισμένην γενικὴν τάξιν καὶ θὰ ἰδωμεν νὰ σχηματίζεται ἡ ἀρμονικὴ σειρὰ τῶν κροσσῶν. Ἐπειδὴ τὰ φαινόμενα ταῦτα εἰναι πολὺ ταχέα, διὰ τοῦτο δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν μόνον αὐτὴν τὴν γενικὴν τάξιν. Ἀνάλογον γενικὴν τάξιν παρατηρεῖ καὶ μία ἀσφαλιστικὴ ἑταιρία ζωῆς, ἡ ὅποια εἰναι ἀνίκανος νὰ εἰπῃ, ἐὰν θὰ ἀποθάνῃ κατ’ αὐτὸ τὸ έτος δ Α, δ Β ἢ δ Γ..., ἀλλὰ γνωρίζει πόσοι ἡσφαλισμένοι ἐπὶ 10 000 θὰ ἀποθάνουν κατὰ τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα.

Louis de Broglie



6. Ἡ σύγχρονος Φυσική.—Εἰς τὴν σύγχρονον Φυσικὴν κατὰ τὴν σπουδὴν πολλῶν φαινομένων καὶ ἴδιαιτέρως τῶν φαινομένων τοῦ μικροκόσμου ὑπεισέρχεται ἡ «τύχη», ἡ ὅποια διέπεται ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν πιθανοτήτων. Αἱ σύγχρονοι θεωρίαι τῆς Φυσικῆς εἰναι ἀρκετὰ πολύπλοκοι, διότι δ ἀπειρος μικρόκοσμος τῶν μορίων, τῶν ἀτόμων, τῶν ἡλεκτρονίων, τῶν φωτονίων διέπεται ἀπὸ τοὺς παραδόξους νόμους τῆς τύχης, καὶ ἀπὸ νόμους, οἱ ὅποιοι δὲν ισχύουν διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ μακροκόσμου. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων παρουσιάζονται τε-

ράστιαι δυσκολίαι. «Οσάκις τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα, κατόπιν μεγάλων προσπαθειῶν, κατορθώνει νὰ ἀποκρυπτογραφήσῃ μίαν σελίδα τοῦ βιβλίου τῆς Φύσεως, ἀμέσως διακρίνει πόσον πολὺ δυσκολώτερον εἶναι νὰ ἀποκρυπτογραφήσῃ τὴν ἀμέσως ἐπομένην σελίδα. Ἐν τούτοις ἐν βαθύτατον ἔνστικτον ἐμποδίζει τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα νὰ ἀποθαρρυνθῇ καὶ τὸ προωθεῖ νὰ ἀνανεώσῃ τὰς προσπαθείας του, διὰ νὰ εἰσδύσῃ διαρκῶς περισσότερον εἰς τὴν γνῶσιν τῆς ἀρμονίας τῆς Φύσεως» (Louis de Broglie).

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

1. Σπουδὴ καὶ ἔρμηνεία τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων.—

Ἡ πρώτη παρατήρησις ἡλεκτρικοῦ φαινομένου ἀνάγεται εἰς τὸν Θαλῆν τὸν Μιλήσιον (βος αἰών π.Χ.), ὁ ὅποιος παρετήρησεν διὰ τὸ ἡλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος, ἀποκτᾶ τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα. Αὐτὴ ἡτο ἡ μόνη γνῶσις τῆς ἀνθρωπότητος περὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μέχρι τοῦ 16ου αἰώνος. Ἡ ἐπιστημονικὴ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἥρχισεν κυρίως ἀπὸ τῶν ἀρχῶν τοῦ 18ου αἰώνος. Ἀπὸ τοῦ 16ου μέχρι τοῦ 18ου αἰώνος ἐγένοντο μερικαὶ παρατηρήσεις ἡλεκτρικῶν φαινομένων. Αἱ παρατηρήσεις ὅμως αὐταὶ ἐγένοντο τελείως τυχαίως ἀπὸ μερικοὺς περιέργους ἐρασιτέχνας. Πρῶτος δὲ Guericke (1602 - 1686) ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλεκτροστατικὴν ἄπωσιν, διότι μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐπιστεύετο διὰ μεταξὺ δύο ἡλεκτρισμένων σωμάτων ἔξασκεται πάντοτε ἔλξις. Ὁ Boule (1626 — 1691) ἀπέδειξεν ἀργότερον διὰ οἰηλεκτρικαὶ ἔλξεις καὶ ἀπώσεις παρατηροῦνται καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ὁ "Ἄγγλος Gray ἀπέδειξεν τὸ 1729 διὰ δὲ ἡλεκτρισμὸς δύναται νὰ μεταβῇ ἀπὸ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ διέκρινεν τὰ σώματα εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγούς. Ἐπίσης ἀπέδειξεν διὰ δύναμεθα νὰ ἡλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς καὶ μίαν μεταλλικὴν ράβδον, ἀρκεῖ νὰ τὴν στερεώσωμεν ἐπὶ ἐνὸς μονωτοῦ. Τέλος δὲ Idios ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλέκτρισιν τῶν σωμάτων ἐξ ἐπαγγῆς. Ὁ Γάλλος Fay ἀνεκάλυψεν τὸ 1733 διὰ δύο ἀρχούντων δύο ἡλεκτρισμοῦ, δὲ ἡλεκτρισμὸς τῆς ὑάλου καὶ δὲ ἡλεκτρισμὸς τῆς ρητίνης καὶ τὰ ὅποια κατόπιν ὠνομάσθησαν θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός.

Διὰ τὴν ἔκτελεσιν τῶν πειραμάτων των οἱ πρῶτοι ἐρευνηταὶ τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων ἐχρειάζοντο καὶ «ἡλεκτρικὰς μηχανάς». "Ολαι

αύταις αἱ μηχαναὶ ἐστηρίζοντο εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἡλεκτρίσεως σωμάτων διὰ τῆς τριβῆς. Μία ἐκ τῶν πρώτων αὐτῶν μηχανῶν κατεσκευάσθη ἀπὸ τὸν Guericke. 'Η μηχανὴ αὕτη ἦτο σφαῖρα ἀπὸ θεῖον, ἡ ὥποια ἐστρέψετο περὶ τὸν ξένονα. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῆς σφαῖρας ἔθετεν ἐπ' αὐτῆς τὴν χεῖρα καὶ οὕτως ἀνεπτύσσετο ἡλεκτρισμὸς διὰ τριβῆς.'

