

ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

# ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Ε' και Στ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ  
ΕΚΔΟΣΕΩΣ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ  
ΒΙΒΛΙΩΝ  
ΑΘΗΝΑΙ  
1969

F

2

φετ

Mafros (Agiroos E)

ΦΧΣΙΚΗ ΕΣΤ/Γ = 235

Φ Υ Σ Ι Κ Η  
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ



ΔΩΡΕΑ  
ΕΘΝΙΚΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ



E 2 φεβ  
Νοέμβριος (Αργυρούσας Ε.)  
ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. MAZH//

# Φ Υ Σ Ι Κ Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Ε' και Στ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

Α Θ Η Ν Α Ι 1969

002  
Η ΝΕ  
ΕΤ2Β  
ISF4

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ Γ.	'Επίτομος Φυσική
ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ Κ.	Φυσική ( τόμος II )
MAZH A.	Φυσική ( τόμος II και III )
MAZH A.	'Η διάσπασις του άτρομου
ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ Κ.	Φυσική ( τόμος II )
ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Χ.	'Η γένεσις της έπιστημης
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 Π Τ Ι Κ Η

#### ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

δον.—41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.—42. Εἴδωλον ἀντικειμένου.—43. Εἴδωλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.—44. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακούς .....	Σελὶς 55 - 59
B'. Ἀποκλίνοντες φακοὶ	
45. Κυρίᾳ ἔστια.—46. Εἴδωλον ἀντικειμένου.—47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν .....	59 - 62
Γ'. Ἰσχὺς καὶ σφάλματα τῶν φακῶν	
48. Ἰσχὺς φακοῦ.—49. Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.—50. Σφάλματα τῶν φακῶν .....	63 - 66
<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ</b>	
51. Κατασκευὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.—52. Κανονικὸς ὀφθαλμός. Προσαρμογή.—53. Πρεσβυωπία.—54. Μύωψ καὶ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμός.	66 - 71
55. Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—56. Διόφθαλμος ὅρασις. Στερεοσκοπία.—57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως .....	
ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ	
58. Ὁπτικὰ ὅργανα .....	72
Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ	
59. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστικὴ ίκανότης τοῦ μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ .....	72 - 78
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
<b>ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ</b>	
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	

τοῦ φωτός.—94. Πόλωσις τοῦ φωτός.—95. Ἐρμηνεία τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.—96. Διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός.—97. Ἐρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—98. Πολωτικαὶ συσκευαὶ . . . . .	Σελίς 100 - 113
<b>ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ</b>	
A'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ	
99. Φάσματα ἐκπομπῆς.—100. Φάσματα ἀπορροφήσεως.— 101. Φάσματα ἀπορροφήσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—102. Τὸ δηλιακὸν φῶς.— 103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις.—104. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων . . . . .	113 - 118
B'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ	
105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολίαι.—106. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—108. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. 109. Φθορισμός.—110. Φωσφορισμός.—111. Φωταύγεια.—112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.—113. Θεωρία τῶν κράντα.—114. Φύσις τοῦ φωτός . . . . .	118 - 124
C'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ—ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ	
115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ.—117. Φωτογραφία . . . . .	124 - 128
<b>ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ</b>	
<b>ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ</b>	
ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ	
118. Θεμελιώδεις ἔννοιαι.—119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—120. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.—121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.— 122. Στοιχειώδεις μαγνῆται.—123. Νόμος τοῦ Coulomb.—124. Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ . . . . .	129 - 134
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ	
125. Μαγνητικὸν φάσμα.—126. Μαγνητικὸν πεδίον.—127. Διεύθυνσις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.—128. Μαγνητικὴ ροή . . . . .	134 - 138
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ	
129. Μαγνητικὴ ἀπόλυτισις.—130. Μαγνητικὴ ἔγκλισις.—131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.—132. Ἐντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.—133. Ναυτικὴ πυξίς . . . . .	138 - 144
<b>ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ</b>	
<b>ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ</b>	
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. Ἀγαγόδες ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—142. Δυναμικόν.—143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.—144. Μονάδες δυναμικοῦ.—145. Σχέσεις μεταξὺ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότητης σφαῖρικοῦ ἀγωγοῦ.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ . . . . .	149 - 158
<b>ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ</b>	
148. Στοιχεῖῶντες ἡλεκτρικὸν φορτίον.—149. Ἐμφάνισις ἡλεκτρικῶν φορτίων.—150. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων . . . . .	158 - 161
<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ</b>	
151. Παραγωγὴ ροῆς ἡλεκτρονίων.—152. Εἰδὴ γεννητριῶν.—153. Δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. 154. Ἐντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—155. Κύκλωμα . . . . .	161 - 167
<b>ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ</b>	
156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—157. Νόμος τοῦ Ohm διὰ τιμῆμα ἀγωγοῦ.—158. Μονάδες ἀντιστάσεως.—159. Ἀντιστασὶς 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
<b>ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ</b>	
166. Ἐνέργεια καὶ ισχὺς τοῦ ρεύματος.—167. Νόμος τοῦ Joule.—168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος . . . . .	175 - 179
<b>ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ</b>	
169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα.—171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μὲν γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τιμῆμα κυκλώματος.—174. Κύκλωμα μὲν συστοιχίαν γεννητριῶν . . . . .	179 - 186
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΣΙΣ</b>	
175. Ἡλεκτρολύται.—176. Παραδείγματα ἡλεκτρολύσεων.—177. Νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.—178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως.—179. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—180. Συσσωρευταὶ.—181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον . . . . .	186 - 196
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ</b>	
183. Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος.—184. Μαγνητικὸν πεδίον εὐθυγράμμου ρεύματος.—185. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.—186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—187. Ἡλεκτρομαγνήτης.—188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.—189. Ἐπιδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.—190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρ.	

	Σελίς
191. "Οργανα ήλεκτρικῶν μετρήσεων .....	196 - 209
<b>ΕΠΑΓΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ</b>	
192. Παραγωγὴ τῶν ἐπαγγεικῶν ρευμάτων.—193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγγεικῶν ρευμάτων.—194. Φορὰ τοῦ ἐπαγγεικοῦ ρεύματος.—195. Ἐπαγγεικὴ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—196. Ρεύματα Foucault.—197. Αὐτεπαγωγὴ .....	209 - 226
<b>ΤΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ</b>	
198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ.—199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.....	216 - 220
<b>ΤΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ</b>	
202. Ἐναλλακτῆρες.—203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—204. Ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.—205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις.—206. Τριφασικὰ ρεύματα.....	220 - 228
<b>ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ</b>	
207. Μετασχηματισταὶ.—208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—209. Ἐπαγγεικὸν πηγὸν .....	228 - 232
<b>ΠΥΚΝΩΤΑΙ</b>	
210. Πυκνωταὶ.—211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.—215. Ὁμογενὲς ήλεκτρικὸν πεδίον .....	232 - 238
<b>ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ</b>	
216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—217. Λαμπτῆρες μὲν ἀραιὸν ἀερίου.—218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.—219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ..	238 - 244
<b>ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ KENON</b>	
221. Θερμικὴ ἐποπτὴ ήλεκτρονίων.—222. Ἀκτῖνες Röntgen.—223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.—224. Σωλὴν Braun.—225. Τριόδος λυχνία.—226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.—227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—228. Ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον .....	244 - 252
<b>ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ</b>	
229. Ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.—230. Διαρκὴς ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.—231. Τὸ γήινον ήλεκτρικὸν πεδίον.—232. Πολικὸν σέλας .....	252 - 256
<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ</b>	
233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. — 234. Φθίνουσαι ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. — 235. Ἀμείωτοι ήλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. — 236. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων. — 237. Διέγερσις ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ .....	256 - 261

## ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.—239. Ἡλεκτρομαγνητικά κύματα.— 240. Μῆκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας .....	Σελὶς 261 - 265
--	--------------------

## ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαὶ.—244. Πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—245. Δέκται ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφωνον.—247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἰδη κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία.... ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ 251. Ὁμιλῶν κινηματογράφος.—252. Μαγνητόφωνον.—253. Ἀναπαραγωγὸς ἥχου .....	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. Άλι τέσσαρες σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων .....	277 - 280
---	-----------

#### ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ἀτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.—260. Ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.—262. Ἀτομικὴ μᾶζα καὶ μαζικὸς ἀριθμός.—263. Συμβολικὴ γραφὴ τῶν ἀτομικῶν πυρῆνων.—264. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—265. Ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.—266. Ἰστόποια στοιχεῖα.—267. Ποζιτρόνιον .....	280 - 287
---	-----------

#### ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

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

#### Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

‘Η ἔξελιξις τῆς διπτικῆς. ‘Η ἔξελιξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ .....	301 - 314
---	-----------

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

# Ο Π Τ Ι Κ Η

## ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

**1. Όρισμοί.—** Καλοῦμεν φῶς τὸ αἴτιον, τὸ ὅποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς όράσεως. Ἐν σώμα εἶναι όρατόν, ἐὰν στέλη φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας. Μερικὰ σώματα ἔκπεμπουν ἀφ' ἔχυτῶν φῶς καὶ διὰ τοῦτο ὄνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἡ φωτειναὶ πηγαὶ (ὁ "Ηλιος, αἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, αἱ φλόγες κ. ἄ.).

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

Μερικὰ σώματα ἡ φήνουν τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται διαφανῆ σώματα (ὕαλος, ἀήρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἡ φήνουν τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται ἀδιαφανῆ σώματα (ξύλον, πλάκι μετάλλου κ.ἄ.). Τέλος μερικὰ σώματα ἡ φήνουν τὸ φῶς νὰ διέρχεται, χωρὶς δμως νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν τὸ σχῆμα τῶν φωτεινῶν ἀντικειμένων· τὰ σώματα αὐτὰ καλοῦνται ἡμιδιαφανῆ (γαλακτόχρους ὕαλος). Ἡ ἀνωτέρω διάκρισις τῶν σωμάτων εἰς διαφανῆ, ἀδιαφανῆ καὶ ἡμιδιαφανῆ δὲν εἶναι ἀπόλυτος. Διότι τὸ ὕδωρ, ὅταν σχηματίζῃ στρῶμα μεγάλου πάχους, εἶναι ἀδιαφανές· ἀντιθέτως, πολὺ λεπτὸν φύλλον χρυσοῦ εἶναι ἡμιδιαφανές.

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

**2. 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 ἔκπεμπεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν διαδίδεται καὶ τ' εὐθεῖαν γραμμήν. Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα πολλῶν διπτικῶν φαινομένων ἀπέδειξε τὸν ἀκόλουθον νόμον τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός:

Ἐντὸς δόμογενοῦς καὶ ἴσοτρόπου μέσου τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

Ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτὸς ἐπαληθεύεται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸ ἔξης ἀπλούστατον πείραμα (σχ. 1). Λαμβάνομεν δύο ἀδια-

φανῆς διαφράγματα  $E_1$  καὶ  $E_2$ , ἐκαστον τῶν ὄποιαν φέρει μικρὰν κυκλικὴν ὅπήν.

Ἐν λευκὸν νῆμα διέρχεται διὰ τῶν δύο ὅπῶν  $O_1$  καὶ  $O_2$ .

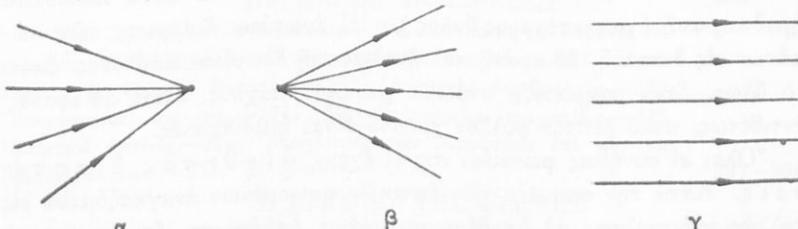
Οπισθεν τοῦ διαφράγματος  $E_1$  τοποθετοῦμεν φωτεινὴν πηγὴν,

οπισθεν δὲ τοῦ διαφράγματος  $E_2$  φέρομεν τὸν ὀφθαλμόν μας.

Οταν ἐπιτύχωμεν νὰ βλέπωμεν τὴν πηγὴν διὰ μέσου τῶν ὅπῶν  $O_1$  καὶ  $O_2$ , τότε τεί-

νοῦμεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ὅπαι  $O_1$ ,  $O_2$  καὶ ὁ ὀφθαλμός μας εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας γραμμῆς, ἐπὶ πλέον δὲ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ νῆμα φωτίζεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος του.

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



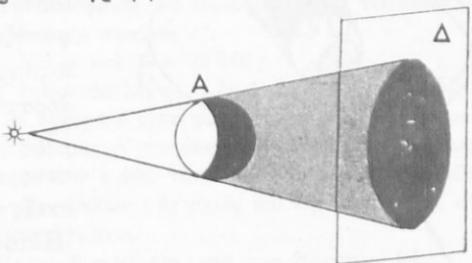
Σχ. 2. Εἰδη φωτεινῶν δεσμῶν (α συγκλίνουσα, β ἀποκλίνουσα, γ παράλληλος). τὰς κατευθύνσεις. Πολλαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦν μίαν φωτεινὴν δέσμην. Εάν δλαι αἱ ἀκτῖνες μᾶς φωτεινῆς δέσμης διέρχωνται δι' ἐνὸς σημείου,

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

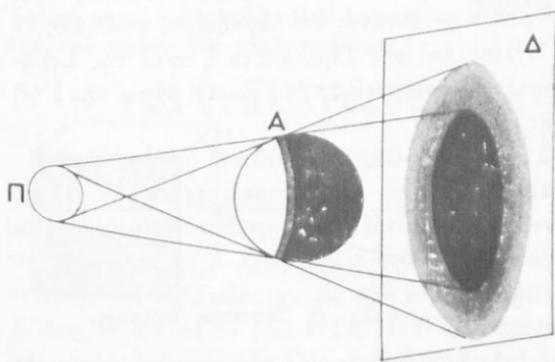
#### 4. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

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

Ἐὰν ή φωτεινὴ πηγὴ εἰναι σημεῖον (σχ. 3), τότε ἡ μετάβασις ἀπὸ τὴν σκιερὰν εἰς τὴν φωτεινὴν περιοχὴν γίνεται ἀποτόμως. Ἐὰν δῆμας ή φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις (σχ. 4), τότε ὅπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ή σκιά, ἀφ' άλλος, εἰς τὴν διπτικὴν σκιά, ητοι μία περιοχὴ, ἐντὸς τῆς διπτικῆς εἰσέρχονται φωτειναὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ



Σχ. 3. Σχηματισμὸς σκιᾶς.

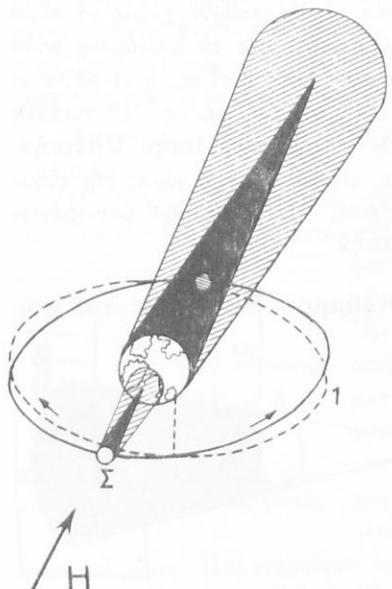


Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιᾶς καὶ παρασκιᾶς.

περιοχὴν γίνεται ἀποτόμως. Ἐὰν δῆμας ή φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις (σχ. 4), τότε ὅπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ή σκιά, ἀφ' άλλος, εἰς τὴν διπτικὴν σκιά, ητοι μία περιοχὴ, ἐντὸς τῆς διπτικῆς εἰσέρχονται φωτειναὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ

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

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

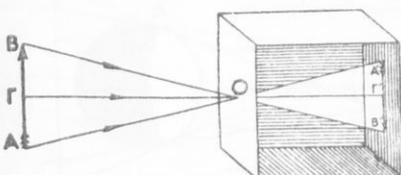


Σχ. 5. Ἐξήγησις τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.  
(1 ἐκλειπτική, 2 τροχιά Σελήνης).

παρεμβληθῇ μεταξὺ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνδὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Σελήνης, οἱ εὐριστάμενοι ἐντὸς τῆς σκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὅλικὴν ἐκλειψίν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ διποῖοι θὰ εὑρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴν ἐκλειψίν τοῦ Ἡλίου.

γ) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ

σκοτεινὸς θάλαμος εἶναι κλειστὸν κιβώτιον, φέρον μικρὰν ὅπῃν Ο (σχ. 6). Ἐάν ἐμπροσθεῖ τῆς ὅπῃς τοποθετηθῇ φωτεινὸν ἀντικείμενον ΑΒ, τότε ἐπὶ τῆς ἀπέναντι τῆς ὅπῃς ἐπιφανείας σχηματίζεται ἀνεστραμ-



Σχ. 6. Σκοτεινὸς θάλαμος.

μένον τὸ εἰδωλον Α'Β' τοῦ ἀντικειμένου. 'Ο σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου τούτου είναι συνέπεια τῆς εύθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου Α'Β' προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΓ'}{ΟΓ}$$

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Φωτεινὴ πηγή, ἡ ὅποια θεωρεῖται ὡς σημεῖον, εύρισκεται 5 m ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους. Πόσον είναι τὸ μῆκος τῆς σκιᾶς, τὴν ὅποιαν ρίπτει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους κατακόρυφος ράβδος ὅψους 2 m, ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῆς ράβδου ἀπὸ τὴν κατακόρυφον, τὴν διερχομένην διὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, είναι 3 m ;

2. Δύο σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας  $P$  καὶ  $p$ , ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν κέντρων των Ο καὶ Ο' είναι  $\delta$ . Ἡ μεγαλυτέρα σφαῖρα Α είναι φωτεινὴ πηγή, ἡ δὲ μικροτέρα σφαῖρα Α' είναι ἀδιαφανής. Νὰ εύρεθῇ τὸ μῆκος τοῦ σκιεροῦ κώνου, ὃ ὅποιος σχηματίζεται διποισθεν τῆς σφαίρας Α'.

'Εφαρμογὴ :  $P = 108$  p καὶ  $\delta = 23\,240$  p

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

'Εφαρμογὴ :  $p = 10$  cm,  $\delta = 40$  cm καὶ  $\epsilon = 20$  cm

4. Σκοτεινὸς θάλαμος ἔχει σχῆμα κύβου ἀκμῆς 50 cm. Εἰς τὸ κέντρον τῆς μιᾶς κατακορύφου ἔδρας του ὑπάρχει μικρά ὅπή. 'Ἐπὶ τῆς ἔδρας, τῆς εύρισκομένης ἀπεναντί τῆς ὅπῆς, λαμβάνομεν τὸ εἰδώλον ἐνὸς ἀντικειμένου ἔχοντος ὅψος 300 m. 'Ἐὰν τὸ μῆκος τοῦ εἰδώλου είναι 3 cm, πόση είναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν τόπον τῆς παρατηρήσεως;

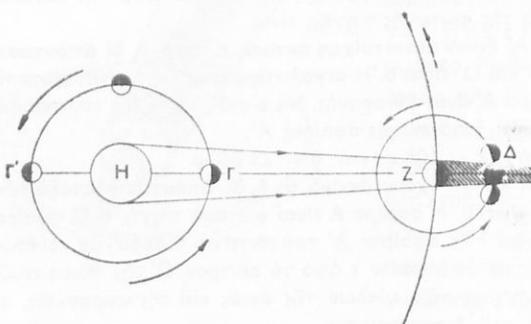
### ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

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

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

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



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

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

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

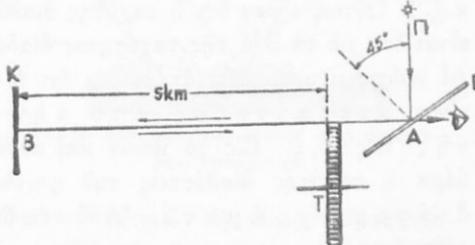
επεται ότι ή ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενὸν εἶναι :

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

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

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

ὅποιου προσπίπτει καθέτως. 'Εκεῖ ἡ ἀκτὶς ὑψίσταται δευτέραν ἀνάκλασιν, ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α καὶ διερχομένη διὰ τῆς πλακὸς Γ φθάνει εἰς τὸν ὄφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. 'Ἡ ἀπόστασις τῆς πλακὸς Γ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον Κ εἶναι δίλιγα μόνον χιλιόμετρα. 'Εμπροσθεν τῆς πλακὸς ὑπάρχει ὀδοντωτὸς τροχὸς Τ, ὁ ὅποιος φέρει ἵσον ἀριθμὸν ὀδόντων καὶ διακένων τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ δύναται νὰ τεθῇ εἰς ὅμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν. 'Εστω διὰ τοῦ τροχὸς φέρει μὲ δόδοντας ἀρα ἔχει καὶ μὲ διάκενα. 'Ἐὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίνῃ συνεχῶς αὐξανομένη, ἔρχεται στιγμὴ, κατὰ τὴν ὅποιαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει τὸ ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιστρέφον φῶς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι, καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς διέτρεξε τὸ διάστημα  $AB + BA = 2 \cdot AB$ , εἰς ὃδους τοῦ τροχοῦ μετεκινήθη καὶ κατέλαβε τὴν θέσιν τοῦ προηγουμένου διακένου (διὰ τοῦ ὅποιου διῆλθε τὸ φῶς βαίνων πρὸς τὸ κάτοπτρον Κ). 'Ἐὰν κατὰ τὴν στιγμὴν ἔκεινην ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ εἶναι  $v$ , τότε τὸ φῶς, διὰ νὰ διατρέξῃ τὸ διάστημα  $2s$ , χρειάζεται χρόνον :  $t = \frac{1}{2v \cdot \mu}$



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

Έπομένως ή ταχύτης τοῦ φωτὸς εἶναι :

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

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

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

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

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

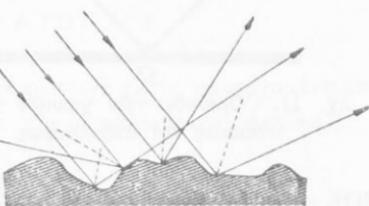
III. Εἰς τὰ διαφανῆ ύλικὰ μέσα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν.

Τὸ φῶς, διὰ νὰ φύσῃ ἀπὸ τὸν "Ηλιον εἰς τὴν Γῆν, χρειαζεται 8,5 min. Ο πλησιέστερος πρὸς τὴν Γῆν ἀπλανῆς εἶναι ὁ α τοῦ Κενταύρου, καὶ ἀπέχει ἀπὸ τὴν Γῆν 4,3 ἐτη φωτός· ὁ Σείριος ἀπέχει 8,6 ἐτη φωτός, οἱ ἀστέρες τοῦ Γαλαξίου ἀπέχουν 3 000 — 10 000 ἐτη φωτός, οἱ δὲ ἔξω τοῦ Γαλαξίου εὑρισκόμενοι νεφελοειδεῖς ἀπέχουν ἀπὸ ἡμᾶς ἐκατομμύρια ἑτῶν φωτός.

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

## ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

**7. Διάχυσις καὶ ἀνάκλασις.**—Διὰ μικρᾶς διπής ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου μία λεπτὴ δέσμη ἡλιακοῦ φωτός. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν τεμάχιον λευκοῦ χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου καὶ ἀν σταθῶμεν, διακρίνομεν τὸν λευκὸν χάρτην. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ χάρτης διασκορπίζει πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις τὸ φῶς, τὸ διποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτοῦ (σχ. 9). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάχυσις** τοῦ φωτός. "Ἐνεκα τῆς διαχύσεως γίνονται ὅρατὰ ὄλα τὰ πέριξ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας προκαλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἡλιακοῦ φωτός παρεμβάλλωμεν μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν μεταλλικὴν πλάκα, τότε ἡ προσπίπτουσα φωτεινὴ δέσμη ἀλλάσσει πορείαν καὶ κατευθύνεται πρὸς ὡρισμένην διεύθυνσιν (σχ. 10). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάκλασις** τοῦ φωτός. "Ωστε ἡ διάχυσις συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ τραχείας καὶ ἀνωμάλου ἐπιφανείας, ἐνῷ ἡ ἀνάκλασις συμβαίνει, καὶ στιλπνῆς ἐπιφανείας. Ἄλλα καὶ μία λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἔχει πάντοτε μικρὰς ἀνωμαλίας, αἱ ὅποιαι προκαλοῦν μικρὰν διάχυσιν. Τοῦτο καταφαίνεται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλίς, ἡ ὅποια σχηματίζεται ἐπὶ τῆς μεταλλικῆς πλακός, εἶναι ὅρατὴ ἀπὸ οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου παρατηροῦμεν τὴν πλάκα.



Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμάλου ἐπιφανείας.

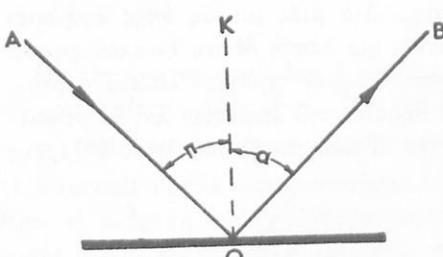


Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας.

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

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

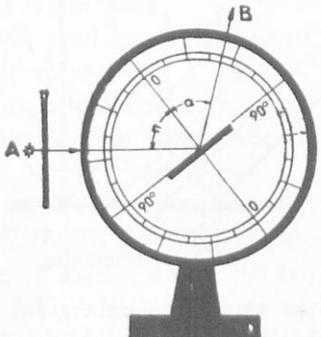
μορφῆς, τὴν ὅποιαν ἔχει ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια, διακρίνομεν διάφορα εἰδη κατόπτρων: ἐπίπεδα, σφαιρικά, κυλινδρικά, παραβολικά κατόπτρα.



Σχ. 11. Όρισμός τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.

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

**9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.**—*Η ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ἀκολουθεῖ ὠρισμένους νόμους, τοὺς ὅποιους δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν 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, ὅταν ὁ ὀφθαλμός μας εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κατακόρυφου ἐπίπεδου, ἐπὶ τοῦ ὅποιου εὐρίσκεται καὶ ἡ προσπίπτουσα δέσμη. "Ωστε ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατακόρυφου ἐπίπεδου. Εἳναι μεταβάλλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως π, εὐρίσκομεν ὅτι 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.

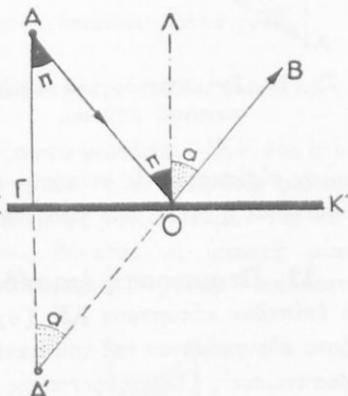
I. Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς εύρισκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

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

Ἐφαρμογὴν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως ἔχομεν εἰς τὰ διάφορα κάτοπτρα.

#### A'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

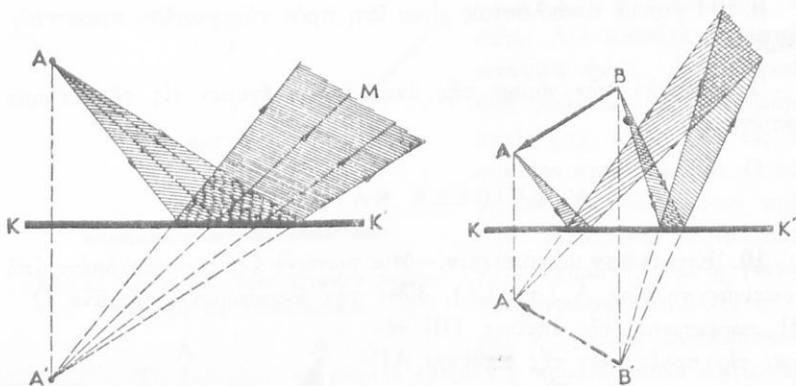
**10. Ἐπίπεδον κάτοπτρον.**—Μία φωτεινὴ ἀκτίς, προερχομένη ἀπὸ φωτεινὸν σημεῖον  $A$  (σχ. 13), δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα  $O$ . Ἡ προέκτασις τῆς ἀκτίνος  $OB$  τέμνει τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου  $AG$  εἰς τὸ σημεῖον  $A'$ . Εὔκλως συνάγεται ὅτι τὰ δρθιγώνια τρίγωνα  $AGO$  καὶ  $A'GO$  εἶναι ἴσα καὶ ἐπομένως εἶναι  $AG = A'G$ . Εἰς τὸ συμπέρασμα τοῦτο καταλήγομεν δι’ οἰανδήποτε ἀκτίνα  $K$  προερχομένην ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου  $A$ . Οὕτως αἱ ἀκτίνες, αἱ ἀναγωροῦσαι ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου  $A$ , μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον  $A'$  (σχ. 14). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κορυφὴ τῆς κωνικῆς δέσμης, ἡ ὁποίᾳ προκύπτει μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς προσπιπτούσης δέσμης. Τὸ σημεῖον  $A'$  καλεῖται εἴδωλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου  $A$  καὶ ἐπειδὴ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς φανταστικὰς προεκτάσεις τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων καλεῖται φανταστικὸν εἴδωλον. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου  $A'B'$  ἐνδὲ ἀντικείμενου  $AB$  φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :



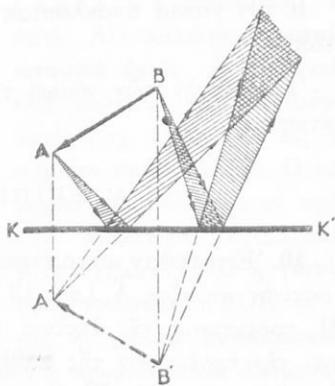
Σχ. 13. Ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου.

Τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον σχηματίζει εἴδωλον φανταστικόν, τὸ δποῖον 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· ἦτοι τὸ εἴ-



Σχ. 14. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου φωτεινοῦ σημείου.



Σχ. 15. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου ἀντικειμένου.

δωλον εύρισκεται εἰς τοιαύτην σχέσιν πρὸς τὸ ἀντικείμενον, εἰς ὃποιαν εύρισκεται ἡ δεξιὰ χεὶρ πρὸς τὴν ἀριστεράν.

**11. Περιστροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου.**— "Ἄς θεωρήσωμεν ὅτι τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον  $KK'$  (σχ. 16) στρέφεται κατὰ γωνίαν  $\varphi$  περὶ ἄξονα εύρισκομενον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ σημείου προσπτώσεως Ο μιᾶς φωτεινῆς ἀκτῖνος  $AO$ , ἡ ὃποια διατηρεῖται σταθερά. 'Ο ἄξων περιστροφῆς τοῦ κατόπτρου εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως  $KOL$ . "Οταν τὸ κάτοπτρον στραφῇ κατὰ γωνίαν  $\varphi$ , ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς στρέφεται κατὰ γωνίαν :

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

\*Επειδὴ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἵση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως ἔχομεν :

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

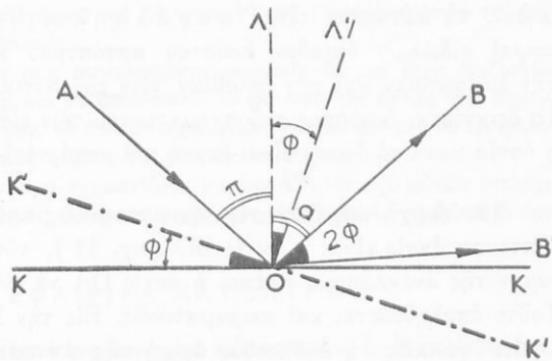
Οὕτως εύρισκομεν ὅτι εἶναι :

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

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

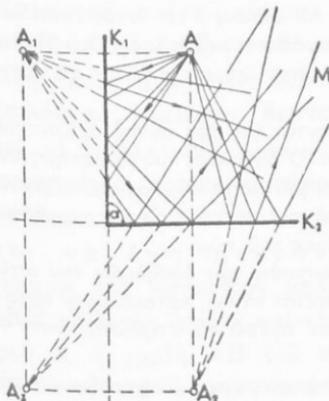
Όταν έπιπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατά γωνίαν φ περὶ ἄξονα, κάθετον πρὸς τὸ έπιπεδον προσπτώσεως σταθερᾶς ἀκτῖνος, τότε ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς στρέφεται κατά διπλασίαν γωνίαν  $2\phi$  περὶ τὸν αὐτὸν ἄξονα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν.

Ἡ ἀνωτέρω ἰδίωτης τοῦ έπιπεδου κατόπτρου χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν μικρῶν γωνιῶν.

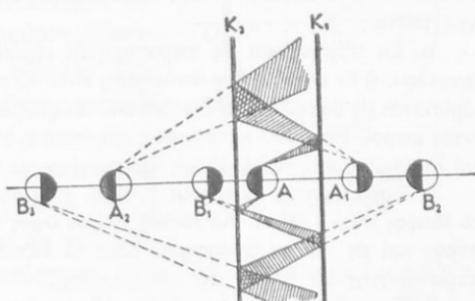


Σχ. 16. Στροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου.

**12. Έπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.**—Ἐὰν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν, τότε ἡ ἔξ ένὸς φωτεινοῦ σημείου προερχομένη δέσμη, πρὶν 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 πολλαπλᾶς εἴδωλα καὶ μάλιστα τόσον περισσότερα, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία α

τὴν ὅποιαν σχηματίζουν τὰ κάτοπτρα. Ἐὰν ή γωνία α εἶναι ἵση μὲν μηδέν, τὰ κάτοπτρα εἶναι παράλληλα. Τότε σχηματίζονται δύο σειραὶ εἰδώλων ὅπισθεν ἑκάστου κατόπτρου καὶ βλέπομεν ἐναλλάξ τὴν ἐμπροσθίαν καὶ τὴν ὅπισθίαν ὅψιν τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὸ σχῆμα 18 δεικνύεται ὁ τρόπος τοῦ σχηματισμοῦ τῶν εἰδώλων μιᾶς σφαίρας A, ή ὅποια κατὰ τὸ ἥμισυ εἶναι λευκὴ καὶ κατὰ τὸ ἥμισυ μαύρη.

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

"Οταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ὡρισμένον δρόμον, πάντοτε δύναται νὰ διατρέξῃ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς δρόμον, ἐὰν διαδοθῇ κατ' ἀντίθετον φοράν.

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

5. Παρατηρητής βλέπει τὸν ὀφθαλμὸν του ΑΒ μήκους 3 cm ἐντὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὅποιον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν. Ποῦ βλέπει τὸ εἰδωλὸν τοῦ ὀφθαλμοῦ του; "Υπὸ ποίαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἰδωλὸν τοῦτο;

6. Εἰς πύργος καὶ εἰς παρατηρητής εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ δριζοντίου ἐπιπέδου, ή δὲ μεταξύ των ἀπόστασις εἰναι 42 m. "Ο ὀφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ εύρισκεται εἰς ὑψος 1,60 m ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους καὶ βλέπει τὸ εἰδωλὸν τοῦ πύργου ἐντὸς μικροῦ ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὅποιον ἀπέχει 2 m ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν καὶ εύρισκεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Πόσον εἶναι τὸ ὑψος τοῦ πύργου;

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

8. "Επιπέδον κάτοπτρον ὑψους 10 cm εἶναι κατακόρυφον. "Εμπροσθεν αὐτοῦ καὶ εἰς δριζοντίαν ἀπόστασιν 20 cm εὐρίσκεται διόφθαλμὸς παρατηρητοῦ, διόποιος βλέπει ἐντὸς κατόπτρου κατακόρυφον τοῖχον εύρισκόμενον ὅπισθεν αὐτοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν 2 m. Νὰ εὐρεθῇ τὸ ὑψος τοῦ τοίχου, τὸ ὅποιον βλέπει ὁ παρατηρητὴς ἐντὸς τοῦ κατόπτρου.

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

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

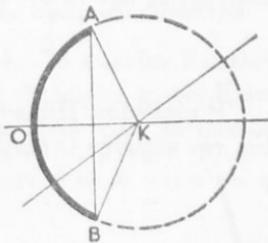
10. Ἡ κεντρικὴ ἀκτὶς μιᾶς συγκλινούστης φωτεινῆς δέσμης εἶναι δριζοντία. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 cm πρὸ τῆς ἐστίας τῆς παρεμβάλλεται ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ δποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μὲ τὴν κεντρικὴν ἀκτίναν τῆς δέσμης. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τῆς νέας ἐστίας τῆς δέσμης.

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

## B'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὁρισμοί.—Εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρικὴ. Διακρίνομεν δύο εἴδη σφαιρικῶν κατόπτρων: τὰ κοῖλα σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὅποια ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοίλη καὶ τὰ κυρτὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὅποια ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή. Τὸ μέσον Ο τοῦ κατόπτρου (σχ. 19) καλεῖται κορυφὴ τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ κέντρον Κ τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καλεῖται κέντρον καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. Ἡ εὐθεῖα, ἡ διερχομένη διὰ τῆς κορυφῆς καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, καλεῖται κύριος ἀξων τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα, διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, καλεῖται δευτερεύων ἀξων. Διὰ νὰ σχηματισθῇ εὐκρινές εἴδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου, πρέπει νὰ πληροῦνται αἱ ἔξης συνθῆκαι. α) Τὸ κάτοπτρον πρέπει νὰ ἔχῃ μικρὸν ἄνοιγμα αἱνοιγμα τοῦ κατόπτρου καλεῖται ἡ γωνία AKB, ὑπὸ τὴν ὅποιαν φαίνεται ἐκ τοῦ κέντρου Κ ἡ χορδὴ AB τοῦ κατόπτρου. β) Τὸ ἀντικείμενον πρέπει νὰ εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἀξονακαὶ πλησίον αὐτοῦ.

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



Σχ. 19. Σφαιρικὸν κάτοπτρον.

### I. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

**15. Εἰδώλον φωτεινού σημείου.**—“Ἐν φωτεινὸν σημεῖον Α εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου (σχ. 20). Πᾶσα φωτεινὴ ἀκτὶς προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου Α 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 Α'. Εἰς τὸ τρίγωνον  $A\Delta A'$  ἡ  $\Delta K$  εἶναι διχοτόμος τῆς γωνίας  $\Delta$  καὶ ἐπομένως ἔχομεν τὴν σχέσιν :

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

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

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

Ἄπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν εύρισκομεν :

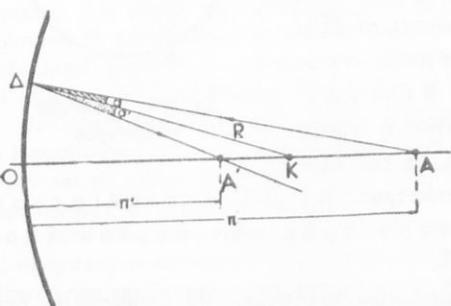
$$\pi\pi' - \pi'R = \pi R - \pi\pi' \quad \text{ἢ} \quad \pi'R + \pi R = 2\pi\pi'$$

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα ἔξισώσις δεικνύει ὅτι ἡ ἀπόστασις  $\pi'$  τοῦ σημείου  $A'$  ἀπὸ τὴν κορυφὴν  $O$  ἔξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν  $\pi$  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 εἴδωλον** τοῦ φω-

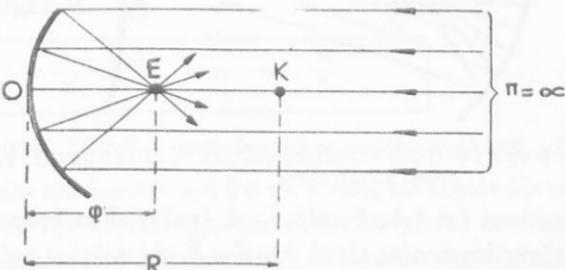


Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου. Εἳναι τὸ φωτεινὸν σημεῖον  $A$ . Εἰὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὴν θέσιν  $A'$ ,

τότε, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστρόφου πορείας τοῦ φωτός, τὸ εἴδωλόν 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 κέντρον καὶ μπινύλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ εἴδωλον A' θὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν ίδιαν θέσιν· δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἴδωλόν του συμπίπτον.

**16. Κυρία ἔστια.**— "Ας 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 ὅλαι αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες διέρχονται



Σχ. 21. Κυρία ἔστια κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

διὰ τοῦ σημείου E τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 21). Τὸ σημεῖον E καλεῖται κυρία ἔστια τοῦ κατόπτρου. Ἡ ἀπόστασις τῆς κυρίας ἔστιας E ἀπὸ τὴν κορυφὴν O καλεῖται ἔστιακή ἀπόστασις ( $\varphi$ ) τοῦ κατόπτρου.

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

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

"Η ἔστιακή ἀπόστασις τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ίσοῦται μὲ τὸ ἡμιου τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

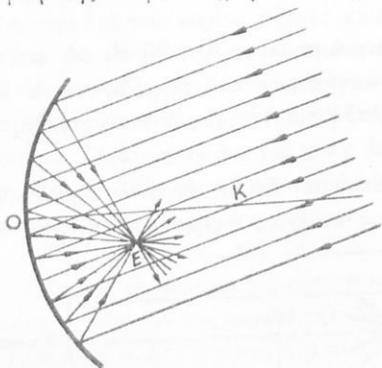
$$\boxed{\text{ἔστιακή ἀπόστασις: } \varphi = \frac{R}{2}}$$

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

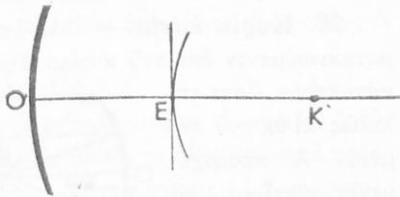
Όλαι αἱ δευτερεύουσαι ἔστιαι τοῦ κατόπτρου εύρίσκονται ἐπὶ μιᾶς σφαιρικῆς ἐπιφανείας, ἡ ὅποια ἔχει κέντρον τὸ Κ καὶ ἀκτῖνα  $R/2$ . Ἐ-

πειδὴ δικαὶος τὸ κατόπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος, δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι

ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἔστιαι εύρι-



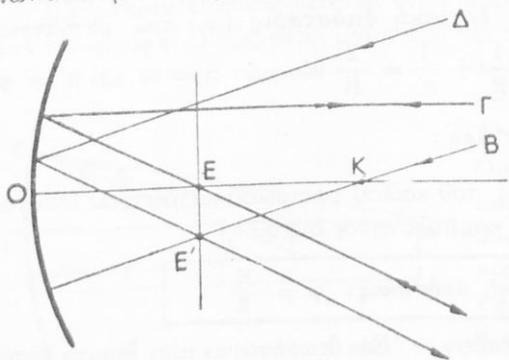
Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἔστια τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 23. Ἔστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου.

σκονται ἐπὶ ἑνὸς ἐπιπέδου, τὸ ὅποιον 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 μέσις τοῦ εἰδώλου.** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ κατωτέρω συμπεράσματα ἐν σχέσει μὲ τὴν



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

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

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

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

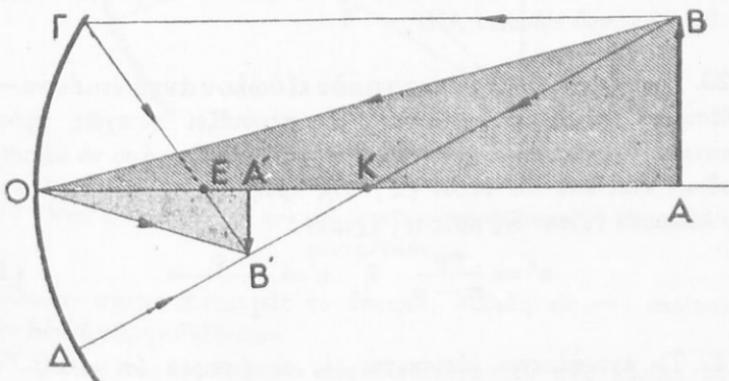
III. "Όταν ή προσπίπτουσα άκτις διέρχεται διά της κυρίας έστιας, ή άνακλωμένη άκτις είναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἀξονα.

IV. "Όταν μία άκτις προσπίπτη παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἀξονα, ή άνακλωμένη άκτις διέρχεται διά της ἀντιστοίχου δευτερευούστης έστιας, ή ὅποια εύρισκεται ἐπὶ τοῦ ἔστιακοῦ ἐπιπέδου.

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

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

**19. Εἰδωλον ἀντικειμένου.**—"Ἄς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν  $AB$  καὶ θετον τὸν πρὸς τὸν κύριον ἀξονα (σχ. 25). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὠρισμένων ἀνακλωμένων ἀκτίνων δυνάμειαν νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἰδώλον  $A'B'$ , τὸ ὅποιον είναι ἐπίσης



Σχ. 25. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

καὶ θετον τὸν πρὸς τὸν κύριον ἀξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ δικρου  $B$  τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτῖνες  $BG$  καὶ  $BD$  δίδουν τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας  $GB'$  καὶ  $DB'$ , αἱ ὅποιαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον  $B'$  τοῦτο είναι τὸ εἰδώλον τοῦ σημείου  $B$ . Τὰ εἰδώλα δὲ λογων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου  $AB$  εύρισκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας  $A'B'$ , ή ὅποια

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

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

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

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

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

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

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

**20. Πραγματικὸν ἢ φανταστικὸν εἴδωλον ἀντικειμένου.**—"Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον AB πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸ κάτοπτρον. 'Η ἑκάστοτε ἀπόστασις  $\pi'$  τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον (2) τῆς προηγουμένης παραγράφου 19. 'Εὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς  $\pi'$ , ἔχομεν:

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

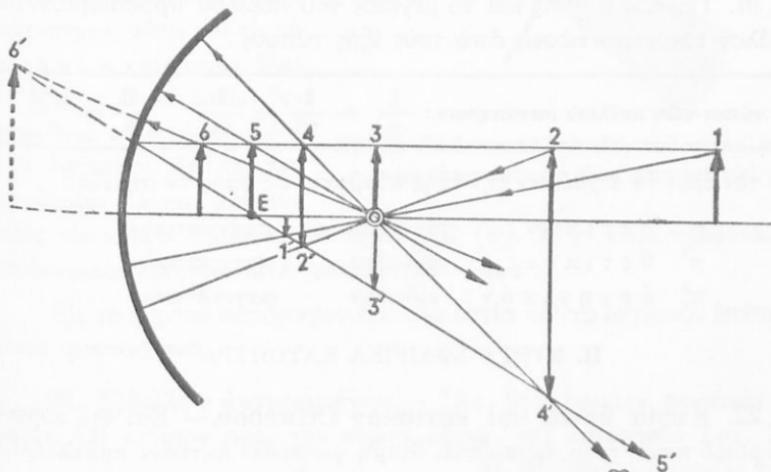
1. Τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον ( $\pi = \infty$ ). Τότε είναι  $\pi' = \varphi$ , δηλαδὴ τὸ εἰδῶλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν, είναι πραγματικόν, ἀλλ' είναι σημεῖον.

2. Τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος ( $\pi > 2\varphi$ ). 'Εκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς (σχ. 26) εὑρίσκεται ὅτι τὸ εἰδῶλον σχηματίζεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἑστίας 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 εἰδώλον σχηματίζεται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος, εἶναι δὲ πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ ἵσον μὲ τὸ ἀντικείμενον.

4. Τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος ( $\varphi < \pi < 2\varphi$ ). Τότε τὸ εἰδώλον 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 εἰδώλον 6' εἶναι φανταστικόν.

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

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  $\pi'$  ἔχει ἀρνητικὴν τιμὴν ( $\pi' < 0$ ). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς εὑρίσκεται ὅτι τὸ εἰδώλον σχηματίζεται διπισθεν τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι φανταστικόν, δρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

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

I. "Οταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται πέραν τῆς κυρίας ἔστιας, καὶ τὸ εἰδώλον σχηματίζεται πέραν τῆς κυρίας ἔστιας, εἶναι δὲ πάντοτε πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον.

II. "Οταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἔστιας καὶ τοῦ κατόπτρου, τὸ εἰδώλον σχηματίζεται διπλοθεν αὐτοῦ, εἶναι δὲ πάντοτε φανταστικόν, ὅρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

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

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

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

$\pi$  θετικόν: ἀντικείμενον πραγματικὸν

$\pi'$  θετικόν: εἰδώλον πραγματικὸν

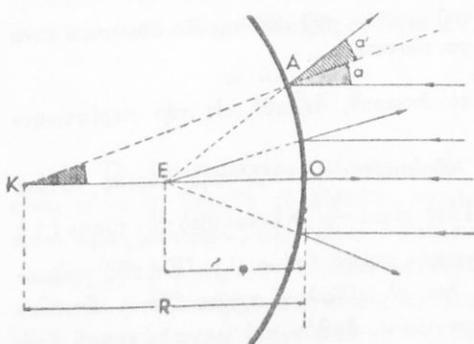
$\pi'$  ἀρνητικόν: εἰδώλον φανταστικόν.

## II. ΚΥΡΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

**22. Κυρία ἔστια καὶ ἔστιακὸν ἐπίπεδον.**—'Επὶ τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἀξονα (σχ. 27). Τὸ ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρὸν καὶ ἐπομένως δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὅτι κατὰ προσέγγισιν εἶναι  $EO = EA$ . Τὸ τρίγωνον  $KEA$  εἶναι ἴσοσκελές."Αρα εἶναι  $EK = EA$  κατὰ προσέγγισιν:

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

"Ολαι λοι-



Σχ. 27. "Η κυρία ἔστια τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι φανταστική.

πὸν αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ

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

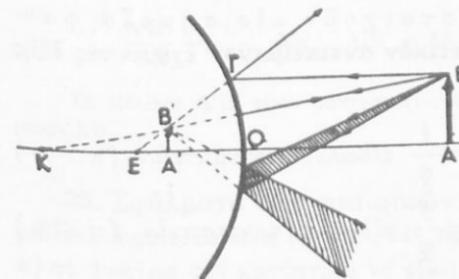
"Η ἔστιακή ἀπόστασις τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἴσοῦται μὲ τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

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

"Οπως εἰς τὸ καθόπτρον, οὕτω καὶ εἰς τὸ κυρίον καθόπτρον ὅλαις οἱ δευτερεύουσαι ἔστιαι θεωροῦνται εύρισκόμεναι ἐπὶ τοῦ ἔστιακοῦ ἐπιπέδου, τὸ ὅποῖν εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἀξονα εἰς τὸ σημεῖον E (σχ. 28). εἶναι προφανὲς ὅτι τὸ ἔστιακὸν ἐπιπέδον εἶναι φανταστικόν. "Αρα :

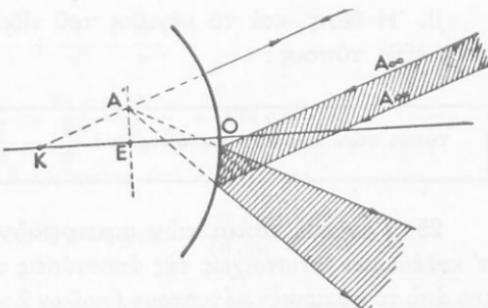
Εἰς τὸ κυρτὸν κάτοπτρον ἡ κυρία ἔστια καὶ τὸ ἔστιακὸν ἐπίπεδον εἶναι φανταστικά.

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



Σχ. 29. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

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



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

Ἄλλακτινες, αἱ ὅποιαι προσπίπτουν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κυρίου ἀξονος ἡ οἰσουδῆποτε δευτερεύοντος ἀξονος, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. Ἐργάζομενοι λοιπόν, ὅπως καὶ εἰς τὰ κοῖλα κάτοπτρα, κατασκευάζομεν τὸ εἰδώλον A'B'. Τὸ εἰδώλον τοῦτο σχηματίζεται ὡς πι-

I. Εις τὰ κυρτὰ κάτοπτρα τὸ εἰδώλον εἶναι πάντοτε φανταστικόν, δρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, σχηματίζεται δὲ πάντοτε μεταξύ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του.

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

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

**25. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.**— Ἐὰν π καὶ  $\pi'$  καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον (κοῦλον ἢ κυρτόν), Ε καὶ Α καλέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς γραμμικὰς διαστάσεις τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου, τὸ όποιον θεωροῦμεν καὶ θ ε το ν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τότε εἰς ὅλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ἴσχυουν οἱ ἀκόλουθοι γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων :

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

ὑπὸ τὸν ὅρον διτι θα θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικούς τοὺς δρους, οἱ δποῖοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά. Οὕτω διὰ πραγματικὸν ἀντικείμενον ἔχομεν τὰς ἔξῆς περιπτώσεις :

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

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

Παραδείγματα. 1) Κοῦλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτῖνα καμπυλότητος  $R = 60$  cm. Καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοποθετεῖται εὐθεῖα ΑΒ 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 ἑξίσωσιν :  $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$

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

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

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

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

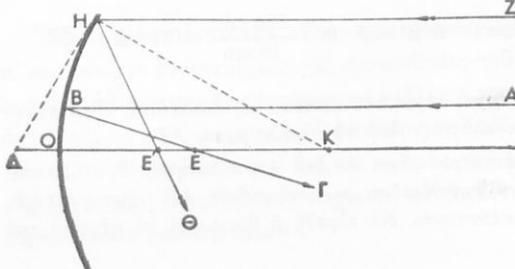
$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{\pi'}{\pi} \quad \text{ἄρα: } A'B' = 10 \text{ cm} \cdot \frac{5,7 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 2,85 \text{ cm}$$

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

**25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.**— Τὰ ἀνωτέρω εὑρεθέντα συμπεράσματα ἴσχουν, ἐὰν πραγματοποιοῦνται οἱ ἔξῆς ὅροι : α) τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ β) αἱ φωτεινὲς ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μὲ τὸν κύριον δέξονα τοῦ κατόπτρου. "Οταν εἰς ἐκ τῶν δύο τούτων ὅρων δὲν πραγματοποιῆται, τότε αἱ ἔξι ἐνδὸς σημείου τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρώ-

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

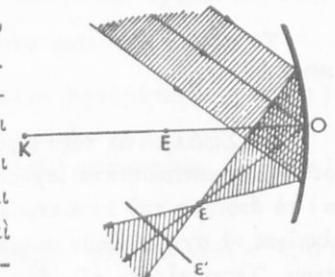
α) Σφαιρική ἑκτροπή. Εἰς ἐν κάτοπτρον μεγάλο ου ἀνοίγματος (σχ. 30) ἡ πλησίον τῆς περιφερείας τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίς ΖΗ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ΗΘ' αὕτη τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε', τὸ ὅποιον εἶναι τὸ μέσον τῆς ΚΔ. "Οσον περισσότερον ἀπομακρύνεται τὸ σημεῖον προσπτώσεως Η ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο τοῦ κατόπτρου, τόσον περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὴν κορυφὴν τὸ σημεῖον Ε', δηλαδὴ ἡ τομὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος καὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Οὕτω διὰ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὅποιαι προσπίπτουν μακρὰν τῆς κορυφῆς, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι γενικῶς μικροτέρη τοῦ ἡμίσεος τῆς ἀκτῖνος καμπυλότητος



Σχ. 30. Σφαιρική ἑκτροπή.

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

β) Ἀστιγματικὴ ἑκτροπή. Ἐπὶ ἐνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀδιαφόρως ἀν τοῦτο εἶναι μικροῦ ἢ μεγάλου ἀνοίγματος, προσπίπτει φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων σχηματίζουσα μεγάλην γωνίαν ματίζουσα μεγάλην γωνίαν γὰρ τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 31). Αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες δὲν σχηματίζουν κωνικήν δέσμην, ἀλλὰ διέρχονται διὰ δύο μικρῶν εὐθειῶν, αἱ ὅποιαι εἶναι κάθετοι μεταξύ των καὶ δὲν εὑρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου· αἱ δύο αὗται μικραὶ εὐθεῖαι καλοῦνται ἐστιακαὶ γραμμαῖ. Εἰς τὸ σχῆμα 31 ἡ μὲν ἐστιακὴ γραμμὴ εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπιπέδον τοῦ σχήματος, ἡ δὲ ἐστιακὴ γραμμὴ ε' εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπι-



Σχ. 31. Ἀστιγματικὴ ἑκτροπή.

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

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

16. Παρατηρητής βλέπει τὸν δρθαλμὸν του AB μήκους 3 cm ἐντὸς κοίλου κατόπτρου, τὸ δρθὸν κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν δρθαλμόν· ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου είναι 12 cm. "Υπὸ ποίαν φανιομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦτο; Νὰ συγκριθῇ ἡ φανιομένη αὐτή διάμετρος τοῦ εἶδώλου πρὸς τὴν φανιομένην διάμετρον τοῦ εἶδώλου, τὸ δρθὸν θὰ ἐσχηματίζετο ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου εύρισκομένου εἰς τὴν ίδιαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν δρθαλμόν.

17. Ἀντικείμενον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ ἓνα τοίχον. Νὰ εὐρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν κοίλον κάτοπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως φ = 20 cm, διὰ νὰ λάβωμεν ἐπὶ τοῦ τοίχου εὐκρινές εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

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

19. "Εν φωτεινὸν σημεῖον A ἀπέχει 40 cm ἀπὸ κοίλον κάτοπτρον K ἐστιακῆς 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 διαναχωροῦσαι ἐκ τοῦ A', ἀφοῦ διασκλασθοῦν διαδοχικῶς ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων, νὰ συγκεντρώνωνται εἰς τὸ σημεῖον A;

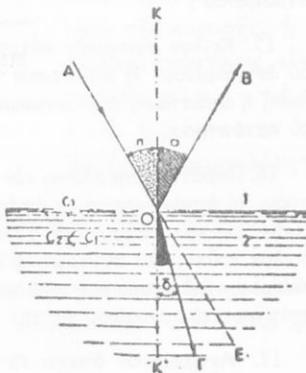
20. Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον δίδει εἶδωλον 8 φοράς μικρότερον ἀπὸ τὸ δν-

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

21. Δύο σφαιρικά κάτοπτρα, τὸ ἐν κυρτὸν  $M_1$  καὶ τὸ ἄλλο κοῖλον  $M_2$  ἔχουν τὴν ίδιαν ἀκτίνα καμπυλότητος 20 cm. Οἱ κύριοι ἀξονές των συμπίπτουν, αἱ δὲ κατοπτρικαὶ ἐπιφάνειαὶ τῶν εἶναι ἡ μία ἀπέναντι τῆς ἀλλῆς οὔτως, ὥστε αἱ κορυφαῖς τῶν νὰ ἀπέχουν 40 cm. Εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς τοποθετεῖται φωτεινὸν ἀντικείμενον. Νὰ εύρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου, τὸ δποῖον σχηματίζεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἀκτίνων πρῶτον ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ καὶ ἔπειτα ἐπὶ τοῦ κοῖλου κατόπτρου.

### ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΥ

26. Ὁρισμός.—"Οταν μία λεπτὴ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων (μονοχρόνου φωτὸς) προσπίπτῃ πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν μέσων, τότε μέρος μὲν τοῦ φωτὸς ἀνακλᾶται, ἄλλο δὲ μέρος τοῦ φωτὸς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ δευτέρου διαφανοῦς μέσου. Ή ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου εἰσερχομένη ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ὠρισμένη διεύθυνσιν, ἡ διποίᾳ δὲν συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος (σχ. 32). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διάθλασις τοῦ φωτός. Ή γωνία ΓΟΚ' καλεῖται γωνία διαθλάσεως εως.



Σχ. 32. Διάθλασις τοῦ φωτός.

27. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—Ἐκ τῆς μελέτης τοῦ φαινόμενου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς εύρέθησαν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός:

I. Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εύρισκονται εἰς τὸ αὐτὸν ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπιπτώσεως.

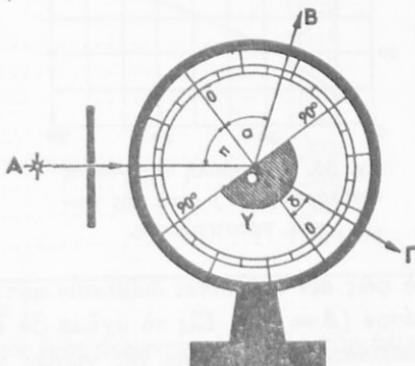
II. Ὁ λόγος τοῦ ἡμιτόνου τῆς γωνίας προσπιπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι σταθερὸς καὶ καλεῖται δεί-

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

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

Ο δείκτης διαθλάσεως ἔξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς μὲ τὴν συσκευήν, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ σχῆμα 33. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου δίσκου τοποθετεῖται ὑάλινος ἡμικύλινδρος  $\Upsilon$ . 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 διὰ τὴν γωνία διαθλάσεως δ εἶναι μικροτέρᾳ ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως  $\pi$  (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  $\pi = 0^\circ$ , ἀρα καὶ  $\delta = 0^\circ$ ).



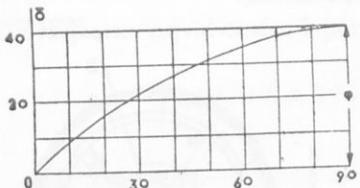
Σχ. 33. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

**28. Ὁριὴ γωνία.**— Ἐκ τῶν δύο διαφανῶν μέσων ἔκεινο, εἰς τὸ ὄπεῖον ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς ἔχει τὴν μικροτέραν τιμὴν, καλεῖται διπτικῶς πυκνότερον ἢ διάθλαστικώτερον. Οὕτω τὸ ὔδωρ, ἡ ဉαλος κ.ἄ. εἶναι διπτικῶς πυκνότερα μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα. Τὸ διπτικῶς πυκνότερον μέσον δὲν εἶναι πάντοτε καὶ φυσικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ဉαλον μέσον· οὕτω τὸ οἰνόπνευμα εἶναι διπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ὔδωρ. Τὸ διπτικῶς πυκνότερον μέσον ἀναγνωρίζεται ἐκ τοῦ γεγονότος διὰ τὸ φῶς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου, ἡ σχηματι-

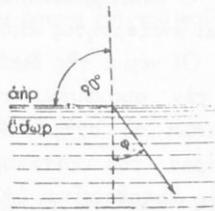
ζομένη γωνία διαθλάσεως είναι πάντοτε μικρότερα από την γωνίαν προσπτώσεως. "Αρα :

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

"Εὰν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως ( $\pi = 0^\circ$ ) ἐπὶ τῆς διαγωριστικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο μέσων (διαθλῶσσα ἐπιφάνεια), τότε



Σχ. 34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας διαθλάσεως ( $\delta$ ) μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως.



Σχ. 35. Ἡ δρικὴ γωνία ἀντιστοιχεῖ εἰς γωνίαν προσπτώσεως  $90^\circ$ .

τὸ φῶς δὲν ὑφίσταται διαθλασιν 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  $\pi$ , αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως  $\delta$ , ἀλλὰ παραμένει πάντοτε μικρότερα τῆς γωνίας προσπτώσεως. "Οταν λοιπὸν ἡ γωνία προσπτώσεως  $\pi$  τείνῃ πρὸς τὴν ὄρικὴν τιμὴν  $90^\circ$ , ἡ γωνία διαθλάσεως τείνει πρὸς μίαν ὄρικὴν τιμὴν  $\varphi$ , ἡ ὁποία καλεῖται δρικὴ γωνία (σχ. 35). Ἡ τιμὴ τῆς δρικῆς γωνίας εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

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

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

**29. Ἀπόλυτος 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 τοῦ σώματος ως πρὸς τὸν ἀέρα καὶ ἀντιστοιχεῖ εἰς μετάβασιν τοῦ φωτὸς ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὸ θεωρούμενον σῶμα.

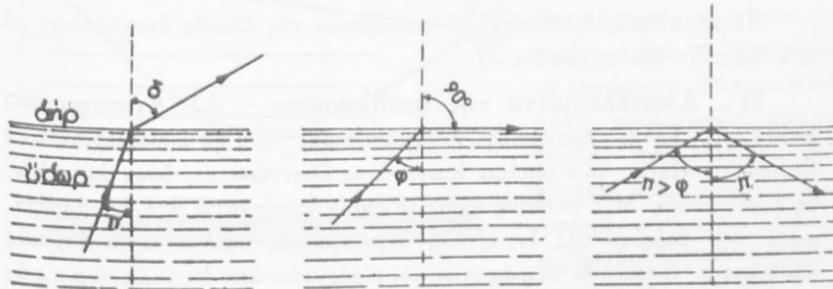
Δείκται διαθλάσεως ως πρὸς τὸν ἀέρα διὰ τὸ κίτρινον φῶς

'Αδάμας	.....	2,470
Διμειάνθραξ	.....	1,629
Χλωριούχον νάτριον	.....	1,544
Καναδικὸν βάλσαμον	.....	1,540
Βενζόλιον	.....	1,501
Οινόπνευμα	.....	1,361
"Γδωρ	.....	1,333
"Ταλος κοινὴ	.....	1,540
Πυριτύλας βαρεῖα	.....	1,963
'Αήρ	.....	1,000 293

'Απὸ τὰς μετρήσεις εὑρέθη ὅτι :

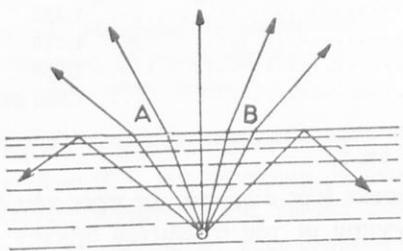
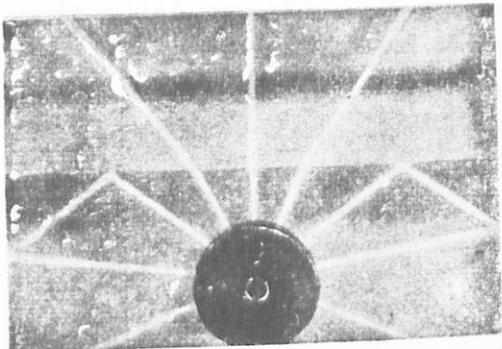
'Ο σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως ἐνὸς σώματος ως πρὸς τὸν ἀέρα ισοῦται κατὰ μεγάλην προσέγγισιν μὲ τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως τοῦ σώματος.

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



Σχ. 36. Όλικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει, δταν εἶναι  $\pi > \phi$ .

φωτὸς ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, δηλαδὴ ἡ γωνία διαθλάσεως εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.



Σχ. 37. Πειραματική διάστασις καὶ σχηματικὴ παράστασις τῆς διατάξεως διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

ὅπτικῶν πυκνότερον εἰς τὸ ὅπτικῶν ἀραιότερον μέσον καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διρικήν γωνίαν.

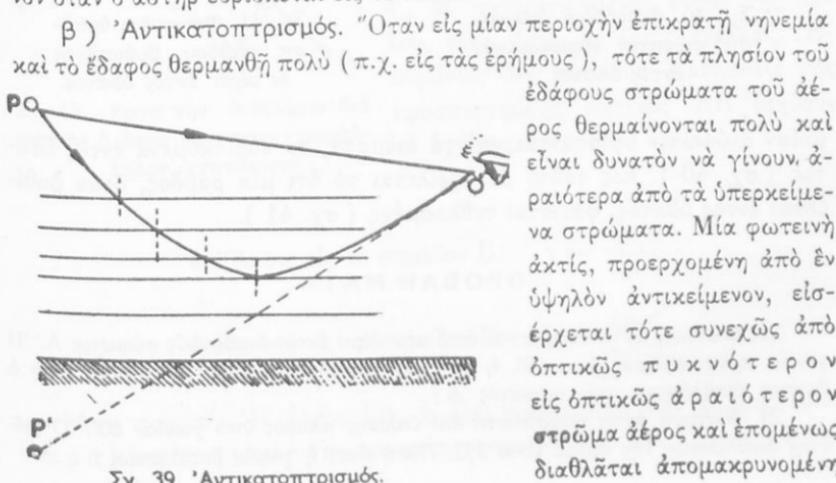
Πειραματικῶς δειχνύεται τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 37.

**31. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.**— α) Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις. Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα τῆς Γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ στρῶματα ἀέρος, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης ἐλαττώνεται, δσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς αὐτῆς. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ ἔνα ἀστέρα, κατὰ τὴν πορείαν τῆς ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑφίσταται διαδοχικὰς διαθλάσεις. Ἐπειδὴ δὲ τὸ φῶς συνεχῶς εἰσέρχεται ἀπὸ ὅπτικῶς ἀραιότερον εἰς ὅπτικῶς πυκνότερον στρῶμα, ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς δια-

τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἐὰν λοιπὸν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γωνία προσπτώσεως γίνῃ μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διρικήν γωνίαν φ., τότε δὲν εἶναι πλέον δυνατὸν νὰ συμβῇ διάθλασις. Τὸ φῶς, δταν φθάσῃ εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο μέσων, δὲν διαθλάται, ἀλλ' ἡ νακλαστικὴ ἐξόλοκλήρου καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὅπτικῶς πυκνοτέρου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διλικὴ ἀνακλάσις. "Ωστε :

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

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



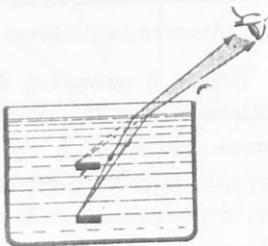
Σχ. 38. Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις.

β ) Ἀντικατοπτρισμός. "Οταν εἰς μίαν περιοχὴν ἐπικρατῇ νηνεμία καὶ τὸ ἔδαφος θερμανθῇ πολὺ (π.χ. εἰς τὰς ἑρήμους), τότε τὰ πλησίον τοῦ ἀδάφους στρώματα τοῦ ἀέρος θερμαίνονται πολὺ καὶ εἶναι δυνατὸν νὰ γίνουν ἀραιότερα ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, προερχομένη ἀπὸ ἐνύψηλὸν ἀντικείμενον, εἰσέρχεται τότε συνεχῶς ἀπὸ ὄπτικῶς πυκνότερον εἰς ὄπτικῶς ἀραιότερον στρῶμα ἀέρος καὶ ἐπομένως διαθλάται ἀπομακρυνομένη

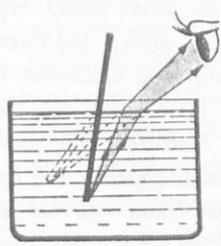
Σχ. 39. Ἀντικατοπτρισμός.

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

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



Σχ. 40. Φαινομένη ἀνύψωσις σώματος εύρισκομένου ἐντὸς ὕδατος.



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

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

#### ΤΙΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

22. Φωτεινὴ ἀκτὶς εἰσέρχεται ἀπὸ τὸν ἀέρα ἐντὸς διαφανοῦς σώματος A. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι  $45^{\circ}$ , ἡ δὲ γωνία διαθλάσεως εἶναι  $30^{\circ}$ . Πόσος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ σώματος A;

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

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

25. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ύπο γωνίαν  $45^\circ$  ἐπὶ υαλίνης πλακός. Ό δείκτης διαθλάσεως τῆς ύαλου είναι  $v = \sqrt{2}$ . Πόσην ἑκτροπήν ύφίσταται ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς κατὰ τὴν εἴσοδόν της εἰς τὴν ύαλον;

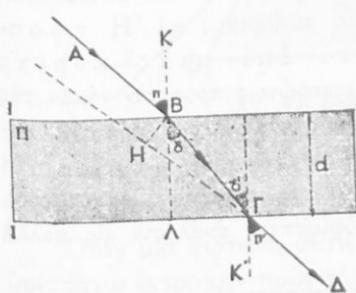
26. Πόση είναι ἡ δρικὴ γωνία ὡς πρὸς τὸν ἀέρα τῆς ύαλου ( $v = 1,5$ ) καὶ τοῦ ἀδάμαντος ( $v = 2,4$ ) ;

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

### ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

**32. Διάθλασις διὰ πλακὸς μὲ παραλλήλους ἔδρας.**— \*Ας ύποθέσωμεν ὅτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ισότροπον διαφανὲς μέσον II χωρίζεται

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



Σχ. 42. Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ τῆς πλακὸς ἡ ἀκτὶς ύφίσταται παραλλήλον μετατόπισιν.

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

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

\*Αρα  $\pi = \pi'$ . Η ἀκτὶς ΓΔ, ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὴν πλάκα, είναι  $\pi \alpha \rho \acute{\lambda} \lambda \gamma \lambda \circ \varsigma$  πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα AB. "Ωστε διὰ τὴν

ἀνωτέρω μερικήν περίπτωσιν, κατά τὴν ὅποιαν ἡ πλάξ εἶχει ἐκατέρωθεν αὐτῆς τὸ ἔδιον διαφανές μέσον, συνάγεται τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

"Οταν μία φωτεινή ἀκτίς διέρχεται διὰ πλακός μὲ παραλλήλους ἔδρας, τότε ἡ ἀκτίς ύφίσταται μόνον παράλληλον μετατόπισιν.

**33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.**—α) 'Ορισμοί. Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλοῦμεν **πρίσμα** ἐν ὁμογενὲς καὶ ἴσοτροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὅποιον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένας ἐπιπέδους ἐπιφανείας. 'Η τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται ἀκμή τοῦ πρίσματος. 'Η διεδρος γωνία, τὴν ὅποιαν σχηματίζουν αἱ ἔδραι τοῦ πρίσματος, καλεῖται διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ τομὴ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ καλεῖται κυρία τομὴ τοῦ πρίσματος. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τοῦ πρίσματος θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι πραγματοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθῆκαι : α) 'Η προσπίπτουσα ἀκτίς εὑρίσκεται ἐπὶ μιᾶς κυρίας τομῆς τοῦ πρίσματος. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλαμένη ἀκτίς εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς. β) Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι μονόχροον. Διότι, ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπέσῃ λευκὸν φῶς, τοῦτο διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος ύφίσταται ἀνάλυσιν εἰς πολλὰ ἀπλᾶ χρώματα.

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

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

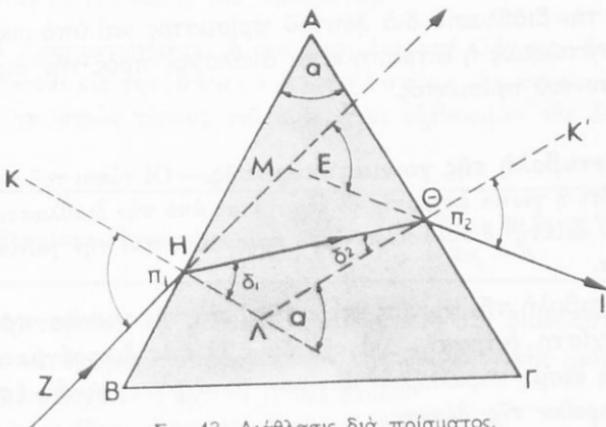
$$\text{καὶ} \quad \eta_{\mu} \pi_2 = v \cdot \eta_{\mu} \delta_2$$

'Η γωνία  $\alpha$ , τὴν ὅποιαν σχηματίζουν εἰς τὸ Λ αἱ δύο τεμνόμεναι κάθετοι, είναι ἵση μὲ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν Α τοῦ πρίσματος. 'Επειδὴ δὲ ἡ  $\alpha$  είναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου ΛΗΘ, ἔχομεν :

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

Η γωνία  $E$ , τὴν ὅποιαν σχηματίζουν αἱ προεκτάσεις τῆς προσ-  
πιπτούσης ἀκτῖνος  $ZH$  καὶ τῆς ἔξερχομένης ἀκτῖνος  $ΘI$ , καλεῖται  
γωνία ἐκτροπῆς καὶ εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου  $HMI$ .  
ἄρα εἶναι :

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



Σχ. 43. Διάθλασις διὰ πρίσματος.

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

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

διάθλασις διὰ πρίσματος :

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

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

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

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

γ) Διάθλασις διὰ λεπτοῦ πρίσματος. Εὰν ἡ διαθλαστικὴ γω-  
νία  $A$  τοῦ πρίσματος εἶναι πολὺ μικρὰ (λεπτὸν πρίσμα) καὶ  
ἡ γωνία προσπτώσεως  $\pi_1$  εἶναι ἐπίσης πολὺ μικρά, τότε ἀντὶ<sup>τῶν</sup> ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν αὐτὰς τὰς γω-  
νίας (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 :

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

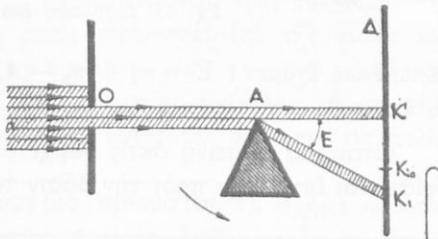
ἥτοι ἔχομεν :

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

Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ λεπτοῦ πρίσματος καὶ ὑπὸ μικρὰν γωνίαν προσπτώσεως ἡ έκτροπή εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν  $A$ , τὸν δείκτην διαθλάσεως  $v$  τοῦ πρίσματος καὶ τὴν γωνίαν προσπτώσεως  $\pi$ .

**34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας έκτροπῆς.**— Οἱ τύποι τοῦ πρίσματος δεικνύουν ὅτι ἡ γωνία έκτροπῆς  $E$  ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν  $A$ , τὸν δείκτην διαθλάσεως  $v$  τοῦ πρίσματος καὶ τὴν γωνίαν προσπτώσεως  $\pi$ .

α) Μεταβολὴ τῆς γωνίας έκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἐλαχίστη έκτροπή. Διὰ τῆς δόπης  $O$  ἐνὸς διαφράγματος διέρχεται λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (σχ. 44). Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν πρίσμα οὕτως, ὥστε μέρος τῶν ἀκτίνων τῆς δέσμης νὰ προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν του. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος παρατηροῦμεν τότε δύο φωτεινὰς κηλίδας· ἡ μὲν  $K$  προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας τῆς δέσμης, αἱ δὲ  $K_1$  προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ὑπέστησαν έκτροπήν. Στρέφοντες τὸ πρίσμα περὶ τὴν ἀκμὴν του μεταβάλλομεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως· ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἡ  $K_1$  νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὴν  $K$ . Κατὰ τὴν τοιαύτην περιστροφὴν τοῦ πρίσματος ἡ γωνία προσπτώσεως βαίνει συνεχῶς ἐλαττουμένη. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ κηλίς  $K_1$  κατ' ἀρχὰς πλησιάζει πρὸς τὴν  $K$ , φθάνει εἰς τὴν θέσιν  $K_0$ , ἐπειτα δὲ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν  $K$ . Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι διὰ



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

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

μίκην ώρισμένην τιμήν τῆς γωνίας προσπτώσεως ή γωνία εκτροπῆς, λαμβάνει μίαν ἐλαχίστην τιμήν, ή όποια καλεῖται **ἐλαχίστη εκτροπή**.

Η ἐλαχίστη εκτροπή πραγματοποιεῖται, ὅστιν εἶναι  $\pi_1 = \pi_2$ , ὅπότε ή προσπίπτουσα ἀκτὶς καὶ ή ἔξερχομένη ἀκτὶς σχηματίζουν ἴσας γωνίας μὲ τὰς ἕδρας τοῦ πρίσματος.

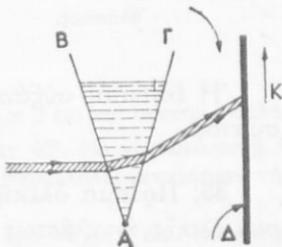
"Οτέντι πραγματοποιεῖται ή ἐλαχίστη εκτροπή, λέγομεν ὅτι τὸ πρᾶσμα εύρισκεται εἰς τὴν θέσιν ἐλαχίστης εκτροπῆς. Τότε ἀπὸ τοὺς γωνιστοὺς τύπους τοῦ πρίσματος εύρισκομεν τὰς ἀκολούθους σχέσεις :

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

β) Μεταβολὴ τῆς γωνίας εκτροπῆς μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας. Διὰ νὰ ἔχωμεν πρᾶσμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας, χρησιμοποιοῦμεν δοχεῖον (σγ. 45), τοῦ ὁποίου αἱ δύο πλάγιαι ἕδραι εἰναι ὑάλιναι πλάκες δυνάμεναι νὰ στραφοῦν περὶ δριζόντιον ἄξονα. Ἐντὸς τοῦ σχηματίζομένου οὕτω πρίσματος γένομεν διαφανὲς ὑγρὸν π.χ. ὄδωρ. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς μιᾶς ἕδρας τοῦ πρίσματος λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόνου φωτός. Διατηροῦμεν σταθερὰν τὴν ἕδραν  $AB$ , διὰ τῆς ὁποίας τὸ φῶς Σχ. 45. Μεταβολὴ τῆς γωνίας εἰσέρχεται εἰς τὸ πρᾶσμα ( $\pi_1$  σταθερόν), νίας εκτροπῆς μετὰ τῆς στρέφομεν τὴν ἕδραν  $AG$ , διὰ τῆς ὁποίας ἔξερχεται ή δέσμη, καὶ οὕτω μεταβάλλομεν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν  $A$ . Παρατηροῦμεν ὅτι :

Η εκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

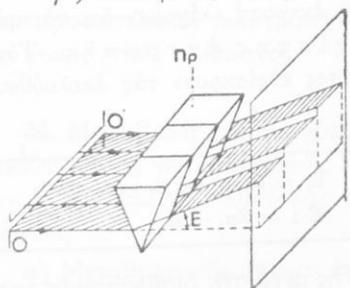
Ἐὰν συνεχισθῇ ή αὔξησις τῆς γωνίας,  $A$ , ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς δὲν ἔξερχεται ἀπὸ τὸ πρᾶσμα, ἀλλ’ ὑφίσταται ἐπὶ τῆς ἕδρας  $AG$  διλικὴν ἀνάκλασιν. Οὕτως εύρεθη, ὅτι :



Ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς ἔξερχεται ἀπὸ τὸ πρῆσμα, ἐὰν ἡ διαθλαστικὴ γωνία αὐτοῦ εἴναι ἵση ἢ μικροτέρα τοῦ διπλασίου τῆς ὄρικῆς γωνίας.

συνθήκη ἔξεδου τῆς ἀκτῖνος:  $A \leqslant 2\varphi$

γ) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἑκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.



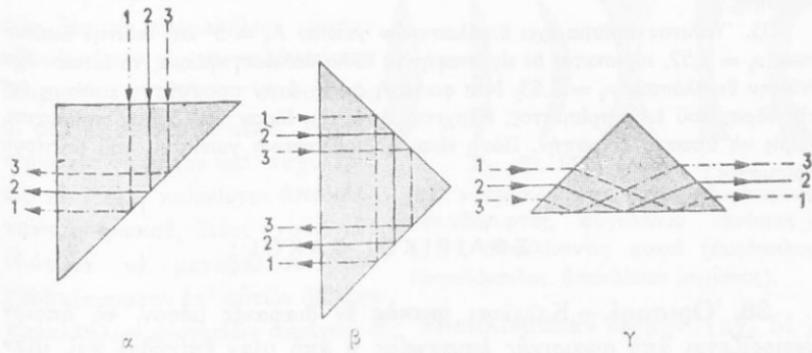
Σχ. 46. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἑκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

Λαμβάνομεν σύστημα πρισμάτων (σχ. 46), τὰ δόπια ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν (Α σταθερόν), διαφορετικοὺς δόμας δείκτας διαθλάσεως (πολύ πρισμα). Ἐπὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισμάτων ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (πισταθερόν). Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ πρισματα αὐτὰ προκαλοῦν ἀνίσους ἑκτροπὰς τῶν ἀκτίνων. Οὕτως εὑρίσκομεν ὅτι:

Ἡ ἑκτροπὴ αὔξανεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ πρισματος.

**35. Πρᾶσμα ὄλικῆς ἀνακλάσεως.** — Ἡ λειτουργία τῶν πρισμάτων ὄλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ὄλικῆς ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα αὐτὰ είναι συνήθως ὑάλινα (ὄρικὴ γωνία διὰ τὴν ὕαλον  $\varphi = 40,5^\circ$ ). Ἡ κυρία τομὴ ἐνδεικνύεται στην πλάση τῆς ὑάλου  $47\alpha$  αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς καθέτου ἔδρας τοῦ πρίσματος. Οὕτως αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας ὑπὸ γωνίαν  $45^\circ$ , ἥτοι μεγαλυτέραν τῆς ὄρικῆς. Αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες ὑφίστανται ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἔδρας ὄλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἔξερχονται ἀπὸ τὴν ἄλλην κάθετον ἔδραν τοῦ πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν διάθλασιν. Τὸ πρᾶσμα λοιπὸν τοῦτο ἑκτρέπει τὰς ἀκτῖνας κατὰ  $90^\circ$  ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῶν διεύθυνσιν. Εἰς τὸ σχῆμα  $47\beta$  φαίνεται πῶς αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται δύο ὄλικὰς ἀνακλάσεις: οὕτως δομα-

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



Σχ. 47. Πρίσμα διλικῆς ἀνακλάσεως.

στροφὴ τῆς σειρᾶς τῶν ἀκτίνων, χωρὶς ὅμως νὰ ἀλλάξῃ ἡ κατεύθυνσης αὐτῶν. Τὰ πρίσματα διλικῆς ἀνακλάσεως χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰ ὅπτικὰ δργανα.

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

30. Ὅλινον πρίσμα ἔχει δείκτην διαθλάσεως  $3/2$  καὶ διαθλαστικὴν γωνίαν  $60^\circ$ . Ὑπὸ ποίαν γωνίαν πρέπει νὰ προσπίπτῃ φωτεινὴ ἀκτὶς ἐπὶ τῆς μιᾶς ἔδρας τοῦ πρίσματος, ὅστε ἡ ἀκτὶς νὰ ὑφίσταται τὴν ἐλαχιστὴν ἐκτροπήν;

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

32. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς ἔδρας πρίσματος ἔχοντος δείκτην διαθλάσεως  $v = 1.6$ . Ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται ἐκτροπὴν  $30^\circ$ . Πόση είναι ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος;

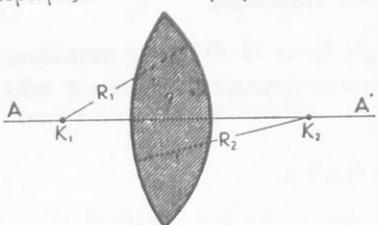
33. Πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν  $45^\circ$  καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν  $30^\circ$ . Πόση είναι ἡ ἐκτροπὴ;

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 ύπολογισθῇ ἡ γωνία ἐκτροπῆς.

35. Υάλινον πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν  $A_1 = 5^\circ$  καὶ δείκτην διαθλάσεως  $v_1 = 1,52$ , εύρισκεται δὲ εἰς ἐπαφήν μὲ ἄλλο ύάλινον πρίσμα, τὸ δόποῖον ἔχει δείκτην διαθλάσεως  $v_2 = 1,63$ . Μία φωτεινὴ άκτις, ὅταν προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ ἐνὸς πρίσματος, ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν ἔδραν τοῦ ἄλλου πρίσματος, χωρὶς νὰ ύποστῃ ἐκτροπήν. Πόση είναι ἡ διαθλαστικὴ γωνία  $A_2$  τοῦ δευτέρου πρίσματος;

### ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

36. Ορισμοί.—Καλεῖται φακὸς ἐν διαφανὲς μέσον, τὸ ὅποῖον 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, ἡ ὅποία διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται κύριος ἀ-

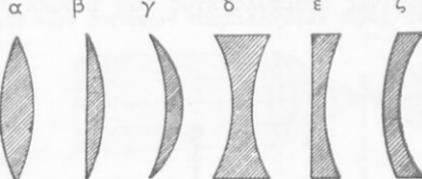


Σχ. 48. Σφαιρικοί φακοί.  
α<sub>1</sub> καὶ α<sub>2</sub> αἱ ἀκτῖνες καμ-  
πυλότητος τοῦ φακοῦ.

ξῶν τοῦ φακοῦ. Εἰς τὴν κατωτέρῳ ἔρευναν τῶν φακῶν θὰ ύποθέσωμεν ὅτι ισχύουν αἱ ἔξῆς συνθῆκαι: α) Ο φακὸς εὐρίσκεται ἐν τὸς τοῦ ἀέρος, τοῦ δόποίου δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἵσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτῖνες εὐρίσκονται πλησίον τοῦ κυρίου ἄξονος (κεντρικαὶ ἀκτῖνες). γ) Τὸ προσπίπτον φῶς εἶναι μονόχρουν.

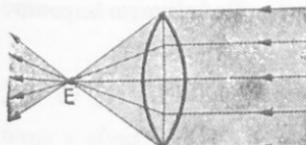
37. Συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες φακοί.—Οἱ συνήθεις φακοὶ κατασκευάζονται ἐξ ύάλου. Ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἡ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου ἐπιφανείας προκύπτουν ἐξ εἴδη φακῶν (σχ. 49). Οἱ φακοὶ, οἱ δόποιοι είναι παχύτεροι εἰς τὸ μέ-

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

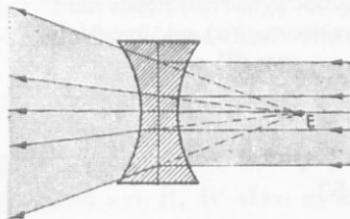


Σχ. 49. Ειδη φακῶν.

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

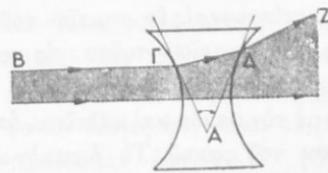
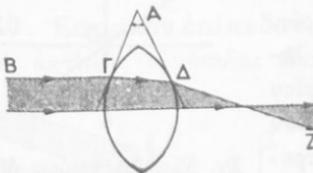


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.



Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

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

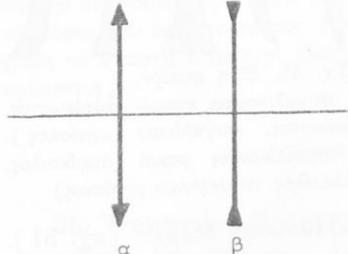


Σχ. 52. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ.

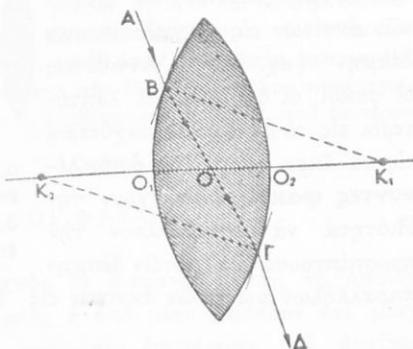
ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισμάτων, τῶν ὅποιων αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῆ (σχ. 52).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν φακούς, τῶν ὅποιων τὸ πάχος, μετρού-

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



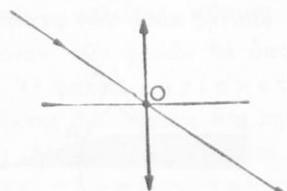
Σχ. 53. Σχηματική παράστασις συγκλίνοντος ( $\alpha$ ) και άποκλίνοντος ( $\beta$ ) φακοῦ.



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

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

**38. Ὁπτικὸν κέντρον.**— ‘Ο κύριος ἀξῶν τοῦ φακοῦ τέμνει τὰς δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας εἰς δύο σημεῖα  $O_1$  καὶ  $O_2$  (σχ. 54). Εἰς τοὺς λεπτοὺς φακούς δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα συμπίπτουν εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυρίου ἀξονος. Τὸ σημεῖον τοῦτο εἰς τοὺς λεπτοὺς φακούς εἶναι ἡ τομὴ τοῦ κυρίου ἀξονος μὲ τὸν φακὸν καὶ καλεῖται **ὅπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ. Τὸ ὅπτικὸν κέντρον ἔχει τὴν ἔξης ιδιότητα :



Σχ. 55. ΔΕΥΤΕΡΕÚΩΝ ἄΞΩΝ  
φακοῦ.

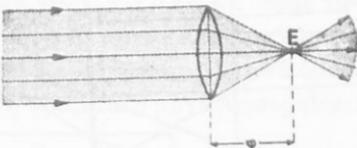
Μία άκτις διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου ἔξερχεται ἀπὸ τὸν φακὸν χωρὶς νὰ ὑποστῆ ἐκτροπήν.

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

## Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

**39. Κυρία έστια.** 'Εστιακή άπόστασις.— 'Επι ένὸς συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 56). "Ολαι αἱ ἔξερχόμεναι ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτίνες διέρχονται δὶ' ένὸς σημείου Ε τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ δόποῖον καλεῖται κυρία έστια τοῦ φακοῦ. 'Η ἀπόστασις τῆς κυρίας έστιας ἀπὸ τὸ διάπτικόν τοῦ φακοῦ εἶναι σταθερὰ καὶ ἀνεξάρτητος πτυκὸν κέντρον καλεῖται έστιακή φακοῦ εἶναι πραγματική.



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

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

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

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

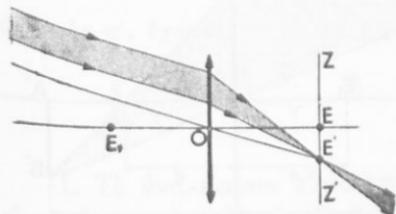
ὅπου ν εἶναι διείκτης διαθλάσεως τῆς ύάλου καὶ R, R' εἶναι αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

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

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

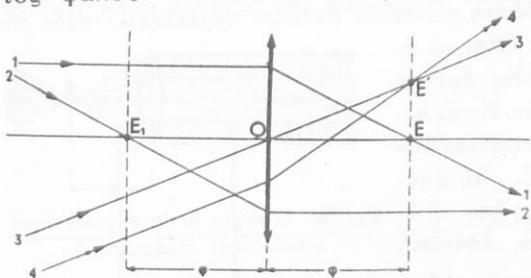
**40. Έστιακὸν ἐπίπεδον.** — 'Εὰν θεωρήσωμεν λεπτὴν φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ δόποῖαι εἶναι παράλληλοι πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ἡ ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη συγκλίνει εἰς τὴν δευτερεύουσαν έστιαν E' (σχ. 57).

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



Σχ. 57. 'Έστιακὸν ἐπίπεδον φακοῦ.

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



Σχ. 58. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

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

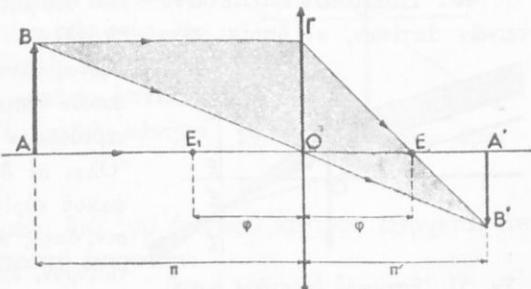
II. "Οταν μία προσπίπτη παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ή ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτὶς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (ἀκτὶς 2).

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

IV. "Οταν μία ἀκτὶς προσπίπτη παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ή ἔξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστοίχου δευτερευούστης ἐστίας, ή ὅποια εύρισκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου (ἀκτὶς 4).

**42. Εἰδώλον ἀντικειμένου.**— "Ἄσ θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν  $AB$  καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 59).

Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἴδωλον  $A'B'$ , τὸ ὅποιον εἶναι ἐπίσης καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἀκρου  $B$  τοῦ ἀντικει-



Σχ. 59. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

μένου προερχόμεναι ἀκτῖνες ΒΟ καὶ ΒΓ, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν, τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον Β', τὸ ὄποιον εἶναι τὸ εἴδωλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἰδώλα δὲ τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ εύρισκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας Α'Β', ἡ ὁποία εἶναι καὶ θετική πρὸς τὸν κύριον ἀξονα. Τὸ εἰδώλον Α'Β' εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν, δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ δύοια τρίγωνα ΟΑΒ καὶ ΟΑ'Β' εύρισκομεν δτι 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 δομάσωμεν Α'Β' = E καὶ AB = A. Ἀπὸ τὰ δύοια τρίγωνα ΟΕΓ καὶ Α'ΕΒ' 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 εύρεθεῖσαι ἔξισώσεις (1) καὶ (3) προσδιορίζουν τὸ μέγεθος καὶ τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου Α'Β'.

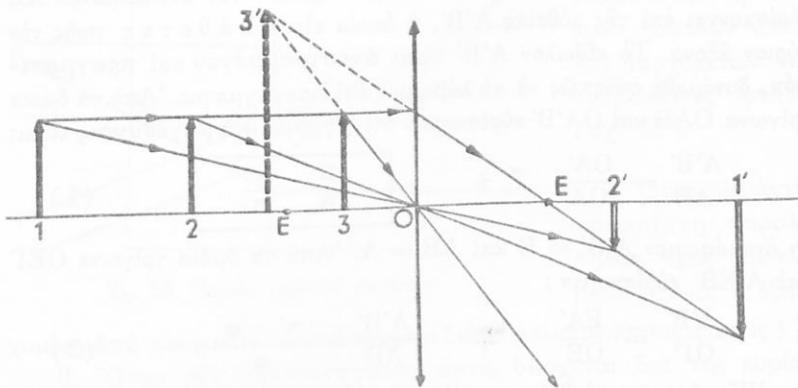
**43. Εἰδώλον σχηματιζόμενον ύπο συγκλίνοντος φακοῦ.** — Αἱ ύποθέσωμεν δτι τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸν συγκλίνοντα φακόν. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις  $\pi'$  τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακὸν προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον:  $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$ . Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς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

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

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

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

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



Σχ. 60. Μεταβολὴ τῆς θέσεως καὶ τοῦ μεγέθους τοῦ εἰδώλου.

Τὸ 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 ότι τὸ  $\pi'$  ἔχει ἀρνητικὴν τιμὴν ( $\pi' < 0$ ). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς εύρισκεται ότι τὸ εἰδώλον σχηματίζεται πρὸς τὸ αὐτὸ μέρος τοῦ φακοῦ, καὶ εἶναι φανταστικόν, δρθὸν καὶ μεγαλύτερον πάντοτε ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

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

I. "Οταν τὸ ἀντικείμενον εύρισκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ, τὸ 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, ὅρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

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

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

ὑπὸ τὸν ὅρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἔξῆς σύμβασιν ως πρὸς τὰ σημεῖα :

π θετικόν : ἀντικείμενον πραγματικὸν

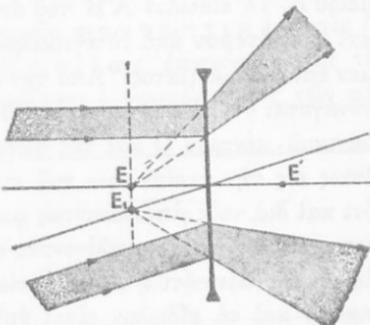
π' θετικόν : εἰδώλον πραγματικὸν

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 ἀποκλίνουσα καὶ φαίνεται προερχομένη ἀπὸ ἐν σημεῖον E τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 61). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κυρία έστια τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἡ δόποια εἶναι φανταστική.

Ο ἀποκλίνων φακὸς ἔχει δύο φανταστικὰς κυρίας έστιας, αἱ δόποια εἶναι συμμετρικαὶ ως πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ· ἡ έστιακή ἀπόστασις εἶναι ἀρνητικὴ καὶ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον σχέσιν :



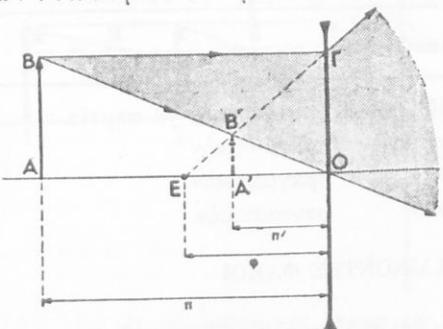
Σχ. 61. Ἡ κυρία έστια καὶ αἱ δευτερεύουσαι έστιαι τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικαί.

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

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

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

**46. Εἰδώλον ἀντικειμένου.**—“Ἄς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν  $AB$  καὶ θετὸν πρὸς τὸν κύριον ἔξοντα (σχ. 62). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἰδῶλον  $A'B'$ , τὸ ὅποιον εἶναι καὶ θετὸν, πρὸς τὸν κύριον ἔξοντα. Αἱ ἐκ τοῦ ἀκρου  $B$  τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτίνες  $BO$  καὶ  $B\Gamma$ , μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον  $B'$ , τὸ ὅποιον εἶναι τὸ εἰδῶλον τοῦ ση-



Σχ. 62. Σχηματισμὸς εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ.

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

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

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

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

**47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν.**— 'Εὰν π καὶ π' καλέσωμεν ἀντίστοιχως 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 δόπιον θεωροῦμεν κάθετον πρὸς τὸν κύριον δίξονα, καὶ τέλος R καὶ R' τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, τότε εἰς δλας τὰς δυνατὰς περιπτώσεις ισχύουν οἱ ἀκόλουθοι γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν:

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

Ūπὸ τὸν ὅρον ὅτι θὰ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικοὺς τοὺς ὅρους  $\pi$ ,  $\pi'$  καὶ  $\varphi$ , ὅταν οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά, τοὺς δὲ ὅρους R καὶ R', ὅταν ἀντιστοιχοῦν εἰς κοίλας ἐπιφανείας. Εἰς τὸν κατωτέρῳ πίνακα φαίνεται πῶς ἐφαρμόζεται ὁ γενικὸς τύπος τῶν φακῶν εἰς τὰς διαφόρους περιπτώσεις.

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

Είδος φακοῦ	Εἴδωλον	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	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$

Παραδείγματα. 1) Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει διεκτήν διαθλάσεως 1,5 καὶ

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

Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακὸν αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ εἰναι κυρταῖ· ἄρα αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος λαμβάνονται θετικαὶ. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εὑρίσκεται ἀπὸ τὴν γενικὴν σχέσιν :

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

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

καὶ  $\varphi = 48 \text{ cm}$

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

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

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

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

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

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

2 ) "Ας ἔξετάσωμεν τὸ προηγούμενον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν δύοιαν ὁ φακὸς εἰναι ἀμφίκυρος. Εἰς τὸν ἀμφίκυρον φακὸν αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος θὰ ληφθοῦν ἀρνητικαὶ. Επομένως εἰναι :

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

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

καὶ  $\varphi = -48 \text{ cm}$

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἰναι πραγματικόν, ἔχομεν :

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

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

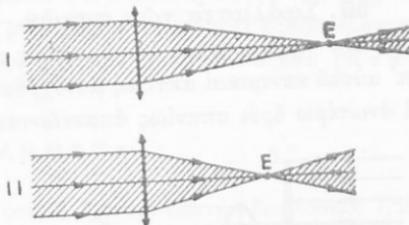
Τὸ δὲ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἰναι :

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

Γ'. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

**48. Ισχὺς φακοῦ.**— 'Επί ένδος συγχλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἀξόνα' ή δέ- σμη αὐτὴ μετατρέπεται ἀπὸ τὸν φακὸν εἰς μίαν δέσμην τόσον πε- ρισσότερον συγχλίνουσαν, ὅσον μικροτέρα είναι ή ἐστιακὴ ἀπό- στασις τοῦ φακοῦ (σχ. 63). Οὕτω ἔχουμεν τὸν ἀκόλουθον δρισμόν:

Καλεῖται ισχὺς (ἢ συγ- κεντρωτική ἴκανότης) ένδος φα- κοῦ τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστια- κῆς του ἀποστάσεως.



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

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

'Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω δρισμοῦ ἔπειται ὅτι εἰς μὲν τοὺς συγχλίνοντας φακοὺς ἡ ισχὺς είναι θετική, εἰς δὲ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς είναι ἥρνητική. 'Η ισχὺς τοῦ φακοῦ ὑπολογίζεται εἰς διοπτρίας:

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

Οὕτως, ἂν ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ένδος συγχλίνοντος φακοῦ είναι  $\varphi = 20$  cm, τότε ἡ ισχὺς τοῦ φακοῦ τούτου είναι:

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

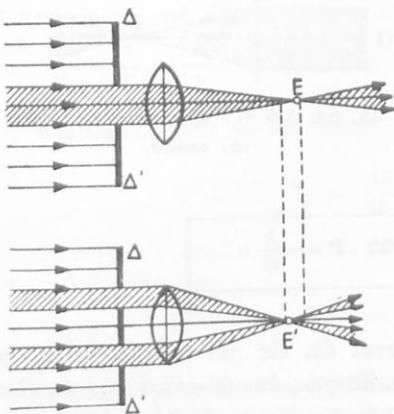
**49. Όμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.**— "Οταν πολλοὶ λεπτοὶ φα- κοὶ ἔχουν χοινὸν κύριον ἀξόνα, τότε οἱ φακοὶ οὗτοι σχηματίζουν δμο- αξονικὸν σύστημα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχουμεν ὅτι:

'Η ισχὺς ένδος δμοαξονικοῦ συστήματος λεπτῶν φακῶν, εύρισκο- μένων εἰς ἐπαφήν, ισοῦται μὲ τὸ ἀλγεβρικὸν ἀθροισμα τῶν ισχύων τῶν φακῶν τοῦ συστήματος.

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

Η σχέσις αὗτη δίδει τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν φ τοῦ συστήματος.

**50. Σφάλματα τῶν φακῶν.**— Ἡ ἐξίσωσις τῶν φακῶν ἴσχυει ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ὁ φακὸς εἶναι λεπτὸς καὶ ὅτι προσπίπτουν ἐπ' αὐτοῦ κεντρικαὶ ἀκτῖνες μονοχρόνου φωτός. Εἰς τὴν πραγματικότητα οἱ ἀνωτέρω ὄροι σπανίως ἀπαντῶνται. Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι συνήθως λευκὸν φῶς, τὸ δῆποτε διερχόμενον διὰ μέσου τῶν φακῶν ὑφίσταται ἀνάλυσιν. Οὕτως οἱ φακοὶ παρουσιάζουν διάφορα σφάλματα, τὰ δῆποτα καλοῦνται ἐκτροπαί.



Σχ. 64. Σφαιρικὴ ἐκτροπὴ φακοῦ.

πρὸ τοῦ φακοῦ διὰ φραγματικὰ, φέρον κυκλικὸν ἀνοιγμα, διὰ τοῦ διέρχονται μόνον κεντρικαὶ ἀκτῖνες.

**β) Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή.** Αὕτη διέρχεται εἰς τὴν μεγάλην γωνίαν, τὴν δῆποιαν σχηματίζουν αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες μὲ τὸν κύριον ἔξονα τοῦ φακοῦ. Οἱ ἀστιγματισμὸς συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μὴ εἶναι εὔχρινη τὰ σχηματίζόμενα εἴδωλα.

**γ) Χρωματικὴ ἐκτροπή.** Αὕτη διέρχεται εἰς τὴν ἀνάλυσιν, τὴν δῆποιαν ὑφίσταται τὸ λευκὸν φῶς, διὰ τοῦτο διέρχεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ. Καὶ ἡ ἐκτροπὴ αὕτη συντελεῖ εἰς τὸ νὰ μὴ εἶναι εὔχρινες τὸ σχηματίζόμενον εἴδωλον.

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

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

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

37. "Ἡ μία ἀκτίς καμπυλότητος ἀμφικύρτου φακοῦ εἰναι 15 cm, δ δείκτης διαθλάσεως εἰναι 1,5 καὶ ἡ ἐστιακή του ἀπόστασή εἰναι 10 cm. Πόση εἰναι ἡ διλητὴ ἀκτίς καμπυλότητος;

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

39. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως φ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, διὰ εἰναι τὸ εἰδωλον 3 φοράς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον;

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

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

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

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

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

ματίζεται έκει, όπου εύρισκεται καὶ τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

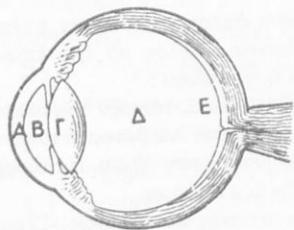
45. Μὲ ἔνα φακὸν ισχύος 5 διοπτριῶν θέλομεν νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ ἐνὸς τοῖχου, δὲ ὅποιος πταιζεὶ ρόλον πετάσματος, τὸ εἰδωλὸν Α'Β' ἐνὸς ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ μῆκος τοῦ ειδώλου πρέπει νὰ είναι 20 φοράς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοῖχον πρέπει νὰ τεθῇ ὁ φακὸς καὶ πόσον θὰ ἀπέχῃ τότε τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸν φακόν; 'Ο διπτικὸς ἄξων τοῦ φακοῦ είναι κάθετος πρὸς τὸν τοῖχον.

46. 'Αντικείμενον ΑΒ μήκους 10 cm ἀπέχει 40 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν Λ ἐστιακῆς ἀπόστασεως  $\varphi = 30$  cm. Θέλομεν νὰ λάβωμεν τὸ εἰδωλὸν τοῦ ΑΒ ἐπὶ διαφράγματος ἀπέχοντος 6 m ἀπὸ τὸν φακὸν Λ. Πρὸς τοῦτο φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν φακὸν Λ ἔνα δὲλλον φακὸν Λ'. Νὰ εὐρεθῇ τὸ εἶδος τοῦ φακοῦ Λ' καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ. Πόσον είναι τὸ μέγεθος τοῦ ειδώλου, τὸ ὅποιον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος;

37. Φακὸς Λ ἀπέχων 15 cm ἀπὸ ἀντικείμενον ΑΒ δίδει πραγματικὸν εἰδωλὸν  $A'B' = 3 \cdot AB$ . Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς δὲλλου φακοῦ Λ', δὲ ὅποις τιθέμενος εἰς ἀπόστασιν 10 cm δημιουργεῖ τὸν φακὸν Λ δίδει νέον πραγματικὸν εἰδωλὸν  $A''B'' = v \cdot A'B'$ . Πόση είναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ Λ', ἂν είναι  $v = 2$  ἢ  $v = 1$ :

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

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



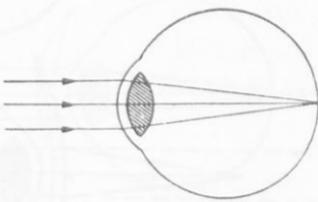
Σχ. 65. Τομὴ ὀφθαλμοῦ.

ε) Τὸ ὄχλωδες ὑγρόν Δ. Τὸ ἔσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ὀφθαλμοῦ καλύπτεται ἀπὸ μίαν μεμβράνην Ε, ἡ ὅποια καλεῖται ἀμφιβληστρο-

νῆ κερατοειδῆ κιτῶν α. Β. γ) "Ἐν διάφραγμα ἔχον διάφορον χρῶμα εἰς τὰ διάφορα ἀπομα, τὸ ὅποιον καλεῖται ἵρις καὶ φέρει εἰς τὸ μέσον κυκλικὸν ἀνοιγμα (κόρη). δ) διάμετρος τῆς κόρης μεταβάλεται ἀπὸ 2 ἔως 8 mm περίπου. δ) "Ἐνα ἀμφικυρτὸν ἐλαστικὸν φακὸν Γ, ὁ ὅποιος καλεῖται κρυσταλλός ὀχλωδῆς φακοῦ.

νεύρου. Διὰ νὰ εἶναι εὐκρινῶς δρατὸν ἐν ἀντικείμενον, πρέπει τὸ εἴδωλόν του νὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Κατὰ προσέγγισιν ὁ διφθαλμὸς δύναται νὰ ἔξομοιωθῇ μὲ συγχλίνοντα φακόν, τοῦ δποίου τὸ διπτικὸν κέντρον εὑρίσκεται 15 mm ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

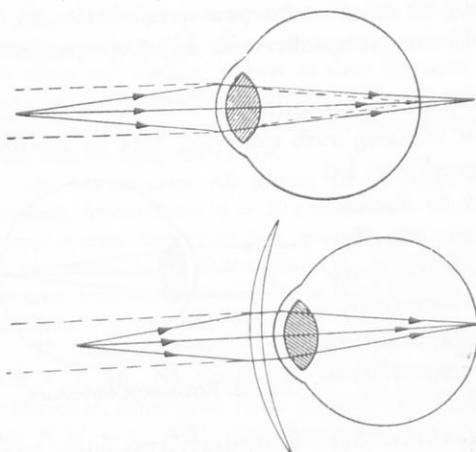
**52. Κανονικὸς διφθαλμός. Προσαρμογή.** — "Οταν ὁ διφθαλμὸς παρατηρῇ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίῃ αὐτὸν εὐκρινῶς, τότε τὸ εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). "Οταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ συνεχῶς πρὸς τὸν διφθαλμόν, τότε τὸ εἴδωλον θὰ ἔπειρε νὰ σχηματίζεται ὑπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ νὰ ἀπομακρύνεται συνεχῶς ἀπὸ αὐτόν. Διὰ νὰ σχηματίζεται δύμας πάντοτε τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, πρέπει νὰ τροποποιῆται ἐκάστοτε ὁ μηχανισμὸς τοῦ διφθαλμοῦ. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταβολῆς τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ· ἐφ' ὅσον ἐλαττώνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν διφθαλμόν, ὁ κρυσταλλώδης φακὸς γίνεται συγκεντρωτικώτερος. Ἡ ἴκανότης αὐτὴ τοῦ διφθαλμοῦ καλεῖται προσαρμογή. Ὁ κανονικὸς διφθαλμός, δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς, χωρὶς προσαρμογήν, τὰ εἰς ἄπειρον εὑρίσκομενα ἀντικείμενα καὶ προσαρμοζόμενος δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα μέχρις ἀπόστασεως 25 cm. Ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις, εἰς τὴν δποίαν πρέπει νὰ εὑρεθῇ ἀπὸ τοῦ διφθαλμοῦ ἐν ἀντικείμενον, διὰ νὰ διακρίνεται εὐκρινῶς, καλεῖται ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς δράσεως· αὕτη διὰ τὸν κανονικὸν διφθαλμὸν εἶναι περίπου 25 cm.



Σχ. 66. Κανονικὸς διφθαλμός.

**53. Πρεσβυωπία.** — "Ἡ ἰσχὺς τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ, ὅταν ὅπτος ἡρεμῇ, εἶναι 19 διοπτρίαι· διὰ τῆς προσαρμογῆς ἡ ἰσχὺς του αὐξάνεται εἰς 33 διοπτρίας. Αὔτη δύμας ἡ ἴκανότης τοῦ διφθαλμοῦ, νὰ μεταβάλῃ τὴν ἰσχὺν τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ κατὰ 14 διοπτρίας, ἐλαττώνεται μὲ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν, διότι ἡ ἐλαστικότης τοῦ φακοῦ συνεγγίνεται. Οὕτως εἰς ἥλικιαν 20 ἐτῶν ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ

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

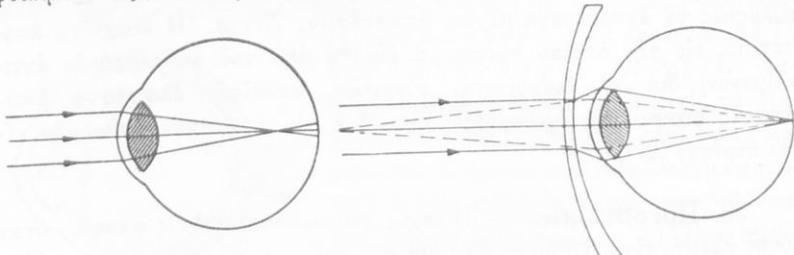


Σχ. 67. Πρεσβυωπικὸς ὀφθαλμὸς  
καὶ διόρθωσις αὐτοῦ.

Αὐτὴ ἡ ἐλάττωσις τῆς ἴκα-  
νότητος προσαρμογῆς ἔχει  
ώς ἀποτέλεσμα νὰ αὔξῃ  
νεται μὲ τὴν πάροδον  
τῶν ἐτῶν ἡ ἐλαχίστη ἀπό-  
στασις εὐχρινοῦς ὁράσεως  
**(πρεσβυωπία).** Ό πρε-  
σβύωψ βλέπει εὐχρινῶς τὰ  
ἀντικείμενα τὰ εύρισκόμενα  
εἰς μεγάλην ἀπόστασιν,  
ἀλλὰ δὲν δύναται νὰ δια-  
κρίνῃ τὰ πλησίον ἀντικεί-  
μενα, διότι τότε τὸ εῖδω-  
λον σχηματίζεται δηπισθεὶ<sup>ν</sup>  
τοῦ ἀμφιβληστροειδῆς. Διὰ  
νὰ ἀναπληρωθῇ ἡ ἐλλειψὶς

ἴκανότητος προσαρμογῆς, διότι πρεσβύωψ ὀφθαλμὸς χρησιμοποιεῖ συγ-  
χλινοντα φακὸν διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν πλησίον εύρισκομένων  
ἀντικειμένων (σχ. 67).

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

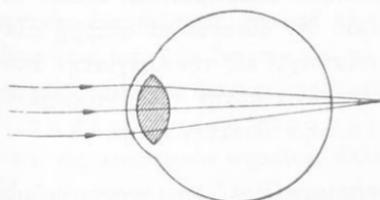


Σχ. 68. Μυωπικὸς ὀφθαλμός.

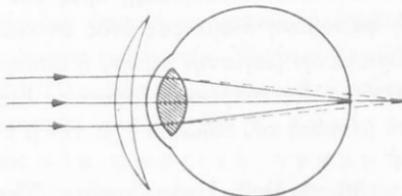
Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

εἶδωλον ἐνὸς μακρὰν εύρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ἔμπροσθεν  
τοῦ ἀμφιβληστροειδῆς (σχ. 68). Οὕτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει εὐχρι-  
νῶς χωρὶς προσαρμογὴν ἀντικείμενα εύρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν ἀλλίων

μέτρων, διότι τότε μόνον, τὸ εἴδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστρο-ειδοῦς. Ἀντιθέτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς δύναται προσαρμοζόμενος νὰ δια-κρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν πολὺ μικροτέραν τῶν 25 cm. Ἡ μυωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ἀποκλινοντος φακοῦ, ὁ ὃποῖος μετατοπίζει τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 69). Εἰς τὸν ὑπερμέτρωπα ὀφθαλμὸν ὁ ἔξων τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι βραχὺς καὶ



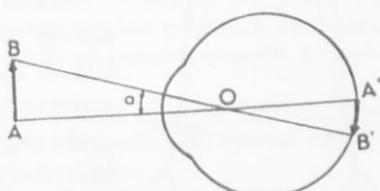
Σχ. 70. Ὑπερμέτρωπικὸς ὀφθαλμός.



Σχ. 71. Διόρθωσις ὑπερμέτρωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

ἐπομένως τὸ εἴδωλον ἐνὸς μακρὰν εὑρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ὅπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 70). Οὕτως ὁ ὑπερμέτρωπος ὀφθαλμὸς δὲν διακρίνει τίποτε χωρὶς προσαρμογὴν. Εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦτον ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὄράσεως εἶναι πολὺ μεγαλύτερα ἀπὸ 25 cm. Ἡ ὑπερμέτρωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως συγκλινοντος φακοῦ, ὁ ὃποῖος μετατοπίζει τὸ εἴδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 71).

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



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

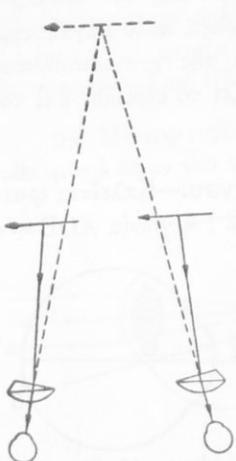
$$\text{φαινομένη διάμετρος: } \alpha = \frac{AB}{OA}$$

‘Η ἀνωτέρω σχέσις φανερώνει ὅτι :

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

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

**56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία.**—“Οταν παρατηροῦμεν ἐν ἀντικείμενον μὲ τοὺς δύο ὁφθαλμούς, τότε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἑκάστου ὁφθαλμοῦ σχηματίζεται ἴδιαίτερον εἰδώλον. Ἐν τούτοις βλέπομεν ἐν μόνον ἀντικείμενον. “Οταν τὸ αὐτὸν ἀντικείμενον τὸ παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν μὲ τὸν ἔνα ὁφθαλμόν, ἄλλοτε δὲ μὲ τὸν ἄλλον ὁφθαλμόν, τότε τὸ θέαμα, τὸ ὅποιον παρουσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι διαφορετικόν, ὅταν παρατηρῆται μὲ μόνον τὸν δεξιὸν ἢ τὸν ἀριστερὸν ὁφθαλμόν. Αἱ μικραὶ αὐταὶ διαφοραὶ συντελοῦν εἰς τὸ νὰ μᾶς δίδουν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀντικειμένου, δηλαδὴ νὰ ἀντιλαμβανώμεθα ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὔρισκεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἡμᾶς χῶρον, ὅχι ὡς ἐπιφάνεια, ἀλλὰ ὡς στερεὸν ἔχον διαστάσεις.



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου.

Τὸ στερεοσκοπίον ἀναπαράγει σχέδιὸν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, τὴν ὥποιαν μᾶς δίδει ἡ διόφθαλμος ὄρασις. Λαμβάνομεν δύο φωτογραφίας τοῦ ἀντικειμένου μὲ δύο φωτογραφικὰς μηχανάς, σι κόποῖαν ἀπέχουν μεταξὺ των, δύον ἀπέχουν οἱ δύο ὁφθαλμοί, ητοι 6 ἔως 7 cm. Αἱ δύο αὐταὶ εἰκόνες τοῦ ἀντικειμένου δὲν εἶναι τελείως ὁμοιαι· ἡ μία ἐξ αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὥποιαν μᾶς δίδει ὁ δεξιὸς ὁφθαλμός, ἡ δὲ ἄλλη εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὥποιαν μᾶς δίδει ὁ ἀριστερὸς ὁφθαλμός. Θέτομεν τὰς δύο αὐτὰς εἰκόνας ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεο-

παραπότου (σγ. 73) καὶ παρατηροῦμεν συγχρόνως τὰς δύο εἰκόνας οὕτως, ώστε ἔκαστος ὁ φθαλμὸς νὰ βλέπῃ μόνον τὴν εἰκόνα, ἡ ὅποια ἀντιστοιχεῖ εἰς αὐτόν. Τὰ δύο εἰδώλα συμπίπτουν εἰς ἐν μόνον εἴδωλον, 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 μιᾶς ὄπτικῆς ἐντυπώσεως ἀπαιτεῖ τὴν πάροδον ὠρισμένου χρόνου, ὁ ὅποιος ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἔντασιν καὶ τὰ χρώματα τοῦ φωτός. Ἐκάστη λοιπὸν ὄπτικὴ 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 ὄπτικῆς ἐντυπώσεως. ’Ἐπι τῆς δθόνης προβάλλονται διαδοχικῶς φωτογραφίαι ἐνὸς κινουμένου ἀντικειμένου ληφθεῖσαι κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἵσα μὲ 1/24 τοῦ δευτερολέπτου. Αἱ φωτογραφίαι αὐταὶ προβάλλονται ἔπειτα μὲ τὸν ἕδιον ρυθμόν, ἥτοι 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 ὁ φθαλμὸς δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα εύρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν μεγαλυτέραν τῶν 3 m. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ Ισχὺς τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ώστε ὁ φθαλμὸς οὗτος νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς τὰ μακράν εύρισκόμενα ἀντικείμενα;

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

50. Εἰς ἓνα ὑπερμέτρωπα ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς δράσεως είναι 90 cm. Νὰ εὐρεθῇ πόση πρέπει νὰ είναι ἡ Ισχὺς τῶν φακῶν, τούς ὅποιους θὰ χρησιμοποιῆ, διὰ νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν 40 cm.

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

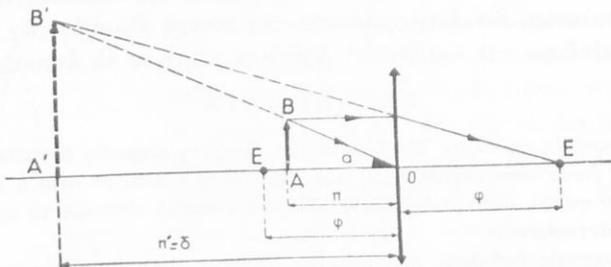
52. Γέρων, τοῦ ὅποιου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς δράσεως είναι 1,20 m, θέλει νὰ διαβάζῃ βιβλίον εύρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν δφθαλμὸν του. Πόση είναι ἡ Ισχὺς τοῦ φακοῦ, τὸν ὅποιον θὰ χρησιμοποιήσῃ;

## Ο ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

**58. Οπτικά δργανα.**—Είδομεν (§ 55) ότι, όσον μεγαλυτέρα είναι ή για ινομένη διάμετρος ένός άντικειμένου, τόσον μεγαλύτερον είναι και τὸ εἰδώλον τοῦ άντικειμένου τούτου, τὸ δόποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.<sup>3</sup> Απὸ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἔξαρτᾶται καὶ τὸ πλῆθος τῶν λεπτομερειῶν, τὰς δόποιας διακρίνομεν.<sup>4</sup> Ή μεγάλη στην δυνατή φαίνομένη διάμετρος άντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦσα δράσεως. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὔξησιν τῆς φαίνομένης διαμέτρου, χρησιμοποιοῦμεν διάφορα διπτικά δργανα.

### Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

**59. Απλοῦν μικροσκόπιον.**—Τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα συγκλίνοντα φακὸν μικρᾶς ἐστιακῆς ἀπόστασεως. Τὸ πρὸς παρατήρησιν άντικείμενον  $AB$  (σχ. 74) τοποθετεῖται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας  $E$  καὶ τοῦ φακοῦ. Τὸ παρατηρούμενον τότε εἰδώλον  $A'B'$  είναι δρθόν, φανταστικὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ άντικείμενον. Υποθέτομεν ότι ὁ ὀφθαλμὸς εύρισκεται σχεδὸν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν φα-



Σχ. 74. Ο συγκλίνων φακὸς ἀποτελεῖ ἀπλοῦν μικροσκόπιον

κόν. Τὸ εἰδώλον  $A'B'$  είναι εὐκρινὲς, ὅταν ἡ ἀπόστασίς του ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν είναι ἵση μὲ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦσας δράσεως. Τὸ εἰδώλον  $A'B'$  φαίνεται ὑπὸ γωνίαν  $\alpha$ .<sup>5</sup> Αρά ἡ μονάς μήκους τοῦ άντικειμένου  $AB$  φαίνεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ ὑπὸ γωνίαν:  $\frac{\alpha}{AB}$ .

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

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

‘Η φαινομένη διάμετρος α τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς ἀ κ τίνα καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου AB μετρεῖται εἰς μέτρον, ἐπομένως ή ἴσχὺς μετρεῖται εἰς διόπτρον ας.

‘Απὸ τὸ δρθογώνιον τρίγωνον OAB εύρισκομεν:  $AB = OA \cdot \text{εφ} \alpha$ . ‘Εὰν λάβωμεν ὅπ’ ὅψιν ὅτι ή γωνία α εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ ὅτι ή ἑστιακὴ 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:

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

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

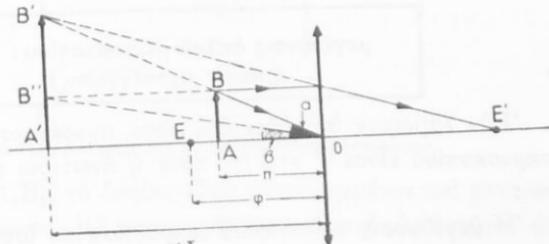
Μεγέθυνσις ένδος διπτικοῦ δργάνου καλεῖται ὁ λόγος τῆς γωνίας α, ὑπὸ τὴν δποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ δργάνου τὸ εἰδώλον A'B', πρὸς τὴν γωνίαν β, ὑπὸ τὴν δποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ γυμνοῦ δφθαλμοῦ, ὅταν τοῦτο εύρισκεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως.

‘Η οὕτως ὄριζομένη μεγέθυνσις εἶναι η γωνιακὴ μεγέθυνσις, ἐνῷ ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι η 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:

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



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

Αἱ γωνίαι  $\alpha$  καὶ  $\beta$  εἰναι πολὺ μικραί. Ἐπομένως ἀπὸ τὰ δρθιγώνια τρίγωνα OAB καὶ OA'B'' εύρισκομεν ὅτι εἰναι :

$$\begin{array}{ll} \alpha = \frac{AB}{OA} & \text{ἢτοι } \alpha = \frac{AB}{\pi} \\ \text{καὶ} & \\ \beta = \frac{A'B''}{OA'} & \text{ἢτοι } \beta = \frac{AB}{\delta} \end{array}$$

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

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

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

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

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

Ἡ μεγέθυνσις ἐνὸς ἀπλοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸν λόγον τῆς ἐλαχίστης ἀποστάσεως εὐκρινοῦς ὁράσεως 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 ἴσχὺς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἰναι  $P = 1/\varphi$ , τότε ἡ ἀνωτέρω σχέσις (4) φανερώνει ὅτι :

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

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

Π α ρ α τη ρη τής 25 cm παρατηρεῖ διὰ μέσου συγχλίνοντος φακοῦ ἑστιακῆς ἀποστάσεως 2 mm μικρὸν ἀντικείμενον μήκους 2 mm.

Η ίσχυς του χρησιμοποιουμένου άπλου μικροσκοπίου είναι :

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

Η έπιτυγχανομένη μεγέθυνσις είναι :

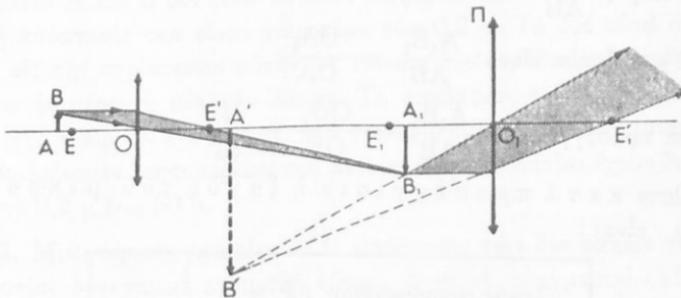
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} = 12,5$$

Η φαινομένη διάμετρος του είδώλου είναι :

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

**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 δόποιοι 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 γ-



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

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

α) Ισχύς τοῦ μικροσκοπίου. "Οπως είδομεν, ίσχύς τοῦ μικροσκοπίου καλεῖται ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ μικροσκοπίου τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου. Εάν λοιπὸν α εἶναι ἡ φαίνομένη διάμετρος τοῦ τελικοῦ εἰδώλου A'B', τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν ἡ ίσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :  $P = \frac{\alpha}{AB}$

· Η ἀνωτέρω σχέσις γράφεται ως ἔξης :

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

· Άλλα  $\frac{\alpha}{A_1B_1}$  εἶναι ἡ ίσχύς  $P_\pi$  τοῦ προσοφθαλμίου, ἡ ὁποία ως γνωστὸν (§ 59) εἶναι :

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

· Ο δὲ λόγος  $\frac{A_1B_1}{AB}$  εἶναι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις τοῦ ἀντικειμενικοῦ (§ 42), ἡ ὁποία εἶναι :  $\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{OA_1}{OA}$

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

"Ωστε κατὰ προσέγγισιν ἡ ίσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

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

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

· Η μεγέθυνσις ( $M$ ) τοῦ μικροσκοπίου ισοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ίσχύος ( $P$ ) τοῦ μικροσκοπίου ἐπὶ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως ( $\delta$ ) τοῦ παρατηρητοῦ.

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

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

Παράδειγμα. Εἰς ἐν μικροσκόπιον εἶναι :

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

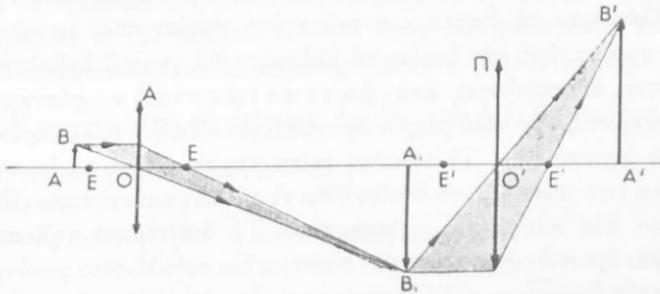
Ἡ ίσχὺς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

Ἡ δὲ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου δι' ἓνα διφθαλμὸν ἔχοντα ἐλαχίστην ἀπόστασιν εύκρινοῦς δράσεως  $\delta = 10 \text{ cm}$  εἶναι :  $M = 1000 \cdot 0,10 = 100$ , ἥτοι ὁ διφθαλμὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον 100 φορᾶς μεγαλύτερον.

**62. Διαχωριστικὴ ίκανότης τοῦ μικροσκοπίου.**— Ἐκ πρώτης ὅψεως φαίνεται ὅτι εἶναι δυνατὸν νὰ αὐξηθῇ ἡ ίσχὺς τοῦ μικροσκοπίου πέραν τῶν ἀνωτέρων δρίων ίσχύος, τὰ δποῖα ἔχομεν σήμερον ἐπιτύχει. Ἐφ' ὅσον δὲ βαίνει αὐξανομένη ἡ ίσχὺς, αὐξάνονται καὶ αἱ λεπτομέρειαι, τὰς δποῖας διακρίνει ὁ διφθαλμός. Παρὰ τὰς τεχνικὰς τελειοποιήσεις, δύο σημεῖα A καὶ B δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ φαίνωνται ὡς χωριστὰ σημεῖα, ὅταν ἡ ἀπόστασίς των εἶναι μικρότερά τῶν 0,2 μ. Τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα δίδουν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὡς εἰδωλα δύο κηλῖδας, αἱ δποῖαι καλύπτουν ἐν μέρει ἡ μία τὴν ἄλλην. Τὸ φανόμενον τοῦτο εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς παραθλάσσεως τοῦ φωτὸς (§ 92). Διὰ τῶν μικροσκοπίων διαχρίνομεν λεπτομερείας τοῦ ἀντικειμένου, αἱ δποῖαι ἔχουν διαστάσεις ἀπὸ 0,2 μ ἕως 50 μ.

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



Σχ. 77. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδώλου ὑπὸ τοῦ μικροσκοπίου.

$A_1B_1$ , τὸ δποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικὸς, νὰ σχηματίζεται πρὸ τῆς κυ-

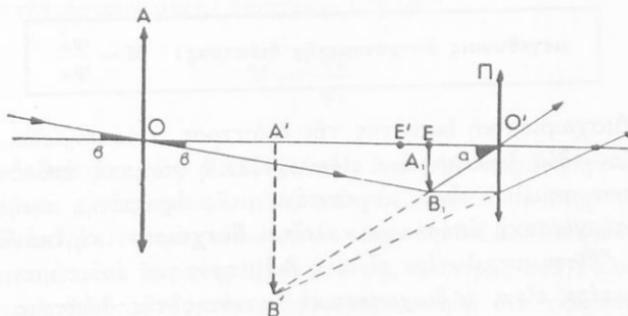
ρίας έστιας Ε' τοῦ προσοφθάλμιος (σχ. 77). Τότε ὁ προσοφθάλμιος δίδει τὸ πραγματικὸν εἰδώλον Α'Β', τὸ ὅποῖον δύναται νὰ ληφθῇ ἐπὶ διαφράγματος ἢ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. 'Η φωτογράφησις τῶν εἰδώλων μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων καλεῖται **μικροφωτογραφία**' πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου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

**64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθάλμιου φακοῦ.**—Τὸ πραγματικὸν εἰδώλον Α<sub>1</sub>Β<sub>1</sub>, τὸ ὅποῖον σχηματίζει ὁ ἀντικειμενικὸς φακός, πρέπει νὰ είναι πολὺ φωτεινὸν καὶ χωρὶς σφάλματα· διότι, ἂν τὸ εἰδώλον τοῦτο ἔχῃ σφάλματα, ταῦτα θὰ γίνουν μεγαλύτερα διὰ τοῦ προσοφθάλμιου φακοῦ. Γενικῶς ὁ ἀντικειμενικὸς φακός τοῦ μικροσκοπίου είναι ἐν σύστημα φακῶν, διὰ τοῦ ὅποίου ἐπιδιώκεται αὔξησις τῆς ἵσχυος τοῦ μικροσκοπίου καὶ διόρθωσις τῶν διαφόρων σφαλμάτων, τὰ ὅποῖα παρουσιάζουν οἱ φακοί. 'Αλλὰ καὶ ὁ προσοφθάλμιος φακὸς τοῦ μικροσκοπίου είναι πάντοτε σύστημα φακῶν.

#### Β'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

**65. Διοπτρικὰ καὶ κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.**—Τὰ τηλεσκόπια είναι διπτικὰ δργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν παρατήρησιν ἀντικειμένων εύρισκομένων πολὺ μακράν. Μὲ τὰ τηλεσκόπια ἐπιτυγχάνομεν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα ταῦτα ὑπὸ γωνίαν πολὺ μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν γωνίαν, ὑπὸ τὴν ὅποιαν τὰ βλέπομεν διὰ γυμνοῦ δθαλμοῦ. Τὰ τηλεσκόπια ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἡντικειμένων πολὺ μικρὸν πραγματικὸν εἰδώλον τοῦ μακράν εύρισκομένου ἀντικειμένου. Τὸ εἰδώλον τοῦτο παρατηρεῖται μὲ ἐν προσθήμιον σύστημα, τὸ ὅποῖον δίδει τὸ τελικὸν φανταστικὸν εἰδώλον. 'Υπάρχουν δύο κατηγορίαι τηλεσκοπίων. Τὰ **διοπτρικὰ τηλεσκόπια** ἢ **διόπτραι** ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἔνα συγκλίνοντα φακὸν μεγάλης ἔστιακῆς ἀποστάσεως. Τὰ δὲ **κατοπτρικὰ τηλεσκόπια** ἔχουν ὡς ἀντικειμενικὸν σύστημα ἔνα κοῖλον κάτοπτρον. Τὸ ἀντικειμενικὸν καὶ τὸ προσοφθάλμιον σύστημα είναι στερεωμένα καταλλήλως ἐπὶ μακροῦ σωλῆνος.

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



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

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

α) Μεγέθυνσις τῆς διόπτρας. "Οπως εἰς τὰ μικροσκόπια, οὕτω καὶ εἰς τὰ τηγεσκόπια ἡ μεγέθυνσις ἴσοῦται μὲ τὸν λόγον τῆς φαινομένης διαμέτρου  $\alpha$  τοῦ τελικοῦ εἰδώλου πρὸς τὴν φαινομένην διάμετρον  $\beta$  τοῦ ἀντικειμένου, δταν τὸ παρατηροῦμεν διὰ γυμνοῦ δφθαλμοῦ. "Αρα εἶναι :  $M = \frac{\alpha}{\beta}$ . Ἀπὸ τὰ τρίγωνα  $A_1OB_1$  καὶ  $A_1O'B_1$  εύρίσκομεν δτι  $\alpha$  πολὺ μικρὰ γωνίαι  $\alpha$  καὶ  $\beta$  εἶναι :

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

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

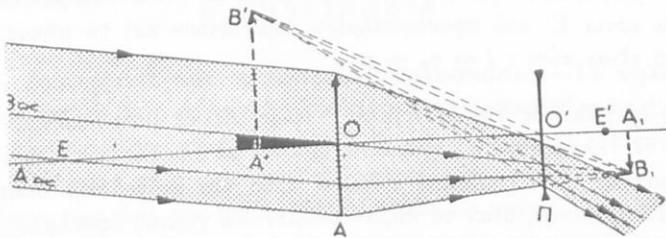
Ούτως εύρισκομεν ὅτι :

Ἡ μεγέθυνσις τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας ἰσοῦται μὲ τὸν λόγον τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμένου πρὸς τὴν ἔστιακήν ἀπόστασιν τοῦ προσοφθαλμίου.

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

β) Διαχωριστικὴ ἵκανότης τῆς διόπτρας. Δύο σημεῖα A καὶ B σχηματίζουν δύο διακεκριμένα εἰδῶλα, ἐὰν ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων σημείων εἶναι μεγαλυτέρα μιᾶς ὥρισμένης τιμῆς ω. Ἡ ὁρικὴ αὐτὴ γωνιακὴ ἀπόστασις καλεῖται διαχωριστικὴ ἵκανότης τῆς διόπτρας. "Οσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τόσον μικροτέρα εἶναι ἡ διαχωριστικὴ ἵκανότης τῆς διόπτρας. Αἱ καλύτεραι διόπτραι ἔχουν διαχωριστικὴν ἵκανότητα 0,12''. Ἡ γωνία αὐτὴ εἶναι ἡ γωνιακὴ ἀπόστασις δύο σημείων τῆς ἐπιφανείας τῆς Σελήνης, τὰ ὅποια ἀπέχουν μεταξὺ των 230 μέτρα.

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



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

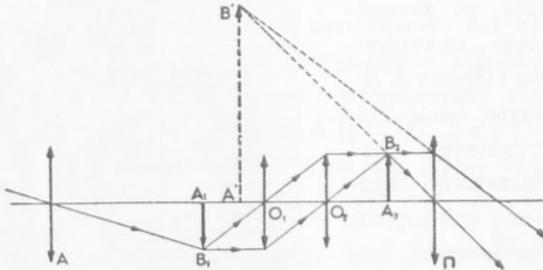
τικὸν εἰδῶλον A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> (σχ. 79). τοῦτο σχηματίζεται πολὺ πλησίον τῆς κυρίας ἔστιας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Ὁ προσοφθάλμιος εἶναι ἀποστάσις τῆς κυρίας ἔστιας του E. Οὕτω τὸ εἰδῶλον A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸν προσοφθάλμιον φακόν. Ἐὰν ἡ κυρία ἔστια E τοῦ προσοφθαλμίου εύρισκεται πρὸ τῆς ἔστιας τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τότε ἡ

προσοφθάλμιος δίδει τὸ φανταστικὸν εἴδωλον  $A'B'$ , τὸ ὅποῖον εἶναι ὁρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ  $A_1B_1$ .

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

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

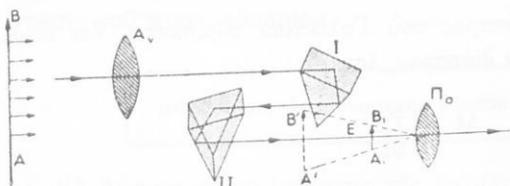
**68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.**— Διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, εὑρισκούμενων πολὺ μακράν, πρέπει τὸ παρατηρούμενον διὰ τῆς διόπτρας τελικὸν εἴδωλον νὰ εἶναι ὁρθόν. Τοιοῦτον εἶναι τὸ εἴδωλον, τὸ ὅποῖον παρατηροῦμεν διὰ τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου. Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, ἀν ἐφοδιασθῇ μὲ ἀνορθωτικὸν σύστημα. Τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα δύο συγκατανόντων φακῶν, οἱ ὅποιαι ἔχουν τὴν ἴδιαν ἑστιακὴν ἀπόστασιν φ. Τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθάλμιου οὖτως, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἴδωλον  $A_1B_1$ , τὸ ὅποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός, νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ  $O_1$  (σχ. 80). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος εἶναι. ἵση μὲ τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σύστημα σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν τοῦ δευτέρου φακοῦ  $O_2$ , τὸ πραγματικὸν εἴδωλον  $A_2B_2$ , τὸ ὅποῖον εἶναι ἵσον μὲ τὸ  $A_1B_1$ , ἀλλ᾽ ἀνεστραμμένον ὡς πρὸς αὐτό, καὶ συνεπῶς ὁρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τοῦ προσοφθάλμιου παρατηροῦμεν τότε τὸ φανταστικὸν εἴδωλον  $A'B'$  τοῦ ὄρθοῦ πραγματικοῦ εἴδωλου  $A_2B_2$ . Ἡ προσθήκη τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος προκαλεῖ αὔξησιν τοῦ μήκους τῆς διόπτρας κατὰ 3φ.



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

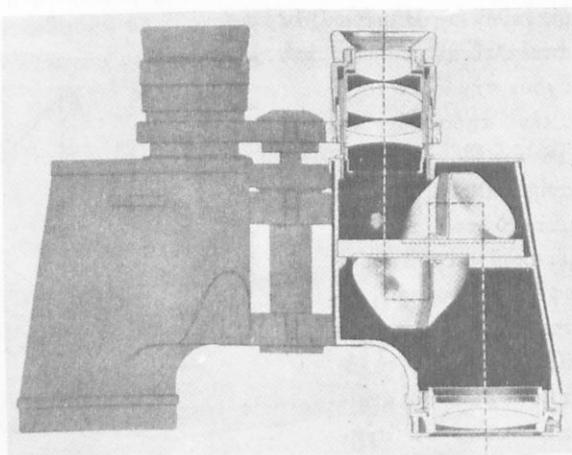
Ἡ προσθήκη τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος προκαλεῖ αὔξησιν τοῦ μήκους τῆς διόπτρας κατὰ 3φ.

69. Πρισματική διόπτρα.—Εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου παρεμβάλλονται δύο πρίσματα ὄλικῆς ἀνακλάσεως I καὶ II (σχ. 81),



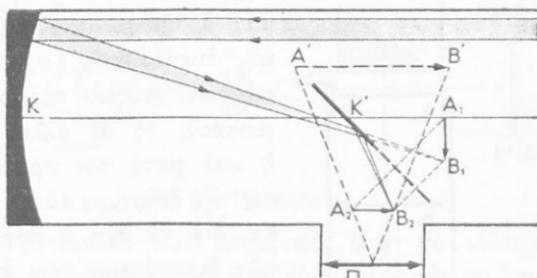
Σχ. 81. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν.

πρίσματος· αἱ ἀνακλάσεις αὐταὶ προκαλοῦν τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου  $A_1B_1$ , τὸ δῆδε ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ τοῦ προσοφθαλμίου παρατηροῦμεν τὸ ὅρθιὸν πρὸς τὸ ἀντικείμενον πραγματικὸν εἰδώλον  $A'B'$ . Οὕτως δημιουργεῖται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι ἡ ἀκτίς διατρέχει τρεῖς φοράς τὸ μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων διάστημα. Δύο τοιοῦτοι διοπτρικοὶ σωλῆνες ἔνομενοι καταλλήλως χρησιμοποιοῦνται διὰ διόφθαλμον ὅρασιν (σχ. 82). Αἱ διόφθαλμοι πρισματικὲς διόπτραι παρέχουν στερεοσκοπικὴν ἀποψίν τοῦ εἰδώλου· διότι ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἀντικειμενικῶν εἶναι μεγαλυτέρᾳ ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο προσοφθαλμίων καὶ συνεπῶς ἕκαστος διόφθαλμὸς παρατηρεῖ ἄλλην ἀποψίν τοῦ ἀντικειμένου.



Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας.

70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον. Τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον φέρει ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἐν κοῖλον κάτοπτρον, τὸ ὅποῖον ἔχει μεγάλην ἑστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 83). Τὸ κάτοπτρον K δίδει τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> ἐνδὲ μακρὰν εύρισκομένου ἀντικειμένου AB. Τὸ εἰδῶλον A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν E τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ἀνεστραμμένον. Πρὸ τῆς κυρίας ἑστίας E τοῦ κοίλου κατόπτρου τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον K' (ἢ πρᾶσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως), τὸ ὅποῖον σχηματίζει γωνίᾳ 45° μὲ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ πραγ-

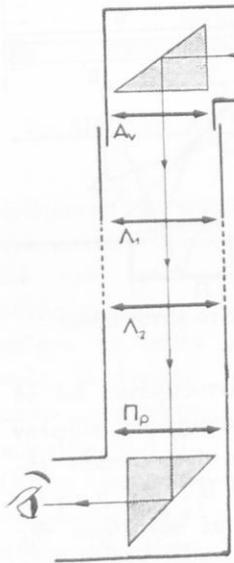


Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον.

ματικὸν εἰδῶλον A<sub>1</sub>B<sub>1</sub> ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὅποῖον δίδει τότε τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>. Παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμίου τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον A<sub>2</sub>B<sub>2</sub> βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἰδῶλον A'B'. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἵση μὲ τὸν λόγον τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως ( $\varphi_a$ ) τοῦ κοίλου κατόπτρου πρὸς τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν ( $\varphi_x$ ) τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, ἢτοι  $M = \frac{\varphi_a}{\varphi_x}$ . Τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον ἔχει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν χρησιμοποιεῖ ἀντικειμενικὸν φακὸν μεγάλης διαμέτρου. Ἡ κατασκευὴ τοιούτων φακῶν παρουσιάζει πολὺ μεγάλας δυσκολίας (ἀκρίβειαν εἰς τὴν καμπυλότητα τῶν δύο ἐπιφανειῶν, ἀπόλυτον 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 χρησιμοποιεῖται κυρίως ὑπὸ τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εύρισκωνται ἐν καταδύσει, διὰ τὴν ἔξερεύ- νησιν τοῦ ὄριζοντος. Τὸ περισκόπιον εἶναι μία διόπτρα τῶν ἐπιγείων, τῆς ὁποίας ὁ ἀξών κάμπτεται εἰς τὰ δύο ἀκρα κατ' ὅρθην γωνίαν χάρις εἰς δύο πρίσματα ὄλι- κῆς ἀνακλάσεως (σχ. 84). τὸ ἐν ἐν τῶν πρι- σμάτων τούτων εύρισκεται πρὸ τοῦ ἀντικει- μενικοῦ, τὸ δὲ ἄλλο πρᾶσμα εύρισκεται πρὸ ἡ καὶ μετὰ τὸν προσοφθάλμιον. Ἡ μεγέθυν- σις τῆς διόπτρας αὐτῆς εἶναι ἵση μὲ τὴν μονά- δα, διὰ νὰ ἔχῃ δ. παρατηρητής ἀκριβῇ ἰδέαν τῶν διαστάσεων τῶν ἀντικειμένων. Ἐπομένως ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν τὴν αὐτὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν. Τὸ σύστημα ἀνορθώ- σεως ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὄμοιούς συγκλίνον- τας φακοὺς  $\Lambda_1$  καὶ  $\Lambda_2$ , μεγάλης ἑστιακῆς ἀπο- στάσεως. Ἐπειδὴ ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τού- των φακῶν δὲν ἐπηρεάζει τὴν θέσιν ἡ τὸ μέ- γεθος τοῦ εἰδώλου, τὸ μῆκος τοῦ περισκοπίου δύναται νὰ μεταβάλλεται διὰ τῆς προσεγγίσεως ἡ ἀπομακρύνσεως τῶν δύο φακῶν  $\Lambda_1$  καὶ  $\Lambda_2$ . Τὸ ἀνώτερον τμῆμα τοῦ περισκοπίου εἶναι στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἔξονα διὰ τὴν κα- τόπτευσιν τοῦ ὄριζοντος.

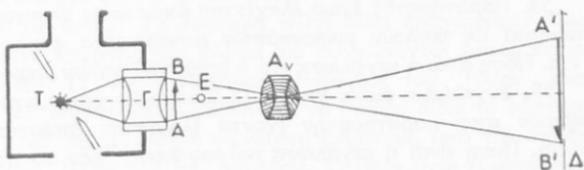


Σχ. 84. Σχηματικὴ πα-  
ράστασις τοῦ περισκο-  
πίου.

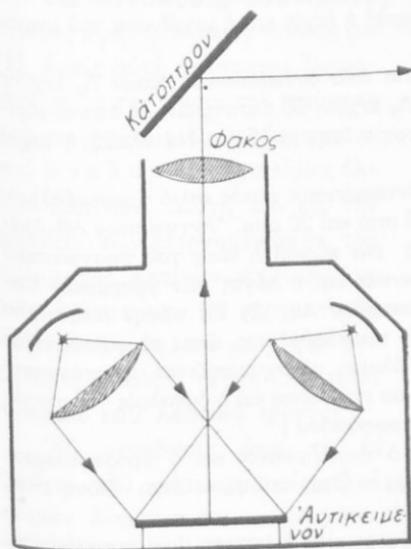
**72. Φωτογραφικὴ μηχανὴ.**—‘Ἡ φωτογραφικὴ μηχανὴ εἶναι σκοτεινὸς θάλαμος (§ 4), ὁ ὁποῖος εἰς τὴν θέσιν τῆς μικρᾶς ὀπῆς φέρετ συγκλίνοντα φακὸν (ἀντικειμενικὸν). Μὲ τὸν φακὸν τοῦτον ἐπι- τυγχάνεται πολὺ μεγαλυτέρα φωτεινότης τοῦ εἰδώλου. Ὁ ἀντικειμενικὸς τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς εἶναι σύστημα φακῶν ἀπηλλαγμένον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

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

δώλου, τὸ ὁποῖον νὰ εἰναι δρατὸν ἀπὸ πολλοὺς συγχρόνως παρατηρητάς.  
Ἐκάστη συσκευὴ προβολῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ συγκλινον σύστημα, τὸ  
ὅποιον δύναται νὰ ἔξομοιωθῇ μὲ ἕνα φακὸν (ἀντικειμενικὸν πέραν τῆς κυρίας  
ἔστιας Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ (σχ. 85). ὁ φακὸς δίδει τότε ἐπὶ τοῦ πε-  
τάσματος τὸ πρα-  
γματικὸν καὶ με-  
γεθυσμένον εἴδω-  
λον Α'Β'. Ἡ με-  
γέθυνσις αὐξάνε-  
ται, ὅταν τὸ ἀντι-  
κειμενικὸν ΑΒ πλη-  
σιάζῃ πρὸς τὴν κυρίαν ἔστιαν Ε καὶ ἐπομένως, ὅταν τὸ εἴδωλον  
Α'Β' ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν συσκευήν. Διὰ νὰ εἰναι φωτεινὸν τὸ λαμ-  
βανόμενον μεγεθυσμένον εἴδω-  
λον, πρέπει τὸ ἀντικειμενον νὰ  
φωτισθῇ πολὺ ἴσχυρῶς. Πρὸς  
τοῦτο χρησιμοποιεῖται ἴσχυρὰ  
φωτεινὴ πηγὴ (ήλεκτρικὸς λαμ-  
πτήρ η ἡλεκτρικὸν τόξον), τῆς  
ὅποιας τὸ φῶς συγκεντρώνεται  
ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου δι' ἐνὸς  
συγκλίνοντος συστήματος (συν-  
αγωγός). Διὰ τὴν προβολὴν  
ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων (π.χ.  
φωτογραφιῶν, κειμένων κ.τ.λ.)  
τὸ φῶς τῆς πηγῆς συγκεντρώνε-  
ται ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου· αἱ ἔξ-  
αυτοῦ προερχόμεναι ἀκτῖνες προ-  
σπίπτουν ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου  
καὶ ἀνακλώμεναι ἐπ' αὐτοῦ προ-  
σπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ



Σχ. 85. Προβολεύς.

Σχ. 86. Σχηματικὴ παράστασις ἐπι-  
διασκοπίου.

(σχ. 86). Ἡ προβολὴ διαφανῶν ἀντικειμένων δνομάζεται διασκοπή, προβολή, ή δὲ προβολὴ ἀδιαφανῶν ἀντικειμένων δνομάζεται ἐπισκοπή. Αἱ συνήθεις συσκευαὶ προβολῆς ἐπιτρέπουν καὶ τὰ  
δύο εἰδη προβολῆς καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἐπισκοπή.

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

53. Παρατηρητής, τοῦ ὅποιου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἰναι 12 cm, χρησιμοποιεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακὸν ἑστιακῆς ἀποστάσεως 4 cm. Πόση εἰναι ἡ μεγέθυνσις, τὴν ὅποιαν ἐπιτυγχάνει, καὶ πόση εἰναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν φακόν;

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

55. Συγκλίνων φακὸς ἴσχυος 12 διοπτριῶν χρησιμοποιεῖται ὡς ἀπλοῦν μικροσκόπιον ἀπὸ παρατηρητὴν ἔχοντα ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 20 cm. Πόση εἰναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργανου; Ἐάν τὸ παρατηρούμενον εἶδωλον ἔχῃ μῆκος 4 cm πάσον εἰναι τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου;

56. Σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο λεπτούς συγκλίνοντας φακούς, τῶν ὅποιων τὰ ὀπτικὰ κέντρα ἀπέχουν 15 cm. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου εἰναι 1 cm, τοῦ δὲ προσοφθάλμου εἰναι 3 cm. Παρατηρητής, ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 25 cm, τοποθετεῖ τὸν ὄφθαλμὸν του πολὺ πλησίον τοῦ προσοφθάλμου. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἰσχὺς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

57. Σύνθετον μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀντικειμενικὸν φακὸν  $\Lambda_1$  ἴσχυος 200 διοπτριῶν καὶ ἀπὸ προσοφθάλμιον  $\Lambda_2$  ἴσχυος 50 διοπτριῶν, οἱ ὅποιοι εὐρίσκονται εἰς σταθερὰν μεταξύ των ἀπόστασιν ἵσην μὲ 15 cm. Νὰ εύρεθῇ ἡ ἰσχὺς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργανου.

58. Εἰς ἐν σύνθετον μικροσκόπιον δ ἀντικειμενικὸς φακὸς καὶ δ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοίχως ἑστιακὰς ἀποστάσεις 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 δόποιον δίδει δ ἀντικειμενικὸς καὶ δ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου  $A_1B_1$  καὶ τοῦ ἀντικειμένου AB. 2) Εἰς πάσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικὸν πρέπει νὰ εύρεθῇ δ προσοφθάλμιος, ὥστε τὸ φανταστικὸν εἰδώλον A'B', τὸ δόποιον δίδει δ προσοφθάλμιος, νὰ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τὸν φακὸν τοῦτον, ἐπὶ τοῦ ὅποιου εύρισκεται καὶ δ ὄφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ; Πόση εἰναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου;

59. Εἰς μίαν ἀστρονομικὴν διόπτραν δ ἀντικειμενικὸς καὶ δ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοίχως ἑστιακὰς ἀποστάσεις  $\varphi_a = 2 m$  καὶ  $\varphi_\pi = 2 cm$ . Πόση εἰναι ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας;

60. Ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ δ προσοφθάλμιος μιᾶς διόπτρας εἰναι συγκλίνοντες φακοί, οἱ ὅποιοι ἔχουν ἀντιστοίχως ἑστιακὰς ἀποστάσεις  $\varphi_a = 1 m$  καὶ  $\varphi_\pi = 10 cm$ . Παρατηρητής, ἔχων κανονικὴν δρασιν, στρέφει τὸν ἀξονα τῆς διόπτρας πρὸς τὸ κέντρον τοῦ 'Ηλιου, τοῦ ὅποιου ἡ φαινομένη διάμετρος εἰναι 32'. Νὰ εύρεθῇ ὑπὸ ποίσαν γωνίαν (εἰς μοίρας) θὰ τιθῇ δ παρατηρητής διὰ μέσου τῆς διόπτρας τὸν 'Ηλιον.

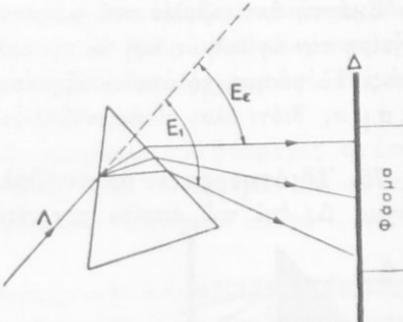
61. Εἰς μίαν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου δ ἀντικειμενικὸς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν  $\varphi_a = 50 cm$ , δ δὲ προσοφθάλμιος ἔχει  $\varphi_\pi = 10 cm$  (κατ' ἀπόλυτον τιμήν).

\*Ο δόθαλμός αύτος παρατηρεῖ διὰ τῆς διόπτρας ἀντικείμενον ὅψους 20 m, εύρισκό-  
μενον εἰς ἀπόστασιν ἐνὸς χιλιομέτρου. Πόση είναι ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντι-  
κείμενου, ὅταν τοῦτο παρατηρήται διὰ τῆς διόπτρας;

62. Σφαιρικὸν κοῖλον κάτοπτρον ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν  $\Phi = 1$  m. \*Ο δξῶν  
του διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τοῦ 'Ηλίου, μεταξὺ δὲ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς  
κυρίας ἑστίας του τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ δόποιον σχηματί-  
ζει γωνίαν 45° μὲν τὸν δξῶνα τοῦ κοῖλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ μικροῦ κατό-  
πτρου ἀπέχει 5 cm ἀπὸ τὴν ἑστίαν. Τὸ σύστημα τοῦτο δίδει πραγματικὸν εἴδω-  
λον τοῦ 'Ηλίου, τὸ δόποιον παρατηρητῆς βλέπει διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἑστια-  
κῆς ἀποστάσεως  $\phi = 2$  cm. 1) \*Αν ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ 'Ηλίου είναι  
0,009 rad, νὰ εὑρεθοῦν αἱ διαστάσεις τοῦ εἰδώλου, τὸ δόποιον δίδει τὸ σύστημα  
τῶν δύο κατόπτρων. 2) Νὰ υπολογισθῇ ἡ φαινομένη διάμετρος, ὑπὸ τὴν δόποιαν  
ὅ παρατηρητῆς βλέπει τὸν 'Ηλιον διὰ τοῦ ὄργανου. 3) Ποία είναι ἡ μεγέθυνσις  
τοῦ ὄργανου;

### ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.—\*Επὶ ἐνὸς πρί-  
σματος ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ μία ἀκτίς λευκοῦ φωτὸς (σχ. 87).  
Ἡ ἀκτίς αὐτὴ ὑφίσταται ἐκτρο-  
πὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσμα-  
τος, συγχρόνως ὅμως ὑφίσταται  
καὶ ἀνάλυσιν εἰς πλῆθος ἄλ-  
λων ἀκτίνων. Διότι, ἐὰν εἰς τὴν  
πορείαν τῶν ἔξερχομένων ἐκ τοῦ  
πρίσματος ἀκτίνων παρεμβάλω-  
μεν διάφραγμα, θὰ σχηματισθῇ  
ἐπ' αὐτοῦ μία συνεχὴς ἔγ-  
χρωμος ταινίᾳ αὔτη καλεῖται  
φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτὸς.



Σχ. 87. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτὸς  
διὰ πρίσματος.

Ἡ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἐν  
χρῶμα τοῦ φάσματος εἰς τὸ ἐπόμενον γίνεται ἀνεπαισθήτως. Κατὰ  
σειρὰν διακρίνονται χρίων τὰ ἔξης χρώματα: ἐρυθρόν, πορ-  
τοκαλλόχρον, κίτρινον, πράσινον, χυανοῦν, βαθὺ χυανοῦν καὶ λίων.  
Ἡ τοιαύτη ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φω-  
τὸς εἰς πολλὰ χρώματα ἀποδεικνύει ὅτι τὸ λευκὸν φῶς είναι σύν-  
θετον. Ἐκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὥρισμένον  
εἶδος φωτός, τὸ δόποιον καλεῖται γενικῶς ἀκτινοβολία (π.χ. ἐρυ-  
θρὰ ἀκτινοβολία κ.τ.λ.).

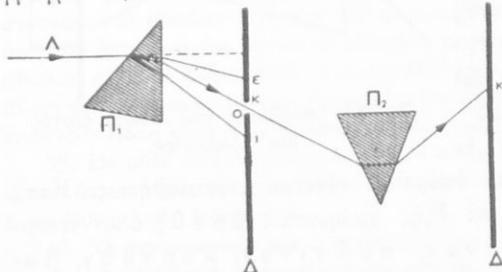
Εἰς τὸ ἀνωτέρῳ πείραμα παρατηροῦμεν ὅτι ἔκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πρίσματος διαφορετικὴν ἐκτροπήν. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία καὶ τὴν μεγαλύτεραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ λώδης ἀκτινοβολία. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν κύτην συνάγεται ὅτι ἐκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ὥρισμένον δείκτην διαθλάσεως. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως, ἔπειται ὅτι οἱ δείκται διαθλάσεως τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαῖνουσιν συνεχῶς αὐξανόμενοι, καθ' ὃσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐρυθρὰν πρὸς τὴν λώδη ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος.

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

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

Ἐκάστη ἀκτινοβολίᾳ τοῦ φάσματος ἔχει ἐπὶ πλέον τὴν ἴδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν δόφθαλμὸν καὶ νὰ προκαλῇ τὴν ἐντύπωσιν ὥρισμένου χρώματος. Τὸ φάσμα, τὸ ὅποιον ἔξητάσαμεν ἀνωτέρῳ, καλεῖται ὁρατὸν φάσμα, διότι ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι του εἶναι ὄραται.

**75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.**—Εἰς τὸ διάφραγμα  $\Delta$ , ἐπὶ τοῦ ὅποιου σχηματίζεται τὸ φάσμα, ἀνοίγομεν μικρὰν ὀπὴν  $O$  (σχ. 88) καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς μία ἀκτινοβολίᾳ τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κιτρίνη. Ἡ ἀκτινοβολία αὐτῆς προσπίπτει ἔπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος  $\Pi_2$ . Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρῖσμα  $\Pi_2$  προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀκτι-



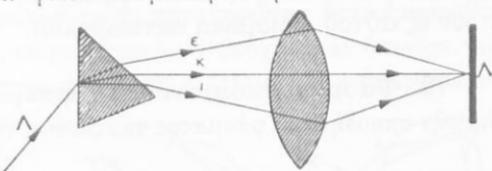
Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ.

νοβολίας, δχι ὅμως περαιτέρῳ ἀνάλυσιν αὐτῆς. "Ωστε :

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

Έχων μὲν ἕνα συγκλίνοντα φακὸν συγκεντρώσωμεν ἐπὶ ἔνδις διαφράγματος ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος, θὰ λάβωμεν λευκὸν φῶς (σχ. 89). Ἐκ τούτων συνάγεται ὅτι :

Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντρούμεναι δίδουν λευκὸν φῶς.

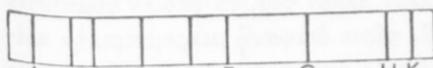


Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

**76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.**—Μὲν ἐν μικρὸν πρίσμα ἐκτρέπομεν ἐν ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος καὶ συγκεντρώνομεν τὰ ὑπόλοιπα χρώματα τοῦ φάσματος. Τότε δὲν λαμβάνομεν λευκὸν φῶς, ἀλλὰ νέον χρῶμα, τὸ ὄποιον προσῆλθεν ἀπὸ τὴν ἀνάμειγνυόμενην 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 ὄποια ἀναμειγνύομενα ὑπὸ ὥρισμένας ἀναλογίας παράγουν λευκὸν φῶς, καλοῦνται **συμπληρωματικὰ χρώματα**. "Ἐκαστον λοιπὸν χρῶμα τοῦ φάσματος εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ χρώματος, τὸ ὄποιον προέρχεται ἀπὸ τὴν ἀνάμειξιν ὅλων τῶν ἄλλων χρωμάτων τοῦ φάσματος.

"Ὑπάρχουν δύμας καὶ ζεύγη ἀπλῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, τὰ ὄποια εἶναι συμπληρωματικὰ χρώματα, δύποια εἶναι τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὸ πορτοκαλλόχρουν καὶ τὸ κίτρινον καὶ τὸ ἵωδες.

**77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.**—Δι' ἔνδις πρίσματος ἀναλύομεν μίαν λεπτὴν δέσμην ἀκτίνων ἡλιακοῦ φωτός. Τότε λαμβάνομεν φάσμα δύμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὥρισμένας θέσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὑπάρχουν σχοτειναὶ γραμματικαὶ. Αἱ γραμματικαὶ αὗται καλοῦνται γραμματικαὶ τοῦ *Fraunhofer* αἱ ζωηρότεραι ἔξ αὐτῶν χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 90).

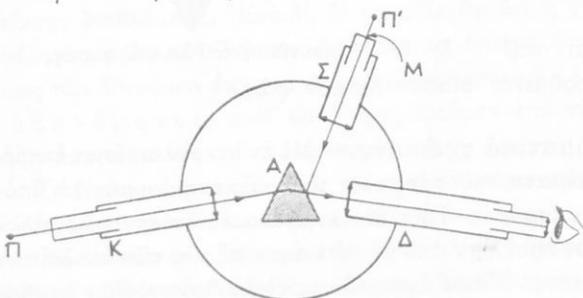


Σχ. 90. Αἱ σκοτειναὶ γραμματικαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

Ἡλιακοῦ φάσματος φανερώνουν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι πλῆρες λευκὸν φῶς, διότι ἐλλείπουν ἔξ αὐτοῦ μερικαὶ ἀκτινοβολίαι. "Ωστε :

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

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



Σχ. 91. Σχηματικὴ παράστασις φασματοσκοπίου.

ροι φωτειναὶ πηγαί. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕν πρᾶσμα Α, τοῦ ὅποιου ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακόρυφος (σχ. 91). Τὸ πρᾶσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ ὀριζοντίου κύκλου. Πέριξ τοῦ πρί-

σματος δύνανται νὰ μετακινοῦνται ὀριζοντίως τρεῖς σωλῆνες Ὁ κατευθυντὴρ Κ φέρει εἰς τὸ ἔν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον του φέρει λεπτὴν σχισμὴν παραλλήλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Ἡ σχισμὴ εὑρίσκεται εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν Π, τῆς ὅποιας τὸ φῶς θέλομεν νὰ ἀναλύσωμεν.

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

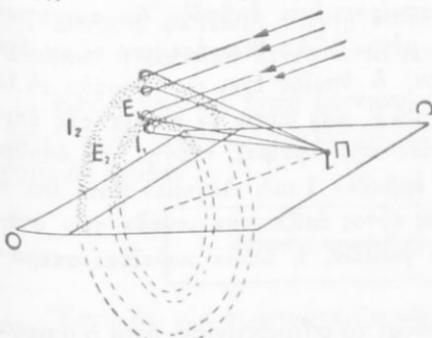
79. Ούρανιον τόξον.—Τὸ οὐράνιον τόξον εἶναι μέγα φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται, ὅταν ἐμπροσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχῃ ἐν τεῖχος σταγόνων βροχῆς καὶ ὅπισθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχει ἀκάλυπτος ἀπὸ νέφη ὁ "Ἡλιος." Ας θεωρήσωμεν μίαν σφαιρικὴν σταγόνα ὥδατος, εἰς τὸ ἀνωμέρον τῆς δόποιας προσπίπτει μίχ ἀκτὶς ἡλιακοῦ φωτός (σχ. 92α). Ἡ ἀκτὶς αὐτὴ διατάσσεται καὶ εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς σταγόνος.

Κατ' αὐτὴν ὅμως τὴν διαθλασιν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός, αἱ δὲ λώ-

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

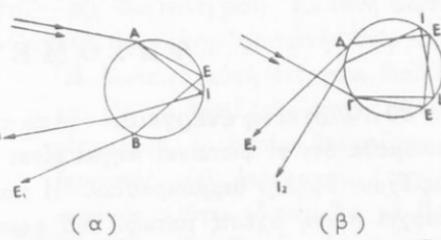
Ἐκεῖ αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται νέαν διάθλασιν καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα. "Οπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες  $E_1$ , αἱ ὅποιαι εἰσέρχονται εἰς τὸν δόφθαλμόν μας, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ σημεῖα

εύρισκόμενα ὑψηλότερον παρὰ τὰ σημεῖα, ἀπὸ τὰ ὅποια φαίνονται προερχόμεναι αἱ λώδεις ἀκτῖνες  $I_1$ . Οὕτως εἰς τὸ πρωτεῦον οὐράνιον τόξον ἐρυθρὸν χρῶμα φαίνεται ἄνωθεν τοῦ λώδους (σχ. 93). Μερικαὶ ὅμως ἐκ τῶν παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτίνων προσπίπτουν εἰς τὸ κάτω μέρος τῶν σταγόνων (σχ. 92 β). Τότε τὸ



Σχ. 93. Σχηματισμὸς δύο συγκεντρικῶν οὐρανίων τόξων.

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



Σχ. 92. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανίου τόξου.

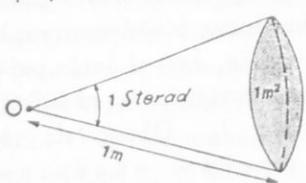
καὶ τέλος διάθλασιν, κατὰ τὴν ὅποιαν ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα. "Ενεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητής βλέπει τὸ δευτερεῦον οὐράνιον τόξον, εἰς τὸ ὅποιον τὸ ἴωδες γρῦμα  $I_2$  φαίνεται ἀνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ  $E_2$  (σχ. 93).

## ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

**80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.**— Ἀπό 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 φωτὸς καὶ τῆς θερμότητος. Ἀντιστρόφως βεβαιούμεθα ἐπίσης ὅτι, ἀν ἐπὶ ἐνὸς σώματος προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ σῶμα τοῦτο θερμαίνεται. Ἡ θέρμανσις τοῦ σώματος εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον περισσότερον εἶναι τὸ ποσὸν τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον ἀπορροφᾷ τὸ σῶμα τοῦτο καὶ ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ ὑπὸ τοῦ σώματος ἀνακλώμενον φῶς. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω στοιχειωδῶν παρατηρήσεων συνάγεται ὅτι :

Τὸ φῶς εἶναι μία μορφὴ ἐνέργειας, τὴν ὅποιαν καλοῦμεν φωτεινὴν ἐνέργειαν.

**81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν.**— Ἐστω Ο τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἡ ὅποια ἔχει ἀκτῖνα ἴσην μὲ 1 μέτρον. Ἡ ἐπιφάνεια αὐτῆς



τῆς σφαίρας ἔχει ἐμβαδὸν  $4\pi$  τετραγωνικὰ μέτρα. Ἄς θεωρήσωμεν τώρα ἔνα κῶνον, ὁ ὅποιος ἔχει ὡς κορυφὴν τὸ Ο (σχ. 94) καὶ βάσιν ἐν τμῆμα τῆς σφαίρας ταύτης, τὸ ὅποιον ἔχει ἐμβαδὸν  $1 \text{ m}^2$ . Λέγομεν τότε ὅτι ὁ κῶνος οὗτος ὀρίζει τὴν μονάδα τῶν στερεῶν γωνιῶν, ἡ ὅποια καλεῖται στερα-

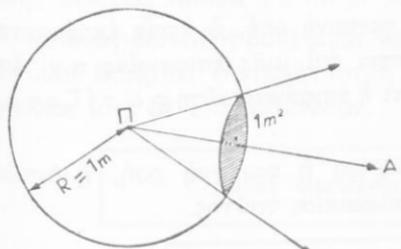
Σχ. 94. "Ορισμὸς τῆς μονάδος τῶν στερεῶν γωνιῶν.

κτίνιον (1 sterad). "Ωστε :

Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν εἶναι τὸ στερεακτίνιον, ἥτοι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὅποια ἔχει τὴν κορυφὴν τῆς εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτῖνος ἴσης μὲ τὴν μονάδα τοῦ μήκους καὶ βαίνει ἐπὶ τμῆματος τῆς σφαιρικῆς ταύτης ἐπιφανείας, τὸ διποτὸν ἔχει ἐμβαδὸν ἵσον μὲ τὴν μονάδα ἐπιφανείας

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

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



Σχ. 95. 'Ορισμὸς τῆς μονάδος φωτεινῆς ροής.

'Η φωτεινὴ αὐτὴ ἐνέργεια διαδίδεται εἰς τὸ πέριξ τῆς πηγῆς διαφανὲς μέσον, τὸ ὅποιον θεωροῦμεν ὡς ὄμοιον καὶ ίσότροπον (π.χ. τὸ κενόν). Οὕτω δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὸ φῶς ὡς μίαν ροήν φωτεινῆς ἐνέργειας.

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

χεται διὰ μιᾶς ἐπιφανείας.

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

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

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

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

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

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

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

(2)

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

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

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

(3)

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

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

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

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

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

Τὸ διεθνὲς κηρίον εἶναι περίπου ή ἔντασις ἐνὸς στεατικοῦ κηρίου κατὰ ὄριζοντίαν 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 ἔκπεμπει 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 ἕντασιν I, ἔκπεμπει ὀλικὴν φωτεινὴν ροήν ἵσην μὲ :

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

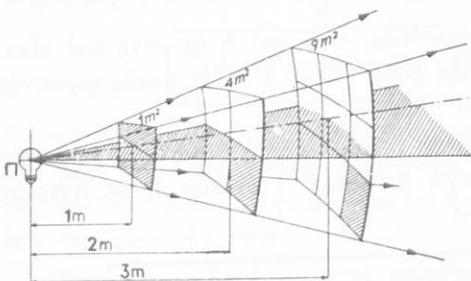
γ ) Μονάς φωτισμοῦ. 'Απὸ τὸν ὄρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἡτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν :  $E = \frac{\Phi}{\sigma}$ , συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας  $\sigma = 1 \text{ m}^2$  προσπίπτῃ καὶ θέτως φωτεινὴ ροή  $\Phi = 1 \text{ lumen}$ , τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς είναι ἵσος μὲ τὴν μονάδα 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 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 ἀπέχουσα 1 m ἀπὸ φωτεινὴν πηγὴν ἐντάσεως 1 κηρίου, ὅταν αἱ φωτειναὶ ακτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

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



Σχ. 96. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως.

γώνου τῶν ἀκτίνων. "Ἄρα ὁ φωτισμὸς  $E_{\kappa}$  ἐκάστης σφαιρικῆς ἐπιφανείας εἶναι :

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

"Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις προϋποθέτει ὅτι τὸ φῶς προσπίπτει καὶ θέτω σὲ ἐπὶ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας. "Εστω ὅτι μία δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας  $AB = \sigma$  ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως  $\alpha$  (σχ. 97). "Ἐὰν  $E$  εἶναι ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας, τότε ἐφ' ὅλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας  $AB$  προσπίπτει φωτεινὴ ροὴ  $\Phi = E \cdot \sigma$ . "Ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας  $A\Gamma$  =  $\sigma'$  προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν  $E_{\kappa} = \frac{I}{R^2} \cdot \epsilonπομένως$  εἶναι  $\Phi = E_{\kappa} \cdot \sigma'$

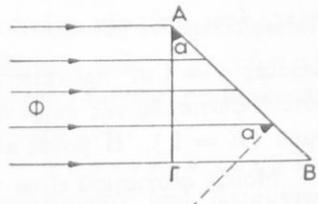
"Ἐπειδὴ ὅμως εἶναι:  $\sigma = \sigma' \cdot \sin \alpha$ , ἐπεταί ὅτι εἶναι :

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

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

"Ο φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



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 προσπίπτουν καθέτως ( $\alpha = 0$ ), τότε ἡ ἐπιφάνεια δέχεται τὸν μέγιστον φωτισμὸν (καθέτος φωτισμός):

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

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

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

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

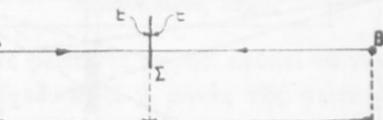
$$E = \frac{I}{R^2} \cdot \sin \alpha = \frac{500}{50} \cdot \sin 45^\circ = 10 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 7 \text{ lux}$$

**85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.**—<sup>1</sup>Η φωτομετρία ἔχει ώς σκοπὸν τὴν μέτρησιν τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν. <sup>2</sup>Ας θεωρήσωμεν δύο φωτεινάς πηγὰς A καὶ B (σχ. 98), τῶν ὅποιων αἱ ἐντάσεις εἶναι ἀντιστοίχως  $I_A$  καὶ  $I_B$ . <sup>3</sup>Εστω ὅτι αἱ δύο αὐτὰ φωτειναὶ πηγαὶ προκαλοῦν τὸν αὐτὸν κάθετον φωτισμὸν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας  $\Sigma$ , ὅπαν αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν  $\Sigma$  εἶναι ἀντιστοίχως  $R_A$  καὶ  $R_B$ . Τότε ἔχομεν:

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

<sup>1</sup>Η εὑρεθεῖσα σχέσις ἀποτελεῖ τὴν ἔξισωσιν τῆς φωτομετρίας καὶ φανερώνει ὅτι:

<sup>2</sup>Οταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἔξι ίσου μίαν ἐπιφάνειαν, αἱ



Σχ. 98. Σύκρισις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν.