Τῶν ἡλεκτροστατικῶν μηχανῶν διὰ τριβῆς ταχέως ἐτελειώποιήθη καὶ ἡ ἐκ θείου σφαῖρα ἀντεκατεστάθη, μὲ νάλινον στρεψόμενον δίσκον. Μία ἐκ τῶν ἀρχαιοτέρων ἡλεκτρικῶν συσκευῶν εἶναι ὁ πυκνωτής, ὃπος τὴν μορφὴν τῆς «λουγδουνικῆς λαγῆγον». 'Ο πυκνωτής ἀνεκαλύφθη ὅλως τυχίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὥποιος, προσπαθῶν νὰ ἡλεκτρίσῃ, μίαν ύαλινην φιάλην πλήρη οὐδυτοῦ, ἐδέχθη τὴν ἐκκένωσιν τοῦ συγκατασθέντος πυκνωτοῦ. 'Ο Ἀμερικανὸς Φραγκλῖνος (1706 — 1790) παρεδέχθη τὴν προηγουμένων διατυπωθεῖσαν γνώμην ὅτι ὁ κεραυνὸς εἶναι ἡλεκτρικὸς σπινθήρ μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. 'Η συστηματικὴ ὄμως ἔρευνα τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων καὶ ἡ ἀνακάλυψις τῶν νόμων, οἱ ὥποιοι διέπουν τὰ φαινόμενα ταῦτα ἤρχισεν μόνον ἀπὸ τὰς ἀρχὰς τοῦ 18ου αἰώνος. "Εκτοτε ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὑπῆρξεν ταχυτάτη καὶ καταπληκτική, παρὰ τὸ γεγονός, ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διεσαφηνίσθη μόλις κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας τοῦ αἰώνος μαζί.

A m p è r e



Πρόδης τὴν Πυρηνικὴν Φυσικήν. — Πρὸιν ἀκόμη, γνωρίσωμεν τὶ εἶναι ὁ ἡλεκτρισμὸς, τὸν ἔξεμεταλλεύθημεν ἐντατικώτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς. Αἱ πειραματικαὶ καὶ θεωρητικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ἀπεκάλυψαν κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους ὅτι ὁ ἡλεκτρισμὸς εἶναι στενώτατα συνυφασμένος μὲ τὴν ὥλην. Οὕτω κατωρθώθη νὰ δοθῇ πλήρης ἐρμηνεία εἰς ὅλα τὰ γνωστὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα καὶ

έπι πλέον νὰ έρμηνευθῇ ἡ παραγωγὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν ὑπὸ τῆς ὥλης. Ἡ νεωτέρᾳ ἔρευνα διήγοιξεν τὴν ὁδὸν πρὸς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν καὶ ἀρχὰς καὶ πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν βραδύτερον. Οἱ δύο οὖτοι νεώτεροι ακλάδοι τῆς Φυσικῆς ἐξελίσσονται σήμερον ραγδαίως. Ἡ μεταστοιχείωσις, τὴν ὅποιαν ἐπεδίωκον ματαίως οἱ ἀλγημισταί, ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, κατὰ τὰς ὅποιας ἐπιτυγχάνομεν ἐπιθυμητὰς τροποποιήσεις τῆς συστάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ



Δημόκριτος



Μαρία καὶ Πέτρος Κιουρί

ἀτόμου. Ἡ βαθυτέρᾳ γνῶσις τῶν φαινομένων τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μᾶς διήγοιξεν τὴν λεωφόρον πρὸς τὴν βαθυτέραν γνῶσιν τῆς συστάσεως καὶ τῆς ἐξελίξεως τῆς ὥλης καὶ ἐπὶ πλέον μᾶς διήγοιξεν ἐν ἀπέραντον πεδίον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὅποιαι ἡλλαξαν τὸν ρυθμὸν τῆς ζωῆς τῶν ἀνθρώπων.

3. Ἡ πρόοδος τῆς Φυσικῆς.—Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰρήγασθησαν διάφοροι φυσικοὶ ἀνήκοντες εἰς ὅλους τοὺς πολιτισμένους λαούς. Ἀπὸ τὴν διεθνῆ ἀνταλλαχὴν τῶν ἐπιστημονικῶν ἀντιλήψεων, τῶν θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν ἐπιτεύξεων προσέκυψεν τὸ θαυμάσιον πνευματικὸν οίκοδόμημα τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς. Εἰς τὸν κατωτέρῳ πίνακα ἀναφέρονται οἱ Φυσικοί, οἱ τιμηθέντες μὲ τὸ βραβεῖον Νόμπελ, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖ τὴν ὄψιστην ἀναγνώρισιν τῆς ἀξίας ἐνὸς ἐπιστημονικοῦ ἔργου.

Βραβεῖα Nobel Φυσικῆς

"Ετος	"Όνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἐργασία του	Κράτος
1901	W. Röntgen 'Ακτῖνες X	Γερμανία
1902	H. Lorentz καὶ P. Zeeman 'Ηλεκτροοπτικὴ καὶ θεωρία ἡλεκτρονίων	Ολλανδία
1903	H. Becquerel, P. καὶ M. Curie Ραδιενέργεια	Γαλλία
1903	S. Arrhenius 'Ηλεκτρόλυσις	Σουηδία
1904	J. Rayleigh καὶ W. Ramsay Εύγενῆ δέρια	Αγγλία
1905	P. Lenard Καθοδικαὶ ἀκτῖνες	Γερμανία
1906	J. Thomson 'Εκκενώσεις ἐντὸς ἀραιωμένων δερίων	Αγγλία
1907	A. Michelson 'Οπτικαὶ μετρήσεις ἀκριβείας	Η. Πολιτεῖαι
1908	E. Rutherford Ραδιενέργεια, πρώτη τεχνητὴ μεταστοιχείωσις	Αγγλία
1908	G. Lippmann "Εγχρωμος φωτογραφία ἐπὶ τῇ βάσει τῆς συμβολῆς	Γαλλία
1909	C. Braun 'Ασύρματος τηλεγραφία	Γερμανία
1909	G. Marconi 'Ασύρματος τηλεγραφία	Ιταλία
1910	Van der Waals 'Εξίσωσις καταστάσεως δερίων	Ολλανδία
1911	W. Wien Θερμικὴ ἀκτινοβολία	Γερμανία
1911	M. Curie 'Ερευναι ἐπὶ τοῦ ραδίου	Γαλλία

Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1912	N. Dalen Τεχνικὴ τοῦ φωτισμοῦ	Σουηδία
1913	H. Kamerlingh Onnes Χαμηλαὶ θερμοκρασίαι, ὑγροποίησις τοῦ ἥλιου	'Ολλανδία
1914	M. Von Laue Κατασκευὴ τῶν χρυστάλλων	Γερμανία
1915	W. H. Bragg καὶ W. L. Bragg Παράθλασις ἀκτίνων X διὰ τῶν χρυσταλλικῶν πλεγμάτων	'Αγγλία
1917	C. Barkla Χαρακτηριστικὴ ἐκπομπὴ ἀκτίνων X τῶν στοιχείων	'Αγγλία
1918	M. Planck Θεωρία τῶν κβάντων	Γερμανία
1919	J. Stark Συμπεριφορὰ τῶν φασματικῶν γραμμῶν ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου	Γερμανία
1920	W. Nernst Θερμοχημεία, τρίτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα	Γερμανία
1920	C. Guillaume Μετρήσεις ἀκριβείας ἐπὶ τῶν χραμάτων	Γαλλία
1921	A. Einstein Θεωρία σχετικότητος, ίσοδυναμία μάζης καὶ ἐνεργείας	Γερμανία
1921	F. Soddy 'Ιστοπα	'Αγγλία
1922	N. Bohr Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου	Δανία
1922	F. Aston Φασματογραφία τῶν μαζῶν, διαχωρισμὸς τῶν ισοτόπων	'Αγγλία

Βραβεία Nobel Φυσικῆς

Έτος	Όνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1923	R. Millikan Στοιχειῶν τῆλεκτρικὸν φορτίον	Η. Πολιτεῖαι
1924	K. Siegbahn Φωσματοσκοπία τῶν ἀκτίνων X	Σουηδία
1925	J. Frank καὶ G. Hertz Κροῦσις ἡλεκτρονίου καὶ ἀτόμου	Γερμανία
1925	R. Zsigmondy Ἐρευνα κολλοειδῶν. Υπερμικροσκόπιον	Αὐστρία
1926	J. Perrin Μοριακὴ Φυσικὴ	Γαλλία
1926	T. Svedberg Μοριακὴ Φυσικὴ	Σουηδία
1927	C. Wilson Θάλαμος νεφώσεως	Αγγλία
1927	A. Compton Κροῦσις φωτονίου καὶ ἡλεκτρονίου	Η. Πολιτεῖαι
1928	O. Richardson Θερμοϊόντα	Αγγλία
1929	Louis de Broglie Τύπικὰ κύματα	Γαλλία
1930	C. Raman Διάχυσις τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν μορίων	Ινδίαι
1932	W. Heisenberg Κβαντομηχανικὴ	Γερμανία
1932	J. Langmuir Ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι, ὑψηλὸν κενὸν	Η. Πολιτεῖαι
1933	P. Dirac Κβαντομηχανικὴ	Αγγλία
1933	E. Schrödinger Κυματομηχανικὴ	Αὐστρία
1934	H. Urey Βρὺς ὑδρογόνον	Η. Πολιτεῖαι

Βραβεία Nobel Φυσικής

*Έτος	*Όνομα Φυσικού και έργασία του	Κράτος
1935	Irène Joliot—Curie καὶ F. Joliot Τεχνητή ραδιενέργεια	Γαλλία
1935	J. Chadwick 'Ανακάλυψες τοῦ νετρονίου	Αγγλία
1936	V. Hess Κοσμική ακτινοβολία	Αύστρια
1936	C. Anderson 'Ανακάλυψες τοῦ ποζιτρονίου εἰς τὰς κοσμικὰς ακτῖνας	Η. Πολιτεῖαι
1936	P. Debye Θεωρία τῶν κράντων, κρυσταλλικὴ δομὴ	Γερμανία
1937	G. Thomson Συμβολὴ ἡλεκτρονίων	Αγγλία
1937	C. Davission Κίνησις ἡλεκτρονίου	Η. Πολιτεῖαι
1938	E. Fermi Πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις μὲν νετρόνια	Ιταλία
1939	E. Lawrence Κύκλοστρον	Η. Πολιτεῖαι
1943	O. Stern Μοριακαὶ ἀκτῖνες	Η. Πολιτεῖαι
1944	O. Hahn Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Γερμανία
1944	I. Rabi Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Η. Πολιτεῖαι
1945	W. Pauli Δομὴ τοῦ ἀτόμου	Αύστρια
1946	P. Bridgman Φυσικὴ τῶν ὑψηλῶν πιέσεων	Η. Πολιτεῖαι
1947	E. Appleton 'Ιονόσφαιρα	Αγγλία
1948	P. Blackett Μετρήσεις ἐπί τῆς κοσμικῆς ακτινοβολίας	Αγγλία

Βραβεῖα Nobel Φυσικῆς

Έτος	Όνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1949	H. Yukawa Θεωρία ἐπὶ τῶν μεσονίων	Ιαπωνία
1950	C. Powell Φωτογραφία μεσονίων	Αγγλία
1951	J. Cockcroft καὶ E. Walton Ἐπιτάχυνσις σωματιδίων διὰ τὸν βομβαρδισμὸν τῶν ἀτομικῶν πυρήνων	Αγγλία
1952	F. Bloch καὶ E. Purcell Μέτρησις μεγεθῶν ὑποατομικῶν σωματιδίων	Η. Πολιτεῖαι
1953	F. Zernike Μικροσκόπιον φασικῆς ἀντιθέσεως	Ολλανδία
1954	M. Born καὶ W. Bothe Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος	Αγγλία, Γερμανία
1955	W. Lamb καὶ P. Kusch Ἐρευναι ἐπὶ φάσματος ὑδρογόνου	Η. Πολιτεῖαι
1956	J. Bardeen, W. Brattain, W. Shockley Φυσικὴ τῶν στερεῶν καὶ κρυστάλλων	Η. Πολιτεῖαι
1957	C. Yang καὶ T. Lee Θεωρητικὴ ἐρευναι	Η. Πολιτεῖαι
1958	P. Cherenkov, I. Tamm, L. Frank Ἀνακάλυψις ἀκτινοβολίας Cherenkov	Ρωσία
1959	E. Segrè καὶ O. Chamberlain Ἀντινουκλεόνια	Η. Πολιτεῖαι
1960	D. Glaser Ἀνακάλυψις τοῦ θαλάμου φυσαλλίδων	Η. Πολιτεῖαι
1961	R. Hofstadter Μελέτη ὑποατομικῶν σωματιδίων	Η. Πολιτεῖαι
1961	R. Moessbauer Ἐρευναι ἐπὶ τῶν ἀκτίνων γ	Γερμανία
1962	D. Landau Θεωρητικὴ ἐρευνα τῆς ūλης	Ρωσία

ΣΥΝΤΟΜΟΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΙ
ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ, ΟΙ ΟΠΟΙΟΙ ΗΣΧΟΛΗΘΗΣΑΝ ΜΕ ΘΕΜΑΤΑ
ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΕΙΣ ΤΟΝ ΠΑΡΟΝΤΑ ΤΟΜΟΝ

AMPÈRE (1775 - 1836). Γάλλος φυσικός και μαθηματικός. Ανεκάλυψεν τους νόμους της άμοιβαίας δράσεως των μαγνητών και των ρευμάτων και υπήρχε τόν μαγνητισμὸν εἰς τὸν ἡλεκτρισμόν, θεωρήσας τους μαγνήτας ὡς ἀθροισμὸν στοιχειῶδῶν σωληνοειδῶν.

ARAGO (1756 - 1854). Γάλλος φυσικός και ἀστρονόμος. Ήσχολήθη μὲ τὸν ἡλεκτρομαγνητισμὸν και κυρίως μὲ τὴν διπτικήν. Υποστηρικτῆς τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων ἐβοήθησε διὰ τὴν ἐπικράτησίν της.

BECOUREL (1852 - 1908). Γάλλος φυσικός. Ανεκάλυψεν τὴν ραδιενέργειαν.

BOHR (γεν. 1883). Δανός φυσικός. Διετύπωσεν ὑπόδειγμα τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου τῆς ὕλης, τὸ διπολὸν συνεπλήρωσεν ἀργότερον ὁ Γερμανὸς φυσικός Sommerfeld.