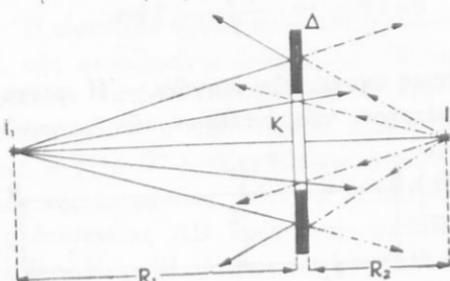
ἐντάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων τῶν πηγῶν τούτων ἀπὸ τὴν ἐξ ἵσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

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

Ἐὰν ή ἔντασις τῆς πηγῆς A εἶναι  $I_A = 30$  κηρία, αἱ δὲ δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἵσου τὴν ἐπιφάνειαν  $\Sigma$  ἐξ ἀποστάσεως  $R_A = 2$  m καὶ  $R_B = 4$  m, τότε ή 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 ὁποίου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν μᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ φωτόμετρον Bunsen ἀποτελεῖται

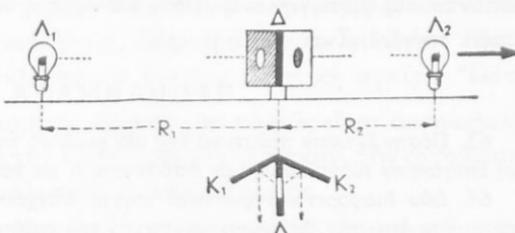


Σχ. 99. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen.

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

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

ἀπὸ τὴν ὁποίαν εύρισκεται ἡ ἔντασις τῆς μιᾶς πηγῆς, ὅταν εἶναι γνωστὴ ἡ ἔντασις τῆς ἄλλης πηγῆς. Διὰ νὰ βλέπωμεν συγχρόνως τὰς δύο δύψεις τοῦ διαφράγματος  $\Delta$ , ὑπάρχουν ἐκατέρωθεν αὐτοῦ δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἀμβλεῖαν γωνίαν ὡρθαλμὸς τίθεται εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ διαφράγματος  $\Delta$  (σχ. 100). Εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται πολὺ ἀκριβέστερα φωτόμετρα.



Σχ. 100. Διάγραμμα φωτομέτρου τοῦ Bunsen.

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

Καλεῖται ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς ὁ λόγος τῆς παραγόμενης φωτεινῆς ἐνεργείας πρὸς τὴν δαπανήν την ἐνέργειαν.

$$\text{ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς : } A = \frac{\text{δλικὴ φωτεινὴ ροή}}{\text{δαπανώμένη ίσχυς}}$$

Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν ἀπόδοσιν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν μὲ πόσην ίσχυν εἰς Watt ίσοδυναμεῖ ἡ μονάς τῆς φωτεινῆς ροής. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι :

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

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

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

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

63. Πόσην ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ μία φωτεινὴ πηγὴ, ὡστε, δταν φωτίζη καθέτως ἐπιφάνειαν 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 εύθειαν, ἡ ὅποια ἔνώνει τὸ δύο πηγὰς, εύρίσκεται φύλλον χάρτου, τοῦ δποίου αἱ δύο δψεις φωτίζονται ἐξ ίσου. Ποῖος εἶναι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν;

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

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

67. Δύο δμοίοι λαμπτήρες εύρισκονται εἰς ὄψος 9 m ὑπεράνω τοῦ ἐδάφους, ἡ δὲ ὁρίζοντια ἀπόστασις τῶν εἶναι 12 m. "Ἐκαστος λαμπτήρ ἔχει ἔντασιν 500 κηρίων. Νὰ εὐρεθῇ ὁ φωτισμὸς τοῦ ἐδάφους: α) ἀκριβῶς κάτωθεν ἐκάστου λαμπτήρος καὶ β) εἰς τὸ μέσον τῆς μεταξύ τῶν λαμπτήρων ἀποστάσεως.

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

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

70. Νὰ εὐρεθῇ ὁ λόγος τῶν φωτισμῶν, τοὺς δποῖους προκαλεῖ ὁ "Ἡλιος εἰς ἓνα τόπον, δταν ὁ "Ἡλιος εύρισκεται εἰς τὸ Zevit̄ο τοῦ τόπου καὶ δταν εἶναι εἰς ὄψος 30° ἀνωθεν τοῦ δρίζοντος.

### ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ

88. Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. — Κατὰ τὸν 17ον αἰῶνα διετυπώθησαν διοί φυσικαὶ θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, αἱ ὅποιαι προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ ὄπτικὰ φαινόμενα.

89. Θεωρία τῆς ἐκπομπῆς.—"Η θεωρία τῆς ἐκπομπῆς διετύπωθη ἀπὸ τὸν Νεύτωνα (1669), ὁ δποῖος ἐδέχθη δτι τὸ φῶς εἶναι Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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

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

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

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

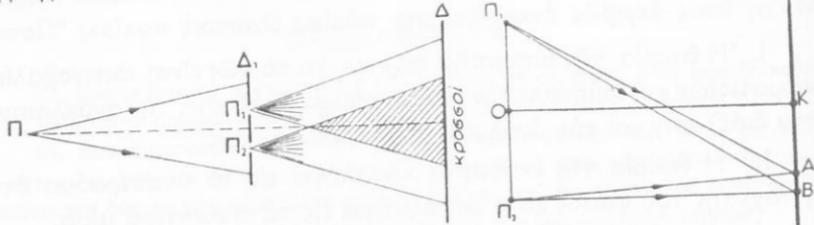
I. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις διαδιδόμεναι διὰ μέσου τοῦ αἰθέρος καὶ ἔρμηνεύει πολὺ περισσότερα ὁπτικὰ φαινόμενα ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

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

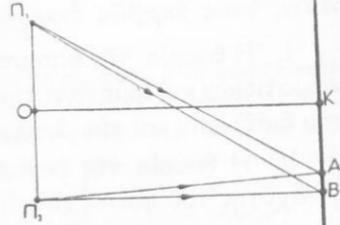
Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε, διότι ἐπεβεβαιώθη πλήρως ὑπὸ τοῦ πειράματος. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ Maxwell (τὴν ὅποιαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν) μᾶς ἀπαλλάσσει ἀπὸ τὴν ἀνάγκην νὰ δεγχθῶμεν τὴν ὑπαρξιν τοῦ αἰθέρος, ἀλλὰ δὲν καταργεῖ τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις. Εἰς τὰ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

**91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.**—Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν φαινομένων συμβολῆς τοῦ φωτός εἶναι ἡ ἀκόλουθος: Μία λεπτὴ φωτεινὴ σχισμὴ Π (σχ. 101) φωτίζει ισχυρῶς τὰς δύο παραλήλους σχισμὰς  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$  τοῦ διαφράγματος  $\Delta_1$ . Αἱ σχισμαὶ  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$ , εἶναι παράληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν Π. Ἡ ἀπόστασις  $\Pi_1\Pi_2$  εἶναι πολὺ μικρά. Αἱ δύο σχισμαὶ  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$ , εἶναι τότε δύο σύγχρονοι σημεῖοι, οὓς φωτίζει από τοῦ λεπτοῦ φωτός η ισχυρὴ σχισμὴ Π. Η συμβολὴ τοῦ φωτός στον συγχρόνο σημεῖον  $\Pi_1$  ή  $\Pi_2$  εἶναι τότε δύο σύγχρονοι σημεῖοι, οὓς φωτίζει από τοῦ λεπτοῦ φωτός η ισχυρὴ σχισμὴ Π.

χρονοι φωτειναι πηγαι, δηλαδή είναι δύο σύγχρονα κέντρα παραγωγῆς φωτεινῶν κυμάνσεων. Αἱ κυμάνσεις αὐται φθάνουν εἰς τὸ διάφανο Δ, ὅπου συμβάλλουν και σύντο



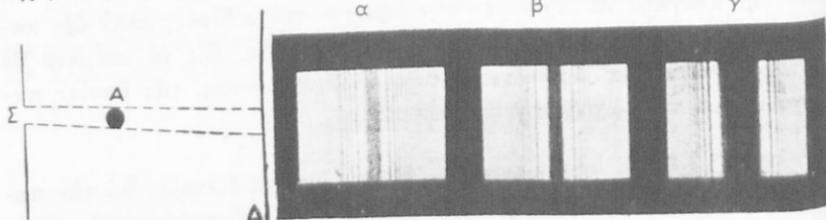
Σχ. 101. Παραγωγὴ φαινομένου συμβολῆς τοῦ φωτός.



Σχ. 102. Ο σχηματισμὸς φωτεινοῦ ἡ σκοτεινοῦ κροσσοῦ ἔξαρτται 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 είναι ἵση μὲ ἄρτιον 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 είναι ἵση μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται σκοτεινοὶ κροσσοὶ [ $\Pi_1B - \Pi_2B = (2n + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$ ]

**92. Παραθλασίς τοῦ φωτός.**—Μία λεπτὴ σχισμὴ Σ φωτίζεται ισχυρῶς μὲ μονόχρουν φῶς (σχ. 103). Εντὸς τῆς δέσμης τῶν ἀκτί-



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

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

νων και παραλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν Σ τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτὸν Ψηφιοποιηθῆκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

σύρμα. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ δὲν σχηματίζεται σαφῶς ἡ σκιὰ τοῦ ἀδιαφανοῦς 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), ἡ ὥποια εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ. Τὸ ἄνοιγμα τῆς σχισμῆς Σ' εἶναι πολὺ

Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτῆς σχισμῆς.

μικρόν. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ σχηματίζεται τότε μία στενὴ φωτεινὴ ράβδωσις καὶ ἐκατέρωθεν αὐτῆς σκοτειναὶ καὶ φωτειναὶ ραβδώσεις. 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 μικρῶν ἀντικειμένων ἢ διέρχεται διὰ πολὺ μικρῶν διπῶν. Ἡ παράθλασις τοῦ φωτὸς ὅφελεται εἰς τὸ ὅτι κάθε σημεῖον τῆς σχισμῆς γίνεται κέντρον φωτεινῶν κυμάνσεων, αἱ ὥποιαι φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα καὶ συμβάλλουσαι παράγουν φωτεινούς καὶ σκοτεινούς κροσσούς. "Ωστε :

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

**93. Μέτρησις τοῦ μῆκους 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 :

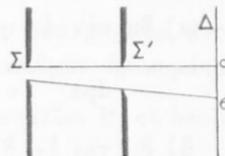
I. Τὸ μῆκος κύματος τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς λώδους ἀκτινοβολίας.

II. Τὰ μῆκη κύματος τῶν δρατῶν 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 c μᾶς 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  $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$ ,

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής



δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὴν συχνότητα ν μιᾶς φωτεινῆς ακτινοβολίας, ὅταν γνωρίζωμεν τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$ .

Οὕτως εὐρίσκομεν :

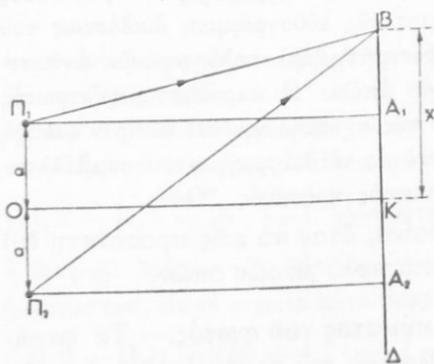
α) διὰ τὴν ἐρυθρὰν ακτινοβολίαν:  $\lambda = 0,8 \mu = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$ ,

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

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

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

\* Παράδειγμα ύπολογισμοῦ τοῦ μήκους τοῦ κύματος τοῦ φωτός. Ας θεωρήσωμεν δύο γειτονικὰς μονοχρωματικὰς φωτεινὰς πηγὰς  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$ , αἱ ὁποῖαι εἰναι λεπταὶ σχισμαὶ καὶ ἐκπέμπουν ἀπολύτως συγγρόνους κυμάνσεις τῆς αὐτῆς συχνότητος (σχ. 106). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν εἰναι  $\Pi_1\Pi_2 = 2a$ , ἡ δὲ ἀπόστασις ἐκάστης φωτεινῆς πηγῆς ἀπὸ τὸ διάφραγμα  $\Delta$  εἰναι  $d$  ( $\Pi_1A_1 = \Pi_2A_2 = OK = d$ ). Αἱ κυμάνσεις αἱ προεργόμεναι ἀπὸ τὰς δύο πηγὰς  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$  φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα  $\Delta$ , ὅπου συμβάλλουν. Οὕτως ἐπὶ τοῦ



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

διαφράγματος παράγονται κροσσοὶ συμβολῆς, ἦτοι διαδοχικαὶ φωτειναὶ καὶ σκοτειναὶ ταινίαι (σχ. 107).

Εἰς τὸ σημεῖον  $K$  σχηματίζεται ὁ κεντρικὸς φωτεινὸς κροσσός, διότι οἱ δρόμοι  $\Pi_1K$  καὶ  $\Pi_2K$  εἰναι ἔσοι καὶ ἐπομένως αἱ δύο κυμάνσεις φθάνουν εἰς τὸ  $K$  μὲ διαφορὰν φάσεως μηδέν. Φωτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται ἐπίσης εἰς δύο σημεῖα ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ δρόμου (δ)



Σχ. 107. Κροσσοὶ συμβολῆς.

\* Η διασκαλία τῆς παραγράφου ταύτης δὲν εἶναι ὑποχρεωτική εἰς τὰς τάξεις κλασσικῆς κατευθύνσεως.

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

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

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

<sup>1</sup>Ας ὑπολογίσωμεν τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων. <sup>2</sup>Απὸ τὰ ὄρθιογνια 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 ἔξης :

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

<sup>1</sup>Αφαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

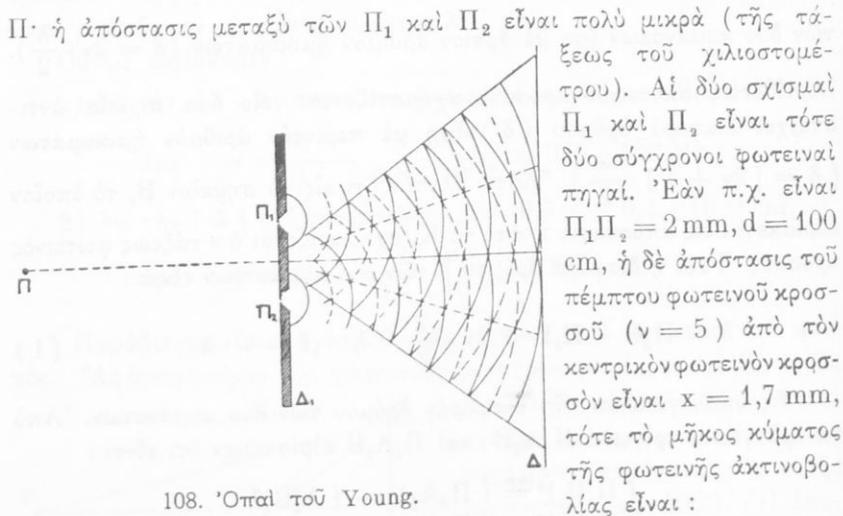
$$\begin{aligned} (\Pi_2 B)^2 - (\Pi_1 B)^2 &= 4\alpha \cdot x \\ (\Pi_2 B + \Pi_1 B) \cdot (\Pi_2 B - \Pi_1 B) &= 4\alpha \cdot x \quad (2) \end{aligned}$$

<sup>1</sup>Επειδὴ ἡ ἀπόστασις d εἶναι πολὺ μεγάλη ἐν σχέσει μὲ τὴν ἀπόστασιν  $\alpha$ , δυνάμεθα νὰ λάβωμεν :  $\Pi_2 B + \Pi_1 B = 2d$ , ὅπότε ἡ ἔξισώσις (2) γράφεται :  $2d \cdot \delta = 4\alpha \cdot x \quad (3)$

<sup>1</sup>Απὸ τὰς ἔξισώσεις (1) καὶ (3) εὑρίσκομεν :

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

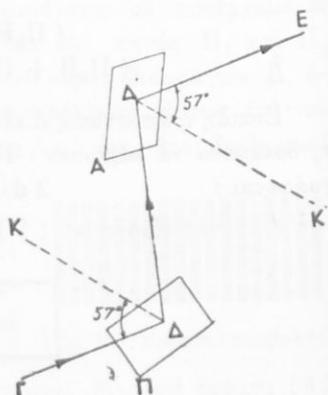
<sup>1</sup>Η ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν κροσσῶν συμβολῆς εἶναι αἱ διπλαὶ τοῦ Young. Μία λεπτὴ φωτεινὴ σχισμὴ Π φατίζει ἵσχυρῶς τὰς δύο παραλλήλους λεπτὰς σχισμὰς  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$  τοῦ διαφράγματος Δ (σχ. 108). Αἱ φραγμοὶ Π καὶ Π' εντασσόνται παρά τοῦ σχισμὴν



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

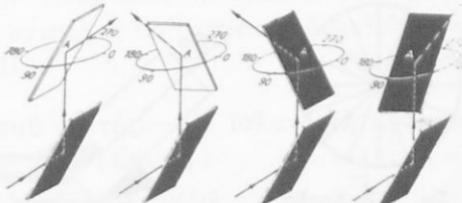
$$\lambda = \frac{2 \cdot 1,7}{5 \cdot 1000} = \frac{0,68}{1000} \text{ mm} = 0,68 \mu$$

**94. Πόλωσις τοῦ φωτός.**— Τὸ φῶς, τὸ ὅποῖον προέρχεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγήν, 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 ή ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος δὲν μεταβάλλεται. Χρησιμοποιοῦμεν τώρα ὡς κάτοπτρον μίαν ὑαλίνην πλάκα  $\Pi$ , τῆς ὁποίας ή διπισθία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στρῶμα αἰθάλης. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς πλακὸς  $\Pi$  μία ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός  $\Gamma\Delta$  ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως  $57^\circ$  (σχ. 109). Η ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ δευτέρας δύμας κα-



Σχ. 109. Πόλωσις τοῦ φωτός ἐξ ἀνακλάσεως.

τοπτρικῆς πλακός Α καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως 57°. Ἐξετάσωμεν τὰς ἰδιότητας τῆς νέας ἀνακλωμένης ἀκτῖνος Δ'Ε. Πρὸς τοῦτο στρέφομεν τὸ κάτοπτρον Α περὶ τὴν ΔΔ' ὡς δξονα. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε διαγράφει πάλιν ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἐντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος μεταβάλλεται περιοδικῶς. Παρατηροῦμεν δὲ ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει τὴν μεγίστην ἔντασιν, ὅταν τὰ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως εἰναι κάθετα μεταξύ των (Θέσεις I, III εἰς τὸ σχ. 110). Ἀντιθέτως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει ἔντασιν μηδέν, δηλαδὴ καταργεῖται, ὅταν τὰ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως εἰναι κάθετα μεταξύ των (Θέσεις II, IV εἰς τὸ σχ. 110). Εἰς τὰς ἐνδιαμέσους θέσεις ἡ ἔντασις τῆς Δ'Ε λαμβάνει ἐνδιαμέσους τιμάς. Ἀπὸ τὸ πείραμα τοῦτο συνάγεται ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν ἔχει τὰς αὐτὰς ἰδιότητας 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 ἀκτίς). Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π δύνομάζεται ἐπίπεδον πολώσεως τῆς ἀνακλωμένης ἀκτῖνος. Ἡ ὠρισμένη γωνία, ὑπὸ τὴν ὥποιαν πρέπει νὰ προσπίπτῃ ἡ ἀκτὶς τοῦ φυσικοῦ φωτὸς ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π, διὰ νὰ υποστῆ τὴν πόλωσιν, καλεῖται γωνία πολώσεως. Τέλος τὸ μὲν πρῶτον κάτοπτρον Π καλεῖται πολωτής, τὸ δὲ δεύτερον κάτοπτρον Α καλεῖται ἀναλύτης. Ἔὰν ἡ ἀκτὶς Σχ. 110. Ἐρευνα τῶν ἰδιοτήτων τῆς πε- φυσικοῦ φωτὸς ΓΔ προσπέσῃ



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

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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

Τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιοι 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 ὄριζουν ἡ διεύθυνσις κραδασμοῦ καὶ ἡ διεύθυνσις τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος, δὲν εἶναι ὠρισμένον. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο, τὸ ὥποιον καλεῖται ἐπίπεδον κραδασμῶν, δύναται νὰ λάβῃ οἰανδρήποτε θέσιν εἰς τὸν πέριξ τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος χῶρον (σχ. 111). Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποδεικνύει ὅτι :

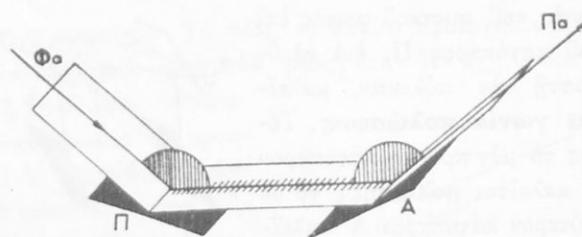
I. Εἰς μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτὸς οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

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



Σχ. 111. Κραδασμοὶ εἰς φυσικὴν ἀκτῖνα φωτός.

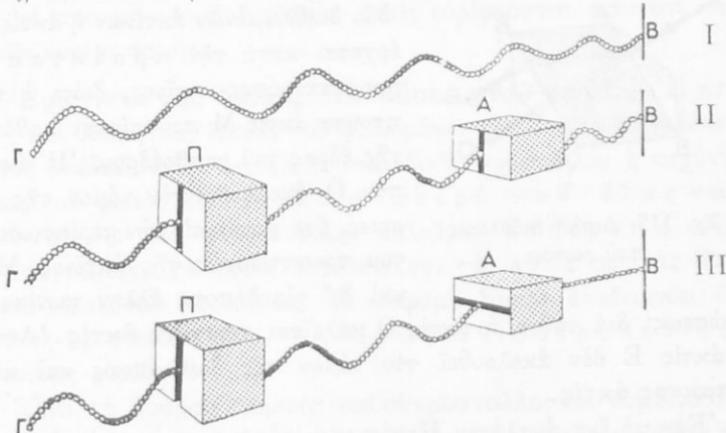


Σχ. 112. Κραδασμοὶ εἰς πεπολωμένην ἔξ ἀνακλάσεως ἀκτῖνα φωτός.

Τὸ ἀκόλουθον πείραμα ἔρμηνεύει μηχανικῶς τὴν πόλωσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος. Τὸ ἄκρον Β ἐνὸς σχοινίου εἶναι μονίμως στερεωμένον, ἐνῷ τὸ ἄλλο ἄκρον Γ τοῦ σχοινίου τὸ ἀναγκάζομεν νὰ ἐκτελῇ παλμικὴν κίνησιν (ἄρμο. κὴν ταλάντωσιν). Τότε, κατὰ μῆκος τοῦ σχοινίου διαδέται 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 ὥποίων ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο παράλληλα ἐπίπεδα (σχ. 113 II).

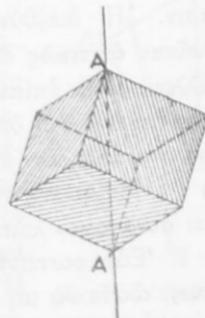
‘Η πρώτη σχισμή ΙΙ ἐπιτρέπει νὰ διαδοθοῦν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κυμάνσεις, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμήν.



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

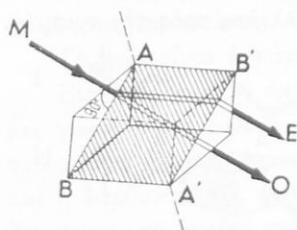
Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν σχισμήν Α. “Οταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν ΙΙ καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ὥρισμένη κύμανσις (σχ. 113 ΙΙ).” Οταν δημος τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν ΙΙ καὶ Α εἶναι κάθετα, τότε ἡ σχισμή Α δὲν ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῇ πέραν αὐτῆς ἡ κύμανσις (σχ. 113 ΙΙΙ).

**96. Διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός.**— ‘Η ισλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ). εἶναι τελείως διαυγὴς καὶ σχίζεται εὐκόλως δίδουσα ρομβόεδρον, δηλαδὴ στερεὸν τοῦ ὅποιου αἱ ἔξ έδραι εἶναι ρόμβοι (σχ. 114). ‘Η ισλανδικὴ κρύσταλλος ἀνήκει εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἔδρας τοῦ ρομβοέδρου ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ καθέτως μία φωτεινὴ ἀκτίς, τότε ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἔδραν ἔξερχονται δύο παράλληλοι φωτειναὶ ἀκτίνες, ἡ Ο καὶ ἡ Ε (σχ. 115). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὅποιον ἐπέρχεται διχασμὸς τῆς προσπιττούσης ἀκτῖνης εἰς δύο διαθλωμένας ἀκτῖνας, καλεῖται διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός. ‘Η δὲ



Σχ. 114. Ὁπτικὸς δῖξων κρυστάλλου.

ἰσλανδική κρυσταλλος, ή όποια προκαλεῖ τὴν διπλῆν διάθλασιν, κα-



Σχ. 115. Διπλή διάθλασις τοῦ φωτός.

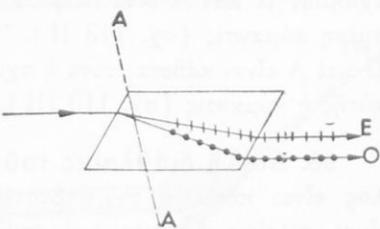
λεῖται διπλοθλαστικὸν σῶμα. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτίνων ἡ ἀκτίς Ο ἔξ-έρχεται κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς προσπίπτουσης ἀκτίνος, διότι ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς Μ προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἔδρας τοῦ ρομβοέδρου. Ἡ ἀκτίς λοιπὸν Ο ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, δχι μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν καθέτου προσπτώσεως τῆς ἀκτίνος Μ, ὀλλὰ καὶ δι' οἰανδήποτε ἄλλην γωνίαν προσ-

πτώσεως· διὰ τοῦτο ἡ ἀκτίς Ε δὲν ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται ἔκτακτος ἀκτίς.

Ἐὰν μὲν ἔνα ἀναλύτην ἔξετάσωμεν τὴν τακτικὴν καὶ τὴν ἔκτακτον ἀκτῖνα, θὰ εὑρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο αὐταὶ ἀκτῖνες εἰναι ὁλικῶς πεποιλωμέναι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο αὐτὰς ἀκτῖνας εἰναι καθεταὶ μεταξύ των. Ὅπαρχει δῆμως μία διεύθυνσις ΑΑ', κατὰ τὴν όποιαν ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίς ἔξερχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλῆν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ ΑΑ' καλεῖται διπτικὸς ἀξων τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ όποῖον διέρχεται διὰ τοῦ διπτικοῦ ἀξονος ἡ εἰναι παράλληλον πρὸς αὐτόν, καλεῖται κυρία τομὴ τοῦ κρυστάλλου (ἡ γραμμωτὴ ἐπιφάνεια  $ABA'B'$  εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν λοιπὸν τὰ ἔξης:

I. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, οὕτως, ὥστε νὰ μὴ εἰναι παράλληλος πρὸς τὸ διπτικὸν ἀξονα, τότε προκύπτουν δύο παράλληλοι διαθλώμεναι ἀκτῖνες, ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτίς.

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



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλώμεναι ἀκτῖνες εἰναι πεποιλωμέναι.

III. Ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς εἰναι δλικῶς πειτολωμέναι, τὰ δὲ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰναι κάθετα μεταξύ των.

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

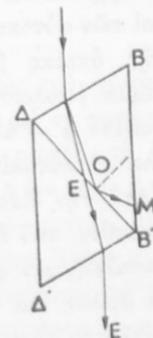
97. Ερμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἀπέδειξαν ὅτι ἐντὸς τῆς ἴσλανδικῆς κρυστάλλου ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς δὲν εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἵστροπα σώματα, τὰ σώματα τὰ ὃποια παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς ίδιότητας καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἴσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ὀπτικῶς ἀνισότροπον σῶμα. Γενικῶς εὑρέθη ὅτι :

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

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

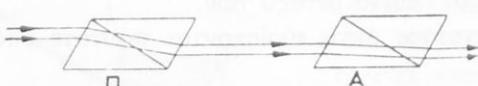
98. Πολωτικαὶ συσκευαί.—Ἐπειδὴ οἱ διπλοθλαστικοὶ κρύσταλλοι δίδουν ὄλικῶς πεπολωμένας ἀκτῖνας, διὰ τοῦτο οἱ κρύσταλλοι οὗτοι χρησιμοποιοῦνται ὡς **πολωτικαὶ συσκευαί**. Τοιαύτη ἀπλῆ συσκευὴ εἶναι τὸ πρᾶσμα Nicol. Τοῦτο εἶναι κρύσταλλος ἴσλανδικῆς κρυστάλλου, ὃ ὅποιος ἔχει κοπῆ εἰς δύο (σχ. 117). Τὰ δύο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

Διὰ τὴν εύκολον παραγωγὴν πεπολωμένου φωτὸς χρησιμοποιεῖται



Σχ. 117. Ἀπὸ τὸ πρίσμα Nicol ἔξερχεται μόνον ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς.

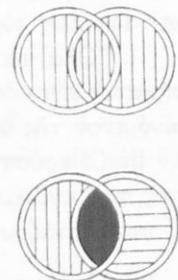
τελευταίως ἐν τεγμητῶς παρασκευαζόμενον σῶμα, τὸ πολωτικὸν σῶμα.



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

ένώσεως τῆς κινήης (ἐραπαθίτης). "Ἐκαστος τοιοῦτος κρύσταλλος συμπεριφέρεται ὥπως ἐν πρίσμα Nicol, δηλαδὴ ἀπορροφᾷ τὴν μίαν ἀκτῖναν καὶ ἀφήνει νὰ διέλθῃ μόνον ἡ ἄλλη ἀκτίς, ἡ ὁποία εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι ἀπλώνονται οὕτως, ὥστε οἱ ἀξονές των νὰ εἶναι παράλληλοι. Τὸ πολωτικὸν σῶμα τοποθετεῖται μεταξὺ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν· ἡ διάταξις αὐτὴ ἀποτελεῖ πολωτήν. Μία ἄλλη α σόμοία διάταξις δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς ἀναλύτης. Εἰς τὴν θέσιν διασταυρώσεως ἐπέρχεται κατάργησις τοῦ διερχομένου φωτός (σχ. 119). Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν β νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον εἰσέρχεται εἰς τοὺς δρθαλμούς μας. Οὕτως οἱ φανοὶ τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἡ ὑαλίνη πλάξη, διὰ μέσου σχ. 119. Δίσκοι πολωτικοῦ σώματος. α (παράλληλοι, β διασταυρωμένοι).

γωνίαν  $\alpha = 45^\circ$  μὲ τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον. Εἰς διὰ τὰ αὐτοκινήτα ἡ γωνία α εἶναι ἡ ίδια καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Κατὰ τὴν διασταύρωσιν δύο ἀντιθέτως κινουμένων αὐτοκινήτων ἡ ἔμπροσθεν τοῦ ὀδηγοῦ ὑαλίνη πλάξη λειτουργεῖ ὡς ἀναλύτης διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου καὶ δὲν ἀφήνει νὰ διέλθῃ διὰ τῆς πλακῆς τὸ φῶς τοῦτο διότι οἱ ἀξονες πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι κάθετοι. Οὕτως ἀποφεύγεται ἡ ἐνόχλησις ἐκάστου ὀδηγοῦ ἀπὸ τὸ φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου.



## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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

72. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας είναι 6000 Α<sup>0</sup>. Πόση είναι  
ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης ;

73. Διὰ δύο εἰδη ὑάλου διείκτης διαθλάσεως αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν ἀέρα είναι  
ἀντιστοίχως 1,4 καὶ 1,6 διὰ μίαν ωριομένην ἀκτινοβολίαν. Πόσος είναι ὁ λόγος  
τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὰ δύο εἰδη τῆς ὑάλου ;

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

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

76. Δύο εὐθύγραμμοι φωτειναὶ πηγαὶ A καὶ B, παράλληλοι μεταξύ των,  
ἀπέχουν ἡ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην 1 mpp. Ἐπὶ πετάσματος P, τὸ ὅποιον είναι παράλ-  
ληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο πηγῶν, παρατηροῦμεν τοὺς κροσσούς συμβολῆς  
τοῦ φωτὸς τῶν δύο πηγῶν. Ἡ ἀπόστασις τοῦ πετάσματος ἀπὸ τὸ ἐπίπεδον τῶν  
φωτεινῶν πηγῶν είναι 1 m. Αἱ δύο πηγαὶ ἐκπέμπουν μονόχρουν φῶς, ἔχον μῆκος  
κύματος  $\lambda = 0,47 \mu$ . Νὰ εύρεθῃ εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κεντρικὸν κροσσὸν  
εὑρίσκεται ὁ ἔνατος σκοτεινὸς κροσσός.

## ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

### A'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. **Φάσματα ἐκπομπῆς.**—Ἡ ἔρευνα τοῦ φάσματος τοῦ φωτός,  
τὸ ὅποιον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ, γίνεται μὲ τὸ φασμα-  
τοσκόπιον (σχ. 92). Ἐὰν ἔξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὅ-  
ποιον ἐκπέμπει ἐν διάπυρον στερεὸν ἢ ὑγρὸν σῶμα,  
θὰ παρατηρήσωμεν ἐν συνεχὲς φάσμα, δηλαδὴ μίαν συνεχῆ σει-  
ρὰν ἀκτινοβολιῶν χωρὶς καμμίαν διακοπὴν. Τοιοῦτον φάσμα δίδουν π.χ.  
τὸ διάπυρον σύρμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος, τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον,  
ἢ φλόξ ἐνὸς κηρίου, τὰ διάπυρα μετάλλα κ.ἄ. Διὰ νὰ λάβωμεν τὸ φά-  
σμα τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον ἐκπέμπουν οἱ διάπυροι ἢ ταῦτα τῶν  
μετάλλων, εἰσάγομεν ἐντὸς τῆς φλογὸς τοῦ λύχνου Bunsen ἢ ἐντὸς  
τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου, μικρὸν τεμάχιον ἐνὸς ἀλατος τοῦ μετάλλου  
τούτου. Τέλος τὰ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἀέρια (π.χ. ὑδρο-  
γόνον, δξυγόνον, ἄζωτον κ.ἄ.) τὰ ἀναγκάζομεν νὰ γίνουν φωτει-  
γόνον, ἀξωτον κ.ά.)

ναὶ πηγαὶ διὰ τοῦ σωλῆνος τοῦ Geissler (σχ. 120). Ἐντὸς τοῦ οὐαλίνου σωλῆνος ὑπάρχει τὸ πρὸς ἔξετασιν ἀέριον ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν. "Οταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος παράγωνται ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις, τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ καὶ λίως ἐκεῖνο, τὸ ὅποιον ὑπάρχει εἰς τὸ στενότερον τμῆμα τοῦ σωλῆνος. Ἐὰν λοιπὸν ἔξετάσωμεν



τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον ἐκπέμπει διὰ πυρὸν ἀέριον ἢ αἷμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἐν ἀντιστοιχούσιοι φάσματα, δηλαδὴ ὠρισμένας μόνον φωτεινὰς γραμμάς. Οἱ ἀριθμὸι καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου. Οὕτως τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας μόνον γραμμάς. Αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὅποιαι ἔχουν τὰ ἔξης μήκη κύματος:

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

Οἱ διάπυροι ἀτμοὶ τοῦ νατρίου δίδουν φάσμα ἀπο-  
Σχ. 120. Σωλὴν τελεούμενον ἀπὸ δύο κιτρίνας γραμμάς, αἱ ὅποιαι εὑρί-  
Geissler διάτην δι-  
σκονται ἡ μία πολὺ πλησίον τῆς ἀλλης. Ἀπὸ τὴν  
ἴγερσιν τῆς φωτο-  
βολίας ἀερίων.  
θυ διὰ τὰ φάσματα ἐκπομπῆς:

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

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

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

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

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

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

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

**101. Φάσματα ἀπορροφήσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.**—Δι' ἡλεκτρικοῦ τόξου παράγομεν ἐν συνεχὲς φάσμα. "Εμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ φασματοσκοπίου φέρομεν μὴ φωτεινὴν φλόγα φωταερίου. Εἰσάγομεν ἐντὸς αὐτῆς τεμάχιον ἄλατος τοῦ νατρίου, ὅπότε ἡ φλὸδες ἀποκτᾷ τὸ ζωηρὸν κίτρινον χρῶμα τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὸ συνεχὲς φάσμα ἐμφανίζονται δύο λεπταὶ σκοτειναὶ γραμμαὶ μυμαὶ εἰς τὴν ίδίαν ἀκριβῶς θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἐσχηματίζοντο προηγούμενως αἱ δύο χαρακτηριστικαὶ κίτριναι γραμμαὶ τῶν διαπύρων ἀτμῶν τοῦ νατρίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἀντιστροφὴ τῶν γραμμῶν τοῦ φάσματος καὶ εἶναι γενικόν :

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

**102. Τὸ ἡλιακὸν φῶς.**— Διὰ τοῦ φασματοσκοπίου λαμβάνομεν τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν συνεχὲς φάσμα, εἰς τὸ ὅποῖον ὅμως ὑπάρχει μεγάλος ἀριθμὸς 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 "Ηλιος εὐρίσκεται εἰς τὸν ὄρίζοντα, καὶ ἔξασθενοῦν ἐφ' ὃσον ὁ "Ηλιος πλησιάζει πρὸς τὸ Ζενίθ. "Η μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τῶν σκοτεινῶν τούτων γραμμῶν φανερώνει ὅτι αὗται

όφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὡρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἥλιακοῦ φωτὸς ὑπὸ τῆς γγήνης ἀτμοσφαίρας. Αἱ ἔδιαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτὸς ἐνὸς φάρου, εὑρισκούμενου εἰς ὄρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν. Αἱ περισσότεραι ὅμως σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθερὰν τὴν ἔντασίν των, ἀνέχαρτή τως τῆς τροχιᾶς τοῦ φωτὸς ἐντὸς τῆς γγήνης ἀτμοσφαίρας. Ἡ ἀπορρόφησις τῶν ἀντιστοίχων ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ Ἡλίου. Πολλαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινὰς γραμμάς τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος κατέχουν ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δίδουν ὡρισμένα διαπύρα ρέοντα. Οὕτω π.χ. εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα ὑπάρχει μία διπλῇ 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 διαιρίνωμεν δύο μέρη. Τὸ ἐσωτερικὸν τμῆμα, τὸ ὄποιον καλεῖται φωτόσφαίρα, ἐκπέμπει ὄλοκληρον τὴν σειρὰν τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ συνεχοῦς φάσματος. Ἡ φωτόσφαίρα περιβάλλεται ὑπὸ τῆς ἥλιακῆς ἀτμοσφαίρας, ἡ ὁποία καλεῖται χρωμόσφαίρα. Αὕτη εἶναι ἐν στρῶμα διαπύρων ρέοντα καὶ ἀτμῶν. Ἔντὸς τῆς χρωμόσφαίρας συμβαίνει ἡ ἀπορρόφησις ὡρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φωτός, τὸ ὄποιον ἐκπέμπει ἡ φωτόσφαίρα, καὶ οὕτω προκύπτουν αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἥλιακοῦ φάσματος." Επειδὴ εἰς τὸ φάσμα τοῦ ἥλιακοῦ φωτὸς ὑπάρχει τὸ φάσμα ἀπορροφήσεως τῶν ἀτμῶν ἐνὸς στοιχείου, ἔπειται ὅτι εἰς τὴν χρωμόσφαίραν ὑπάρχει τὸ στοιχεῖον τοῦτο.

"Ἐὰν ἡ χρωμόσφαίρα 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 φωτόσφαίραν. Κατὰ τὴν στιγμὴν αὐτὴν τὸ φῶς, τὸ δόποιον ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸ δρατὸν ἀκόμη χεῖλος τοῦ ἥλιακοῦ δίσκου, δίδει φάσμα ἀποτελούμενον ἀπὸ φωτεινὰς γραμμάς. Τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τὸ φάσμα ἐκπομπῆς τῆς χρωμόσφαίρας.

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

ἀνάλυσις. Αὕτη εἶναι πολὺ περισσότερον εὐαίσθητος ἀπὸ τὴν χημικὴν ἀνάλυσιν. Οὕτως ἀρκεῖ  $\frac{1}{14\,000\,000}$  τοῦ γιλιοστρογράμμου νατρίου, διὰ νὰ ἐμφανισθῇ ἡ διπλῆ κιτρίνη γραμμὴ τοῦ νατρίου.<sup>1</sup> Επὶ πλέον ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις ἐβοήθησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν νέων στοιχείων ἐκ τῆς παρουσίας εἰς τὸ φάσμα ὠρισμένων γραμμῶν, αἱ ὅποιαι δὲν ἀνῆκον εἰς κανὲν γνωστὸν ἔως τότε στοιχεῖον. Οὕτως ἀνεκαλύφθησαν τὰ στοιχεῖα καίσιον, ρουβίδιον, θάλλιον, ἵνδιον καὶ γάλλιον.<sup>2</sup> Επὶ πλέον ἡ μελέτη τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὀδήγησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν ἐνὸς νέου στοιχείου, τὸ ὅποιον δὲν εἴχεν εὑρεθῆ ἔως τότε ἐπὶ τῆς Γῆς καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάσθη ἥλιον.<sup>3</sup> Η ἀνακάλυψις τούτου ὀφείλεται εἰς τὸν Lockhyer (1868).<sup>4</sup> Αργότερον ὁ Ramsay (1895) ἀνεκάλυψε φασματοσκοπικῶς ὅτι τὸ ἥλιον ὑπάρχει καὶ εἰς τὸν πλανήτην μας.

**104. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων.**—Εἰς τὴν φασματοσκοπικὴν ἀνάλυσιν στηρίζεται ἡ Ἀστροφυσική, ἡ ὄποια ἔξετάζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τῶν ἀστέρων.<sup>5</sup> Η τοιαύτη ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ φῶς τῶν πλανητῶν καὶ τῆς Σελῆς ἡ νησίδει φάσμα ὅμοιον πρὸς τὸ ἡλιακὸν φάσμα. Οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες εἰς ἀναλόγως τοῦ φασματός των, κατατάσσονται εἰς ὠρισμένον ἀριθμὸν τύπων ἀστέρων (φασματικοὶ τύποι). Μεταξὺ τούτων διακρίνονται αἱ ἀκόλουθοι κατηγορίαι ἀπλανῶν: Οἱ λευκοὶ καὶ κυανόλευκοι ἀστέρες, τῶν ὅποιων τὸ φάσμα ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ τὰς γραμμὰς τοῦ ἥλιου καὶ τοῦ ὑδρογόνου. Οἱ κίτρινοι ἀστέρες ἀνάλογοι πρὸς τὸν "ἥλιον, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὅποιων ἐπικρατοῦν αἱ γραμμαὶ τῶν μετάλλων. Οἱ ἐρυθροκίτρινοι ἀστέρες, τῶν ὅποιων τὸ φάσμα παροῖται<sup>6</sup> εἰς χαρακτηριστικὰς ταινίας αἱ ταινίαι φανερώνουν ὅτι ἐπὶ τῶν ἀστέρων τούτων ὑπάρχουν χημικαὶ ἐνώσεις. Οἱ ἐρυθροὶ ἀστέρες, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὅποιων ἐπικρατοῦν αἱ χαρακτηριστικαὶ ταινίαι τοῦ ἀνθρακος. Οἱ ἐκτὸς 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). Η μέτρησις τῶν μηκῶν κύματος τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς τὰς διαφόρους γραμμὰς ἀπέδειξεν ὅτι τὸ Σύμπαν διαστέλλεται αὐτομάτως. Η θεωρία τῆς σχετικότητος ἀποδίδει τὴν παρατηρουμένην διαστολὴν τοῦ Σύμπαντος

εἰς ἐν εἶδος διαστολῆς τοῦ χώρου, ὁ ὄποῖς ἔξογκώνεται ὅπως μία φυσαλὶς σάπωνος.

‘Η φασματοσκοπικὴ ἔξέτασις τῶν ἀστέρων ἀπέδειξεν ὅτι :

“Ολα τὰ στοιχεῖα, τὰ ὄποια 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 ραδιενέργειας. Οἱ μὴ διαλυτοὶ νεφελοὶ διεῖς εἰναι γιγαντιαῖοι σωροὶ διαπύρων ἀερίων· τὸ φάσμα των ἀποδεικνύει ὅτι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐλαφρὰ στοιχεῖα, μεταξύ τῶν ὄποιων ἐπικρατοῦν τὸ ὑδρογόνον καὶ τὸ ἥλιον. Οἱ νεφελοειδεῖς οὖτοι εἰναι μία κατάστασις, ἡ ὄποια προηγεῖται τοῦ σχηματισμοῦ τῶν ἀστέρων. ‘Ἐπομένως πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ διάφορα στοιχεῖα, τὰ ὄποια ὑπάρχουν εἰς τοὺς ἀστέρας, σχηματίζονται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς προοδευτικῆς συμπυκνώσεως τῆς ὕλης τῶν νεφελοειδῶν τούτων. ’Εφ’ ὅσον προχωρεῖ ἡ ἔξέλιξις, ἐμφανίζονται στοιχεῖα ἔχοντα διαρκῶς καὶ μεγαλυτέραν ἀτομικὴν μᾶζαν.

#### B'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

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

αι διάφοροι φωτειναί πηγαί, εύρεθησαν ύπερυθροι ἀκτινοβολίαι, τῶν ὅποιων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0,750 μ καὶ 300 μ. Εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα εύρισκομεν ἐπίσης ύπερυθρούς ἀκτινοβολίας. Τοιαύτας ἀκτινοβολίας ἐκπέμπουν ἀφθόνως καὶ ὅλαι γενικῶς αἱ συ-  
σκευαὶ θερμάνσεως (θερμάστραι, καλοριφέρ κ.ἄ.). "Ωστε :

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

II. Αἱ ύπερυθροι ἀκτινοβολίαι ἔξασκοῦν θερμικὰς δράσεις.

**106. Ἀπορρόφησις τῶν ύπερυθρῶν ἀκτινοβολιῶν.**—'Η ὥαλος, ὁ χαλαζίας, τὸ ὄδωρ ἀπορροφοῦν σχεδὸν ἔξ ὀλοκλήρου τὰς ύπερυθρούς ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως τὸ ὄρυκτὸν χλωριοῦχον νάτριον εἰναι σχεδὸν τελείως διαφανὲς διὰ τὰς ύπερυθρούς ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ύπερυθρῶν ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ ὄρυκτὸν χλωριοῦχον νάτριον. Εἰς τὸ ύπερυθρὸν τμῆμα τοῦ φάσματος εύρισκομεν θέσεις, εἰς τὰς ὅποιας δὲν παρατηρεῖται καμμία θερμικὴ δρᾶσις. Εἰς τὰς θέσεις αὐτὰς δὲν ύπάρχουν ύπερυθροι ἀκτινοβολίαι, ἢτοι εἴναι σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ θερμικοῦ φάσματος καὶ δρεί-  
λονται εἰς ἀπορρόφησιν ὠρισμένων ύπερυθρῶν ἀκτινοβολιῶν.

**107. Υπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.**—Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ προκαλῇ χημικὰς δράσεις οὕτω προκαλεῖ τὴν ἔνωσιν τοῦ ὄντρογόνου μὲ τὸ χλώριον, τὴν διάσπασιν τοῦ χλωριούχου ἀργύρου κ.ἄ. Διὰ νὰ ἔξετάσωμεν τὰς χημικὰς ἰδιότητας τῶν διαφόρων ἀκτινο-  
βολιῶν 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 τοῦ φάσματος ύπάρχουν ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὅποιαι προκαλοῦν ἐντόνους χημικὰς δράσεις καὶ καλοῦνται ύπερ-  
προκαλοῦνται ἐντόνους χημικαὶ ἀκτινοβολίαι. Αἱ ἀκτινοβολίαι αὐταὶ ἔχουν μήκη κύματος μικρότερα ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος

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

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

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

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

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

**109. Φθορισμὸς.**—"Ἐντὸς δοχείου περιέχεται ὄδωρ. Ρίπτομεν ἐντὸς τοῦ ὄδατος ὀλίγας σταγόνας διαλύματος θειϊκῆς κινίνης καὶ φωτίζομεν τὸ δοχεῖον μὲ τὸ λευκὸν φῶς ἵσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ ὄδωρ τοῦ δοχείου, τὸ ὅποιον προηγουμένως ἦτο ἄχρουν, ἐκπέμπει : τώρα ἐν ἀνοικτὸν κυανοῦν φῶς. Μόλις διώνεται παύσαμεν νὰ φωτίζωμεν τὸ διά-

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

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

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

Ἡ ἀνωτέρω ἴδιότης τῶν φθοριζόντων σωμάτων μᾶς βοηθεῖ νὰ ἀνακλύψωμεν τὴν παρουσίαν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. Οὕτως, ἐν εἰς τὸ ὑπεριωδεῖς μέρος τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος θέσωμεν ὑαλον τοῦ οὐρανίου, αὕτη ἐκπέμπει πράσινον φῶς. Τὸν φθορισμὸν διεγείρουν ἐπίσης αἱ ἀκτίνες, τὰς ὄποιας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ σώματα. Σήμερον γίνεται εὔρεια χρῆσις τοῦ φθορισμοῦ εἰς τὸ νέον εἰδος τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων, οἱ ὄποιοι καλοῦνται λαμπτήρες φθορισμοῦ.

**110. Φωσφορισμός.**—Καλύπτομεν τὴν μίαν ἐπιφάνειαν διαφράγματος μὲ στρῶμα θειούχου ψευδαργύρου. Ἐκθέτομεν τὸ στρῶμα τοῦτο ἐπὶ δλίγον χρόνον εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς ἢ εἰς τὸ φῶς μᾶς ἴσχυρῆς 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 τροσπίτοντος φωτός. Λέγομεν ὅτι ὁ θειοῦχος ψευδάργυρος εἶναι ἐν φωσφορίζον σώμα. Ἐκτὸς τοῦ θειούχου ψευδαργύρου ὑπάρχουν καὶ μερικὰ ἄλλα σώματα, τὰ ὄποια ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ φωσφο-

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

I. Φωσφορισμὸς εἶναι ἡ ἴδιότης μερικῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν χαρακτηριστικὸν φῶς ἐπὶ 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 ἐνὸς γενικοῦ φαινούμενου, τὸ ὅποῖον καλεῖται **φωταύγεια**. Διὰ 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 μὲ ἀ π ο ρρό φησιν μέρους τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Μόνον αἱ ἀπορροφώμεναι ἀκτινοβολίαι εἶναι ίκαναι νὰ προκαλέσουν τὴν φωταύγειαν. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ τὸ ἐπιβεβαιώσωμεν, ἂν ἀφήσωμεν μίαν φωτεινὴν δέσμην νὰ διέλθῃ διαδοχικῶς διὰ μέσου δύο διαλυμάτων θειεκῆς κινίνης. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μόνον τὸ πρῶτον διάλυμα φθορίζει. Ἡ φωταύγεια διέπεται (ἐκτὸς μερικῶν ἔξαιρέσεων) ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Stokes**:

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

**112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.**—Θερμαίνομεν συνεχῶς ἐν σῶμα (π.χ. μίαν μεταλλικὴν σφαῖραν), ὥστε ἡ θερμοκρασία του νὰ βαίνῃ συνεχῶς αὐξανούμενη. Τὸ σῶμα ἐκπέμπει τότε κατ' ἀρχὰς ἀντράτους ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας, αἱ ὅποιαι ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ σῶμα εἶναι τότε σκοτεινόν. Καθ' ὅσον προχωρεῖ ἡ θερμανσία 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 ὅτι

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

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

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

**113. Θεωρία τῶν κβάντα.**—Τὸ φῶς ἐκπέμπεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ὥλην, ἡ ὅποια ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀτομα. Ἐκ πρώτης ὑψεως φαίνεται ὅτι ἡ ὥλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτινοβολίας συνεχῶς. Ἡ τοιαύτη ὅμως ἀντίληψις δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνευθοῦν θεωρητικῶς ὡρισμένα φαινόμενα. Πλήρη θεωρητικὴν ἐρμηνείαν τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀπορροφήσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τὴν ὥλην δίδει ἡ θεωρία τῶν κβάντα, ἡ ὅποια διετυπώθη ἀρχικῶς ἀπὸ τὸν Planck (1900) καὶ θεωρεῖται σήμερον ὡς μία ἀπὸ τὰς ὡραιοτέρας κατακτήσεις τοῦ ἀνθρωπίνου πνεύματος. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ ὥλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὴν ἐνέργειαν ἀσυνεχῶς. Δέχεται δηλαδὴ ἡ θεωρία τῶν κβάντα ὅτι τὸ ἀτρομόν τῆς ὥλης ἐκπέμπει τὴν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφὴν κοκκιδίων ἐνεργείας, τὰ ὅποια ὀνομάζει κβάντα (quanta). Ἀπὸ τὸ ἀτρομόν δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα ἀλλὰ ἐκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμέναι ὄμαδες κυμάτων (κυματοσυρμοί), ἐκάστη τῶν ὅποιων περικλείει ὡρισμένην ποσότητα ἐνέργειας. Ἡ ἐνέργεια η, τὴν ὅποιαν μεταφέρει ἐκαστον ἀπὸ τὰ κβάντα μᾶς ἀκτινοβολίας συχνότητος ν, εἶναι ἀπολύτως ὡρισμένη καὶ ἵση μέ :

$$q = h \cdot v$$

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

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

να κοκκίδια ένεργειάς, τὰ κβάντα φωτός ἡ φωτόνια. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὄποιαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν συγχύτητα τῆς ἀκτινοβολίας. Οὕτω τὰ φωτόνια τῆς ίώδους ἀκτινοβολίας μεταφέρουν περισσοτέραν ἐνέργειαν ἀπὸ τὰ φωτόνια τῆς ἑρυθρᾶς ἀκτινοβολίας. Ἡ τοιαύτη ἀντίληψις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός ἀποτελεῖ μίαν σύνθεσιν τῶν δύο παλαιοτέρων καὶ ἐκ πρώτης δψεως τελείως ἀντιλήψεων τοῦ Neutonος καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπωμεν ὅτι :

Τὸ φῶς ἔχει ἀφ' ἐνὸς μὲν τὰς ἰδιότητας μιᾶς ἡλεκτρομαγνητικῆς κυμάνσεως, ἀλλὰ συγχρόνως ἔχει καὶ τὰς ἰδιότητας μιᾶς σωματιδιακῆς ἀκτινοβολίας, τῆς ὁποίας 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 χρώμα τῶν σωμάτων.**—"Οταν τὸ λευκὸν φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε μέρος τοῦ φωτός ἀπορριφᾶται. Ἡ ἀπορρόφησις αὐτὴ ἔχει τὸ γρῷ μα, τὸ ὄποιον λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα. Εὑκόλως δυνάμεθα νὰ εὔρωμεν τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὄποιας ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἀπορροφᾶ ἐκ λεκτικῶν ἐν σῶμα. Πρὸς τοῦτο φωτίζομεν τὸ σῶμα μὲ τὸ λευκὸν φῶς μιᾶς ἴσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ ἔξετάζομεν διὰ τοῦ φασματοσκοπίου τὸ φῶς, τὸ ὄποιον ἀνακλᾶται ἡ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος ἡ καὶ διέρχεται διὰ μέσου τούτου, ἃν τὸ σῶμα εἶναι διαφανές. Οὕτως εύρισκομεν ὅτι τὰ διαφανῆ σώματα (ὕαλος, ὄδωρ, χαλαζίας κ.ἄ.), τὰ ὄποια φαίνονται ἀχροκ, ἀφήνουν νὰ διέλθουν δι' αὐτῶν ὅλαι σχεδὸν αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ διαφανῆ σώματα, τὰ ὄποια φαίνονται ἔγχροα (χρωματισταὶ ὕαλοι, διαλύματα χρωστικῶν ούσιῶν κ.ἄ.) ἀπορροφοῦν ὡρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία ὕαλος φαίνεται πρασίνη, διότι δι' αὐτῆς διέρχονται αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ πρασίνου, ἐνῷ αἱ ὑπόλοιποι ἀκτινοβολίαι ἀπορροφῶνται.

Τὰ διαφανῆ σώματα ὄφελουν τὸ χρῶμα των εἰς τὸ φῶς, τὸ ὄποιον ἀνακλᾶται ἡ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος. Εάν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ σῶμα φαίνεται μαῦρον. Αντιθέτως ἃν ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός 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 διαχειμένας ἀκτινοβολίας. Τὸ χρῶμα ἐνδὲ σώματος ἔξαρτάται καὶ ἀπὸ τὸ εἰδὸς τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ σώματος φωτός. Οὕτως ἐν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου, ὅταν τεθῇ εἰς τὸ ἐρυθρὸν τμῆμα τοῦ ἥλιου φάσματος, φαίνεται ἐρυθρόν· εἰς οἰανδήροτες ὅμις ἄλλην περιοχὴν τοῦ φάσματος φαίνεται μαῦρον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

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

Τὸ αὐτὸ σῶμα δύναται νὰ ἔγῃ ἐν χρῶμα, ὅταν παρατηρῆται ἔξ ἀνακλάσεως ἢ διαχύσεως καὶ ἄλλο χρῶμα, ὅταν εἰναι διαφανές. Οὕτω λεπτὰ διαφανῆ φύλλα χρυσοῦ φαίνονται πράσινα, ἐνῷ ὁ χρυσὸς παρατηρούμενος ἔξ ἀνακλάσεως φαίνεται ἐρυθροκίτρινος.

**116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ.**—"Ολα τὰ ἑτερόφωτα σώματα ἐκπέμπουν φῶς, ὅταν προσπέσῃ ἐπ' αὐτῶν τὸ φῶς μιᾶς πηγῆς. Τότε ἔκαστον σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος ἐκ πέμπει πρὸς διάλας τὰς διευθύνσεις εἰς μέρος τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον ἔλαβεν καὶ οὕτω τὸ σημεῖον τοῦ σώματος γίνεται μία δευτερεύουσα φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται διάχυσις τοῦ φωτός. Διάχυσιν τοῦ φωτός προκαλοῦν καὶ τὰ μόρια τῶν ἀερίων, ὡς καὶ γενικώτερον μικρότατα σωματίδια, τὰ ὅποια εἰναι διασκορπισμένα ἀτάκτως ἐντὸς ἐνδὲ διαφανοῦς μέσου. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι διὰ τὴν τοιαύτην διάχυσιν τοῦ φωτός ἴσχύει ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ Rayleigh:

'Η ἔντασις τοῦ διαχειμένου φωτός ἀπὸ μικρότατα αἰωρούμενα σωματίδια είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετάρτης δυνάμεως τοῦ μήκους κύματος λ τῆς ἀκτινοβολίας, τὴν διποία 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 κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ ὁφείλεται εἰς φαινόμενον διαχύσεως. Τὰ μόρια τῶν ἀερίων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας, φωτιζόμενα ἀπὸ τὸ ἥλιακὸν φῶς, διαχέουν τὰς προσπιπτούσας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτὸς πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἡ ἔντασις τῶν διαχεομένων ἀκτινοβολιῶν εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα διὰ τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὅποιαι ἔχουν τὰ μικρότερα μάκη κύματος, δηλαδὴ διὰ τὰς κυανᾶς καὶ τὰς λάδεις ἀκτινοβολίας. Οὕτως εἰς τὸ διαχεόμενον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας φῶς ἐπικρατεῖ τὸ κυανόν χρῶμα. Κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν τοῦ Ἡλίου τὸ ἥλιακὸν φῶς, διὰ νὰ φθάσῃ εἰς ἡμᾶς, διέρχεται διὰ μέσου παχυτέρου στρώματος ἀτμοσφαίρας. Κατὰ τὴν μακρὰν αὐτὴν πορείαν του χάνει διὰ



Σχ. 121. Ἀρνητική φωτογραφική πλάξ.



Σχ. 122. Θετική φωτογραφική πλάξ.

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

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

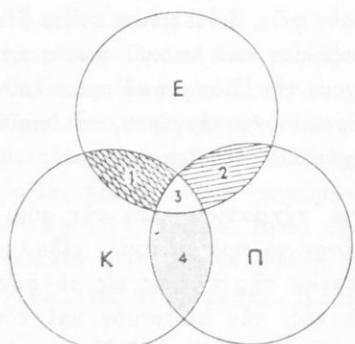
σεται εις σκοτεινὸν χῶρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτίζομένου μὲ ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολίαι τοῦ λευκοῦ φωτὸς καὶ ἰδίως αἱ κυαναὶ καὶ ιώδεις ἀκτινοβολίαι ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων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

α) Ἀρνητικὴ εἰκών. Ἐφήνομεν νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς εὐαίσθητοῦ πλακὸς καὶ δι' ὀλίγον μόνον χρόνον τὸ πραγματικὸν εἴδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ διάρκεια τῆς ἐκθέσεως τῆς πλακὸς εἰς τὸ φῶς ἔξαρταται ἀπὸ τὴν εὐαίσθησίαν τῆς πλακός, τὸν φωτισμὸν καὶ τὸν φακὸν τῆς μηχανῆς. Μετὰ τὴν ἔκθεσίν της εἰς τὸ φῶς ἡ πλάξ δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἐκ πρώτης ὅψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν δύμας βυθίσωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, δὲ βρωχιούχος ἀργυρος ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακός, εἰς τὰ ὅποια προσέπεσε τὸ φῶς· εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλας ἀδιαφανῆς ἀργυρος. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται ἐμ φάνισις. Ἐπειταὶ ἡ πλάξ βυθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὅποιον διαλύει τὸν μὴ ἀναχθέντα βρωμιούχον ἀργυρον. Οὕτος εὑρίσκεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς πλακός, εἰς τὰ ὅποια δὲν προσέπεσε φῶς. Ἡ δευτέρα αὐτὴ κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται στερέωσις. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακὸς 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) Θετικὴ εἰκών. Ἡ πλάξ, ἐπὶ τῆς ὅποιας ἀπετυπώθη ἡ ἀρνητικὴ εἰκών, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου· οὗτος εἶναι φύλλον χάρτου, τοῦ ὅποιου ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στρῶμα φωτοπαθοῦς ἐνώσεως. Ἡ πλάξ μὲ τὸν κάτωθεν αὐτῆς εύρισκόμενον χάρτην ἐκτίθεται εἰς τὸ ἥλιακὸν φῶς. Τοῦτο διέρχεται διὰ τῶν διαφανῶν μερῶν τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνος καὶ προσβάλλει τὸ φωτοπαθὲς στρῶμα τοῦ χάρτου. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν καὶ τὴν στερέωσιν λαμβάνεται ἐπὶ τοῦ χάρτου ἡ θετικὴ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 122).

γ) Εἰδη πλακῶν. Ἡ συνήθης φωτογραφικὴ πλάξ προσβάλλεται Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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



Σχ. 123. Χρώματα ἐκ προσθέσεως τῶν πρωτεύοντων χρωμάτων: Ε ἐρυθρόν, Κ κυανοῦν, Π πράσινον.

1 πορφυροῦν, 2 κίτρινον, 3 λευκόν, 4 κυανοπράσινον.

Ἐπεζητήθη νὰ κατασκευασθοῦν φωτογραφικαὶ πλάκες εὐαίσθητοι καὶ εἰς ἀκτινοβολίας μεγαλυτέρου μήκους κύματος. Οὕτως αἱ ὁρθοχρωματικαὶ πλάκες εἰναι εὐαίσθητοι εἰς τὰς ἀπὸ τοῦ ιώδους μέχρι τοῦ κιτρίνου ἀκτινοβολίας, ἐνῷ αἱ πράσινοι ατικαὶ πλάκες εἰναι εὐαίσθητοι εἰς δηλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός.

δ) ἔγχρωμος φωτογραφία. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὅλα τὰ χρώματα, ἂν προστεθοῦν ὑπὸ καταλήλους ἀναλογίας τρεῖς μόνον ἀκτινοβολίαι, αἱ δόποια διὰ τοῦτο καλοῦνται πρωτεύουσαι ἀκτινοβολίαι.

αὗται εἰναι 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 ἐρυθρᾶς καὶ τῆς ιώδους ἀκτινοβολίας, ἐὰν τὰ δινίστοιχα μήκη κύματος αὐτῶν εἰναι  $0,8 \mu$  καὶ  $0,4 \mu$ ;

78. Τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ὑπερύθρου ἀκτινοβολίας εἰναι  $300 \mu$ . Πόσην ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια αὐτῆς τῆς ἀκτινοβολίας;

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

Νάτριον

Λίθιον

Καλίον

Βάριον

Τύδεογόνον

Οξυγόνον

"Αζωτον

Τύραργυρος

"Ηλιον

Νέον

Νεοδύμιον  
(φάσμα απορρο-  
φήσεως)



## Πίναξ Φασμάτων

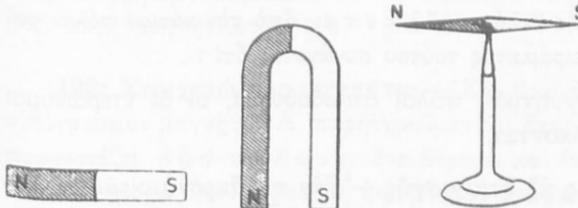
- 1 έως 10. Φάσματα έκπομπής. 11. Φάσμα απορροφήσεως. 12. Κροσσοί συμβολής είς φάσμα. 13. Γραμματικού Fraunhofer είς φάσμα ληφθέν διά πρίσματος. 14. Γραμματικού Frannhofer είς φάσμα ληφθέν διά φράγματος.

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

# ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

### ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

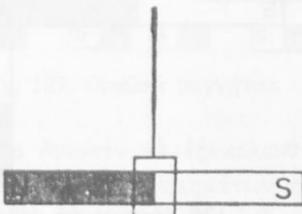
118. Θεμελιώδεις έννοιαι.—Από την άρχαιότητα ήτο γνωστὸν ὅτι ὁ φυσικὸς μαγνήτης (μαγνητικὸν δξεδίον τοῦ σιδήρου  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) ἔχει τὴν ίδιότητα νὰ ἔλκῃ μικρὰ τεμάχια σιδήρου ἢ χάλυβος. Ἡ ίδιότης αὐτὴ καλεῖται **μαγνητισμός**. Εὰν δι' ἑνὸς φυσικοῦ μα-



Σχ. 124. Τεχνητοὶ μαγνῆται.

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

119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—Ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου βυθίζομεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον. "Οταν ἀνασύρωμεν τὴν ράβδον, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινισμάτα τοῦ σιδήρου ἔχουν προσκολληθῆ μόνον εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου, Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου. ὅπου σχηματίζουν θυσάνους. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται πόλοι οἱ αὐτοῦ. Εὰν τὴν ίδιαν ράβδον ἐξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου τῆς διὰ νήματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν ἴσορροπίαν τῆς ἢ ράβδος λαμ-

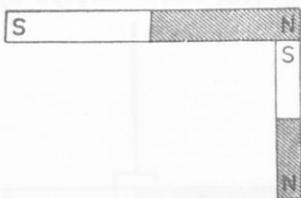


βάνει ώρισμένου πάντοτε προσανατολισμόν, στρέφουσα τὸν ἔνα πόλον της πρὸς Βορρᾶν, τὸν δὲ ἄλλον πρὸς Νότον (σχ. 125). Ὁ πόλος, ὁ ὄποιος στρέφεται πρὸς Βορρᾶν, καλεῖται βόρειος πόλος (ἢ θετικὸς πόλος), ὁ δὲ πόλος, ὁ ὄποιος στρέφεται πρὸς Νότον, καλεῖται νότιος πόλος (ἢ ἀρνητικὸς πόλος). Διεθνῶς ὁ βόρειος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

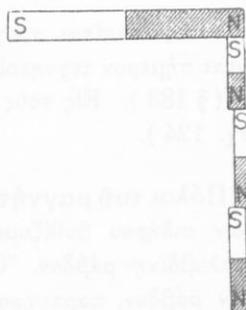
**120. Αμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.**—Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὅποια δύναται νὰ στρέψεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἀξονα. Εάν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀπὸ θεῖται. Αντιθέτως, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἔλκεται. Απὸ τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Έκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγεται ὅτι :

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

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



Σχ. 126. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαφῆς.



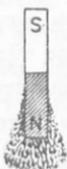
Σχ. 127. "Αλυσις ράβδων μακαλοῦ σιδήρου.

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

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

'Η μικρὰ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἀν ἀπλῶς πληγιάσωμεν εἰς αὐτὴν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου (σχ. 128). 'Η μαγνήτισις τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἐπίσης παροδική. 'Εὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου ἀμέσως καταργεῖται.

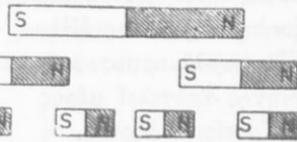


Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἔξι ἐπαγωγῆς.

μαγνήτισις ἔξι' ἐπαγωγῆς (ἢ ἔξι ἐπιδράσεως). 'Εὰν ἀντὶ μαλακοῦ σιδήρου χρησιμοποιήσωμεν εἰς τὰ ἀνωτέρω πειράματα ράβδον χάλυβος, αὕτη μαγνητίζεται μονίμως.

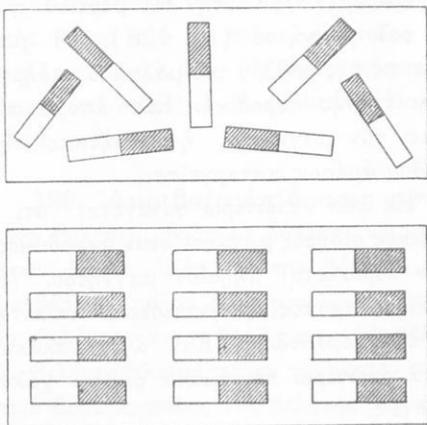
**122· Στοιχειώδεις μαγνήται.**—'Εὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἔνα εἰσθύγραμμον μαγνήτην Α, παρηγηροῦμεν ὅτι ἔκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο πόλους, ἕνα βόρειον καὶ ἕνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου ἐθραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφαίνονται δύο ἑτερώνυμοι πόλοι οὖτως, ὅστε ἔκαστον τῶν τεμαχίων νὰ παρουσιάζῃ πάλιν δύο ἑτερωνύμους πόλους. 'Εὰν ἔκαστον τῶν τεμαχίων θραυσθῇ εἰς δύο νέα τεμάχια, θὰ εὑρωμεν ὅτι ἔκαστον νέον τεμάχιον ἔχει ἐπίσης δύο ἑτερωνύμους πόλους. 'Εκ τοῦ πειράματος τούτου ἀποδεικνύεται ὅτι δὲν δυνάτε μεθα ποτὲ νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἔνα πόλον μαγνήτου καὶ ἐπομένως ἔκαστος μαγνήτης θὰ παρουσιάζῃ πάντοτε δύο ἑτερωνύμους πόλους. 'Εὰν ἢτο δυνατὸν νὰ ἔξακολουθήσωμεν τὴν θραῦσιν τοῦ μαγνήτου μέχρι τῶν ἐλαχίστων τμημάτων τοῦ μαγνήτου, δηλαδὴ μέχρι τῶν μορίων του, θὰ ἐβλέπομεν ὅτι ἔκαστον μόριον εἶναι μικρότατος μαγνήτης μὲ δύο ἑτερωνύμους πόλους.

Οἱ μικρότατοι οὖτοι μαγνῆται καλοῦνται **στοιχειώδεις μαγνῆται** (ἢ μοριακοὶ μαγνῆται). "Οταν μία ράβδος χάλυβος δὲν εἶναι μαγνη-



Σχ. 129. Θραῦσις μαγνήτου.

τισμένη, οι στοιχειώδεις μαγνήται διατάσσονται άτάκτως ἐντὸς τῆς ράβδου (σχ. 130). Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἐνὸς μαγνητικοῦ πόλου οἱ στοιχειώδεις μαγνήται τῆς ράβδου διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον,

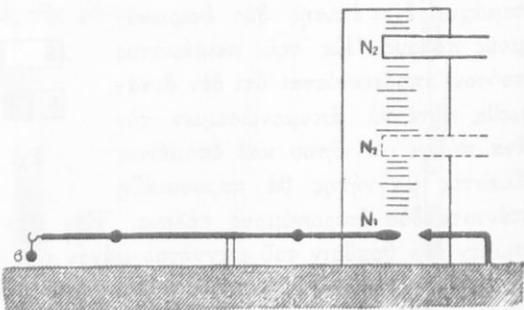


Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται.

μόλις ἀπομακρυνθῇ ὁ μαγνήτης (παροδικὴ μαγνήτισις). Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ἀντιλήψεων ἔρμηνεύεται ἡ ἐμφάνισις νέων πόλων κατὰ τὴν θραῦσιν ἐνὸς μαγνήτου.

**123. Νόμος τοῦ Coulomb.**—‘Η δύναμις, ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 131.

Εἰς ραβδόμορφος μαγνήτης ἀποτελεῖ μέρος ὄριζοντος ἀξονος, ὁ ὅποῖς δύναται νὰ περιστρέφεται, ὅπως ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ. Εἰς ὡρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου  $N_1$  φέρομεν τὸν βόρειον πόλον  $N_2$ , ἄλλου εὐθυγράμμου μαγνήτου. ‘Η



Σχ. 131. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἀμοιβαίας δράων πόλων.

μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἀπωσίς ἵστροπειται ἀπὸ τὸ βάρος β. Ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ μεταξύ τῶν δύο πόλων  $N_1$  καὶ  $N_2$  ἀπόστασις, ἡ ἀπωσίς γίνεται 4 φοράς μικροτέρα. Ἐκ τῶν μετρήσεων λοιπὸν εὑρίσκεται ὅτι ἡ μεταξύ τῶν δύο ὁμωνύμων πόλων ἀναπτυσσομένη ἀπωσίς μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο πόλων. Ἐὰν ὅλος βόρειος πόλος  $N_3$  ἀπωθῇ ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως τὸν πόλον  $N_1$  μὲν διπλασίαν δύναμιν, τότε πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ποσότης μαγνητικοῦ συμού ( $m_3$ ) τοῦ πόλου  $N_3$  εἶναι διπλασία τῆς ποσότητος μαγνητικοῦ συμού ( $m_1$ ) τοῦ πόλου  $N_1$ . Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων εὑρέθη ὅτι ἡ μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἀπωσίς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς ποσότητας μαγνητικοῦ συμού τῶν πόλων. Οὕτω συνάγεται ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ Coulomb:

Ἡ μεταξύ δύο μαγνητικῶν πόλων ἀναπτυσσομένη ἀμοιβαία ἔλεισ ἡ ἀπωσίς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν δύο πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

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

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι οἱ δύο ἑτερώνυμοι πόλοι ένὸς μαγνήτου, δηλαδὴ ὁ βόρειος καὶ ὁ νότιος πόλος του, φέρουν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, τὴν ὅποιαν θεωροῦμεν συγκεντρωμένην εἰς δύο ὠρισμένα σημεῖα πλησίον τῶν ἄκρων 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 ὅτι εἶναι  $m = 1$ . Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὸν ἀκόλουθον ὄρισμὸν τῆς μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ:

Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ, ἡ ὅποια, εὐρισκομένη ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἵσην ποσότητα μαγνητισμοῦ, ἔχασκει ἐπ' αὐτῆς δύναμιν ἵσην μὲ 1 δύνην.

Ἡ ἀνωτέρω ὄρισθεῖσα μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ ὑπάγεται εἰς τὸ σύστημα μονάδων C.G.S.

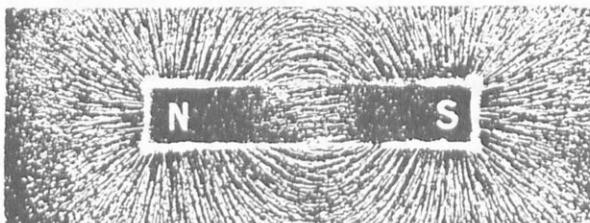
Παρά δὲ τοῦ βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι, εὑρισκόμενοι ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 2 cm ἀπόθεοῦνται μὲν δύναμιν 100 dyn. Πόση εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ ἐκάστου πόλου;

Ἄπο τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

### ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

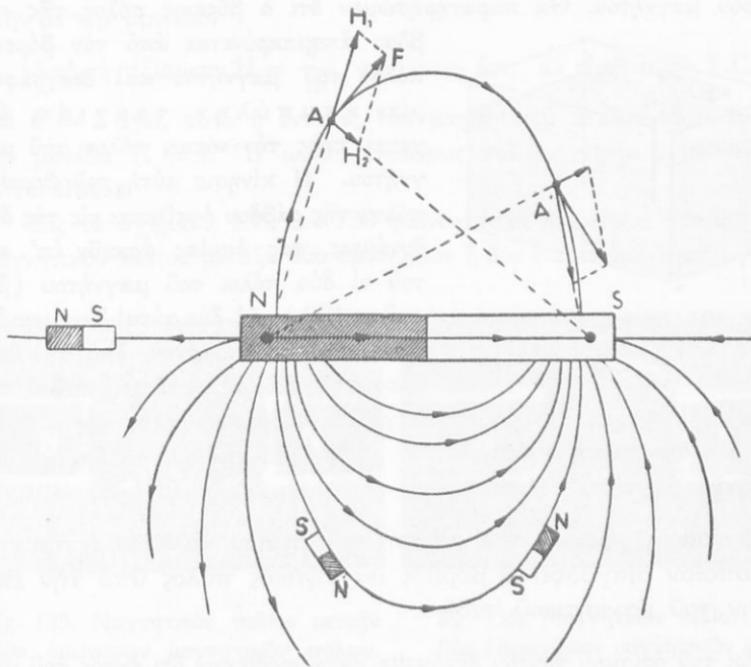
**125. Μαγνητικὸν φάσμα.**—Κάτωθεν μιᾶς ὄριζοντίας ὑαλίνης πλακῆς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακῆς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῷς τὴν πλάκα μὲ τὸν δάκτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰ γραμμάτης, αἱ ὅποιαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου εἰς τὸν ὄλλον (σχ. 132). Τὸ σχημα-



Σχ. 132. Μαγνητικὸν φάσμα.

τισθὲν διάγραμμα καλεῖται μαγνητικὸν φάσμα, αἱ δὲ γραμμαὶ, ἐπὶ τῶν ὧποιών διατίθενται τὰ ρινίσματα, καλοῦνται δυναμικαὶ γραμμαὶ. Διὰ νὰ ἔξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακῆς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἔξηρτημένας ἀπὸ λεπτὸν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἡρεμήσῃ, εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὧποιαν 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 ὧποιοι δια-

τάσσονται κατά τὴν ἐφαπτομένην εἰς ἔκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



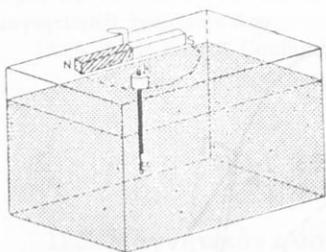
Σχ. 133. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

**126. Μαγνητικὸν πεδίον.**—‘Ο σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος αἰσθητοποιεῖ μίαν ἴδιότητα, τὴν δποίαν ἀποκτᾷ ὁ πέριξ τοῦ μαγνήτου χῶρος, ἔνεκα τῆς παρουσίας τοῦ μαγνήτου.’ Εὰν ἐντὸς τοῦ χώρου τούτου φέρωμεν μίαν ποσότητα μαγνητισμοῦ, αὕτη ὑφίσταται τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνήτου. Λέγομεν τότε ὅτι πέριξ τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον.’ Ωστε :

Μαγνητικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χῶρος, ἐντὸς τοῦ δποίου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ δποίαι φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Ἐπὶ μᾶς μακρᾶς καὶ λεπτῆς μαγνητικῆς ράβδου στερεώνομεν δακτύλιον ἔχ φελλοῦ. Βυθίζομεν τὴν ράβδον κατακορύφως ἐντὸς ὄδατος

ούτως, ώστε νὰ ἔξεγῃ ἀπὸ τὸ ὕδωρ ὁ βόρειος πόλος τῆς (σχ. 134). Φέρομεν τὸν βόρειον πόλον τῆς ράβδου πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἐνὸς ίσχυροῦ μαγνήτου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς ρά-



Σχ. 134. Κίνησις ἐνὸς βορείου μαγνητικοῦ πόλου.

ράβδου. Ἡ τροχιά, τὴν ὃποιαν εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὄποιας κινεῖται ὁ πόλος τῆς ράβδου, εἶναι μία δυναμικὴ γραμμὴ πεδίου, τὸ ὄποιον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. "Ωστε :

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

'Ἐκ τοῦ ὄρισμοῦ τούτου δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι ἐκτὸς τοῦ μαγνήτου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουν εἰς τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

**127. Διεύθυνσις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.**—Ἐις ἐν σημεῖον A. μᾶς δυναμικῆς γραμμῆς εὑρίσκεται εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος (σχ. 133). Ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις F, κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως F καλεῖται διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον A. "Εστω διτὶ διέρειος μαγνητικὸς πόλος, τὸν ὄποιον ἐφέρομεν εἰς τὸ σημεῖον A ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ m. Τότε εἰς τὸ σημεῖον A ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ποσότητος βορείου μαγνητισμοῦ ἐνεργεῖ δύναμις :  $F = \frac{F}{m}$ .

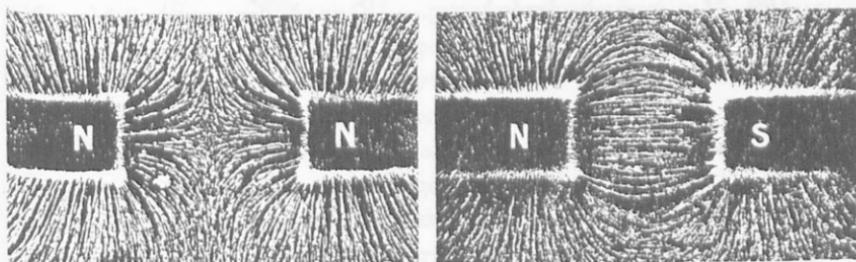
'Ἡ δύναμις αὕτη H καλεῖται ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον A τοῦ πεδίου. "Ωστε :

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

\*Έντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ βθορείου μαγνητικοῦ πόλου, φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦ πεδίου καὶ ἔχοντος ποσότητα μαγνητισμοῦ ἵσην μὲ τὴν μονάδα.

\*Απὸ τὴν ἔξισωσιν  $H = \frac{F}{m}$  συνάγεται ὅτι, ἂν εἴναι  $m = 1$  C.G.S. καὶ  $F = 1$  dyn, τότε ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου είναι ἵση μὲ τὴν μονάδα  $H = 1$ . \* $H$  μονὰς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται Gauss.

Εἰς τὰ σχήματα 135. καὶ 136 φαίνονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξὺ δύο δύμανύμων ἢ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων.



Σχ. 135. Μαγνητικὸν πεδίον μεταξὺ δύο δύμανύμων μαγνητικῶν πόλων.

πόλων. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξὺ δύο ἑτερωνύμων μαγνητικῶν πόλων αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ είναι π αρά λ λ η ο ι. Τὸ μαγνητικὸν τοῦτο πεδίον καλεῖται δμογενές, εύρισκεται δὲ ὅτι 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 ἔντασιν  $H$ . Ἐντὸς τοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου τοποθετεῖται ἐπίπεδος ἐπιφάνεια ἔχουσα ἐμβαδὸν  $\sigma$  (σχ. 137). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἴσχει ὁ ἀκόλουθος ὀρισμός :

Καλεῖται μαγνητικὴ ροή ( $\Phi$ ) τὸ γινόμενον τοῦ ἐμβαδοῦ ( $\sigma$ ) τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τὴν ἔντασιν ( $H$ ) τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

$$\boxed{\text{μαγνητικὴ ροή: } \Phi = \sigma \cdot H}$$

Έάν είναι  $\sigma = 1 \text{ cm}^2$  και  $H = 1 \text{ Causs}$ , τότε ή μαγνητική ροή είναι ίση με την μονάδα  $\Phi = 1$ . Η μονάδα της μαγνητικής ροής καλεῖται **Maxwell** ( $1 \text{ Mx}$ ). Ούτως έάν είναι  $H = 20 \text{ Causs}$ , τότε ή μαγνητική ροή, ή όποια διέρχεται καθέτως δι' έπιφανείας  $\sigma = 5 \text{ cm}^2$  είναι:

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

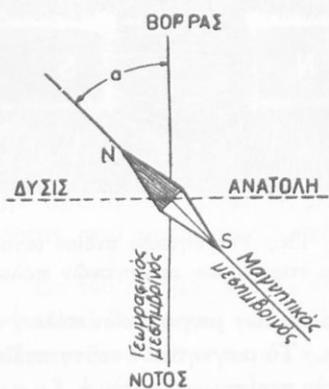
Κατά συνθήκην ή μαγνητική ροή έκφραζει τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ όποιαι διέρχονται διὰ τῆς θεωρουμένης έπιφανείας.



Σχ. 137. Διὰ τὸν δρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

## ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

**129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.**— Ελαφρὰ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἀξονα ἐπὶ δριζοντίου ἐπίπεδου.



Σχ. 138. Ἀπόκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Ανατολὰς ἢ πρὸς Δυσμὰς τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Η μαγνητικὴ ἀπόκλισις διαφέρει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Ωστε:

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

**130. Μαγνητικὴ ἔγκλισις.**— Ελαφρὰ μαγνητικὴ βελόνη δύναται νὰ στρέφεται περὶ δριζόντιον ἀξονα ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπίπεδου τοῦ μα-

“Οταν ἡ βελόνη ἴσορροπῇ, λαμβάνει τοιαύτην θέσιν, ὥστε ὁ κατὰ μῆκος ἀξων αὐτῆς διευθύνεται σχεδὸν ἀπὸ Βορρᾶ πρὸς Νότον. Τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ όποιον διέρχεται διὰ τοῦ κατὰ μῆκος ἀξονος τῆς βελόνης, καλεῖται μαγνητικὸς μεσημβρινός. Ούτος δὲν συμπίπτει μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου, ἀλλὰ σχηματίζει μὲ αὐτὸν γωνίαν, ἡ όποια καλεῖται μαγνητικὴ ἀπόκλισις (σχ. 138). Αὕτη είναι ἀνατολικὴ ἢ δυτι-

κή, καθ' ὃσον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης εὑρίσκεται πρὸς Ἀ-

γνητικοῦ μεσημβρινοῦ. "Οταν ἡ βελόνη ἴσορροπῆ, τότε ὁ κατὰ μῆκος

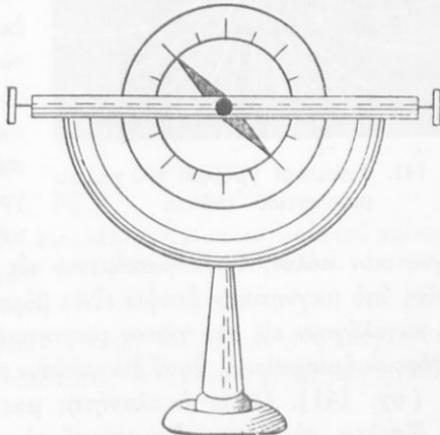
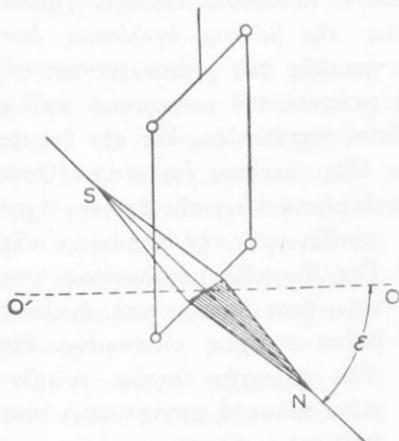
ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὸ ὄριζόντιον ἐπίπεδον γωνίαν, ἡ ὥποια καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (σχ. 139). Αὕτη εἶναι θετικὴ ἢ ἀρνητική, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης εὑρίσκεται κάτωθεν ἢ ἀνωθεν τοῦ ὄριζοντίου ἐπίπεδου, τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῆς βελόνης. Εἰς τὸ 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. 139. Ἔγκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

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

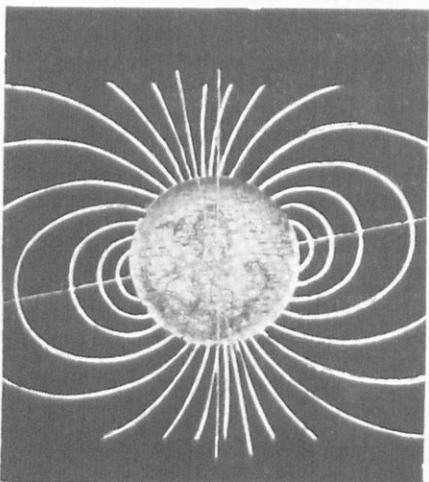
"Η συσκευὴ τοῦ σχ. 140 χρησιμεύει διὰ τὴν εὔρεσιν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως ἢ τῆς μαγνητικῆς ἔγκλισεως, καθ' ὅσον ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι ὄριζόντιος ἢ κατακόρυφος.

**131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.**—Εἰς οἰνδήποτε τόπον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως ἴσορροπεῖ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς νὰ ἔχῃ ὠρισμέ-



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

νην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι πέριξ ὀλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὃποῖον καλεῖται γήινον μαγνητικὸν πεδίον. Ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης ἐγκλίσεως δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓνα τόπον αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἰναι κατὰ προσέγγισιν εὐθεῖαι παράλληλοι. Εἰς τὸν ἴσημερινὸν ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως εἰναι περίπου ἡριζοντία. "Οσον σῆμας προχωροῦμεν πρὸς Βορρᾶν ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς διαρκῶς μεγαλυτέραν γωνίαν, ἥτοι ἡ μαγνητικὴ ἐγκλίσις βαίνει συνεχῶς αὔξανομένη. Εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως γίνεται κατακόρυφος, ἔχουσα πρὸς τὰ κάτω τὸν βόρειον πόλον τῆς. Τὸ ἴδιον συμβαίνει εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ Νοτίου πόλου μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἔκει ἡ βελόνη ἔχει πρὸς τὰ κάτω τὸν νότιον πόλον τῆς. Εἰς τὰς δύο αὐτὰς περιοχὰς τῆς Γῆς εύρισκονται οἱ δύο μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔξερχονται ἀπὸ τὸν γήινον



Σχ. 141. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

μαγνητικὸν πόλον, τὸν εύρισκόμενον εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον καὶ ὁ ὄποῖος ὑπὸ μαγνητικὴν ἀποψίν εἰναι βόρειος πόλος. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουν εἰς τὸν γήινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εύρισκόμενον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον, ἀφοῦ διαγράψουν εἰς τὸν χῶρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτω ὁ πλανήτης μας συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸν δίπολον, τὸ ὄποῖον δημιουργεῖ τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς κυκλικὰ ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ ἀκριβὴς θέσις τῶν δύο μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εἰναι ἡ ἔξης: βόρειον ἡμισφαίριον:

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

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

νότιον ἡμισφαίριον:

γεωγραφικὸν πλάτος  $72^{\circ} 25'$  ἀνατολικὸν γεωγραφικὸν μῆκος  $154^{\circ}$ .

132. Ἐντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου. — Εἰς τὸ σχῆμα 142 δεικνύονται τὰ ἐπίπεδα τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ ( $\Gamma$ ) καὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ ( $M$ ). Μία μαγνητικὴ βελόνη ἔγκλισεως ἴσορροπεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν  $ON$ . Αἱ γωνίαι ακολούθων διεύθυνσιν  $H_0$  καὶ  $H_x$  εἰναι ἀντιστοίχως ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις καὶ ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις.

Ἡ ἐντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τοῦτον εἶναι ἡ δύναμις  $H$ . Αὕτη ἐνέργειται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, τὴν ὄριζοντιαν συνιστώσαν  $H_0$  καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν  $H_x$ . Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον ὀρθογώνιον τρίγωνον εὑρίσκονται αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις:

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

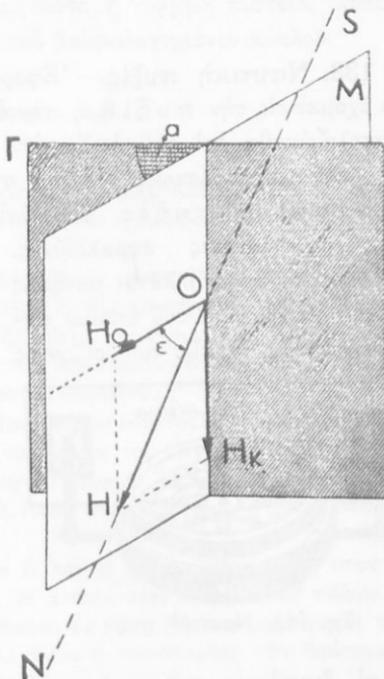
$$H^2 = H_0^2 + H_x^2$$

Ἄπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται ὅτι:

Τὰ στοιχεῖα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις, ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις καὶ ἡ ἐντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

Ἄντι τῆς ἐντάσεως τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου χρησιμοποιεῖται συνήθως ὡς μαγνητικὸν στοιχεῖον ἡ ὄριζοντία συνιστῶσα  $H_0$ , ἡ ἥποια είρισκεται εὐκόλως.

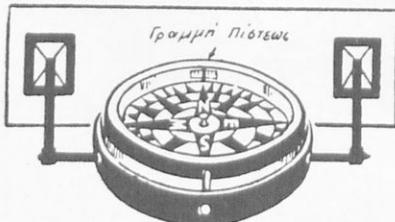
Μεταβολαὶ τῶν μαγνητικῶν στοιχείων ἐνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικὰ



Σχ. 142. Αἱ δύο συνιστῶσαι τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

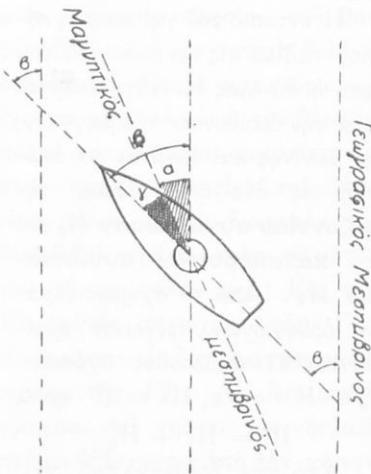
στοιχεῖα ένός τόπου δὲν ἔχουν σταθεράν τιμήν, ἀλλ' ὑφίστανται κανονικάς ήμερησίας καὶ ἐτησίας μεταβολάς. Πολλάκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἰφνιδίας μεταβολάς, αἱ ὅποιαι καλοῦνται μαγνητικὴ θύελλα. Αἱ ἀπότομοι αὐταὶ μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲν ἄλλα φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βάρειον σέλας, αἱ κηλίδες τοῦ Ήλίου.

**133. Ναυτικὴ πυξίς.**— Ἐφαρμογὴν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν εἰς τὴν πυξίδα, τὴν ὅποίαν χρησιμοποιοῦμεν διὰ νὰ προσανατολιζόμενα ἐπὶ τοῦ ὁρίζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ πυξίς εἶναι μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως, ἡ ὅποια στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἀξονα. Ἡ ναυτικὴ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς μαγνητικὰς βελόνας συνηνωμένας παραλλήλως. Ἐπ’ αὐτῶν προσκολλᾶται μονίμως ἐλαφρὸς δίσκος, ἐπὶ τοῦ ὅποίου σημειώνονται τὰ σημεῖα τοῦ ὁρίζοντος



Σχ. 143. Ναυτικὴ πυξίς.

καὶ αἱ διαιρέσεις τοῦ κύκλου. Ὁ δίσκος οὗτος καλεῖται ἀνεμολόγιον. Τὸ σύστημα τῶν βελονῶν ἀντιστοιχεῖ πρὸς ἔνα μαγνήτην, δυνάμενον νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἀξονα, ὁ ὅποῖος εἶναι στερεωμένος εἰς τὸν πυθμένα χαλκίνου δοχείου (σχ. 143). Τὸ δοχεῖον τοῦτο ἔχειται καταλλήλως (σύστημα Cardan), ὥστε ὁ ἀξων περιστροφῆς τοῦ ἀνεμολογίου νὰ εἶναι πάντοτε κατακόρυφος παρὰ τοὺς κλιδωνισμοὺς τοῦ σκάφους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ χαλκίνου δοχείου εἶναι χαραγμένη μικρὰ εὐθεῖα, ἡ γραμμὴ πίστεως, ἡ ὅποια δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ κατὰ μῆκος ἀξονος τοῦ σκάφους. "Οταν τὸ πλοῦν στρέφεται, ἡ



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

γραμμὴ πίστεως στρέφεται καὶ αὐτὴ μετὰ τοῦ πλοίου, ἀλλὰ τὸ ἀνεμολόγιον διατηρεῖ θέσιν σταθεράν. Εἰς τὸν ναυτικὸν εἶναι γνωστὴ ἐκ τῶν χαρτῶν ἡ γωνία β, τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστὴ καὶ ἡ ἀπόκλισις α, εὑρίσκεται ἡ γωνία γ, τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτη κατεύθυνσις, ὡστε ἡ γραμμὴ 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 διπλωσις τῶν πόλων τούτων;

81. Δύο δμοίοι εὐθύγραμμοι μαγνῆται ἔχουν μῆκος 15 cm, Ἐκαστος δὲ πόλος των ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 500 C.G.S. Οι δύο μαγνῆται εὑρίσκονται ἐπὶ δριζοτιάς τραπέζης, κατὰ μῆκος τῆς αὐτῆς εὐθείας καὶ ἔχουν τοὺς βορείους πόλους των ἀπέναντι ἀλλήλων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο βορείων πόλων εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ ἑκάστου μαγνήτου;

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

83. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι Α καὶ Β ἔχουν ἀντιστοίχως ποσότητας μαγνητισμοῦ 20 C.G.S. καὶ 30 C.G.S. Ἡ μεταξύ τῶν δύο τούτων πόλων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Νὰ εύρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ἔχων ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S., ὡστε ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν δύο πόλων Α καὶ Β νὰ εἴναι ἵση μὲ μηδέν.

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

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

86. Εἰς ἓνα τόπον ἡ δριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι  $H_0 = 0,2$  Gauss, ἡ δὲ ἔγκλισις εἶναι θετική καὶ ἵση 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

συνιστῶσα τοῦ γηίου μαγνητικοῦ πεδίου είναι  $H_0 = 0,18$  Gauss. Πόσον ἔργον δαπανῶμεν, όταν ἀπομακρύνωμεν τὴν βελόνην κατὰ  $60^\circ$  ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ισορροπίας τῆς;

88. Μαγνητική βελόνη ἐγκλίσεως ἔχει μῆκος 10 cm, ἕκαστος δὲ τῶν πόλων τῆς ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 30 C.G.S. Ἡ βελόνη αἰωρεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ δριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηίου μαγνητικοῦ πεδίου είναι  $H_0 = 0,2$  Gauss, ή δὲ ἐγκλιστική είναι  $60^\circ$ . Διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν βελόνην δριζοντίαν, θέτομεν ἐπ' αὐτῆς μικρὸν ίππεα ἔχοντα βάρος 0,500 gr<sup>3</sup>. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἄξινα τῆς βελόνης πρέπει νὰ τεθῇ ὁ ίππεύς;

# ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

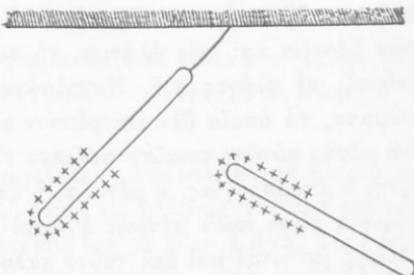
## ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—<sup>ο</sup> Εξ αἰῶνας π.Χ. ὁ Θαλῆς ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ ἡλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ μαλλίνου ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα (τρίχας, τεμάχια χάρτου, πτήλα κ.ἄ.). <sup>ο</sup> Η ἴδιότης αὐτὴ τοῦ ἡλέκτρου ὠνομάσθη ἡλεκτρισμός. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι τὴν ἴδιότητα αὐτὴν ἔχουν καὶ πολλὰ ὄλλα σώματα (ἡ ρητίνη, ὁ ἐβονίτης, τὸ θεῖον, ἡ ὥαλος κ.ἄ.).

Ἡλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἔξαρτῶμεν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μετάξεως (σχ. 145). <sup>ο</sup> Εὰν εἰς τὴν ἔξηρτημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ὄλλην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀ πωθοῦν ταὶ μεταξύ των. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ μὲ δύο ἡλεκτρισμένας ράβδους ρητίνης. <sup>ο</sup> Εὰν ὅμως εἰς τὴν ἡλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἡλεκτρισμένην ράβδον ρητίνης, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἔλκονται μεταξύ των. <sup>ο</sup> Έκ τῶν πειραμάτων τούτων συνάγεται ὅτι ὑπάρχουν δύο εἴδη ἡλεκτρισμένα, ὅτοι ὁ θετικὸς ἡλεκτρισμός, ὁ ὅποιος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός, ὁ ὅποιος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ρητίνης. <sup>ο</sup> Απὸ τὰ ἀνωτέρω ἀπλᾶ πειράματα συνάγεται ἐπὶ πλέον ὅτι :

Σώματα ὅμωνύμως ἡλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται, ἐνῷ σώματα ἑτερωνύμως ἡλεκτρισμένα ἔλκονται.



Σχ. 145. <sup>ο</sup> Απωσις ὅμωνύμως ἡλεκτρισμένων ράβδων.

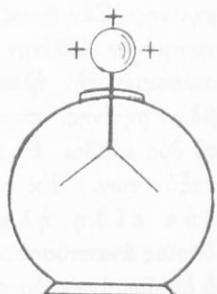
135. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἀγωγοί.— "Οταν ἐν σῶμα εῖναι ἡλεκτρισμένον, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο φέρει ἡλεκτρικὸν φορτίον, δηλαδὴ φέρει ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ. Ἐὰν ἡλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς, μίαν ράβδου ὑάλου ἡ ρητίνης παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ἐλαφρὰ σώματα προσκολλῶνται μάνον εἰς τὸ προστριβὲν μέρος τῆς ράβδου. Ἔπομένως μόνον εἰς τὸ μέρος ἐκεῖνο τῆς ράβδου ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν φορτίον. Λαμβάνομεν ράβδον χαλκοῦ, ἡ ὅποια φέρει ὑαλίνην λαβὴν (σχ. 146)."



Σχ. 146. Ἡλέκτρισις διὰ τριβῆς ράβδου χαλκοῦ.

Μέσου τοῦ χαλκοῦ εἰς ὄλοκληρον τὴν ράβδον τοῦ χαλκοῦ. Οὕτω τὰ σώματα διακρίνονται εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγούς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Καλοὶ ἀγωγοὶ ἡ ἀπλῶς ἀγωγοὶ καλοῦνται τὰ σώματα, τὰ ὅποια ἀφήνουν τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινοῦνται διὰ μέσου αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἶναι ὅλα τὰ μέταλλα, τὰ διαλύματα τῶν ὁξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων, τὸ σῶμα τῶν ζώων, τὸ νύγρὸν ἔδαφος, ὁ ἄνθραξ, αἱ φλόγες κ.ἄ. Κακοὶ ἀγωγοὶ ἡ μονωταὶ καλοῦνται τὰ σώματα, τὰ ὅποια δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινηθοῦν διὰ μέσου αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἶναι ἡ ρητίνη, τὸ ἡλεκτρον, ἡ παραφίνη, ὁ μαρμαρυγίας, ἡ μέταξα, ἡ ξηρὰ ύαλος, ἡ πορσελάνη κ.ἄ. Μερικὰ σώματα εἶναι πολὺ μέτριοι ἀγωγοὶ ἡ ἀλλως πολὺ ἀτελεῖς μονωταὶ καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἡ μονωταὶ τοιαῦτα σώματα εἶναι τὸ ξύλον, ὁ χάρτης, τὸ μάρμαρον, τὸ πόσιμον ὕδωρ κ.ἄ.

136. Ἡλεκτροσκόπιον.—Τὸ ἡλεκτροσκόπιον (σχ. 147) ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν στέλεχος, τὸ ὅποιον εἰς τὸ ἐν ἄκρον καταλήγει εἰς σφαῖραν ἡ μικρὸν δίσκον, εἰς δὲ τὸ ἄλλον ἄκρον φέρει δύο λεπτὰ καὶ μακρὰ φύλλα ἀργιλίου (ἡ σφαῖρα τοῦ στέλεχους). Τὸ στέλεχος τοῦτο στερεώνεται μὲν μονωτικὸν πῶμα εἰς ύαλινον δοχεῖον. Ἐὰν ἡλεκτρισμένον σῶμα ἐγγίσῃ τὴν σφαῖραν τοῦ μεταλλικοῦ στελέχους, τοῦτο ἡλεκτρίζεται ἐξ



Σχ. 147. Ἡλεκτροσκόπιον.

έπαφης καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἀργιλλίου ἀπωθοῦνται, διότι ἡλεκτρίζονται ὁμοιόματα. Οὕτω μὲ τὸ ἡλεκτροσκόπιον δυνάμεθα νὰ εύρισκωμεν, ἂν ἐν σῶμα φέρῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον.

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

‘Η ἔλξις ἡ ἀπωσις, ἡ ὅποια ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μικρῶν ἡλεκτρισμένων σφαιρῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

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

ὅπου  $F$  εἶναι ἡ δύναμις,  $Q_1$  καὶ  $Q_2$  τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία,  $\epsilon$  ἡ ἀπόστασις αὐτῶν καὶ  $a$  εἶναι μία σταθερά, ἡ ὅποια ἔχεται ἐκ τῶν μονάδων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, τὸ ὅποῖον παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο φορτίων. Διὰ τὸν ἀέρα εἰς τὸ σύστημα C.G.S. εἶναι  $\epsilon = 1$ , διὰ τὸν μαρμαρυγίαν εἶναι  $\epsilon = 6$  κ.τ.λ. ‘Η σταθερὰ εκαλεῖται διηλεκτρικὴ σταθερὰ ( $\S 211$ ).

**138. Μονάδες ἡλεκτρικοῦ φορτίου.**— Δύο ἵσα θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία  $Q_1 = Q_2$  εύρισκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν  $a = 1$  cm καὶ μεταξὺ αὐτῶν ἔχασκεται ἀμοιβαία ἀπωσις  $\epsilon$  τὴν μὲ  $F = 1$  dyn. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εύρισκομεν ὅτι εἶναι  $Q_1 = Q_2 = 1$ . Οὕτως δριζεται ἡ ἡλεκτροστατικὴ μονάδας φορτίου (1 ΗΣΜ—φορτίου) ἡ μονάδας ἡλεκτρικοῦ φορτίου C.G.S.

‘Ηλεκτροστατικὴ μονάδας φορτίου εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τὸ ὅποῖον, ὅταν εύρισκεται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ τοῦ φορτίου, ἔχασκει ἐπ’ αὐτοῦ δύναμιν ἵσην μὲ 1 δύνην.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὡς μονάδας ἡλεκτρικοῦ φορτίου λαμβάνεται τὸ 1 Coulomb (1 Cb), τὸ ὅποῖον ἴσοῦται μὲ  $3 \cdot 10^9$  ἡλεκτροστατικὰς μονάδας φορτίου.

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

Παραδείγματα. 1) Δύο θετικά ήλεκτρικά φορτία  $Q_1 = 25 \text{ HSM}$  και  $Q_2 = 72 \text{ HSM}$  εύρισκονται εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς ἀπόστασιν  $\alpha = 1 \text{ cm}$ . Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη ἄπωσις εἶναι :

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

2) Δύο θετικά ήλεκτρικά φορτία, ἔκαστον τῶν δύοιων εἶναι ၇σον μὲ 1 Cb, εύρισκονται εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 m. Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἔξασκουμένη ἄπωσις εἶναι :

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

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

Τὸ παράδειγμα τοῦτο δεικνύει πόσον μεγάλας εἶναι αἱ ἀναπτυσσόμεναι ήλεκτρικαὶ δύναμεις.

**139. Διανομὴ τοῦ ήλεκτρικοῦ φορτίου.**—“Ἄς θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ήλεκτρισμένην μεταλλικὴν σφαῖραν. Ἔνεκα τῆς ἀπώσεως, ἡ δύοια ἔξασκεῖται μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων ήλεκτρικῶν φορτίων τῆς σφαίρας, τὰ φορτία μετακινοῦνται καὶ λαμβάνουν θέσιν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλων ἀγωγῶν δὲν ὑπάρχουν ήλεκτρικὰ φορτία. Τοῦτο ἐπαληθεύομεν πειραματικῶς μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ήλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ σφαιρίδιου. Τὸ δοκιμαστικὸν σφαιρίδιον εἶναι 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. Ἀντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, ὅταν φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.



Σχ. 148 Εὑρεσίς τῆς κατανομῆς τοῦ ήλεκτρικοῦ

φορτίου.

Ἐπὶ ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ τὸ ήλεκτρικὸν φορτίον κατανέμεται δομοιομόρφως. Ἐὰν δὲ ἀγωγὸς φέρῃ ἀκμὰς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τοῦ ήλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρώνεται εἰς τὰ σημεῖα αὐτά, διότι, ἐνεκα τῆς ἀπώσεως τῶν ὁμωνύμων ήλεκτρικῶν φορτίων, ταῦτα προσπαθοῦν νὰ καταφύγουν εἰς τὰ ἀπότερα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξης:

Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον φέρεται πάντοτε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ὅγωγῶν καὶ διανέμεται ὁμοιομόρφως μόνον ἐπὶ τῶν σφαιρικῶν ὅγωγῶν.

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

90. Δύο ίσα διμώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται μὲν δύναμιν 25 dyn, δταν ἡ μεταξύ των ἀπόστασις είναι 10 cm. Πόσον είναι ἑκάστον φορτίον;

91. Εἰς τὰ ἄκρα Α καὶ Β μιᾶς εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐκ τῶν δοποίων τὸ ἐν είναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποιάν θέσιν πρέπει νὰ τεθῇ ἡ μονάς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ώστε αἱ ἐπὶ αὐτῆς ἀσκούμεναι δράσεις ἔκ μέρους τῶν δύο φορτίων νὰ ἔχουν συνισταμένην μηδέν;

92. Ὁρθογώνιον παραλληλόγραμμον ἔχει πλευράς 3 cm καὶ 4 cm. Εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ παραλληλογράμμου εὐρίσκονται 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 διμοιαὶ μικραὶ μεταλλικαὶ σφαῖραι ἔχαρτωνται ἀπὸ τὸ αὐτὸ τὸ σημεῖον μὲ δύο νήματα μετάξης μήκους 20 cm. Ἐκάστη σφαῖρα ἔχει βάρος 0,5, gr\* καὶ φέρει φορτίον + Q. "Οταν αἱ σφαῖραι ισορροποῦν, τὰ δύο νήματα σχηματίζουν γωνίαν 30°. Πόσον είναι τὸ φορτίον ἑκάστης σφαίρας;

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

140. Σπουδὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. — "Οταν ἐν σῶμα εἰναι ἡλεκτρισμένον, τότε τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ σώματος τούτου ἔξασκε ἔλξεις ἢ ἀπώσεις ἐπὶ παντὸς ἡλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὅποιον φέρεται εἰς τὸν πέριξ τοῦ σώματος χῶρον. Λέγομεν τότε ὅτι πέριξ τοῦ ἡλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον. "Ωστε:

"Ἡλεκτρικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὅποιου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὅποια φέρονται εἰς οίονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Εἰς ἐν σημεῖον τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν ἐλεύθερον ὄλικὸν σημεῖον, τὸ ὅποιον ἔχει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ μία δρισμένη δύναμις, ἡ ὅποια ἀναγκάζει τὸ ὄλικὸν

σημεῖον νὰ διαγράψῃ μίαν εὐθύγραμμον ἢ καμπυλόγραμμον τροχιάν.  
Ἡ τροχιὰ αὕτη καλεῖται **δυναμική γραμμή** τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.  
"Ωστε :

Δυναμική γραμμή τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχιά,  
τὴν δόποιαν διαγράφει τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ύπο τὴν ἐπί-  
δρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Εἰς ἔκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πε-  
δίου ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ κινουμένου θετικοῦ φορτίου,  
είναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.

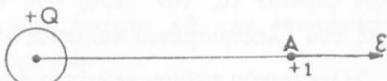
Διεύθυνσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται  
ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἔξασκεῖται ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλε-  
κτρικοῦ φορτίου φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.



Σχ. 149. Διάφοροι περιπτώσεις ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

ἡλεκτρισμένων παραλλήλων πλακῶν σχηματίζεται **όμογενές** ἡλεκτρικὸν  
πεδίον, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ<sup>1</sup>  
γραμμαὶ είναι παράλληλοι (§ 215).

"Εστω  $+ Q$  τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ τὸ πεδίον (σχ 150). Εἰς τὸ σημεῖον  $A$  τοῦ πεδίου φέρομεν ἡλεκτρικὸν φορτίον  $+ q$ . Τότε ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ δύναμις :  $F = \frac{Q \cdot q}{\alpha^2}$ . "Αρα εἰς τὸ σημεῖον  $A$  ἐπὶ τοῦ φορτίου  $+ 1$  ἐνεργεῖ



Σχ. 150. Διὰ τὸν δρισμὸν τῆς ἑντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον  $A$ .

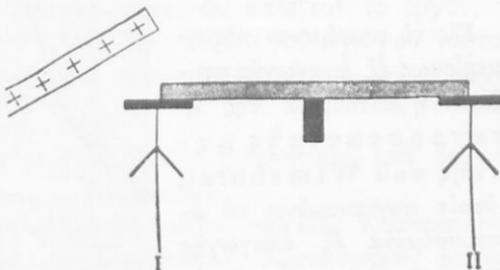
ώρισμένη δύναμις  $E = \frac{F}{q}$ , ή όποια καλεῖται **έντασις** του ηλεκτρικού πεδίου είς τὸ σημεῖον A. "Ωστε :

"Εντασις ( E ) τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου είς ἐν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ή δύναμις, ή όποια ἔξασκεται ἐπὶ τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου + 1 φερομένου είς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου.

$$\boxed{\text{έντασις ηλεκτρικοῦ πεδίου : } E = \frac{F}{q} \quad \text{η} \quad E = \frac{Q}{\alpha^2}}$$

Εἰς τὸ όμογενὲς ηλεκτρικὸν πεδίον ἡ ἑντασις τοῦ πεδίου εἶναι σταθερὰ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

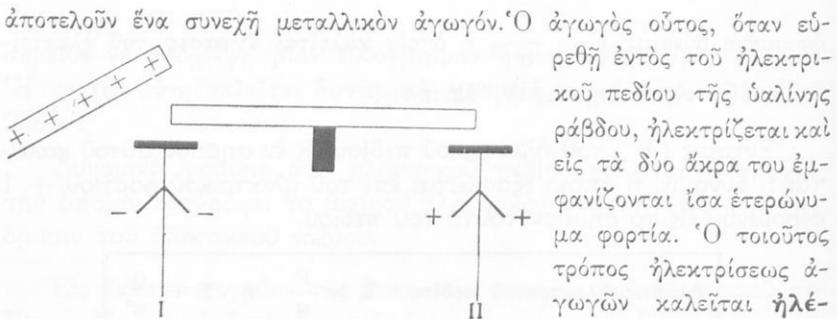
**141. Αγωγὸς έντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου.**—Λαμβάνομεν δύο ὅμοια ηλεκτροσκόπια καὶ ἐπὶ τῶν δύο δίσκων των στηρίζομεν τὰ δύο ὄχρα μακρᾶς μεταλλικῆς ράβδου (σχ. 151). Εἰς τὸ ἐν ηλεκτροσκόπιον πλησιάζομεν ηλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία, ἂν καὶ ἡ ηλεκτρισμένη ὑαλίνη ράβδος δὲν ἥλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲν κανὲν ἐξ αὐτῶν. Εἰναι τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία.



Σχ. 151. Τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία.  
Σχ. 151. Τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ηλεκτρικὰ φορτία.

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μεταλλικὴν ράβδον, κρατοῦντες αὐτὴν ἐκ τῆς μονωτικῆς λαβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι, καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ὑαλίνης ράβδου, τὰ δύο ηλεκτροσκόπια ἔξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἔτερωνύμως ηλεκτρισμένα (σχ. 152). Εἴναι δημοσίευμα τὰ δύο ηλεκτροσκόπια διὰ τῆς μεταλλικῆς ράβδου, καὶ ἀπομακρύνωμεν τὴν ὑαλίνην ράβδον, τὰ ηλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων ἔξαφανίζονται. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι τὰ δύο ηλεκτροσκόπια φέρουν ἵστα οὐσία ηλεκτρικὰ φορτία.

"Οταν ἀρχικῶς ἡ μεταλλικὴ ράβδος στηρίζεται ἐπὶ τῶν δίσκων τῶν δύο ηλεκτροσκοπίων, τότε τὰ μεταλλικὰ στελέχη των καὶ ἡ ράβδος



Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ἡλεκτροσκοπίων εἶναι ἐτερώνυμα.

ἀποτελοῦν ἔνα συνεχῆ μεταλλικὸν ἀγωγόν.<sup>10</sup> Οἱ ἀγωγὸς οὗτος, ὅταν εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τῆς ὑαλίνης ράβδου, ἡλεκτρίζεται καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐμφανίζονται ἵσα ἐτερώνυμα φορτία. Οἱ τοιοῦτος τρόπος ἡλεκτρίσεως ἀγωγῶν καλεῖται ἡλετρισις ἢξ ἐπαγωγῆς (ἢ ἓξ ἐπιδράσεως). "Ωστε :

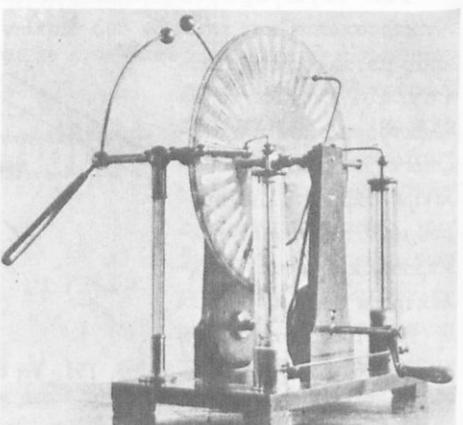
"Οταν ἀγωγὸς εύρεθῇ ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἢξ ἐπαγωγῆς ἵσα ἐτερώνυμα φορτία.

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

#### 142. Δυναμικόν.—Μικρὸς σφαιρικὸς ἀγωγὸς A (σχ. 154)

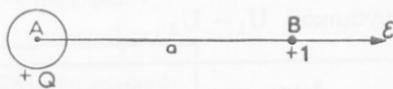
φέρει φορτίον  $+Q$ . Τότε πέριξ αὐτοῦ ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον. Εἰς ἐν σημεῖον B τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν τὸ φορτίον  $+1$ . Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ τότε ἡ δύναμις  $E = \frac{Q}{\alpha^2}$ . Ἐὰν τὸ ὄλικὸν σημεῖον εἰ-

ναι ἐλεύθερον, τοῦτο θὰ μετακινηθῇ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπέιρου. Διότι ἡ ἔντασις E τοῦ πεδίου γίνεται θεωρητικῶς ἵση μὲν μηδέν, ὅταν ἡ ἀπόστασις α γίνη ἀπειρος. Κατὰ τὴν μετακίνησιν αὐ-



Σχ. 153. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimshurst.

τὴν τοῦ φορτίου +1 ἀπὸ τὸ σημεῖον 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 +1 μεταφέρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον B μέχρι τοῦ ἀπείρου.

Τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον τοῦ ἀγωγοῦ A ἀρχίζει ἀπὸ τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ἐπὶ τῆς ὁποίας τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q εὑρίσκεται εἰς ἴσορροπίαν. "Ενεκα τούτου ἵσχει ὁ ἀκόλουθος δρισμός :

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

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν, καθ' ὅσον 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 ἔδαφους εἶναι ἵσον μὲν μηδέν.

**143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.**—Δύο ἡλεκτρισμένοι σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως δυναμικὸν  $U_1$  καὶ  $U_2$ . Τὰ δυναμικὰ αὐτὰ εἶναι ἀνισα  $U_1 > U_2$ . 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 ὄλλον.

'Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω ὁρισμοῦ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ προκύπτει τὸ ἔξης συμπέρασμα :

Έτσι έκ τοῦ ἀγωγοῦ A μεταφερθῆ 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 U<sub>1</sub> – U<sub>2</sub>.

$$\text{ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν φορτίου: } W = Q \cdot (U_1 - U_2)$$

Μεταφορὰ ἡλεκτρικοῦ φορτίου ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ A εἰς τὸν ἀγωγὸν B δίνεται νὰ γίνη εὐκόλως, 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. Μεταξύ τοῦ ἀγωγοῦ A καὶ τοῦ ἑδάφους ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U – 0 = U. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἔξισωσις:  $W = Q \cdot (U_1 - U_2)$  γράφεται:  $W = Q \cdot U$ , ἢρα  $U = \frac{W}{Q}$ . Η εύρεθεῖσα σχέσις μᾶς βοηθεῖ νὰ ὅρισωμεν τὰς μονάδας δυναμικοῦ. Οὔτως εύρισκομεν ὅτι:

Ἡλεκτροστατική μονάς δυναμικοῦ είναι τὸ δυναμικὸν ἀγωγοῦ, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν τῆς ἡλεκτροστατικῆς μονάδος φορτίου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἑδάφους παράγεται ἔργον ἵσον μὲ 1 ἔργιον.

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

Ἡ πρακτικὴ μονάς δυναμικοῦ καλεῖται Volt (1V) καὶ ὅριζεται 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 ἑδάφους 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 εύρισκεται εύκολως, διότι είναι :

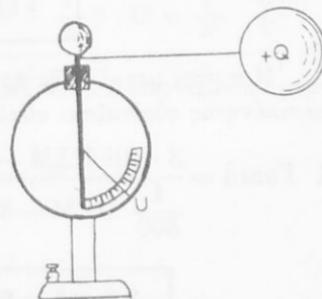
$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}} \quad \text{άρα}$$

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

Μὲ τὰς ἀνωτέρω δύο μονάδας δυναμικοῦ μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὅποια ὑπάρχει μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἢ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω π.χ. λέγομεν ὅτι μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 220 Volt. Τοῦτο σημαίνει ὅτι κατὰ τὴν μεταφορὰν 1 Cb ἀπὸ τὸν ἔνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον παραγέται ἔργον ἵστον μὲ 220 Joule. Ἐπίσης, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς ἔχει δυναμικὸν 500 000 Volt, ἐννοοῦμεν ὅτι, ἂν ἀφήσωμεν νὰ μετακινηθῇ 1 Cb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ ἔως τὸ ἔδαφος, θὰ παραχθῇ ἔργον ἵστον μὲ 500 000 Joule.

**145. Σχέσεις μεταξὺ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.**—Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται μὲ εἰδικὸν ὄργανον, τὸ ὅποῖον 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 εύρισκομεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος ἔχει δυναμικὸν U. Ἐὰν τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ γίνῃ 2Q, 3Q... εύρισκομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ γίνεται ἀντιστοίχως 2U, 3U... Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου διὰ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ ἔχει σταθερὰν τιμήν, ἐφ' ὅσον πλησίον αὐτοῦ δὲν ὑπάρχουν ἄλλοι ἀγωγοί. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καταλήγομεν εἰς τὸν ὄρισμὸν ἐνὸς νέου φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὅποῖον είναι σταθερὸν δι' ἔκαστον ἀγωγὸν καὶ καλεῖται χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ:



Σχ. 155. Ἡλεκτρόμετρον.

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

$$\boxed{\text{χωρητικότης άγωγοῦ: } C = \frac{Q}{U}}$$

Μονάδες χωρητικότητος. Ἐπὸ τὴν ἔξισωσιν ὁρισμοῦ τῆς χωρητικότητος άγωγοῦ  $C = \frac{Q}{U}$  εὑρίσκομεν τὰς μονάδας χωρητικότητος.

Ἡλεκτροστατική μονάς χωρητικότητος είναι ἡ χωρητικότης άγωγοῦ, ὁ ὅποιος φέρει 1 ἡλεκτροστατικήν μονάδα φορτίου καὶ ἔχει δυναμικὸν ἵσον μὲ 1 ἡλεκτροστατικήν μονάδα δυναμικοῦ.

$$\boxed{1 \text{ HΣΜ} - \text{χωρητικότητος} = \frac{1 \text{ HΣΜ} - \text{φορτίου}}{1 \text{ HΣΜ} - \text{δυναμικοῦ}}}$$

Ἡ πρακτικὴ μονάς χωρητικότητος καλεῖται **Farad** (1 F) καὶ ὁρίζεται 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 ΗΣΜ—χωρητικότητος εὑρίσκεται εὐκόλως, διότι είναι :

$$1 \text{ Farad} = \frac{3 \cdot 10^9 \text{ HΣΜ} - \text{φορτίου}}{\frac{1}{300} \text{ HΣΜ} - \text{δυναμικοῦ}} \quad \ddot{\text{x}}\rho\alpha$$

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

Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιεῖται ἡ μονάς microfarad (μF), ἡ ὅποια είναι :

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{10^6} \text{ Farad} \quad \ddot{\text{x}}\rho\alpha \quad 1 \mu\text{F} = 9 \cdot 10^{-12} \text{ HΣΜ} - \text{χωρητικότητος}.$$

**146.** Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—'Εὰν τὴν εἰναι ἡ ἀκτίς ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ καὶ  $Q$  τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του, τότε ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰναι:  $U = \frac{Q}{r}$ . Ἡ χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ εἰναι:  $C = \frac{Q}{U}$ .  
'Απὸ τὰς δύο αὐτὰς σχέσεις εὑρίσκομεν ὅτι εἰναι  $C = r$ . Ἀρα:

'Ἡ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰς ΗΣΜ — χωρητικότητος ἴσουται ἀριθμητικῶς μὲ τὴν ἀκτίνα τοῦ ἀγωγοῦ μετρηθεῖσαν εἰς ἑκατοστόμετρα.

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

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

**147.** Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ.—Μεμονωμένος ἀγωγὸς φέρει φορτίον  $Q$  καὶ ἔχει δυναμικὸν  $U$ . Διὰ τὴν φόρτισιν τοῦ ἀγωγοῦ δαπανᾶται ἐνέργεια, ἡ ὥποια ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Μεμονωμένος ἀγωγός, ἔχων ἡλεκτρικὸν φορτίον  $Q$ , δυναμικὸν  $U$  καὶ χωρητικότητα  $C$ , περικλείει ἐνέργειαν:

$$\boxed{\text{Ἐνέργεια ἀγωγοῦ: } W = \frac{1}{2} Q \cdot U \text{ ή } W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}}$$

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

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

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

94. Εἰς ἐν σημεῖον εὑρίσκεται ἡλεκτρικὸν φορτίον  $Q = 150$  C.G.S. Πόση εἰναι ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τοῦ φορτίου  $Q$  παραγομένου ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm καὶ 10 cm;

95. Εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας μήκους 15 cm εὑρίσκονται δύο ἡλεκτρικὰ φορτία  $+Q$  καὶ  $+4Q$ . Εἰς ποῖον σημεῖον ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰναι ίση μὲ μηδέν;

96. Εις τὰς κορυφάς τετραγώνου, ἔχοντος πλευρὰν 4 cm, εύρισκονται κατὰ σειρὰν τὰ φορτία +100, +100, -100 καὶ -100 C.G.S. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου;

97. Μεταξύ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἵση μὲ 4,5 Volt. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ μεταφερθῇ ἐκ τοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον, διὰ νὰ λάβωμεν ἔργον 90 Joule.

98. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 250 C.G.S. Πόσον φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ δ ἀγωγός, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ δυναμικὸν 0,1 Volt;

99. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 10 μF καὶ δυναμικὸν 4 Volt. Πόσον είναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ;

100. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ σφαιρικὸς ἀγωγός, ἀκτῖνος 5 cm, διὰ νὰ ἔχῃ δυναμικὸν 10 Volt;

101. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 8 μF καὶ δυναμικὸν 100 Volt. Πόσον είναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του καὶ πόση είναι ἡ ἐνέργεια τοῦ ἀγωγοῦ;

102. Σφαιρικὸς ἀγωγὸς ἔχει ἀκτῖνα 10 cm. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ δ ἀγωγός, διὰ νὰ ἔχῃ ἐνέργειαν 5 Joule;

103. Δύο μεταλλικαὶ σφαίραι A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτῖνας  $R_1 = 5$  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 τῆς μὲ τὴν ἀλλην καὶ β) τὸ ἀδροισμα τῶν ἐνέργειῶν τῶν δύο σφαιρῶν πρὸ τῆς ἐπαφῆς των καὶ μετά τὴν ἐπαφὴν των.

### ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον.—Εἰς τὰ προηγούμενα φαινόμενα τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία συμπεριφέρονται κατὰ τὸν

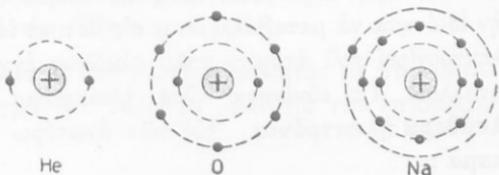


λίδιον τρόπον. Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία ἀναπτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγγηγῆς. Ἄρα ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὅποια ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας. 'Η νεωτέρα ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία είναι στενώτατα συνδεδεμένα μὲ τὰ συστατικὰ τῆς unction. 'Η θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἀτομον τοῦ ὑδρογόνου είναι τὸ ἀπλούστερον ἐξ ὅλων τῶν ἀτόμων. 'Αποτελεῖται ἀπὸ ἕνα θετικῶς ἡλεκτρισμένον πυρηνα (σχ. 156), ὁ

Σχ. 156. Ἀτομον ὑδρογόνου.

όποιος καλεῖται πρωτόνιον. Πέριξ τοῦ πυρήνος περιφέρεται μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχιᾶς ἐν ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὅποιον καλεῖται ἡλεκτρόνιον. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἵση μὲ τὸ  $\frac{1}{1850}$  τῆς ὅλης μᾶζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου. Τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἵσον μὲ τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος. Τὸ φορτίον τοῦτο καλεῖται στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον (e) καὶ εἶναι ἵσον μὲ  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Cb.

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη, ὅτι τὸ στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον ε ἀποτελεῖ τὴν μικροτέραν ποσότητα ἡλεκτρισμοῦ, διότι οὐδέποτε παρετηρήθη ἡλεκτρικὸν φορτίον μικρότερον τοῦ στοιχειώδους ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἀτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἔχουν περισσότερον πολύπλοκον κατασκευήν, ἀποτελοῦνται δημοσίως πάντοτε ἀπὸ ἕνα θετικῶς ἡλεκτρισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ ὥρισμένον δι' ἔκαστον εἰδος ἀτόμου ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων, τὰ ὅποια περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (σχ. 157). "Οταν τὸ ἀτομον εἶναι οὐδέτερον, τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἵσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἡλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοιπὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 157. Ἀτομα ἥλιου, διγυόνου καὶ νατρίου.

Τὰ ἀτομα τῶν ἄλλων στοιχείων ἔχουν περισσότερον πολύπλοκον κατασκευήν, ἀποτελοῦνται δημοσίως πάντοτε ἀπὸ ἕνα θετικῶς ἡλεκτρισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ ὥρισμένον δι' ἔκαστον εἰδος ἀτόμου ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων, τὰ ὅποια περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (σχ. 157). "Οταν τὸ ἀτομον εἶναι οὐδέτερον, τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος 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.

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

II. Τὰ θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τῆς ὅλης.

II. Τὰ ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρονίου, τὸ ὅποιον εἶναι κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων τῆς ὅλης.

**149.** Ἐμφάνισις ἡλεκτρικῶν φορτίων.—Τὰ φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διφείλονται εἰς τὴν ἴδιότητα τῶν ἡλεκτρονίων νὰ ἀποσπῶνται ἀπὸ ἐν ἄτομον καὶ νὰ προστίθενται εἰς ἐν ἄλλον ἄτομον. "Οταν δῆμως τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον στερηθῇ ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἡλεκτρονίων, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον. Ἀντιθέτως, ἐν τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον προσλάβῃ ἡλεκτρόνια, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον. Τὰ τοιαῦτα ἡλεκτρισμένα ἄτομα ἢ μόρια καλοῦνται **ἰόντα** (θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ ἢ οὐτα). Ἰδιαίτέρως τὰ ἄτομα τῶν μεταλλών ἔχουν τὴν ἴδιότητα νὰ μεταβάλλωνται εἰς θετικὰ ιόντα, διότι 1, 2 ἢ 3 ἐκ τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ ἀτόμου πολὺ εὔκόλως ἐγκαταλείπουν τὸ ἄτομον τοῦ μετάλλου. Τὰ εὔκινήτα αὐτὰ ἡλεκτρόνια τῶν μετάλλων καλοῦνται **έλευθερα ἡλεκτρόνια**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται τὸ ἔξης συμπέρασμα :

"Ἐν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ἡλεκτρισμένον, ὅταν ἔχῃ ἀπωλέσει ἡλεκτρόνια καὶ ἀντιθέτως ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον, ὅταν ἔχῃ περίσσειαν ἡλεκτρονίων.

**150.** Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων.—"Οταν προστρίβωμεν δύο διαφορετικὰ σώματα A καὶ B (π.χ. ρητίνην καὶ ψφασμα), φέρομεν τὰ σώματα αὐτὰ εἰς πολὺ στενήν ἐπαφήν 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 στενήν ἐπαφήν μεταξύ των, τότε ἡλεκτρόνια μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ οὕτως ἐπὶ τῶν δύο σωμάτων ἐμφανίζονται ἵσα ἑτερώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία.

"Εστω δτι ἐν σῶμα A φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Εὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφήν 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 ἀγωγοῦ Β μεταβαίνει εἰς τὸ σῶμα Α καὶ οὕτως ὁ ἀγωγὸς Β ἐμφανίζεται θετικῶς ήλεκτρισμένος. "Ωστε :

"Οταν ηλεκτρισμένον σῶμα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲν μεμονωμένον οὐδέτερον ἀγωγόν, τότε ἡ ἔρχονται ἐπ' αὐτοῦ ηλεκτρόνια ἡ ἀποσπῶνται ἀπὸ αὐτὸν ηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἐμφανίζονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀρνητικά ἡ θετικὰ ηλεκτρικά φορτία.

Τέλος, ἐὰν μεμονωμένος οὐδέτερος ἀγωγὸς εύρεθῇ ἐντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ἐλεύθερα ηλεκτρόνια τοῦ ἀγωγοῦ μετακινοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εἰς δύο περιοχὰς τοῦ ἀγωγοῦ ἐμφανίζονται ἵσα ἑτερώνυμα ηλεκτρικὰ φορτία. "Ωστε :

"Η ηλεκτρισις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς διφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ηλεκτρονίων τοῦ ἀγωγοῦ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου.

'Αντιθέτως πρὸς τοὺς ἀγωγούς, οἱ μονωταὶ ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ διατηροῦν ἐντοπισμένα τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐπ' αὐτῶν ηλεκτρικὰ φορτία. Οὕτως, ἐὰν εἰς μίαν περιοχὴν τοῦ μονωτοῦ παρουσιασθῇ Ἑλλειψίς ἢ περίσσεια ηλεκτρονίων, τὸ θετικὸν ἢ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρικὸν φορτίον μένει ἐντοπισμένον εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν τοῦ μονωτοῦ. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ μονωτὴς δὲν ἔχει ἐλεύθερα ηλεκτρόνια.

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

104. 'Αγωγὸς ἔχει φορτίον — 6,4 Cb. Πόσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ηλεκτρονίων, τὰ δόποια φέρει ὁ ἀγωγός;

105. 'Αγωγὸς ἔχει φορτίον + 3,2 Cb. Πόσα ηλεκτρόνια ἔχασεν ὁ ἀγωγός;

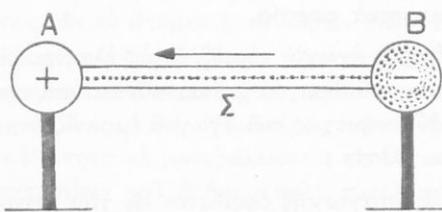
106. Δύο ἑτερώνυμα στοιχειώδη ηλεκτρικά φορτία + e καὶ -e εύρισκονται εἰς ἀπόστασιν 1 mm. Πόστε εἶναι ἡ μεταξὺ αὐτῶν δύσκομη θλξις ;

107. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt. "Ἐν ηλεκτρόνιον μεταβαίνει ἀπὸ τὸν ἕνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ὄπλον. Πόσον ἔργον εἰς ἔργια καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτὴν τὴν μετακίνησιν τοῦ ηλεκτρονίου ;

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

151. Παραγωγὴ ροῆς ηλεκτρονίων.— Δύο σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ Α καὶ Β (σχ. 158) φέρουν φορτία +Q καὶ -Q. Τὸ δυναμικὸν ἔκαστου ἀγωγοῦ εἶναι ἀντιστοίχως +U καὶ -U. 'Εὰν συνδέσωμεν μὲν σύρμα τοὺς δύο ἀγωγούς, τότε τὰ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ Β πλεονάζοντα ηλε-

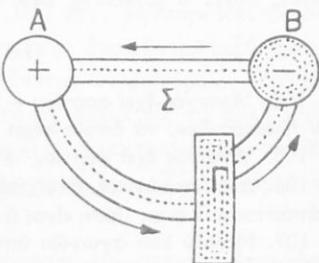
κτρόνια θὰ ἔλθουν διὰ μέσου τοῦ σύρματος εἰς τὸν ἀγωγὸν Α καὶ οἱ δύο ἀγωγοὶ θὰ γίνουν οὐδέτεροι. Ἡ τοιαύτη ροή ἡλεκτρονίων διὰ μέσου τοῦ σύρματος ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ διάρκεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἡτο ἐλαχίστη. Ἐὰν θέλωμεν νὰ διατηρηθῇ συνεχῆς αὐτὴ ἡ ροή τῶν ἡλεκτρονίων, πρέπει συνεχῶς νὰ ἀφαιροῦνται ἀπὸ τὸν



Σχ. 158. Ροή ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ  
Β πρὸς τὸν ἀγωγὸν Α.

ἀγωγὸν Α τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἡλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρωνται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ Β. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρῆται σταθερὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν Α καὶ Β. Ἡ συνεχῆς ἀφαίρεσις τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν Α καὶ ἡ

ἐπαναφορά των ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ Β ἐπιτυγχάνεται μὲν εἰδικὰς μηχανάς, αἱ ὅποιαι καλοῦνται γεννήτριαι ρεύματος ἢ καὶ ἀπλῶς γεννήτριαι. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι εἶναι ἀντλίαι ἡλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἀγωγοὶ Α καὶ Β ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας (θετικὸς καὶ αρνητικὸς πόλος). Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὅποῖον διαρρέει τὸ σύρμα Σ, ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τὸν τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται πραγματικὴ φορά. Διότι, πρὶν διευκρινισθῇ ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐδέχθησαν κατὰ συνθήκην ὅτι τὸ ρεῦμα βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται συμβατικὴ φορά καὶ ἔξακολουθεῖ νὰ λαμβάνεται ὑπὸ δύψιν εἰς τὴν τεχνικήν. Ἐκ τῶν ἀνωτερῶν καταλήγομεν εἰς τὰ ἔξης συμπεράσματα:



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

- I. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ροή ἡλεκτρονίων.
- II. Ἡ γεννήτρια δημιουργεῖ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς στα-

θεράν διαφοράν δυναμικοῦ (τάσιν), ἐνεκα τῆς ὅποίας προκαλεῖται συνεχής ροή ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὃ ὅποιος ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τῆς.

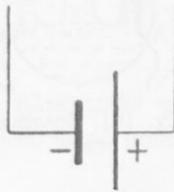
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φοράν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φορᾶς δὲν ἔμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

**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, ἀκουστικά κ.ἄ.).

β) Οἱ συσσωρευταί, οἱ ὅποιοι χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς (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 εὐθειῶν (σχ. 160).



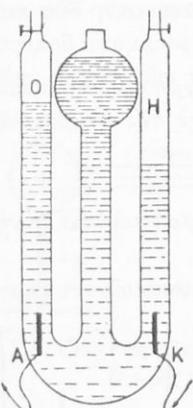
Σχ. 160. Συμβολικὴ παράστασις γεννητρίας.

**153. Δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.**—‘Η διέλευσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ προοδεύεται ἀπὸ διάφορα φαινόμενα.

α) Θερμικὰ φαινόμενα. “Οταν μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα πάντοτε θερμαίνεται. Ἐπὶ τοῦ φαινούμενου τούτου στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος διὰ πυρακτώσεως καὶ τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας.

β) Χημικὰ φαινόμενα. “Οταν τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ διαλυμάτων δέξιων, βάσεων καὶ ὀλάτων, προκαλεῖται διάσπασις τῶν μορίων τῶν σωμάτων τούτων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ἡλεκτρόλυσις, τὰ δὲ δέξια, αἱ βάσεις καὶ τὰ ὄλατα καλοῦνται ἡλεκτρολύται. Ἡ συσκευὴ,

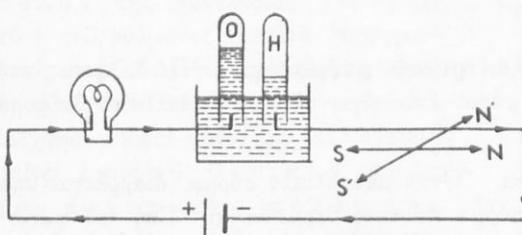
διὰ τῆς ὅποιας γίνεται ἡ ἡλεκτρόλυσις καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἡλεκτρόδια, τὰ ὅποια συνδέονται μὲ τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, καλοῦνται ἀντιστοίχως **ἀνοδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν



Σχ. 161. **Βολτάμετρον.** ἀραιῶν ὑδατικῶν διαλυμάτων ὁξεών 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 ὅποια συλλέγονται κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος θειικοῦ ὁξεοῦ.

γ) **Μαγνητικὰ φαινόμενα.** Ἀνωθεν ἡρεμούσης μαγνητικῆς βελόνης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἀγωγὸν διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος (σχ. 163).



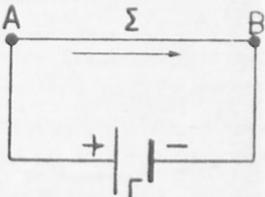
Σχ. 163. Θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικά φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

ράγει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ **θερμικά**, **χημικά** καὶ **μαγνητικά** φαινόμενα.

Εἰς τὸ σχῆμα 163 φαίνονται αἱ διάφοροι δράσεις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος.

**154. "Εντασις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος** — Μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας διατηρεῖται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ (§ 151). Τότε τὸ σύρμα, τὸ ὅποιον συνδέει τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 164). Τοῦτο ἔχει φορὰν σταθερὰν ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας (συμβατικὴ φορὰ). Τὸ ρεῦμα, τοῦ ὅποιον ἡ φορὰ διατηρεῖται σταθερά, καλεῖται **συνεχὲς ρεῦμα**. Εἰς χρόνον  $t$  δι' ἑκάστης τομῆς τοῦ σύρματος διέρχεται ηλεκτρικὸν φορτίον  $O$ .



Σχ. 164. Συνεχὲς ήλεκτρικὸν ρεῦμα.

"Εντασις τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται τὸ ήλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ μονάδα χρόνου.

$$\text{εντασις ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{χρόνος}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνεται τὸ **1 Ampère (1 A)**, τὸ ὅποιον ὄρίζεται ὡς ἑξῆς :

Ρεῦμα ἔχει ἐντασιν ἵστην μὲν 1 Ampère ὅταν διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον ήλεκτρικὸν φορτίον ἵσον μὲν 1 Coulomb.

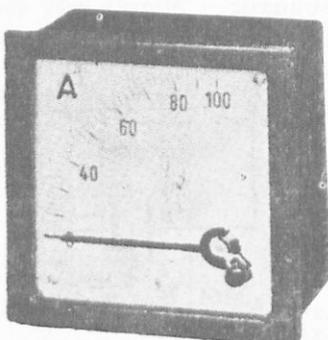
$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος: } 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Cb/sec}$$

"Οταν λοιπὸν λέγωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντασιν 5 A, ἐννοοῦμεν ὅτι ἀπὸ ἑκάστην τομῆν τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον φορτίον 5 Cb. Ἐπομένως εἰς χρόνον  $t = 10 \text{ min}$  διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ηλεκτρικὸν φορτίον :

$$Q = I \cdot t = 5 \text{ Cb/sec} \cdot 600 \text{ sec} = 3000 \text{ Cb}$$

'Η ἐντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲν εἰδικὰ ὅργανα, τὰ ὅποια

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

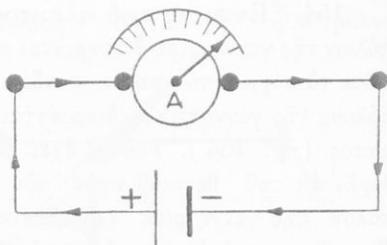


Σχ. 165. Ἀμπερόμετρον.

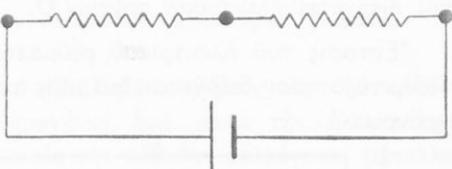
παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ ρεῦμα, τοῦ ὅποίου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν (σχ. 166). Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν ὅτι :

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

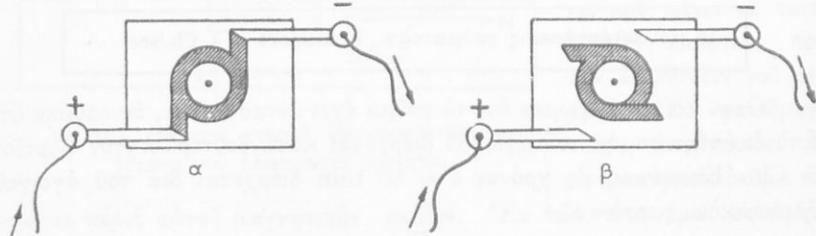
**155. Κύκλωμα.**— "Θαν μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας παρεμβάλλεται συνεχῆς ἀγωγὸς ἢ σειρὰ ἀγωγῶν, λέγομεν ὅτι ἔχομεν



Σχ. 166. Τὸ ἀμπερόμετρον τίθεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα.



Σχ. 167. Κλειστὸν κύκλωμα.



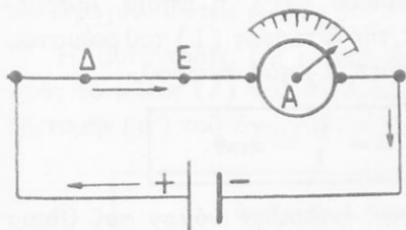
Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστόν, β ἀνοικτὸν κύκλωμα).

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

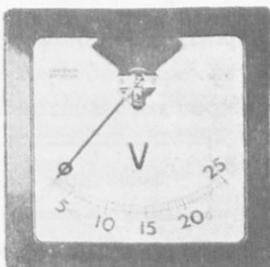
ται εις ἐν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν ὅτι τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

### 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 ΔΕ τοῦ σύρματος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ συνεπῶς μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ E οὐπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Διὰ τὴν μέ-



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

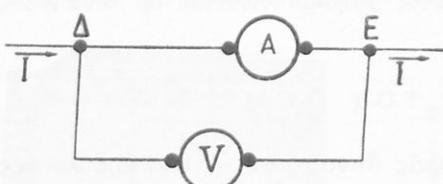


Σχ. 170. Βολτόμετρον

τρησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰδικὰ ὅργανα, 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 κεφάλαιον (§ 191). Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο σημείων Δ καὶ E (σχ. 171) παρεμβάλλομεν τὸ βολτόμετρον κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων, χωρὶς νὰ κόψωμεν τὸ κύκλωμα. “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



.Σχ. 171. Μεταξὺ τῶν σημείων  $\Delta$  καὶ  $E$  ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$ .

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

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις ἔκφράζει τὸν ἀκόλουθον νόμον τοῦ Ohm :

Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὅποια ὑπάρχει εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ.

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Ohm: } I = \frac{U}{R}}$$

**158. Μονὰς ἀντίστασεως.**—Εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς μονὰς ἀντίστασεως χρησιμοποιεῖται τὸ **1 Ohm (1 Ω)**, ἡ ὅποια ὑφίστεται ὡς ἔξης :

Ἄγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν ἴσην μὲ 1 Ohm, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ὑπάρχῃ διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt καὶ ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 1 Ampère.

$$\boxed{\text{μονὰς ἀντίστασεως: } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad \text{ἢ} \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται είς τάς έφαρμογάς καὶ τὰ κατωτέρα πολλαπλάσια ἢ ύποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm :

$$1 \text{ megohm} \quad (1 \text{ M}\Omega) \quad = 10^6 \text{ Ohm}$$

$$1 \text{ microhm} \quad (1 \text{ }\mu\Omega) \quad = \frac{1}{10^6} \text{ Ohm}$$

Η αρά δει για μα. Είς τὰ δύκα σύρματος ύπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ  $U = 220$  Volt, ἢ δὲ έντασις τοῦ ρεύματος είναι  $I = 2$  Ampère. Η άντιστασις τοῦ σύρματος είναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 110 \text{ }\Omega$$

159. Άντιστασις άγωγοῦ. —'Εκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι ἡ άντιστασις άγωγοῦ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὴν φύσιν τοῦ άγωγοῦ. Οὕτως εὑρέθη ὅτι :

Η άντιστασις ( $R$ ) ἐνὸς δόμογενοῦς άγωγοῦ είναι άνάλογος πρὸς τὸ μῆκος ( $l$ ) τοῦ άγωγοῦ, άντιστρόφως άνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν ( $\sigma$ ) τοῦ άγωγοῦ καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ άγωγοῦ.

$$\text{άντιστασις άγωγοῦ: } R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma}$$

Ο συντελεστὴς  $\rho$  καλεῖται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ άγωγοῦ καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ άγωγοῦ. Εάν λάβωμεν  $l = 1 \text{ cm}$  καὶ  $\sigma = 1 \text{ cm}^2$ , τότε ἀπὸ τὴν άνωτέρω σχέσιν εύρισκομεν  $R = \rho$ . Δηλαδὴ :

Η ειδικὴ άντιστασις ( $\rho$ ) τοῦ άγωγοῦ φανερώνει τὴν άντιστασιν, τὴν διποίαν παρουσιάζει άγωγὸς εἰς σχῆμα κύβου πλευρᾶς  $1 \text{ cm}$ .

Η ειδικὴ άντιστασις τῶν σωμάτων μετρεῖται συνήθως εἰς Ohm ἢ microhm, ὅταν τὸ μῆκος ( $l$ ) μετρῆται εἰς cm καὶ ἡ διατομὴ ( $\sigma$ ) εἰς  $\text{cm}^2$ . Τότε ἀπὸ τὸν τύπον (1) εύρισκομεν  $\rho = \frac{R \cdot \sigma}{l}$  καὶ ἐπομένως ὡς μονάδες τῆς ειδικῆς άντιστάσεως 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	Σίδηρος	9,80
Χαλκός	1,72	Λευκόχρυσος	10,50
"Αργύριλιον	2,82	"Υδράργυρος	95,78
Βολφράμιον	5,50		

Παράδειγμα. Σύρμα χάλκινον ἔχει μῆκος 1 km και διατομὴν 1 mm<sup>2</sup>. Η ειδική άντιστασις του χαλκοῦ είναι  $\rho = 1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Η άντιστασις του σύρματος τούτου είναι :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = \frac{1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm} \cdot 10^5 \text{ cm}^2}{0,01 \text{ cm}^2} = 17 \cdot 10^6 \mu\Omega$$

ήτοι :

$$R = 17 \Omega$$

**160. Μεταβολὴ τῆς άντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.**—Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ άντιστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ αὔξανεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Εάν εἰς θερμοκρασίαν  $0^\circ \text{C}$  ὁ ἀγωγὸς ἔχῃ άντιστασιν  $R_0$ , τότε εἰς  $θ^\circ \text{C}$  ὁ ἀγωγὸς ἔχει άντιστασιν :

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

ὅπου  $\alpha$  είναι συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἀπὸ τὴν φύσιν του ἀγωγοῦ (θερμικὸς συντελεστὴς άντιστάσεως). Διὰ τὰ μέταλλα είναι περίπου  $\alpha = 0,004$ . Η άντιστασις τῶν μετάλλων ἐλαττώνεται, ὅταν ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία. Οταν δὲ ἡ θερμοκρασία γίνη  $-269^\circ \text{C}$  ἡ άντιστασις τῶν μετάλλων είναι ἀσήμαντος και οὕτω τὰ μέταλλα γίνονται τότε ὑπεραγωγοί.

Παράδειγμα. Τὸ σύρμα ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος ἔχει εἰς  $0^\circ \text{C}$  άντιστασιν  $50 \Omega$ . Κατὰ τὴν λειτουργίαν του λαμπτῆρος ἡ θερμοκρασία του σύρματος γίνεται  $2000^\circ \text{C}$ . Τότε ἡ άντιστασις του 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 του ἡλεκτρικοῦ λαμπτῆρος, τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας, τῶν θερμικῶν ἀμπερομέτρων κ.ἄ.). Εἰς τὰ δργανα δημιουργεῖται ἡ άντιστασις αὐτῶν πρέπει νὰ μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὴν ἰδιότητα αὐτὴν ἔχουν ὥρισμένα Ψηφιοποιηθῆκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

χράματα, ὅπως τὸ κονσταντὶαν ( Cu, Ni ), ἡ μαγγανίνη ( Cu, Mn, Ni ), ἡ νικελίνη ( Cu, Zn, Ni, Fe ) καὶ ὁ νεάργυρος ( Cu, Zn, Ni ). Τὰ χράματα αὐτὰ ἔχουν ἀσήμαντον θερμικὸν συντελεστὴν ἀντιστάσεως.

**162. Κύτταρον σεληνίου.**—Τὸ μέταλλον σεληνίου ἔχει τὴν ἐνδιαφέρουσαν ίδιότητα νὰ ἐλαττώνεται ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ, ὅπου 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 περίου  $10^5$  ἕως  $10^6$  Ohm. "Οταν ὅμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἐλαττώνεται σημαντικῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. "Οσον δὲ ισχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμὸς τοῦ κυττάρου τόσον καὶ τὸ ρεῦμα γίνεται ισχυρότερον. Τὸ κύτταρον σεληνίου, χρησιμοποιεῖται διὲ τὴν αὐτόματην λειτουργίαν πολλῶν διατάξεων.

**163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.**—Αἱ ἀντιστάσεις εἶναι δυνατὸν νὰ συνδυασθοῦν μεταξύ των κατὰ τοὺς ἀκολούθους δύο τρόπους:

α) Σύνδεσις κατὰ σειράν.

"Οταν τρεῖς ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν ( σχ. 172 ), τότε καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντιστάσεων διέρχεται ρεῦμα τῆς

Σχ. 172. Σύνδεσις ἀντιστάσεων κατὰ σειράν.

αὐτῆς ἐντάσεως I. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm θὰ ισχύουν τότε αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις :

$$U_A - U_B = I \cdot R_1 \quad U_B - U_G = I \cdot R_2 \quad U_G - U_\Delta = I \cdot R_3$$

Ἐὰν προσθέσωμεν κατὰ μέλη τὰς τρεῖς ἐξισώσεις, εύρισκομεν :

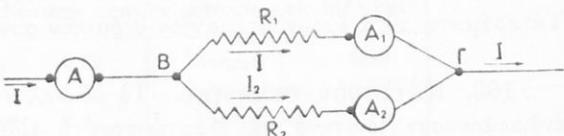
$$U_A - U_\Delta = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

Απὸ τὴν εύρεθεῖσαν σχέσιν συνάγεται ὅτι :

Εἰς τὴν σύνδεσιν ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις τοῦ συστήματος ισοῦται μὲ τὸ ἀθροισμα τῶν ἀντιστάσεων.

$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

β) Παράλληλος σύνδεσις. Μεταξύ δύο σημείων Β και Γ ένδεικνυτέονται αἱ δύο άντιστάσεις  $R_1$  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 ἐντασίς (1) τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἵση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὅποια διαφέρουν τὰς παραλλήλως συνδεδεμένας ἀντιστάσεις.

$$\boxed{I = I_1 + I_2} \quad (1)$$

Μεταξύ τῶν δύο σημείων Β καὶ Γ τοῦ κυκλώματος ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ( $U$ ) εἶναι ἡ αὐτή, ὅσαι δήποτε ἀντιστάσεις καὶ ἡ παρεμβάλλωνται παραλλήλως μεταξύ τῶν σημείων τούτων (σχ. 173). Τότε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, θὰ ἔχωμεν δι' ἔκαστον κλάδον τὴν σχέσιν :

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

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

Ἄπὸ τὰς ἔξι σώσεις (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 :

$$I_1 + I_2 + I_3 = U \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ἄλλὰ  $I_1 + I_2 + I_3$  εἶναι ἡ ἐντασίς  $I$  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  $R_{ολ}$ , ή όποια δύναται να άντικαταστήσῃ τὰς τρεῖς παραλλήλως συνδεδεμένας άντιστάσεις, χωρὶς ζύμως νὰ μεταβληθῇ ή έντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος, θὰ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$I = \frac{U}{R_{ολ}} \quad (4)$$

Η άντιστασις αὐτὴ  $R_{ολ}$  καλεῖται ὥλική άντιστασις. Απὸ τὰς ἐξισώσεις (3) καὶ (4) εύρισκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Εἰς τὴν παραλληλον σύνδεσιν άντιστάσεων τὸ άντιστροφον τῆς δόλικῆς άντιστάσεως ίσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν άντιστρόφων τῶν παραλλήλως συνδεδεμένων άντιστάσεων.

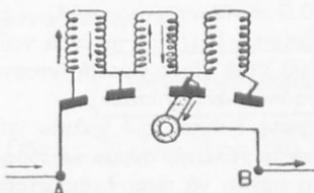
Παράδειγμα. Εχομεν τρεῖς άντιστάσεις  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 3 \Omega$ ,  $R_3 = 4 \Omega$ . Εὰν αἱ άντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειράν, τότε η ὥλική άντιστασις εἶναι :

$$R_{ολ} = 2 + 3 + 4 = 9 \Omega$$

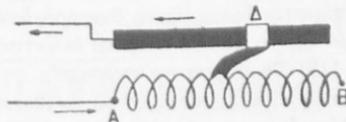
Εὰν αἱ άντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε η ὥλική άντιστασις θὰ εἶναι :

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

**164. Ροοστάται.**— Εἰς πολλὰς περιπτώσεις εἶναι ἀνάγκη νὰ μεταβάλωμεν τὴν έντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ όποῖον 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 σειράν εἰς τὸ κύκλωμα. Τὰ σχήματα 174 καὶ 175 δεικνύουν δύο συνήθεις τύπους ρυθμιστικῶν άντιστάσεων.

165. Μέτρησις ἀντιστάσεως.— 'Η μέτρησις τῆς ἀντιστάσεως R ἐνὸς ἀγωγοῦ ΔΕ (σχ. 171) εἶναι εὔκολος. Δι' ἐνὸς ἀμπερομέτρου εύρισκομεν τὴν ἔντασιν I τοῦ ρεύματος, τὸ διόποιον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δι' ἐνὸς βολτομέτρου εύρισκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U, ἡ διόποια ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Ohm εύρισκομεν τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ :  $R = \frac{U}{I}$ .

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

108. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἔχοντος ἀντίστασιν 2,5 Ohm ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 75 Volt. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον διέρχεται διὰ τοῦ σύρματος ἐντὸς 20 λεπτῶν ;

109. Σύρμα χάλκινον ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν  $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$  καὶ διάμετρον 1 mm. Πόσον μῆκος σύρματος ἔχει ἀντίστασιν 4,8 Ohm ;

110. Σύρμα, διαμέτρου 1mm, ἔχει ἀντίστασιν 0,4 Ohm κατὰ μέτρον. Σύρμα ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ διαμέτρου 0,4 mm θέλομεν νὰ ἔχῃ ἀντίστασιν 12,5 Ohm. Πόσον μῆκος ἐκ τοῦ δευτέρου σύρματος πρέπει νὰ λάβωμεν ;

111. Μία τηλεγραφικὴ γραμμὴ ἔχει μῆκος 320 km. Τὸ σύρμα ἔχει διάμετρον 4 mm καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν  $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Πόση διαφορὰ δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς, ὥστε αὐτῇ νὰ διαρρέεται ύπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,2 Ampère.

112. Τρεῖς ἀντιστάσεις  $5 \Omega$ ,  $10 \Omega$ ,  $45 \Omega$  συνδέονται κατὰ σειράν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ διόποιον διαρρέει τὸ σύστημα ;

113. Δύο σύρματα, δταν συνδέονται κατὰ σειράν, ἔχουν ἀντίστασιν  $30 \Omega$  καὶ δταν συνδέονται παραλλήλως ἔχουν ἀντίστασιν  $3 \Omega$ . Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἑκάστου σύρματος ;

114. Τρεῖς ἀντιστάσεις  $20 \Omega$ ,  $30 \Omega$  καὶ  $40 \Omega$  συνδέονται παραλλήλως καὶ τὸ σύστημα τοῦτο συνδέεται κατὰ σειράν μὲν ἀντίστασιν  $10 \Omega$ . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ διῶν συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 200 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ διόποιον διαρρέει ἑκάστην τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων ;

115. Τὸ σύρμα τηλεγραφικῆς γραμμῆς μήκους l εἶναι ἀπὸ χαλκὸν καὶ ἔχει διάμετρον 3 mm. Θέλομεν νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χάλκινον σύρμα μὲ σύρμα ἀργιλλίου ἔχοντος τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος τούτου καὶ ποῖος εἶναι διάλογος τοῦ βάρους τῆς νέας γραμμῆς πρὸς τὸ βάρος τῆς παλαιᾶς ;

Ειδικαὶ ἀντιστάσεις : χαλκοῦ  $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ , ἀργιλλίου  $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Ειδικὰ 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 ένδει σύρματος ύπαρχει σταθερά διαφορά δυναμικοῦ U (σχ. 176). Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 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) ὅτι 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 ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μετρουμένη εἰς Joule είναι:

ένέργεια τοῦ ρεύματος :       $R = U \cdot I \cdot t$  Joule

(1)

Οὕτως, ἂν εἴναι U = 220 Volt, I = 2 Ampère καὶ t = 10 sec, ἡ

ένέργεια τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον διῆλθεν διὰ τοῦ σύρματος είναι :  $W = 220 \cdot 2 \cdot 10 = 4400$  Joule.

Διὰ νὰ εὔρωμεν 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 ὅτι :

Σχ. 176. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει ἔργον.

"Η ίσχὺς (P) τοῦ ρεύματος είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τάσιν καὶ τὴν ἔντασιν αὐτοῦ.

ισχὺς τοῦ ρεύματος :       $P = U \cdot I$  Watt

(2)

Οὕτως, ἂν εἴναι 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 ἔντάσεως I διαρρέει ἐπὶ χρόνον t ἐν σύρμα, τὸ ὅποῖον ἔχει ἀντίστασιν R. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος

νπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$ . Τότε ἔχομεν  $U = I \cdot R$ . Τὸ ἔργον τοῦ ρεύματος είναι :

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

Τὸ ἔργον τοῦτο μεταβάλλεται ὀλόκληρον εἰς θερμότητα, ἡ ὅποια προκαλεῖ τὴν θέρμανσιν τοῦ σύρματος. Ἐπειδὴ 1 θερμὶς ἰσοδυναμεῖ μὲ 4,19 Joule, εὑρίσκομεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος ( $Q_\theta$ ), ἡ ὅποια ἀντιτύπωσσεται ἐπὶ τοῦ σύρματος, είναι :

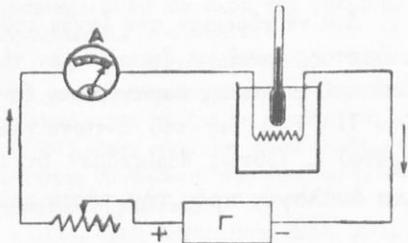
$$Q_\theta = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν νόμον τοῦ Joule :

Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὅποια ὀναπτύσσεται ἐπὶ ἐνὸς σύρματος είναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Joule : } Q_\theta = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal}}$$

Ο νόμος τοῦ Joule ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν ἐντὸς θερμιδομέτρου βυθίσωμεν σύρμα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ρεῦμα (σχ. 177). Μεταβάλλοντες τὴν ἐντάσιν  $I$  τοῦ ρεύματος ἢ τὴν ἀντίστασιν  $R$  τοῦ σύρματος ἢ τὸν χρόνον  $t$  τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος ἐπαληθεύομεν εὐκόλως τὸν νόμον τοῦ Joule.



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

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. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος.**— Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἔχεται λευόμεθα σήμερον εἰς διαφόρους Ἐφαρμογάς.

α) Οι ήλεκτρικοί λαμπτήρες διὰ πυρακτώσεως ἀποτελοῦνται ἀπὸ ύάλινον δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὅποίου 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  $2100^{\circ}$  ἔως  $2300^{\circ}$  C. Εἰς τοὺς συγχρόνους λαμπτῆρας διὰ πυρακτώσεως ἡ καταναλισκομένη ἴσχὺς ἀνέρχεται εἰς 0,5 ἔως 0,9 Watt κατὰ κηρίον. "Ολοι οἱ λαμπτῆρες μιᾶς ἐγκαταστάσεως πρέπει νὰ λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Διὰ τοῦτο οἱ λαμπτῆρες τῆς ἐγκαταστάσεως συνδέονται παραλλήλως (σχ. 179)." Έκστος λαμπτήρη λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπὸ μίαν ὀρισμένην τάσιν, ἡ ὅποια σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτῆρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτῆρος ἀναγράφεται καὶ ἡ ἴσχὺς καταναλώσεως τοῦ λαμπτῆρος. Ἐκ τῶν ἀναγραφομένων δύο ἐνδείξεων εύρισκομεν τὴν κατανάλωσιν τοῦ λαμπτῆρος, τὴν ἀντίστασιν τοῦ διαπύρου σύρματός του καὶ τὴν ἐντασιν τοῦ διερχομένου ρεύματος. Οὕτω λαμπτήρη ἴσχύος 50 Watt καὶ λειτουργῶν ὑπὸ τάσιν 110 Volt διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος :

$$\text{ἐντάσεως : } I = \frac{P}{U} = \frac{50 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0,45 \text{ A}$$

'Η ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

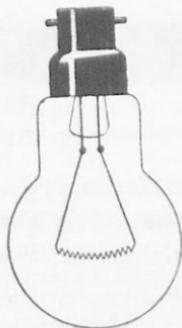
$$R = \frac{U}{I} = \frac{110 \text{ V}}{0,45 \text{ A}} = 222 \text{ Ohm}$$

Καθ' ὡραν δὲ λαμπτήρη καταναλίσκει ἡ-λεκτρικὴν ἐνέργειαν ἵσην μέ :

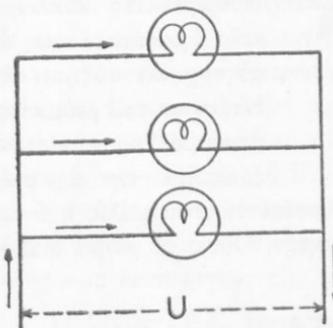
$$W = 50 \text{ Wh } \text{ἢ } W = 0,05 \text{ kWh.}$$

β) Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον σχηματίζεται μεταξὺ δύο ραβδίων ἀνθρακος, εἰς τὰ ἄκρα τῶν ὅποιων ὑπάρχει

διαφορὰ δυναμικοῦ 40 ἔως 60 Volt. Φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰ ἄκρα τῶν δύο ραβδίων. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον τὰ ἄκρα τῶν ραβδίων, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔξακολουθεῖ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἀέρος καὶ με-



Σχ. 178. Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρης διὰ πυρακτώσεως.

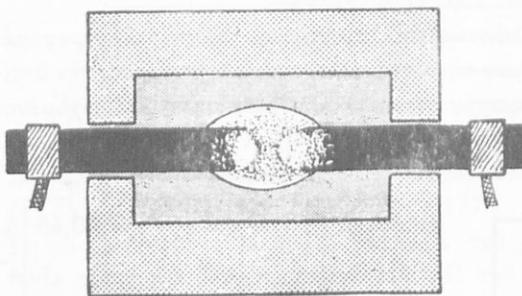


Σχ. 179. Σύνδεσις τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων.

ταξίδι τῶν δύο ραβδίων σχηματίζεται ίσχυρὸν φωτεινὸν τόξον (σχ. 180). Τὰ δύο ραβδία τοῦ ἀνθρακος φθείρονται, ἀλλὰ ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὅποιου σχηματίζεται κρατήρ. Εἰς τὸν κρατῆρα ἡ θερμοκρασία εἶναι  $3500^{\circ}$  C. Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον ἀποτελεῖ ίσχυροτάτην φωτεινὴν πηγὴν καὶ χρησιμοποιεῖται πρὸς φωτισμὸν (εἰς τοὺς προβολεῖς κ.ἄ.).

Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν κάμινον (σχ. 181) διὰ τὴν τῆξιν διαφόρων δυστήκτων σωμάτων, διὰ τὴν παρασκευὴν ἐνώσεων (π.χ. τοῦ ἀνθρακοσβεστίου), καὶ εἰς τὴν ἡλεκτρομεταλλουργίαν (παρασκευὴ ἀργιλίλιον).

γ) Αἱ συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς. Οὕτως ἔχομεν θερμικὰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως (ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἡλεκτρικὰ κουζῖναι, ἡλεκτρικὰ σίδερα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἀπὸ τυχαίων αὔξησιν τῆς ἐντάξεως τοῦ ρεύματος, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀσφάλειαν.



Σχ. 181. Ἡλεκτρικὴ κάμινος.

σημειώσεως (ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἡλεκτρικὰ κουζῖναι, ἡλεκτρικὰ σίδερα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἀπὸ τυχαίων αὔξησιν τῆς ἐντάξεως τοῦ ρεύματος, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀσφάλειαν.

λειτουργεῖ τὸν σύρματος, τὸ ὅποιον τήκεται μόλις ἡ ἐντάξις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ μίαν ὥρισμένην τιμήν. Οὕτω τὸ ρεῦμα διακόπτεται αὐτομάτως.

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

116. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἀντίστασεως  $8 \Omega$  ἐφαρμόζεται τάσις  $56$  Volt. Πόση εἶναι ἡ ισχύς τοῦ ρεύματος καὶ πόσον εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὅποιον παράγεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντὸς  $30$  λεπτῶν;

117. Λαμπτήρ ισχύος  $60$  Watt λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $110$  Volt. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος;

118. Αἴθουσα φωτίζεται ἀπὸ  $6$  λαμπτήρας, ἕκαστος τῶν ὅποιων ἔχει ισχύν-

60 Watt. Πόσον κοστίζει ό φωτισμός τής αιθούσης έπι 4,5 δώρας, αν τὸ κιλοβατώριον τιμᾶται 1,2 δραχμάς;

119. Τρεῖς άντιστάσεις  $2\ \Omega$ ,  $3\ \Omega$  καὶ  $5\ \Omega$  συνδέονται κατὰ σειράν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται τάσις 120 Volt. Πόση ποσότης θερμότητος ἀναπτύσσεται κατὰ λεπτόν ἐπὶ ἑκάστης ἀντιστάσεως;

120. Ἡλεκτρικὴ κουζίνα ἔχει ίσχὺν 500 Watt καὶ τροφοδοτεῖται μὲρεῦμα ἐντάσεως 4 A. Πόση εἶναι ἡ ἀντιστάσις τῆς κουζίνας καὶ ὑπὸ ποίαν τάσιν λειτουργεῖ;

121. Μία ἡλεκτρικὴ κουζίνα, ίσχύος 500 Watt, θερμαίνει 500 gr ὕδατος ἀπὸ 20° εἰς 100° C ἐντὸς 10 λεπτῶν. Πόσον μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος χρησιμοποιοῦμεν καὶ πόσον κοστίζει ἡ θέρμανσις τοῦ ὕδατος, αν τὸ κιλοβατώριον τιμᾶται 1,50 δρχ.;

122. Διὰ νὰ θερμάνωμεν ἐντὸς 5 λεπτῶν ἐν λίτρον ὕδατος ἀπὸ 10° εἰς 100° C, βυθίζομεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἐν σύρμα, διὰ τοῦ ὅποιου διαβιβάζομεν ρεῦμα ὑπὸ τάσιν 125 Volt. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντιστάσις τοῦ σύρματος τούτου;

123. Μία αἴθουσα φωτίζεται ἀπὸ 3 λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως, ἔκαστος τῶν ὅποιων ἔχει ίσχὺν 40 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 Volt. Ἡ αἴθουσα θερμαίνεται ἀπὸ μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὅποια ἔχει ίσχὺν 600 Watt καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν. Τὰ χρησιμοποιούμενα σύρματα διὰ τὰς συνδέσεις ἔχουν ἀσήμαντον ἀντίστασιν. Πόση εἶναι ἡ ἀντιστάσις ἔκαστου λαμπτήρος καὶ τῆς θερμάστρας; Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει ἔκαστον τῶν ἀνωτέρω ὄργανων;

## ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρογερτικὴ δύναμις.— "Ἄς θεωρήσωμεν μίαν γεννήτριαν Γ, μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὅποιας παρεμβάλλονται κατὰ σειράν διάφοροι συσκευαὶ χρησιμοποιήσεως τοῦ ρεύματος (π.χ. ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, ἡλεκτρικοὶ λαμπτήρες, βιολτάμετρον κ.ἄ.). Τὸ κυκλωματος εἶναι κλειστόν, καθ' ὃλον δὲ τὸ μῆκος τοῦ κυκλώματος ἡ ἔντασις I τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερὰ (§ 156). Ἡ γεννήτρια παρέχει τότε εἰς τὸ κύκλωμα ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὅποια εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα είναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ὅσον μεγαλύτερος είναι ὁ χρόνος λειτουργίας τῆς γεννητρίας. Γενικῶς:

"Η ίσχὺς (P), τὴν ὅποιαν παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα μία γεννήτρια, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

$$\text{Ισχὺς γεννητρίας: } P = E \cdot I$$

ὅπου E εἶναι συντελεστής, ὁ ὅποιος ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῆς γεν-

νητρίας καὶ καλεῖται: ήλεκτρεγερτική δύναμις τῆς γεννητρίας ( ΗΕΔ ). Τοῦτο ή εντασις Ι μετρεῖται εἰς Ampère καὶ ή ίσχὺς Ρ μετρεῖται εἰς Watt, ἐπειδὴ ὅτι ή ήλεκτρεγερτική δύναμις Ε μετρεῖται εἰς Volt ( ὅπως εἰς τὸν τύπον  $P = U \cdot I$  τῆς § 166 ). Τοῦτο ή εντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κλειστὸν κύκλωμα, εἶναι ἵση μὲ 1 Ampère (  $I=1 A$  ), τότε έχομεν  $P = E$ . "Ωστε :

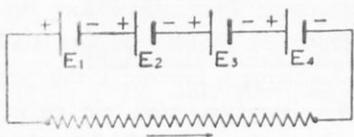
Τοῦτο ή ήλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ίσχυν, τὴν δόποιαν παρέχει ἡ γεννήτρια, ὅταν αὗτη δίδῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἀς θεωρήσωμεν δύο γεννητρίας Α καὶ Β, αἱ ὅποιαι ἔχουν ἀντιστοίχως ήλεκτρεγερτικὴ δύναμιν  $E_1 = 500$  Volt καὶ  $E_2 = 100$  Volt. "Οταν αἱ δύο αὗται γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῦμα τῆς αὗτῆς ἐντάσεως Ι, τότε ή μὲν γεννήτρια Α παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ίσχύν  $P_1 = E_1 \cdot I$ , ή δὲ γεννήτρια Β παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ίσχύν  $P_2 = E_2 \cdot I$ .

Ἐπομένως ἔχομεν :  $\frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{500}{100} = 5$

ἥτοι ή γεννήτρια Α παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της 5 φορᾶς μεγαλυτέραν ίσχύν απὸ δόσην παρέχει ή γεννήτρια Β εἰς τὸ ίδικόν της κύκλωμα.

Τοῦτο ή ήλεκτρεγερτική δύναμις εἴναι μέγεθος χαρακτηριστικὸν



Σχ. 182. Σύνδεσις γεννητριῶν κατὰ σειράν.

τέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννητρίων ( σχ. 182 ). "Οταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως Ι. 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 ἐνέργειας θὰ εἴναι :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \cdot I$$

Η εύρεθείσα σχέσις φανερώνει ότι :

Η ήλεκτρεγερτική δύναμις ( $E$ ) μιᾶς συστοιχίας γεννητριῶν, αἱ ὅποιαι συνδέονται κατὰ σειράν, είναι ίση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ήλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν γεννητριῶν τῆς συστοιχίας.