BROGLIE (Louis). Σύγχρονος Γάλλος θεωρητικός φυσικός. Ιδρυτής τῆς περιφήμου Κυματομηχανικῆς, ἡ ὧποια συνενώνει εἰς μίαν θεωρίαν τὰς δύο περὶ φωτὸς θεωρίας τῆς ἐκπομῆς και τῶν κυμάνσεων.

ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ (1564 - 1642). Ἰταλὸς μαθηματικός, φυσικός και ἀστρονόμος. Κατεσκεύασεν τὸ 1609 τὴν πρώτην διόπτραν, μὲ τὴν ὧποιαν ἔξετέλεσεν διαφόρους ἀστρονομικὰς παρατηρήσεις.

COULOMB (1736 - 1806). Γάλλος φυσικός. Ανεκάλυψεν τὸν εὐάίσθητὸν ζυγὸν στρέψεως, μὲ τὸν ὧποιον κατώρθωσεν νὰ διατυπώσῃ τους νόμους, οἱ ὧποιοι διέπουν τὰς μαγνητικὰς και ἡλεκτρικὰς ἔλξεις και ἀπώσεις. Εμελέτησεν τους νόμους τῆς τριβῆς και τῆς ἐλαστικότητος.

CROOKES (1822 - 1919). Ἀγγλὸς φυσικός και χημικός. Εφεύρεν τὸ ἀκτινόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν τῶν ἀκτινοβολιῶν και ἐμελέτησεν τὴν ἐκκένωσιν ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων.

CURIE. Πέτρος Κιουρὶ (1858 - 1906). Γάλλος φυσικός και χημικός. Ανεκάλυψεν τὰ φαινόμενα τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ, ἐσπούδασε τὰς μαγνητικὰς ἴδιότητας τῶν σωμάτων εἰς διαφόρους θερμοκρασίας και ἐν συνεργασίᾳ μὲ τὴν σύζυγὸν του ἐμελέτησεν τὴν ραδιενέργειαν.

Μαρία Κιουρὶ (1867 - 1934). Πολωνικῆς καταγωγῆς

έζησεν εἰς Γαλλίαν. Αἱ ἐργασίαι τῆς ἐπὶ τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων παραμένουν μνημειώδεις.

EINSTEIN (1879 - 1955). Γερμανός φυσικός. Ἰδρυτὴς τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος, εἰσήγαγεν τὴν ἔννοιαν τοῦ φωτονίου διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

FARADAY (1791 - 1867). Ἀγγλὸς φυσικὸς καὶ χημικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ἐπαγγικὰ ρεύματα καὶ τοὺς νόμους τῆς ἡλεκτρολύσεως.

FERMI (1901 - 1956). Ἰταλὸς φυσικός. Πρῶτος παρετήρησεν ὅτι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες τοῦ οὐρανίου, βομβαρδίζόμενοι μὲνετρόνια, διασπῶνται εἰς δύο νέους πυρῆνας.

FOUCAULT (1819 - 1868). Γάλλος φυσικός. Ἐμέτρησε τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς διαφόρων διαφανῶν μέσων καὶ ἐσπούδασε τὰ ἐπαγγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποῖα ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ σιδήρου τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἐτελειοποίησεν πολλὰ ὀπτικὰ ὅργανα καὶ ἰδιαιτέρως τὸ τηλεσκόπιον.

FRESNEL (1788 - 1827). Γάλλος φυσικός. Ἐξετέλεσεν ὥραιότατα πειράματα καὶ διετύπωσεν ἐρμηνείας τῶν φαινομένων τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως, τῆς πολώσεως καὶ τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων.

GAUSS (1777 - 1855). Γερμανὸς μαθηματικός, φυσικὸς καὶ ἀστρονόμος. Ἐσπούδασεν ἰδιαιτέρως τὰ μαγνητικὰ καὶ ἡλεκτρικὰ πεδία.

HENRY (1799 - 1878). Ἀμερικανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ρεύματα ἐξ αὐτεπαγωγῆς.

HERTZ (1857 - 1894). Γερμανὸς μηχανικός. Ἀπεκάλυψεν πειραματικῶς τὴν ὑπαρξίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων καὶ ἐμελέτησε τὴν διάδοσιν αὐτῶν.

UYGENS (1629 - 1695). Ὄλλανδὸς φυσικός, γεωμέτρης καὶ ἀστρονόμος. Ἐμελέτησεν τὴν διάθλασιν καὶ τὴν παράθλασιν τοῦ φωτός. Διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.

JOULE (1818 - 1889). Ἀγγλὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τοὺς νόμους, οἱ διόποι διέπουν τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν τῶν διαρρεομένων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

KAPTEΣΙΟΣ (1596 - 1650). Γάλλος φιλόσοφος, μαθηματικὸς καὶ φυσικός. Διετύπωσεν τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

LAPLACE (1749 - 1827). Γάλλος μαθηματικός και άστρονόμος. 'Η σχολή της μὲ διάφορα θέματα του ἡλεκτρισμοῦ.

LENZ (1804 - 1865). Ρώσος φυσικός. 'Η σχολή της μὲ θέματα του ἡλεκτρομαγνητισμοῦ και διεπύπωσεν τὸν νόμον σχετικῶς μὲ τὴν φορὰν τῶν ἐπαγγειῶν ρευμάτων.

MAXWELL (1831 - 1879). "Αγγλος φυσικός και μαθηματικός. Διεπύπωσεν τὴν περίφημον ἡλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν του φωτός.

NEYTON (1642 - 1727). "Αγγλος μαθηματικός, φυσικός, ἀστρονόμος και φύλαξερος. Διεπύπωσεν τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς διὰ τὴν ἔρμηνειαν τῶν ὄπτικῶν φαινομένων και ἀπέδειξεν ὅτι τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύνθετον.

OERSTED (1777 - 1851). Δανὸς φυσικός. 'Ανεκάλυψεν τὴν ἐπίδρασιν του ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

OHM (1787 - 1854). Γερμανὸς φυσικός. Διεπύπωσεν τὸν νόμον τῆς κυκλοφορίας του ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἑνὸς ἀγωγοῦ.

PLANCK (1858 - 1947). Γερμανὸς φυσικός. Διεπύπωσεν τὴν περίφημον θεωρίαν κβάντα, διὰ νὰ ἔρμηνεύσῃ τοὺς νόμους τῆς ἐκπομπῆς τῆς ἀκτινοβολίας ὑπὸ τῆς ὥλης.

RÖENTGEN (1845 - 1923). Γερμανὸς φυσικός. 'Ανεκάλυψεν τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὅποιαι φέρουν τὸ ὄνομά του.

RUHMKORFF (1803 - 1877). Γερμανὸς κατασκευαστὴς ὀργάνων Φυσικῆς, ζήσας ἐν Γαλλίᾳ. Κατεσκεύασε τὸ πρῶτον ἐπαγγειόν, τὸ ὄποιον ἐπενόησεν ὁ Masson.

RUTHERFORD (1871 - 1937). "Αγγλος φυσικός. Πρῶτος ἐπέτυχε νὰ βοιβαρδίσῃ μὲ σωματίδια α τὰ ἀτομα του ἀζώτου και νὰ ἐπιτύχῃ τὴν πρώτην τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν.