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

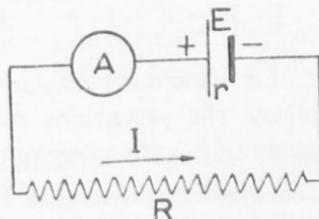
170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα.— Αἱ θεωρήσωμεν κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὅποῖον περιλαμβάνει γεννήτριαν  $\Gamma$  καὶ ἔξωτερικὴν ἀντίστασιν  $R$  (σχ. 183). Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $I$ . Η γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἴσχὺν  $P = E \cdot I$ , ἡ ὅποια ἔξ οὐκλήρου μεταβάλλεται ἐπὶ τοῦ κυκλώματος εἰς θερμότητα. Έκάστη γεννήτρια διαρρέεται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος καὶ παρουσιάζει μίαν ἀντίστασιν  $r$ , ἡ ὅποια καλεῖται ἔσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Joule ἡ ἀναπτυσσομένη κατὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος είναι  $I^2 \cdot R$  ἐπὶ τῆς ἔξωτερικῆς ἀντίστασεως καὶ  $I^2 \cdot r$  ἐπὶ τῆς ἔσωτερικῆς ἀντίστασεως τῆς γεννητρίας. Η ποσότης αὐτὴ τῆς θερμότητος προέρχεται ἀπὸ τὴν ήλεκτρικὴν ἐνέργειαν  $E \cdot I$ , τὴν ὅποιαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα. "Ωστε είναι :

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r \quad \text{ἢ} \quad E = I \cdot (R + r) \quad (1)$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ ἔξωτερικὰς ἀντίστασεις, ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις ( $E$ ) τῆς γεννητρίας ισοῦται 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 βεῖμα ἐντάσεως  $I = 2$  Ampère. Η ἔξωτερη ἀντίστασις  $R$  τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχῃ ώριμότηταν τιμήν, τὴν ὃποιαν ὑπολογίζουμεν ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$E = I \cdot (R + r) \quad \text{ἢτοι} \quad 10 = 2 \cdot (R + 2) \quad \text{καὶ} \quad R = 3 \text{ Ohm}$$

**171.** Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἔξωτερης ἀντίστασεως  $R$ , δηλαδὴ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$ , ἡ ὃποια είναι  $U = I \cdot R$ . Ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν  $E = I \cdot (R + r)$  εὑρίσκομεν ὅτι είναι :

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

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

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

Εἶναι δυνατὸν νὰ είναι  $U = E$ , ἐὰν είναι  $I = 0$ , δηλαδὴ ἐὰν τὸ κύκλωμα είναι ἀνοικτόν. Ἐκ τούτων συνάγεται ὁ ἀκόλουθος ὀρισμὸς 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.—Εἰς τὸν λαμπτῆρα πυρακτώσεως, τὴν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἡ δαπανωμένη ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία τοιαύτη συσκευὴ λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ νεκρὰν ἀντίστασιν. Εἰς τὸ βολτάμετρον ἡ τὸν ἀνεμιστῆρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἀλλο δὲ μέρος αὐτῆς μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συσκευὴ καλεῖται γενικῶς ἀποδέκτης. ‘Ο ἀνεμιστήρος καὶ γενικῶς ὁ ἡλεκτρικὸς κινητήρος είναι τόσον καλύτερος, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Εἰς ἓνα ἀποδέκτην ἡ ίσχυς ( $P$ ) τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας, ἡ ὃποια μετατρέπεται εἰς ἄλλην μορφὴν ἐνέργειας, ἔκτὸς τῆς θερμό-

τητος, είναι άνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ δποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἀποδέκτου.

$$\text{ἰσχὺς ἀποδέκτου : } P = E' \cdot I$$

ὅπου  $E'$  είναι συντελεστής, ὁ δποῖος ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀποδέκτου καὶ καλεῖται ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου. Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου μετρεῖται εἰς Volt, ὅπως καὶ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας (§ 170). Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι ἵση μὲ 1 Ampère ( $I = 1 A$ ), τότε ἔχομεν  $P = E'$ .

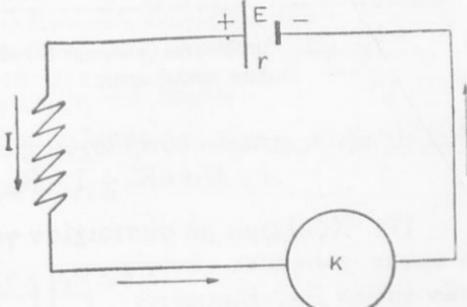
Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀποδέκτου, μετρουμένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχὺν τοῦ ἀποδέκτου, ὅταν δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Οὔτως, ἂν ὁ ἡλεκτρικὸς κινητὴρ ἔχῃ ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E' = 200$  Volt, αὐτῇ φανερώνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινητῆρος διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 A, τότε ὁ κινητὴρ παρέχει μηχανικὴν ἐνέργειαν ; ἡ ὁποίᾳ ἔχει ἰσχὺν 200 Watt.

**173. Κύκλωμα μὲ γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.**—Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ὑπάρχουν συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν γεννήτρια, ἔξωτερικὴ ἀντίστασις  $R$  καὶ ἀποδέκτης π.χ. κινητὴρ  $K$  (σγ. 184).

Ἡ γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r$ , ὁ δὲ κινητὴρ ἔχει ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E'$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r'$ .

Ἡ ὄλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος είναι  $R + r + r'$ . Εὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος είναι  $I$ , τότε ἡ μὲν γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχὺν :  $P = E \cdot I$ , ὁ δὲ κινητὴρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχύν :  $P' = E' \cdot I$ . Συγχρόνως ἐφ' ὅλων τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ποσότης θερμότητος  $(R + r + r') \cdot I^2$ .



Σχ. 184. Κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ κινητῆρα ( $K$ ).  
τρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύν :  $P = E \cdot I$ , ὁ δὲ κινητὴρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχύν :  $P' = E' \cdot I$ . Συγχρόνως ἐφ' ὅλων τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ποσότης θερμότητος  $(R + r + r') \cdot I^2$ .

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :  $E \cdot I = E' \cdot I + (R + r + r') \cdot I^2$  ή  $E = E' + (R + r + r') \cdot I$

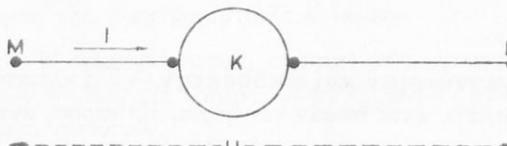
Εἰς κλειστόν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ( $E$ ) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ ἀθροισμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ( $E'$ ) τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως ( $I$ ) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὅλητὴν ἀντίστασιν ( $R_{ολ}$ ) τοῦ κυκλώματος.

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

Παράδειγμα. Ἡ γεννήτρια ἔχει  $E = 220$  Volt καὶ  $r = 1$  Ohm, ὁ δὲ ἀποδέκτης ἔχει  $E' = 60$  Volt καὶ  $r' = 2$  Ohm. Εάν αἱ λοιπαὶ ἐσωτερικαὶ ἀντίστασεις τοῦ κυκλώματος εἶναι  $R = 7$  Ohm, τότε ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E - E'}{R_{ολ}} = \frac{(220 - 60) \text{ V}}{(7 + 1 + 2) \Omega} = \frac{160 \text{ V}}{10 \Omega} = 16 \text{ Ampère}$$

173a. Ἀποδέκτης εἰς τμῆμα κυκλώματος.—Μεταξὺ τῶν σημείων  $M$  καὶ  $N$  ἐνὸς κυκλώματος παρεμβάλλεται ἀποδέκτης (π.γ. κινητήρ), ἔχων ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E'$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r'$  (σχ. 185).



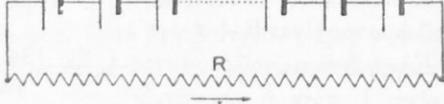
Σχ. 185. Ἀποδέκτης (κινητήρ  $K$ ) εἰς τμῆμα κυκλώματος.

Τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντασιν  $I$ , ἡ δὲ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν σημείων  $M$  καὶ  $N$  εἶναι  $U$ .

Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἴσχύει ἡ ἐξίσωσις (1) ὡς ἔξης :

$$U = E' + I \cdot R_{ολ}$$

174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν.—Ἐστω ὅτι ἔχομεν ν ὄμοιας γεννητρίας, ἑκάστη τῶν ὅποιων ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r$ .



α) Σύνδεσις κατὰ σειράν.

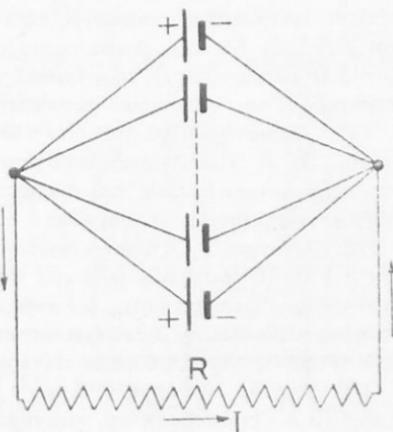
Ἐάν αἱ ν γεννητριαι συνδεθοῦν κατὰ σειράν (σχ. 186), τότε ἡ ὅλη ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις

τῆς συστοιχίας είναι  $v \cdot E$ , ή δὲ όλη η άντιστασις αὐτῆς είναι  $v \cdot r$ . "Αν  $R$  είναι ή άντιστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ άγωγοῦ, τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm είναι :

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

β) Σύνδεσις παράλληλος.

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν γεννητριῶν (σχ. 187). Ἡ όλη ηλεκτρεγερτική δύναμις τῆς συστοιχίας είναι  $E$ , διότι είναι ὡς ἐλαφρά ἔχωμεν μίαν μόνον γεννήτριαν. Ἡ ἐσωτερικὴ θμως ἀντιστασις τῆς συστοιχίας



Σχ. 187. Σύνδεσις παράλληλος.

είναι  $\frac{r}{v}$ . Ἐπομένως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν είναι :

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

Παράδειγμα. "Εστω ὅτι ἔχουμεν  $v = 10$  γεννητρίας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει  $E = 2$  Volt καὶ  $r = 0,1$  Ohm. 'Ο ἐξωτερικὸς άγωγὸς ἔχει ἀντιστασιν  $R = 9$  Ohm. "Αν αἱ γεννήτριαι συνδεθεῖσαι 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 συνδεθεῖσαι 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 ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντιστασιν 10 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει δύο μόνον ἀντιστάσεις  $R_1 = 26$  Ω καὶ  $R_2 = 36$  Ω. Πόση είναι ή διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως  $R_2$ ;

125. Γεννήτρια ἔχει ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντιστασιν 8 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει κατὰ σειράν ἀντιστάσειν  $R$  καὶ

βιολτόμετρον, τὸ ὅποιον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $R' = 300 \Omega$ . Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ἀντίστασις  $R$ , ὥστε τὸ βιολτόμετρον νὰ δεικνύῃ  $1,5 \text{ Volt}$ ;

126. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $40 \text{ Volt}$ . Οἱ πόλοι τῆς συνδέονται μὲν ἀγωγὸν ἀντιστάσεως  $R$ : τότε εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας ἡ τάσις είναι  $30,8 \text{ Volt}$ . Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν καὶ ἄλλη ἀντίστασις  $R_1 = 5 \Omega$ : τότε ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους γίνεται  $34,8 \text{ Volt}$ . Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $R$  καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις  $r$  τῆς γεννητρίας;

127. Ἀνεμιστήρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $110 \text{ Volt}$  καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $0,6 \text{ A}$ . Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συσκευῆς είναι  $110 \Omega$ . Πόση είναι ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀνεμιστήρος καὶ πόση είναι ἡ Ισχὺς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, τὴν ὅποιαν μᾶς δίδει ὁ ἀνεμιστήρ;

128. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $52 \text{ Volt}$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $1 \Omega$ . Τὸ ἐσωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἀντίστασιν  $R = 5 \Omega$  καὶ ἓνα κινητήρα. "Οταν δὲ κινητήρ δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐν τασιν  $4 \text{ A}$ , ἐνῶ, ὅταν δὲ κινητήρ στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐν τασιν  $1 \text{ A}$ . Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος;

129. Κινητήρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν  $220 \text{ Volt}$  καὶ τροφοδοτεῖται μὲν ρεῦμα ἐντάσεως  $15 \text{ A}$ . Ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητήρος είναι  $0,8$ . Πόση είναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος;

130. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $500 \text{ Volt}$  καὶ παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως  $350 \text{ A}$ , τὸ ὅποιον μεταφέρεται διὰ μακροῦ σύρματος εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἵνα θέλωμεν αἱ ἐπὶ τῆς γραμμῆς ἀπώλειαι, ἔνεκα τῆς θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ, νὰ είναι ἴσαι 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 ρεύματων, τὰ ὅποια ἔχουν ἀντιστοίχως ἐντάσεις  $I_1 = 14 \text{ A}$  καὶ  $I_2 = 6 \text{ A}$ . Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας είναι  $0,9 \Omega$ . Πόση είναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας;

132. Μία ὑδατόπτωσις ἔχει Ισχὺν  $40 \text{ Δημοίππων}$  καὶ κινεῖ γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν  $0,8$ . Τὸ ρεῦμα χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν φωτισμὸν συνοικισμοῦ, εἰς τὸν ὅποιον χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες Ισχύος  $75 \text{ Watt}$ . Αἱ ἀπώλειαι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας είναι  $10\%$ . Πόσοι λαμπτήρες είναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν;

## Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Λ Υ Σ Ι Σ

175. Ἡλεκτρολύται.—Εἶναι γνωστὸν ( § 153 ) ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέργεται διὰ διαλύματος ὁξέος, βάσεως ἡ ἄλατος προκαλεῖ τὴν διάσπασιν τοῦ μορίου τῶν σωμάτων τούτων. Διὰ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως χρησιμοποιεῖται τὸ βιολτάμετρον ( σχ. 188 ). Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :

Τὸ ἡλεκτρολύται εἶναι μόνον τὰ δξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα, ὅταν εὑρίσκωνται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος, εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν (βάσεις καὶ ἄλατα).

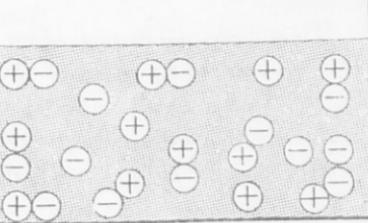
Οὕτως ἡλεκτρολύται εἶναι τὸ τετηγμένον χλωριοῦχον νάτριον, τὸ εἰς ὕδωρ διάλυμα τοῦ ὑδροχλωρικοῦ δξέος η̄ τοῦ καυστικοῦ καλίου η̄ τοῦ θειικοῦ γκλικοῦ κ.λ.

Τὸ θειωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μόριον ἐκάστου ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἑτερωνύμων ιόντων, τὰ δποῖα φέρουν ἵσα ἡλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ χλωριούχου νατρίου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐν θειικὸν ιὸν νατρίου καὶ ἐν ἀρνητικὸν ιὸν χλωρίου (σχ. 189). "Οταν τὰ δύο ιόντα εῖναι ἡνωμένα, τότε τὸ μόριον ἐμφανίζεται οὐδέτερον. Εὰν δμως διαλύσωμεν χλωριοῦχον νάτριον ἐντὸς ὕδατος, τότε μέχρις ἀριθμὸς μορίων χλωριούχου νατρίου ὑφίσταται ἡλεκτρολυτικὴν διάστασιν, δηλαδὴ τὰ

$\text{Na} \boxed{\text{Cl}}$	$\boxed{+} \text{Na}$	$\boxed{-} \text{Cl}$
$\boxed{\text{H}_2} \text{S}\boxed{\text{O}_4}$	$\boxed{+} \text{H}_2$	$\boxed{-} \text{S}\boxed{\text{O}_4}$
$\boxed{\text{Na}} \text{O}\boxed{\text{H}}$	$\boxed{+} \text{Na}$	$\boxed{-} \text{O}\boxed{\text{H}}$

μόριον

ιόντα



$\boxed{+-}$  ἀκέραιον μόριον

$\boxed{+}$  θειικὸν ιὸν

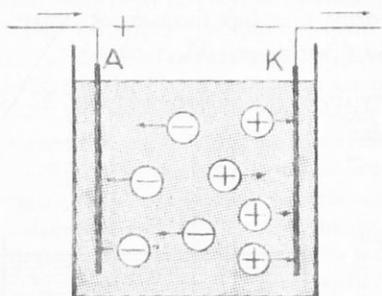
$\boxed{-}$  ἀρνητικὸν ιὸν

Σχ. 189. Τὸ μόριον τοῦ ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἑτερώνυμα ιόντα, φέροντα ἵσα φορτία.

Σχ. 189α. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις.

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).

Τὸ διαλύμα ἔξακολουθεῖ νὰ εἶναι



Σχ. 190. Κίνησις τῶν ιόντων πρὸς τὰ δύο ηλεκτρόδια.

ἡλεκτρικῶς οὐδέπερον, διότι ἐντὸς τοῦ διαλύματος περιφέρεται ἵσος ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ιόντων. Εὰν τὸ διάλυμα τοῦ ηλεκτρολύτου εύρεθῇ ἐντὸς βολταμέτρου, τότε μεταξὺ τῶν δύο ηλεκτροδίων δημιουργεῖται ηλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον (ἄνοδος) ἔλκει τὰ ἀρνητικὰ ιόντα, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον (κάθοδος) ἔλκει τὰ θετικὰ ιόντα (σχ. 190).

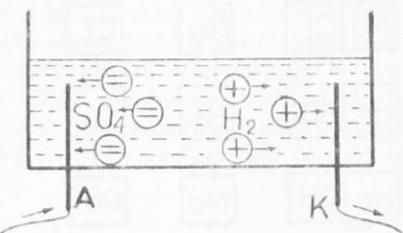
176. Παραδείγματα ηλεκτρολύσεων.—Θὰ ἔξετάσωμεν κατωτέρω τρία παραδείγματα ηλεκτρολύσεως. Τὰ ηλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἶναι ὅποια λευκόχρυσον, ὁ όποιος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τῶν δέξεων.

α) Ἡλεκτρολύται διαλύματος ὁξεός. Κατὰ τὴν ηλεκτρόλυσιν διαλύματος ὁξεοῦ π.γ. θειικοῦ ὁξεοῦ, εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ίδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται δέξυγόνον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐρμηνεύεται ὡς ἔξης:

Τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ ὁξεοῦ  $H_2SO_4$  διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ιὸν  $2H^+$  καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ιὸν  $SO_4^{2-}$ . Τὸ θετικὸν  $2H^+$  ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἔκει ἔξουδετερώνεται καὶ ἔκλύεται, τὸ δὲ ἀρνητικὸν  $SO_4^{2-}$ , ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 191). Ἡ ἀρνητικὴ ρίζα  $SO_4$  ἀσκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ ίδρου μίαν δευτερεύουσαν ἀντιδρασιν, κατὰ τὴν ὃποιαν ἀνασυντίθεται τὸ θειικὸν δέξι καὶ ἔλευθερώνεται δέξυγόνον, τὸ όποιον καὶ ἔκλύεται:

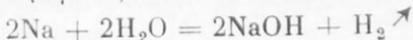


β) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος βάσεως. Κατὰ τὴν ηλεκτρόλυσιν διαλύματος βάσεως, π.γ. καυστικοῦ καλίου, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον



Σχ. 191. Ἡλεκτρόλυσις θειικοῦ ὁξεοῦ.

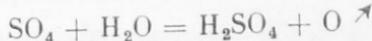
ύδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται δέξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ ναυρίου  $\text{NaOH}$  διασπᾶται εἰς τὸ  $\Theta$  ε τικὸν  $\text{Na}^+$ , τὸ όποῖον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, ὅπου ἔξουδετερώνεται, καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν  $\text{H}_2\text{O}$   $\text{OH}^-$ , τὸ όποῖον ἔργεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον ἀντιδρᾷ μὲ τὸ  $\text{H}_2\text{O}$  (δευτερεύον σα  $\text{Δντίδρασις}$ ) καὶ οὕτω σχηματίζονται καυστικὸν  $\text{KOH}$  καὶ  $\text{H}_2\text{O}$   $\text{H}_2$  :



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ  $\text{H}_2\text{O}$   $\text{OH}^-$   $\text{KOH}$  ἀνασχηματίζονται τὸ  $\text{H}_2\text{O}$ , ἐνῷ συγγρόνως ἔκλύεται δέξυγόνον :



γ) **Ηλεκτρόλυσις διαλύματος ἀλατος.** Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ἀλατος π.χ. θειικοῦ χαλκοῦ, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον χαλκός, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται δέξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ  $\text{CuSO}_4$  διασπᾶται εἰς τὸ  $\Theta$  ε τικὸν  $\text{Cu}^{++}$ , τὸ όποῖον ἀφοῦ ἔξουδετερωθῇ, ἐπικαθῆται ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου τῆς καθόδου καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν  $\text{SO}_4^{--}$ , τὸ όποῖον ἔργεται εἰς τὴν ἄνοδον. 'Εκεῖ ή ρίζα τοῦ δέξιος ἀντιδρᾶ μὲ τὸ  $\text{H}_2\text{O}$  (δευτερεύον σα  $\text{Δντίδρασις}$ ) καὶ οὕτω προκύπτει θειικὸν  $\text{H}_2\text{S}$  καὶ δέξυγόνον, τὸ όποῖον 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  $\text{H}_2\text{O}$ .

II. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τῶν δέξιων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ὀλάτων τὸ μὲν  $\text{H}_2\text{O}$  τῶν δέξιων ἡ τὸ μέταλλον τῶν βάσεων καὶ τῶν ὀλάτων λαμβάνεται εἰς τὴν κάθοδον, αἱ δὲ ρίζαι αὐτῶν λαμβάνονται εἰς τὴν ἄνοδον.

III. 'Η μᾶζα (πι) τοῦ στοιχείου, ἡ δποία ἐμφανίζεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων εἰναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον ( $Q$ ),

τὸ ὅποιον διέρχεται διὰ τοῦ βολταμέτρου καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον (Κ) τοῦ στοιχείου.

$$\text{νόμος ἡλεκτρολύσεως: } m = \alpha \cdot K \cdot Q$$

ὅπου  $\alpha$  εἶναι μία σταθερά, ἡ ὅποια ἐκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι ἔχει τιμήν:  $\alpha = \frac{1}{96\,500}$ . Ἐπειδὴ τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον ἐνὸς στοιχείου

ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους (Α) τοῦ στοιχείου διὰ τοῦ σθένους του ( $v$ ), ἡ προηγουμένη ἔξισωσις γράφεται:

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

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

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

Ἡ μᾶζα αὐτὴ εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον στοιχεῖον καὶ καλεῖται ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Ἐν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἡλεκτρικὸν φορτίον 96 500 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι:  $m = \frac{A}{v}$  γραμμάρια, ἢτοι εἶναι ἵση μὲ 1 γραμμαϊσοδύ-

ναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σταθερὸν τοῦτο ἡλεκτρικὸν φορτίον τῶν 96 500 Cb καλεῖται σταθερὰ Faraday (F). Ἀρχ εἶναι:

$$F = 96\,500 \text{ Cb / γραμμαϊσοδύναμον}$$

Παράδειγμα. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα θειικοῦ φευδαργύρου ( $ZnSO_4$ ) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεῦμα ἐντάσεως  $I = 10$  Ampère. Διὰ τὸν Zn εἶναι  $A = 65$  καὶ  $v = 2$ . Ἡ ἀποτίθεμένη 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 ὅποιών εἶναι αἱ ἔξης:

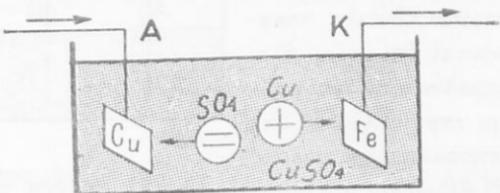
α) Εἰς τὴν ἡλεκτρομεταλλουργίαν χρησιμοποιεῖται ἡ ἡλεκτρόλυ-

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

β) Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προφύλαξιν ὡρισμένων μετάλλων. Πρὸς τοῦτο τὰ μέταλλα αὐτὰ ἐπικαλύπτονται ἡλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρῶμα νικελίου, χρωμίου, ἀργύρου ἢ χρυσοῦ. Τὸ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενον ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον τοῦ βολταμέτρου. Ὁ ἡλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα ἄλατος τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὅποιον θέλομεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τὸ ἀντικείμενον. Ἡ κάθοδος εἶναι πλάκη ἐκ τοῦ ἰδίου ἐπίσης μετάλλου (διαλυτὴ ἀνόδος). Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τὸ ἐργόμενον εἰς τὴν ἀνόδον ἀρνητικὸν ἴὸν προσβάλλει τὸ μέταλλον τῆς ἀνόδου, ἡ ὅποια συνεχῶς φθείρεται. Οὕτω μεταφέρεται συνεχῶς μέταλλον ἐκ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθοδον (σχ. 192).

γ) Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἐπιτυγχάνει τὴν ἀναπαραγωγὴν διαφόρων ἀντικειμένων (π.χ. νομισμάτων, μεταλλίων κ.ἄ.). Πρὸς τοῦτο λαμβάνεται ἐπὶ θερμῆς γουταπέρκας ἡ μήτρα, ἥτοι τὸ ἀκριβὲς ἀποτύπωμα τοῦ ἀντικειμένου. Ἔπειτα καλύπτεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς μήτρας μὲ γραφίτην, διὰ νὰ γίνῃ ἀγωγός, καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς κάθοδος. Αὕτη ἐπικαλύπτεται μὲ στρῶμα μετάλλου, διὰ τοῦ ἐπιμετάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν τσιγκογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν τῶν δίσκων γραμμιοφώνων κ.ἄ.).

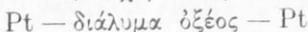
**179. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.**—Ἐντὸς διαλύματος θεικοῦ δέέος βυθίζομεν δύο ἡλεκτρόδια ἐκ λευκοχρύσου. Μὲ ἐν βολτόμετρον εὑρίσκομεν διτὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων εἶναι ἵση μὲ μηδέν. Διαβιβάζομεν διὰ τοῦ βολταμέτρου ρεῦμα καὶ προκαλοῦμεν ἡλεκτρόλυσιν (σχ. 193 α).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



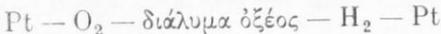
Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου.

τριαν (σχ. 193 β). Παρατηροῦμεν ότι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὄποῖον είναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ προκοπέσαν τὴν ἡλεκτρόλυσιν. Τὸ ἀντίρροπον τοῦτο ρεῦμα διαρκεῖ ἐπ' ὅλιγον χρόνον καὶ διφεύλεται εἰς τὴν ἀλλοίωσιν, τὴν ὄποιαν ὑπέστησαν τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἔκλυεται εἰς τὴν καθόδον ὑδρογόνον καὶ εἰς τὴν ἀνοδὸν ἔκλυεται ὑδρογόνον. Μέρος τῶν ἀερίων τούτων προσφύεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων, τὰ ὄποια σύτῳ περιβάλλονται ἀπὸ λεπτὸν στρῶμα ἀερίου.

Ἡ ἀλλοίωσις αὐτὴ τῶν ἡλεκτροδίων καλεῖται πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου. Παρατηροῦμεν ότι μεταξὺ τῶν δύο πεπολωμένων ἡλεκτροδίων δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ. Πρὸ τῆς ἡλεκτρολύσεως εἴχομεν τὴν ἔξης σειράν ἀγωγῶν :



Μετὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἔχομεν τὴν ἔξης σειράν :

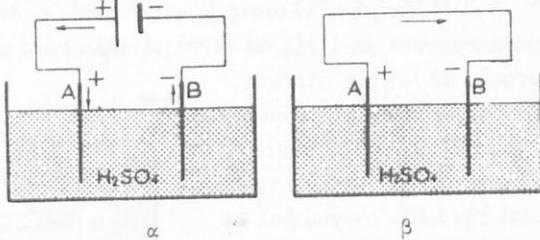


Δηλαδή ἔχομεν μίαν μὴ συμμετρικὴν σειράν ἀγωγῶν. Γενικῶς :

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

"Ωστε πόλωσις είναι ἡ δημιουργία ἀσυμμετρίας εἰς μίαν ἀρχικῶς συμμετρικὴν σειράν 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.

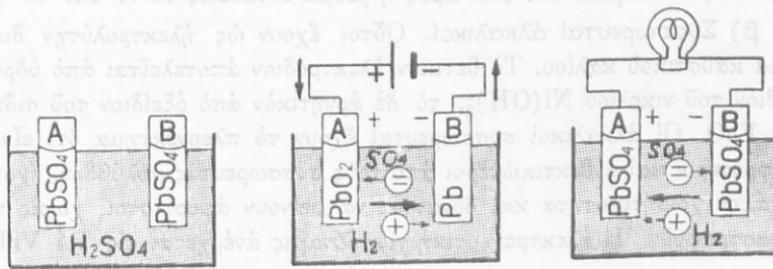
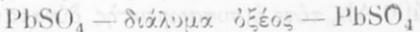
**180. Συσσωρευταί.**—Ἐὰν ἡ πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου είναι δυνατὸν νὰ διατηρηθῇ ἐπὶ μακρόν, τότε τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προερχόμενον ρεῦμα θὰ είναι μακρᾶς διαρκείας. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὄποιοι ἀποτελοῦν πολὺ



Σχ. 193. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν.

ευγρηστον τύπον γεννήτριων (§ 152). Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς ἐπιτυγχάνεται κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν (φόρτισις τοῦ συσσωρευτοῦ) ριζικὴ ἀλλοίωσις τῆς ἐπιφανείας τῶν ἡλεκτροδίων του, τὰ ὄποια καλοῦνται πόλις τοῦ συσσωρευτοῦ. Εἰς τὴν πρᾶξιν γρηγοροποιοῦνται κυρίως οἱ συσσωρευταὶ μολύβδου καὶ οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταί.

α) Συσσωρευταὶ μολύβδου. Οὗτοι ἔχουν ὡς ἡλεκτρολύτην διάλυμα θειικοῦ διέσεος καὶ ὡς ἡλεκτρόδια πλάκας μολύβδου. Αὗται μόλις βυθισθοῦν ἐντὸς τοῦ  $H_2SO_4$  καλύπτονται ἀπὸ στρῶμα  $PbSO_4$  (σχ. 194). Τότε ἔχομεν τὴν ἔξης σειράν ἀγωγῶν :



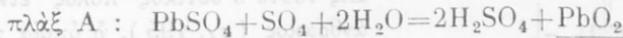
'Αφόρτιστος

'Φόρτισις

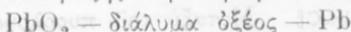
'Εκφόρτισις

Σχ. 194. Ἐξήγησις τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτοῦ.

Κατὰ τὴν φόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει ἡλεκτρόλυσις καὶ τὸ μὲν θειικὸν ίὸν  $H_2$  ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον B, τὸ δέ ἀρνητικὸν ίὸν  $SO_4$  ἔρχεται εἰς τὴν ἀνοδὸν A. Τότε συμβαίνουν ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων αἱ ἔξης ἀντιδράσεις :

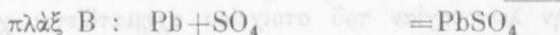
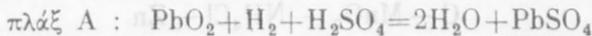


Οὕτω δημιουργεῖται ἡ ἔξης σειρά ἀγωγῶν :



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

Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει πάλιν ἡλεκτρόλυσις καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἡλεκτροδίων συμβαίνουν αἱ ἔξης ἀντιδράσεις :

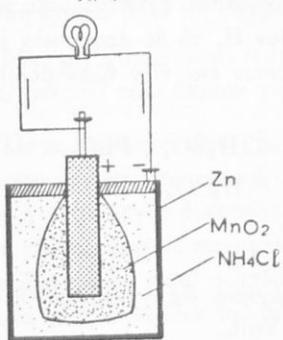


Ούτω μετά τὴν ἐκφόρτισιν τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἐπανέρχονται εἰς τὴν ἀρχικήν των κατάστασιν. Διὰ νὰ αὐξήσουν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητας.

Ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδὴ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποῖον παρέχει ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν του μετρεῖται εἰς ἀμπερώρια ( Ah ). Τὸ 1 ἀμπερώριον εἶναι ἵσον μὲ 3600 Cb, ἥτοι εἶναι τὸ φορτίον, τὸ ὅποῖον μεταφέρει ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐντὸς 1 ὥρας. Οἱ σύγχρονοι συσσωρευταὶ ἔχουν χωρητικότητα 8—10 Ah κατὰ dm<sup>2</sup> ἐπιφανείας τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου. Ἐὰν συσσωρευτὴς ἔχῃ χωρητικότητα 400 Ah, τότε ὁ συσσωρευτὴς δύναται νὰ μᾶς δώσῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐπὶ 400 ὥρας ἢ ρεῦμα ἐντάσεως 10·A ἐπὶ 40 h.

β) Συσσωρευταὶ ἀλκαλικοί. Οὗτοι ἔχουν ὡς ἡλεκτρολύτην διάλυμα κανυστικοῦ καλίου. Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑδροξείδιον τοῦ νικελίου Ni(OH)<sub>2</sub>, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἀπὸ ὁξείδιον τοῦ σιδήρου FeO. Οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταὶ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι ἐλαφρότεροι καὶ ἀνθεκτικότεροι ἀπὸ τοὺς συσσωρευτὰς μολύβδου, ἔχουν μεγάλην χωρητικότητα καὶ δύνανται νὰ μείνουν ἀφόρτιστοι, χωρὶς νὰ καταστραφοῦν. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ των 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 ὅποια περιβάλλεται ἀπὸ πυρολουσίτην (MnO<sub>2</sub>). Οἱ ἀρνητικὸς πόλος εἶναι κύλινδρος ψευδαργύρου. Μεταξὺ τοῦ πυρολουσίτου καὶ τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει πολτὸς ἀπὸ ρινίσματα ξύλου, τὰ ὅποια εἶναι διαποτισμένα μὲ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH<sub>4</sub>Cl). Οὕτως ἔχομεν τὴν ἑξῆς σειρὰν σωμάτων:



Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωριούχος

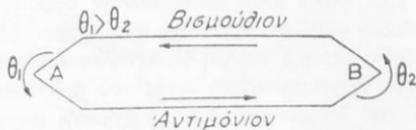
ψευδάργυρος ( $ZnCl_2$ ), ή δὲ ἀπομένουσα ρίζα  $NH_4$  λόγωθρῷ μὲ τὸ οὐδωρ, ὅπότε ἐλευθερώνεται  $H_2$ :



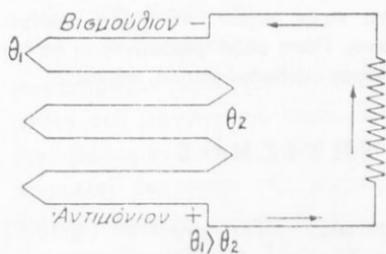
Τὸ παραγόμενον οὐδρογόνον ἔνοῦται μὲ τὸ οὖν γόνον τοῦ πυρολουσίτου. Οὕτως ἡ σειρὰ τῶν ἀγωγῶν παραμένει πάντοτε ἀσύμμετρος.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου Leclanché ἀνέρχεται εἰς 1,5 Volt. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο καλεῖται ζηρὸν στοιχεῖον καὶ μεταφέρεται εὐκόλως, διότι δὲν περιέχει οὐρά.

**182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.**—"Οταν δύο διαφορετικὰ μέταλλα εὑρίσκωνται εἰς ἐπαφὴν πάντοτε ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Αὕτη ἔξαρτᾶται πολὺ ἐκ τῆς θερμοκρασίας. Ἀς σηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμούθιον καὶ ἀντιμόνιον (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι οἱ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς A καὶ B τῶν δύο μετάλλων ἔξουδετερώνονται ἀμοιβαίως. Εάν δημιουργήσουμε τὰ σημεῖα ἐπαφῆς εὑρίσκωνται εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας  $\theta_1$  καὶ  $\theta_2$ , τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα), διότι ἀναπτύσσεται θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Αὕτη εἶναι 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).



Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

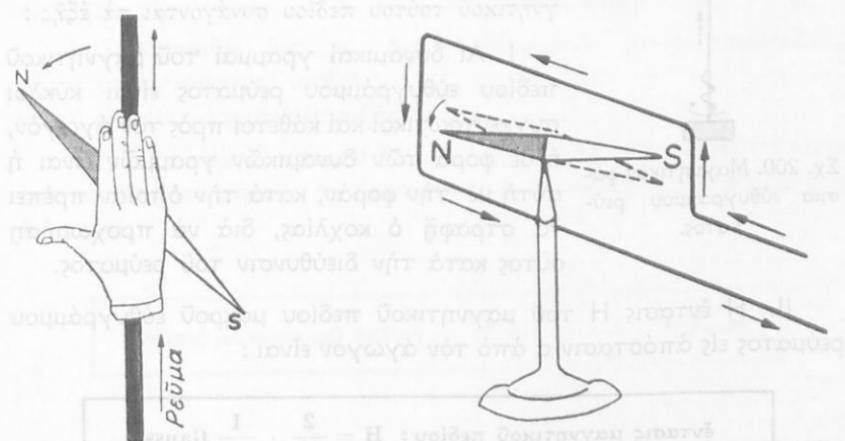


Σχ. 197. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη.

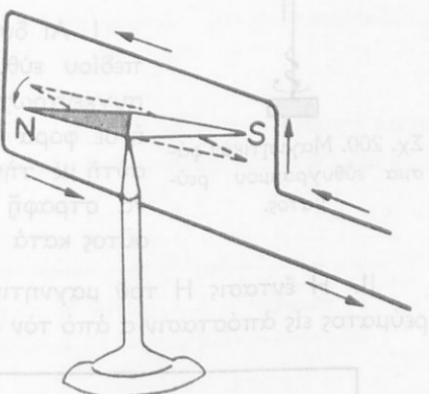
Αἱ στήλαι αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν (θερμοηλεκτρικὰ θερμόμετρα) καὶ διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν ὠρισμένων διατάξεων.



φοράν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀκολουθεῖ τὸν ἔξις ἐμπειρικὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἀνωθεν τοῦ ἀγαγοῦ, ὡστε ἡ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἔξερχεται διὰ τῶν δακτύλων, τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ἐκτρεπομένη ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας τῆς, λαμβάνει μίαν νέαν θέσιν, εἰς τὴν ὅποιαν ἰσορροπεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ



Σχ. 198. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρός.

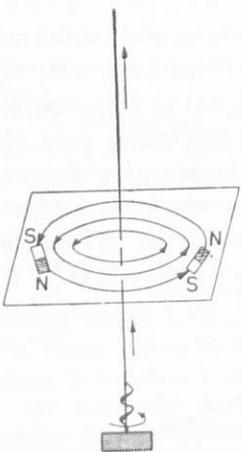


Σχ. 199. Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλυτέρα.

κατακόρυφον δρθιογώνιον πλαισίον, τὸ ὅποῖον 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. Ἔπι τῆς διατάξεως αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία πολλῶν δργάνων μετρήσεων (ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα).

**184. Μαγνητικὸν πεδίον εὐθυγράμμου ρεύματος.**—Μακρὸς κατακόρυφος ἀγαγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 200). Ὁ ἀγαγὸς διαπερᾶ ὄριζόντιον χαρτόνιον. Ρίπτομεν ρινίσματα σιδή-

ρου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου καὶ αποπδέντες ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον λαμβάνομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι συγκεντρωτικοὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἀγωγόν. Κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινοῦμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην ἐξηρτημένην ἀπὸ κατακόρυφον νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς ἑκάστην θέσιν ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ τούτου πεδίου συνάγονται τὰ ἔξῆς :



Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθυγράμμου ρεύματος.

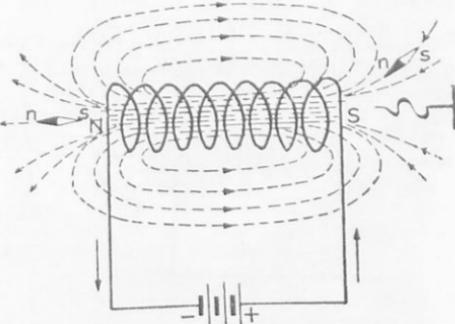
I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἶναι κύκλοι συγκεντρωτικοὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἀγωγόν, ἡ δὲ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν φορὰν, κατὰ τὴν δόποιαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος.

II. Ἡ ἔντασις Η τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μακροῦ εὐθυγράμμου ρεύματος εἰς ἀπόστασιν αἱπὸ τὸν ἀγωγὸν εἶναι :

$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{2}{10} \cdot \frac{I}{\alpha} \text{ Gauss}$$

**185. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.**—Καλεῖται σωληνοειδὲς ἡ πηνίον σύστημα παραλλήλων κυκλικῶν ρευμάτων, τῶν ὃποιών τὰ κέντρα εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας. Τοιοῦτον σύστημα κυκλικῶν ρευμάτων λαμβάνομεν, ἐάν περιτυλίξωμεν σύρμα πέριξ ὑαλίνου ἡ ξυλίνου κυλίνδρου. Ἐπὶ ἑνὸς δριζοντίου χαρτονίου, τὸ ὃποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς σχηματίζομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα (σχ. 201). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τελείως ὅμοιον μὲ τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἑνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου. Μὲ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὑρίσκομεν ὅτι τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελοῦν δύο ἔτερωνύμους μαγνητικοὺς πόλους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι περὶ τὸ μέσον αὐτοῦ πα-

ράλληλοι. Ή φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εύρισκεται μὲ τὸν ἔξης ἐμπειρικὸν κανόνα: Κοχλίας τοποθετούμενος κατὰ μῆκος τοῦ ἀξονοῦ τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ στρεφόμενος κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος προχωρεῖ κατὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς συνάγονται τὰ ἔξης :



I. Σωληνοειδὲς διαρρεόμενον ύπό ρεύματος ίσοδυναμεῖ μὲ εὐθύγραμμον μαγνήτην.

II. Εἰς τὸ μέσον μακροῦ σωληνοειδοῦς φέροντος ν σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους, τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμογενὲς καὶ ἔχει ἔντασιν :

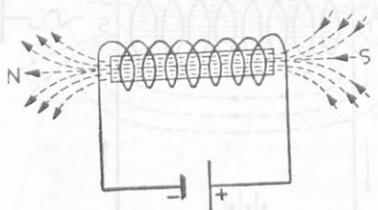
$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{4\pi}{10} \cdot v \cdot I \text{ Gauss}$$

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.— Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι πέριξ οἰουδήποτε ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ύπὸ ρεύματος, παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἔξης :

Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἡλεκτρικοῦ φορτίου παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίον.

Τὸ ἀνωτέρω συμπέρασμα μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνεύσωμεν τὴν προέλευσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὃποῖον παράγεται πέριξ μονίμου μαγνήτου. Ή περιφορὰ τῶν ἡλεκτρονίων πέριξ τοῦ πυρῆνος τῶν ἀτόμων ἀντιστοιχεῖ πρὸς κυκλικὸν ρεῦμα. Τὰ στοιχειώδη αὐτὰ ρεύματα ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν σωληνοειδές. Ἀνάλογος εἶναι καὶ ἡ προέλευσις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου.

187. Ήλεκτρομαγνήτης.— Σωληνοειδές διαφρέεται ύπο ρεύματος, έντασεως I. Τότε είς τὸ ἐσωτερικὸν του ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, ἔχον ἔντασιν H (§ 185). Εντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγομεν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος γίνεται μαγνήτης, τοῦ



Σχ. 202. Ήλεκτρομαγνήτης.

ἡ διέλευσις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ πηνίου. Έκ τῶν μετρήσεων εὑρίσκεται ὅτι τὸ παραγόμενον μαγνητικὸν πεδίον δὲν ἔχει ἔντασιν H, ἀλλὰ μίαν πολὺ μεγαλυτέραν ἔντασιν B, ἡ ὥποια καλεῖται μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ:

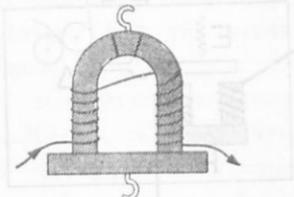
$$\text{B} = \mu \cdot H$$

Ο συντελεστὴς  $\mu$  καλεῖται μαγνητικὴ διαπερατότης τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμὰς (μέχρι 4000).

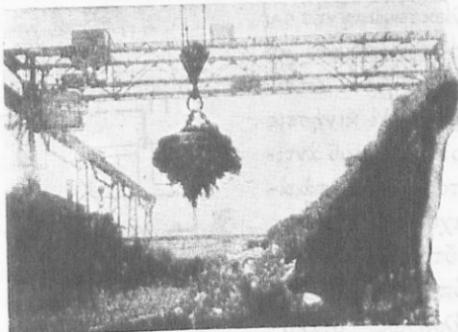
Η τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἔξης: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα πέριξ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου είναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. "Οταν ὅμως ὁ μαλακὸς σιδῆρος εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα προσανατολίζονται καὶ 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 είναι τώρα B. Εὖτε ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσαχθῇ ράβδος χάλυβος, αὗτη μεταβάλλεται εἰς μόνιμον μαγνήτη, διότι τὰ στοιχειώδη ρεύματα ἔξακολουθοῦν νὰ ἀποτελοῦν σωληνοειδὲς καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ χάλυβος ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος.

188. Εφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.— Η παροδικὴ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ύπο τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος εὑρίσκει πολλὰς ἐφαρμογάς. Εἰς τὸ σχῆμα 203 δεικνύεται

πεταλοειδής ήλεκτρομαγνήτης, εἰς δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ήλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιούμενος διὰ τὴν ἀνύψωσιν



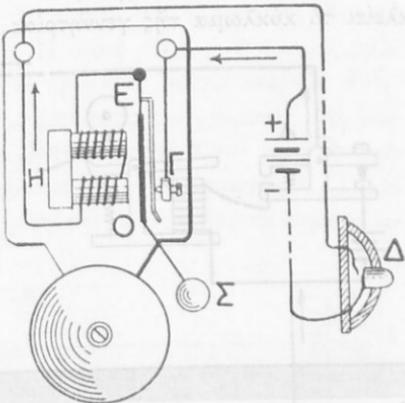
Σχ. 203. Πεταλοειδής ήλεκτρομαγνήτης.



τεμαχίων σιδήρου. Θάξειτάσσωμεν συντόμως κερικάς πολὺ συνήθεις ἐφαρμογὰς τῶν ήλεκτρομαγνητῶν.

Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου.

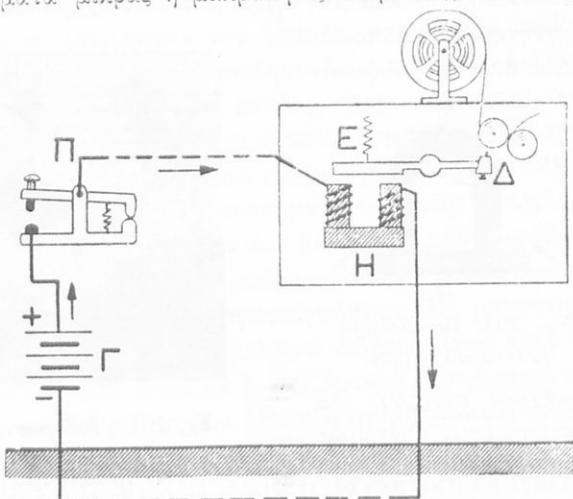
α) Ήλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ήλεκτρομαγνητοῦ Η (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ήλεκτρομαγνητοῦ ὑπάρχει ὁ ὄπλισμὸς Ο ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ ὄπλισμὸς εἶναι στρεμένος εἰς ἐλατήριον Ε καὶ εἰς τὸ ἄκρον του φέρει σφύραν Σ. Ὅταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην, κλείσουμεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνητοῦ καὶ ὁ ὄπλισμὸς του ἔλκεται. Τότε ὅμως ἐπέρχεται διακοπὴ τοῦ κυκλώματος εἰς τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ ὄπλισμὸς ἐπαναφέρεται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου Ε. Τὸ κύκλωμα πάλιν κλείσεται καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια. Εἰς ἑκάστην ἔλξιν τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἐν κτύπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.



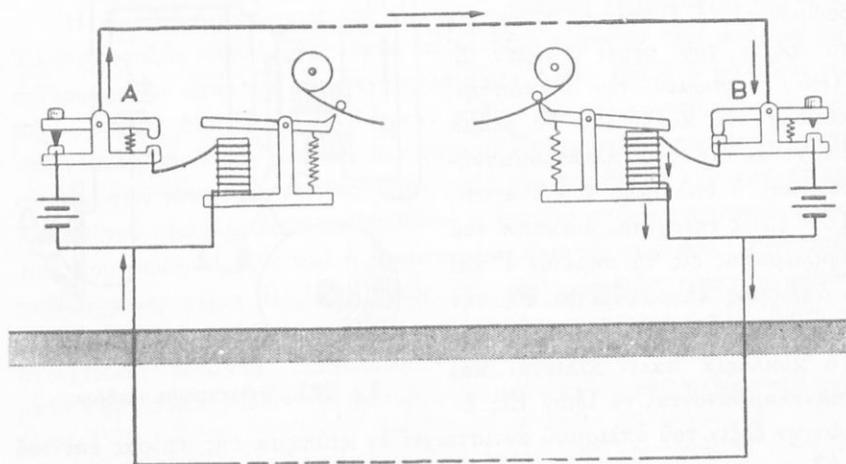
Σχ. 205. Ήλεκτρικὸς κώδων.

β) Μορσικὸς τηλέγραφος.— Ἡ λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἑξῆς ἀρχήν : 'Ἐκ τοῦ ἐνὸς τόπου στέλλονται εἰς

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ή μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὅποια διέρχονται δι' ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτου εὑαδιασμένου μὲ εὐαίσθητον ὅπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὅπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ἀφιχθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τόπον ὑπάρχει κατάλληλος διακόπτης, ὁ ὅποιος καλεῖται χειριστὴρον πομπῆς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὅποιος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐάν ὁ μοχλὸς ἀφεθῇ ἐλεύθερος, ἐν



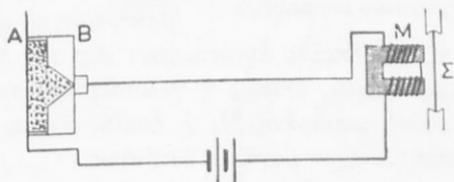
Σχ. 206. Διὰ τὴν ἔξηγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (μονόπλευρος ἐγκατάστασις).



Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις). ἐλατήριον τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὕτως εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὅποιον

φιλάνει τὸ ρεῦμα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. 'Ο ὄπλισμὸς τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου εἶναι στερεωμένος εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ. "Οταν ἔλκεται ὁ ὄπλισμὸς, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὄμαλῶν ἑκτυλισσομένην ταινίαν γάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόγγου διαποτισμένου μὲ μελάνην. 'Επὶ τῆς ταινίας καταγράφονται τότε γραμματὶ διαφόρου μήκους ἀναλόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ ὄποιον διῆλθεν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ μεταβίβασις συμβολικῶν τῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαριθμοῦ καὶ τῶν ἀριθμῶν (μορσικὸν ἀλφάριθμον). 'Ο πομπὸς καὶ ὁ δέκτης συνδυάζονται εἰς ἕκαστον τόπον, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 207. 'Ως δεύτερος ἀγωγὸς τοῦ κυκλώματος χρησιμεύει ἡ γῇ. Μὲ τὸν τηλέγραφον τοῦ Morse μεταβιβάζονται συνήθως 15—20 λέξεις κατὰ λεπτόν. Εἰς τὰ μεγάλα κέντρα χρησιμοποιούνται σήμερον περισσότερον τελειοποιημένα συστήματα, τὰ ὃποῖα ἐπιτρέπουν πολὺ ταχυτέρην μεταβίβασιν.

γ) Τηλέφωνον. Εἰς τὸ τηλέφωνον ὡς πομπὸς χρησιμοποιεῖται τὸ μικρόφωνον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας πλάκας ἀνθρακος Α καὶ Β (σχ. 208). Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν παρεμβάλλονται σφαιρίδια ἀνθρακος. "Οταν ὄμιλοῦμεν ἔμπροσθεν τῆς πλακὸς Α, τότε τὰ σφαιρίδια τοῦ ἀνθρακοῦ μετακινοῦνται. 'Η ἀσταθὴς ἐπαφὴ τῶν μεταξὺ τῶν πλακῶν Α καὶ Β ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντίστασεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὐταὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν πρὸ τῆς πλακὸς Α τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ἥχον. 'Ως δέκτης χρησιμοποιεῖται τὸ ἀκουστικόν. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ ὄποίου τὰ ἄκρα περιβάλλονται ἀπὸ δύο πηνία. Διὰ τῶν πηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. "Εμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εύρίσκεται λεπτὴ πλάξ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὃποια δύναται νὰ πάλλεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκαλοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μονίμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἔλξις, τὴν ὄποιαν ἀσκεῖ ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλακὸς τοῦ σιδή-



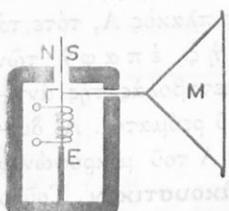
Σχ. 208. Διὰ τὴν ἔξηγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου.

ρου, ύφίσταται άντιστοίχους μεταβολές και η πλάξ άναγκάζεται νὰ πάλλεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον άναπαράγεται ἀπὸ τὴν πλάκα τοῦ σιδήρου ὁ πρὸ τοῦ μικροφώνου παραγθεὶς ἥχος. Λί σημειωναὶ τὴν τηλεφωνικὴν συσκευὴν φέρουν τὸ μικρόφωνον καὶ τὸ ἀκουστικὸν εἰς μίαν διάταξιν. Εἰς τὰ αὐτόματα τηλέφωνα ἡ σύνδεσις τῶν συνδρομητῶν γίνεται αὐτομάτως μὲ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν ἐγκαταστάσεων (αὐτόματοι ἐπιλογεῖς). Μὲ τὸ τηλέφωνον ἐπιτυγχάνεται ἡ μετατροπὴ τοῦ ἥχου εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὐτὴ ἀκολουθεῖ σχηματικῶς τὴν ἔξης σειρὰν μετατροπῶν:

**ἥχος → ρεῦμα → ἥχος**

'Η πρώτη μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ μικρόφωνον, ἐνῷ ἡ ἀντίστροφος μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μὲ τὸ ἀκουστικόν.

δ) Ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον. Ὡπως τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τηλεφώνου, οὕτω καὶ τὸ μεγάφωνον μετατρέπει εἰς ἥχον μεγάλης ἐντάσεως τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον ἀποτελεῖται ἀπὸ ισχυρὸν ἡλεκτρομαγνήτην (σχ. 209). Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει γλωσ-



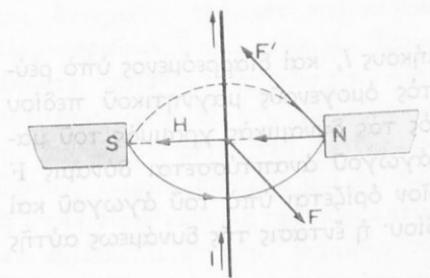
Σχ. 209. Διὰ τὴν ἔξιγησιν τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ μεγαφώνου.

σίς Γ ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, ἡ ὁποίᾳ εἶναι στερεωμένη εἰς τὸ ἄκρον ἐλαστικοῦ ἐλάσματος. 'Η βάσις τῆς γλωσσίδος περιβάλλεται ἀπὸ πηνίον, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τούτου προκαλοῦν μεταβολές τῆς μαγνητίσεως τῆς γλωσσίδος. "Ενεκα τούτου ἡ ἔξις τῆς γλωσσίδος ἀπὸ τὸν ἔνα ἡ τὸν ἄλλον πόλον τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, ύφίσταται ταχείας μεταβο-

λάξ, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοίχουν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ἡ γλωσσίς πάλλεται καὶ μετ' αὐτῆς πάλλεται ἡ κωνικὴ μεμβράνη M, ἡ ὁποίᾳ, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας της, παράγει ἥχον μεγάλης ἐντάσεως.

**189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.**—Καταχόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 210). 'Ο ἀγωγὸς εὑρίσκεται ἐντὸς ὄριζοντος ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος ἔχει τότε ἐπὶ τοῦ

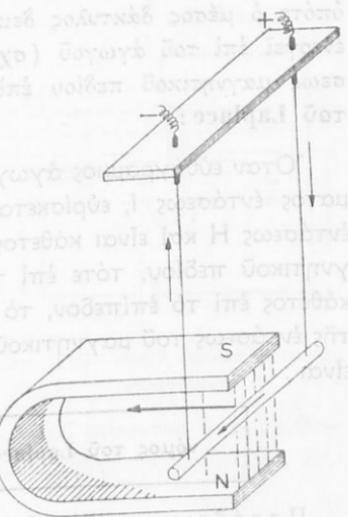
μαγνητικού πόλου N μίαν δύναμιν  $F'$ , ή όποια είναι όριζοντια. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ὁ μαγνητικὸς πόλος (σχ. 212). Μοναχὸν δοῦτο οὐδὲν οὐδὲν πόλος στον οὐδὲν πόλον. Νὰ ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος, μίαν ἀνθεστητικὴν δύναμιν  $F$ .



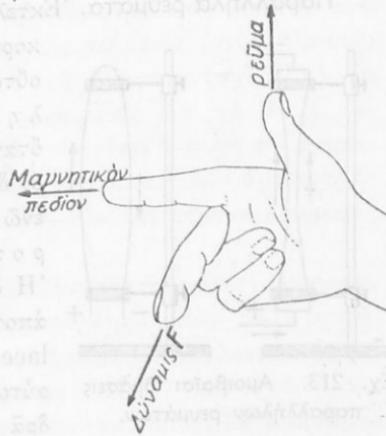
Σχ. 210. Η  $F'$  είναι η δρᾶσις τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ πόλου N, η δὲ  $F$  είναι η ἀντιδρᾶσις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

τίδρασιν  $F$  ἵσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν  $F'$ . Ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται λοιπὸν μία δύναμις  $F$ , η όποια είναι όριζοντια, δηλαδὴ καὶ  $\theta = \pi/2$  ετοιμή πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ όποῖον όριζουν τὰ διεύθυνσις τοῦ ρεύματος καὶ η ἔντασίς Η τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Τὴν τοιαύτην ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς, ἐὰν ὁ ἀγωγὸς είναι κινητὸς (σχ. 211). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ὁ ἀγωγὸς μετακινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μιᾶς δυνάμεως. Η φορὰ τῆς κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς η φορὰ τῆς δυνάμεως  $F$  τροσδιορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον ἐμπειρικὸν κανόνα τῶν τριῶν δακτύλων: Τείνομεν τοὺς τρεῖς πρώτους δακτύλους τῆς δεξιᾶς χειρὸς οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν μεταξύ των ὄρθιάς γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φόρου



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.



Σχ. 212. Εύρεσις τῆς φορᾶς τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως  $F$  (δεξιὰ χείρ).

τοῦ ρεύματος, τὸν δείκτην κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, δόπτε ὁ μέσος δάκτυλος δεικνύει τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, ἡ δόπια ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 212). Ἀπὸ τὴν μελέτην τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος συνήγθη ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ Laplace**:

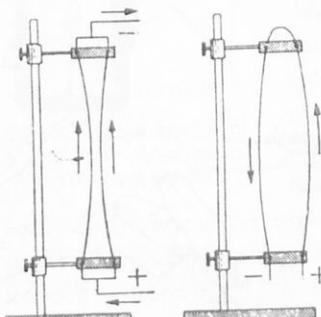
“Οταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους  $l$ , καὶ διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $I$ , εύρισκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως  $H$  καὶ εἰναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις  $F$  κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ δποῖον δρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου· ἡ ἐντασις τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι :

$$\text{νόμος τοῦ Laplace : } F = \frac{1}{10} \cdot l \cdot H \cdot I \text{ dyn}$$

Η αρά δειγμα. Εὰν εἴναι  $l = 10 \text{ cm}$ ,  $I = 4 \text{ Ampère}$  καὶ  $H = 2000 \text{ Gaus}$ ; τότε εἴναι :

$$F = \frac{4 \cdot 2\,000 \cdot 10}{10} = 8\,000 \text{ dyn}$$

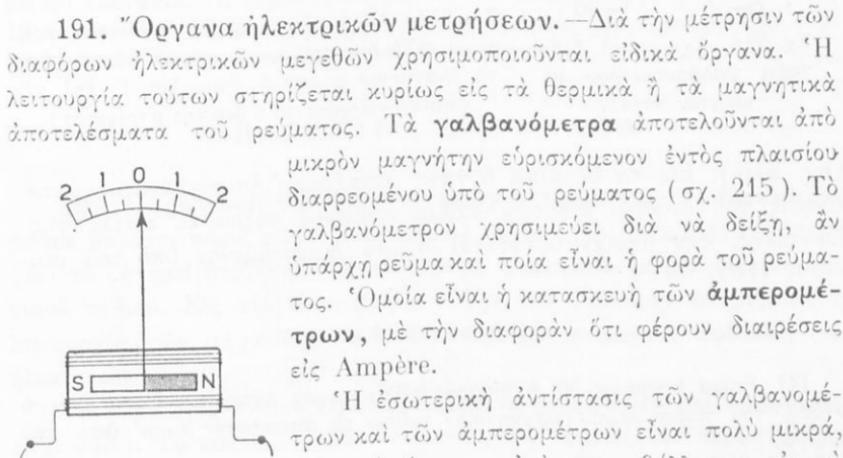
**Παραλληλαρεύματα.** Εκτελοῦμεν τὸ ἔξης πείραμα: Διὰ δύο κατακορύφων ἀγωγῶν διαβιβάζομεν ρεῦμα οὕτως, ὅστε νὰ ἔχωμεν δύο παράλληλα ρεύματα. Παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἴναι διαφοροποιηταὶ, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἔλκονται (σχ. 213), ἐνῶ ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἴναι ἀντίρροποι, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνωτέρω νόμου τοῦ Laplace, διότι ἔκαστον ρεῦμα δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ δποῖον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ρεύματος.



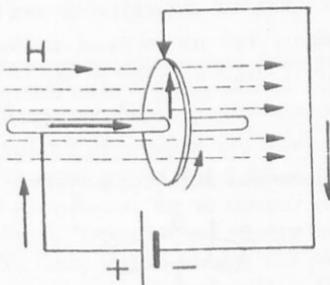
Σχ. 213. Αμοιβαῖαι δράσεις παραλλήλων ρευμάτων.

**190. Ηλεκτρικὸς κινητήρος.**— Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὁ ὃποῖος δύναται νὰ στρέψεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ο εἰς πόλος τῆς

γεννητοίας, συνδέεται μὲ τὸν ἄξονα τοῦ δίσκου, ὃ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται μὲ ἔλασμα, τὸ ὅποιον ἐφάπτεται τῆς περιφερείας τοῦ δίσκου. Ο δίσκος εὑρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ εἶναι κάθοστος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ κάλκινος δίσκος ἀποκτᾷ περιστροφικήν κίνησιν. Λύτη ὑφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐπὶ τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διατρέχει τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου, ἐνεργεῖ συνεχῶς μία δύναμις, ἡ ὥποια εἶναι κάθοστος πρὸς τὴν ἀκτῖνα καὶ εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ δίσκου. Ή φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ δίσκου ἀναστρέφεται, ἐάν ἀναστραφῇ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἢ ἡ διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ ἀνωτέρῳ πείραμα ἐρμηνεύει τὴν λειτουργίαν τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.



Σχ. 215. Σχηματική διάταξης γαλβανομέτρου μὲ κινητὸν μαγνήτην.



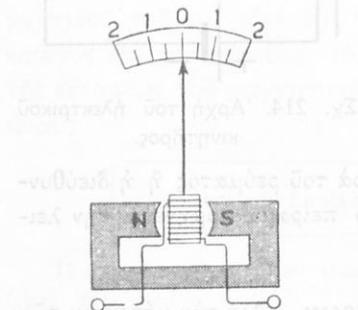
Σχ. 214. Ἀρχὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ κινητῆρος.

191. "Οργανα ἡλεκτρικῶν μετρητῶν.  
—Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὄργανα. Ή λειτουργίας τούτων στηρίζεται κυρίως εἰς τὰ θερμικὰ ἢ τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ρεύματος. Τὰ γαλβανόμετρα ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν μαγνήτην εὑρίσκομενον ἐντὸς πλαισίου διαρρεομένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 215). Τὸ γαλβανόμετρον χρησιμεύει διὰ νὰ δείξῃ, ἀν ὑπάρχῃ ρεῦμα καὶ ποία εἶναι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος. Όμοία εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν ἀμπερομέτρων, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαιρέσεις εἰς Ampère.

Η ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρά, διότι τὰ ὄργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιοῦν τὴν ἐντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ βολτόμετρα λειτουργοῦν ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξύ δύο σημείων

τοῦ αυκλάδωματος καὶ δὲν πρέπει νὰ ἐπηρεάζουν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὄργανα μικρὸς μαγνήτης στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖ ἀκίνητον ρεῦμα. Εἴναι οὖμας δυνατὸν τὸ ρεῦμα νὰ διαρρέῃ μικρὸν πηνίον, τὸ ὅποιον στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖ ἀκίνητος μαγνήτης



Σχ. 216. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου μὲ κινητὸν πηνίον.

(σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὄργανα μετρήσεως ἐπιτυγχάνεται μετακίνησις τοῦ δείκτου ἐνώπιον βαθμολογημένου τόξου ἐξ αἰτίας τῆς διαστολῆς, τὴν ὥποιαν ὑφίσταται σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 217).

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

141. Ρεῦμα ἐντάσεως 30 A διαρρέει εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ;

142. Πηνίον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάζομεν ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου;

143. Πηνίον φέρει 10 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μῆκος. Πόσην ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ τὸ ρεῦμα, τὸ ὅποιον θὰ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ πηνίου, ἵνα θέλωμεν ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου νὰ είναι 250 Gauss;

144. Δύο εύθυγραμμα παράλληλα σύρματα άπέχουν μεταξύ των 8 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ύπό ρευμάτων ἐντάσεως 24 A. Τὰ δύο ρεύματα είναι διόρροπτα. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον, ἀπέχον 3 cm ἀπὸ τὸ ἐν σύρμα καὶ 5 cm ἀπὸ τὸ ἄλλο;

145. Πηνίον μήκους 30 cm, φέρει 1200 σπείρας καὶ διαρρέεται: ύπό ρεύματος ἐντάσεως 6 A. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου; Τὶ συμβαίνει, ἐὰν ἐντὸς τοῦ πηνίου εἰσαχθῇ ράβδος μαλακοῦ σιδήρου ἔχουσα μαγνητικήν διαπερατότητα  $\mu = 4000$ ;

146. Πηνίον φέρει 20 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ ὁ ἄξων τοῦ είναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβριοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ύπάρχει μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως. "Οταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, ἡ βελόνη ἐκτρέπεται κατὰ 45°. Πόση είναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἐὰν ἡ ὄριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου είναι  $H_0 = 0,2$  Gauss;

147. Εύθυγραμμον σύρμα, μήκους 12 cm, διαρρέεται ύπό ρεύματος ἐντάσεως 4 A καὶ εύρισκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 200 Gauss. Τὸ σύρμα είναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Πόση είναι ἡ ἐπὶ τοῦ σύρματος ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις;

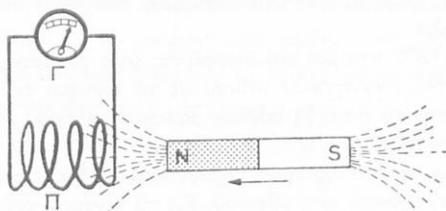
148. Δύο εύθυγραμμα σύρματα μήκους 50 cm είναι παράλληλα καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ύπό διόρροπτων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση είναι ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ ὅποια ἐνεργεῖ ἐπὶ ἑκάστου σύρματος, ἐνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος;

## ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

192. Παραγωγὴ τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Ο Faraday ἀντιστρέφων τὸ ζήτημα ἐπεζήτησε νὰ παραγάγῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν ἀνακάλυψιν αὐτὴν τοῦ Faraday στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν, αἱ ὅποιαι 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 πλησάζομεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον εὐθυγράμμου μαγνήτου οὔτως, ὥστε αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου του νὰ διέρχωνται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα πολὺ μικρᾶς διαρκείας. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τὸ πηνίον, παρατηροῦμεν πάλιν

μικρᾶς διαρκείας ρεῦμα, τὸ ὅποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ προηγούμενως παραγόθεν ρεῦμα. Τὰ οὕτω παραγόμενα ρεύματα, καλοῦνται ἐπαγωγικὰ ρεύματα.



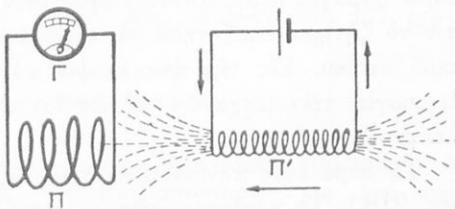
Σχ. 218. Παραγωγὴ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος. Ηκῆς ροῆς εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως "Ωστε :

"Οταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποιο διέρχεται δι' ἑνὸς ἀγωγοῦ, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια διαρκοῦν, ὅσον διαρκεῖ καὶ τὴ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

**193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.**—*Η μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου Π (σχ. 218), δύναται νὰ μεταβληθῇ κατὰ τοὺς ἔξης τρόπους :*

α) Πλησιάζομεν εἰς τὸ πηνίον Π ἡ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ αὐτὸ ἕνα εὐθύγραμμον μαγνήτην (σχ. 218) ἡ ἐν ἄλλῳ πηνίῳ Π', τὸ ὅποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 219). Τὸ πηνίον Π' συμπεριφέρεται, ὅπως ὁ εὐθύγραμμος μαγνήτης. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

β) Τὸ πηνίον Π εύρισκεται ἀκίνητον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηνίου Π' (σχ. 219), τὸ ὅποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσσεως I. Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα τοῦ πηνίου Π'. Η κατάργησις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ συνεπῶς ἀνάπτυξιν ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηνίου Π. Εὰν ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Π' προκαλεῖται πάλιν με-



Σχ. 219. Παραγωγὴ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

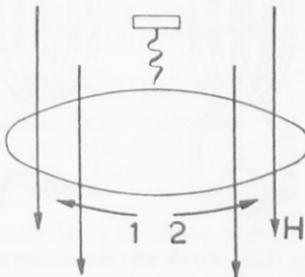
ταχιστή τῆς μη νητικής ροής εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὅποίου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροής εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτυξιν ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμον μαγνήτην ἢ τὸ πηνίον Π' τὸ διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πηνίον Π, προκαλεῖται μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροής 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 :*

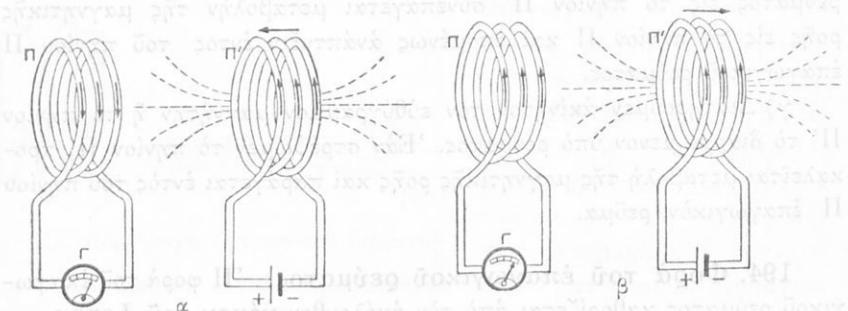
Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τοιαύτην φοράν, ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦτο νὰ ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αἰτίαν, ἡ ὅποια τὸ παράγει.

"Οταν λοιπὸν πλησιάζωμεν εἰς τὸ πηνίον Π (σχ. 218) τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἔχει τοιαύτην φοράν, ὥστε εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργῆται βόρειος πόλος. Οὗτος ἀπαθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, δταν ἀπομακρύνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, ὁ ὅποιος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὔκολον εὔρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μνημονικὸν κανόνα τοῦ Maxwell: Θεωροῦμεν κοχλίαν τοτοποθετημένον παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 220). "Οταν ἡ μαγνητικὴ ροή ἐλαττώνεται τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας διὰ νὰ προχωρήσῃ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 1). "Οταν ἡ μαγνητικὴ ροή αὔξανεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει φοράν ἀντίθετον τῆς φορᾶς, κατὰ τὴν ὅποιαν ὁ κοχλίας στρεφόμενος προχωρεῖ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 2).

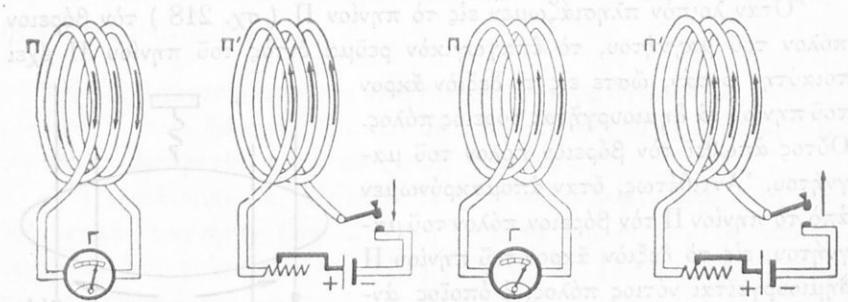


Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὔρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

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 αύξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ἀντίρροπον.

(σχ. 221) ἢ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν καὶ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηγίου Π' (σχ. 222, 223).

Σχ. 223. Κατὰ τὴν διακοπὴν ἢ τὴν ἔλλαττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν διόρροπον.

**195. Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.**—Γνωρίζομεν ὅτι ἐν κλειστὸν κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχῃ γεννήτρια, ἢ ὅποια ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. "Ἄς θεωρήσωμεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἀπὸ πηγίου Π καὶ γαλβανόμετρον Γ (σχ. 218). "Ἐὰν εἰς τὸ πηγίον Π πλησιάσωμεν ταχέως ἐνα εὐθύγραμμον μαγνήτην, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. "Ἄρα ἡ μεταβολὴ τῆς

μαγνητικής ροής δημιουργεῖ έντὸς τοῦ πηνίου Π ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, ἡ ὅποια 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 ( $t$ ), έντὸς τοῦ διποίου 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 χρόνος  $t$  εἰς δευτερόλεπτα.

Η αρά δει γμα. Ηγηνόν ἀποτελεῖται ἀπὸ 100 σπείρας, διαμέτρου 10 cm καὶ εὐρίσκεται ἔντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 50 Gauss. Αἱ σπεῖραι τοῦ πηνίου εἶναι κάθετοι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐντὸς 0,1 sec τὸ πεδίον καταργεῖται. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἔντὸς τοῦ πηνίου ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

Ἡ ὄλικὴ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται διὰ τῶν 100 σπειρῶν τοῦ πηνίου εἶναι :

$$\Phi = 100 \cdot H \cdot \sigma = 100 \cdot 50 \cdot \pi \cdot 25 = 392\,500 \text{ Maxwell}$$

Τόση ὅμως εἶναι καὶ ἡ μεταβολὴ  $\Delta\Phi$  τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἀρα εἶναι :

$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\,500}{0,1} = 0,03925 \text{ Volt}$$

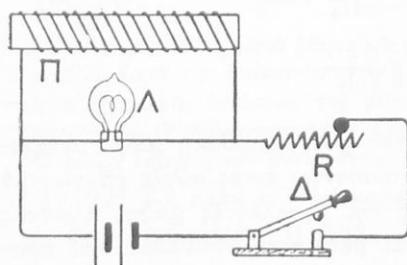
Ἐὰν ἡ ίδια μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς συμβῇ ἔντὸς 0,001 sec, τότε εἶναι :

$$E = 3,925 \text{ Volt}$$

**196. Ρεύματα Foucault.** — "Οταν μία μεταλλικὴ μᾶζα μετακινῆται ἔντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἔντὸς αὐτῆς ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ διόποια διατρέχουν ἔντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης κλειστὰς τροχιάς. Τὰ ρεύματα αὐτὰ καλοῦνται **ρεύματα Foucault** καὶ προκαλοῦν ισχυρὸν 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 ἔξῆς πείραμα. Μεταξὺ τῶν πόλων ισχυροῦ ἡλεκτρομαγνή-

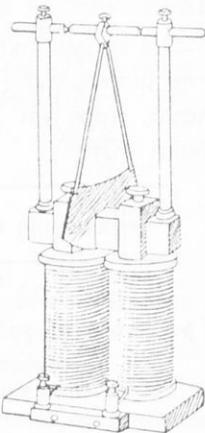
του δύναται νὰ αἰωρήγη παχεῖα μεταλλικὴ πλάξ (σχ. 224). "Οταν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου δὲν διέρχεται ρεῦμα, αἱ αἰωρήσεις τῆς πλακὸς διαρκοῦν ἐπὶ μακρὸν χρόνον. "Οταν δύμας ἡ πλάξ κινῆται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖται μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, τότε ἡ κίνησις τῆς πλακὸς γίνεται πολὺ βραχεῖα καὶ ταχέως ἡ πλάξ ἐπανέρχεται 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. Αὔτεπαγωγή.**— 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. "Οταν 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 ἐπαγωγικάρεύματα, τὰ ὅποια καλοῦνται **ρεύματα αὔτεπαγωγῆς**. Μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 225 ἀποδεικνύεται εὐκόλως τὸ φαινόμενον τῆς αὔτεπαγωγῆς. Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ πηνίου παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν λαμπτήρ πυρακτώσεως ( $\Lambda$ ) καὶ ρυθμίζομεν τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος (διὰ τῆς μεταβλητῆς ἀντιστάσεως  $R$ ),



Σχ. 225. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ.

ώστε ὁ λαμπτήρ μόλις νὰ φωτοβολῇ. Διακόπτομεν ἀποτόμως τὸ ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἴσχυρῶς διὰ μίαν μόνον στιγμήν. "Η διακοπὴ τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον μεταβολὴν τῆς



Σχ. 224. Ἐπὶ τῆς κινουμένης πλακὸς ἀναπτύσσονται ρεύματα Foucault.

μαγνητικής ροής, ή όποια διέρχεται διὰ τοῦ πηνίου. Ούτως 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 διμόρροπον. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς ( $E$ ) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν ( $\Delta I$ ) τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον ( $t$ ), ἐντὸς τοῦ ὅποιου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὗτη.

$$\text{ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς: } E = L \cdot \frac{\Delta I}{t} \text{ Volt}$$

ὅπου  $L$  εἶναι ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ὁ όποιος ἔξαρτᾶται 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, εὑρίσκομεν  $L = 1$ . 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 ἵση μὲ 1 Volt.

Παράδειγμα. Ηγηνίον 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 ἑπιφάνειαν  $1 \text{ m}^2$ . Τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλαισίου είναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Τὸ σύρμα τοῦ πλαισίου ἔχει ἀντίστασιν  $2 \Omega$  καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως  $8 \Omega$ . Τὸ πλαίσιον στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἀξονα κατὰ  $90^\circ$ . Πόσον είναι τὸ

άναπτυσσόμενον ἔξι ἐπαγωγῆς ἡλεκτρικὸν φορτίον; Ὁριζοντία συνιστῶσα γηί-  
νου μαγνητικοῦ πεδίου  $H_0 = 0,2$  Gauss.

150. Πηνίον ἔχει διάμετρον 20 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Τὸ πηνίον τοποθε-  
τεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 150 Gauss οὕτως, ὥστε ὁ  
ἄξων του νὰ συμπίπτῃ μὲ μίαν δυναμικὴν γραμμήν. Στρέφομεν τὸ πηνίον κατὰ 90°  
ἐντὸς 0,1 sec, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ γίνουν παράλληλαι πρὸς τὰς δυναμικὰς  
γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

151. Πηνίον Α μήκους 50 cm φέρει 500 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος  
ἐντάσεως 10 A. Εἰς τὸ μέσον τοῦ πηνίου Α ὑπάρχει μικρὸν πηνίον Β, τὸ ὅποιον  
ἔχει διάμετρον 4 cm καὶ φέρει 1000 σπείρας. Οἱ ἄξονες τῶν δύο πηνίων συμπίπτουν.  
Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Α ἐντὸς 0,01 sec. Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ πη-  
νίου Β ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

152. Πηνίον φέρει 1000 σπείρας, ἔκαστη τῶν ὅποιων ἔχει ἐπιφάνειαν 20 cm<sup>2</sup>.  
Τὸ πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 3 Ω καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντίστασεως 7 Ω.  
Τὸ πηνίον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνήτου καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν  
σπειρῶν είναι κάθετα πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐξά-  
γομεν ταχέως τὸ πηνίον ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπότε εὐρίσκομεν ὅτι διὰ τοῦ  
γαλβανόμετρου διῆλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Cb. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ  
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου;

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρέει πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὔτεπαγωγῆς  
0,2 H. Ἔντὸς 0,04 sec ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται εἰς 3 A. Πόση εἶναι ἡ  
ἀναπτυσσομένη ἔξι αὔτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

154. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὔτεπαγωγῆς 0,05 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύ-  
ματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς  
0,1 sec, διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἔξι αὔτεπαγωγῆς 2 Volt;

## ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

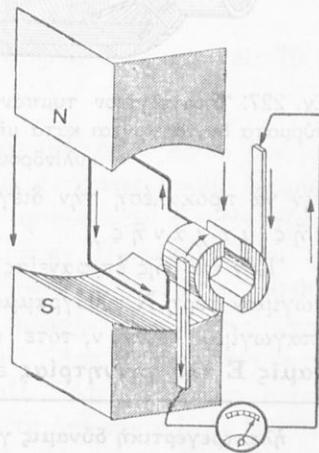
198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναί.—Καλοῦνται γενικῶς ἡλεκτρικαὶ  
μηχαναί αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναί, αἱ ὅποιαι μετατρέπουν τὴν μηχα-  
νικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως. Αἱ γεν-  
νήτριαι ἔκτελοῦν τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας εἰς ἡλεκ-  
τρικήν, οἱ δὲ κινητῆρες μετατρέπουν τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς  
μηχανικὴν ἐνέργειαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος,  
(§ 154) ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἔξης κύρια μέρη: τὸν ἐπαγωγέα,  
τὸ ἐπαγώγιμον καὶ τὸν συλλέκτην.

Οἱ ἐπαγωγεῖς εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, μεταξὺ τῶν πόλων  
τοῦ ὅποιου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ ἐπαγωγεῖον  
ἀγιον ον ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὅποιον στρέφεται ἐντὸς τοῦ  
μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, διὰ νὰ προκαλῇται συνεχῶς μετα-

βολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ συλλέκτης εἶναι κατάλληλον σύστημα, διὰ τοῦ ὅποίου τὰ ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγικοῦ παραγόμενα ἐπαγωγικὰ ρεύματα μεταβιβάζονται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα τῆς καταναλώσεως.

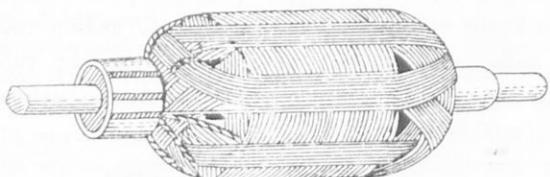
**199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.**—Ἡ λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἔξης ἀρχῆς: "Ἄς θεωρήσωμεν ὄρθιογώνιον πλαισίον ἀπὸ χάλκινον σύρμα (σχ. 226). Τὸ πλαισίον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὅμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουν εἰς δύο μεμονωμένους ἡμιδακτυλίους (συλλέκτης), οἱ δόποῖοι εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἀξονοῦ περιστροφῆς καὶ στρέφονται μετ' αὐτοῦ. Ἐκαστος ἡμιδακτύλιος εὑρίσκεται πάντοτε εἰς ἐπαφὴν μὲ ἐν ἔλασμα (ψήκτρα). "Οταν τὸ πλαισίον ἐκτελέσῃ ἡμίσειαν στροφῆν, ἐκάστη ψήκτρα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον. Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν τὸ πλαισίον εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ θέσις αὐτὴ τοῦ πλαισίου καλεῖται οὐδετέρα γραμμή. "Οταν τὸ πλαισίον στρέφεται κατὰ  $90^{\circ}$ , ἡ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροή μεταβάλλεται μεταξὺ τῆς τιμῆς 0 (τὸ πλαισίον παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς) καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς  $\Phi$  (τὸ πλαισίον κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς).

"Ἡ φορὴ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πλαισίου ἀλλάσσει, ὥσακις τὸ πλαισίον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως ἡ μία ψήκτρα τοῦ συλλέκτου παύει νὰ ἐφάπτεται τοῦ ἐνός ἡμιδακτυλίου καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον τοῦ συλλέκτου. Οὕτω τὸ ρεῦμα ἔξερχεται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα ἀπὸ τὴν αὐτὴν πάντοτε ψήκτραν, ἡ ὅποια ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννήτριας, ἐνῷ ἡ ἄλλη ψήκτρα ἀποτελεῖ τὸν αρνητικὸν πόλον. Εἰς



Σχ. 226. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια διοχετεύονται εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα ὡς συνεχὲς ρεῦμα.

τὴν πρᾶξιν, ἀντὶ ἑνὸς πλαισίου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ πλαίσια, τὰ ὅποια καταλήγουν εἰς ίσαριθμα ζεύγη τομέων, τὰ ὅποια εἶναι μεμονωμένα καὶ ἀποτελοῦν τὸν συλλέκτην. Τὰ πλαίσια διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου ἀπὸ μαλακὸν σίδηρου (σχ. 227). Οὗτος χρησιμεύει διὰ τὴν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (§ 187) καὶ συνεπῶς διὰ τὴν αὔξησιν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροής. Ὁ ήλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητρίας τροφοδοτεῖται μὲν μέρος τοῦ ρεύματος, τὸ



όποιον παράγει ἡ γεννήτρια. Ἡ γεννήτρια ἀρχίζει νὰ λειτουργῇ, μόλις τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἐπαγώγιμον, διότι ὁ μαλακὸς σιδήρος

Σχ. 227. Ἐπαγώγιμον τυμπάνου, εἰς τὸ ὅποιον τὰ τοῦ ήλεκτρομαγνήτου σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν διατηρεῖ πάντοτε μίαν κυλίνδρου.

νὴν νὰ προκαλέσῃ τὴν διέγερσιν τῆς μαγνῆς (αὐτὸι διέγερσις τῆς μαγνῆς).

Ἐάν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγώγιμον φέρῃ Ν εὐθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συγκότης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγώγιμου εἶναι ν., τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις Ε τῆς γεννητρίας εἶναι :

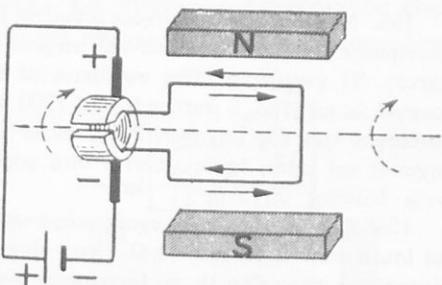
$$\text{ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητρίας : } E = \frac{1}{10^8} \cdot N. \cdot v. \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου  $\Phi$  εἶναι ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται δι' ὄλοκλήρου τοῦ ἐπαγώγιμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75 %, ἔως 98 %.

**200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος.**— Ἄς θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ἡ μία ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ἄλλη ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Τότε τὸ πλαισίον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἑκάστης πλευρᾶς τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ηλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων ἥπερ τὸν στόχο τοῦ Εκπαίδευτικῆς Πολιτικῆς

γίνη κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε ὅμως ἀλλάσσει ἡ ἐπαφὴ

τῶν ψηκτρῶν μὲ τοὺς ἡμιδιακτυλίους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζεῦγος δυνάμεων, τὸ δόποιον συνεχίζει τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ κινητήρες οὗτοι εἰναι σχεδὸν ὅμοιοι μὲ τὰς γεννητρίας. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἡλεκτροκινητήρων ἀνέρχεται εἰς 70 % ἔως 98 %.



Σχ. 228. Ἀρχὴ τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος

**201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.**—Ἐστω ὅτι μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως  $I = 20$  Ampère ὑπὸ τάσιν  $U = 10\,000$  Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως μὲ γραμμὴν ἔχουσαν ἀντίστασιν  $R = 300$  Ohm. Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἵσχυν  $P = U \cdot I$  ἥτοι  $P = 200\,000$  Watt. Ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἵσχυς  $P' = I^2 \cdot R$ , ἥτοι χάνονται  $P' = 120\,000$  Watt. Ἄρα εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἵσχυς 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 ἵσχυν  $P = 200\,000$  Watt, ὅσην παρεῖχεν καὶ προηγουμένως. Ἀλλὰ τώρα ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ἵσχυς  $P' = I^2 \cdot R$  ἥτοι  $P' = 1200$  Watt. Οὕτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἵσχυς ἵση μὲ 198 800 Watt. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου καταφαίνεται ὅτι, διὰ νὰ μεταφερθῇ τὸ ρεῦμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, πρέπει τὸ ρεῦμα νὰ ἔχῃ μεγάλην τάσιν καὶ μικρὰν ἔντασιν. Ἀλλ' αἱ γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος δὲν δύνανται νὰ μᾶς δώσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μεγάλας τάσεις. Οὕτω τὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ μεταφερθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, διότι δημιουργεῖ τεραστίαν ἀπώλειαν ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γραμμῆς μεταφορῇ οποιήθηκε από τὸ Ινστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

155. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν 300 Volt, έσωτερικήν άντιστασιν  $0,5 \Omega$  και ταχύτητα περιστροφής 1500 στροφάς κατά λεπτόν. Η γεννήτρια αύτη συνδέεται μὲς άλλην δύοιαν μηχανήν, η όποια λειτουργεῖ ως κινητήρ, δ ὅποιος έκτελει 1200 στροφάς κατά λεπτόν. Οι άγωγοι τῆς συνδέσεως τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν άντιστασιν  $4 \Omega$ . Πόση είναι η ισχύς έκαστης μηχανῆς και πόση ισχύς χάνεται ύπότε μορφήν θερμότητος ἐπὶ τῆς γραμμῆς καὶ ἐντὸς έκαστης μηχανῆς;

156. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν 120 Volt καὶ έσωτερικήν άντιστασιν  $1 \Omega$ . Πόση είναι η μεγίστη δυνατή ισχύς, τὴν όποιαν δύναται νὰ προσφέρῃ εἰς τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα ἡ γεννήτρια αὐτῇ; Πόση είναι τότε ἡ ἀπόδοσις τῆς γεννητρίας;

157. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν 120 Volt. καὶ έσωτερικήν άντιστασιν  $1 \Omega$ . Η γεννήτρια τροφοδοτεῖ λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦντας ύπὸ τάσιν 110 Volt. Εκαστος λαμπτήρας, ὅταν λειτουργῇ κανονικῶς, έχει άντιστασὶ  $440 \Omega$ . Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ ἡ γεννήτρια;

158. Γεννήτρια έχει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt καὶ στέλλει ρεῦμα ἑντάσεως  $100 A$  εἰς κινητήρα εύρισκόμενον μακρὰν τῆς γεννητρίας. Πόση πρέπει νὰ είναι ἡ άντιστασις τῆς γραμμῆς, ἵνα θέλωμεν νὰ χρησιμοποιῆδι κινητήρα τὰ  $0,90$  τῆς ισχύος, τὴν όποιαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ έξωτερικὸν κύκλωμα; Πόση είναι τότε ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τοῦ κινητῆρος;

159. Δύο δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ A καὶ B ἔχουν άντιστάσεις  $r_A = 30 \Omega$  καὶ  $r_B = 15 \Omega$ , συνδέονται δὲ μεταξὺ τῶν μὲς ἀγωγούς, οἱ όποιοι έχουν άντιστασὶ  $R = 5 \Omega$ . Η A λειτουργεῖ ως γεννήτρια καὶ εἰς τοὺς πόλους τῆς ἡ τάσις είναι 120 Volt, ἡ δὲ B λειτουργεῖ ως κινητήρ καὶ εἰς τοὺς πόλους τῆς ἡ τάσις είναι 90 Volt. Πόση είναι ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς A καὶ ἡ άντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς B;

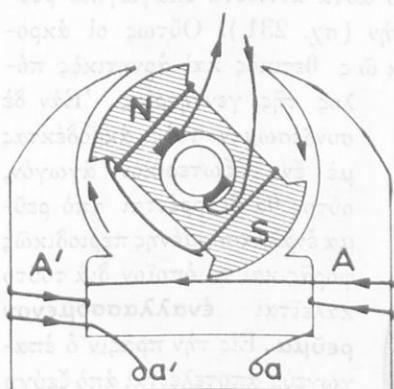
160. Μία ύδατοπτωσις παρέχει ισχὺν  $600 kW$  εἰς γεννητρίαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν  $90\%$ . Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως μὲς ἀγωγούς ἔχοντας άντιστασὶ  $300 \Omega$ . Πόση είναι ἡ βιομηχανικὴ ἀπόδοσις τῆς έγκαταστάσεως, ὅταν ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας είναι  $20 000$  Volt καὶ ὅταν είναι  $100 000$  Volt;

### ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

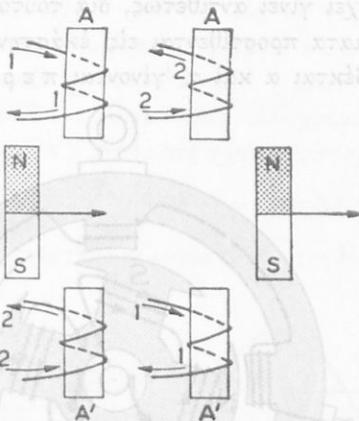
202. Έναλλακτῆρες—Σήμερον, ἀντὶ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ διποτὸν ἔχει πάντοτε τὴν ἴδιαν φορὰν, χρησιμοποιεῖται εὑρύτατα τὸ έναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ όποιου ἡ φορά ἐναλλάσσεται περιοδι-

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

κῶς. Αἱ γεννήτριαι, αἱ ὅποῖαι παράγουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καλοῦνται εἰδικώτερον **ἐναλλακτῆρες**. Εἰς τούτους ὁ **ἐπαγωγεὺς** εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, ὁ ὅποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ ἀξονα (σχ.



Σχ. 229. Σχηματικὴ παράστασις ἐναλλακτῆρος.



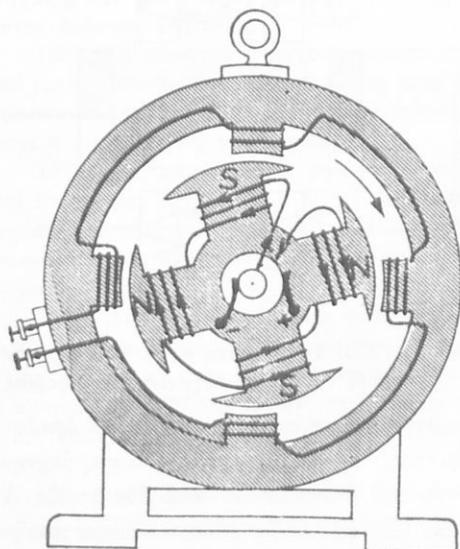
Σχ. 230. Τὰ ρεύματα ἐντὸς τῶν πηνίων Α καὶ Α' ἔχουν πάντοτε ἀντίθετον φοράν.

229.). Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα, τὸ ὅποῖον παράγει γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος. Τὸ **ἐπαγώγιμον** εἶναι ἀκίνητον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία Α καὶ Α', τὰ ὅποια φέρουν κοινὸν πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον. Τὸ σύρμα εἰς τὰ δύο πηνία εἶναι τυλιγμένον κατ' ἀντίθετον φοράν, τὰ δὲ δύο ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ σύρματος καταλήγουν εἰς τοὺς ἀκροδέκτας α καὶ α'. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὰ δύο πηνία. "Εστω δὴ εἰς μίαν στιγμὴν ὁ βόρειος πόλος Ν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου πλησιάζει πρὸς τὸ πηνίον Α. Τότε ἐντὸς τοῦ πηνίου Α (σχ. 230).

Σχ. 231. Εἰς ἑκάστην στιγμὴν τὰ δύο ἀντίθετα ρεύματα προστίθενται.

παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχον τὴν φορὰν 1. Μετ' ὀλίγον ὁ βόρειος πόλος Ν ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ πηνίον Α καὶ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου παράγεται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχον τὴν φορὰν 2. Τὰ δύο

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 ὅμως τὸ τύλιγμα τοῦ σύρματος εἰς τὰ δύο πηνίκα ἔχει γίνει ἀντιθέτως, διὸ τοῦτο τὰ δύο αὐτὰ ἀντίθετα ἐπαγωγικὰ ρεύματα προστίθενται εἰς ἐκάστην στιγμὴν (σχ. 231). Οὕτως οἱ ἀκροδέκται καὶ αἱ γίνονται περιοδικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητρίας. Ἐὰν δὲ συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μὲ ἔνα ἐξωτερικὸν ἀγωγόν, οὗτος θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐναλλασσομένης περιοδικῶς φορᾶς καὶ τὸ ὄποιον διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐναλλασσόμενον ρεῦμα**. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὁ ἐπαγωγὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, τὰ ὄποια περιστρέφονται ἔμπροσθεν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγήμου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πηνίων τούτων εἶναι ἡ σος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγήμου (σχ. 232). Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγήμου φέρουν πυρήνας ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον,



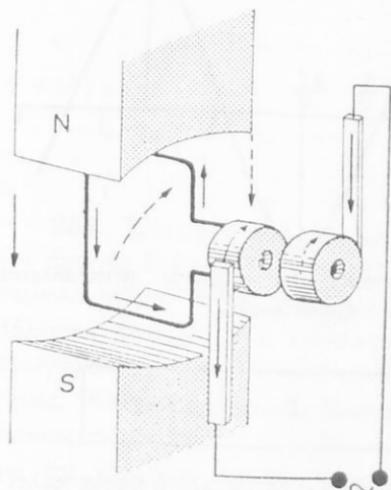
Σχ. 232. Μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ.

οἱ ὄποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ τῶν διγκώδη σιδηρῶν μᾶξαν. Οἱ ἀνωτέρω ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **μονοφασικοί**, τὸ δὲ παραγόμενον ὑπ' αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καλεῖται **μονοφασικόν**. Ἡ συχνότης τῶν παραγομένων σήμερον ἐναλλασσομένων ρευμάτων ποικίλει ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν (ἀπὸ 20 Hz ἕως 1 000 000 Hz).

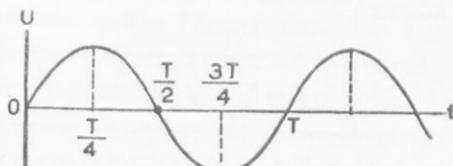
**203. Κινητήρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.**—Ο κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητήρος μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγήμου εἰς τὸν κινητήρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότερον ὅμως χρησιμοποιούμενοι σήμερον κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι **τριφασικοί κινητῆρες**.

Ψηφιοποιηθήκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

204. Έναλλασσόμενον ρεύμα.— Κατά τὴν περιστροφὴν ἐνὸς πλαισίου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 233) ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πλαισίου μαγνητικὴ ροή μεταβάλλεται συνεχῶς. Οὕτως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τὰ σις, ἡ ὁποίᾳ μεταβάλλεται ἡ μιτονοειδῆσις συναρτήσει τοῦ χρόνου (σχ. 234). Κατὰ τὰς χρονικὰς στιγμὰς  $\frac{T}{4}$  καὶ  $\frac{3T}{4}$  ἡ τάσις λαμβάνει τὴν μεγίστην ἀπόλυτον τιμὴν τῆς  $U_0$ ,



Σχ. 233. Ἡ μαγνητικὴ ροή μεταβάλλεται συνεχῶς.



Σχ. 234. Ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

ἡ ὁποίᾳ καλεῖται πλάτος τῆς τάσεως (ἢ μεγίστη τάσις). Ἡ στιγματικὰ τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν  $t$  δίδεται ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi v t$$

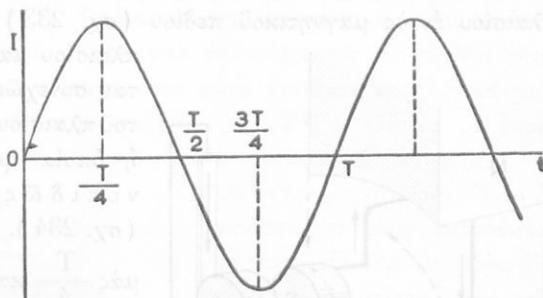
Ἐὰν καλέσωμεν :  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi v$ , . τότε ἡ στιγματικὰ τάσις δίδεται ἀπὸ τὴν ἔξισωσιν :

$$\boxed{\text{στιγματικὰ τάσις : } \quad U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t}$$

Τὸ ω καλεῖται κυκλικὴ συχνότης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ φανερώνει πόσαι περίοδοι ἀντιστοιχοῦν εἰς  $2\pi$  δευτερόλεπτα.

Εἰς τοὺς πόλους τοῦ ἐναλλακτῆρος ἀναπτύσσεται ὅμοίως ἐναλλασσομένη τάσις. Ὁ ἔξωτερικὸς ἀγωγός, ὁ ὁποῖος συμδέει τοὺς πόλους τοῦ Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

έναλλακτηρος, διαρρέεται τότε άποδέναλλασσόμενον ρεύμα. 'Η έντασης του ρεύματος τούτου μεταβάλλεται έπισης ή μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου (σχ. 235) και ή στιγμιαία τιμή της έντασεως κατά την χρονικήν στιγμήν  $t$  δίδεται άποδέναλλασσόμενον ρεύματος μεταβάλλεται σώσεις :



Σχ. 235. 'Η έντασης του ρεύματος μεταβάλλεται σημειωτικώς.

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi \frac{t}{T}$$

ή

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi v t$$

δηλου Ι<sub>0</sub> είναι ή μεγίστη άπολυτος τιμή της έντασεως και ή δηλαδή πλάτος της έντασεως (ή μεγίστη έντασης). Εάν θέσωμεν :  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot v$ , τότε ή στιγμιαία έντασης δίδεται άποδέναλλασσώσιν :

$$\text{στιγμιαία έντασης : } I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

'Εχ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

'Η τάσης καὶ ή έντασης του έναλλασσόμενου ρεύματος μεταβάλλονται σημειωτικώς συναρτήσει του χρόνου, ή 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 δηλαδή συχνότης του ρεύματος είναι  $v = 40 \text{ Hz}$ , τὸ πλάτος της τάσεως είναι  $U_0 = 100 \text{ Volt}$  καὶ τὸ πλάτος της έντασεως  $I_0 = 12 \text{ Ampère}$ . Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν  $t = \frac{1}{480} \text{ sec}$

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ή στιγμιαία τάσις είναι :

$$U = U_0 \cdot \eta \mu 2\pi f t = 100 \cdot \eta \mu \left( 2\pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{480} \right)$$

$$\text{ήτοι } U = 100 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ Volt}$$

ή στιγμιαία έναστις είναι :

$$I = I_0 \cdot \eta \mu 2\pi f t = I_0 \cdot \eta \mu \frac{\pi}{6} \quad \text{ήτοι} \quad I = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \text{ Ampère}$$

**205. Ένεργός έντασις και ένεργος τάσις.** — "Ας θεωρήσωμεν ένα άγωγόν έχοντα άντιστασιν R και ό όποιος διαρρέεται από έναλλασσόμενο ρεύμα. Εντὸς μιᾶς περιόδου T η έντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται συνεχώς. Τὸ έναλλασσόμενο ρεύμα, διερχόμενον διὰ τοῦ άγωγοῦ ἐπὶ χρόνον t, άναπτύσσει ἐπ' αὐτοῦ ὀρισμένην ποσότητα θερμότητος. Καλεῖται ένεργός έντασις τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ή έντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ όποιον διαρρέον τὴν αὐτὴν άντιστασιν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον παράγει τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος, τὴν όποιαν παράγει καὶ τὸ έναλλασσόμενον ρεύμα. Αποδεικνύεται δὲ :

"Η ένεργός έντασις ( $I_{ev}$ ) τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ίσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς έντάσεως ( $I_0$ ) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$I_{ev} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ή} \quad I_{ev} = 0,707 \cdot I_0$$

Εἰς τὰ δάκρια τοῦ άγωγοῦ, τὸν όποιον διαρρέει τὸ έναλλασσόμενον ρεύμα, ὑπάρχει μία ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένη τάσις. Καλεῖται ένεργός τάσις τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ή τάσις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ή όποια ἐπὶ τοῦ άγωγοῦ προκαλεῖ συνεχές ρεύμα ἔχον έντασιν ίσην μὲ τὴν ένεργόν έντασιν τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος. Εύρισκεται δὲ δὲ :

"Η ένεργός τάσις ( $U_{ev}$ ) τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ίσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως ( $U_0$ ) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$U_{ev} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ή} \quad U_{ev} = 0,707 \cdot U_0$$

‘Η ένεργός έντασις μετρεῖται μὲ τὰ θερμικὰ ἀμπερόμετρα, ἢ δὲ ένεργός τάσις μετρεῖται μὲ τὰ θερμικὰ βολτόμετρα.

Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἐὰν ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ (μὴ ἔχοντος αὐτεπαγωγὴν L) εἰναι R καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐφερ- μένηται ένεργός τάσις U<sub>ev</sub>, τότε ὁ νόμος τοῦ Ohm ἴσχυει ὡς ἔξῆς :

$$\boxed{\text{νόμος τοῦ Ohm : } U_{ev} = I_{ev} \cdot R}$$

**206. Τριφασικὰ ρεύματα.**— Εἰς τὰς ἔξισώσεις  $U = U_0 \cdot \eta\mu$  ωτ καὶ  $I = I_0 \cdot \eta\mu$  ωτ τὸ μέγεθος ωτ καλεῖται **φάσις**. “Ἄς θεωρήσωμεν τρία μονοφασικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, τὰ ὅποια ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον T, τὸ αὐτὸν πλάτος τάσεως  $U_0$  καὶ τὸ αὐτὸν πλάτος ἐντάσεως  $I_0$ . “Εστω ὅτι εἰς ἕκαστον 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 ἕκαστον ρεύμα παρουσιάζει **διαφορὰν φάσεως**  $120^\circ$  ἢ  $\frac{T}{3}$  ὡς πρὸς τὸ προηγούμενον ἢ τὸ ἐπόμενον αὐτοῦ. Αἱ στιγμαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἔξισώσεις :

$$I_1 = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

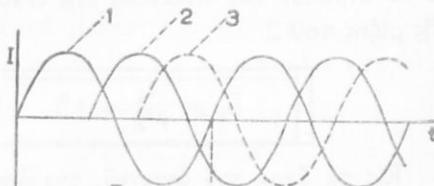
$$I_2 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 120^\circ)$$

$$I_3 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 240^\circ)$$

Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω τριῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **τριφασικὸν ρεῦμα**. “Ωστε :

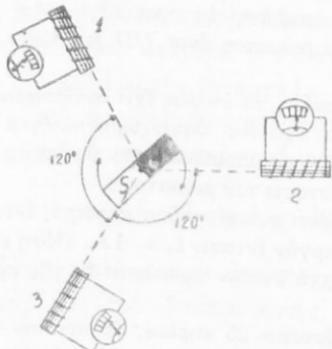
Τὸ τριφασικὸν ρεῦμα εἶναι σύστημα τριῶν μονοφασικῶν ρευμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἀλλ’ ἕκαστον τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως  $120^\circ$  ὡς πρὸς τὸ ἄλλο.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τριφασικῶν ρευμάτων χρησιμοποιοῦνται οἱ τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τούτων κατα- Ψηφιοποιηθῆκε από τὸ Νοτιούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς



Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξὺ τῶν διαφορὰν φάσεως  $120^\circ$  ἢ  $\frac{T}{3}$

φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 237, δησπου τὰ τρία πηγάδια τοῦ ἐπαγωγήμου διατάσσονται οὕτως, ώστε νὰ σχηματίζουν ἀνὰ δύο γωνίαν  $120^{\circ}$ . Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐπαγωγέως παράγεται ἐντὸς ἑκάστου πηγάδιου ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, τὸ ὃποῖον παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως  $120^{\circ}$  ὡς πρὸς

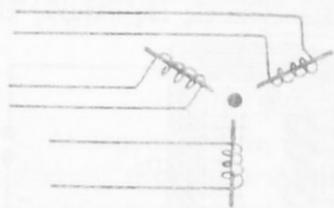


Σχ. 237. Σχηματική παράστασις τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος.

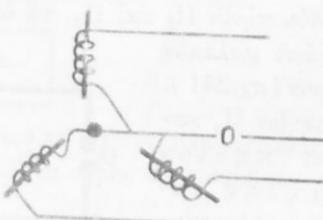


Σχ. 238. Τριφασική γεννήτρια.

τὸ ρεῦμα τὸ παραχόμενον ἐντὸς ἑκάστου τῶν ἄλλων δύο πηγάδων. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρας ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγήμου εἶναι τριπλάσιος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων τοῦ στρεφομένου ἐπα-



Σχ. 239. Διὰ τὴν μεταφορὰν τῶν 3 ρευμάτων χρειάζονται 6 δύωγοι.



Σχ. 240. Οἱ 3 δύωγοι ἀντικαθίστανται μὲ τὸν οὐδέτερον δύωγον Ο.

γωγέως (σχ. 238). Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος φαίνεται δητὶ ἀπαιτοῦνται 6 ἀγωγοὶ (σχ. 239). Εἰς τὴν πρᾶξιν δημιῶσι 3 ἀγωγοὶ ἀντικαθίστανται μὲ ἔνα μόνον ἀγωγὸν (σχ. 240), ὁ ὃποῖος καλεῖται οὐδέτερος ἀγωγός. Οὗτῳ διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται τέσσαρες μόνον ἀγωγοί.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

161. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος τάσεως 86 Volt και πλάτος έντασης 32 A. Πόση είναι ή ένεργος τάσις και ή ένεργος έντασης του ρεύματος;

162. Έναλλασσόμενον ρεύμα έχει πλάτος έντασης 10 A. Πόση είναι ή έντασης του ρεύματος, σταν ή φάσις αυτού ( $\omega t$ ) λαμβάνη τάς τιμάς  $30^\circ$  ή  $60^\circ$ ;

163. Η ένεργος έντασης έναλλασσόμενου ρεύματος είναι 7,07 A. Πόσον είναι τό πλάτος τής έντασεως του ρεύματος;

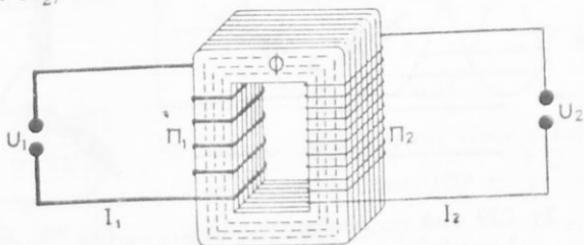
164. Έναλλασσόμενον ρεύμα διαρρέει πηνίον, τό όποιον έχει άντιστασιν  $5 \Omega$  και είναι βυθισμένον έντὸς θερμιδομέτρου έχοντος θερμοχωρητικότητα 1000 cal/grad. Παρατηροῦμεν ότι ή θερμοκρασία του θερμιδομέτρου ύψωνται κατά  $10^\circ C$  έντὸς 1 λεπτοῦ. Πόση είναι ή ένεργος έντασης του ρεύματος;

165. Εις τό έν ακρον  $\Sigma$  σύρματος AB φθάνει συνεχές ρεύμα σταθερᾶς έντασεως  $I_g = 3 A$  και έναλλασσόμενον ρεύμα έχον ένεργον έντασιν  $I_e = 4 A$ . Πόση είναι ή ένεργος έντασης του συνισταμένου ρεύματος, τό όποιον προκύπτει έκ τής προσθέτων δύο ρευμάτων;

166. Λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως έχει έντασιν 25 κηρίων, άντιστασιν 440  $\Omega$  και τροφοδοτεῖται μὲ έναλλασσόμενον ρεύμα έχον ένεργον τάσιν 110 Volt. Πόση είναι ή μεγίστη έντασης του ρεύματος, τό όποιον διαρρέει τὸν λαμπτήρα και πόση είναι ή καταναλισκομένη ίσχυς κατὰ κηρίον;

## ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματισταί.—Ο μετασχηματιστής ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$ , τὰ όποια τυλίσσονται εἰς τὰς πλευρὰς πλαισίου ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (σχ.241). Τὸ πηνίον  $\Pi_1$  καλεῖται πηνίον γαμηλῆς τάσεως (ή πρωτεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ δίλιγχας σπείρας χονδροῦ σύρματος.



Σχ. 241. Η έναλλασσόμενη μαγνητικὴ ροή  $\Phi$ , τὴν όποιαν παράγει τὸ πρωτεύον ρεύμα, δημιουργεῖ έντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου  $\Pi_2$  τὸ έναλλασσόμενον δευτερεύοντον ρεύμα.

Τὸ πηνίον  $\Pi_2$  καλεῖται πηνίον ψηλῆς τάσεως (ή δευτερεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος. Τὸ πηνίον  $\Pi_1$  συνδέεται μὲ τὸν έναλλακτήρα. Τὸ δὲ πηνίον  $\Pi_2$  συγδέεται μὲ τὸ κύκλωμα μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ

τοῦ πηγίου  $P_1$  χαμηλῆς τάσεως διαβιβάζεται τὸ πρώτευον φέῦ μα, τὸ ὄποῖν ἔχει συγχότητα  $N$ , ἐνεργὸν τάσιν  $U_1$  καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν  $I_1$ . Τότε ἐντὸς τοῦ μαλακοῦ σιδήρου παράγεται ἐναλλασσομένη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὄποια, διερχομένη διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηγίου  $P_2$ , δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηγίου τούτου ἐναλλασσόμενον φεῦμα τῆς αὐτῆς συγχότητος  $N$ . Τὸ φεῦμα τοῦτο καλεῖται δεύτερον φεῦμα τοῦ πηγίου  $P_2$ , εὑρίσκεται ὅτι ἡ ἴσχυς  $U_2$  τοῦ πρωτεύοντος φεύματος εἶναι πρακτικῶς ἵση μὲ τὴν ἴσχυν  $U_2$  τοῦ δευτερεύοντος φεύματος, ἢτοι εἶναι :

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \text{ἢ} \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐάνναντος  $v_1$  καὶ  $v_2$  εἶναι ἀντιστοίχως ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος πηγίου, τότε εὑρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Οἱ λόγοι  $\frac{v_2}{v_1}$  καλεῖται λόγος μετασχηματισμοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξῆς :

I. Αἱ ἐνεργοὶ τάσεις εἰς τὰ δύο πηγία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηγίων.

$$\boxed{\frac{U_2}{U_1} = \frac{v_2}{v_1}}$$

II. Αἱ ἐνεργοὶ ἐντάσεις τῶν φεύμάτων εἰς τὰ δύο πηγία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηγίων.

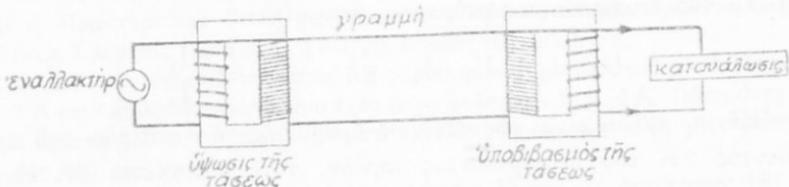
$$\boxed{\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}}$$

Παράδειγμα. Ἐάνναντος  $v_1 = 10$  σπεῖραι,  $v_2 = 500$  σπεῖραι,  $U_1 = 1000$  Volt καὶ  $I_1 = 500$  Ampère, τότε διὰ τὸ δευτερεύον φεῦμα εἶναι :

$$\text{ἢ τάσις : } U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \cdot 50 = 50\,000 \text{ Volt}$$

$$\text{ἢ ἔντασις : } I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

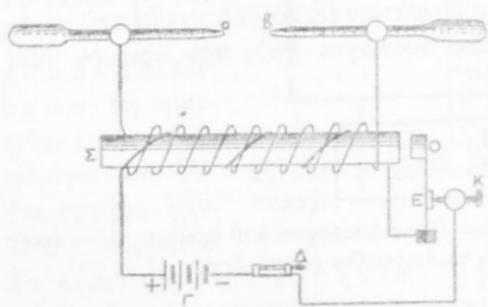
**208.** Έφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—Οἱ μετασχηματιστοὶ χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ νὰ προκαλοῦμεν κατὰ βούλησιν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἀπώλεια ἐνέργειας κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως εἶναι ἀστικοῦς καὶ ἀνέρχεται εἰς 2 ἔως 5 %. Χάρις εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς καθίσταται σήμερον δυνατὴ ἡ μεταφορὰ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Οὕτω τὰ ρεύματα, τὰ ὅποια παράγονται εἰς τοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἡλεκτροπαραγωγῆς, μεταφέρονται εἰς τὸν τόπον



Σχ. 242. Μεταφορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑπὸ ὑψηλὴν τάσιν.

τῆς καταναλώσεως ὑπὸ τάσεις 20 000 ἔως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτο εἰς τὸν σταθμὸν ἡλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστής ὑψώσεως τῆς τάσεως. Ἀντιθέτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως ὑπάρχει μετασχηματιστής ὑπὸ βιβασμοῦ τῆς τάσεως (σχ. 242). Εἰς πολλὰς ἄλλας ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται σήμερον μικροὶ μετασχηματιστοὶ, ὅπως π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος, τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ, εἰς διάφορα ἐπιστημονικὰ ἔργαστηρια κ.ἄ.

**209.** Ἐπαγωγικὸν πηνίον.—Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (ἢ πηνίον τοῦ Ruhmkorff) εἶναι ὅργανον ἀνάλογον πρὸς τὸν μετασχηματιστήν.



Σχ. 243. Ἐπαγωγικὸν πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρήνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον τραφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ παρέχει ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν μεταβολὰς τῆς μαγνητικῆς ροής, ἡ ὅποια διέρχεται διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρωτεῦον πη-

ρου, πέριξ τοῦ ὅποίου τυλίσσονται αἱ ὀλίγαι σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (σχ. 243). Τὸ δευτερεῦον πηνίον, ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος, περιβάλλει τὸ πρωτεῦον πηνίον. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου καταλήγουν εἰς δύο ἀγωγοὺς αἱ καὶ β. Αἱ διακοπαὶ καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίου γίνονται μὲ τὴν βοήθειαν διακόπτου, ὃ δοποῖς λειτουργεῖ ὅπως καὶ ὁ διακόπτης τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίου παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα διόρροιαν πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Κατὰ τὴν ἀποκαταστάσιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ἀντίρροιαν πρὸς τὸ πρωτεῦον ρεῦμα. Οὕτω μεταξὺ τῶν σφαιρῶν αἱ καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσομένη τάσις, ἡ ὅποια ἀνέρχεται εἰς πολλὰς χιλιάδας Volt, διότι αἱ σπεῖραι τοῦ δευτερεύοντος πηνίου εἶναι πολὺ περισσότεραι ἀπὸ τὰς σπείρας τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (§ 207). Μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν αἱ καὶ β παράγονται τότε ἐναλλασσόμενοι ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Οὕτω ἀποδεικνύουν διτὶ ἡ ἀναπτυσσομένη ὑψηλὴ τάσις μεταξὺ τῶν σφαιρῶν αἱ καὶ β καθιστᾶ δυνατὴν τὴν διέλευσιν τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀέρος. Ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου δευτερεύοντος ρεύματος εἶναι ἵση πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διακοπῶν τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξῆσιν τῆς συχνότητος, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικοὺς διακόπτας, οἱ ὅποιαι προκαλοῦν πολλὰς χιλιάδας διακοπῶν τοῦ ρεύματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σφαιρῶν ὑπερβῇ ἐν δριον, τότε σχηματίζονται σπινθῆρες μόνον ἐκ τῆς μιᾶς σφείρας πρὸς τὴν ἄλλην. Οὕτω ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν ὑψισύχνων ρευμάτων, τὰ δοποῖα εύρισκουν διαφόρους ἐφαρμογὰς (ἰατρική, βενζινοκινητῆρες, ἀσύρματος τηλεγραφία κ.α.).

## 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 διοιβιθάλλεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν 100 A. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 0,03 Ω.

Πόση είναι ή άπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ πόση είναι ή ένεργός έντασις τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, έάν ή ένεργός τάσις αύτοῦ είναι 2200 Volt;

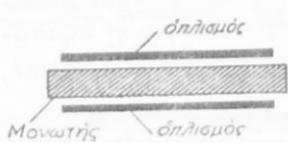
169. Μετασχηματιστής ύποβιβασμοῦ τῆς τάσεως ἔχει εἰς τὸ πρωτεῦον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεύον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεῦον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ένεργόν τάσιν 3 000 Volt, τὸ δὲ δευτερεύον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν  $R$  καὶ δαπανᾶται διὰ τὴν παραγωγήν θερμότητος. Παρατηροῦμεν δότι ἐπὶ τῆς ἀντίστασεως  $R$  ἀναπτύσσεται θερμότης ισοδυναμούσα μὲταξύ 9 kW. Πόση είναι ή ένεργός έντασις τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος καὶ πόση είναι ή ἀντίστασις  $R$ ? Απόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 1.

170. Μία ύδατοπτωσις ἔχει ίσχυν 100 kW καὶ τροφοδοτεῖ ύδροστρόβιλον ἔχοντα άπόδοσιν 0,80. Ο στρόβιλος ἔχεισφαλίζει τὴν λειτουργίαν ἐναλλακτήρος, δόποιος ἔχει άπόδοσιν 0,90 καὶ δίδει ρεῦμα υπὸ ένεργὸν τάσιν 7200 Volt. Διὰ τῆς γραμμῆς, ἐπὶ τῆς ὧδοις ἔχομεν ἀπώλειαν ένεργειας  $10\%$  τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς μετασχηματιστήν ύποβιβασμοῦ τῆς τάσεως. Ο λόγος μετασχηματισμοῦ είναι 3 000/50. Η άπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι 0,95. Τὸ δευτερεύον ρεῦμα τροφοδοτεῖ λαμπτήρας, οἱ δόποιοι λειτουργούν υπὸ ένεργὸν έντασιν 0,75 A. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ περιλάβῃ τὸ δίκτυον;

171. Επαγωγικὸν πηνίον ἔχει τὰ ἔστις χαρακτηριστικά. Τὸ πρωτεῦον ρεῦμα ἔχει έντασιν 5 A, ή δὲ διακοπὴ αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς 0,001 sec. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς  $L = 0,05$  H. Τὸ δευτερεύον πηνίον ἔχει 20 000 σπείρας, ἐκάστη τῶν δόποιών ἔχει ἐπιφάνειαν  $200 \text{ cm}^2$ . Πόση είναι ή ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον;

## ΠΥΚΝΩΤΑΙ

210. Πυκνωταί.—Εἰς πολλὰ κυκλώματα ἐναλλασσομένων ρευμάτων παρεμβάλλονται δι’ ὥρισμένον σκοπὸν εἰδικὰ ὅργανα, τὰ δόποια καλοῦνται πυκνωταί. Ο πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας



Σχ. 244. Πυκνωτής.

μεταλλικὰς πλάκας (σχ. 244), μεταξὺ τῶν δόποιών ὑπάρχει στρῶμα μονωτικοῦ σώματος (ύγλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγίας, ἀλλοί). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται ὡς πλισμοί, τὸ δὲ στρῶμα τοῦ μονωτικοῦ σώματος καλεῖται διηλεκτρικόν. Διὰ

νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ο διακόπτης  $\Delta$  ἐπιτρέπει νὰ συνδεθοῦν οἱ δύο ὄπλισμοι  $B_1$  καὶ  $B_2$  τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε μεταξύ τῶν. Κατὰ σειρὰν μὲ τὸν πυκνωτὴν είναι συνδεδεμένον βαλλιστικὸν γαλβανόμετρον  $G$ .

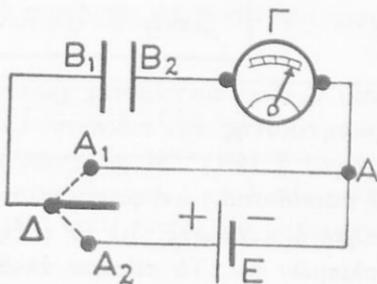
Τὸ ἕργανον τοῦτο δεικνύει δι' ἀποτόμου ἐκτροπῆς τῆς βελόνης του τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποιον διέρχεται δι' αὐτοῦ καὶ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. "Ἄς ἐκτελέσωμεν τώρα τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

α) Φέρομεν τὸν διακόπτην  $\Delta$  εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ  $A_1$ . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλείνει, ἔφερε δὲν διῆλθεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον. β) Φέρομεν τὸν διακόπτην εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ  $A_2$ . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται διὰ μίαν στιγμὴν καὶ ἀμέσως ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδὲν. Διὰ τοῦ

γαλβανομέτρου διῆλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q. γ) Ἐπαναφέρομεν τὸν διακόπτην  $\Delta$  εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ  $A_1$ . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τώρα κατ' ἀντίθετον φορὰν καὶ δεικνύει ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διῆλθεν τὸ αὐτὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q, ἀμέσως δὲ ἡ βελόνη ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἔρμηγενονται ώς 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 ὅποια ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται. "Οταν οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μεταξύ των δι' ἑνὸς σύρματος ( $A_1 A$ ) τότε ὁ πυκνωτὴς ἐκκινεῖται 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 ὅποιον ἀποταμεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὅποιον ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ καλεῖται ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ.

**211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.**—Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους γεννητριῶν, αἱ ὅποιαι ἔχουν διαφόρους ἡλεκτρεγερτικὰς δύναμεις (σχ. 245), εύρισκομεν διὰ τοῦ βαλλιστικοῦ γαλβανομέτρου ὅτι :



Σχ. 245. Φόρτισις καὶ ἐκφόρτισις πυκνωτοῦ.

Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον  $Q$  τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ  $U$  μεταξὺ τῶν δύο ὁπλισμῶν του.

$$\text{ἡλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ: } Q = C \cdot U$$

ὅπου  $C$  εἶναι συντελεστὴς χαρακτηριστικὸς τοῦ πυκνωτοῦ καὶ καλεῖται χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ (κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὴν χωρητικότητα ἀγωγοῦ § 145). Ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ μετρεῖται εἰς Farad (ἢ microfarad) καὶ φανερώνει πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ ὁ πυκνωτὴς, διὰ νὰ αἰξθῇ 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 ( $\sigma$ ) τῶν ἀπέναντι ὀλλήλων ὁπλισμῶν του, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ πάχος ( $l$ ) τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.

$$\text{χωρητικότης πυκνωτοῦ: } C = \epsilon \cdot \frac{\sigma}{4\pi l}$$

Ο συντελεστὴς ε ἀναφέρεται εἰς τὸ διηλεκτρικὸν καὶ καλεῖται διηλεκτρικὴ σταθερά. Διὰ τὸν ἀέρα εἶναι  $\epsilon = 1$ .

Διηλεκτρικὴ σταθερά			
Ἄηρ	1	Μαρμαρυγίας	6 - 8
Παραφίνη	2,1	"Γαλος	5 - 7
Χάρτης	2,5	Οινόπνευμα	25
Ἐβονίτης	2,6	"Τδωρ	80

Παράδειγμα. Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτῖνος 20 cm, χωρίζονται μὲν πλάκα ύψους 2 mm. Διὰ τὴν ὕψος εἶναι  $\epsilon = 6$ . Ὁ πυκνωτὴς οὗτος ἔχει χωρητικότητα:

$$C = \frac{6 \cdot 400 \pi}{4\pi \cdot 0,2} = 3000 \text{ C.G.S.}$$

$$\text{ἢ } C = \frac{3 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^5} = \frac{1}{300} \mu\text{F}$$

212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—"Οπως εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνδεικνύεται,

γοῦ, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, οὗτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ, εὑρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτής κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ, εἶναι :

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

Οὕτως, ἂν ἡ χωρητικότης ἑνὸς 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 :

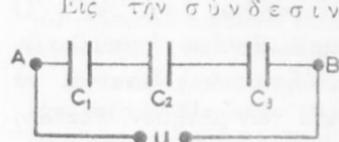
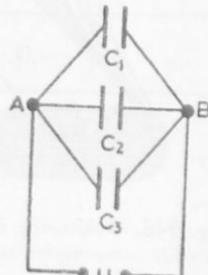
$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^6} \cdot (10\,000)^2 = 50 \text{ Joule}$$

**213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.** — Διὰ τῆς συνδέσεως πολλῶν πυκνωτῶν λαμβάνομεν συστοιχίαν πυκνωτῶν. Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 246. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἔκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης  $C_{\text{ολ}}$  τῆς συστοιχίας εἴναι :

$$C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$$

Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ σειρὰν σχ. 246. Σύνδεσις πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ. οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἔκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ δούλια ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης  $C_{\text{ολ}}$  τῆς συστοιχίας εὑρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\frac{1}{C_{\text{ολ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$



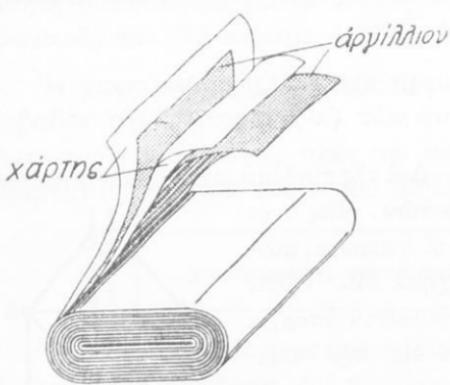
Σχ. 247. Σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειράν.

— 'Ο ἀνωτέρω ἔξετασθεὶς πυκνωτής Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

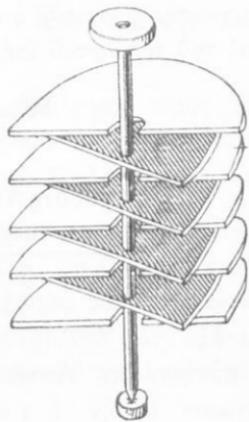
**214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.** — 'Ο ἀνωτέρω ἔξετασθεὶς πυκνωτής

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

καλεῖται καὶ ἐπίπεδος πυκνωτής. Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς γρηγοριοποιοῦνται διάφοροι μορφαὶ πυκνωτῶν. Ὁ φυλλὸς πυκνωτὴς πυκνωτής ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο στενὰ καὶ ἐπιμήκη φύλλα ἀργιλλίου, μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεντίθεται ὡς διηλεκτρικὸν μία τανία ἐκ παραφινωμένου γάρτου (σχ. 248). Οἱ ὄπλισμοὶ καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὅστε ὁ πυκνωτὴς νὰ ἔχῃ μικρὸν ὅγκον. Οἱ μεταβλητοὶ πυκνωταὶ ἔχουν συνήθως ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρα. Ὁ εἶς ὄπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σειρὰν ἀκινήτων ἡμικυκλικῶν



Σχ. 248. Φυλλωτός πυκνωτής.



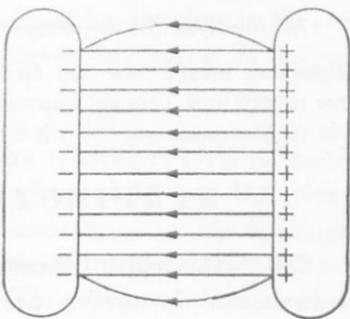
Σχ. 249. Μεταβλητός πυκνωτής.

πλακῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται μὲν μεταλλικὰς ράβδους (σχ. 249). Ὁ ἄλλος ὄπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὁμοίων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι στερεωμέναι ἐπὶ ἀξονος καὶ δύνανται νὰ εἰσάγωνται περισσότερον ἢ διιγώτερον μεταξὺ τῶν μονίμων πλακῶν. Διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ κινητοῦ ὄπλισμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ τοιοῦτοι πυκνωταὶ γρηγοριοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις γρηγοριοποιοῦνται πυκνωταὶ μὲν ὑγρὰ διηλεκτρικὰ (π.χ. ὀρυκτέλαιον).

**215. Ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον.**—“Οταν ὁ πυκνωτὴς εἶναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὄπλισμῶν του ὑπάρχουν ἵσα ἔτερώνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

τῶν ὄπλισμῶν, αἱ ὄποιαι εὑρίσκονται ἀπέναντι ἀλλήλων ( σχ. 250 ). Μεταξὺ τῶν δύο παραλήλων ὄπλισμῶν συγματίζεται ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὄποιου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι εὐθεῖαι παράλληλοι, η δὲ ἔντασις κύτου εἶναι σταθερὴ. Εὑρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἔντασις ( $E$ ) τοῦ ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὄποιον σχηματίζεται μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν τοῦ ἐπιπέδου πυκνωτοῦ εἶναι ἵση μὲ τὸ πηγίκον τῆς τάσεως ( $U$ ) μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν διὰ τῆς ἀποστάσεως ( $l$ ) τῶν δύο ὄπλισμῶν.



Σχ. 250. Μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ σχηματίζεται ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον.

$$\text{ἔντασις ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου : } E = \frac{U}{l}$$

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

172. Ἐκαστος τῶν ὄπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ ἔχει ἑπιφάνειαν  $100 \text{ cm}^2$ . Μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν ὑπάρχει στρῶμα ἀέρος πάχους  $1 \text{ mm}$ . Ο εἰς ὄπλισμὸς τοῦ πυκνωτοῦ συνδέεται μὲ τὴν γῆν, ὁ δὲ ἀλλος μὲ πηγὴν ἔχουσαν σταθερὸν δυναμικὸν  $600 \text{ Volt}$ . Πόση εἶναι ἡ χωρητικότης καὶ τὸ φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ;

173. Δύο φύλλα ἀργιλλίου ἔχοντα διαστάσεις  $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  εἶναι ἐπικόλλητα μέντα ἐπὶ τῶν δύο δψεων παραφινωμένου χάρτου, ἔχοντος πάχος  $0,2 \text{ mm}$  καὶ διηλεκτρικὴν σταθεράν  $2,5$ . Πόση εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ;

174. Πυκνωτής ἔχει χωρητικότητα  $25 \mu\text{F}$ . Πόση διαφορὰ δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ οὗτος φορτίον  $0,001 \text{ Cb}$ ; Πόσην ἐνέργειαν ἔχει τότε ὁ πυκνωτής;

175. Τρεῖς πυκνωταὶ ἔχουν χωρητικότητα  $1 \mu\text{F}$ ,  $2 \mu\text{F}$  καὶ  $3 \mu\text{F}$ . Πόση εἶναι ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας, ὅταν οἱ πυκνωταὶ συνδεθοῦν παραλήλως ἡ κατὰ σειράν;

176. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν πυκνωτοῦ εἶναι  $4 \text{ cm}$  καὶ μεταξὺ αὐτῶν ὑπάρχει τάσις  $60 \text{ Volt}$ . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις  $E$  τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου;

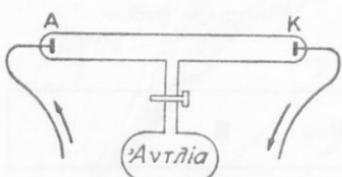
177. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ εἶναι  $3 \text{ cm}$ .

Πόση πρέπει νά είναι εις Volt ή μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν τάσις, ώστε ή ἔντασις τοῦ παραγομένου δύναμούς ήλεκτρικοῦ πεδίου νά είναι ἵση μὲ 10 C.G.S.:

178. Μία ήλεκτρισμένη σταγών ἐλαίου, ἔχουσα μᾶζαν  $\frac{12}{10^{12}}$  gr, διατηρεῖται αἰώρουμένη μεταξύ τῶν δύο δριζοντίων ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ, οἱ ὅποιοι ἀπέχουν μεταξύ τῶν 2 επι καὶ παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικοῦ 3 000 Volt. Πόσον είναι τὸ ήλεκτρικὸν φορτίον τῆς σταγύονος; g = 980 G.S.

### Α ΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—"Οὐαὶ τὰ ἀέρια ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν εἶναι μονωταί. "Ας ἐξετάσωμεν ὃν τὸ ἀέρια ἔξακολουθοῦν νά ἔχουν τὴν ἰδιότητα αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσίς τῶν εἶναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπικήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὃ ὅποιος



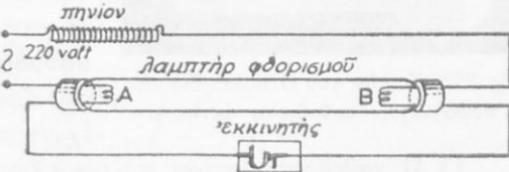
Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἡλεκτρικῶν ἐκκενώσεων.

εἰς τὰ δύο ἄκρα του φέρει συντετηγμένα δύο μεταλλικὰ ἡλεκτρόδια A (ἀνοδος) καὶ K (κάθοδος). Εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια ἔφαρμόζομεν τάσιν πολλῶν χιλιάδων Volt συνδέοντες αὐτὰ μὲ κατάλληλον πηγήν (π.χ. μὲ τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος ἐνὸς ἐπαγγειοῦ πηγίου).

Διὰ μιᾶς ἀεραντλίας δυνάμεθα νά ἐλαττώμωμεν προοδευτικῶς τὴν πίεσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. "Οταν ἡ πίεσίς τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἵση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, δὲν παραρητοῦμεν κανὲν φαινόμενον ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. "Οταν δύμως 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, ὃ σωλὴν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν στήλην, ἡ ὅποια καλεῖται θετικὴ στήλη. "Ολόκληρος τότε ὁ σωλὴν ἐκπέμπει δύμοιμορφον φῶς (σωλὴν Geissler). "Οταν δύμως ἡ πίεσίς γίνη μικροτέρα τῶν 10 mm Hg, τότε ἡ θετικὴ στήλη ἀρχίζει νά διπλοθυρωῇ πρὸς τὴν ἀνοδὸν καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτειναὶ περιοχαί. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσίς γίνη ἵση μὲ 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἀνωτέρω φωτεινὰ φαινόμενα ἔξαφανίζονται, τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινὸν καὶ μόνον τὰ τοιχώματα

τοῦ σωλῆνος, τὰ εύρισκόμενα ὀπένωντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἐκπέμπουν ἀσθενὲς πράσινον φῶς. Ὁ σωλήνη, ὅταν φθάσῃ εἰς αὐτὸν τὸν βαθὺ μὲν τῆς ἀραιώσεως, δύναμά την οὐκέται σωλὴν Crookes. Εἰς τὴν παρατίθεμένην ἑκτὸς κειμένου ἔγγρωμον εἰκόνα δεικνύονται τὰ διάφορα στόδια τῆς ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως.

**217. Λαμπτήρες μὲ ἀραιὸν ἀέριον** — "Οταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος περιεχόμενον ἀέριον ἔχῃ πίεσιν περίπου ἵσην μὲ 10 mm Hg, τότε ἡ διεργομένη διὰ τοῦ ἀερίου ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις προκαλεῖ τὴν ὁμοιόμορφον φωτοβολίαν τοῦ ἀερίου. Ἡ θερμοκρασία τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου εἶναι χαμηλὴ (κατωτέρα τῶν 100° C). Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτὸς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀερίου. Οὕτως ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω συνθήκας ὁ ἀρότρος φωτοβολεῖ ἐκπέμπων ἴόχρουν φῶς, τὸ νέον ἐκπέμπει ὄρατον ὑπέρυθρον φῶς κ.τ.λ. Ἡ δὲ ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διέγερσις τῆς φωτοβολίας ἐνὸς ἀραιοῦ ἀερίου εὐρίσκει σήμερον εύρυτάτην 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 ή σωληνοειδῶν), λειτουργοῦντες ὑπὸ τὴν συνήθη τάσιν τῶν 110 ή 220 Volt. Οἱ χρησιμοποιούμενοι σήμερον λαμπτήρες μὲ ἀραιὸν ἀερίον λειτουργοῦν καὶ μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

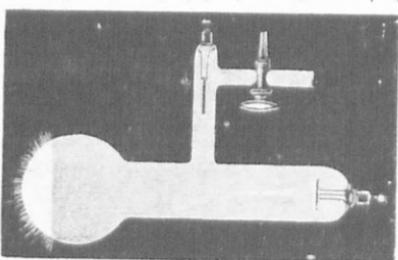


Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ὁ ἐκκινητής κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγῳ διαστολῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἔλάσματος σχήματος U.

Τελευταίως διεδόθη ἡ χρῆσις τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλῆνες, τῶν δόποιων τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα ἐπιχρίσονται μὲ στρῶμα φθορίζοντος σώματος. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἐν εὐγενὲς ἀερίον καὶ μία σταγῶν ὑδραργύρου. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος ὑπάρχουν ἡλεκτρόδια (σχ. 252). Διὰ τὴν ἔναρξιν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἴδιαίτερον σύστημα, τὸ δόποιον καλεῖται ἐκκινητής. Οὗτος κλείει τὸ κύκλωμα τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ λαμπτήρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ συμβάλνει τότε ἐκκένωσις. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ ὑδραργύρου ἐκπέμπουν ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ή ὅποια προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος στρῶματος. Τοῦτο ἐκπέμπει τότε

λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἴσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἴσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Έπι πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἔως 4 φοράς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

**218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.**—Λαμβάνομεν ἔνα σωλῆνα Crookes καταλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὸ δύο ἡλεκτρόδια του ύψη-



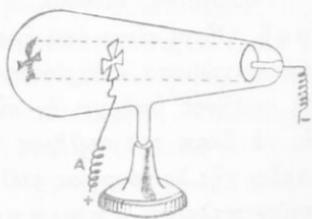
Σχ. 253. Σωλήνη τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.

λήγη τάσιν (σχ. 253). Παρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ ὅποιον εὑρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀδρατοὶ ἀκτινοβολίαι, αἱ ὅποιαι καλοῦνται καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκολούθους ἰδιότητας:

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.γ. τῆς ὕδου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειούχου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὕδωρ περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθύνη σώματας συγματίζεται ἡ σκιὰ τοῦ σώματος, τὴν ὅποιαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς ὀρισμένην περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).

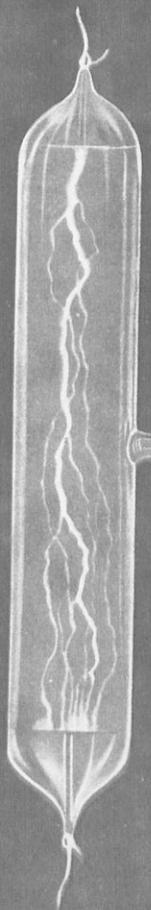


Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

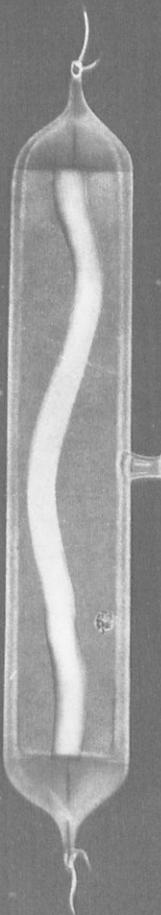
## Διάφοροι φάσεις της ήλεκτρικής έκκενώσεως

1. 'Υπό την άτμοσφαιρικήν πίεσιν ό ήλεκτρικός σπινθήρ είναι διακλαδισμένος.
2. 'Υπό πίεσιν ίσιν μὲ τὸ  $1/4$  τῆς άτμοσφαιρικῆς δ ήλεκτρικός σπινθήρ ἔχει τὴν δψιν ἐγχρώμου φωτεινῆς στήλης.
3. 'Υπό πίεσιν ίσην μὲ τὸ  $1/20$  τῆς άτμοσφαιρικῆς δλον τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ.
4. 'Υπό πίεσιν ίσην μὲ τὸ  $1/1000$  τῆς άτμοσφαιρικῆς ἐμφανίζονται σκοτειναὶ περιοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος.
5. 'Υπό πίεσιν ίσην μὲ τὸ  $1/1000$  τῆς άτμοσφαιρικῆς τὸ στενόν τμῆμα τοῦ σωλῆνος φωτοβολεῖ ισχυρότερον.

ΚΑΘΟΔΟΙ (-)



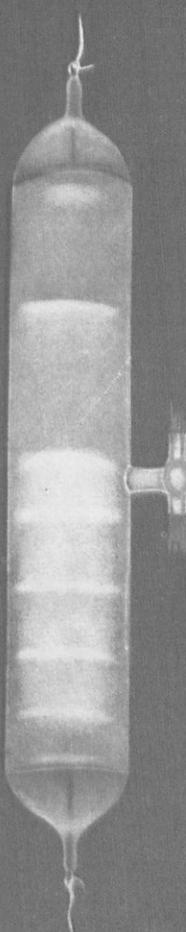
2



3



4



5



ΑΝΟΔΟΙ (+)

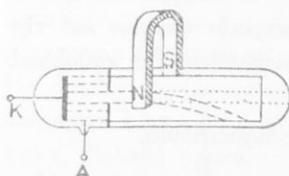


4) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

5) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα. Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβάλλωμεν εὐκίνητον μάλιον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

6) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν διεισδυτικὴν ἵκανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι πῆγα καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλῆνος ἀνοιγομενὸν ὅπήν, τὴν ὁποίαν κλείσιμεν μὲ λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5 cm ἀπὸ τῆς ὁπῆς.

7) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.



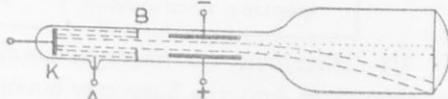
Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

Θὰ ὑφίστατο ρεῦμα ἔχον φορὰν ἐκ τῆς ἀνόδου A πρὸς τὴν κάθοδον K.

8) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Η ἐκτροπὴ αὐτὴ ἀποδεικνύεται, ἐὰν μία λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων διέλθῃ μεταξὺ τῶν διπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εὑρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἐκτρέπονται τότε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐλκήμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν διπλισμὸν 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 ἀρνητικὰ 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 συνδεδεμένος μὲ ἡλεκτροσκόπιον, εὑρίσκεται ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτρίζεται ἀρνητικῶς.

10) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀπὸ τελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἀρνητικῶν ἡλεκτρικῶν ἀποτελοῦνται μᾶζαν. Ὅταν αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχονται μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὑφίστανται ὑπὸ τοῦ ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἐκτροπήν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐκτροπήν, τὴν ὅποιαν ὑφίσταται ἐν σῶμα ἔνεκα τῆς ἐλέσεως τῆς Γῆς, ὅταν τὸ σῶμα βάλλεται ὄριζοντίως.

\*Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα, τὰ διποῖα κινοῦνται εὐθυγράμμως.

**219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.**— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσε νὰ προσδιορίσῃ τὴν μᾶζαν, τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ τὴν ταχύτητα τῶν σωματιδίων, ἐκ τῶν ὄποιων 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 ύδρογόνου, ἥτοι εἶναι ἵση μὲ  $9,1 \cdot 10^{-28}$  gr.

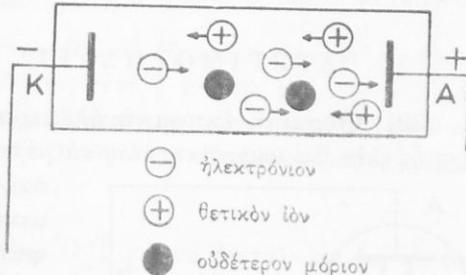
III. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἵσον μὲ τὸ στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Coulomb.

μᾶζα ἡλεκτρονίου	:	$m = 9,1 \cdot 10^{-28}$ gr
φορτίον ἡλεκτρονίου	:	$e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb

VI. Ἡ ταχύτης τῶν ἡλεκτρονίων εἶναι 20000 ἕως 100000 km/sec καὶ ἔξαρταται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἥ ὅποια ὑπάρχει μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου.

**220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.**— "Ενεκα διαφόρων αἰτίων ἀπὸ μερικὰ μόρια τῶν ἀερίων διαφεύγει ἐν ἡλεκτρόνιον καὶ

ούτω τὰ μόρια αὐτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικὰ ίόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ἡλεκτρόνιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μόριον, τὸ ὅποῖον οὔτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ίόν. "Ωστε μεταξὺ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ ἀερίου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ιόντων. "Οταν τὸ ἀέριον εύρεθῇ ἐντὸς τοῦ ισχυροῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὅποῖον δημιουργεῖται μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ ἀερίου ιόντα κατεύθυνονται πρὸς τὸ ἐν ἡ τὸ ἄλλο ἡλεκτρόδιον ἀναλόγως πρὸς τὸ εἴδος τοῦ φορτίου των. Τὰ ίόντα αὐτὰ συγκρούονται μὲν οὐδέτερα μόρια τοῦ ἀερίου. "Ενεκα τῆς συγκρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ ἀερίου ἐκφεύγουν ἡλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ίόν (σχ. 258). Τὰ οὔτως ἐλευθερωθέντα ἡλεκτρόνια ἀποκτοῦν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἔνοδον συγκρούονται μὲν μόρια τοῦ ἀερίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων καὶ θετικῶν ιόντων, δηλαδὴ προκαλοῦν ιονισμὸν τοῦ ἀερίου.



Σχ. 258. Ιονισμὸς τοῦ ἀερίου διὰ κρούσεως.

Τὰ θετικὰ ίόντα φθάνουν εἰς τὴν κάθοδον καὶ παραλαμβάνουν ἐξ αὐτῆς ἡλεκτρόνια διὰ τὴν ἔξουδετέρωσίν των· τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ ἐκφεύγουν μετ' ὀλίγον κατὰ μίαν νέαν σύγκρουσιν τῶν μορίων μὲ ταχέως κινούμενα ἡλεκτρόνια. "Ωστε:

"Η παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλῆνος Crookes ὄφειλεται εἰς ιονισμὸν τοῦ ἀερίου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (Ιονισμὸς κρούσεως).

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

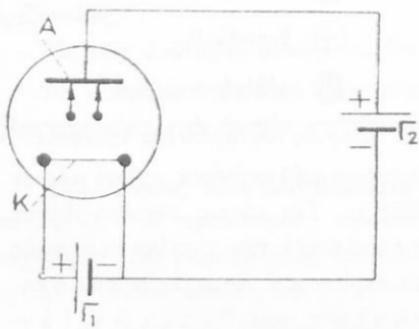
179. Εἰς ἓνα σωλῆνα Crookes ὑπάρχει μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου τάσις  $U = 100\,000$  Volt. Πόσην ταχύτητα ἀποκτᾷ ἐν ἡλεκτρόνιον, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου; Μᾶζα ἡλεκτρονίου  $m = 9 \cdot 10^{-28}$  gr. Φορτίον ἡλεκτρονίου κατ' ὀπόλιτον τιμήν:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Cb.

180. Πόσην κινητικήν ένέργειαν έχει ἐν ήλεκτρονίον κινούμενον μὲ ταχύτητα  $v = 100\,000 \text{ km/sec}$ ; Μᾶζα ήλεκτρονίου  $m = 9 \cdot 10^{-28} \text{ gr}$ .

181. Ήλεκτρόνιον κινεῖται μὲ ταχύτητα  $v = 60\,000 \text{ km/sec}$  ἐντὸς διογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Τὶ τρχιάν διαγράφει τὸ ήλεκτρόνιο; Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ στοιχεῖα τῆς τροχιᾶς. Μᾶζα ήλεκτρονίου  $m = 9 \cdot 10^{-28} \text{ gr}$ . Φορτίον ήλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμῆν:  $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$ . Ἐντασίς μαγνητικοῦ πεδίου  $H = 150 \text{ Gauss}$ .

### ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ

221. Θερμικὴ ἔκπομπὴ ηλεκτρονίων.— "Οταν ἐν μέταλλον ἔχῃ ύψη λὴν θερμοκρασίαν, τότε τὸ μέταλλον ἔκπεμπει ηλεκτρόνια. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται θερμικὴ ἔκπομπὴ ηλεκτρονίων ἡ φαινόμενον Edisson καὶ παρατηρεῖται εὐκόλως μὲ τὴν διατάξιν τοῦ σχήματος 259. Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ οὐέρα οὐάρχει μεταλλικὸν σύρμα K, τὸ ὅποιον διαπυρώνεται διὰ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὅποιον παρέχει ἡ γεννήτρια  $\Gamma_1$ . Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει καὶ μία μεταλλικὴ πλάκα A, ἡ ὅποια συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον ἴσχυρᾶς γεννητρίας  $\Gamma_2$ , τῆς ὅποιας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας  $\Gamma_1$ . Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς A διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἔξηγεται ως ἔξηξ: Τὸ διάπυρον σύρμα K ἔκπεμπει ηλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἔλκονται ὑπὸ τῆς πλακὸς A καὶ οὕτω κλείσται τὸ κύκλωμα. Ἐὰν ὅμως διακόψωμεν τὴν σύνδεσιν τῆς πλακὸς A μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας  $\Gamma_2$ , τότε διακόπτεται καὶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακός. Διότι τὰ ηλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἔκπεμπει τὸ διάπυρον σύρμα K, σχηματίζουν πέριξ τοῦ σύρματος «νέφος ηλεκτρονίων», τὸ ὅποιον ἀναγκάζει τὰ ἔξεργά μεν νέα ηλεκτρόνια νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτως εἰς τὴν πλάκα A δὲν φθάνουν ηλεκτρόνια. Ὁ ἀνωτέρω χρησιμοποιηθεὶς σωλὴν καλεῖται δίοδος ηλεκτρονικὸς σωλὴν ἡ καὶ δίοδος λυχνία, ἐπειδὴ ἔχει δύο ηλεκτρόδια. τὸ σύρμα καὶ τὴν πλάκα. Τὸ σύρμα K καλεῖται κάθοδος,



Σχ. 259. Θερμικὴ ἔκπομπὴ ηλεκτρονίων.

πλάκα A, ἡ ὅποια συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον ἴσχυρᾶς γεννητρίας  $\Gamma_2$ , τῆς ὅποιας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας  $\Gamma_1$ . Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς A διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἔξηγεται ως ἔξηξ: Τὸ διάπυρον σύρμα K ἔκπεμπει ηλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἔλκονται ὑπὸ τῆς πλακὸς A καὶ οὕτω κλείσται τὸ κύκλωμα. Ἐὰν ὅμως διακόψωμεν τὴν σύνδεσιν τῆς πλακὸς A μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας  $\Gamma_2$ , τότε διακόπτεται καὶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακός. Διότι τὰ ηλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἔκπεμπει τὸ διάπυρον σύρμα K, σχηματίζουν πέριξ τοῦ σύρματος «νέφος ηλεκτρονίων», τὸ ὅποιον ἀναγκάζει τὰ ἔξεργά μεν νέα ηλεκτρόνια νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτως εἰς τὴν πλάκα A δὲν φθάνουν ηλεκτρόνια. Ὁ ἀνωτέρω χρησιμοποιηθεὶς σωλὴν καλεῖται δίοδος ηλεκτρονικὸς σωλὴν ἡ καὶ δίοδος λυχνία, ἐπειδὴ ἔχει δύο ηλεκτρόδια. τὸ σύρμα καὶ τὴν πλάκα. Τὸ σύρμα K καλεῖται κάθοδος,

ή δὲ πλάξ Α καλεῖται **άνοδος**. Τὸ ρεῦμα, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύλωμα τῆς πλακός, καλεῖται **άνοδικὸν ρεῦμα**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξε λοιπὸν ὅτι :

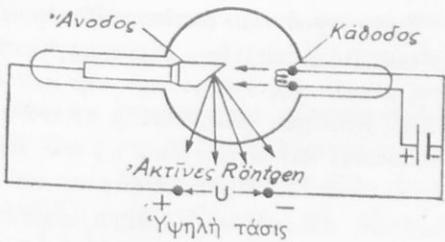
Τὰ μέταλλα εἰς ύψηλὴν θερμοκρασίαν ἐκπέμπουν ἡλεκτρόνια. Οἱ ὄριθμοὶ τῶν κατὰ μονάδα χρόνου ἐκπεμπομένων ἡλεκτρονίων αὔξενται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Εἰς τὴν δίσοδον λυχνίαν, ὅταν ὅλα τὰ ἔξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια φθάνουν εἰς τὴν ἄνοδον, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην τιμήν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ρεῦμα κακού**. Η θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων εὑρίσκει σήμερον πολλὰς ἐφαρμογὰς.

**222. Ἀκτῖνες Röntgen.**— Οἱ Röntgen ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ τοιῷματα τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐκπέμπουν μίαν νέαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὥσπερ ἐπεκράτησεν νὰ καλῆται **ἀκτῖνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι :

“Οταν ταχέως κινούμενα ἡλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτῖνας Röntgen.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐχρησιμοποιοῦντο κατ’ ἀρχὰς καθοδικοὶ σωλῆνες. Σήμερον χρησιμοποιοῦνται οἱ **σωλῆνες Coolidge**, οἱ ὅποιοι εἶναι σωλῆνες κενοῦ, τὰ δὲ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος ἡλεκτρόνια τὰ παρέχει μία διαπυρουμένη **κάθοδος** (σχ. 260). Απέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βιολφράμιον), ὃ ὅποιος ἀποτελεῖ τὴν **άνοδον**. Αὕτη συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ύψηλῆς τάσεως (50 000 ἔως 250 000 Volt). Τὸ μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου παραγόμενον ἴσχυρὸν ἡλεκτρικὸν πεδίον προσδίδει πολὺ μεγάλην ταχύτητα εἰς τὰ ἔξερχόμενα ἀπὸ τὴν καθόδον 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 ἑξῆς ίδιότητας :

1) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων, ὅπως π.χ. τοῦ κυανιούχου βαριολευκοχρύσου.

2) Προκαλοῦν χημικὰ φαινόμενα καὶ προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Οὕτω π.χ. προκαλοῦν μεταβολὴν τοῦ χρώματος διαφόρων πολυτίμων λίθων.

3) Προκαλοῦν ἵσχυρὸν ιονισμὸν τῶν ἀερίων καὶ διὰ τοῦτο καθιστοῦν τὸν ἀέρα ἀγωγόν, ἔνεκα τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων λόντων.

4) Διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταφέρουν ἡλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἐπιδροῦν ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώντων ὄργανισμῶν καὶ προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις.

6) Ἐχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ικανότητα καὶ διέρχονται διὰ μέσου σωμάτων, τὰ ὅποια εἶναι ἀδιαφανῆ διὰ τὸ φῶς. Τὰ σώματα τὰ ἀποτελούμενα ἀπὸ στοιχεῖα μὲν μικρὸν ἀτομικὸν βάρος (π.χ. οἱ ὑδατάνθρακες καὶ τὰ λευκώματα) εἶναι πολὺ διαφανῆ εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Γενικῶς ἡ διαφάνεια τῶν σωμάτων εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen ἐλαττώνεται, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὅποιων ἀποτελεῖται τὸ σῶμα.

Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ διεισδυτικὴ ικανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου. Αἱ διαιρώτερον διεισδυτικαὶ ἀκτῖνες Röntgen καλοῦνται μαλακαὶ ἀκτῖνες, αἱ δὲ περισσότερον διεισδυτικαὶ καλοῦνται σκληραὶ ἀκτῖνες. Ἡ διεισδυτικὴ ικανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἔχει τὰς τὴν φύσιν τῶν διαφόρων σωμάτων. Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εὑρίσκουν σήμερον εύρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν Ιατρικήν. Ἐμπροσθεν τοῦ σωληνοῦ παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen τοποθετεῖται ὑαλίνη πλάξη, τῆς δοπιάς ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲν στρῶμα κυανιούχου βαριολευκοχρύσου. Ἐὰν μεταξὺ τοῦ σωληνοῦ καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοποθετήσωμεν τὴν γείρα μας, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματίζεται ἡ τιμὴ τῶν διστῶν

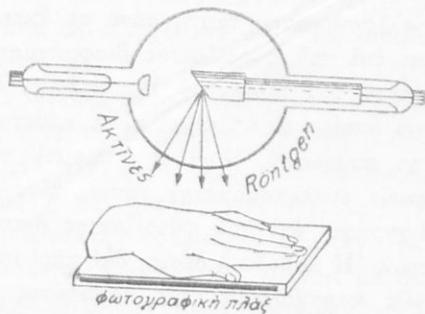
τῆς χειρός, διότι αἱ σάρκες εἶναι διαφανεῖς εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ ἀκτινοσκόπησις (σχ. 261). Εάν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφραγμα μὲ φωτογραφικὴν πλάκα, τότε ἐπὶ τῆς πλακός ἀποτυπώνεται ὁ σκελετὸς τῆς χειρός. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ ἀκτινογραφία. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν δοαφόρους βιολογικὰς δράσεις, διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται πρὸς θεραπευτικούς σκοπούς. Γενικῶς αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen εἰς τὴν ἰατρικὴν ἀποτελοῦν σήμερον ἴδιαιτερον κλάδον (**ἀκτινολογία**). Εἰς διαφόρους κλάδους τῆς τεχνικῆς χρησιμοποιοῦνται ἐπί-

σης αἱ ἀκτῖνες Röntgen διὰ τὴν μελέτην διαφόρων ὑλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἐρεύνας καὶ ἴδιαιτέρως διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

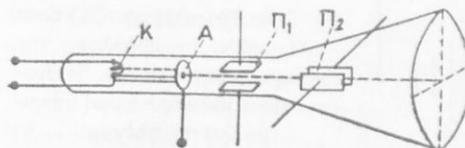
**223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.**— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀδρατοί ἀκτινοβολίαι, τελείως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ἔχουσα πολὺ μικρὰ μήκη κύματος (μικρότερα τοῦ  $0,01 \mu = 100 \text{ Å}$ ).

**224. Σωλὴν Braun.**— Ὁ σωλὴν Braun εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἐν ἔκρον του φέρει διαπυρουμένην κάθοδον K, τὸ δὲ ἄλλο ἔκρον του κλείεται μὲ φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262.). Ἡ ἀνοδος εἶναι δίσκος, ὁ ὅποιος εἰς τὸ μέσον του φέρει μικρὰν δύπην. Τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια διέρ-



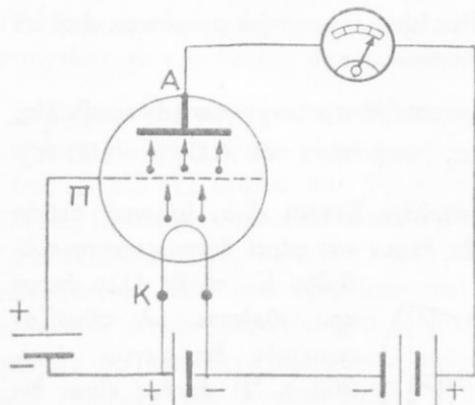
Σχ. 261. Ἀκτινοσκόπησις.



Σχ. 262. Σωλὴν Braun.

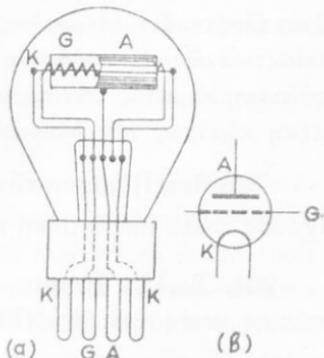
χονται διὰ τῆς ὀπῆς, ἀποτελοῦν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς ἐπιπέδου πυκνωτοῦ  $\Pi_1$ . "Οταν ὁ πυκνωτὴς  $\Pi_1$  εἶναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη, εἶναι εὐθύγραμμος. Ἐὰν δὲ οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ  $\Pi_1$  ὑπάρχει δεύτερος ἐπίπεδος πυκνωτὴς  $\Pi_2$ , τοῦ ὅποιου οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐὰν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ  $\Pi_2$  ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὄριζοντίαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἀδράνειαν καὶ συνεπῶς παρακολουθεῖ τὰς ταχυτάτας μεταβολὰς τῆς τάσεως τῶν δύο πυκνωτῶν. Οὕτω τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης δύναται νὰ μετακινήται ταχύτατα καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Ὁ σωλὴν Braun χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (σπουδὴ ταχέως ἐναλλασσομένων ρευμάτων, δέκτης ραντάρ, τηλεόρασις κ.ἄ.).

**225. Τρίοδος λυχνία.**— Ἡ τρίοδος λυχνία εἶναι κοινὴ δίοδος λυχνία, εἰς τὴν ὅποιαν ἔχει προστεθῆ τρίτον ἡλεκτρόδιον. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίοδος λυχνία.

καὶ παρεμβάλλεται μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ



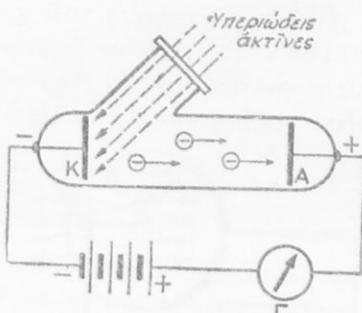
Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδὲς, περιβάλλον τὴν διαπυρουμένην κάθοδον. Ἡ διοδὸς εἶναι κυλινδρικὴ καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

πλέγμα αποτελεῖται συνήθως ἀπό σύρμα μολυβδαινίου, τὸ διοῖον ἔχει περιτυλιχῆ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον (σχ. 264). "Εξαθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνοδος, ἡ ὥποια ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Εἳς συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου καὶ ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐνισχύεται. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ πλέγμα συνδεθῇ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐξασθενίζει σημαντικῶς ἢ καὶ διακόπτεται τελείως. Ή τρίοδος λυχνία εὑρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἡλεκτρονικὴ λυχνία μὲ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράοδος, πεντάοδος, ὄκταοδος κ.τ.λ. λυχνία).

**226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.**— Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἡλεκτρόδια, τὰ διοῖα 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 δρείλεται εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ διοῖα ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται **φωτοηλεκτρόνια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι :

"Οταν ἐπὶ τῶν μετάλλων προσπίπτουν ἀκτινοβολίαι (φωτειναί, ὑπεριώδεις, Röntgen), τότε ἀποσπῶνται ἐκ τῶν μετάλλων ἡλεκτρόνια.

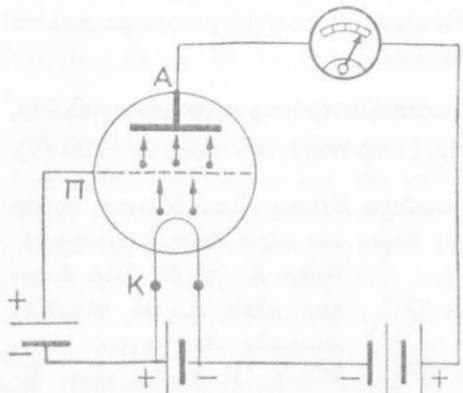
Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**. Ἰδιαιτέρως ἀπὸ τὸ καίσιον, τὸ ρουβίδιον, καὶ τὸ κάλιον ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια, ὅταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτουν ὁ ραταὶ ἀκτινοβολίαι. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι :



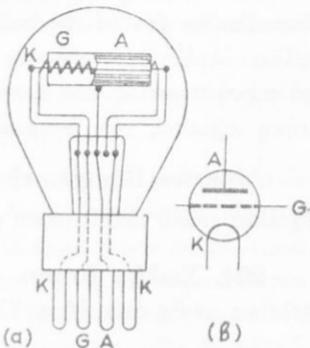
Σχ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον K ἀποσπῶνται ἡλεκτρόνια.

χονται διὰ τῆς ὀπῆς, ἀποτελοῦν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς ἐπιπέδου πυκνωτοῦ  $\Pi_1$ . "Οταν ὁ πυκνωτής  $\Pi_1$  εἶναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη, εἶναι εὐθύγραμμος. Ἐάν δὲ οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ  $\Pi_1$  ὑπάρχει δεύτερος ἐπίπεδος πυκνωτής  $\Pi_2$ , τοῦ ὅποιου οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐάν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ  $\Pi_2$  ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὄριζοντιαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἀδράνειαν καὶ συνεπῶς παρακολουθεῖ τὰς ταχυτάτας μεταβολὰς τῆς τάσεως τῶν δύο πυκνωτῶν. Οὕτω τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης δύναται νὰ μετακινῆται ταχύτατα καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Ὁ σωλὴν Braun χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (σπουδὴ ταχέως ἐναλλασσομένων ρευμάτων, δέκτης ραντάρ, τηλεόρασις κ.ἄ.).

**225. Τρίοδος λυχνία.**— Ἡ τρίοδος λυχνία εἶναι κοινὴ δίοδος λυχνία, εἰς τὴν ὁποίαν ἔχει προστεθῇ τρίτον ἡλεκτρόδιον. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίοδος λυχνία.



Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδὲς, περιβάλλον τὴν διαπυρουμένην κάθοδον. Ἡ δύοδος εἶναι κυλινδρικὴ καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

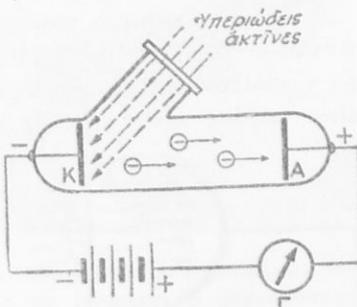
καὶ παρεμβάλλεται μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ

πλέγμα ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύρμα μολυβδανίου, τὸ ὅποῖον ἔχει περιτυλιχθῆ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον (σχ. 264). Ἔξωθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνοδος, ἡ ὅποια ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μὲ τὸν θετικὸν πόλον μᾶς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου καὶ ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐνισχύεται. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ πλέγμα συνδεθῇ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἡλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐξασθενίζει σημαντικῶς ἢ καὶ διαιρόπτεται τελείως. Ἡ κὸν ρεῦμα ἐξασθενίζει σημαντικῶς ἢ καὶ διαιρόπτεται τελείως.

**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 ὀφείλεται εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται φωτοηλεκτρόνια. Τὸ πείραμα Σχ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον K ἀποστῶνται ἡλεκτρόνια.

“Οταν ἐπὶ τῶν μετάλλων προσπίπτουν ἀκτινοβολίαι (φωτεινά, ὑπεριώδεις, Röntgen), τότε ἀποστῶνται ἐκ τῶν μετάλλων ἡλεκτρόνια.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἰδιαιτέρως ἀπὸ τὸ καίσιον, τὸ ρουβίδιον, καὶ τὸ κάλιον ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια, ὅταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτουν ὁ ραταὶ ἀκτινοβολίαι. Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι :



I. Η άποσπασις φωτοηλεκτρονίων από ένα μέταλλον είναι δυνατή μόνον, όταν τὸ μῆκος κύματος τῆς προσπιπτούσης άκτινοβολίας είναι μικρότερον ένδος ώρισμένου μήκους κύματος, τὸ ὅποιον είναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ μέταλλον.

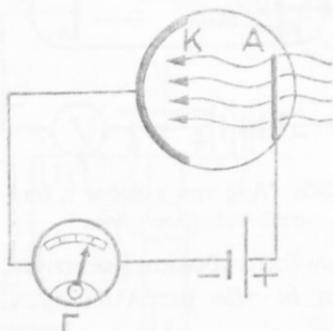
II. Ο ἀριθμὸς τῶν ἀποσπωμένων φωτοηλεκτρονίων είναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ παραγομένου φωτοηλεκτρονίου δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον φωτοηλεκτρικὴν ἔξισωσιν τοῦ Einstein :

$$\text{φωτοηλεκτρικὴ ἔξισωσις Einstein : } \frac{1}{2} mv^2 = hv - W_0$$

ὅπου  $hv$  είναι ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας καὶ  $W_0$  είναι μία σταθερὰ τοῦ μετάλλου. Ἡ σταθερὰ αὕτη καλεῖται  $\epsilon$ ργον ἐξ αγωγῆς, 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, ὃ ὅποιος είναι 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 παρακολουθεῖ τὰς μεταβολὰς τῆς προσπιπτούσης φωτεινῆς ροῆς. Τὰ παραγόμενα ἀσθενῆ ρεύματα ἐνισχύονται διὰ καταλλήλου διατάξεως. Τὸ φωτοκύτταρον είναι σήμερον πολύτιμος συσκευὴ καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφρημογάς (δηλῶν κινηματογράφος, αὐτόματος ἔλεγχος καὶ ρύθμισις τῆς λειτουργίας μηχανῶν, τηλεφωτογραφία, τηλεόρασις, ρύθμισις κυκλοφορίας δρημάτων κ.ἄ.).”

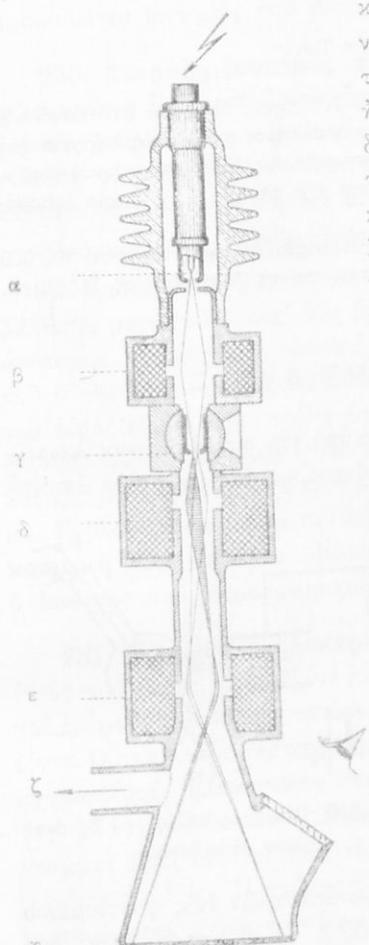


Σχ. 266. Φωτοκύτταρον.

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 μᾶς δέσμης τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Διὰ τοῦτο τὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ αὐτὰ πεδία καλοῦνται ἡλεκτρικοὶ ἢ μαγνητικοὶ φακοί.

Ἐκμετάλλευσις τῶν φακῶν τούτων γίνεται σήμερον εἰς τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον, διὰ τοῦ ὅποιου ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 500 000, ἐνῶ διὰ τῶν καλυτέρων δύτικῶν μικροσκοπίων ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 2 000. Τὸ εἰδῶλον τοῦ ἀντικειμένου λαμβάνε-



Σχ. 267. Τομὴ τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου.

α κάθοδος, β συναγωγὸς φακός, γ ἀντικειμενον, δ ἀντικειμενικὸς φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀντίλια, η φθορίζου διάφραγμα.



Σχ. 268. Φωτογραφία βακτηριοφάγου ληφθείσα μὲ τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.  
Μεγέθυνσις 20 000.

ται εἴτε ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος εἴτε ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Εἰς τὴν συγχριτικὴν διάταξιν 267 οἱ φακοὶ εἰναι πηνία, τὰ ὅποια δημιουργοῦν τὰ κατάλληλα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἔργα στήριξι διανοίγει τελείως νέους ὄρizons.

τας έρευνης (σχ. 268). Τούτο έχει σήμερον ιδιαιτέρα σημασίαν διότι τήν Βιολογίαν και τήν Μικροβιολογίαν.

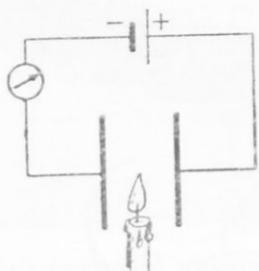
### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εις Ἑνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgeni δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κρούσιν τοῦ ἡλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου ὀλόκληρος ἡ κινητική ἑνέργεια τοῦ ἡλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen συχνότητος ν. Νά εὑρεθῇ σχέσις μεταξὺ τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς τάσεως U, ἡ ὁποία ἔφαρμό-ζεται εἰς τὸν σωλῆνα.

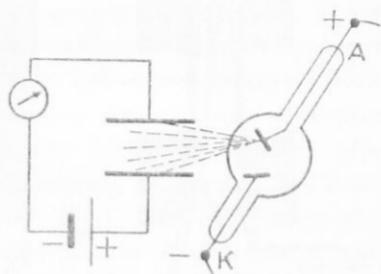
183. Εις Ἑνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἔφαρμόζεται τάσις 500 000 Volt. Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας Röntgen. Σταθερὰ Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$  C.G.S.

### ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ίονισμὸς τοῦ ἀέρος.—Ο ἀὴρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὅμως διαφόρων αἰτίων ὁ ἀὴρ ἀποκτᾷ



Σχ. 269. Ίονισμὸς τοῦ ἀέρος διὰ φλογός.



Σχ. 270. Ίονισμὸς τοῦ ἀέρος διὰ ἀκτίνων Röntgen.

σημαντικὴν ἀγωγιμότητα. Μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ φέρομεν φλόγα κηρίου (σχ. 269). Εἳναν 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 ἴδιον συμβαίνει, ἐὰν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν χῶρον εἰσχωροῦν καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἢ ἀκτῖνες Röntgen (σχ. 270). Η ἀγωγιμότης αὐτὴ τοῦ ἀέρος δρεῖται εἰς ιονισμὸν τοῦ ἀέρος. Έκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι :

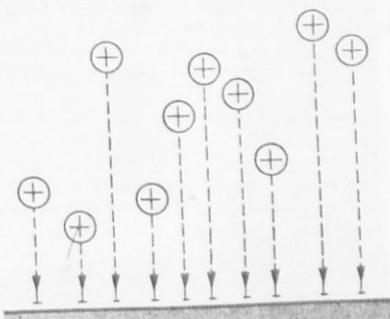
“Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgen ὁ ἀπὸ ἀποκτᾶ ἀγωγιμότητα, ἐπειδὴ προκαλεῖται ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.

**230. Διαρκῆς ιονισμὸς τοῦ ἀέρος.**—“Ἐν ἡλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον ἡλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται, ὅταν παραμείνῃ ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ἡ ἐκφόρτισις εἶναι πολὺ ταχυτέρα ἐντὸς ὑπο-γείων ἢ σπηλαίων καὶ δρείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὑπάρχουν πάντοτε θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἴοντα. “Ωστε :

‘Ο ἀτμοσφαιρικὸς ἀπὸ εἶναι πάντοτε ιονισμένος.