VOLTA (1754 - 1827). 'Ιταλὸς φυσικός. 'Εφεύρεν τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον, τὸ ὄποιον φέρει τὸ ὄνομά του.

WHETSTONE (1802 - 1875). "Αγγλος φυσικός. Κατεσκεύασεν τὸ 1838 τὴν πρώτην ἡλεκτρικὴν τηλεγραφικὴν συσκευήν, ἐτελειοποίησεν τὸ στερεοσκόπιον, ἐφεύρε τὸν ροοστάτην κ.α.

YOUNG (1773 - 1829). "Αγγλος φυσικός, ιατρός και ἀρχαιολόγος. 'Ανεκάλυψεν τὴν ίκανότητα προσαρμογῆς του κρυσταλλώδους φακοῦ και ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, πραγματοποιήσας φαινόμενα συμβολῆς του φωτός.

Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

Π Ι Ν Α Ζ 1

Ειδική άντιστασις εις μΩ · em (θερμοκρασία 20° C)

Σώμα	Ειδική άντιστασις	Συντελεστής θερμοκρασίας (α)
"Αργυρός	1,62	36 · 10 ⁻⁴
Χαλκός	1,72	40 · »
'Αργιλλίον	2,82	36 · »
Βολφράζιον	5,50	52 · »
Ψευδόχρυσος	5,92	35 · »
Νικέλιον	7,24	54 · »
Σίδηρος	9,80	50 · »
Λευκόχρυσος	10,50	36 · »
Μόλυβδος	21,00	40 · »
Νικελίνη	40,00	4 · »
Μαγγανίνη	44,00	0,1 · »
Κονσταντάν	50,00	0,1 · »
"Ανθραξ ἀποστακτήρων	60,00	— —
'Υδροχρυσός	95,78	9 · »

Π Ι Ν Α Ζ 2

Διηλεκτρική σταθερά	
'Αήρ	1
Χάρτης παραφινωμένος	2
'Εβρονίτης	2,8
'Ηλεκτρον	2,8
Ξύλον	2—8
Χαλαζίας	4,5
Παραφινέλαιον	4,7
"Γάλος	5—10
Μαρμαρυγίας	6
Πορσελάνη	6
Οινόπνευμα	26
"Υδωρ	81

Π Ι Ν Α Ζ 3
'Ηλεκτρικαὶ μονάδες

Φυσικὸν μέγεθος	Μονάς	Σχέσις μεταξὺ μονάδων
'Ηλεκτρικὸν φορτίον	1 ΗΣΜ	
"	1 Coulomb (1 Cb)	1 Cb = $3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ
"	1 άμπερώριον (1 Ah)	1 Ah = 3600 Cb
Δυναμικὸν	1 ΗΣΜ	
"	1 Volt (1 V)	1 V = 1/300 ΗΣΜ
Χωρητικότητας	1 ΗΣΜ	
"	1 Farad (1 F)	1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ΗΣΜ
"	1 microfarad (1 μ F)	1 μ F = 10^{-6} F
'Εντασις ρεύματος	1 Ampère (1 A)	
'Αντίστασις άγωγοῦ	1 Ohm (1 Ω)	
"	1 microhm (1 $\mu\Omega$)	1 $\mu\Omega = 10^{-6} \Omega$
'Εντασις μαγνητικοῦ πεδίου	1 Gauss	
Μαγνητική ροή	1 Maxwell (1 Mx)	
Συντελεστὴς αύτεπαγωγῆς	1 Henry (1 H)	

Π Ι Ν Α Ζ 4
Γενικαὶ φυσικαὶ σταθεραὶ

Ταχύτης φωτός εἰς τὸ κενόν	$c_0 = 2,99793 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον	$e = 1,6020 \cdot 10^{-19}$ Cb
Μᾶζα ἡλεκτρονίου	$m_e = 9,1066 \cdot 10^{-28}$ gr
Μᾶζα πρωτονίου	$M_p = 1,67248 \cdot 10^{-24}$ gr
Μᾶζα νετρονίου	$M_n = 1,67507 \cdot 10^{-24}$ gr
Μᾶζα άτομου ήδρογόνου	$M_H = 1,6734 \cdot 10^{-24}$ gr
Μᾶζα σωματιδίου α	$M_\alpha = 6,6442 \cdot 10^{-24}$ gr
Λόγος μᾶζης πρωτονίου πρὸς μᾶζαν ἡλεκτρονίου	$\frac{M_p}{m_e} = 1836,5$
1 μονὰς ἀτομικῆς μάζης	1 amu = $1,66 \cdot 10^{-24}$ gr
Σταθερὰ τοῦ Planck	$h = 6,625 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.
Σταθερὰ τελείων δερίων	$R = 8,31436 \cdot 10^7$ C.G.S.
Σταθερὰ παγκοσμίου ἔλξεως	$k = 6,67 \cdot 10^{-8}$ C.G.S.
'Αριθμὸς τοῦ Avogadro	$N_A = 6,0228 \cdot 10^{23}$ μόρια/mol
'Αριθμὸς τοῦ Loschmidt	$N_L = 2,687 \cdot 10^{28}$ μόρια/cm ³

Π Ι Ν Α Ζ 5

**Σχέσεις μεταξύ τῶν μονάδων τοῦ ἀγγλοσαξωνικοῦ συστήματος
καὶ τοῦ συστήματος μονάδων C.G.S.**

Μῆκος

1 ίντσα	(in)	= 2,540	cm
1 πούς	(ft)	= 30,48	cm
1 μίλιον	(mi)	= 5280	ft
1 μίλιον	(mi)	= 1609	m

Μᾶζα

1 χιλιόγραμμον (kgr)	= 2,205 πάουντ (lb)
------------------------	-----------------------

Ταχύτης

1 mi/h	= 44,7	cm/sec
1 ft/sec	= 30,48	cm/sec

Δύναμις

1 λίμπρα (lb)	= $4,45 \cdot 10^5$ dyn
-----------------	-------------------------

Πίεσης

1 άτμοςφαίρα (atm)	= 14,7 lb/in ²
1 lb/in ²	= 69,87 dyn/cm ²

Ἐργον – Ἐνέργεια

1 πούς · λίμπρα (ft · lb)	= 1,356 Joule
πούς λίμπρα (ft · lb)	= 0,3239 cal
1 cal	= 3,087 ft lb

'Ισχὺς

1 ιππος (HP)	= 746 Watt
»	= 550 ft · lb/sec

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

Α'. Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν

π, π'	ἀποστάσεις ἀντικειμένου και εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἢ τὸν φακὸν
R, R'	ἀκτίς καμπυλότητος σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
φ	έστιακή ἀπόστασις σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
A, E	μεριθή ἀντικειμένου και εἰδώλου
E/A	γραμμικὴ μεριθυνσις κατόπτρου ἢ φακοῦ
π	γωνία προσπτώσεως
δ	γωνία διαθλάσεως
ν	δείκτης διαθλάσεως ἢ συχνότητος
I	έντασις φωτεινῆς πηγῆς
Φ	φωτεινὴ ροή
P	ἰσχὺς φακοῦ ἢ μικροσκοπίου
M	μεριθυνσις μικροσκοπίου και τηλεσκοπίου
c	ταχύτης τοῦ φωτός
λ	μῆκος κύματος ἀκτινοβολίας

Β'. Εξισώσεις τῆς Οπτικῆς

Σφαιρικὰ κάτοπτρα

$$\varphi = R/2 \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi \quad E/A = \pi'/\pi$$

Κοῦλα κάτοπτρα :

$$\text{εἰδώλον πραγματικὸν} \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$\text{εἰδώλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$$

Κυρτὰ κάτοπτρα :

$$\text{εἰδώλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

$$\text{Διάθλασις τοῦ φωτός} \quad \nu = \eta\mu\pi / \eta\mu\delta \quad \nu = u_1/u_2$$

$$u_1 \text{ και } u_2 \text{ αἱ ταχύτητες τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ σώματα}$$

$$\text{'Ορικὴ γωνία } (\varphi) \quad \eta\mu\varphi = 1/\nu.$$

Πρίσματα

$$\nu = \eta\mu\pi_1 / \eta\mu\delta_1 \quad \nu = \eta\mu\pi_2 / \eta\mu\delta_2 \quad A = \delta_1 + \delta_2$$

$$E = \pi_1 + \pi_2 - A$$

$$\text{Α ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος και } E \text{ ἡ γωνία ἐκτροπῆς}$$

πτὰ πρίσματα

$$E = A \cdot (\nu - 1)$$

Έλαχιστη έκπροπη (E_{el}): $\pi_1 = \pi_2 \quad \delta_1 = \delta_2 \quad A = 2\delta_1$
 $v = \eta \mu \pi_1 / \zeta \mu \delta_1 \quad E_{\text{el}} = 2\pi_1 - A$

Συνθήκη έξόδου της άκτηνος έκ του πρίσματος: $A \leqslant v$
 φή δρική γωνία διὲ τὸ πρίσμα

Φακοί:

- 1) έστιακή άπόστασις $1/\varphi = (v - 1) \cdot (1/R - 1/R')$
- 2) θέσις εἰδώλου $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 3) μεγέθυνσις φακοῦ $E/A = \pi'/\pi$
- 4) ίσχὺς φακοῦ $P = 1/\varphi$

Ισχύς διμοιχονικοῦ σύστηματος φακῶν εύρισκομένων εἰς έπαφήν:
 $1/\varphi = 1/\varphi_1 + 1/\varphi_2 + 1/\varphi_3$

Συγχλίνοντες φακοί:

- 1) εἰδώλον πραγματικὸν $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 2) εἰδώλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$

Αποκλίνοντες φακοί:

$$\text{εἰδώλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

Φαινομένη διάμετρος (α) ἀντικειμένου $\alpha = AB/OA$
 AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ OA ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὸν ὄφθαλμὸν

Απλοῦν μικροσκόπιον:

- 1) ίσχὺς (P) $P = 1/\varphi \quad \text{ἢ} \quad P = \alpha/AB$
 - 2) μεγέθυνσις (M) $M = 1 + \delta/\varphi \quad \text{ἢ} \quad M = \delta/\varphi$
- α ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου, AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ

Σύνθετον μικροσκόπιον:

$$1) \text{ ίσχὺς } (P) \quad P = \frac{l}{\varphi_x \cdot \varphi_a}$$

$$2) \text{ μεγέθυνσις } (M) \quad M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_x \cdot \varphi_a}$$

φ_x καὶ φ_a αἱ ἔστιακαὶ ἀποστάσεις προσοφθαλμίου καὶ ἀντικειμενικοῦ, l ἡ μεταξὺ των ἀπόστασις καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως

Μεγέθυνσις (M) τηλεσκοπίου

$$M = \varphi_a / \varphi_\pi$$

Φωτομετρία :

1) άλική φωτεινή ροή (Φ_{ολ}) πηγῆς

$$\Phi_{\text{ol}} = 4\pi \cdot I$$

I ή έντασις τῆς πηγῆς και $\pi = 3,14$

2) φωτισμὸς (E) ἐπιφανείας

$$E = (I^2/R) \cdot \text{συνα}$$

R ή ἀπόστασις τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν και α ἡ γωνία προσπτώσεως τῶν ἀκτίνων

3) Μέτρησις έντασεως

$$I_A : I_B = R_A^2 : R_B^2$$

R_A και R_B αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἔξ
ίσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν'

Ίσοδυναμία φωτεινῆς ροῆς και μηχανικῆς ίσχύος: 1 Lumen = 0,01 Watt

Εξίσωσις κυμάνσεων :

$$v = v \cdot \lambda$$

Ἐνέργεια φωτονίου

$$q = h \cdot v$$

η συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας, h ή σταθερὰ τοῦ Planck και q η
ἐνέργεια τοῦ φωτονίου

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Α' Φυσικὰ μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν

m	ποσότης μαγνητισμοῦ ή μαγνητική μᾶζα
α	ἀπόστασις
σ	ἐπιφάνεια
H	έντασις μαγνητικοῦ πεδίου
Φ	μαγνητική ροή
$\Delta\Phi$	μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς
F	δύναμις
Q, q	ἡλεκτρικὸν φορτίον
E	έντασις ἡλεκτρικοῦ πεδίου
U	δυναμικόν, διαφορὰ δυναμικοῦ, τάσις
C	χωρητικότης
W	ἔργον, ἐνέργεια
P	ίσχυς

t	χρόνος
I	έντασις ρεύματος
l	μῆκος
R	άντιστασις
r	άκτις σφαιρίτική άντιστασις γεννητρίας
E	ήλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας
E'	άντηλεκτρεγερτική δύναμις αποδέκτου
L	συντελεστής αύτεπαγωγής

B'. Εξισώσεις τοῦ Μαγνητισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = m_1 \cdot m_2 / \alpha^2$
"Εντασις μαγνητικοῦ πεδίου	$H = F/m$
Μαγνητικὴ ροὴ	$\Phi = \sigma \cdot H$

T'. Εξισώσεις τοῦ Ηλεκτρισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / \alpha$
K ἡ σταθερὰ τοῦ Coulomb	έξαρτωμένη ἐκ τοῦ διηλεκτρικοῦ
"Εντασις ηλεκτρικοῦ πεδίου	$E = F/q \quad \text{ἢ} \quad E = Q/\alpha^2$
Q τὸ φορτίον τὸ παράγον τὸ πεδίον, q τὸ φορτίον τὸ φερόμενον εἰς	
άπόστασιν α ἀπὸ τὸ φορτίον Q καὶ F ἡ δύναμις ἡ ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ	
φορτίου q	
"Εργον κατὰ τὴν μεταφορὰν ηλεκτρικοῦ φορτίου	$W = Q \cdot (U_1 - U_2)$
Xωρητικότης	$C = Q/U$
Δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἀκτῖνος r :	$U = Q/r$
"Ενέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	$W = Q \cdot U/2 = C \cdot U^2/2 = Q^2/2C$
"Εντασις τοῦ ρεύματος	$I = Q/t$
Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμῆμα ἀγωγοῦ	$U = I \cdot R$
'Αντίστασις ἀγωγοῦ	$R = \rho \cdot l/\sigma$
ρ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου	
Μεταβολὴ τῆς ἀντίστασεως 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 ηντιστάσεων :

κατά σειράν

παραλλήλως

Ένέργεια ηλεκτρικοῦ ρεύματος

Ισχὺς ηλεκτρικοῦ ρεύματος

Νόμος τοῦ Joule

$Q = \text{ποσότης θερμότητος εἰς θερμίδας (cal)}$

Ισχὺς γεννητρίας

Ισχὺς ἀποδέκτου

$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$1/R_{\text{ολ}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \eta \quad W = I^2 \cdot R \cdot t$$

$$P = U \cdot I \quad \eta \quad P = I^2 \cdot R$$

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$$

$$P = E \cdot I$$

$$P = E' \cdot I$$

Κλειστὸν κύκλωμα :

1) Χωρὶς ἀποδέκτην

2) μὲ ἀποδέκτην

3) διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας $U = E - I \cdot r$

Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν :

1) σύνδεσις κατά σειράν

2) παράλληλος σύνδεσις

$$E = I \cdot R_{\text{ολ}}$$

$$E = E' + I \cdot R_{\text{ολ}}$$

Νόμος ηλεκτρολύσεως

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

$$v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot I \cdot t$$

A/v τὸ χημικὸν ίσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ m ἡ ἀποτιθεμένη μᾶζα
τοῦ στοιχείου

Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος :

1) εύθυγραμμος ἀγωγὸς

$$H = \frac{2I}{10\alpha}$$

2) σωληνοειδὲς

$$H = \frac{4\pi}{10} \cdot v \cdot I$$

ν ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους τοῦ σωλη-

νοειδοῦς

Δύναμις ἀσκουμένη ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος $F = \frac{1}{10} \cdot I \cdot H \cdot l$

Ἐπαγωγικὴ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις $E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta \Phi}{t}$

Ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς $E = L \cdot \frac{\Delta I}{t}$

Έναλλασσόμενον ρεύμα:

στηργικία τάσις
στηργικής έντασης
ένεργης τάσις
ένεργης έντασης

$$\begin{aligned} U &= U_0 \cdot \eta \mu \omega \\ I &= I_0 \cdot \eta \mu \omega \\ U_{ev} &= 0,707 \cdot U_0 \\ I_{ev} &= 0,707 \cdot I_0 \end{aligned}$$

Μετασχηματιστής:

ένέργειαι
τάσεις
έντασεις ρευμάτων
 v_1 και v_2 αἱ σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος (U_1, I_1) καὶ τοῦ δευτερεύοντος (U_2, I_2) κυκλώματος

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

$$U_2 : U_1 = v_2 : v_1$$

$$I_1 : I_2 = v_2 : v_1$$

Πυκνωτής:

1) ήλεκτρικὸν 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) ένέργεια 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 $C_{ol} = C_1 + C_2 + C_3$

5) σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειρὰν $1/C_{ol} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$

6) έντασις όμογενοῦς ήλεκτρικοῦ πεδίου $E = U/l$

l ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν

Περίοδος ήλεκτρικῶν 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 ἀριθμός, Ζ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου ἐμφαίνων καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, N ἀριθμὸς νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

· Αρχὴ ισοδυναμίας μάζης καὶ ένεργείας $W = m \cdot c^2$.

μ μᾶζα ἀφυλοποιουμένη, ε ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν
W ἡ ισοδύναμος ένέργεια.

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

(Οἱ ἀριθμοὶ παραπέμπουν εἰς τὰς σελίδας)

Α

αλόηρ	101
ἀκουστικὸν	203
ἀκτῖνες α., β., γ.	278
» Röntgen	245
ἀκτινοβολία	87
ἀκτινολογία	247
ἀκτινέρχων	255
ἀλυσιδὴ ἀντίδρασις	288
Ampère	165
ἀμπερόμετρον	207
ἀμπερώματα	194
ἀνάλισις φωτὸς	19
ἀνάλισις φωτὸς	87
ἀναλύτης	107
ἄνοδος	164
ἀντιλεκτρεγερτική δύναμις	183
ἀντεύλη	296
ἀνόρθωτις	260
ἀντικατοπτρισμός	44
ἀντιστασις ἀγωγοῦ	168
ἀντιστροφὴ γραμμῶν	115
ἀποδέκτης	184
ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς	99
ἀρχὴ ἀντιστρόφου πορείας	24
ἀστροφυσική	117
ἀστρίσειαι	178
ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις	43
ἀτομικὴ βόμβα	288
» ἐνέργεια	288
ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ	289
ἀτομικὸς ἀριθμός	280
ἀτομον	280

αὐτεπαγωγὴ

ἀγωματικὸς φακός

214

65

Β

βαρὺς θδωρός

286

Volt

154

βολτάμετρον

164, 187

βολτόμετρον

207

Γ

γαλβανόμετρα

207

γαλβανοπλαστική

191

γεννήτριαι

162

γήινον μαγνητικὸν πεδίον

140

γραμματί Fraunhofer

89

γωνία ἐκτροπῆς

47

» πολώσεως

107

Gauss

137

Geiger ἀπαριθμητής

292

Δ

δείκτης διαθλάσσεως

39

δέκτης

202

δευτέριον

285

διάλασις φωτὸς

38

διαφορὰ δύναμικοῦ

153

» φάσεως

157

διάγυστος

19, 125

διαχωριστικὴ ικανότης

80

διεγέρτης Hertz

262

διηλεκτρικὴ σταθερὰ

234

δίοδος λυχνία

244

διόπτρα	78	ἡλεκτρικὸς συσσωρευτής	19 ²
διπλῆ διάθλασις	109	ἡλεκτρόλουσις	186
δυναμικαὶ γραμμαὶ	134, 150	ἡλεκτρολυτικὴ δίχτασις	187
δυναμικὸν	153	ἡλεκτρομαγνήτης	200
E		ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία	264
εἰδικὴ ἀντίστασις	169	ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον	263
εἴδωλον	21	ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	251
ἐκλείψεις	14	ἡλεκτρόβολον	159
ἐκτροπὴ σφαιρικὴ	36, 64	ἡλεκτροσκόπιον	146
» ἀστιγματικὴ	36, 64	ἡλεκτροχημικὸν ισοδύναμον	190
» χρωματικὴ	64	ἥμιτονοειδὲς ρεῦμα	223
ἐλαχίστη ἐκτροπὴ	48	E	
ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια	160	θερμικὴ ἐκπομπὴ, ἡλεκτρονίων	244
ἐναλλακτῆρες	221	θερμικό δργανα	208
ἐναλλασσόμενον ρεῦμα	222	θάλαμος Wilson	292
ἐνεργὸς ἔντασις	225	θερμογλεκτρεγερτικὴ δύναμις	195
» τάσις	225	θερμογλεκτρικὸν ρεῦμα	195
ἔντασις ρεύματος	165	» στοιχεῖον	195
ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς	93	θεωρία ἐκπομπῆς	100
ἐπαγωγεὺς	216	» κυμάνσεων	101
ἐπαγωγικὰ ρεύματα	209	· κβάντα	123
ἐπαγωγικὸν πηνίον	230	» ἡλεκτρομαγνητικὴ	101
ἐπαγώγιμον	216	I	
ἐπιμετάλλωσις	191	Ιονισμὸς ἀερίου	243
ἐπίπεδον πολώσεως	107	Ιόντα	160, 188
» κραδασμῶν	108	Ισότοπα στοιχεῖα	285
ἐστιακὴ ἀπόστασις	27, 33, 55	Ισχὺς ἀποδέκτου	183
ἐστιακὸν ἐπίπεδον	28, 55	» γεννητρίας	179
ἐσωτερικὴ ἀντίστασις	181	» ρεύματος	175
H		» φακοῦ	63
ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις	180	» μικροσκοπίου	72
ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ	216	Ιονόσφαιρα	253
» ταλαντώσεις	256	K	
ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις	238	καθοδικαὶ ἀκτῖνες	240
» κάμινος	178	καθόδος	164, 238, 245
ἡλεκτρικὸν πεδίον	149	κάτοπτρα	19
ἡλεκτρικὸν ρεῦμα	161	κεραυνός	254
» δίπολον	262	κηρίον	94
» φορτίον	147		
ἡλεκτρικὸς κώδων	201		

κινητήρες	218, 222	N
κοσμική άκτινοβολία	253, 291	
Coulomb	147	
κυκλική συχνότης	223	
κύκλωμα	166	
κυρία ἔστια	27, 55	
κύριος δέκαν	25	
κύτταρον σεληνίου	171	
χροσσοί συμβολῆς	102	
χρυσταλλικός φωρατής	260	
Λ		
λαμπτήρ ήλεκτρικός	177	
Lumen	95	
Lux	95	
M		
μαγνητόφωνον	276	
μαγνητική απόκλισις	138	
» διαπερατότης	200	
» έγχλισις	139	
» έπαγωγή	209	
» θύελλα	142	
» ροή	137	
μαγνητικὸν δίπολον	133	
» πεδίον	135, 197	
» φάσμα	134	
μαζικός αριθμός	283	
Maxwell	138	
μεγάφωνον	204	
μεγέθυνσις γραμμική	30, 57	
μεσόνα	291, 296	
μεταστοιχείωσις	287	
μετασχηματισταὶ	228	
μηχανικὸν ισοδύναμον φωτός	99	
μικροκύματα	270	
μικροσκόπιον	72, 75	
μικρόφωνον	203	
μικροφωτογραφία	78	
μονοφασικὸν ρεῦμα	222	
μυωπία	68	
Π		
δική άνάκλασις	42	
διμήνιον κινηματογράφος	274	
δημογενὲς πεδίον	137, 237	
δπαὶ Young	105	
δπτικὸν κέντρον	54	
δπτικός δέκαν	110	
δρατὸν φῶς	265	
δρικὴ γωνία	40	
ούρανον τόξον	91	
Ohm	168	
Π		
παράθλασις φωτός	102	
περιοδικὸν σύστημα	282	
περισκόπιον	84	
πηγὴ Ruhmkorff	230	
πικάπ	276	
πλάτος ἐντάσεως	224	
» τάσεως	223	
ποζιτρόνιον	286	
πόλοι γεωητρίας	162	
πολικὸν σέλας	256	
πόλωσις φωτός	106	
» ήλεκτροδίων	192	
πολωτής	107	

πολωτικὸν σῶμα	112	σωλὴν Braun	247
πομπὸς	202	» Coolidge	245
ποσότης μαγνητισμοῦ	133	» Crookes	239
πρίσμα Nicol	111	» Geissler	288
πρισματικὴ διόπτρα	82	σωληνοειδὲς	198
προβολεὺς	84		
προσαρμογὴ	67		
πρωτόνιον	159, 283		
πυκνωταὶ	232	T	
πυρὴν ἀτέμου	158	ταλαντώσεις ἡλεκτρικαὶ	256
P		τάσις	153
ραδιενέργεια	277	ταχύτης φωτὸς	15
ράδιον	277	τεχνητὰ ραδιενεργά	287
ραδιόφωνα	269	τηλέγραφος	201
ραντάρ	270	τηλεόρασις	271
ρεύματα Foucault	213	τηλεπικοινωνίαι	266
ροοστάται	273	τηλεσκόπιον	83
Röntgen ἀκτῖνες	245	τηλέφωνον	203
Rutherford	287	τηλεφωτογραφία	250
S		τρίοδος λυχνία	248
σκοτεινὸς θάλαμος	14	τριφασικά ρεύματα	226
σπινθηριστής	262	τύπος Thomson	257
σταθερὰ Planck	123		
σταθερὰ Faraday	190		
στερεοκτίνον	92	Y	
στερεοσκοπία	70		
στοιχεῖα	194	ὑπερβραχέα κύματα	270
» Leclanchè	194	ὑπεριώδεις ἀκτῖνες	119
στοιχειώδεις μαγνῆται	131	ὑπερμετρωπία	68
στοιχειώδεις φορτίον	159	ὑπερόνια	291
συγκλίνων φακός	55	ὑπερουράνια στοιχεῖα	290
συλλέκτης	217	ὑπέρυθροι ἀκτῖνες	118
συμβολὴ φωτὸς	101	ὑψηλογυγά ρεύματα	231
συνεχὲς ρεῦμα	165		
συντελεστής αὐτεπαγωγῆς	215	Φ	
συντονισμὸς	261	φαινόμενον Edison	244
συρμὸς ταλαντώσεων	259	φακός	52
συσταρευταὶ μολύβδου	193	Farad	156
» ἀλκαλικοὶ	194	φάσις	226
		φάσμα απορροφήσεως	115
		» γραμμῶν	114
		» ἥλιακὸν	89
		» συνεχὲς	113
		» συνστακόν	265

Φασματοσκοπική άνάλυσις	116	Φωτοηλεκτρικόν φαινόμενον	249
Φασματοσκόπιον	90	Φωτοηλεκτρόνια	249
Φθορισμός		Φωτοκύτταρον	250
Φυσικός μαγνήτης	121	Φωτομετρία	250
Φωνοληψία	129	Φωτόμετρον Bunsen	97
Φῶς πεπολωμένον	274	Φωτόνια	98
Φῶς φυσικόν	106		124
Φωσφορισμός	106		
Φωταύγεια	122	X	
Φωτεινή πηγή	122	χειριστήριον	
» ροή	11	χρῶμα σωμάτων	202
Φωτισμός	94	χωρητικότης	124
Φωτογραφία	94	Henry	155
	126	Huygens	215
			101



024000025581

ΕΚΔΟΣΙΣ ΙΒ', 1971 (V) — ANT. 42.000 — ΣΥΜΒ. 2132/15-4-1971
ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ «Κ. ΚΟΝΤΟΓΟΝΗ - Α. ΜΑΛΙΚΟΥΤΗ Ο.Ε.»

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

$$W = \frac{1}{2} Q \cdot V = W = \frac{1}{2} Q \cdot V^2$$