‘Ο ἀριθμὸς τῶν ἴοντων, τὰ δόποια 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 ἵσχυρὸς ιονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕψος τοῦτο δρείλεται εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ δόποια ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸν “Ηλιον, καὶ εἰς μίαν ἰδιαιτέραν ἀκτινοβολίαν, ἡ ὅποια φθάνει εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ ἡ ὅποια καλεῖται κοσμικὴ ἀκτινοβολία. Εἰς τὰ ἀνωτέρω αἴτια ἀποδίδεται γενικῶς ὁ ιονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

**231. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.**—Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ἴοντα, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ἴοντα. Οὕτως ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σχηματίζεται **ἡλεκτρικὸν πεδίον** (σχ. 271), τοῦ δόποιου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ 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. ‘Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ θετικὰ ἴοντα τῆς ἀτμοσφαίρας κινοῦνται διαρκῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους. ‘Αλλὰ τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ δόποια δρείλεται τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.



Του ή τοῦ κατωτέρου τμήματος τῆς ἀτμοσφερᾶς. Τ τροπόπαυσις, Ο στρῶμα δζοντος, Δ στρῶμα Ιονισμένον, Ρ ἡφαιστειακὴ κόνις, Σ ἀνώτατον δριου λυκόφωτος, Ε στρῶμα τοῦ Heaviside. Τὸ πολικὸν σέλας ἐμφανίζεται εἰς ὑψος δινω τῶν 150 km. χρόνως ἐγκαταλείπονται

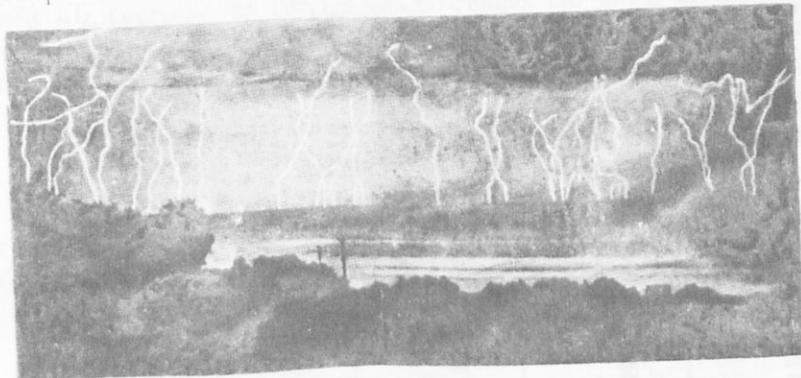
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ἐξαφανίζονται, διότι συνεχῶς ἀναπτηροῦνται ἀπὸ νέα φορτία. Δὲν εἶναι ἀκόμη πλήρως γνωστὸν πῶς γίνεται ἡ ἀναπλήρωσις τῶν φορτίων τούτων. 'Ως μία σημαντικὴ αἰτία τῆς συνεχοῦς παραγωγῆς θετικῶν ἰόντων ἔντὸς τοῦ ἀέρος καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους θεωροῦνται αἱ ἀ στρατηγικὴ 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 ἡ δισεκατομμύρια Volt. 'Η ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ἓνα κεραυνὸν ἀνέρχεται εἰς 20 000 Ampère. 'Υπολογίζεται οτι κατὰ δευτερόλεπτον παράγονται ἐφ' ὀλοκλήρου τοῦ πλανῆτου μᾶς 100 κεραυνοί, οἱ ὅποιοι μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἐδάφος ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐνῶ συγχρόνως ἐγκαταλείπονται

τὸν ἀέρα θετικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἔξης:

I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικὰ φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὅποιου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἰναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἴτια συντέλοιν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γηίνου ἡλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κεραυνοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἐδάφος ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία.

Αλεξικέραυνον. "Οταν ἀνωθεν τοῦ ἐδάφους εύρισκεται νέφος, φέρον σημαντικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἕξ ἐπαγγῆς ἵσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὅποιον συγκεντρώνεται εἰς τὰ ἔξεχοντα 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, ἣ ὅποια καταλήγει εἰς ἀκίδα καὶ συνδέεται δι' ἀγωγοῦ μὲ μεγάλην μεταλλικὴν πλάκα εύρισκομένην εἰς ἀρκετὸν βάθος ἐντὸς τοῦ ἐδάφους. "Οταν δὲ κεραυνὸς πίπτῃ ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεράυνου, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἐδάφος καὶ οὕτως ἀποφεύγεται βλάβη τοῦ κτιρίου (σχ. 272 καὶ 273)."

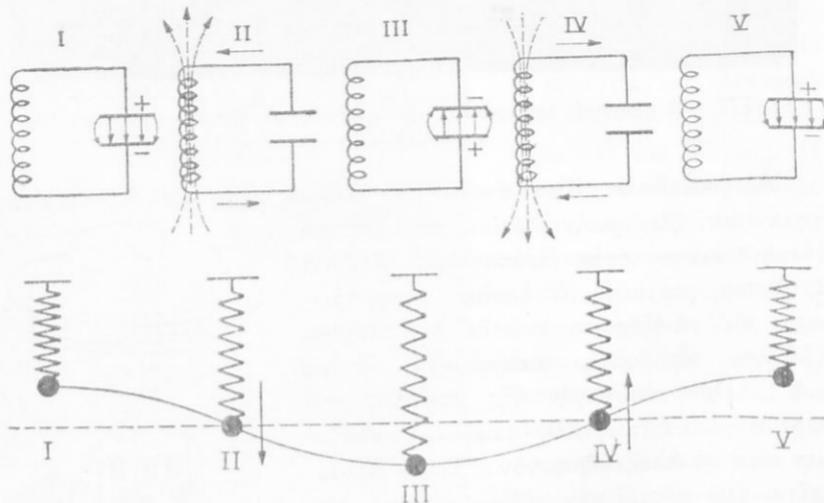


Σχ. 273. Ἀλεξικέραυνον.

**232. Πολικὸν σέλας.**— Καλεῖται πολικὸν σέλας ἐν διπτικὸν φαινόμενον, τὸ διποῖον παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς πολικὰς γώρας. Τὸ πολικὸν σέλας ἔχει τὴν δύνα τερχοστίου φωτεινοῦ τάξου, ἀπὸ τὸ διποῖον κρέμονται φωτεινοὶ κροσσοὶ (βλ. εἰκ. σελ. 254). Ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ παραγωγὴ τοῦ φωτὸς τούτου πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτέλεσμα τῆς συγκρούσεως ἡλεκτρονίων μὲ τὰ μέρια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρου καὶ δξυγόνου. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ τὸν "Ἡλιον καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συγκεντρώνονται εἰς τὰς περὶ τοὺς πόλους περιοχάς.

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

**233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.**— Ἡ συγνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τῶν



Σχ. 274. Εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων συμβαίνουν συνεχεῖς μετατροπαὶ τῆς ἐνέργειας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως καὶ συνεπῶς συμβαίνουν ταλαντώσεις ἡλεκτρικοῦ φορτίου.

ρευμάτων μεταξὺ μεγάλων δρίων. Οὔτω διακρίνομεν τρεῖς κατηγορίας ἐναλλασσομένων ρευμάτων: α) ρεύματα χαμηλῆς συγνότητος, (50 ἔως 10 000 Hz), β) ρεύματα μέσης συγνότητος (10 000 ἔως Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

100 000 Hz) καὶ γ) ρεύματα ύψη λῆσ συχνότητος (ἄνω τῶν 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ύψη λῆσ συχνότητος καλοῦνται καὶ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τὰ ρεύματα αὐτὰ παράγονται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ ἐντὸς κυκλώματος, τὸ ὅποιον περιλαμβάνει πηνίον (σχ. 274). Μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ὑπάρχει καὶ ἀρχὰς ἡλεκτρικὸν πεδίον. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο ὄπλισμοὶ εἶναι συνδεδεμένοι μεταξὺ τῶν διὰ τοῦ πηνίου, ὁ πυκνωτὴς ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον ἔξασθενίζει. Τὸ παραγόμενον ρεῦμα, διεργόμενον διὰ τοῦ πηνίου, παράγει μαγνητικὸν πεδίον. Ὁταν ὁ πυκνωτὴς ἐκφορτισθῇ, τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ συγχρόνως καταργεῖται καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πηνίου. Ἡ κατάρρησις ὅμως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ ρεῦμα ἔξ αὐτεπαγωγῆς ὃ μόρροπον πρὸς τὸ προηγούμενον. Τὸ ἔξ αὐτεπαγωγῆς ρεῦμα προκαλεῖ φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ μὲ ἀντίθετον ὅμως πολικότητα. Ἐπακολουθεῖ τότε νέα ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται διαρκῶς. Οὕτω τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος ύψη λῆσ συχνότητος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

I. Εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον πυκνωτὴν καὶ πηνίον παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἔνεκα τῆς διαρκοῦς μετατροπῆς τῆς ἐνέργειας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως.

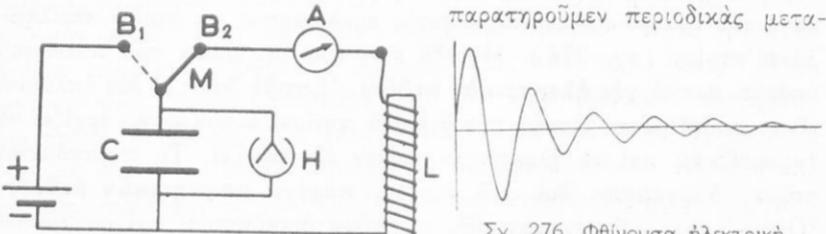
II. Ἡ περίοδος ( $T$ ) τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον τοῦ Thomson :

$$\text{τύπος τοῦ Thomson : } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

ὅπου  $C$  εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ  $L$  ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.

**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 πηνίον ἔχει μεγάλον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς  $L$ , ὥστε ἡ περίοδος  $T$  τῶν ταλαντώσεων νὰ εἶναι ἵση μὲ ὀρκετὰ δευτερόλεπτα. "Οταν ὁ μεταγωγὸς  $M$  φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ

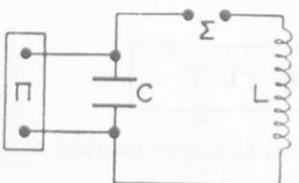
τὸν ἀκροδέκτην  $B_1$ , ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρόμετρον  $H$  δεικνύει τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐὰν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν  $M$  εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην  $B_2$ ,



Σχ. 275. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

παρατηροῦμεν περιοδικὰς μετα-

βολὰς τῆς τάσεως τοῦ πυκνωτοῦ καὶ ἀντιστοίχως περιοδικὰς ταλαντώσεις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου  $A$ . Αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ δεικνύουν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἀλλὰ τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου βαίνει συνεχῶς ἔλαττούμενον. Ἐάρα αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις εἶναι φθίνουσαι καὶ πολὺ ταχέως καταργοῦνται (σχ. 276). Διὰ νὰ παραχθῇ νέα σειρὰ ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, φέρομεν πάλιν τὸν μεταγωγὸν  $M$  εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην  $B_1$ . Ἡ ἀπόσβεσις τῶν ταλαντώσεων δφείλεται εἰς ἀπώλειαν ἐνεργείας. Αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ καλοῦνται φθίνουσαι ἡ ἀποσβεννυμέναι. Διὰ τὴν διαδοχικὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ἀντὶ μεταγωγοῦ, ἡ ἀκόλουθος διάταξις (σχ. 277).



Σχ. 277. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

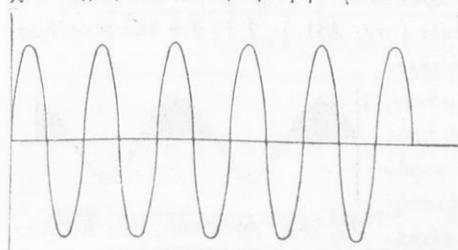
Ο πυκνωτὴς συνδέεται μὲ τὸ δευτερεῦον ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου  $\Pi$ . Εἰς ἐν σημεῖον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ὑπάρχει μικρὰ διακοπὴ  $\Sigma$  τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον ἔκει καταλήγει εἰς δύο μικρὰ μεταλλικὰ σφαίρας. Ἡ διακοπὴ  $\Sigma$  καλεῖται σπινθήριστής, διότι ὅταν ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ λάβῃ τὴν μεγίστην τιμὴν, πυράγεται εἰς τὴν διακοπὴν  $\Sigma$  σπινθήρ. Ο σπινθήρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μία ἀποσβεννυμένη ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις. Ἐὰν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῦον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἴναι  $v = 50$  Hz,

τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθήρες. Εἰς ἔκαστον σπινθήρα ἀντιστοιχεῖ εἰς συρμὸς ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων. "Αρα κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοὶ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).



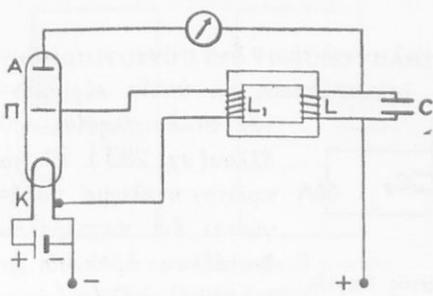
Σχ. 278. Συρμὸς ἀποσβεννυμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

**235. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.** — Ιδιαιτέραν ἀξίαν ἔχει σήμερον ἡ παραγωγὴ ἀμείωτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279).



Σχ. 279. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

Τὸ ἐν ἄκρων συνδέεται μὲ τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν κάθοδον. "Οταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται

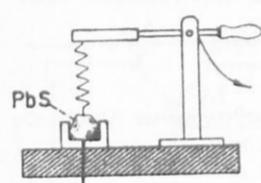


Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἀμείωτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αὗται παράγουν ἐξ ἐπαγγηλῆς ἐντὸς τοῦ πηγίου  $L_1$  ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς συχνότητος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν περιοδικὰς ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμικοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς περιοδικὰς διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ δόποῖον φορτίζει τὸν πυκνωτὴν.

Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὀλίγησις εἰς ἐν ἐκκρεμὲς ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεών του.

236. Πειραματική άπόδειξης τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.— Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξην τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων,



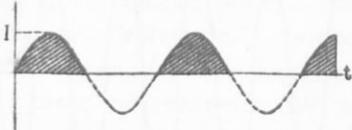
Σχ. 281. Κρυσταλλικὸς φωρατής.

αἱ ὅποιαι διαρρέουν ἐν κύκλῳ μαχαρί, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρος πυρακτώσεως. "Αλλῃ ἀπλῇ διάταξις εἶναι ὁ κρυσταλλικὸς φωρατής. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρύσταλλον γαληνίτου (PbS), ὁ ὅποῖος εὑρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς θήκης στηριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος.

'Ἐπι τοῦ κρυστάλλου στηρίζεται ἐλαφρῶς πιε-

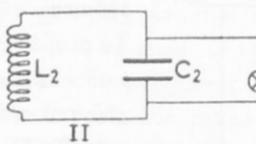
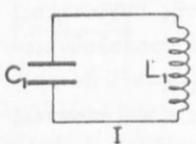
ζομένη δί' ἐλατηρίου μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). 'Εὰν διὰ τοῦ συστήματος τούτου διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον

ρεῦμα, τότε τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον, ὅταν ἔχῃ φορὰν ἐκ τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐνῶ κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ συστήματος. Οὕτως ὁ 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), ἢτοι προκαλεῖ ἀνόρθωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.



Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

237. Διέγερσις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.— "Ἄς θεωρήσωμεν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων, τὰ ὅποια εὑρίσκον-



Σχ. 283. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου κυκλώματος διεγείρονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

ται τὸ ἐν πλησίον τοῦ διλλου (σχ. 283). Εἰς τὸ πρῶτον κύκλῳ παράγονται διὰ καταλήλου διατάξεως ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τῶν ὅποιων γίπερίδος

εἶναι  $T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}$ . Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλῳ ἀναπτύσσονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτήρος Λ. Τὸ πλάτος τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ δεύτερον κύκλῳ λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμήν,

ὅταν ἡ περίοδος Τ τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχῃ τὴν αὐτὴν τιμήν, οὕτως ὅταν εἶναι :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

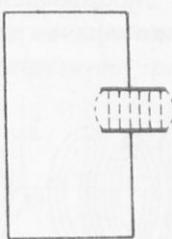
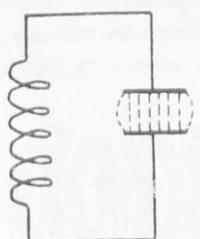
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει συντονισμός. "Ωστε :

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εύρισκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον ταλαντώσεως, ὅπότε ἰσχύει ἡ σχέσις :

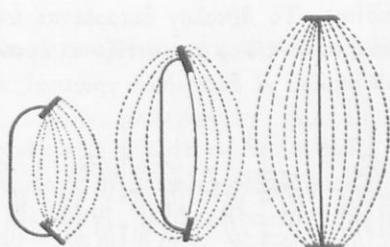
$$\text{συνθήκη συντονισμοῦ : } L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$$

## ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.— Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ 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 ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-



Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηγίου δι' εύθυγράμμου ὀγκοῦ.

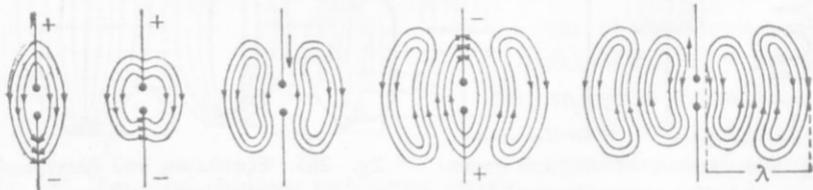


Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον.

τικοῦ πεδίου, τὸ ὃποῖον παράγεται πέριξ τοῦ πρώτου κυκλώματος, διότι τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμάν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι ὅμως δυνατὸν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

τοῦ πρώτου κυκλώματος. "Ας ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ πηγίον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἐνδός μόνον ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ, ἔως ὅτου οἱ δύο ὄπλισμοὶ εὑρεθοῦν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εὐθυγράμμου πλέον ἀγωγοῦ. Τότε τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον ἔξαπλώνεται ἐντὸς τοῦ χώρου (σχ. 285). Τὸ ἀπλούστερον ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθυγράμμου ἀγωγόν, ὃ ὅποιος εἰς τὸ μέσον ἔχει μικρὰν διακοπὴν (σπινθηριστὴν) καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα καταλήγει ἐλευθέρως ἢ φέρει μικρὰς πλάκας ἢ σφαίρας (σχ. 286). Τὸ ἀνοικτὸν τοῦτο κύκλωμα ταλαντώσεων καλεῖται διεγέρτης τοῦ Hertz ἢ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον.

**239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.**—'Εντὸς τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τότε τὰ ἄκρα τοῦ διπόλου ἀποκτοῦν ἐναλλάξ θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν δυναμικόν. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ διπόλου σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ δίπολον διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω πέριξ τοῦ διπόλου σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὅποιού σι γυναικεία γραμμαὶ εἰναι συγκεντρικοί κύκλοι, κάθετοι



Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

πρὸς τὸν ἀγωγόν. "Οταν λοιπὸν ἐντὸς τοῦ διπόλου παράγωνται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, σχηματίζονται πέριξ τοῦ διπόλου ἐν ἡλεκτρικὸν καὶ ἐν μαγνητικὸν πεδίον, τὰ ὅποια εἰναι ἐν αλλασσόμενα καὶ διαδίδονται ἐντὸς τοῦ χώρου μὲ ταχύτητα ἵσην πρὸς τὴν ταχύτητα

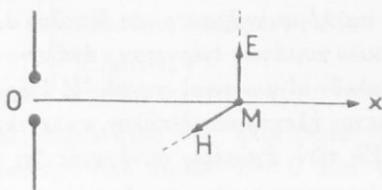
τοῦ φωτός. Τὰ δύο αὐτὰ ἐναλλασσόμενα πεδία εἶναι ἀλληλένδετα καὶ ἀποτελοῦν τὸ **ήλεκτρομαγνητικὸν πεδίον**. "Ωστε :

"Ἐν παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον περιβάλλεται ἀπὸ ἐν ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποῖον διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις πέριξ τοῦ διπόλου.

Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἐν σημεῖον  $M$  τοῦ χώρου, εὑρισκόμενον εἰς 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 :

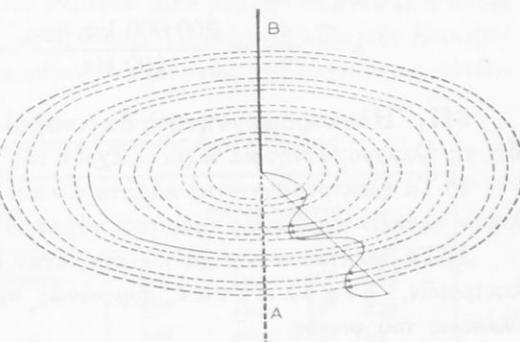
I. Αἱ ἐντάσεις τοῦ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἰναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των.

II. Τὸ διαδίδομενον ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον ἀποτελεῖ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.



Σχ. 289. Η ἐντασίς  $E$  τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καὶ η ἐντασίς  $H$  τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξύ των καὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν  $Ox$ .

Τὴν δημιουργίαν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πέριξ ἐνὸς διπόλου ἀνεκάλυψεν θεωρητικῶς ὁ Maxwell. Πειραματικῶς ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὁ Hertz. Σήμερον τὸ ραδιόφωνον ἀποδεικνύει εἰς πᾶσαν στιγμὴν τὴν ὑπαρξίν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Σχ. 288. Διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

**240. Μῆκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.**—Τὰ

έναλλασσόμενα δύο πεδία, ἐκ τῶν ὅποιων ἀποτελεῖται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, ἔχουν τὴν ἰδίαν συχνότητα, τὴν ὅποιαν ἔχουν καὶ αἱ ἐντὸς τοῦ διπόλου παραγόμεναι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἐὰν c εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, τότε τὸ μῆκος κύματος λ τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ κύματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν :  $c = v \cdot \lambda$ . Τὸ μῆκος κύματος λ φανερώνει, ὡς γνωστόν, τὴν ἀπόστασιν εἰς τὴν ὅποιαν διαδίδεται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν κῦμα ἐντὸς μιᾶς περιόδου. Οὕτως, ἂν εἶναι :

$$T = \frac{1}{100} \text{ sec}, \text{ τότε } v = 100 \text{ Hz} \text{ καὶ } \text{έπομένως } \text{έχομεν :}$$

$$\lambda = \frac{c}{v} = \frac{300\,000 \text{ km/sec}}{100 \text{ Hz}} = 3\,000 \text{ km}$$

**241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.**—Πειραματικῶς εὑρέθη ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἔξης ἰδιότητας :

1) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔνακλῶνται ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν πλακῶν συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

2) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διέρχωνται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, διατθλῶνται συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα ἀδιαφανῆ διὰ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἥτοι τὰ σώματα αὐτὰ ἀπορροφοῦν τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἀντιθέτως τὰ διηλεκτρικὰ εἶναι σώματα διαφανῆ διὰ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

4) Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα παράγουν φαινόμενα συμβολῆς καὶ παραθλάσσεως, ὅπως συμβάίνει καὶ μὲ τὸ φῶς.

Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀπέδειξεν ὅτι τὸ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον ἀκτινοβολεῖ ὑπὸ μορφὴν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐνέργειαν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὅποιαν ἀκτινοβολοῦν αἱ φωτειναὶ πηγαὶ. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὅποιαν 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 ἀτομον τῆς 毓ης, ὅταν ἐν πλανητικὸν ἡλεκτρόνιον μεταπηδᾷ ἀπὸ μίαν ἔξωτερην εἰς μίαν ἔσωτερην τροχιάν.

Αἱ τροχιαὶ ἐπὶ τῶν ὁποίων τὸ ἡλεκτρόνιον δύναται νὰ μεταπηδᾷ, εἶναι ὀρισμέναι καὶ καλοῦνται κβαντικαὶ τροχιαὶ.

242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας.—<sup>1</sup>Η πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ φῶς καὶ αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, ἥτοι πολὺ μεγάλης συχνότητος. Οὕτω μὲ τὸν ὄρον ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφὴν ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἰδῆ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

#### Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας

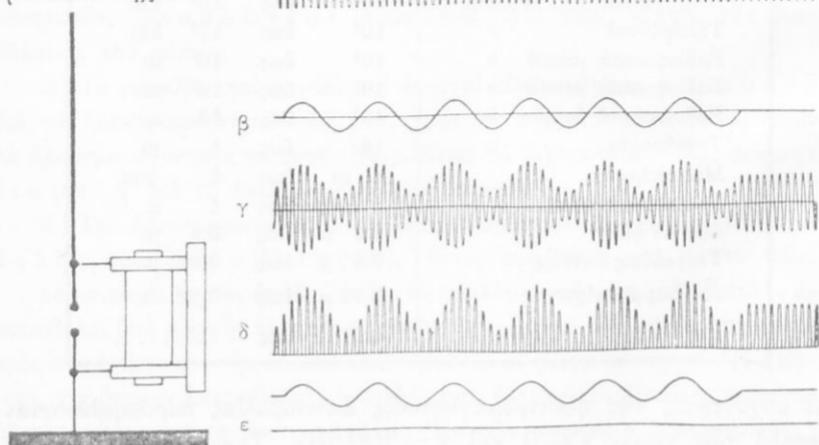
Εἶδος ἀκτινοβολίας	Μήκη κύματος
Βιομηχανικὰ κύματα	$10^5$ έως $10^4$ km
Τηλεφωνικὰ "	$10^4$ έως $10^2$ km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ "	$10^4$ έως $10^3$ m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα "	$10^3$ έως $10^2$ m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα "	$10^2$ έως 10 m
Τύπερβραχέα "	10 έως 1 m
Μικροκύματα	1 mm έως 1 mm
Τύπερυθροὶ ἀκτῖνες	1 mm έως 1 μ
Ορατὸν φῶς	0,8 μ έως 0,4 μ
Τύπεριώδεις 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 ὑλῆς. Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα φαίνεται τὸ συνολικὸν φύσισμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας. Παρατηροῦμεν ὅτι μόνον μία μικρὰ περιοχὴ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ διεγέρῃ τὸν ὀφθαλμόν μας (ορατὸν φῶς). Ψηφιοποιήθηκε από τὸ Ινστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς.

## ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαὶ. — Ἡ ἀσύρματος τηλεπικοινωνία περιλαμβάνει δύο κυρίως κλάδους τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν, ἡ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν τῶν μαρσικῶν σημάτων καὶ τὴν ἀσύρματον τηλεφωνίαν ἡ ραδιοφωνίαν, ἡ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν ἥχων. Ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία χρησιμοποιεῖ ἀποσβεννυμένας ἢ 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 προ-  
κληθοῦν ἀντίστοι-

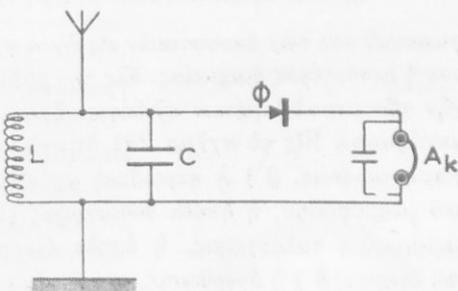
χοι μεταβολαὶ εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἴδιας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ἡ ραδιοφωνία. Ὁ πομπὸς

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

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 μικροφω-  
νικοῦ ρεύματος).

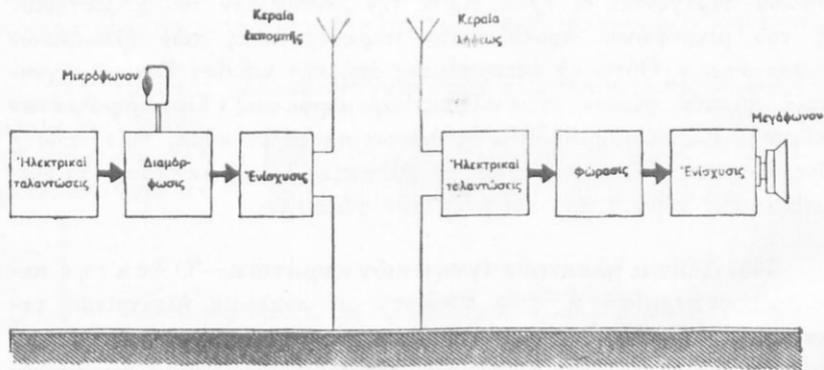
περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων, τὸ ὁ-ποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σ. 290). Τὸ ἐν ᾧ χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐναλλακτῆρες μεγάλης συχνότητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιοῦνται τρίοδοι ηλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθερᾶς ψηλῆς συχνότητος (φέρον κῦμα). Τὸ κύκλωμα τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται καταλλήλως μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μαρσικοῦ τηλεγράφου ἢ μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ ὅποιου παράγονται οἱ ηχοί. 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 τὰ σχήματα 291γ καὶ 291δ δεικνύονται τὰ διαμορφωμένα κύματα πρὸ καὶ μετὰ τὴν φόρασιν.

**245. Δέκται ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.**—Ο δέκτης περιλαμβάνει **κεραίαν**, ἡ ὁποία συνδέεται μὲ κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Τοῦτο εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ πομποῦ. Ο δέκτης πρέπει νὰ μετατρέψῃ τὰς ψηλῆς συχνότητος διαμορφωμένας ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ηχον. Αἱ χρησιμοποιούμεναι σήμερον συχνότητες κυμαίνονται ἀπὸ 15 000 Hz ἕως 20 000 000 Hz. Εὰν τὰ ἀκουστικὰ συνδεθοῦν ἀπ’ εὐθείας μὲ τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, τότε ἡ πλάξ τοῦ ἀκουστικοῦ θὰ μείνῃ ἀκίνητος, διότι δὲν δύναται νὰ παρακολουθήσῃ τὰς τόσον ταχείας μεταβολὰς τοῦ ρεύματος. Εξ ἄλλου αἱ συχνότητες αὐταὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ ἀκουστοὺς ηχούς. Η δυσκολία αὐτῇ αἱρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μὲ κρυσταλλικὸν φωρατήν ( $\Phi$ ) καὶ ἀκουστικὰ ( $Ak$ ).

μεν φωρατήν, ό όποιος προκαλεῖ ἀνόρθωσιν τῶν διαμορφωμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστέρα ἀνορθωτικὴ διάταξις εἶναι ό κρυσταλλικὸς φωρατής (σχ. 292). Ο φωρατής ἐπιτυγχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ρεῦμα ἔχον σταθερὰν φοράν, ἀλλὰ μεταβαλλούμενην ἐν τασιν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς πλακός 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 αὐταὶ μετατρέπονται διὰ τοῦ



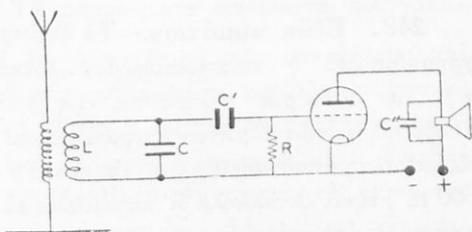
Σχ. 293. Σχηματικὴ διάταξις τῆς ραδιοφωνικῆς τηλεπικοινωνίας.

φωρατοῦ καὶ τῶν ἀκουστικῶν εἰς ἥχον σταθεροῦ ψούς μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὴν ραδιοφωνίαν, διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῶν μεταδιδομένων συνθέτων ἥχων, χρησιμοποιοῦνται ἀκουστικὰ ἢ μεγάφωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 291 δεικνύονται: α) τὸ φέρον κῦμα πρὸ τῆς διαμορφώσεως, β) ἡ περιοδικὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου, ἡ όποια ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ἀπλοῦν ἥχον, γ) ἡ διαμορφωμένη ταλάντωσις, ἡ όποια διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, δ) ἡ ἀνορθωσις, τὴν όποιαν προκαλεῖ ὁ φωρατής. Ἡ γραμμὴ εἰς τὸ ἀνορθωμένον ρεῦμα παριστᾶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τούτου παρατηροῦμεν διτι ἡ γραμμὴ αὕτη ἔχει τὴν μορφὴν τῆς περιοδικῆς μεταβολῆς τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτω τὸ ἀκουστικὸν ἡ τὸ μεγάφωνον ἀναπαράγει τὸν πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθέντα ἥχον. Εἰς τὸ σχῆμα 293 δεικνύεται ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς όποιας στηρίζεται ἡ ραδιοφωνία.

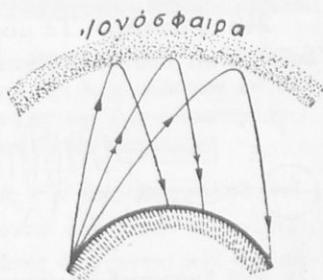
**246. Ραδιόφωνον**—Σήμερον εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας χρησιμοποιοῦνται ὡς φωραταὶ αἱ τρίοδοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Οἱ τοιοῦτοι δέκται καλοῦνται **ραδιόφωνα**. Εἰς τὸ σχῆμα 294 δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία ἑνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὅποιας δημιουργοῦν τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, εἶναι γενικῶς πολὺ ἀσθενεῖς. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν **ἐνισχυτάς**, οἱ ὅποιοι παρεμβάλλονται εἴτε πρὸ τοῦ φωρατοῦ, εἴτε μετὰ τὸν φωρατήν. Ως ἐνισχυταὶ χρησιμοποιοῦνται γενικῶς κατάληλοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι.

Τελευταίως ἀντὶ τῶν ἡλεκτρονικῶν λυχνιῶν χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα οἱ **τρανσίστορ**, οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν τεμάχιον ἥμιαγωγοῦ (γερμάνιου ἢ πυρίτιον). Οἱ τρανσίστορ ἔχουν μικρὸν ὅγκον, μεγάλην ἀπόδοσιν καὶ πολὺ εὔκολον κατασκευήν.

**247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.**—Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια ἀναγωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ, δύνανται νὰ διακριθοῦν εἰς δύο τμήματα: α) Τὰ κύματα **ἐπιφανείας**, τὰ ὅποια διαδίδονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, καὶ β) τὰ **κύματα χώρου**, τὰ ὅποια ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς κεραίας πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ κύματα ἐπιφανείας ἀπορροφῶνται τόσον περισσότερον, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ μῆκος κύματος. Τὰ κύματα χώρου εἰς ὅψος 100 km περίου ὑφίστανται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς **ἰονόσφαιρα** (§ 230), ἡ ὅποια εἶναι ιονισμένον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας συμπεριφερόμενον ὡς ἀγωγὸς (σχ. 295). Τὰ ἀνακλώμενα κύματα



Σχ. 294. Ἀπλοῦν ραδιόφωνον μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν.

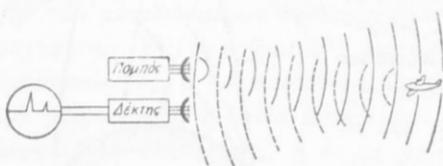


Σχ. 295. Ἀνάκλασις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ιονόσφαιρας.

έπιστρέφουν πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις χωρὶς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασίς των.

**248. Εἴδη κυμάτων.**—Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια χρησιμοποιεῖ ἡ τηλεπικοινωνία, διακρίνονται εἰς τὰ ἑξῆς εἴδη: α) Τὰ μακρὰ κύματα ( $\lambda > 600$  m) παρουσιάζουν μικρὰν ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας καὶ εἶναι κατάλληλα διὰ μετάδοσιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. β) Τὰ μεσαῖα κύματα ( $\lambda = 200$  ἔως 600 m) εἶναι κατάλληλα δι᾽ ἐκπομπάς, αἱ ὅποιαι προορίζονται διὰ μικρὰς σχετικῶς ἀποστάσεις. γ) Τὰ βραχέα κύματα ( $\lambda = 10$  ἔως 200 m) παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, εἶναι δημιουργοῦσαι κατάλληλα δι᾽ ἐκπομπάς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Εἰς τὰ βραχέα κύματα τὰ κύματα χώρου ὑφίστανται διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας καὶ τοῦ ἐδάφους χωρὶς σημαντικὴν ἐξασθενήσιν. Οὕτω φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. δ) Τὰ ύπερβραχέα κύματα ( $\lambda < 10$  m) δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας καὶ ἡ διάδοσις αὐτῶν γίνεται ἀποκλειστικῶς διὰ κυμάτων ἐπιφανείας. Ἡ διάδοσις τῶν ύπερβραχέων κυμάτων εἶναι σχεδὸν εὐθύγραμμος καὶ δύοιαζει μὲ τὴν τοῦ φωτός. ε) Τὰ μικρὰ κύματα ( $\lambda = 0,1$  cm ἔως 1 m) διαδίδονται εὐθυγράμμως, δπως ἀκριβῶς καὶ τὸ φῶς. Οὕτω δύνανται νὰ ἀποτελέσουν κατευθυνομένας δέσμους, δπως συμβαίνει μὲ τὰς φωτεινὰς δέσμους.

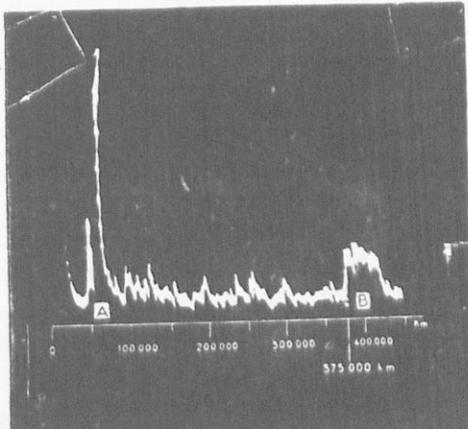
**249. Ραντάρ.**—Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ **ραντάρ**. Τοῦτο εἶναι συσκευὴ, διὰ τῆς ὅποιας δυνάμεθα νὰ ἀποκαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἀντικειμένων εὑρίσκομένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα πομπὸν μικροκυμάτων καὶ ἀπὸ ἕνα δέκτην (σχ. 296). Ἡ κεραία τοῦ πομποῦ καὶ ἡ κεραία τοῦ δέκτου εὑρίσκονται εἰς τὴν ἑστιαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἵσα πρὸς



Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ.

στιαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἵσα πρὸς  $\frac{1}{1000}$  τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ

συρμοὶ μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἑκάστου συρμοῦ διαρκεῖ ἐπὶ  $\frac{1}{1\,000\,000}$  τοῦ δευτερολέπτου. Τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ὅταν προσπέσουν ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν ἀνακλῶνται καὶ ἐπιστρέφουν εἰς τὸν δέκτην. Οὕτος περιλαμβάνει κατάλληλον ἐνισχυτὴν καὶ σωλῆνα Braun (§ 224). "Οταν ὁ πομπὸς δὲν ἐκπέμπῃ μικροκύματα, ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἡ φωτεινὴ κηλὶς διαγράφει ταχύτατα μίαν ὄριζοντιαν γραμμὴν. Κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς τῶν μικροκυμάτων, ὥπως καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφίξεως τῶν ἀνακλοσθέντων μικροκυμάτων εἰς τὸν δέκτην, ἡ φωτεινὴ κηλὶς ἐκτρέπεται ἀποτόμως καὶ οὕτω ἐμφανίζονται δύο αἰχμαί, ἐκ τῶν ὅποιων ἡ πρώτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ ἡ δευτέρα εἰς τὴν ἀφίξιν τῶν μικροκυμάτων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο αἰχμῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον, ὁ ὄποιος μεσολαβεῖ μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως τῶν μικροκυμάτων. Ο χρόνος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἀνακλῶνται τὰ μικροκύματα. Οὕτως ἡ μεταξὺ τῶν δύο αἰχμῶν ἀπόστασις παρέχει ἐπὶ κλίμακος τὴν ἀπόστασιν τοῦ στόχου ἀπὸ τὸν πομπόν. Τὰ μικροκύματα διέρχονται διὰ μέσου τῶν νεφῶν, τῆς ὄμιγλης καὶ τοῦ θαλασσίου ὄχατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέσου τῆς ἰονοσφαίρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὅποια ἐξεπέμφθησαν πρὸς τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν δέκτην (σχ. 297).

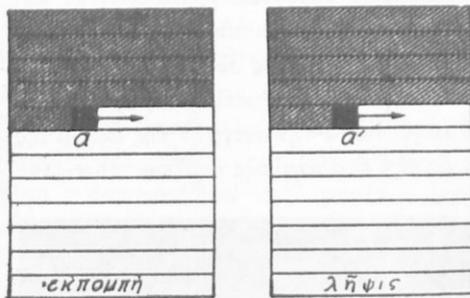


Σχ. 297. Τὰ κατευθυνθέντα πρὸς τὴν Σελήνην μικροκύματα, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπ' αὐτῆς, ἐπέστρεψαν εἰς τὴν Γῆν καὶ κατεγράφησαν εἰς τὸν δέκτην.

δύο αἰχμῶν ἀπόστασις παρέχει ἐπὶ κλίμακος τὴν ἀπόστασιν τοῦ στόχου ἀπὸ τὸν πομπόν. Τὰ μικροκύματα διέρχονται διὰ μέσου τῶν νεφῶν, τῆς ὄμιγλης καὶ τοῦ θαλασσίου ὄχατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέσου τῆς ἰονοσφαίρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὅποια ἐξεπέμφθησαν πρὸς τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν δέκτην τοῦ ραντάρ (σχ. 297).

**250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία.**—Ἡ δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μεταβίβασις εἰκόνων προσώπων ἡ ἀντικειμένων ἐν κινή-

σει καλεῖται τηλεόρασις, ή δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται τηλεφωνογραφία. Καὶ εἰς τὰς δύο ὅμιλας περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὀλόκληρος ή εἰκώνων. Διὰ τοῦτο

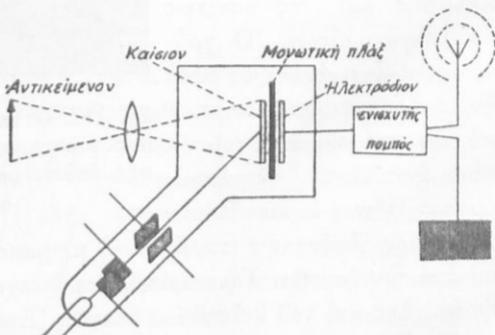


Σχ. 298. Η πρὸς μεταβίβασιν εἰκώνων ἀναλύεται εἰς μικρά τμῆματα, τὰ δόποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Εἰς τὴν τηλεόρασιν

ή εἰκώνων ἀναλύεται εἰς πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ δόποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ νὰ ἀναλυθῇ η εἰκὼν εἰς τμῆματα διαιρεῖται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζῶναι «σαρώνονται» η μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ή σάρωσις ὀλοκλήρου τῆς εἰκόνους γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

χρόνον μικρότερον τοῦ  $1/16$  τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγωνται τὰ διαδοχικὰ τμῆματα, εἰς τὰ δόποια ἀνελθῇ η εἰκών. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμὴν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἐν τμῆμα α', τὸ δόποιον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὄμοιον τμῆμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνος (σχ. 298).

α) Τηλεόρασις. Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνους εἰς μικρὰ τμῆματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ εἰκονοσκόπιον τοῦ Zworykin. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὁ ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 299). Η μία ἐπιφά-

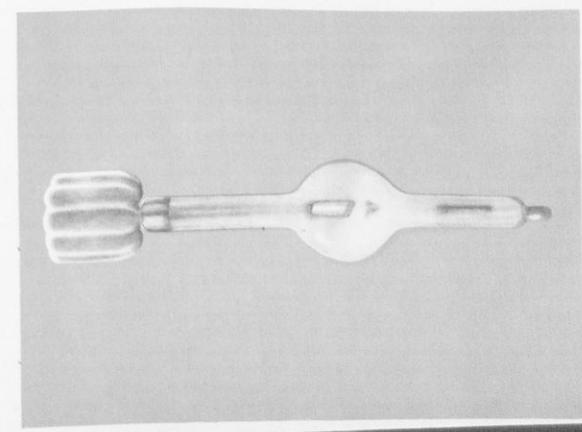
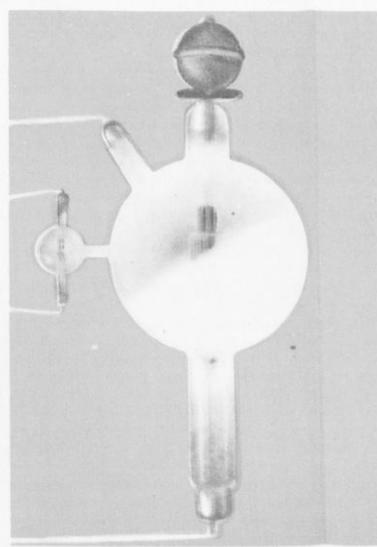
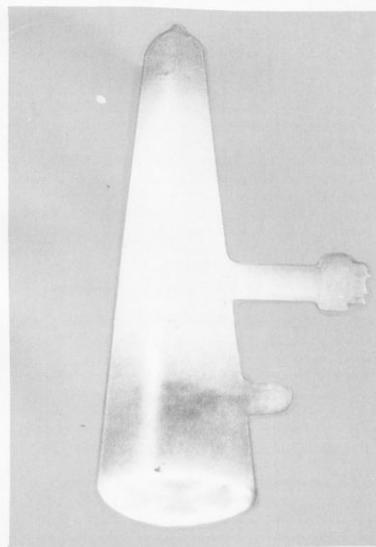
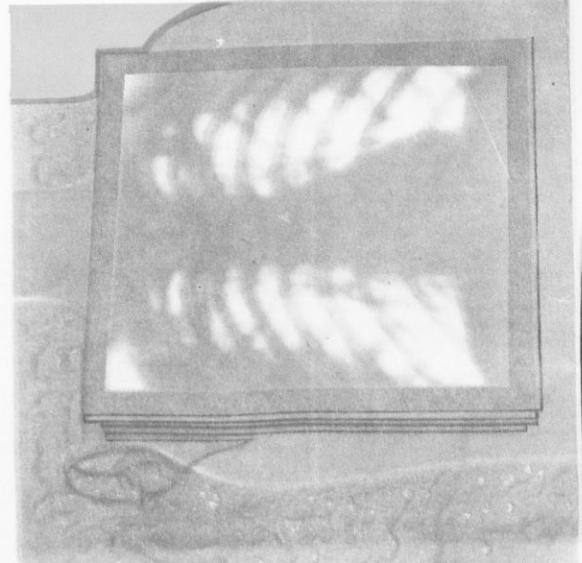
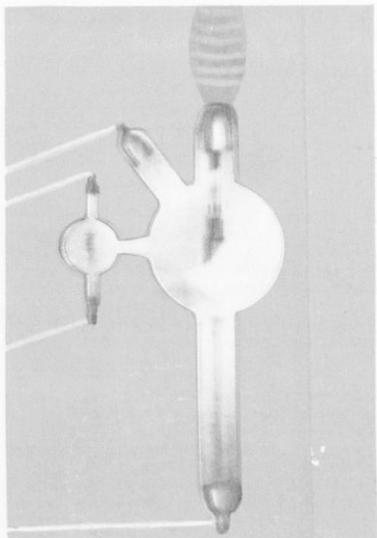
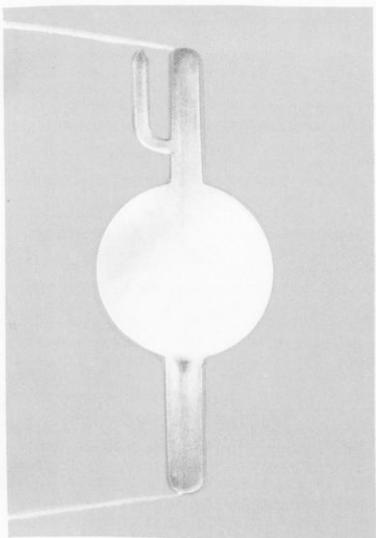


Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεοράσεως.

νεια τῆς πλακὸς ἔχει καλυφθῆ μὲ πολὺ μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καισίου, ἐνῶ ἡ ὄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακὸς καλύπτεται μὲ μεταλλικὴν πλάκα (ἡλεκτρόδιον). Οὕτως ἔκαστον τεμάχιον καισίου καὶ τὸ

## **Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Röntgen**

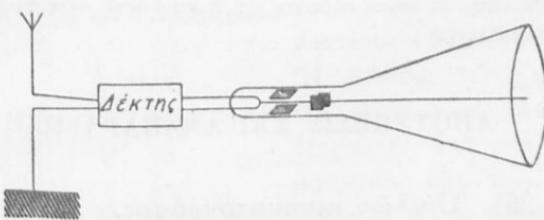
1. Σωλήνη τοῦ Grookes μὲ σκιάν ένδει σταυροῦ.
2. Παλαιός τύπος σωλήνος ἀκτίνων Röntgen.
3. Σωλήνη ἀκτίνων Röntgen μὲ κάθοδον ψυχομένην δι' ὅδατος.
4. Σωλήνη ἀκτίνων Röntgen μὲ κάθοδον ψυχομένην δι' ἀέρος.
5. Σωλήνη τοῦ Coolidge.
6. Ἐξέτασις θώρακος μὲ τὴν Յοήθειαν τοῦ φθορίζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις).





ἀντίστοιχον τυῆμα 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 ἀποκτᾶ θετικὸν φορτίον, ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἡ ὁποίᾳ ἔπεσεν ἐπὶ τοῦ τεμαχίου. 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 ἔκαστου τεμαχίου καισίου. Αὐτὴ ἡ ἔξουδετέρωσις ἴσοδυναμεῖ μὲ ἐκκένωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, διαβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, διόπου 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 ὁποῖαι προκαλοῦν ἀντιστοίχους διαμορφώσεις τοῦ φέροντος κύματος.

Ο δέκτης τηλεοράσεως εἶναι συνήθης ραδιοφωνικὸς δέκτης, ὁ ὃποῖος συνδέεται μὲ σωλῆνα Braun (σχ. 300). Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια προσπίπτουν ἐπὶ τῆς κεραίας, δημιουργοῦν ρεύματα. Ταῦτα ἐνισχύονται καταλλήλως καὶ ρυθμίζουν τὴν ἔντασιν τῆς καθοδικῆς δέσμης. Οὕτως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἀναπαράγεται ἡ εἰκὼν, διότι εἰς ἔκαστην στιγμὴν ἡ λαμπρότης τοῦ διαφράγματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινότητα τοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἐκφορτίζομένου στοιχειώδους πυκνωτοῦ. Ἐπειδὴ ὄλοκληρος ἡ εἰκὼν ἀναπαράγεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἰς χρόνον μικρότερον τοῦ 1/16 δευτερολέπτου, ὁ ὀφθαλμὸς δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν διαδοχικὴν μεταβίβασιν τημμάτων τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὴν τηλεόρασιν χρησιμοποιοῦνται μόνον ὑπερβραχέα κύματα, τὰ ὅποια δύνανται νὰ φθάσουν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν.



Σχ. 300. Σχηματικὴ παρόστασις δέκτου τηλεοράσεως.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

β) Τηλεφωτογραφία. 'Η μεταβίβασις ἐντύπου εἰκόνος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ιδίας ἀρχῆς, ἐπὶ τῆς ὅποιας στηρίζεται καὶ ἡ τηλεόρασις μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν ἡ σάρωσις τῆς εἰκόνος εἶναι πολὺ βραδυτέρα. Εἰς τὸν δέκτην ἡ εἰκὼν ἀποτυπώνεται ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν χρησιμοποιοῦνται τὰ συνήθη ραδιοφωνικά κύματα, τὰ ὅποια φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν. 'Η τηλεφωτογραφία ἐφαρμόζεται σήμερον εύρυτατα ὑπὸ τῆς δημοσιογραφίας διὰ τὴν ταχεῖαν μετάδοσιν φωτογραφιῶν ἐπικινήσων γεγονότων.

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

184. Ραδιοφωνικός σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 40 m. Πόση είναι ἡ συχνότης τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας/εἰς μεγακύκλους/sec;

185. Ραδιοφωνικός 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 ἡλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται εἰς ἀπόστασιν 100 km;

187. Διεγέρτης τοῦ Hertz ἀποτελεῖται ἀπὸ πηγίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς  $L = \frac{1}{\pi \cdot 10^8} \text{H}$  καὶ ἀπὸ πυκνωτὴν χωρητικότητος  $C = \frac{1}{\pi \cdot 10^{10}} \text{F}$ . Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος καὶ ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων;

### ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

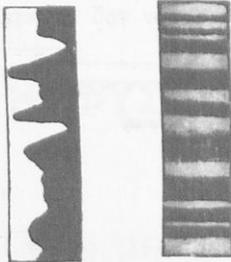
251. 'Ομιλῶν κινηματογράφος.—Εἰς τὸν ὅμιλοῦντα κινηματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις εἰς τῆς τηλεοραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ἥχων. Γενικῶς ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἥχου καλεῖται φωνοληψία. Διὰ νὰ ἀποτυπωθῇ ὁ ἥχος ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας, πρέπει ὁ ἥχος νὰ μετατραπῇ εἰς φῶς. 'Η μετατροπὴ αὐτὴ γίνεται εὐκόλως κατὰ τὴν ἔξῆς σειράν :

ἥχος → ἡλεκτρικὸν ρεῦμα → φῶς

'Η μετατροπὴ τοῦ ἥχου εἰς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ μηχανισμού. Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ, μετατρέπεται

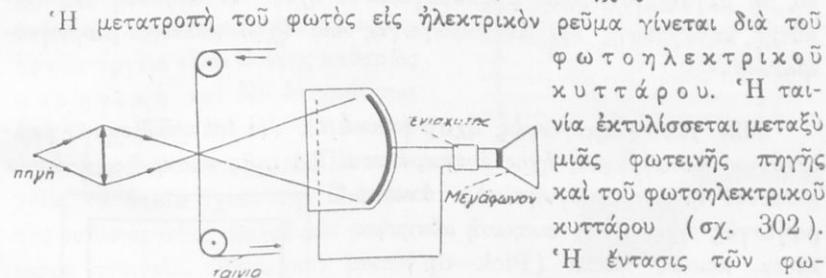
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ταί εἰς φῶς καὶ διαφόρους τρόπους, ἐκ τῶν ὅποίων ἀπλούστερος εἶναι ὁ ἔχης: Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου διέρχεται διὰ μιᾶς εἰδικῆς λυχνίας, τῆς ὅποίας ἡ φωτεινὴ ροή εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἑντασίν τοῦ ρεύματος. Αἱ μεταβολαὶ αὐταὶ τοῦ φωτὸς τῆς λυχνίας ἀποτυπώνονται ἐπὶ τῆς ἔκτυλισσομένης ταινίας, ὑπὸ μορφὴν ζωῶν, αἱ ὅποιαι παρουσιάζουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως (σχ. 301). Αἱ ζῶναι αὐταὶ καταγράφονται παραπλεύρως τῶν ἀντιστοίχων εἰκόνων.



Σχ. 301. Ὁ ἥχος καταγράφεται ὑπὸ μορφὴν ζωῶν, αἱ δηοῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως.

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαραγγήσῃ τοῦ ἥχου γίνεται κατὰ τὴν ἔξης. Ἡ ἀναπαραγγώνη τοῦ ἥχου γίνεται κατὰ τὴν ἔξης σειράν: φῶς → ἡλεκτρικὸν ρεῦμα → ἥχος

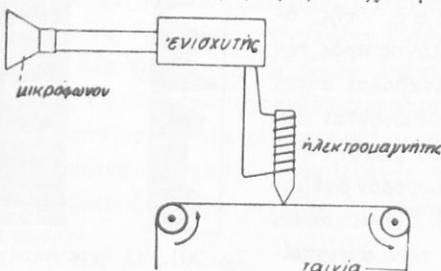


Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἥχων εἰς τὸν τοηλεκτρικῶν ρευμάτων διμιούντα κινηματογράφον.

Ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀμάρωσιν τῆς ταινίας. Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ δηισθενὲ τῆς δύθηνης εύρισκόμενον μεγάφωνον, τὸ ὅποῖον μετατρέπει τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἥχον.

**252. Μαγνητόφωνον.**—Τελευταίως ἀνεπτύχθη νέος τρόπος καταγραφῆς τοῦ ἥχου. Ἡ καταγραφὴ τοῦ ἥχου γίνεται ἐπὶ χαλυβδίνης ταινίας ὑπὸ τὴν μορφὴν περιοχῶν, αἱ δηοῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν μαγνητίσεως. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἥχου ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὀμαλῶς ἐμπροσθεν τοῦ πόλου ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μι-

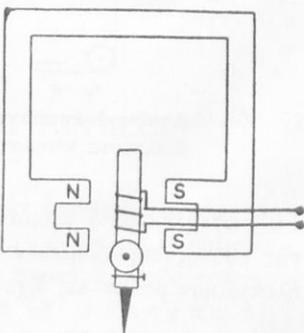
κροφώνου, τὸ ὅποῖον ἔχει προηγουμένως ἐνισχυθῆ. Ἡ διερχομένη ἐμπροσθεν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου χαλυβδίνη ταινία μαγνητίζεται, ἀλλ'



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου.

ροντος πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηνίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἥχος. Ἡ συσκευὴ τῆς τοιαύτης καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἥχου καλεῖται μαγνητόφωνον.

**253. Ἀναπαραγωγὸς ἥχου (πικάπ).**—Ο ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφεὶς ἥχος ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἡ ὅποία 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 μικρὸν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὅποια δύναται νὰ μετακινήται ἐντὸς τοῦ ὄμοιγενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 304). Ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπάρχει Σχ. 304. Ἐντὸς τοῦ πηνίου παπηνίον. Αἱ μετακινήσεις τῆς ράβδου δη-ράγονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα. μιούργοιν ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἕρχονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἥχος.

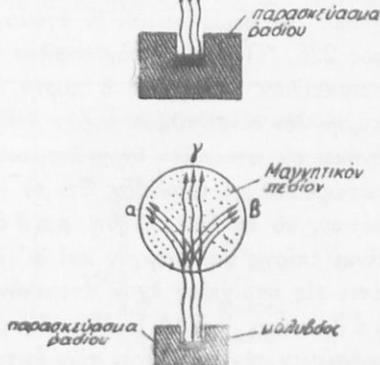
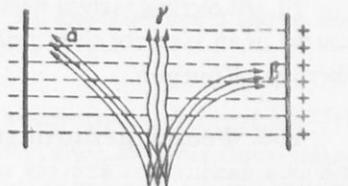


## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

# ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

### ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

**254. Ραδιενεργά στοιχεῖα.**—Ο Bequerel (1896), δύλγον χρόνου μετά τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ οὐράνιον καὶ τὰ ἄλατα αὐτοῦ ἐκπέμπουν συνεχῶς ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ μέσου ἀδιαφανῶν σωμάτων, προσβάλλει τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ιονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἡ ἴδιότης τῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν αὐτομάτως τοιαύτην ἀκτινοβολίαν ἐκλήθη **ραδιενέργεια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ραδιενέργεια εἶναι ἴδιότης καθαρῶς πυρηνικὴ καὶ δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὴν χημικὴν ἔνωσιν τοῦ ἀτόμου μὲ ἀτομαὶ ὅλων στοιχείων. Τὰ στοιχεῖα, τὰ δόποια ἔχουν τὴν ἴδιότητα τῆς ραδιενέργειας, καλοῦνται ραδιενέργα στοιχεῖα. Ὕπάρχουν 30 περίπου ραδιενέργα στοιχεῖα, τὰ δόποια εἶναι σχεδὸν δύλα στοιχεῖα μεγάλου ἀτομικοῦ βάρους. Οὕτω ραδιενέργα στοιχεῖα εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ ἀκτίνιον, τὸ θόριον καὶ ἴδιαιτέρως τὸ **ράδιον**, τὸ δόποιον ἀνεκάλυψεν τὸ ζεῦγος Curie (1898).



**255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.**—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἰς τρία εἴδη ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι φεύγουν γαρωτηρίζονται διὰ τῶν

Σχ. 305. Ἀνάλυσις τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδίου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου.

γραμμάτων α, β και γ τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 305). Αἱ ἀκτῖνες α και β ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἡλεκτρισμένα σωματίδια, ἐνῶ αἱ ἀκτῖνες γ εἰναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν τὰ ἀκόλουθα διὰ τὴν φύσιν τῶν τριῶν ἀκτινοβολιῶν, τὰς ὅποιας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα :

I. Αἱ ἀκτῖνες α ἀποτελοῦνται ἀπὸ θετικῶν ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὅποια καλοῦνται σωματίδια α. Ἔκαστον σωματίδιον α εἰναι ὁ πυρὴν ἐνὸς ἀτόμου ἥλιου, φέρει ἐπ' αὐτοῦ δύο στοιχεώδη ἡλεκτρικὰ φορτία καὶ κινεῖται μὲ ταχύτητα 15 000 ἕως 25 000 km/sec.

II. Αἱ ἀκτῖνες β ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀρνητικῶν ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὅποια καλοῦνται καὶ σωματίδια β. Ἔκαστον σωματίδιον β εἰναι ἦν ἡλεκτρόνιον, τὸ ὅποιον κινεῖται μὲ ταχύτητα 120 000 ἕως 290 000 km/sec.

III. Αἱ ἀκτῖνες γ εἰναι ἡλεκτρομαγνητικαὶ ἀκτινοβολίαι, τῶν ὅποιων τὰ μήκη κύματος εἰναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen.

**256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.**— Εἶναι φανερὸν ὅτι τὸ σωματίδιον α ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου. Ἀς θεωρήσωμεν ἓν ἀτομον ραδίου, τὸ ὅποιον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 226. Ὁταν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδίου ἀποσπασθῇ ἓν σωματίδιον α, δηλαδὴ ὁ πυρὴν ἐνὸς ἀτόμου ἥλιου, τότε ὁ ἀπομένων πυρὴν δὲν εἰναι πλέον πυρὴν ἀτόμου ραδίου. Διότι ὁ ἀπομένων πυρὴν ἀνήκει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 222. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσε νὰ ἀποδείξῃ ὅτι τὸ νέον τοῦτο στοιχεῖον εἰναι ἓν εὐγενὲς ἀέριον, τὸ ὅποιον ἐκλήθη ραδόνιον (Rn). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο εἶναι ἐπίσης ραδιενεργὸν καὶ δι' ἐκπομπῆς ἐνὸς σωματίδιον α μεταπίπτει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 218 καὶ τὸ ὅποιον καλεῖται ράδιον A (RaA). Ἐπειδὴ μὲ κανὲν μέσον δὲν δυνάμεθα νὰ ἐπηρεάσωμεν τὴν ἐκπομπὴν τῶν ἀκτινοβολιῶν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων, συνάγεται ὅτι ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων εἰναι ἀποτέλεσμα αὐτομάτου ἐκρήξεως τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ ἐκρηξις 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 πυρῆνες τῶν ἀτόμων τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἰναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α, β καὶ γ.

**257. Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ.**—"Ενεκα 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. 'Ο χρόνος οὗτος εἶναι χαρακτηριστικὸς δι' ἔκκαστον ραδιενεργὸν στοιχεῖον.

Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου καλεῖται ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ δποίου μεταστοιχειώνεται τὸ ἥμισυ τῆς μάζης τοῦ στοιχείου.

'Ο χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ κυμαίνεται ἀπὸ  $10^{10}$  ἔτη (διὰ τὸ θόριον) ἕως  $10^{-9}$  τοῦ δευτερολέπτου (θόριον C').

**258. Αἱ τέσσαρες σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.**—"Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ράδιον εἶναι ἐν ἐνδιάμεσον μέλος μιᾶς σειρᾶς μεταστοιχειώσεων. Πρῶτον μέλος τῆς σειρᾶς αὐτῆς εἶναι τὸ

#### Ἡ σειρὰ τοῦ οὐρανίου

Στοιχεῖον	Ἄτομικὸν βάρος	Ἀκτινοβολία	Χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ
Οὐράνιον I	238	α	$4,5 \cdot 10^9$ ἔτη
Οὐράνιον II	234	α	$1,7 \cdot 10^5$ ἔτη
Ιόνιον	230	α	$8 \cdot 10^4$ ἔτη
Ράδιον	226	α, β, γ	1600 ἔτη
Ραδόνιον	222	α	3,8 ἥμέραι
Ράδιον A	218	α	3 λεπτὰ
Ράδιον B	214	β, γ	26,8 λεπτὰ
Ράδιον C	214	β	19,6 λεπτὰ
Ράδιον C'	214	α	$10^{-7}$ δευτερόλεπτα
Ράδιον D	210	β, γ	16 ἔτη
Ράδιον E	210	β, γ	4,8 ἥμέραι
Ράδιον F	210	α	140 ἥμέραι
Μόλυβδος	206	—	σταθερὸν

ούρανιον. Τὰ μέλη τῆς σειρᾶς αὐτῆς ἀποτελοῦν τὴν **σειρὰν τοῦ οὐρανίου**, ἐκ τοῦ ὅποίου διὸ διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων προκύπτουν τὰ ἄλλα ραδιενεργά στοιχεῖα τῆς σειρᾶς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου, εὑρέθη ὅτι τὸ **ἄκτινιον** (Ac), τὸ **θόριον** (Th) καὶ τὸ **νεπτούνιον** (Np) εἶναι τὰ πρῶτα μέλη τριῶν ἄλλων σειρῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Χαρακτηριστικὸν εἶναι ὅτι τὸ τελικὸν προϊὸν τῶν διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων εἶναι τὰ σταθερὰ στοιχεῖα μόλυβδος καὶ βισμούθιον. "Ωστε :

"Υπάρχουν τέσσαρες σειραί ραδιενεργῶν στοιχείων, ἔχουσαι ὡς πρῶτα μέλη τὰ στοιχεῖα οὐράνιον, ἀκτίνιον, θόριον καὶ νεπτούνιον.

### ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

**259. Ἀτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.**—Ἐὰν καταγράψωμεν τὰ διάφορα στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, θὰ λάβωμεν τὸν κατωτέρω πίνακα.

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Ἀτομικὸν βάρος	Μαζικὸς ἀριθμὸς A
1	Τδρογόνον	H	1,008
2	"Ηλιον	He	4,003
3	Λιθιον	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.			32

Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων τούτων μεταβάλλονται περισσικῶς, καθ' ὃσον αὔξανονται τὰ ἀτομικαὶ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

βάρη. Ούτω τὸ δέκατον στοιχεῖον (Ne) ὁμοιάζει μὲ τὸ δεύτερον στοιχεῖον (He), τὸ ἐνδέκατον στοιχεῖον (Na) ὁμοιάζει μὲ τὸ τρίτον (Li),... τὸ δέκατον ἕκτον (S) ὁμοιάζει μὲ τὸ δγδοον (O) κ.ο.κ. "Ωστε αἱ χημικαὶ ἰδιότητες τῶν στοιχείων ἐπαναλαμβάνονται περιοδικῶς, ἐφ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὰ ἐλαφρότερα πρὸς τὰ βαρύτερα ἀτομα. 'Η παρατήρησις αὐτὴ ἔδωσεν ἀφορμὴν εἰς τὸν Mendeleeff (1869) νῦν συντάξῃ τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων. 'Ο αὕτων ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου εἰς τὸν πίνακα, τὸν ὃποῖον σχηματίζομεν, ὅταν καταγράψωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, καλεῖται ἀτομικὸς ἀριθμὸς Ζ τοῦ στοιχείου Τὸ περιοδικὸν σύστημα ἀναγράφεται εἰς τὴν σελίδα 282.

**260. Ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.**—'Η πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἀτομον 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.

Ούτω τὸ ἀτομον τοῦ νατρίου ἔχει  $Z = 11$  ἡλεκτρόνια, τὰ ὃποῖα συνολικῶς φέρουν ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον —11e. 'Επομένως τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι +11e. 'Ομοίως εύρισκομεν ὅτι τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ ἄνθρακος 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 Ισοτόπου τοῦ δξυγόνου.

'Η μονὰς αὕτη 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

Περιόδος	Ομάδα I	Ομάδα II	Ομάδα III	Ομάδα IV	Ομάδα V	Ομάδα VI	Ομάδα VII	Ομάδα VIII	0
I	1 H 1,008								<sup>2</sup> 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 45,40	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	37 Rb 85,48	38 Sr 87,63	39 Y 88,92	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc 99 (99)	44 Ru 101,7	45 Rh 102,91
VI	47 Ag 107,880	43 Cd 112,41	49 In 114,76	50 Sn 118,70	51 Sb 121,76	52 Te 127,21	53 I 126,92	46 Pd 106,7	54 Xe 131,3
VII	55 Cs 132,91	56 Ba 137,36	57 ξωξ 81 Tl 204,39	71 HF 82 Pb 207,24	72 Ta 83 Bi 209,00	73 W 84 Po 210	74 Re 85 At (210)	75 Os 186,31 (210)	77 Ir 190,2
VII	87 Fr (223)	88 Ra 226,05	89 Ac 227,05	90 Th 232,12	91 Pa 231	92 U 238,07			78 Pt 86 Rn 222

\* Σημάνεται γατατό

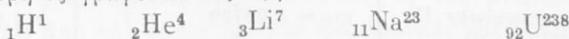
Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Τηγεοράμια στοιχεῖα

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
138,92	140,43	140,92	144,27	147	150,43	152,0	156,9	159,2	162,46	164,94	167,2	169,4	173,04	174,90

**262. Άτομική μᾶζα καὶ μαζικός ἀριθμός.** — Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου εἶναι σχεδὸν ὄλοντος 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 ἀκριβῆς μέτρησις τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ἀπέδειξεν ὅτι ὅλαι αἱ ἀτομικαὶ μᾶζαι προσεγγίζουν πρὸς ἀκέραιον ἀριθμόν. Ὁ ἀκέραιος ἀριθμὸς, πρὸς τὸν ὃποῖον 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 ἀντιστοιχοῦ δύο θεμελιώδεις ἀριθμοὶ: ὁ **ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z** καὶ ὁ **μαζικὸς ἀριθμὸς A**. Οἱ δύο οὗτοι ἀριθμοὶ ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν καὶ σημειώνονται ἐκατέρωθεν τοῦ συμβόλου  $\Sigma$  τοῦ στοιχείου ὡς ἔξης:  $_Z^A$ . 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 ἔξερχονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα σωματίδια, τὰ ὃποια δυνάμεθα νὰ τὰ μελετήσωμεν. Αἱ μέχρι σήμερον ἔρευναι ἀποδεικνύουν ὅτι ὅλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο εἰδη σωματίδιων, τὰ ὃποια καλοῦνται **πρωτόνια** καὶ **νετρόνια**. Τὰ δύο αὐτὰ εἰδη σωματίδιων καλοῦνται γενικῶς **νουκλεόνια** (ἀπὸ τὸ nucleus = πυρήν).

α) Τὸ **πρωτόνιον** (σύμβολον  ${}_1\text{H}^1$ ) εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ ὑδρογόνου, δηλ. εἶναι τὸ ἴὸν ὑδρογόνου. Φέρει ἐν στοιχειώδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ( $+e$ ) καὶ ἔχει μᾶζαν περίπου 1.079 μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 amu).

β) Τὸ **νετρόνιον** (σύμβολον  ${}_0\text{p}^1$ ) δὲν φέρει ἡλεκτρικὸν φορτίον, ἡ δὲ μᾶζα του εἶναι δλίγον μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου.

\*Επειδὴ τὸ νετρόνιον εἶναι οὐδέτερον σωματίδιον, οὔτε ἀπωθεῖται, οὔτε ἔλκεται ἀπὸ τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας καὶ συνεπῶς κατορθώνει νὰ πληγίαζῃ πρὸς τοὺς ἀτομικούς πυρῆνας ἐλευθέρως. \*Αφθονα νετρόνια λαμβάνονται, ὅταν βομβαρδίζεται τεμάχιον βηρυλλίου (Be) μὲ σωματίδια α (δηλ. μὲ ἀκτῖνας α ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου). \*Απὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα :

I. \*Ολοὶ οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦντο ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια, τὰ δποῖα γενικῶς καλοῦνται νουκλεόνια.

II. Τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον ἔχουν μᾶζαν περίπου ἴσην μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 amu).

III. Τὸ πρωτόνιον φέρει ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον (+ e), ἐνῶ τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον.

<i>Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z</i>	<i>Nουκλεότον</i>	<i>Mᾶζα εἰς amu</i>	<i>Mᾶζικὸς ἀριθμὸς A</i>	<i>Ἡλεκτρικὸς φορτίον εἰς Cb</i>
1	πρωτόνιον ${}_1^{\text{H}}$	$m_p = 1,00759$	1	$+ 1,60 \cdot 10^{-19}$
0	νετρόνιον ${}_0^{\text{n}}$	$m_n = 1,008987$	1	0

265. \*Ἄριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.—Τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος ὄφελεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὰ πρωτόνια, τὰ ὅποια περιέχει ὁ πυρήν. \*Ο ἀτομικὸς πυρήν τοῦ ἥλιου ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν  $A = 4$  καὶ ἀτομικὸν ἀριθμὸν  $Z = 2$ . \*Αρα ὁ ἀτομικὸς πυρήν τοῦ ἥλιου φέρει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον  $+2e$  καὶ συνεπῶς ὁ πυρήν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια. \*Επειδὴ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου εἶναι σχεδὸν ἵση μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης, ἔπειται ὅτι ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς  $A = 4$  φανερώνει τὸν ἀριθμὸν τῶν νουκλεονίων, τὰ ὅποια περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρήν τοῦ ἥλιου. \*Ωστε ὁ πυρήν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια. \*Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

I. \*Ο ἀτομικὸς ἀριθμὸς  $Z$  ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων, τὰ δποῖα περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρήν.

II. \*Ο μαζικὸς ἀριθμὸς  $A$  ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἕθροισμα

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 ίσος μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ μαζικοῦ ἀριθμοῦ A καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ Z τοῦ πυρῆνος.

$$\boxed{N = A - Z \\ \text{νετρόνια} = \text{νουκλεόνια} - \text{πρωτόνια}}$$

Οὕτω ὁ πυρὴν οὐρανίου  $^{92}\text{U}^{238}$  περιέχει :  $N = 238 - 92 = 146$  νετρόνια.

**266. Ἰσότοπα στοιχεῖα.**— Αἱ χημικαὶ ιδιότητες ἐνὸς στοιχείου ἔξαρτωνται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὰ πέριξ τοῦ πυρῆνος ὑπάρχοντα ἡλεκτρόνια. "Οταν λοιπὸν ἡ Χημεία εὑρίσκῃ ὅτι δύο ἀτομα ἔχουν τὰς αὐτὰς χημικὰς ιδιότητας, 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 ἔρευναι τῶν Thomson (1912) καὶ Aston (1919) ἀπέδειξαν ὅτι δύο ἀτομα εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμόν, ὃλαὶ νὰ ἔχουν διαφορετικὴν μᾶζαν. Οὕτω π.χ. ἀπεδείχθη ὅτι τὸ ὑδρογόνον, τὸ δόποιον ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1, ἐμφανίζεται ὑπὸ τὴν μορφὴν τριῶν ἀτομικῶν πυρήνων. Ὑπάρχουν δηλαδὴ τρία εἰδη ἀτόμων ὑδρογόνου, τὰ ὄποια ἔχουν διαφορετικὰς ἀτομικὰς μᾶζας :

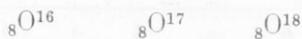
$$1,008145 \quad 2,014741 \quad 3,016997$$

"Η διαφορὰ αὐτὴ τῶν ἀτομικῶν μαζῶν δρεῖται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποτελῇται ἀπὸ μόνον 1 πρωτόνιον (κοινὸν γ δρογόνον) ἢ δύναται νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 1 νετρόνιον (δευτέριον Δ ἢ βαρὺ ὑδρογόνον) ἢ τέλος εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 2 νετρόνια (τρίτιον T). Τὰ τρία αὐτὰ ὑδρογόνα καλοῦνται **ἰσότοπα στοιχεῖα** καὶ σημειώνονται ως ἔξῆς :

$$_1\text{H}^1 \quad _1\text{H}^2 \quad _1\text{H}^3$$

"Ισότοπα καλοῦνται τὰ στοιχεῖα, τὰ ὄποια ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z, διάφορον ὅμως μαζικὸν ἀριθμὸν A.

Ούτως ίνπάρχουν δύο ίσότοπα τοῦ χλωρίου  $^{17}\text{Cl}^{35}$  καὶ  $^{17}\text{Cl}^{37}$ . Ἐπί- σης ίνπάρχουν οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς τύποι ἀτομικῶν πυρήνων δξυγόνου :



Σήμερον εἶναι γνωστοὶ 1200 περίπου τύποι ἀτομικῶν πυρήνων, ἐκ τῶν ὅποιων μόνον 280 εἶναι σταθεροί. "Οπως παρατηροῦμεν εἰς τὰ ίσότοπα τοῦ δξυγόνου, οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων Z, διαφορετικὸν δμως ἀριθμὸν νετρονίων N. Εἰς τὴν σελίδα 299 ἀναγράφονται τὰ φυσικὰ σταθερὰ στοιχεῖα καὶ τὰ ίσότοπα αὐτῶν.

Τὸ βαρύ **Ύδωρ**. Τὸ δευτέριον ἔνώνεται μὲ τὸ δξυγόνον, ὅπως καὶ τὸ κοινὸν **ύδρογόνον**. Οὔτως δμως προκύπτει μόριον **ύδατος**, τὸ ὄποῖον ἔχει μοριακὸν βάρος 20. Τὸ **Ύδωρ** τοῦτο καλεῖται **βαρύ θδωρ** καὶ ἀνεκαλύφθη ἀπὸ τὸν Urey ( 1932 ) ἐντὸς τοῦ **ύδατος**, τοῦ λαμβανομένου ἀπὸ τὰς λεκάνας ἡλεκτρολύσεως. Τὸ βαρύ **Ύδωρ** εἰς  $4^{\circ}$  C ἔχει πυκνότητα 1,104 gr/cm<sup>3</sup>. Αἱ φυσικαὶ ίδιότητες τοῦ βαρέος **ύδατος** εἶναι διάφοροι ἀπὸ τὰς ίδιότητας τοῦ κοινοῦ **ύδατος**. Οὔτω τὸ βαρύ **Ύδωρ** ἔχει θερμοκρασίαν πήξεως  $3,8^{\circ}$  C καὶ θερμοκρασίαν βρασμοῦ  $101,4^{\circ}$  C. Διὰ τοῦτο τὸ βαρύ **Ύδωρ** εἶναι εύκολον νὰ διαχωρισθῇ ἀπὸ τὸ κοινὸν **ύδωρ** διὰ κλασματικῆς ἀποστάξεως.

267. Ποζιτρόνιον.—Απὸ τὰς πειραματικὰς ἐρεύνας τοῦ Anderson ( 1932 ) ἀπεδείχθη ὅτι εἰς δρισμένας περιπτώσεις μεταστοιχειώσεων ἐμφανίζεται καὶ ἐν ἄλλῳ σωματίδιον, τὸ ὄποῖον ἐκλήθη **ποζιτρόνιον**, ἡ δὲ διάρκεια τῆς ίνπάρξεώς του εἶναι ἐλάχιστη.

Τὸ ποζιτρόνιον ἔχει μᾶζαν ἵσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ φέρει ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον.

Τὸ ποζιτρόνιον εἶναι λοιπὸν ἐν θετικὸν ἡλεκτρόνιον καὶ γεννᾶται ὅταν ἐν πρωτόνιον μετασχηματίζεται εἰς νετρόνιον ἢ ὅταν κοσμικοὶ ἀκτῖνες ἢ πολὺ διεισδυτικοὶ ἀκτῖνες γραπτοπίπτουν ἐπὶ τῶν ἀτόμων τῆς **ύλης**. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι, ὅταν ἐπὶ τῆς **ύλης** πρασπίπτῃ ἐν φωτόνιον ἀκτίνων γ, φέρον μεγάλην ἐνέργειαν, τότε παράγονται ἐν ἡλεκτρόνιον καὶ ἐν ποζιτρόνιον. Τὸ ἄθροισμα τῶν μαζῶν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τοῦ ποζιτρονίου εἶναι ίσοδύναμον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτονίου (σχ. 309 γ). Τὸ περίφημον τοῦτο πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι

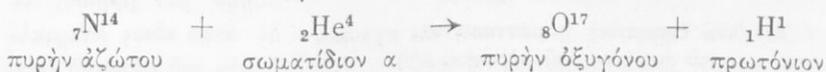
είναι δυνατή ή μετατροπή της ἐνεργείας εἰς ψηλήν, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ισοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας.

‘Υποατομικὰ σωματίδια

$\Sigma \omega \mu \alpha \tau i \delta i o n$	$M \tilde{\alpha} \zeta \alpha$	$'H \lambda e k t r i k o n$ φορτίον
ἡλεκτρόνιον $e^-$ , $-_1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
ποζιτρόνιον $e^+$ , $+_1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
πρωτόνιον $_1H^1$	$1,6724 \cdot 10^{-24}$ gr	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
νετρόνιον $_0n^1$	$1,6747 \cdot 10^{-24}$ gr	0

ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

268. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις.— Πρῶτος ὁ Rutherford ἐπέτυχε τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν ἐκτελέσας τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Ἐβομβάρδισεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ἀζώτου μὲ σωματίδια α (δῆλ. μὲ ἀτομικοὺς πυρῆνας ἡλίου) καὶ ἔλαβεν ἀτομικοὺς πυρῆνας δέξυγόνου καὶ ὕδρογόνου. Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν πυρηνικὴν ἀντιδρασιν, ἡ ὅποια γράφεται ὡς ἔξῆς :

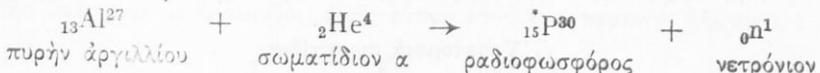


Σήμερον ἡ Πυρηνικὴ Φυσικὴ ἐπιτυγχάνει πλῆθος πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, δῆλαδὴ ἐπιτυγχάνει τὴν τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν. Πολλὰ ἐκ τῶν προϊόντων τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων είναι ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες. Οὗτοι αὐτομάτως μεταστοιχείωνονται διὰ νὰ μετατραποῦν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Ἡ μεταστοιχείωσις αὐτὴ συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἔκπομπὴν ἀκτινοβολίας, ἥτοι οἱ ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες είναι ραδιενέργοι. “Ωστε :

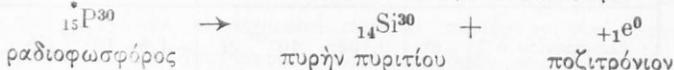
Διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων ἐπιτυγχάνεται τεχνητὴ μεταστοιχείωσις καὶ δημιουργία τεχνητῶν ραδιενέργων στοιχείων.

Οὕτως ἀπὸ τὸν βομβαρδισμὸν ἀτομικῶν πυρῆνων ἀργιλίου μὲ σω-

ματίδια και προκύπτει τεχνητός ραδιενεργός φωσφόρος (**ραδιοφωσφόρος**) και νετρόνιον:

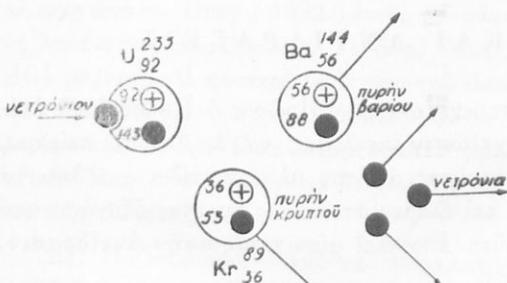


Ο άσταθής πυρήν του ραδιοφωσφόρου μεταστοιχειώνεται έπειτα είς σταθερὸν πυρήνα πυριτίου διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἑνὸς ποζιτρονίου:



Τὰ τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἔχουν σήμερον μεγάλην σημασίαν διὰ τὰς βιολογικὰς ἔρευνας καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς διαφόρους ἐφαρμογάς.

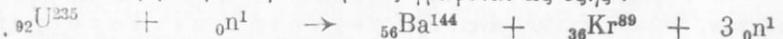
**269. Διάσπασις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου.**—Τὸ πείραμα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὸ ίσβτοπον τοῦ οὐρανίου, τὸ ὄποιον ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν 235, ἔχει τὴν ἔξης ιδιότητα: "Οταν ὁ πυρήν τοῦ οὐρανίου τούτου βομβαρδισθῇ μὲν νετρόνιον, τότε ὁ πυρήν οὗτος διασπᾶται εἰς δύο τμήματα, ἐκ τῶν ὄποιων τὸ μὲν ἐν εἰναι ἀτομικὸς πυρήν τοῦ βαρίου, τὸ δὲ ὅλο εἶναι ἀτομικὸς πυρήν τοῦ κρυπτοῦ (σχ.



Σχ. 306. Σχηματικὴ παράστασις τῆς σχάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου 235.

μὸν 235, ἔχει τὴν ἔξης ιδιότητα: "Οταν ὁ πυρήν τοῦ οὐρανίου τούτου βομβαρδισθῇ μὲν νετρόνιον, τότε ὁ πυρήν οὗτος διασπᾶται εἰς δύο τμήματα, ἐκ τῶν ὄποιων τὸ μὲν ἐν εἰναι ἀτομικὸς πυρήν τοῦ βαρίου, τὸ δὲ ὅλο εἶναι ἀτομικὸς πυρήν τοῦ κρυπτοῦ (σχ.

306.). Η πυρηνικὴ αὐτὴ ἀντιδρασις γράφεται ὡς ἔξης :



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 ἑκατομμύρια φορᾶς μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν θερμότητα, τὴν ὄποιαν προσφέρει κατὰ τὴν καύσιν 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 τῆς πυρηνικῆς ἐνέργειας.**—Εἶναι γνωστὸν (ἐκ τῆς προηγουμένης τάξεως) ὅτι μᾶζα  $m$  ἵσοδυναμεῖ μὲν ἐνέργειαν  $E = m \cdot c^2$  δόπου εἰναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν. Αἱ μετρήσεις ἀποδεικνύουν ὅτι κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις παρατηρεῖται ἀπώλεια μάζης· ἡ μᾶζα αὐτῇ μετατρέπεται εἰς ἵσοδύναμον ἐνέργειαν. "Ωστε :

Κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ὥρισμένη μᾶζα μετατρέπεται εἰς ἵσοδύναμον 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 τῆς ἡλιακῆς ἐνέργειας.**—Διὰ νὰ ἐρμηνεύσουν τὴν προέλευσιν τῆς τεραστίας ἐνέργειας, τὴν ὁποίαν ἔκπεμπει ὁ "Ἡλιος, διετυπώθη ἡ ὑπόθεσις ὅτι εἰς τὸν "Ἡλιον συμβαίνει ἡ ἀκόλουθος πυρηνικὴ ἀντιδρασις :



Τέσσαρα δηλαδὴ πρωτόνια συνενώνονται πρὸς σχηματισμὸν ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου. Κατὰ τὴν πυρηνικὴν αὐτὴν ἀντιδρασιν τὰ δύο πρωτόνια μετατρέπονται εἰς νετρόνια καὶ διὰ τοῦτο ἀποβάλλονται δύο ποζιτρόνια. Ἡ πυρηνικὴ αὐτὴ ἀντιδρασις συνοδεύεται ἀπὸ κολοσσιαίν ἔκλυσιν ἐνέργειας, διότι παρατηρεῖται μεγάλη ἀπώλεια μάζης. Τυπολογίζουν ὅτι κατὰ δευτερόλεπτον μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν 4 500 000 τόνονοι ἡλιακῆς μάζης. Ἡ ἀνωτέρω πυρηνικὴ ἀντιδρασις, διὰ τῆς ὁποίας συντίθενται ἀτομικοὶ πυρῆνες ὑδρογόνου πρὸς σχηματισμὸν ἀτομικῶν πυρήνων ἡλίου, καλεῖται σύντηξις καὶ εἶναι μία θερμοπυρηνικὴ ἀντιδρασις, ἡ ὁποία πραγματοποιεῖται εἰς τὴν βόρβαν ὑδρογόνου.

**272. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ.**—Κατὰ τὴν διάσπασιν ἐνὸς πυρῆνος οὐρανίου ( $_{92}\text{U}^{235}$ ) ἔκλυεται μεγάλη ποσότης ἐνέργειας. Τὰ 20% τῆς ἐνέργειας αὐτῆς ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν καὶ τὰ 80% τῆς ἔκλυσμένης ἐνέργειας ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφὴν κινητικῆς ἐνέργειας τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Οὕτω τὰ θραύσματα τοῦ πυρῆνος ἐκσφενδονίζονται μὲν μεγάλην ταχύτητα, συγκρούονται μὲν τὰ γειτονικὰ μόρια καὶ συνεπῶς διαχέουν τὴν ἐνέργειάν των ὑπὸ μορφὴν θερμότητος. Αὐτὴν τὴν θερμότητα ἐκμεταλλεύμεθα

εἰς τὸν ἀτομικὸν ἀντιδραστῆρα διὰ τὴν παραγωγὴν ὑδρατμοῦ. Ὁ παραγόμενος ὑδρατμὸς χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κίνησιν ἀτμοστροβίλου, ὁ ὄποιος παρέχει τὴν ἀπαιτούμενην μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς μίαν γεννητριαν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (δηλ. εἰς ἓνα ἐναλλακτῆρα). Οὕτως ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος οὐρανίου μετατρέπεται τελικῶς εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σήμερον ὑπάρχουν διάφοροι τύποι ἀτομικῶν ἀντιδραστήρων. Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω χρησιμοποιήσεως ὁ ἀτομικὸς ἀντιδραστῆρος χρησιμοποιεῖται εὑρύτατα καὶ διὰ τὴν παραγωγὴν διαφόρων ραδιοϊστορέων 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 πυρὴν εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ οὐρανίου, ὁ ὄποιος ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν  $A = 238$ , δηλ. ὁ πυρὴν  $^{92}\text{U}^{238}$ . Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα ἐπέτυχε τὴν παραγωγὴν ἀτομικῶν πυρήνων βαρυτέρων τοῦ πυρῆνος οὐρανίου. Οἱ νέοι οὖτοι ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀνήκουν εἰς στοιχεῖα, τὰ ὄποια

‘Υπερουράνια στοιχεῖα  
(‘Ο μαζικὸς ἀριθμὸς A ἀναφέρεται εἰς γνωστὰ λεύκωμα)

Ἄτομικὸς ἀριθμὸς Z	Όνομα στοιχείου	Σύμβολον	Μαζικὸς ἀριθμὸς A
93	Νεπτούνιον	Np	231-241
94	Πλούτωνιον	Pu	232-246
95	Αμερίκιον	Am	237-246
96	Κιούριον	Cm	238-250
97	Μπερκέλιον	Bk	243-250
98	Καλιφόρνιον	Cf	244-254
99	Αΐνστανιον	E	246-256
100	Φέρμιον	Fm	250-256
101	Μεντελέβιον	Mv	256
102	Νομπέλιον	No	254
103	Λορέντσιον	;	257

δὲν ὑπάρχουν εἰς τὴν Φύσιν καὶ ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν Z μεγαλύτερον ἀπὸ 92. Τὰ νέα αὐτὰ τεχνητῶς παραγόμενα στοιχεῖα καλοῦνται **ὑπερουράνια στοιχεῖα**, διότι εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων

κατατάσσονται πέραν του ούρανίου. Μέχρι σήμερον παρήχθησαν ύπερουράνια στοιχεῖα μέχρι του άτομικου άριθμου  $Z = 103$ , ητοι παρήχθησαν ένδεκα ύπερουράνια στοιχεῖα ( βλ. πίνακα σελ. 290 ). "Ολοι οι ύπερουράνιοι άτομικοι πυρηνες είναι α σ α θ ε ᾱ c και αύτομάτως μεταστοιχείωνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α ἡ ἀκτίνων β.

**274. Τὰ ύποατομικὰ σωματίδια.**—'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψε διάφορα ύ π ο α τ ο μ ι κ ἡ 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 ὄποιον είναι σωματίδιον οὐδέτερον, ἔχει ἀσήμαντον μᾶξαν καὶ γεννᾶται, ὅταν ἐν νετρόνιον μεταβάλλεται εἰς πρωτόνιον ἡ ἀντιστρόφως, ὅταν ἐν πρωτόνιον μεταβάλλεται εἰς νετρόνιον.

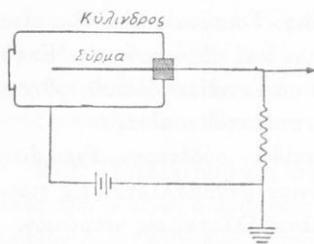
β) Τὰ μεσόνια είναι σωματίδια μὲν ἡλεκτρικὸν φορτίον θετικὸν ἡ ἀρνητικὸν, ἵσου μὲν ἐν στοιχειώδες ἡλεκτρικὸν φορτίον ( ε ) ἡ είναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶξα των περιλαμβάνεται μεταξὺ τῆς μάξης του ἡλεκτρονίου καὶ τῆς μάξης του πρωτονίου.

γ) Τὰ ύπερόνια είναι σωματίδια μὲν ἡλεκτρικὸν φορτίον ( θετικὸν ἡ ἀρνητικὸν ) ἡ είναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶξα των είναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν μᾶξαν του πρωτονίου ( $_1H^1$ ) καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὴν μᾶξαν του 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 αὔτη ἀπεδόθη εἰς ιονισμὸν του ἀέρος, προκαλούμενον ἀπὸ ἀγνωστὸν ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία είναι πολὺ διεισδυτικὴ. Αἱ πειραματικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ( Hees, Kolhörster, Millikan, Bowen κ.ἄ. ) ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης βαίνει αὔξανομένη, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι αἱ ἀγνωστοὶ ἀκτίνες ἔρχονται εἰς τὸν πλανῆτην μας ἐκ του ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ διὰ τοῦτο ἀνομάσθησαν κοσμικαὶ ἀκτίνες. Αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες ἔχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ἴκανότητα, δυνάμεναι νὰ διέλθουν διὰ πλακός μολύβδου, ἡ ὁποία ἔχει πάχος πολλῶν μέτρων, ἡ διὰ στρώματος ὕδατος πάχους 250 μέτρων.

Διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, ὡς καὶ ἄλλων σωματιδίων, χρησιμοποιούνται συνήθως αἱ ἔξης τρεῖς μέθοδοι: α) ἡ ταχύτης ἐκ ροτίσεως τοῦ ἡλεκτροσκοπίου, β) ὁ παριθυμητής Geiger—Muller καὶ γ) ὁ θάλαμος Wilson.

Ο ἀπαριθμητής Geiger—Muller ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸν μεταλλικὸν σωλῆνα, ὁ ὅποῖς κατὰ τὸν ἀξονά του φέρει τεταμένον λεπτὸν



Σχ. 307. Ἀπαριθμητής.  
ρέεται ἀπὸ στιγματίου ρεῦμα, τὸ ὅποῖον, ἐνισχυόμενον καταλήγει, δύναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαφώνου καὶ νὰ καταστῇ ἀκουστὴν τὴν ἀφίξιν τοῦ σωματιδίου εἰς τὸν ἀπαριθμητὴν ἢ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν λειτουργίαν ἑνὸς μηχανικοῦ μετρητοῦ.

Ο θάλαμος Wilson ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κύλινδρον, ἐντὸς τοῦ ὅποίου ὑπάρχει ἀήρος κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς (σχ. 308).

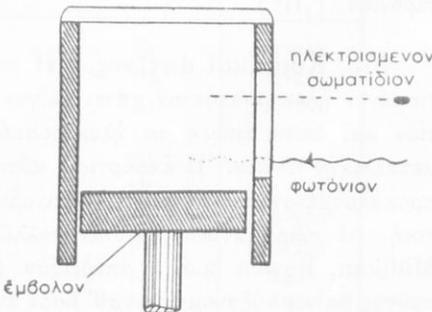
Ἡ ἄνω βάσις τοῦ κυλινδροῦ εἶναι ὑαλίνη πλάξη, ἡ δὲ κάτω βάσις τοῦ κυλινδροῦ εἶναι ἔμβολον. "Αν αὐτὴ θῇ ἀποτόμως ὁ ὅγκος τοῦ ἀέρος, οὗτος φύγεται, ἡ καὶ οἱ ἐντὸς αὐτοῦ ὑδρα-

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 λειτουργὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀερίου καὶ παράγεται

ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ στιγματίου ρεῦμα, τὸ ὅποῖον, ἐνισχυόμενον καταλήγει, δύναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαφώνου καὶ νὰ καταστῇ ἀκουστὴν τὴν ἀφίξιν τοῦ σωματιδίου εἰς τὸν ἀπαριθμητὴν ἢ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν λειτουργίαν ἑνὸς μηχανικοῦ μετρητοῦ.



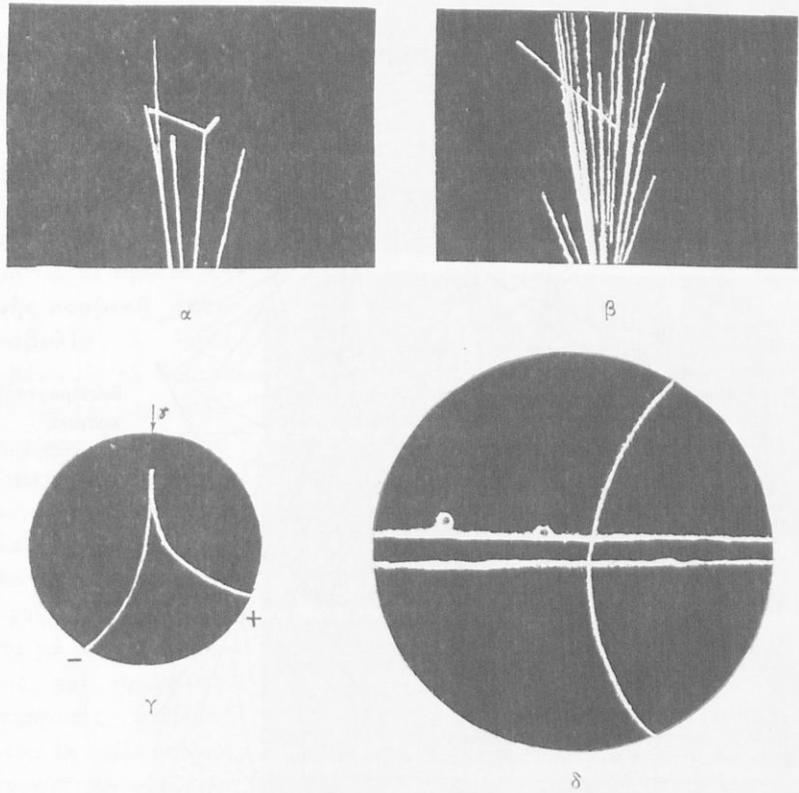
υαλίνη πλάξη



Σχ. 308. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἀρχῆς ἐπὶ τῆς ὅποιας στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson:

τμοὶ ὑγροποιοῦνται καὶ σχηματίζονται σταγονίδια. Κατὰ προτίμησιν τὰ σταγονίδια σχηματίζονται πέριξ τῶν ἴοντων, τὰ δόποια ὑπάρχουν ἐντὸς

τοῦ ἀέρος. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἔκτονωθέντος ἀέρος εἰσέλθῃ ἐν φορτισμένον



Σχ. 309. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μὲ τὸν θάλαμον τοῦ Wilson.

α. Ἡ διακλάδωσις μιᾶς τροχιᾶς δεικνύει τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς σωματιδίου α με ἐν ἀτομον ὁξυγόνου. Ὁ βραχὺς κλάδος ἀνήκει εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα ὁξυγόνου μετὰ τὴν σύγκρουσιν.

β. Σύγκρουσις ἐνὸς σωματιδίου α μὲ ἀτομικὸν πυρῆνα ὑδρογόνου (P).

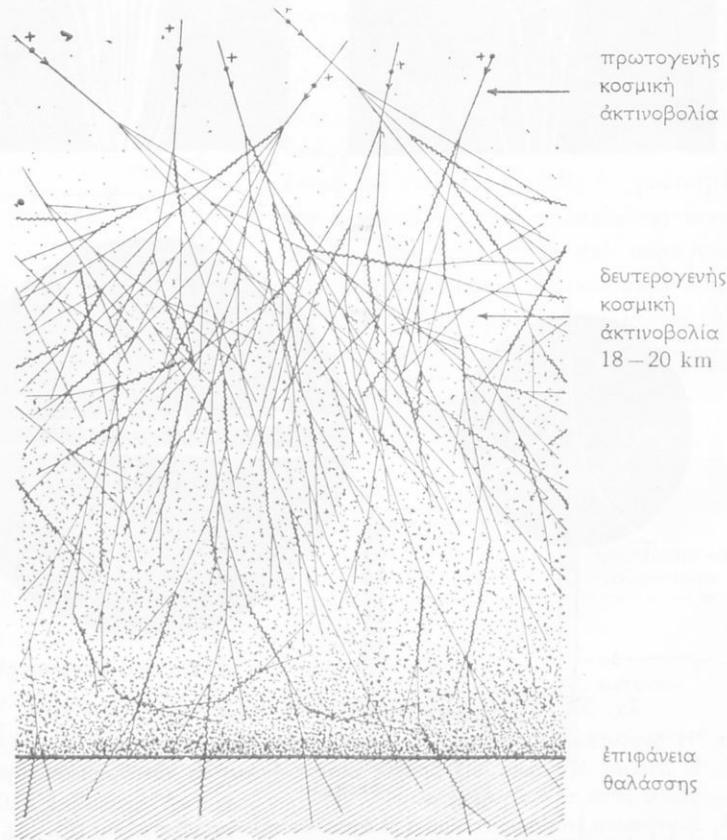
γ. Παραγωγὴ ἐνὸς ζεύγους: ἡλεκτρόνιον - ποζιτρόνιον ἀπὸ ἐν φωτόνιον ἀκτινοβολίας γ.

δ. Τροχιὰ ἐνὸς ποζιτρονίου.

σωματιδίον, τοῦτο σχηματίζει σειρὰν ἴοντων, πέριξ τῶν ὅποιών συγκεντρώνονται σταγονίδια ὄδατος. Τὰ σταγονίδια ἀποτελοῦν μίαν λεπτὴν γραμ-

μήν όμελης, ή όποια φανερώνει τὴν τροχιὰν τοῦ σωματιδίου. Οὕτω δυνάμειχα νὰ παρατηρήσωμεν ἢ καὶ νὰ φωτογραφήσωμεν τὴν τροχιὰν τοῦ σωματιδίου, τὸ διότιον εἰσῆγθεν ἐντὸς τοῦ θαλάμου (σχ. 309).

276. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.—Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης



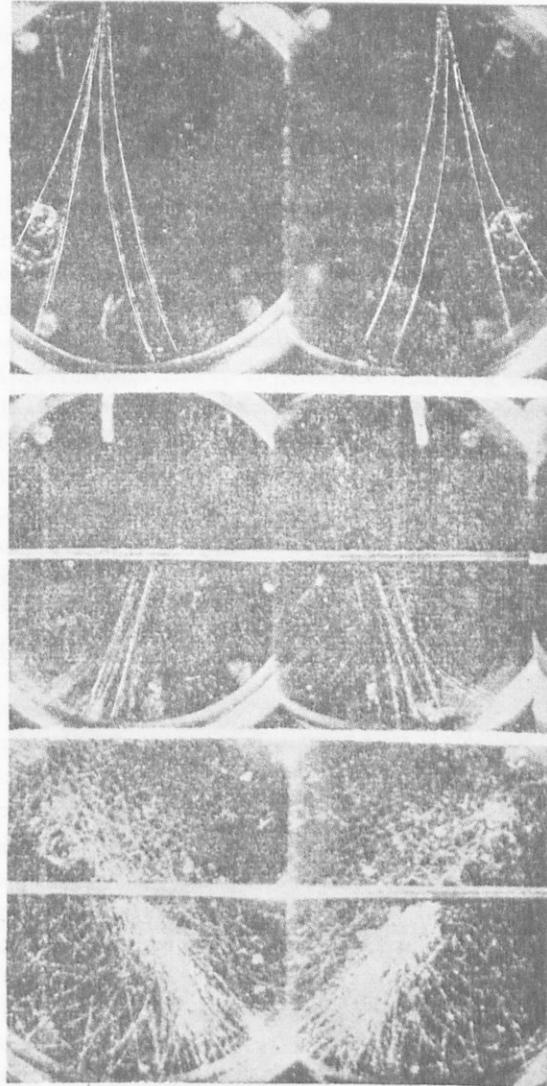
Σχ. 310. Σχηματική παράστασις τῆς παραγωγῆς δευτερογενούς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας.

κάθε δευτερόλεπτον προσπίπτει ἐν κοσμικὸν σωματίδιον ἐπὶ  $1 \text{ cm}^2$ . Η ἐντασίς τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας διατηρεῖται σταθερὰ καὶ μόνον

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

εἰς τὰς περιοχὰς τῶν πόλων εἶναι μεγαλυτέρα. Ἡ προέλευσις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων εἶναι ἀκόμη ἄγνωστος, φάίνεται δὲ ὅτι αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες φθάνουν εἰς τὸν πλανήτην μᾶς ἐξ ὅλων τῶν περιοχῶν τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος. Ἡ πρωτογενῆς κοσμικὴ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποίᾳ φθάνει εἰς τὰ ἀνώτερα ὑψη τῆς ἀτμοσφαίρας μᾶς, ἀποτελεῖται ἀπὸ ταχύτατων κινούμενα πρωτόνια. Ταῦτα, μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, συγκρούονται μὲν μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ἐκ τῶν ὁποίων προκύπτουν νέα σωματίδια καὶ φωτόνια, τὰ ὁποῖα 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 Wilson. 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.

Ψηφιοποιήθηκε από τὸ Ινστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

**λία,** ή όποια ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρόνια, ποζιτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια καὶ φωτόνια. Μεταξύ τῶν συστατικῶν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων ἀνευρέθησαν καὶ τὰ μεσόνια, τὰ όποια ἔχουν μᾶζαν 207, 275 καὶ 970 περίπου φοράς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρονίου. Γενικῶς τὰ σωματίδια αὐτὰ εἶναι ἀσταθῆ.

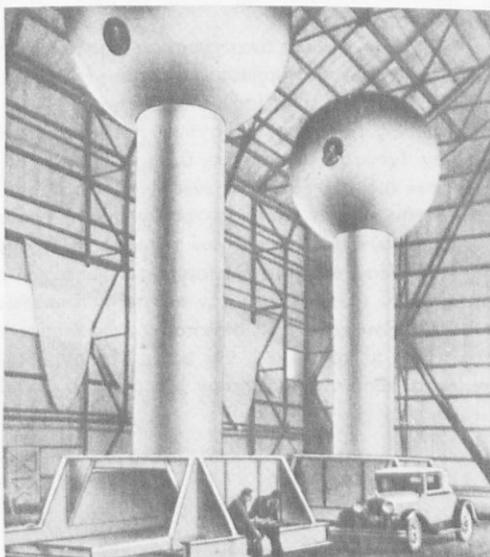
Ἐκ τῶν μετρήσεων εὑρέθη ὅτι τὰ κοσμικὰ σωματίδια μεταφέρουν κολοσσιαίαν ἐνέργειαν, διότι κατὰ τὴν σύγκρουσίν των μὲ τὰ ἀτομα τῆς ὑλῆς προκαλοῦν τὴν συντριβὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος καὶ τὸν διαμελισμόν του εἰς ἔκαποντάδας μικροτάτων σωματίδιων (σχ. 311).

Τεράστιαι προσπάθειαι καταβάλλονται σήμερον διὰ τὴν σπουδὴν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, αἱ όποιαι πιθανώτατα ἔχουν σχέσιν καὶ μὲ τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς. Εἰς πᾶσαν στιγμὴν ἀτομικοὶ πυρῆνες τῶν ἴστῶν τῶν ὄργανισμῶν συντρίβονται ἀπὸ κοσμικὰ σωματίδια καὶ οὕτως ἐκλύεται τεραστία ἐνέργεια ἐντὸς τοῦ κυττάρου. Ἐίναι ἀκόμη ἄγνωστα τὰ ἀποτέλεσματα, τὰ όποια ἐπιφέρει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς αὐτὴ ἡ ἀπότομος ἔκλυσις τῆς τεραστίας ἐνέργειάς. « Ποῖος γνωρίζει, ἐὰν ἡ πνευματικὴ ἀνισορροπία ἡ ἡ μεγαλοφυῖα δὲν γεννῶνται κάποιαν στιγμὴν ἀπὸ τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς κοσμικοῦ σωματίδiou μὲ ἐν ἀπὸ τὰ λεπτὰ καὶ εὐαίσθητα ἐγκεφαλικὰ κύτταρα; » (Thibaud).

**277. Ἡ ἀντιύλη.**— 'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ὑλὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀτομα. Ἐκαστον ἀτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ θετικῶς φορτισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ τὰ πέριξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος περιφερόμενα ἡλεκτρόνια. "Ολοι οι πυρῆνες τῶν ἀτόμων τῆς ὑλῆς περιέχουν πρωτόνια καὶ νετρόνια. Τὸ ἀπλούστερον ἀτομον τῆς ὑλῆς εἶναι τὸ ἀτομον τοῦ ὑδρογόνου, τὸ όποιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐν πρωτόνιον καὶ ἀπὸ τὸ πέριξ τοῦ πρωτονίου περιφερόμενον ἡλεκτρόνιον. 'Η πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψε τὸ ποζιτρόνιον, τὸ όποιον εἶναι σωματίδιον ὅμοιον μὲ τὸ ἡλεκτρόνιον, ἀλλὰ μὲ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. "Ωστε τὸ ποζιτρόνιον θὰ συμπειφέρεται ἀντιθέτως πρὸς τὸ ἡλεκτρόνιον. 'Η θεωρητικὴ καὶ ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψαν ὅτι ἐκτὸς τοῦ ποζιτρονίου ὑπάρχουν καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ όποια συμπειφέρονται ἀντιθέτως πρὸς τὰ γνωστὰ σωματίδια, τὰ όποια ἀποτελοῦν τὰ συστατικὰ τῆς ὑλῆς. Τὰ νέα αὐτὰ σωματίδια καλοῦνται ἀντισωματίδια ἡ γενικώτερον ἀντιύλη. Οὕτω τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν ὑδρογόνου, ἀλλὰ μὲ ἀρνητικὸν φορτίον ἵσον μὲ ἐν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον. 'Εὰν φαντασθοῦμεν

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 μᾶζα τῶν δύο τούτων σωματιδίων μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. 'Ομοίως ἐν πρωτονίον καὶ ἐν ἀντιπρωτόνιον ἐνούμενα μετατρέπονται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. 'Η ἐνέργεια αὕτη εἶναι τεραστία. Εἰς τὸν ἴδικόν μας κύσμον ἡ ἀντιύλη ἐμφανίζεται κατὰ ὥρισμένας πυρηνικάς ἀντιδράσεις, ἀλλ' ἔξαφανίζεται ἀκαριαίως, διότι ἐνοῦται μὲ τὴν γνωστήν μας ὅλην καὶ τότε προκύπτει ἰσοδύναμος ἐνέργεια. « Δὲν εἶναι παράλογον, ὅν 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 (-)



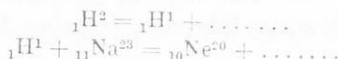
'Ηλεκτροστατική μηχανή τύπου Van de Graff, δυναμένη νὰ ἀναπτύξῃ τάσιν 10<sup>7</sup> Volt (Τοῦ Τεχνολογικοῦ 'Ινστιτούτου - τῆς Μασσαχουσέτης.)

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

188. Νὰ εύρεθῇ μὲ πόσην ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἔργια καὶ Joule ίσοδυναμεῖ ἡ μονάς ἀτομικῆς μάζης καὶ ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου.

189. Μὲ πόσην ἐνέργειαν ίσοδυναμεῖ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου;

190. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



191. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



192. Ὁ ἀτομικὸς πυρὴν ἡλίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια, ἡ δὲ μᾶζα του είναι ἵστη μὲ 4,003879 αιπυ. Πόση ἐνέργεια ἡλευθερώθη κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ πυρῆνος τούτου;

193. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ Πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονάς ἐνεργείας λαμβάνεται τὸ 1 ἡλεκτρονιοβόλτ (1 ev), ἥτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν όποιαν ἀποκτᾷ ἐν ἡλεκτρόνιον, ὅταν τοῦτο μετακινήται μεταξὺ δύο ὀγκῶν ἔχοντων διαφορὰν δυναμικοῦ ! Volt. Μὲ πόσα ἔργια καὶ Joule ίσοῦται ἡ μονάς ἡλεκτρονιοβόλτ ;

194. Μὲ πόσην ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἡλεκτρονιοβόλτ (ev) ίσοδυναμεῖ ἡ μονάς ἀτομῆς μάζης (1 αιπυ) ;

195. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησιν ἐνὸς ἡλεκτρονίου καὶ ἐνὸς ποιζιτρονίου ;

196. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησιν ἐνὸς πρωτονίου καὶ ἐνὸς ἀντιπρωτονίου ;

197. Πόση ἄπωσις ἀναπτύσσεται μεταξὺ ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου ( $Z = 2$ ) καὶ ἐνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἀσθετίου ( $Z = 20$ ), ὅταν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων πυρήνων είναι ἵστη μὲ  $1/10^{12}$  cm ;

198. Εἰς τὸ ἀτομονύδρογόνον τὸ μοναδικὸν ἡλεκτρόνιον διαγράφει κυκλικὴν τροχιὰν ἔχουσαν ἀκτίνα  $r = 0,5 \cdot 10^{-8}$  cm, ἡ δὲ συγχρότης 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. Ἐάν κατὰ τὴν διάσπασιν ἐνὸς βαρέος πυρῆνος παρατηρήται ἐλλείμμα μάζης ἵσον μὲ τὰ  $0,10\%$  τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος, νὰ εύρεθῃ πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν διάσπασιν 1 kgf ἐκ τοῦ ύλικοῦ τούτου.

Τὰ ἱσότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ἄτομικός άριθμός Ζ	Στοιχεῖον	Μαζικός άριθμός Α
1	‘Γδρογόνον	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	‘Αργύριον	27
14	Πυρίτιον	28 29 30
15	Φωσφόρος	31
16	Θείον	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	Ρουβίδιον	85 87
38	Στρόντιον	84 86 87 88
39	‘Υττριον	89
40	Ζιρκόνιον	90 91 92 94 96
41	Νιόβιον	93

Τὰ ισότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ατομικὸς άριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Μαζικὸς Αριθμὸς A							
42	Μολυβδαίνιον	92	94	95	96	97	98	100	
43	Τεχνήτιον	99							
44	Ρουθήνιον	96	98	99	100	101	102	104	
45	Ρόδιον	103							
46	Παλλάδιον	102	104	105	106	108	110		
47	"Αργυρός	107	109						
48	Κάδμιον	106	108	110	111	112	113	114	116
49	"Ινδίον	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	130
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	Πρασεοδύμιον	141							
60	Νεοδύμιον	142	143	144	145	146	148	150	
61	Προμήθειον	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	Δισπρόσιον	156	158	160	161	162	163	164	
67	"Ολμιον	165							
68	"Ερβιον	162	164	166	167	168	170		
69	Θούμιον	169							
70	"Υπέρβιον	168	170	171	172	173	174	176	
71	Λουτίτιον	175	176						
72	"Αφνιον	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	"Υδράργυρος	196	197	198	199	200	201	202	204

## Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

### Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

1. Σπουδὴ καὶ ἐρμηνεία τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.—Τὸ φῶς παίζει σημαντικὸν ρόλον εἰς τὴν ζωὴν τῶν ἀνθρώπων καὶ διὰ τοῦτο ἡ σπουδὴ τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἐγένετο ἀπὸ παλαιοτάτων χρόνων. Τὰ γνωστὰ φαινόμενα ἥσαν ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός, ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιᾶς, ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν λείων ἐπιφανειῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς εἰδώλων ὧς καὶ ἡ φαινομένη θραῦσις μιᾶς ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ὄδατος. Μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος ἐσπουδάζοντο μόνον τὰ ἀπλᾶ ταῦτα φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς, χωρὶς ὅμως νὰ καταστῇ δυνατὸν νὰ δοθῇ μία φυσικὴ ἔρμηνεία τῶν φαινομένων τούτων. Αἱ πρῶται φυσικαὶ ὑποθέσεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, διετυπώθησαν μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τοῦ νόμου τῆς διαθλάσσεως τοῦ φωτός. Αἱ ὑποθέσεις αὗται προσεπάθησαν νὸν ἔρμηνεύσουν τὰ τότε γνωστὰ φαινόμενα, μὲ τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου ἀνεκαλύπτοντο νέα φαινόμενα, τὰ ὅποῖα ἐπέβαλλον τὴν τροποποίησιν τῶν παλαιῶν θεωριῶν. ‘Ἡ ἴστορία τῶν περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός θεωριῶν εἶναι εἰς ἀπὸ τοὺς πλέον ἐνδιαφέροντας κλάδους τῆς ἴστορίας τῆς Φυσικῆς, διότι ἡ ἴστορία τῶν περὶ τοῦ φωτὸς θεωριῶν καταδεικνύει πῶς δύο τελείως ἀντίθετοι θεωρίαι εἶναι δυνατὸν νὰ ἔρμηνεύσουν δύο διαφόρους ὅψεις 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 διαθλάσσεως τοῦ φωτός. ‘Ο Νεύτων διετύπωσε τὴν γνωστὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις μικροτάτων σωματιδίων. Οὔτως ὁ Ne<sup>l</sup> :ων κατώρθωσε νὰ ἔρμηνεύσῃ κατὰ τρόπον ἀπλούστατον τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διάθλασιν καὶ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. ‘Ο ἔδιος ὁ Νεύτων ἀνεκάλυψε καὶ ἐν φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός, τὸ ὅποῖον καλεῖται δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος. Διὰ νὰ ἔρ-

μηνεύση ὁ Νεύτων τὸ φαινόμενον τοῦτο ἡγαγκάσθη νὰ παραδεχθῇ ὅτι  
ἢς τὰ φωτεινὰ σωματίδια ὑπάρχει κάποια περιοδικότης.



Νεύτων

έξαιρετικῆς σημασίας ὑποστήριξιν, διότι κατώρθωσε νὰ δημιουργήσῃ φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός καὶ νὰ ἔκτελέσῃ ἀκριβεῖς μετρήσεις. Ὁ Ιδιος, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιαι κυμάνσεις. Ἐκεῖνος ὅμως, ὁ ὄποιος ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων εἶναι ὁ Γάλλος Fresnel, ὁ ὄποιος 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 διπτικῶν μέσων

Συγχρόνως μὲ τὸν Νεύτωνα ὁ Ὄλλανδς 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 "Ἄγγλος Young ἔδωσεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



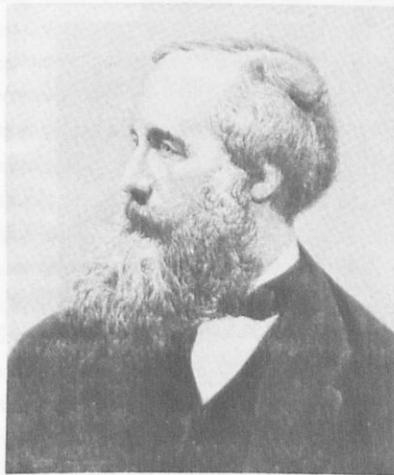
H u y g e n s

καὶ νὰ ἀποδεῖξῃ οὕτως, ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὰ διαφανῆ ὄλικὰ 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, ὅλα λίγα παραδόξου αἰτίερος.

3. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός.—Κατὰ τὸ 1848 ὁ "Ἄγγλος Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεποιωμένη ἀκτὶς φωτὸς



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτῖνος ὑφίσταται στροφήν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτὸς καὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ καὶ ὅτι εἶναι δυνατὸν τὰ φωτεινὰ κύματα νὰ μὴ εἶναι κυμάνσεις μηχανικῆς φύσεως, ὅλα ἡλεκτρικῆς φύσεως. Ἀπὸ τὴν σκέψιν αὐτὴν ἀνεχώρησεν ἡ μεγαλοφυΐα τοῦ "Άγγλου Maxwell ,διὰ νὰ ἀνακαλύψῃ διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐπὶ τοῦ χάρτου ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία καὶ νὰ ἀνακαλύψῃ ἐπὶ πλέον τὴν ὕπαρξιν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὅποια δὲ οὐδίγα ἔτη βραδύτερον ἀνεκάλυψεν πειραματι-

κῶς ὁ Γερμανὸς Hertz. 'Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία συνδέει εἰς ἓν ἑνιαῖον 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 μὲ μόνην διαφορὰν εἰς τὴν συγχύσητα τῆς κυμάνσεως.

**4. Τὰ φωτόνια.**—Ἐπὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἡσχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροὺς καὶ πολλοὺς ἀγῶνας κατώρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θεωρίαν ἡλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποία ἐδίδειν ἀπλῆν καὶ ἔνιαίν εξήγησιν εἰς τὸ σύνολον

τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς ὅμως τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν νέα φαινόμενα, τὰ ὅποια ὑπεχρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικότερον ἐξ τῶν ἀνακαλυφθέντων νέων φαινομενῶν, τὸ ὅποιον φανερώνει τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. 'Ἄς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγήν. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἓν σφαιρικὸν κῦμα, τὸ ὅποιον διαδίδεται ἐντὸς τοῦ χώρου. 'Η ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἐξέπεμψεν ἡ φωτεινὴ πηγή, κατανέμεται ἐπὶ μᾶς διαρκῶς αὖξανο-



Einstein

μένης σφαιρικῆς ἐπιφανείας καὶ συνεπῶς αἱ δράσεις, τὰς ὁποίας δύναται νὰ ἐξασκήσῃ τὸ φῶς, εἶναι τόσον ἀσθενέστεραι, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγήν. 'Αντιθέτως, ἀς δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς δλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμμίαν κατάτμησιν καὶ συνεπῶς δύνανται νὰ προκαλέσουν σημαντικὰ ἀποτελέσματα καὶ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. 'Η ἀνακάλυψις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἀπεκάλυψεν λοιπὸν ὅτι αἱ ἀκτινοβολίαι εἶναι ίκαναι νὰ ἐξασκήσουν ἐπὶ τῆς ὥλης ἐνέργειακὰς δράσεις καὶ ὅτι αἱ δράσεις αὐταὶ δὲν ἐλαττώνονται, ὅσον ἀὔξανεται

ή άπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν πηγήν. Οὕτως ὁ Einstein, ἐπανεργόμενος εἰς τὴν σωματιδιαικὴν θεωρίαν, διὰ νὰ ἔρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἐδέχθη ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ κοκκίδια καὶ ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν τὰ κοκκίδια ταῦτα πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Εἰς τὰ κοκκίδια αὔτα ἔδωσεν τὸ ὄνομα **φωτόνια**. "Ἐκαστον κοκκίδιον μεταφέρει ἐνέργειαν ἀνάλογον πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν **κβάντα**, τὴν ὅποιαν διετύπωσεν εἰς τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μᾶς ὁ Γερμανὸς Planck. 'Η θεωρία τῶν φωτονίων ἔρμηνεύει ὅχι μόνον τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἀλλὰ καὶ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὅποια ἀνεκαλύφθησαν μεταγενεστέρως. 'Η θεωρία ὅμως τῶν φωτονίων εἶναι ἀνίκανος νὰ ἔξηγήσῃ τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως καὶ τῆς πολώσεως τοῦ φωτός. Διὰ τὴν ἔρμηνείαν τῶν φαινομένων τούτων ἡπεγρεώθησαν οἱ φυσικοὶ νὰ διατηρήσουν καὶ τὴν θεωρίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

5. **Ἡ κυματομηχανική**.—'Η ὑπαρξίας δύο θεωριῶν διὰ τὴν ἔρμηνείαν τῶν διπτικῶν 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. 'Η γιγαντιαία αὕτη σύνθεσις δονομάζεται **Κυματομηχανική** καὶ περιλαμβάνει ὅχι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὥλην καὶ τὰς διαφόρους μορφὰς τῆς ἐνέργειας. 'Η Κυματομηχανικὴ δέχεται ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ φωτόνια, συμφώνως πρὸς τὴν ἀποψὺν τοῦ Einstein, ἀλλ᾽ ἔκαστον φωτόνιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ ἐν κῦμα, τὸ ὅποιον συνοδεύει τὸ φωτόνιον κατὰ τὴν μετακίνησιν του εἰς τὸ διάστημα. Αὐτὴ ἡ θεωρία περὶ τῆς διπλῆς φύσεως τοῦ φωτός διασύνει βαθύτατα τὰς συνηθείας τῆς σκέψεώς μας. Τὸ κῦμα, τὸ ὅποιον συνοδεύει τὸ φωτόνιον, εἶναι ἐν κῦμα πιθανότητος καὶ μᾶς φανερώνει πόσαι πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐμφανισθῇ τὸ φωτόνιον ἐδῶ ἢ ἐκεῖ. 'Ἐνῶ



Planck

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 ὄποιου εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ διμιοῦμεν εἶναι τὸ κῦμα, τὸ ὄποιον συνοδεύει τὸ φωτόνιον. Ἀντιθέτως, ὅταν τὸ φῶς φθάσῃ κάπου, π.χ. ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακός, τότε ἡ ἄφιξις τοῦ σωματιδίου ἔκδηλώνεται μὲ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς πλακός, ἐνῶ τὸ κῦμα ἔχει ἔξαφανισθῇ.



Louis de Broglie

“Ἄς ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ σχηματισμοῦ χροσσῶν συμβολῆς καὶ ἀς φαντασθῶμεν δτὶ τὸ διάφραγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν φωτογραφικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὄποιας δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν σχηματιζόμενα τὰ σημεῖα προσβολῆς ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν σωματιδίων. Κατ’ ἀρχὰς θὰ παρατηρήσωμεν σημεῖα προσβολῆς διεσπαρμένα εἰς τὴν τύχην. Ἀλλὰ δὲ λίγον κατ’ δὲ λίγον θὰ ἀναγνωρίσωμεν δτὶ τὰ «τυχαῖα» αὐτὰ σημεῖα διασπερούνται συμφώνως πρὸς μίαν ὠρισμένην γενικὴν τάξιν καὶ θὰ ἴδωμεν νὰ σχηματίζεται ἡ ἀρμονικὴ σειρὰ τῶν χροσσῶν. Ἐπειδὴ τὰ φαινόμενα ταῦτα εἶναι πολὺ ταχέα, διὰ τοῦτο δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν μόνον αὐτὴν τὴν γενικὴν τάξιν. Ἀνάλογον γενικὴν τάξιν παρατηρεῖ καὶ μία ἀσφαλιστικὴ ἑταῖρία ζωῆς, ἡ ὄποια εἶναι ἀνίκανος νὰ εἴπῃ, ἐὰν θὰ ἀποθάνῃ κατ’ αὐτὸν τὸ ἔτος δ A, δ B ἢ δ Γ..., ἀλλὰ γνωρίζει πόσοι ἡσφαλισμένοι ἐπὶ 10 000 θὰ ἀποθάνουν κατὰ τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα.

**6. Ἡ σύγχρονος Φυσική.**—Εἰς τὴν σύγχρονον Φυσικὴν κατὰ τὴν σπουδὴν πολλῶν φαινομένων καὶ ἴδιαιτέρως τῶν φαινομένων τοῦ μικροκόσμου ὑπεισέρχεται ἡ «τύχη», ἡ ὄποια διέπεται ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν πιθανοτήτων. Αἱ σύγχρονοι θεωρίαι τῆς Φυσικῆς εἶναι ἀρκετὰ πολύπλοκοι, διότι ὁ ἀπειρος μικρόκοσμος τῶν μορίων, τῶν ἀτόμων, τῶν ἡλεκτρονίων, τῶν φωτονίων διέπεται ἀπὸ τοὺς παραδόξους νόμους τῆς τύχης, καὶ ἀπὸ νόμους, οἱ ὄποιοι δὲν ἴσχύουν διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ μακροκόσμου. Διὰ τὴν ἔρμηνεαν 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 ἡ νὰ εἰσιδύσῃ διαρκῶς περισσότερον εἰς τὴν γνῶσιν τῆς ἀρμονίας τῆς Φύσεως» (Louis de Broglie).

#### Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

**1. Σπουδὴ καὶ ἐρμηνεία τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων.**— Η πρώτη παρατήρησις ἡλεκτρικοῦ φαινομένου ἀνάγεται εἰς τὸν Θαλῆν τὸν Μιλήσιον (βος αἰών π.Χ.), ὁ διόποιος παρετήρησεν ὅτι τὸ ἡλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ἴδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα. Αὕτη ἡτοῦ ή 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 δύμας αὐταὶ ἐγένοντο τελείως τυχαίως ἀπὸ μερικοὺς περιέργους ἔρασιτέχνας. Πρῶτος ὁ Guericke (1602 - 1686) ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλεκτροστατικὴν ἀπωσιν, διότι μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐπιστεύετο ὅτι μεταξὺ δύο ἡλεκτρισμένων σωμάτων ἔξασκεται πάντοτε ἔλεις. Ὁ Boule (1626 — 1691) ἀπέδειξεν ἀργότερον ὅτι αἱ ἡλεκτρικαὶ ἔλεις καὶ ἀπώσεις παρατηροῦνται καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ὁ "Αγγλος Gray ἀπέδειξεν τὸ 1729 ὅτι ὁ ἡλεκτρισμὸς δύναται νὰ μεταβῇ ἀπὸ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ διέκρινεν τὰ σώματα εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγούς. Ἐπίσης ἀπέδειξεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἡλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς καὶ μίαν μεταλλικὴν ράβδον, ἀρκεῖ νὰ τὴν στερεώσωμεν ἐπὶ ἐνὸς μονωτοῦ. Τέλος ὁ Ἰδιος ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλέκτρισιν τῶν σωμάτων ἔξι ἐπαγωγῆς. Ὁ Γάλλος Fay ἀνεκάλυψεν τὸ 1733 ὅτι ὑπάρχουν δύο εἰδῆ ἡλεκτρισμοῦ, ὁ ἡλεκτρισμὸς τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἡλεκτρισμὸς τῆς ρητίνης καὶ τὰ ὅποια κατόπιν ὀνομάσθησαν θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός.

Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν πειραμάτων των οἱ πρῶτοι ἐρευνηταὶ τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων ἔχρειάζοντο καὶ «ἡλεκτρικὰς μηχανάς». "Ολαι

αύται οι μηχαναὶ ἐστηρίζοντο εἰς τὴν ὀργὴν τῆς ἡλεκτρίσεως σωμάτων διὰ τῆς τριβῆς. Μία ἐκ τῶν πρώτων αὐτῶν μηχανῶν κατεσκευάσθη ἀπὸ τὸν Guericke. Ἡ μηχανὴ αὕτη ἦτο σφαῖρα ἀπὸ θεῖον, ἡ ὅποια ἐστρέφετο περὶ τὸν ξένονα. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῆς σφαῖρας ἔθετεν ἐπ’ αὐτῆς τὴν χεῖρα καὶ οὕτως ἀνεπτύσσετο ἡλεκτρισμὸς διὰ τριβῆς.

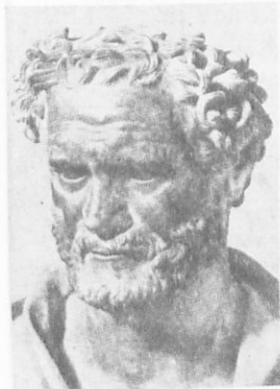


Απρέτε

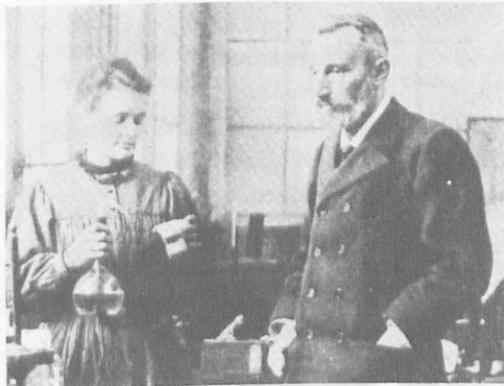
Ο τύπος τῶν ἡλεκτροστατικῶν μηχανῶν διὰ τριβῆς ταχέως ἐτελειοποιήθη καὶ ἡ ἐκ θείου σφαῖρα ἀντεκατεστάθη μὲν ὑάλινον στρεφόμενον δίσκον. Μία ἐκ τῶν ὀρχαιοτέρων ἡλεκτρικῶν συσκευῶν εἶναι ὁ πυκνωτής, ὑπὸ τὴν μορφὴν τῆς «λουγδουνικῆς λαγήνου». Ὁ πυκνωτής ἀνεκαλύψθη ὅλως τυχαίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὄποιος, προσπαθῶν νὰ ἡλεκτρίσῃ μίαν ὑαλίνην φιάλην πλήρη οὐδατος, ἐδέχθη τὴν ἐκκένωσιν τοῦ σχηματισθέντος πυκνωτοῦ. Ὁ Ἀμερικανὸς Φραγκlinος (1706 — 1790) παρεδέχθη τὴν προηγουμένως διατυπωθεῖσαν γνώμην ὅτι ὁ κεραυνὸς εἶναι ἡλεκτρικὸς σπινθήρ μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. Ἡ συστηματικὴ ὅμως ἔρευνα τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων καὶ ἡ ἀνακάλυψις τῶν νόμων, οἱ ὄποιοι διέπουν τὰ φαινόμενα ταῦτα ἥρχισεν μόνον ἀπὸ τὰς ὀρχὰς τοῦ 18ου αἰώνος. Ἐκτοτε ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὑπῆρξεν ταχυτάτη καὶ καταπληκτική, παρὰ τὸ γεγονός, ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διεσαφηνίσθη μόλις κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας τοῦ αἰώνος μας.

**Πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικήν.**— Πρὶν ἀκόμη γνωρίσωμεν τὶ εἶναι ὁ ἡλεκτρισμὸς, τὸν ἔξεμεταλλεύθημεν ἐντατικώτατα εἰς διαφόρους ἔφαρμογάρας. Αἱ πειραματικαὶ καὶ θεωρητικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ἀπεκάλυψαν κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους ὅτι ὁ ἡλεκτρισμὸς εἶναι στενώτατα συνυφασμένος μὲν τὴν ὑλην. Οὕτω κατωρθώθη νὰ δοθῇ πλήρης ἔρμηνεία εἰς ὅλα τὰ γνωστὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα καὶ

έπι πλέον νὰ έρμηνευθῇ ἡ παραγωγὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν ὑπὸ τῆς ὥλης. Ἡ νεωτέρᾳ ἔρευνα διήνοιξεν τὴν ὄδὸν πρὸς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν καὶ ἀρχὰς καὶ πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν βραδύτερον. Οἱ δύο οὗτοι νεώτατοι ακάδοι τῆς Φυσικῆς ἔξελίσσονται σήμερον ραγδαῖως. Ἡ μεταστοιχείωσις, τὴν ὅποιαν ἐπεδίωκον ματάλως 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 διήνοιξεν τὴν λεωφόρον πρὸς τὴν βαθυτέραν γνῶσιν τῆς συστάσεως καὶ τῆς ἔξελιξεως τῆς ὥλης καὶ ἐπὶ πλέον μᾶς διήνοιξεν ἐν ἀπέραντον πεδίον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὅποιαι ἥλλαξαν τὸν ρυθμὸν τῆς ζωῆς τῶν ἀνθρώπων.

**3. Ἡ πρόοδος τῆς Φυσικῆς.**—Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰργάσθησαν διάφοροι φυσικοὶ ἀνήκοντες εἰς ὅλους τοὺς πολιτισμένους λαούς. Ἀπὸ τὴν διεθνῆ ἀνταλλαγὴν τῶν ἐπιστημονικῶν ἀντιλήψεων, τῶν θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν ἐπιτεύξεων προέκυψεν τὸ θαυμάσιον πνευματικὸν οἰκοδόμημα τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς. Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα ἀναφέρονται οἱ Φυσικοί, οἱ τιμηθέντες μὲ τὸ βραβεῖον Νόμπελ, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖ τὴν ὑψίστην ἀναγνώρισιν τῆς ἀξίας ἐνὸς ἐπιστημονικοῦ ἔργου.

## Βραβεῖα Nobel Φυσικῆς

"Ετος	"Όνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1904	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 Εύγενή δέρια	'Αγγλία
1905	P. Lenard Καθοδικαὶ ἀκτῖνες	Γερμανία
1906	J. Thomson 'Εκκενώσεις ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων	'Αγγλία
1907	A. Michelson 'Οπτικαὶ μετρήσεις ἀκριβείας	'Η. Πολιτεῖαι
1908	E. Rutherford Ραδιενέργεια, πρώτη τεχνητὴ μεταστοιχίωσις	'Αγγλία
1908	G. Lippmann 'Εγχρωμος φωτογραφία ἐπὶ τῇ βάσει τῆς συμβολῆς	Γαλλία
1909	C. Braun 'Ασύρματος τηλεγραφία	Γερμανία
1909	G. Marconi 'Ασύρματος τηλεγραφία	'Ιταλία
1910	Van der Waals 'Εξισωσις καταστάσεως ἀερίων	'Ολλανδία
1911	W. Wien Θερμικὴ ἀκτινοβολία	Γερμανία
1911	M. Curie 'Ερευναι ἐπὶ τοῦ ραδίου	Γαλλία

**Βραβεῖα Nobel Φυσικῆς**

*Έτος	*Όνομα Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1912	N. Dalen Τεχνικὴ τοῦ φωτισμοῦ	Σουηδία
1913	H. Kamerlinch Onnes Χαμηλὴ θερμοκρασίαι, ὑγροποίησις τοῦ ἥλιου	*Ολλανδία
1914	M. Von Laue Κατασκευὴ τῶν κρυστάλλων	Γερμανία
1915	W. H. Bragg καὶ W. L. Bragg Παράθλασις ἀκτίνων X διὰ τῶν κρυσταλλικῶν 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 κραμάτων	Γαλλία
1921	A. Einstein Θεωρία σχετικότητος, ίσοδυναμία μάζης καὶ ἐνέργειας	Γερμανία
1921	F. Soddy Ισότοπα	*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 Στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον	Η. Πολιτεῖαι
1924	K. Siegbahn Φασματοσκοπία τῶν ἀκτίνων X	Σουηδία
1925	J. Frank καὶ G. Hertz Κροῦσις ἡλεκτρονίου καὶ ἀτόμου	Γερμανία
1925	R. Zsigmondy Ἐρευνα κολλοειδῶν. Ὑπερμικροσκόπιον	Αὐστρία
1926	J. Perrin Μοριακὴ Φυσικὴ	Γαλλία
1926	T. Svedberg Μοριακὴ Φυσικὴ	Σουηδία
1927	C. Wilson Θάλαμος νεφώσεως	Αγγλία
1927	A. Compton Κροῦσις φωτονίου καὶ ἡλεκτρονίου	Η. Πολιτεῖαι
1928	O. Richardson Θερμοϊόντα	Αγγλία
1929	Louis de Broglie Τλικὰ κύματα	Γαλλία
1930	C. Raman Διάχυσις τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν μορίων	Ινδίαι
1932	W. Heisenberg Κβαντομηχανικὴ	Γερμανία
1932	J. Langmuir Ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι, ύψηλὸν κενόν	Η. Πολιτεῖαι
1933	P. Dirac Κβαντομηχανικὴ	Αγγλία
1933	E. Schrödinger Κυματομηχανικὴ	Αὐστρία
1934	H. Urey Βαρὺ ὄδρογόνον	Η. Πολιτεῖαι

## Βραβεῖα Nobel Φυσικῆς

*Έτος	*Όνομα Φυσικοῦ καὶ ἔργασία του	Κράτος
1935	Irène Joliot—Curie καὶ F. Joliot Τεχνητὴ ραδιενέργεια	Γαλλία
1935	J. Chadwick Ανακάλυψις τοῦ νετρονίου	Αγγλία
1936	V. Hess Κοσμική ἀκτινοβολία	Αὐστρία
1936	C. Anderson Ανακάλυψις τοῦ ποζιτρονίου εἰς τὰς κο- σμικὰς ἀκτῖνας	Η. Πολιτεῖαι
1936	P. Debye Θεωρία τῶν κβάντα, κρυσταλλικὴ δομὴ	Γερμανία
1937	G. Thomson Συμβολὴ ἡλεκτρονίων	Αγγλία
1937	C. Davission Κίνησις ἡλεκτρονίου	Η. Πολιτεῖαι
1938	E. Fermi Πυρηνικὴ ἀντιδράσεις μὲν νετρόνια	Ιταλία
1939	E. Lawrence Κύκλοστρον	Η. Πολιτεῖαι
1943	O. Stern Μοριακὴ ἀκτῖνες	Η. Πολιτεῖαι
1944	O. Hahn Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Γερμανία
1944	I. Rabi Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Η. Πολιτεῖαι
1945	W. Pauli Δομὴ τοῦ ἀτόμου	Αὐστρία
1946	P. Bridgman Φυσικὴ τῶν ὑψηλῶν πιέσεων	Η. Πολιτεῖαι
1947	E. Appleton Ιονόσφαιρα	Αγγλία
1948	P. Blackett Μετρήσεις ἐπί τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας	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 τοῦ φάσματος ὑδρογόνου	*Η. Πολιτεῖαι
1956	J. Bardeen, W. Brattain, W. Shockley Φυσικὴ τῶν στερεῶν καὶ κρυστάλλων	*Η. Πολιτεῖαι
1957	C. Yang καὶ T. Lee Θεωρητικὴ ἐρευναι	*Η. Πολιτεῖαι
1958	P. Cherenkov, I. Tamm, L Frank Ἀνακάλυψις ἀκτινοβολίας Cherenkov	Ρωσία
1959	E. Segrè καὶ O. Chamberlain Ἀντινουκλεόνια	*Η. Πολιτεῖαι
1960	D. Glaser Ἀνακάλυψις τοῦ θαλάμου φυσαλίδων	*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 ὕλης	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 άμοιβώσιας δράσεως τῶν μαγνητῶν και τῶν ρευμάτων και υπήγαγε τὸν μαγνητισμὸν εἰς τὸν ἡλεκτρισμόν, θεωρήσας τοὺς μαγνήτας ὡς θύροισμα στοιχειωδῶν σωληνοειδῶν.

**ARAGO** (1756 - 1854). Γάλλος φυσικός και ἀστρονόμος. Ήσχολήθη μὲ τὸν ἡλεκτρομαγνητισμὸν και κυρίως μὲ τὴν ὁπτικήν. Ὑποστηρικτής τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων ἐβοήθησε διὰ τὴν ἐπικράτησίν της.

**BECOUEREL** (1852 - 1908). Γάλλος φυσικός. Ανεκάλυψεν τὴν ραδιενέργειαν.

**BOHR** (γεν. 1885). Δανὸς φυσικός. Διετύπωσεν ὑπόδειγμα τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου τῆς ὕλης, τὸ ὅποῖον συνεπλήρωσεν ἀργότερον ὁ Γερμανὸς φυσικός Sommerfeld.

**BROGLIE** (Louis). Σύγχρονος Γάλλος θεωρητικὸς φυσικός. Ἰδρυτής τῆς περιφήμου Κυματομηχανικῆς, ἡ ὁποία συνενώνει εἰς μίαν θεωρίαν τὰς δύο περὶ φωτὸς θεωρίας τῆς ἐκπομπῆς και τῶν κυμάνσεων.

**GAULIAIOΣ** (1564 - 1642). Ἰταλὸς μαθηματικός, φυσικός και ἀστρονόμος. Κατεσκεύασεν τὸ 1609 τὴν πρώτην διόπτραν, μὲ τὴν ὅποιαν ἔξετέλεσεν διαφόρους ἀστρονομικὰς παρατηρήσεις.

**COULOMB** (1736 - 1806). Γάλλος φυσικός. Ανεκάλυψεν τὸν εὐαίσθητὸν ζυγὸν στρέψεως, μὲ τὸν ὅποῖον κατώρθωσεν νὰ διατυπώσῃ τοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰς μαγνητικὰς και ἡλεκτρικὰς ἔλξεις τοὺς νόμους τῆς τριβῆς και τῆς ἐλαστικότητος.

**CROOKES** (1822 - 1919). Ἀγγλὸς φυσικὸς και χημικός. Ἐφεύρεν τὸ ἀκτινόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν τῶν ἀκτινοβολιῶν και ἐμελέτησεν τὴν ἐκκένωσιν ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων.

**CURIE**. Πέτρος Κιουρί (1858 - 1906). Γάλλος φυσικός και χημικός. Ανεκάλυψεν τὰ φαινόμενα τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ, ἐσπούδασε τὰς μαγνητικὰς ἴδιότητας τῶν σωμάτων εἰς διαφόρους θερμοκρασίας και ἐν συνεργασίᾳ μὲ τὴν σύζυγόν του ἐμελέτησεν τὴν ραδιενέργειαν.

**Μαρία Κιουρί** (1867 - 1934). Πολωνικῆς καταγωγῆς

έζησεν εἰς Γαλλίαν. Αἱ ἐργασίαι τῆς ἐπὶ τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων παραφένουν μνημειώδεις.

EINSTEIN (1879 - 1955). Γερμανὸς φυσικός. Ἰδρυτὴς τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος, εἰσήγαγεν τὴν ἔννοιαν τοῦ φωτονίου διὰ νὰ ἐρμηνεύῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

FARADAY (1791 - 1867). Ἀγγλὸς φυσικὸς καὶ χημικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ἐπαγγωγικὰ ρεύματα καὶ τοὺς νόμους τῆς ἡλεκτρολύσεως.

FERMI (1901 - 1956). Ἰταλὸς φυσικός. Πρῶτος παρετήρησεν ὅτι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες τοῦ οὐρανίου, βομβαρδίζομενοι μὲν νετρόνια, δικτυώνται εἰς δύο νέους πυρῆνας.

FOUCAULT (1819 - 1868). Γάλλος φυσικός. Ἐμέτρησε τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς διαφόρων διαφανῶν μέσων καὶ ἐσπούδασε τὰ ἐπαγγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὄποια ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ σιδήρου τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἐτελειοπόλησεν πολλὰ ὀπτικὰ ὅργανα καὶ ἰδιαιτέρως τὸ τηλεσκόπιον.

FRESNEL (1788 - 1827). Γάλλος φυσικός. Ἐξετάλεσεν ὡραιότατα πειράματα καὶ διετύπωσεν ἐρμηνείας τῶν φαινομένων τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως, τῆς πολώσεως καὶ τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων.

GAUSS (1777 - 1855). Γερμανὸς μαθηματικός, φυσικὸς καὶ ἀστρονόμος. Ἐσπούδασεν ἰδιαιτέρως τὰ μαγνητικὰ καὶ ἡλεκτρικὰ πεδία.

HENRY (1799 - 1878). Ἀμερικανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ρεύματα ἔξ αὐτεπαγγωγῆς.

HERTZ (1857 - 1894). Γερμανὸς μηχανικός. Ἀπεκάλυψεν πειραματικῶς τὴν ὕπαρξιν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων καὶ ἐμελέτησε τὴν διάδοσιν αὐτῶν.

HYUGENS (1629 - 1695). Ὁλλανδὸς 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 δόποιοι 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. 'Ησχολήθη μὲ διάφορα θέματα τοῦ ήλεκτρισμοῦ.

LENZ ( 1804 - 1865 ). Ρώσος φυσικός. 'Ησχολήθη μὲ θέματα τοῦ ήλεκτρομαγνητισμοῦ και διετύπωσεν τὸν νόμον σχετικῶς μὲ τὴν φορὰν τῶν ἐπαγγειῶν ρευμάτων.

MAXWELL ( 1831 - 1879 ). "Αγγλος φυσικός και μαθηματικός. Διετύπωσεν τὴν περίφημον ήλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός.

NEYTON ( 1642 - 1727 ). "Αγγλος μαθηματικός, φυσικός, άστρονόμος και φιλόσοφος. Διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς διὰ τὴν ἔρμηνειαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων και ἀπέδειξεν ὅτι τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύνθετον.

OERSTED ( 1777 - 1851 ). Δανὸς φυσικός. 'Ανεκάλυψεν τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

OHM ( 1787 - 1854 ). Γερμανὸς φυσικός. Διετύπωσεν τὸν νόμον τῆς κυκλοφορίας τοῦ ήλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ.

PLANCK ( 1858 - 1947 ). Γερμανὸς φυσικός. Διετύπωσεν τὴν περίφημον θεωρίαν τῶν κβάντων, διὰ νὰ ἔρμηνεύσῃ τοὺς νόμους τῆς ἐκπομπῆς τῆς ἀκτινοβολίας ὑπὸ τῆς ὥλης.

RÖENTGEN ( 1845 - 1923 ). Γερμανὸς φυσικός. 'Ανεκάλυψεν τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι φέρουν τὸ ὄνομά του.

RUHMKORFF ( 1803 - 1877 ). Γερμανὸς κατασκευαστὴς ὀργάνων Φυσικῆς, ζήσας ἐν Γαλλίᾳ. Κατεσκεύασε τὸ πρῶτον ἐπαγγεικὸν πηνίον, τὸ ὄποῖον ἐπενόησεν ὁ Masson.

RUTHERFORD ( 1871 - 1937 ). "Αγγλος φυσικός. Πρῶτος ἐπέτυχε νὰ βομβαρδίσῃ μὲ σωματίδια α τὰ ἀτομα τοῦ ἀζώτου και νὰ ἐπιτύχῃ τὴν πρώτην τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν.

VOLTA ( 1754 - 1827 ). 'Ιταλὸς φυσικός. 'Εφεῦρεν τὸ ήλεκτρικὸν στοιχεῖον, τὸ ὄποῖον φέρει τὸ ὄνομά του.

WHETSTONE ( 1802 - 1875 ). "Αγγλος φυσικός. Κατεσκεύασεν τὸ 1838 τὴν πρώτην ηλεκτρικὴν τηλεγραφικὴν συσκευήν, ἐτελειοποίησεν τὸ στερεοσκόπιον, ἐφεῦρε τὸν ροοστάτην κ.ἄ.

YOUNG ( 1773 - 1829 ). "Αγγλος φυσικός, ἰατρός και ἀρχαιολόγος. 'Ανεκάλυψεν τὴν ίκανότητα προσαρμογῆς τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ και ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, πραγματοποιήσας φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός.

# Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

## Π Ι Ν Α Ξ 1

Είδικη άντιστασις είς μΩ · em ( θερμοκρασία 20° C )

Σῶμα	Ειδική άντιστασις	Συντελεστής θερμοκρασίας (α)
"Αργυρος	1,62	36 . $10^{-4}$
Χαλκός	1,72	40 . »
'Αργίλλιον	2,82	36 . »
Βολφράμιον	5,50	52 . »
Ψευδάργυρος	5,92	35 . »
Νικέλιον	7,24	54 . »
Σίδηρος	9,80	50 . »
Λευκόχρυσος	10,50	36 . »
Μόλυβδος	21,00	40 . »
Νικελίνη	40,00	4 . »
Μαγγανίνη	44,00	0,1 . »
Κονσταντάν	50,00	0,1 . »
"Ανθραξ αποστακτήρων	60,00	— —
"Υδράργυρος	95,78	9 . »

## Π Ι Ν Α Ξ 2

Διηλεκτρική σταθερά	
'Αήρ	1
Χάρτης παραφινωμένος	2
'Εβονίτης	2,8
"Ηλεκτρον	2,8
Ξύλον	2—8
Χαλαζίας	4,5
Παραφινέλαιον	4,7
"Ταλος	5—10
Μαρμαρυγίας	6
Πορσελάνη	6
Οινόπνευμα	26
"Υδωρ	81

**Π Ι Ν Α Ζ 3**  
 'Ηλεκτρικαὶ μονάδες

Φυσικὸν μέγεθος	Μονάς	Σχέσις μεταξύ μονάδων
'Ηλεκτρικὸν φορτίον	1 ΗΣΜ	
"	1 Coulomb (1 Cb)	1 Cb = $3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ
"	1 άμπερώφιον (1 Ah)	1 Ah = 3600 Cb
Δυναμικὸν	1 ΗΣΜ	
"	1 Volt (1 V)	1 V = 1/300 ΗΣΜ
Χωρητικότης	1 ΗΣΜ	
"	1 Farad (1 F)	1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ΗΣΜ
"	1 microfarad (1 $\mu$ F)	1 $\mu$ F = $10^{-6}$ F
'Εντασις ρεύματος	1 Ampère (1 A)	
'Αντίστασις ἀγωγοῦ	1 Ohm (1 $\Omega$ )	
"	1 microohm (1 $\mu\Omega$ )	1 $\mu\Omega = 10^{-6}$ $\Omega$
'Εντασις μαγνητικοῦ πεδίου	1 Gauss	
Μαγνητικὴ ροή	1 Maxwell (1 Mx)	
Συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς	1 Henry (1 H)	

**Π Ι Ν Α Ζ 4**  
 Γενικαὶ φυσικαὶ σταθεραὶ

Ταχύτης φωτὸς εἰς τὸ κενὸν	$c_0$	$= 2,99793 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Στοιχεῖῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον	$\Theta$	$= 1,6020 \cdot 10^{-19}$ 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 ἀτόμου ὑδρογόνου	$M_H$	$= 1,6734 \cdot 10^{-24}$ gr
Μᾶζα σωματιδίου $\alpha$	$M_\alpha$	$= 6,6442 \cdot 10^{-24}$ gr
Λόγος μᾶζης πρωτονίου πρὸς μᾶζην ἡλεκτρονίου	$\frac{M_p}{m_e}$	$= 1836,5$
1 μονὰς ἀτομικῆς μᾶζης	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	$N_L$	$= 2,687 \cdot 10^{19}$ μόρια/cm <sup>3</sup>

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Π Ι Ν Α Ζ 5

Σχέσεις μεταξύ των μονάδων του άγγλοσαξωνικού συστήματος καὶ του συστήματος μονάδων C.G.S.

Μ ḥ κος

1 ίντσα	( in )	= 2,540	cm
1 πούς	( ft )	= 30,48	cm
1 μίλιον	( mi )	= 5280	ft
1 μίλιον	( mi )	= 1609	m

Μ ḥ ζ α

1 χιλιόγραμμον ( kgr )	= 2,205	πάουντ ( lb )
------------------------	---------	---------------

Τ αχύτης

1 mi/h	= 44,7	cm/sec
1 ft/sec	= 30,48	cm/sec

Δύναμις

1 λίμπρα ( lb )	= 4,45 · 10 <sup>5</sup>	dyn
-----------------	--------------------------	-----

Πίεσης

1 άτμισσφαιρα ( atm )	= 14,7	lb/in <sup>2</sup>
1 lb/in <sup>2</sup>	= 69,87	dyn/cm <sup>2</sup>

Ἐργον — Ἐνέργεια

1 πούς · λίμπρα ( ft · lb )	= 1,356	Joule
πούς λίμπρα ( ft · lb )	= 0,3239	cal
1 cal	= 3,087	ft lb

Ἵσχυς

1 ιππος ( HP )	= 746	Watt
"	= 550	ft · lb /sec

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

Α'. Φυσικά μεγέθη καὶ σύμβολα αὐτῶν

$\pi, \pi'$	ἀποστάσεις ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἢ τὸν φακὸν
$R, R'$	ἀκτίς καμπυλότητος σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
$\varphi$	έστιακή ἀπόστασις σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
$A, E$	μεγέθη ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου
$E/A$	γραμμικὴ μεγέθυνσις κατόπτρου ἢ φακοῦ
$\pi$	γωνία προσπτώσεως
$\delta$	γωνία διαθλάσεως
$v$	δείκτης διαθλάσεως ἢ συχνότητος
$I$	έντασις φωτεινῆς πηγῆς
$\Phi$	φωτεινὴ ροή
$P$	ἰσχὺς φακοῦ ἢ μικροσκοπίου
$M$	μεγέθυνσις μικροσκοπίου καὶ τηλεσκοπίου
$c$	ταχύτης τοῦ φωτός
$\lambda$	μῆκος κύματος ἀκτινοβολίας

Β'. Εξισώσεις τῆς Ὀπτικῆς

$$\text{Σφαιρικὰ κάτοπτρα} \quad \varphi = R/2 \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi \quad E/A = \pi'/\pi$$

Κοῖλα κάτοπτρα :

$$\text{εἰδώλον πραγματικὸν} \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$\text{εἰδώλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$$

Κυρτὰ κάτοπτρα :

$$\text{εἰδώλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

$$\text{Διάθλασις τοῦ φωτός} \quad v = \eta \mu \pi / \eta \mu \delta \quad v = v_1/v_2$$

$v_1$  καὶ  $v_2$  αἱ ταχύτητες τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ σώματα

$$\text{Ὀρικὴ γωνία} (\varphi) \quad \eta \mu \varphi = 1/v.$$

$$\text{Πρίσματα} \quad v = \eta \mu \pi_1 / \eta \mu \delta_1 \quad v = \eta \mu \pi_2 / \eta \mu \delta_2 \quad A = \delta_1 + \delta_2 \\ E = \pi_1 + \pi_2 - A$$

$$\text{Α ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος καὶ Ε ἡ γωνία ἐκτροπῆς} \\ \text{πτὰ πρίσματα} \quad E = A \cdot (v - 1)$$

Έλαχίστη έκτροπή ( $E_{el}$ ) :  $\pi_1 = \pi_2$      $\delta_1 = \delta_2$      $A = 2\delta_1$   
 $\gamma = \eta\mu\pi_1/\eta\mu\delta_1$      $E_{el} = 2\pi_1 - A$

Συνθήκη έξόδου της άκτινος έκ του πρίσματος :  $A \leq \varphi$   
 $\varphi$  ή δρική γωνία δια το πρίσμα

Φακοί :

- 1) έστιακή άπόστασις     $1/\varphi = (\nu - 1) \cdot (1/R - 1/R')$
- 2) θέσις ειδώλου     $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 3) μεγέθυνσις φακού     $E/A = \pi'/\pi$
- 4) ίσχυς φακού     $P = 1/\varphi$

Ισχύς όμοιας φακών σύστηματος φακών εύρισκομένων εἰς έπαφήν :  
 $1/\varphi = 1/\varphi_1 + 1/\varphi_2 + 1/\varphi_3$

Συγκλίνοντες φακοί :

- 1) ειδώλων πραγματικὸν     $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 2) ειδώλων φανταστικὸν     $1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$

Αποκλίνοντες φακοί :

ειδώλων φανταστικὸν     $1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$

Φανιομένη διάμετρος ( $\alpha$ ) άντικειμένου  $\alpha = AB/OA$

AB τὸ μῆκος τοῦ άντικειμένου καὶ OA ή άπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὸν δριθαλμὸν

Απλοῦν μικροσκόπιον :

- 1) ίσχυς ( $P$ )     $P = 1/\varphi$  ή  $P = \alpha/AB$
  - 2) μεγέθυνσις ( $M$ )     $M = 1 + \delta/\varphi$  ή  $M = \delta/\varphi$
- α ή φανιομένη διάμετρος τοῦ ειδώλου, AB τὸ μῆκος τοῦ άντικειμένου καὶ δ ή έλαχίστη άπόστασις εύκρινοῦς δράσεως τοῦ παρατηρητοῦ

Σύνθετον μικροσκόπιον :

- 1) ίσχυς ( $P$ )     $P = \frac{l}{\varphi_\pi \cdot \varphi_\alpha}$
- 2) μεγέθυνσις ( $M$ )     $M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_\pi \cdot \varphi_\alpha}$

$\varphi_\pi$  καὶ  $\varphi_\alpha$  οἱ έστιακαι άποστάσεις προσοφθαλμίου καὶ άντικειμενικοῦ,  $l$  ή μεταξύ των άπόστασις καὶ δ ή έλαχίστη άπόστασις εύκρινοῦς δράσεως

Μεγέθυνσις (M) τηλεσκοπίου

$$M = \varphi_a / \varphi_\pi$$

Φωτομετρία :

1) όλων η φωτεινή ροή (Φ<sub>ολ</sub>) πηγῆς

$$\Phi_{ol} = 4\pi \cdot I$$

I ή έντασις της πηγῆς και  $\pi = 3,14$

2) φωτισμὸς (E) ἐπιφανείας

$$E = (I^2 / R) \cdot \text{συνα}$$

R ή ἀπόστασις της φωτιζομένης ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν και α ή γωνία προσπτώσεως τῶν ἀκτίνων

3) Μέτρησις ἐντάσεως

$$I_A : I_B = R_A^2 : R_B^2$$

$R_A$  και  $R_B$  αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἔξισου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν

\*Ισοδυναμία φωτεινῆς ροῆς και μηχανικῆς ισχύος : 1 Lumen = 0,01 Watt

\*Εξίσωσις κυμάνσεων :

$$u = v \cdot \lambda$$

\*Ενέργεια φωτονίου

$$q = h \cdot v$$

v ή συχνότης της ἀκτινοβολίας, h ή σταθερὰ τοῦ Planck και q ή ἐνέργεια τοῦ φωτονίου

### ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

#### Α' Φυσικὰ μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν

m	ποσότης μαγνητισμοῦ ή μαγνητική μᾶζα
$\alpha$	ἀπόστασις
$\sigma$	ἐπιφάνεια
H	έντασις μαγνητικοῦ πεδίου
$\Phi$	μαγνητική ροή
$\Delta\Phi$	μεταβολὴ της μαγνητικῆς ροῆς
F	δύναμις
Q, q	ήλεκτρικὸν φορτίον
E	έντασις ήλεκτρικοῦ πεδίου
U	δυναμικόν, διαφορὰ δυναμικοῦ, τάσις
C	χωρητικότης
W	έργον, ἐνέργεια
P	ισχὺς

t	χρόνος
I	έντασις ρεύματος
l	μῆκος
R	άντίστασις
r	άκτις σφαίρας, έσωτερη ή αντίστασις γεννητρίας
E	ήλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας
E'	άντηλεκτρεγερτική δύναμις αποδέκτου
L	συντελεστής αύτεπαγωγῆς

### B'. Έξισώσεις του Μαγνητισμού

Νόμος του Coulomb	$F = m_1 \cdot m_2 / r^2$
"Έντασις μαγνητικού πεδίου	$H = F/m$
Μαγνητική ροή	$\Phi = \sigma \cdot H$

### C'. Έξισώσεις του Ήλεκτρισμού

Νόμος του Coulomb	$F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / r^2$
K ή σταθερά του Coulomb	έξαρτωμένη έκ του διηλεκτρικού
"Έντασις ήλεκτρικού πεδίου	$E = F/q \quad \text{ή} \quad E = Q/r^2$
Q τὸ φορτίον τὸ παράγον τὸ πεδίον, q τὸ φορτίον τὸ φερόμενον εἰς ἀπόστασιν α ἀπὸ τὸ φορτίον Q καὶ F η δύναμις η ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ φορτίου q	
"Εργον κατὰ τὴν μεταφορὰν ήλεκτρικοῦ φορτίου	$W = Q \cdot (U_1 - U_2)$
Xωρητικότης	$C = Q/U$
Δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἀκτῖνος r :	$U = Q/r$
"Ενέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	$W = Q \cdot U/2 = C \cdot U^2/2 = Q^2/2C$
"Έντασις τοῦ ρεύματος	$I = Q/t$
Νόμος τοῦ Ohm διὰ τημῆμα ἀγωγοῦ	$U = I \cdot R$
"Αντίστασις ἀγωγοῦ	$R = \rho \cdot l/s$
ρ η εἰδικὴ αντίστασις τοῦ μετάλλου	
Μεταβολὴ τῆς αντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας	$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$
$R_0$ η αντίστασις εἰς $0^\circ C$ , $\alpha$ ο θερμικὸς συντελεστὴς αντιστάσεως καὶ $\theta$ η θερμοκρασία	

Σύνδεσις άντιστάσεων :

κατά σειράν

$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

παραλλήλως

$$1/R_{\text{ολ}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

'Ενέργεια ήλεκτρικοῦ ρεύματος

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

'Ισχὺς ήλεκτρικοῦ ρεύματος

$$P = U \cdot I \quad \text{η} \quad P = I^2 \cdot R$$

Νόμος τοῦ Joule

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$$

$Q$  ή ποσότης θερμότητος εἰς θερμίδας ( cal )

'Ισχὺς γεννητρίας

$$P = E \cdot I$$

'Ισχὺς ἀποδέκτου

$$P = E' \cdot I$$

Κλειστὸν κύκλωμα :

1) Χωρὶς ἀποδέκτην

$$E = I \cdot R_{\text{ολ}}$$

2) μὲ ἀποδέκτην

$$E = E' + I \cdot R_{\text{ολ}}$$

3) διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας  $U = E - I \cdot r$

Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν :

1) σύνδεσις κατά σειράν

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

2) παράλληλος σύνδεσις

$$v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

Νόμος ήλεκτρολύσεως

$$m = \frac{1}{96\ 500} \cdot \frac{A}{v} \cdot I \cdot t$$

Α / ν τὸ χημικὸν ίσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ τὸ ή ἀποτιθεμένη μᾶζα τοῦ στοιχείου

Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος :

1) εὐθύγραμμος 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 σωληνοειδοῦς

Δύναμις ὀσκουμένη ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος  $F = \frac{1}{10} \cdot I \cdot H \cdot l$

\* Επαγωγικὴ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t}$

\* Ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὔτεπαγωγῆς  $E = L \cdot \frac{\Delta I}{t}$

Έναλλασσόμενον ρεῦμα :

στιγμαία τάσις  
στιγμαία έντασις  
ένεργος τάσις  
ένεργος έντασις

$$\begin{aligned} U &= U_0 \cdot \eta \mu \omega t \\ I &= I_0 \cdot \eta \mu \omega t \\ U_{ev} &= 0,707 \cdot U_0 \\ I_{ev} &= 0,707 \cdot I_0 \end{aligned}$$

Μετασχηματιστής :

$$\begin{aligned} \text{ένέργειαι} & U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 \\ \text{τάσεις} & U_2 : U_1 = v_2 : v_1 \\ \text{έντάσεις ρευμάτων} & I_1 : I_2 = v_2 : v_1 \\ v_1 \text{ καὶ } v_2 \text{ αἱ σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος } (U_1, I_1) \text{ καὶ τοῦ δευτερεύοντος } (U_2, I_2) & \text{κυκλώματος} \end{aligned}$$

Πυκνωτής :

$$1) \text{ ήλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ } Q = C \cdot U$$

$$2) \text{ χωρητικότης πυκνωτοῦ } C = \varepsilon \frac{\sigma}{4\pi \cdot l}$$

$$l \text{ τὸ πάχος τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ } \pi = 3,14$$

$$3) \text{ ένέργεια πυκνωτοῦ } W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

$$4) \text{ παράληλος σύνδεσις πυκνωτῶν } C_{ol} = C_1 + C_2 + C_3$$

$$5) \text{ σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειρὰν } 1/C_{ol} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$$

$$6) \text{ έντασις ὁμογενοῦς ήλεκτρικοῦ πεδίου } E = U/l$$

$$l \text{ ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν}$$

$$\text{Περίοδος ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

$$\text{Συνθήκη συντονισμοῦ δύο κυκλωμάτων ταλαντώσεων } L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$$

$$\text{Νετρόνια τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος } N = A - Z$$

Α μαζικὸς ἀριθμός, Z ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου ἐμφαίνων καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, N ἀριθμὸς νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

$$' \text{Αρχὴ ἰσοδύναμίας μάζης καὶ ἐνέργειας } W = m \cdot c^2.$$

τοῦ μάζα ἀφύλακτοι ουμένη, εἰ ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν,  
W ἡ ἰσοδύναμος ἐνέργεια.

## ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

*(Οι ἀριθμοὶ παραπέμπουν εἰς τὰς σελίδας.)*

Α		αὐτεπαγωγὴ	214
		ἀχρωματικὸς φακὸς	65
αἱθήρ	101		
ἀκουστικὸν	203		
ἀκτῖνες α., β., γ.	278		
» Röntgen	245	βαρὺς ὅδωρ	286
ἀκτινοβολία	87	Volt	154
ἀκτινολογία	247	βολτάμετρον	164, 187
ἀλεξικέραυνα	255	βολτόμετρα	207
ἀλυσωτὴ ἀντίδρασις	288		
Αμπère	165		
ἀμπερόμετρα	207		
ἀμπερώρια	194	γαλβανόμετρα	207
ἀνάκλασις φωτὸς	19	γαλβανοπλαστικὴ	191
ἀνάλυσις φωτὸς	87	γεννήτριαι	162
ἀναλύτης	107	γήινον μαγνητικὸν πεδίον	140
ձνοδος	164	γραμματὶ Fraunhofer	89
ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις	183	γωνία ἐκτροπῆς	47
ձնτύλη	296	» πολώσεως	107
ձնόθωσις	260	Gauss	137
ձնτικατοπτρισμὸς	44	Geiger ἀπαριθμητὴς	292
ձնτίστασις ἀγωγοῦ	168		
ձնτίστασις διαφανῶν	115		
ձոποδέκτης	184	Δείκτης διαθλάσσεως	39
ձոπόδισις φωτεινῆς πηγῆς	99	δέκτης	202
ձրγὴ ἀντιτρόφου πορείας	24	δευτέριον	285
ձոտροφισμὸς	117	διάθλασις φωτὸς	38
ձոփάλειαι	178	διαφορὰ δυναμικοῦ	153
ձուμοσφαρικὴ διάθλασις	43	» φάσεως	157
ձուμικὴ βόμβα	288	διάχυσις	19, 125
» ἐνέργεια	288	διαχωριστικὴ ἴκανότης	80
ձուμικὸς ἀντιδραστὴρ	289	διεγέρτης Hertz	262
ձուμικὸς ἀριθμὸς	280	διηλεκτρικὴ σταθερὰ	234
ձուμιν	280	δίοδος λυχνία	244

διόπτρα	78	ἡλεκτρικὸς συσσωρευτής	19 <sup>2</sup>		
διπλῆ διάθλασις	109	ἡλεκτρόλυσις	186		
δυναμικαὶ γραμμαὶ	134, 150	ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις	187		
δυναμικὸν	153	ἡλεκτρομαγνήτης	200		
<b>E</b>					
εἰδικὴ ἀντίστασις	169	ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία	264		
εἰδώλον	21	ἡλεκτρομαγνητικὸν πεδίον	263		
ἐκλειψίεις	14	ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	251		
ἐκτροπὴ σφαιρικὴ	36, 64	ἡλεκτρόνιον	159		
» ἀστιγματικὴ	36, 64	ἡλεκτροσκόπιον	146		
» χρωματικὴ	64	ἡλεκτροχημικὸν ἴσοδύναμον	190		
ἐλαχίστη ἐκτροπὴ	48	ἥμιτονοειδὲς ρεῦμα	223		
ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια	160	<b>Θ</b>			
ἐναλλακτῆρες	221	θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων	244		
ἐναλλασσόμενον ρεῦμα	222	θερμικὰ ὅργανα	208		
ἐνεργὸς ἔντασις	225	θάλαμος Wilson	292		
» τάσις	225	θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις	195		
ἔντασις ρεύματος	165	θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα	195		
ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς	93	» στοιχεῖον	195		
ἐπαγγείλεις	216	θεωρία ἐκπομπῆς	100		
ἐπαγγεικὰ ρεύματα	209	» κυμάνσεων	101		
ἐπαγγικὸν πηγέον	230	· κιβάντα	123		
ἐπαγγύματαν	216	» ἡλεκτρομαγνητικὴ	101		
ἐπιμετάλλωσις	191	<b>I</b>			
ἐπίπεδον πολώσεως	107	Ιονισμὸς ἀερίου	243		
» κραδασμῶν	108	ἴντα	160, 188		
ἔστιακὴ ἀπόστασις	27, 33, 55	Ισότοπα στοιχεῖα	285		
ἔστιακὸν ἐπίπεδον	28, 55	Ισχὺς ἀποδέκτου	183		
ἔστιερικὴ ἀντίστασις	181	» γεννητρίας	179		
<b>H</b>					
ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις	180	» ρεύματος	175		
ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ	216	» φακοῦ	63		
» ταλαντώσεις	256	» μικροσκοπίου	72		
ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις	238	Ιονόσφαιρα	253		
» κάμινος	178	<b>K</b>			
ἡλεκτρικὸν πεδίον	149	καθοδικαὶ ἀκτῖνες	240		
ἡλεκτρικὸν ρεῦμα	161	καθοδος	164, 238, 245		
» δίπολον	262	κάτοπτρα	19		
» φορτίον	147	κεραυνὸς	254		
ηλεκτρικὸς κάδων	201	κηρίον	94		

κινητήρες	218, 222	N	
κοσμική άκτινοβολία	253, 291		
Coulomb	147	ναυτική πυξίδα	142
κυκλική συχνότης	223	νετρίνο	291
κύκλωμα	166	νετρόνιον	283
κυρία έστια	27, 55	νόμοι ανακλάσεως	20
κύριος δέξιαν	25	» ήλεκτρολύσεως	189
κύτταρον σεληνίου	171	» φωτισμού	96
κροσσοί συμβολῆς	102	νόμος Joule	175
κρυσταλλικός φωρατής	260	» Coulomb	132, 147
<b>Λ</b>		» Laplace	206
λαμπτήρ ήλεκτρικός	177	» Ohm	168, 181
Lumen	95	» Stokes	122
Lux	95	» Rayleigh	125
<b>M</b>		» Lenz	211
μαγνητόφωνον	276	O	
μαγνητική άποκλισις	138	δλική άνακλασίς	42
» Διαπερατότης	200	δμιλῶν κινηματογράφος	274
» Εγκλισις	139	δμογενὲς πεδίον	137, 237
» έπαγωγή	209	δπαλ Young	105
» θύελλα	142	δπτικόν κέντρον	54
» ροή	137	δπτικός δέξιαν	110
μαγνητικὸν διπόλον	133	δρατὸν φῶς	265
» πεδίον	135, 197	δρική γωνία	40
» φάσμα	134	ούρανιον τόξον	91
μαζικός άριθμός	283	Ohm	168
Maxwell	138		
μεγάφωνον	204	Π	
μεγέθυνσις γραμμική	30, 57	παράθλασις φωτός	102
μεσόνια	291, 296	περιοδικὸν σύστημα	282
μεταστοιχειώσις	287	περισκόπιον	84
μετασχηματισταλ	228	πηγὴν Ruhmkorff	230
μηχανικὸν ισοδύναμον φωτός	99	πικάπ	276
μικροκύματα	270	πλάτος ἐντάσεως	224
μικροσκόπιον	72, 75	» τάσεώς	223
μικρόφωνον	203	ποζιτρόνιον	286
μικροφωτογραφία	78	πόλοι γενητρίας	162
μιονοφασικὸν ρεῦμα	222	πολικόν σέλας	256
μιωτικά	68	πόλωσις φωτός	106
		» ήλεκτροδίων	192
		πολωτής	107

πολωτικόν σῶμα	112	σωλήνη Braun	247
πομπός	202	» Coolidge	245
ποσότης μαγνητισμού	133	» Crookes	239
πρίσμα Nicol	111	» Geissler	288
πρισματική διόπτρα	82	σωληνοειδές	198
προβολεύς	84		
προσαρμογή	67		
πρωτόνιον	159, 283		
πυκνωταί	232	ταλαντώσεις ήλεκτρικαί	256
πυρήνης άτομου	158	τάσις	153
<b>P</b>			
ραδιενέργεια	277	ταχύτης φωτός	15
ράδιον	277	τεχνητὰ ραδιενεργά	287
ραδιόφωνα	269	τηλέγραφος	201
ραντάρ	270	τηλεόρασις	271
ρεύματα Foucault	213	τηλεπικοινωνίαι	266
ροοστάται	273	τηλεσκόπιον	83
Röntgen άκτινες	245	τηλεφωνογραφία	250
Rutherford	287	τρίοδος λυχνία	248
<b>S</b>			
σκοτεινὸς θάλαμος	14	τριφασικά ρεύματα	226
σπινθηριστής	262	τύπος Thomson	257
σταθερά Planck	123		
σταθερά Faraday	190		
στερακτίνιον	92		
στερεοσκοπία	70		
στοιχεῖα	194		
» Leclanchè	194		
στοιχειώδεις μαγνῆται	131		
στοιχειώδες φορτίον	159		
συγκλίνων φακός	55		
συλλέκτης	217		
συμβολή φωτός	101		
συνεχές ρεῦμα	165		
συντελεστής αύτεπαγωγῆς	215		
συντονισμός	261		
συρμὸς ταλαντώσεων	259		
πυσσωρεύται μαλάζθον	193		
» ἀλκαλικοί	194		
<b>T</b>			
ταλαντώσεις ήλεκτρικαί			
τάσις			
ταχύτης φωτός			
τεχνητὰ ραδιενεργά			
τηλέγραφος			
τηλεόρασις			
τηλεπικοινωνίαι			
τηλεσκόπιον			
τηλεφωνογραφία			
τρίοδος λυχνία			
τριφασικά ρεύματα			
τύπος Thomson			
<b>Υ</b>			
ύπερβραχέα κύματα			
ύπεριώδεις ἀκτῖνες			
ύπερμετρωπία			
ύπερόνια			
ύπερουράνια στοιχεῖα			
ύπέρυθροι ἀκτῖνες			
ύψιστην ρεύματα			
<b>Φ</b>			
φαινόμενον Edison			
φακός			
Farad			
φάσις			
φάσματα ἀπορροφήσεως			
» γραμμῶν			
» ἡλιακὸν			
» συνεχές			
» συνοικικὸν			

φασματοσκοπική ἀνάλυσις	116	φωτογλεκτρικὸν φαινόμενον	249
φασματοσκόπιον	90	φωτογλεκτρόνια	249
φθορισμὸς	121	φωτοκύτταρον	250
φυσικὸς μαγνήτης	129	φωτομετρία	97
φωνοληψία	274	φωτόμετρον Bunsen	98
φῶς πεπολωμένον	106	φωτόνια	124
φῶς φυσικὸν	106		<b>X</b>
φωσφορισμὸς	122		
φωταύγεια	122	χειριστήριον	202
φωτεινὴ πηγὴ	11	χρῶμα σωμάτων	124
» ροή	94	χωρητικότης	155
φωτισμὸς	94	Henry	215
φωτογραφία	126	Huygens	101





ΕΚΔΟΣΙΣ Ι 1969 (VII) ANT. 25.000 — ΣΥΜΒΑΣΙΣ 1831/23-5-69 / 1904/4-6-69  
ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ : Α. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ : Ι. ΚΑΜΠΑΝΑΣ Ο.Ε.

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής









**0020557671**  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής





Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής