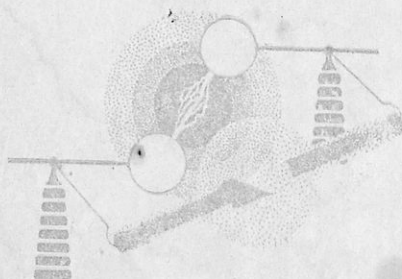


ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

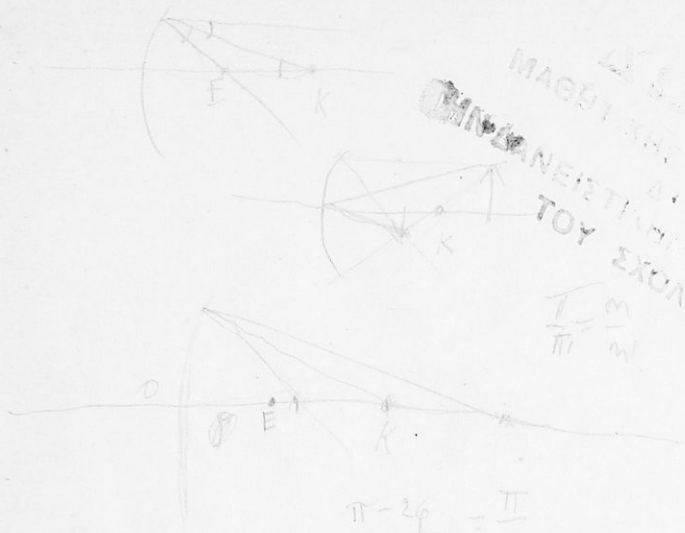
ΦΥΣΙΚΗ

ΔΙΑ ΤΗΝ Η' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ

ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1955



ΔΙΔΕΑ
ΜΑΘΗΤΕΣ
ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟΙ
ΤΟΥ
ΣΧΟΛΕΙΟΥ
 $\frac{T}{\pi} = \frac{m}{m'}$

$$\frac{\pi - 2\phi}{2\phi - \pi} = \frac{\pi}{\pi'}$$

$$\frac{2\pi\pi' - 2\phi\pi'}{2\pi\pi\phi} = \frac{2\pi\phi - \pi\pi'}{2\pi\pi\phi}$$

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

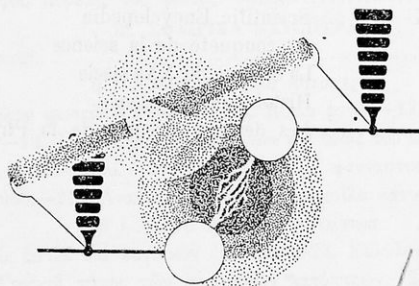
Φ Υ Σ Ι Κ Η

Η ΧΙΣΥΦ

ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

ΦΥΣΙΚΗ

ΔΙΑ ΤΗΝ Η' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ



1899/

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΣΧΟΛΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1955

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- | | |
|------------------|---|
| ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΟΥ Γ. | Ῥεπίτομος Φυσικὴ |
| ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ Κ. | Φυσικὴ (τόμος II) |
| MAZH A. | Φυσικὴ (τόμος II καὶ III) |
| MAZH A. | Ἡ διάσπασις τοῦ ατόμου |
| ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ Κ. | Φυσικὴ (τόμος II) |
| ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Χ. | Ἡ γένεσις τῆς ἐπιστήμης |
| ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ Χ. | Ὁ Γαλιλαῖος |
| ΧΟΝΔΡΟΥ Δ. | Φυσικὴ (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

1. ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Σελίς

1. 'Ορισμοί.—2. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.— 3. Φωτεινὴ ἀκτίς. Φωτεινὰ δέσμαι.—4. 'Αποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.	15 — 19
---	---------

2. ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

5. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός.—6. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.	20 — 23
---	---------

3. ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

7. Διάχυσις καὶ ἀνάκλασις.—8. 'Ορισμοί.—9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.	23 — 25
---	---------

Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

10. 'Επίπεδον κάτοπτρον.—11. Περιστροφή ἐπιπέδου κατόπτρου.—12. 'Επίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—13. 'Αρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.	25 — 28
--	---------

Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. 'Ορισμοί.	29 — 30
--------------------	---------

α) Κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα

15. Εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου.—16. Κυρία ἐστία.—17. 'Εστιακὸν ἐπίπεδον.—18. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων καὶ θέσις τοῦ εἰδώλου.—19. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—20. Πραγματικὸν ἢ φανταστικὸν εἶδωλον ἀντικειμένου.—21. 'Ανακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοίλα κάτοπτρα.	30 — 37
--	---------

β) Κυρτὰ σφαιρικά κάτοπτρα

22. Κυρία ἐστία καὶ ἐστιακὸν ἐπίπεδον.—23. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—24. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.	37 — 41
--	---------

4. ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

26. 'Ορισμός.—27. Νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—28. 'Οπρικὴ γωνία.—29. 'Απόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως.—30. 'Ολικὴ ἀνάκλασις.—31. 'Αποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.	43 — 49
--	---------

5. ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλακὸς μετὰ παραλλήλους ἑδρας.—33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.—34. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς.—35. Πρῶμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.	50 — 56
---	---------

6. ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

Σελίς

36. Ὅρισμοί.—37. Συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες φακοί.—
38. Ὅπτικόν κέντρον. 57 — 59

Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

39. Κυρία ἐστίν. Ἑστιακὴ ἀπόστασις.—40. Ἑστιακὸν ἐπίπεδον.—
41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.—
42. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—43. Εἶδωλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγ-
κλίνοντος φακοῦ.—44. Ἀνακεφαλαιώσεις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φα-
κοὺς. 60 — 64

Β'. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

45. Κυρία ἐστίν.—46. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—47. Γενικοὶ τύποι
τῶν φακῶν. 64 — 67

Γ'. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

48. Ἴσχυς φακοῦ.—49. Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.—50.
Σφάλματα τῶν φακῶν. 68 — 70

7. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

51. Κατασκευὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.—52. Κανονικὸς ὀφθαλμός. Προ-
σαρμογή.—53. Πρεσβυωπία.—54. Μύωψ καὶ υπερμέτρωψ ὀφθαλμός.—
55. Φαινόμενη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—56. Διόφθαλμος ὄρασις.
Στερεοσκοπία.—57. Διόφθαλμος τῆς ἐντυπώσεως. 72 — 77

8. ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ

58. Ὅπτικὰ ὄργανα. 77

Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

59. Ἀπλοὺν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικρο-
σκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστικὴ ἰκανότης
μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντι-
κειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ. 78 — 84

Β'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

65. Διοπτρικὰ καὶ κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.—66. Ἀστρονομικὴ
διόπτρα.—67. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.—
69. Πρισματικὴ διόπτρα.—70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον. 84 — 89

Γ'. ΣΥΝΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ

71. Περισκόπιον.—72. Φωτογραφικὴ μηχανή.—73. Προβολεύς. 90 — 91

9. ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος.—75. Ἰδιότητες τῶν
ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.—
77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.—78. Φασματοσκόπιον.—79. Οὐδρά-
νιον τόξον. 93 — 98

10. ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.—81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν.—82.
Φωτομετρικὰ μεγέθη.—83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—84. Νόμος

- τῆς φωτομετρίας.—85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.— Σελίς
86. Φωτόμετρον.—87. Ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς. 98 — 107

11. ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ

88. Θεωρία περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός.—89. Θεωρία τῆς ἐκ-
πομπῆς.—90. Θεωρία τῶν κυμάνσεων.—91. Συμβολή τοῦ φωτός.—
92. Παράθλασις τοῦ φωτός.—93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος τοῦ
φωτός.—94. Πόλωσις τοῦ φωτός.—95. Ἑρμηνεία τῆς πολώσεως τοῦ
φωτός.—96. Διπλῇ διάθλασις τοῦ φωτός.—97. Ἑρμηνεία τῆς διπλῆς
διάθλασεως τοῦ φωτός.—98. Πολωτικαὶ συσκευαί. 107 — 120

12. ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. Φάσματα ἐκπομπῆς.—100. Φάσματα ἀπορροφῆσεως.—
101. Φάσματα ἀπορροφῆσεως τῶν διαπύρων ἀτμῶν.—102. Τὸ ἥμι-
κὸν φῶς.—103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις —104. Φασματοσκοπικὴ
ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων. 120 — 125

Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολαί.—106. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπερύ-
θρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολαί.—108. Ἀπορ-
ρόφησις τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν.—109. Φθορισμός.—110. Φω-
σφορισμός.—111. Φωταύγεια.—112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας
τοῦ σώματος.—113. Θεωρία τῶν χβάντα.—114. Φύσις τοῦ φωτός. .. 125 — 131

Γ'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ — ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—116. Τὸ κυανοὺν χρῶμα τοῦ
οὐρανοῦ.—117. Φωτογραφία. 131 — 136

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

118. Θεμελιώδεις ἔννοιαι.—119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—120. Ἀ-
μοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.—121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.—122.
Στοιχειώδεις μαγνήται.—123. Νόμος τοῦ Coulomb.—124. Μονὰς
ποσότητος μαγνητισμοῦ. 137 — 142

2. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

125. Μαγνητικὸν φάσμα.—126. Μαγνητικὸν πεδίου.—127. Διού-
θυνσις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.—128. Μαγνητικὴ ροή. 142 — 146

3. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.—130. Μαγνητικὴ ἔγκλισις.—131.
Γήμον μαγνητικὸν πεδίου.—132. Ἐντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ
πεδίου.—133. Ναυτικὴ πυξίς. 146 — 151

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

Σελίδες

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—135. Καλοί και κακοί άγωγοί.—
 136. Ἡλεκτροσκόπιον.—137. Νόμος τοῦ Coulomb.—138. Μονάδες
 ἡλεκτρικοῦ φορτίου.—139. Διανομή τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου. 153 — 157

2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

140. Σπουδή τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ἡλε-
 κτρικοῦ πεδίου.—142. Δυναμικόν.—143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.—144.
 Μονάδες δυναμικοῦ.—145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυνα-
 μικοῦ τοῦ άγωγοῦ.—146. Δυναμικόν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ
 άγωγοῦ.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου άγωγοῦ. 157 — 166

3. ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειώδες ἡλεκτρικόν φορτίον.—149. Ἐμφάνις ἡλε-
 κτρικῶν φορτίων.—150. Ἐξήγησις τῆς ἡλεκτρίσεως τῶν σωμάτων... 166 — 169

4. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

151. Παράγωγὴ ροῆς ἡλεκτρονίων.—152. Εἶδη γεννητριῶν.—
 153. Δρᾶσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.—154. Ἐνταση τοῦ ἡλεκτρι-
 κοῦ ρεύματος.—155. Κύκλωμα. 170 — 175

5. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ OHM

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—157. Νόμος τοῦ Ohm
 διὰ τμήμα άγωγοῦ.—158. Μονὰς ἀντιστάσεως.—159. Ἀντίστασις
 άγωγοῦ.—160. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—
 161. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως.—162. Κύτταρον σελήνιου.—
 163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—164. Ροοστάται.—165. Μέτρη-
 σις ἀντιστάσεως. 175 — 183

6. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. Ἐνέργεια καὶ ἰσχύς τοῦ ρεύματος.—167. Νόμος τοῦ Joule.—
 168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν αποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος. 183 — 187

7. ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλει-
 στὸν κύκλωμα.—171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν πόλων τῆς
 γεννητρίας.—172. Ἀντὴλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μὲ
 γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώμα-
 τος.—174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν. 188 — 194

8. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

175. Ἡλεκτρολύται.—176. Παραδείγματα ἡλεκτρολύσεων.—
 177. Νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.—178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύ-

σεως.—179. Πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—180. Συσ-	Σελίς
σφρευται.—181. Ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα.—182. Θερμοηλεκτρικὸν στοι-	
χεῖον.....	195 — 204

9. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίον ρεύματος.—184. Μαγνητικὸν πεδίον	
εὐθύγραμμου ρεύματος.—185. Μαγνητικὸν πεδίον σωληνοειδοῦς.—	
186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—187. Ἠλεκτρομαγνήτης.—	
188. Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.—189. Ἐπίδρασις μαγνη-	
τικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.—190. Ἠλεκτρικὸς κινητήρ.—191. Ὀρ-	
γανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων.	205 — 217

10. ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—193. Τρόποι πα-	
ραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύ-	
ματος.—195. Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—196. Ρεύματα	
Foucault.—197. Αὐτεπαγωγή.....	218 — 224

11. ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

198. Ἠλεκτρικαὶ μηχαναί.—199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.—	
200. Κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς	
ρεύματος.	226 — 229

12. ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

202. Ἐναλλακτῆρες.—203. Κινητῆρες ἐναλλασσόμενου ρεύμα-	
τος.—204. Ἐναλλασσόμενον ρεύμα.—205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνε-	
ργὸς τάσις.—206. Τριφασικὰ ρεύματα.	230 — 237

13. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματισταί.—208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματι-	
στῶν.—209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.	238 — 241

14. ΠΥΚΝΩΤΑΙ

210. Πυκνωταί.—211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—212. Ἐνέργεια	
πυκνωτοῦ.—213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.—	
215. Ὅμογενές ἡλεκτρικὸν πεδίον.	242 — 247

15. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

216. Ἠλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν αέριων.—217. Λαμ-	
πτήρες με ἀραιὸν αέριον.—218. Καθοδικαὶ ἀκτίνες.—219. Φύσις	
τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—220. Παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.	248 — 254

16. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ

221. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων.—222. Ἀκτίνες Röntgen.—	
223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.—224. Σωλὴν Braun.—225. Τρίο-	
δος λυχνία.—226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.—227. Ἐφαρμογὴ	

τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—228. Ἡλεκτρο- Σελίς
νικὸν μικροσκόπιον. 254 — 262

17. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ἴονισμὸς τοῦ αέρος.—230. Διαρκὴς Ἴονισμὸς τοῦ αέρος.— 231.
Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.—232. Πολικὸν σέλας. 262 — 266

18. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—234. Ἀποσβεννυμένα ἡλεκτρι-
καὶ ταλαντώσεις.—235. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—236.
Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.—237. Διέ-
γερσις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ. 266 — 271

19. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.—239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.—
240. Μῆκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ἡλεκ-
τρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς
ἀκτινοβολίας. 271 — 275

20. ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΘΑΛΗΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαί.—244. Πομπὸς ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμά-
των.—245. Δέκται ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφω-
νον.—247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἶδη
κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία. 276 — 284

21. ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὅμιλῶν κινηματογράφος.—252. Μαγνητόφωνον.—253. Ἀ-
ναπαραγωγὸς ἥχου. 284 — 286

22. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

254. Ραδιενεργὰ στοιχεῖα.—255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν
ραδιενεργῶν στοιχείων.—256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.—257. Περίο-
δος ραδιενεργοῦ στοιχείου.—258. Αἱ τρεῖς σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν
στοιχείων. 287 — 290

23. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ἀτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.—260. Φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ
πυρῆνος.—261. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—262. Ἰσότοπα
στοιχεῖα.—263. Ποζιτρόνιον. 290 — 295

24. ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

264. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις.—265. Διάσπασις τοῦ πυρῆνος
τοῦ οὐρανίου.—266. Προέλευσις τῆς ἀτομικῆς ἐνεργείας.—267. Προέ-
λευσις τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.—268. Κοσμικαὶ ἀκτίνες. 295 — 306

25. Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Ο Π Τ Ι Κ Η

1. ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

1. Όρισμοί.—Καλοῦμεν **φῶς** τὸ αἶτιον, τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως. Ἐν σῶμα εἶναι ὁρατὸν, ἐὰν στέλλῃ φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας. Μερικὰ σώματα ἐκπέμπουν ἀφ' ἐαυτῶν φῶς καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάζονται **αὐτόφωτα** σώματα ἢ **φωτεινὰ** πηγὰι (ὁ ἥλιος, οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, αἱ φλόγες κ.ἄ.).

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

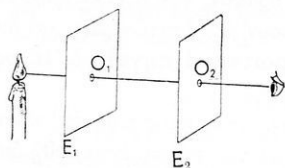
Μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα (ὑαλός, ἄηρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα (ξύλον, πλάξ μετ' ἄλλου κ.ἄ.). Τέλος μερικὰ σώματα ἀφ' ἑνὸς τὸ φῶς νὰ διέρχεται,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

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

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

Ἐντὸς ὁμογενοῦς καὶ ἰσοτρόπου μέσου τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

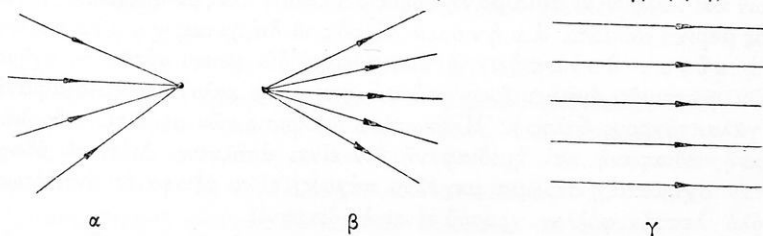
Ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός ἐπαληθεύεται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸ ἐξῆς ἀπλούστατον πείραμα (σχ. 1). Λαμβάνομεν δύο ἀδιαφανῆ διαφράγματα E_1 καὶ E_2 , ἕκαστον



Σχ. 1. Ἀπόδειξις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

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

3. Φωτεινὴ ἀκτίς. Φωτεινὰ δέσμαι.—Ἡ εὐθεΐα γραμμὴ, κατὰ

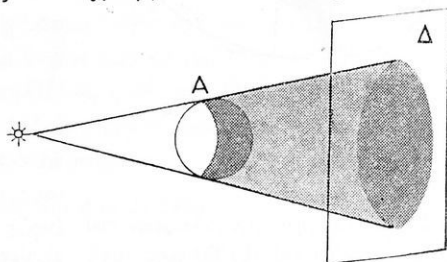


Σχ. 2. Εἶδη φωτεινῶν δεσμῶν. (α συγκλίνουσα, β ἀποκλίνουσα, γ παράλληλος)

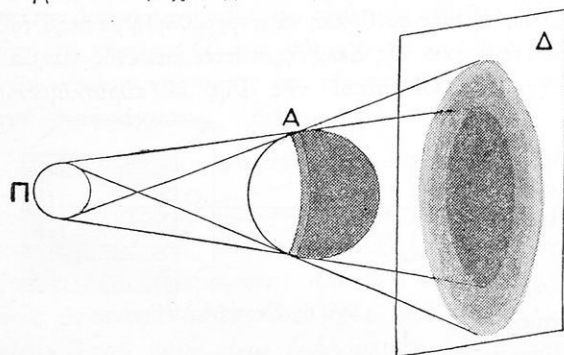
τὴν ὁποῖαν διαδίδεται τὸ φῶς, καλεῖται **φωτεινὴ ἀκτίς**. Αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες ἐκπορεύονται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν ὁμοιομόρφως πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Πολλὰ ἀκτῖνες ἀποτελοῦν μίαν **φωτεινὴν δέσμην**. Ἐὰν ὅλαι αἱ ἀκτῖνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης διέρχωνται δι' ἑνὸς σημείου,

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

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



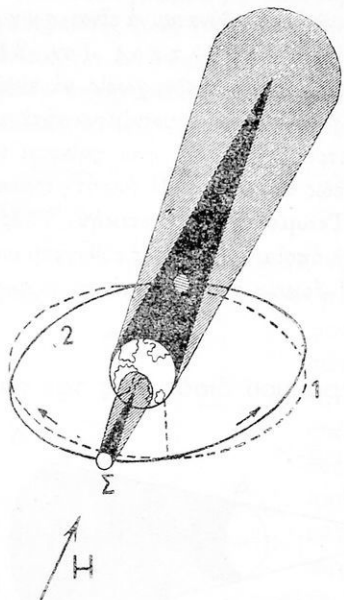
Σχ. 3. Σχηματισμὸς σκιάς.



Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιάς καὶ παρασκιάς.

περιοχὴν γίνεται ἀποτόμως. Ἐὰν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ διαστάσεις (σχ. 4), τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ σκιά, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν εἰσέρχεται καμμία φωτεινὴ ἀκτίς, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ **παρασκιά**, ἥτοι μία περι-

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



Σχ. 5. Ἐξήγησις τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.

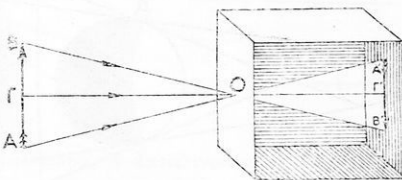
(1 ἐκλειπτική, 2 τροχιά Σελήνης).

ὀπισθεν τῆς Σελήνης. Ὅταν ἡ Σελήνη εὐρίσκεται εἰς σύνοδον ($N \acute{\epsilon} \alpha \Sigma \epsilon \lambda \eta \nu \eta$), δύναται ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας νὰ παρεμβληθῇ μεταξὺ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὁπότε ἡ σκιά τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἐνὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς οἱ εὐρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Σελήνης θὰ ἔχουν ὀλίγη ν ἐκλειψιν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὁποῖοι θὰ εὐρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιᾶς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴ ν ἐκλειψιν τοῦ Ἡλίου.

β) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ

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

Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης καὶ τοῦ Ἡλίου εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Αἱ ἐκλείψεις τῆς Σελήνης ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὁποία σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς Γῆς (σχ. 5). Ἡ Σελήνη, ὅταν εὐρίσκεται εἰς ἀντίθεσιν ($\pi \alpha \nu \sigma \acute{\epsilon} \lambda \eta \nu \omicron \varsigma$), δύναται ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὴν σκιάν τῆς Γῆς, ὁπότε ἡ Σελήνη δὲν φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἡλίον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ Σελήνη γίνεται ἀόρατος διὰ τοὺς κατοίκους τῆς Γῆς τοὺς εὐρισκόμενους εἰς τόπους, οἵτινες εὐρίσκονται ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Γῆς. Αἱ δὲ ἐκλείψεις τοῦ Ἡλίου ὀφείλονται εἰς τὴν σκιάν, ἡ ὁποία σχηματίζεται



Σχ. 6. Σκοτεινὸς θάλαμος.

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

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΓ'}{ΟΓ}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

2. Δύο σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτῖνας Ρ καὶ ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν κέντρων των Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ μεγαλύτερα σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ μικρότερα σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μῆκος τοῦ σκιεροῦ κώνου, ὁ ὁποῖος σχηματίζεται ὀπισθεν τῆς σφαίρας Α'. Ἐφαρμογὴ :

$$P = 108\rho \text{ καὶ } \delta = 23\ 240\rho.$$

3. Δύο ἴσαι σφαῖραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀκτῖνα ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο κέντρων των Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Ὅπισθεν τῆς Α' τοποθετεῖται διάφραγμα καθέτως πρὸς τὴν εὐθείαν ΟΟ', καὶ εἰς ἀπόστασιν ε ἀπὸ τὸ κέντρον Ο' τῆς ἀδιαφανοῦς σφαίρας. Νὰ εὑρεθοῦν αἱ ἀκτῖνες τῶν κύκλων τῆς σκιάς καὶ τῆς παρασκιᾶς, οἱ ὁποῖοι σχηματίζονται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος. Ἐφαρμογὴ :

$$\rho = 10\text{ cm}, \delta = 40\text{ cm καὶ } \varepsilon = 20\text{ cm}$$

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

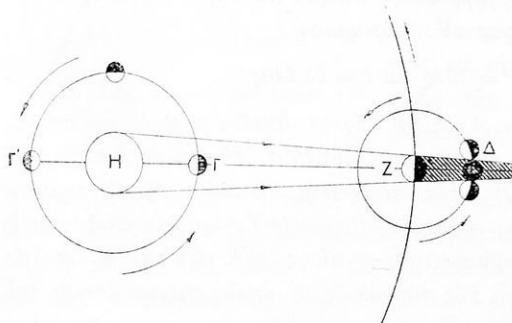
2. ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

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

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

6. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.—α) Μέθοδος τοῦ Römer. Ὁ Römer (1675) κατώρθωσε νὰ μετρήσῃ τὴν



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

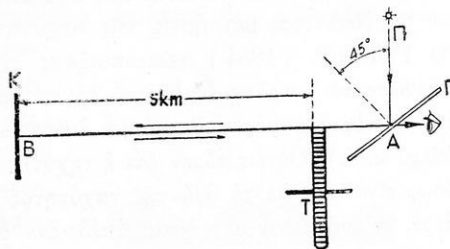
ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός στηριζόμενος εἰς τὰς παρατηρήσεις του ἐπὶ τῆς κινήσεως τοῦ πρώτου δορυφόρου τοῦ Διδός. Ὁ χρόνος μιᾶς περιφορᾶς τοῦ δορυφόρου τούτου περὶ τὸν Δία εἶναι 42,5 ὥραι (περίπου). Καθ' ἑκάστην περιφορὰν τοῦ δορυφόρου βυθίζεται

ἐντὸς τῆς σκιᾶς τοῦ Διδός (σχ. 7). Ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ τῆς τροχίᾳς τῆς, τότε μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ δορυφόρου Δ μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μὲ 42,5 ὥρας. Ἐφ' ὅσον ὅμως ἡ Γῆ κινεῖται ἐκ τῆς θέσεως Γ πρὸς τὴν ἐκ διαμέτρου ἀντίθετον θέσιν Γ', παρατηρεῖται μία διαρκῶς αὐξανόμενη καθυστέρησις εἰς τὴν ἑναρξιν τῆς ἐκλείψεως. Ἡ καθυστέρησις αὕτη λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς 1000 δευτερόλεπτα (πε-

ρίπου), όταν η Γῆ εὑρεθῇ εἰς τὴν θέσιν Γ'. Ἐφ' ὅσον ἡ Γῆ κινεῖται τῶρα ἐκ τῆς θέσεως Γ' πρὸς τὴν θέσιν Γ, ἡ καθυστέρησις αὐτῇ βαίνει συνεχῶς ἐλαττωμένη, καὶ ὅταν ἡ Γῆ εὑρεθῇ πάλιν εἰς τὴν θέσιν Γ, τότε μεταξύ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ δορυφόρου μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μὲ 42,5 ὥρας. Ἡ μεγίστη καθυστέρησις τῶν 1000 δευτερολέπτων ὀφείλεται εἰς τὴν ἐξῆς αἰτίαν: ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ', τὸ φῶς, τὸ ἐκπεμπόμενον ἀπὸ τὸν δορυφόρον Δ, διατρέχει δρόμον κατὰ μίαν διάμετρον (ΓΓ') τῆς τροχιάς τῆς Γῆς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸν δρόμον, τὸν ὅποιον διατρέχει, ὅταν ἡ Γῆ εὑρίσκεται εἰς τὴν θέσιν Γ. Επειδὴ ἡ διάμετρος τῆς τροχιάς τῆς Γῆς εἶναι 300 000 000 km, ἔπεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενὸν εἶναι:

$$V = \frac{s}{t} = \frac{300\,000\,000}{1000} = 300\,000 \text{ km/sec.}$$

β) Μέθοδος τοῦ Fizeau. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι τόσο μεγάλη, ὥστε ἐντὸς ἐλαχίστου χρόνου τὸ φῶς διατρέχει πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἶναι δυνατόν νὰ μετρηθῇ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός, ἂν καταστῇ δυνατόν νὰ μετρηθῇ ὁ πολὺ μικρὸς χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὸ φῶς διατρέχει μίαν γνωστὴν μικρὰν ἀπόστασιν. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς ἐστηρίχθη ὁ Fizeau (1849),



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

διὰ νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός μὲ γήινον πείραμα.

Ἡ ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Π (σχ. 8) προερχομένη φωτεινὴ ἀκτὶς ΠΑ προσπίπτει ἐπὶ μιᾷς υαλίνης πλακῆς Γ, ἀνακλᾶται ἐν μέρει ἐπ' αὐτῆς καὶ κατευθύνεται πρὸς τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον κάτοπτρον Κ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει καθέτως. Ἐκεῖ ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται δευτέραν ἀνάκλασιν, ἐπιστρέφει ἐκ τοῦ Β πρὸς τὸ Α καὶ διερχομένη διὰ τῆς πλακῆς Γ φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ. Ἡ ἀπόστασις τῆς πλακῆς Γ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον Κ εἶναι ὀλίγα μόνον χιλιόμετρα. Ἐμπροσθεν τῆς πλακῆς ὑπάρχει ὀδοντωτὸς τροχὸς Τ, ὁ ὁποῖος φέρει ἴσον ἀριθμὸν ὀδόντων καὶ διακένων τοῦ αὐτοῦ πλάτους καὶ δύναται νὰ τεθῇ εἰς ὀμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν. Ἐστω ὅτι ὁ τροχὸς φέρει μ ὀδόντας· ἄρα ἔχει

καὶ μὲ διάκενα. Ἐὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίνει συνεχῶς αὐξανόμενη, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει τὸ ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιστρέφον φῶς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι, καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς διέτρεξε τὸ διάστημα $AB + BA = 2 \cdot AB$, εἰς ὁδούς τοῦ τροχοῦ μετεκινήθη καὶ κατέλαβε τὴν θέσιν τοῦ προηγουμένου διακένου (διὰ τοῦ ὁποίου διήλθε τὸ φῶς βαῖνον πρὸς τὸ κατόπτρον Κ). Ἐὰν κατὰ τὴν στιγμήν ἐκείνην ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ εἶναι Ν, τότε τὸ φῶς, διὰ νὰ διατρέξῃ τὸ διάστημα $2s$, χρειάζεται χρόνον $t = \frac{1}{2N \cdot \mu}$. Ἐπομένως ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι :

$$V = \frac{2 \cdot s}{t} = \frac{2 \cdot s}{\frac{1}{2N \cdot \mu}} = 4 N \cdot \mu \cdot s.$$

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

γ) Νεώτεροι μετρήσεις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός. Ὁ Foucault (1854) τελειοποιήσας τὴν μέθοδον τοῦ Fizeau κατάρθωσε νὰ μετρήσῃ ἐντὸς τοῦ ἐργαστηρίου τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός διὰ μέσου διαφόρων διαφανῶν σωμάτων (ἀέρος, ὕδατος, ὑάλου κ. ἄ.). Οὕτως εὗρεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ ὕδωρ εἶναι ἴση μὲ τὰ $3/4$ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα. Αἱ νεώτεροι μετρήσεις ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, εἰς τὸ αὐτὸ δὲ διαφανὲς μέσον εἶναι διαφορετικὴ διὰ τὰ διάφορα χρώματα. Ἀπὸ τὰς διαφόρους λοιπὸν μετρήσεις εὐρέθη ὅτι :

I. Εἰς τὸ κενὸν ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι 300 000 km/sec.

II. Εἰς τὰ διαφανῆ μέσα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι μικρότερα ἀπὸ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν. Εἰς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐλάχιστα διαφέρει ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν.

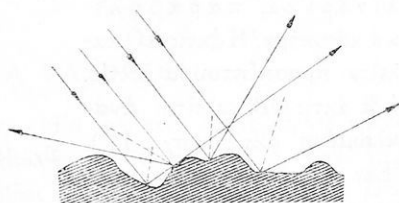
III. Εἰς τὰ διαφανῆ μέσα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι διάφορος δι' ἕκαστον χρῶμα· μεγαλυτέρα εἶναι διὰ τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα καὶ μικρότερα διὰ τὸ ἰώδες χρῶμα.

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

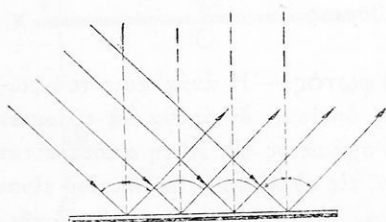
Σημείωσις. Αἱ ἀνωτέρω δοθεῖσαι τιμαὶ 1 000 δευτερόλεπτα καὶ 42,5 ὥραι (ἀκριβὲς τιμὴ 42h 8min 32sec) εἶναι τιμαὶ κατὰ προσέγγισιν, χάριν ἀπλοτήτος κατὰ τὸν ὑπολογισμόν. Οὕτω καὶ ἡ εὐρεθεῖσα τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός $u = 300\,000$ km/sec εἶναι κατὰ προσέγγισιν. Ἡ ἀκριβὲς τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός ἀναγράφεται εἰς τὸν εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου εὐρισκόμενον πῖνακα τῶν γενικῶν φυσικῶν σταθερῶν (πῖναξ 4).

3. ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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



Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμαλίου ἐπιφανείας.



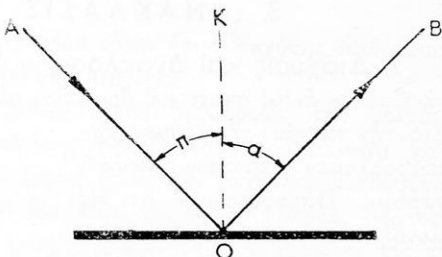
Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας.

Ἔνεκα τῆς διαχύσεως γίνονται ὁρατὰ ὅλα τὰ περίξ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας προκαλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἡλιακοῦ φωτός παρεμβάλλομεν

μῖαν λείαν καὶ στίλπνῃν μεταλλικὴν πλάκα, τότε ἡ προσπίπτουσα φω-

τεινή δέσμη ἀλλάσσει πορείαν καὶ κατευθύνεται πρὸς ὠρισμένην διεύθυνσιν (σχ. 10). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάκλασις τοῦ φωτός**. Ὡστε ἡ διάχυσις συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ τραχείας καὶ ἀνωμαλοῦ ἐπιφανείας, ἐνῶ ἡ ἀνάκλασις συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ λείας καὶ στιλπνῆς ἐπιφανείας. Ἀλλὰ καὶ μία λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια ἔχει πάντοτε μικρὰς ἀνωμαλίας, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν μικρὰν διάχυσιν. Τοῦτο καταφαίνεται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλὶς, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἐπὶ τῆς μεταλλικῆς πλακός, εἶναι ὁρατὴ ἀπὸ οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου παρατηροῦμεν τὴν πλάκα.

8. Ὅρισμοί.—Αἱ λεῖαι καὶ στιλπναὶ ἐπιφάνειαι, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀνάκλασιν τοῦ φωτός, καλοῦνται **κάτοπτρα**. Ἀναλόγως τῆς μορφῆς, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ ἀνακλώσα ἐπιφάνεια, διακρίνομεν διάφορα εἶδη κατόπτρων: ἐπίπεδα, σφαιρικά, κυλινδρικά, παραβολικά κάτοπτρα. Ἡ ἀκτὶς ΑΟ καλεῖται **προσπίπτουσα ἀκτὶς**, ἡ δὲ ἀκτὶς ΟΒ καλεῖται **ἀνακλωμένη ἀκτὶς** (σχ. 11). Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως Ο φέρωμεν τὴν ΚΟ

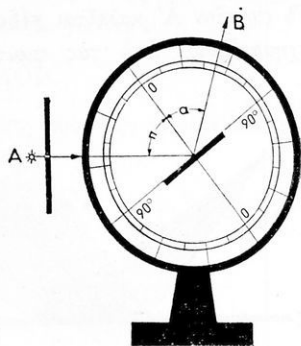


Σχ. 11. Ὅρισμός τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.

κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλώσαν ἐπιφάνειαν, τότε σχηματίζονται ἡ **γωνία προσπτώσεως** $\text{AOK} = \pi$ καὶ ἡ **γωνία ἀνακλάσεως** $\text{BOK} = \alpha$. Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ΑΟ καὶ ἡ κάθετος ΚΟ, καλεῖται **ἐπίπεδον προσπτώσεως**.

9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.—Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ ὠρισμένους νόμους, τοὺς ὁποίους δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν κατὰ προσέγγισιν μὲ τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 12. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ κατακόρυφον γωνιομετρικὸν κύκλον, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένον μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον. Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς διαβιβάζεται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου λεπτὴ φωτεινὴ δέσμη. Ἡ ἀνακλωμένη λεπτὴ δέσμη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας μόνον, ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς μας εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὐρίσκε-

ται καὶ ἡ προσπίπτουσα δέσμη. Ὡστε ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου. Ἐὰν μεταβάλλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως π , εὐρίσκουμεν ὅτι ἡ γωνία ἀνακλάσεως α εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Αἱ μετρήσεις ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτὸς ἀπέδειξαν τοὺς ἐξῆς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός :



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

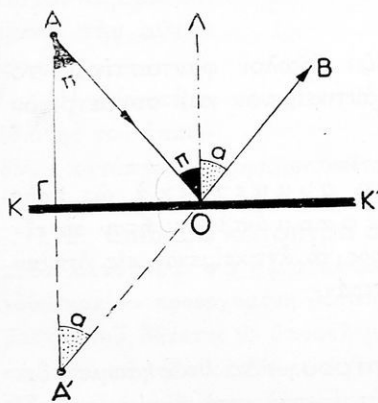
I. Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

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

Ἐφαρμογὴν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως ἔχομεν εἰς τὰ διάφορα κάτοπτρα.

Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

10. Ἐπίπεδον κάτοπτρον.— Μία φωτεινὴ ἀκτὶς προσρχομένη

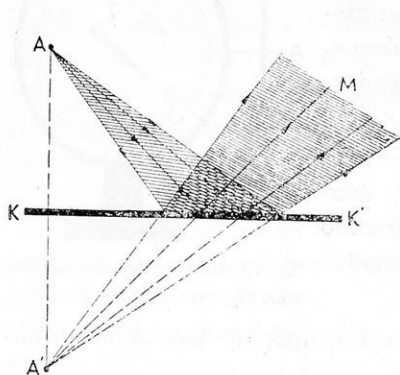


Σχ. 13. Ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου.

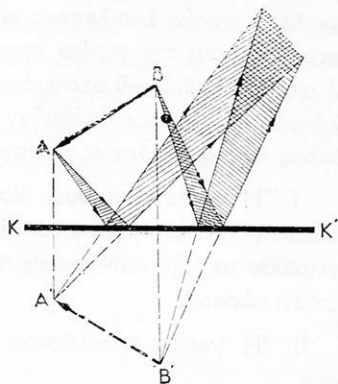
ἀπὸ φωτεινὸν σημεῖον Α (σχ. 13) δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτὶνα OB. Ἡ προέκτασις τῆς ἀκτίνος OB τέμνει τὴν προέκτασιν τῆς καθέτου AG εἰς τὸ σημεῖον Α'. Εὐκόλως συνάγεται ὅτι τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα AΓO καὶ Α'ΓO εἶναι ἴσα καὶ ἐπομένως εἶναι $AG = A'G$. Εἰς τὸ συμπέρασμα τοῦτο καταλήγομεν δι' οἵανδήποτε ἀκτὶνα προσρχομένην ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α. Οὕτως αἱ ἀκτίνες, αἱ ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, φαίνονται προσρχόμεναι ἀπὸ τὸ

σημεῖον Α' (σχ. 14). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κορυφὴ τῆς κωνικῆς δέ-

σημῆς, ἡ ὁποία προκύπτει μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς προσπιπτοῦσης δέσμης. Τὸ σημεῖον A' καλεῖται **εἰδῶλον** τοῦ φωτεινοῦ σημείου A καὶ ἐπειδὴ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς φανταστικὰς προεκτάσεις τῶν ἀνακλωμένων



Σχ. 14. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου.



Σχ. 15. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου.

ἀκτίνων καλεῖται **φανταστικὸν εἶδῶλον**. Ὁ σχηματισμὸς τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 15. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

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

Τὸ εἶδῶλον καὶ τὸ ἀντικείμενον εἶναι **συμμετρικά** ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον κατόπτρον, ἀλλὰ δὲν εἶναι **ἐφαρμόσιμα** ἤτοι τὸ εἶδῶλον εὐρίσκεται εἰς τοιαύτην σχέσιν πρὸς τὸ ἀντικείμενον, εἰς ὁποίαν εὐρίσκεται ἡ δεξιὰ χεὶρ πρὸς τὴν ἀριστεράν.

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

ἐπίπεδον προσπτώσεως ΚΟΛ. "Όταν τὸ κάτοπτρον στραφῇ κατὰ γωνίαν φ , ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς στρέφεται κατὰ γωνίαν :

$$\widehat{ΒΟΒ'} = \widehat{ΑΟΒ'} - \widehat{ΑΟΒ}.$$

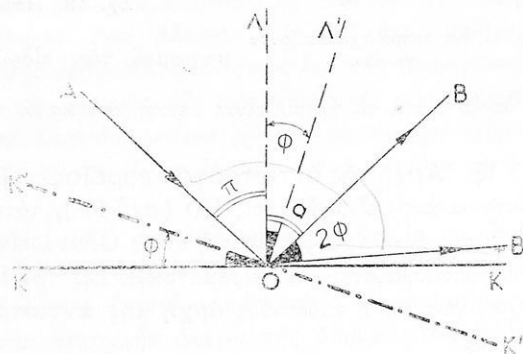
Ἐπειδὴ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως ἔχομεν :

$$\widehat{ΑΟΒ} = 2\widehat{ΑΟΛ} = 2\pi, \quad \widehat{ΑΟΒ'} = 2\widehat{ΑΟΛ'} = 2(\pi + \varphi).$$

Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$\widehat{ΒΟΒ'} = 2(\pi + \varphi) - 2\pi, \quad \text{ἥτοι} \quad \boxed{\widehat{ΒΟΒ'} = 2\varphi}$$

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

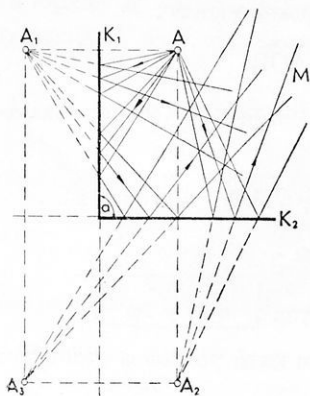


Σχ. 16. Στροφή ἐπιπέδου κατόπτρου.

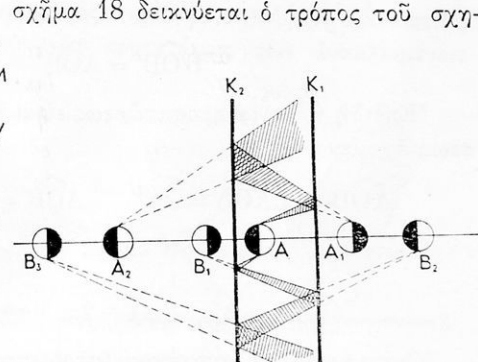
Ἡ ἀνωτέρω ιδιότης τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν μέτρησιν μικρῶν γωνιῶν.

12. Ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.—Ἐὰν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν, τότε ἡ ἐξ ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου προερχομένη δέσμη, πρὶν φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, δύναται νὰ ὑποστῇ μίαν ἢ περισσοτέρας διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων (σχ. 17). Οὕτω σχηματίζονται πολλαπλᾶ εἰδῶλα καὶ μάλιστα τόσον περισσότερα, ὅσον μικροτέρα εἶναι ἡ γωνία α , τὴν ὁποίαν σχηματίζουν τὰ κάτοπτρα. Ἐὰν ἡ γωνία α εἶναι ἴση μὲ μηδέν, τὰ κάτοπτρα εἶναι παράλληλα. Τότε σχηματίζονται δύο σειραὶ εἰδῶλων ὅπισθεν ἐκάστου κατόπτρου καὶ βλέπομεν ἐναλλάξ

τὴν ἐμπροσθίαν καὶ τὴν ὀπισθίαν ὕψιν τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὸ σχῆμα 18 δεικνύεται ὁ τρόπος τοῦ σχη-



Σχ. 17. Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.



Σχ. 18. Παράλληλα κάτοπτρα.

ματισμοῦ τῶν εἰδώλων μιᾶς σφαίρας Α, ἥ ὁποία κατὰ τὸ ἥμισυ εἶναι λευκὴ καὶ κατὰ τὸ ἥμισυ μαύρη.

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

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

6. Εἰς πύργος καὶ εἰς παρατηρητὴς εὗρισκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὁριζοντίου ἐπιπέδου, ἡ δὲ μεταξύ των ἀπόστασις εἶναι 42 m. Ὁ ὁ-

φθαλμός τοῦ παρατηρητοῦ εὐρίσκεται εἰς ὕψος 1,6 m ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους καὶ βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦ πύργου ἐντὸς μικροῦ ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον ἀπέχει 2 m ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν καὶ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐδάφους. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ πύργου ;

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

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

9. Τετράγωνος αἶθουσα ἔχει πλευρὰν 5 m καὶ ὕψος 3,50 m. Ἀπὸ τὸ μέσον τῆς ὀροφῆς ἐξαεῖται ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ οὕτως, ὥστε νὰ ἀπέχῃ 50 cm ἀπὸ τὴν ὀροφήν. Εἰς τὸ μέσον ἐνὸς τῶν τοίχων εὐρίσκεται κατακόρυφον ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον ἔχει σχῆμα τετραγώνου καὶ πλευρὰν 50 cm. Πόση ἐπιφάνεια τοῦ δαπέδου φωτίζεται ἐξ ἀνακλάσεως ;

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

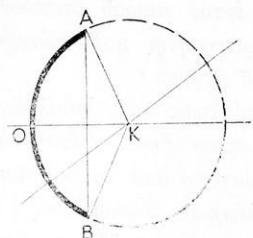
11. Δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν 45° . Μεταξὺ αὐτῶν ὑπάρχει φωτεινὸν σημεῖον Σ. Νὰ εὐρεθῇ διὰ κατασκευῆς τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων.



Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὅρισμοί.—Εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρικὴ. Διακρίνομεν δύο εἴδη σφαιρικῶν κατόπτρων : τὰ **κοῖλα** σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοίλη καὶ τὰ **κυρτὰ** σφαιρικὰ κάτοπτρα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή. Τὸ μέσον Ο τοῦ κατόπτρου (σχ. 19) καλεῖται **κορυφή** τοῦ κατόπτρου, τὸ δὲ κέντρον Κ τῆς σφαίρας, εἰς

τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κατόπτρον, καλεῖται **κέντρον καμπυλότητος**



Σχ. 19. Σφαιρικὸν
κάτοπτρον.

τοῦ κατόπτρου. Ἡ εὐθεῖα ἡ διερχομένη διὰ τῆς κορυφῆς καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καλεῖται **δευτερεύων ἄξων**.

Διὰ νὰ σχηματισθῇ εὐκρινὲς εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου, πρέπει νὰ πληροῦνται αἱ ἐξῆς συνθήκαι: α) Τὸ κατόπτρον πρέπει νὰ ἔχῃ μικρὸν ἄνοιγμα· ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου καλεῖται ἡ γωνία AKB, ὑπὸ

τὴν ὁποίαν φαίνεται ἐκ τοῦ κέντρου K ἡ χορδὴ AB τοῦ κατόπτρου. β) Τὸ ἀντικείμενον πρέπει νὰ εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ πλησίον αὐτοῦ.

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

Ι. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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

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

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

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

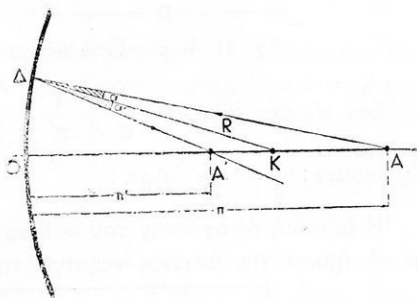
Ἀπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν εὐρίσκομεν :

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

διαιροῦντες καὶ τὰ δύο μέλη διὰ $\pi\pi'R$ εὐρίσκομεν :

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

Ἡ εὐρεθεῖσα ἐξίσωσις δεικνύει ὅτι ἡ ἀπόστασις π' τοῦ σημείου Α' ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν π τοῦ φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κατόπτρον καὶ τὴν ἀκτῖνα καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου. Ἐπομένως ὅλαι αἱ ἐκ τοῦ σημείου Α ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, ἐφ' ὅσον προσπίπτουν πλησίον τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, διέρχονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν διὰ τοῦ σημείου Α'. Τὸ σημεῖον Α' εἶναι τὸ **πραγματικὸν εἶδωλον** τοῦ φωτεινοῦ σημείου Α. Ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τεθῇ εἰς τὴν θέσιν Α', τότε, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός, τὸ εἶδωλὸν τοῦ σχηματίζεται εἰς τὴν θέσιν Α. Ὡστε τὰ σημεία Α καὶ Α' εἶναι συζυγῆ σημεία.

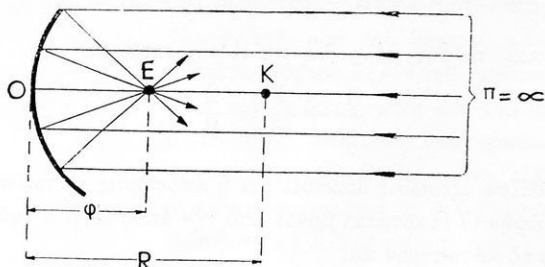


Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδωλοῦ φωτεινοῦ σημείου.

Εἶναι φανερὸν ὅτι, ἐὰν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Α τεθῇ εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ εἶδωλον Α' θὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν ἰδίαν θέσιν· δηλαδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φωτεινὸν σημεῖον καὶ τὸ εἶδωλὸν τοῦ συμπίπτουν.

16. Κυρία ἐστία.—Ἄς υποθέσωμεν ὅτι τὸ φωτεινὸν σημεῖον Α μετακινούμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος συνεχῶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κατόπτρον, ὥστε τελικῶς αἱ ἐκ τοῦ Α προερχόμεναι ἀκτῖνες νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τότε ὅλαι αἱ ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες διέρχονται διὰ τοῦ σημείου Ε τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 21). Τὸ σημεῖον Ε καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀπόστασις τῆς κυρίας ἐστίας Ε ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο καλεῖται **ἐστιακὴ ἀπόστασις** (φ) τοῦ κατόπτρου.



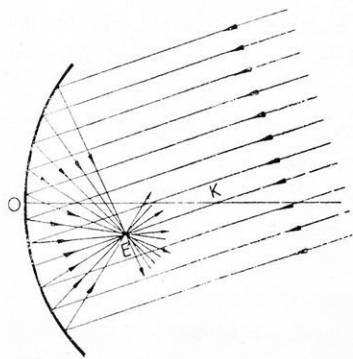
Σχ. 21. Κυρία ἐστία κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

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

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

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

17. Ἑστιακὸν ἐπίπεδον.—Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν δέσμην ἀκτίνων



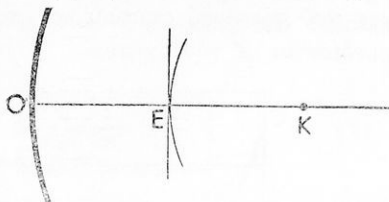
Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἐστία τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

παραλλήλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ὕλαι αἱ ἀνακλώμεναι ἀκτῖνες μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των διέρχονται δι' ἑνὸς σημείου Ε' τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος· τὸ σημεῖον Ε' εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν $\varphi = R/2$ ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ καλεῖται **δευτερεύουσα ἐστία** (σχ. 22).

Ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαί τοῦ κατόπτρου εὐρίσκονται ἐπὶ μιᾷ σφαιρικῆς ἐπιφανείας, ἥ ὁποία ἔχει κέντρον τὸ Κ καὶ ἀ-

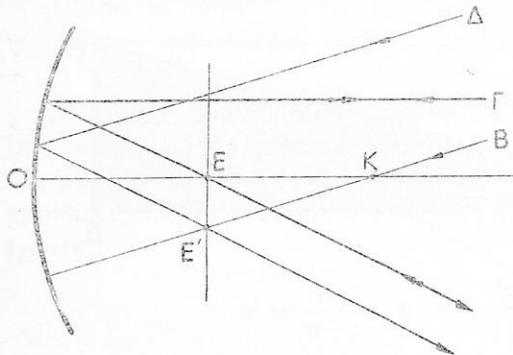
κτῖνα $R/2$. Ἐπεὶ δὲ ὅμως τὸ κάτοπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος,

δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστὶν εὐρίσκονται ἐπὶ ἑνὸς ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφαπτόμενον τῆς σφαιρικῆς αὐτῆς ἐπιφανείας εἰς τὸ σημεῖον Ε καὶ κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα· τὸ ἐπίπεδον τοῦτο καλεῖται ἐστιακὸν ἐπίπεδον (σχ. 23).



Σχ. 23. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου.

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



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

I. Ὄταν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ἀντιστρόφως τὴν ἰδίαν πορείαν.

II. Ὄταν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας.

III. Ὄταν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

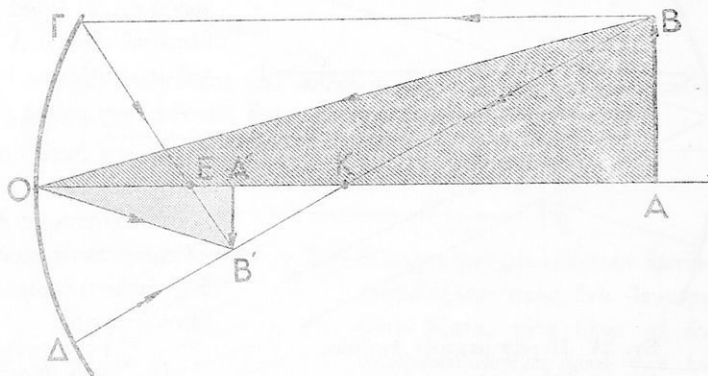
IV. Ὄταν μία ἀκτὶς προσπίπτῃ παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστοίχου δευτερευούσης ἐστίας, ἡ ὁποία εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου.

V. Ὄταν φωτεινὸν σημεῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος,

τὸ εἶδωλὸν τοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κύριου ἄξονος· αἱ ἀποστάσεις τοῦ φωτεινοῦ σημείου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν:

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

19. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—* Ἀς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 25). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὁρισμένων ἀνακλωμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὅποιον εἶναι ἐπίσης κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτῖνες $B\Gamma$ καὶ $B\Delta$ δίδουν τὰς ἀνακλωμένας



Σχ. 25. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

ἀκτῖνας $\Gamma B'$ καὶ $\Delta B'$, αἱ ὁποῖαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον B' τοῦτο εἶναι τὸ εἶδωλόν τοῦ σημείου B . Τὰ εἶδωλα ὅλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας $A'B'$, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἶδωλον $A'B'$ εἶναι ἀνέστραμμένον καὶ πραγματικόν· συνεπῶς δυνάμεθα νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ τρίγωνα AOB καὶ $A'O B'$ εὐρίσκομεν :

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

Ὁ λόγος τοῦ μήκους (E) τοῦ εἰδώλου πρὸς τὸ μήκος (A) τοῦ ἀντι-

κειμένου καλεῖται **γραμμική μεγέθυνσις**. Ἐὰν εἰς τὴν ἀνωτέρω σχέσιν θέσωμεν $OA' = \pi'$ καὶ $OA = \pi$, τότε τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

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

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

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

20. Πραγματικὸν ἢ φανταστικὸν εἶδωλον ἀντικειμένου. — Ἐὰς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον AB πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον (2). Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς π' , ἔχομεν :

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

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

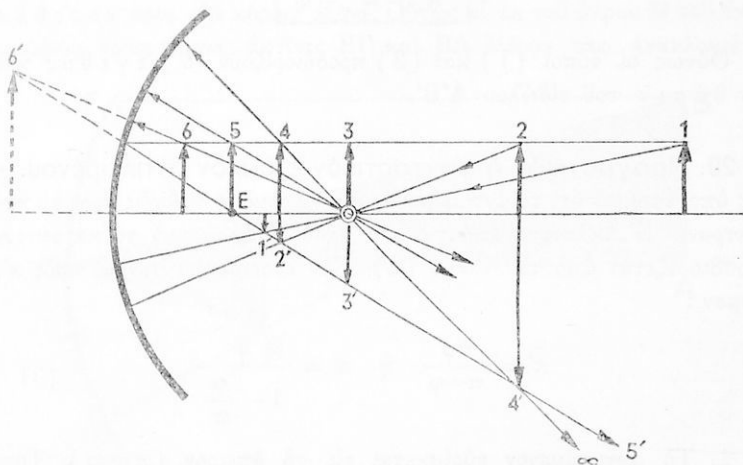
2. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος ($\pi > 2\varphi$). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς (σχ. 26) εὐρίσκεται ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος ($\varphi < \pi' < 2\varphi$), εἶναι δὲ **πραγματικόν**, **ἀνεστραμμένον** καὶ **μικρότερον**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

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

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

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

6. Τέλος τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου ($\pi < \varphi$). Τότε εἶναι $\frac{\varphi}{\pi} > 1$ καὶ ἀπὸ τὸν τύπον (3) συνάγεται ὅτι τὸ π' ἔχει ἀρνητικὴν τιμὴν ($\pi' < 0$). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κα-



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

τασκευῆς εὐρίσκεται ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται πειραματικῶς.

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

1. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας,

καὶ τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας, εἶναι δὲ πάντοτε πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον.

II. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὑρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπίσθεν αὐτοῦ, εἶναι δὲ πάντοτε φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

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

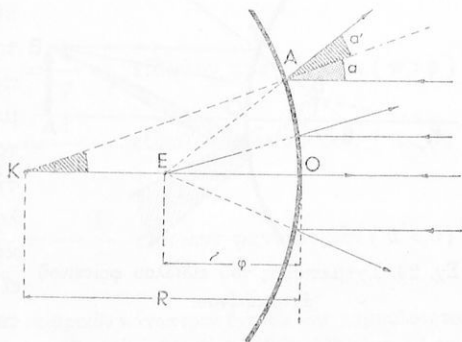
$$\text{τύποι τῶν κοίλων κατόπτρων: } \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

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

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

II. ΚΥΡΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

22. Κυρία ἐστία καὶ ἐστιακὸν ἐπίπεδον.— Ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 27). Τὸ ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρὸν καὶ ἐπομένως δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὅτι κατὰ προσέγγισιν εἶναι $EO = EA$. Τὸ τρίγωνον KEA εἶναι ἰσοσκελές. Ἄρα εἶναι $EK = EA$ ἢ κατὰ προσέγγισιν $EK = EO = \frac{R}{2}$.



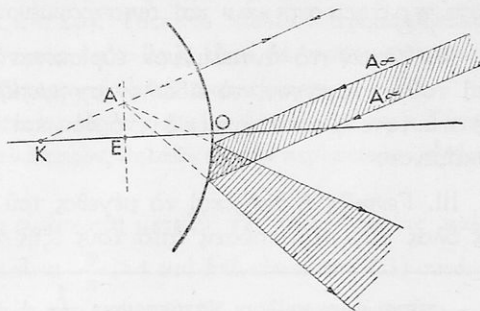
Σχ. 27. Ἡ κυρία ἐστία τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι φανταστική.

Ὅλαι λοιπὸν αἱ ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν E, ἡ ὁποία εὑρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. Ὡστε :

Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἰσοῦτα μέ τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

$$\text{ἔστιακὴ ἀπόστασις } \varphi = \frac{R}{2}$$

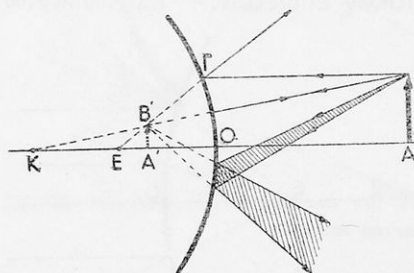
Ὅπως εἰς τὸ κοῦλλον κάτοπτρον, οὕτω καὶ εἰς τὸ κυρτὸν κάτοπτρον ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστὶν θεωροῦνται εὐρισκόμεναι ἐπὶ τοῦ ἔστιακοῦ ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον εἶναι κείμενον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε (σχ. 28).



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

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

23. Εἶδωλον ἀντικειμένου.— Ἀς θεωρήσωμεν φωτεινὴν εὐθεῖαν AB κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου (σχ. 29).



Σχ. 29. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

Αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κυρίου ἄξονος ἢ οἰοῦδηποτε δευτερεύοντος ἄξονος, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ἔχουν τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. Ἐργαζόμενοι λοιπόν, ὅπως καὶ εἰς τὰ κοῦλα κάτοπτρα, κατασκευάζομεν τὸ εἶδωλον Α'Β'. Τὸ εἶδωλον τοῦτο σχηματίζεται ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου, εἶναι δὲ πάντοτε ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

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

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

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

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

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

ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι $\theta \acute{\alpha}$ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικούς τοὺς ὅρους, οἱ ὁποῖοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά. Οὕτω διὰ πραγματικὸν ἀντικείμενον ἔχομεν τὰς ἐξῆς περιπτώσεις :

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

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

Παραδείγματα. 1) Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτῖνα καμπυλότητος $R=60$ cm. Καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοποθετεῖται εὐθεῖα AB μήκους 5 cm, εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου εἶναι :

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

$$\text{Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν} \quad \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$$

$$\text{εὐρίσκομεν:} \quad \pi' = \frac{\varphi \cdot \pi}{\pi - \varphi} = \frac{30 \cdot 40}{40 - 30} = 120 \text{ cm.}$$

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου AB εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

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

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

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

$$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi} \quad \text{εὐρίσκομεν:} \quad \pi' = \frac{\varphi \cdot \pi}{\varphi + \pi} = \frac{8 \cdot 20}{8 + 20} = \frac{60}{28} = 5,7 \text{ cm.}$$

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

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

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

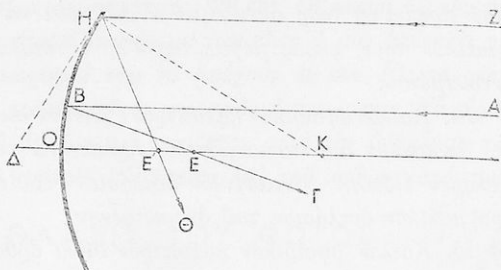
25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—Τὰ ἀνωτέρω εὐρεθέντα συμπεράσματα ἰσχύουν, ἐὰν πραγματοποιοῦνται οἱ ἐξῆς ὅροι :

- α) τὸ ἀνοίγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ
- β) αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μὲ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου.

Ὅταν εἰς ἓκ τῶν δύο τούτων ὁρων δὲν πραγματοποιῶνται, τότε αἱ ἐξ ἑνὸς σημείου τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρώνονται εἰς ἓν σημεῖον καὶ ἕνεκα τούτου τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον δὲν εἶναι καθαρόν.

α) Σφαιρικὴ ἐκτροπή. Εἰς ἓν κατόπτρον με γ α λ ο υ ἀ ν ο ί γ μ α τ ο ς (σχ. 30) ἡ πλησίον τῆς περιφερείας τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς ZH δίδει τὴν ἀνακλωμένην HΘ· αὕτη τέμνει τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ μέσον τῆς ΚΔ. Ὅσον περισσότερον ἀπομακρύνεται τὸ σημεῖον προσπτώσεως Η

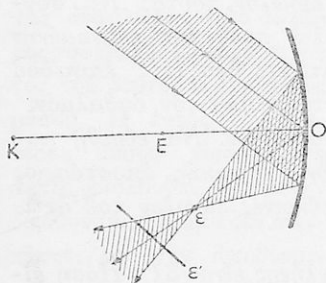
ἀπὸ τὴν κορυφὴν O τοῦ κατόπτρου, τόσον περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὴν κορυφὴν τὸ σημεῖον E' , δηλαδή ἡ τομὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος καὶ τοῦ κυρίου ἄξονος $O\Gamma$ διὰ τὰς ἀκτίνας, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν μακρὰν τῆς κορυφῆς, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι γενικῶς μικροτέρα τοῦ ἡμίσεος τῆς



Σχ. 30. Σφαιρική ἐκτροπή.

ἀκτίνος καμπυλότητος ($\varphi < \frac{R}{2}$). Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων μεγάλου ἀνοίγματος ὀνομάζεται σφαιρική ἐκτροπή.

β) Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή. Ἐπὶ ἑνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀδιαφόρως ἂν τοῦτο εἶναι μικροῦ ἢ μεγάλου ἀνοίγματος, προσπίπτει φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων σχηματίζουσα μεγάλην γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 31). Αἱ ἀνακλωμέναι ἀκτίνες δὲν σχηματίζουν κωνικὴν δέσμη, ἀλλὰ διέρχονται διὰ δύο μικρῶν εὐθειῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι κάθετοι μεταξὺ των καὶ δὲν εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου· αἱ δύο αὐταὶ μικραὶ εὐθεῖαι καλοῦνται **ἐστιακαὶ γραμμαὶ**. Εἰς τὸ σχῆμα



Σχ. 31. Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή.

31 ἡ μὲν ἐστιακὴ γραμμὴ e εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, ἡ δὲ ἐστιακὴ γραμμὴ e' εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ σχήματος. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων καλεῖται **ἀστιγματικὴ ἐκτροπή**.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

15. Κοίλον σφαιρικόν κάτοπτρον δίδει ὀρθὸν εἰδῶλον 5 φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον εἶναι 80 cm. Νὰ εὗρεθῇ ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου.

16. Παρατηρητὴς βλέπει τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ AB μήκους 3 cm ἐντὸς κοίλου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν ἢ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου εἶναι 12 cm. Ὑπὸ ποίαν φαινόμενην διάμετρον βλέπει τὸ εἶδῶλον τοῦτο; Νὰ συγκριθῇ ἡ φαινόμενη αὐτὴ διάμετρος τοῦ εἰδώλου πρὸς τὴν φαινόμενην διάμετρον τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον θὰ ἐσχηματίζετο ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου εὐρισκομένου εἰς τὴν ἰδίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν.

17. Ἀντικείμενον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ ἑνα τοίχου. Νὰ εὗρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν κοίλον κάτοπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως $\varphi = 20$ cm διὰ νὰ λάβωμεν ἐπὶ τοῦ τοίχου εὐκρινὲς εἶδῶλον τοῦ ἀντικειμένου.

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

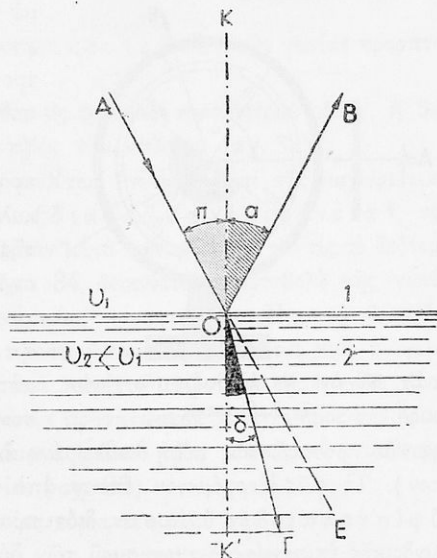
19. Ἐν φωτεινὸν σημεῖον A ἀπέχει 40 cm ἀπὸ κοίλου κατόπτρου K ἐστιακῆς ἀποστάσεως 30 cm. Καθέτως πρὸς τὸν ἀξονα τοῦ κατόπτρου τούτου τοποθετεῖται ἐπίπεδον κάτοπτρον K'. Ποῦ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ τὸ κάτοπτρον τοῦτο, ὥστε αἱ ἀκτῖνες, αἱ ἀναχωροῦσαι ἐκ τοῦ A', ἀφοῦ ἀνακλασθῶν διαδοχικῶς ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων, νὰ συγκεντρώωνται εἰς τὸ σημεῖον A;

20. Κυρτὸν σφαιρικόν κάτοπτρον δίδει εἶδῶλον 8 φορές μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον φαίνεται ὅτι εἶναι 80 cm. Νὰ εὗρεθῶν ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ ἡ ἀκτίς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου.

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

4. ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

26. Ὁρισμός.—Ὅταν μία λεπτὴ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων (μονοχρόου φωτός), προσπίπτῃ πλαγίως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ δύο διαφανῶν μέσων, τότε μέρος μὲν τοῦ φωτὸς ἀνακλᾶται, ἄλλο δὲ μέρος τοῦ φωτὸς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ δευτέρου διαφανοῦς μέσου. Ἡ ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου εἰσερχομένη ἀκτὶς ἀκολουθεῖ ὀρισμένην διεύθυνσιν, ἡ ὁποία δὲν συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπίπτουσας ἀκτίνος (σχ. 32). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ γωνία $\angle GOK$ καλεῖται **γωνία διαθλάσεως**.



Σχ. 32. Διάθλασις τοῦ φωτός.

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

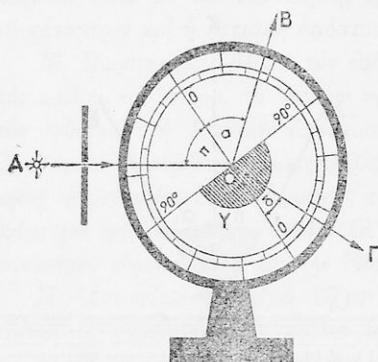
I. Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον μὲ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως.

II. Ὁ λόγος τοῦ ἡμίτονου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι σταθερὸς καὶ καλεῖται δείκτης διαθλάσεως· οὗτος ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὰ δύο διαφανῆ μέσα :

$$\text{δείκτης διαθλάσεως } n_{1,2} = \frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Ὁ δείκτης διαθλάσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς



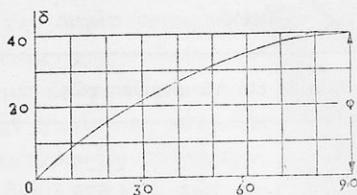
Σχ. 33. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

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

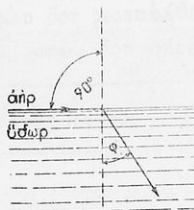
γωνίαν προσπτώσεως π (ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον). Τὸ φῶς ἐξερχόμενον ἔπειτα ἀπὸ τὴν ὑαλὸν εἰς τὸν ἄερα δὲν ὑφίσταται διὰ θλασιν, διότι προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς κυλινδρικής ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ τῶν δύο μέσων (εἶναι $\pi = 0$, ἄρα καὶ $\delta = 0$).

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

ύδωρ. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον ἀναγνωρίζεται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι, ὅταν τὸ φῶς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου, ἡ σχηματιζομένη γω-



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



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

νίαν διαθλάσεως εἶναι πάντοτε μικροτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἄρα :

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

Ἐὰν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως ($\pi = 0^\circ$) ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας τῶν δύο μέσων (διαθλάσις ἐπιφανείας), τότε τὸ φῶς δὲν ὑφίσταται διάθλασιν κατὰ τὴν εἰσοδὸν του εἰς τὸ δεύτερον μέσον ($\delta = 0^\circ$). Εἰς τὸ σχῆμα 34 δεικνύεται ἡ μεταβολὴ τῆς γωνίας διαθλάσεως συναρτήσῃ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Παρατηροῦμεν ὅτι, αὐξανομένης τῆς γωνίας προσπτώσεως π , αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ , ἀλλὰ παραμένει πάντοτε μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ὅταν λοιπὸν ἡ γωνία προσπτώσεως π τείνῃ πρὸς τὴν ὀρικήν τιμὴν 90° , ἡ γωνία διαθλάσεως τείνει πρὸς μίαν ὀρικήν τιμὴν φ , ἡ ὁποία καλεῖται **ὀρική γωνία** (σχ. 35).

Ἡ τιμὴ τῆς ὀρικῆς γωνίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

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

Τὸ ἡμίτονον τῆς ὀρικῆς γωνίας ἴσοῦται μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

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

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

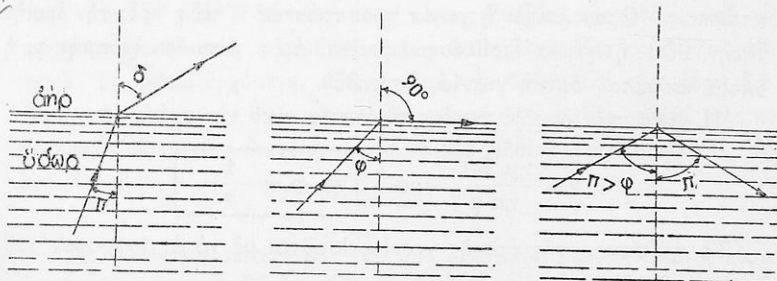
Δείκται διαθλάσεως ὡς πρὸς τὸν ἀέρα διὰ τὸ κίτρινον φῶς

Ἀδάμας.. . . .	2,470
Διθειάνθραξ	1,629
Χλωριούχον νάτριον	1,544
Καναδικὸν βάλασμον.. . . .	1,540
Βενζόλιον	1,501
Οινόπνευμα.. . . .	1,361
Ὑδωρ.. . . .	1,333
Ἵαλος κοινὴ	1,540
Πυριτύαλος βαρεῖα	1,963
Ἀήρ.. . . .	1,000 293

Γενικῶς εὐρέθη ὅτι :

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

30. Ὀλικὴ ἀνάκλασις.—Ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ ὀπτικῶς



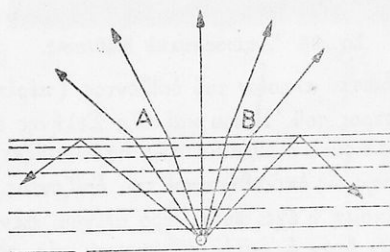
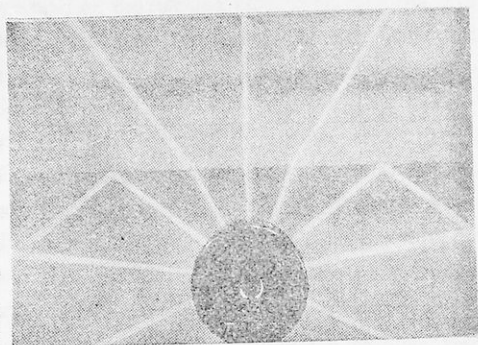
Σχ. 36. Ὀλικὴ ἀνάκλασις συμβαίνει, ὅταν εἶναι $\pi > \phi$.

πυκνότερον μέσον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον (π.χ. ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα), τότε συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ

φωτός ή διαθλωμένη ακτίς απομακρύνεται από την κάθετον, δηλαδή ή γωνία διαθλάσεως είναι μεγαλύτερα από την γωνίαν προσπτώσεως. Εάν λοιπόν εις την περίπτωσιν αυτήν ή γωνία προσπτώσεως γίνη μεγαλύτερα από την όρικην γωνίαν φ , τότε δέν είναι πλέον δυνατόν νά συμβῇ διάθλασις. Τò φῶς, όταν φθάσῃ εις την διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο μέσων, δέν διαθλάται, ἀλλ' ἀνακλᾶται ἐξ ὁλοκλήρου καὶ ἐξακολουθεῖ νά διαδίδεται ἐντὸς τοῦ ὁπτικῶς πυκνοτέρου μέσου (σχ. 36). Τò φαινόμενον τοῦτο καλεῖται ὀλική ἀνάκλασις. Ὡστε:

Ὁλική ἀνάκλασις συμβαίνει ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας δύο διαφανῶν μέσων, όταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἀπὸ τὸ ὁπτικῶς πυκνότερον εἰς τὸ ὁπτικῶς ἀραιότερον μέσον καὶ ή γωνία προσπτώσεως εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ την όρικην γωνίαν.

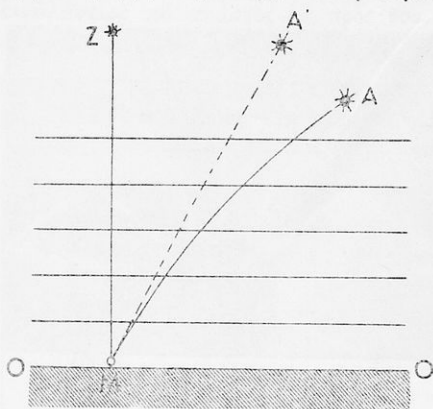
Πειραματικῶς δεικνύεται τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως μετὰ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 37.



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

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

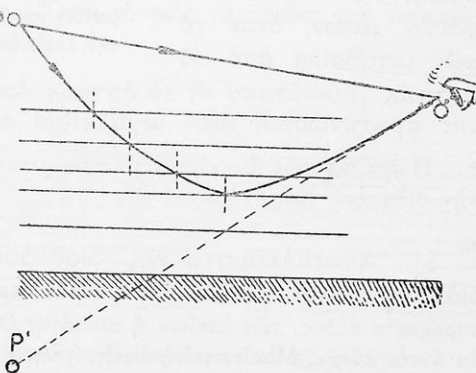
θλάται πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον (σχ. 38). Οὕτως ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς λαμβάνει μορφήν καμπύλης, ὃ δὲ ὄφθαλμός νομίζει ὅτι ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὴν θέσιν A' , ἥτοι βλέπει τὸν ἀστέρα κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς καμπύλης AM εἰς τὸ σημεῖον M . Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀτμοσφαιρική διάθλασις** καὶ ἔχει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



Σχ. 38. Ἀτμοσφαιρική διάθλασις.

εὐρίσκεται πλησίον τοῦ ὀρίζοντος (περίπου $34'$). Ἐπειδὴ ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης εἶναι μικροτέρα τῶν $34'$, ἡ ἀτμοσφαιρική διάθλασις μᾶς παρουσιάζει τὸν δίσκον τοῦ Ἡλίου ἢ τῆς Σελήνης ὡς ἐπικαθήμενον τοῦ ὀρίζοντος, ἐνῶ πραγματικῶς δὲν ἀνέτειλεν ἀκόμη ἢ ἔχει δύσει πρὸ ὀλίγου. Δὲν συμβαίνει ἀτμοσφαιρική διάθλασις, ὅταν ὁ ἀστὴρ εὐρίσκεται εἰς τὸ Zenίθ.

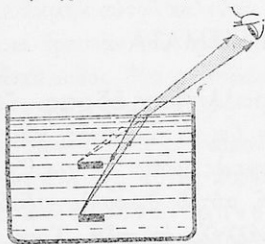
β) Ἀντικατοπτρισμός. Ὅταν εἰς μίαν περιοχὴν ἐπικρατῇ νηνεμία καὶ τὸ ἔδαφος θερμανθῇ πολὺ (π.χ. εἰς τὰς ἐρήμους), τότε τὰ πλησίον τοῦ ἐδάφους στρώματα τοῦ ἀέρος θερμαίνονται πολὺ καὶ εἶναι δυνατόν νὰ γίνουν ἀραιότερα ἀπὸ τὰ ὑπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, προερχομένη ἀπὸ ἐν ὑψηλὸν ἀντικείμενον, εἰσέρχεται τότε συνεχῶς ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερον εἰς ὀπτικῶς ἀραιότερον στρώμα ἀέρος καὶ ἐπομένως διαθλάται ἀπομακρυνομένη



Σχ. 39. Ἀντικατοπτρισμός.

ἀπὸ τὴν κάθετον (σχ. 39). Εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν δύο τοιούτων στρωμάτων ἢ φωτεινὴ ἀκτὶς ὑφίσταται τότε ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἀκολουθεῖ μίαν συμμετρικὴν πορείαν, διότι τὰρ εἰσέρχεται συνεχῶς ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερα εἰς ὀπτικῶς πυκνότερα στρώματα. Οὕτως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει μὲν τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικότητά, συγχρόνως ὅμως βλέπει τὸ ἴδιον ἀντικείμενον ἀνεστραμμένον, ὡς ἐὰν 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 ἀκτάς, ὅποτε τὰ μακρὰν εὐρισκόμενα τμήματα τῆς ξηρᾶς (ἀκρωτήρια, νῆσοι) φαίνονται ἀνυψωθέντα ἀνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης.

γ) Φαινομένη ἀνύψωσις. Ἔνεκα τῆς διαθλάσεως ὁ πυθμὴν ἐνὸς δοχείου περιέχοντος ὕδωρ ὑφίσταται μίαν φαινομένην ἀνύψωσιν. Ὁμοίαν



Σχ. 40. Φαινομένη ἀνύψωσις σώματος εὐρισκόμενου ἐντὸς ὕδατος.



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

$$\begin{aligned} \eta_{\text{H}_2\text{O}} &= 1.33 \\ 30^\circ &= \frac{1}{2} \\ 45^\circ &= \frac{\sqrt{2}}{2} \\ 60^\circ &= \frac{\sqrt{3}}{2} \\ 90^\circ &= 1 \end{aligned}$$

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

$$\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{3}{2}$$

$$4$$

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

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

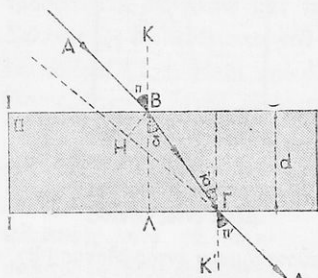
26. Πόση εἶναι ἡ ὁριζιὴ γωνία ὡς πρὸς τὸν ἀέρα τῆς ὑάλου ($n = 1,5$) καὶ τοῦ ἀδάμαντος ($n = 2,4$) ;

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

5. ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

14

32. Διάθλασις διὰ πλακὸς μὲ παραλλήλους ἑδράς. — Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ισότροπον διαφανὲς μέσον II χωρίζεται ἀπὸ τὸ περίξ αὐτοῦ διαφανὲς μέσον I μὲ δύο παράλληλα ἐπίπεδα. Τότε τὸ μέσον II ἀποτελεῖ μίαν πλάκα μὲ παραλλήλους ἑδράς (σχ. 42). Τοιοῦτον σύστημα διαφανῶν μέσων ἀποτελεῖ μία ὑαλινὴ πλάξ εὐρισκομένη ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Αἱ δύο γωνίαι δ καὶ δ' , αἱ σχηματιζόμεναι ἐντὸς τῆς ὑάλου, εἶναι ἴσαι ὡς ἐντὸς ἐναλλάξ. Ἐπομένως διὰ τὰς δύο διαθλάσεις τῆς προσπιπτού-



Σχ. 42. Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ πλακὸς ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται παράλληλον μετατόπισιν.

σας ἀκτῖνος AB ἰσχύουν αἱ σχέσεις :

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

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

Ἄρα $\pi = \pi'$. Ἡ ἀκτὶς ΓΔ ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὴν πλάκα εἶναι

παράλληλος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα AB. Ὡστε διὰ τὴν ἀνωτέρω μερικὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ πλάξ ἔχει ἐκατέρωθεν αὐτῆς τὸ ἴδιον διαφανὲς μέσον, συνάγεται τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διέρχεται διὰ πλακὸς μετὰ παραλλήλους ἑδρας, τότε ἡ ἀκτὶς ὑφίσταται μόνον παράλληλον μετατόπισιν.

33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.—α) Ὁρισμοί. Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλοῦμεν **πρίσμα** ἐν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένης ἐπιπέδους ἐπιφανείας. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται ἀκμὴ τοῦ πρίσματος. Ἡ διεδρος γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ἑδραι 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) Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς εὐρίσκεται ἐπὶ μιᾶς κυρίας τομῆς τοῦ πρίσματος. Τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς. β) Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι μονόχρουν. Διότι, ἂν ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπέσῃ λευκὸν φῶς, τοῦτο διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος ὑφίσταται ἀνάλυσιν εἰς πολλὰ ἀπλά χρώματα.

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

$$\begin{aligned} \eta \mu \pi_1 &= \nu \cdot \eta \mu \delta_1 \\ \text{καὶ} \quad \eta \mu \pi_2 &= \nu \cdot \eta \mu \delta_2 \end{aligned}$$

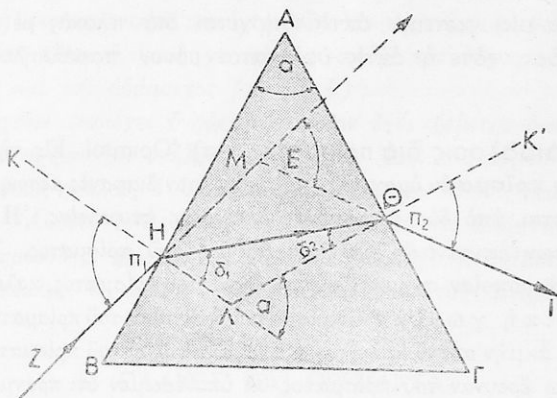
Ἡ γωνία α, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν εἰς τὸ A αἱ δύο τεμνόμεναι καθετοί, εἶναι ἴση μετὰ τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν A τοῦ πρίσματος. Ἐπειδὴ δὲ ἡ α εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου ΛΗΘ, ἔχομεν :

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

Ἡ γωνία Ε, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ προεκτάσεις τῆς προσπι-

πτύσεως ακτίνος ΖΗ και τῆς ἐξερχομένης ακτίνος ΘΙ, καλεῖται **γωνία ἐκτροπῆς** και εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου ΗΜΘ· ἄρα εἶναι :

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



Σχ. 43. Διάθλασις διὰ πρίσματος.

και επομένως ἔχομεν $E = \pi_1 + \pi_2 - A$. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς διέρχεται διὰ πρίσματος, τότε ἡ ἀκτὶς υφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος.

διάθλασις διὰ πρίσματος :	$\eta \mu \pi_1 = \nu \cdot \eta \mu \delta_1$	(1)
	$\eta \mu \pi_2 = \nu \cdot \eta \mu \delta_2$	(2)
	$A = \delta_1 + \delta_2$	(3)
	$E = \pi_1 + \pi_2 - A$	(4)

γ) Διάθλασις διὰ λεπτοῦ πρίσματος. Ἐὰν ἡ διαθλαστικὴ γωνία Α τοῦ πρίσματος εἶναι πολὺ μικρά (λεπτὸν πρίσμα) και ἡ γωνία προσπτώσεως π_1 εἶναι ἐπίσης πολὺ μικρά, τότε ἀντὶ τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν αὐτὰς ταύτας τὰς γωνίας (εἰς ἀκτίνια) εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν :

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

Ἄρα ἡ ἐκτροπὴ τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος εἶναι :

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

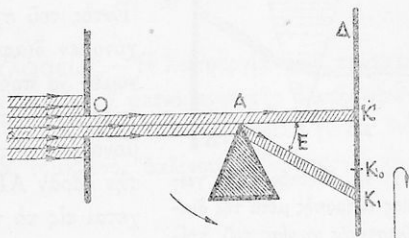
ἤτοι ἔχομεν :

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

Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ λεπτοῦ πρίσματος καὶ ὑπὸ μικρὰν γωνίαν προσπίπτουσας ἢ ἐκτροπῇ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν τοῦ πρίσματος.

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

α) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ἐλαχ. στη ἐκτροπή. Διὰ τῆς ὑπῆς 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 ἀκτίνας τῆς δέσμης, αἱ ὁποῖαι δὲν διήλθον διὰ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ K_1 προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτίνας, αἱ ὁποῖαι ὑπέστησαν ἐκτροπῇ. 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 κηλὶς K_1 κατ' ἀρχὰς πλησιάζει πρὸς τὴν K , φθάνει εἰς τὴν θέσιν K_0 , ἔπειτα δὲ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν K . Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι διὰ μίαν ὀρισμένην τιμὴν τῆς γωνίας προσπτώσεως ἡ γωνία ἐκτροπῆς λαμβάνει μίαν ἐλαχίστην τιμὴν, ἡ ὁποία καλεῖται **ἐλαχίστη ἐκτροπή**.



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

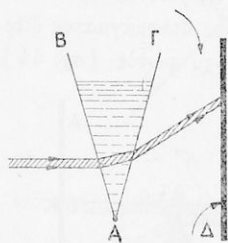
Ἡ ἐλαχίστη ἐκτροπὴ πραγματοποιεῖται, ὅταν εἶναι $\pi_1 = \pi_2$,

όποτε ή προσπίπτουσα άκτις και ή εξερχομένη άκτις σχηματίζουν ίσας γωνίας με τας έδρας του πρίσματος.

Όταν πραγματοποιήται ή ελάχιστη έκτροπή, λέγομεν ότι το πρίσμα εύρίσκεται εις την θέσιν ελάχιστης έκτροπής. Τότε από τούς γνωστούς τύπους του πρίσματος εύρίσκομεν τας ακόλουθους σχέσεις :

θέσις ελάχιστης έκτροπής :	$\pi_1 = \pi_2, \quad \delta_1 = \delta_2, \quad \eta\mu\pi_1 = \eta\mu\delta_1,$
	$A = 2\delta_1, \quad E_{el} = 2\pi_1 - A$

β) Μεταβολή της γωνίας έκτροπής μετά της διαθλαστικής γωνίας. Διά να έχωμεν πρίσμα μεταβλητής διαθλαστικής γωνίας, χρησιμοποιούμεν δοχεϊόν (σχ. 45), του οποίου



Σχ. 45. Μεταβολή της γωνίας έκτροπής μετά της διαθλαστικής γωνίας του πρίσματος.

δύο πλάγια έδραι είναι ύάλινοι πλάκες δυνατόν να στραφούν περί οριζόντιον άξονα. Έντός του σχηματιζομένου ούτω πρίσματος χύνομεν διαφανές υγρόν π. χ. ύδωρ. Άφήνομεν να προσπέση επί της μιᾶς έδρας του πρίσματος λεπτή δέσμη παραλλήλων άκτινων μονοχρόου φωτός. Διατηροῦντες σταθεράν την έδραν ΑΒ, διά της οποίας τὸ φῶς εισέρχεται εις τὸ πρίσμα (π₁ σταθερόν), στρέφομεν τὴν έδραν ΑΓ, διά της οποίας εξέρχεται ή δέσμη, και ούτω μεταβάλλομεν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν Α. Παρατηροῦμεν ότι :

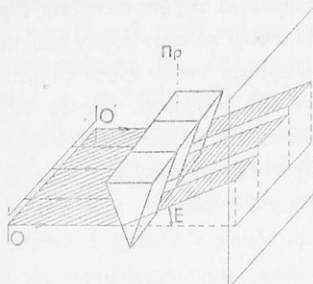
Ἡ έκτροπή αὐξάνεται μετά της διαθλαστικῆς γωνίας του πρίσματος.

Ἐάν συνεχισθῇ ή αύξησις της γωνίας Α, έρχεται στιγμή, κατά τὴν οποίαν τὸ φῶς δὲν εξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα, ἀλλ' ὑφίσταται ἐπὶ της έδρας ΑΓ ὅλη κ' ἡ ἀνάκλασιν. Οὕτως εύρέθη ότι :

Ἡ φωτεινὴ άκτις εξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα, ἐάν ή διαθλαστικὴ γωνία αὐτοῦ εἶναι ἴση ή μικροτέρα του διπλασίου της ὀρίκῃς γωνίας.

συνθήκη εξέδου της άκτινος :	$A \leq 2\phi$
------------------------------	----------------

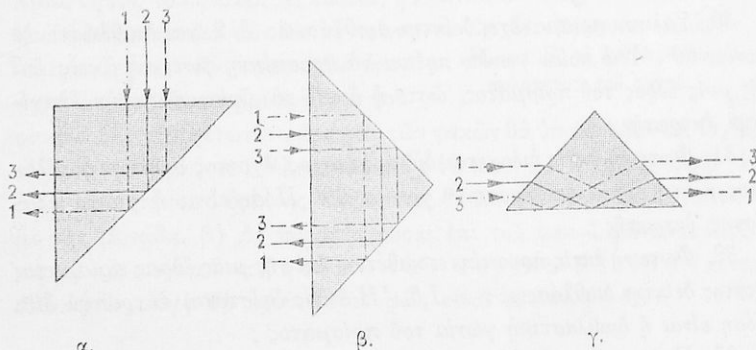
γ) Μεταβολή τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως. Λαμβάνομεν σύστημα πρισμάτων (σχ. 46), τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν (Α σταθερόν), διαφορετικούς ὅμως δείκτας διαθλάσεως (πολύπρισμα). Ἐπὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισμάτων ἀφήγομεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς (π_1 σταθερόν). Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ πρίσματα αὐτὰ προκαλοῦν ἀνίσους ἐκτροπὰς τῶν ἀκτίνων. Οὕτως εὐρίσκόμεν ὅτι :



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

Ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ πρίσματος.

35. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.—Ἡ λειτουργία τῶν πρισμάτων ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Τὰ πρίσματα αὐτὰ εἶναι συνήθως ὑάλινα (ὀρική γωνία διὰ τὴν ὕαλον $\varphi = 40,5^\circ$). Ἡ κυρία τομὴ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος ὀλικῆς



Σχ. 47. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

ἀνακλάσεως εἶναι ὀρθογώνιον ἰσοσκελὲς τρίγωνον. Εἰς τὸ σχῆμα 47α αἱ ἀκτίνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς μίᾳς καθέτου ἑδρας τοῦ πρίσματος. Οὕτως αἱ ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἑδρας

ὕπὸ γωνίαν 45° , ἥτοι μεγαλυτέραν τῆς δριγκῆς. Αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες ὑφίστανται ἐπὶ τῆς ὑποτεινούσης ἑδρας ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν ἄλλην κάθετον ἑδραν τοῦ πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστοῦν διάθλασιν. Τὸ πρίσμα λοιπὸν τοῦτο ἐκτρέπει τὰς ἀκτῖνας κατὰ 90° ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῶν διεθύνσιν. Εἰς τὸ σχῆμα 47β φαίνεται πῶς αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις· οὕτως ὅμως ἐπέρχεται ἀντιστροφή τῆς σειρᾶς τῶν ἀκτῖνων καὶ ἀλλαγὴ τῆς κατευθύνσεως αὐτῶν. Τέλος εἰς τὸ σχῆμα 47γ φαίνεται πῶς συμβαίνει ἀντιστροφή τῆς σειρᾶς τῶν ἀκτῖνων, χωρὶς ὅμως ν' ἀλλάξῃ ἡ κατεύθυνσις αὐτῶν. Τὰ πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰ ὀπτικά ὄργανα.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

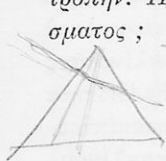
32. Φωτεινὴ ἀκτίς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας πρίσματος ἔχοντος δείκτην διαθλάσεως $n = 1,6$. Ἡ ἀκτίς ἐφίσταται ἐκτροπὴν 30° . Πόση εἶναι ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος;

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

34. Ἡ κορυφαία τομὴ πρίσματος εἶναι ἰσοπλευρὸν τρίγωνον ABΓ. Φωτεινὴ ἀκτίς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρας AB. Ὁ δείκτης δια-

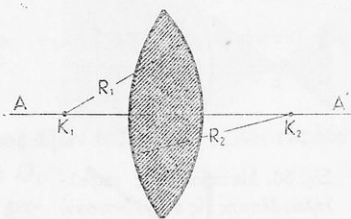
θλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι $n = \sqrt{2}$. Νὰ κατασκευασθῇ ἡ πορεία τῆς ἀκτίνος καὶ νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία ἐκτροπῆς.

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



6. ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

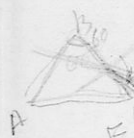
36. Ὁρισμοί.—Καλεῖται φακὸς ἐν διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἢ ἀπὸ μίαν ἐπίπεδον καὶ μίαν σφαιρικὴν ἐπιφάνειαν. Αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν καλοῦνται ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ (σχ. 48). τὰ δὲ κέντρα καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν τούτων καλοῦνται κέντρα καμπυλότητος τοῦ φακοῦ. Ἡ εὐθεῖα, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τῶν φακῶν θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι ἰσχύουν αἱ ἐξῆς συνθήκαι: α) Ὁ φακὸς εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ἀέρος τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἴσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτῖνες εὐρίσκονται πλησίον τοῦ κυρίου ἄξονος (κεντρικαὶ ἀκτῖνες). γ) Τὸ προσπίπτον φῶς εἶναι μονόχρουν.



Σχ. 48. Σφαιρικοὶ φακοί.

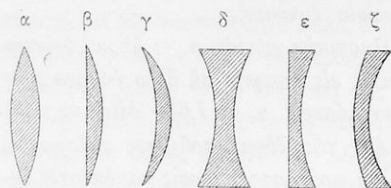
R_1 καὶ R_2 αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

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



$$E = \frac{1}{f} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

παχύτεροι εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτότεροι εἰς τὰ ἄκρα καλοῦνται

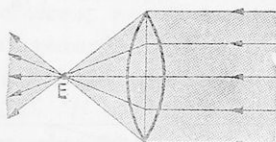


Σχ. 49. Εἶδη φακῶν.

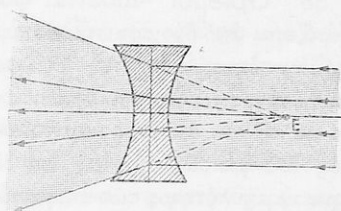
α, β, γ συγκλίνοντες φακοὶ (ἀμφίκυρτος, ἐπιπεδόκυρτος, συγκλίνων μηνίσκος), δ, ε, ζ, ἀποκλίνοντες φακοὶ (ἀμφίκοιλος, ἐπιπεδόκοιλος, ἀποκλίνων μηνίσκος).

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

σαν ἐπ' αὐτῶν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς ἀποκλίνου-

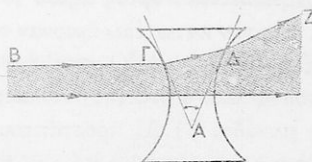
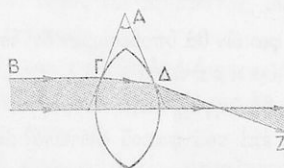


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.



Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

σαν δέσμην (σχ. 51). Ἡ ιδιότης αὐτὴ τῶν φακῶν ἐρμηνεύεται, ἂν

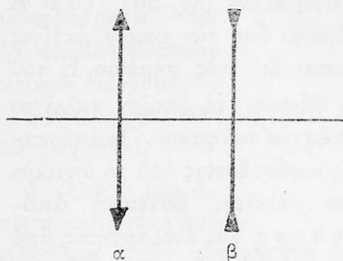


Σχ. 52. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ.

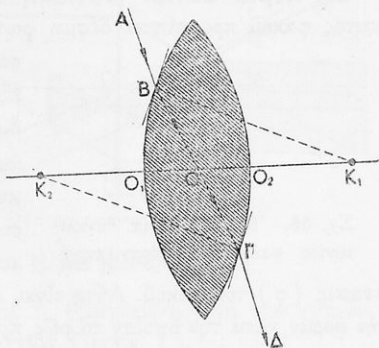
θεωρήσωμεν ὅτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισμάτων, τῶν ὁποίων αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῇ (σχ. 52).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν φακοὺς, τῶν ὁποίων τὸ πάχος με-

τρούμενον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος εἶναι πολὺ μικρὸν ἐν σχέσει πρὸς τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος τοῦ φακοῦ. Οἱ τοιοῦτοι φακοὶ καλοῦν-



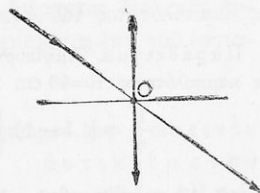
Σχ. 53. Σχηματική παράστασις συγκλίνοντος (α) καὶ αποκλίνοντος (β) φακοῦ.



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

ται **λεπτοὶ φακοὶ** καὶ παριστῶνται γιγφικῶς ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 53.

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



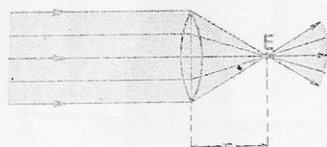
Σχ. 55. Δευτερεύων ἄξων φακοῦ.

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

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

Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

39. Κυρία έστια. Ἑστιακή απόστασις.—Ἐπὶ ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 56). Ὅλαι αἱ ἐξερχόμεναι ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτῖνες διέρχονται δι' ἑνὸς σημείου Ε τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **κυρία έστία** τοῦ φακοῦ. Ἡ απόστασις τῆς κυρίας έστίας ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καλεῖται **έστιακή απόστασις** (ϕ) τοῦ φακοῦ. Αὕτη εἶναι σ τ α θ ε ρ ᾱ καὶ ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φακοῦ. Ὡστε :



Σχ. 56. Ἡ κυρία έστια συγκλίνοντος φακοῦ εἶναι πραγματική.

Ὁ συγκλίνων φακὸς ἔχει δύο πραγματικὰς κυρίας έστίας, αἱ ὁποῖαι εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Ἡ έστιακή απόστασις (ϕ) τοῦ φακοῦ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

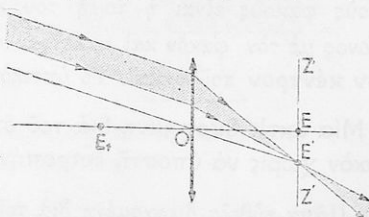
$$\frac{1}{\phi} = (n - 1) \cdot \left[\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right]$$

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

Παράδειγμα. Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n = 1,5$ καὶ ἀκτῖνας καμπυλότητος $R=40$ cm καὶ $R'=60$ cm. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

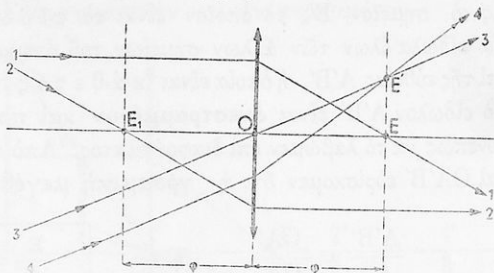
$$\frac{1}{\phi} = (1,5 - 1) \cdot \left[\frac{1}{40} + \frac{1}{60} \right] \quad \text{εὐρίσκομεν} \quad \phi = 48 \text{ cm.}$$

40. Ἑστιακὸν ἐπίπεδον.—Ἐὰν θεωρήσωμεν λεπτὴν δέσμην φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι εἶναι παράλληλοι πρὸς ἕνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ἡ ἐξερχόμενη ἀπὸ τὸν φακὸν δέσμη συγκλίνει εἰς τὴν δευτερεύουσαν έστίαν Ε' (σχ. 57). Ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι έστιαὶ τοῦ φακοῦ εὐρίσκονται κατὰ προσέγγισιν, ὅπως καὶ εἰς τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον, ἐπὶ τοῦ έστιακοῦ ἐπιπέδου ΖΖ', τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον Ε.



Σχ. 57. Ἑστιακὸν 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.

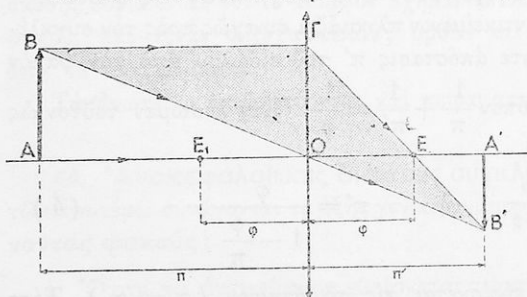
I. Ὄταν μία ἀκτὶς προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας (ἀκτὶς 1).

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

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

IV. Ὄταν μία ἀκτὶς προσπίπτει παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτὶς διέρχεται διὰ τῆς ἀντιστοίχου δευτερεύουσας ἐστίας, ἡ ὁποία εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου (ἀκτὶς 4).

42. Εἶδωλον ἀντικειμένου. — Ἀς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον



Σχ. 59. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καὶ ἄθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 59). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐπίσης καὶ ἄθετον πρὸς τὸν

κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι

ἀκτῖνες ΒΟ καὶ ΒΓ, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακόν, τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον Β', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἰδῶλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἰδῶλα ὅλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας Α'Β', ἡ ὁποία εἶναι κἀθετος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἰδῶλον Α'Β' εἶναι ἀνεστραμμένον καὶ πραγματικόν, δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα ΟΑΒ καὶ ΟΑ'Β' εὐρίσκομεν ὅτι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις εἶναι :

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

ἂν ὀνομάσωμεν Α'Β' = Ε καὶ ΑΒ = Α. Ἀπὸ τὰ ὅμοια τρίγωνα ΟΕΓ καὶ Α'ΕΒ' εὐρίσκομεν :

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

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

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

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

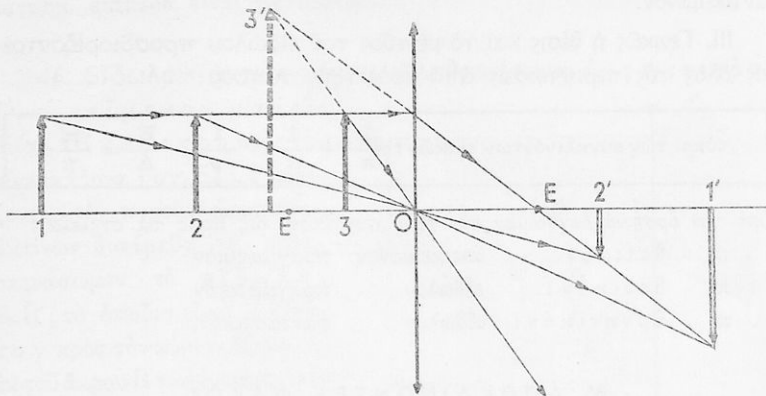
43. Εἰδῶλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ. — Ὡς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸν συγκλίνοντα φακόν. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδῶλου ἀπὸ τὸν φακόν προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$. Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον ὡς πρὸς π', ἔχομεν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

$$\pi' = \frac{\pi\varphi}{\pi - \varphi} \quad \eta \quad \pi' = \frac{\varphi}{1 - \frac{\varphi}{\pi}} \quad (4)$$

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

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

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



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

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

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

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

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

I. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πέραν τῆς ἄλλης κυρίας ἐστίας, εἶναι δὲ πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον.

II. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξύ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς

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

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

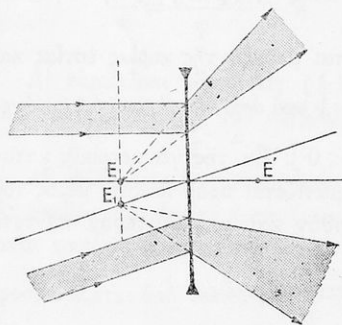
$$\text{τύποι τῶν συγκλινόντων φακῶν : } \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

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

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

B'. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

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



Σχ. 61. Ἡ κυρία ἐστία καὶ αἱ δευτερεύοντα ἐστίαι τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικά.

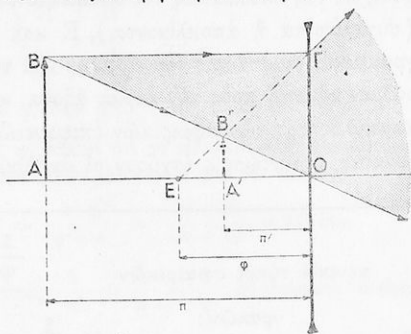
Ὁ ἀποκλίνων φακὸς ἔχει δύο φανταστικὰς κυρίας ἐστίας, αἱ ὁποῖαι εἶναι συμμετρικαὶ ὡς πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ· ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἀρνητικὴ καὶ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

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

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

46. Εἶδωλον ἀντικειμένου.— Ἄς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεΐαν AB καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 62). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὁρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προσερχόμεναι ἀκτίνες BO καὶ BT , μετὰ τὴν ἐξόδον των ἀπὸ τὸν φακὸν, φαίνονται προσερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον B' , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου B . Τὸ εἶδωλον $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, δὲν δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου $A'B'$ συνάγεται ὅτι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου O καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας E . Σκεπτόμενοι ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ εὐκόλως εὐρίσκομεν ὅτι καὶ διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἰσχύουν οἱ γενικοὶ τύποι, οἱ ἰσχύοντες καὶ διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ κυρία ἐστία εἶναι φανταστικὴ (ἐπομένως φάρνητικὴ) καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι ἐπίσης φανταστικόν (ἄρα καὶ φάρνητικόν). Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὰ ἐξῆς συμπεράσματα διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς :



Σχ. 62. Σχηματισμὸς εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ.

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

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

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

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

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

ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι θὰ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικούς τοὺς ὅρους π , π' καὶ φ , ὅταν οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά, τοὺς δὲ ὅρους R καὶ R' ὅταν ἀντιστοιχοῦν εἰς κοίλας ἐπιφανεῖας. Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα φαίνεται πῶς ἐφαρμόζεται ὁ γενικὸς τύπος τῶν φακῶν εἰς τὰς διαφόρους περιπτώσεις.

Γενικὸς τύπος φακῶν: $\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$		
Εἶδος φακοῦ	Εἶδωλον	Μορφή τοῦ γενικοῦ τύπου
Συγκλίνων	πραγματικόν	$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
	φανταστικόν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
Ἀποκλίνων	φανταστικόν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$

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

ἀκτῖνας καμπυλότητος 40 cm καὶ 60 cm. Εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ τὸν φακὸν τοποθετεῖται φωτεινὴ εὐθεῖα μήκους 5 cm. Νὰ εὗρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου.

Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακὸν αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ εἶναι κυρταὶ ἄρα αἱ ἀκτῖνες κυμυλότητος λαμβάνονται θετικά. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν γενικὴν σχέσιν :

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

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

$$\text{καὶ } \varphi = 48 \text{ cm.}$$

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

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

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

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

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

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

2) Ὡς ἐξετάσωμεν τὸ προηγούμενον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ φακὸς εἶναι ἀμφίκυκλος. Εἰς τὸν ἀμφίκυκλον φακὸν αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος θὰ ληφθοῦν ἀρνητικά. Ἐπομένως εἶναι :

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

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

$$\text{καὶ } \varphi = -48 \text{ cm.}$$

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἶναι πραγματικόν, ἔχομεν :

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

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

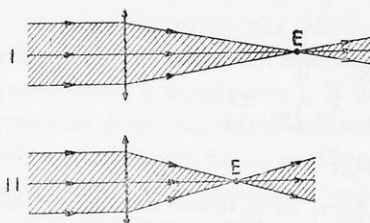
Τὸ δὲ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

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



Γ. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

48. Ἴσχυς φακοῦ.—Ἐπὶ ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα· ἡ δέσμη αὕτη μετατρέπεται ἀπὸ τὸν φακὸν εἰς μίαν δέσμην τόσον περισσότερον συγκλίνουσαν, ὅσον μικρότερα εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ (σχ. 63).



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

Καλεῖται ἰσχύς (ἡ συγκεντρωτικὴ ἰκανότης) ἑνὸς φα-

κοῦ τὸ ἀντίστροφον τῆς ἐστιακῆς του ἀποστάσεως.

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

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

Διοπτρία εἶναι ἡ ἰσχύς φακοῦ ἔχοντος ἐστιακὴν ἀπόστασιν 1 μέτρου.

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

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

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

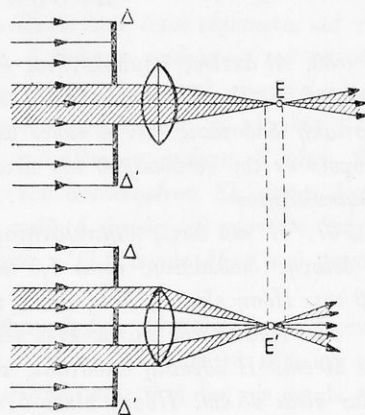
Ἡ ἰσχύς ἑνὸς ὁμοαξονικοῦ συστήματος λεπτῶν φακῶν εὐρίσκωνται εἰς ἐπαφῇ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἰσχύων τῶν φακῶν τοῦ συστήματος:

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

Ἡ σχέσηis αὕτη δίδει τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ τοῦ συστήματος.

50. Σφάλματα τῶν φακῶν.—Ἡ ἐξίσωσις τῶν φακῶν ἰσχύει ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ὁ φακὸς εἶναι λεπτός καὶ ὅτι προσπίπτουν ἐπ' αὐτοῦ κεντρικαὶ ἀκτῖνες μονοχρόου φωτός. Εἰς τὴν πραγματικότητά οἱ ἀνωτέρω ὅροι σπανίως ἀπαντῶνται. Τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι συνήθως λευκὸν φῶς, τὸ ὁποῖον διερχόμενον διὰ μέσου τῶν φακῶν ὑφίσταται ἀνάλυσιν. Οὕτως οἱ φακοὶ παρουσιάζουν διάφορα σφάλματα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται ἐκτροπαί.

α) Σφαιρική ἐκτροπή. Αὕτη ὁφείλεται εἰς τὴν καμπυλότητα τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ. Αἱ ἀκτῖνες αἱ διερχόμεναι διὰ τοῦ κεντρικοῦ καὶ τοῦ περιφερειακοῦ τμήματος τοῦ φακοῦ δὲν συγκεντρώνονται εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον (σχ. 64). Διὰ νὰ περιορίσωμεν τὴν σφαιρικὴν ἐκτροπὴν θέτομεν πρὸ τοῦ φακοῦ διάφραγμα, πέραν κυκλικὸν ὀνομα, διὰ τοῦ ὁποῖου διέρχονται μόνον κεντρικαὶ ἀκτῖνες.



Σχ. 64. Σφαιρική ἐκτροπή φακοῦ.

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

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

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

φακῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλοὺς φακοὺς (3 — 12), τῶν ὁποίων αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος, τὸ εἶδος τῆς ὕαλου καὶ αἱ μεταξὺ των ἀποστάσεις ἔχουν ἐκλεγῆ καταλλήλως. Ἐν διωρθωμένον σύστημα εἶναι **ἀπλανητικόν, ἀχρωματικόν, ἀναστιγματικόν**. Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο τὸ εἶδωλον ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου εἶναι σημεῖον (ἀ π λ α ν η τ ι κ ό ν), ἡ χρωματικὴ ἐκτροπὴ καταργεῖται (ἀ χ ρ ω μ α τ ι κ ό ν) καὶ ἐξαφανίζονται τὰ ἐλαττώματα ἐκ τῆς κλίσεως τῶν ἀκτίνων πρὸς τὸν ἄξονα (ἀ ν α σ τ ι γ μ α τ ι κ ό ν).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

39. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως φ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, διὰ νὰ εἶναι τὸ εἶδωλον 3 φορές μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον;

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

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

42. Φωτεινὴ εὐθεῖα μήκους 2 cm ἀπέχει 1 m ἀπὸ πέτασμα. Μεταξὺ τῆς εὐθείας καὶ τοῦ πετάσματος τοποθετεῖται συγκλίνων φακός,

όποτε λαμβάνομεν εὐκρινές εἰδῶλον διὰ δύο θέσεις τοῦ φακοῦ, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξύ των 40 cm. Νὰ εὗρεθῇ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ καὶ αἱ διαστάσεις τῶν δύο εἰδώλων.

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

44. Συμμετρικὸς ἀμφίκυκτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως $n=1,5$ καὶ ἐπιπλέει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑδραργύρου. Εἰς ὕψος 25 cm ὑπερῶν τοῦ φακοῦ τοποθετεῖται φωτεινὸν σημεῖον. Παρατηρεῖται τότε ὅτι τὸ εἶδῶλον τοῦ σημείου σχηματίζεται ἐκεῖ, ὅπου εὗρίζεται καὶ τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

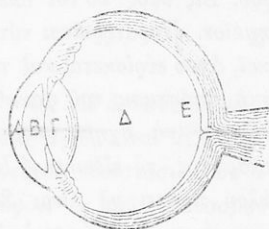
45. Μὲ ἓνα φακὸν ἰσχύος 5 διοπτριῶν θέλομεν νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ ἐνὸς τοίχου, ὁ ὁποῖος παίζει ρόλον πετάσματος, τὸ εἶδῶλον $A'B'$ ἐνὸς ἀντικειμένου AB . Τὸ μήκος τοῦ εἰδώλου πρέπει νὰ εἶναι 20 φορὰς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μήκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοῖχον πρέπει νὰ τεθῇ ὁ φακὸς καὶ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

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

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

7. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

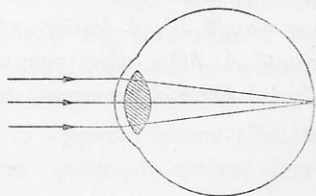
51. Κατασκευή τοῦ ὀφθαλμοῦ.—Ἀπὸ ὀπτικῆς ἀπόψεως ὁ ὀφθαλμὸς ἀποτελεῖται ἐκ σειρᾶς διαφανῶν μέσων, τὰ ὁποῖα χωρίζονται μετὰ ζῦ των μὲ ἀισθητῶς σφαιρικὰς ἐπιφανείας· τὰ κέντρα τῶν ἐπιφανειῶν τούτων εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ ἄξονος. Ὅταν προχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ πρὸς τὸ ἐσωτερικόν, συναντῶμεν διαδοχικῶς τὰ ἑξῆς (σχ. 65) :



Σχ. 65. Τομή τοῦ ὀφθαλμοῦ.

α) Τὸν διαφανῆ κερατοειδῆ χιτῶνα Α. β) Τὸ ὑδατῶδες ὑγρὸν Β. γ) Ἐνδιάφραγμα ἔχον διάφορον χρῶμα εἰς τὰ διάφορα ἅτομα, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἴρις καὶ φέρει εἰς τὸ μέσον κυκλικὸν ἄνοιγμα (κόρη)· ἡ διάμετρος τῆς κόρης μεταβάλλεται ἀπὸ 2 ἕως 8 mm περίπου. δ) Ἐνα ἀμφικυρτον ἐλαστικὸν φακὸν Γ, ὁ ὁποῖος καλεῖται κρυσταλλώδης φακός, ε) Τὸ ὑαλώδες ὑγρὸν Δ. Τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ ὀφθαλμοῦ καλύπτεται ἀπὸ μίαν μεμβράνην Ε, ἡ ὁποία καλεῖται ἀμφιβληστροειδῆς χιτῶν καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς διακλαδώσεις τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου. Διὰ νὰ εἶναι εὐκρινῶς ὁρατὸν ἐν ἀντικείμενον, πρέπει τὸ εἶδωλόν του νὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Κατὰ προσέγγισιν ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ μὲ συγκλίνοντα φακόν, τοῦ ὁποῖου τὸ ὀπτικὸν κέντρον εὐρίσκεται 15 mm ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

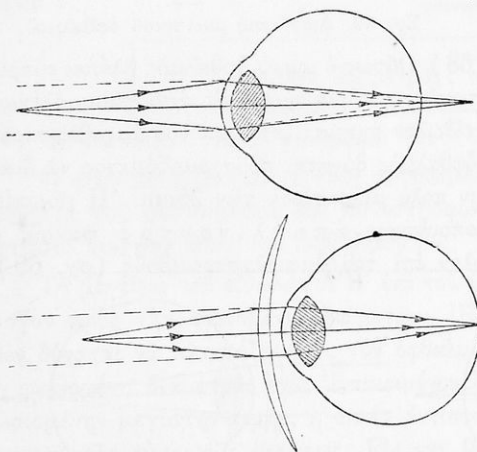
52. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Προσαρμογὴ.—Ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρῇ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίνῃ αὐτὸ εὐκρινῶς, τότε τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ συνεχῶς πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, τότε τὸ εἶδωλον θὰ ἔπρεπε νὰ σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς καὶ νὰ ἀπομακρύνεται συνεχῶς ἀπὸ αὐτόν. Διὰ νὰ σχηματίζεται ὅμως πάντοτε τὸ εἶδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, πρέπει νὰ τροποποιη-



Σχ. 66. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς.

ται ἐκάστοτε ὁ μηχανισμὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταβολῆς τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ· ἐφ' ὅσον ἐλαττώνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν, ὁ κρυσταλλώδης φακὸς γίνεται συγκεντρωτικώτερος. Ἡ ἱκανότης αὕτη τοῦ ὀφθαλμοῦ καλεῖται **προσαρμογή**. Ὁ **κανονικὸς ὀφθαλμός**, δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς, χωρὶς προσαρμογὴν, τὰ εἰς ἅπειρον εὐρισκόμενα ἀντικείμενα καὶ προσαρμοζόμενος δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα μέχρις ἀποστάσεως 25 cm. Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὅποιαν πρέπει νὰ εὑρεθῇ ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἐν ἀντικείμενον, διὰ νὰ διακρίνεται εὐκρινῶς, καλεῖται **ἐλάχιστη ἀπόστασις εὐκρινουῶς ὁράσεως**· αὕτη διὰ τὸν κανονικὸν ὀφθαλμόν εἶναι περίπου 25 cm.

53. **Πρεσβυωπία**.—Ἡ ἰσχὺς τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ, ὅταν οὗτος ἡρεμῇ, εἶναι 19 διοπτρίαι· διὰ τῆς προσαρμογῆς ἡ ἰσχὺς του αὐξάνεται εἰς 33 διοπτρίας. Αὕτη ὅμως ἡ ἱκανότης τοῦ ὀφθαλμοῦ, νὰ μεταβάλλῃ τὴν ἰσχὺν τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ κατὰ 14 διοπτρίας, ἐλαττώνεται μετὰ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν, διότι ἡ ἐλαστικότητα τοῦ φακοῦ συνεχῶς ἐλαττώνεται. Οὕτως εἰς ἡλικίαν 20 ἐτῶν ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ δύναται νὰ μεταβάλλεται κατὰ 10 διοπτρίας, εἰς ἡλικίαν 40 ἐτῶν κατὰ 4,5 διοπτρίας καὶ εἰς ἡλικίαν 60 ἐτῶν μόνον κατὰ 1 διοπτρίαν.

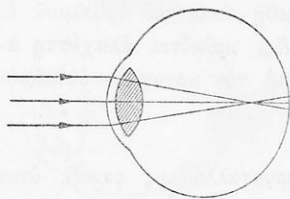


Σχ. 67. Πρεσβυωπικὸς ὀφθαλμὸς καὶ διόρθωσις αὐτοῦ.

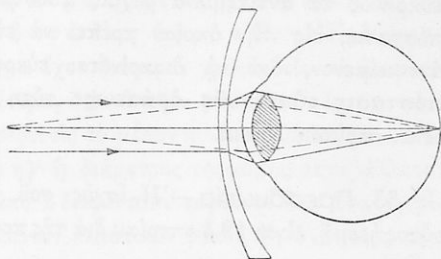
Αὕτη ἡ ἐλάττωσις τῆς ἱκανότητος προσαρμογῆς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ ἀυξάνεται μετὰ τὴν πάροδον τῶν ἐτῶν ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις εὐκρινουῶς ὁράσεως (**πρεσβυωπία**). Ὁ πρεσβύωψ βλέπει εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἀλλὰ δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ τὰ πλησίον ἀντικείμενα, διότι τότε τὸ εἶδωλον σχημα-

τίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Διὰ τὴν ἀναπληρωθῇ ἡ ἔλλειψις ἱκανότητος προσαρμογῆς ὁ πρεσβύωψ ὀφθαλμὸς χρησιμοποιεῖ συγκαλίνοντα φακὸν διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν πλησίον εὐρισκομένων ἀντικειμένων (σχ. 67).

54. Μύωψ καὶ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμός.—Εἰς τὸν μύωπα ὀφθαλμὸν ὁ ἄξων τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι μακρότερος τοῦ δέοντος, ἐπομένως τὸ εἶδωλον ἑνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ἔμπροσθεν

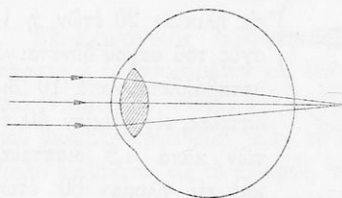


Σχ. 68. Μυωπικὸς ὀφθαλμός.

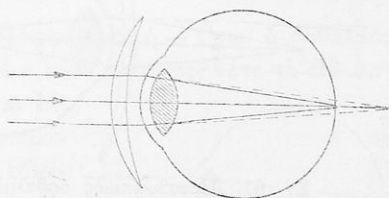


Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 68). Οὕτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς χωρὶς προσαρμογὴν ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν ὀλίγων μέτρων, διότι τότε μόνον τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀντιθέτως ὁ μύωψ ὀφθαλμὸς δύναται προσαρμοζόμενος νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς εἰς ἀπόστασιν πολὺ μικροτέραν τῶν 25cm. Ἡ μυωπία διορθώνεται διὰ τῆς χρησιμοποίησεως ἀποκαλίνοντος φακοῦ, ὁ ὁποῖος μετατοπίζει τὸ εἶδωλον ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 69).



Σχ. 70. Ὑπερμετρωπικὸς ὀφθαλμός.

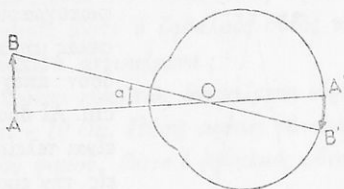


Σχ. 71. Διόρθωσις ὑπερμετρωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

Εἰς τὸν ὑπερμέτρωπα ὀφθαλμὸν ὁ ἄξων τοῦ ὀφθαλμοῦ εἶναι βραχύτες καὶ ἐπομένως τὸ εἶδωλον ἑνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 70). Οὕτως ὁ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμὸς δὲν διακρίνει τίποτε χωρὶς προσαρμογὴν. Εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦτον ἡ ἐλα-

χίστη απόστασις εύκρινους όράσεως είναι πολύ μεγαλύτερα από 25cm. 'Η ύπερμετρωπία διορθώνεται διά τής χρησιμοποίησεως συ γ κ λ ί ο ν - τ ο ς φακοϋ, ό όποιος μετατοπίζει τό είδωλον επί τοϋ άμφιβληστροειδοϋς (σχ. 71).

55. Φαινομένη διάμετρος τοϋ άντικειμένου.— Καλεΐται φαινομένη διάμετρος ένός άντικειμένου AB (σχ. 72) ή γωνία AOB = α ή σχηματιζομένη από τās άκτίνες OA και OB, αί όποίαι άγονται από τό κέντρο O τοϋ όφθαλμοϋ εις τά άκρα A και B τοϋ άντικειμένου. "Οταν τό άντικείμενον εύρίσκεται πολύ μακράν, τότε ή γωνία α είναι πολύ μικρά και μετρημένη εις άκτίνια είναι :



Σχ. 72. 'Η γωνία AOB καλεΐται φαινομένη διάμετρος τοϋ άντικειμένου.

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

'Η άνωτέρω σχέση φανερώνει ότι :

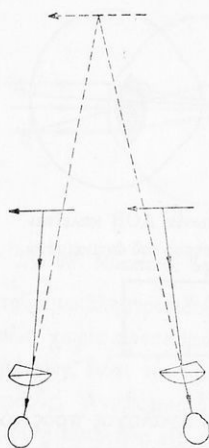
'Η φαινομένη διάμετρος ένός άντικειμένου είναι άνάλογος πρὸς τό μέγεθος τοϋ άντικειμένου και άντιστρόφως άνάλογος πρὸς τήν απόστασιν τούτου από τόν όφθαλμόν.

Τό μέγεθος τοϋ ειδώλου A'B' επί τοϋ άμφιβληστροειδοϋς είναι άνάλογον πρὸς τήν φαινομένην διάμετρον. 'Επειδή όμως τό άντικείμενον δέν δύναται νά πλησιάσῃ πρὸς τόν όφθαλμόν άπεριορίστως, έπεται ότι ή φαινομένη διάμετρος ένός άντικειμένου δέν δύναται νά υπερβῇ μίαν ώρισμένην μεγίστην τιμήν, ή όποία άντιστοιχεί εις τήν έλάχιστην απόστασιν τής εύκρινους όράσεως. Εις τήν θέσιν αϋτήν τοϋ άντικειμένου τό μέγεθος τοϋ ειδώλου έχει τήν μεγίστην δυνατήν τιμήν.

56. Διόφθαλμος όρασις. Στερεοσκοπία.—"Οταν παρατηροϋμεν έν άντικείμενον μέ τούς δύο όφθαλμούς, τότε επί τοϋ άμφιβληστροειδοϋς έκάστου όφθαλμοϋ σχηματίζεται ιδιαίτερον είδωλον. 'Εν τούτοις βλέπομεν έν μόνον άντικείμενον. "Οταν τό αϋτό άντικείμενον τό παρατηροϋμεν άλλοτε μέν μέ τόν ένα όφθαλμόν, άλλοτε δε μέ τόν άλλον όφθαλμόν, τότε τό θέαμα, τό όποϊον παρουσιάζει τό άντικείμενον τούτο, είναι όλίγον δια-

φορετικόν, ὅταν παρατηρῇται μὲ μόνον τὸν δεξιὸν ἢ τὸν ἀριστερὸν ὀφθαλμόν. Αἱ μικραὶ αὐταὶ διαφοραὶ συντελοῦν εἰς τὸ νὰ μᾶς δίδουν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, δηλαδή νὰ ἀντιλαμβανώμεθα ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἡμᾶς χῶρον ὅχι ὡς ἐπιφάνεια, ἀλλὰ ὡς στερεὸν ἔχον διαστάσεις.

Τὸ στερεοσκοπικὸν ἀναπαράγει σχεδὸν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, τὴν ὁποῖαν μᾶς δίδει ἡ διόφθαλμος ὥρασις. Λαμβάνομεν δύο φωτογραφίας τοῦ ἀντικειμένου μὲ δύο φωτογραφικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξύ των, ὅσον ἀπέχουν οἱ δύο ὀφθαλμοί, ἤτοι 6 ἕως 7 cm. Αἱ δύο αὐταὶ εἰκόνες τοῦ ἀντικειμένου δὲν εἶναι τελείως ὅμοιαι ἢ μία ἐξ αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποῖαν μᾶς δίδει ὁ δεξιὸς ὀφθαλμός, ἢ δὲ ἄλλη εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποῖαν μᾶς δίδει ὁ ἀριστερὸς ὀφθαλμός. Θέτομεν τὰς δύο αὐτάς εἰκόνες ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεοσκοπίου (σχ. 73) καὶ παρατηροῦμεν συγχρόνως τὰς δύο εἰκόνας οὕτως, ὥστε ἕκαστος ὀφθαλμὸς νὰ βλέπῃ μόνον τὴν εἰκόνα, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς αὐτόν. Τὰ δύο εἰδῶλα συμπίπτουν εἰς ἓν μόνον εἶδωλον, τὸ ὁποῖον μᾶς δίδει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἀναγλύφου. Τὸ σύστημα παρατηρήσεως ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα φακοῦ καὶ πρίσματος.



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου.

57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως. — Ἡ γένεσις καὶ ἡ ἐξαφάνισις μιᾶς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως ἀπαιτεῖ τὴν πάροδον ὠρισμένου χρόνου, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἔντασιν καὶ τὰ χρώματα τοῦ φωτός. Ἐκάστη λοιπὸν ὀπτικὴ ἐντύπωσις διαρκεῖ περίπου ἐπὶ $1/10$ τοῦ δευτερολέπτου. Διὰ τοῦτο ἐν τὰς ἑως κινουμένων φωτεινῶν σημείων δὲν διακρίνεται ὡς κινούμενον σημεῖον, ἀλλὰ ὡς μία φωτεινὴ γραμμὴ. Ἡ κινηματογραφία βασίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. Ἐπὶ τῆς θόνης προβάλλονται διαδοχικῶς φωτογραφίαι ἐνὸς κινουμένου ἀντικειμένου ληφθεῖσαι κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα μὲ $1/24$ τοῦ δευτερολέπτου. Αἱ φωτογραφίαι αὐταὶ προβάλλονται ἔπειτα μὲ τὸν ἴδιον ρυθμόν, ἤτοι 24 κατὰ δευτερόλεπτον. Ὁ παρατηρητὴς βλέπει προβαλλομένης τὰς

διαδοχικάς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, ἔνεκα ὅμως τῆς διαρκείας τῶν ὀπτικῶν ἐντυπώσεων, δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν συνεχῇ ἀλλαγὴν τῶν προβαλλομένων εἰκόνων καὶ νομίζει ὅτι βλέπει κινούμενον τὸ ἀντικείμενον.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

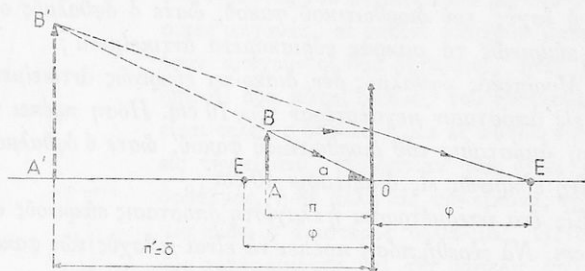
52. Γέρον, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 1,20 m θέλει νὰ διαβάξῃ βιβλίον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν του. Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ, τὸν ὁποῖον θὰ χρησιμοποιήσῃ ;

8. ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ

58. Ὀπτικά ὄργανα.—Εἶδομεν (§ 55) ὅτι, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ φαινομένη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου, τόσον μεγαλύτερον εἶναι καὶ τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἀπὸ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐξαρτᾶται καὶ τὸ πλῆθος τῶν λεπτομερειῶν, τὰς ὁποίας διακρίνομεν. Ἡ μεγίστη δυνατὴ φαινομένη διάμετρος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξησιν τῆς φαινομένης διαμέτρου, χρησιμοποιοῦμεν διάφορα ὀπτικά ὄργανα.

Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

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



Σχ. 74. Ὁ συγκλίνων φακὸς ἀποτελεῖ ἀπλοῦν μικροσκόπιον.

κόν. Τὸ εἶδωλον $A'B'$ εἶναι εὐκρινές, ὅταν ἡ ἀπόστασίς του ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς δράσεως. Τὸ εἶδωλον $A'B'$ φαίνεται ὑπὸ γωνίαν α . Ἄρα ἡ μονὰς μήκους τοῦ ἀντικειμένου AB φαίνεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ ὑπὸ γωνίαν $\frac{\alpha}{AB}$.

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

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

(1)

Ἡ φαινομένη διάμετρος α τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς ἀκτίνια καὶ τὸ μήκος τοῦ ἀντικειμένου AB μετρεῖται εἰς μέτρα, ἐπομένως ἡ ἰσχὺς μετρεῖται εἰς διοπτρίας.

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

ισχύς άπλου μικροσκοπίου: $P = \frac{1}{\varphi}$

(2)

60. Μεγέθυνσις του άπλου μικροσκοπίου.—Δι' όλα τὰ όπτικά όργανα ισχύει ο άκόλουθος όρισμός:

Μεγέθυνσις ενός όπτικού όργάνου καλεΐται ο λόγος τής γωνίας α , υπό την όποίαν βλέπομεν διά μέσου του όργάνου τὸ εἶδωλον $A'B'$, πρὸς τήν γωνίαν β , υπό τήν όποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον AB διά γυμνοῦ όφθαλμοῦ, όταν τοῦτο εὔρισκεται εἰς τήν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς όράσεως.

Ἡ οὕτως όριζομένη μεγέθυνσις εἶναι ἡ γωνιακή μεγέθυνσις, ἐνῶ ο λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις

$$\left(\gamma = \frac{A'B'}{AB} \right).$$

Ἡ γωνία α ἔχει τήν μεγαλυτέραν τιμήν, όταν τὸ εἶδωλον $A'B'$ σχηματίζεται εἰς τήν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς όράσεως (σχ. 75). Ἀπὸ τήν σχέσηιν

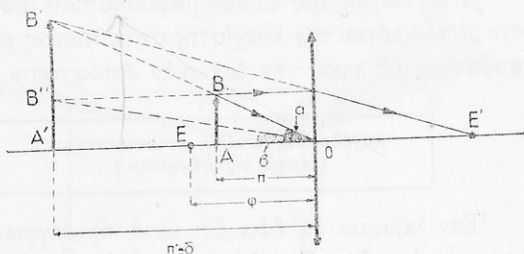
$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\varphi}$ εὐρίσκομεν:

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

Αἱ γωνίαι α καὶ β εἶναι πολὺ μικραί. Ἐπομένως ἀπὸ τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα OAB καὶ $OA'B''$ εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι:

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

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



Σχ. 75. Διὰ τὸν όρισμὸν τής μεγέθυνσεως τοῦ άπλου μικροσκοπίου.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Παράδειγμα. Παρατηρητὴς ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 25 cm παρατηρεῖ διὰ μέσου συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 2 cm, μικρὸν ἀντικείμενον μήκους 2 mm.

Ἡ ἰσχὺς τοῦ χρησιμοποιουμένου ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

Ἡ ἐπιτυγχανομένη μεγέθυνσις εἶναι :

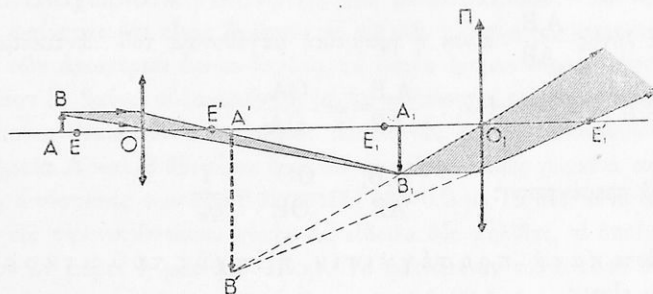
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25}{2} = 12,5$$

Ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

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

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

Ὁ ἀντικειμενικός φακὸς ἔχει πολὺ μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, ἀλίγον δὲ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας του τοποθετεῖται τὸ πολὺ μικρὸν ἀντικείμενον AB (σχ. 76). Οὕτως ὁ ἀντικειμενικός φακὸς δίδει τὸ πραγμα-



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

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

α) Ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου. Ὅπως εἶδομεν ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου καλεῖται ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν διὰ μέσου τοῦ μικροσκοπίου τὴν μονάδα μήκους τοῦ ἀντικειμένου. Ἐὰν λοιπὸν α εἶναι ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ τελικοῦ εἰδώλου $A'B'$, τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὅρισμόν

ή ισχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι : $P = \frac{\alpha}{AB}$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσης γράφεται ὡς ἑξῆς :

$$P = \frac{\alpha}{A_1 B_1} \cdot \frac{A_1 B_1}{AB} \quad (1)$$

Ἀλλὰ $\frac{\alpha}{A_1 B_1}$ εἶναι ἡ ισχύς P_π τοῦ προσοφθαλμίου, ἡ ὁποία ὡς γνωστόν (§ 59) εἶναι :

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

Ὁ δὲ λόγος $\frac{A_1 B_1}{AB}$ εἶναι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις τοῦ ἀντικειμενικοῦ

(§ 42), ἡ ὁποία εἶναι : $\frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{OA_1}{OA}$

ἡ κατὰ προσέγγισιν : $\frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{OO_1}{OE} = \frac{l}{\varphi_\alpha}$

Ὡστε κατὰ προσέγγισιν ἡ ισχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

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

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

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

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

Κατὰ συνθήκην ἡ ἐμπορικὴ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκο-

πίου ὀρίζεται με βάσιν τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ κανονικοῦ ὀφθαλμοῦ ($\delta = 25 \text{ cm}$).

Παράδειγμα. Εἰς ἓν μικροσκόπιον εἶναι :

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

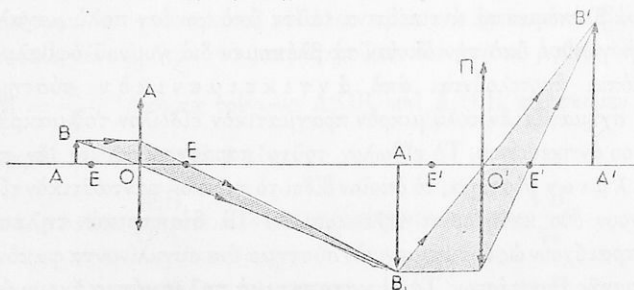
Ἡ ἰσχὺς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

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

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

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



Σχ. 77. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδώλου ὑπὸ τοῦ μικροσκοπίου.

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

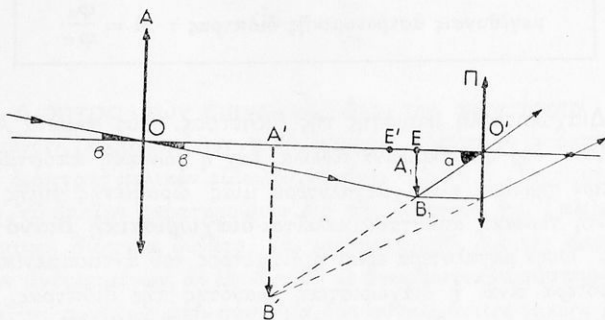
ρίας ἐστίας Ε' τοῦ προσοφθαλμίου (σχ. 77). Τότε ὁ προσοφθαλμὸς δίδει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον Α'Β', τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ληφθῇ ἐπὶ διαφράγματος ἢ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλாகῆς. Ἡ φωτογράφησις τῶν εἰδῶλων μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων καλεῖται **μικροφωτογραφία**. πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου φωτογραφικὴ μηχανή. Ἀντὶ φωτογραφικῆς μηχανῆς δύναται νὰ στερεωθῇ ἡ συσκευὴ λήψεως κινηματογραφικῶν εἰκόνων ἢ **κινηματομικροφωτογραφία** παρέχει σήμερον πολὺτιμον βοήθειαν εἰς τὰς διαφόρους ἐρεῦνας καὶ τὴν διδασκαλίαν.

64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ.—Τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 , τὸ ὁποῖον σχηματίζει ὁ ἀντικειμενικὸς φακός, πρέπει νὰ εἶναι πολὺ φωτεινὸν καὶ χωρὶς σφάλματα. Διότι, ἂν τὸ εἶδωλον τοῦτο ἔχῃ σφάλματα, ταῦτα θὰ γίνουν μεγαλύτερα διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Γενικῶς ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι ἐν σύστημα φακῶν, διὰ τοῦ ὁποίου ἐπιδιώκεται αὐξησις τῆς ἰσχύος τοῦ μικροσκοπίου καὶ διόρθωσις τῶν διαφόρων σφαλμάτων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν οἱ φακοί. Ἀλλὰ καὶ ὁ προσοφθαλμὸς φακὸς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι πάντοτε σύστημα φακῶν.

Β'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

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

66. Ἀστρονομικὴ διόπτρα.—Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα ἀποτελεῖται : α) Ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικὸν φακόν, ὁ ὁποῖος ἔχει πολὺ μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_α) καὶ δίδει τὸ πραγματικόν, μικρὸν καὶ ἀνεστραμμένον εἶδωλον A_1B_1 (σχ. 78). β) Ἀπὸ τὸν προσ-



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

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

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

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

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

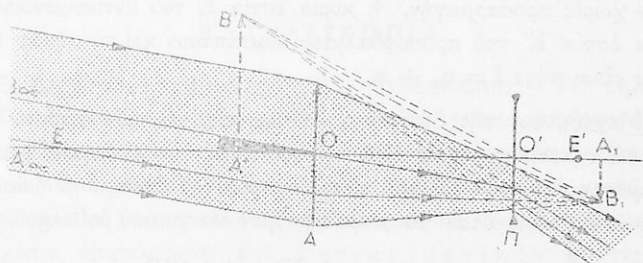
Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

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

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

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

67. Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—Εἰς τὴν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου ὁ ἀντικειμενικὸς εἶναι συ γ κ λ ῖ ν ω ν φακός, ὁ ὅποιος δίδει τὸ πραγματι-



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

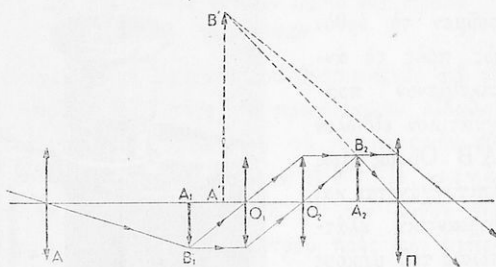
κὸν εἶδωλον Α,Β₁ (σχ. 79)· τοῦτο σχηματίζεται πολὺ πλησίον τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Ὁ προσοφθαλμῖος εἶναι ἀ π ο κ λ ῖ ν ω ν φακός, ὁ ὅποιος παρεμβάλλεται μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τῆς ἐστίας του Ε. Οὕτω τὸ εἶδωλον Α,Β, ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸν προσοφθαλμῖον φακόν. Ἐὰν ἡ κυρία ἐστία Ε' τοῦ προσοφθαλμίου εὐρίσκεται πρὸ τῆς ἐστίας τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τότε ὁ

προσοφθάλμιος δίδει τὸ φανταστικὸν εἶδωλον Α'Β', τὸ ὁποῖον εἶναι ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ Α₁Β₁.

Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου εἶναι :

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

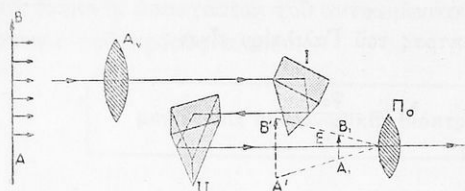
68. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.—Διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, εὐρισκομένων πολὺ μακράν, πρέπει τὸ παρατηρούμενον διὰ τῆς διόπτρας τελικὸν εἶδωλον νὰ εἶναι ὀρθόν. Τοιοῦτον εἶναι τὸ εἶδωλον, τὸ ὁποῖον παρατηροῦμεν διὰ τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου. Ἡ ἀστρονομικὴ διόπτρα δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν παρατήρησιν ἐπιγείων ἀντικειμένων, ἀν ἐφοδιασθῇ με ἀνορθωτικὸν σύστημα. Τοῦτο ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ ὁποῖοι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ. Τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ οὕτως, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον Α₁Β₁, τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός, νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ Ο₁ (σχ. 80).



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

Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος εἶναι ἴση μετὰ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν αὐτῶν. Διὰ τοῦτο τὸ σύστημα σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ δευτέρου φακοῦ Ο₂ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον Α₂Β₂, τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον μετὰ τὸ Α₁Β₁, ἀλλ' ἀνέστραμμένον ὡς πρὸς αὐτό, καὶ συνεπῶς ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρατηροῦμεν τότε τὸ φανταστικὸν εἶδωλον Α'Β' τοῦ ὀρθοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου Α₂Β₂. Ἡ προσθήκη τοῦ ἀνορθωτικοῦ συστήματος προκαλεῖ αὔξησιν τοῦ μήκους τῆς διόπτρας κατὰ 3φ.

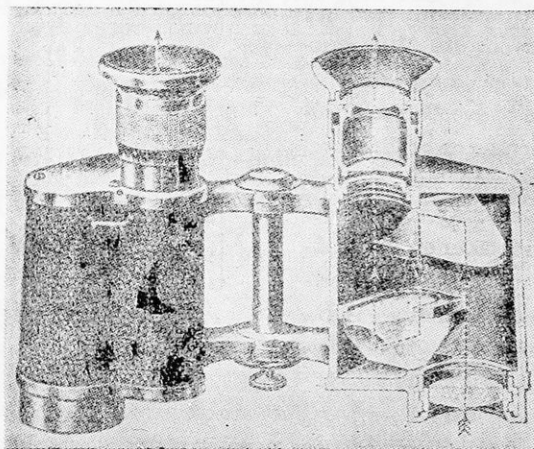
69. Πρισματική διόπτρα.—Εἰς τὴν πρισματικὴν διόπτραν μεταξὺ τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρεμβάλλονται δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως I καὶ II (σχ. 81),



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

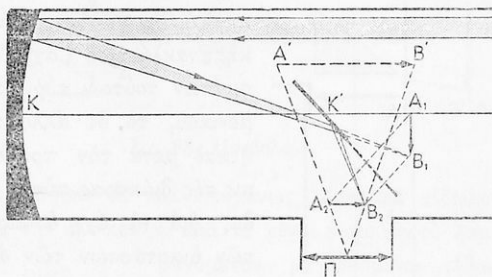
τῶν ὁποίων αἱ ἀκμαὶ εἶναι κάθετοι μεταξύ των. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, ἡ ὁποία ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν, σφίσσεται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις ἐντὸς ἐκάστου

πρίσματος· αἱ ἀνακλάσεις αὗται προκαλοῦν τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρατηροῦμεν τὸ ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$. Οὕτως ὅμως ἐπιτυγχάνεται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι ἡ ἀκτίς διατρέχει τρεῖς φορές τὸ μεταξὺ τῶν δύο πρισμάτων διάστημα. Δύο τοιοῦτοι διοπτρικοὶ σωληνῆς ἐνούμενοι καταλλήλως χρησιμοποιοῦνται διὰ διόφθαλμον ὄρασιν (σχ. 82). Αἱ διόφθαλμοι πρισματικαὶ διόπτραι παρέχουν στερεοσκοπικὴν ἄποψιν τοῦ εἰδώλου· διότι ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἀντικειμενικῶν εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο προσοφθαλμίων καὶ συνεπῶς ἕκαστος ὀφθαλμὸς παρατηρεῖ ἄλλην ἄποψιν τοῦ ἀντικειμένου.



Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας.

70. Κατοπτρικόν τηλεσκόπιον. Τὸ κατοπτρικόν τηλεσκόπιον φέρει ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἓνα κοῖλον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 83). Τὸ κάτοπτρον Κ δίδει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 ἐνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ εἶδωλον A_1B_1 σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ἀνέστραμμένον. Πρὸ τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ κοίλου κατόπτρου τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον Κ' (ἢ πρῖσμα ὀκτικῆς ἀνακλάσεως), τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μετὰ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_1B_1 ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον δίδει τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 . Παρατηροῦντες διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον A_2B_2 βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἶδωλον Α'Β'. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἴση μετὰ τὸν λόγον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως (φ_α) τοῦ κοίλου κατόπτρου πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν (φ_π) τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ, ἥτοι $M = \frac{\varphi_\alpha}{\varphi_\pi}$.

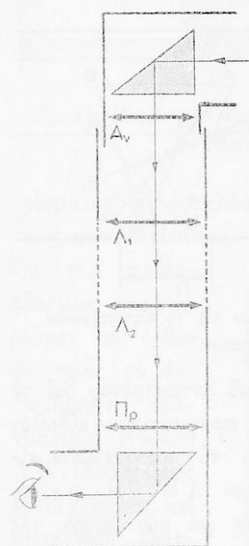


Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικόν τηλεσκόπιον.

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

Γ'. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

71. Περισκόπιον.—Τὸ **περισκόπιον** χρησιμοποιεῖται κυρίως ὑπὸ τῶν υποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εὐρίσκωνται ἐν καταδύσει, διὰ τὴν ἐξερεύνησιν τοῦ ὁρίζοντος. Τὸ περισκόπιον εἶναι μία διόπτρα τῶν ἐπιγείων,



Σχ. 84. Σχηματική παράσταση τοῦ περισκοπίου.

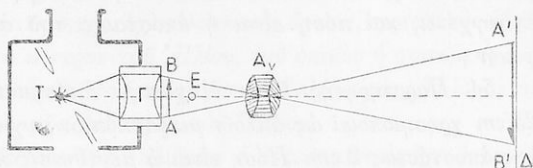
τῆς ὁποίας ὁ ἄξων κάμπτεται εἰς τὰ δύο ἅκρα κατ' ὀρθὴν γωνίαν χάρις εἰς δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως (σχ. 84)· τὸ ἐν ἐκ τῶν πρίσμάτων τούτων εὐρίσκεται πρὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τὸ δὲ ἄλλο πρίσμα εὐρίσκεται πρὸ ἢ καὶ μετὰ τὸν προσοφθάλμιον. Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας αὐτῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα, διὰ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

Τὸ ἀνώτερον τμήμα τοῦ περισκοπίου εἶναι στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἄξονα διὰ τὴν κατόπτεισιν τοῦ ὁρίζοντος.

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

73. Προβολεὺς.—Ὁ **προβολεὺς** χρησιμεύει διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ διαφράγματος **πραγματικοῦ** καὶ **μεγεθοσμένου** εἰ-

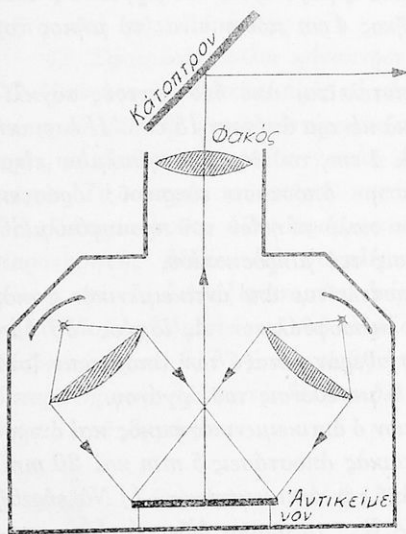
δώλου, τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι ὁρατὸν ἀπὸ πολλοὺς συγχρόνως παρατηρητάς. Ἐκάστη συσκευή προβολῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ συγκλίνον σύστημα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ μὲ ἓνα φακὸν (ἀντικειμενικός). Ἐν μικρὸν διαφανὲς ἀντικείμενον AB τοποθετεῖται ὀλίγον πέραν τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ ἀντικειμενικοῦ (σχ. 85)· ὁ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



Σχ. 85. Προβολεύς.

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

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



Σχ. 86. Σχηματικὴ παράστασις ἐπισκοπίου.

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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

53. Παρατηρητής, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 12 cm, χρησιμοποιεῖ ὡς ἀπλοῦν μικροσκοπίον συγκλίνοντα φακὸν ἑστιακῆς ἀποστάσεως 4 cm. Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις, τὴν ὁποίαν ἐπιτυγχάνει, καὶ πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν φακόν;

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

55. Συγκλίνων φακὸς ἰσχύος 12 διοπτριῶν χρησιμοποιεῖται ὡς ἀπλοῦν μικροσκοπίον ἀπὸ παρατηρητὴν ἔχοντα ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 20 cm. Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὁργάνου; Ἐὰν τὸ παρατηρούμενον εἶδωλον ἔχη μῆκος 4 cm πόσον εἶναι τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου;

56. Σύνθετον μικροσκοπίον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο λεπτὸς συγκλίνοντας φακοὺς, τῶν ὁποίων τὰ ὀπτικὰ κέντρα ἀπέχουν 15 cm. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ εἶναι 1 cm, τοῦ δὲ προσοφθαλμοῦ εἶναι 3 cm. Παρατηρητής ἔχων ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 25 cm τοποθετεῖ τὸν ὀφθαλμόν του πολὺ πλησίον τοῦ προσοφθαλμοῦ. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

57. Σύνθετον μικροσκοπίον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀντικειμενικὸν φακὸν A_1 ἰσχύος 200 διοπτριῶν καὶ ἀπὸ προσοφθάλμιον A_2 ἰσχύος 50 διοπτριῶν, οἱ ὁποιοὶ εὐρίσκονται εἰς σταθερὰν μεταξὺ των ἀπόστασιν ἴσην μὲ 15 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὁργάνου.

58. Εἰς ἓν σύνθετον μικροσκοπίον ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοίχως ἑστιακὰς ἀποστάσεις 5 mm καὶ 20 mm. Ἀντικείμενον AB ἀπέχει 5,2 mm ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικόν. 1) Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου A_1B_1 , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου A_1B_1 καὶ τοῦ ἀντικειμένου AB . 2) Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἀντικειμενικὸν πρέπει νὰ εὐρεθῇ ὁ προσοφθάλμιος, ὥστε τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον δίδει ὁ προσοφθάλμιος, νὰ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τὸν φακὸν τοῦτον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται καὶ ὁ ὀφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ; Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου;

59. Εἰς μίαν ἀστρονομικὴν διόπτραν ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν ἀντιστοίχως ἐστιακὰς ἀποστάσεις $\varphi_{\alpha} = 2 \text{ m}$ καὶ $\varphi_{\pi} = 2 \text{ cm}$. Πόση εἶναι ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας ;

60. Ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος μιᾶς διόπτρας εἶναι συγκλίνοντες φακοί, οἱ ὅποιοι ἔχουν ἀντιστοίχως ἐστιακὰς ἀποστάσεις $\varphi_{\alpha} = 1 \text{ m}$ καὶ $\varphi_{\pi} = 10 \text{ cm}$. Παρατηρητῆς, ἔχων κανονικὴν ὄρασιν, στρέφει τὸν ἄξονα τῆς διόπτρας πρὸς τὸ κέντρον τοῦ Ἡλίου, τοῦ ὁποίου ἡ φαινομένη διάμετρος εἶναι $32'$. Νὰ εὗρεθῇ ὑπὸ ποίαν γωνίαν (εἰς μοίρας) θὰ ἴδῃ ὁ παρατηρητῆς διὰ μέσου τῆς διόπτρας τὸν Ἡλίον.

61. Εἰς μίαν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου ὁ ἀντικειμενικὸς ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν $\varphi_{\alpha} = 50 \text{ cm}$, ὁ δὲ προσοφθάλμιος ἔχει $\varphi_{\pi} = 10 \text{ cm}$ (κατ' ἀπόλυτον τιμὴν). Ὁ ὀφθαλμὸς αὐτὸς παρατηρεῖ διὰ τῆς διόπτρας ἀντικείμενον ὕψους 20 m , εὗρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν ἑνὸς χιλιομέτρου. Πόση εἶναι ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου, ὅταν τοῦτο παρατηρηθῇ διὰ τῆς διόπτρας ;

62. Σφαιρικὸν κοίλον κάτοπτρον ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν $\Phi = 1 \text{ m}$. Ὁ ἄξων του διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τοῦ Ἡλίου, μεταξὺ δὲ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν 45° μὲ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ μικροῦ κατόπτρου ἀπέχει 5 cm ἀπὸ τὴν ἐστίαν. Τὸ σύστημα τοῦτο δίδει πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ Ἡλίου, τὸ ὁποῖον παρατηρητῆς βλέπει διὰ συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως $\varphi = 2 \text{ cm}$. 1) Ἄν ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ Ἡλίου εἶναι $0,009 \text{ rad}$, νὰ εὗρεθῶν αἱ διαστάσεις τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ σύστημα τῶν δύο κατόπτρων. 2) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ φαινομένη διάμετρος, ὑπὸ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητῆς βλέπει τὸν Ἡλίον διὰ τοῦ ὀργάνου. 3) Ποία εἶναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὀργάνου ;

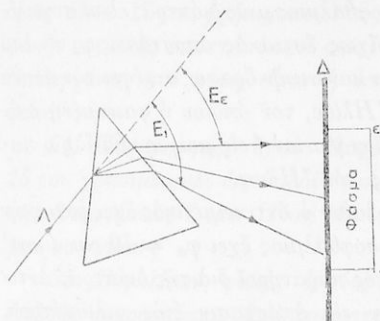


9. ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος. Ἐπὶ ἑνὸς πρίσματος ἀφ' ἡμεῶν νὰ προσπέσῃ μία ἀκτὶς λευκοῦ φωτός (σχ. 87). Ἡ ἀκτὶς αὕτη ὑφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος, συγχρόνως ὅμως ὑφίσταται καὶ ἀνάλυσιν εἰς πλῆθος ἄλλων ἀκτίνων. Διότι, ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν ἐξερχομένων ἐκ τοῦ πρίσματος ἀκτίνων παρεμβάλωμεν διάφραγμα, θὰ σχηματισθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία συνεχὴς

ἑγχρωμος ταινία· αὕτη καλεῖται **φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός**.

Ἡ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἐν χρῶμα τοῦ φάσματος εἰς τὸ ἐπόμενον γίνεται ἀνεπαισθήτως. Κατὰ σειρὰν διακρίνονται κυρίως τὰ ἑξῆς χρώματα: ἐρυθρόν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν, βαθύ κυανοῦν καὶ ἰώδες. Ἡ τοιαύτη



Σχ. 87. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ πρίσματος.

ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός εἰς πολλὰ χρώματα ἀποδεικνύει ὅτι τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύνθετον. Ἐκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὠρισμένον εἶδος φωτός, τὸ ὁποῖον καλεῖται γενικῶς **ἀκτινοβολία** (π.χ. ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία κ.τ.λ.).

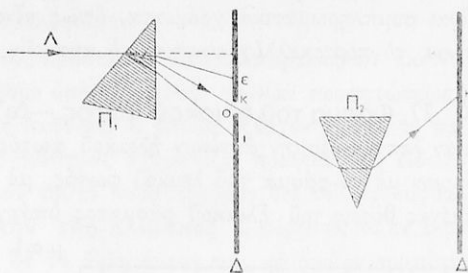
Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πρίσματος διαφορετικὴν ἐκτροπὴν. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία καὶ τὴν μεγαλυτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἰώδης ἀκτινοβολία. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὕτην συνάγεται ὅτι ἕκαστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ὠρισμένον δείκτην διαθλάσεως. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως, ἔπεται ὅτι οἱ δείκται διαθλάσεως τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος βαίνουν συνεχῶς ἀὐξανόμενοι, καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐρυθρὰν πρὸς τὴν ἰώδην ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος.

Ὁ Νεύτων, στηριζόμενος εἰς τὰς ἀνωτέρω παρατηρήσεις, ἐξήγησε τὸν σχηματισμὸν τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός ὡς ἑξῆς :

Τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ πλῆθος διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, ἕκαστη τῶν ὁποίων ἔχει ἴδιον δείκτην διαθλάσεως· κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ πρίσματος αἱ ἀκτινοβολίαι αὗται διαχωρίζονται, διότι ἕκαστη ἐξ αὐτῶν ὑφίσταται διάφορον ἐκτροπὴν.

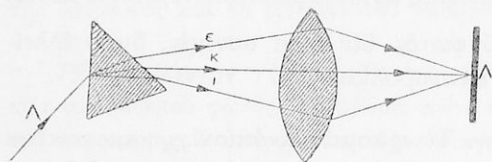
Ἐκαστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ἐπὶ πλεόν τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν καὶ νὰ προκαλῇ τὴν ἐντύπωσιν ὠρισμένου χρώματος. Τὸ φάσμα, τὸ ὁποῖον ἐξητάσαμεν ἀνωτέρω, καλεῖται ὁρατὸν φάσμα, διότι ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι του εἶναι ὁραταί.

75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—Εἰς τὸ διάφραγμα Δ , ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ φάσμα, ἀνοίγομεν μικρὰν ὅπην O (σχ. 88) καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς μία ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κίτρινη. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη προσπίπτει ἔπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Π_2 . Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρίσμα Π_2 προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀκτινοβολίας, ὅχι ὅμως περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς. Ὡστε :



Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλᾶ.

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



Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

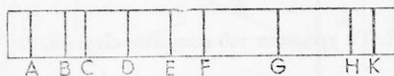
Ἐὰν μὲ ἓνα συγκλίνοντα φακὸν συγκεντρώσωμεν ἐπὶ ἐνὸς διαφράγματος ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος, θὰ λάβωμεν λευκὸν φῶς (σχ. 89). Ὡστε :

Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντροῦμεναι δίδουν λευκὸν φῶς.

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

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

77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.—Δι' ἐνὸς πρίσματος ἀναλύομεν μίαν λεπτὴν δέσμην ἀκτίνων ἡλιακοῦ φωτός. Τότε λαμβάνομεν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὠριμένες θέσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὑπάρχουν σκοτειναὶ γραμμαί. Αἱ γραμμαὶ αὗται καλοῦνται γραμμαὶ τοῦ Fraunhofer· αἱ ζωηρότεραι ἐξ αὐτῶν χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 90). Αἱ σκοτειναὶ γραμ-

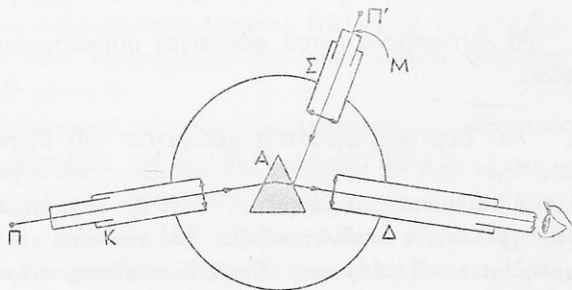


Σχ. 90. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

μαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος φανερώουν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι πλήρες λευκὸν φῶς, διότι ἐλλείπουν ἐξ αὐτοῦ μερικαὶ ἀκτινοβολαί. "Ωστε:

Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός δὲν εἶναι συνεχές, διότι ἐλλείπουν ἐξ αὐτοῦ ὠρισμέναι ἀκτινοβολαί.

78. Φασματοσκόπιον.—Τὸ φασματοσκόπιον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτεινὰ πηγὰί. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐν πρίσμα Α, τοῦ ὁποῖου ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακόρυφος (σχ. 91). Τὸ πρίσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ ὀριζοντίου κύκλου. Πέριξ τοῦ πρίσματος δύνανται νὰ μετακινουῦνται ὀριζοντίως τρεῖς σωλῆνες. Ὁ κατευθυντήρ Κ φέρει εἰς τὸ ἐν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον του φέρει λεπτὴν σχισμὴν παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Ἡ σχισμὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ συγκλί-



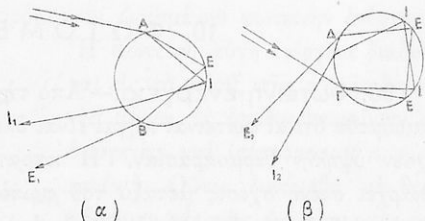
Σχ. 91. Σχηματικὴ παράστασις φασματοσκοπίου.

σματος δύνανται νὰ μετακινουῦνται ὀριζοντίως τρεῖς σωλῆνες. Ὁ κατευθυντήρ Κ φέρει εἰς τὸ ἐν ἄκρον του συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον του φέρει λεπτὴν σχισμὴν παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος. Ἡ σχισμὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ συγκλί-

νοντος φακοῦ καὶ φωτίζεται ἰσχυρῶς ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν Β, τῆς ὁποίας τὸ φῶς θέλομεν νὰ ἀναλύσωμεν.

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

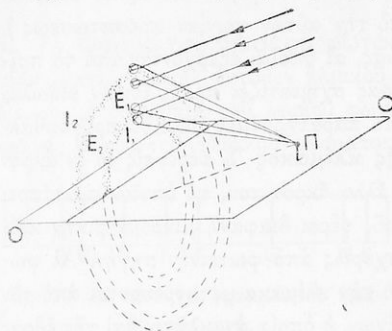
79. Οὐράνιον τόξον.—Τὸ οὐράνιον τόξον εἶναι μέγα φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται, ὅταν ἔμπροσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχῃ ἐν τεῖχος σταγόνων βροχῆς καὶ ὀπισθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχῃ ἀκάλυπτος ἀπὸ νέφη ὁ ἥλιος. Ὡς θεωρήσωμεν μίαν σφαιρικὴν σταγὸνα ὕδατος, εἰς τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας προσπίπτει μία ἀκτὶς ἡλιακοῦ φωτός (σχ. 92 α). Ἡ ἀκτὶς αὕτῃ διαθλάται καὶ εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς σταγόνος.



(α) (β)
Σχ. 92. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανίου τόξου.

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

Ἐκεῖ αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται νέαν διὰθλασιν καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα. Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες E_1 , αἱ ὁποῖαι εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ σημεῖα



Σχ. 93. Σχηματισμὸς δύο συγκεντρικῶν οὐρανίων τόξων.

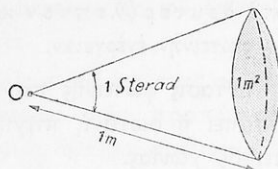
εὐρισκόμενα ὑψηλότερον παρὰ τὰ σημεῖα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα φαίνονται προερχόμεναι αἱ ἰώδεις ἀκτῖνες I_1 . Οὕτως εἰς τὸ πρωτεῦον οὐράνιον τόξον τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἰώδους (σχ. 93). Μερικαὶ ὁμως ἐκ τῶν παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτίνων προσπίπτουν εἰς τὸ κάτω μέρος τῶν σταγόνων (σχ. 92 β). Τότε τὸ ἡλιακὸν φῶς ὑφίσταται ἀρχικῶς διὰθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις, ἔπειτα ὑφίσταται δύο ἀνακλάσεις καὶ τέλος διὰθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα. Ἔνεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητὴς βλέπει τὸ δευτερεῦον οὐράνιον τόξον, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἰώδες χρῶμα I_2 φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ E_2 (σχ. 93).

10. ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

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

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

81. Μονάς τῶν στερεῶν γωνιῶν.—Ἐστω O τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ἡ ὁποία ἔχει ἀκτῖνα ἴσην μὲ 1 μέτρον. Ἡ ἐπιφάνεια αὐτῆς τῆς σφαίρας ἔχει ἐμβαδὸν 4π τετραγωνικά μέτρα. Ἄς θεωρήσωμεν τώρα ἓνα κῶνον, ὁ ὁποῖος ἔχει ὡς κορυφὴν τὸ O (σχ. 94) καὶ βάσιν ἐν τμήμα τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας ταύτης, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐμβαδὸν 1 m^2 . Λέγομεν τότε ὅτι ὁ κῶνος οὗτος ὁρίζει τὴν μονάδα τῶν στερεῶν γωνιῶν, ἡ ὁποία καλεῖται **στερεακτίσιον** (sterad). Ὡστε :

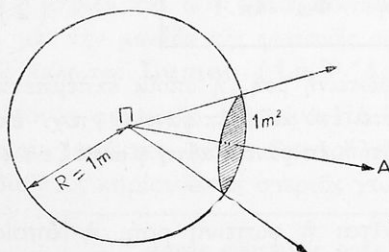


Σχ. 94. Ὁρισμὸς τῆς μονάδος τῶν στερεῶν γωνιῶν.

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

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω ὁρισμὸν προκύπτει ὅτι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ὅλον τὸν περίξ τοῦ σημείου O ὡρον, ἰσοῦται μὲ 4π στερεακτίσια.

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



Σχ. 95. Ὁρισμὸς τῆς μονάδος φωτεινῆς ροῆς.

Ἡ φωτεινὴ αὕτη ἐνέργεια διαδίδεται εἰς τὸ περίξ τῆς πηγῆς διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον θεωροῦμεν ὡς ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον (π. χ. τὸ κενόν). Οὕτω δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὸ φῶς ὡς μίαν ροὴν φωτεινῆς ἐνέργειας.

Φωτεινὴ ροή (ἡ ρεῦμα φωτὸς) καλεῖται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία κατὰ δευτερόλεπτον διέρχε-

ται διὰ μιᾶς ἐπιφανείας.

β) Ἑντασις φωτεινῆς πηγῆς. Ἄς θεωρήσωμεν σημειώδη φωτεινὴν πηγὴν Π , ἡ ὁποία εὑρίσκεται εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτίνος 1 m

(σχ. 95). Κατὰ μίαν διεύθυνσιν ΠΑ ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον καὶ κατὰ μονάδα στερεᾶς γωνίας ὥρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν.

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

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

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

Ἔστω ὅτι μίᾳ σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς ἐκπέμπει ὁμοιομόρφως φωτεινὴν ἐνέργειαν καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι εὐκόλον νὰ εὑρεθῇ ἡ ὀλικὴ φωτεινὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον ἡ φωτεινὴ πηγὴ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἥτοι ἡ ὀλικὴ φωτεινὴ ροὴ τῆς πηγῆς.

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

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

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

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

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

83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—Ἀνωτέρω ἐγνωρίσαμεν τὰ ἐξῆς φυσικὰ μεγέθη : φωτεινὴ ροή, ἐντασὶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ φωτισμὸς

έπιφανείας. Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν φυσικῶν τούτων μεγεθῶν χρησιμοποιῶνται κατάλληλοι μονάδες, αἱ ὁποῖαι προκύπτουν ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τῆς μονάδος ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς.

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

Σήμερον δέχονται ὡς πρότυπον φωτεινὴν πηγὴν ἡλεκτρικὴν λυχνίαν διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦσαν ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας. Ἡ ἔντασις τῆς προτύπου φωτεινῆς πηγῆς λαμβάνεται ὡς μονὰς ἐντάσεως καὶ καλεῖται **διεθνὲς κηρίον** (ΔΚ).

Μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς εἶναι τὸ διεθνὲς κηρίον, ἥτοι ἡ ἔντασις μιᾶς ὠρισμένης προτύπου φωτεινῆς πηγῆς.

μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς: 1 διεθνὲς κηρίον

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

β) Μονὰς φωτεινῆς ροῆς. Ἀπὸ τὸν ὁρισμὸν τῆς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν $I = \frac{\Phi}{\omega}$, συνάγεται ὅτι, ἂν εἶναι $I = 1$ κηρίον καὶ $\omega = 1$ στερεακτίνιον, τότε καὶ ἡ φωτεινὴ ροὴ εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα τῆς φωτεινῆς ροῆς ($\Phi = 1$). Ἡ μονὰς φωτεινῆς ροῆς καλεῖται **Lumen** (Lm). Ἄρα:

Μονὰς φωτεινῆς ροῆς εἶναι τὸ Lumen, ἥτοι ἡ φωτεινὴ ροή, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει κατὰ δευτερόλεπτον φωτεινὴ πηγὴ ἐντάσεως 1 διεθνοῦς κηρίου ἐντὸς στερεᾶς γωνίας ἴσης μὲ 1 στερεακτίνιον.

μονὰς φωτεινῆς ροῆς: 1 Lumen

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

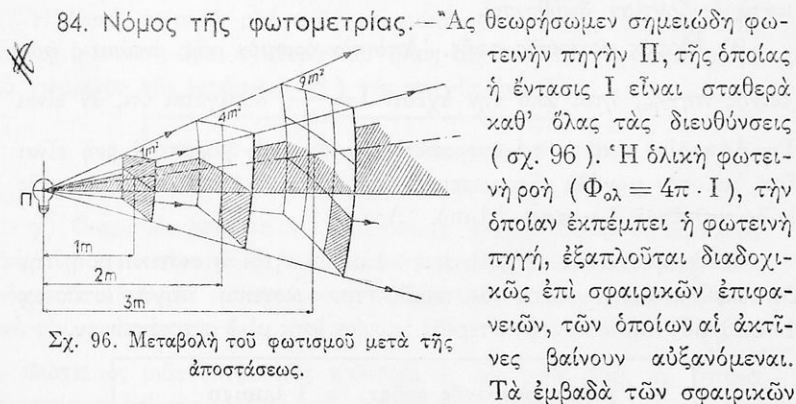
ὀλικὴ φωτεινὴ ροή: $\Phi_{ολ} = 4\pi \cdot I$ Lumen

γ) Μονὰς φωτισμοῦ. Ἀπὸ τὸν ὀρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν: $E = \frac{\Phi}{\sigma}$, συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας $\sigma = 1 \text{ m}^2$ προσπίπτῃ καθέτως φωτεινὴ ροὴ $\Phi = 1 \text{ Lumen}$, τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι ἴσος μὲ τὴν μονάδα φωτισμοῦ ($E = 1$). Ἡ μονὰς αὕτῃ φωτισμοῦ καλεῖται **Lux** (**Lx**). Ἄρα:

Μονὰς φωτισμοῦ εἶναι τὸ **Lux**, ἥτοι ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον προ-καλεῖ φωτεινὴ ροὴ 1 Lumen, ὅταν προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ ἐπιφανείας 1 τετραγωνικοῦ μέτρου.

μονὰς φωτισμοῦ: $1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lumen}}{1 \text{ m}^2}$

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω ὀρισμὸν τῆς μονάδος φωτισμοῦ ἔπεται ὅτι: φωτισμὸς 1 Lux εἶναι ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον ἔχει ἐπιφάνεια ἀπέχουσα 1 m ἀπὸ φωτεινὴν πηγὴν ἐντάσεως 1 κηρίου, ὅταν αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

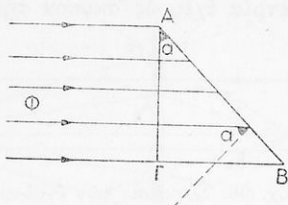


αὐτῶν ἐπιφανειῶν βαίνουν αὐξανόμενα ἀναλόγως τοῦ τετραγώνου τῶν ἀκτῖνων. Ἄρα ὁ φωτισμὸς E_x ἐκάστης σφαιρικῆς ἐπιφανείας εἶναι:

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

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις προϋποθέτει ὅτι τὸ φῶς προσπίπτει καθέτως

ἐπὶ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας. Ἐστω ὅτι μία δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας $AB = \sigma$ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως α (σχ. 97). Ἐὰν E εἶναι ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας, τότε ἐφ' ὁλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας AB προσπίπτει φωτεινὴ ροὴ $\Phi = E \cdot \sigma$. Ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας $AG = \sigma'$ προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν $E_x = \frac{I}{R^2}$. ἐπομένως εἶναι $\Phi = E_x \cdot \sigma'$



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

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

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

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

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

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

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

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

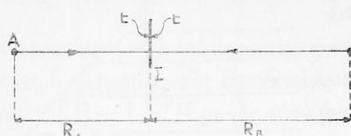
Παράδειγμα. Μία ὀριζοντία ὁδὸς φωτίζεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἐντάσεως 500 ΔΚ. Ὁ λαμπτήρ εὑρίσκεται εἰς ὕψος 5 m ἀνωθεν τῆς ὁδοῦ. Ὁ φωτισμὸς τῆς ὁδοῦ ἀκριβῶς κάτωθεν τοῦ λαμπτήρος εἶναι :

$$E_x = \frac{I}{R^2} = \frac{500}{25} = 20 \text{ Lux.}$$

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

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

85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.— Ἡ φωτομετρία ἔχει ὡς σκοπὸν τὴν μέτρησιν τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν



Σχ. 98. Σύγκρισις τῶν ἐντάσεων δύο φωτεινῶν πηγῶν.

πηγῶν. Ἀς θεωρήσωμεν δύο φωτεινὰς πηγὰς Α καὶ Β (σχ. 98), τῶν ὁποίων αἱ ἐντάσεις εἶναι ἀντιστοίχως I_A καὶ I_B . Ἐστω ὅτι αἱ δύο αὐταὶ φωτειναὶ πηγαὶ προκαλοῦν τὸν αὐτὸν κάθετον φωτισμὸν ἐπὶ μιᾷ ἐπιφανείᾳ Σ, ὅταν αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν Σ εἶναι ἀντιστοίχως R_A καὶ R_B . Τότε ἔχομεν :

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

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

Ὅταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, αἱ ἐντάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων τῶν πηγῶν τούτων ἀπὸ τὴν ἐξ ἴσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

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

Ἐὰν ἡ ἐνταση τῆς πηγῆς Α εἶναι $I_A = 30 \Delta K$, αἱ δὲ δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου τὴν ἐπιφάνειαν Σ ἐξ ἀποστάσεων $R_A = 2 \text{ m}$ καὶ $R_B = 4 \text{ m}$, τότε ἡ ἐνταση τῆς πηγῆς Β εἶναι :

$$I_B = \frac{R_B^2}{R_A^2} \cdot I_A = \frac{16}{4} \cdot 30 = 120 \Delta K.$$

86. Φωτόμετρον.—Τὸ φωτόμετρον εἶναι ὄργανον, διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν τὴν ἐντασιν μιᾷς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ φωτόμετρον Bunsen ἀποτελεῖται ἀπὸ λευκὸν φύλλον χάρτου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὑπάρχει κυκλικὴ κηλὶς παραχθεῖσα ἀπὸ μίαν λιπαρὰν οὐσίαν. Ἡ κηλὶς εἶναι περισσότερο διαφανὴς ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπον μέρος τοῦ χάρ-

του. Τὸ διάφραγμα Δ μὲ τὴν κηλίδα K τοποθετεῖται μεταξύ τῶν δύο πρὸς σύγκρισιν φωτεινῶν πηγῶν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεΐαν, ἣ ὁποία συνδέει αὐτάς (σχ. 99). Ὅταν ἡ κηλὶς K δέχεται τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐκ μέρους τῶν δύο πηγῶν, ἡ κηλὶς ἐξαφανίζεται καὶ τὸ διάφραγμα Δ φαίνεται ὁμοιόμορφως φωτισμένον. Ἐὰν τότε αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν κηλίδα εἶναι R_1 καὶ R_2 , τότε θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέση:

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

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

Σχ. 100. Διάγραμμα φωτομέτρου τοῦ Bunsen.

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

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

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

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

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

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

Συνήθης ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ ἔχων ἰσχύϊν καταναλώσεως 25 Watt παράγει ὀλικὴν φωτεινὴν ροὴν 260 Lumen, ἡ ὁποία ἰσοδυναμεῖ μὲ ἰσχύϊν 2,60 Watt. Ἀρα ἡ ἀπόδοσις τοῦ λαμπτήρος τούτου εἶναι :

$$A = \frac{2,60}{25} = 0,104$$

Ὡστε μόνον τὸ 0,1 τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπεται εἰς φωτεινὴν ἐνέργειαν. Γενικῶς ἡ ἀπόδοσις τῶν συνήθων φωτεινῶν πηγῶν εἶναι πολὺ μικρά.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

63. Πόσῃν ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ μία φωτεινὴ πηγὴ ὥστε, ὅταν φωτίζῃ καθέτως ἐπιφάνειαν εὐρισκομένην εἰς ἀπόστασιν 6 m νὰ προκαλῇ φωτισμὸν 20 Lux ;

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

65. Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν μιᾶς ἐργασίας πρέπει νὰ ἔχωμεν ἐπὶ τῆς τραπέζης φωτισμὸν 50 Lux. Πόσῃν ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχῃ ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, τὸν ὁποῖον θὰ τοποθετήσωμεν ἄνωθεν τῆς τραπέζης καὶ εἰς ὕψος 1,5 m ;

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

67. Δύο όμοιοι λαμπτήρες εϋρίσκονται εις ύψος 9 m υπεράνω τοϋ εδάφους, ή δέ όριζοντία απόστασις των είναι 12 m. Έκαστος λαμπτήρ έχει έντασιν 500 κηρίων. Νά εϋρεθή ό φωτισμός τοϋ εδάφους : α) άκριβώς κάτωθεν έκάστου λαμπτήρος και β) εις τό μέσον τής μεταξϋ των λαμπτήρων απόστάσεως.

68. Μία φωτεινή πηγή παράγει φωτεινήν ροήν 60 Lumen. Πόση είναι ή έντασις τής πηγής και πόσον φωτισμόν προκαλεί αύτη καθέτως επί επιφανείας εϋρισκομένης εις απόστασιν 2 m ;

69. Ήλεκτρικτός λαμπτήρ έχει ισχόν 60 Watt και φωτεινήν ισχόν αντιστοιχούσαν εις 1,2 κηρία κατά Watt. Πόση είναι ή παραγομένη φωτεινή ροή ;

70. Νά εϋρεθή ό λόγος των φωτισμών, τοις όποίους προκαλεί ό Ήλιος εις ένα τόπον, όταν ό Ήλιος εϋρίσκεται εις τό Zenith τοϋ τόπου και όταν είναι εις ύψος 30° άνωθεν τοϋ όρίζοντος.

11. ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ

88. Θεωρίαί περί τής φύσεως τοϋ φωτός.—Κατά τόν 17ον αιώνα διετυπώθησαν δύο φυσικαί θεωρίαί περί τής φύσεως τοϋ φωτός, αί όποΐαι προσεπάθησαν νά έρμηνεύσουν τά όπτικά φαινόμενα.

89. Θεωρία τής έκπομπής.—Ή θεωρία τής έκπομπής διετυπώθη από τόν Νεύτωνα (1669), ό όποΐος έδέχθη ότι τό φώς είναι **άκτινοβολία μικροτάτων σωματιδίων**. Τά σωματίδια αυτά έκπέμπονται από τήν φωτεινήν πηγήν, διαδίδονται εϋθυγράμμως και έπειδή είναι τελείως έλαστικά, ανακλώνται, όταν προσπέσουν επί λείων επιφανειών, όπως άκριβώς ανακλάται μία τελείως έλαστική σφαίρα.

I. Ή θεωρία τής έκπομπής δέχεται ότι τό φώς είναι άκτινοβολία σωματιδίων και έρμηνεύει τήν εϋθύγραμμον διάδοσιν, τήν ανάκλασιν, τήν διάθλασιν και τήν ανάλυσιν τοϋ λευκοϋ φωτός.

II. Ή θεωρία τής έκπομπής καταλήγει εις τό συμπέρασμα ότι ή ταχύτης τοϋ φωτός είναι μεγαλυτέρα εις τά πυκνότερα μέσα.

90. Θεωρία των κυμάνσεων.—Ή θεωρία των κυμάνσεων διετυπώθη από τόν Huygens (1677). Οϋτος έδέχθη ότι τό φώς είναι **κυμάνσεις**, αί όποΐαι διαδίδονται διά μέσου τοϋ **αιθέρος**. Ό αιθήρ

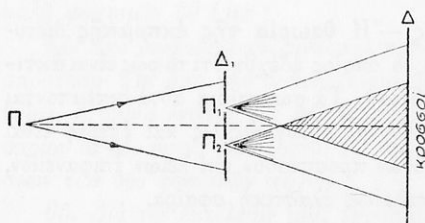
εἶναι ἓν ἀβαρὲς διαφανὲς μέσον, ἀπολύτως ἐλαστικόν, τὸ ὁποῖον πληροῖ ὅλον τὸν χώρον τοῦ Σύμπαντος καὶ τὰ μεταξὺ τῶν μορίων τῶν σωμάτων κενὰ διαστήματα.

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

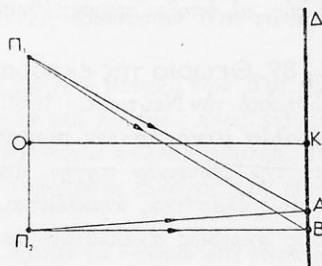
II. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων καταλήγει εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι μικρότερα εἰς τὰ πυκνότερα μέσα.

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

91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.—Ἡ ἀπλουστερά διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν φαινομένων **συμβολῆς τοῦ φωτός** εἶναι ἡ ἀκόλουθος : Μία λεπτή φωτεινὴ σχισμὴ Π (σχ. 101)



Σχ. 101. Παραγωγή φαινομένου συμβολῆς τοῦ φωτός.



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

φωτίζει ἰσχυρῶς τὰς δύο παραλλήλους σχισμάς Π_1 καὶ Π_2 τοῦ διαφράγματος Δ_1 . Αἱ σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν Π. Ἡ ἀπόστασις $\Pi_1 \Pi_2$ εἶναι πολὺ μικρά. Αἱ δύο σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι τότε δύο σύγχρονοι φωτεινὰί πηγαί, δηλαδή εἶναι δύο σύγχρονα κέντρα παραγωγῆς φωτεινῶν κυμάνσεων. Αἱ κυμάνσεις αὐταὶ φθάνουν εἰς τὸ διά-

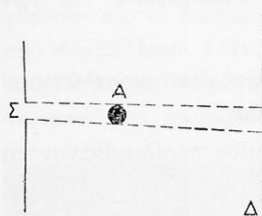
φραγμα Δ , όπου συμβάλλουν και οὕτω παράγονται **κροσσοὶ συμβολῆς**. Εἰς ὅσα σημεῖα, ὅπως π.χ. τὸ Α (σχ. 102), ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση μὲ ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται φωτεινοὶ κροσσοὶ

$$(\Pi_1 A - \Pi_2 A = 2\nu \cdot \frac{\lambda}{2}).$$

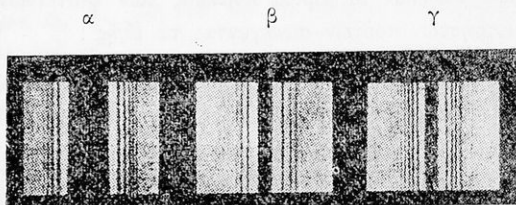
Ἀντιθέτως εἰς ὅσα σημεῖα, ὅπως π.χ. τὸ Β, ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται σκοτεινοὶ κροσσοὶ

$$[\Pi_1 B - \Pi_2 B = (2\nu + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}]$$

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

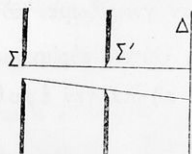


Σχ. 103. Φαινόμενα παραθλάσεως διὰ μικροῦ διαφράγματος (Α).



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

νων καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν Σ τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτὸν σύρμα. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ δὲν σχηματίζεται σαφῶς ἡ σκιὰ τοῦ ἀδιαφανοῦς σώματος, ὅπως προβλέπει ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διάδοσεως τοῦ φωτός (§ 2), ἀλλὰ σύστημα φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν κροσσῶν (σχ. 104). Εἰς τὸ μέσον μάλιστα τῆς γεωμετρικῆς σκιάς εἶναι δυνατόν νὰ ὑπάρχῃ φωτεινὸς κροσσός. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς Σ φέρομεν ἄλλην σχισμὴν Σ' (σχ. 105), ἡ ὁποία εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν Σ . Τὸ ἄνοιγμα τῆς σχισμῆς Σ' εἶναι πολὺ μικρόν. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ σχηματίζεται τότε μία στενὴ φωτεινὴ ράβδωσις καὶ ἑκατέρωθεν αὐτῆς σκοτεῖναι καὶ φωτεῖναι ραβδώσεις. Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον καλεῖται **παραθλάσις**



Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτῆς σχισμῆς.

τοῦ φωτὸς καὶ δεικνύει ὅτι ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτὸς δὲν ἰσχύει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ πολὺ μικρῶν ἀντικειμένων ἢ διέρχεται διὰ πολὺ μικρῶν ὀπῶν. Ἡ παράθλασις τοῦ φωτὸς ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι κάθε σημεῖον τῆς σχισμῆς γίνεται κέντρον φωτεινῶν κυμάνσεων, αἱ ὁποῖαι φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα καὶ συμβάλλουσαι παράγουν φωτεινοὺς καὶ σκοτεινοὺς κροσσούς. Ὡστε :

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

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

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

II. Τὰ μῆκη κύματος τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν περιλαμβάνονται μεταξὺ 0,8 μ καὶ 0,4 μ.

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

Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως V μιᾶς κυμάνσεως, ἡ συχνότης αὐτῆς ν καὶ τὸ μῆκος κύματος λ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν : $V = \nu \cdot \lambda$. Ἐπειδὴ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἶναι $V = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$, δυνάμεθα νὰ εὗρωμεν τὴν συχνότητα ν μιᾶς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας, ὅταν γνωρίζωμεν τὸ μῆκος κύματος λ .

Οὕτως εὐρίσκομεν :

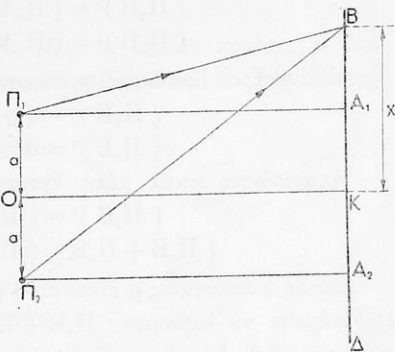
α) διὰ τὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν : $\lambda = 0,8 \mu = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$,

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

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

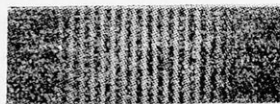
$$\text{ἄρα } \nu = \frac{V}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{0,4 \cdot 10^{-4}} = 750 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$$

* Παράδειγμα ύπολογισμοῦ τοῦ μήκους τοῦ κύματος τοῦ φωτός. Ἀς θεωρήσωμεν δύο γειτονικὰς μονοχρωματικὰς φωτεινὰς πηγὰς Π_1 καὶ Π_2 , αἱ ὁποῖαι εἶναι λεπτὰ σχίσματα καὶ ἐκπέμπουν ἀπολύτως συγχρόνους κυμάνσεις τῆς αὐτῆς συχνότητος (σχ. 106). Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν εἶναι $\Pi_1\Pi_2 = 2a$, ἡ δὲ ἀπόστασις ἐκάστης φωτεινῆς πηγῆς ἀπὸ τὸ διάφραγμα Δ εἶναι d ($\Pi_1A_1 = \Pi_2A_2 = OK = d$). Αἱ κυμάνσεις αἱ προσερχόμεναι ἀπὸ τὰς δύο πηγὰς Π_1 καὶ Π_2 φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα Δ , ὅπου συμβάλλουν. Οὕτως ἐπὶ τοῦ



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

διαφράγματος παράγονται κροσσοὶ συμβολῆς, ἥτοι διαδοχικαὶ φωτειναὶ καὶ σκοτειναὶ ταινίαι (σχ. 107). Εἰς τὸ σημεῖον K σχη-



Σχ. 107. Κροσσοὶ συμβολῆς.

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

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

Ἀντιθέτως σκοτεινοὶ κροσσοὶ σχηματίζονται εἰς ὅσα σημεῖα ἀντιστοιχεῖ διαφορὰ δρόμου (δ) ἴση μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων

($\delta = [2\nu + 1] \cdot \frac{\lambda}{2}$). Ἐστω λοιπὸν ὅτι εἰς τὸ σημεῖον B, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν x ἀπὸ τὸ K, σχηματίζεται ὁ ν τάξεως φωτεινὸς κροσσός. Τότε ἡ διαφορὰ δρόμου δ τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι :

$$\delta = \Pi_2B - \Pi_1B = 2\nu \cdot \frac{\lambda}{2} \quad \text{ἢ} \quad \delta = \nu \cdot \lambda \quad (1)$$

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

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

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

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

Αἱ ἀνωτέρω ἐξισώσεις γράφονται καὶ ὥς ἑξῆς :

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

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

Ἀφαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

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

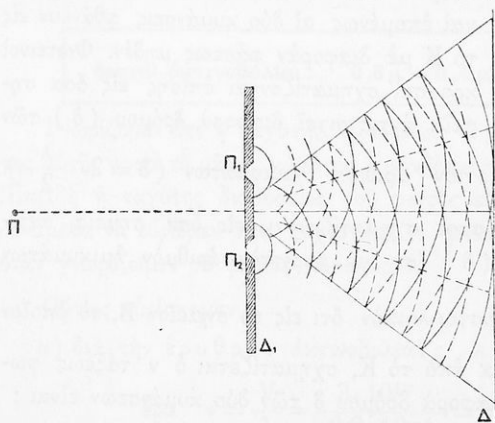
$$\eta \quad (\Pi_2 B + \Pi_1 B) \cdot (\Pi_2 B - \Pi_1 B) = 4\alpha \cdot x. \quad (2)$$

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

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

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

Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν χροσσῶν συμβολῆς εἶναι αἱ **ὀπαὶ τοῦ Young**. Μία λεπτή φωτεινὴ σχισμὴ Π φωτίζει ἰσχυρῶς



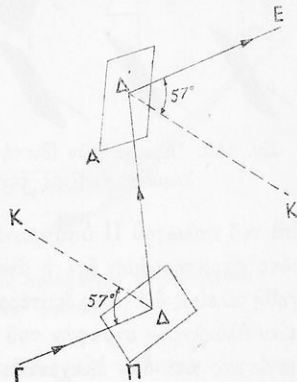
Σχ. 108. Ὅπαὶ τοῦ Young.

τὰς δύο παραλλήλους λεπτάς σχισμὰς Π_1 καὶ Π_2 τοῦ διαφράγματος Δ_1 (σχ. 108). Αἱ σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν Π ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν Π_1 καὶ Π_2 εἶναι πολὺ μικρὰ (τῆς τάξεως τοῦ χιλιοστομέτρου). Αἱ δύο σχισμαὶ Π_1 καὶ Π_2 εἶναι τότε δύο σύγχρονοι φωτεινοὶ πηγαί. Ἐὰν π.χ. εἶναι $\Pi_1 \Pi_2 = 2\text{mm}$,

$d = 100\text{cm}$, ἡ δὲ ἀπόστασις τοῦ πέμπτου φωτεινοῦ χροσσῶ ($v = 5$) ἀπὸ τὸν κεντρικὸν φωτεινὸν χροσσὸν εἶναι $x = 1,7\text{mm}$, τότε τὸ μῆκος κύματος τῆς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας εἶναι :

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

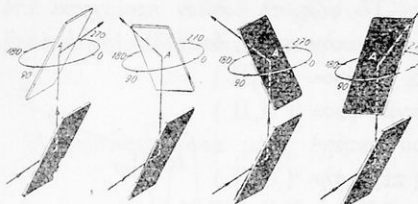
94. Πόλωσησις τοῦ φωτός.—Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προσέρχεται ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν, καλεῖται **φυσικὸν φῶς**, ὅταν δὲν ἔχῃ ὑποστῆ καμμίαν ἀνάκλασιν ἢ διάθλασιν. Ἀφήνομεν μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός νὰ προσπέσῃ πλαγίως ἐπὶ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου. Στρέφομεν τὸ κάτοπτρον περὶ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα ὡς ἄξονα, διατηροῦντες σταθερὰν τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διαγράφει ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος δὲν μεταβάλλεται. Χρησιμοποιοῦμεν τώρα ὡς κάτοπτρον μίαν ὑαλίνην πλάκα Π, τῆς ὁποίας ἡ ὀπίσθια ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῇ μὲ στρῶμα αἰθάλης. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς πλακῆς Π μίᾳ ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός ΓΔ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως



Σχ. 109. Πόλωσησις τοῦ φωτός ἐξ ἀνακλάσεως.

57° (σχ. 109). Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ δευτέρας ὁμοίας κατοπτρικῆς πλακῆς Α καὶ ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως 57°. Ὡς ἐξετάσωμεν τὰς ιδιότητες τῆς νέας ἀνακλωμένης ἀκτίνος Δ'Ε. Πρὸς τοῦτο στρέφομεν τὸ κάτοπτρον Α περὶ τὴν ΔΔ' ὡς ἄξονα. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε διαγράφει πάλιν ἐπιφάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος μεταβάλλεται περιοδικῶς. Παρατηροῦμεν δὲ ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει τὴν μέγιστην ἔντασιν, ὅταν τὰ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως συμπίπτουν (θέσεις I, III εἰς τὸ σχ. 110). Ἀντιθέτως ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς Δ'Ε ἔχει ἔντασιν μηδέν, δηλαδὴ καταργεῖται, ὅταν τὰ δύο ἐπίπεδα προσπτώσεως εἶναι κάθετα μεταξύ των (θέσεις II, IV εἰς τὸ σχ. 110). Εἰς τὰς ἐνδιάμεσους θέσεις ἡ ἔντασις τῆς Δ'Ε λαμβάνει ἐνδιάμεσους τιμὰς. Ἀπὸ τὸ πείραμα τοῦτο συνάγεται ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν ἔχει τὰς αὐτὰς ιδιότητες μὲ τὴν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός ΓΔ. Ἡ ἀκτὶς ΔΔ' δύναται νὰ καταργηθῇ διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως. Λέγομεν ὅτι ἡ ΔΔ' εἶναι ἀκτὶς **πεπολωμένου**

φωτός (ἢ καὶ πεπολωμένη ἀκτίς). Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π ὀνομάζεται **ἐπίπεδον πολώσεως** τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος. Ἡ ὠρισμένη γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ προσπίπτῃ ἡ



Σχ. 110. Ἐρευνα τῶν ἰδιοτήτων τῆς πολωμένης ἀκτίνος φωτός.

ἀκτίνος τοῦ φυσικοῦ φωτός ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π , διὰ τὴν ὑποστῇ τὴν πόλωσιν, καλεῖται **γωνία πολώσεως**. Τέλος τὸ μὲν πρῶτον κάτοπτρον Π καλεῖται **πολωτής**, τὸ δὲ δευτέρον κάτοπτρον A καλεῖται **ἀναλύτης**. Ἐὰν ἡ ἀκτίς φυσικοῦ φωτός $\Gamma\Delta$ προσπέσῃ

ἐπὶ τοῦ πολωτοῦ Π ὑπὸ γωνίαν διάφορον τῆς γωνίας πολώσεως τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς $\Delta\Delta'$ δὲν δύναται νὰ καταργηθῇ τελείως διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλώσεώς της ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου A . Κατὰ μίαν ὁλόκληρον στροφὴν τοῦ ἀναλύτου ἡ ἔντασις τῆς $\Delta'E$ λαμβάνει δύο μεγίστας καὶ δύο ἐλαχίστας τιμὰς, ἀλλὰ οὐδέποτε μηδενίζεται. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἀκτίς $\Delta\Delta'$ εἶναι **μερικῶς πεπολωμένη**. Ὡστε :

Ὅταν τὸ φυσικὸν φῶς ἀνακλᾶται, ἐπέρχεται ὁλική ἢ μερική πόλωσις αὐτοῦ.

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

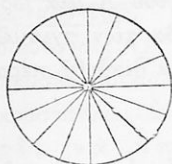
Τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιοι κυμάνσεις.

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

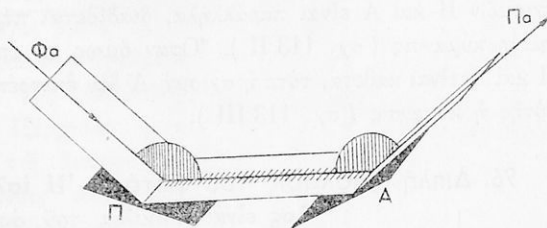
1. Εἰς μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

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

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

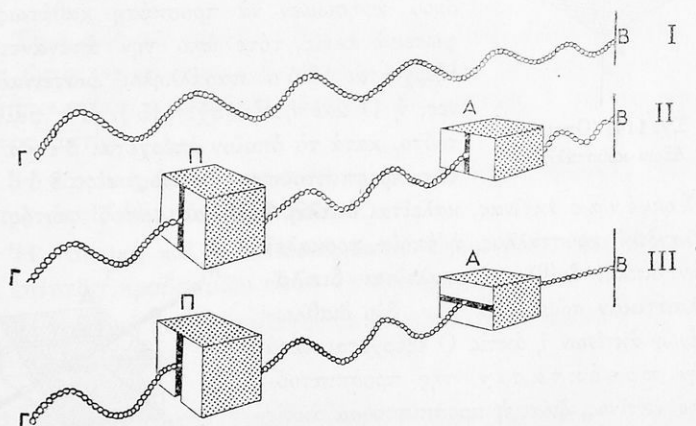


Σχ. 111. Κραδασμοὶ εἰς φυσικὴν ἀκτῖνα φωτός.



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

Τὸ ἀκόλουθον πείραμα ἐρμηνεύει μηχανικῶς τὴν πόλωσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος. Τὸ ἄκρον Β ἑνὸς σχοινίου εἶναι μόνιμως στερεωμένον,

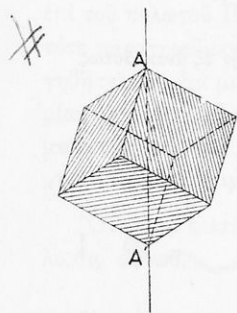


Σχ. 113. Μηχανικὴ ἐρμηνεία τῶν ιδιοτήτων τῆς πολωμένης φωτεινῆς ἀκτίνος.

ἐνῶ τὸ ἄλλο ἄκρον Γ τοῦ σχοινίου τὸ ἀναγκάζομεν νὰ ἐκτελῇ παλμικὴν κίνησιν. Τότε κατὰ μῆκος τοῦ σχοινίου διαδίδεται μία ἐγκαρσία κύμανσις (σχ. 113 I).

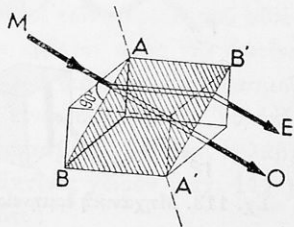
Ἡ διεύθυνσις τῆς κινήσεως τοῦ σημείου Γ δὲν εἶναι ὠρισμένη. Τὸ σχοινίον διέρχεται τώρα διὰ δύο σχισμῶν, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο παράλληλα ἐπίπεδα (σχ. 113 II).

Ἡ πρώτη σχισμὴ Π ἐπιτρέπει νὰ διαδοθοῦν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κυμάνσεις, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμὴν. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν σχισμὴν Α. Ὅταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ὠρισμένη κύμανσις (σχ. 113 II). Ὅταν ὅμως τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι κάθετα, τότε ἡ σχισμὴ Α δὲν ἐπιτρέπει νὰ διαδοθῇ πέραν αὐτῆς ἡ κύμανσις (σχ. 113 III).



Σχ. 114. Ὅπτικὸς ἄξων κρυστάλλου.

96. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.—Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίτου (CaCO_3). εἶναι τελείως διαυγῆς καὶ σχίζεται εὐκόλως δίδουσα ρομβόεδρον, δηλαδὴ στερεὸν τοῦ ὁποίου αἱ ἑξ ἑδραὶ εἶναι ρόμβοι (σχ. 114). Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος ἀνήκει εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου ἀφῆσωμεν νὰ προσπέσῃ καθέτως μία φωτεινὴ ἀκτίς, τότε ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἑδραν ἐξέρχονται δύο παράλληλοι φωτειναὶ ἀκτῖνες, ἡ Ο καὶ ἡ Ε (σχ. 115). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον ἐπέρχεται διχασμός τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος εἰς δύο δια-
θλωμένους ἀκτῖνας, καλεῖται **διπλὴ διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ δὲ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν διπλὴν διάθλασιν, καλεῖται **διπλοθλαστικὸν σῶμα**. Ἐκ τῶν δύο διαθλωμένων ἀκτῖνων ἡ ἀκτίς Ο ἐξέρχεται κατὰ τὴν προέκτασιν τῆς προσπιπτούσης ἀκτῖνος, διότι ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς Μ προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ ρομβοέδρου. Ἡ ἀκτίς λοιπὸν Ο ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως, ὅχι μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν καθέτου προσπτώσεως τῆς ἀκτῖνος Μ, ἀλλὰ καὶ δι' οἰανδήποτε ἄλλην γωνίαν προσπτώσεως· διὰ

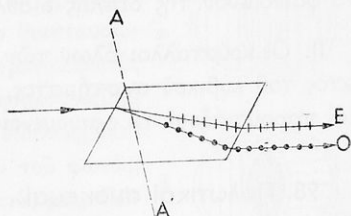


Σχ. 115. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.

τοῦτο ἡ ἀκτίς Ο καλεῖται **τακτική ἀκτίς**. Ἀντιθέτως ἡ ἀκτίς Ε δὲν ἀκολουθεῖ τὸν νόμον τῆς διαθλάσεως καὶ καλεῖται **ἔκτακτος ἀκτίς**.

Ἐὰν μὲ ἓνα ἀναλύτην ἐξετάσωμεν τὴν τακτικὴν καὶ τὴν ἔκτακτον ἀκτῖνα, θὰ εὕρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο αὐταὶ ἀκτῖνες εἶναι ὀλιγῶς πεπολωμέναι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο αὐτὰς ἀκτῖνας εἶναι κάθετα μεταξύ των.

Ἐπάρχει ὁμως μία διεύθυνσις ΑΑ', κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίς ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὕτη ΑΑ' καλεῖται **ὀπτικὸς ἄξων** τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξωνος ἢ εἶναι παράλληλον πρὸς αὐτόν, καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ κρυστάλλου (ἡ γραμμωτὴ ἐπιφάνεια ΑΒΑ'Β' εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν λοιπὸν τὰ ἑξῆς:



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλώμεναι ἀκτῖνες εἶναι πεπολωμέναι.

I. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου οὕτως, ὥστε νὰ μὴ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα, 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.

III. Ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτίς εἶναι ὀλιγῶς πεπολωμέναι, τὰ δὲ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἶναι κάθετα μεταξύ των.

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

#

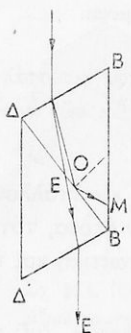
97. Ἑρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. — Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός ἀπέδειξαν ὅτι ἐντὸς τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ισότροπα σώματα, τὰ σώματα τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς

ιδιότητας καθ' ἑλκας τὰς διευθύνσεις. Τὸ πείραμα λοιπὸν ὁποδεικνύει ὅτι ἡ ἰσλανδική κρύσταλλος εἶναι ὁπτικῶς ἀνισότροπον σῶμα. Γενικῶς εὐρέθη ὅτι:

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

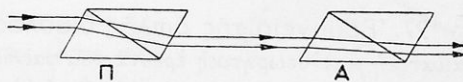
II. Οἱ κρύσταλλοι ὧλων τῶν ἄλλων κρυσταλλικῶν συστημάτων, ἐκτὸς τοῦ κυβικοῦ συστήματος, εἶναι ὁπτικῶς ἀνισότροπα σώματα καὶ παρουσιάζουν τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

98. Πολωτικαὶ συσκευαί.—Ἐπειδὴ οἱ διπλοθλαστικοὶ κρύσταλλοι δίδουν ὀλικῶς πεπολωμένας ἀκτῖνας, διὰ τοῦτο οἱ κρύσταλλοι οὗτοι χρησιμοποιοῦνται ὡς **πολωτικαὶ συσκευαί**. Ταύτη ἀπλή συσκευή εἶναι τὸ πρῖσμα Nicol. Τοῦτο εἶναι κρύσταλλος ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ὁ ὁποῖος ἔχει κοπὴν εἰς δύο (σχ. 117). Τὰ δύο ἡμίση τοῦ κρυστάλλου ἔχουν ἔπειτα συγκολληθῇ μὲ λεπτὸν στρώμα βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ. Ἡ τακτικὴ ἀκτὶς ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ βαλσάμου τοῦ Καναδᾶ καὶ ἐξαφανίζεται. Οὕτως ἐξέρχεται ἀπὸ τὸν κρύσταλλον μόνον ἡ ἑκτακτος ἀκτὶς, κατὰ διευθύνσιν παράλληλον πρὸς τὴν προσπίπτουσαν. Ἡ ἐξερχομένη ἑκτακτος ἀκτὶς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Ἐν ἄλλο πρῖσμα Nicol δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς ἀναλύτης (σχ. 118).



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

Διὰ τὴν εὐκόλον παραγωγὴν πεπολωμένου φωτός χρησιμοποιεῖται τελευταίως ἐν τεχνητῶς παρασκευαζόμενον σῶμα, τὸ **πολωτικὸν σῶμα**. Τὸ σῶμα τοῦτο κατασκευάζεται ὑπὸ μορφῇ πολὺ λεπτοῦ στρώματος, τοῦ ὁποῖου ἡ ὕλη ἔχει διαποτισθῇ ἀπὸ μικροῦς βελονοειδεῖς κρυστάλλους μιᾶς ἐνώσεως τῆς κινίνης (ἐραπαθίτης). Ἐκαστος τοιοῦτος κρύσταλλος συμπεριφέρεται,



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

ὅπως ἐν πρῶσιν Nicol, δηλαδή ἀπορροφᾷ τὴν μίαν ἀκτῖνα καὶ ἀφήνει νὰ διέλθῃ μόνον ἡ ἄλλη ἀκτίς, ἡ ὁποία εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένη. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι ἀπλώνονται οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονες των νὰ εἶναι παράλληλοι. Τὸ πολωτικὸν σῶμα τοποθετεῖται μεταξὺ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν· ἡ διάταξις αὐτὴ ἀποτελεῖ **πολωτὴν**.

Μία ἄλλη ὅμοια διάταξις δύναται νὰ χρησιμοποιοῦν ὡς **ἀναλύτης**. Εἰς τὴν θέσιν διασταυρώσεως ἐπέρχεται κατάργησις τοῦ διερχομένου φωτός

(σχ. 119). Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται

εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός,

τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτως οἱ φάροι τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἡ ὑαλίνη πλάξ,

διὰ μέσου τῆς ὁποίας βλέπει ὁ ὁδηγός, φέρουν πολωτικὸν σῶμα (πολωτὴς), τοῦ ὁποίου ὁ ἄξων

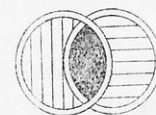
σχηματίζει γωνίαν $\alpha = 45^\circ$ μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Εἰς ὅλα τὰ αὐτοκίνητα ἡ γωνία α εἶναι ἡ

ἰδίᾳ καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Κατὰ τὴν διασταύρωσιν, δύο ἀντιθέτως κινουμένων αὐτοκινήτων ἡ ἔμπροσθεν τοῦ

ὁδηγοῦ ὑαλίνη πλάξ λειτουργεῖ ὡς ἀναλύτης διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τῶν

φάρων τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου καὶ δὲν ἀφήνει νὰ διέλθῃ διὰ τῆς πλακῶς τὸ φῶς τοῦτο· διότι οἱ ἄξονες πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι κά-

θετοι. Οὕτως ἀποφεύγεται ἡ ἐνόχλησις ἐκάστου ὁδηγοῦ ἀπὸ τοῦ φῶς τῶν



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

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

71. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι $6\,438\text{ \AA}$. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὴν ὕαλον, ἐὰν ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕαλου εἶναι 1,747;

72. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι $6\,000\text{ \AA}$. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης;

73. Διὰ δύο εἶδη ὕαλου ὁ δείκτης διαθλάσεως αὐτῶν ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι ἀντιστοίχως 1,4 καὶ 1,6 διὰ μίαν ὁρισμένην ἀκτινοβολίαν. Πόσος εἶναι ὁ λόγος τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὰ δύο εἶδη τῆς ὕαλου;

74. Μία ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἀέρα μῆκος κύματος $5\,000\text{ \AA}$. Νὰ μετρηθῇ εἰς μήκη κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης 1 cm ἀέρος καὶ 1 cm ὕδατος, τῆς ὁποίας ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι $3/2$.

75. Μία φωτεινὴ ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἀέρα μῆκος κύματος $\lambda = 0,6\text{ }\mu$. Νὰ εὐρεθῇ ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης, ἂν ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἶναι $300\,000\text{ km/sec}$. Πόσον γίνεται τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἂν ἐντὸς αὐτοῦ ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι $225\,000\text{ km/sec}$;

76. Δύο εὐθύγραμμοι φωτειναὶ πηγαὶ A καὶ B , παράλληλοι μεταξὺ των, ἀπέχουν ἢ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην 1 mm . Ἐπὶ πετάσματος Π , τὸ ὁποῖον εἶναι παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῶν δύο πηγῶν, παρατηροῦμεν τοὺς κροσσοὺς συμβολῆς τοῦ φωτός τῶν δύο πηγῶν. Ἡ ἀπόστασις τοῦ πετάσματος ἀπὸ τὸ ἐπίπεδον τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἶναι 1 m . Αἱ δύο πηγαὶ ἐκπέμπουν μονόχρουν φῶς, ἔχον μῆκος κύματος $\lambda = 0,47\text{ }\mu$. Νὰ εὐρεθῇ εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κεντρικὸν κροσσὸν εὐρίσκεται ὁ ἑνυαυτός κροσσός.

12. ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. Φάσματα ἐκπομπῆς. — Ἡ ἔρευνα τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διαφοροὶ φωτειναὶ πηγαί, γίνεται μὲ τὸ φασματοσκόπιον (σχ. 92). Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἓν διάπυρον στερεὸν ἢ ὑγρὸν σῶμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἓν συνεχὲς φάσμα, δηλαδὴ μίαν συνεχῆ σειρὰν ἀκτινοβολιῶν χωρὶς καμμίαν διακοπὴν. Τοιοῦτον φάσμα δίδουν π.χ. τὸ διάπυρον σύρμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον, ἢ φλὸξ ἐνὸς κηρίου, τὰ διάπυρα μέταλλα κ.ἄ. Διὰ νὰ λάβωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν οἱ διάπυροι ἀτμοὶ τῶν μετάλλων, εἰσάγωμεν ἐντὸς τῆς φλογὸς τοῦ λύχνου Bunsen ἢ ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου, μικρὸν τεμάχιον ἐνὸς ἄλλου τοῦ μετάλλου τούτου. Τέλος τὰ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἀέρια (π.χ. ὑδρογόνον, ὀξυγόνον, ἄζωτον κ.ἄ.) τὰ ἀναγκάζομεν νὰ γίνουν φωτειναὶ πηγαὶ διὰ τοῦ σωλῆνος τοῦ Geissler (σχ. 120). Ἐντὸς τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος ὑπάρχει τὸ πρὸς ἐξέτασιν ἀέριον ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν. Ὄταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος παράγωνται ἡλεκτρικαὶ

ἐκκενώσεις, τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ καὶ ἰδίως ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει εἰς τὸ στενότερον τμήμα τοῦ σωλήνος. Ἐὰν λοιπὸν ἐξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει διάπυρον ἀέριον ἢ ἀτμός, θὰ παρατηρήσωμεν ἐν ἀσυνεχῆς φάσμα, δηλαδή ὠρισμένας μόνον φωτεινάς γραμμάς. Ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ φωτοβολοῦντος αἰρίου. Οὕτως τὸ φάσμα τοῦ ὕδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας μόνον γραμμάς. Αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὰ ἐξῆς μήκη κύματος:

0,656 μ, 0,486 μ, 0,434 μ, 0,410 μ.

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



Σχ. 120. Σωλήν Geissler διὰ τὴν διέγερσιν τῆς φωτοβολίας αἰρίων.

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

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

Ὅταν ἡ πίεσις τοῦ αἰρίου αὐξάνεται, αἱ γραμमाὶ τοῦ φάσματος, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ αἶριον, πλατύνονται διαρκῶς καὶ τέλος ἐνώνονται. Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι:

Τὰ διάπυρα αἶρια ὑπὸ πολὺ μεγάλῃς πίεσεσι ἐκπέμπουν φῶς, τὸ ὁποῖον δίδει φάσμα συνεχές.

100. Φάσματα ἀπορροφῆσεως. — Μόνον τὸ κενὸν εἶναι τελείως διαφανές. Ἐπομένως τὸ φῶς διέρχεται διὰ τοῦ κενοῦ, χωρὶς νὰ ὑποστῇ καμμίαν ἀλλοίωσιν. Ἀντιθέτως, ὅλα τὰ διαφανῆ σώματα ἀπορροφῶν πάντοτε μέρος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν. Εὐκόλως δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν τὴν τοιαύτην ἀπορρόφησιν τοῦ φωτός ὑπὸ τῶν διαφόρων διαφανῶν σωμάτων. Μετὰ τὸ φασματοσκόπιον παρα-

τηροῦμεν τὸ συνεχὲς φάσμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ τόξου. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς τοῦ κατευθυντήρος τοῦ φασματοσκοπίου τοποθετοῦμεν ὑαλίνην πλάκα σκοτεινοῦ ἐρυθροῦ χρώματος. Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ἀπὸ τὸ προηγούμενον συνεχὲς φάσμα ἀπομένει μόνον τὸ τμήμα τοῦ σκοτεινοῦ ἐρυθροῦ χρώματος. Ὁλόκληρον τὸ ὑπόλοιπον μέρος τοῦ φάσματος ἐλλείπει, διότι αἱ ἀκτινοβολαὶ αὐταὶ ἀπερροφήθησαν ἀπὸ τὴν ὑαλόν. Τὸ παρατηρούμενον τότε φάσμα εἶναι ἐν **φάσμα ἀπορροφῆσεως**. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι:

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

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

Ἐν διάπυρον ἀέριον ἀπορροφᾷ ἐκεῖνας 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 ἓνα συνεχὲς φάσμα, εἰς τὸ ὁποῖον ὅμως ὑπάρχει μεγάλος ἀριθμὸς **σ κ ο τ ε ι ν ῶ ν γ ρ α μ μ ῶ ν**. Ὡστε τὸ ἡλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν **φάσμα ἀπορροφῆσεως**. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ἡλιακὸν φῶς. Μερικαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινάς γραμμάς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος εἶναι ζωηρότεραι, ὅταν ὁ ἥλιος εὕρεσκειται εἰς τὸν ὀρίζοντα, καὶ ἐξασθενοῦν, ἐφ' ὅσον ὁ ἥλιος πλησιάζει πρὸς τὸ Zenith. Ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τῶν σκοτεινῶν τούτων γραμμῶν φανερώνει ὅτι αὐταὶ ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὠρισμένων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἡλιακοῦ φωτός

ὑπὸ τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας. Αἱ ἴδιαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτός ἐνὸς φάρου, εὐρισκομένου εἰς ἄρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητήν. Αἱ περισσότεραι ὅμως σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθερὰν τὴν ἑντασίν των, ἀνεξαρτήτως τῆς τροχιάς τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς γηίνης ἀτμοσφαίρας. Ἡ ἀπορρόφησης τῶν ἀντιστοιχούντων ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ Ἡλίου. Πολλὰ ἀπὸ τὰς σκοτεινὰς γραμμάς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος κατέχουν ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δίδουν ὠρισμένα διάπυρα ἀέρια. Οὕτω π.χ. εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα ὑπάρχει μία διπλῆ σκοτεινὴ γραμμὴ, καταλαμβάνουσα ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῆς διπλῆς κιτρίνης γραμμῆς τοῦ νατρίου.

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

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

103. Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις. — Ἡ σπουδὴ τῶν φασμάτων ἐκπομπῆς καὶ ἀπορροφήσεως προσφέρει μεγάλας ὑπηρεσίας εἰς τὴν χημικὴν ἀνάλυσιν. Ὁ διὰ τῆς μελέτης τοῦ φάσματος προσδιορισμὸς ἐνὸς στοιχείου εἰς μίαν ἑνωσιν καλεῖται **φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις**. Αὕτη εἶναι πολὺ περισσότερον εὐαίσθητος ἀπὸ τὴν χημικὴν

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

104. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων.— Εἰς τὴν φασματοσκοπικὴν ἀνάλυσιν στηρίζεται ἡ **Ἀστροφυσικὴ**, ἡ ὁποία ἐξετάζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τῶν ἀστέρων. Ἡ τοιαύτη ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ φῶς τῶν πλανητῶν καὶ τῆς Σελήνης δίδει φάσμα ὅμοιον πρὸς τὸ ἡλιακὸν φάσμα. Οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες ἀναλόγως τοῦ φάσματός των κατατάσσονται εἰς ὀρισμένον ἀριθμὸν τύπων ἀστέρων (φασματικοὶ τύποι). Γενικῶς διακρίνονται τέσσαρες μεγάλαι κατηγορίαι ἀπλανῶν: α) Οἱ λευκοὶ καὶ κυανόλευκοι ἀστέρες, τῶν ὁποίων τὸ φάσμα ἀποτελεῖται κυρίως ἀπὸ τὰς γραμμὰς τοῦ ἡλίου καὶ τοῦ ὕδρογόνου. β) Οἱ κίτρινοι ἀστέρες ἀνάλογοι πρὸς τὸν Ἥλιον, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν αἱ γραμμαὶ τῶν μετάλλων. γ) Οἱ ἐρυθροκίτρινοι ἀστέρες, τῶν ὁποίων τὸ φάσμα παρουσιάζει ζωηρὰς σκοτεινὰς ταινίας· αἱ ταινίαι φανερόνουν ὅτι ἐπὶ τῶν ἀστέρων τούτων ὑπάρχουν χημικαὶ ἐνώσεις. δ) Οἱ ἐρυθροὶ ἀστέρες, εἰς τὸ φάσμα τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν αἱ χαρακτηριστικαὶ ταινίαι τοῦ ἀνθρακος. Οἱ ἐκτὸς τοῦ Γαλαξίου εὐρισκόμενοι σπειροειδεῖς νεφελοειδεῖς δίδουν συνεχὲς φάσμα, τὸ ὁποῖον διακόπτεται ἀπὸ μερικὰς σκοτεινὰς γραμμὰς (κυρίως τοῦ ἀββεστίου, τὰς δύο γραμμὰς τοῦ ὕδρογόνου καὶ μερικὰς γραμμὰς ἀμῶν μετάλλων). Ἡ μέτρησις τῶν μνηῶν κύματος τῶν ἀντιστοιχούντων εἰς τὰς διαφόρους γραμμὰς ἀπέδειξεν ὅτι τὸ Σύμπαν διαστέλλεται αὐτομάτως. Ἡ θεωρία τῆς σχετικότητος ἀποδίδει τὴν παρατηρουμένην διαστολὴν τοῦ Σύμπαντος

εἰς ἓν εἶδος διαστολῆς τοῦ χώρου, ὁ ὁποῖος ἐξογκώνεται ὅπως μία πομφόλυξ σάπωνος.

Ἡ φασματοσκοπικὴ ἐξέτασις τῶν ἀστέρων ἀπέδειξεν ὅτι:

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

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



Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

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

πέμπουν αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαί, εὐρέθησαν ὑπερύθροι ἀκτινοβολίαι, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0,750 μ καὶ 300 μ. Εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα εὐρίσκουμεν ἐπίσης ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Τοιαύτας ἀκτινοβολίας ἐκπέμπουν ἀφθόνωσ καὶ ὅλαι γενικῶς αἱ συσκευαὶ θερμάνσεως (θερμάστραι, καλοριφέρ κ.ἄ.). "Ωστε:

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

II. Αἱ ὑπερύθροι ἀκτινοβολίαι ἐξασκοῦν θερμικὰς δράσεις.

106. Ἀπορρόφησης τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.—Ἡ ὕαλος, ὁ χαλαζίας, τὸ ὕδωρ ἀπορροφῶν σχεδὸν ἐξ ὁλοκλήρου τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως τὸ ὀρυκτὸν χλωριούχον νάτριον εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανὲς διὰ τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὑπερύθρων ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ ὀρυκτὸν χλωριούχον νάτριον. Εἰς τὸ ὑπερύθρον τμήμα τοῦ φάσματος εὐρίσκουμεν θέσεις, εἰς τὰς ὁποίας δὲν παρατηρεῖται καμμία θερμικὴ δράσις. Εἰς τὰς θέσεις αὐτάς δὲν ὑπάρχουν ὑπερύθροι ἀκτινοβολίαι, ἤτοι εἶναι σ κ ο τ ε ι ν α ἰ γ ρ α μ μ α ἰ τοῦ θερμικοῦ φάσματος καὶ ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησην ὠρισμένων ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.

107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι.—Τὸ λευκὸν φῶς ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ προκαλῇ χ η μ ι κ ᾶ ς δ ρ ᾶ σ ε ι ς · οὕτω προκαλεῖ τὴν ἔνωσιν τοῦ ὑδρογόνου μὲ τὸ χλώριον, τὴν διάσπασιν τοῦ χλωριούχου ἀργύρου κ.ἄ. Διὰ νὰ ἐξετάσωμεν τὰς χημικὰς ιδιότητας τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτός, προβάλλομεν τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακός. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν τῆς φωτογραφικῆς πλακός, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἐρυθρὸν τμήμα τοῦ φάσματος δὲν προκαλεῖ καμμίαν προσβολὴν τῆς πλακός. Ἡ προσβολὴ αὐτῆς ἀρχίζει ἀπὸ τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρίνου καὶ βαίνουσα συνεχῶς ἀξαναμένῃ συνεχίζεται πέραν τοῦ ἰώδους, ὅπου παρατηρεῖται ἡ μεγίστη προσβολὴ τῆς φωτογραφικῆς πλακός. "Ωστε εἰς τὴν πέραν τοῦ ἰώδους περιοχὴν τοῦ φάσματος ὑπάρχουν ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἐντόνους χ η μ ι κ ᾶ ς δ ρ ᾶ σ ε ι ς καὶ καλοῦνται ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι ἢ καὶ χημικαὶ ἀκτινοβολίαι. Αἱ ἀκτινοβολίαι

αὐταὶ ἔχουν μῆκη κύματος μικρότερα ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Κατὰ διαφόρους τρόπους κατωρθώθη νὰ ἀπομονωθοῦν καὶ νὰ μελετηθοῦν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0,4 μ καὶ 0,1 μ. Εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα εὐρίσκουμεν ἐπίσης ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ὅλαι αἱ πηγαὶ λευικοῦ 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 ἐξασκοῦν ἐντόνους βιολογικὰς δράσεις. Οὕτως αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὰ φαινόμενα τῆς ἡλιάσεως κατὰ τὸ θέρος· φονεύουν τὰ μικρόβια καὶ διὰ τοῦτο εἰς τὰς ἀκτινοβολίας αὐτὰς ἀποδίδεται ἡ μικροβιοκτόνος ἐνέργεια τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες εἶναι ἐπιβλαβεῖς διὰ τὸν ὀφθαλμὸν. Ὡστε:

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

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

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

✕ 109. Φθορισμός.—Ἐντὸς δοχείου περιέχεται ὕδωρ. Ρίπτομεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος ὀλίγας σταγόνas διαλύματος θεικῆς κινίνης καὶ φωτίζομεν τὸ δοχεῖον μὲ τὸ λευκὸν φῶς ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Τὸ ὕδωρ

τοῦ δοχείου, τὸ ὁποῖον προηγουμένως ἦτο ἄχρουν, ἐκπέμπει τώρα ἐν ἀνοικτὸν κυανοῦν φῶς. Μόλις ὅμως παύσωμεν νὰ φωτίζωμεν τὸ διάλυμα, ἀμέσως διακόπτεται καὶ ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτὸς τούτου. Λέγομεν ὅτι τὸ διάλυμα τῆς θεικῆς κινίνης εἶναι ἐν φθορίζον σῶμα. Ἐκτὸς τῆς θεικῆς κινίνης καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ φθορίζουν (π.χ. ἡ ὕαλος τοῦ οὐρανίου, τὸ φθοριοῦχον ἀσβέστιον, ὁ κυανιοῦχος βαριολευκόχρυσος, τὰ πετρελαία, τὸ διάλυμα ἐσκουλίνης, οἱ ἀτμοὶ τοῦ ἰωδίου, τοῦ νατρίου, τοῦ ὑδραργύρου κ.ά.). Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ φαινομένου τοῦ **φθορισμοῦ** εὗρέθη ὅτι τὸ χρῶμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει τὸ φθορίζον σῶμα διαφέρει ἀπὸ τὸ προσπίπτον ἐπὶ τοῦ σώματος φῶς καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ σώματος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

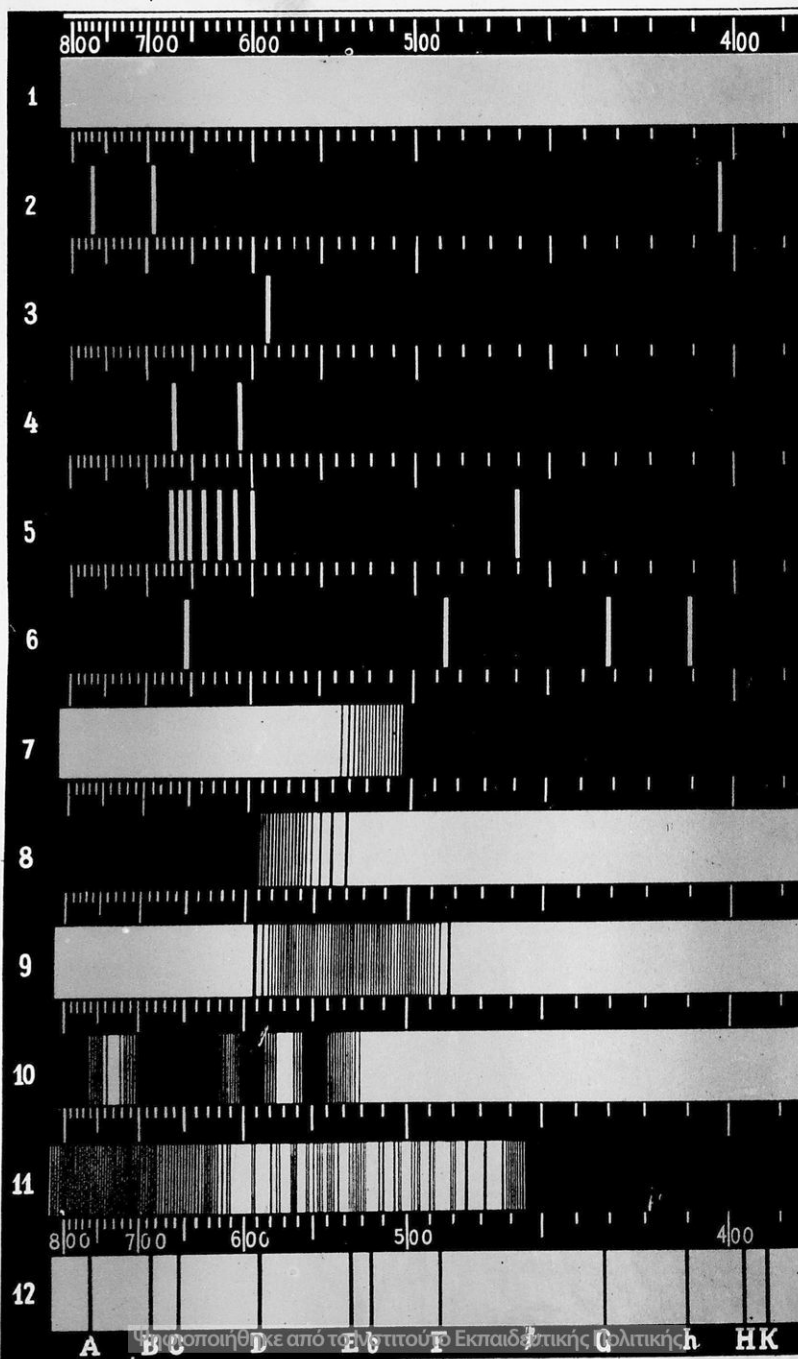
I. Φθορισμὸς εἶναι ἡ ιδιότης πολλῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν χαρακτηριστικὸν φῶς, ἐφ' ὅσον ἐπ' αὐτῶν προσπίπτει τὸ φῶς μιᾶς πηγῆς.

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

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

✠ 110. Φωσφορισμός.— Καλύπτομεν τὴν μίαν ἐπιφάνειαν διαφράγματος μὲ στρῶμα θειοῦχου ψευδαργύρου. Ἐκθέτομεν τὸ στρῶμα τοῦτο ἐπ' ὀλίγον χρόνον εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς ἢ εἰς τὸ φῶς μιᾶς ἰσχυρᾶς πηγῆς φωτὸς καὶ ἔπειτα φέρομεν τὸ διάφραγμα ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ στρῶμα τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου ἐκπέμπει ζωηρὸν πρασινωπὸν φῶς· ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτὸς τούτου διαρκεῖ ἐπὶ μακρὸν χρόνον μετὰ τὴν κατάργησιν τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Λέγομεν ὅτι ὁ θειοῦχος ψευδαργύρος

Πίναξ φασμάτων



Ἐπεξηγήσεις τοῦ πίνακος τῶν φασμάτων

Α' Φάσματα ἐκπομπῆς

1. Συνεχές φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός
2. Φάσμα γραμμῶν τοῦ καλίου
3. » » » νατρίου
4. » » » λιθίου
5. » » » στροντίου
6. » » » ὑδρογόνου

Β' Φάσματα ἀπορροφῆσεως

7. Φάσμα ἀπορροφῆσεως διαλύματος διχρωμικοῦ καλίου
8. » » » ἁμμωνιακοῦ ὀξειδίου τοῦ χαλκοῦ
9. » » » ὑπερμαγγανικοῦ καλίου
10. » » ὑάλου κοβαλτίου
11. » » διοξειδίου τοῦ ἄζωτου
12. » τοῦ ἡλιακοῦ φωτός (ἡλιακὸν φάσμα)

Οἱ ἄνω ἀριθμοὶ δίδουν τὰ μήκη κύματος εἰς nm (millimicron)

εἶναι ἐν φωσφορίζον σώμα. Ἐκτὸς τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου ὑπάρχουν καὶ μερικά ἄλλα σώματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ φωσφορίζουν (π.χ. τὸ ἀδάμας, τὰ θειοῦχα ἄλατα τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ βαρίου, τοῦ στροντίου, τοῦ καδμίου). Ὁ **φωσφορισμός** παρατηρεῖται πάντοτε εἰς στερεὰ σώματα. Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτός καὶ ἡ διάρκεια τοῦ φωσφορισμοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ σώματος. Ὡστε:

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

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

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

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

112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.—Θερμαινόμεν συνεχῶς ἐν σῶμα (π.χ. μίαν μεταλλικὴν σφαῖραν), ὥστε ἡ θερμοκρασία του νὰ βαίνει συνεχῶς αὐξανόμενη. Τὸ σῶμα ἐκπέμπει τότε κατ' ἀρχὰς ἀοράτους ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ σῶμα εἶναι τότε σκοτεινόν. Καθ' ὅσον προχωρεῖ ἡ θέρμανσις τοῦ σώματος, αὐξάνεται ἡ ἔντασις τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων καὶ

ἐπὶ πλεόν ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπη καὶ ὁρατὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν. Λέγομεν τότε ὅτι τὸ σῶμα εἶναι ἐρυθροπυρωμένον. Ἐφ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ὑψωσις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος, προχωρεῖ διαδοχικῶς καὶ ἡ ἐμφάνισις τῶν λοιπῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος καὶ τέλος τὸ σῶμα ἐκπέμπει, ἐκτὸς τῶν προηγουμένων ἀκτινοβολιῶν, καὶ ἀοράτους ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι:

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

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

113. Θεωρία τῶν κβάντα.— Τὸ φῶς ἐκπέμπεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν ὕλην, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα. Ἐκ πρώτης ὕψεως φαίνεται ὅτι ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὰς ἀκτινοβολίας συν-
χῶς. Ἡ τοιαύτη ὁμως ἀντίληψις δὲν ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνευθοῦν θεωρητικῶς ὠρισμένα φαινόμενα. Πλήρη θεωρητικὴν ἐρμηνείαν τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀπορροφῆσεως τῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τὴν ὕλην δίδει ἡ **θεωρία τῶν κβάντα**, ἡ ὁποία διευτυπώθη ἀρχικῶς ἀπὸ τὸν Planck (1900) καὶ θεωρεῖται σήμερον ὡς μία ἀπὸ τὰς ὠραιότερας κατακτήσεις τοῦ ἀνθρωπίνου πνεύματος. Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ ὕλη ἐκπέμπει καὶ ἀπορροφᾷ τὴν ἐνέργειαν ἀσυνεχῶς. Δέχεται δηλαδὴ ἡ θεωρία τῶν κβάντα ὅτι τὸ ἄτομον τῆς ὕλης ἐκπέμπει τὴν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφήν κοκκιδίων ἐνεργείας, τὰ ὁποῖα ὀνομάζει **κβάντα** (quanta). Ἀπὸ τὸ ἄτομον δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα, ἀλλὰ ἐκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμέναι ὁμάδες κυμάτων (κυματοσυσροί), ἐκάστη τῶν ἰστίων περικλείει ὠρισμένην ποσότητα ἐνεργείας. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν μεταφέρει ἕκαστον ἀπὸ τὰ κβάντα μιᾶς ἀκτινοβολίας συχνότητος ν, εἶναι ἀπολύτως ὠρισμένη καὶ ἴση μέ:

$$q = h \cdot \nu$$

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

114. Φύσις τοῦ φωτός.—Κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα ἡ φωτεινὴ ἀκτινοβολία ἔχει ἀσυνεχῇ κατασκευὴν καὶ ὁποτελεῖται ἀπὸ διακεκριμένα κ ο κ κ ί δ ι α ἐνεργείας, τὰ κβάντα φωτός ἢ φωτόνια. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας. Οὕτω τὰ φωτόνια τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας μεταφέρουν περισσότεραν ἐνέργειαν ἀπὸ τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας. Ἡ τοιαύτη ἀντίληψις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός ἀποτελεῖ μίαν σύνθεσιν τῶν δύο παλαιότερων καὶ ἐκ πρώτης ὄψεως τελείως ἀντιθέτων ἀντιλήψεων τοῦ Νεύτωνος καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἴπωμεν ὅτι:

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

Γ'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ - ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—Ὅταν τὸ λευκὸν φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε μέρος τοῦ φωτός ἀπορροφᾶται. Ἡ ἀπορροφησις αὕτῃ ἐξηγεῖ τὸ χρῶμα, τὸ ὁποῖον λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα. Εὐκόλως δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὁποίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἀπορροφᾷ ἐκλεκτικῶς ἐν σῶμα. Πρὸς τοῦτο φωτίζομεν τὸ σῶμα μὲ τὸ λευκὸν φῶς μιᾶς ἰσχυρᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ ἐξετάζομεν διὰ τοῦ φασματοσκοπίου τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος ἢ καὶ διέρχεται διὰ μέσου τούτου, ἂν τὸ σῶμα εἶναι διαφανές. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι τὰ διαφανῆ σώματα (ὑἄλος, ὕδωρ, χαλαζίας κ. ἄ.), τὰ ὁποῖα φαίνονται ἄχρσα, ἀφήνουν νὰ διέλθουν δι' αὐτῶν ὅλαι σχεδὸν αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ διαφανῆ σώματα, τὰ ὁποῖα φαίνονται ἐγγχρσα (χρωματισταὶ ὑἄλοι, διαλύματα χρωστικῶν οὐσιῶν κ. ἄ.) ἀπορροφοῦν ὀρισμένas ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία ὑἄλος φαίνεται πρασίνη, διότι δι' αὐτῆς διέρχονται αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ πρασίνου, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀκτινοβολίαι ἀπορροφῶνται.

Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα ὀφείλουν τὸ χρῶμα των εἰς τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος. Ἐὰν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός,

τότε τὸ σῶμα φαίνεται μαῦρον. Ἀντιθέτως ἂν ὅλαι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός διαχέωνται κατὰ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν, τότε τὸ σῶμα φαίνεται λευκόν. Τέλος ἂν τὸ σῶμα ἀπορροφᾷ ὥρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ χρῶμα τοῦ σώματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς διαχεομένας ἀκτινοβολίας. Τὸ χρῶμα ἐνὸς σώματος ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ σώματος φωτός. Οὕτως ἐν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου, ὅταν τεθῇ εἰς τὸ ἐρυθρόν τμήμα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, φαίνεται ἐρυθρόν· εἰς οἰανδήποτε ὅμως ἄλλην περιοχὴν τοῦ φάσματος φαίνεται μαῦρον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι:

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

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

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

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

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

ὅπου Α εἶναι μία σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν σωματιδίων.

Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ ὀφείλεται εἰς φαινόμενον διαχύσεως. Τὰ μόρια τῶν ἀερίων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαίρας, φωτιζόμενα ἀπὸ τὸ ἥλιακόν φῶς, διαχέουν τὰς προσπιπτούσας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἡ ἔντασις τῶν διαχχομένων ἀκτινοβολιῶν εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα διὰ τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὅποαι ἔχουν τὰ μικρότερα μήκη κύματος, δηλαδὴ διὰ τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας.



Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ τῶν μορίων καὶ τοῦ κονιορτοῦ τῆς ἀτμοσφαίρας.

Οὕτως εἰς τὸ διαχχομένον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας φῶς ἐπικρατεῖ τὸ κυανοῦν χρῶμα. Κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν τοῦ Ἡλίου τὸ ἥλιακόν φῶς, διὰ νὰ φθάσῃ εἰς ἡμᾶς, διέρχεται διὰ μέσου παχύτερου στρώματος ἀτμοσφαίρας. Κατὰ τὴν μακρὰν αὐτὴν πορείαν τοῦ χάνει διὰ διαχύσεως τὸ μεγαλύτερον μέρος τῶν κυανῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ καὶ οὕτω τὸ φῶς, τὸ ὅποῖον φθάνει εἰς ἡμᾶς, εἶναι τὸ συμπληρωματικόν τοῦ κυανοῦ. Ὁ οὐρανὸς ἔχει τότε ἐρυθροκίτρινον χρῶμα.

117. Φωτογραφία.—Ἡ φωτογραφία χρησιμοποιεῖ τὰς χημικὰς ιδιότητας τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν, διὰ νὰ ἀποτυπώσῃ μονίμως τὸ

εἰδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς σχηματίζομεν εὐκρινὲς εἰδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ μιᾷς ὑαλίνης πλακῆς, ἥ ὅποια ἔχει ἐπικαλυφθῇ μὲ λεπτὸν στρώμα γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου. Ἡ εὐαίσθητος πλάξ φυλάσσεται εἰς σκοτεινὸν χώρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτιζομένου μὲ ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολίαι τοῦ λευκοῦ φωτός καὶ ἰδίως αἱ κυαναὶ καὶ ἰώδεις ἀκτινοβολίαι ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων τοῦ βρωμιούχου ἀργύρου, τὰ ὅποια οὕτως ἀποσυντίθενται εὐκόλως ὑπὸ τῶν χημικῶν ἀντιδραστηρίων.

α) Ἀρνητικὸν εἰδωλον. Ἀφήνομεν νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς εὐαίσθητου πλακῆς καὶ δι' ὀλίγον μόνον χρόνον τὸ πραγματικὸν εἰδωλον



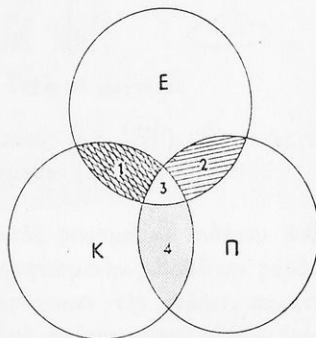
Σχ. 121. Ἀρνητικὴ φωτογραφικὴ πλάξ. Σχ. 122. Θετικὴ φωτογραφικὴ πλάξ.

τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ διάρκεια τῆς ἐκθέσεως τῆς πλακῆς εἰς τὸ φῶς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εὐαισθησίαν τῆς πλακῆς, τὸν φωτισμὸν καὶ τὸν φακὸν τῆς μηχανῆς. Μετὰ τὴν ἐκθεσίν της εἰς τὸ φῶς ἡ πλάξ δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἐκ πρώτης ὕψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν ὅμως βυθίσωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, ὁ βρωμιούχος ἀργυρὸς ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακῆς, εἰς τὰ ὅποια προσέπεσε τὸ φῶς· εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλας ἀδιαφανὴς ἀργυρὸς. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακῆς καλεῖται ἐμφάνισις. Ἐπειτα

ή πλάξ βυθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὅποιον διαλύει τὸν μὴ ἀναχθέντα βρωμιούχον ἄργυρον. Οὗτος εὑρίσκεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς, εἰς τὰ ὁποῖα δὲν προσέπεσε φῶς. Ἡ δευτέρα αὕτη κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται στερῶσις. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακὸς τὸ ἀρνητικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Τὰ ἀδιαφανῆ μέρη τοῦ εἰδώλου τούτου ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως τὰ διαφανῆ μέρη τοῦ εἰδώλου ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ σκοτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 121).

β) Θετικὸν εἶδωλον. Ἡ πλάξ, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀπετυπώθη τὸ ἀρνητικὸν εἶδωλον, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου· οὗτος εἶναι φύλλον χάρτου, τοῦ ὁποίου ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ με στρῶμα φωτοπαθοῦς ἐνώσεως. Ἡ πλάξ μετὰ τὸν κάτωθεν αὐτῆς εὑρισκόμενον χάρτην ἐκτίθεται εἰς τὸ ἥλιακὸν φῶς. Τοῦτο διέρχεται διὰ τῶν διαφανῶν μερῶν τοῦ ἀρνητικοῦ εἰδώλου 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) Εἶδη πλακῶν. Ἡ συνήθης φωτογραφικὴ πλάξ προσβάλλεται μόνον ἀπὸ τὰς πρασίνας, τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας. Ἐπεξητήθη νὰ κατασκευασθοῦν φωτογραφικαὶ πλάκες εὐαίσθητοι καὶ εἰς ἀκτινοβολίας μεγαλυτέρου μήκους κύματος. Οὕτως αἱ ὀρθοχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς τὰς ἀπὸ τοῦ ἰώδους μέχρι τοῦ κιτρίνου ἀκτινοβολίας, ἐνῶ αἱ πανχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός.



δ) Ἐγχρωμος φωτογραφία. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὅλα τὰ χρώματα, ἂν προστεθῶν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας τρεῖς μόνον ἀκτινοβολαί, αἱ ὁποῖαι διὰ τοῦτο καλοῦνται **πρωτεύουσαι ἀκτινοβολαί**. αὗται εἶναι αἱ ἀκτινοβολαί τοῦ ἐρυθροῦ, τοῦ

σχ. 123. Χρώματα ἐκ προσθέσεως τῶν πρωτεύοντων χρωμάτων: Εἰρυθρόν, Κ κυανόν, Π πράσινον. 1 πορφυροῦν, 2 κίτρινον, 3 λευκόν, 4 κυανοπράσινον.

πρασίνου καὶ τοῦ κυανοῦ (σχ. 123). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἑγχρωμος φωτογραφία, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ διαφόρων μεθόδων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

77. Πόσῃν ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς καὶ τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας, ἐὰν τὰ ἀντίστοιχα μῆκη κύματος αὐτῶν εἶναι $0,8 \mu$ καὶ $0,4 \mu$;

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

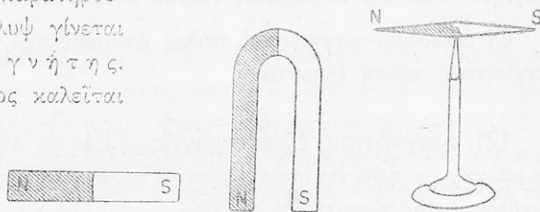
79. Μία ὑπεριώδης ἀκτινοβολία ἔχει μῆκος κύματος $0,1 \mu$. Πόση εἶναι ἡ ἐνέργεια ἐκάστου φωτονίου τῆς;

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

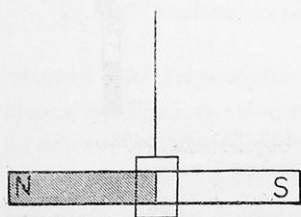
1. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

118. Θεμελιώδεις έννοιαι.—'Από την αρχαιότητα ήτο γνωστόν ότι ὁ φυσικὸς μαγνήτης (μαγνητικὸν ὀξείδιον τοῦ σιδήρου Fe_3O_4) ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ μικρὰ τεμάχια σιδήρου ἢ χάλυβος. Ἡ ιδιότης αὕτη καλεῖται μαγνητισμός. Ἐάν δι' ἐνὸς φυσικοῦ μαγνήτου προστρίψωμεν ἐπανειλημμένως καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν ράβδον χάλυβος, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ὁ χάλυψ γίνεται μονίμως μαγνήτης. Ὁ μαγνήτης οὗτος καλεῖται τεχνητὸς μαγνήτης. Εὐκόλως κατασκευάζονται σήμερον τεχνητοὶ μαγνήται μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος (§ 183). Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδουν διάφορα σχήματα (σχ. 124).



Σχ. 124. Τεχνητοὶ μαγνήται.

119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—'Εντὸς ρινισμάτων σιδήρου βυθίζομεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον. Ὅταν ἀνασύρωμεν τὴν ράβδον, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου ἔχουν προσκολληθῇ μόνον εἰς τὰ δύο ἅκρα τοῦ μαγνήτου, ὅπου σχηματίζουν θυσάνους. Τὰ δύο ἅκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται πόλοι αὐτοῦ. Ἐάν τὴν ἰδίαν ράβδον ἐξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου της διὰ νήματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν ἰσορροπίαν της ἡ ράβδος λαμβάνει ὠρισμέ-



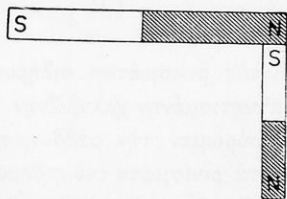
Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου.

νον πάντοτε προσανατολισμόν, στρέφουσα τὸν ἕνα πόλον τῆς πρὸς Βορρᾶν, τὸν δὲ ἄλλον πρὸς Νότον (σχ. 125). Ὁ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Βορρᾶν, καλεῖται βόρρειος πόλος (ἢ θετικὸς πόλος), ὁ δὲ πόλος, ὁ ὁποῖος στρέφεται πρὸς Νότον, καλεῖται νότιος πόλος (ἢ ἀρνητικὸς πόλος). Διεθνῶς ὁ βόρειος πόλος σημειώνεται μὲ Ν (Nord = Βορρᾶς), ὁ δὲ νότιος πόλος μὲ S (Sud = Νότος).

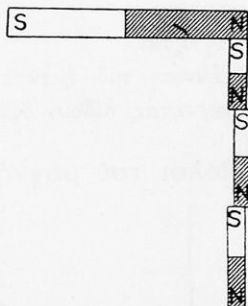
120. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.— Λαμβάνομεν μαγνητικήν βελόνην, ἣ ὁποία δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀπωθεῖται. Ἀντιθέτως, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον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

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

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



Σχ. 126. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγῆς.



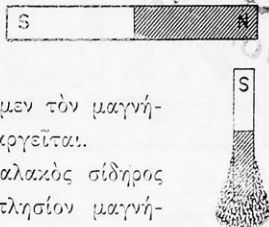
Σχ. 127. Ἀλυσις ράβδων μαλακοῦ σιδήρου.

βδου εἶναι παροδικὴ καὶ διαρκεῖ, ἐφ' ὅσον ἡ ράβδος εὐρίσκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν μαγνήτην. Ἡ μαγνητισμένη ράβδος δύναται νὰ μαγνήτισῃ ὁμοίως δευτέραν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Οὕτως εἶναι δυ-

νατὸν νὰ σχηματισθῇ ἄλλους μικρῶν μαγνητισμένων ράβδων (σχ. 127). Ἡ μαγνήτισις ὅλων τῶν ράβδων εἶναι πρόσκαιρος.

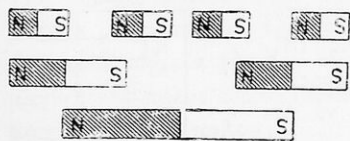
Ἡ μικρὰ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἂν ἀπλῶς πλησιάσωμεν εἰς αὐτὴν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου (σχ. 128). Ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἐπίσης παροδική. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου ἀμέσως καταργεῖται.

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



Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς.

122. Στοιχειώδεις μαγνήται.—Ἐὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην Α, παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο πόλους, ἓνα βόρειον καὶ ἓνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου ἐθραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφαίνονται δύο ἑτερονύμιοι πόλοι οὕτως, ὥστε ἕκαστον τῶν τεμαχίων νὰ παρουσιάσῃ πάλιν δύο ἑτερονύμους πόλους. Ἐὰν ἕκαστον τῶν τεμαχίων θραυσθῇ εἰς δύο νέα τεμαχία, θὰ εὐρωμεν ὅτι ἕκαστον νέον τεμαχίον ἔχει ἐπίσης δύο ἑτερονύμους πόλους. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου ἀποδεικνύεται ὅτι δὲν δύναμεθα ποτὲ νὰ ἀπομονώσωμεν τὸν ἓνα πόλον μαγνήτου καὶ ἐπομένως ἕκαστος μαγνήτης θὰ παρουσιάσῃ

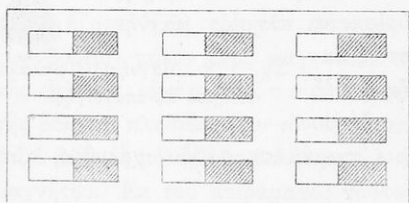
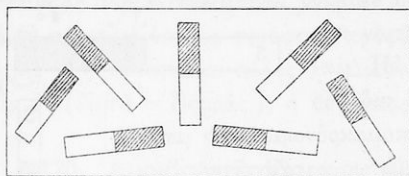


Σχ. 129. Θραῦσις μαγνήτου.

πάντοτε δύο ἑτερονύμους πόλους. Ἐὰν ἦτο δυνατόν νὰ ἐξακολουθήσωμεν τὴν θραῦσιν τοῦ μαγνήτου μέχρι τῶν ἐλαχίστων τμημάτων τοῦ μαγνήτου, δηλαδὴ μέχρι τῶν μορίων του, θὰ ἐβλέπομεν ὅτι ἕκαστον μῶριον εἶναι μικρότατος μαγνήτης μὲ δύο ἑτερονύμους πόλους.

Οἱ μικρότατοι οὗτοι μαγνήται καλοῦνται **στοιχειώδεις μαγνήται** (ἢ μοριακοὶ μαγνήται). Ὅταν μία ράβδος χάλυβος δὲν εἶναι μαγνητισμένη, οἱ στοιχειώδεις μαγνήται διατάσσονται ἀτάκτως ἐντὸς τῆς

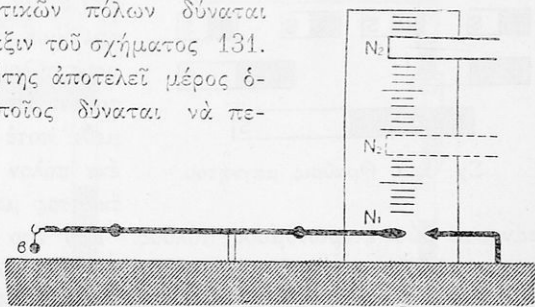
ράβδου (σχ. 130). Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἑνὸς μαγνητικοῦ πόλου οἱ στοιχειώδεις μαγνήται τῆς ράβδου διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον,



Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται.

μόλις ἀπομακρυνθῇ ὁ μαγνήτης (παροδικὴ μαγνήτισις). Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνατέρω ἀντιλήψεων ἐρμηνεύεται ἡ ἐμφάνισις νέων πόλων κατὰ τὴν θραῦσιν ἑνὸς μαγνήτου.

✱ 123. Νόμος τοῦ **Coulomb**.—Ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξύ δύο μαγνητικῶν πόλων δύναται νὰ μετρηθῇ μετὰ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 131. Εἰς ραβδόμορφος μαγνήτης ἀποτελεῖ μέρος ὀριζοντίου ἄξονος, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται, ὥπως ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ. Εἰς ὀρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου N_1 , φέρομεν τὸν βόρειον πόλον N_2 ἄλλου εὐθύγραμμου μαγνήτου.



Σχ. 131. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἀμοιβαίας δράσεως τῶν πόλων.

Ἡ μεταξύ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις ἰσορροπεῖται ἀπὸ τὸ βάρος δ. Ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ μεταξύ τῶν δύο πόλων

ἀπόστασις, ἡ ἄπωσις γίνεται 4 φορές μικροτέρα. Ἐκ τῶν μετρήσεων λοιπὸν εὐρίσκεται ὅτι ἡ μεταξὺ τῶν δύο ὁμωνύμων πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις μεταβάλλεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο πόλων. Ἐὰν ἄλλος βόρειος πόλος N_3 ἀπωθῇ ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως τὸν πόλον N_1 μὲ διπλασίαν δύναμιν, τότε πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ (m_3) τοῦ πόλου N_3 εἶναι διπλασία τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ (m_2) τοῦ πόλου N_2 . Ἐκ τῶν μετρήσεων τούτων εὐρέθη ὅτι ἡ μεταξὺ τῶν δύο πόλων ἀναπτυσσομένη ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὰς ποσότητας μαγνητισμοῦ τῶν πόλων. Οὕτω συνάγεται ὁ ἀκόλουθος νόμος τοῦ **Coulomb**:

Ἡ μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων ἀναπτυσσομένη ἀμοιβαία ἑλξις ἢ ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν δύο πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

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

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι οἱ δύο ἑτερόνυμοι πόλοι ἐνὸς μαγνήτου, δηλαδὴ ὁ βόρειος καὶ ὁ νότιος πόλος του, φέρουν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, τὴν ὁποίαν θεωροῦμεν συγκεντρωμένην εἰς δύο ὀρισμένα σημεῖα πλησίον τῶν ἄκρων τοῦ μαγνήτου. Δύο ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι εὐρίσκόμενοι εἰς σταθεράν ἀπόστασιν ἀποτελοῦν ἓν μαγνητικὸν δίπολον.

✱

124. Μονὰς 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 $F = 1 \text{ dyn}$, εὐρίσκουμεν ὅτι εἶναι $m_1 = 1$. Οὕτω καταλήγουμεν εἰς τὸν ἀκόλουθον ὅρισμόν τῆς μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ:

Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ, ἡ ὁποία, εὐρίσκομένη εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἄλλην ἴσην ποσότητα μαγνητισμοῦ, ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτῆς δύναμιν ἴσην μὲ 1 δύνην.

Ἡ ἀνωτέρω ὁρισθεῖσα μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ ὑπάγεται εἰς τὸ σύστημα μονάδων C.G.S.

Παράδειγμα. Δύο ἴσοι βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι, εὐρισκόμενοι εἰς ἀπόστασιν 2 cm ἀπωθοῦνται με δύναμιν 100 dyn. Πόση εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ ἐκάστου πόλου ;

Ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

2. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

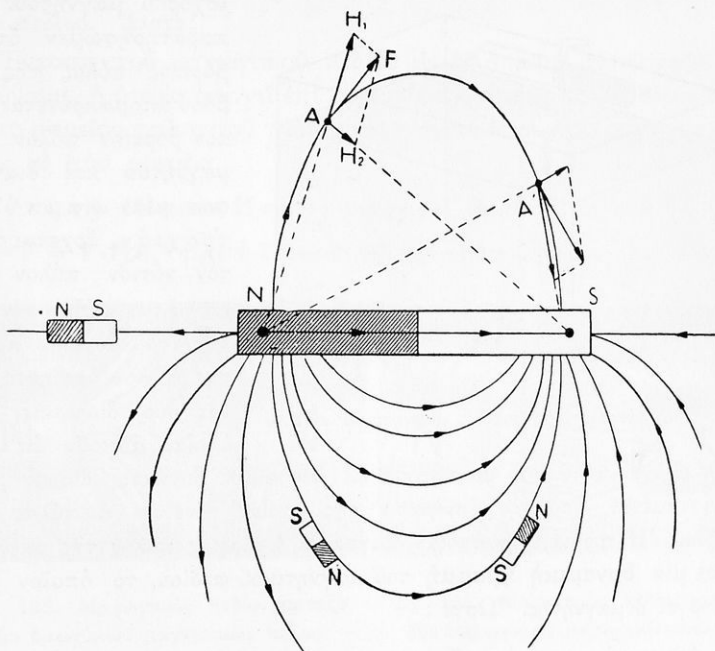
125. Μαγνητικὸν φάσμα.—Κάτωθεν μιᾶς ὀριζοντίας υαλίνης πλακὸς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφρῶς τὴν πλάκα με τὸν δάκτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰς γραμμὰς, αἱ ὁποῖαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου εἰς τὸν ἄλλον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



Σχ. 132. Μαγνητικὸν φάσμα.

τισθὲν διάγραμμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ γραμμαί, ἐπὶ τῶν ὁποίων διατίθενται τὰ ρινίσματα, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαί**. Διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακὸς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἐξηρητημένας ἀπὸ λεπτὸν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἡρεμήσῃ, εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦν ἐπὶ τῶν δύο πόλων τῆς οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου. Ὡστε τὸ μαγνητικὸν φάσμα σχηματίζεται, διότι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, μαγνητιζόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς, γίνονται μικροὶ μαγνήται, οἱ ὁποῖοι διατά-

σονται κατὰ τὴν ἐφαπτομένην εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



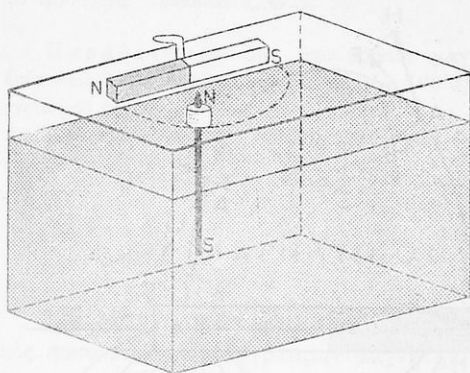
Σχ. 133. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

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

Μαγνητικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χώρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ ὁποῖαι φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Ἐπὶ μιᾷ μακρᾷ καὶ λεπτῇ μαγνητικῇ ράβδῳ στερεώνομεν δακτύλιον ἐκ φελλοῦ. Βυθίζομεν τὴν ράβδον κατακορύφως ἐντὸς ὕδατος

οὕτως, ὥστε νὰ ἐξέχη ἀπὸ τὸ ὕδωρ ὁ βόρειος πόλος τῆς (σχ. 134). Φέρομεν τὸν βόρειον πόλον τῆς ράβδου πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἐνὸς



Σχ. 134. Κίνησις ἐνὸς βορείου μαγνητικοῦ πόλου.

ισχυροῦ μαγνήτου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου καὶ διαγράφει μίαν καμπύλην τροχιάν, ἔρχεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἡ κίνησις αὕτη τοῦ βορείου πόλου τῆς ράβδου ὀφείλεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, τὰς ὁποίας ἀσχοῦν ἐπ' αὐ-

τοῦ οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου. Αἱ δύο αὗται δυνάμεις δίδουν μίαν συνισταμένην, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὁποίας κινεῖται ὁ πόλος τῆς ράβδου. Ἡ τροχία, τὴν ὁποίαν διαγράφει ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου, εἶναι μία **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ὁ μαγνήτης. Ὡστε :

Δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχία, τὴν ὁποίαν διαγράφει ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

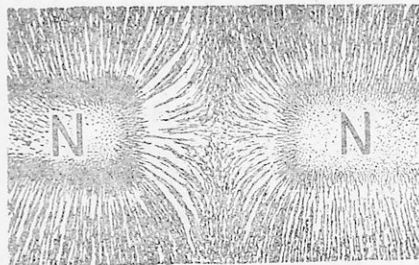
Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τούτου δεχόμεθα κατὰ συνθήκην ὅτι ἐκτὸς τοῦ μαγνήτου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου καὶ καταλήγουσιν εἰς τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

- # 127. Διευθύνσεις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.— Εἰς ἓν σημεῖον Α μίᾳς δυναμικῆς γραμμῆς εὐρίσκεται εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος (σχ. 133). Ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις F , κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ διευθύνσις τῆς δυνάμεως F καλεῖται **διευθύνσις** τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α. Ἐστω ὅτι ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, τὸν ὁποῖον ἐφέρομεν εἰς τὸ σημεῖον Α ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ m . Τότε εἰς τὸ σημεῖον Α ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς

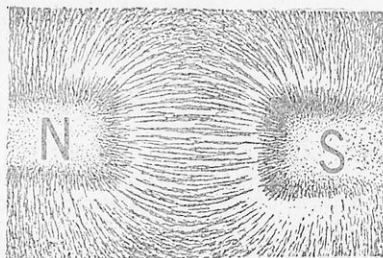
ποσότητος βορείου μαγνητισμού ενεργεί δύναμις $H = \frac{F}{m}$. Ἡ δύναμις αὕτη H καλεῖται ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον A τοῦ πεδίου. Ὡστε:

Ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ενεργεῖ ἐπὶ βορείου μαγνητικοῦ πόλου, φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου καὶ ἔχοντος ποσότητα μαγνητισμοῦ ἴσην μὲ τὴν μονάδα.

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν $H = \frac{F}{m}$ συνάγεται ὅτι, ἂν εἶναι $m = 1$ C.G.S καὶ $F = 1$ dyn, τότε ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι ἴση μὲ



Σχ. 135. Μαγνητικὸν πεδίου μεταξύ δύο ὁμωνύμων μαγνητικῶν πόλων.



Σχ. 136. Μαγνητικὸν πεδίου μεταξύ δύο ἐτερονύμων μαγνητικῶν πόλων.

τὴν μονάδα $H = 1$. Ἡ μονὰς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλεῖται **Gauss**.

† Εἰς τὰ σχήματα 135 καὶ 136 φαίνονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξύ δύο ὁμωνύμων ἢ δύο ἐτερονύμων μαγνητικῶν πόλων. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξύ δύο ἐτερονύμων μαγνητικῶν πόλων αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλαι. Τὸ μαγνητικὸν τοῦτο πεδίου καλεῖται ὁμογενές, εὐρίσκεται δὲ ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι σταθερὰ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ πεδίου.

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

Καλεῖται μαγνητικὴ ροή (Φ) τὸ γινόμενον τοῦ ἐμβαδοῦ (σ)

τῆς ἐπιφανείας ἐπὶ τὴν ἔντασιν (H) τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

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

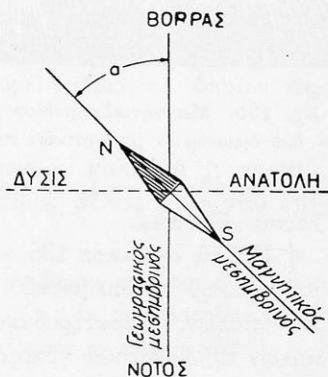
Ἐὰν εἶναι $\sigma = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $H = 1 \text{ Gauss}$, τότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ εἶναι ἴση μὲ τὴν μονάδα $\Phi = 1$. Ἡ μονὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς καλεῖται **Maxwell** (Mx). Οὕτως ἐὰν εἶναι $H = 20 \text{ Gauss}$, τότε ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται καθέτως δι' ἐπιφανείας $\sigma = 5 \text{ cm}^2$ θὰ εἶναι: $\Phi = 5 \cdot 20 = 100 \text{ Maxwell}$. Κατὰ συνθή-
κην ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι διέρχονται διὰ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας.



Σχ. 137. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

3. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

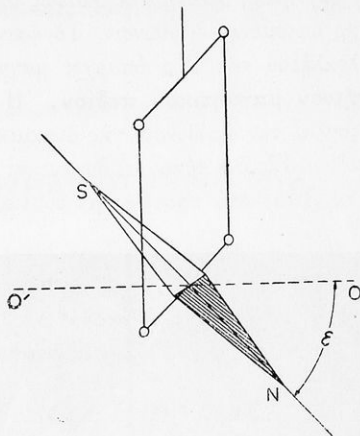
129. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις.—Ἐλαφρὰ μαγνητικὴ βελὸνὴ δύ-
ναται νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξο-
να ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Ὅταν ἡ βελὸνὴ
ἰσορροπῇ, λαμβάνει τοιαύτην θέσιν, ὥστε ὁ
κατὰ μῆκος ἄξων αὐτῆς διευθύνεται σχε-
δὸν ἀπὸ Βορρᾶ πρὸς Νότον. Τὸ κατακό-
ρυφον ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ
τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τῆς βελόνης, κα-
λεῖται **μαγνητικὸς μεσημβρινός**. Οὗτος
δὲν συμπίπτει μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημ-
βρινὸν τοῦ τόπου, ἀλλὰ σχηματίζει μὲ αὐ-
τὸν γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ
ἀπόκλισις** (σχ.138). Αὕτη εἶναι ἀνατολικὴ
ἢ δυτικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς
μαγνητικῆς βελόνης εὐρίσκεται πρὸς Ἀνα-
τολὰς ἢ πρὸς Δυσμὰς τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ μαγνητικὴ
ἀπόκλισις διαφέρει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Ὡστε:



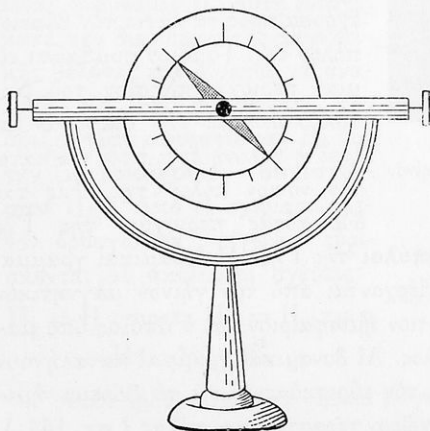
Σχ. 138. Ἀπόκλισις τῆς μαγνη-
τικῆς βελόνης.

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

130. Μαγνητική Έγκλισις.—'Ελαφρά μαγνητική βελόνη δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα ἐπὶ τοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. "Όταν ἡ βελόνη ἰσορροπῇ, τότε ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἔγκλισις** (σχ. 139). Αὕτη εἶναι θετικὴ ἢ ἀρνητικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης εὐρίσκεται κάτωθεν ἢ ἄνωθεν τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῆς βελόνης. Εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ, ἐνῶ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον εἶναι ἀρνητικὴ. Ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις ἔχει διάφορον τιμὴν εἰς τοὺς διαφόρους τόπους. "Ωστε :



Σχ. 139. "Εγκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης.



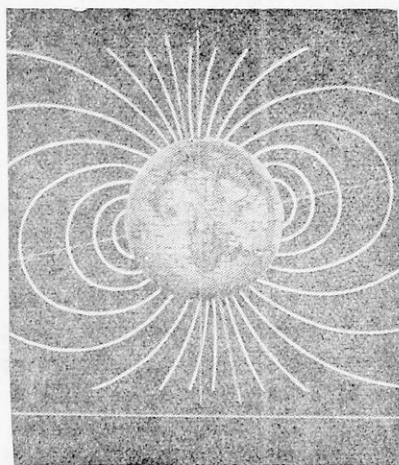
Σχ. 140. Πυξὶς ἐγκλίσεως μετατρεπομένη εἰς πυξίδα ἀποκλίσεως διὰ στρυφῆς τοῦ δίσκου κατὰ 90° .

ὅσον ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι ὀριζόντιος ἢ κατακόρυφος.

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

Ἡ συσκευὴ τοῦ σχ. 140 χρησιμεύει διὰ τὴν εὕρεσιν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως ἢ τῆς μαγνητικῆς ἐγκλίσεως, καθ'

131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίον.—Εἰς οἷονδήποτε τόπον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ ἀποκλίσεως ἰσορροπεῖ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς νῆ ἔχη ὀρισμένην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι περίξ ὁλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γῆινον μαγνητικὸν πεδίον**. Ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης ἐγκλίσεως δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓνα τόπον αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι κατὰ προσέγγισιν εὐθεῖαι παράλληλοι. Εἰς τὸν ἰσημερινὸν ἡ



Σχ. 141. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

μαγνητικὴ βελὸνὴ ἐγκλίσεως εἶναι περίπου ὀριζοντία. Ὅσον ὅμως προχωροῦμεν πρὸς Βορρᾶν ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχηματίζει μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς διαρκῶς μεγαλυτέραν γωνίαν, ἥτοι ἡ μαγνητικὴ ἐγκλίσις βαίνει συνεχῶς αὐξανόμενη. Εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἡ μαγνητικὴ βελὸνὴ ἐγκλίσεως γίνεται κατακόρυφος, ἔχουσα πρὸς τὰ κάτω τὸν βόρειον πόλον τῆς. Τὸ ἴδιον συμβαίνει εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ Νοτίου πόλου μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἐκεῖ ἡ βελὸνὴ ἔχει πρὸς τὰ κάτω τὸν νότιον πόλον τῆς. Εἰς τὰς δύο αὐτὰς περιοχὰς τῆς Γῆς

εὐρίσκονται οἱ δύο μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν γήινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον καὶ ὁ ὁποῖος ὑπὸ μαγνητικὴν ἀποψιν εἶναι βόρειος πόλος. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουν εἰς τὸν γήινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον, ἀφοῦ διαγράψουν εἰς τὸν χῶρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτως ὁ πλανήτης μας συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὸν δίπολον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς κυκλικὰ ἠλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ ἀκριβὴς θέσις τῶν δύο μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εἶναι ἡ ἐξῆς:

βόρειον ἡμισφαίριον :

γεωγραφικὸν πλάτος $70^{\circ}5'$ δυτικὸν γεωγραφικὸν μῆκος $96^{\circ}45'$

νότιον ἡμισφαίριον :

γεωγραφικὸν πλάτος $72^{\circ}25'$ ἀνατολικὸν γεωγραφικὸν μῆκος 154°

132. Ἔντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.— Εἰς τὸ σχῆμα 142 δεικνύονται τὰ ἐπίπεδα τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ (Γ) καὶ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (Μ). Μία μαγνητικὴ βελὸν ἔγκλισεως ἰσορροπεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ON. Αἱ γωνίαι α καὶ ε εἶναι ἀντιστοίχως ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις καὶ ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις.

Ἡ ἐντάσις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τοῦτον εἶναι ἡ δύναμις H. Αὕτη ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελόνης καὶ δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, τὴν ὀριζοντίαν συνιστώσαν H_0 καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν H_K . Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον ὀρθογώνιον τρίγωνον εὐρίσκονται αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις:

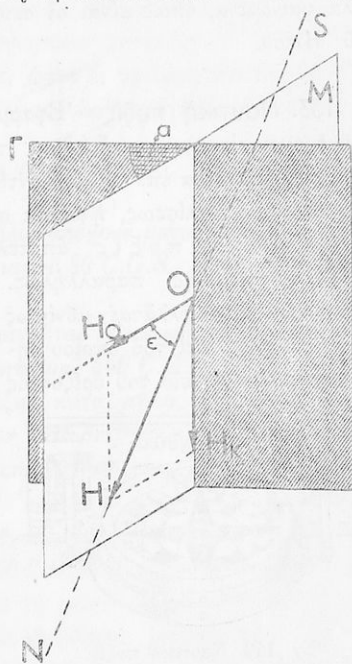
$$H_0 = H \cdot \sin \epsilon, \quad H_K = H \cdot \eta\mu \epsilon,$$

$$H^2 = H_0^2 + H_K^2$$

Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται ὅτι:

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

Ἀντὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου χρησιμοποιεῖται

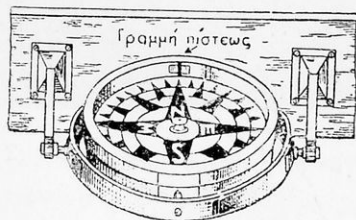


Σχ. 142. Αἱ δύο συνιστώσαι τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

συνήθως ὡς μαγνητικὸν στοιχεῖον ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα H_0 , ἡ ὁποία εὐρίσκεται εὐκόλως.

Μεταβολαὶ τῶν μαγνητικῶν στοιχείων ἑνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ἑνὸς τόπου δὲν ἔχουν σταθεράν τιμὴν, ἀλλ' ὑφίστανται κανονικὰς ἡμερησίας καὶ ἔτησίας μεταβολάς. Πολλὰκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἰφνιδίως μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται *μαγνητικαὶ θύελλαι*. Αἱ ἀπτόμοι αὐταὶ μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲ ἄλλα φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βόρειον σέλας, αἱ κηλίδες τοῦ Ἡλίου.

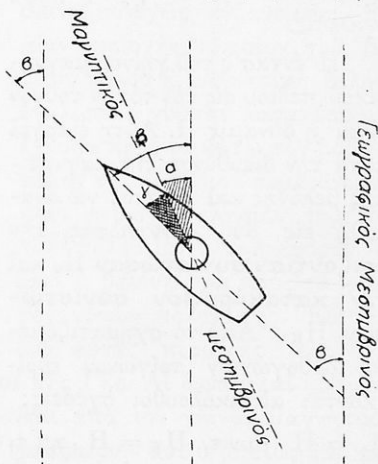
133. Ναυτικὴ πυξίς.—Ἐφαρμογὴν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν εἰς τὴν *πυξίδα*, τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦμεν διὰ νὰ προσανατολιζώμεθα ἐπὶ τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ πυξίς εἶναι μαγνητικὴ βελὸν ἄποκλίσεως, ἡ ὁποία στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἡ *ναυτικὴ πυξίς* ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς μαγνητικὰς βελόνας συννηνωμένας παραλλήλως. Ἐπ' αὐτῶν προσκολλᾶται μονίμως ἐλαφρὸς δίσκος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σημειώνονται τὰ σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος



Σχ. 143. Ναυτικὴ πυξίς.

καὶ αἱ διαιρέσεις τοῦ κύκλου. Ὁ δίσκος οὗτος καλεῖται *ἀνεμολόγιον*. Τὸ σύστημα τῶν βελονῶν ἀντιστοιχεῖ πρὸς ἓνα μαγνήτην, δυνάμενον νὰ

στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεωμένος εἰς τὸν πυθμένα χαλκίνου δοχείου (σχ. 143). Τὸ δοχεῖον τοῦτο ἐξαρτᾶται καταλλήλως (σύστημα Cardan), ὥστε ὁ ἄξων περιστροφῆς τοῦ ἀνεμολογίου νὰ εἶναι πάντοτε κατακόρυφος παρὰ τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ



Σχ. 144. Ἡ χρῆσις τῆς πυξίδος εἰς τὴν ναυσιπλοίαν.

σκάφους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ χαλκίνου δοχείου εἶναι χαραγμένη μικρὰ εὐθεῖα, ἡ γραμμὴ πίστεως, ἡ ὁποία δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τοῦ σκάφους. Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, ἡ γραμμὴ πίστεως στρέφεται καὶ αὐτὴ μετὰ τοῦ πλοίου, ἀλλὰ τὸ ἀνεμολόγιον διατηρεῖ θέσιν σταθεράν. Εἰς τὸν ναυτικὸν εἶναι γνωστὴ ἐκ τῶν χαρτῶν ἡ γωνία δ , τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μετὰ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστὴ καὶ ἡ ἀπόκλισις α , εὐρίσκεται ἡ γωνία γ , τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζῃ ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μετὰ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινόν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτῃ κατεύθυνσις, ὥστε ἡ γραμμὴ πίστεως νὰ εὐρίσκεται ἔμπροσθεν τῆς διαίρέσεως γ τοῦ βαθμολογημένου κύκλου.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

83. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως ποσότητας μαγνητισμοῦ 20 C.G.S. καὶ 30 C.G.S. Ἡ μεταξὺ τῶν δύο τούτων πόλων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Νὰ εὐρεθῇ ποῦ πρέπει νὰ τεθῇ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ἔχων ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S., ὥστε ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν δύο πόλων A καὶ B νὰ εἶναι ἴση μετὰ μηδέν.

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

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

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

87. Ἐκαστος τῶν πόλων μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίσεως ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 50 C.G.S. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἔχει μῆκος 10 cm. Ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,18$ Gauss. Πόσον ἔργον δαπανῶμεν, ὅταν ἀπομακρύνωμεν τὴν βελόνην κατὰ 60° ἀπὸ τὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας της;

88. Μαγνητικὴ βελόνη ἐγκλίσεως ἔχει μῆκος 10 cm ἕκαστος δὲ τῶν πόλων της ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 30 C.G.S. Ἡ βελόνη αἰωρεῖται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss, ἡ δὲ ἔγκλισις εἶναι 60° . Διὰ τὰ διατηρήσωμεν τὴν βελόνην ὀριζοντίαν, θέτομεν ἐπ' αὐτῆς μικρὸν ἱππία ἔχοντα βάρος 0,050 gr*. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς βελόνης πρέπει νὰ τεθῇ ὁ ἱππεύς;

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

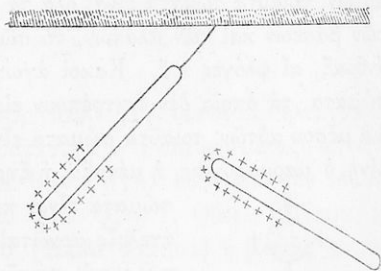
1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. Θεμελιώδη φαινόμενα.—“Εξ αἰῶνας π. Χ. ὁ Θαλῆς ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ ἤλεκτρον προστριβόμενον ἐπὶ μαλλίνου ὑφάσματος ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα (τρίχας, τεμάχια χάρτου, πτίλα κ. ἄ.). Ἡ ιδιότης αὕτη τοῦ ἤλεκτρον ὀνομάσθη ἤλεκτρισμός. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι τὴν ιδιότητα αὐτὴν ἔχουν καὶ πολλὰ ἄλλα σώματα (ἡ ρητίνη, ὁ ἐβονίτης, τὸ θεῖον, ἡ ὑαλοσ κ.τ.λ.).

Ἡλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἐξαρτῶμεν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μετάξης (σχ. 145). Ἐὰν εἰς τὴν ἐξηρτημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἄλλην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀπωθόνται μεταξύ των. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ μετὰ δύο ἤλεκτρισμένας ράβδους ρητίνης. Ἐὰν ὁμοῦ εἰς τὴν ἤλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἤλεκτρισμένην ράβδον ρητίνης, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἔλκονται μεταξύ των.

Ἐκ τῶν πειραμάτων τούτων συνάγεται ὅτι ὑπάρχουν δύο εἴδη ἤλεκτρισμοῦ, ἥτοι ὁ θετικὸς ἤλεκτρισμός, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἀρνητικὸς ἤλεκτρισμός, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ρητίνης. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω ἀπλὰ πειράματα συνάγεται ἐπὶ πλέον ὅτι:

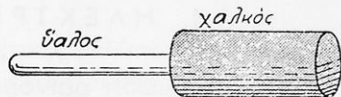
Σώματα ὁμωνύμως ἤλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται, ἐνῶ σώματα ἐτερονύμως ἤλεκτρισμένα ἔλκονται.



Σχ. 145. Ἀπωσις ὁμωνύμων ἤλεκτρισμῶν.

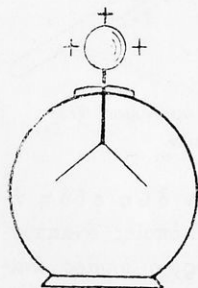
135. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἄγωγοί.—"Ὅταν ἐν σῶμα εἶναι ἡλεκτρι-
σμένον, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα τοῦτο φέρει **ἡλεκτρικὸν φορτίον**, δηλαδή
φέρει ποσότῃτα ἡλεκτρισμοῦ. Ἐὰν ἡλεκτρίσωμεν μίαν
ράβδον ὕαλου ἢ ρητίνης διὰ τριβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ἐλαφρὰ σώ-
ματα προσκολλῶνται μόνον εἰς τὸ προστριβέν μέρος τῆς ράβδου. Ἐπο-
μένως μόνον εἰς τὸ μέρος ἐκεῖνον τῆς ράβδου ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν φορτίον.
Λαμβάνομεν ράβδον χαλκοῦ, ἣ ὁποία φέρει ὑαλίνην λαβὴν (σχ. 146).

Ἐὰν προστρίψωμεν μὲ μάλλινον ὕφα-
σμα ἐν μέρος τῆς χαλκίνης ράβδου,
παρατηροῦμεν ὅτι ὁλόκληρος ἡ ράβδος
ἡλεκτρίζεται. Ἄρα τὸ ἡλεκτρικὸν
φορτίον, τὸ ὁποῖον ἀνεπτύχθη εἰς τὸ
προστρίβέν μέρος τῆς ράβδου, διε-



Σχ. 146. Ἠλέκτρησις διὰ τριβῆς
ράβδου χαλκοῦ.

δόθη διὰ μέσου τοῦ χαλκοῦ εἰς ὁλόκληρον τὴν ράβδον τοῦ χαλκοῦ. Οὕτω
τὰ σώματα διακρίνονται εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἄγωγοὺς
τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Καλοὶ ἄγωγοι ἢ ἀπλῶς ἄγωγοὶ καλοῦνται τὰ
σώματα, τὰ ὁποῖα ὀφείνουν τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινοῦνται διὰ μέσου
αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἶναι ὅλα τὰ μέταλλα, τὰ διαλύματα τῶν ὀξέων,
τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων, τὸ σῶμα τῶν ζώων, τὸ ὑγρὸν ἔδαφος, ὁ
ἄνθρωπος, αἱ φλόγες κ.ἄ. Κακοὶ ἄγωγοι ἢ μονωταὶ καλοῦνται τὰ
σώματα, τὰ ὁποῖα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία νὰ κινήθω-
ν διὰ μέσου αὐτῶν· τοιαῦτα σώματα εἶναι ἡ ρητίνη, τὸ ἥλεκτρον, ἡ παρα-
φίνη, ὁ μαρμαρυγίας, ἡ μέταξα, ἡ ξηρὰ ὕαλος, ἡ πορσελάνη κ.ἄ. Μερικὰ
σώματα εἶναι πολὺ μέτριοι ἄγωγοι ἢ ἄλλως πολὺ
ἀτελεῖς μονωταὶ καὶ διὰ τοῦτο καλοῦνται ἡμι-
ἄγωγοί· τοιαῦτα σώματα εἶναι τὸ ξύλον, ὁ χάρ-
της, τὸ μάρμαρον, τὸ πόσιμον ὕδωρ κ.ἄ.



Σχ. 147. Ἠλεκτρο-
σκόπιον.

Ψ 136. Ἠλεκτροσκόπιον.—Τὸ ἡλεκτροσκό-
πιον (σχ. 147) ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν στέ-
λεχος, τὸ ὁποῖον εἰς τὸ ἐν ἄκρον καταλήγει εἰς
σφαῖραν ἢ μικρὸν δίσκον, εἰς δὲ τὸ ἄλλο ἄκρον φέ-
ρει δύο λεπτὰ καὶ μακρὰ φύλλα ἀργιλλίου (ἢ
χρυσοῦ). Τὸ στέλεχος τοῦτο στερεώνεται μὲ μο-
νωτικὸν πῶμα εἰς ὑαλινὸν δοχεῖον. Ἐὰν ἡλεκτρισμένον σῶμα ἐγ-
γίση τὴν σφαῖραν τοῦ μεταλλικοῦ στελέχους, τοῦτο ἡλεκτρίζεται ἐξ

ἐπαφῆς καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἀργιλλίου ἀπωθοῦνται, διότι ἠλεκτρίζονται ὁμωνύμως. Οὕτω μὲ τὸ ἠλεκτροσκόπιον δυνάμεθα νὰ εὐρίσκωμεν, ἂν ᾖ ἔν σῶμα φέρη ἠλεκτρικὸν φορτίον.

✱ 137. **Νόμος τοῦ Coulomb.**— Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι ἡ μεταξὺ δύο μικρῶν ἠλεκτρισμένων σφαιρῶν ἀσκουμένη ἀμοιβαία δρᾶσις διέπεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Coulomb** :

Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἄπωσις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο μικρῶν ἠλεκτρισμένων σφαιρῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.

$$\text{νόμος τοῦ Coulomb : } F = \frac{1}{k} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{a^2}$$

ὅπου F εἶναι ἡ δύναμις, Q_1 καὶ Q_2 τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, a ἡ ἀπόστασις αὐτῶν καὶ k εἶναι μία σταθερά, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο φορτίων. Διὰ τὸν ἀέρα εἶναι $k = 1$, διὰ τὸν μαρμαρυγιᾶν εἶναι $k = 6$ κ.τ.λ. Ἡ σταθερὰ k καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερὰ** (§ 211).

✱ 138. **Μονάδες ἠλεκτρικοῦ φορτίου.**— Δύο ἴσα θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = Q_2$ εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν $a = 1$ cm καὶ μεταξὺ αὐτῶν ἐξασκεῖται ἀμοιβαία ἄπωσις ἴση μὲ $F = 1$ dyn. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι $Q_1 = Q_2 = 1$. Οὕτως ὀρίζεται ἡ **ἠλεκτροστατικὴ μονὰς φορτίου** (**ΗΣΜ φορτίου**) ἡ **μονὰς φορτίου C.G.S.**

Ἡ ἠλεκτροστατικὴ μονὰς φορτίου εἶναι τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον, ὅταν εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἴσον φορτίον, ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτοῦ δύναμιν ἴσην μὲ 1 δύνην.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὡς μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου λαμβάνεται τὸ **1 Coulomb (Cb)**, τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ $3 \cdot 10^9$ ἠλεκτροστατικὰς μονάδας φορτίου.

$$\text{πρακτικὴ μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου : } 1 \text{ Coulomb (Cb)} = 3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ — φορτίου}$$

Παράδειγμα τὰ : 1) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία $Q_1 = 25 \text{ ΗΣΜ}$ καὶ $Q_2 = 72 \text{ ΗΣΜ}$ εὐρίσκονται εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς ἀπόστασιν $\alpha = 6 \text{ cm}$. Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη ἀπόσκις εἶναι :

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

2) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶναι ἴσον μὲ 1 Cb, εὐρίσκονται εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 m. Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἐξασκουμένη ἀπόσκις εἶναι :

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

$$\text{ἦτοι} \quad F = 9 \cdot 10^6 \text{ kgr*} \quad \text{ἢ} \quad F = 9000 \text{ tn*}$$

Τὸ παράδειγμα τοῦτο δεικνύει πόσον μεγάλα εἶναι αἱ ἀναπτυσσόμεναι ηλεκτρικαὶ δυνάμεις.

* 139. Διανομὴ τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου.—"Ἀς θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ηλεκτρισμένην μεταλλικὴν σφαῖραν. Ἐνεκα τῆς ἀπόσκις, ἡ ὁποία ἐξασκῆται μεταξὺ τῶν ὁμώνυμων ηλεκτρικῶν φορτίων τῆς σφαίρας, τὰ φορτία μετακινοῦνται καὶ λαμβάνουν θέσιν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλων ἀγωγῶν δὲν ὑπάρχουν ηλεκτρικά φορτία. Τοῦτο ἐπαληθεύομεν πειραματικῶς μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς ηλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ σφαιριδίου. Τὸ δοκιμαστικὸν σφαιρίδιον εἶναι μεταλλικὸν σφαιρίδιον στερεωμένον εἰς τὸ ἄκρον ὑαλίνης ράβδου (σχ. 148). Ὄταν φέρωμεν τὸ σφαιρίδιον εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ηλεκτρισμένου κοίλου ἀγωγοῦ, τὸ σφαιρίδιον λαμβάνει ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ηλεκτρικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, ὅταν φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.

Σχ. 148. Εὐρεσις τῆς κατανομῆς τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου.



Ἐπὶ ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ τὸ ηλεκτρικὸν φορτίον κατανέμεται ὁμοιομόρφως. Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς φέρῃ ἀκμᾶς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τοῦ φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρώνεται εἰς τὰ σημεῖα αὐτά, διότι, ἔνεκα τῆς ἀπόσκις τῶν ὁμώνυμων ηλεκτρικῶν φορτίων, ταῦτα προσπαθοῦν νὰ καταφύγουν εἰς τὰ ἀπώτερα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

Τὸ ηλεκτρικὸν φορτίον φέρεται πάντοτε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν

ἄγωγῶν καὶ διανέμεται ὁμοιομόρφως μόνον ἐπὶ τῶν σφαιρικῶν ἄγωγῶν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

89. Δύο θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία $Q_1 = 50 \text{ C.G.S.}$ καὶ $Q_2 = 80 \text{ C.G.S.}$ εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Ἡ μεταξὺ τῶν φορτίων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἄπωση;

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

91. Εἰς τὰ ἄκρα A καὶ B μιᾶς εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εἶναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποίαν θέσιν πρέπει νὰ τεθῇ ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ὥστε αἱ ἐπ' αὐτῆς ἀσκούμεναι δράσεις ἐκ μέρους τῶν δύο φορτίων νὰ ἔχουν συνισταμένην μηδέν;

92. Ὁρθογώνιον παραλληλόγραμμον ἔχει πλευρὰς 3 cm καὶ 4 cm. Εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ παραλληλογράμμου εὐρίσκονται τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία $+125, +36, -32$ καὶ $+1 \text{ C.G.S.}$ Πόση εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν τριῶν ἄλλων φορτίων ἐπὶ τοῦ φορτίου $+1 \text{ C.G.S.};$

93. Δύο ὅμοιαι μικραὶ μεταλλικαὶ σφαῖραι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ αὐτὸ σημεῖον μὲ δύο νήματα μετὰξης μήκους 20 cm. Ἐκάστη σφαῖρα ἔχει βάρος $0,5 \text{ gr}^*$ καὶ φέρει φορτίον $+Q.$ Ὅταν αἱ σφαῖραι ἰσορροποῦν, τὰ δύο νήματα σχηματίζουν γωνίαν $30^\circ.$ Πόσον εἶναι τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας;

2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

140. Σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.—Ὅταν ἓν σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον, τότε τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ σώματος τούτου ἐξασκεῖ ἑλξεις ἢ ἀπώσεις ἐπὶ παντὸς ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὅποιον φέρεται εἰς τὸν περίξ τοῦ σώματος χώρον. Λέγομεν τότε ὅτι περίξ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει **ἠλεκτρικὸν πεδίον.** Ὡστε:

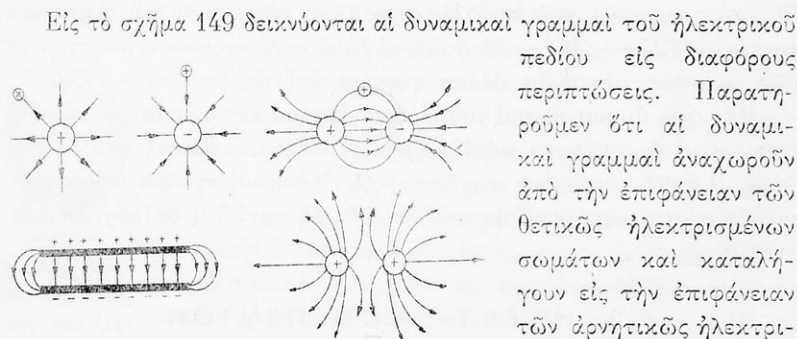
Ἡλεκτρικὸν πεδίον καλεῖται ὁ χώρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρονται εἰς οἷον-δήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν ἐλεύθερον ὑλικὸν σημεῖον, τὸ ὁποῖον ἔχει θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ μία ὀρισμένη δύναμις, ἡ ὁποία ἀναγκάζει τὸ ὑλικὸν σημεῖον νὰ διαγράψῃ μίαν εὐθύγραμμον ἢ καμπυλόγραμμον τροχιάν. Ἡ τροχία αὕτη καλεῖται **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ὡστε:

Δυναμικὴ γραμμὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καλεῖται ἡ τροχία, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ κινουμένου θετικοῦ φορτίου, εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.

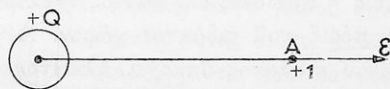
Διεύθυνσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ θετικοῦ φορτίου φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.



Σχ. 149. Διάφοροι περιπτώσεις ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἡλεκτρισμένων πλακῶν σχηματίζεται ὁμογενές ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμماὶ εἶναι παράλληλοι.

Ἐστω $+Q$ τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ τὸ πεδίον (σχ. 150). Εἰς τὸ σημεῖον Α τοῦ πεδίου φέρομεν ἡλεκτρικὸν φορτίον $+q$. Τότε ἐπὶ τοῦ



Σχ. 150. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α.

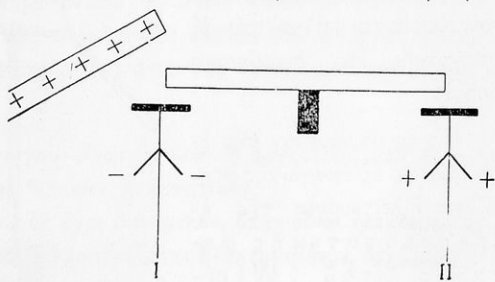
φορτίου τούτου ἐνεργεῖ δύναμις $F = \frac{Q \cdot q}{\alpha^2}$. Ἄρα εἰς τὸ σημεῖον Α ἐπὶ τοῦ φορτίου +1 ἐνεργεῖ ὠρισμένη δύναμις $E = \frac{F}{q}$, ἡ ὁποία καλεῖται **ἐνταση** τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Α.

Ἐνταση (Ε) τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου +1 φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τοῦ πεδίου.

ἐνταση ἡλεκτρικοῦ πεδίου : $E = \frac{F}{q}$ ἢ $E = \frac{Q}{\alpha^2}$

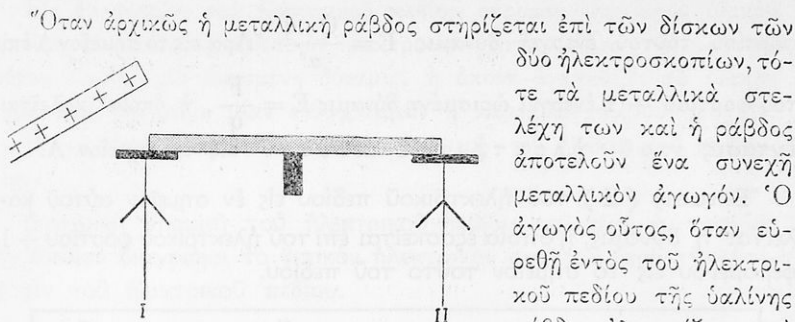
Εἰς τὸ ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίου ἡ ἐνταση τοῦ πεδίου εἶναι σταθερὰ εἰς ὅλα τὰ σημεία τοῦ πεδίου.

141. Ἀγωγὸς ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου.—Λαμβάνομεν δύο ὅμοια ἡλεκτροσκόπια καὶ ἐπὶ τῶν δύο δίσκων των θέτομεν τὰ δύο ἄκρα μακρᾶς μεταλλικῆς ράβδου (σχ. 151). Εἰς τὸ ἐν ἡλεκτροσκόπιον πλησιάζομεν ἡλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο ἡλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ἡλεκτρικὰ φορτία, ἂν καὶ ἡ ἡλεκτρισμένη ὑαλίνη ράβδος δὲν ἦλθεν εἰς ἐπαφὴν μὲ κανὲν ἐξ αὐ-



Σχ. 151. Τὰ δύο ἡλεκτροσκόπια ἀποκτοῦν ἡλεκτρικὰ φορτία.

τῶν. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν μεταλλικὴν ράβδον κρατοῦντες αὐτὴν ἐκ τῆς μονωτικῆς λαβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ὑαλίνης ράβδου τὰ δύο ἡλεκτροσκόπια ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἐτερονύμως ἡλεκτρισμένα (σχ. 152). Ἐὰν ὅμως συνδέσωμεν τὰ δύο ἡλεκτροσκόπια διὰ τῆς μεταλλικῆς ράβδου, τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο ἡλεκτροσκοπίων ἐξαφανίζονται. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι τὰ δύο ἡλεκτροσκόπια φέρουν ἴσα ἐτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία.

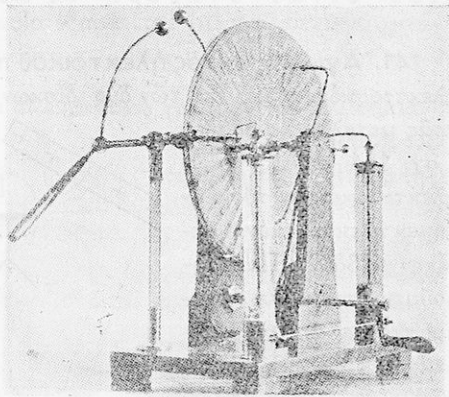


Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ἡλεκτροσκοπίων εἶναι ἐτερόνυμα.

μα φορτία. Ὁ τοιοῦτος τρόπος ἡλεκτρίσεως κεντρικῶς ἐξ ἐπαγωγῆς (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ὡστε:

Ὅταν ἄγωγός εὐρεθῇ ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσα ἐτερόνυμα φορτία.

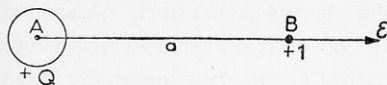
Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἡλεκτρίσεως ἐξ ἐπαγωγῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς ἡλεκτροστατικῆς μηχανῆς τοῦ Wimshurst, ἡ ὁποία συγκεντρώνει τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς ἐτερόνυμα ηλεκτρικά φορτία εἰς δύο μεταλλικά σφαιρίδια (σχ. 153).



Σχ. 153. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimshurst.

§ 142. Δυναμικόν.—Μικρὸς σφαιρικὸς ἄγωγός Α (σχ. 154) φέρει φορτίον $+Q$. Τότε περίξ αὐτοῦ ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίου. Εἰς ἓν σημεῖον Β τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν τὸ φορτίον $+1$. Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ τότε ἡ δύναμις $E = \frac{Q}{\alpha^2}$. Ἐὰν τὸ ὑλικὸν σημεῖον εἴ-

ναι ἐλεύθερον, τοῦτο θὰ μετακινηθῇ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπείρου. Διότι ἡ ἔντασις E τοῦ πεδίου γίνεται θεωρητικῶς ἴση μὲ μη-



Σχ. 154. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τοῦ δυναμικοῦ.

δέν, ὅταν ἡ ἀπόστασις α γίνῃ ἀπειρος. Κατὰ τὴν μετακίνησιν αὐτὴν 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 . Ὡστε:

Δυναμικὸν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον B καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου, ὅταν τὸ φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον B μέχρι τοῦ ἀπείρου.

Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον τοῦ ἀγωγοῦ A ἀρχίζει ἀπὸ τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ἐπὶ τῆς ὁποίας τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q εὐρίσκεται εἰς ἰσορροπίαν. Ἐνεκα τούτου ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὁρισμός:

Δυναμικὸν ἑνὸς ἠλεκτρισμένου ἀγωγοῦ καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ἀγωγοῦ τούτου, ὅταν τὸ φορτίον $+1$ μεταφέρεται ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἀπείρου.

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

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

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἐδάφους εἶναι ἴσον μὲ μηδέν.

✕ 143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.— Δύο ἠλεκτρισμένοι σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστοίχως δυναμικὸν U_1 καὶ U_2 . Τὰ δυναμικὰ αὐτὰ εἶναι ἄνισα $U_1 > U_2$. Τότε λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν A καὶ B ὑπάρχει **διαφορὰ δυναμικοῦ** ἢ **τάσις** ἴση μὲ $U_1 - U_2$.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐκφράζει τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου $+1$ ἐκ τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω ὀρίσμου τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ προκύπτει τὸ ἐξῆς συμπέρασμα:

Ἐὰν ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α μεταφερθῇ εἰς τὸν ἀγωγὸν Β ἡλεκτρικὸν φορτίον Q, τότε κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ φορτίου τούτου παράγεται ἔργον ἴσον μὲ τὸ γινόμενον τοῦ φορτίου Q ἐπὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ $U_1 - U_2$.

$$\text{ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν φορτίου: } W = Q \cdot (U_1 - U_2)$$

Μεταφορὰ ἡλεκτρικοῦ φορτίου ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α εἰς τὸν ἀγωγὸν Β δύναται νὰ γίνῃ εὐκόλως, ἂν συνδέσωμεν τοὺς δύο ἀγωγοὺς μὲ ἓν σύρμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου θὰ μᾶς δώσῃ ἔργον.

144. Μονάδες δυναμικοῦ.—Ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς Α ἔχει δυναμικὸν U. Μεταξὺ τοῦ ἀγωγοῦ Α καὶ τοῦ ἐδάφους ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ $U - 0 = U$. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐξίσωσις $W = Q \cdot (U_1 - U_2)$ γράφεται ὡς ἐξῆς: $W = Q \cdot U$. Ἄρα $U = \frac{W}{Q}$.

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις μᾶς βοηθεῖ νὰ ὀρίσωμεν τὰς μονάδας δυναμικοῦ.

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς δυναμικοῦ εἶναι τὸ δυναμικὸν ἀγωγοῦ, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν τῆς ἡλεκτροστατικῆς μονάδος φορτίου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 1 ἔργιον.

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

Ἡ πρακτικὴ μονὰς δυναμικοῦ καλεῖται **Volt (V)** καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς:

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

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

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

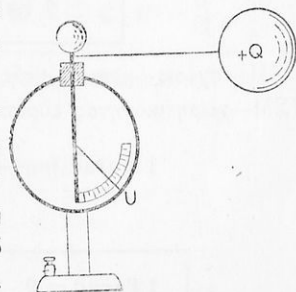
$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}} \quad \text{ἄρα}$$

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

Με τὰς ἀνωτέρω δύο μονάδας δυναμικοῦ μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ δύο ἀγωγῶν ἢ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω π.χ. λέγομεν ὅτι μεταξύ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 220 Volt. Τοῦτο σημαίνει ὅτι κατὰ τὴν μεταφορὰν 1 Cb ἀπὸ τὸν ἓνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 220 Joule. Ἐπίσης, ὅταν λέγομεν ὅτι ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς ἔχει δυναμικὸν 500 000 Volt ἐννοοῦμεν ὅτι, ἂν ἀφήσωμεν νὰ μετακινηθῇ 1 Cb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ ἕως τὸ ἔδαφος, θὰ παραχθῇ ἔργον ἴσον μὲ 500 000 Joule.

145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται μὲ εἰδικὸν ὄργανον, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἡ λ ε κ τ ρ ό μ ε τ ρ ο ν. Τοῦτο εἶναι σύνθετος ἡλεκτροσκόπιον (σχ. 155), τοῦ ὁποίου τὰ φύλλα μετακινῶνται ἔμπροσθεν τόξου φέροντος διαιρέσεις εἰς Volt.

Ἐστω ὅτι εἷς σφαιρικὸς ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q. Μὲ τὸ ἡλεκτρόμετρον εὐρίσκομεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος ἔχει δυναμικὸν U. Ἐὰν τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ γίνη 2Q, 3Q....εὐρίσκομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ γίνεται ἀντιστοίχως 2U, 3U.... Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου διὰ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ ἔχει σταθεράν τιμὴν, ἐφ' ὅσον πλησίον αὐτοῦ δὲν ὑπάρχουν ἄλλοι ἀγωγοί. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καταλήγομεν εἰς τὸν ὁρισμὸν ἐνὸς νέου φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι σταθερὸν δι' ἕκαστον ἀγωγὸν καὶ καλεῖται **χωρητικότητα** τοῦ ἀγωγοῦ:



Σχ. 155. Ἠλεκτρόμετρον.

Χωρητικότητας (C) αγωγού καλεῖται τὸ σταθερὸν πηλίκον τοῦ φορτίου (Q) διὰ τοῦ δυναμικοῦ (U) τοῦ αγωγοῦ.

$$\text{χωρητικότης αγωγού : } C = \frac{Q}{U}$$

Μονάδες χωρητικότητος. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν ὁρισμοῦ τῆς χωρητικότητος αγωγοῦ $C = \frac{Q}{U}$ εὐρίσκομεν τὰς μονάδας χωρητικότητος.

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς χωρητικότητος εἶναι ἡ χωρητικότης αγωγοῦ, ὁ ὁποῖος φέρει 1 ἠλεκτροστατικὴν μονάδα φορτίου καὶ ἔχει δυναμικὸν ἴσον μὲ 1 ἠλεκτροστατικὴν μονάδα δυναμικοῦ.

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

Ἡ πρακτικὴ μονὰς χωρητικότητος καλεῖται **Farad (F)** καὶ ὀρίζεται ὡς ἑξῆς:

Ἡ χωρητικότης αγωγοῦ εἶναι ἴση μὲ 1 Farad, ὅταν ὁ αγωγὸς φέρῃ φορτίον 1 Coulomb καὶ ἔχῃ δυναμικὸν 1 Volt.

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

Ἡ σχέσις μεταξὺ τῆς πρακτικῆς μονάδος Farad καὶ τῆς ΗΣΜ—χωρητικότητος εὐρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι:

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

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

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

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

✓ 146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—'Εὰν r εἶναι ἡ ἀκτίς ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ καὶ Q τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον του, τότε ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ δυνάμικόν τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι: $U = \frac{Q}{r}$. Ἡ χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι $C = \frac{Q}{U}$.

Ἀπὸ τὰς δύο αὐτὰς σχέσεις εὐρίσκουμεν ὅτι εἶναι $C = r$. Ἄρα:

Ἡ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰς ΗΣΜ—χωρητικότητος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὴν ἀκτίνα τοῦ ἀγωγοῦ μετρηθεῖσαν εἰς ἑκατοστόμετρα.

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α : Σφαιρικός ἀγωγὸς ἔχει ἀκτίνα $r = 10$ cm. Διὰ νὰ ἀποκτήσῃ ὁ ἀγωγὸς δυναμικὸν 60 Volt, πρέπει ὁ ἀγωγὸς νὰ ἀποκτήσῃ φορτίον:

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

147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ.—Μεμονωμένος ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q καὶ ἔχει δυνάμικόν U . Διὰ τὴν φόρτισιν τοῦ ἀγωγοῦ δαπανᾶται ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Μεμονωμένος ἀγωγός, ἔχων ἡλεκτρικὸν φορτίον Q , δυνάμικόν U καὶ χωρητικότητα C , περικλείει ἐνέργειαν:

ἐνέργεια ἀγωγοῦ :	$W = \frac{1}{2} Q \cdot U$	ἢ	$W = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$
-------------------	-----------------------------	---	---

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

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

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

94. Εἰς ἓν σημεῖον εὐρίσκεται ἡλεκτρικὸν φορτίον $Q = 150$ C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τοῦ φορτίου Q παραγομένου ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm καὶ 10 cm;

95. Εἰς τὰ ἄκρα ἐσθλείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο ἡλεκτρικὰ φορτία $+Q$ καὶ $+4Q$. Εἰς ποῖον σημεῖον ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ἴση μὲ μηδέν;

96. Εἰς τὰς κορυφὰς τετραγώνου, ἔχοντος πλευρὰν 4 cm εὐρίσκονται κατὰ σειρὰν τὰ φορτία +100, +100, -100 καὶ -100 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου;

97. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἴση μὲ 4,5 Volt. Πόσον ἡλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ μεταφερθῇ ἐκ τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον διὰ νὰ λάβωμεν ἔργον 90 Joule;

98. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 250 C.G.S. Πόσον φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἀγωγός, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ δυναμικὸν 0,1 Volt;

99. Ἀγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 10 μF καὶ δυναμικὸν 4 Volt. Πόσον εἶναι τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ;

100. Πόσον φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ σφαιρικός ἀγωγὸς ἀκτίνος 5 cm διὰ νὰ ἔχῃ δυναμικὸν 10 Volt;

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

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

103. Δύο μεταλλικαὶ σφαῖραι Α καὶ Β ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτῖνας $R_1 = 5$ cm καὶ $R_2 = 20$ cm. Τὸ δυναμικὸν ἐκάστης σφαίρας εἶναι ἀντιστοίχως $U_1 = 100$ καὶ $U_2 = 60$ C.G.S. Διὰ μίαν στιγμὴν φέρομεν εἰς ἐπαφὴν τὰς δύο σφαῖρας καὶ ἔπειτα τὰς ἀπομακρύνομεν. Νὰ εὐρεθῇ α) τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῆς μὲ τὴν ἄλλην καὶ β) τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνεργειῶν τῶν δύο σφαιρῶν πρὸ τῆς ἐπαφῆς τῶν μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῶν.

3. ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον.— Εἰς τὰ προηγούμενα φαινόμενα τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία συμπεριφέρονται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον. Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία ἀναπτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἄρα ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἡλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας. Ἡ νεωτέρα ἐρευνα ἀπεκάλυψεν



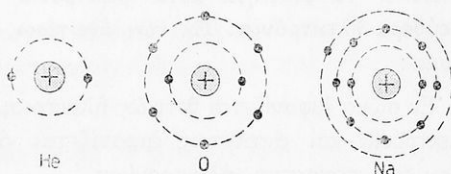
Σχ. 156. Ἄτομον ὑδρογόνου.

ὅτι τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία εἶναι στενῶτατα συνδεδεμένα μὲ τὰ συ-

στατικά τῆς ὕλης. Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου εἶναι τὸ ἀπλούστερον ἐξ ὅλων τῶν ἀτόμων. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα θετικῶς ἠλεκτρισμένον **πυρῆνα** Π (σχ. 156), ὁ ὁποῖος καλεῖται **πρωτόνιον**. Πέριξ τοῦ πυρήνος περιφέρεται μὲ μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχιάς ἐν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ἠλεκτρόνιον**. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι ἴση μὲ τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς ὅλης μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Τὸ

ἀρνητικὸν φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μὲ τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος. Τὸ φορτίον τοῦτο καλεῖται **στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον** (e) καὶ εἶναι ἴσον μὲ $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη, ὅτι τὸ στοιχειῶδες φορτίον e ἀποτελεῖ τὸ ἄτομον τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, διότι οὐδέποτε παρετηρήθη φορτίον μικρότερον τοῦ στοιχειώδους φορτίου. Τὰ ἄτομα τῶν



Σχ. 157. Ἄτομα ἡλίου, ὀξυγόνου καὶ νατρίου.

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

I. Τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι πάντοτε πολλαπλάσια τοῦ στοιχειώδους φορτίου τοῦ ἠλεκτρονίου.

στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb

II. Τὰ θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

III. Τὰ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρονίου, τὸ ὁποῖον εἶναι κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

149. Ἐμφάνιςις ἡλεκτρικῶν φορτίων.—Τὰ φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὁφείλονται εἰς τὴν ιδιότητα τῶν ἡλεκτρονίων νὰ ἀποσπῶνται ἀπὸ ἓν ἄτομον καὶ νὰ προστίθενται εἰς ἓν ἄλλο ἄτομον. Ὅταν ὅμως τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον στερηθῇ ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἡλεκτρονίων, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται **θετικῶς ἡλεκτρισμένον**. Ἀντιθέτως ἂν τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον προσλάβῃ ἡλεκτρόνια, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται **ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον**. Τὰ τοιαῦτα ἡλεκτρισμένα ἄτομα ἢ μόρια καλοῦνται **ίοντα** (**θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ ἰόντα**). Ἰδιαιτέρως τὰ ἄτομα τῶν μετὰλλων ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ μεταβάλλωνται εἰς θετικὰ ἰόντα, διότι 1, 2 ἢ 3 ἐκ τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ ἀτόμου πολὺ εὐκόλως ἐγκαταλείπουν τὸ ἄτομον τοῦ μετάλλου. Τὰ εὐκίνητα αὐτὰ ἡλεκτρόνια τῶν μετὰλλων καλοῦνται **ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται τὸ ἐξῆς 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.—Ὅταν προστρίβωμεν δύο διαφορετικὰ σώματα Α καὶ Β (π.χ. ρητίνην καὶ ὕψασμα), φέρομεν τὰ σώματα αὐτὰ εἰς πολὺ στενὴν ἐπαφὴν μετὰξὺ τῶν. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο σώματα ἡλεκτρίζονται ἑτερονύμως. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἡλεκτρόνια μετέβησαν ἀπὸ τὸ ἓν σῶμα εἰς τὸ ἄλλο καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἓν σῶμα ἐμφανίζεται **θετικῶς ἡλεκτρισμένον**, τὸ δὲ ἄλλο σῶμα ἐμφανίζεται **ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένον**. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν.

Ὅταν δύο διαφορετικὰ σώματα ἔρχονται εἰς στενὴν ἐπαφὴν μετὰξὺ τῶν, τότε ἡλεκτρόνια μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ οὕτως ἐπὶ τῶν δύο σωμάτων ἐμφανίζονται ἴσα ἑτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία.

Ἐστω ὅτι ἓν σῶμα Α φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ οὐδέτερον μεμονωμένον ἀγωγὸν Β, τότε μέρος τῶν πλεονάζοντων ἐπὶ τοῦ σώματος Α ἡλεκτρονίων μεταβαίνει εἰς τὸν ἀγωγὸν Β. Οὕτως ὁ ἀγωγὸς Β ἀποκτᾷ ἀρνητικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ σῶμα Α εἶναι θετικῶς ἡλεκτρισμένον, τότε μέρος τῶν ἐλευθέρων

ήλεκτρονίων τοῦ ἀγωγοῦ Β μεταβαίνει εἰς τὸ σῶμα Α καὶ οὕτως ὁ ἀγωγὸς Β ἐμφανίζεται θετικῶς ηλεκτρισμένος. "Ωστε:

"Όταν ηλεκτρισμένον σῶμα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ μεμονωμένον οὐδέτερον ἀγωγόν, τότε ἡ ἔρχονται ἐπ' αὐτοῦ ηλεκτρόνια ἢ ἀποσπῶνται ἀπὸ αὐτὸν ηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἐμφανίζονται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀρνητικὰ ἢ θετικὰ ηλεκτρικὰ φορτία.

Τέλος ἐὰν μεμονωμένος οὐδέτερος ἀγωγὸς εὐρεθῇ ἐντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ἐλεύθερα ηλεκτρόνια τοῦ ἀγωγοῦ μετακινοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εἰς δύο περιοχὰς τοῦ ἀγωγοῦ ἐμφανίζονται ἴσα ἐτερόνυμα ηλεκτρικὰ φορτία. "Ωστε:

Ἡ ηλεκτρισίς ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ηλεκτρονίων τοῦ ἀγωγοῦ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἀντιθέτως 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 φορτίον μένει ἐντοπισμένον εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν τοῦ μονωτοῦ. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ μονωτὴς δὲν ἔχει ἐλεύθερα ηλεκτρόνια.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

104. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον — 6,4 Cb. Πόσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ηλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα φέρει ὁ ἀγωγός;

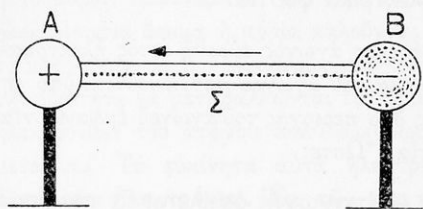
105. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον + 3,2 Cb. Πόσα ηλεκτρόνια ἔχασεν ὁ ἀγωγός;

106. Δύο ἐτερόνυμα στοιχειώδη ηλεκτρικὰ φορτίον + e καὶ — e εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 1 mm. Πόση εἶναι ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη ἑλξις;

107. Μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt. Ἐν ηλεκτρονίον μεταβαίνει ἀπὸ τὸν ἓνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον. Πόσον ἔργον εἰς ἔργια καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτὴν τὴν μετακίνησιν τοῦ ηλεκτρονίου;

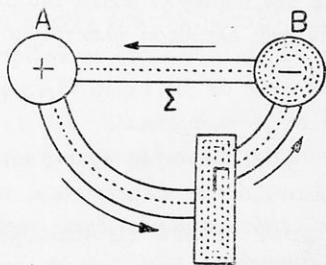
4. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

151. Παραγωγή ροῆς ἡλεκτρονίων.— Δύο σφαιρικοὶ ἄγωγοι Α καὶ Β (σχ. 158) φέρουν φορτία $+Q$ καὶ $-Q$. Τὸ δυναμικὸν ἐκάστου ἄγωγου εἶναι ἀντιστοίχως $+U$ καὶ $-U$. Ἐὰν συνδέσωμεν μὲ σύρμα τοὺς δύο ἄγωγους, τότε τὰ ἐπὶ τοῦ ἄγωγου Β πλεονάζοντα ἡλεκτρονία θὰ ἔλθουν διὰ μέσου τοῦ σύρματος εἰς τὸν ἄγωγόν Α καὶ οἱ δύο ἄγωγοι θὰ γίνωνται οὐδέτεροι. Ἡ τοιαύτη ροὴ ἡλεκτρονίων διὰ μέσου τοῦ σύρματος ἀποτελεῖ **ἡλεκτρικὸν ρεῦμα**. Ἡ διάρκειά τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἦτο ἐλαχίστη. Ἐὰν θέλωμεν νὰ



Σχ. 158. Ροὴ ἡλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἄγωγου Β πρὸς τὸν ἄγωγόν Α.

διατηρηθῇ συνεχὴς αὐτὴ ἡ ροὴ τῶν ἡλεκτρονίων, πρέπει συνεχῶς νὰ ἀφαιρῶνται ἀπὸ τὸν ἄγωγόν Α τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἡλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρονται ἐπὶ τοῦ ἄγωγου Β. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρηθῇ σταθερὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄγωγῶν Α καὶ Β. Ἡ συνεχὴς ἀφαίρεσις τῶν ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἄγωγόν Α καὶ ἡ ἐπαναφορά των ἐπὶ τοῦ ἄγωγου Β ἐπιτυγχάνεται μὲ εἰδικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **γεννήτριαι ρεύματος** ἢ καὶ ἀπλῶς **γεννήτριαι**. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεθα νὰ εἰπώμεν ὅτι εἶναι ἀντλίας ἡλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἄγωγοι Α καὶ Β ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας (θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος). Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σύρμα Σ, ἔχει φορὰν ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται **πραγματικὴ φορὰ**. 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**



Σχ. 159. Ἡ γεννήτρια Γ εἶναι μία ἀντλία ἡλεκτρονίων.

φορά και εξακολουθεῖ νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὴν τεχνικὴν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα:

I. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ροὴ ἠλεκτρονίων.

II. Ἡ γεννήτρια δημιουργεῖ μεταξὺ τῶν δύο πόλων της σταθερὰν διαφορὰν δυναμικοῦ (τάσιν), ἔνεκα τῆς ὁποίας προκαλεῖται συνεχὴς ροὴ ἠλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον της διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἐνώνει τοὺς δύο πόλους της.

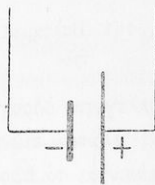
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φορᾶς δὲν ἐμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

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

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

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

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



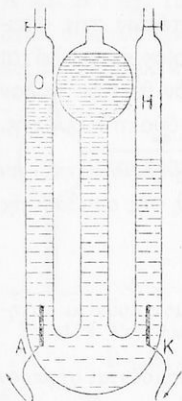
Σχ. 160. Συμβολικὴ παράστασις γεννήτριας.

153. Δράσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.— Ἡ διέλευσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἑνὸς ἀγωγοῦ προδίδεται ἀπὸ διάφορα φαινόμενα.

α) **Θερμικὰ φαινόμενα.** Ὄταν μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα πάντοτε θερμαίνεται. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τούτου στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος διὰ πυρακτώσεως καὶ τῆς ἠλεκτρικῆς θερμάστρας.

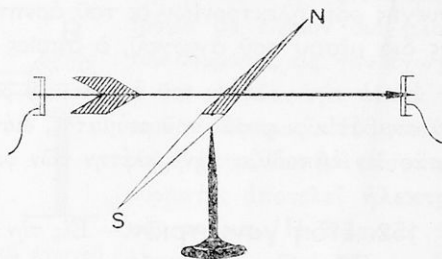
β) **Χημικὰ φαινόμενα.** Ὄταν τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ διαλυμάτων ὁξέων, βάσεων καὶ αλάτων, προκαλεῖται διάσπασις τῶν μορίων τῶν

σωμάτων τούτων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἠλεκτρόλυσις**, τὰ δὲ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα καλοῦνται **ἠλεκτρολύται**. Ἡ συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας γίνεται ἡ ἠλεκτρόλυσις, καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα συνδέονται μετὰ τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, καλοῦνται



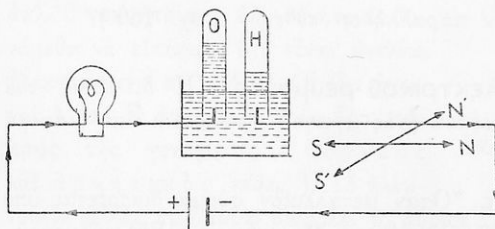
Σχ. 161. Βολτάμετρον.

ἀντιστοίχως **ἄνοδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἀραιῶν διαλυμάτων ὀξέων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, ἐνῶ κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλυμάτων βάσεων καὶ ἁλμάτων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται μέταλλον. Εἰς τὸ σχῆμα 161 φαίνονται τὰ προϊόντα τὰ ὁποῖα συλλέγονται κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.



Σχ. 162. Ἐκτροπή τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

γ) Μαγνητικὰ φαινόμενα. Ἀνωθεν ἡρεμούσης μαγνητικῆς βελό-



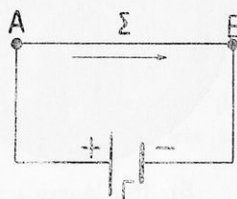
Σχ. 163. Θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

νης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἀγωγὸν διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος (σχ. 162). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀμέσως ἀποκλίνει καὶ τείνει νὰ τοποθετηθῇ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύ-

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικά φαινόμενα.

Εἰς τὸ σχῆμα 163 φαίνονται αἱ διάφοροι δράσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

154. Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.— Μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας διατηρεῖται σταθερὰ διαφορά δυναμικοῦ (§ 151). Τότε τὸ σύρμα, τὸ ὁποῖον συνδέει τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 164). Τοῦτο ἔχει φορὰν σταθεράν ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας (συμβατικὴ φορὰ). Τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ φορὰ διατηρεῖται σταθερά, καλεῖται **συνεχὲς ρεῦμα**. Εἰς χρόνον t δι' ἐκάστης τομῆς τοῦ σύρματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν φορτίον Q .



Σχ. 164. Συνεχὲς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ δευτερόλεπτον.

$$\text{έντασις ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{χρόνος}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνεται τὸ **Ampère (A)**, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὡς ἑξῆς:

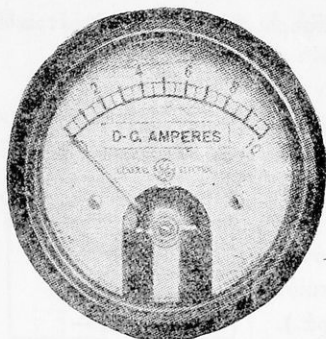
Ρεῦμα ἔχει ἔντασιν ἴσην με 1 Ampère, ὅταν διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον ἠλεκτρικὸν φορτίον ἴσον με 1 Coulomb.

$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος: } 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Cb/sec}$$

Ὅταν λοιπὸν λέγωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A, ἐννοοῦμεν ὅτι ἀπὸ ἐκάστην τομῆν τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον φορτίον 5 Cb. Ἐπομένως εἰς χρόνον $t = 10 \text{ min}$ διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ φορτίον:

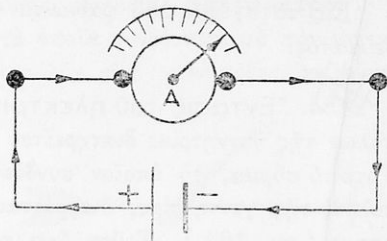
$$Q = I \cdot t = 5 \cdot 600 = 3000 \text{ Cb.}$$

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται με ἐιδικὰ ὄργανα, τὰ ὅποια καλοῦνται ἀμπερόμετρα (σχ. 165) καὶ τὰ ὅποια λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει

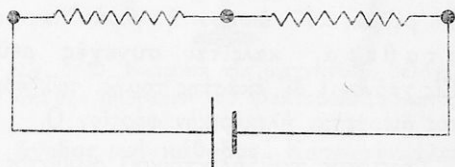


Σχ. 165. Ἀμπερόμετρον.

τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος. Τὸ ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποίου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν (σχ. 166). Μετὴν βοήθειαν τοῦ ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν ὅτι:



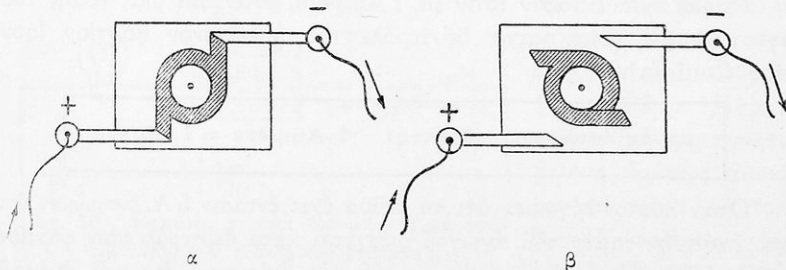
Σχ. 166. Τὸ ἀμπερόμετρον τίθεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα.



Σχ. 167. Κλειστὸν κύκλωμα

Καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερά.

155. Κύκλωμα.—Ὅταν μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας παρεμβάλλεται συνεχῆς ἀγωγὸς ἢ σειρὰ ἀγωγῶν, λέγομεν ὅτι ἔχομεν



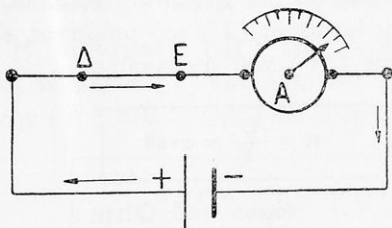
Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστὸν, β ἀνοικτὸν).

κλειστὸν κύκλωμα (σχ. 167). Ἐὰν ἡ σειρὰ τῶν ἀγωγῶν διακόπτε-

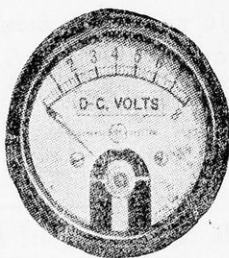
ται εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν ὅτι τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἀνοίγμα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

5. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—Ὅταν οἱ πόλοι τῆς γεννητρίας συνδέωνται μὲ σύρμα, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως I , τὴν ὁποίαν μετροῦμεν μὲ ἀμπερόμετρον (σχ. 169). Τὸ τμήμα ΔΕ τοῦ σύρματος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ συνεπῶς μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Διὰ τὴν μέ-



Σχ. 169. Μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ.

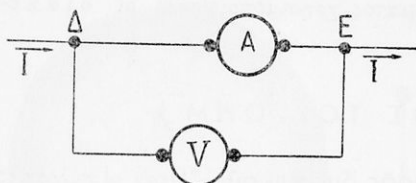


Σχ. 170. Βολτόμετρον.

τρησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **βολτόμετρα** (σχ. 170) καὶ τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος (ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα). Τὴν ἀρχήν, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ἀμπερομέτρων καὶ τῶν βολτομέτρων, θὰ ἐξετάσωμεν εἰς ἄλλο κεφάλαιον (§ 191). Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων Δ καὶ Ε (σχ. 171) παρεμβάλλομεν τὸ βολτόμετρον κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων, χωρὶς νὰ κόψωμεν τὸ κύκλωμα. Ὡστε:

Τὸ βολτόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ τὸ ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα.

157. Νόμος τοῦ **Ohm** διὰ τμήμα ἀγωγοῦ.—Εἰς τὰ ἄκρα ὁμογενοῦς σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 171). Τότε τὸ



Σχ. 171. Μεταξὺ τῶν σημείων Δ καὶ Ε ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U .

ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I . Μεταβάλλομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ (π.χ. διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας περισσοτέρων γεννητριῶν). Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι, ὅταν ἡ τάσις γίνεται $2U, 3U, 4U, \dots$, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος γίνεται ἀν-

τιστοίχως $2I, 3I, 4I, \dots$. Οὕτω τὸ πηλίκον τῆς τάσεως διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος παραμένει πάντοτε $\sigma\tau\alpha\theta\epsilon\rho\acute{o}\nu$ διὰ τὸ τμήμα τοῦτο τοῦ σύρματος. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι:

Τὸ πηλίκον τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ (U), ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, διὰ τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος, εἶναι σταθερὸν καὶ καλεῖται ἀντίστασις (R) τοῦ ἀγωγοῦ.

$$\text{ἀντίστασις ἀγωγοῦ: } R = \frac{U}{I} = \text{σταθ.}$$

Ἡ εὑρεθεῖσα σχέση ἐκφράζει τὸν **νόμον τοῦ Ohm**:

Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ.

$$\text{νόμος τοῦ Ohm: } I = \frac{U}{R}$$

158. Μονὰς ἀντιστάσεως.—Εἰς τὴν πράξιν ὡς μονὰς ἀντιστάσεως χρησιμοποιεῖται τὸ **Ohm** (Ω), ἡ ὁποία ὀρίζεται ὡς ἑξῆς:

Ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν ἴσην μὲ 1 Ohm, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ὑπάρχη διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι 1 Ampère.

$$\text{μονὰς ἀντιστάσεως: } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad \eta \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται εις τὰς ἐφαρμογὰς καὶ τὰ κατωτέρω πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm:

$$\begin{aligned} 1 \text{ megohm} & \quad (1 \text{ M}\Omega) & = 10^6 \text{ Ohm} \\ 1 \text{ microhm} & \quad (1 \mu\Omega) & = \frac{1}{10^6} \text{ Ohm} \end{aligned}$$

Παράδειγμα. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ $U = 220 \text{ Volt}$, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $I = 2 \text{ Ampère}$. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{2} = 110 \Omega.$$

159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ.—Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Οὕτως εὐρέθη ὅτι:

Ἡ ἀντίστασις (R) ἑνὸς ὁμογενοῦς ἀγωγοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος (l) τοῦ ἀγωγοῦ, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τομὴν (σ) τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ.

ἀντίστασις ἀγωγοῦ : $R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma}$

(1)

Ὁ συντελεστής ρ καλεῖται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν λάβωμεν $l = 1 \text{ cm}$ καὶ $\sigma = 1 \text{ cm}^2$, τότε ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν εὐρίσκομεν $R = \rho$. Δηλαδή:

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις (ρ) τοῦ ἀγωγοῦ φανερώνει τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἀγωγὸς εἰς σχῆμα κύβου πλευρᾶς 1 cm .

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τῶν σωμάτων μετρεῖται συνήθως εἰς Ohm ἢ microhm, ὅταν τὸ μῆκος (l) μετρηθῇ εἰς cm καὶ ἡ τομὴ (σ) εἰς cm^2 . Τότε ἀπὸ τὸν τύπον (1) εὐρίσκομεν $\rho = \frac{R \cdot \sigma}{l}$ καὶ ἐπομένως ὡς μονὰς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως λαμβάνεται τό:

$$\frac{1 \Omega \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \Omega \cdot \text{cm} \quad \text{ἢ τὸ} \quad \frac{1 \mu\Omega \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Ειδική αντίσταση μερικῶν μετάλλων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
Ἀργυρος	1,62	Σίδηρος	9,80
Χαλκός	1,72	Λευκόχρυσος	10,50
Ἀργίλλιον	2,82	Υδράργυρος	95,78
Βολφράμιον	5,50		

Παράδειγμα. Σύρμα χάλκινον ἔχει μήκος 1 km καὶ τομὴν 1 mm². Ἡ εἰδικὴ ἀντίσταση τοῦ χαλκοῦ εἶναι $\rho = 1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Ἡ ἀντίσταση τοῦ σύρματος τοῦτου εἶναι:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = \frac{1,7 \cdot 10^5}{0,01} = 17 \cdot 10^6 \mu\Omega$$

$$\text{ἢτοι:} \quad R = 17 \Omega.$$

160. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἐὰν εἰς 0°C ὁ ἀγωγὸς ἔχῃ ἀντίστασιν R_0 , τότε εἰς $\theta^\circ\text{C}$ ὁ ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

ὅπου α εἶναι συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ (θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως). Διὰ τὰ μέταλλα εἶναι περίπου $\alpha = 0,004$. Ἡ ἀντίστασις τῶν μετάλλων ἐλαττώνεται, ὅταν ἐλαττώνεται ἡ θερμοκρασία. Ὅταν δὲ ἡ θερμοκρασία γίνῃ -269°C ἡ ἀντίστασις τῶν μετάλλων εἶναι ἀσήμαντος καὶ οὕτω τὰ μέταλλα γίνονται τότε ὑπερἀγωγοί.

Παράδειγμα. Τὸ σύρμα ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἔχει εἰς 0°C ἀντίστασιν 50 Ω. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ λαμπτήρος ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος γίνεται 2000°C. Τότε ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι:

$$R = 50 \cdot (1 + 8) = 450 \Omega.$$

161. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως.—Ἡ αὐξήσις τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς σύρματος μετὰ τῆς θερμοκρασίας εἶναι ωφέλιμος εἰς μερικὰς περιπτώσεις (π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τῆς ἡλεκτρικῆς θερμάστρας, τῶν θερμικῶν ἀμπερομέτρων κ.ἄ.). Εἰς τὰ ὄργανα ὅμως ἀκριβεῖας ἡ ἀντίστασις αὐτῶν πρέπει νὰ μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὴν ιδιότητα αὐτὴν ἔχουν ὠρισμένα

χράματα, όπως τὸ κοινιστάν (Cu, Ni), ἡ μαγγάνη (Cu, Mn, Ni), ἡ νικελίνη (Cu, Zn, Ni, Fe) καὶ ὁ νεάργυρος (Cu, Zn, Ni). Τὰ κράματα αὐτὰ ἔχουν ἀσήμαντον θερμικὸν συντελεστὴν ἀντιστάσεως.

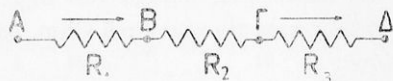
162. Κύτταρον σεληνίου.—Τὸ μέταλλον σελήνιον ἔχει τὴν ἐνδιαφέρουσαν ιδιότητα νὰ ἐλαττώνεται ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις αὐτοῦ, ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμὸς του. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ **κυττάρου σεληνίου**.

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυττάρου σεληνίου ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 20 Volt. Εἰς τὸ σκότος ἡ ἀντίστασις τοῦ κυττάρου εἶναι περίπου 10^5 ἕως 10^6 Ohm. "Ὅταν ὅμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἐλαττώνεται σημαντικῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. "Ὅσον δὲ ἰσχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμὸς τοῦ κυττάρου, τόσο καὶ τὸ ρεῦμα γίνεται ἰσχυρότερον. Τὸ κύτταρον σεληνίου χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν πολλῶν διατάξεων.

163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—Αἱ ἀντιστάσεις εἶναι δυνατὸν νὰ συνδυασθοῦν μεταξὺ των κατὰ τοὺς ἀκολουθοῦντας δύο τρόπους :

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

"Ὅταν τρεῖς ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 172), τότε καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντιστάσεων διέρχεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm θὰ ἰσχύουν τότε αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις:



Σχ. 172. Σύνδεσις ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν.

$$U_A - U_B = I \cdot R_1 \quad U_B - U_\Gamma = I \cdot R_2 \quad U_\Gamma - U_\Delta = I \cdot R_3$$

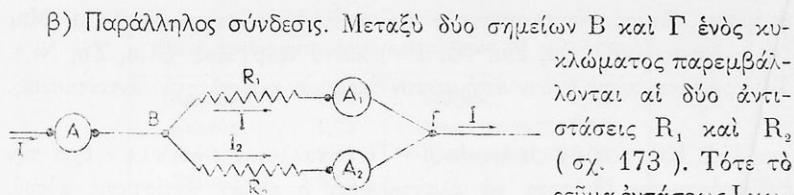
Ἐὰν προσθέσωμεν κατὰ μέλη τὰς τρεῖς ἐξισώσεις, εὐρίσκομεν:

$$U_A - U_\Delta = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

Ἀπὸ τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν συνάγεται ὅτι:

Εἰς τὴν σύνδεσιν ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν ἡ ὅλική ἀντίστασις τοῦ συστήματος ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων.

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$



Σχ. 173. Παράλληλος σύνδεσις ἀντιστάσεων.

ἀντιστοίχως ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 . Μὲ τὴν βοήθειαν ἀμπερομέτρων εὐρίσκουμεν ὅτι:

Ἡ ἔντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα διαρρέουν τὰς παραλλήλως συνδεδεμένους ἀντιστάσεις.

$$I = I_1 + I_2$$

(1)

Μεταξύ τῶν δύο σημείων Β καὶ Γ τοῦ κυκλώματος ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (U) εἶναι ἡ αὐτή, ὅσαιδήποτε ἀντιστάσεις καὶ ἂν παρεμβάλλωνται παραλλήλως μεταξύ τῶν σημείων τούτων (σχ. 173). Τότε, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, θὰ ἔχωμεν δι' ἕκαστον κλάδον τὴν σχέσιν :

$$U = I_1 \cdot R_1 \quad U = I_2 \cdot R_2 \quad U = I_3 \cdot R_3 \quad (2)$$

$$\text{ἢτοι} \quad U = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 = I_3 \cdot R_3$$

Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (2) εὐρίσκουμεν:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Προσθέτοντες κατὰ μέλη ἔχομεν:

$$I_1 + I_2 + I_3 = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ἀλλὰ $I_1 + I_2 + I_3$ εἶναι ἡ ἔντασις I τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἀρα εἶναι :

$$I = U \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (3)$$

Ἡ ἀντίστασις $R_{ολ}$, ἥ ὁποία δύναται νὰ ἀντικαταστήσῃ τὰς τρεῖς παραλλήλως συνδεδεμένας ἀντιστάσεις, χωρὶς ὅμως νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις (I) τοῦ κυρίου ρεύματος, θὰ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$I = \frac{U}{R_{ολ}} \quad (4)$$

Ἡ ἀντίστασις αὕτῃ $R_{ολ}$ καλεῖται ἰσοδύναμος ἀντίστασις. Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (3) καὶ (4) εὐρίσκεται ὅτι εἶναι:

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν ἀντιστάσεων τὸ ἀντίστροφον τῆς ἰσοδυναμίου ἀντιστάσεως ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστροφῶν τῶν παραλλήλως συνδεδεμένων ἀντιστάσεων.

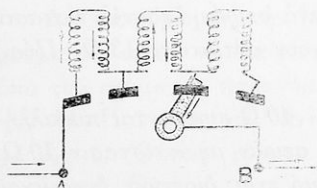
Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Ἔχομεν τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$. Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειράν, τότε ἡ ὅλικη ἀντίστασις εἶναι:

$$R_{ολ} = 2 + 3 + 4 = 9 \Omega$$

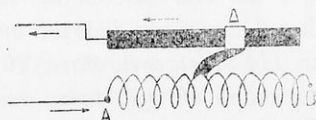
Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις θὰ εἶναι:

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{13}{12} \quad \text{ἄρα} \quad R_{ολ} = \frac{12}{13} \Omega$$

164. Ροοστάται.—Εἰς πολλὰς περιπτώσεις εἶναι ἀνάγκη νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν μεταβάλλοντες τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 174. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις.



Σχ. 175. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις.

Αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις καλοῦνται γενικῶς **ροοστάται** καὶ παρεμβάλλονται κατὰ σειράν εἰς τὸ κύκλωμα. Τὰ σχήματα 174 καὶ 175 δεικνύουν δύο συνήθεις τύπους ρυθμιστικῶν ἀντιστάσεων.

165. Μέτρησις ἀντιστάσεως.—Ἡ μέτρησις τῆς ἀντιστάσεως R ἐνὸς ἀγωγοῦ ΔΕ (σχ. 171) εἶναι εὐκολός. Δι' ἐνὸς ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν τὴν ἔντασιν I τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δι' ἐνὸς βολτομέτρου εὐρίσκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U , ἥ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Ohm εὐρίσκομεν τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ: $R = \frac{U}{I}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

108. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἔχοντος ἀντίστασιν $2,5 \text{ Ohm}$ ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 75 Volt . Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον διέρχεται διὰ τοῦ σύρματος ἐντὸς 20 λεπτῶν;

109. Σύρμα χάλκινον ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ καὶ διάμετρον 1 mm . Πόσον μῆκος σύρματος ἔχει ἀντίστασιν $4,8 \text{ Ohm}$;

110. Σύρμα, διαμέτρον 1 mm , ἔχει ἀντίστασιν $0,4 \text{ Ohm}$ κατὰ μέτρον. Σύρμα ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ διαμέτρον $0,4 \text{ mm}$ θέλομεν νὰ ἔχῃ ἀντίστασιν $12,5 \text{ Ohm}$. Πόσον μῆκος ἐκ τοῦ δευτέρου σύρματος πρέπει νὰ λάβωμεν;

111. Μία τηλεγραφικὴ γραμμὴ ἔχει μῆκος 320 km . Τὸ σύρμα ἔχει διάμετρον 4 mm καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Πόση διαφορὰ δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς, ὥστε αὕτη νὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως $0,2 \text{ Ampère}$;

112. Τρεῖς ἀντιστάσεις 5Ω , 10Ω , 45Ω συνδέονται κατὰ σειρὰν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 90 Volt . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σύστημα;

113. Δύο σύρματα, ὅταν συνδέωνται κατὰ σειρὰν, ἔχουν ἀντίστασιν 30Ω καὶ ὅταν συνδέωνται παραλλήλως ἔχουν ἀντίστασιν 3Ω . Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἐκάστου σύρματος.

114. Τρεῖς ἀντιστάσεις 20Ω , 30Ω καὶ 40Ω συνδέονται παραλλήλως καὶ τὸ σύστημα τοῦτο συνδέεται κατὰ σειρὰν μὲ ἀντίστασιν 10Ω . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὅλου συστήματος ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 200 Volt . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἐκάστην τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων;

115. Τὸ σύρμα τηλεγραφικῆς γραμμῆς μήκους l εἶναι ἀπὸ χαλκὸν καὶ ἔχει διάμετρον 3 mm . Θέλομεν νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ χάλκινον

σύρμα με σύρμα αργιλίου έχοντος τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος τούτου καὶ ποῖος εἶναι ὁ λόγος τοῦ βάρους τῆς νέας γραμμῆς πρὸς τὸ βᾶρος τῆς παλαιᾶς;

Εἰδικαὶ ἀντιστάσεις: χαλκοῦ $1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$, αργιλίου $3 \mu\Omega \cdot \text{cm}$. Εἰδικὰ βάρη: χαλκοῦ $9 \text{ gr}^*/\text{cm}^3$, αργιλίου $2,7 \text{ gr}^*/\text{cm}^3$.

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. Ἐνέργεια καὶ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος.—Μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων Α καὶ Γ ἐνὸς σύρματος ὑπάρχει σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ U (σχ. 176). Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν I καὶ διαρρέει τὸ σύρμα ἐπὶ t δευτερόλεπτα. Τότε διὰ τοῦ σύρματος μεταφέρεται ἐκ τοῦ Α εἰς τὸ Γ ἡλεκτρικὸν φορτίον $Q = I \cdot t$. Κατ' αὐτὴν τὴν μεταφορὰν γνωρίζομεν (§ 143) ὅτι παράγεται ἔργον:

$$W = U \cdot Q \quad \text{ἢτοι} \quad W = U \cdot I \cdot t$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μετατρέπεται ὁλόκληρον εἰς θερμότητα καὶ διὰ τοῦτο τὸ σύρμα θερμαίνεται (§ 153). Ὡστε:

Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μετρομένη εἰς Joule, εἶναι:

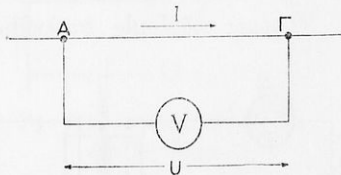
ἐνέργεια τοῦ ρεύματος: $W = U \cdot I \cdot t \text{ Joule}$

 (1)

Οὕτως ἂν εἶναι $U = 220 \text{ Volt}$, $I = 2 \text{ Ampère}$ καὶ $t = 10 \text{ sec}$, ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον διήλθεν διὰ τοῦ σύρματος, εἶναι:

$$W = 220 \cdot 2 \cdot 10 = 4400 \text{ Joule}.$$

Διὰ νὰ εὐρωμεν τὴν ἰσχὺν τοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ νὰ διαιρέσωμεν τὸ ὑπὸ τοῦ ρεύματος παραγόμενον ἔργον $U \cdot I \cdot t$ διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου t . Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι:



Σχ. 176. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει ἔργον.

Ἡ ἰσχὺς (P) τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τάσιν καὶ τὴν ἔντασιν αὐτοῦ.

ἰσχὺς τοῦ ρεύματος: $P = U \cdot I \text{ Watt}$

 (2)

Οὕτως ἂν εἶναι $U = 220 \text{ Volt}$ καὶ $I = 2 \text{ Ampère}$, ἡ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος εἶναι:

$$P = 220 \cdot 2 = 440 \text{ Watt}$$

167. Νόμος τοῦ Joule.—Ρεῦμα ἐντάσεως I διαρρέει ἐπὶ χρόνον t ἐν σύρμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν R . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U . Τότε ἔχομεν $U = I \cdot R$. Τὸ ἔργον τοῦ ρεύματος εἶναι:

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \text{ἢ} \quad W = I^2 \cdot R \cdot t \text{ Joule}$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μεταβάλλεται ὁλόκληρον εἰς θερμότητα, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν θέρμανσιν τοῦ σύρματος. Ἐπειδὴ 1 θερμὴ ἰσοδυναμεῖ μὲ 4,19 Joule, εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος (Q), ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ σύρματος εἶναι:

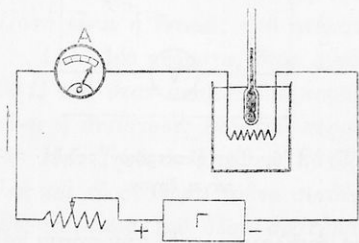
$$Q = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν **νόμον τοῦ Joule**:

Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐπὶ ἐνὸς σύρματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

$$\text{νόμος τοῦ Joule : } Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal}$$

Ὁ νόμος τοῦ Joule ἐπαληθεύεται πειραματικῶς ἐὰν ἐντὸς θερμιδομέτρου βυθίσωμεν σύρμα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ρεῦμα (σχ. 177). Μεταβάλλοντες τὴν ἔντασιν 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 ἀποδείξιν τοῦ νόμου τοῦ Joule.

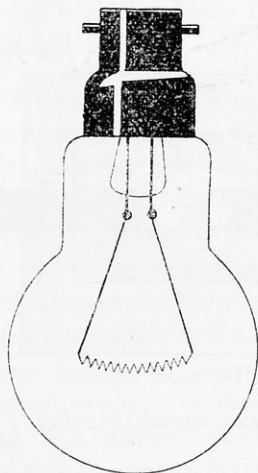
Π α ρ á δ ε ι γ μ α. Σύρμα ἔχει ἀντίστασιν 5Ω καὶ ἐπὶ 10 min διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 10 A. Ἡ ἀνα-

πτυσσομένη ἐπὶ τοῦ σύρματος ποσότης θερμότητος εἶναι:

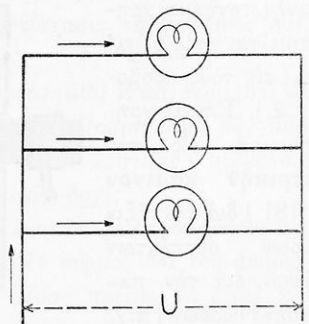
$$Q = 0,24 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 600 = 72\,000 \text{ cal.}$$

168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος.—Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκμεταλλευόμεθα σήμερον εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς.

α) Οἱ **ηλεκτρικοὶ λαμπτήρες** διὰ **πυρακτώσεως** ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑάλινον δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου περιέχεται ἀδρανὲς ἀέριον (ἀργὸν ἢ ἥλιον) καὶ μακρὸν καὶ λεπτὸν σύρμα ἀπὸ πολὺ δύστηκτον μέταλλον (βολφράμιον, ὅσμιον, ταντάλιον). Τὸ διαπυρούμενον μέταλλον φωτοβολεῖ (σχ. 178). Ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος ἀνέρχεται εἰς 2100° ἕως 2300° C. Εἰς τοὺς συγχρόνους λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς ἀνέρχεται εἰς 0,5 ἕως 0,9 Watt κατὰ κηρίον. Ὅλοι οἱ λαμπτήρες μιᾶς ἐγκαταστάσεως πρέπει νὰ λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν αὐτὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Διὰ τοῦτο οἱ λαμπτήρες τῆς ἐγκαταστάσεως συνδέονται **παρὰλληλως** (σχ. 179). Ἐκαστος λαμπτήρ λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπὸ μίαν ὠρισμένην τάσιν, ἡ ὁποία σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος ἀναγράφεται καὶ ἡ ἰσχύς καταναλώσεως



Σχ. 178. Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως.



Σχ. 179. Σύνδεσις τῶν ηλεκτρικῶν λαμπτήρων.

τοῦ λαμπτήρος. Ἐκ τῶν ἀναγραφόμενων δύο ἐνδείξεων εὐρίσκομεν τὴν **κατανάλωσιν** τοῦ λαμπτήρος, τὴν **ἀντίστασιν** τοῦ διαπύρου σύρματός του καὶ τὴν **έντασιν** τοῦ διερχομένου ρεύματος. Οὕτω λαμπτήρ ἰσχύος 50 Watt καὶ λειτουργῶν ὑπὸ τάσιν 110 Volt διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως:
$$I = \frac{P}{U} = \frac{50}{110} = 0,45 \text{ Ampère.}$$
 Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος

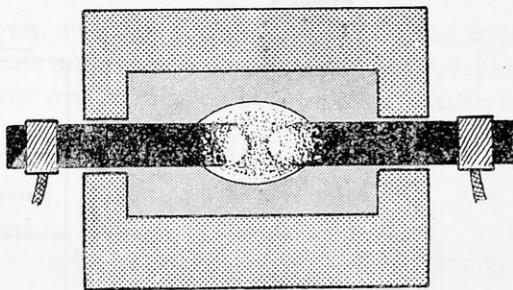
εἶναι: $R = \frac{U}{I} = \frac{110}{0,45} = 222 \text{ Ohm}$. Καθ' ὧραν ὁ λαμπτήρ καταναλί-
σκει ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἴσην με: $W = 50 \text{ Wh}$ ἢ $W = 0,05 \text{ kWh}$.

β) Τὸ **ἡλεκτρικὸν τόξον** σχηματίζεται μεταξὺ δύο ραβδίων ἄν-
θρακος, εἰς τὰ ἅκρα
τῶν ὁποίων ὑπάρχει
διαφορὰ δυναμικοῦ 40
ἕως 60 Volt. Φέρομεν
εἰς ἐπαφὴν τὰ ἅκρα
τῶν δύο ραβδίων.



Σχ. 180. Ἡλεκτρικὸν τόξον.

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον τὰ ἅκρα τῶν ραβδίων, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ
ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ διέρχεται διὰ τοῦ ἀέρος καὶ μεταξὺ τῶν δύο ρα-
βδίων σχηματίζεται ἰσχυρὸν φωτεινὸν τόξον (σχ. 180). Τὰ δύο ραβδία
τοῦ ἄνθρακος φθείρονται, ἀλλὰ ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικὸν ἡλεκτρό-
διον, εἰς τὸ ἅκρον τοῦ ὁποίου σχηματίζεται κρατῆρ. Εἰς τὸν κρατῆρα ἡ
θερμοκρασία εἶναι 3500°C . Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον ἀποτελεῖ ἰσχυροτάτην
φωτεινὴν πηγὴν καὶ χρη-
σιμοποιεῖται πρὸς φωτι-
σμόν (εἰς τοὺς προβο-
λεῖς κ.ἄ.). Ἐπίσης χρη-
σιμοποιεῖται εἰς τὴν
ἡλεκτρικὴν κάμινον
(σχ. 181) διὰ τὴν τῆξιν
διαφόρων δυστήκτων
σωμάτων, διὰ τὴν πα-
ρασκευὴν ἐνώσεων (π.χ.
τοῦ ἀνθρακασβεστίου), καὶ εἰς τὴν ἡλεκτρομεταλλουργίαν (παρα-
σκευὴ ἀργιλίου).



Σχ. 181. Ἡλεκτρικὴ κάμινος.

γ) Αἱ **συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος** χρησιμοποιοῦνται
σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς. Οὕτως ἔχομεν θερμικὰς
συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως (ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἡλεκτρικαὶ κου-
ζίνας, ἡλεκτρικὰ σίδερα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς
ἐγκαταστάσεως ἀπὸ τυχαίαν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, πα-
ρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀ σ φ ἄ λ ε ι α ν. Αὕτη εἶναι εὖ-

τήκτον σύρμα, τὸ ὁποῖον τήκεται μόλις ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ μίαν ὠρισμένην τιμὴν. Οὕτω τὸ ρεῦμα διακόπτεται αὐτομάτως.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

116. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἀντιστάσεως $8\ \Omega$ ἐφαρμόζεται τάσις $56\ \text{Volt}$. Πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ ρεύματος καὶ πόσον εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντὸς 30 λεπτῶν;

117. Λαμπτήρ ἰσχύος $60\ \text{Watt}$ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν $110\ \text{Volt}$. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος;

118. Αἰθουσα φωτίζεται ἀπὸ 6 λαμπτήρας, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχὺν $60\ \text{Watt}$. Πόσον κοστίζει ὁ φωτισμὸς τῆς αἰθούσης ἐπὶ $4,5$ ὥρας, ἂν τὸ κιλοβατώραριον τιμᾶται $1,2$ δραχμάς;

119. Τρεῖς ἀντιστάσεις $2\ \Omega$, $3\ \Omega$ καὶ $5\ \Omega$ συνδέονται κατὰ σειρᾶν. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται τάσις $120\ \text{Volt}$. Πόση ποσότης θερμότητος ἀναπτύσσεται κατὰ λεπτὸν ἐπὶ ἐκάστης ἀντιστάσεως;

120. Ἡλεκτρικὴ κουζίνα ἔχει ἰσχὺν $500\ \text{Watt}$ καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως $4\ \text{A}$. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς κουζίνας καὶ ὑπὸ ποίαν τάσιν λειτουργεῖ;

121. Μία ἡλεκτρικὴ κουζίνα, ἰσχύος $500\ \text{Watt}$, θερμαίνει $500\ \text{gr}$ ὕδατος ἀπὸ 20° εἰς 100°C ἐντὸς 10 λεπτῶν. Πόσον μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος χρησιμοποιοῦμεν καὶ πόσον κοστίζει ἡ θέρμανσις τοῦ ὕδατος, ἂν τὸ κιλοβατώραριον τιμᾶται $1,50$ δρχ.;

122. Διὰ νὰ θερμάνωμεν ἐντὸς 5 λεπτῶν ἓν λίτρον ὕδατος ἀπὸ 10° εἰς 100°C , βοθίζομεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἓν σύρμα, διὰ τοῦ ὁποῖου διαβιάζομεν ρεῦμα ὑπὸ τάσιν $125\ \text{Volt}$. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος τούτου;

123. Μία αἰθουσα φωτίζεται ἀπὸ 3 λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχὺν $40\ \text{Watt}$ καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν $120\ \text{Volt}$. Ἡ αἰθουσα θερμαίνεται ἀπὸ μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὁποία ἔχει ἰσχὺν $600\ \text{Watt}$ καὶ λειτουργεῖ ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν. Τὰ χρησιμοποιούμενα σύρματα διὰ τὰς συνδέσεις ἔχουν ἀνήμικτον ἀντίστασιν. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἐκάστου λαμπτήρος καὶ τῆς θερμάστρας; Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕκαστον τῶν ἀνωτέρω ὀργάνων;

6. ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Ἄς θεωρήσωμεν μίαν γεννήτριαν Γ, μεταξύ δὲ τῶν πόλων αὐτῆς παρεμβάλλονται κατὰ σειρὰν διάφοροι συσκευαὶ χρησιμοποίησεως τοῦ ρεύματος (π.χ. ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, ἡλεκτρικοὶ λαμπτήρες, βολτάμετρον κ.ἄ.). Τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, καθ' ὅλον δὲ τὸ μήκος τοῦ κυκλώματος ἡ ἔντασις I τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερὰ (§ 156). Ἡ γεννήτρια παρέχει τότε εἰς τὸ κύκλωμα ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ χρόνος λειτουργίας τῆς γεννητρίας. Γενικῶς:

Ἡ ἰσχὺς (P), τὴν ὁποίαν παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα μία γεννήτρια, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

ἰσχὺς γεννητρίας: $P = E \cdot I$

ὅπου E εἶναι συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῆς γεννητρίας καὶ καλεῖται **ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τῆς γεννητρίας (ΗΕΔ'). Ἐπειδὴ ἡ ἔντασις I μετρεῖται εἰς Ampère καὶ ἡ ἰσχὺς P μετρεῖται εἰς Watt, ἔπεται ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις E μετρεῖται εἰς Volt (ὅπως εἰς τὸν τύπον $P = U \cdot I$ § 166). Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κλειστὸν κύκλωμα εἶναι ἴση μὲ 1 Ampère ($I = 1 \text{ A}$), τότε ἔχομεν $P = E$ ὥστε:

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, μετρομένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχύν, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια, ὅταν αὕτη δίδῃ ρεῖμα ἐντάσεως 1 Ampère.

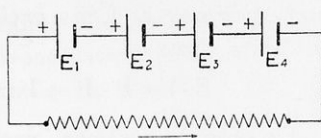
Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἂς θεωρήσωμεν δύο γεννητρίας Α καὶ Β, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἀντιστοίχως ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E_1 = 500 \text{ Volt}$ καὶ $E_2 = 100 \text{ Volt}$. Ὅταν αἱ δύο αὗται γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῖμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως I, τότε ἡ μὲν γεννήτρια Α παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της ἰσχύν $P_1 = E_1 \cdot I$, ἡ δὲ γεννήτρια Β παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της ἰσχύν $P_2 = E_2 \cdot I$.

Ἐπομένως ἔχομεν

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{500}{100} = 5$$

ἤτοι ἡ γεννήτρια Α παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της 5 φορές μεγαλύτεραν ἰσχὺν ἀπὸ ὅσην παρέχει ἡ γεννήτρια Β εἰς τὸ ἰδικόν της κύκλωμα.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι μέγεθος *χαρακτηριστικὸν* ἐκάστης γεννητρίας καὶ φανερώνει πόσῃ ἰσχύϊ εἰς Watt δίδει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά της δι' ἕκαστον Ampère τοῦ παρεχομένου ρεύματος. Ἐὰν συνδεθοῦν πολλὰι γεννήτριαι κατὰ σειράν, δηλαδὴ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευ-



Σχ. 182. Σύνδεσις γεννητριῶν κατὰ σειράν.

τέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννητριῶν (σχ. 182). Ὄταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἐκάστη γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύϊ:

$$P_1 = E_1 \cdot I \quad P_2 = E_2 \cdot I \quad P_3 = E_3 \cdot I \quad P_4 = E_4 \cdot I$$

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι:

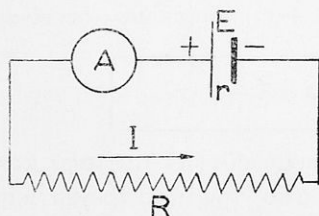
$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \cdot I$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις φανερώνει ὅτι:

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) μιᾶς συστοιχίας γεννητριῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται κατὰ σειράν, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν γεννητριῶν τῆς συστοιχίας.

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

170. Νόμος τοῦ **Ohm** διὰ κλειστὸν κύκλωμα.—Ἀς θεωρή-



Σχ. 183. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

σωμεν κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει γεννήτριαν Γ καὶ ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν R (σχ. 183). Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύϊ $P = E \cdot I$, ἡ ὁποία ἐξ ὁλοκλήρου μεταβάλλεται ἐπὶ τοῦ κυκλώματος εἰς θερμότητα. Ἐκάστη γεννήτρια διαρρέεται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος

καὶ παρουσιάζει μίαν ἀντίστασιν r , ἡ ὁποία καλεῖται **ἐσωτερικὴ ἀντίστασις** τῆς γεννητρίας. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Joule ἡ ἀναπτυσ-

σομένη κατὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος εἶναι $I^2 \cdot R$ ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως καὶ $I^2 \cdot r$ ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τῆς γεννητρίας. Ἡ ποσότης αὕτη τῆς θερμότητος προέρχεται ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν $E \cdot I$, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα. Ὡστε εἶναι:

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r \quad \text{ἢ} \quad E = I \cdot (R + r) \quad (1)$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ ἐξωτερικὰς ἀντιστάσεις, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν ($R_{ολ}$) τοῦ κυκλώματος.

νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα: $E = I \cdot R_{ολ}$

Ὁ ἀνωτέρω νόμος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν εἰσάγωμεν διαδοχικῶς εἰς τὸ κύκλωμα διαφόρους γνωστὰς ἀντιστάσεις (σχ. 183).

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 183 εἶναι $E = 10$ Volt $r = 2$ Ohm καὶ θέλομεν νὰ ἔχωμεν ρεῦμα ἐντάσεως $I = 2$ Ampère. Ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχη ὠρισμένην τιμὴν, τὴν ὁποίαν ὑπολογίζομεν ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$E = I \cdot (R + r) \quad \text{ἥτοι} \quad 10 = 2 \cdot (R + 2) \quad \text{καὶ} \quad R = 3 \cdot \text{Ohm}$$

171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως R , δηλαδὴ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία εἶναι $U = I \cdot R$. Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν $E = I \cdot (R + r)$ εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι:

$$I \cdot R = E - I \cdot r \quad \text{ἄρα}$$

$$U = E - I \cdot r$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (U) μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν (E) τῆς γεννητρίας.

Εἶναι δυνατόν νὰ εἶναι $U = E$ ἐὰν εἶναι $I = 0$, δηλαδὴ ἐὰν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Ἐκ τούτων συνάγεται ὁ ἀκόλουθος ὁρισμὸς τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως:

Ἡ ἡλεκτρεγερτική δύναμις τῆς γεννητρίας ἐκφράζει τὴν μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὑπάρχουσας διαφορὰν δυναμικοῦ, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν.

172. Ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις.—Εἰς τὸν λαμπτήρα πυρακτώσεως, τὴν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἢ δαπανωμένη ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία τοιαύτη συσκευή λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ νεκρὰν ἀντίστασιν. Εἰς τὸ βολτάμετρον ἢ τὸν ἀνεμιστήρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἄλλο δὲ μέρος αὐτῆς μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συσκευή καλεῖται γενικῶς **ἀποδέκτης**. Ὁ ἀνεμιστήρ καὶ γενικῶς ὁ ἡλεκτρικὸς κινητῆρ εἶναι τόσο καλῦτερος, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δαπανωμένης ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι:

Εἰς ἓνα ἀποδέκτην ἡ ἰσχύς (P) τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία μετατρέπεται εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ἐκτὸς τῆς θερμότητος, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἀποδέκτου.

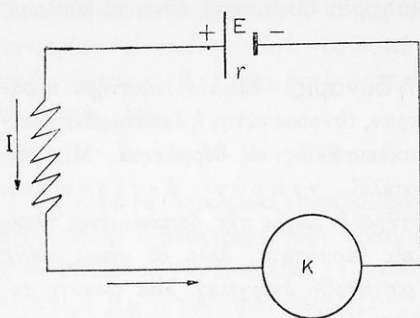
$$\text{ἰσχύς ἀποδέκτου : } P = E' \cdot I$$

ὅπου E' εἶναι συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀποδέκτου καὶ καλεῖται **ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ ἀποδέκτου. Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀποδέκτου μετρεῖται εἰς Volt, ὅπως καὶ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας (§ 170). Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἴση μὲ 1 Ampère ($I = 1 \text{ A}$), τότε ἔχομεν $P = E'$.

Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις, μετρομένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχὺν τοῦ ἀποδέκτου, ὅταν δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Οὕτως ἂν ὁ ἡλεκτρικὸς κινητῆρ ἔχῃ ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν $E' = 200 \text{ Volt}$, αὕτη φανερώνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινητῆρος διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 A, τότε ὁ κινητῆρ παρέχει μηχανικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία ἔχει ἰσχὺν 200 Watt.

173. Κύκλωμα με γεννήτριαν καὶ ἀποδέκτην.—Εἰς κλειστὸν



Σχ. 184. Κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν (E) καὶ κινητῆρα (K).

κύκλωματος εἶναι $R + r + r'$. Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι I , τότε ἡ μὲν γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύον $P = E \cdot I$, ὁ δὲ κινητὴρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχύον $P' = E' \cdot I$. Συγχρόνως ἐφ' ὅλων τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ποσότης θερμότητος $(R + r + r') \cdot I^2$. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνέργειας ὅα εἶναι:

$$E \cdot I = E' \cdot I + (R + r + r') \cdot I^2 \quad \eta \quad E = E' + (R + r + r') \cdot I$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἢ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μετὰ τὸ ἄθροισμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως (E') τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως (I) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν ($R_{ολ}$) τοῦ κυκλώματος.

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

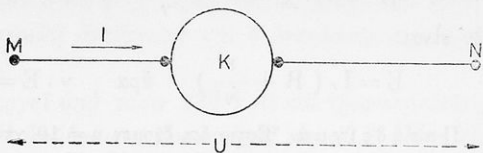
(1)

Παράδειγμα. Ἡ γεννήτρια ἔχει $E = 220$ Volt καὶ $r = 1$ Ohm, ὁ δὲ ἀποδέκτης ἔχει $E' = 60$ Volt καὶ $r' = 2$ Ohm. Ἐὰν αἱ λοιπαὶ ἐξωτερικαὶ ἀντιστάσεις τοῦ κυκλώματος εἶναι $R = 7$ Ohm, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι:

$$I = \frac{E - E'}{R_{ολ}} = \frac{220 - 60}{7 + 1 + 2} = \frac{160}{10} = 16 \text{ Ampère.}$$

173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώματος.—Μεταξὺ τῶν ση-

μείων M και N ενός κυκλώματος παρεμβάλλεται αποδέκτης (π.χ. κινητήρ) έχων άντηλεκτρεγερτική δύναμιν E' και έσωτερικήν αντίστασιν r' (σχ. 185).



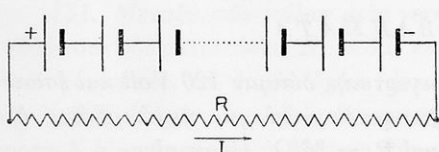
Σχ. 185. 'Αποδέκτης (κινητήρ K) εις τμήμα κυκλώματος.

Τò ρεύμα έχει έντασιν I , ή δέ διαφορά δυναμικοῦ μεταξύ τῶν σημείων M και N είναι U .

Και εις τήν περίπτωσιν αὐτήν ισχύει ή εξίσωσις (1) ὑπὸ τήν εξῆς μορφήν:

$$U = E' + I \cdot R_{\text{ολ}}$$

174. Κύκλωμα με συστοιχίαν γεννητριῶν.—'Εστω ὅτι ἔχομεν



Σχ. 186. Σύνδεσις κατὰ σειράν.

ὁμοίας γεννητρίας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἡλεκτρεγερτικήν δύναμιν E και έσωτερικήν αντίστασιν r .

α) Σύνδεσις κατὰ σειράν.

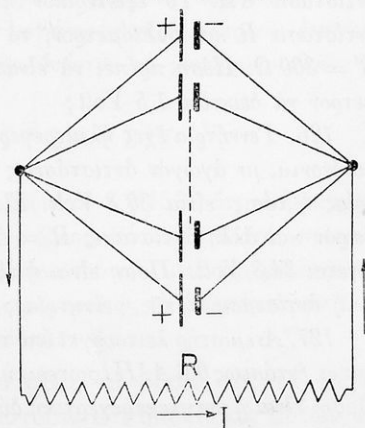
'Εάν αἱ n γεννητρίαι συνδεθοῦν

κατὰ σειράν (σχ. 186), τότε ή ὅλική ήλεκτρεγερτική δύναμις τῆς συστοιχίας είναι $n \cdot E$, ή δέ ὅλική αντίστασις αὐτῆς είναι $n \cdot r$. 'Αν R είναι ή αντίστασις τοῦ έξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, τότε συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm είναι :

$$n \cdot E = I \cdot (R + n \cdot r)$$

β) Σύνδεσις παράλληλος.

Εἰς τήν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι και ἀφ' ἑτέρου ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν γεννητριῶν (σχ. 187). 'Η ὅλική ήλεκτρεγερτική δύναμις τῆς συστοιχίας είναι E , διότι είναι ὡς ἐάν νὰ ἔχωμεν μίαν μόνον γεννήτριά. 'Η έσωτερική ὁμως αντί-



Σχ. 187. Σύνδεσις παράλληλος.

στασις τῆς συστοιχίας εἶναι $\frac{r}{\nu}$. Ἐπομένως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι:

$$E = I \cdot \left(R + \frac{r}{\nu} \right) \quad \text{ἔρα} \quad \nu \cdot E = I \cdot (\nu \cdot R + r)$$

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Ἐστω ὅτι ἔχομεν $\nu = 10$ γεννητρίας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει $E = 2$ Volt καὶ $r = 0,1$ Ohm. Ὁ ἐξωτερικὸς ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν $R = 9$ Ohm. Ἄν αἱ γεννήτριάι συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι:

$$I = \frac{\nu \cdot E}{R + \nu \cdot r} = \frac{10 \cdot 2}{9 + 1} = 2 \text{ Ampère}$$

Ἄν αἱ γεννήτριάι συνδεθοῦν παραλλήλως, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι:

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{\nu}} = \frac{2}{9 + 0,01} = 0,22 \text{ Ampère}$$

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

124. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρογεωρητικὴν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 10 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει δύο μόνον ἀντιστάσεις $R_1 = 26$ Ω καὶ $R_2 = 36$ Ω. Πόση εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R_2 ;

125. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρογεωρητικὴν δύναμιν 2 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 8 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει κατὰ σειρὰν ἀντίστασιν R καὶ βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R' = 300$ Ω. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις R , ὥστε τὸ βολτόμετρον νὰ δεικνύει 1,5 Volt;

126. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρογεωρητικὴν δύναμιν 40 Volt. Οἱ πόλοι της συνδέονται με ἀγωγὸν ἀντιστάσεως R τότε εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας ἡ τάσις εἶναι 30,8 Volt. Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν καὶ ἄλλη ἀντίστασις $R_1 = 5$ Ω · τότε ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους γίνεται 34,8 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις r τῆς γεννητρίας;

127. Ἀνεμιστὴρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,6 A. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συσκευῆς εἶναι 110 Ω. Πόση εἶναι ἡ ἀντὴλεκτρογεωρητικὴ δύναμις τοῦ ἀνεμιστῆρος καὶ πόση εἶναι ἡ ἰσχὺς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ ἀνεμιστὴρ;

128. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρογεωρητικὴν δύναμιν 52 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 1 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἀντίστασιν

$R = 5 \Omega$ και ένα κινητήρα. Όταν ο κινητήρ δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν $4 A$, ἐνῶ, ὅταν ὁ κινητήρ στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν $1 A$. Πόση εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντὴλεκτρογερετικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος;

129. Κινητήρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 Volt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως $15 A$. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητήρος εἶναι $0,8$. Πόση εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντὴλεκτρογερετικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος;

130. Γεννήτρια ἔχει ἡλεκτρογερετικὴν δύναμιν 500 Volt καὶ παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως $350 A$, τὸ ὁποῖον μεταφέρεται διὰ μακροῦ σύρματος εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἂν θέλωμεν αἱ ἐπὶ τῆς γραμμῆς ἀπώλειαι, ἕνεκα τῆς θερμάνσεως τοῦ ἀγωγοῦ, νὰ εἶναι ἴσαι μὲ τὸ $1/20$ τῆς ἰσχύος τῆς γεννητρίας;

131. Μεταξὺ τῶν πόλων μιᾶς γεννητρίας παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν δύο ἀντιστάσεις $R_1 = 3 \Omega$ καὶ $R_2 = 7 \Omega$, αἱ ὁποῖαι διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀντιστοίχως ἐντάσεις $I_1 = 14 A$ καὶ $I_2 = 6 A$. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας εἶναι $0,9 \Omega$. Πόση εἶναι ἡ ἡλεκτρογερετικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας;

132. Μία ὑδατόπτωσης ἔχει ἰσχὴν 40 ἀτμοῦπιπων καὶ κινεῖ γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν $0,8$. Τὸ ρεῦμα χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν φωτισμὸν συνοικισμοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες ἰσχύος 75 Watt . Αἱ ἀπώλειαι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας εἶναι 10% . Πόσοι λαμπτήρες εἶναι δυνατόν νὰ χρησιμοποιηθοῦν;

7. ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

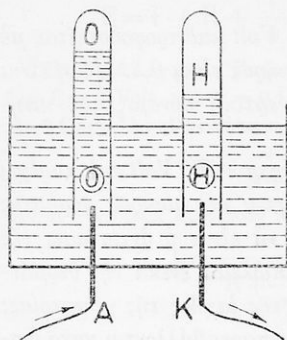
175. Ἡλεκτρολύται.—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέρχεται διὰ διαλύματος ὑξέος, βάσεως ἢ ἄλατος προκαλεῖ τὴν διάσπασιν τοῦ μορίου τῶν σωμάτων τούτων. Διὰ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως χρησιμοποιεῖται τὸ βολτάμετρον (σλ. 187). Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι:

Ἡλεκτρολύται εἶναι μόνον τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἄλατα, ὅταν εὐρίσκωνται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν, εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος ἢ ἄλλου καταλλήλου ὑγροῦ.

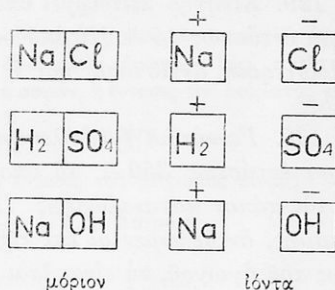
Οὕτως ἡλεκτρολύται εἶναι τὸ τετηγμένον χλωριούχον νάτριον, τὸ εἰς

ὑδρὸς διάλυμα τοῦ ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος ἢ τοῦ καυστικοῦ καλίου ἢ τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ κ.τ.λ.

Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μόριον ἐκάστου ἡλεκτρο-

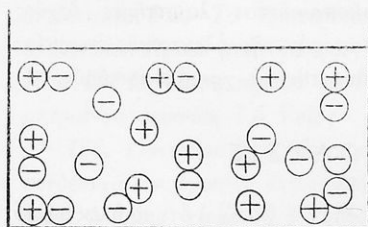


Σχ. 187. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν.



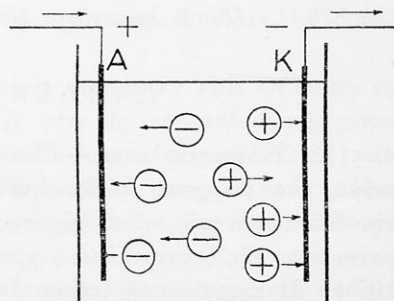
Σχ. 188. Τὸ μόριον τοῦ ἡλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἑτερώ-
νυμα ίοντα, φέροντα ἴσα φορτία.

λύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἑτερωνύμων ίόντων, τὰ ὁποῖα φέρουν ἴσα ἡλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ χλωριούχου νατρίου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν θετικὸν ἰὸν νατρίου καὶ ἓν ἀρνητικὸν ἰὸν χλωρίου (σχ. 188). Ὄταν τὰ δύο ίοντα εἶναι ἠνωμένα, τότε τὸ μόριον ἐμφανίζεται οὐδέτερον. Ἐὰν ὁμοῦς



- $\oplus\ominus$ ἀκέραιον μόριον
 $\oplus$ θετικὸν ἰὸν
 $\ominus$ ἀρνητικὸν ἰὸν

Σχ. 189. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις.



Σχ. 190. Κίνησις τῶν ίόντων πρὸς τὰ δύο ἡλεκτρόδια.

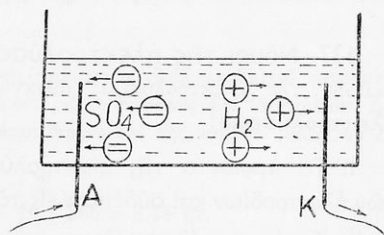
διαλύσωμεν χλωριούχον νάτριον ἐντὸς ὕδατος, τότε μέγας ἀριθμὸς μορίων χλωριούχου νατρίου ὑφίσταται ἡλεκτρολυτικὴν διάστασιν, δη-

λαδή τὰ μόρια τοῦ ηλεκτρολύτου διαχωρίζονται εἰς δύο ἑτερόνυμα ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τοῦ διαλύματος ὑπάρχουν τότε ἀκέραια μόρια χλωριούχου νατρίου, θετικά ἰόντα νατρίου καὶ ἀρνητικά ἰόντα χλωρίου (σχ. 189). Τὸ διάλυμα ἐξακολουθεῖ νὰ εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερον, διότι ἐντὸς τοῦ διαλύματος περιφέρεται ἴσος ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. Ἐὰν τὸ διάλυμα τοῦ ηλεκτρολύτου εὐρεθῇ ἐντὸς βολταμέτρου, τότε μεταξὺ τῶν δύο ηλεκτροδίων δημιουργεῖται ἡλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον (ἄνοδος) ἔλκει τὰ ἀρνητικά ἰόντα, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ηλεκτρόδιον (κάθοδος) ἔλκει τὰ θετικά ἰόντα (σχ. 190).

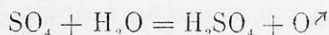
176. Παραδείγματα ηλεκτρολύσεων.— Θὰ ἐξετάσωμεν κατωτέρω τρία παραδείγματα ηλεκτρολύσεως. Τὰ ηλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, ὁ ὁποῖος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τῶν ὀξέων.

α) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ὀξέος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ὀξέος π.χ. θεικοῦ ὀξέος, εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐρμηνεύεται ὡς ἑξῆς:

Τὸ μόριον τοῦ θεικοῦ ὀξέος H_2SO_4 διασπᾶται εἰς τὸν θετικὸν ἰὸν 2H^+ καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὸν SO_4^- . Τὸ θετικὸν ἰὸν 2H^+ ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐκεῖ ἐξουδετερώνεται καὶ ἐκλύεται, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἰὸν SO_4^- , ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 191). Ἡ ἀρνητικὴ ρίζα SO_4 ἀσκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ ὕδατος μίαν δευτερεύουσαν ἀντίδρασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνασυντίθεται τὸ θεικὸν ὀξύ καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον καὶ ἐκλύεται:

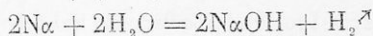


Σχ. 191. Ἡλεκτρόλυσις θεικοῦ ὀξέος.

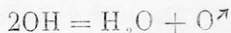


β) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος βάσεως. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος βάσεως, π.χ. καυστικοῦ καλίου, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον ὑδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ νατρίου NaOH διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰὸν Na^+ , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, ὅπου ἐξουδετερώνεται.

νεται, καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὸν ὑδροξύλιον OH^- , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον ἀντιδρᾷ μὲ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω σχηματίζονται καυστικὸν ~~καλὸν~~ καὶ ὑδρογόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται:



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ ὑδροξύλια ἀνασχηματίζουσι τὸ ὕδωρ, ἐνῶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον:



γ) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ἁλατος. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν διαλύματος ἁλατος, π.χ. θεικοῦ χαλκοῦ, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον χαλκός, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ CuSO_4 διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰὸν Cu^+ , τὸ ὁποῖον, ἀφοῦ ἐξουδετερωθῇ, ἐπικαθίεται ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου τῆς καθόδου καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὸν SO_4^- , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Ἐκεῖ ἡ ρίζα τοῦ ὀξέος ἀντιδρᾷ μὲ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω προκύπτει θεικὸν ὀξύ καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται:



177. Νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως.—Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως συνάγονται οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς ἡλεκτρολύσεως:

I. Τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται πάντοτε ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων καὶ οὐδέποτε εἰς τὸ μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων ὑγρὸν.

II. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν τῶν ὀξέων, τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων τὸ μὲν ὑδρογόνον τῶν ὀξέων ἢ τὸ μέταλλον τῶν βάσεων καὶ τῶν ἀλάτων λαμβάνεται εἰς τὴν κάθοδον, αἱ δὲ ρίζαι αὐτῶν λαμβάνονται εἰς τὴν ἄνοδον.

III. Ἡ μᾶζα (m) τοῦ στοιχείου, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον (Q), τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ βολταμέτρου καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον (K) τοῦ στοιχείου.

νόμος ἡλεκτρολύσεως : $m = \alpha \cdot K \cdot Q$	(1)
--	-----

όπου α είναι μία σταθερά, ή οποία εκ του πειράματος εύρεθη ότι έχει τιμήν $\alpha = \frac{1}{96\,500}$. 'Επειδή το χημικόν ισοδύναμον ενός στοιχείου ισοῦται ἀριθμητικῶς μετὰ τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους (A) τοῦ στοιχείου διὰ τοῦ σθένους του (ν), ή προηγουμένη ἐξίσωσις γράφεται:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{\nu} \cdot Q \quad \eta \quad m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{\nu} \cdot I \cdot t$$

Ἐὰν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ φορτίον 1 Cb, τότε ή μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{\nu} \text{ γραμμάρια/Cb}$$

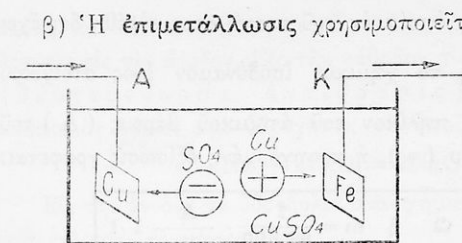
Ἡ μᾶζα αὕτη εἶναι σταθερά δι' ἕκαστον στοιχεῖον καὶ καλεῖται **ἡλεκτροχημικὸν ισοδύναμον** τοῦ στοιχείου. Ἐὰν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ φορτίου 96 500 Cb, τότε ή μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι $m = \frac{A}{\nu}$ γραμμάρια, ἥτοι εἶναι ἴση μετὰ 1 γραμμοισοδύναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σταθερὸν τοῦτο φορτίον τῶν 96 500 Cb καλεῖται **σταθερὰ Faraday**.

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου (ZnSO_4) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεύμα ἐντάσεως $I = 10$ Ampère. Διὰ τὸν Zn εἶναι $A = 65$ καὶ $\nu = 2$. Ἡ ἀποτιθεμένη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn εἶναι:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{65}{2} \cdot 10 \cdot 965 = 3,25 \text{ gr.}$$

178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως.—Τὰ φαινόμενα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογὰς, κυριώτεραι τῶν ὁποίων εἶναι αἱ ἑξῆς:

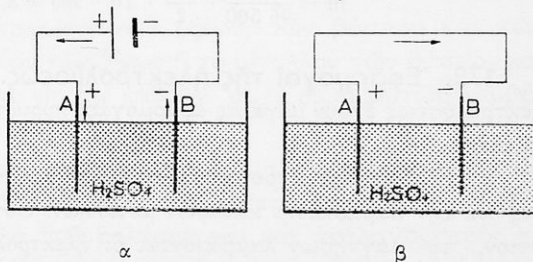
α) Εἰς τὴν **ἡλεκτρομεταλλουργίαν** χρησιμοποιεῖται ή ἡλεκτρόλυσις διὰ τὴν παρασκευὴν καθαρῶν μετάλλων. Οὕτω τὸ κάλιον, τὸ ἀσβέστιον, τὸ μαγνήσιον λαμβάνονται δι' ἡλεκτρολύσεως τῶν τετηγμένων χλωριούχων ἀλάτων των. Τὸ ἀργίλλιον λαμβάνεται δι' ἡλεκτρολύσεως μείγματος βοξίτου καὶ κρυολίθου. Ὁμοίως λαμβάνεται καὶ ὁ χημικῶς καθαρὸς χαλκός.



Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου.

γ) Ἡ γαλβανοπλαστική ἐπιτυγχάνει τὴν ἀναπαραγωγὴν διαφό-
ρων ἀντικειμένων (π.χ. νομισμάτων, μεταλλίων κ.ἄ.). Πρὸς τοῦτο
λαμβάνεται ἐπὶ θερμῆς γουταπέρκας ἢ μήτρας, ἥτοι τὸ ἀκριβὲς ἀπο-
τύπωμα τοῦ ἀντικειμένου. Ἐπειτα καλύπτεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς μήτρας
μὲ γραφίτην, διὰ νὰ γίνῃ ἀγωγός, καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς κάθοδος.
Αὕτη ἐπικαλύπτεται με στρῶμα μετάλλου, ὅπως καὶ μετὰ τὴν ἐπιμε-
τάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστική ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν σιγι-
γογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν φωνογραφικῶν πλακῶν κ.ἄ.).

179. Πόλωσης τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—Ἐντὸς
διαλύματος θεικοῦ ὀξέος
βυθίζομεν δύο ἠλεκτρό-
δια ἐκ λευκοχρύσου. Με
ἐν βολτόμετρον εὐρίσκο-
μεν ὅτι ἡ διαφορὰ δυνα-
μικοῦ μεταξύ τῶν δύο
ἠλεκτροδίων εἶναι ἴση
μὲ μηδέν. Διαβιβάζομεν
διὰ τοῦ βολταμέτρου
ρεῦμα καὶ προκαλοῦμεν
ἠλεκτρόλυσιν (σχ. 193 α). Μετὰ παρέλευσιν ὀλίγου χρόνου ἀφαιροῦμεν

Σχ. 193. Πόλωσης τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέ-
τρου κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν.

ἀπὸ τὸ κύκλωμα τὴν γεννήτριαν (σχ. 193β). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὅποιον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ προκαλέσας τὴν ἡλεκτρόλυσιν. Τὸ ἀντίρροπον τοῦτο ρεῦμα διαρκεῖ ἐπ' ὀλίγον χρόνον καὶ ὀφείλεται εἰς τὴν ἀλλοίωσιν, τὴν ὁποίαν ὑπέστησαν τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου. Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἐκλύεται εἰς τὴν κάθοδον ὕδρογόνον καὶ εἰς τὴν ἀνόδον ἐκλύεται ὀξυγόνον. Μέρος τῶν αερίων τούτων προσφύεται ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων, τὰ ὅποια οὕτω περιβάλλονται ἀπὸ λεπτὸν στρώμα αερίου. Ἡ ἀλλοίωσις αὕτῃ τῶν ἡλεκτροδίων καλεῖται **πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων** τοῦ βολταμέτρου. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πολωμένων ἡλεκτροδίων δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ. Πρὸ τῆς ἡλεκτρολύσεως εἴχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν ἀγωγῶν:

Pt — διάλυμα ὀξέος — Pt

Μετὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν:

Pt — O₂ — διάλυμα ὀξέος — H₂ — Pt

δηλαδή ἔχομεν μίαν μὴ συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Γενικῶς:

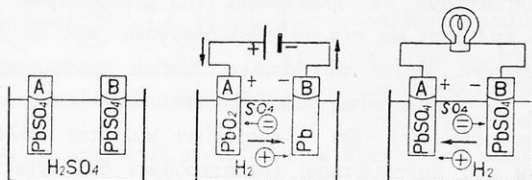
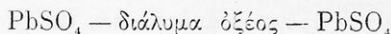
Μία μὴ συμμετρικὴ σειρὰ ἀγωγῶν παρουσιάζει διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς.

Ὡστε πόλωσις εἶναι ἡ δημιουργία ἀσυμμετρίας εἰς μίαν ἀρχικῶς συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Διὰ τῆς τοιαύτης ἀσυμμετρίας ἐπιτυγχάνεται ἡ δημιουργία διαφορᾶς δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς σειρᾶς. Τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προκαλούμενον ρεῦμα καλεῖται **ρεῦμα πολώσεως**. Τὸ ρεῦμα τοῦτο πολὺ συντόμως καταστρέφει τὴν ἀσυμμετρίαν καὶ ἐπαναφέρει τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἰς τὴν ἀρχικὴν τῶν κατὰστασιν.

180. **Συσσωρευταί.**—Ἐὰν ἡ πόλωσις τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου εἶναι δυνατὸν νὰ διατηρηθῇ ἐπὶ μακρόν, τότε τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προσερχόμενον ρεῦμα θὰ εἶναι μακρᾶς διαρκείας. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν **συσσωρευτῶν**, οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν πολὺ εὐχρηστον τύπον γεννητριῶν (§ 152). Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς ἐπιτυγχάνεται κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν (φόρτισις τοῦ συσσωρευτοῦ) ριζικὴ ἀλλοίωσις τῆς ἐπιφανείας τῶν ἡλεκτροδίων του, τὰ ὅποια καλοῦνται **πόλοι** τοῦ συσσωρευτοῦ. Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται κυρίως οἱ **συσσωρευταὶ μολύβδου** καὶ οἱ **ἀλκαλικοὶ συσσωρευταί**.

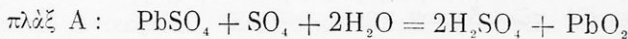
α) **Συσσωρευταὶ μολύβδου.** Οὗτοι ἔχουν ὡς ἡλεκτρολύτην διάλυμα

θειικού οξέος και ως ηλεκτρόδια πλάκας μολύβδου. Αύται μόλις βυθισθούσιν ἐντὸς τοῦ H_2SO_4 καλύπτονται ἀπὸ στρώμα $PbSO_4$ (σχ. 194). Τότε ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν ἀγωγῶν:

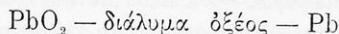


Ἀφόρτιστος. Φόρτισις. Ἐκφόρτισις.
Σχ. 194. Ἐξήγησις τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτοῦ.

Κατὰ τὴν **φόρτισιν** τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει ηλεκτρόλυσις καὶ τὸ μὲν θετικὸν μὲν H_2 ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον B, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἰὸν SO_4 ἔρχεται εἰς τὴν ἀνοδὸν A. Τότε συμβαίνουν ἐπὶ τῶν ηλεκτροδίων αἱ ἐξῆς ἀντιδράσεις:

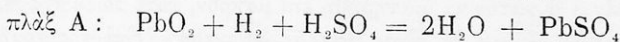


Οὕτω δημιουργεῖται ἡ ἐξῆς σειρὰ ἀγωγῶν:



Ὁ συσσωρευτὴς δύναται τότε νὰ λειτουργήσῃ ὡς γεννήτρια, ἡ δὲ ἡλεκτρεγερτικὴ του δύναμις ἀνέρχεται εἰς 2 Volt.

Κατὰ τὴν **ἐκφόρτισιν** τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει πάλιν ηλεκτρόλυσις καὶ ἐπὶ τῶν δύο ηλεκτροδίων συμβαίνουν αἱ ἐξῆς ἀντιδράσεις:



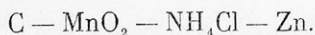
Οὕτω μετὰ τὴν ἐκφόρτισιν τὰ δύο ηλεκτρόδια ἐπανερχονται εἰς τὴν ἀρχικὴν των κατάστασιν. Διὰ νὰ αὐξήσουν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητας.

Ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδή τὸ ηλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὅποῖον παρέχει ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισίν του μετρεῖται εἰς **ἀμπερώρια** (Ah). Τὸ 1 ἀμπερώριον εἶναι ἴσον μὲ 3 600 Cb,

ήτοι είναι τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον μεταφέρει ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐντὸς 1 ὥρας. Οἱ σύγχρονοι συσσωρευταὶ ἔχουν χωρητικότητα 8—10 Ah κατὰ dm^3 ἐπιφανείας τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου. 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 ἠλεκτρολύτην διάλυμα καυστικοῦ καλίου. Ἡ ἀνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑδροξείδιον νικελίου $\text{Ni}(\text{OH})_2$, ἡ δὲ κάθοδος ἀπὸ ὑδροξείδιον σιδήρου $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταὶ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι ἐλαφρότεροι καὶ ἀνθεκτικώτεροι ἀπὸ τοὺς συσσωρευτὰς μολύβδου, ἔχουν μεγάλην χωρητικότητα καὶ δύνανται νὰ μείνουν ἀφόρτιστοι, χωρὶς νὰ καταστραφούν. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ των δύναμις ἀνέρχεται εἰς 1,4 Volt.

181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι αἱ πρῶται χρησιμολογηθεῖσαι γεννήτριαι. Σήμερον ἡ χρῆσις των εἶναι πολὺ περιορισμένη (§ 152). Τὸ περισσότερον χρησιμοποιούμενον ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι τὸ **στοιχεῖον Leclanché**. Εἰς τοῦτο ὁ θετικὸς πόλος εἶναι ράβδος ἄνθρακος (σχ. 195), ἡ ὁποία περιβάλλεται ἀπὸ πυρολουσίτην (MnO_2). Ὁ ἀρνητικὸς πόλος εἶναι κύλινδρος ψευδαργύρου. Μεταξὺ τοῦ πυρολουσίτου καὶ τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει πολτὸς ἀπὸ ρινίσματα ξύλου, τὰ ὁποῖα εἶναι διαποτισμένα μετὰ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl). Οὕτως ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν σωμάτων:

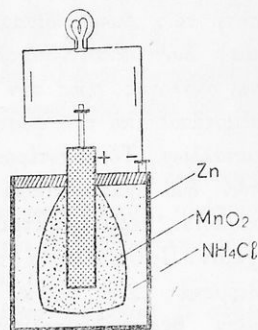


Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωριούχος ψευδαργύρος (ZnCl_2), ἡ δὲ ἀπομένουσα ρίζα NH_4 ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ, ὁπότε ἐλευθερώνεται H_2 :



Τὸ παραγόμενον ὑδρογόνον ἐνοῦται μετὰ τὸ ὀξυγόνον τοῦ πυρολουσίτου. Οὕτως ἡ σειρὰ τῶν ἀγωγῶν παραμένει πάντοτε ἀσύμμετρος.

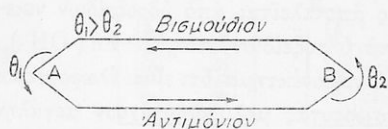
Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου Leclanché ἀνέρχεται



Σχ. 195. Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché.

εἰς 1,5 Volt. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο καλεῖται *ξηρὸν στοιχεῖον* καὶ μεταφέρεται εὐκόλως, διότι δὲν περιέχει ὕγρᾳ.

182. **Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.**—Ὅταν δύο διαφορετικὰ μέταλλα εὐρίσκωνται εἰς ἐπαφὴν, πάντοτε ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Αὕτη ἐξαρτᾶται πολὺ ἐκ τῆς θερμοκρασίας.

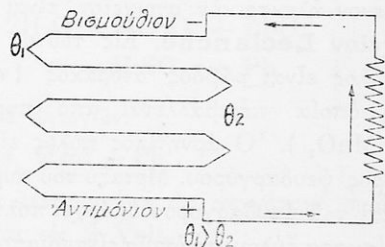


Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

Ἄς σχηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμουθίου καὶ ἀντιμόνιου (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι αἱ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς Α καὶ Β τῶν δύο μετάλλων ἐξουδετερώνονται ἀμοιβαίως. Ἐὰν ὅμως τὰ σημεῖα ἐπαφῆς εὐρίσκωνται εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας θ_1 καὶ θ_2 , τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα), διότι ἀναπτύσσεται **θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Αὕτη εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν θερμοκρασίας τῶν δύο ἐπαφῶν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο μετάλλων. Τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν δύο διαφορετικῶν μετάλλων καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον**. Πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα συνδεόμενα κατὰ σειρὰν ἀποτελοῦν μίαν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** (σχ. 197).

Αἱ στήλαι αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν (θερμοηλεκτρικὰ θερμομέτρα) καὶ διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν ὠρισμένων διατάξεων.

Ἄς σχηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμουθίου καὶ ἀντιμόνιου (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι αἱ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς Α καὶ Β τῶν δύο μετάλλων ἐξουδετερώνονται ἀμοιβαίως.



Σχ. 197. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

133. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα ὀξέος διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεῦμα ἐντάσεως 2 A. Πόσον ὄγκον ὕδρογόνου συλλέγομεν (ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας);

134. Βολτάμετρον περιέχει διάλυμα ὀξέος. Διαβιβάζομεν δι' αὐτοῦ

ρεύμα έντάσεως 5 A. 'Επί πόσον χρόνον πρέπει νά διέρχεται τὸ ρεύμα, διὰ νά προκληθῇ διάσπασις 54 gr ὕδατος;

135. Ρεύμα διέρχεται ἐπὶ 5 ὥρας διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου. Εἰς τὴν κάθοδον ἀποτίθενται τότε 10,8 gr ἀργύρου. Πόση εἶναι ἡ έντασις τοῦ ρεύματος; 'Ατομικὸν βάρος Ag 108, σθένος 1.

136. 'Επὶ μιᾷ σιδηρᾷ πλακῷ, ἡ ὁποία ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm^2 θέλουμεν νά ἀποτεθῇ ἠλεκτρολυτικῶς στρώμα χαλκοῦ πάχους 2 mm. Τὸ ρεύμα ἔχει έντασιν 5 A. Πόσον χρόνον θὰ διαρκέσῃ ἡ ἠλεκτρολύσις; 'Ατομικὸν βάρος χαλκοῦ 63,6, σθένος 2. Πυκνότης χαλκοῦ $8,8 \text{ gr/cm}^3$.

137. Κατὰ μίαν ἠλεκτρολύσιν ὀξειδίου τοῦ ἀργιλίου συλλέγονται εἰς τὴν κάθοδον 6700 gr ἀργιλίου καθ' ὥραν. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμόζεται τάσις 5 Volt, ἡ δὲ ἀντληκτρογερετικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 2,8 Volt. Πόση ἰσχὺς χρησιμοποιεῖται ἐντὸς τοῦ βολταμέτρου, ἀφ' ἐνὸς ὑπὸ μορφὴν θερμότητος καὶ ἀφ' ἑτέρου ὑπὸ μορφὴν χημικῆς ἐνεργείας; 'Ατομικὸν βάρος ἀργιλίου 27, σθένος 3.

138. Μὲ ρεύμα έντάσεως 3 A φορτίζομεν ἐπὶ 10 ὥρας συσσωρευτήν. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον θὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσίν του, ἂν ἡ ἀπόδοσις αὐτοῦ εἶναι 0,9;

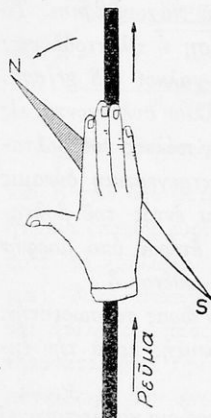
139. Συσσωρευτὴς ἔχει χωρητικότητα 30 ἄμπερώρια καὶ λειτουργεῖ μέχρις ὅτου παραχωρήσῃ τὰ $2/3$ τοῦ ὅλου ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον δύναται νά προσφέρῃ. 'Επὶ πόσας ὥρας δύναται ὁ συσσωρευτὴς οὗτος νά τροφοδοτήσῃ λαμπτήρα μὲ ρεύμα έντάσεως 0,5 A;

140. Τρία στοιχεῖα Leclanché συνδέονται κατὰ σειρὰν. Ἡ στήλη παρέχει εἰς ἓν κύκλωμα ρεύμα έντάσεως 2 A ἐπὶ 25 ὥρας. Πόση μᾶζα ψευδαργύρου δαπανᾶται κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον; 'Ατομικὸν βάρος ψευδαργύρου 66, σθένος 2.

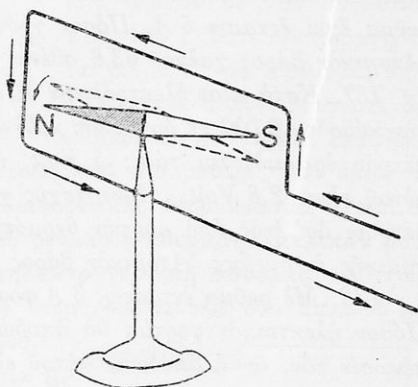
8. ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος.—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι περίξ ἐνὸς ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ φορά, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος. Ὡς φορὰν τοῦ ρεύματος θὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν συμβατικὴν

φοράν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀκολουθεῖ τὸν ἐξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς (σχ. 198): Ἐὰν φέρωμεν τὴν παλάμην τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἀνωθεν τοῦ ἀγωγοῦ, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῶν δακτύλων, τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ἐκτρεπομένη ἀπὸ τὴν



Σχ. 198. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.

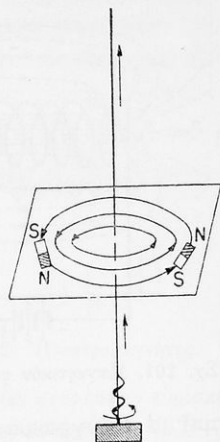


Σχ. 199. Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλύτερα.

θέσιν ἰσορροπίας τῆς, λαμβάνει μίαν νέαν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἰσορροπεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ κατακόρυφον ὀρθογώνιον πλαίσιον, τὸ ὁποῖον συμπίπτει μὲ τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ (σχ. 199). Ἐὰν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, τότε ἕκαστον εὐθύγραμμον τμῆμα τοῦ πλαισίου προκαλεῖ ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Οὕτως ἀσθενὲς ρεῦμα δύναται νὰ προκαλέσῃ αἰσθητὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἐπὶ τῆς διατάξεως αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία πολλῶν ὀργάνων μετρήσεων (ἀμπερόμετρα, βολτόμετρα).

184. Μαγνητικὸν πεδίον εὐθύγραμμου ρεύματος.—Μακρὸς κατακόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 200). Ὁ ἀγωγὸς διαπερᾷ ὀριζόντιον χαρτόνιον. Ρίπτομεν ρινίσματα

σιδήρου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου καὶ κυττωῦντες ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον λαμβάνομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαῖ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι κάθετοι πρὸς τὸν ἄγωγόν. Κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινούμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην ἐξηρητημένην ἀπὸ κατακόρυφον νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς ἐκάστην θέσιν ἢ διεύθυνσιν τῆς βελόνης εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ τούτου πεδίου συνάγονται τὰ ἑξῆς:



Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθυγράμμου ρεύματος.

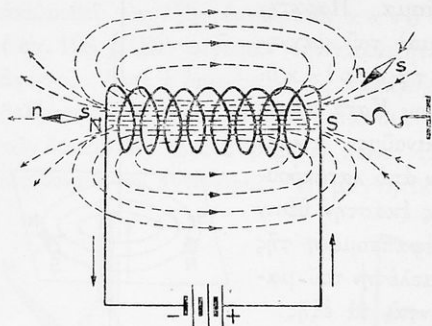
I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαῖ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἶναι κύκλοι συγκεντρικοὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἄγωγόν, ἢ δὲ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ μετὰ τὴν φορὰν, κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος.

II. Ἡ ἔντασις (H) τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μακροῦ εὐθυγράμμου ρεύματος εἰς ἀπόστασιν (α) ἀπὸ τὸν ἄγωγόν εἶναι:

$$\text{έντασις μαγνητικοῦ πεδίου: } H = \frac{2}{10} \cdot \frac{I}{\alpha} \text{ Gauss}$$

185. Μαγνητικὸν πεδίων σωληνοειδοῦς.—Καλεῖται σωληνοειδὲς ἢ πηνίον σύστημα παραλλήλων κυκλικῶν ρευμάτων, τῶν ὁποίων τὰ κέντρα εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας. Τοιοῦτον σύστημα κυκλικῶν ρευμάτων λαμβάνομεν, ἐὰν περιτυλίξωμεν σύρμα πέριξ ὑαλίνου ἢ ξυλίνου κυλίνδρου. Ἐπὶ ἑνὸς ὀριζοντίου χαρτονίου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς, σχηματίζομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. (σχ. 201). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τελείως ὅμοιον μετὰ τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἑνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου. Μετὰ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὐρίσκομεν ὅτι τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελοῦν δύο ἑτερωνύμους μαγνητικοὺς πόλους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαῖ εἶναι περὶ τὸ μέσον αὐτοῦ πα-

ράλληλοι. Ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐρίσκεται με τὸν ἐξῆς



ἐμπειρικὸν κανόνα. Κοχλίας τοποθετούμενος κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ στρεφόμενος κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος προχωρεῖ κατὰ τὴν φοράν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς συνάγονται τὰ ἐξῆς:

Σχ. 201. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

ναμεῖ με εὐθύγραμμον μαγνήτην.

II. Εἰς τὸ μέσον μακροῦ σωληνοειδοῦς φέροντος n σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους, τὸ μαγνητικὸν πεδίων εἶναι ὁμογενὲς καὶ ἔχει ἔντασιν:

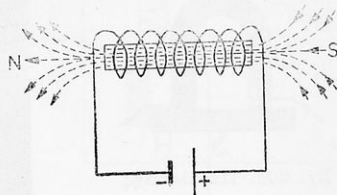
$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου: } H = \frac{4\pi}{10} \cdot n \cdot I \text{ Gauss}$$

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι περίξ οἰοῦδήποτε ἀγωγῷ, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίων. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἐξῆς:

Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἡλεκτρικοῦ φορτίου παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίων.

Τὸ ἀνωτέρω συμπέρασμα μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνεύσωμεν τὴν προέλευσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται περίξ μονίμου μαγνήτου. Ἡ περιφορά τῶν ἡλεκτρονίων περίξ τοῦ πυρῆνος τῶν ἀτόμων ἀντιστοιχεῖ πρὸς κυκλικὸν ρεῦμα. Τὰ στοιχειώδη αὐτὰ ρεύματα ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των σωληνοειδές. Ἀνάλογος εἶναι καὶ ἡ προέλευσις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

187. **Ἡλεκτρομαγνήτης.**— Σωληνοειδὲς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Τότε εἰς τὸ ἐσωτερικόν του ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, ἔχον ἔντασιν H (§ 185). Ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσάγομεν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ράβδος γίνεταί μαγνήτης, τοῦ ὁποῖου οἱ πόλοι συμπίπτουν με τοὺς πόλους τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 202). Τὸ σύστημα, τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν τὸ πηνίον καὶ ἡ ἐντὸς αὐτοῦ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, καλεῖται **ἡλεκτρομαγνήτης**. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι *παροδική* καὶ διαρκεῖ ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ διέλευσις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ πηνίου. Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρίσκεται ὅτι τὸ παραγόμενον μαγνητικὸν πεδίον δὲν ἔχει ἔντασιν H , ἀλλὰ μίαν πολὺ μεγαλυτέραν ἔντασιν B , ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγή**:



Σχ. 202. Ἡλεκτρομαγνήτης.

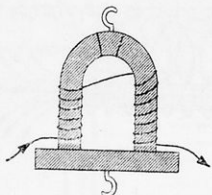
$$B = \mu \cdot H$$

Ὁ συντελεστής μ καλεῖται **μαγνητικὴ διαπερατότης** τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμὰς (μέχρι 4 000).

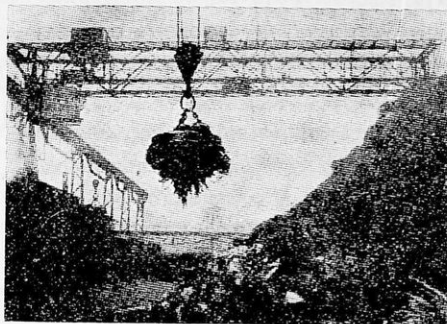
Ἡ τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἑξῆς: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα περίξ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. Ὄταν ὅμως ὁ μαλακὸς σίδηρος εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα προσανατολίζονται καὶ ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των νέον σωληνοειδὲς. Οὕτως εἰς τὴν ἔντασιν H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς προστίθεται ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ νέου σωληνοειδοῦς καὶ ἡ συνισταμένη ἔντασις τῶν δύο μαγνητικῶν πεδίων εἶναι τώρα B . Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς εἰσαχθῇ ράβδος χάλυβος, αὕτη μεταβάλλεται εἰς *μόνιμον μαγνήτην*, διότι τὰ στοιχειώδη ρεύματα ἐξακολουθοῦν νὰ ἀποτελοῦν σωληνοειδὲς καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ χάλυβος ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος.

188. **Ἐφαρμογαὶ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.**— Ἡ παροδικὴ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος εὐρίσκει πολλὰς ἐφαρμογὰς. Εἰς τὸ σχῆμα 203 δεικνύεται

πεταλοειδῆς ἡλεκτρομαγνήτης, εἰς δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ἡλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιοῦμενος διὰ τὴν ἀνύψωσιν



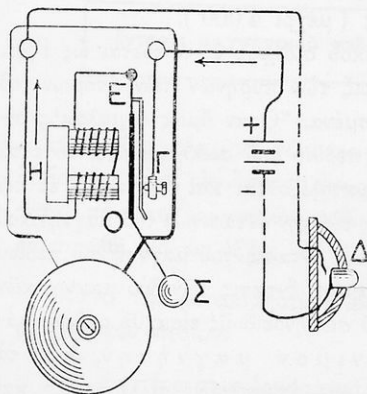
Σχ. 203. Πεταλοειδῆς ἡλεκτρομαγνήτης.



Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου.

τεμαχίων σιδήρου. Θὰ ἐξετάσωμεν συντόμως μερικὰς πολὺ συνήθεις ἐφαρμογὰς τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.

α) Ἡλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρομαγνήτην Η (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει ὁ ὀπλισμὸς Ο ἔκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ ὀπλισμὸς εἶναι στερεωμένος εἰς ἐλατήριο Ε καὶ εἰς τὸ ἄκρον του φέρει σφύραν Σ.



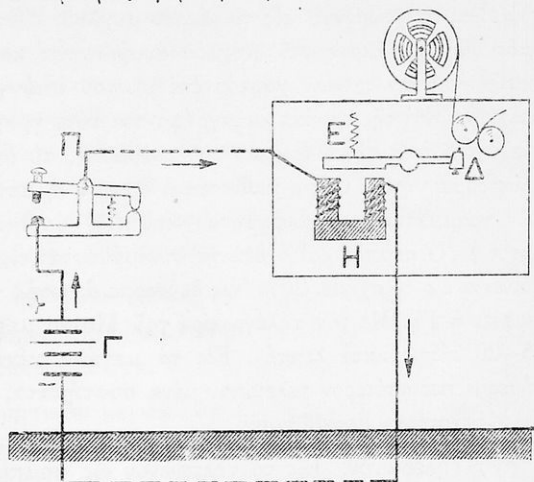
Σχ. 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

Ὅταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην, κλείομεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου καὶ ὁ ὀπλισμὸς τοῦ ἔλκεται. Τότε ὁμως ἐπέρχεται διακοπὴ τοῦ κυκλώματος εἰς τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ ὀπλισμὸς ἐπαναφέρεται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου Ε. Τὸ κύκλωμα πάλιν κλείεται καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια.

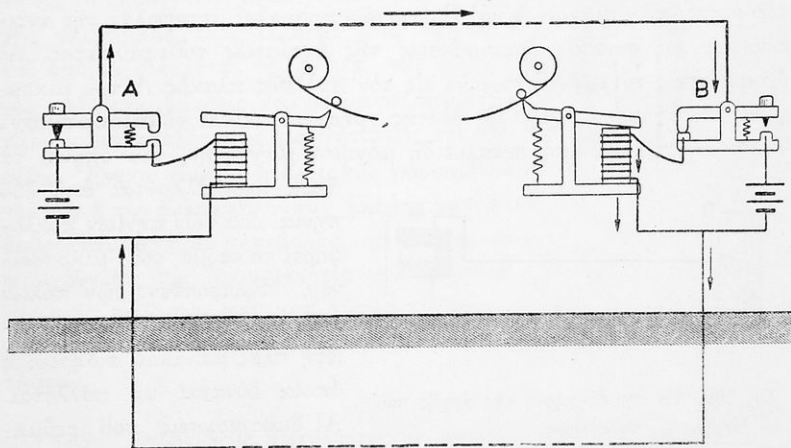
Εἰς ἐκάστην ἑλξιν τοῦ ὀπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἓν κύτπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.

β) Μορσικὸς τηλεγράφος.—Ἡ λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἐξῆς ἀρχήν: Ἐκ τοῦ ἑνὸς τόπου στέλλονται εἰς

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ἢ μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὅποια διέρχονται δι' ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου ἐφωδισμένου με εὐαίσθητον ὀπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὀπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ἀφιεθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τόπον ὑπάρχει κατάλληλος διακόπτης, ὁ ὁποῖος καλεῖται χειρὶστήριον ἢ πομπὸς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὁποῖος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐὰν ὁ μοχλὸς ἀφεθῇ ἐλεύθερος, ἐν



Σχ. 206. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (μονόπλευρος ἐγκατάστασις).

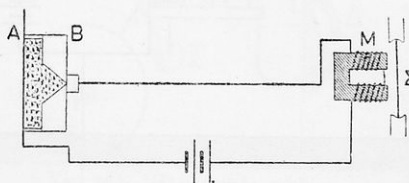


Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις).

ἐλατήριο τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὗτος εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὁποῖον

φθάνει τὸ ρεῦμα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. Ὁ ὀπλισμὸς τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου εἶναι στερεωμένος εἰς τὸ ἄκρον μοχλοῦ. Ὄταν ἔλκεται ὁ ὀπλισμὸς, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ μοχλοῦ ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὁμαλῶς ἐκτυλισσομένην ταινίαν χάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόγγου διαποτισμένου μὲ μελάνην. Ἐπὶ τῆς ταινίας καταγράφονται τότε γραμμαὶ διαφόρου μήκους ἀναλόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον διήλθεν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ μεταβίβασις συμβολικῶς τῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τῶν ἀριθμῶν (μορσικὸν ἀλφάβητον). Ὁ πομπὸς καὶ ὁ δέκτης συνδυάζονται εἰς ἕκαστον τύπον ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 207. Ὡς δεῦτερος ἀγωγὸς τοῦ κυκλώματος χρησιμεύει ἡ Γῆ. Μὲ τὸν τηλέγραφον τοῦ Morse μεταβιβάζονται συνήθως 15—20 λέξεις κατὰ λεπτόν. Εἰς τὰ μεγάλα κέντρα χρησιμοποιοῦνται σήμερον περισσότερον τελειοποιημένα συστήματα, τὰ ὅποια ἐπιτρέπουν πολὺ ταχύτεραν μεταβίβασιν.

γ) Τηλέφωνον. Εἰς τὸ τηλέφωνον ὡς πομπὸς χρησιμοποιεῖται τὸ **μικρόφωνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας πλάκας ἄνθρακος Α καὶ Β (σχ. 208). Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν παρεμβάλλονται σφαιρίδια ἄνθρακος. Ὄταν ὁμιλοῦμεν ἔμπροσθεν τῆς πλακὸς Α, τότε τὰ σφαιρίδια τοῦ ἄνθρακος μετακινοῦνται. Ἡ ἀσταθὴς ἐπαφὴ τῶν μεταξὺ τῶν πλακῶν Α καὶ Β ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντιστάσεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν πρὸ τῆς πλακὸς Α τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ἥχον. Ὡς δέκτης χρησιμοποιεῖται τὸ **ἀκουστικόν**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ ὁποίου τὰ



Σχ. 208. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου.

ἄκρα περιβάλλονται ἀπὸ δύο πηνία. Διὰ τῶν πηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εὐρίσκεται λεπτὴ πλάξ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὅποια δύναται νὰ πάλλεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκα-

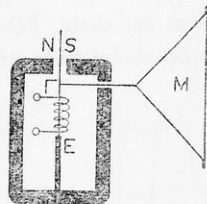
λοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μόνιμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἑλὼξ, τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλακὸς τοῦ

σιδήρου, υφίσταται αντίστοιχους μεταβολάς και ή πλάξ αναγκάζεται να πάλλεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον αναπαράγεται ἀπὸ τὴν πλάκα τοῦ σιδήρου ὁ πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθεὶς ἤχος. Αἱ σημεριναὶ τηλεφωνικαὶ συσκευαὶ φέρουν τὸ μικρόφωνον καὶ τὸ ἀκουστικὸν εἰς μίαν διάταξιν. Εἰς τὰ αὐτόματα τηλέφωνα ή σύνδεσις τῶν συνδρομητῶν γίνεται αὐτομάτως μετὰ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν ἐγκαταστάσεων (αὐτόματα ἐπιλογεῖς). Μετὰ τὸ τηλέφωνον ἐπιτυγχάνεται ή μεταβίβασις τοῦ ἤχου εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὕτη ἀκολουθεῖ σχηματικῶς τὴν ἐξῆς σειρὰν μετατροπῶν:

ἤχος $\rightarrow$ ρεῦμα $\rightarrow$ ἤχος.

Ἡ πρώτη μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ μικρόφωνον, ἐνῶ ή ἀντίστροφος μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ ἀκουστικόν.

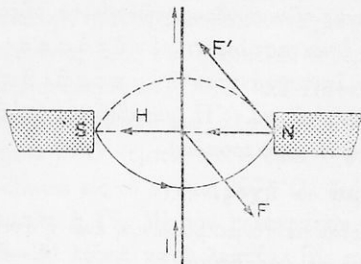
δ) Ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον. Ὅπως τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τηλεφώνου, οὕτω καὶ τὸ **μεγάφωνον** μετατρέπει εἰς ἤχον μεγάλης ἐντάσεως τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Τὸ **ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάφωνον** ἀποτελεῖται ἀπὸ ἰσχυρὸν ἡλεκτρομαγνήτην (σχ. 209). Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει γλωσσὶς Γ ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, ή ὁποία εἶναι στερεωμένη εἰς τὸ ἄκρον ἐλαστικοῦ ἐλάσματος. Ἡ βάσις τῆς γλωσσίδος περιβάλλεται ἀπὸ πηνίον, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τούτου προκαλοῦν μεταβολὰς τῆς μαγνητίσεως τῆς γλωσσίδος. Ἐνεκα τούτου ή ἑλξίς τῆς γλωσσίδος ἀπὸ τὸν ἓνα ἢ τὸν ἄλλον πόλον τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, υφίσταται ταχείας μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ή γλωσσὶς πάλλεται καὶ μετ' αὐτῆς πάλλεται ή κωνικὴ μεμβράνη Μ, ή ὁποία, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας της, παράγει ἤχον μεγάλης ἐντάσεως.



Σχ. 209. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ μεγάφωνου.

189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.— Κατακόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I (σχ. 210). Ὁ ἀγωγὸς εὐρίσκεται ἐντὸς ὀριζοντίου ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H . Τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος ἐξασκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ

μαγνητικοῦ πόλου N μίαν δύναμιν F' , ἡ ὁποία εἶναι ὀριζοντία. Συμφῶ-
 νως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως
 καὶ ἀντιδράσεως ὁ μαγνητικὸς πόλος
 N ἀσχεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος μίαν ἀν-



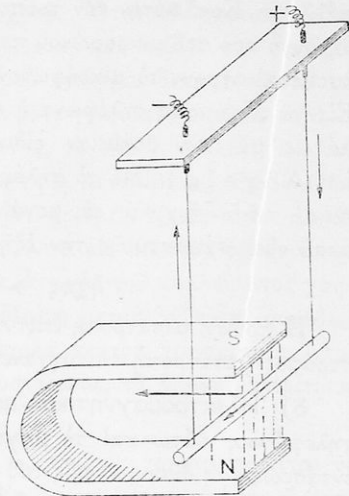
Σχ. 210. Ἡ F' εἶναι ἡ δρᾶσις τοῦ ρεύ-
 ματος ἐπὶ τοῦ πόλου N , ἡ δὲ F εἶναι ἡ
 ἀντίδρασις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

τίδρασιν F ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς
 τὴν F' . Ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζε-
 ται λοιπὸν μία δύναμις F , ἡ ὁποία
 εἶναι ὀριζοντία, δηλαδὴ $\kappa \acute{\alpha} \theta \epsilon \tau \omicron \varsigma$

πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ἡ διεύθυνσις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ
 ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.
 Τὴν τοιαύτην ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-
 τικοῦ πεδίου, ἐπὶ τοῦ ρεύματος ἀπο-
 δεικνύομεν πειραματικῶς, ἐὰν ὁ ἀγω-
 γὸς εἶναι κινητὸς (σχ. 211). Πα-
 ρατηροῦμεν τότε, ὅτι ὁ ἀγωγὸς με-
 τακινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μιᾶς
 δυνάμεως. Ἡ φορὰ τῆς κινήσεως τοῦ
 ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς ἡ φορὰ τῆς
 δυνάμεως F προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν
 ἀκόλουθον ἐμπειρικὸν **κα νό ν α**
τ ῶ ν τ ρ ι ῶ ν δ α κ τ ῦ λ ω ν :

Σχ. 212. Εὐρεσις τῆς φορᾶς τῆς ηλεκ-
 τρομαγνητικῆς δυνάμεως F . (δεξιὰ χεῖρ).

γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος,



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπι-
 δράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ
 ρεύματος.



τὸν δείκτην κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅποτε ὁ μέσος δάκτυλος δεικνύει τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 212). Ἀπὸ τὴν μελέτην τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος συνήχθη ὁ ἀκόλουθος **νόμος τοῦ Laplace**:

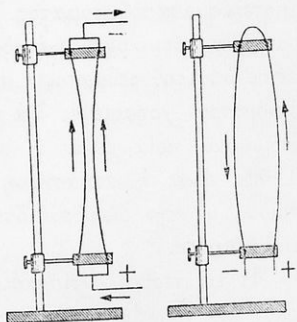
“Ὅταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους (l) καὶ διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως (I) εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως (H) καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις (F) κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου· ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι:

$$\text{νόμος τοῦ Laplace : } F = \frac{1}{10} \cdot H \cdot \text{dyn}$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α . Ἐάν εἶναι $l = 10 \text{ cm}$, $I = 4 \text{ Ampère}$ καὶ $H = 2000 \text{ Gauss}$ τότε εἶναι :

$$F = \frac{4 \cdot 2000 \cdot 10}{10} = 8000 \text{ dyn.}$$

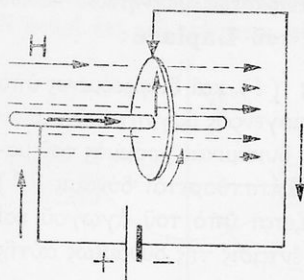
Παράλληλα ρεύματα. Ἐκτελοῦμεν τὸ ἐξῆς πείραμα: Διὰ δύο κατακορύφων ἀγωγῶν διαβιβάζομεν ρεύμα οὕτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν δύο παράλληλα ρεύματα. Παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ὁμόροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἑλκόνται (σχ. 213), ἐνῶ ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ἀντίροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἀπωθοῦνται. Ἡ δρᾶσις αὐτῆ τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνωτέρω νόμου τοῦ Laplace, διότι ἕκαστον ρεῦμα δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ρεύματος.



Σχ. 213. Ἀμοιβαῖαι δρᾶσεις παράλληλων ρευμάτων.

190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρ.— Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ὁ εἰς πόλος τῆς

γεννητρίας, συνδέεται με τὸν ἄξονα τοῦ δίσκου, ὁ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται με ἑλασμα, τὸ ὁποῖον ἐφάπτεται τῆς περιφερείας τοῦ δίσκου. Ὁ

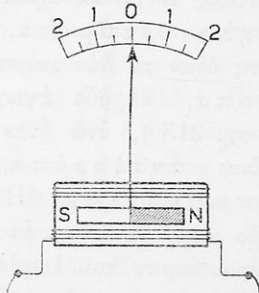


Σχ. 214. Ἀρχὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ κινητήρος.

δίσκος εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δίσκος ἀποκτᾷ ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν. Αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐπὶ τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διατρέχει τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου, ἐνεργεῖ συνεχῶς μία δύναμις, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος πρὸς τὴν ἀκτῖνα καὶ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ δίσκου. Ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ δίσκου ἀναστρέφεται, ἐὰν ἀναστραφῇ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἢ ἡ διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ ἀνωτέρω πείραμα ἐρμηνεύει τὴν λειτουργίαν τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.

191. Ὕργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων.— Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὄργανα. Ἡ λειτουργία τούτων στηρίζεται κυρίως εἰς τὰ θερμικὰ ἢ τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ρεύματος. Τὰ **γαλβανόμετρα** ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν μαγνήτην εὐρισκόμενον ἐντὸς πλαισίου διαρρεομένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 215). Τὸ γαλβανόμετρον χρησιμεύει διὰ νὰ δείξῃ, ἂν ὑπάρχῃ ρεῦμα καὶ ποία εἶναι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος. Ὅμοια εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν **ἀμπερομέτρων**, με τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαιρέσεις εἰς Ampère.

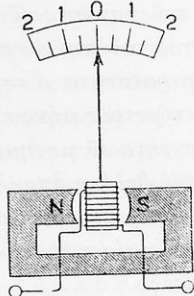
Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρὰ διότι τὰ ὄργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιῶν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ **βολτόμετρα** λειτουργοῦν ἕπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα με τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων



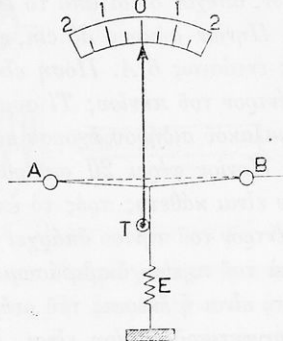
Σχ. 215. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου με κινητὸν μαγνήτην.

τοῦ κυκλώματος καὶ δὲν πρέπει νὰ ἐπηρεάζουν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὄργανα μικρὸς μαγνήτης στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητον ρεῦμα. Εἶναι ὅμως δυνατόν τὸ ρεῦμα νὰ διαρρέῃ μικρὸν πηνίον, τὸ ὁποῖον στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ



Σχ. 216. Σχηματική διάταξις γαλβανομέτρου με κινητὸν πηνίον.



Σχ. 217. Ἀρχὴ τῶν θερμικῶν ὀργάνων μετρήσεων. (Τὸ διαστελλόμενον σύρμα τείνεται ἀπὸ τὸ ἐλατήριο E καὶ ἡ τροχαλία T, ἐπὶ τῆς ὁποίας στερεώνεται ὁ δείκτης, στρέφεται).

μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητος μαγνήτης (σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὄργανα μετρήσεων ἐπιτυγχάνεται μετακίνησις τοῦ δείκτου ἐνώπιον βαθμολογημένου τόξου ἐξ αἰτίας τῆς διαστολῆς, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται σύρμα διαρρέομενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 217).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

141. Ρεῦμα ἐντάσεως 30 A διαρρέει εὐθύγραμμον ἄγωγόν. Πόση εἰσὶν ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἄγωγου;

142. Πηνίον ἔχει μῆκος 10 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάζομεν ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου;

143. Πηνίον φέρει 10 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους. Πόσῃ ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχη τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαβιβάζωμεν διὰ τοῦ πηνίου;

νίου, ἐὰν θέλωμεν ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου νὰ εἶναι 250 Gauss;

144. Δύο εὐθύγραμμα παράλληλα σύρματα ἀπέχουν μεταξύ των 8 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων ἐντάσεως 24 A. Τὰ δύο ρεύματα εἶναι ὁμόρροπα. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον, ἀπέχον 3 cm ἀπὸ τὸ ἓν σύρμα καὶ 5 cm ἀπὸ τὸ ἄλλο;

145. Πηνίον μήκους 30 cm, φέρει 1200 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 6 A. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου; Τί συμβαίνει, ἐὰν ἐντὸς τοῦ πηνίου εἰσαχθῇ ράβδος μαλακοῦ σιδήρου ἔχουσα μαγνητικὴν διαπερατότητα $\mu = 4000$;

146. Πηνίον φέρει 20 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ ὁ ἄξων του εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ὑπάρχει μικρὰ μαγνητικὴ βελὼν ἁποκλίσεως. Ὅταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, ἡ βελὼν ἐκτρέπεται κατὰ 45°. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐὰν ἡ ὁριζοντίᾳ συνιστώσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι $H_0 = 0,2$ Gauss;

147. Εὐθύγραμμον σύρμα, μήκους 12 cm, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 4 A καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 200 Gauss. Τὸ σύρμα εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἐπὶ τοῦ σύρματος ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις;

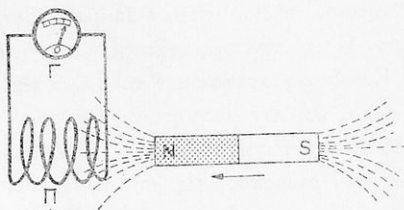
148. Δύο εὐθύγραμμα σύρματα μήκους 50 cm εἶναι παράλληλα καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἐκάστου σύρματος, ἔνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος;

9. ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου. Ὁ Faraday ἀντιστρέφων τὸ ζήτημα ἐπέζητησε νὰ παραγάγῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν ἀνακάλυψιν αὐτὴν τοῦ Faraday στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι σήμερον παρέχουν ἀφθόνως τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὰ ἄκρα ἐνὸς πηνίου εἶναι συνδεδεμένα μὲ εὐπαθεῖς γαλβανόμετρον

(σχ. 218). Τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, ἀλλ' ἐπειδὴ δὲν περιλαμβάνει καμμίαν γεννήτριαν, δὲν παρατηροῦμεν ρεῦμα. Εἰς τὸ πηνίον πλησιάζομεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον εὐθύγραμμου μαγνήτου οὕτως, ὥστε αἱ δυναμικαὶ γραφαὶ 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 ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ προηγούμενως παραχθέν ρεῦμα.

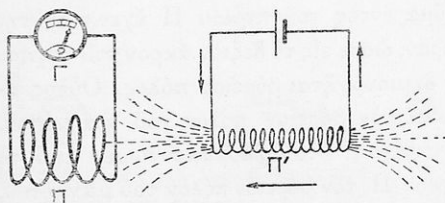


Σχ. 218. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

Τὰ οὕτω παραγόμενα ρεύματα καλοῦνται **ἐπαγωγικὰ ρεύματα**. "Όταν ὁ μαγνήτης πλησιάζῃ πρὸς τὸ πηνίον, ἢ ἀπομακρύνεται ἀπὸ αὐτό, μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Αὕτῃ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων. "Ωστε:

"Όταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται δι' ἐνὸς ἀγωγοῦ, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διακοῦν ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.—Ἡ μαγνη-



Σχ. 219. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

μαγνήτην (σχ. 218) ἢ ἐν ἄλλο πηνίον Π', τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 219). Τὸ πηνίον Π' συμπεριφέρεται, ὅπως ὁ

μαγνήτης, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου Π (σχ. 218) δύναται νὰ μεταβληθῇ κατὰ τοὺς ἐξῆς τρόπους:

α) Πλησιάζομεν εἰς τὸ πηνίον Π ἢ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ αὐτοῦ ἕνα εὐθύγραμμον

εὐθύγραμμος μαγνήτης. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

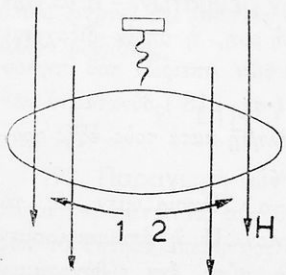
β) Τὸ πηνίον Π εὐρίσκεται ἀκίνητον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηνίου Π' (σχ. 219), τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως I . Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα τοῦ πηνίου Π'. Ἡ κατάργησις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ συνεπῶς ἀνάπτει ἐπαγωγικὸν ρεύμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π. Ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Π', προκαλεῖται πάλιν μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὁποίου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτει ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμον μαγνήτην ἢ τὸ πηνίον Π' τὸ διαρρέμενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πηνίον Π, προκαλεῖται μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ παράγεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.—Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος καθορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Lenz**:

Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τοιαύτην φορὰν, ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦτο νὰ ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αἰτίαν, ἣ ὁποία τὸ παράγει.

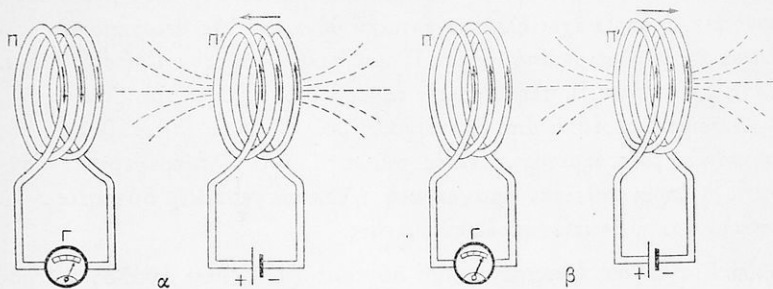
Ὅταν λοιπὸν πλησιάζωμεν εἰς τὸ πηνίον Π (σχ. 218) τὸν βόρειον



Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

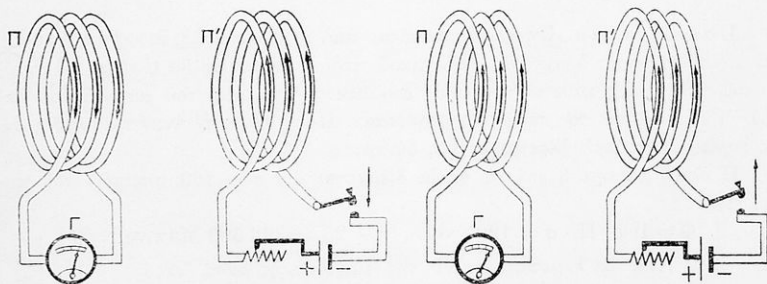
πόλον τοῦ μαγνήτου, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἔχει τοιαύτην φορὰν, ὥστε εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργῇται βόρειος πόλος. Οὗτος ἀπωθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομακρύνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βορείου πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὐκολον εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μνημονικὸν κανόνα

τοῦ Maxwell. Θεωροῦμεν κοχλίαν τοποθετημένην παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 220). Ὄταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐλαττώνεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῖμα ἔχει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κο-



Σχ. 221. Φορὰ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π' (α τὸ Π' πλησιάζει πρὸς τὸ Π, β τὸ Π' ἀπομακρύνεται τοῦ Π).

χλίας διὰ νὰ προχωρήσῃ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 1). Ὄταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ αὐξάνεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῖμα ἔχει φοράν ἀντίθετον τῆς φορᾶς, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ κοχλίας στρεφόμενος προχωρεῖ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 2).



Σχ. 222. Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἢ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῖμα ἐπαγωγικὸν ἀντίρροπον.

Σχ. 223. Κατὰ τὴν διακοπὴν ἢ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῖμα ἐπαγωγικὸν ὁμόρροπον.

Οὕτως εὐρίσκομεν τὴν φοράν τοῦ ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἀναπτυσσομένου ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π'

(σχ. 221) ἡ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν καὶ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηνίου Π' (σχ. 222, 223).

195. Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Γνωρίζομεν ὅτι ἐν κλειστὸν κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχῃ γεννήτρια, ἡ ὁποία ἔχει ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ὡς θεωρήσωμεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἀπὸ πηνίου Π καὶ γαλβανόμετρον Γ (σχ. 218). Ἐὰν εἰς τὸ πηνίον Π πλησιάσωμεν ταχέως ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Ἀρα ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, ἡ ὁποία καλεῖται **ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι:

Ἡ ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (E) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μεταβολὴν ($\Delta\Phi$) τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον (t), ἐντὸς τοῦ ὁποίου συμβαίνει ἡ μεταβολὴ αὐτῇ.

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.

Παράδειγμα. Πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ 100 σπείρας, διαμέτρου 10 cm καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 50 Gauss. Αἱ σπείραι τοῦ πηνίου εἶναι κάθετοι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐντὸς 0,1 sec τὸ πεδίου καταργεῖται. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἐντὸς πηνίου ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

Ἡ ὅλικη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν 100 σπειρῶν τοῦ πηνίου εἶναι:

$$\Phi = 100 \cdot H \cdot \sigma = 100 \cdot 50 \cdot \pi \cdot 25 = 392\,500 \text{ Maxwell}$$

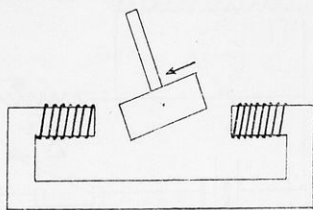
Τόση ὅμως εἶναι καὶ ἡ μεταβολὴ $\Delta\Phi$ τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ἀρα:

$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\,500}{0,1} = 0,03925 \text{ Volt}$$

Ἐὰν ἡ ἰδίᾳ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς συμβῇ ἐντὸς 0,001 sec, τότε εἶναι: $E = 3,925 \text{ Volt}$.

196. Ρεύματα **Foucault**.—Ὅταν μία μεταλλικὴ μᾶζα μετακινῆται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐντὸς αὐτῆς ἐπαγωγικὰ

ρεύματα, τὰ ὁποῖα διατρέχουν ἐντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης κλειστάς τροχιάς. Τὰ ρεύματα αὐτὰ καλοῦνται **ρεύματα Foucault** καὶ προκαλοῦν ἰσχυρὰν 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 ἐξῆς πείραμα. Μεταξὺ τῶν πόλων ἰσχυροῦ ἡλεκτρομαγνήτου δύναται νὰ αἰωρῇται παχεῖα μεταλλικὴ πλάξ (σχ. 224). Ὄταν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου δὲν διέρχεται ρεῦμα, αἱ αἰωρήσεις τῆς πλάκας διαρκοῦν ἐπὶ μακρὸν χρόνον. Ὄταν ὅμως ἡ πλάξ κινῆται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, τότε ἡ κίνησις τῆς πλάκας γίνεται πολὺ βραδεῖα καὶ ταχέως ἡ πλάξ ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἡρεμίαν. Τὰ ρεύματα Foucault χρησιμοποιοῦνται ὡς τροχοπέδη εἰς πολλὰ ὄργανα μετρήσεων διὰ τὴν ταχέϊαν ἀπόσβεσιν τῶν ταλαντώσεων τοῦ κινητοῦ συστήματός των καὶ εἰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ἡλεκτρομαγνητικὰ φρένα).

197. Αὐτεπαγωγή.—Κάθε ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος δημιουργεῖ περὶ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Οὕτω διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος. Ὄταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος καὶ ἐπομένως μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀγωγοῦ. Ὡστε, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἀγωγόν, ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ρεύματα αὐτεπαγωγῆς**. Μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 225 ἀποδεικνύεται εὐκόλως τὸ φαινόμενον τῆς αὐτεπαγωγῆς. Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ πηνίου παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν λαμπτήρ πυρακτώσεως (Λ) καὶ ρυθμίζομεν τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος (διὰ τῆς μεταβλητῆς ἀντιστάσεως R), ὥστε ὁ λαμπτήρ μόλις νὰ φωτοβολῇ. Διακόπτομεν ἀποτόμως τὸ ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβο-

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

149. Πλαίσιον φέρει 100 σπείρας και έχει επιφάνειαν 1 m^2 . Το επίπεδον του πλαισίου είναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Τὸ σύρμα τοῦ πλαισίου έχει ἀντίστασιν 2Ω καὶ συνδέεται με γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως 8Ω . Τὸ πλάσιον στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα κατὰ 90° . Πόσον εἶναι τὸ ἀναπτυσσόμενον ἐξ ἐπαγωγῆς ἡλεκτρικὸν φορτίον; Ὅριζοντία συνιστῶσα γήινου μαγνητικοῦ πεδίου $H_0 = 0,2 \text{ Gauss}$.

150. Πηνίον έχει διάμετρον 20 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Τὸ πηνίον τοποθετεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 150 Gauss οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων του νὰ συμπίπτῃ με μίαν δυναμικὴν γραμμὴν. Στρέφωμεν τὸ πηνίον κατὰ 90° ἐντὸς 0,1 sec, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ γίνουν παράλληλοι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη 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 ὁποῖον έχει 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 πηνίου Β ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

152. Πηνίον φέρει 1000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων έχει ἐπιφάνειαν 20 cm^2 . Τὸ πηνίον έχει ἀντίστασιν 3Ω καὶ συνδέεται με γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως 7Ω . Τὸ πηνίον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνήτου καὶ τὰ ἐπίπεδα τῶν σπειρῶν εἶναι κάθετα πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐξάγομεν ταχέως τὸ πηνίον ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὁπότε εὐρίσκομεν ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διήλθεν ἡλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Cb. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου;

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρέει πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,2 H. Ἐντὸς 0,04 sec ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται εἰς 3 A. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις;

154. Πηνίον έχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,05 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς 0,1 sec διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς 2 Volt ;

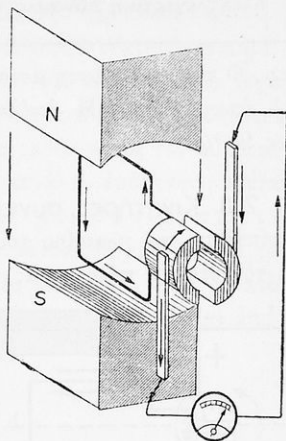
10. ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

198. Ἡλεκτρικαὶ μηχαναί.— Καλοῦνται γενικῶς **ἡλεκτρικαὶ μηχαναί**, αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναί, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν **μηχανικὴν ἐνέργειαν** εἰς **ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν** καὶ ἀντιστρόφως. Αἱ **γεννήτριαι** ἐκτελοῦν τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἡλεκτρικὴν, οἱ δὲ **κινητῆρες** μετατρέπουν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος (§ 154) ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἐξῆς κύρια μέρη: τὸν **ἐπαγωγέα**, τὸ **ἐπαγωγίμον** καὶ τὸν **συλλέκτην**.

Ὁ **ἐπαγωγέυς** εἶναι ἡλεκτρομαγνήτης, μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ὁποίου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίου. Τὸ **ἐπαγωγίμον** ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον στρέφεται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, διὰ τὸ νὰ προκαλῆται συνεχῶς μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ **συλλέκτης** εἶναι κατὰλληλον σύστημα, διὰ τοῦ ὁποίου τὰ ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου παραγόμενα ἐπαγωγικά ρεύματα μεταβιβάζονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα τῆς καταναλώσεως.

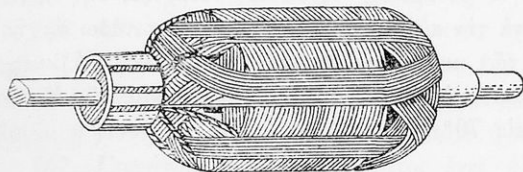
199. Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος.— Ἡ λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἐξῆς ἀρχῆς: Ἄς θεωρήσωμεν ὀρθογώνιον πλαίσιον ἀπὸ **χάλκινον σύρμα** (σχ. 226). Τὸ πλαίσιον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως περὶ ἄξονα κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουν εἰς δύο μεμονωμένους ἡμιδακτύλους (συλλέκτης), οἱ ὁποῖοι εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς καὶ στρέφονται μετ' αὐτοῦ. Ἐκαστος ἡμιδακτύλιος εὐρίσκεται πάντοτε εἰς ἐπαφὴν μὲ ἓν ἔλασμα (ψήκτρα). Ὄταν τὸ πλαίσιον ἐκτελέσῃ ἡμίσειαν στροφὴν, ἐκάστη ψήκτρα ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον. Τοῦτο συμβαίνει, ὅταν τὸ πλαίσιον εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ θέσις αὕτη τοῦ πλαισίου καλεῖται **ὀρθὸς γράμμη**. Ὄταν τὸ πλαίσιον στρέφεται κατὰ 90° , ἡ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται μεταξὺ τῆς τιμῆς 0 (τὸ πλαίσιον παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς) καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς Φ (τὸ πλαίσιον κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς). Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος

ἐντὸς τοῦ πλαισίου ἀλλάσσει, ὡς αἰκὶς τὸ πλᾶσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδέ-
 τέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως ἡ μία ψήκτρα
 τοῦ συλλέκτου παύει νὰ ἐφάπτεται τοῦ
 ἐνὸς ἡμιδακτυλίου καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν
 μετὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον τοῦ συλλέκτου.
 Οὕτω τὸ ρεῦμα ἐξέρχεται εἰς τὸ ἐξωτε-
 ρικὸν κύκλωμα ἀπὸ τὴν αὐτὴν πάντοτε
 ψήκτραν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸν θετι-
 κὸν πόλον τῆς γεννητρίας, ἐνῶ ἡ ἄλλη
 ψήκτρα ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πό-
 λον. Εἰς τὴν πράξιν, ἀντὶ ἐνὸς πλαισίου,
 χρησιμοποιοῦνται πολλὰ πλαίσια, τὰ ὁ-
 ποῖα καταλήγουν εἰς ἰσάριθμα ζεύγη το-
 μέων, τὰ ὁποῖα εἶναι μεμονωμένα καὶ
 ἀποτελοῦν τὸν συλλέκτην. Τὰ πλαίσια



Σχ. 226. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διοχετεύονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ὡς συνεχὲς ρεῦμα.

διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γεννητε-
 ρῶν κυλίνδρου ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον
 (σχ. 227). Οὗτος χρησιμεύει διὰ τὴν
 αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ
 πεδίου (§ 187) καὶ συνεπῶς διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς μεταβολῆς τῆς μα-
 γνητικῆς ροῆς. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητρίας τροφοδεῖται με
 μέρος τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ γεννήτρια. Ἡ γεννήτρια



Σχ. 227. Ἐπαγωγίμων τυμπάνου, εἰς τὸ ὁποῖον τὰ σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γεννητεριῶν κυλίνδρου.

ἀρχίζει νὰ λειτουργῇ, μόλις τεθῇ εἰς περιστροφικὴν κίνησιν τὸ ἐπαγωγίμον, διότι ὁ μαλακὸς σίδηρος τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου διατηρεῖ πάντοτε

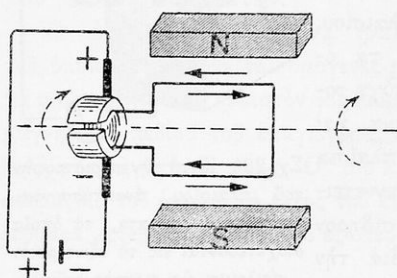
μῖαν μικρὰν μαγνήτισιν, ἱκανὴν νὰ προκαλέσῃ τὴν διέγερσιν τῆς μη-

χανῆς (αὐτοδιέγερσις τῆς μηχανῆς). Ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγωγίμον φέρῃ ν ἐυθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι Ν, τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύ-
 ναμις Ε τῆς γεννητρίας εἶναι :

$$\text{ἡλεκτρογενετική δύναμις γεννητρίας: } E = \frac{1}{10^8} N \cdot v \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου Φ εἶναι ἡ μεγίστη μαγνητική ροή, ἡ ὁποία διέρχεται δι' ὀλοκλήρου τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75% ἕως 98%.

200. Κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος.—Ἀς θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ἡ μία ψήκτρα συνδέεται μετὰ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ἄλλη



Σχ. 228. Ἀρχὴ τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος.

ψήκτρα συνδέεται μετὰ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Τότε τὸ πλαίσιον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἐκάστης πλευρᾶς τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ἡλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον στρέφει τὸ πλαίσιον, ἕως ὅτου τοῦτο γίνῃ κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε ὁμως ἄλ-

λάσσει ἡ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν μετὰ τοὺς ἡμιδιακυλίους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον συνεχίζει τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ κινητῆρες οὗτοι εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι μετὰ τὰς γεννητρίας. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἡλεκτροκινητῶν ἀνέρχεται εἰς 70% ἕως 98%.

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 μετὰ γραμμὴν ἔχουσαν ἀντίστασιν $R = 300$ Ohm. Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύϊν $P = U \cdot I$ ἴτοι $P = 200\,000$ Watt. Ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἰσχύς $P' = I^2 \cdot R$ ἴτοι χάνονται $P' = 120\,000$ Watt. Ἄρα εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἴση μετὰ $80\,000$ Watt. Ἐστω τώρα ὅτι ἡ γεννήτρια παρέχει

ρεύμα εντάσεως $I = 2$ Ampère υπό τάσιν $U = 100\,000$ Volt. Τὸ ρεύμα μεταφέρεται πάλιν διὰ τῆς ἰδίας γραμμῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχὺν $P = 200\,000$ Watt, ὅσην παρέχεν καὶ προηγουμένως. Ἀλλὰ τώρα ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ἰσχύς $P' = I^2 \cdot R$ ἥτοι $P' = 4\,200$ Watt. Οὕτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἰση μὲ $198\,800$ Watt. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου καταφαίνεται ὅτι, διὰ νὰ μεταφερθῇ τὸ ρεύμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, πρέπει τὸ ρεύμα νὰ ἔχῃ μ ε γ ά λ η ν τ ά σ ι ν καὶ μ ι κ ρ ά ν ἑ ν τ α σ ι ν. Ἄλλ' αἱ γεννήτραι συνεχοῦς ρεύματος δὲν δύνανται νὰ μᾶς δώσουν τὰς ἐπιθυμητάς μεγάλας τάσεις. Οὕτω τὸ συνεχὲς ρεύμα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ μεταφερθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, διότι δημιουργεῖ τεραστίαν ἀπώλειαν ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

155. Μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος ἔχει ἡλεκτρογεωτικήν δύναμιν 300 Volt, ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν $0,5 \Omega$ καὶ ταχύτητα περιστροφῆς $1\,500$ στροφὰς κατὰ λεπτόν. Ἡ γεννήτρια αὕτη συνδέεται μὲ ἄλλην ὁμοίαν μηχανήν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὡς κινητὴρ, ὁ ὁποῖος ἐκτελεῖ $1\,200$ στροφὰς κατὰ λεπτόν. Οἱ ἄγωγοι τῆς συνδέσεως τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν ἀντίστασιν 4Ω . Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς ἐκάστης μηχανῆς καὶ πόση ἰσχύς χάνεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἐπὶ τῆς γραμμῆς καὶ ἐντὸς ἐκάστης μηχανῆς;

156. Μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος ἔχει ἡλεκτρογεωτικήν δύναμιν 120 Volt καὶ ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν 1Ω . Πόση εἶναι ἡ μεγίστη δυνατὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ προσφέρῃ εἰς τὸ ἑξωτερικὸν κύκλωμα ἡ γεννήτρια αὕτη; Πόση εἶναι τότε ἡ ἀπόδοσις τῆς γεννητορίας;

157. Γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος ἔχει ἡλεκτρογεωτικήν δύναμιν 120 Volt καὶ ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν 1Ω . Ἡ γεννήτρια τροφοδοτεῖ λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦντος ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Ἐκαστος λαμπτήρ, ὅταν λειτουργῇ κανονικῶς, ἔχει ἀντίστασιν 440Ω . Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ ἡ γεννήτρια;

158. Γεννήτρια ἔχει εἰς τοὺς πόλους της διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt καὶ στέλλει ρεῦμα ἐντάσεως 100 A εἰς κινητὴρα ἐνδοσκομνον μακρὰν τῆς γεννητορίας. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἂν θέλωμεν νὰ χρησιμοποιῇ ὁ κινητὴρ τὰ $0,90$ τῆς ἰσχύος, τὴν ὁποίαν

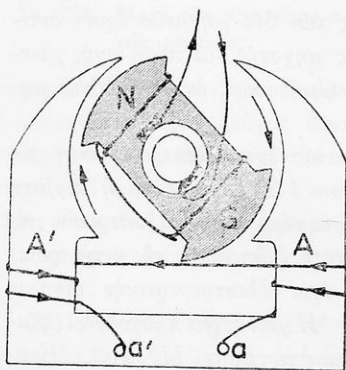
παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα; Πόση εἶναι τότε ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τοῦ κινητήρος;

159. Δύο δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστάσεις $r_A = 30 \Omega$ καὶ $r_B = 15 \Omega$, συνδέονται δὲ μεταξύ των μὲ ἀγωγούς, οἱ ὅποιοι ἔχουν ἀντίστασιν $R = 5 \Omega$. Ἡ A λειτουργεῖ ὡς γεννήτρια καὶ εἰς τοὺς πόλους της ἡ τάσις εἶναι 120 Volt, ἡ δὲ B λειτουργεῖ ὡς κινητήρ καὶ εἰς τοὺς πόλους της ἡ τάσις εἶναι 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς A καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς B ;

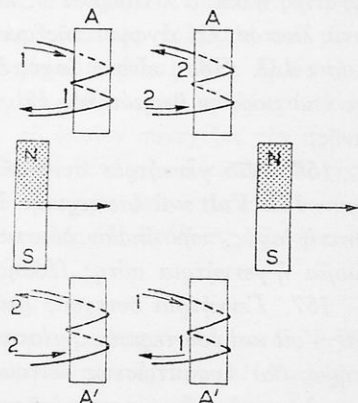
160. Μία ὑδατόπτωσης παρέχει ἰσχὺν 500 kW εἰς γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 90%. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως μὲ ἀγωγούς, ἔχοντας ἀντίστασιν 300 Ω . Πόση εἶναι ἡ βιομηχανικὴ ἀπόδοσις τῆς ἐγκαταστάσεως, ὅταν ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας εἶναι 200 000 Volt καὶ ὅταν εἶναι 100 000 Volt ;

11. ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

202. Ἐναλλακτῆρες.—Σήμερον, ἀντὶ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἔχει πάντοτε τὴν ἰδίαν φορὰν, χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα τὸ



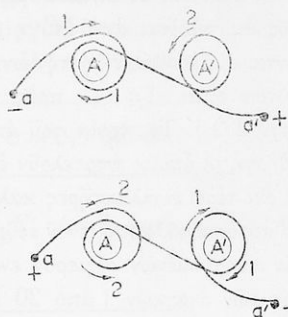
Σχ. 229. Σχηματικὴ παράστασις ἐναλλακτῆρος.



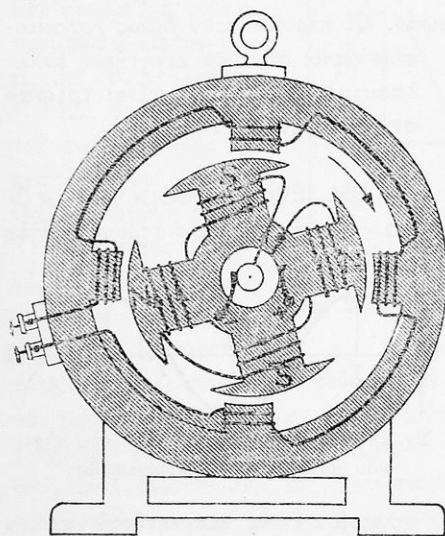
Σχ. 230. Τὰ ρεύματα ἐντὸς τῶν πηνίων A καὶ A' ἔχουν πάντοτε ἀντίθετον φορὰν.

ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ φορὰ ἐναλλάσσεται περιοδικῶς. Αἱ γεννήτριαι, αἱ ὁποῖαι παράγουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καλοῦνται εἰδικώτερον ἐναλλακτῆρες. Εἰς τούτους ὁ ἐπαγωγεὺς εἶναι ἡλεκτρομαγνή-

της, ό όποϊος δύνανται νά περιστρέφεται περί άξονα (σχ. 229). Ό ήλεκτρομαγνήτης τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, τό όποϊον παράγει γεννήτρια συνεχούς ρεύματος. Τό έπαγωγίμον είναι άκίνητον και άποτελείται από δύο πηνία Α και Α', τά όποϊα φέρουν κοινόν πυρήνα από μαλακόν σίδηρον. Τό σύρμα εις τά δύο πηνία είναι τυλιγμένον κατ' αντίθετον φοράν, τά δέ δύο ελεύθερα άκρα του σύρματος καταλήγουν εις τούς άκροδέκτας α και α'. Κατά την περιστροφήν του ήλεκτρομαγνήτου προκαλείται μεταβολή τής μαγνητικής ροής εις τά δύο πηνία. Έστω ότι εις μίαν στιγμήν ό βόρειος πόλος Ν του ήλεκτρομαγνήτου πλησιάζει προς τό πηνίον Α. Τότε έντός



Σχ. 231. Εις έκάστην στιγμήν τά δύο αντίθετα ρεύματα προστίθενται.



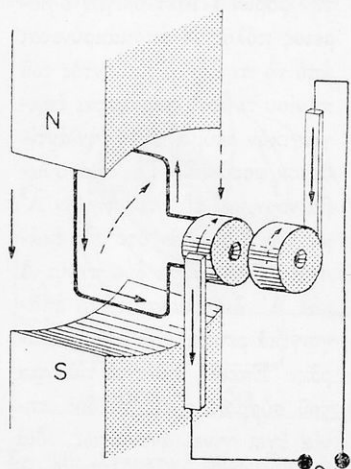
Σχ. 232. Μονοφασικός έναλλακτήρ.

(σχ. 231): Ούτως οί άκροδέκται α και α' γίνονται περιόδως θετικώς και άρνητικώς πόλος τής γεννητριάς. Έάν δέ συνδέ-

του πηνίου Α (σχ. 230) παράγεται έπαγωγικόν ρεύμα έχον την φοράν 1. Μετ' όλίγον ό βόρειος πόλος Ν άπομακρύνεται από τό πηνίον Α και έντός του πηνίου τούτου παράγεται έπαγωγικόν ρεύμα, έχον την αντίθετον φοράν 2. Τά ίδια συμβαίνουν και εις τό πηνίον Α' με την διαφοράν ότι εις έκάστην στιγμήν τά δύο πηνία Α και Α' διαρρέονται από έπαγωγικά ρεύματα αντίθετου φοράς. Έπειδή όμως τό τύλιγμα του σύρματος εις τά δύο πηνία έχει γίνει αντίθετως, διά τούτο τά δύο αυτά αντίθετα έπαγωγικά ρεύματα προστίθενται εις έκάστην στιγμήν

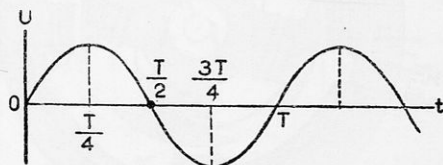
σωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μὲ ἓνα ἐξωτερικὸν ἀγωγόν, οὗτος θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐναλλασσομένης περιοδικῶς φορᾶς καὶ τὸ ὅποσον διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐναλλασσόμενον ρεῦμα**. Εἰς τὴν πρᾶξιν ὁ ἐπαγωγεὺς ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, τὰ ὅποια περιστρέφονται ἔμπροσθεν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πηνίων τούτων εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέως (σχ. 232). Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου φέρουν πυρήνας ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των ὀγκώδη σιδηρᾶν μᾶζαν. Οἱ ἀνωτέρω ἐναλλακτῆρες καλοῦνται **μονοφασικοί**, τὸ δὲ παραγόμενον ὑπ' αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καλεῖται **μονοφασικόν**. Ἡ συχνότης τῶν παραγομένων σήμερον ἐναλλασσομένων ρευμάτων ποικίλει ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν (ἀπὸ 20 Hz ἕως 1 000 000 Hz).

203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.—Ὁ κινητῆρ συνεχοῦς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητῆρ μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγίμου εἰς τὸν κινητῆρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότεροι ὅμως χρησιμοποιοῦμενοι σήμερον κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι **τριφασικοὶ κινητῆρες**.



Σχ. 233. Ἡ μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται συνεχῶς.

204. Ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.—Κατὰ τὴν περιστροφὴν ἑνὸς



Σχ. 234. Ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

πλαίσιου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 233) ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πλαισίου μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται συνεχῶς. Οὕτως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τὰ σις ἡ ὅποια μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσῃ τοῦ χρόνου

(σχ. 234). Κατά τὰς χρονικὰς στιγμὰς $\frac{T}{4}$ καὶ $\frac{3T}{4}$ ἡ τάσις λαμβάνει τὴν μεγίστην ἀπόλυτον τιμὴν τῆς U_0 , ἡ ὁποία καλεῖται **πλάτος τῆς τάσεως** (ἡ **μεγίστη τάσις**). Ἡ στιγμιαία τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

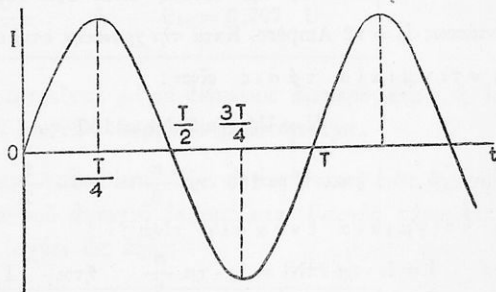
$$U = U_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \eta \quad U = U_0 \cdot \eta\mu 2\pi Nt$$

Ἐὰν καλέσωμεν $\omega = 2\pi \cdot \frac{t}{T} = 2\pi \cdot N$, τότε ἡ στιγμιαία τάσις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν:

$$\text{στιγμιαία τάσις:} \quad U = U_0 \cdot \eta\mu\omega t$$

Τὸ ω καλεῖται **κυκλικὴ συχνότης** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ φανερώνει πόσαι περίοδοι ἀντιστοιχοῦν εἰς 2π δευτερόλεπτα.

Εἰς τοὺς πόλους τοῦ ἐναλλακτῆρος ἀναπτύσσεται ὁμοίως ἐναλλασσομένη τάσις. Ὁ ἐξωτερικὸς ἀγωγός, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τοῦ ἐναλλακτῆρος, διαρρέεται



Σχ. 235. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

τότε ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἡ **έντασις** τοῦ ρεύματος τοῦτου μεταβάλλεται ἐπίσης ἡμιτονοειδῶς συναρτήσει τοῦ χρόνου (σχ. 235) καὶ ἡ στιγμιαία τιμὴ I τῆς ἐντάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν t δίδεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις:

$$I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \eta \quad I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi Nt$$

ὅπου I_0 εἶναι ἡ μεγίστη ἀπόλυτος τιμὴ τῆς ἐντάσεως καὶ ἡ ὁποία καλεῖται **πλάτος τῆς ἐντάσεως** (ἡ **μεγίστη ἔντασις**). Ἐὰν

θέσωμεν $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot N$, τότε ἡ στιγμιαία ἔντασις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν:

$$\text{στιγμιαία ἔντασις: } I = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι:

Ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσῃ τοῦ χρόνου, ἡ δὲ στιγμιαία τιμὴ των προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις:

$$U = U_0 \cdot \eta\mu \omega t \quad I = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Παράδειγμα. Ἐστω π.χ. ὅτι ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι $N = 40 \text{ Hz}$, τὸ πλάτος τῆς τάσεως εἶναι $U_0 = 100 \text{ Volt}$ καὶ τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως $I_0 = 12 \text{ Ampère}$. Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = \frac{1}{480} \text{ sec}$ ἡ στιγμιαία τάσις εἶναι:

$$U = U_0 \cdot \eta\mu 2\pi Nt = 100 \cdot \eta\mu \left(2\pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{480} \right)$$

$$\text{ἤτοι } U = 100 \cdot \eta\mu \frac{\pi}{6} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ Volt}$$

ἡ στιγμιαία ἔντασις εἶναι:

$$I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi Nt = I_0 \cdot \eta\mu \frac{\pi}{6} \quad \text{ἤτοι } I = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \text{ Ampère.}$$

205. Ἐνεργὸς ἔντασις καὶ ἐνεργὸς τάσις—Ἀς θεωρήσωμεν ἓνα ἀγωγὸν ἔχοντα ἀντίστασιν R καὶ ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἐντὸς μιᾶς περιόδου T ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται συνεχῶς. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα διερχόμενον διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἐπὶ χρόνον t ἀναπτύσσει ἐπ' αὐτοῦ ὥρισμένην ποσότητα θερμότητος. Καλεῖται ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ ἔντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέον τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν ἐπὶ τὸν αὐτὸν χρόνον παράγει τὴν αὐτὴν ποσότητα θερμότητος, τὴν ὁποῖαν παράγει καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἀποδεικνύεται ὅτι:

Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις ($I_{\text{εν}}$) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται

μέ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς ἐντάσεως (I_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$I_{\text{εν}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \eta \quad I_{\text{εν}} = 0,707 \cdot I_0$$

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, τὸν ὁποῖον διαρρέει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ὑπάρχει μία ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένη τάσις. Καλεῖται **ἐνεργὸς τάσις** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἡ τάσις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ὁποία ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἀγωγοῦ προκαλεῖ συνεχὲς ρεῦμα ἔχον ἔντασιν ἴσῃν μὲ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εὐρίσκεται δὲ ὅτι:

Ἡ ἐνεργὸς τάσις ($U_{\text{εν}}$) τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἰσοῦται μὲ τὸ πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως (U_0) διὰ τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$U_{\text{εν}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \eta \quad U_{\text{εν}} = 0,707 \cdot U_0$$

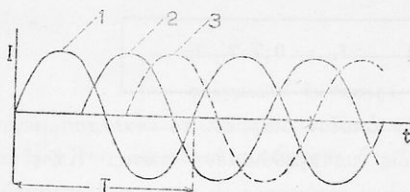
Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ ἀμπερόμετρα**, ἡ δὲ ἐνεργὸς τάσις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ βολτόμετρα**.

Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἐὰν ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι R καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται ἐνεργὸς τάσις $U_{\text{εν}}$, τότε ὁ νόμος τοῦ Ohm ἰσχύει ὡς ἑξῆς:

$$\text{νόμος τοῦ Ohm :} \quad U_{\text{εν}} = I_{\text{εν}} \cdot R$$

206. Τριφασικὰ ρεύματα.— Εἰς τὰς ἐξισώσεις $U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$ καὶ $I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$ τὸ μέγεθος ωt καλεῖται **φάσις**. Ὡς θεωρήσωμεν τρία μονοφασικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον T , τὸ αὐτὸ πλάτος τάσεως U_0 καὶ τὸ αὐτὸ πλάτος ἐντάσεως I_0 . Ἐστω ὅτι εἰς ἕκαστον τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις λαμβάνουν τὴν μεγίστην τιμὴν μὲ καθυστέρησιν ἴσην πρὸς $\frac{T}{3}$ ἐν σχέσει πρὸς τὸ προηγούμενον (σλ. 236). Λέγομεν τότε ὅτι ἕκαστον

ρεύμα παρουσιάζει διαφοράν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$ ὡς πρὸς τὸ προηγούμενον ἢ τὸ ἐπόμενον αὐτοῦ.



Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξύ των διαφοράν φάσεως 120° ἢ $\frac{T}{3}$

Αἱ στιγμιαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις:

$$I_1 = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

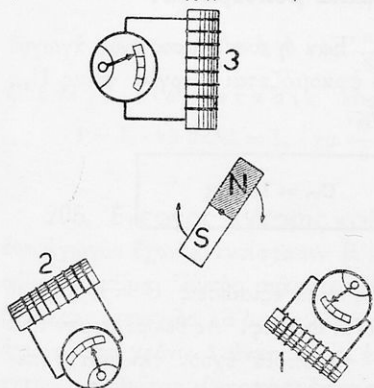
$$I_2 = I_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 120^\circ)$$

$$I_3 = I_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 240^\circ)$$

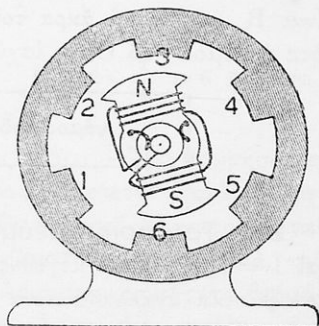
Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω τριῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **τριφασικὸν ρεῦμα**. Ὡστε:

Τὸ τριφασικὸν ρεῦμα εἶναι σύστημα τριῶν μονοφασικῶν ρευμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἀλλ' ἕκαστον τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει διαφοράν φάσεως 120° ὡς πρὸς τὸ ἄλλο.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τριφασικῶν ρευμάτων χρησιμοποιοῦνται οἱ **τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες**. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τούτων καταφαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 237, ὅπου τὰ τρία πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου διατάσσονται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν



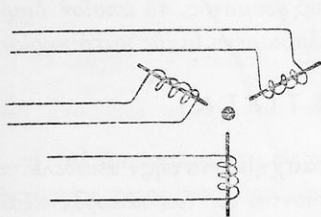
Σχ. 237. Σχηματικὴ παράστασις τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος.



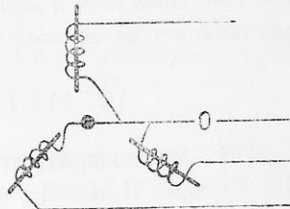
Σχ. 238. Τριφασικὴ γεννήτρια.

ἀνὰ δύο γωνίαν 120° . Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐπαγωγέως παράγεται ἐντὸς ἑκάστου πηνίου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει διαφοράν φάσεως 120° ὡς πρὸς

τὸ ρεύμα τὸ παραγόμενον ἐντὸς ἐκάστου τῶν ἄλλων δύο πηνίων. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρας ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι τριπλάσιος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων τοῦ στρεφομένου ἐπαγωγέως (σχ. 238). Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος φαίνεται ὅτι



Σχ. 239. Διὰ τὴν μεταφορὰν τῶν 3 ρευμάτων χρειάζονται 6 ἄγωγοι.



Σχ. 240. Οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται μὲ τὸν οὐδέτερον ἄγωγόν Ο.

ἀπαιτοῦνται 6 ἄγωγοι (σχ. 239). Εἰς τὴν πρᾶξιν οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται μὲ ἕνα μόνον ἄγωγόν (σχ. 240), ὁ ὁποῖος καλεῖται οὐδέτερος ἄγωγός. Οὕτω διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται τέσσαρες μόνον ἄγωγοι.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

161. Ἐναλλασσόμενον ρεύμα ἔχει πλάτος τάσεως 86 Volt καὶ πλάτος ἐντάσεως 32 A. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς τάσις καὶ ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος;

162. Ἐναλλασσόμενον ρεύμα ἔχει πλάτος ἐντάσεως 10 A. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ὅταν ἡ φάσις αὐτοῦ (ωt) λαμβάνῃ τὰς τιμὰς 30° ἢ 60° ;

163. Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι 7,07 A. Πόσον εἶναι τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος;

164. Ἐναλλασσόμενον ρεύμα διαρρέει πηνίον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν 5Ω καὶ εἶναι βοθισμένον ἐντὸς θερμοιδρομέτρου ἔχοντος θερμοχωρητικότητα 1000 cal/grad . Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ θερμοιδρομέτρου ὑψώνεται κατὰ 10°C ἐντὸς 1 λεπτοῦ. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος;

165. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον Α σύρματος ΑΒ φθάνει συνεχὲς ρεύμα σταθερᾶς ἐντάσεως $I_0 = 3 \text{ A}$ καὶ ἐναλλασσόμενον ρεύμα ἔχον ἐνεργόν, ἔντασιν

$$\frac{86}{\sqrt{2}} = 60.5$$

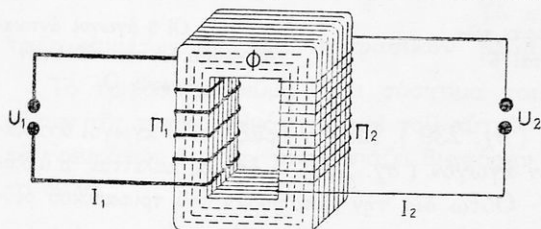
$$\frac{32}{\sqrt{2}} = 22.6$$

$I_1 = 4 \text{ A}$. Πόση είναι η ενεργός ένταση του συνισταμένου ρεύματος, το όποιο προκύπτει εκ της προσθέσεως των δύο ρευμάτων;

166. Λαμπτήρ δια πυρακτώσεως έχει έντασιν 25 κηρίων, αντίστασιν 440Ω και τροφοδοτείται με έναλλασσόμενον ρεύμα έχον ενεργόν τάσιν 110 Volt. Πόση είναι η μεγίστη έντασις του ρεύματος, το όποιο διαρρέει τὸν λαμπτήρα και πόση είναι η καταναλισκομένη ισχύς κατὰ κηρίον;

12. ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματισταί.—'Ο μετασχηματιστής αποτελείται ἀπὸ δύο πηνία Π_1 και Π_2 , τὰ ὁποῖα τυλίσσονται εἰς τὰς πλευρὰς πλα-



σίῳ ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (σχ.241).

Τὸ πηνίον Π_1 καλεῖται πηνίον χαμηλῆς τάσεως (ἢ πρωτεῦον) καὶ ἀπο-

τελεῖται ἀπὸ ὀλί-
παράγει τὸ πρωτεῦον ρεῦμα, δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ δευτε-
ρεύοντος πηνίου Π_2 τὸ έναλλασσόμενον δευτερεῦον ρεῦμα. δροῦ σύρματος.

Τὸ πηνίον Π_2 καλεῖται πηνίον ὑψηλῆς τάσεως (ἢ δευτερεῦον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος. Τὸ πηνίον Π_1 συνδέεται μετὰ τὸν έναλλακτῆρα. Τὸ δὲ πηνίον Π_2 συνδέεται μετὰ τὸ κύκλωμα μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ τοῦ πηνίου Π_1 χαμηλῆς τάσεως διαβιβάζεται τὸ πρωτεῦον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἔχει συχνότητα N , ενεργὸν τάσιν U_1 καὶ ενεργὸν έντασιν I_1 . Τότε ἐντὸς τοῦ μαλακοῦ σιδήρου παράγεται έναλλασσόμενη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία, διερχομένη διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου Π_2 , δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου έναλλασσόμενον ρεῦμα τῆς αὐτῆς συχνότητος N . Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται δευτερεῦον ρεῦμα καὶ ἔχει ενεργὸν τάσιν U_2 καὶ ενεργὸν έντασιν I_2 . Πειραματικῶς εὐρίσκεται ὅτι ἡ ισχύς $U_1 \cdot I_1$ τοῦ πρωτεῦοντος ρεύματος εἶναι πρακτικῶς ἴση μετὰ τὴν ισχύν $U_2 \cdot I_2$ τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἥτοι εἶναι:

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \text{ἢ} \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐὰν v_1 καὶ v_2 εἶναι ἀντιστοίχως ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, τότε εὐρίσκεται ὅτι εἶναι:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Ὁ λόγος $\frac{v_2}{v_1}$ καλεῖται λόγος μετασχηματισμοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

I. Αἱ ἐνέργοι τάσεις εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

II. Αἱ ἐνέργοι ἐντάσεις τῶν ρευμάτων εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

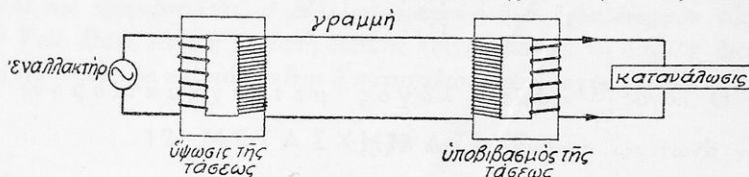
Παράδειγμα. Ἐὰν εἶναι $v_1 = 10$ σπείραι, $v_2 = 500$ σπείραι, $U_1 = 1000$ Volt καὶ $I_1 = 500$ Ampère, τότε διὰ τὸ δευτερεῖον ρεῦμα εἶναι:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \cdot 50 = 50\,000 \text{ Volt}$$

$$I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.—Οἱ μετασχηματιστὰς χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ νὰ προκαλοῦμεν κατὰ βούλησιν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἀπώλεια ἐνεργείας κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως εἶναι ἀσημαντος καὶ ἀνέρχεται εἰς 2 ἕως 5%. Χάρis εἰς τοὺς μετασχηματιστάς καθίσταται σήμερον δυνατὴ ἡ μεταφορὰ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Οὕτω τὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα παράγονται εἰς τοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἡλεκτροπαραγωγῆς, μεταφέρονται εἰς τὸν τόπον τῆς κατανάλωσews ὑπὸ τάσεως 20 000 ἕως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτο εἰς τὸν

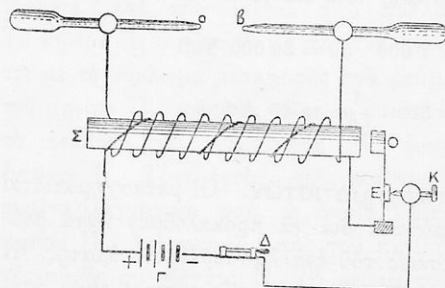
σταθμὸν ἡλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑψώσεως τῆς τάσεως. Ἀντιθέτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως (σχ. 242). Εἰς πολλὰς



Σχ. 242. Μεταφορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑπὸ ὑψηλὴν τάσιν.

ἄλλας ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται σήμερον μικροὶ μετασχηματισταί, ὅπως π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος, τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ, εἰς διάφορα ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια κ.ἄ.

209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.—Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (ἢ πηνίον τοῦ Ruhmkorff) εἶναι ὄργανον ἀνάλογον πρὸς τὸν μετασχηματιστήν. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῖμα χαμηλῆς τάσεως καὶ παρέχει ἐναλλασσόμενον ρεῖμα ὑψηλῆς τάσεως. Διὰ τὴν προκαλέσασθαι μεταβολὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῖμα εἰς τὸ πρωτεύον πηνίον. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, πέριξ τοῦ ὁποίου τυλίσσονται αἱ ὀλίγαι σπεῖραι



Σχ. 243. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.

τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (σχ. 243). Τὸ δευτερεύον πηνίον, ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰς σπεῖρας λεπτοῦ σύρματος, περιβάλλει τὸ πρωτεύον πηνίον. Τὰ δύο ἅκρα τοῦ σύρματος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου καταλήγουν εἰς δύο ἀγωγούς α καὶ β. Αἱ διακοπαὶ καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ

πρωτεύον πηνίον γίνονται μὲ τὴν βοήθειαν διακόπτου, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ ὅπως καὶ ὁ διακόπτης τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεύον πηνίον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῖμα ὁ μ ὁ ρ ο π ο ν πρὸς τὸ πρωτεύον ρεῖμα.

Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεύον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ἀντίρροπον πρὸς τὸ πρωτεύον ρεῦμα. Οὕτω μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσομένη τάσις, ἡ ὁποία ἀνέρχεται εἰς πολλὰς χιλιάδας Volt, διότι αἱ σπείραι τοῦ δευτερεύοντος πηνίου εἶναι πολὺ περισσότεραι ἀπὸ τὰς σπείρας τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (§ 207). Μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν α καὶ β παράγονται τότε ἐναλλασσόμενοι ἡλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Οὗτοι ἀποδεικνύουν ὅτι ἡ ἀναπτυσσομένη ὑψηλὴ τάσις μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β καθιστᾷ δυνατὴν τὴν διέλευσιν τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀέρος. Ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου δευτερεύοντος ρεύματος εἶναι ἴση πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διακοπῶν τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξῆσιν τῆς συχνότητος χρησιμοποιοῦμεν εἰδικοὺς διακόπτας, οἱ ὅποιοι προκαλοῦν πολλὰς χιλιάδας διακοπῶν τοῦ ρεύματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σφαιρῶν ὑπερβῇ ἓν ὄριον, τότε σχηματίζονται σπινθῆρες μόνον ἐκ τῆς μῆς σφαίρας πρὸς τὴν ἄλλην. Οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν **ὕψις-χων ρευμάτων**, τὰ ὁποῖα εὐρίσκουν διαφόρους ἐφαρμογὰς (ιατρικὴ, ἀσύρματος, τηλεγραφία κ.ἄ.).

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

167. Θέλομεν νὰ υποβιβάσωμεν τὴν ἐνεργὸν τάσιν τοῦ ρεύματος ἀπὸ 220 Volt εἰς 5 Volt. Ἐὰν τὸ δευτερεῖον πηνίον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχη 8 σπείρας, πόσας σπείρας πρέπει νὰ ἔχη τὸ πρωτεύον πηνίον;

168. Εἰς μετασχηματιστὴν τὸ πρωτεύον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ τὸ δευτερεῖον ἔχει 2000 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεύον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν 100 A. Τὸ πρωτεύον πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 0,03 Ω. Πόση εἶναι ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἐὰν ἡ ἐνεργὸς τάσις αὐτοῦ εἶναι 2200 Volt;

169. Μετασχηματιστὴς ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως ἔχει εἰς τὸ πρωτεύον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεῖον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεύον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 3000 Volt, τὸ δὲ δευτερεῖον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν R καὶ δαπανᾷται διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἀντιστάσεως R

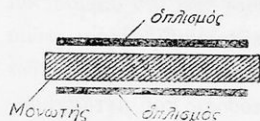
ἀναπτύσσεται θερμότης ἰσοδυναμοῦσα μὲ ἰσχὴν 9 kW . Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος καὶ πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις R ; Ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 1.

170. Μία ὑδατόπτωσης ἔχει ἰσχὴν 100 kW καὶ τροφοδοτεῖ ὑδροστρόβιλον ἔχοντα ἀπόδοσιν $0,80$. Ὁ στρόβιλος ἐξασφαλίζει τὴν λειτουργίαν ἐναλλακτῆρος, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀπόδοσιν $0,90$ καὶ δίδει ρεῦμα ὑπὸ ἐνεργὸν τάσιν 7200 Volt . Διὰ τῆς γραμμῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχομεν ἀπώλειαν ἐνεργείας 10% , τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς μετασχηματιστὴν ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως. Ὁ λόγος μετασχηματισμοῦ εἶναι $3000/50$. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι $0,95$. Τὸ δευτερεῖον ρεῦμα τροφοδοτεῖ λαμπτήρας, οἱ ὁποῖοι λειτουργοῦν ὑπὸ ἐνεργὸν ἔντασιν $0,75 \text{ A}$. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ περιλάβῃ τὸ δίκτυον;

171. Ἐπαγωγικὸν πηνίον ἔχει τὰ ἐξῆς χαρακτηριστικά. Τὸ πρωτεῦον ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A , ἡ δὲ διακοπὴ αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς $0,001 \text{ sec}$. Τὸ πρωτεῦον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς $L = 0,05 \text{ H}$. Τὸ δευτερεῖον πηνίον ἔχει 20000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν 200 cm^2 . Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον;

13. ΠΥΚΝΩΤΑΙ

210. Πυκνωταί.—Εἰς πολλὰ κυκλώματα ἐναλλασσομένων ρευμάτων παρεμβάλλονται δι' ὠρισμένον σκοπὸν εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **πυκνωταί**. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας μεταλλικὰς πλάκας (σχ. 244), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑπάρχει στρῶμα μονωτικοῦ σώματος (ὑάλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγίας, ἄλλ.). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται ὀπλισμοί, τὸ δὲ στρῶμα τοῦ μονωτικοῦ σώματος καλεῖται διηλεκτρικόν. Διὰ

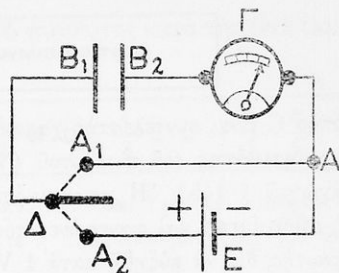


Σχ. 244. Πυκνωτής.

νὰ κατανόησωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ὁ διακόπτης Δ ἐπιτρέπει νὰ συνδεθοῦν οἱ δύο ὀπλισμοὶ B_1 καὶ B_2 τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητοῦρας συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε μεταξύ των. Κατὰ σειρὰν μὲ τὸν πυκνωτὴν εἶναι συνδεδεμένον βαλυστικὸν γαλβανόμετρον Γ .

Τὸ ὄργανον τοῦτο δεικνύει δι' ἀποτόμου ἐκτροπῆς τῆς βελόνης του τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται δι' αὐτοῦ καὶ τὴν φοράν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. Ἄς ἐκτελέσωμεν τώρα τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

α) Φέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_1 . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλίνει, ἄρα δὲν διήλθεν 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 μηδέν. Διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διήλθεν φορτίον Q . γ) Ἐπαναφέρομεν τὸν διακόπτην Δ εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ A_1 . Ἡ βελόνη τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τώρα κατ' ἀντίθετον φοράν καὶ δεικνύει ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διήλθεν τὸ αὐτὸ φορτίον Q , ἀμέσως δὲ ἡ βελόνη ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.



Σχ. 245. Φόρτις καὶ ἐκφόρτις πυκνωτοῦ.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἐρμηνεύονται ὡς ἑξῆς: Ὅταν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μὲ τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας κυκλοφορεῖ ἐντὸς τοῦ κυκλώματος διὰ μίαν στιγμὴν ἡλεκτρικὸν φορτίον Q καὶ μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἴση μὲ ἐκείνην, ἥ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται. Ὅταν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μεταξὺ των δι' ἐνὸς σύρματος (A_1A) τότε ὁ πυκνωτὴς ἐκκενώνεται, παρέχων εἰς τὸ κύκλωμα τὸ αὐτὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q . Μετὰ τὴν ἀκαριαίαν ἐκκένωσιν τοῦ πυκνωτοῦ ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του γίνεται ἴση μὲ μηδέν. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον Q , τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὁποῖον ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ καλεῖται **φορτίον** τοῦ πυκνωτοῦ.

211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.—Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους γεννητριῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διαφόρους ἡλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις (σχ. 245), εὐρίσκομεν διὰ τοῦ βαλυστικοῦ γαλβανομέτρου ὅτι:

Τὸ φορτίον Q τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν του.

$$\text{φορτίον πυκνωτοῦ: } Q = C \cdot U$$

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 φορτίον πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ ὁ πυκνωτὴς, διὰ νὰ αὐξηθῇ κατὰ 1 Volt ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του.

Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι:

Ἡ χωρητικότης (C) τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν (σ) τῶν ἀπέναντι ἀλλήλων ὀπλισμῶν του, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ πάχος (ϵ) τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.

$$\text{χωρητικότης πυκνωτοῦ: } C = k \cdot \frac{\sigma}{4\pi \cdot \epsilon}$$

Ὁ συντελεστὴς k ἀναφέρεται εἰς τὸ διηλεκτρικὸν καὶ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερά**. Διὰ τὸν ἀέρα εἶναι $k = 1$.

Διηλεκτρικὴ σταθερά		
Ἀήρ	1	Μαρμαρυγίας 6 — 8
Παραφίνη	2,1	Ἰάλος 5 — 7
Χάρτης	2,5	Οινόπνευμα 25
Ἐβονίτης	2,6	Ἰδωρ 80

Παράδειγμα. Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτίνος 20 cm χωρίζονται με πλάκα ὕαλου πάχους 2 mm. Διὰ τὴν ὕαλον εἶναι $k = 6$. Ὁ πυκνωτὴς οὗτος ἔχει χωρητικότητα:

$$C = \frac{6 \cdot 400 \pi}{4 \pi \cdot 0,2} = 3000 \text{ C.G.S.}$$

$$\eta \quad C = \frac{3 \cdot 10^3}{9 \cdot 10^5} = \frac{1}{300} \mu\text{F.}$$

212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.—Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἀγω-

γοῦ, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν φορτίον, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ, εὐρίσκεται ὅτι:

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ, εἶναι:

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

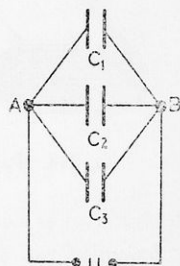
Οὕτως ἂν ἡ χωρητικότης ἐνὸς πυκνωτοῦ εἴναι 1 μF καὶ ὁ πυκνωτὴς φορτισθῇ ὑπὸ τάσιν 10 000 Volt, τότε ἡ ἀποσταμιευμένη ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἐνέργεια εἶναι:

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^6} \cdot (10\,000)^2 = 50 \text{ Joule.}$$

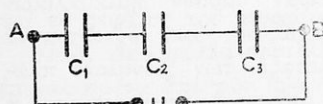
213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—Διὰ τῆς συνδέσεως πολλῶν πυκνωτῶν λαμβάνομεν **συστοιχίαν πυκνωτῶν**. Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 246.

Οὕτω μεταξὺ τῶν ὁπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ χωρητικότης $C_{ολ}$ τῆς συστοιχίας εἶναι:

$$C_{ολ} = C_1 + C_2 + C_3$$



Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ σειράν Σχ. 246. Σύνδεσις πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ. οἱ πυκνωταὶ συνδέονται ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ὁπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ χωρητικότης $C_{ολ}$ τῆς συστοιχίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον:

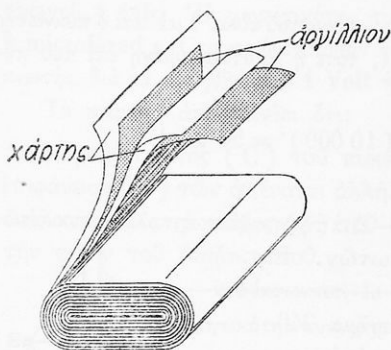


Σχ. 247. Σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειράν.

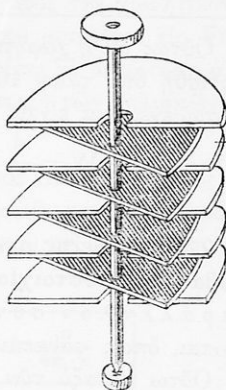
$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.—Ὁ ἀνωτέρω ἐξετασθεὶς πυκνωτὴς

καλεῖται καὶ ἐπίπεδος πυκνωτής. Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται διάφοροι μορφαὶ πυκνωτῶν. Ὁ φυλλωτὸς πυκνωτής ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο στενὰ καὶ ἐπιμήκη φύλλα ἀργιλίου, μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεντίθεται ὡς διηλεκτρικὸν μία ταινία ἐκ παραφινωμένου χαρτοῦ (σχ. 248). Οἱ ὅπλισμοι καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὥστε ὁ πυκνωτὴς νὰ ἔχη μικρὸν ὄγκον. Οἱ μεταβλη-



Σχ. 248. Φυλλωτὸς πυκνωτής.

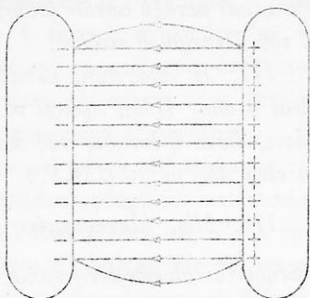


Σχ. 249. Μεταβλητὸς πυκνωτής.

τοὶ πυκνωταὶ ἔχουν συνήθως ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρα. Ὁ εἰς ὅπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σειρὰν ἀκινήτων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται μὲ μεταλλικὰς ράβδους (σχ. 249). Ὁ ἄλλος ὅπλισμός των ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὁμοίων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι στερεωμέναι ἐπὶ ἄξονος καὶ δύνανται νὰ εἰσάγωνται περισσότερον ἢ ὀλιγότερον μεταξὺ τῶν μονίμων πλακῶν. Διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ κινητοῦ ὅπλισμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ τοιοῦτοι πυκνωταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται πυκνωταὶ μὲ ὑγρὰ διηλεκτρικά (π.χ. ὀρυκτέλαιον).

215. Ὁμογενές ἡλεκτρικὸν πεδίον.—Ὅταν ὁ πυκνωτὴς εἶναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὁπλισμῶν του ὑπάρχουν ἴσα ἑτερόνυμα ἡλεκτρικά φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

τῶν ὀπλισμῶν, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἀπέναντι ἀλλήλων (σχ. 250). Μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν σχηματίζεται ὁμογενές ἠλεκτρικὸν πεδίου, τοῦ ὁποῖου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι, ἡ δὲ ἔντασις αὐτοῦ εἶναι σταθερά. Εὐρίσκεται ὅτι:



Ἡ ἔντασις (E) τοῦ ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκον τῆς τάσεως (U) μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν διὰ τῆς ἀποστάσεως (l) τῶν δύο ὀπλισμῶν.

Σχ. 250. Μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ σχηματίζεται ὁμογενές ἠλεκτρικὸν πεδίου.

ἔντασις ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου :

$$E = \frac{U}{l}$$

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

172. Ἐκαστος τῶν ὀπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm^2 . Μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ὑπάρχει στρώμα ἀέρος πάχους 1 mm . Ὁ εἰς ὀπλισμὸς τοῦ πυκνωτοῦ συνδέεται μὲ τὴν γῆν, ὁ δὲ ἄλλος μὲ πηγὴν ἔχουσαν σταθερὸν δυναμικὸν 600 Volt . Πόση εἶναι ἡ χωρητικότης καὶ τὸ φορτίον τοῦ πυκνωτοῦ;

173. Δύο φύλλα ἀργιλίου ἔχοντα διαστάσεις $15 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm}$ εἶναι ἐπικοληγμένα ἐπὶ τῶν δύο ὀψεων παραφινωμένου χάρτου, ἔχοντος πάχους $0,2 \text{ mm}$ καὶ διηλεκτρικὴν σταθερὰν $2,5$. Πόση εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ;

174. Πυκνωτὴς ἔχει χωρητικότητα $25 \mu\text{F}$. Πόση διαφορά δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμοσθῇ μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ οὗτος φορτίον $0,001 \text{ Cb}$; Πόσην ἐνέργειαν ἔχει τότε ὁ πυκνωτὴς;

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 παραλλήλως ἢ κατὰ σειρὰν;

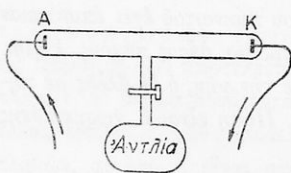
176. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ εἶναι 4 cm καὶ μεταξὺ αὐτῶν ὑπάρχει τάσις 60 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις E τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου;

177. Ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ εἶναι 3 cm. Πόση πρέπει νὰ εἶναι εἰς Volt ἡ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τάσις, ὥστε ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου νὰ εἶναι ἴση μὲ 10 C.G.S.;

178. Μία ἠλεκτρισμένη σταγὼν ἐλαίου ἔχουσα μᾶζαν $\frac{12}{10^{12}}$ gr διατηρεῖται αἰωρουμένη μεταξὺ τῶν δύο ὀριζοντιῶν ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ, οἱ ὁποῖοι ἀπέχον μεταξὺ των 2 cm καὶ παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 3000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ φορτίον τῆς σταγόνος; $g = 980$ C.G.S.

14. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—"Ὅλα τὰ ἀέρια ὑπὸ τὴν συνθήκῃ πίεσιν εἶναι μονωτικά. Ἄς ἐξετάσωμεν ἂν τὰ ἀέρια ἐξακολουθοῦν νὰ ἔχουν τὴν ιδιότητα αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσις των εἶναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπιμήκηκ ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὁ ὁποῖος εἰς

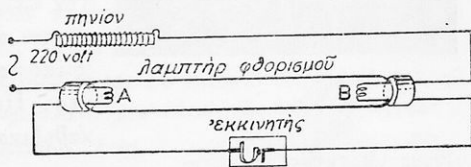


Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων.

τὰ δύο ἄκρα τοῦ φέρεي συντετηγμένα δύο μεταλλικὰ ἠλεκτρόδια A (ἄνοδος) καὶ K (κάθοδος). Εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐφαρμόζομεν τάσιν πολλῶν χιλιάδων Volt συνδέοντες αὐτὰ μὲ κατάλληλον πηγὴν (π.χ. μὲ τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου). Διὰ μιᾶς ἀεραντλίας δυνάμεθα νὰ ἐλαττώσωμεν προοδευτικῶς τὴν πίεσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ὅταν ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀτμοσφαιρικήν, δὲν παρατηροῦμεν κανὲν φαινόμενον ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ὅταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ ἴση μὲ 40 mm Hg, τότε μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων σχηματίζεται ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ ἔχων τὴν μορφήν τοῦ κεραυνοῦ. Ἡ διέλευσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τῶν ἀερίων, ἡ συνοδευομένη ὑπὸ φωτεινῶν φαινομένων, καλεῖται ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Ὅταν ἡ ἐλάττωσις τῆς πιέσεως προχωρήσῃ περισσότερον, ὁ σωλὴν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν

στήλην, ἡ ὁποία καλεῖται **θετική στήλη**. Ὀλόκληρος τότε ὁ σωλὴν ἐκπέμπει ὁμοιόμορφον φῶς (σωλὴν **Geissler**). Ὅταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ μικροτέρα τῶν 10 mm Hg, τότε ἡ θετική στήλη ἀρχίζει νὰ ἐπιστοχωρῇ πρὸς τὴν ἀνοδὸν καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτεινὰ περικοχαί. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσις γίνῃ ἴση μὲ 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἀνωτέρω φωτεινὰ φαινόμενα ἐξαφανίζονται, τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινὸν καὶ μόνον τὰ τοιχώματα τοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἐκπέμπουν ἀσθενὲς πράσινον φῶς. Ὁ σωλὴν, ὅταν φθάσῃ εἰς αὐτὸν τὸν βαθμὸν τῆς ἀραιώσεως, ὀνομάζεται **σωλὴν Crookes** Εἰς τὴν παρατιθεμένην ἐκτὸς κειμένου ἐγχρωμον εἰκόνα δεικνύονται τὰ διάφορα στάδια τῆς ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως.

217. **Λαμπτήρες μὲ ἀραιὸν ἀέριον.**—Ὅταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος περιεχόμενον ἀέριον ἔχῃ πίεσιν περίπου ἴσην μὲ 10 mm Hg, τότε ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀερίου ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις προκαλῇ τὴν ὁμοιόμορφον φωτοβολίαν τοῦ ἀερίου. Ἡ θερμοκρασία τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου εἶναι χαμηλὴ (κατωτέρα τῶν 100°C). Τὸ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτὸς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀερίου. Οὕτως ὑπὸ τὰς ἀνωτέρω συνθήκας ὁ ἀήρ φωτοβολεῖ ἐκπέμπων λόχρουν φῶς, τὸ νέον ἐκπέμπει ὠραῖον ὑπέρυθρον φῶς κ.τ.λ. Ἡ δι' ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διέγερσις τῆς φωτοβολίας ἐνὸς ἀραιοῦ ἀερίου εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὸν φωτισμὸν διαφόρων χώρων καὶ τὴν κατασκευὴν διαφημιστικῶν ἐπιγραφῶν. Εἰς τὸ ἐμπόριον φέρονται καὶ μικροὶ λαμπτήρες μὲ νέον (οἱ λαμπτήρες μὲ σταυρούς), οἱ ὁποῖοι λειτουργοῦν ὑπὸ τὴν συνήθη τάσιν τῶν 110 ἢ 220 Volt. Οἱ χρησιμοποιούμενοι σήμερον λαμπτήρες μὲ ἀραιὸν ἀέριον λειτουργοῦν καὶ μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

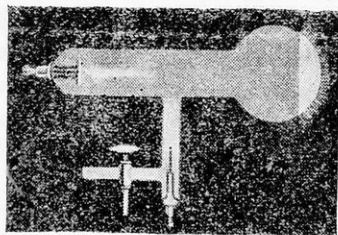


Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ὁ ἐκκινήτης κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγω διαστολῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος σχήματος U.

Τελευταίως διεδόθη ἡ χρῆσις τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλῆνες, τῶν ὁποίων τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα ἐπιχρίονται μὲ στρῶμα φθορίζοντος σώματος. Ἐντὸς

τοῦ σωλήνος ὑπάρχει ἐν εὐγενές ἀέριον καὶ μία σταγὼν ὑδραργύρου. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλήνος ὑπάρχουν ἡλεκτροδία (σχ. 252). Διὰ τὴν ἑναρξιν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἰδιαίτερον σύστημα, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἐκκλινήτης. Οὗτος κλείει τὸ κύκλωμα τῶν δύο ἡλεκτροδίων τοῦ λαμπτήρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ συμβαίνει τότε ἐκκένωσις. Οἱ ἀτμοὶ τοῦ ὑδραργύρου ἐκπέμπουν υπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος στρώματος. Τοῦτο ἐκπέμπει τότε λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθως ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἑντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἑντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἕως 4 φορές μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

218. Καθοδικαὶ ἀκτῖνες.— Λαμβάνομεν ἓνα σωλήνα Crookes καταλλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἡλεκτροδία τοῦ ὑψηλὴν τάσιν (σχ. 253). Πα-



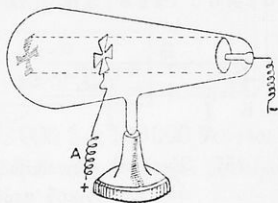
Σχ. 253. Σωλὴν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.

ρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλήνος, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτῖνες**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἔχουν τὰς ἀκο-

λούθους ιδιότητας:

- 1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θείουχου ψευδαργύρου κ.ἄ.
- 2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὕαλος περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

3) Αί καθοδικαί ἀκτίνες διαδίδονται εὐθυγράμμως. Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἓν σῶμα, τότε ὕπασθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἡ σκιά τοῦ σώματος, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν διότι εἰς ὠρισμένην περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).



Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

4) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἑνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

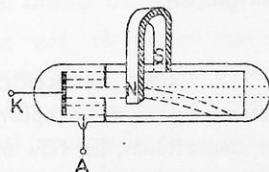
5) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα. Ἐάν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβάλωμεν εὐκίνητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα.

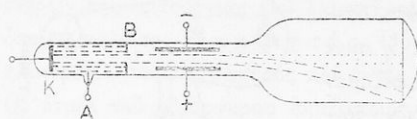
6) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἔχουν διεισδυτικὴν ἱκανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλῆνος ἀνοίγομεν ὀπὴν, τὴν ὁποίαν κλείομεν μὲ λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5 cm ἀπὸ τῆς ὀπῆς.

7) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικῆς πεδίου. Δι' ἑνὸς διαφράγματος φέροντος μικρὰν ὀπὴν δημιουργοῦμεν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων (σχ. 256). Θέτομεν τὸν σωλῆνα μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν θὰ ὑφίστατο ρεῦμα ἔχον φορὰν ἐκ τῆς ἀνόδου Α πρὸς τὴν κάθodon Κ.



Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

8) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτῃ ἀποδεικνύεται ἐν μίᾳ λεπτῇ



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων διέλθῃ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εὐρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται τότε

καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐλκόμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν ὀπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.

9) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἡ ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ καὶ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἀποδεικνύει ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοποθετηθῇ μεμονωμένος κύλινδρος συνδεδεμένος με ἡλεκτροσκόπιον, εὐρίσκεται ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτρίζεται ἀρνητικῶς.

10) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἔχοντα μᾶζαν. Ὄταν αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διέρχωνται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὑφίστανται ὑπὸ τοῦ ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἐκτροπὴν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἐν σῶμα ἕνεκα τῆς ἐλξεως τῆς Γῆς, ὅταν τὸ σῶμα βάλλεται ὀριζοντίως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι:

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται εὐθυγράμμως.

219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατάρθρωσεν νὰ προσδιορίσῃ τὴν μᾶζαν, τὸ φορτίον καὶ τὴν ταχύτητα τῶν σωματιδίων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες. Οὕτως εὐρέθη ὅτι:

I. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἡλεκτρόνια.

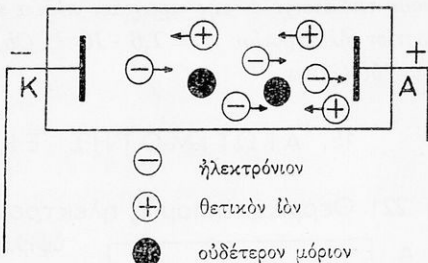
II. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἴση με τὸ $\frac{1}{1850}$ τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, ἥτοι εἶναι ἴση με $9,1 \cdot 10^{-28}$ gr.

III. Το ηλεκτρικόν φορτίον τοῦ ηλεκτρονίου εἶναι ἴσον μετὰ τὸ στοιχειῶδες ηλεκτρικόν φορτίον $1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb.

μᾶζα ηλεκτρονίου :	$9,1 \cdot 10^{-28}$ gr
φορτίον ηλεκτρονίου :	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb

IV. Ἡ ταχύτης τῶν ηλεκτρονίων εἶναι 20 000 ἕως 100 000 km/sec καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου.

220. Παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.—Ἔνεκα διαφορῶν αἰτίων ἀπὸ μερικά μέρη τῶν ἀερίων διαφεύγει ἐν ηλεκτρονίων καὶ οὕτω τὰ μέρη αὐτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικὰ ἰόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ηλεκτρόνιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μέρος, τὸ ὁποῖον οὕτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ἰόν. Ὡστε μεταξὺ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ ἀερίου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. Ὅταν τὸ ἀέριον εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἰσχυροῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται μεταξὺ τῶν δύο ηλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ ἀερίου ἰόντα κατευθύνονται πρὸς τὸ ἐν ᾧ τὸ ἄλλο ηλεκτρόδιον ἀναλόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ φορτίου των. Τὰ ἰόντα αὐτὰ συγκρούονται μετὰ οὐδέτερα μέρη τοῦ ἀερίου. Ἔνεκα τῆς συγκρούσεως, ἀπὸ



Σχ. 258. Ἴονισμὸς τοῦ ἀερίου διὰ κρούσεως.

τὸ μέρος τοῦ ἀερίου ἐκφεύγουν ηλεκτρόνια καὶ τὸ μέρος μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ηλεκτρόνια ἀποκοτῶν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἄνοδον συγκρούονται μετὰ μέρη τοῦ ἀερίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθέρων ηλεκτρονίων καὶ θετικῶν ἰόντων, δηλαδὴ προκαλοῦν **ἰονισμὸν τοῦ ἀερίου**.

Τὰ θετικὰ ἰόντα φθάνουν εἰς τὴν κάθodon καὶ παραλαμβάνουν ἐξ αὐτῆς ηλεκτρόνια διὰ τὴν ἐξουδετέρωσίν των· τὰ ηλεκτρόνια αὐτὰ ἐκφεύγουν μετ' ὀλίγον κατὰ μίαν νέαν σύγκρουσιν τῶν μορίων μετὰ ταχέως κινούμενα ηλεκτρόνια. Ὡστε:

Ἡ παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλῆνος Crookes ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀερίου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (ἰονισμός κρούσεως).

Π Ρ Ο Β Λ Η Μ Α Τ Α

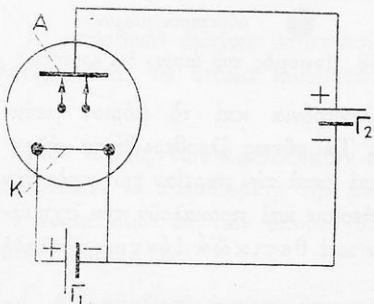
179. Εἰς ἓνα σωλῆνα Crookes ὑπάρχει μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου τάσις $U = 100\,000$ Volt. Πόσῃν ταχύτητά ἀποκτᾷ ἐν ἡλεκτρονίων, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου; Μᾶζα ἡλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἡλεκτρονίου $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

180. Πόσῃν κινητικῇ ἐνέργειαν ἔχει ἐν ἡλεκτρονίων κινούμενον μετὰ ταχύτητα $v = 100\,000$ km/sec; Μᾶζα ἡλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr.

181. Ἡλεκτρόνιον κινεῖται μετὰ ταχύτητα $v = 60\,000$ km/sec ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Τί τροχιὰν διαγράφει τὸ ἡλεκτρόνιον; Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ στοιχεῖα τῆς τροχιάς. Μᾶζα ἡλεκτρονίου $m = 9 \cdot 10^{-28}$ gr. Φορτίον ἡλεκτρονίου $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb. Ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου $H = 150$ Gauss.

15. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ

221. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων.—Ὅταν ἐν μέταλλον ἔχῃ



Σχ. 259. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων.

ἡ γεννήτρια Γ_1 . Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει καὶ μία μεταλλικὴ πλᾶξ A, ἡ ὁποία συνδέεται μετὰ τὸν θετικὸν πόλον ἰσχυρᾶς γεννητρίας

ὑψηλῆς θερμοκρασίας, τότε τὸ μέταλλον ἐκπέμπει ἡλεκτρόνια. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων** ἢ φαινόμενον **Edison** καὶ παρατηρεῖται εὐκόλως μετὰ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 259. Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχει μεταλλικὸν σύρμα K, τὸ ὁποῖον διαπυρρῶνεται διὰ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον παρέχει

Γ_2 , τῆς ὁποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας Γ_1 . Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Τὸ διάπυρον σύρμα K ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἔλκονται ὑπὸ τῆς πλακὸς A καὶ οὕτω κλείεται τὸ κύκλωμα. Ἐὰν ὅμως διακόψωμεν τὴν σύνδεσιν τῆς πλακὸς A μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας Γ_2 , τότε διακόπτεται καὶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς. Διότι τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπει τὸ διάπυρον σύρμα K , σχηματίζουν περίξ τοῦ σύρματος «νέφος ἠλεκτρονίων», τὸ ὁποῖον ἀναγκάζει τὰ ἐξερχόμενα νέα ἠλεκτρόνια νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὸ σύρμα. Οὕτως εἰς τὴν πλάκα A δὲν φθάνουν ἠλεκτρόνια. Ὁ ἀνωτέρω χρησιμοποιηθεὶς σωλὴν καλεῖται **δίοδος ἠλεκτρονικὸς σωλὴν** ἢ καὶ **δίοδος λυχνία**, ἐπειδὴ ἔχει δύο ἠλεκτρόδια, τὸ σύρμα καὶ τὴν πλάκα. Τὸ σύρμα K καλεῖται **κάθοδος**, ἡ δὲ πλάξ A καλεῖται **ἀνοδος**. Τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα τῆς πλακὸς, καλεῖται **ἀνοδικὸν ρεῦμα**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν λοιπὸν ὅτι:

Τὰ μέταλλα εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν ἐκπέμπουν ἠλεκτρόνια. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ μονάδα χρόνου ἐκπεμπομένων ἠλεκτρονίων αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

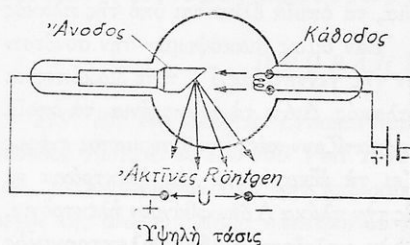
Εἰς τὴν δίοδον λυχνίαν, ὅταν ὅλα τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια φθάνουν εἰς τὴν ἀνοδον, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην τιμὴν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται **ρεῦμα κόρου**. Ἡ θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων εὗρισκει σήμερον πολλὰς ἐφαρμογὰς.

222. Ἀκτῖνες Röntgen.—Ὁ Röntgen ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ τοιχώματα τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐκπέμπουν μίαν νέαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία ἐπεκράτησε νὰ καλεῖται **ἀκτῖνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι:

Ὅταν ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτῖνας Röntgen.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐχρησιμοποιοῦντο κατ' ἀρχὰς καθοδικοὶ σωλῆνες. Σήμερον χρησιμοποιοῦνται οἱ **σωλῆνες Coolidge**, οἱ ὁποῖοι εἶναι σωλῆνες κενοῦ τὰ δὲ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλῆνος ἠλεκτρόνια τὰ παρέχει μία διαπυρουμένη

κάθοδος (σχ. 260). Ἀπέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βολφράμιον), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν ἄνοδον. Αὕτη συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ὑψηλῆς



Σχ. 260. Σωλὴν Coolidge διὰ τὴν παραγωγὴν ἀκτίνων Röntgen.

τάσεως (50 000 ἕως 250 000 Volt). Τὸ μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου παραγόμενον ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν πεδίον προσδίδει πολὺ μεγάλην ταχύτητα εἰς τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια. Ταῦτα προσπίπτουν ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ τὴν καθιστοῦν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen. Ἡ

πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι αἱ ἀκτίνες Röntgen ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητας:

1) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ κυανίουχου βαριολεuchoχρῶς κ.ἄ.

2) Προκαλοῦν χημικὰ φαινόμενα καὶ προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Οὕτω π.χ. προκαλοῦν μεταβολὴν τοῦ χρώματος διαφόρων πολυτίμων λίθων.

3) Προκαλοῦν ἰσχυρὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων καὶ διὰ τοῦτο καθιστοῦν τὸν ἀέρα ἀγωγόν, ἔνεκα τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων ἰόντων.

4) Διαδίδονται εὐθυστά μὲν καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταφέρουν ἠλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἐπιδροῦν ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώντων ὁργανισμῶν καὶ προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις.

6) Ἐχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ἱκανότητα καὶ διέρχονται διὰ μέσου σωμάτων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀδιαφανῆ διὰ τὸ φῶς. Τὰ σώματα τὰ ἀποτελούμενα ἀπὸ στοιχεῖα μὲ μικρὸν ἀτομικὸν βάρος (π.χ. οἱ ὕδατάνθρακες καὶ τὰ λευκώματα), εἶναι πολὺ διαφανῆ εἰς τὰς ἀκτίνες Röntgen. Γενικῶς ἡ διαφάνεια τῶν σωμάτων εἰς τὰς ἀκτίνες Röntgen ἐλαττώνεται, ὅσον μεγαλύτερον εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος τῶν στοιχείων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ σῶμα.

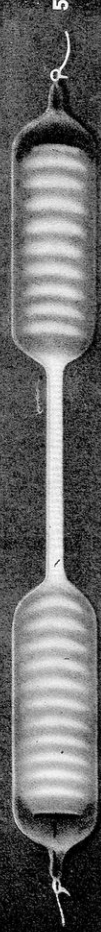
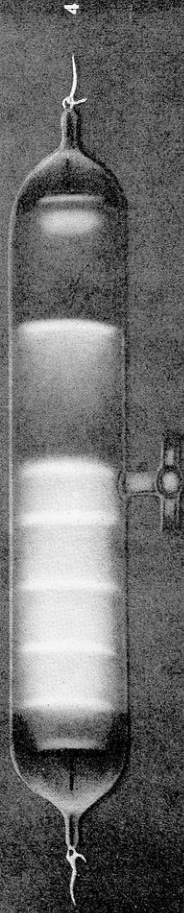
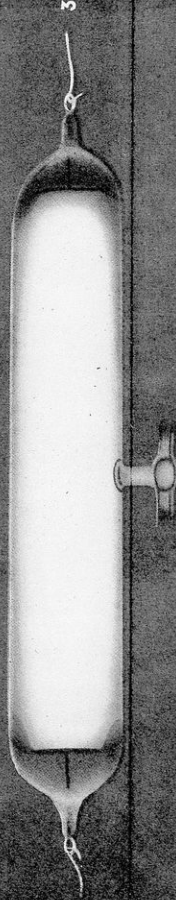
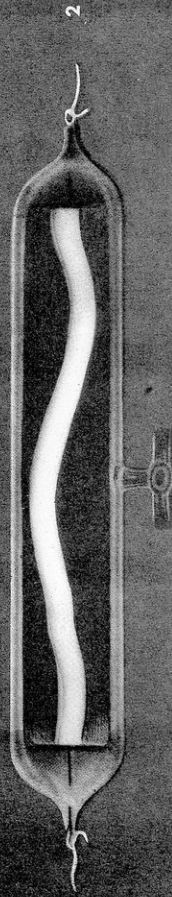
Ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen. Ἡ διεισδυτικὴ ἱκανότης τῶν

Διάφοροι φάσεις τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως

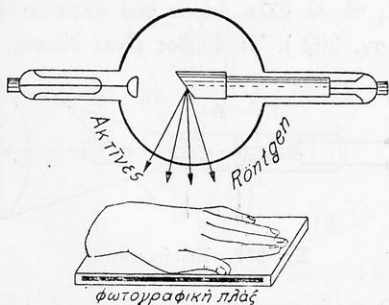
1. Ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ εἶναι διακλαδισμένος
2. Ὑπὸ πίεσιν ἴσῃν μὲ τὸ $1/4$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ ἔχει τὴν ὄψιν ἐγχρώμου φωτεινῆς στήλης
3. Ὑπὸ πίεσιν ἴσῃν μὲ τὸ $1/20$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ὅλον τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ
4. Ὑπὸ πίεσιν ἴσῃν μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ἐμφανίζονται σκοτειναὶ περιοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλήνος
5. Ὑπὸ πίεσιν ἴσῃν μὲ τὸ $1/1000$ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς τὸ στενὸν τμήμα τοῦ σωλήνος φωτοβολεῖ ἰσχυρότερον

ΑΝΟΔΟΙ (+)

ΚΑΘΟΔΟΙ (-)



ἀκτίνων Röntgen είναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα είναι ἡ τάσις μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου. Αἱ ὀλιγώτερον διεισδυτικαὶ ἀκτῖνες Röntgen καλοῦνται *μαλακαὶ ἀκτῖνες*, αἱ δὲ περισσότερον διεισδυτικαὶ καλοῦνται *σκληραὶ ἀκτῖνες*. Ἡ διεισδυτικὴ ἱκανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν διαφόρων σωμάτων. Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εὐρίσκουν σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ἰατρικὴν. Ἐμπροσθεν τοῦ σωλῆνος παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen τοποθετεῖται ὑαλίνη πλάξ, τῆς ὁποίας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῇ μὲ στρώμα κυανιούχου βαριολευκοχρόσου. Ἐὰν μεταξὺ τοῦ σωλῆνος καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοποθετήσωμεν τὴν χεῖρα μας, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματίζεται ἡ σκιά τῶν ὀστέων τῆς χειρός, διότι αἱ σάρκες εἶναι διαφανεῖς εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινοσκόπησις** (σχ. 261). Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφραγμα μὲ φωτογραφικὴν πλάκα, τότε ἐπὶ τῆς πλακὸς ἀποτυπώνεται ὁ σκελετὸς τῆς χειρός. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινογραφία**. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις, διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται πρὸς θεραπευτικοὺς σκοποὺς. Γενικῶς αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen εἰς τὴν ἰατρικὴν ἀποτελοῦν σήμερον ἰδιαιτέρον κλάδον (**ἀκτινολογία**). Εἰς διαφόρους κλάδους τῆς τεχνικῆς χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης αἱ ἀκτῖνες Röntgen διὰ τὴν μελέτην διαφόρων ὑλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἐρεῦνας καὶ ἰδιαιτέρως διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

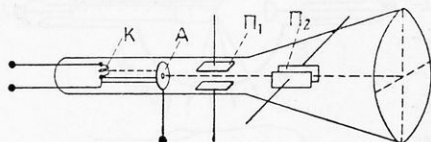


Σχ. 261. Ἀκτινοσκόπησις.

223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.—Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, τελείως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὰ μῆκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μῆκη κύματος τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία ἔχουσα μήκη κύματος ἀπὸ 0,2 μ ἕως 0,01 μ.

224. Σωλὴν Braun.—Ὁ **σωλὴν Braun** εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον του φέρει διαπυρουμένην κάθοδον K, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον του κλείεται μὲ φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262). Ἡ ἀνόδος εἶναι δίσκος, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον του φέρει



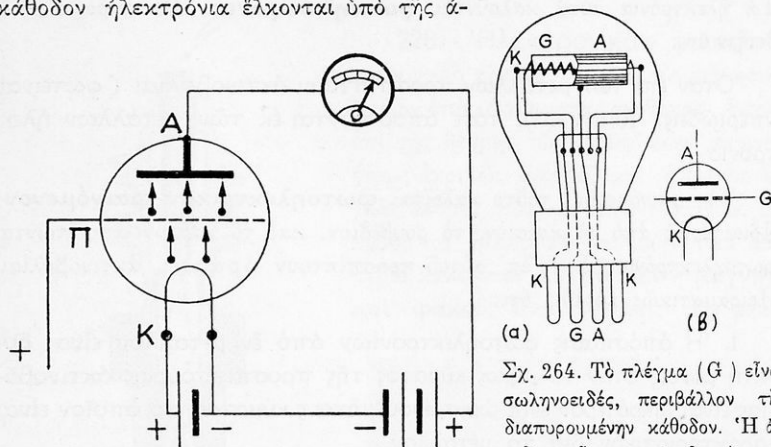
Σχ. 262. Σωλὴν Braun.

μικρὰν ὀπήν. Τὰ ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα διέρχονται διὰ τῆς ὀπῆς, ἀποτελοῦν λεπτὴν δέσμην καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς ἐπιπέδου πυκνωτοῦ Π₁.

Ὅταν ὁ πυκνωτὴς Π₁ εἶναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη εἶναι εὐθύγραμμος. Ἐὰν ὅμως οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ Π₁ ὑπάρχει δεύτερος ἐπίπεδος πυκνωτὴς Π₂, τοῦ ὁποῖου οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐὰν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ Π₂ ἀποκοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὀριζοντίαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἀδράνειαν καὶ συνεπῶς παρακολουθεῖ τὰς ταχυτάτας μεταβολὰς τῆς τάσεως τῶν δύο πυκνωτῶν. Οὕτω τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης δύναται νὰ μετακινήται ταχύτατα καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Ὁ σωλὴν Braun χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (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** καὶ παρεμβάλλεται μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ **πλέγμα** ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σύρμα μολυβδαίνιου, τὸ ὁποῖον ἔχει περιτυλιγθῇ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον (σχ. 264). Ἐξωθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνόδος, ἡ ὁποία

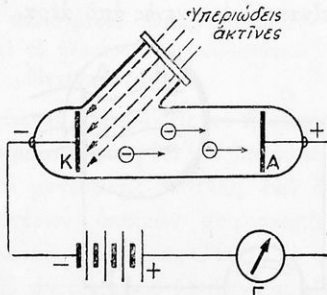
έχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀ-



Σχ. 263. Τρίδος λυχνία.

Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδές, περιβάλλον τὴν διαπυρουμένην κάθοδον. Ἡ ἀνοδος εἶναι κυλινδρική καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

νόδου καὶ ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῖμα ἐνισχύεται. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ πλέγμα συνδεθῇ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῖμα ἐξασθενεῖ σημαντικῶς ἢ καὶ διακόπτεται τελείως. Ἡ τρίδος λυχνία εὐρίσκει σήμερον εὐρύτατην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι μὲ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράδος, πεντάδος, ὀκτάδος κ.τ.λ. λυχνία).



Σχ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον ἀποσπῶνται ἠλεκτρόνια.

226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.—Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα εἶναι συνδεδεμένα μὲ τοὺς δύο πόλους γεννητρίας (σχ. 265). Ἀφ'ήνομεν νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς καθόδου ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρ-

ρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο ὁφείλεται εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται **φωτοηλεκτρόνια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι:

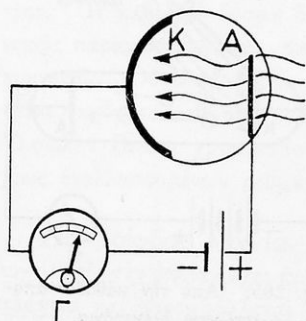
Ὅταν ἐπὶ τῶν μετάλλων προσπίπτουν ἀκτινοβολαί (φωτειναί, ὑπεριώδεις, Röntgen), τότε ἀποσπῶνται ἐκ τῶν μετάλλων ἡλεκτρόνια.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**. Ἰδιαιτέρως ἀπὸ τὸ καίσινον, τὸ ρουβίδιον, καὶ τὸ κάλιον ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια, ὅταν ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτουν ὁραταὶ ἀκτινοβολαί. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι:

Ι. Ἡ ἀπόσπασις φωτοηλεκτρονίων ἀπὸ ἓν μέταλλον εἶναι δυνατὴ μόνον, ὅταν τὸ μήκος κύματος τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας εἶναι μικρότερον ἐνὸς ὠρισμένου μήκους κύματος, τὸ ὅποιον εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ μέταλλον.

ΙΙ. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀποσπῶμένων φωτοηλεκτρονίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύταρον.—Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον εὐρίσκει μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὸ **φωτοκύτταρον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος εἶναι τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρῶμα κα-

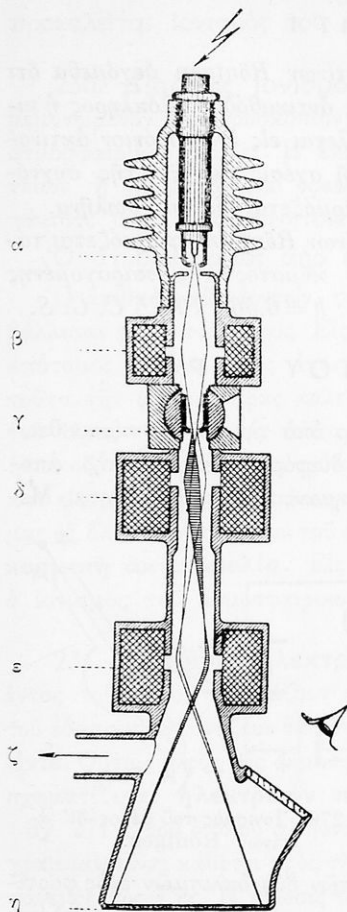


Σχ. 266. Φωτοκύτταρον.

λίου, τὸ ὅποιον ἐπικαλύπτει μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σωλῆνος (σχ. 266). Ἡ ἄνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἢ κυκλικὸν μεταλλικὸν ἡλεκτρόδιον. Ὅταν ἐπὶ τῆς καθόδου προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου παρακολουθεῖ τὰς μεταβολὰς τῆς προσπιπτούσης φωτεινῆς ροῆς. Τὰ παραγόμενα ἀσθενῆ ρεύματα ἐνισχύονται διὰ καταλλήλου δια-

τάξεως. Τὸ φωτοκύτταρον εἶναι σήμερον πολύτιμος συσκευή καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ὀμιλῶν κινηματο-

γράφος, αυτόματος έλεγχος και ρύθμισις τῆς λειτουργίας μηχανῶν, τηλεφωτογραφία, τηλεόρασις, ρύθμισις κυκλοφορίας ὁχημάτων κ.ἄ.).

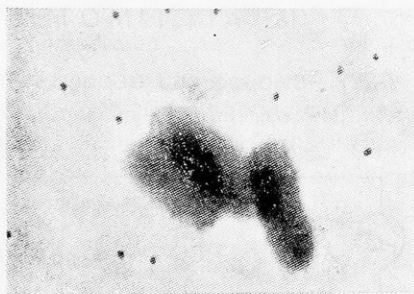


Σχ. 267. Τομή τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου.

α κάθοδος, β συναγωγὸς φακός, γ ἀντικείμενον, δ ἀντικειμενικός φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀντλία, η φθορίζον διάφραγμα.

τὰ ὅποια δημιουργοῦν τὰ κατάλληλα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια

228. Ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίων ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς δέσμης τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, ὅπως ἀκριβῶς ἐνεργεῖ καὶ ὁ φακὸς ἐπὶ μιᾶς δέσμης τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Διὰ τοῦτο τὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ αὐτὰ πεδία καλοῦνται ἡλεκτρικοὶ ἢ μαγνητικοὶ φακοί. Ἐκμετάλλευσις τῶν φακῶν



Σχ. 268. Φωτογραφία βακτηριοφάγου ληφθεῖσα μετὰ τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον. Μεγέθυνσις 20 000.

τούτων γίνεται σήμερον εἰς τὸ ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον, διὰ τοῦ ὁποίου ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 500 000, ἐνῶ διὰ τῶν καλυτέρων ὀπτικῶν μικροσκοπίων ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 2 000. Τὸ ἔδωλον τοῦ ἀντικειμένου λαμβάνεται εἴτε ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος εἴτε ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῆς. Εἰς τὴν σχηματικὴν διάταξιν 267 οἱ φακοὶ εἶναι πηνία,

διανοίγει τελείως νέους ὁρίζοντας ἐρεῦνης (σχ. 268). Τοῦτο ἔχει σήμερον ἰδιαίτεραν σημασίαν διὰ τὴν Βιολογίαν καὶ τὴν Μικροβιολογίαν.

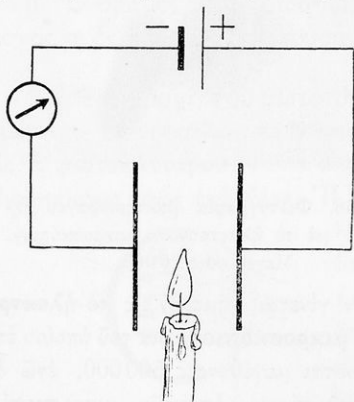
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων *Röntgen* δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κροῦσιν τοῦ ἡλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου δλόκληρος ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας *Röntgen* συχνότητος ν . Νὰ εὑρεθῇ σχέσις μεταξὺ τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς τάσεως U , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸν σωλῆνα.

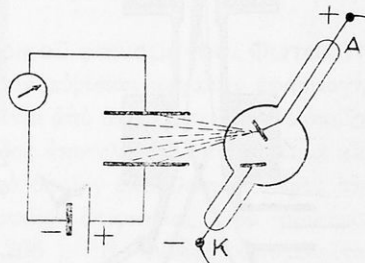
183. Εἰς ἓνα σωλῆνα παραγωγῆς ἀκτίνων *Röntgen* ἐφαρμόζεται τάσις 500 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας *Röntgen*. Σταθερὰ Planck : $h = 6,56 \cdot 10^{-27}$ C. G. S.

16. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος.—Ὁ ἀήρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὅμως διαφόρων αἰτίων ὁ ἀήρ ἀποκτίνει σημαντικὴν ἀγωγιμότητα. Με-



Σχ. 269. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος διὰ φλογός.



Σχ. 270. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος δι' ἀκτίνων *Röntgen*.

ταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν ἑνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ φέρομεν φλόγα κηρίου (σχ. 269). Ἐάν μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν ὑπάρχη ὑψηλὴ διαφορὰ δυναμικοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι, μόλις φέρομεν τὴν φλόγα μεταξὺ τῶν ὅπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ἴδιον συμβαίνει ἐάν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὅπλισμῶν χῶρον εἰσχωροῦν καθοδικαὶ ἀκτίνες ἢ ἀκτίνες *Röntgen* (σχ. 270). Ἡ ἀγωγιμότης αὕτη τοῦ ἀέρος ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀέρος. Ἐκ τοῦ πειράματος εὑρέθη ὅτι:

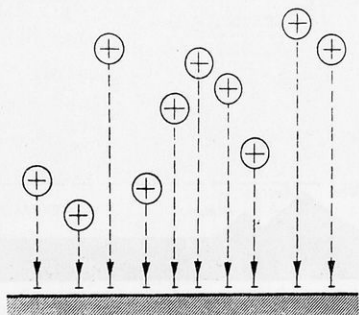
Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgen ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ ἀγωγικότητα, ἐπεὶ δὴ προκαλεῖται ἰονισμός τοῦ ἀέρος.

230. Διαρκὴς ἰονισμός τοῦ ἀέρος.—“Ὡς ἡλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον ἡλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται, ὅταν παραμείνῃ ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ἡ ἐκφόρτισις εἶναι πολὺ ταχύτερα ἐντὸς ὑπογείων ἢ σπηλαίων καὶ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὑπάρχουν πάντοτε θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα. Ὡστε :

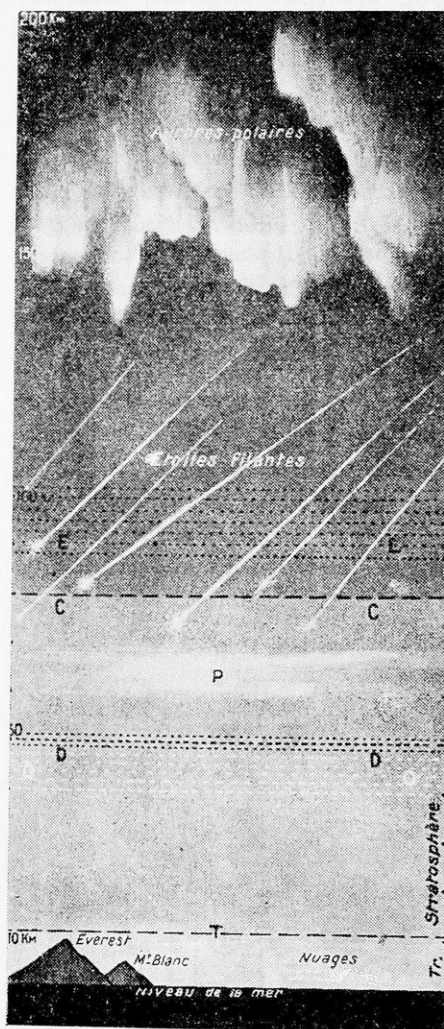
Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ εἶναι πάντοτε ἰονισμένος.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς τοῦ ἀέρος, μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους. Εἰς ὕψος ἄνω τῶν 100 km παρατηρεῖται μία ἀπότομος αὐξήσις τῆς ἀγωγιμότητος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ στρῶμα τοῦτο τῆς ἀτμοσφαίρας καλεῖται **ιονόσφαιρα**. Ὁ ἰσχυρὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕψος τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, εἰς ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸν ἥλιον καὶ εἰς μίαν ἰδιαιτέραν ἀκτινοβολίαν, ἣ ὁποία φθάνει εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ ἣ ὁποία καλεῖται **κοσμικὴ ἀκτινοβολία**. Εἰς τὰ ἀνωτέρω αἷτια ἀποδίδεται γενικῶς ὁ ἰονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

231. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.—Πειραματικῶς εὗρέθη ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος πλεονάζουν τὰ θετικὰ ἰόντα, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σχηματίζεται **ἡλεκτρικὸν πεδίον** (σχ. 271), τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Ἡ πτώσις τοῦ δυναμικοῦ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἀνέρχεται εἰς 100 ἢ καὶ 1000 Volt κατὰ μέτρον. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ θετικὰ ἰόντα τῆς ἀτμοσφαίρας κινοῦνται διαρκῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους. Ἀλλὰ τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλεται τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον.



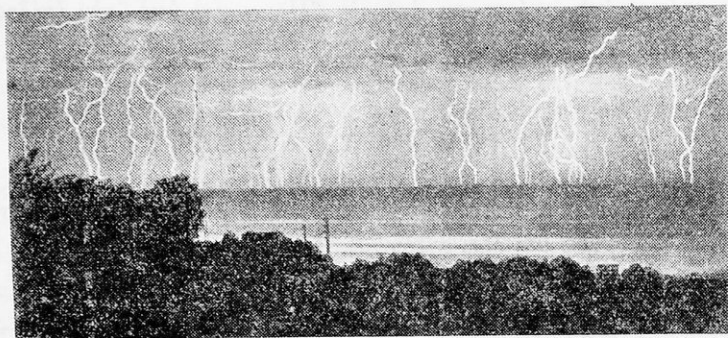
Τομή του κατωτέρου τμήματος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τ τροπόπαυσις, Ο στρώμα ὕψοντος, D στρώμα ιονισμένον, Ρ ἡφαιστιακὴ κόνις, C ἀνώτατον ὄριον λυκόφωτος, Ε στρώμα τοῦ Heaviside. Τὸ πολικὸν σέλας ἐμφανίζεται εἰς ὕψος ἄνω τῶν 150 km.

ἐξαφανίζονται, διότι συνεχῶς ἀναπληροῦνται ἀπὸ νέα φορτία. Δὲν εἶναι ἀκόμη πλήρως γνωστὸν πῶς γίνεται ἡ ἀναπλήρωσις τῶν φορτίων τούτων. Ὡς μία σημαντικὴ αἰτία τῆς συνεχοῦς παραγωγῆς θετικῶν ἰόντων ἐντὸς τοῦ ἀέρος καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους θεωροῦνται αἱ ἀστραπαὶ καὶ οἱ κεραυνοί. Ἡ ἀστραπή εἶναι ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ δύο νεφῶν, τὰ ὅποια ἔχουν ἀντίθετα ἡλεκτρικὰ φορτία. Ὁ δὲ κεραυνὸς εἶναι ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ τοῦ νέφους καὶ τοῦ ἐδάφους. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ νέφους καὶ ἐδάφους κατὰ τὴν πτώσιν κεραυνοῦ ἀνέρχεται εἰς ἑκατομμύρια ἢ δισεκατομμύρια Volt. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ἓνα κεραυνόν, ἀνέρχεται εἰς 20 000 Ampère. Ὑπολογίζεται ὅτι κατὰ δευτερόλεπτον παράγονται ἐφ' ὅλοκλήρου τοῦ πλανήτου μας 100 κεραυνοί, οἱ ὅποιοι μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ἐνῶ συγχρόνως ἐγκαταλείπονται εἰς

τὸν ἀέρα θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

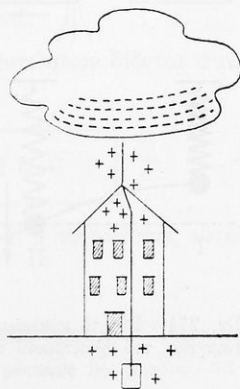
I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικὰ φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἠλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἷτια συντελοῦν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γηίνου ἠλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κεραυνοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἀλεξικέραυνον. Ὅταν ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους εὐρίσκεται νέφος φέρον σημαντικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὁποῖον συγκεντρώνεται εἰς τὰ ἐξέχοντα σημεῖα τοῦ ἐδάφους (ὕψηλαὶ οἰκοδομαί, καπνοδόχοι, δένδρα κ.ἄ.). Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς πτώσεως τοῦ κεραυνοῦ ἐπὶ τῶν ὑψηλῶν κτιρίων, ἐφοδιάζομεν αὐτὰ μὲ **ἀλεξικέραυνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὴν ράβδον, ἥ ὁποία καταλήγει εἰς ἀκίδα καὶ συνδέεται δι' ἀγωγοῦ μὲ μεγάλῃν μεταλλικὴν πλάκα εὐρισκομένην εἰς ἀρκετὸν βάθος ἐντὸς τοῦ ἐδάφους. Ὅταν ὁ κεραυνὸς πίπτῃ ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεραύνου, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὸ ἔδαφος καὶ οὕτως ἀποφεύγεται βλάβη τοῦ κτιρίου (σχ. 272 καὶ 273).

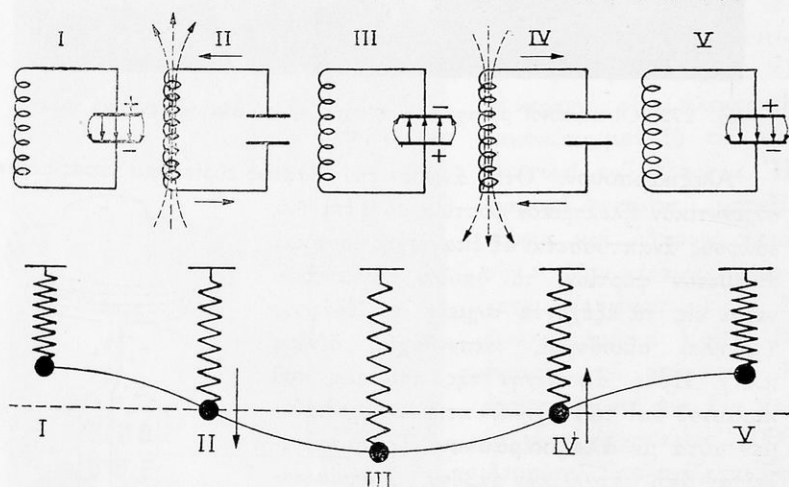


Σχ. 273. Ἀλεξικέραυνον.

232. Πολικὸν σέλας.—Καλεῖται **πολικὸν σέλας** ἐν ὀπτικὸν φαινόμενον, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας. Τὸ πολικὸν σέλας ἔχει τὴν ὅψιν τεραστίου φωτεινοῦ τόξου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον κρέμονται φωτεινοὶ κροσσοὶ (βλ. εἰκ. σελ. 264). Ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ παραγωγὴ τοῦ φωτὸς τούτου πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτέλεσμα τῆς συγκρούσεως ἡλεκτρονίων μὲ τὰ μόρια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀζώτου καὶ ὀξυγόνου. Τὰ ἡλεκτρόνια αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ τὸν ἥλιον καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου συγκεντρώνονται εἰς τὰς περὶ τοὺς πόλους περιοχάς.

17. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—Ἡ συχνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τῶν



Σχ. 274. Εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεως συμβαίνουν συνεχεῖς μετατροπὰι τῆς ἐνέργειας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως καὶ συνεπῶς συμβαίνουν ταλαντώσεις ἡλεκτρικοῦ φορτίου.

ρευμάτων μεταξὺ μεγάλων ὁρίων. Οὕτω διακρίνομεν τρεῖς κατηγορίας ἐναλλασσομένων ρευμάτων: α) ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος (5 ἕως 10 000 Hz), β) ρεύματα μέσης συχνότητος (10 000 ἕως

100 000 Hz) καὶ γ) ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος (ἄνω τῶν 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος καλοῦνται καὶ **ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις**. Τὰ ρεύματα αὐτὰ παράγονται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ ἐντὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει πηνίον (σχ. 274). Μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ὑπάρχει κατ' ἀρχὰς **ἠλεκτρικὸν πεδίον**. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο ὀπλισμοὶ εἶναι συνδεδεμένοι μεταξὺ τῶν διὰ τοῦ πηνίου, ὁ πυκνωτὴς ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἐξασθενίζει. Τὸ παραγόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ πηνίου, παράγει **μαγνητικὸν πεδίον**. Ὅταν ὁ πυκνωτὴς ἐκφορτισθῇ, τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ συγχρόνως καταργεῖται καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ πηνίου. Ἡ κατάργησις ὅμως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ ρεῦμα ἐξ αὐτεπαγωγῆς ὁμόρροπον πρὸς τὸ προηγούμενον. Τὸ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ρεῦμα προκαλεῖ φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ με ἀντίθετον ὅμως πολικότητα. Ἐπακολουθεῖ τότε νέα ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται διαρκῶς. Οὕτω τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσόμενου ρεύματος ὑψηλῆς συχνότητος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι:

I. Εἰς κύκλωμα περιλαμβάνον πυκνωτὴν καὶ πηνίον παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἕνεκα τῆς διαρκοῦς μετατροπῆς τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως.

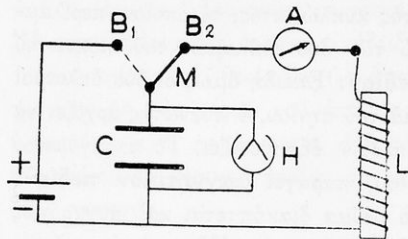
II. Ἡ περίοδος (T) τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον τοῦ Thomson :

$$\text{τύπος τοῦ Thomson: } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

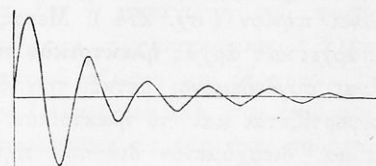
ὅπου C εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ L ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.

234. Ἀποσβεννυμένα ἠλεκτρικὰ ταλαντώσεις.—Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν παρατήρησιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων με τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 275. Ὁ πυκνωτὴς ἔχει μεγάλην χωρητικότητα C καὶ τὸ πηνίον ἔχει μεγάλον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L, ὥστε ἡ περίοδος T τῶν ταλαντώσεων νὰ εἶναι ἴση με ἀρκετὰ δευτερόλεπτα. Ὅταν ὁ μεταγωγὸς M φέρεται εἰς ἐπαφὴν με

τὸν ἀκροδέκτην B_1 , ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ τὸ ἡλεκτρόμετρον H δεικνύει τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐὰν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_2 , παρατηροῦμεν περιοδικὰς

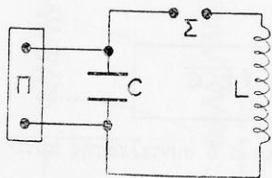


Σχ. 275. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.



Σχ. 276. Φθίνουσα ἡλεκτρικὴ ταλάντωση.

μεταβολὰς τῆς τάσεως τοῦ πυκνωτοῦ καὶ ἀντιστοίχους περιοδικὰς ταλαντώσεις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου A . Αἱ ταλαντώσεις αὗται δεικνύουν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἀλλὰ τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου βαίνει συνεχῶς ἐλαττούμενον. Ἄρα αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις εἶναι φθίνουσαι καὶ πολὺ ταχέως καταργοῦνται (σχ. 276). Διὰ νὰ παραχθῇ νέα σειρά ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, φέρομεν πάλιν τὸν μεταγωγὸν M εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην B_1 . Ἡ ἀπόσβεσις τῶν ταλαντώσεων ὁφείλεται εἰς ἀπώλειαν ἐνέργειας. Αἱ ταλαντώσεις αὗται καλοῦνται **φθίνουσαι ἢ ἀποσβεννυμέναι**. Διὰ τὴν διαδοχικὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ



Σχ. 277. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

ἀντὶ μεταγωγῶ, ἢ ἀκόλουθος διάταξις (σχ. 277). Ὁ πυκνωτὴς συνδέεται μὲ τὸ δευτερεῖον ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου Π . Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ὑπάρχει μικρὰ διακοπὴ Σ τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον ἐκεῖ καταλήγει εἰς δύο μικρὰς μεταλλικὰς σφαίρας. Ἡ διακοπὴ Σ καλεῖται **σπινθηριστής**, διότι ὅταν ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ λάβῃ

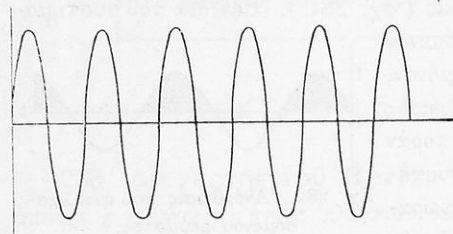
τὴν μεγίστην τιμὴν, παράγεται εἰς τὴν διακοπὴν Σ σπινθὴρ. Ὁ σπινθὴρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μία ἀποσβεννυμένη ἡλεκτρικὴ ταλάντωση. Ἐὰν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῖον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἶναι $N = 50 \text{ Hz}$,

τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθήρες. Είς ἕκαστον σπινθήρα ἀντιστοιχεῖ εἰς συρμός ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων. Ἄρα κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοὶ ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).



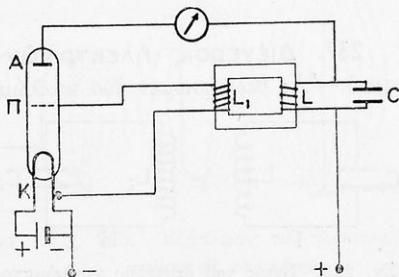
Σχ. 278. Συρμός ἀποσβεννυμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

235. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.—Ἰδιαίτεραν ἀξίαν ἔχει σήμερον ἡ παραγωγή ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279).



Σχ. 279. Ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

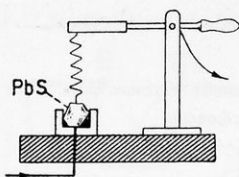
Ἡ παραγωγή τούτων γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τῆς τριόδου λυχνίας. Εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας παρεντίθεται τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων (σχ. 280). Τὸ πηνίον L τοῦ κυκλώματος τούτου συνδέεται ἐπαγωγικῶς μὲ ἄλλο πηνίον L_1 , τοῦ ὁποῖου τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μὲ τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν κάθοδον. Ὄταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αὗται παράγουν ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηνίου L_1 ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς συχνότητος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν περιοδικὰ ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμικοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς περιοδικὰ διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον φορτίζει τὸν πυκνωτήν.



Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὠθήσεις εἰς ἓν ἐκχερέμει ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεών του.

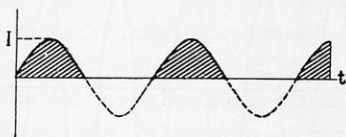
236. Πειραματική απόδειξις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.— Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, αἱ ὁποῖαι



Σχ. 281. Κρυσταλλικός φωρατής.

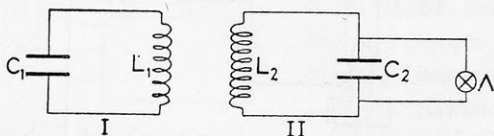
διαρρέουν ἐν κύκλωμα, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρ πυρακτώσεως. Ἄλλη ἀπλὴ διάταξις εἶναι ὁ **κρυσταλλικός φωρατής**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρύσταλλον γαληνίτου (PbS), ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς θήκης στηριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος.

Ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου στηρίζεται ἐλαφρῶς πιεζομένη δι' ἐλατηρίου μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). Ἐὰν διὰ τοῦ συστήματος τούτου διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τότε τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον, ὅταν ἔχῃ φορὰν ἐκ τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐνῶ κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ συστήματος. Οὕτως ὁ κρυσταλλικός φωρατὴς ἀφήνει νὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ μία μόνον ἐκ τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. Ὡστε ὁ κρυσταλλικός φωρατὴς μετατρέπει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχὲς διακοπτόμενον ρεῦμα (σχ. 282), ἥτοι προκαλεῖ **ἀνόρθωσιν** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.



Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

237. Διέγερσις ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμού.— Ἀς θεωρήσωμεν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται τὸ ἐν πλησίον τοῦ ἄλλου (σχ. 283). Εἰς τὸ



Σχ. 283. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου κυκλώματος διεγείρονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

πρῶτον κύκλωμα παράγονται διὰ καταλλήλου διατάξεως ἀμείωτοι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος εἶναι $T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}$. Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα ἀναπτύσσονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτήρος Λ. Τὸ πλάτος τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν,

ὅταν ἡ περίοδος T τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχῃ τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἤτοι ὅταν εἶναι:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

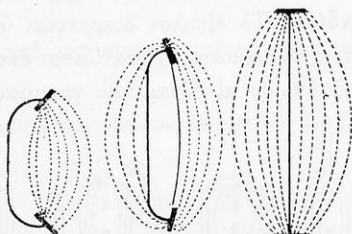
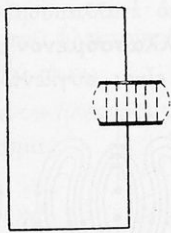
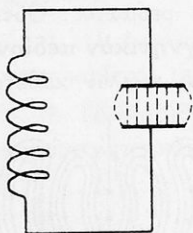
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μετὰξὺ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει **συντονισμός**. Ὡστε:

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εὐρίσκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον ταλαντώσεως, ὁπότε ἰσχύει ἡ σχέση:

$$\text{συνθήκη συντονισμοῦ : } L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$$

18. 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 εὐρισκομένου πλησίον τοῦ πρώτου (σχ. 283). Ἡ διέγερσις τοῦ δευτέρου κυκλώματος ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-

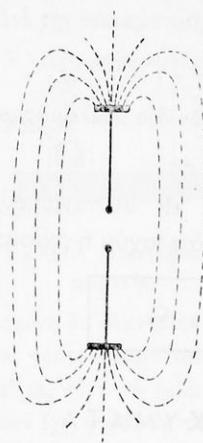


Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηνίου δι' εὐθυγράμμου ἀγωγῶ.

Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν ὥρον.

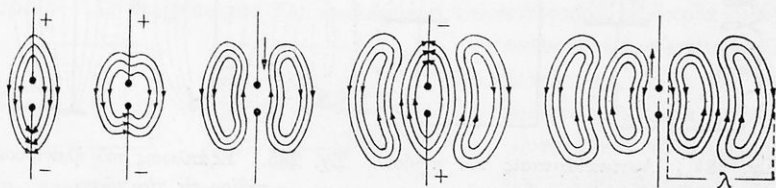
τικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται περὶ τὸ πρῶτον κυκλώματος, διότι τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μετὰξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι ὅμως δυνατόν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου

τοῦ πρώτου κυκλώματος. Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ πηνίον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἑνὸς μόνον ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ, ἕως, ὅτου οἱ δύο ὀπλισμοὶ εὑρεθοῦν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εὐθύγραμμου πλέον ἀγωγοῦ. Τότε τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου ἐξαπλώνεται ἐντὸς τοῦ χώρου (σχ. 285). Τὸ ἀπλούστερον ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἀγωγόν, ὃ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον ἔχει μικρὰν διακοπὴν (σπινθηριστὴν) καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα καταλήγει ἐλευθέρως ἢ φέρει μικρὰς πλάκας ἢ σφαίρας (σχ. 286). Τὸ ἀνοικτὸν τοῦτο κύκλωμα ταλαντώσεων καλεῖται **διεγέρτης τοῦ Hertz ἢ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον**.



Σχ. 286. Διεγέρτης τοῦ Hertz.

239. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.—Ἐντὸς τοῦ διεγέρτου τοῦ Hertz παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Τότε τὰ ἄκρα τοῦ διπόλου ἀποκοτῶν ἐναλλάξ θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν δυναμικόν. Οὕτω μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ διπόλου σχηματίζεται **ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν πεδίου**. Τὸ δίπολον διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω περίξ τοῦ διπόλου σχηματίζεται **ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίου**, τοῦ ὁποῦ αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι κάθετοι



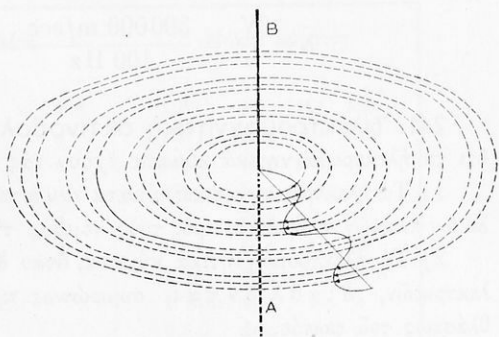
Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

πρὸς τὸν ἀγωγόν. Ὄταν λοιπὸν ἐντὸς τοῦ διπόλου παράγονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, σχηματίζονται περίξ τοῦ διπόλου ἑν ἡλεκτρικὸν καὶ ἑν μαγνητικὸν πεδίου, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐναλλασσόμενα καὶ διαδίδονται ἐντὸς τοῦ χώρου μετὰ ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα

τοῦ φωτός. Τὰ δύο αὐτὰ ἐναλλασσόμενα πεδία εἶναι ἀλληλένδετα καὶ ἀποτελοῦν τὸ **ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου**. "Ωστε:

"Εν παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον περιβάλλεται ἀπὸ ἓν ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις πέραν τοῦ διπόλου.

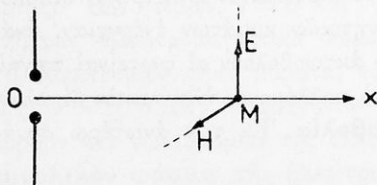
Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓν σημεῖον Μ τοῦ χώρου, εὗρισκόμενον εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δίπολον (σχ. 289), αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ των καὶ κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ ἐντάσεις τῶν δύο τούτων πεδίων μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς ἐντὸς μιᾶς περιόδου.



Σχ. 288. Διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

I. Αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ των.

II. Τὸ διαδιδόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου ἀποτελεῖ ἓν ἠλεκτρομαγνητικὸν κύμα.



Σχ. 289. Ἡ ἐντάσις Ε τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἡ ἐντάσις Η τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ των καὶ πρὸς τὴν Οχ.

Τὴν δημιουργίαν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων πέραν ἑνὸς διπόλου ἀνεκάλυψεν θεωρητικῶς ὁ Maxwell. Πειραματικῶς ἀπέδειξεν τὴν ὑπαρξίν των ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὁ Hertz. Σήμερον τὸ ραδιόφωνον ἀποδεικνύει εἰς πᾶσαν στιγμὴν τὴν ὑπαρξίν των ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

240. Μήκος κύματος τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Τὰ ἐναλλασσόμενα δύο πεδία, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, ἔχουν τὴν ἰδίαν συχνότητα ν , τὴν ὁποίαν ἔχουν καὶ αἱ ἐντὸς τοῦ διπόλου παραγόμεναι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἐὰν V εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, τότε τὸ μήκος κύματος λ τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ κύματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν: $V = \nu \cdot \lambda$. Τὸ μήκος κύματος λ φανερώσει ὡς γνωστὸν τὴν ἀπόστασιν, εἰς τὴν ὁποίαν διαδίδεται τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν κύμα ἐντὸς μιᾶς περιόδου. Οὕτως ἂν εἶναι

$$T = \frac{1}{100} \text{ sec, τότε εἶναι } \nu = 100 \text{ Hz καὶ ἐπομένως ἔχομεν:}$$

$$\lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{300000 \text{ m/sec}}{100 \text{ Hz}} = 3000 \text{ m}$$

241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία— Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες:

1) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀνακλῶνται ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν πλακῶν συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

2) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διέρχωνται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, διαθλῶνται συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διάθλασεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα ἀδιαφανῆ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἥτοι τὰ σώματα αὐτὰ ἀπορροφοῦν τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἀντιθέτως τὰ διηλεκτρικὰ εἶναι σώματα διαφανῆ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

4) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα παράγουν φαινόμενα συμβολῆς καὶ παρεμβολῆς, ὅπως συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς.

Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀπέδειξεν ὅτι τὸ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον ἀκτινοβολεῖ ὑπὸ μορφήν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐνέργειαν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀκτινοβολοῦν αἱ φωτεινὰ πηγαί. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀκτινοβολεῖ τὸ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον, καλεῖται ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι:

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία συμπεριφέρεται ὡς φωτεινὴ ἀκτινοβολία, ἥ ὁποία ἔχει μέγα μήκος κύματος.

242. Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ φῶς καὶ αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα πολὺ μικροῦ μήκους κύματος, ἤτοι πολὺ μεγάλης συχνότητος. Οὕτω μὲ τὸν ὅρον **ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας** χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφήν ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἶδη τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας

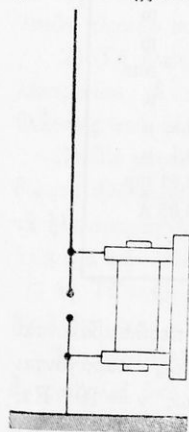
Εἶδος ἀκτινοβολίας		Μήκη κύματος	
Βιομηχανικὰ κύματα		10^5	ἕως 10^4 km
Τηλεφωνικὰ	»	10^4	ἕως 10^3 km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ	»	10^4	ἕως 10^3 m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα	»	10^3	ἕως 10^2 m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα	»	10^3	ἕως 10 m
Ὑπερβραχέα	»	10	ἕως 1 m
Μικροκύματα		1 m	ἕως 1 mm
Ὑπερύθροι ἀκτῖνες		1 mm	ἕως 1 μ
Ὁρατὸν φῶς		0,8 μ	ἕως 0,4 μ
Ὑπεριώδεις ἀκτῖνες		0,4 μ	ἕως 0,1 μ
Ἀκτῖνες Röntgen		0,1 mμ	ἕως 0,01 mμ
Ἀκτῖνες γ		0,5 Å	ἕως 0,05 Å
Κοσμικαὶ ἀκτῖνες		0,05 Å	ἕως.....

Αἱ συχνότητες τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας περιλαμβάνονται μεταξὺ τῶν τιμῶν $\nu = 0$ καὶ $\nu = 10^{24}$ Hz. Τεχνητῶς παράγονται σήμερον ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀπὸ $\nu = 1$ Hz ἕως $\nu = 10^{13}$ Hz. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ἔχοντα συχνότητας ἀπὸ $\nu = 10^{12}$ Hz ἕως $\nu = 10^{24}$ Hz, παράγονται διὰ καταλλήλου διεγέρσεως τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα φαίνεται **συνολικὸν φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας**. Παρατηροῦμεν ὅτι μόνον μία μικρὰ περιοχὴ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν μας.

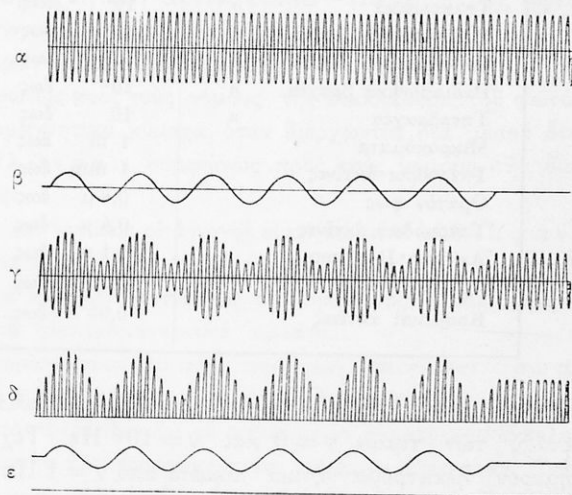
19. ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαί. — Ἡ ἀσύρματος τηλεπικοινωνία περιλαμβάνει δύο κυρίως κλάδους τὴν ἀσύρματον τηλεγραφίαν, ἥ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων καὶ τὴν ἀσύρματον τηλεφωνίαν ἢ ραδιοφωνίαν, ἥ ὅποια ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν ἤχων. Ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία χρησιμοποιεῖ ἀποσβενημένας ἢ καὶ ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ἐνῶ ἡ ραδιοφωνία χρησιμοποιεῖ μόνον ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς ὑπάρχει κατάλληλος **πομπὸς** ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἰς δὲ τὸν σταθμὸν λήψεως ὑπάρχει κατάλληλος **δέκτης** τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

244. Πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. — Εἰς τὸ ἐνσύρματον τηλεφώνον (§ 188) διὰ τὴν μετάδοσιν ἤχου ἀ-



Σχ. 290. Σχηματικὴ διάταξις τοῦ πομποῦ.
κουστῆς συχνότη-
τος, πρέπει νὰ προ-
κληθοῦν ἀντίστοι-



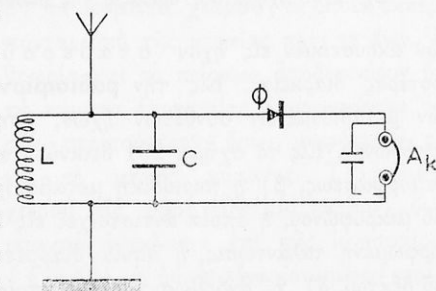
Σχ. 291. Διαμόρφωσις τῶν κυμάτων.

(α φέρων κύμα, β μικροφωνικὸν ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα, γ διαμορφωμένον κύμα, δ ἀνόρθωσις, ε τὸ ρεῦμα μετὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἔχει τὴν μορφήν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος).

χοι μεταβολαὶ εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ἡ ραδιοφωνία. Ὁ πομπ-

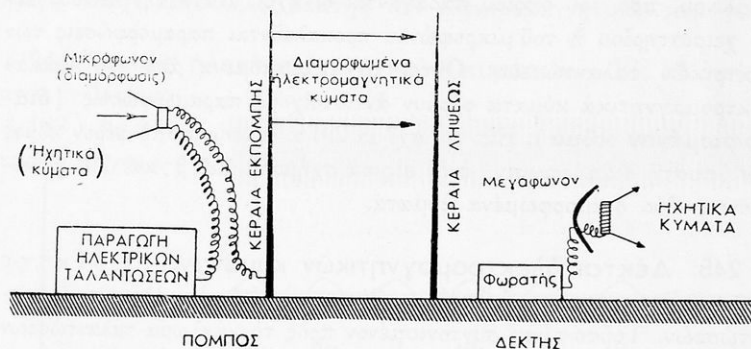
πὸς περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σχ. 290). Τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν γῆν. Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐναλλακτῆρες μεγάλης συχνότητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιοῦνται τρίοδοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθερᾶς ὑψηλῆς συχνότητος (**φέρων κύμα**). Τὸ κύκλωμα τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται κατάλληλως μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου ἢ μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ ὁποίου παράγονται οἱ ἤχοι. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ χειριστηρίου ἢ τοῦ μικροφώνου προκαλοῦνται παραμορφώσεις τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Οὕτω τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὴν κεραίαν ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα φέρουν ἀντιστοίχους παραμορφώσεις (**διαμορφωμένον κύμα**). Εἰς τὸ σχῆμα 291 α δεικνύεται τὸ φέρον κύμα, πρὶν ὑποστῇ διαμόρφωσιν, ἐνῶ εἰς τὰ σχήματα 291 β καὶ 291 γ δεικνύονται δύο διαμορφωμένα κύματα.

245. Δέχται ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Ὁ δέκτης περιλαμβάνει **κεραίαν**, ἥ ὁποία συνδέεται μὲ κύκλωμα ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Τοῦτο εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ πομποῦ. Ὁ δέκτης πρέπει νὰ μετατρέψῃ τὰς ὑψηλῆς συχνότητος διαμορφωμένας ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ἤχον. Αἱ χρησιμοποιούμεναι σήμερον συχνοῦτες κυμαίνονται ἀπὸ 15 000 Hz ἕως 20 000 000 Hz. Ἐὰν τὰ ἀκουστικὰ συνδεθοῦν ἀπ' εὐθείας μὲ τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, τότε ἡ πλᾶξ τοῦ ἀκουστικοῦ θὰ μείνῃ ἀκίνητος, διότι δὲν δύναται νὰ παρακολουθήσῃ τὰς τῶσον ταχείας μεταβολὰς τοῦ ρεύματος. Ἐξ ἄλλου αἱ συχνοῦτες αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ ἀκουστοὺς ἤχους. Ἡ δυσκολία αὕτη αἰρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μὲ κρυσταλλικὸν φωρατὴν (Φ) καὶ ἀκουστικὰ (AK).

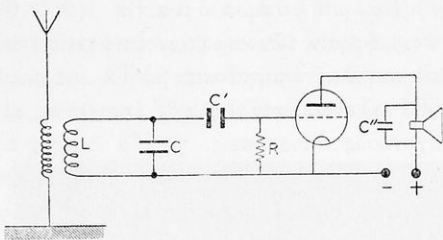
μεν **φωρατήν**, ὁ ὁποῖος προκαλεῖ **ἀνόρθωσιν** τῶν διαμορφωμένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστερά ἀνορθωτικὴ διάταξις εἶναι ὁ κρυσταλλικὸς **φωρατής** (σχ. 292). Ὁ **φωρατής** ἐπιτυγχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς **ρεῦμα σταθερᾶς διευσθύνσεως**, ἀλλὰ μεταβαλλομένης ἐντάσεως. Τὸ **ρεῦμα** τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς **πλακῆς τοῦ ἀκουστικοῦ**. Εἰς τὴν **ἀσύρματον τηλεγραφίαν** ἢ μεταδόσιν τῶν μορσικῶν σημάτων (παῦλαι καὶ τελεῖαι) γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ χειριστηρίου, μὲ τὸ ὅποιον προκαλοῦμεν διαμορφώσεις μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὸν δέκτην αἱ διαμορφώσεις αὐταὶ μετατρέπονται διὰ τοῦ **φωρατοῦ** καὶ



Σχ. 293. Σχηματικὴ διάταξις τῆς ραδιοφωνικῆς τηλεπικοινωνίας.

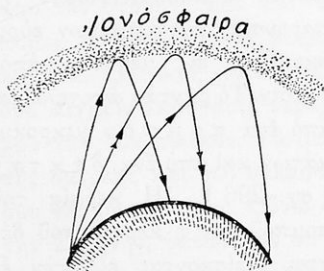
τῶν ἀκουστικῶν εἰς ἤχον **σταθεροῦ ὕψους** μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὴν **ραδιοφωνίαν**, διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τῶν μεταδιδομένων συνθέτων ἤχων, χρησιμοποιοῦνται ἀκουστικὰ ἢ **μεγάφωνον**. Εἰς τὸ σχῆμα 291 δεικνύονται α) τὸ φέρον κύμα πρὸ τῆς διαμορφώσεως, β) ἡ περιοδικὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ **ρεύματος** τοῦ **μικροφώνου**, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα σύνθετον ἤχον, γ) ἡ **διαμορφωμένη ταλάντωσις**, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, δ) ἡ **ἀνόρθωσις**, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ὁ **φωρατής**. Ἡ γραμμὴ ε εἰς τὸ ἀνορθωμένον **ρεῦμα** παριστᾷ τὴν ἔντασιν τοῦ **ρεύματος** τούτου· παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὕτη ἔχει τὴν μορφὴν τῆς **περιοδικῆς μεταβολῆς** τοῦ **ρεύματος** τοῦ **μικροφώνου**. Οὕτω τὸ ἀκουστικὸν ἢ τὸ **μεγάφωνον** ἀναπαράγει τὸν πρὸ τοῦ **μικροφώνου** **παρὰχθέντα ἤχον**. Εἰς τὸ σχῆμα 293 δεικνύεται ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς ὁποίας 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 ἐνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μετὰ μίαν τρίοδον λυχνίαν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας δημιουργοῦν τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ἡλ.κ.τρομαγνητικὰ κύματα, εἶναι γενικῶς πολὺ ἀσθενεῖς. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν **ἐνισχυτάς**, οἱ ὅποιοι παρεμβάλλονται εἴτε πρὸ τοῦ φωρατοῦ, εἴτε μετὰ τὸν φωρατὴν. Ὡς ἐνισχυταὶ χρησιμοποιοῦνται γενικῶς κατάλληλοι ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι.



Σχ. 294. Ἀπλὸν ραδιόφωνον μετὰ μίαν τρίοδον λυχνίαν.

247. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ, δύνανται νὰ διακριθῶν εἰς δύο τμήματα: α) Τὰ **κύματα ἐπιφανείας**, τὰ ὁποῖα διαδίδονται



Σχ. 295. Ἀνάκλασις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας.

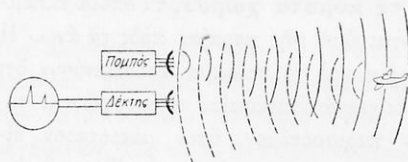
πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους καὶ β) τὰ **κύματα χώρου**, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς κεραίας πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ κύματα ἐπιφανείας ἀπορροφῶνται τόσον περισσότερον, ὅσον μικρότερον εἶναι τὸ μῆκος κύματος. Τὰ κύματα χώρου εἰς ὕψος 100 km περίπου ὑφίστανται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας (§ 230), ἡ ὁποία εἶναι ἰονισμένον στρῶμα τῆς ἀτμοσφαίρας συμπεριφερόμενον ὡς ἀγωγὸς (σχ. 295). Τὰ ἀνακλόμενα κύματα ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ ἐδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις χωρὶς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασίς των.

Τὰ ἀνακλόμενα κύματα ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ ἐδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις χωρὶς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασίς των.

248. Εἶδη κυμάτων.—Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιεῖ ἡ τηλεπικοινωνία, διακρίνονται εἰς τὰ ἑξῆς εἶδη:

α) Τὰ μακρὰ κύματα ($\lambda > 600 \text{ m}$) παρουσιάζουν μικρὰν ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας καὶ εἶναι κατὰλληλα διὰ μετάδοσιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. β) Τὰ μεσαῖα κύματα ($\lambda = 200$ ἕως 600 m) εἶναι κατὰλληλα δι' ἐκπομπάς, αἱ ὁποῖαι προορίζονται διὰ μικρὰς σχετικῶς ἀποστάσεις. γ) Τὰ βραχέα κύματα ($\lambda = 10$ ἕως 200 m) παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, εἶναι ὅμως κατὰλληλα δι' ἐκπομπάς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Εἰς τὰ βραχέα κύματα τὰ κύματα χάρου ὑφίστανται διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καὶ τοῦ ἐδάφους χωρὶς σημαντικὴν ἐξασθένησιν. Οὕτω φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. δ) Τὰ ὑπερβραχέα κύματα ($\lambda < 10 \text{ m}$) δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καὶ ἡ διάδοσις αὐτῶν γίνεται ἀποκλειστικῶς διὰ κυμάτων ἐπιφανείας. Ἡ διάδοσις τῶν ὑπερβραχέων κυμάτων εἶναι σχεδὸν εὐθύγραμμος καὶ ὁμοιάζει μὲ τὴν τοῦ φωτός. ε) Τὰ μικροκύματα ($\lambda = 0,1 \text{ cm}$ ἕως 1 m) διαδίδονται εὐθυγράμμως, ὅπως ἀκριβῶς καὶ τὸ φῶς. Οὕτω δύνανται νὰ ἀποτελέσουν κατευθυνομένας δέσμας, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰς φωτεινὰς δέσμας.

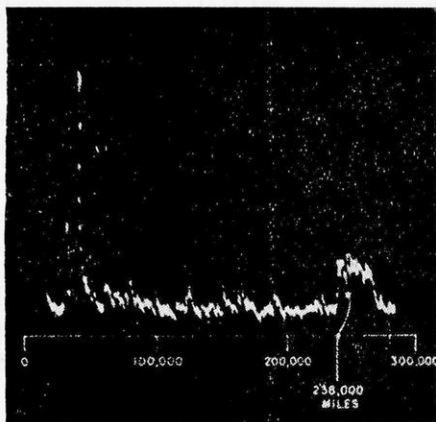
249. Ραντάρ.—Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ ραντάρ. Τοῦτο εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἀποκαλύψωμεν τὴν παρουσίαν ἀντικειμένων εὐρισκομένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑνὸς πομποῦ μικροκυμάτων καὶ ἀπὸ ἑνὸς δέκτη (σχ. 296). Ἡ κεραία τοῦ πομποῦ καὶ ἡ κεραία τοῦ δέκτη εὐρίσκονται εἰς τὴν ἐ-



Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ.

στίαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς $\frac{1}{1000}$ τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ συρμοὶ μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἐκάστου συρμοῦ διαρκεῖ ἐπὶ $\frac{1}{1000000}$ τοῦ δευτερολέπτου. Τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυ-

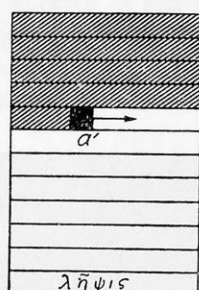
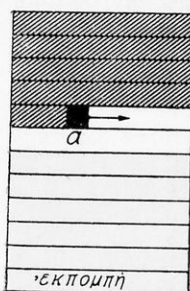
γράφως και όταν προσπέσουν ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν ἀνακλῶνται καὶ ἐπιστρέφουν εἰς τὸν δέκτην. Οὗτος περιλαμβάνει κατ'ἀλλήλον ἐνισχυτὴν καὶ σωλῆνα Braun (§ 224). Ὅταν ὁ πομπὸς δὲν ἐκπέμπῃ μικροκύματα ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος, ἡ φωτεινὴ κηλὶς διαγράφει ταχύτατα μίαν ὀριζοντίαν γραμμὴν. Κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς τῶν μικροκυμάτων, ὅπως καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφίξεως τῶν ἀνακλασθέντων μικροκυμάτων εἰς τὸν δέκτην, ἡ φωτεινὴ κηλὶς ἐκτρέπεται ἀποτόμως καὶ οὕτως ἐμφανίζονται δύο αἰχμαί, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ πρώτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ ἡ δευτέρα εἰς τὴν ἀφίξιν τῶν μικροκυμάτων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο αἰχμῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος μεσολαβεῖ μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως τῶν μικροκυμάτων. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ 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 ὁμίχλης καὶ τοῦ θαλασσοῦ ὕδατος. Ἐπίσης διέρχονται καὶ διὰ μέσου τῆς ἰονοσφαίρας. Οὕτω μικροκύματα, τὰ ὁποῖα ἐξεπέμφθησαν πρὸς τὴν Σελήνην, ὑπέστησαν ἐπ' αὐτῆς ἀνάκλασιν καὶ ἐπέστρεψαν εἰς τὸν δέκτην τοῦ ραντάρ (σχ. 297).



Σχ. 297. Τὰ κατευθυνθέντα πρὸς τὴν Σελήνην μικροκύματα, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των ἐπ' αὐτῆς, ἐπέστρεψαν εἰς τὴν Γῆν καὶ κατεγράφησαν εἰς τὸν δέκτην.

250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία.—Ἡ δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μεταβίβασις εἰκόνων προσώπων ἢ ἀντικειμένων ἐν κινήσει καλεῖται **τηλεόρασις**, ἡ δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο ὁμως περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο

ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ τὴν ἀναλυθῆ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα

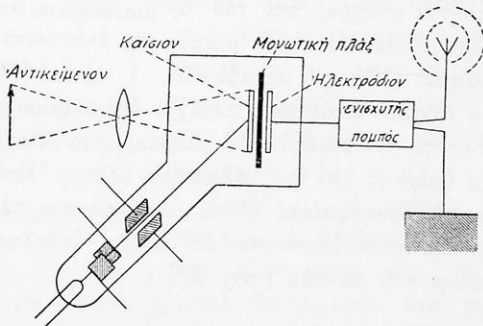


διαιρεῖται αὕτη εἰς στενὰς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζώναι «σαρώνονται» ἢ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὁλοκλήρου τῆς εἰκόνος γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνε-
ται εἰς χρόνον μικρότερον τοῦ $1/16$ τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς

Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύ-
ται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὁποῖα μεταβιβά-
ζονται διαδοχικῶς.

τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπα-
ράγωνται τὰ διαδοχικὰ τμή-
ματα, εἰς τὰ ὁποῖα ἀνελύθη ἡ εἰκὼν. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγ-
μὴν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἓν τμήμα α' , τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς
τὸ ὁμόλογον τμήμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνος. (σχ. 298).

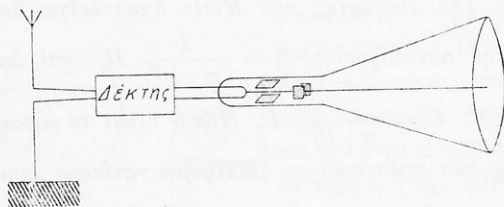
α) Τηλεόρασις. Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος εἰς μικρὰ τμήματα
χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **εἰκονοσκόπιον τοῦ Zworykin**.
Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braun, ὁ ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἐσω-
τερικόν του μίαν λεπτὴν μο-
νωτικὴν πλάκα (σχ. 299).
Ἡ μία ἐπιφάνεια τῆς πλα-
κῆς ἔχει καλυφθῆ με πολὺ
μεγάλον ἀριθμὸν μικροτά-
των τεμαχίων καυσίου, ἐνῶ
ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλα-
κῆς καλύπτεται με μεταλ-
λικὴν πλάκα (ἤλεκτροδί-
ον). Οὕτως ἕκαστον τε-
μαχίον καυσίου καὶ τὸ ἀν-
τίστοιχον τμήμα τοῦ ἤλεκτροδίου ἀποτελεῖ μικρότατον πυ-
κνωτήν. Μετὴν βοήθειαν φακοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ στρώματος



Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεο-
ράσεως.

τοῦ καισίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνας. Τότε ἀπὸ ἕκαστον τεμάχιον τοῦ καισίου ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καισίου ἀποκτᾷ θετικὸν φορτίον ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἣ ὁποία ἔπεσεν ἐπὶ τοῦ τεμαχίου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον οἱ μικρότατοι πυκνωταὶ φορτίζονται. Ἐπειτα ἡ καθοδικὴ δέσμη ἀρχίζει νὰ σαρώνη διαδοχικῶς τὰς διαφόρους σειρὰς τῶν τεμαχίων τοῦ καισίου. Τὰ ἠλεκτρόνια τῆς καθοδικῆς δέσμης ἐξουδετερώνουν τὸ θετικὸν φορτίον ἐκάστου τεμαχίου καισίου. Αὕτῃ ἡ ἐξουδετέρωσις ἰσχυρὰ μετὰ ἐκκένωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, διαβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, ὅπου διαμορφώνουν τὰ ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Μετὰ τὸ εἰκονοσκόπιον ἐπιτυγχάνομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνας καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν μετατροπὴν τῶν φωτεινῶν διαφορῶν τῆς εἰκόνας εἰς διαφορὰς ρεύματος, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀντιστοιχοῦς διαμορφώσεις τοῦ φέροντος κύματος.

Ὁ δέκτης τηλεοράσεως εἶναι συνήθης ραδιοφωνικὸς δέκτης, ὁ ὁποῖος συνδέεται μετὰ σωλῆνα Braun (σχ. 300). Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα προσπίπτουν ἐπὶ τῆς κεραίας, δημιουργοῦν ρεύματα. Ταῦτα ἐνισχύονται καταλλήλως καὶ ρυθμίζουν τὴν ἔντασιν τῆς καθοδικῆς δέσμης. Οὕτως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος



Σχ. 300. Σχηματικὴ παράστασις δέκτου τηλεοράσεως.

διαφράγματος ἀναπαράγεται ἡ εἰκὼν, διότι εἰς ἐκάστην στιγμὴν ἡ λαμπρότης τοῦ διαφράγματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινότητα τοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἐκφορτιζομένου στοιχειώδους πυκνωτοῦ. Ἐπειδὴ ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν ἀναπαράγεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἰς χρόνον μικρότερον τοῦ $1/16$ τοῦ δευτερολέπτου, ὁ ὀφθαλμὸς δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν διαδοχικὴν μεταβίβασιν μικρῶν τμημάτων τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὴν τηλεόρασιν χρησιμοποιοῦνται μόνον ὑπερβραχέα κύματα, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ φθάσουν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν.

β) Τηλεφωτογραφία. Ἡ μεταβίβασις ἐντύπου εἰκόνας στηρίζεται

ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται καὶ ἡ τηλεόρασις μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν ἡ σάρωσις τῆς εἰκόνης εἶναι πολὺ βραδυτέρα. Εἰς τὸν δέκτην ἡ εἰκὼν ἀποτυπώνεται ἐπὶ φωτογραφικῆς πλάκῃ. Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν χρησιμοποιοῦνται τὰ συνήθη ραδιοφωνικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν. Ἡ τηλεφωτογραφία ἐφαρμόζεται σήμερον εὐρύτατα ὑπὸ τῆς δημοσιογραφίας διὰ τὴν ταχεῖαν μετάδοσιν φωτογραφικῶν ἐπικαίρων γεγονότων.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

184. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 40 m. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας εἰς μεγακύκλους;

185. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς συχνότητα 15 μεγακύκλων. Εἰς ποῖον μῆκος κύματος γίνονται αἱ ἐκπομπαί του;

186. Σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 400 m. Εἰς πόσας περιόδους τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα διαδίδονται εἰς ἀπόστασιν 100 km;

187. Διεγέρτης τοῦ Hertz ἀποτελεῖται ἀπὸ πηνίον, ἔχον συντελεστήν αὐτεπαγωγῆς $L = \frac{1}{\pi \cdot 10^6} \text{ H}$ καὶ ἀπὸ πυκνωτὴν χωρητικότητος $C = \frac{1}{\pi \cdot 10^{10}} \text{ F}$. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος καὶ ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων;

20. ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὅμιλῶν κινηματογράφος.—Εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ἤχων. Γενικῶς ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἤχου καλεῖται **φωνοληψία**. Διὰ νὰ ἀποτυπωθῇ ὁ ἤχος ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας, πρέπει ὁ ἤχος νὰ μετατραπῇ εἰς φῶς. Ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται εὐκόλως κατὰ τὴν ἑξῆς σειράν :

ἤχος $\rightarrow$ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα $\rightarrow$ φῶς.

Ἡ μετατροπὴ τοῦ ἤχου εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ μι-

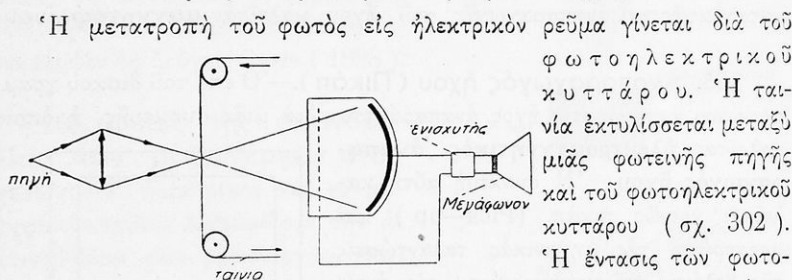
κ ρ ο φ ώ ν ο υ. Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου ἀφοῦ ἐνισχυθῇ, μετατρέπεται εἰς φῶς κατὰ διαφόρους τρόπους, ἐκ τῶν ὁποίων ἀπλούστερος εἶναι ὁ ἐξῆς: Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου διέρχεται διὰ μιᾶς εἰδικῆς λυχνίας, τῆς ὁποίας ἡ φωτεινὴ ροὴ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Αἱ μεταβολαὶ αὐταὶ τοῦ φωτὸς τῆς λυχνίας ἀποτυπώνονται ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας ὑπὸ μορφήν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι παρουσιάζουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως (σχ. 301). Αἱ ζῶναι αὐταὶ καταγράφονται παραπλευρῶς τῶν ἀντιστοίχων εἰκόνων.



Σχ. 301. Ὁ ἦχος καταγράφεται ὑπὸ μορφήν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως.

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαραχθῇ ὁ καταγραφεὶς ἦχος. Ἡ ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἡχου γίνεται κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν:

φῶς → ἠλεκτρικὸν ρεῦμα → ἦχος.

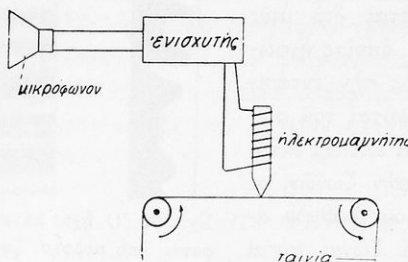


Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἡχων εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον.

φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ ὄπισθεν τῆς ὁθόνης εὐρισκόμενον μεγὰ φωνόν, τὸ ὁποῖον μετατρέπει τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἦχον.

252. Μαγνητόφωνον.—Τελευταίως ἀνεπτύχθη νέος τρόπος καταγραφῆς τοῦ ἡχου. Ἡ καταγραφὴ τοῦ ἡχου γίνεται ἐπὶ χαλυβδίνης ταινίας ὑπὸ τὴν μορφήν περιοχῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν μαγνητίσεως. Διὰ τὴν καταγραφὴν τοῦ ἡχου ἡ χαλυβδίνηται-

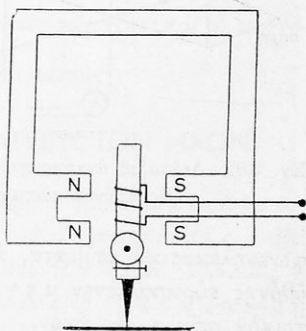
νία κινεῖται ὁμαλῶς ἔμπροσθεν τοῦ πόλου ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου, τὸ ὁποῖον ἔχει προηγουμένως ἐνισχυθῇ. Ἡ διερχο-



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου.

γίνεται ὡς ἑξῆς: Ἡ χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὁμαλῶς ἔμπροσθεν πηνίου φέροντος πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηνίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος. Ἡ συσκευή τῆς τοιαύτης καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἤχου καλεῖται **μαγνητόφωνον**.

253. Ἀναπαραγωγὸς ἤχου (Πικάπ).—Ὁ ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφεὶς ἦχος ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἡ ὁποία καλεῖται **ἡλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἤχου**. Ἡ συσκευή αὕτη καλεῖται κοινῶς **πικάπ (Pick-up)** καὶ μετατρέπει τὰς μηχανικὰς ταλάντωσεις τῆς βελόνης τοῦ γραμμοφώνου εἰς ἀντίστοιχα ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ βελόνη εἶναι στερεωμένη εἰς μικρὰν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὁποία δύναται νὰ μετακινεῖται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 304). Ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπάρχει πηνίον. Αἱ μετακινήσεις τῆς ράβδου δημιουργοῦν ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος.



Σχ. 304. Ἐντὸς τοῦ πηνίου παράγονται ἐπαγωγικά ρεύματα.

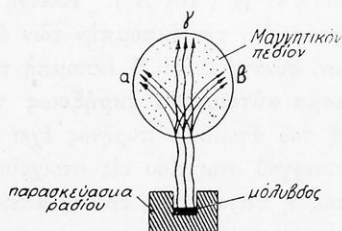
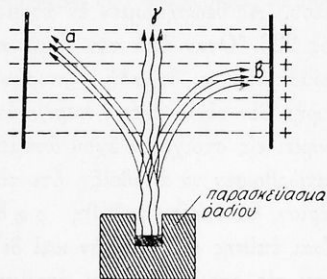
21. ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

254. Ραδιενεργά στοιχεῖα.—Ὁ Bequerel (1896), ὀλίγον χρόνον μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ οὐράνιον καὶ τὰ ἄλλα αὐτοῦ ἐκπέμπουν συνεχῶς ὁράτον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ μέσου ἀδιαφανῶν σωμάτων, προσβάλλει τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἡ ιδιότης τῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν αὐτομάτως τοιαύτην ἀκτινοβολίαν ἐκλήθη **ραδιενέργεια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ραδιενέργεια εἶναι ἰδιότης καθαρῶς ἀτομικὴ καὶ δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὴν χημικὴν ἔνωση τοῦ ἀτόμου μὲ ἄτομα ἄλλων στοιχείων. Τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ιδιότητα τῆς ραδιενέργειας καλοῦνται **ραδιενεργὰ στοιχεῖα**. Ὑπάρχουν 30 περίπου ραδιενεργὰ στοιχεῖα, ὅλα ὅμως εἶναι στοιχεῖα μεγάλου ἀτομικοῦ βάρους. Οὕτω ραδιενεργὰ στοιχεῖα εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ ἀκτίνιον, τὸ θόριον καὶ ἰδιαίτερώς τὸ ράδιον, τὸ ὁποῖον ἀνεκάλυψεν τὸ ζεῦγος Curie (1898).

255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.—Τὸ ἡλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίου διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἰς τρεῖς εἶδη ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι διεθνῶς χαρακτηρίζονται διὰ τῶν γραμμάτων α, β καὶ γ τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 305). Αἱ ἀκτίνες α καὶ β ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἡλεκτρισμένα, ἐνῶ αἱ ἀκτίνες γ εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.

Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν τὰ ἀκόλουθα διὰ τὴν φύσιν τῶν τριῶν ἀκτινοβολιῶν, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα:

1. Αἱ ἀκτίνες α ἀποτελοῦνται ἀπὸ θετικῶς ἡλεκτρισμένα σωμα-



Σχ. 305. Ἀνάλυσις τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδίου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου.

τίδια, τὰ ὅποια καλοῦνται σωματίδια α. Ἐκαστον σωματίδιον α εἶναι ὁ πυρὴν ἑνὸς ἀτόμου ἡλίου, φέρει ἐπ' αὐτοῦ δύο στοιχειώδη ἡλεκτρικὰ φορτία καὶ κινεῖται μὲ ταχύτητα 15 000 ἕως 25 000 km/sec.

II. Αἱ ἀκτίνες β ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὅποια καλοῦνται καὶ σωματίδια β. Ἐκαστον σωματίδιον β εἶναι ἓν ἡλεκτρόνιον, τὸ ὁποῖον κινεῖται μὲ ταχύτητα 120 000 ἕως 290 000 km/sec.

III. Αἱ ἀκτίνες γ εἶναι ἡλεκτρομαγνητικαὶ ἀκτινοβολίαι, τῶν ὁποίων τὰ μήκη κύματος εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen.

256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.—Εἶναι φανερόν ὅτι τὸ σωματίδιον α ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου. Ἀς θεωρήσωμεν ἓν ἄτομον ραδίου, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 226. Ὅταν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδίου ἀποσπασθῇ ἓν σωματίδιον α, δηλαδὴ ὁ πυρὴν ἑνὸς ἀτόμου ἡλίου, τότε ὁ ἀπομένων πυρὴν δὲν εἶναι πλέον πυρὴν ἀτόμου ραδίου. Διότι ὁ ἀπομένων πυρὴν ἀνήκει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 222. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσεν νὰ ἀποδείξῃ ὅτι τὸ νέον τοῦτο στοιχεῖον εἶναι ἓν εὐγενὲς ἄερίον, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη $\rho\alpha\delta\acute{o}\nu\iota\omicron\nu$ (Rn). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο εἶναι ἐπίσης ραδιενεργὸν καὶ δι' ἐκπομπῆς ἑνὸς σωματιδίου α μεταπίπτει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρος 218 καὶ τὸ ὁποῖον καλεῖται $\rho\acute{\alpha}\delta\iota\omicron\nu\ A$ (Ra A). Ἐπειδὴ μὲ κανὲν μέσον δὲν δυνάμεθα νὰ ἐπηρεάσωμεν τὴν ἐκπομπὴν τῶν ἀκτινοβολιῶν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων, συνάγεται ὅτι ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων εἶναι ἀποτέλεσμα αὐτομάτου ἐκρήξεως τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ ἐκρηγνῆς αὕτῃ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν μετάπτωσιν τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου εἰς στοιχεῖον ἔχον μικρότερον ἀτομικὸν βάρος. Οὕτως ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι:

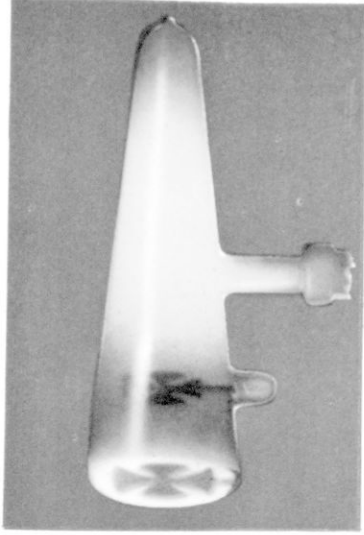
Οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἶναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων α, β καὶ γ.

257. Περίοδος ραδιενεργοῦ στοιχείου.—Ἐνεκα τῆς συνεχοῦς μεταστοιχειώσεως τῶν ἀτόμων ἑνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου, συμβαίνει συνεχῆς ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ στοιχείου τούτου. Οὕτως εὗρέθη ὅτι,

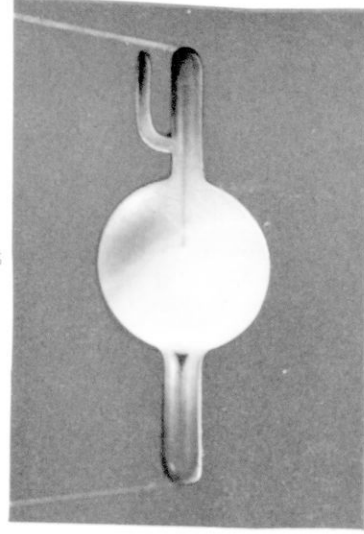
Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Röntgen

1. Σωλὴν τοῦ Crookes με σκιάν ἐνός σταυροῦ
2. Παλαιὸς τύπος σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen
3. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' ὕδατος
4. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen με κάθοδον ψυχομένην δι' αἵρος
5. Σωλὴν τοῦ Coolidge
6. Ἐξέτασις θώρακος με τὴν βοήθειαν τοῦ φθορίζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις)

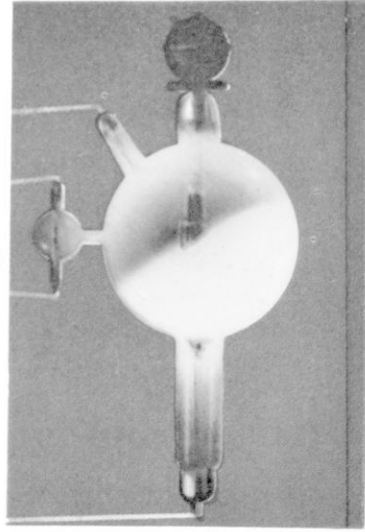
1.



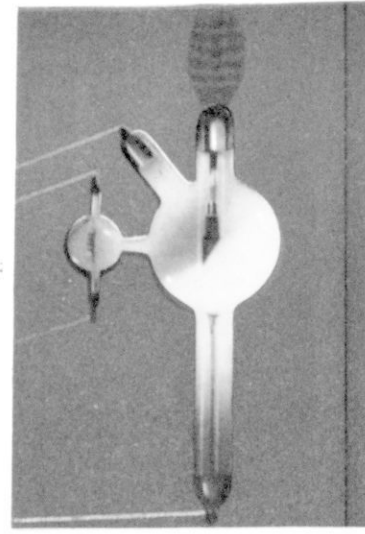
2.



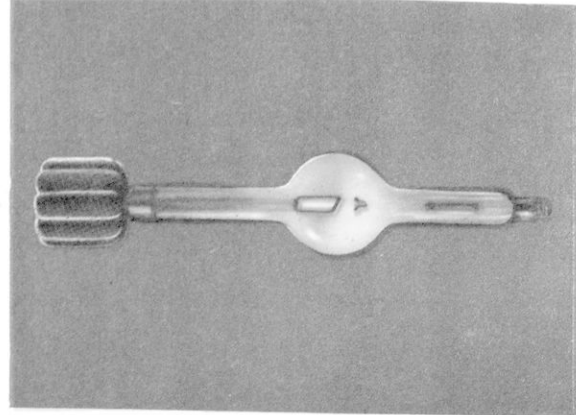
3.



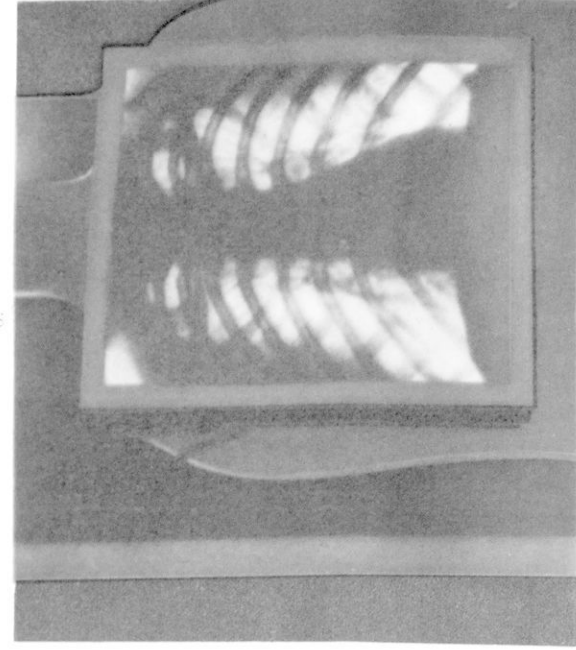
4.



5.



6.



ἀν σήμερον ἔχωμεν 1 gr ραδίου, μετὰ παρέλευσιν 1 600 ἐτῶν θὰ ἔχουν ἀπομείνει 0,5 gr ραδίου. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι χαρακτηριστικὸς δι' ἑκαστον ραδιενεργὸν στοιχεῖον.

Περίοδος ἢ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου καλεῖται ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου μεταστοιχειώνεται τὸ ἡμισυ τῆς μάζης τοῦ στοιχείου.

Αἱ περίοδοι τῶν διαφόρων ραδιενεργῶν στοιχείων κυμαίνονται ἀπὸ 10^{10} ἔτη (διὰ τὸ θόριον) ἕως 10^{-9} τοῦ δευτερολέπτου (θόριον C').

258. Αἱ τρεῖς σειραὶ τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων—Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ράδιον εἶναι ἐν ἐνδιάμεσον μέλος μιᾶς σειρᾶς μεταστοιχειώσεων. Πρῶτον μέλος τῆς σειρᾶς αὐτῆς εἶναι τὸ οὐράνιον. Τὰ μέλη τῆς σειρᾶς αὐτῆς ἀποτελοῦν τὴν **σειρὰν τοῦ οὐρανίου**, ἐκ τοῦ ὁποίου διὰ διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων προκύπτουν τὰ

Ἡ σειρὰ τοῦ οὐρανίου

στοιχεῖον	ἀτομικὸν βάρος	ἄκτινοβολία	περίοδος
Οὐράνιον I	238	α	$4,5 \cdot 10^9$ ἔτη
Οὐράνιον II	234	α	$1,7 \cdot 10^5$ ἔτη
Ἰόνιον	230	α	$8 \cdot 10^4$ ἔτη
Ράδιον	226	α,β,γ,	1600 ἔτη
Ραδόνιον	222	α	3,8 ἡμέραι
Ράδιον A	218	α	3 λεπτά
Ράδιον B	214	β,γ	26,8 λεπτά
Ράδιον C	214	β	19,6 λεπτά
Ράδιον C'	214	α	10^{-7} δευτερόλεπτα
Ράδιον D	210	β,γ	16 ἔτη
Ράδιον E	210	β,γ	4,8 ἡμέραι
Ράδιον F	210	α	140 ἡμέραι
Μόλυβδος	206	—	σταθερὸν

ἄλλα ραδιενεργὰ στοιχεῖα τῆς σειρᾶς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου, εὐρέθη ὅτι τὸ **ἄκτινιον** (Ac) καὶ τὸ **θόριον** (Th) εἶναι τὰ πρῶτα μέλη δύο ἄλλων σειρῶν ραδιενεργῶν στοι-

χείων. Χαρακτηριστικὸν εἶναι ὅτι τὸ τελικὸν προϊόν τῶν διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων εἶναι ὁ μόλυβδος. Ὡστε:

Ὑπάρχουν τρεῖς σειραὶ ραδιενεργῶν στοιχείων, εἰς τὰς ὁποίας πρῶτα μέλη εἶναι ἀντιστοιχῶς τὸ οὐράνιον, τὸ ἀκτίνιον καὶ τὸ θόριον.

22. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

259. Ἀτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.— Ἐάν καταγράψωμεν τὰ διάφορα στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, θὰ λάβωμεν τὸν κατωτέρω πίνακα.

αὐξων ἀριθμὸς	στοιχεῖον	ἀτομικὸν βάρος
1	Ὑδρογόνον H	1,008
2	Ἡλίου He	4,003
3	Λίθιον Li	6,940
4	Βηρύλλιον Be	9,013
5	Βόριον B	10,820
6	Ἀνθραξ C	12,010
7	Ἀζωτον N	14,008
8	Ὄξυγόνον O	16,000
9	Φθόριον F	19,000
10	Νέον Ne	20,183
11	Νάτριον Na	22,997
12	Μαγνήσιον Mg	24,320
13	Ἀργίλλιον Al	26,970
14	Πυρίτιον Si	28,060
15	Φωσφόρος P	30,980
16	Θεῖον S	32,066
	κ.τ.λ.	

Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων τούτων μεταβάλλονται περιοδικῶς, καθ' ὅσον αὐξάνονται τὰ ἀτομικὰ βάρη. Οὕτω τὸ δέκατον στοιχεῖον (Ne) ὁμοιάζει μὲ τὸ δεῦτερον στοιχεῖον (He), τὸ ἐνδέκατον στοιχεῖον (Na) ὁμοιάζει μὲ τὸ τρίτον (Li), τὸ δέκατον ἑκτον (S) ὁμοιάζει μὲ τὸ ὄγδοον (O) κ.ο.κ. Ὡστε αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων ἐπαναλαμβάνονται

περιοδικῶς, ἐφ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὰ ἐλαφρότερα πρὸς τὰ βαρύτερα ἄτομα. Ἡ παρατήρησις αὕτῃ ἔδωσεν ἀφορμὴν εἰς τὸν Mendelejeff (1869) νὰ συντάξῃ τὸ **περιοδικὸν σύστημα** τῶν στοιχείων. Ὁ αὐξων ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου εἰς τὸν πίνακα, τὸν ὁποῖον σχηματίζομεν, ὅταν καταγράψωμεν τὰ στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, καλεῖται **ἀτομικὸς ἀριθμὸς** τοῦ στοιχείου. Τὸ περιοδικὸν σύστημα ἀναγράφεται εἰς τὴν σελίδα 292.

260. Φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξαν ὅτι τὸ ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο διακεκριμένα μέρη, τὸν **πυρῆνα** καὶ τὰ **ἤλεκτρόνια**, τὰ ὁποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρῆνος (§ 148). Ἡ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι:

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται πέριξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν τοῦ στοιχείου.

Οὕτω τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει 11 ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα συνολικῶς φέρουν ἀρνητικὸν φορτίον — 11 e. Ἐπομένως τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι + 11 e. Ὁμοίως εὐρίσκομεν ὅτι τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ ἄνθρακος εἶναι + 6 e.

261. Συστατικά τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.—Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα κατώρθωσεν νὰ βομβαρδίσῃ μὲ κατάλληλα βλήματα (σωματίδια α, πρωτόνια) τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας. Διὰ τοῦ βομβαρδισμοῦ τούτου ἐπιτυγχάνεται ἡ ἐξοδος ἀπὸ τὸν πυρῆνα ὀρισμένων συστατικῶν του. Ἀπὸ τὴν πειραματικὴν σπουδὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος συνάγονται τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα ὡς πρὸς τὴν σύστασιν τῶν ἀτομικῶν πυρήνων :

Συστατικά τοῦ πυρῆνος εἶναι τὸ **πρωτόνιον** καὶ τὸ **νετρόνιον**. Τὸ πρωτόνιον εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ ὕδρογόνου καὶ φέρει θετικὸν φορτίον ἴσον μὲ ἓν στοιχειῶδες φορτίον. Τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον καὶ ἔχει μᾶζαν ἴσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου.

Ἐὰν καλέσωμεν A τὴν ἀτομικὴν μᾶζαν τοῦ στοιχείου, Z τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος καὶ N τὸν ἀριθμὸν τῶν νετρονίων, τότε ἔχομεν ὅτι:

$$A = Z + N$$

Περιοδικόν σύστημα τών στοιχείων

Περί- οδος	Ομάδα I	Ομάδα II	Ομάδα III	Ομάδα IV	Ομάδα V	Ομάδα VI	Ομάδα VII	Ομάδα VIII	0
I	1 H 1.0080								2 He 4.003
II	3 Li 6.940	4 Be 9.02	5 B 10.82	6 C 12.01	7 N 14.008	8 O 16.000	9 F 19.00		10 Ne 20.183
III	11 Na 22.994	12 Mg 24.32	13 Al 26.97	14 Si 28.06	15 P 30.98	16 S 32.06	17 Cl 35.457		18 Ar 39.944
IV	19 K 39.096	20 Ca 40.08	21 Sc 45.10	22 Ti 47.90	23 V 50.95	24 Cr 52.01	25 Mn 54.93	26 Fe 55.85	27 Co 58.94
	29 Cu 63.57	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.60	33 As 74.91	34 Se 78.96	35 Br 79.916		36 Kr 83.7
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 100.91	44 Ru 101.7	45 Rh 102.91
	47 Ag 107.880	48 Cd 112.41	49 In 114.76	50 Sn 118.70	51 Sb 121.76	52 Te 127.21	53 I 126.92		54 Xe 131.3
VI	55 Cs 132.91	56 Ba 137.36	57 Έως 71 Σπάνια γα	72 Hf 178.6	73 Ta 180.88	74 W 183.92	75 Re 186.31	76 Os 190.2	77 Ir 193.1
	79 Au 197.2	80 Hg 200.61	81 Tl 204.39	82 Pb 207.21	83 Bi 209.00	84 Po 210	85 At		86 Rn 222
VII	89 Fr	88 Ra 226.05	89 Ac 227.05	90 Th 232.12	91 Pa 231	92 U 238.07	93 Np	94 Pu 244	95 Am 243

+ Σπάνια γαία

57 La 58 Ce 59 Pr 60 Nd 61 Pm 62 Sm 63 Eu 64 Gd 65 Tb 66 Dy 67 Ho 68 Er 69 Tm 70 Yb 71 Lu
138.92 140.13 140.92 144.27 150.43 152.0 156.9 159.2 162.46 164.94 167.2 169.4 173.04 174.99

Ἡ ἄτομικὴ μᾶζα ἑνὸς στοιχείου ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν μαζῶν τῶν ἐντὸς τοῦ πυρῆνος περιεχομένων πρωτονίων καὶ νετρονίων.

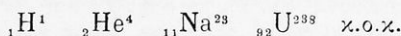
Τὸ ἥλιον ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 2, ἄρα ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου φέρει θετικὸν φορτίον $+2e$. Συνεπῶς ὁ πυρὴν περιέχει 2 π ρ ω τ ό ν ι α καὶ 2 ν ε τ ρ ό ν ι α. Ὅμοιως εὐρίσκομεν ὅτι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ νατρίου περιέχει 11 πρωτόνια καὶ $23 - 11 = 12$ νετρόνια. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα συνάγονται τὰ ἑξῆς :

I. Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς (Z) τοῦ στοιχείου ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων, τὰ ὁποῖα περιέχονται εἰς τὸν πυρῆνα.

II. Ὁ ἀριθμὸς (N) τῶν νετρονίων, τὰ ὁποῖα περιέχονται εἰς τὸν πυρῆνα, ἰσοῦται μὲ τὴν διαφορὰν τῆς ἀτομικῆς μάζης (A) καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ (Z) τοῦ στοιχείου.

νετρόνια πυρῆνος: $N = A - Z$

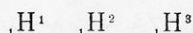
Οὕτως ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ οὐρανίου ($Z = 92$) περιέχει 92 πρωτόνια καὶ $238 - 92 = 146$ νετρόνια. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν τὰ στοιχεῖα γράφονται ὡς ἑξῆς :



Ὁ ἄνω δεξιὰ ἀριθμὸς δεικνύει τὴν ἀτομικὴν μᾶζαν τοῦ στοιχείου, ὁ δὲ κάτω ἀριστερὰ ἀριθμὸς δεικνύει τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν τοῦ στοιχείου.

262. Ἰσότοπα στοιχεῖα.— Αἱ χημικαὶ ιδιότητες ἑνὸς στοιχείου ἐξαρτῶνται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὰ πέριξ τοῦ πυρῆνος ὑπάρχοντα ἠλεκτρόνια. Ὅταν λοιπὸν ἡ Χημεία εὐρίσκη ὅτι δύο ἄτομα ἔχουν τὰς αὐτὰς χημικὰς ιδιότητες, διαπιστώνει ἀπλῶς ὅτι οἱ δύο ἀτομικοὶ πυρῆνες περιβάλλονται ἀπὸ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων καὶ συνεπῶς οἱ δύο αὐτοὶ ἀτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων. Αἱ πειραματικαὶ ἔρευναι τῶν Thomson (1910) καὶ Aston (1919) ἀπέδειξαν ὅτι δύο ἄτομα εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ἀλλὰ νὰ ἔχουν διαφορετικὴν μᾶζαν. Οὕτω π.χ. ἀπεδείχθη ὅτι τὸ ὕδρογόνον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1, ἐμφανίζεται ὑπὸ τὴν μορφήν

τριῶν ἀτομικῶν πυρήνων. Ὑπάρχουν δηλαδή τρία εἶδη ἀτόμων ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀτομικὰς μάζας 1, 2 καὶ 3. Ἡ διαφορὰ αὐτῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν εἶναι δυνατὸν νὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ μόνον 1 πρωτόνιον (κοινὸν ὕδρογονον) ἢ δύναται νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 1 νετρόνιον (**δευτέριον D** ἢ **βαρὺ ὕδρογονόν**) ἢ τέλος εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχῃ 1 πρωτόνιον καὶ 2 νετρόνια (**τρίτιον**). Τὰ τρία αὐτὰ ὕδρογόνα καλοῦνται **ισότοπα στοιχεῖα**, καὶ σημειώνονται ὡς ἑξῆς :



Ἰσότοπα καλοῦνται τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, διάφορον ὅμως ἀτομικὴν μάζαν.

Οὕτως ὑπάρχουν δύο ισότοπα τοῦ χλωρίου ${}_{17}\text{Cl}^{35}$ καὶ ${}_{17}\text{Cl}^{37}$. Ἐπίσης ὑπάρχουν τρία ισότοπα τοῦ ὀξυγόνου:



Σήμερον εἶναι γνωστὰ 560 ισότοπα. Ὅπως παρατηροῦμεν εἰς τὰ ισότοπα τοῦ ὀξυγόνου, οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων, διαφορετικὸν ὅμως ἀριθμὸν νετρονίων. Εἰς τὴν σελίδα 304 ἀναγράφονται τὰ διάφορα στοιχεῖα καὶ τὰ ισότοπα αὐτῶν.

Τὸ δευτέριον ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον, ὅπως καὶ τὸ κοινὸν ὕδρογονον. Οὕτως ὅμως προκύπτει μόριον ὕδατος, τὸ ὁποῖον ἔχει μοριακὸν βάρος 20. Τὸ ὕδωρ τοῦτο καλεῖται **βαρὺ ὕδωρ** καὶ ἀνεκαλύφθη ἀπὸ τὸν Urey (1932) ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τοῦ λαμβανομένου ἀπὸ τὰς λεκάνας ἡλεκτρολύσεως. Τὸ βαρὺ ὕδωρ εἰς 4° C ἔχει πυκνότητα 1,104 gr/cm³. Αἱ φυσικαὶ ιδιότητες τοῦ βαρέος ὕδατος εἶναι διάφοροι ἀπὸ τὰς ιδιότητας τοῦ κοινοῦ ὕδατος. Οὕτω τὸ βαρὺ ὕδωρ ἔχει θερμοκρασίαν πήξεως 3,8° C καὶ θερμοκρασίαν βρασμοῦ 101,4° C. Διὰ τοῦτο τὸ βαρὺ ὕδωρ εἶναι εὐκόλῳ νὰ διαχωρισθῇ ἀπὸ τὸ κοινὸν ὕδωρ διὰ κλασματικῆς ἀποστάσεως.

263. Ποζιτρόνιον.—Ἀπὸ τὰς πειραματικὰς ἐρεῦνας τοῦ Anderson (1932) ἀπεδείχθη ὅτι εἰς ὠρισμένας περιπτώσεις μεταστοιχειώσεων ἐμφανίζεται καὶ ἐν ἄλλο σωματίδιον, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη **ποζιτρόνιον**, ἡ δὲ διάρκεια τῆς υπάρξεώς του εἶναι ἐλαχίστη.

Τὸ ποζιτρόνιον ἔχει μᾶζαν ἴσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ φέρει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον.

Τὸ ποζιτρόνιον εἶναι λοιπὸν ἓν θετικὸν ἡλεκτρόνιον καὶ γεννᾶται, ὅταν ἓν πρωτόνιον μετασχηματίζεται εἰς νετρόνιον ἢ ὅταν κοσμικαὶ ἀκτῖνες ἢ πολὺ διεσδυτικαὶ ἀκτῖνες γ προσπίπτουν ἐπὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέ-

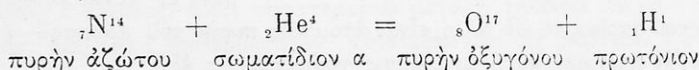
Συστατικά τοῦ ἀτόμου

Σωματίδια		Μᾶζα	Φορτίον
ἡλεκτρόνιον	e^-	$9,108 \cdot 10^{-28}$ gr	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
ποζιτρόνιον	e^+	$9,108 \cdot 10^{-28}$ gr	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
πρωτόνιον	${}_1\text{H}^1$	$1,672 \cdot 10^{-24}$ gr	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
νετρόνιον	${}_0\text{n}^1$	$1,672 \cdot 10^{-24}$ gr	0

δειξεν ὅτι, ὅταν ἐπὶ τῆς ὕλης προσπίπτῃ ἓν φωτόνιον ἀκτίνων γ, φέρον μεγάλην ἐνέργειαν, τότε παράγονται ἓν ἡλεκτρόνιον καὶ ἓν ποζιτρόνιον. Τὸ ἄθροισμα τῶν μαζῶν τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τοῦ ποζιτρονίου εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτονίου (σχ. 313 γ). Τὸ περίφημον τοῦτο πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι εἶναι δυνατὴ ἡ μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας εἰς ὕλην, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἰσοδυναμίας μᾶζης καὶ ἐνεργείας.

23. ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

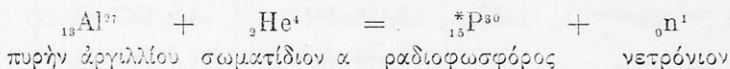
264. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις.—Πρῶτος ὁ Rutherford ἐπέτυχε τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν ἐκτελέσας τὸ ἀκόλουθον πείραμα: Ἐβομβάρδισεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ἀζώτου μὲ σωματίδια α (δηλ. ἀτομικοὺς πυρῆνας ἡλίου) καὶ ἔλαβεν ὀξυγόνον καὶ ὕδρογόνον. Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν, ἡ ὁποία γράφεται ὡς ἑξῆς:



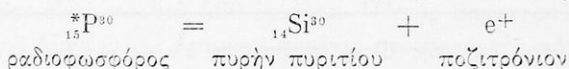
Σήμερα ἡ Πυρηνικὴ Φυσικὴ ἐπιτυγχάνει πλῆθος πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, δηλαδὴ ἐπιτυγχάνει τὴν τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν. Πολλὰ ἐκ τῶν προϊόντων τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων εἶναι ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες. Οὗτοι αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τὴν μετατροπὴν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Ἡ μεταστοιχείωσις αὐτῇ συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἐκπομπὴν ἀκτινοβολίας, ἥτοι οἱ ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες εἶναι ραδιενεργοί. Ὡστε :

Διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων ἐπιτυγχάνεται τεχνητὴ μεταστοιχείωσις καὶ δημιουργία τεχνητῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.

Οὕτως ἀπὸ τὸν βομβαρδισμόν ἀτομικῶν πυρηνῶν ἀργιλίου μὲ σωματίδια α προκύπτει τεχνητὸς ραδιενεργὸς φωσφόρος (**ραδιοφωσφόρος**) καὶ νετρόνιον :

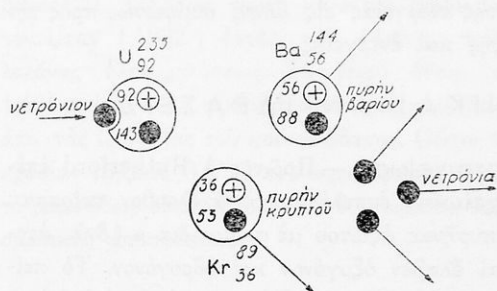


Ὁ ἀσταθὴς πυρὴν τοῦ ραδιοφωσφόρου μεταστοιχειώνεται ἔπειτα εἰς σταθερὸν πυρῆνα πυριτίου διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἑνὸς ποζιτρονίου



Τὰ τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἔχουν σήμερον μεγάλην σημασίαν διὰ τὰς βιολογικὰς ἐρεῦνας καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς.

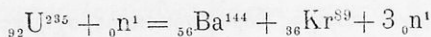
265. Διάσπασις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου.— Τὸ πείραμα



ἀπεκάλυψεν ὅτι τὸ ἰσότοπον τοῦ οὐρανίου, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὴν μάζαν 235, ἔχει τὴν ἐξῆς ιδιότητα: Ὄταν ὁ πυρὴν τοῦ οὐρανίου τούτου βομβαρδισθῇ μὲ νέτρονιον, τότε ὁ πυρὴν οὗτος διασπᾶται εἰς δύο τμήματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἐν εἶναι ἀτομικὸς

Σχ. 310. Σχηματικὴ παράστασις τῆς διασπάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου.

πυρὴν τοῦ βαρίου, τὸ δὲ ἄλλο εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ κρυπτοῦ (σχ. 310). Ἡ πυρηνικὴ αὐτὴ ἀντίδρασις γράφεται ὡς ἐξῆς :



Παρατηρούμεν ὅτι προκύπτουν καὶ 3 νετρόνια, τὰ ὅποια δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν διάσπασιν νέων πυρήνων οὐρανίου (**άλυσωτῇ πυρηνικῇ ἀντίδρασιν**). Κατὰ τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος τοῦ οὐρανίου εὐρέθη ὅτι ἐλευθερώνεται τεραστία ἐνέργεια (50 ἑκατομμύρια φορὰς μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν θερμότητα, τὴν ὁποίαν προσφέρει κατὰ τὴν καύσιν του τὸ ἄτομον τοῦ ἄνθρακος). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω πυρηνικῆς ἀντιδράσεως στηρίζεται ἡ **ἀτομικὴ βόμβα**. Ἡ κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ἐλευθερουμένη ἐνέργεια καλεῖται **ἀτομικὴ ἐνέργεια**.

266. Προέλευσις τῆς ἀτομικῆς ἐνεργείας.—Εἶναι γνωστὸν (ἐκ τῆς προηγουμένης τάξεως) ὅτι μᾶζα m ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐνέργειαν $E = m \cdot V^2$ ὅπου V εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός. Αἱ μετρήσεις ἀποδεικνύουν ὅτι κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις παρατηρεῖται **ἀπώλεια μᾶζης**. Αὕτῃ ἀκριβῶς ἡ μᾶζα μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν.

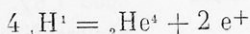
Κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ὠρισμένη μᾶζα μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἀτομικὴν ἐνέργειαν.

Οὕτως, ἐὰν κατὰ μίαν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν ἡ ἀπώλεια μᾶζης ἀνέρχεται εἰς 0,001 gr, τότε ἐλευθερώνεται ἐνέργεια :

$$E = m \cdot V^2 = 0,001 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 9 \cdot 10^{17} \text{ erg}$$

$$\eta \quad E = 25\,000 \text{ kWh}$$

267. Προέλευσις τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.—Διὰ νὰ ἐξηγήσῃ τὴν προέλευσιν τῆς τεραστίας ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ὁ ἥλιος, διετυπώθη ἡ ὑπόθεσις ὅτι εἰς τὸν ἥλιον συμβαίνει ἡ ἀκόλουθος πυρηνικὴ ἀντίδρασις :

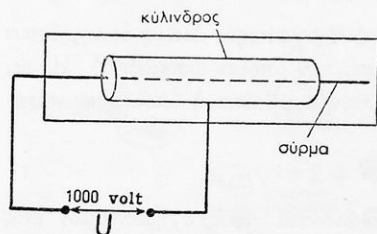


Τέσσαρα δηλαδὴ πρωτόνια συνενώνονται πρὸς σχηματισμὸν ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρήνος ἡλίου. Κατὰ τὴν πυρηνικὴν αὐτὴν ἀντίδρασιν τὰ δύο πρωτόνια μετατρέπονται εἰς νετρόνια καὶ διὰ τοῦτο ἀποβάλλονται δύο ποζιτρόνια. Ἡ πυρηνικὴ αὕτῃ ἀντίδρασις συνοδεύεται ἀπὸ κολοσσίαν ἐκκλυσιν ἐνεργείας, διότι παρατηρεῖται μεγάλη ἀπώλεια μᾶζης. Ὑπολογίζουν ὅτι κατὰ δευτερόλεπτον μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν 4 500 000 τόννοι ἡλιακῆς μᾶζης. Ἡ ἀνωτέρω πυρηνικὴ ἀντίδρασις, διὰ τῆς ὁποίας

συντίθενται άτομικοί πυρήνες υδρογόνου προς σχηματισμόν ατομικῶν πυρήνων ἡλίου, πραγματοποιεῖται εἰς τὴν **βόμβαν υδρογόνου**.

268. Κοσμικαὶ ἀκτίνες.—Ἡ παρατήρησις ἀπέδειξεν ὅτι ἐν φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον χάνει ὀλίγον κατ' ὀλίγον τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ ἠλεκτροσκόπιον περιβάλλεται ἀπὸ παχέϊαν μεταλλικὴν πλάκα. Ἡ ἐκφόρτισις αὕτη ἀπεδόθη εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀέρος, προκαλούμενον ἀπὸ ἄγνωστον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία εἶναι πολὺ διεσδυτική. Αἱ πειραματικαὶ ἐρευναι πολλῶν φυσικῶν (Hees, Kolhorster, Millikan, Bowen κ. ἄ.) ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης βαίνει αὐξανόμενη, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. Τὸ γεγονός τοῦτο φανερώνει ὅτι αἱ ἄγνωστοι ἀκτίνες ἔρχονται εἰς τὸν πλανήτην μας ἐκ τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ διὰ τοῦτο ὠνομάσθησαν **κοσμικαὶ ἀκτίνες**. Αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες ἔχουν μεγάλην διεσδυτικὴν ἰκανότητα, δυνάμεναι νὰ διέλθουν διὰ πλακὸς μολύβδου, ἡ ὁποία ἔχει πάχος πολλῶν μέτρων, ἡ διὰ στρώματος ὕδατος πάχους 250 μέτρων. Διὰ τὴν παρατήρησιν καὶ τὴν μέτρησιν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων χρησιμοποιοῦνται αἱ ἐξῆς τρεῖς μέθοδοι: α) ἡ ταχύτης ἐκφορτίσεως τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, β) ὁ μετρητῆς Geiger—Muller καὶ γ) ὁ θάλαμος Wilson.

Ὁ **μετρητὴς Geiger-Muller** ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ἐντὸς τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται ἀέριον ὑπὸ πίεσιν 5 ἕως 10 cm Hg. Τὸ



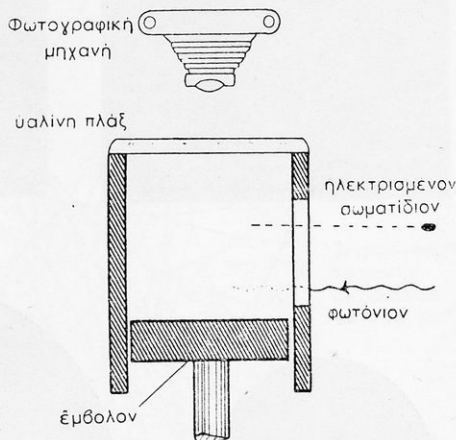
ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον εἶναι κύλινδρος ἐκ χαλκοῦ, τὸ δὲ θετικὸν ἠλεκτρόδιον εἶναι σύρμα, τὸ ὁποῖον συμπίπτει μὲ τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 311). Μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων ὑπάρχει τάσις 1000 Volt περίπου. Ὅταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἰσέλθῃ μία κοσμικὴ ἀκτίς, τότε προκαλεῖται ἰσχυρὸς ἰονισμὸς

τοῦ ἀέριου καὶ παράγεται μία ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ στιγμιαῖον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ἐνισχύμενον καταλλήλως δύναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαφώνου καὶ νὰ καταστήσῃ ἀκουστήν

Σχ. 311. Μετρητὴς Geiger-Muller.

τὴν ἀφίξιον τῆς κοσμικῆς ἀκτῖνος εἰς τὸν μετρητὴν ἢ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν λειτουργίαν μηχανικοῦ μετρητοῦ.

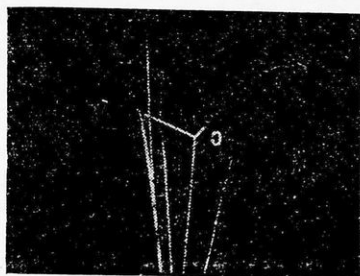
Ὁ **θάλαμος Wilson** ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα κύλινδρον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ἀήρ κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς (σχ. 312). Ἡ ἄνω βᾶσις τοῦ κυλίνδρου εἶναι ὑαλίνη πλάξ, ἡ δὲ κάτω βᾶσις τοῦ κυλίνδρου εἶναι ἔμβολον. Ἄν αὐξηθῇ ἀποτόμως ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος, οὗτος ψύχεται καὶ οἱ ἐντὸς αὐτοῦ ὑδρατμοὶ ὑγροποιοῦνται καὶ σχηματίζουν σταγονίδια. Κατὰ προτίμησιν τὰ σταγονίδια σχηματίζοντα πέριξ τῶν ἰόντων, τὰ ὅποια ὑπάρχουν ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἐκτονωθέντος ἀέρος εἰσέλθῃ μία κοσμικὴ ἀκτίς, αὕτη σχηματίζει σειρὰν ἰόντων, τὰ ὅποια γίνονται κέντρα σταγονιδίων ὕδατος. Τὰ μικρὰ σταγονίδια ἀποτελοῦν μίαν λεπτὴν γραμμὴν ὁμίχλης, ἡ ὁποία φανερώνει τὴν τροχίαν τῆς κοσμικῆς ἀκτῖνος. Οὕτω δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν ἢ καὶ νὰ φωτογραφίσωμεν τὴν τροχίαν τῆς κοσμικῆς ἀκτῖνος ἢ γενικώτερον τοῦ σωματιδίου, τὸ ὁποῖον εἰσῆλθεν ἐντὸς τοῦ θαλάμου (σχ. 313).



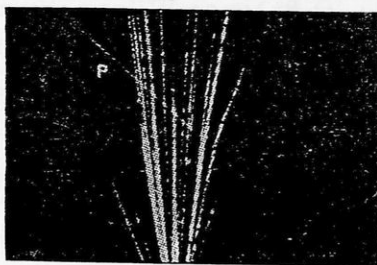
Σχ. 312. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἀρχῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson.

269. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.—Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης κάθε δευτερόλεπτον προσπίπτει ἓν κοσμικὸν σωματίδιον ἐπὶ 1 cm^2 . Ἡ ἔντασις τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας διατηρεῖται σταθερὰ καὶ μόνον εἰς τὰς περιοχὰς τῶν πόλων εἶναι μεγαλυτέρα. Ἡ προέλευσις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων εἶναι ἀκόμη ἄγνωστος, φαίνεται δὲ ὅτι αἱ κοσμικαὶ ἀκτῖνες φθάνουν εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν περιοχῶν τοῦ ἀστρι-

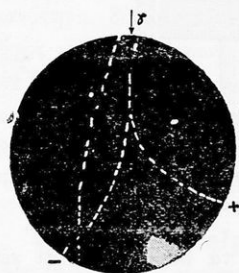
κοῦ διαστήματος. Ἡ πρωτογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία φθάνει εἰς τὰ ἀνώτερα ὕψη τῆς ἀτμοσφαίρας μας, ἀποτελεῖται ἀπὸ τα-



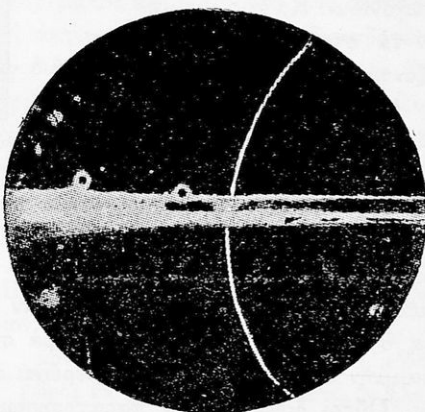
α



β



γ



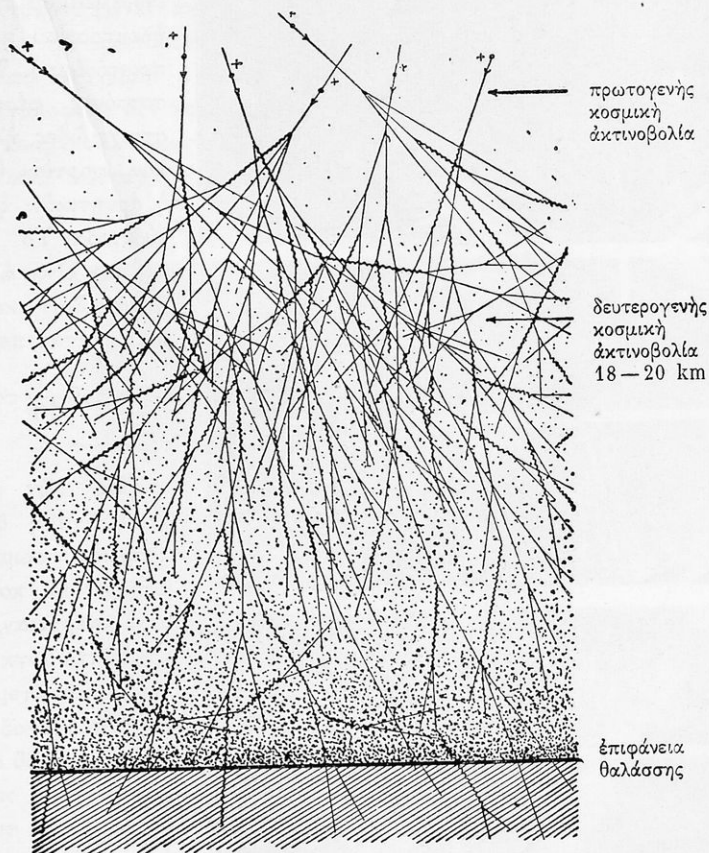
δ

Σχ. 313. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μετὰ τὸν θάλαμον τοῦ Wilson.

- α. Ἡ διακλάδωσις μιᾶς τροχιάς δεικνύει τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς σωματιδίου α μετὰ ἓν ἄτομον δξυγόνου. Ὁ βραχὺς κλάδος ἀνήκει εἰς τὸ ἄτομον τοῦ δξυγόνου μετὰ τὴν σύγκρουσιν.
- β. Σύγκρουσις ἐνὸς σωματιδίου α μετὰ ἀτομικὸν πυρῆνα ὕδρογόνου (P).
- γ. Παραγωγὴ ἐνὸς ζεύγους : ἡλεκτρονίου — ποζιτρονίου ἀπὸ ἑνὸς φωτονίου ἀκτινοβολίας γ.
- δ. Τροχιά ἐνὸς ποζιτρονίου.

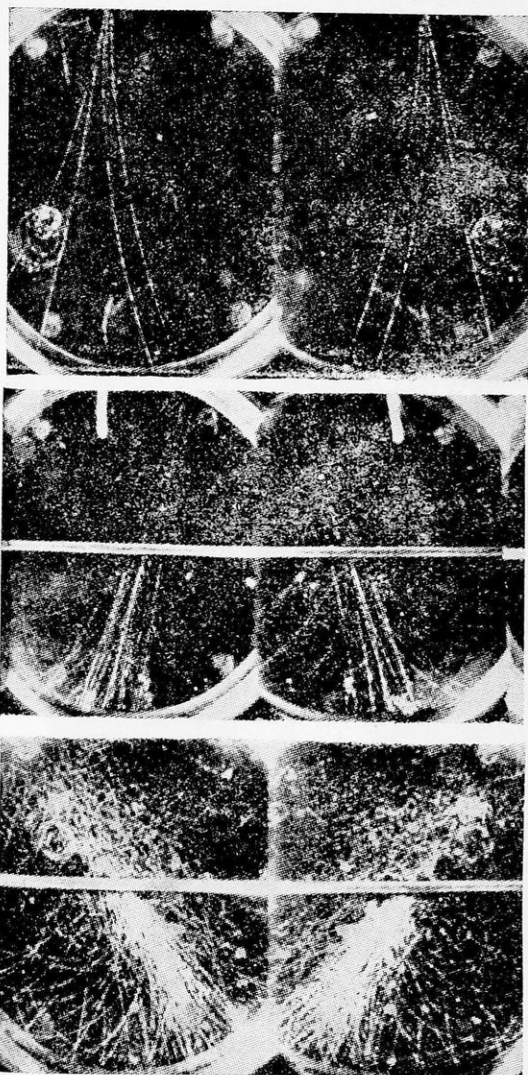
χύτατα κινούμενα πρ ω τ ό ν ι α. Ταῦτα μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας συγκροοῦνται μετὰ μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρρη-

νικάς αντιδράσεις, ἐκ τῶν ὁποίων προκύπτουν νέα σωματίδια καὶ φωτόνια, τὰ ὁποῖα μὲ τὴν σειρὰν τῶν συγκρούονται πάλιν μὲ μόρια τοῦ αἵρος (σχ. 314) Οὕτως εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας



Σχ. 314. Σχηματικὴ παράστασις τῆς παραγωγῆς δευτερογενούς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαίρας.

ὑπάρχει ἡ δευτερογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρόνια, ποζιτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια καὶ φωτόνια. Μεταξὺ τῶν συστατικῶν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων ἀνευρέθησαν καὶ σωματίδια, τὰ ὁποῖα ἔχουν μᾶζαν 200 φορές μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ ἡλεκ-



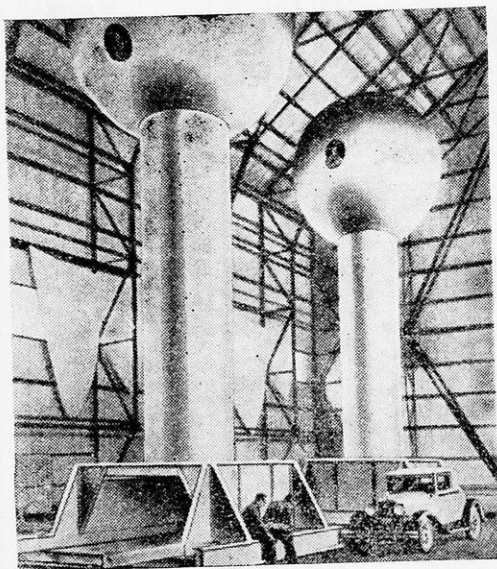
Σχ. 315. Τρεῖς σχηματικαὶ φωτογραφίαι ληφθεῖσαι ἐν τῷ θαλάμῳ Wilson. Εἰς τὴν 2αν καὶ 3ην φωτογραφίαν φαίνεται ἡ συντριβὴ ἀτόμων μολύβδου, τοῦ ὁποῦ ἡ πλάξ διακρίνεται εἰς τὸ μέσον, ὑπὸ κοσμικῶν σωματιδίων· εἰς τὴν 3ην διακρίνονται ἑκατοντάδες σωματιδίων προελθόντων ἀπὸ τὴν συντριβὴν ἀτόμων μολύβδου.

τρονίου καὶ ὠνομάσθησαν **μεσοτρόνια** (ἐπειδὴ ἔχουν μᾶζαν ἐνδιάμεσον μεταξὺ τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τοῦ πρωτονίου). Τὰ μεσοτρόνια φέρουν ἐν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν ἢ εἶναι οὐδέτερα. Τὸ μεσοτρόνιον εἶναι ἀσταθὲς σωματίδιον καὶ δὲν διατηρεῖται περισσότερον τοῦ $\frac{1}{10^8}$ τοῦ δευτερολέπτου.

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι τὰ κοσμικὰ σωματίδια μεταφέρουν κολοσσιαίαν ἐνέργειαν, διότι κατὰ τὴν σύγκρουσιν των μετὰ τὸ ἔτομα τῆς ὕλης προκαλοῦν τὴν συντριβὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος καὶ τὸν διαμελισμὸν του εἰς ἑκατοντάδας μικροτάτων σωματιδίων (σχ. 315).

Τεράστια ἐργαστήρια διατίθενται σήμερον διὰ τὴν σπουδὴν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἀναμ-

φιζόλως θά ἔχουν σχέσιν καὶ μὲ τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς. Εἰς πᾶσαν στιγμὴν ἀτομικοὶ πυρῆνες τῶν ἰστῶν τῶν ὀργανισμῶν συντρίβονται ἀπὸ κοσμικὰ σωματίδια καὶ οὕτως ἐκλύεται τεραστία ἐνέργεια ἐντὸς τοῦ κυττάρου. Εἶναι ἀκόμη ἄγνωστα τὰ ἀποτελέσματα, τὰ ὁποῖα ἐπιφέρει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς αὐτὴ ἡ ἀπότομος ἐκκλισις τῆς τεραστίας ἐνεργείας. « Ποῖος γνωρίζει, ἐὰν ἡ πνευματικὴ ἀνισορροπία ἢ ἡ μεγαλοφυΐα δὲν γεννῶνται κάποιαν στιγμὴν ἀπὸ τὴν σύγκρουσιν ἑνὸς κοσμικοῦ σωματιδίου μὲ ἓν ἀπὸ τὰ λεπτὰ καὶ εὐαίσθητα ἐγκεφαλικά κύτταρα; » (Thibaud).



Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τύπου Van de Graaf δυνάμενη νὰ ἀναπτύξῃ τάσιν 10 000 000 Volt.
(Τοῦ Τεχνολογικοῦ Ἰνστιτούτου τῆς Μασσαχουσέτης).

Τὰ ἰσότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς	Στοιχεῖον	Μάζαι ἰσοτόπων
1	Ὑδρογόνον	1 2 3
2	Ἡλιον	3 4
3	Λίθιον	6 7
4	Βηρύλλιον	8 9 10
5	Βόριον	10 11
6	Ἀνθραξ	12 13
7	Ἀζωτον	14 15
8	Ὄξυγόνον	16 17 18
9	Φθόριον	19
10	Νέον	20 21 22
11	Νάτριον	23
12	Μαγνήσιον	24 25 26
13	Ἀργίλλιον	27
14	Πυρίτιον	28 29 30
15	Φωσφόρος	31
16	Θεῖον	32 33 34
17	Χλώριον	35 37
18	Ἀργόν	36 38 40
19	Κάλιον	39 40 41
20	Ἀσβέστιον	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	Καλκός	63 65
30	Ψευδάργυρος	64 66 67 68 70
31	Γάλλιον	69 71
32	Γερμάνιον	70 72 73 74 76
33	Ἀρσενικόν	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

Ατομικός αριθμός	Στοιχείον	Μάζαι Ισοτόπων
38	Στρόντιον	84 86 87 88
39	Υττρίον	89
40	Ζιρκόνιον	90 91 92 94 96
41	Νιόβιον	93
42	Μολυβδαίνιον	92 94 95 96 97 98 100 112
43	Τεχνήτιον	99
44	Ρουθήνιον	96 98 99 100 101 102 104
45	Ρόδιον	103
46	Παλλάδιον	104 105 106 108 110
47	Άργυρος	107 109
48	Κάδμιον	106 108 110 111 112 113 114 116
49	Ίνδιον	113 115
50	Κασσίτερος	112 114 115 116 117 118 119 120 122 124
51	Άντιμόνιον	121 123
52	Τελλούριον	120 122 123 124 125 126 128 130
53	Ίώδιον	127
54	Ξένον	124 126 128 129 130 131 132 134 136
55	Καίσιον	133
56	Βάριον	134 135 136 137 138
57	Λανθάνιον	139
58	Δημήτριον	136 138 140 142
59	Πρασινοδύμιον	141
60	Νεοδύμιον	142 143 144 145 146 148
61	Ίλλινιον	άπροσδιόριστον άκόμη
62	Σκμάριον	144 147 148 149 150 152 154
63	Ευρώπιον	151 153
64	Γαδολίνιον	155 156 157 158 160
65	Τέρβιον	159
66	Δυσπρόσιον	161 162 163 164
67	Όλμιον	165
68	Έρβιον	166 167 168 170
69	Θούλιον	169
70	Υττέρβιον	171 172 173 174 176

Ατομικός αριθμός	Στοιχείον	Μάζαι Ισοτόπων
71	Λουτίτιον (ή Κασσιόπειον)	175
72	Άφνιον	176 177 178 179 180
73	Ταντάλιον	181
74	Βολφράμιον	182 183 184 186
75	Ρήνιον	185 187
76	Όσμιον	186 187 188 189 190 192
77	Ίριδιον	191 193
78	Λευκόχρυσος	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. Σπουδή 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 παλαιωτάτων χρόνων. Τὰ γνωστὰ φαινόμενα ἦσαν ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός, ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιᾶς, ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν λείων ἐπιφανειῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς εἰδώλων ὡς καὶ ἡ φαινομένη θραῦσις μιᾶς ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος ἐσπουδάζοντο μόνον τὰ ἀπλᾶ ταῦτα φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς, χωρὶς ὅμως νὰ καταστῇ δυνατόν νὰ δοθῇ μία φυσικὴ ἐρμηνεία τῶν φαινομένων τούτων. Αἱ πρῶται φυσικαὶ ὑποθέσεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, διευτυπώθησαν μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τοῦ νόμου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Αἱ ὑποθέσεις αὗται προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ τότε γνωστὰ φαινόμενα, μὲ τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου ἀνεκαλύπτοντο νέα φαινόμενα, τὰ ὅποια ἐπέβαλλον τὴν τροποποίησιν τῶν παλαιῶν θεωριῶν. Ἡ ἱστορία τῶν περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός θεωριῶν εἶναι εἰς ἀπὸ τοὺς πλέον ἐνδιαφέροντας κλάδους τῆς ἱστορίας τῆς Φυσικῆς, διότι ἡ ἱστορία τῶν περὶ τοῦ φωτός θεωριῶν καταδεικνύει πῶς δύο τελείως ἀντίθετοι θεωρίαι εἶναι δυνατόν νὰ ἐρμηνεύουν δύο διαφόρους ὄψεις μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς φυσικῆς πραγματικότητος.

2. Αἱ θεωρίαι τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῶν κυμάνσεων.—Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός κατέστη δυνατόν νὰ διατυπωθοῦν μόνον μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσίου πλήρη διατύπωσιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός. Ὁ Νεύτων διετύπωσε τὴν γνωστὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις μικροτάτων σωματιδίων. Οὕτως ὁ Νεύτων κατῴρωσεν νὰ ἐρμηνεύσῃ κατὰ τρόπον ἀπλοῦστατον τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διάθλασιν καὶ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. Ὁ ἴδιος ὅμως ὁ Νεύτων ἀνεκάλυψεν καὶ ἐν φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός, τὸ ὅποϊον καλεῖται **δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος**. Διὰ νὰ ἐρ-

μηνεύση ὁ Νεύτων τὸ φαινόμενον τοῦτο ἠναγκάσθη νὰ παραδεχθῇ ὅτι εἰς τὰ φωτεινὰ σωματίδια ὑπάρχει κάποια περιοδικότης.



Νεύτων

ἐξαιρετικῆς σημασίας ὑποστήριζιν, διότι κατώρθωσεν νὰ δημιουργήσῃ φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός καὶ νὰ ἐκτελέσῃ ἀκριβεῖς μετρήσεις. Ὁ ἴδιος, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιοι κυμάνσεις. Ἐκεῖνος ὅμως, ὁ ὁποῖος ἐστήριζεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων εἶναι ὁ Γάλλος Fresnel, ὁ ὁποῖος κατώρθωσεν νὰ ἐρμηνεύσῃ πλήρως μὲ τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς καὶ τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς καὶ ἐπὶ πλέον νὰ θεμελιώσῃ τὴν Ὀπτικὴν Κρυσταλλογραφίαν. Τέλος ὁ Γάλλος Foucault ἐπέτυχεν νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός ἐντὸς διαφόρων ὀπτικῶν μέσων

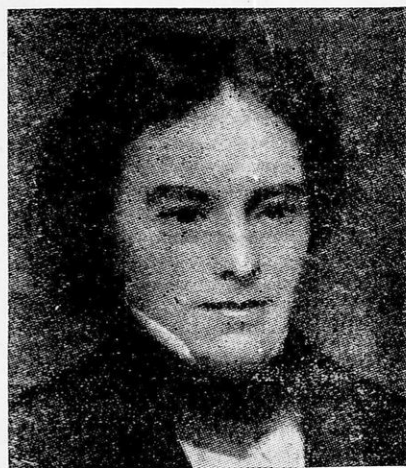
Συγχρόνως μὲ τὸν Νεύτωνα ὁ Ὁλλανδὸς Huygens διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις κυμάνσεως διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ αἰθέρος. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων, καίτοι ἡρμηνεύσε πολὺ περισσότερα φαινόμενα, ἐν τούτοις δὲν ἐγένετο δεκτὴ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν φυσικῶν, διότι εἰσῆγεν τὴν ιδέαν τοῦ παραδόξου αἰθέρος. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 19ου αἰῶνος ὁ Ἀγγλος Young ἔδωσεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



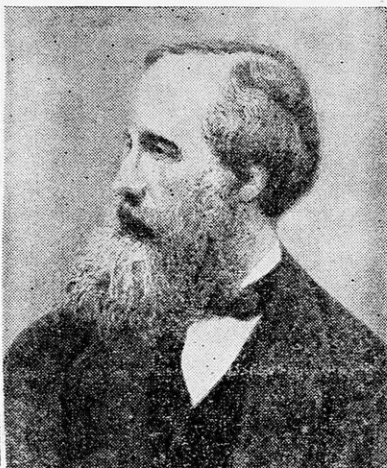
Huygens

καὶ νὰ ἀποδείξῃ οὕτως ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὰ ὀπτικῶς πυκνότερα μέσα εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα, ὅπως ἀκριβῶς προέβλεπεν ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων. Οὕτως ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε καὶ τὸ φῶς ἐθεωρεῖτο ὡς μίαν διάδοσις ἐγκαρσίων κυμάνσεων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ, ἀλλὰ λίαν παραδόξου αἰθέρος.

3. Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός—Κατὰ τὸ 1848 ὁ Ἄγγλος Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεπολωμένη ἀκτίς φωτός



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτίνος ὑφίσταται στροφὴν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτός καὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ὅτι εἶναι δυνατὸν τὰ φωτεινὰ κύματα νὰ μὴ εἶναι κυμάνσεις μηχανικῆς φύσεως, ἀλλὰ ἠλεκτρικῆς φύσεως. Ἀπὸ τὴν σκέψιν αὐτὴν ἀνεχώρησεν ἡ μεγαλοφυΐα τοῦ Ἄγγλου Maxwell, διὰ νὰ ἀνακαλύψῃ διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐπὶ τοῦ χάρτου ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία καὶ νὰ ἀνακαλύψῃ ἐπὶ πλέον τὴν ὑπαρξίν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα ὀλίγα ἔτη βραδύτερον ἀνεκάλυψεν πειραματι-

κῶς ὁ Γερμανὸς Hertz. Ἡ ἡλεκτρομαγνητικὴ θεωρία συνδέει εἰς ἓν ἐνιαῖον σύνολον ὅλην τὴν σειρὰν τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τῶν γιγαντιαίων κυμάτων τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας μέχρι καὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων. Ὀλόκληρος ἡ σειρὰ αὐτῇ τῶν κυμάτων εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ μόνην διαφορὰν εἰς τὴν συχνότητα τῆς κυμάνσεως.

4. Τὰ φωτόνια.—Ἐπὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἡσχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροὺς καὶ πολλοὺς ἀγῶνας κατῴρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θαυμασίαν ἡλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποία ἔδιδεν ἀπλὴν καὶ ἐνιαῖαν ἐξήγησιν εἰς τὸ σύνολον τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς ὁ-

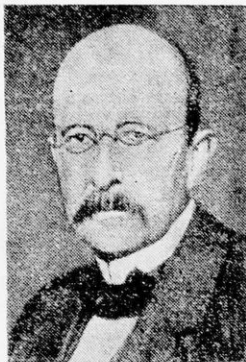


Einstein

μῶς τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν νέα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ὑπεχρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικώτερον ἐκ τῶν ἀνακαλυφθέντων νέων φαινομένων, τὸ ὁποῖον φανερώνει τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ὡς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἐν σφαιρικὸν κύμα, τὸ ὁποῖον διαδίδεται ἐντὸς τοῦ χώρου. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποῖαν ἐξέπεμψεν ἡ φωτεινὴ πηγὴ, κατανέμεται ἐπὶ μιᾶς διαρκῶς αὐξανό-

μένης σφαιρικῆς ἐπιφανείας καὶ συνεπῶς αἱ δράσεις, τὰς ὁποίας δύναται νὰ ἐξασκήσῃ τὸ φῶς, εἶναι τόσον ἀσθενέστεραι ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. Ἀντιθέτως, ἂν δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμμίαν κατάτμησιν καὶ συνεπῶς δύνανται νὰ προκαλέσουν σημαντικὰ ἀποτελέσματα καὶ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Ἡ ἀνακάλυψις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἀπεκάλυψεν λοιπὸν ὅτι αἱ ἀκτινοβολίαι εἶναι ἱκαναὶ νὰ ἐξασκήσουν ἐπὶ τῆς ὕλης ἐνεργειακὰς δράσεις καὶ ὅτι αἱ δράσεις αὐταὶ δὲν ἐλαττώνονται, ὅταν αὐξάν-

νεται ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν πηγὴν. Οὕτως ὁ Einstein ἐπανερχόμενος εἰς τὴν σωματιδιακὴν θεωρίαν, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἐδέχθη ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ κοκκίδια καὶ ὅτι φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν τὰ κοκκίδια ταῦτα πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Εἰς τὰ κοκκίδια αὐτὰ ἔδωκεν τὸ ὄνομα **φωτόνια**. Ἐκαστον κοκκίδιον μεταφέρει ἐνέργειαν ἀνάλογον πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κβάντα, τὴν ὁποίαν διετύπωσεν εἰς τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μας ὁ Γερμανὸς Planck. Ἡ θεωρία τῶν φωτονίων ἐρμηνεύει ὅχι μόνον τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἀλλὰ καὶ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἀνεκαλύφθησαν μεταγενεστέρως. Ἡ θεωρία ὅμως τῶν φωτονίων εἶναι ἀνίκανος νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως καὶ τῆς πολώσεως τοῦ φωτός. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων τούτων ὑπερρεώθησαν οἱ φυσικοὶ νὰ διατηρήσουν τὴν θεωρίαν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Planck

5. Ἡ κυματομηχανικὴ.—Ἡ ὑπαρξὺς δύο θεωριῶν διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων εἶναι ἀκατανόητες ἀπὸ τὴν ἀνθρωπίνην λογικὴν. Κατὰ τὸ 1924 ὁ Γάλλος θεωρητικὸς φυσικὸς Louis de Broglie ἐπέτυχεν νὰ συμβιβάσῃ τὰς δύο ἀντιθέτους ἀπόψεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Ἡ γιγαντιαία αὕτη σύνθεσις ὀνομάζεται **κυματομηχανικὴ** καὶ περιλαμβάνει ὅχι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὕλην καὶ τὰς διαφορὰς μορφὰς τῆς ἐνεργείας. Ἡ κυματομηχανικὴ δέχεται ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ **φωτόνια**, συμφώνως πρὸς τὴν ἄποψιν τοῦ Einstein, ἀλλ' ἕκαστον **φωτόνιον** εἶναι συνδεδεμένον μὲ ἓν **κῦμα**, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ **φωτόνιον** κατὰ τὴν μετακίνησίν του εἰς τὸ διάστημα. Αὕτη ἡ θεωρία περὶ τῆς διπλῆς φύσεως τοῦ φωτός διασφύει βαθύτατα τὰς συνηθείας τῆς σκέψεώς μας. Τὸ **κῦμα**, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ **φωτόνιον**, εἶναι ἓν **κῦμα πιθανότητος** καὶ μᾶς φανερώνει πόσαι πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐμφανισθῇ τὸ **φωτόνιον** ἐδῶ ἢ ἐκεῖ. Ἐνῶ

δηλαδή τὸ φωτόνιον ταξιδεύει ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν πρὸς τὸ φωτιζόμενον σῶμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν τοῦ ἢ τὴν τροχίαν του, ἀλλὰ τὸ μόνον πρᾶγμα, περὶ τοῦ ὁποίου εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ ὁμιλοῦμεν, εἶναι τὸ κύμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον. Ἀντιθέτως, ὅταν τὸ φῶς φθάσῃ κάπου, π.χ. ἐπὶ μιᾷς φωτογραφικῆς πλακῶς, τότε ἡ ἀφίξις τοῦ σωματιδίου ἐκδηλώνεται μὲ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς πλακῶς, ἐνῶ τὸ κύμα ἔχει ἐξαφανισθῇ.



Louis de Broglie

Ἄς ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ σχηματισμοῦ χροσσῶν συμβολῆς καὶ ἄς φαντασθῶμεν ὅτι τὸ διάφραγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν φωτογραφικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν σχηματιζόμενα τὰ σημεῖα προσβολῆς ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν σωματιδίων. Κατ' ἀρχὰς θὰ παρατηρήσωμεν σημεῖα προσβολῆς διεσπαρμένα εἰς τὴν τύχην. Ἀλλὰ ὀλίγον κατ' ὀλίγον θὰ ἀναγνωρίσωμεν ὅτι τὰ «τυχαῖα» αὐτὰ σημεῖα διασπείρονται συμφῶνως πρὸς μίαν ὀρισμένην 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 ἐταιρία ζωῆς, ἡ ὁποία εἶναι ἀνίκανος νὰ εἴπῃ, ἐὰν θὰ ἀποθάνῃ κατ' αὐτὸ τὸ ἔτος ὁ Α, ὁ Β ἢ ὁ Γ..., ἀλλὰ γνωρίζει πόσοι ἡσφαλισμένοι ἐπὶ 10 000 θὰ ἀποθάνουν κατὰ τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα.

δ. Ἡ σύγχρονος Φυσικὴ.—Εἰς τὴν σύγχρονον Φυσικὴν κατὰ τὴν σπουδὴν πολλῶν φαινομένων καὶ ἰδιαιτέρως τῶν φαινομένων τοῦ μικροκόσμου ὑπαισέρχεται ἡ «τύχη», ἡ ὁποία διέπεται ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν πιθανοτήτων. Αἱ σύγχρονοι θεωρίαι τῆς Φυσικῆς εἶναι ἀρκετὰ πολύπλοκοι, διότι ὁ ἄπειρος μικρόκοσμος τῶν μορίων, τῶν ἀτόμων, τῶν ἡλεκτρονίων, τῶν φωτονίων διέπεται ἀπὸ τοὺς παραδόξους νόμους τῆς τύχης, καὶ ἀπὸ νόμους, οἱ ὅποιοι δὲν ἰσχύουν διὰ τὰ φαινόμενα τοῦ μακροκόσμου. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων παρουσιάζονται τε-

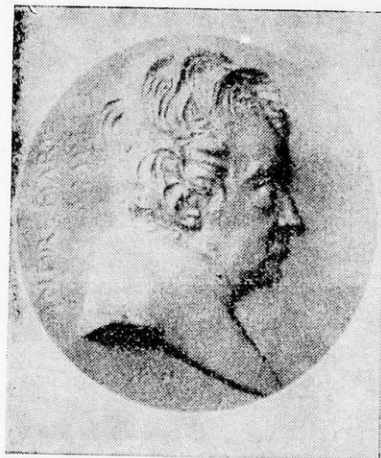
ράστιαι δυσκολίαι. «Όσάκις τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα, κατόπιν μεγάλων προσπαθειῶν, κατορθώνει νὰ ἀποκρυπτογραφήσῃ μίαν σελίδα τοῦ βιβλίου τῆς Φύσεως, ἀμέσως διακρίνει πόσον πολὺ δυσκολώτερον εἶναι νὰ ἀποκρυπτογραφήσῃ τὴν ἀμέσως ἐπομένην σελίδα. Ἐν τούτοις ἐν βαθύτατον ἐνστικτον ἐμποδίζει τὸ ἀνθρώπινον πνεῦμα νὰ ἀποθαρρυνθῇ καὶ τὸ προωθεῖ νὰ ἀνανεώσῃ τὰς προσπάθειάς του διὰ νὰ εἰσδύσῃ διαρκῶς περισσότερον εἰς τὴν γνῶσιν τῆς ἀρμονίας τῆς Φύσεως» (Louis de Broglie).

Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

1. Σπουδὴ καὶ ἐρμηνεία τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων.— Ἡ πρώτη παρατήρησις ἡλεκτρικοῦ φαινομένου ἀνάγεται εἰς τὸν Θαλῆν τὸν Μιλήσιον (6ος αἰὼν π.Χ.), ὁ ὅποιος παρετήρησεν ὅτι τὸ ἥλεκτρον προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σώματα. Αὕτῃ ἦτο ἡ μόνη γνῶσις τῆς ἀνθρωπότητος περὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μέχρι τοῦ 16ου αἰῶνος. Ἡ ἐπιστημονικὴ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ἤρχισεν κυρίως ἀπὸ τῶν ἀρχῶν τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἀπὸ τοῦ 16ου μέχρι τοῦ 18ου αἰῶνος ἐγένοντο μερικαὶ παρατηρήσεις ἡλεκτρικῶν φαινομένων. Αἱ παρατηρήσεις ὅμως αὗται ἐγένοντο τελείως τυχαίως ἀπὸ μερικοὺς περιέργους ἐρασιτέχνας. Πρῶτος ὁ Guericke (1602—1686) ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλεκτροστατικὴν ἅπωσιν, διότι μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐπιστεύετο ὅτι μεταξὺ δύο ἡλεκτρισμένων σωμάτων ἐξασκεῖται πάντοτε ἑλξις. Ὁ Boule (1626—1691) ἀπέδειξεν ἀργότερον ὅτι αἱ ἡλεκτρικαὶ ἑλξεις καὶ ἀπώσεις παρατηροῦνται καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ὁ ἀγγλος 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 ἴδιος ἀνεκάλυψεν τὴν ἡλεκτρίσιν τῶν σωμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς. Ὁ Γάλλος Fay ἀνεκάλυψεν τὸ 1733 ὅτι ὑπάρχουν δύο εἶδη ἡλεκτρισμοῦ, ὁ ἡλεκτρισμὸς τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἡλεκτρισμὸς τῆς ρητίνης καὶ τὰ ὅποια κατόπιν ὠνομάσθησαν θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός.

Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν πειραμάτων των οἱ πρῶτοι ἐρευνῆται τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων ἐχρειάζοντο καὶ «ἡλεκτρικὰς μηχανάς». Ὅλα

αὐταὶ αἱ μηχαναὶ ἐστηρίζοντο εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἡλεκτρίσεως σωμάτων διὰ τῆς τριβῆς. Μία ἐκ τῶν πρώτων αὐτῶν μηχανῶν κατεσκευάσθη ἀπὸ τὸν Guericke. Ἡ μηχανὴ αὕτῃ ἦτο σφαῖρα ἀπὸ θεῖον, ἥ ὁποία ἐστρέφετο περὶ ἄξονα. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῆς σφαίρας ἔθετον ἐπ' αὐτῆς τὴν χεῖρα καὶ οὕτως ἀνεπτύσσετο ἡλεκτρισμὸς διὰ τριβῆς. Ὁ τύπος τῶν



A m p è r e

ἡλεκτροστατικῶν μηχανῶν διὰ τριβῆς ταχέως ἐτελειοποιήθη καὶ ἡ ἐκ θεῖου σφαῖρα ἀντικατεστάθη μὲ ὑάλινον στρεφόμενον δίσκον. Μία ἐκ τῶν ἀρχαιοτέρων ἡλεκτρικῶν συσκευῶν εἶναι ὁ πυκνωτής, ὑπὸ τὴν μορφήν τῆς αλουγδουνικῆς λαγῆνου». Ὁ πυκνωτής ἀνεκαλύφθη ὅλως τυχαίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὁποῖος, προσπαθῶν νὰ ἡλεκτρίσῃ μίαν ὑαλίνην φιάλην πλήρη ὕδατος, ἐδέχθη τὴν ἐκκένωσιν τοῦ σχηματισθέντος πυκνωτοῦ. Ὁ Ἀμερικανὸς Φραγκλῖνος (1706—1790) παρεδέχθη τὴν προηγουμένως διατυπωθεῖσαν γνώμην ὅτι ὁ κεραυνὸς εἶναι ἡλεκ-

τρικὸς σπινθὴρ μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. Ἡ συστηματικὴ ὁμῶς ἔρευνα τῶν ἡλεκτρικῶν φαινομένων καὶ ἡ ἀνακάλυψις τῶν νόμων, οἱ ὅποιοι διέπουν τὰ φαινόμενα ταῦτα ἤρchiσεν μόνον ἀπὸ τὰς ἀρχὰς τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἐκτοτε ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ὑπῆρξεν ταχυτάτῃ καὶ καταπληκτικῇ, παρὰ τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ διεσαφηνίσθη μόλις κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας τοῦ αἰῶνος μας.

2. Πρὸς τὴν πυρηνικὴν Φυσικὴν.—Πρὶν ἀκόμη γνωρίσωμεν τί εἶναι ὁ ἡλεκτρισμὸς, τὸν ἐξεμεταλλεύθημεν ἐντατικώτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς. Αἱ πειραματικαὶ καὶ θεωρητικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ἀπεκάλυψαν κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους ὅτι ὁ ἡλεκτρισμὸς εἶναι στενώτατα συνυφασμένος μὲ τὴν ὕλην. Οὕτω κατωρθώθη νὰ δοθῇ πλήρης ἐρμηνεία εἰς ὅλα τὰ γνωστὰ ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα καὶ

ἐπὶ πλέον νὰ ἐρμηνευθῇ ἡ παραγωγή τῶν ἀκτινοβολιῶν ὑπὸ τῆς ὕλης. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα διήνοιξεν τὴν ὁδὸν πρὸς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν κατ' ἀρχάς καὶ πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν βραδύτερον. Οἱ δύο οὗτοι νεώτατοι κλάδοι τῆς Φυσικῆς ἐξελίσσονται σήμερον ραγδαίως. Ἡ μεταστοιχείωσις, τὴν ὁποίαν ἐπεδίωκον ματαίως οἱ ἀλχημισταί, ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιτυγ-



Δημόκριτος



Μαρία καὶ Πέτρος Κιουρί

χάνομεν ἐπιθυμητὰς τροποποιήσεις τῆς συστάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου. Ἡ βαθυτέρα γνῶσις τῶν φαινομένων τοῦ ἡλεκτρισμοῦ μᾶς διήνοιξεν τὴν λεωφόρον πρὸς τὴν βαθυτέραν γνῶσιν τῆς συστάσεως καὶ τῆς ἐξελίξεως τῆς ὕλης καὶ ἐπὶ πλέον μᾶς διήνοιξεν ἓν ἀπέραντον πεδίον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὁποῖαι ἥλλαξαν τὸν ρυθμὸν τῆς ζωῆς τῶν ἀνθρώπων.

3. Ἡ πρόοδος τῆς Φυσικῆς.—Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰργάσθησαν διάφοροι φυσικοί, ἀνήκοντες εἰς ὅλους τοὺς πολιτισμένους λαούς. Ἀπὸ τὴν διεθνῇ ἀνταλλαγῇ 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 ὁποῖον ἀποτελεῖ τὴν ὑψίστην ἀναγνώρισιν τῆς ἀξίας ἐνὸς ἐπιστημονικοῦ ἔργου.

1901	W. Röntgen Ἀκτῖνες X	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1902	H. Lorentz καὶ P. Zeeman Ἡλεκτροοπτική καὶ θεωρία ἡλεκτρονίων	ΟΛΛΑΝΔΙΑ
1903	H. Becquerel, P. καὶ M. Curie Ραδιενέργεια	ΓΑΛΛΙΑ
1903	S. Arrhenius Ἡλεκτρώλυσις	ΣΟΥΗΔΙΑ
1904	J. Rayleigh καὶ W. Ramsay Εὐγενῆ ἀέρια	ΑΓΓΛΙΑ
1905	P. Lenard Καθοδικαὶ ἀκτῖνες	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1906	J. Thomson Ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων	ΑΓΓΛΙΑ
1907	A. Michelson Ὀπτικαὶ μετρήσεις ἀκριβείας	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1908	E. Rutherford Ραδιενέργεια, πρώτη τεχνητὴ μεταστοι- χείωσις	ΑΓΓΛΙΑ
1908	G. Lippmann Ἐγχρωμος φωτογραφία ἐπὶ τῇ βάσει τῆς συμβολῆς	ΓΑΛΛΙΑ
1909	C. Braun Ἀσύρματος τηλεγραφία	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1909	G. Marconi Ἀσύρματος τηλεγραφία	ΙΤΑΛΙΑ
1910	Van der Waals Ἐξίσωσις καταστάσεως ἀερίων	ΟΛΛΑΝΔΙΑ
1911	W. Wien Θερμικὴ ἀκτινοβολία	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1911	Marie Curie Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ ραδίου	ΓΑΛΛΙΑ
1912	N. Dalen Τεχνικὴ τοῦ φωτισμοῦ	ΣΟΥΗΔΙΑ

1913	H. Kamerlinch Onnes Χαμηλαί θερμοκρασίαι. Ύγροποίησις τοῦ ἡλίου.	ΟΛΛΑΝΔΙΑ
1914	M. Von Laue Κατασκευὴ τῶν κρυστάλλων	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1915	W. H. Bragg καὶ W. L. Bragg Παράθλασις ἀκτίνων X διὰ τῶν κρυσταλλικῶν πλεγμάτων.	ΑΓΓΛΙΑ
1917	C. Barkla Χαρακτηριστικὴ ἐκπομπὴ ἀκτίνων X τῶν στοιχείων.	ΑΓΓΛΙΑ
1918	M. Planck Θεωρία τῶν κβάντα	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1919	J. Stark Συμπεριφορὰ τῶν φασματικῶν γραμμῶν ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου.	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1920	W. Nerst Θερμοχημεῖα. Τρίτον θερμοδυναμικὸν ἀξίωμα.	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1920	C. Guillaume Μετρήσεις ἀκριβείας ἐπὶ τῶν κραμάτων.	ΓΑΛΛΙΑ
1921	A. Einstein Θεωρία σχετικότητος. Ἰσοδυναμία μάζης καὶ ἐνεργείας.	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1921	F. Soddy Ἰσότοπα	ΑΓΓΛΙΑ
1922	N. Bohr Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου	ΔΑΝΙΑ
1922	F. Aston Φασματογραφία τῶν μαζῶν, διαχωρισμὸς τῶν ἰσοτόπων.	ΑΓΓΛΙΑ
1923	F. Pregl Μικροἀλύσις ὀργανικῶν ἐνώσεων.	ΑΥΣΤΡΙΑ
1923	R. Millikan Στοιχειῶδες κβάντουμ	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ

1924	K. Siegbahn Φασματοσκοπία τῶν ἀκτίνων X	ΣΟΥΗΔΙΑ
1925	J. Frank καὶ G. Hertz Κροῦσις ἡλεκτρονίου καὶ ἀτόμου.	GERMANIA
1925	R. Zsigmondy Ἔρευνα κολλοειδῶν. Ὑπερμικροσκοπίον.	ΑΥΣΤΡΙΑ
1926	J. Perrin Μοριακὴ Φυσικὴ	ΓΑΛΛΙΑ
1926	T. Svedberg Μοριακὴ Φυσικὴ	ΣΟΥΗΔΙΑ
1927	C. Wilson Ἀτομικὴ Φυσικὴ.	ΑΓΓΛΙΑ
1927	A. Compton Κροῦσις φωτονίου καὶ ἡλεκτρονίου.	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1928	O. Richardson Θερμοῖόντα.	ΑΓΓΛΙΑ
1929	Louis de Broglie Ὑλικά κύματα.	ΓΑΛΛΙΑ
1930	C. Raman Διάχυσις τοῦ φωτὸς ὑπὸ τῶν μορίων.	ΙΝΔΙΑΙ
1932	W. Heisenberg Κβαντομηχανικὴ	GERMANIA
1932	J. Langmuir Ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι, ὑψηλὸν κενόν.	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1933	P. Dirac Κβαντομηχανικὴ	ΑΓΓΛΙΑ
1933	E. Schrödiger Κυματομηχανικὴ	ΑΥΣΤΡΙΑ
1934	H. Urey Βαρὺ ὕδρογόνον.	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1935	Irene Joliot—Curie καὶ F. Joliot Τεχνητὴ ραδιενέργεια.	ΓΑΛΛΙΑ
1935	J. Chadick Νετρόνιον	ΑΓΓΛΙΑ
1936	V. Hess Ὑψηλὴ ἀκτινοβολία	ΑΥΣΤΡΙΑ

1936	C. Anderson Ἀνακάλυψις τοῦ ποζιτρονίου εἰς τὰς κοσμικὰς ἀκτῖνας.	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1936	P. Debye Θεωρία τῶν κβάντα, κρυσταλλικὴ δομὴ.	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1937	G. Thomson Συμβολὴ ἤλεκτρονίων	ΑΓΓΛΙΑ
1937	C. Davisson Κίνησις ἤλεκτρονίου	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1938	E. Fermi Νετρίνο	ΙΤΑΛΙΑ
1939	E. Lawrence Κυκλοτρόνιον	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1943	O. Stern Μοριακαὶ ἀκτῖνες	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1944	O. Hahn Πυρηνικὴ Φυσικὴ	ΓΕΡΜΑΝΙΑ
1944	I. Rabi Πυρηνικὴ Φυσικὴ	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1945	W. Pauli Δομὴ τοῦ ἀτόμου	ΑΥΣΤΡΙΑ
1946	P. Bridgman Φυσικὴ τῶν ὑψηλῶν πιέσεων	Η. ΠΟΛΙΤΕΙΑΙ
1947	E. Appleton Ἴονόσφαιρα	ΑΓΓΛΙΑ
1948	P. Blackett Ποζιτρόνια, Μεσοτρόνια	ΑΓΓΛΙΑ
1949	H. Yukawa Μεσοτρόνια	ΙΑΠΩΝΙΑ
1950	C. Powell Φωτογραφία Μεσοτρονίων	ΑΓΓΛΙΑ

ΣΥΝΤΟΜΟΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΙ

ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ, ΟΙ ΟΠΟΙΟΙ ΗΣΧΟΛΗΘΗΣΑΝ ΜΕ ΘΕΜΑΤΑ
ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΕΙΣ ΤΟΝ ΠΑΡΟΝΤΑ ΤΟΜΟΝ

AMPÈRE (1775—1836). Γάλλος φυσικός καὶ μαθηματικός. Ἀνεκάλυψεν τοὺς νόμους τῆς ἀμοιβαίας δράσεως τῶν μαγνητῶν καὶ τῶν ρευμάτων καὶ ὑπέγαγε τὸν μαγνητισμὸν εἰς τὸν ἡλεκτρισμὸν θεωρήσας τοὺς μαγνήτας ὡς ἄθροισμα στοιχειωδῶν σωληνοειδῶν.

ARAGO (1756—1853). Γάλλος φυσικός καὶ ἀστρονόμος. Ἠσχολήθη μὲ τὸν ἡλεκτρομαγνητισμὸν καὶ κυρίως μὲ τὴν ὀπτικήν. Ὑποστηρικτὴς τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων ἐβοήθησε διὰ τὴν ἐπικράτησίν της.

BECQUEREL (1852—1908). Γάλλος φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὴν ραδιενέργειαν.

BOHR (γενν. 1883). Δανὸς φυσικός. Διετύπωσε ὑπόδειγμα τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου τῆς ὕλης, τὸ ὁποῖον συνεπλήρωσεν ἀργότερον ὁ Γερμανὸς φυσικός Sommerfeld.

BROGLIE (Louis). Σύγχρονος Γάλλος θεωρητικὸς φυσικός. Ἰδρυτὴς τῆς περιφήμου κυματομηχανικῆς, ἡ ὁποία συνενώνει εἰς μίαν θεωρίαν τὰς δύο περὶ φωτὸς θεωρίας τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῶν κυμάτων.

ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ (1564—1642). Ἰταλὸς μαθηματικός, φυσικός καὶ ἀστρονόμος. Κατεσκεύασεν τὸ 1609 τὴν πρώτην διόπτραν, μὲ τὴν ὁποίαν ἐξέτελεσεν διαφόρους ἀστρονομικὰς παρατηρήσεις.

COULOMB (1736—1806). Γάλλος φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὸν εὐαίσθητον ζυγὸν στρέψεως, μὲ τὸν ὁποῖον κατάρθωσε νὰ διατυπώσῃ τοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰς μαγνητικὰς καὶ ἡλεκτρικὰς ἐλξεις καὶ ἀπώσεις. Ἐμελέτησεν τοὺς νόμους τῆς τριβῆς καὶ τῆς ἐλαστικότητος.

CROOKES (1822—1919). Ἀγγλὸς φυσικός καὶ χημικός. Ἐφεύρεν τὸ ἀκτινόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν τῶν ἀκτινοβολιῶν καὶ ἐμελέτησεν τὴν ἐκκένωσιν ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων.

CURIE. Πέτρος Κιουρί (1859—1906). Γάλλος φυσικός καὶ χημικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ φαινόμενα τοῦ πιεζοηλεκτρισμοῦ, ἐσπούδασε τὰς μαγνητικὰς ιδιότητες τῶν σωμάτων εἰς διαφόρους θερμοκρασίας καὶ ἐν συνεργασίᾳ μὲ τὴν σύζυγόν του ἐμελέτησεν τὴν ραδιενέργειαν.

Μαρία Κιουρί (1867—1924). Πολωνικῆς καταγωγῆς

ἔζησεν εἰς Γαλλίαν. Αἱ ἐργασίαι τῆς ἐπὶ τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων παραμένουν μνημειώδεις.

EINSTEIN (1879—1955). Γερμανὸς φυσικός. Ἰδρυτὴς τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος, εἰσήγαγεν τὴν ἔννοιαν τοῦ φωτονίου διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

FARADAY (1791—1867). Ἀγγλος φυσικός καὶ χημικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα καὶ τοὺς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

FERMI. Σύγχρονος Ἰταλὸς φυσικός. Πρῶτος παρατήρησεν ὅτι τὰ ἄτομα τοῦ οὐρανίου, βομβαρδιζόμενα μὲ νετρόνια, διασπῶνται εἰς δύο νέα ἄτομα.

FOUCAULT (1819—1868). Γάλλος φυσικός. Ἐμέτρησεν τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς διαφόρων διαφανῶν μέσων καὶ ἐσπούδασε τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ σιδήρου τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἐτελειοποίησεν πολλὰ ὀπτικά ὄργανα καὶ ἰδιαιτέρως τὸ τηλεσκόπιον.

FRESNEL (1788—1827). Γάλλος φυσικός. Ἐξετέλεσεν ὥραιότατα πειράματα καὶ διετύπωσεν ἐρμηνείας τῶν φαινομένων τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως, τῆς πολώσεως καὶ τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων.

GAUSS (1777—1855). Γερμανὸς μαθηματικός, φυσικός καὶ ἀστρονόμος. Ἐσπούδασεν ἰδιαιτέρως τὰ μαγνητικὰ καὶ ἠλεκτρικὰ πεδία.

HENRY (1799—1878). Ἀμερικανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὰ ρεύματα ἐξ αὐτεπαγωγῆς.

HERTZ (1857—1894). Γερμανὸς μηχανικός. Ἀπεκάλυψεν πειραματικῶς τὴν ὑπαρξίν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων καὶ ἐμελέτησε τὴν διάδοσιν αὐτῶν.

HUYGENS (1629—1695). Ὁλλανδὸς φυσικός, γεωμέτρης καὶ ἀστρονόμος. Ἐμελέτησεν τὴν διάθλασιν καὶ τὴν παράθλασιν τοῦ φωτὸς. Διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάτων διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.

JOULE (1818—1889). Ἀγγλος φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τοὺς νόμους, οἱ ὅποιοι διέπουν τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν τῶν διαρρεομένων ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

KAPTEZSIOS (1596—1650). Γάλλος φιλόσοφος, μαθηματικός καὶ φυσικός. Διετύπωσεν τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

LAPLACE (1749—1827). Γάλλος μαθηματικός καὶ ἀστρονόμος. Ἠσχολήθη μὲ διάφορα θέματα τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

LENZ (1804—1865). Ρώσος φυσικός. Ἠσχολήθη μὲ θέματα τοῦ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ καὶ διετύπωσεν τὸν νόμον σχετικῶς μὲ τὴν φορὰν τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.

MAXWELL (1831—1879). Ἀγγλος φυσικός καὶ μαθηματικός. Διετύπωσεν τὴν περίφημον ἡλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός.

NEWTON (1642—1727). Ἀγγλος μαθηματικός, φυσικός, ἀστρονόμος καὶ φιλόσοφος. Διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς διὰ τὴν ἐρμηνεῖαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων καὶ ἀπέδειξεν ὅτι τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύνθετον.

OERSTED (1777—1851). Δανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

OHM (1787—1854). Γερμανὸς φυσικός. Διετύπωσεν τὸν νόμον τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἑνὸς ἀγωγοῦ.

PLANCK (1858—1947). Γερμανὸς φυσικός. Διετύπωσεν τὴν περίφημον θεωρίαν τῶν κβάντα, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τοὺς νόμους τῆς ἐκπομπῆς τῆς ἀκτινοβολίας ὑπὸ τῆς ὕλης.

ROENTGEN (1845—1923). Γερμανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὰς ἀκτίνες, αἱ ὁποῖαι φέρουν τὸ ὄνομά του.

RUHMKORFF (1803—1877). Γερμανὸς κατασκευαστὴς ὀργάνων Φυσικῆς, ζήσας ἐν Γαλλίᾳ. Κατεσκεύασε τὸ πρῶτον ἐπαγωγικὸν πηνίον, τὸ ὁποῖον ἐπενόησεν ὁ Masson.

RUTHERFORD (1871—1937). Ἀγγλος φυσικός. Πρῶτος ἐπέτυχε νὰ βομβαρδίσῃ μὲ σωματίδια α τὰ ἄτομα τοῦ ἀζώτου καὶ νὰ ἐπιτύχῃ τὴν πρώτην τεχνητὴν μεταστοιχειώσιν.

VOLTA (1754—1827). Ἰταλὸς φυσικός. Ἐφευρὲν τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον, τὸ ὁποῖον φέρει τὸ ὄνομά του.

WHETSTONE (1802—1875). Ἀγγλος φυσικός. Κατεσκεύασεν τὸ 1838 τὴν πρώτην ἡλεκτρικὴν τηλεγραφικὴν συσκευὴν, ἐτελειοποίησεν τὸ στερεοσκόπιον, ἐφευρε τὸν ροοστάτην κ.ἄ.

YOUNG (1773—1829). Ἀγγλος φυσικός, ἱατρὸς καὶ ἀρχαιολόγος. Ἀνεκάλυψεν τὴν ἱκανότητα προσαρμογῆς τοῦ χρυσταλλώδους φακοῦ καὶ ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, πραγματοποιήσας φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός.

Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

Π Ι Ν Α Κ Ε 1

Ειδική αντίστασις εις $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ (θερμοκρασία 20°C)

Σώμα	Ειδ. αντίστασις	Συντελεστής θερμοκρασίας (α)
Άργυρος	1,62	$36 \cdot 10^{-4}$
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 . »
Μαγγάνη	44,00	0,1 . »
Κοιισταντάν	50,00	0,1 . »
Άνθραξ άποστακτήρων	60,00	— —
Υδράργυρος	95,78	9 . »

Π Ι Ν Α Κ Ε 2

Διηλεκτρική σταθερά

Άήρ.....	1
Χάρτης παραφινωμένος	2
Έβονίτης	2,8
Ήλεκτρον.....	2,8
Ξύλον	2—8
Χαλαζίας	4,5
Παραφινέλαιον.....	4,7
Υαλος	5—10
Μαρμαρυγίας	6
Πορσελάνη.....	6
Οινόπνευμα.....	26
Υδωρ	81

Π Ι Ν Α Ε 3

Ήλεκτρικαί μονάδες

Π ο σ ό ν	Μ ο ν ά ς	Σχέσις μεταξύ μονάδων
Φορτίον	1 ΗΣ — μονάς	
»	1 Coulomb (Cb)	1 Cb = $3 \cdot 10^9$ ΗΣ—μονάδες
»	1 άμπερώριον (Ah)	1 Ah = 3600 Cb
Δυναμικόν	1 ΗΣ — μονάς	
»	1 Volt (V)	1 V = $1/300$ ΗΣ—μονάδες
Χωρητικότητα	1 ΗΣ — μονάς	
»	1 Farad (F)	1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ΗΣ—μονάδες
»	1 microfarad (μF)	1 μF = 10^{-6} F
Ένταση	1 Ampère (A)	
Έντιστάσις	1 Ohm (Ω)	
»	1 microhm (μΩ)	1 μΩ = 10^{-6} Ω
Ένταση μαγνητικού πεδίου	1 Gauss	
Μαγνητική ροή	1 Maxwell	
Αύτεπαγωγή	1 Henry (H)	

Π Ι Ν Α Ε 4

Γενικά φυσικά σταθεράι

Ταχύτης φωτός	$V = 2,99776 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Φορτίον ηλεκτρονίου	$e = 1,6020 \cdot 10^{-19}$ Coulomb
Μάζα ηλεκτρονίου	$m = 9,1066 \cdot 10^{-28}$ gr
Μάζα πρωτονίου	$M_p = 1,67248 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα νετρονίου	$M_n = 1,67507 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα ατόμου ύδρογόνου	$M_h = 1,6734 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα σωματιδίου α	$M_\alpha = 6,6442 \cdot 10^{-24}$ gr
Λόγος μάζης πρωτονίου πρός μάζαν ηλεκτρονίου	1836,5
1 μονάς ατομικής μάζης	(amu) = $1,66 \cdot 10^{-24}$ gr
Σταθερά του Planck	$h = 6,624 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.
Σταθερά τελείων αερίων	$R = 8,31436 \cdot 10^7$ C.G.S.
Σταθερά παγκοσμίου έλξεως	$k = 6,67 \cdot 10^{-8}$ C.G.S.
Άριθμός του Agogadro	$N_A = 6,0228 \cdot 10^{23}$ μόρια/mol
Άριθμός του Loschmidt	$N_L = 2,687 \cdot 10^{19}$ μόρια/cm ³

Π Ι Ν Α Κ Σ

Σχέσεις μεταξύ των μονάδων του αγγλοσαξωνικού συστήματος
και του συστήματος μονάδων C. G. S.

Μ ή κ ο ς

1 Ίντσα (in)	= 2,540	cm
1 πούς (ft)	= 30,48	cm
1 μίλιον (mi)	= 5280	ft
1 μίλιον (mi)	= 1609	m

Μ ᾱ ζ α

1 χιλιόγραμμα (kgr)	= 2,205	πάουντ (lb)
---------------------	---------	-------------

Τ α χ ύ τ η ς

1 mi/h	= 44,7	cm/sec
1 ft/sec	= 30,48	cm/sec

Δ ύ ν α μ ι ς

1 λίμπρα (lb)	= 4,45 · 10 ⁶	dyn
---------------	--------------------------	-----

Π ί ε σ ι ς

1 ατμόσφαιρα (atm)	= 14,7	lb/in ²
1 lb/in ²	= 69,87	dyn/cm ²

*Εργον—Ενέργεια

1 πούς—λίμπρα (ft-lb)	= 1,356	Joule
» »	= 0,3239	cal
1 cal	= 3,087	ft-lb

Ί σ χ ύ ς

1 Ίππος (HP)	= 746	Watt
»	= 550	ft-lb/sec

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

Α'. Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν.

π, π'	ἀποστάσεις ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἢ τὸν φακόν.
R, R'	ἀκτὺς καμπυλότητος σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ.
φ	ἐστιακὴ ἀπόστασις σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ.
A, E	μεγέθη ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου.
E/A	γραμμικὴ μεγέθυνσις κατόπτρου ἢ φακοῦ.
π	γωνία προσπτώσεως.
δ	γωνία διαθλάσεως.
ν	δείκτης διαθλάσεως ἢ συχνότης.
I	ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς.
Φ	φωτεινὴ ροή.
P	ἰσχύς φακοῦ ἢ μικροσκοπίου.
M	μεγέθυνσις μικροσκοπίου καὶ τηλεσκοπίου.
ν	ταχύτης τοῦ φωτός.
λ	μῆκος κύματος ἀκτινοβολίας.

Β'. Ἐξισώσεις τῆς Ὀπτικῆς.

Σφαιρικὰ κάτοπτρα $\varphi = R/2 \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi \quad E/A = \pi'/\pi$

Κοίλα κάτοπτρα :

εἰδῶλον πραγματικὸν $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$

εἰδῶλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$

Κυρτὰ κάτοπτρα :

εἰδῶλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$

Διάθλασις τοῦ φωτός $\nu = \eta\mu\pi / \eta\mu\delta \quad \nu = \nu_1 / \nu_2$

ν_1 καὶ ν_2 αἱ ταχύτητες τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ σήματα.

Ὅρικὴ γωνία (φ) $\eta\mu\varphi = 1/\nu$

Πρίσματα $\nu = \eta\mu\pi_1 / \eta\mu\delta_1 \quad \nu = \eta\mu\pi_2 / \eta\mu\delta_2 \quad A = \delta_1 + \delta_2$
 $E = \pi_1 + \pi_2 - A$

A ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος καὶ E ἡ γωνία ἐκτροπῆς.

Λεπτὰ πρίσματα $E = A \cdot (\nu - 1)$

Ἐλαχίστη ἐκτροπή $(E_{ελ}) \quad \pi_1 = \pi_2 \quad \delta_1 = \delta_2 \quad A = 2\delta_1$
 $v = \eta\mu \pi_1 / \eta\mu \delta_1 \quad E_{ελ} = 2\pi_1 - A$

Συνθήκη ἐξόδου τῆς ἀκτῖνος ἐκ τοῦ πρίσματος $A \leq 2\varphi$

φ ἡ ὀριζή γωνία διὰ τὸ πρῖσμα.

Φακοί :

- 1) ἐστιακὴ ἀπόστασις $1/\varphi = (v-1) \cdot (1/R + 1/R')$
- 2) θέσις εἰδώλου $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 3) μεγέθυνσις φακοῦ $E/A = \pi'/\pi$
- 4) ἰσχὺς φακοῦ $P = 1/\varphi$

Ἰσχὺς ὁμοαξονικοῦ συστήματος φακῶν εὐρισκομένων εἰς ἐπαφὴν
 $1/\varphi = 1/\varphi_1 + 1/\varphi_2 + 1/\varphi_3$

Συγκλίνοντες φακοί :

- 1) εἶδωλον πραγματικὸν $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 2) εἶδωλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$

Ἀποκλίνοντες φακοί :

εἶδωλον φανταστικὸν $1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$

Φαινομένη διάμετρος (α) ἀντικειμένου $\alpha = AB/OA$

AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ OA ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν.

Ἀπλοῦν μικροσκόπιον :

- 1) ἰσχὺς (P) $P = 1/\varphi$ ἢ $P = \alpha/AB$
- 2) μεγέθυνσις (M) $M = 1 + \delta/\varphi$ ἢ $M = \delta/\varphi$

α ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ εἰδώλου, AB τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ.

Σύνθετον μικροσκόπιον :

- 1) ἰσχὺς (P) $P = \frac{l}{\varphi_\pi \cdot \varphi_\alpha}$
- 2) μεγέθυνσις (M) $M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_\pi \cdot \varphi_\alpha}$

φ καὶ φ_α αἱ ἐστιακαὶ ἀποστάσεις προσοφθαλμίου καὶ ἀντικειμενικοῦ, l ἡ μεταξὺ των ἀποστάσις καὶ δ ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Μεγέθυνσις (Μ) τηλεσκοπίου

$$M = \varphi_{\alpha} / \varphi_{\pi}$$

Φωτομετρία :

$$1) \text{ ὀλική φωτεινὴ ροὴ (} \Phi_{\text{ολ}} \text{) πηγῆς } \Phi_{\text{ολ}} = 4\pi \cdot I$$

$$I \text{ ἡ ἔντασις τῆς πηγῆς καὶ } \pi = 3,14$$

$$2) \text{ φωτισμὸς (} E \text{) ἐπιφανείας } E = I^2 / R \cdot \text{ συν } \alpha$$

R ἡ ἀπόστασις τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν
καὶ α ἡ γωνία προσπτώσεως τῶν ἀκτίνων.

$$3) \text{ Μέτρησις ἐντάσεως } I_A : I_B = R_A^2 : R_B^2$$

R_A καὶ R_B αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ἐξ
ἴσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

Ίσοδυναμία φωτεινῆς ροῆς καὶ μηχανικῆς ἰσχύος. 1 Lumen = 0,01 Watt

Ἐξίσωσις κυμάτων

$$V = \nu \cdot \lambda$$

Ἐνέργεια φωτονίου

$$q = h \cdot \nu$$

ν ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας, h ἡ σταθερὰ τοῦ Planck καὶ q ἡ
ἐνέργεια τοῦ φωτονίου.

ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

Α'. Φυσικά μεγέθη καὶ σύμβολα αὐτῶν.

m	ποσότης μαγνητισμοῦ ἢ μαγνητικὴ μᾶζα
α	ἀπόστασις
σ	ἐπιφάνεια
H	ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου
Φ	μαγνητικὴ ροή
ΔΦ	μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς
F	δύναμις
Q, q	ἡλεκτρικὸν φορτίον
E	ἐντασις ἡλεκτρικοῦ πεδίου
U	δυναμικόν, διαφορὰ δυναμικοῦ, τάσις
C	χωρητικότης
W	ἔργον, ἐνέργεια
P	ἰσχὺς

t	χρόνος
I	έντασις ρεύματος
l	μῆκος
R	ἀντίστασις
r	ἀκτίς σφαίρας, ἐσωτερική ἀντίστασις γεννητρίας
E	ἠλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας
E'	ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις ἀποδέκτου
L	συντελεστής αὐτεπαγωγῆς.

Β'. *Εξιιώσεις τοῦ Μαγνητισμοῦ.

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = m_1 \cdot m_2 / \alpha^2$
Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου	$H = F/m$
Μαγνητική ροή	$\Phi = \sigma \cdot H$

Γ'. *Εξιιώσεις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / \alpha^2$
K ἡ σταθερά τοῦ Coulomb ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ διηλεκτρικοῦ.	
Ἔντασις ἠλεκτρικοῦ πεδίου	$E = F/q$ ἢ $E = Q/\alpha^2$
Q τὸ φορτίον τὸ παράγον τὸ πεδίον, q τὸ φορτίον τὸ φερόμενον εἰς ἀπόστασιν α ἀπὸ τὸ φορτίον Q καὶ F ἡ δύναμις ἡ ἐνεργοῦσα ἐπὶ τοῦ φορτίου q.	
Ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν ἠλεκτρικοῦ φορτίου	$W = Q \cdot (U_1 - U_2)$
Χωρητικότης ἀγωγοῦ	$C = Q/U$
Δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἀκτίνος r	$U = Q/r$
Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ	$W = Q \cdot U / 2 = C \cdot U^2 / 2 = Q^2 / 2C$
Ἔντασις τοῦ ρεύματος	$I = Q/t$
Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ	$U = I \cdot R$
Ἀντίστασις ἀγωγοῦ	$R = \rho \cdot l / \sigma$
ρ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου	
Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας $R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$	
R ₀ ἡ ἀντίστασις εἰς 0°C, α ὁ θερμοκρ. συντελεστής ἀντιστάσεως καὶ θ ἡ θερμοκρασία.	

Σύνδεσις ἀντιστάσεων :

κατὰ σειρὰν

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

παράλληλως

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Ἐνέργεια ἡλεκτρικοῦ ρεύματος

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \text{ἢ} \quad W = I^2 \cdot R \cdot t$$

Ἴσχυς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος

$$P = U \cdot I \quad \text{ἢ} \quad P = I^2 \cdot R$$

Νόμος τοῦ Joule

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$$

Q ἡ ποσότης θερμότητος εἰς θερμίδας (cal)

Ἴσχυς γεννητρίας

$$P = E \cdot I$$

Ἴσχυς 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) διαφορά δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας $U = E - I \cdot r$

Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν :

1) σύνδεσις κατὰ σειρὰν

$$\nu \cdot E = I \cdot (R + \nu \cdot r)$$

2) παράλληλος σύνδεσις

$$\nu \cdot E = I \cdot (\nu \cdot R + r)$$

Νόμος ἡλεκτρολύσεως

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{\nu} \cdot I \cdot t$$

A/ν τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ m ἡ ἀποτιθεμένη μᾶζα τοῦ στοιχείου

Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος :

1) εὐθύγραμμος ἀγωγὸς

$$H = \frac{2I}{10\alpha}$$

2) σωληνοειδὲς

$$H = \frac{4\pi}{10} \cdot \nu \cdot I$$

ν ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους τοῦ σωληνοειδοῦς.

Δύναμις ἀσκουμένη ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος $F = \frac{1}{10} \cdot I \cdot H \cdot l$

Ἐπαγωγικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις $E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t}$

Ἡλεκτρεγερτική δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς $E = L \cdot \frac{\Delta I}{t}$

Ἐναλλασσόμενον ρεῖμα :

στιγμιαία τάσις

$$U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

στιγμιαία ἔντασις

$$I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

ἐνεργὸς τάσις

$$U_{\text{εν}} = 0,707 \cdot U_0$$

ἐνεργὸς ἔντασις

$$I_{\text{εν}} = 0,707 \cdot I_0$$

Μετασχηματιστής

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

$$U_2 : U_1 = v_2 : v_1$$

$$I_1 : I_2 = v_2 : v_1$$

v_1 καὶ v_2 αἱ σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος (U_1, I_1) καὶ τοῦ δευτερεύοντος (U_2, I_2) κυκλώματος.

Πυκνωτής :

1) φορτίον πυκνωτοῦ

$$Q = C \cdot U$$

2) χωρητικότης πυκνωτοῦ

$$C = k \frac{\sigma}{4\pi \cdot \epsilon}$$

ϵ τὸ πάχος τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ $\pi = 3,14$

3) ἐνέργεια πυκνωτοῦ $W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$

4) παράλληλος σύνδεσις πυκνωτῶν $C = C_1 + C_2 + C_3$

5) σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειρὰν $1/C = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$

6) ἔντασις ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου $E = U/l$

l ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν

Περίοδος ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{L \cdot C}$$

Συνθήκη συντονισμοῦ δύο κυκλωμάτων ταλαντώσεων $L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$

Νετρόνια τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος

$$N = A - Z$$

A ἀτομικὴ μᾶζα, Z ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου ἐμφαίνων καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος, N ἀριθμὸς νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

Ἀρχὴ ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας $W = m \cdot V^2$

m μᾶζα ἀφυλοποιουμένη, V ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, W ἡ ἰσοδύναμος ἐνέργεια.

(Οἱ ἀριθμοὶ παραπέμπουν εἰς τὰς σελίδας)

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Ε

εἰδικὴ ἀντίστασις	177
εἶδωλον	26
ἐκλείψεις	18
ἐκτροπὴ σφαιρικὴ	41, 69
» ἀστιγματικὴ	41, 69
» χρωματικὴ	69
ἐλαχίστη ἐκτροπὴ	53
ἐλεύθερα ἠλεκτρονία	168
ἐναλλακτῆρες	230
ἐναλλασσόμενον ρεῦμα	232
ἐνεργὸς ἔντασις	234
» τάσις	235
ἐντασις ρεύματος	113
ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς	100
ἐπαγωγεὺς	226
ἐπαγωγικὰ ρεύματα	219
ἐπαγωγικὸν πηλὸν	240
ἐπαγωγίμον	226
ἐπιμετάλλωσις	200
ἐπίπεδον πολώσεως	114
» κραδασμῶν	114
ἐστιακὴ ἀπόστασις	32, 38, 60
ἐστιακὸν ἐπίπεδον	33, 60
ἐσωτερικὴ ἀντίστασις	189

Η

ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις	188
ἠλεκτρικαὶ μηχαναὶ	226
» ταλαντώσεις	267
ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις	248
» κῆμινος	189
ἠλεκτρικὸν πεδίον	157
ἠλεκτρικὸν ρεῦμα	170
» δίπολον	272
» φορτίον	154
ἠλεκτρικὸς κώδων	210
» συσσωρευτῆς	201
ἠλεκτρόλυσις	195
ἠλεκτρολυτικὴ διάστασις	196
ἠλεκτρομαγνητῆς	209
ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία	275

ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίον	273
ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	261
ἠλεκτρόνιον	167
ἠλεκτροσκοπίον	154
ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον	199
ἡμιτονουεῖδες ρεῦμα	232

Θ

θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων	254
θερμικὰ ὄργανα	217
θάλαμος Wilson	299
θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις	204
θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα	204
» στοιχεῖον	204
θεωρία ἐκπομπῆς	107
» κυμάνσεων	107
» κβάντα	130
» ἠλεκτρομαγνητικὴ	108

Ι

ιονισμὸς ἀερίου	253
ιόντα	168, 197
ισότοπα στοιχεῖα	293
ἰσχύς ἀποδέκτου	191
» γεννητρίας	188
» ρεύματος	183
» φακοῦ	68
» μικροσκοπίου	79
ιονόσφαιρα	263

Κ

κάθοδικαὶ ἀκτῖνες	250
κάθοδος	172, 248, 256
κάτοπτρα	24
κεραυνὸς	264
κηρίον	101
κινητῆρες	228, 232
κοσμικὴ ἀκτινοβολία	263, 298
Coulomb	155
κυκλικὴ συχνότης	233
κύκλωμα	174

κυρία ἑστία	31, 60
κύριος ἄξων	30
κύτταρον σεληνίου	179
κροσσοὶ συμβολῆς	109
κρυσταλλικὸς φωρατῆς	270

Λ

λαμπτήρ ἡλεκτρικὸς	185
Lumen	101
Lux	102

Μ

μαγνητόφωνον	286
μαγνητικὴ ἀπόκλισις	146
» διαπερατότης	209
» ἔγκλισις	147
» ἐπαγωγὴ	209
» θύελλα	150
» ροή	145
μαγνητικὸν δίπολον	141
» πεδίων	143, 206
» φάσμα	142
Maxwell	146
μεγάφωνον	213
μεγέθυνσις γραμμικὴ	35, 62
μεσοτρόνια	302
μεταστοιχείωσις	295
μετασχηματισταὶ	238
μετρητὴς Geiger	298
μηχανικὸν ἰσοδύναμον φωτὸς	106
μικροκύματα	280
μικροσκόπιον	78, 81
μικρόφωνον	212
μικροφωτογραφία	84
μονοφασικὸν ρεῦμα	232
μυωπία	74

Ν

ναυτικὴ πυξίς	150
νετρόνιον	291

νόμοι ἀνακλάσεως	24
» ἡλεκτρολύσεως	198
» φωτισμοῦ	103
νόμος Joule	184
» Coulomb	140, 155
» Laplace	215
» Ohm	176, 190
» Stokes	129
» Rayleigh	132
» Lenz	220

Ο

ὀλικὴ ἀνάκλασις	47
ὀμιλῶν κινηματογράφος	284
ὁμογενὲς πεδίων	145, 247
ὀπαὶ Young	112
ὀπτικὸν κέντρον	59
ὀπτικὸς ἄξων	117
ὀρατὸν φῶς	275
ὀρική γωνία	45
οὐράνιον τόξον	97
Ohm	176

Π

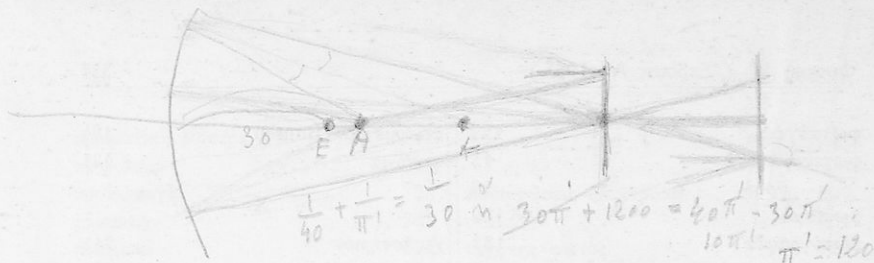
παράθλασις φωτὸς	109
περιοδικὸν σύστημα	291
περισκόπιον	90
πηγίον Ruhmkorff	240
πικάπ	286
πλάτος ἐντάσεως	233
» τάσεως	233
ποζιτρόνιον	294
πόλοι γεννητρίδας	170
πολικὸν σέλας	266
πόλωσις φωτὸς	113
» ἡλεκτροδίων	201
πολωτῆς	114
πολωτικὸν σῶμα	118
πομπὸς	211
ποσότης μαγνητισμοῦ	141
πρῖσμα	51
» Nicol	118

πρισματική διόπτρα	88		
προβλεῦς	90		
προσαρμογή	73		
πρωτόνιον	167, 291		
πυκνώνεται	242		
πυρην ἁτόμου	167		
P			
ραδιενέργεια	287		
ράδιον	287		
ραδιόφωνο	279		
ραντάρ	280		
ρεύματα Foucault	223		
ροοστάται	181		
Röntgen ἀκτίνες	255		
Rutherford	295		
Σ			
σκοτεινὸς θάλαμος	18		
σπινθηριστής	272		
σταθερὰ Planck	130		
σταθερὰ Faraday	199		
στερεακτίονιον	99		
στερεοσκοπία	75		
στοιχεῖα	203		
» Leclanché	203		
στοιχειώδεις μαγνήται	139		
στοιχειώδεις φορτίον	166		
συγκλίνων φακὸς	58		
συλλέκτης	226		
συμβολή φωτὸς	108		
συνεχὲς ρεῦμα	173		
συντελεστής αὐτεπαγωγῆς	224		
συντονισμός	271		
συρμός ταλαντώσεων	269		
συσσωρεύεται μολύβδου	201		
» ἀλκαλικοὶ	203		
σωλὴν Braun	258		
» Coolidge	255		
» Crookes	249		
» Geissler	249		
σωληνοειδὲς	207		
		T	
		ταλαντώσεις ἡλεκτρικαὶ	267
		τάσις	161
		ταχύτης φωτὸς	20
		τεχνητὰ ραδιενεργὰ	296
		τηλέγραφος	210
		τηλεόρασις	281
		τηλεπικοινωνία	276
		τηλεσκοπίον	89
		τηλέφωνον	212
		τηλεφωτογραφία	261
		τρίοδος λυχνία	258
		τριφασικὰ ρεύματα	236
		τύπος Thomson	267
		Υ	
		ὑπερβραχέα κύματα	280
		ὑπεριώδεις ἀκτίνες	126
		ὑπερμετρωπία	74
		ὑπέρυθροι ἀκτίνες	125
		ὑψίσυχνα ρεύματα	241
		Φ	
		φαινόμενον Edison	254
		φακὸς	57
		Farad	164
		φάσις	235
		φάσμα ἀπορροφῆσεως	122
		» γραμμῶν	121
		» ἡλιακὸν	96
		» συνεχές	120
		» συνολικὸν	275
		φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις	123
		φασματοσκόπιον	96
		φθορισμός	128
		φυσικὸς μαγνήτης	139
		φωτοληψία	284
		φῶς πεπολωμένον	144
		φῶς φυσικὸν	113
		φωσφορισμός	129

φωταύγεια	129	φωτόμετρον Bunsen	104
φωτεινή πηγή	15	φωτόνια	131
» ροή	99		
φωτισμός	100	X	
φωτογραφία	133	χειριστήριο	211
φωτοηλεκτρικόν φαινόμενον	260	χρώμα σωμάτων	131
φωτοηλεκτρόνια	260	χωρητικότητα	163
φωτοκύτταρον	260	Henry	224
φωτομετρία	104	Huygens	107

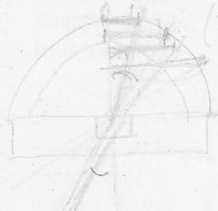
Σχεδιαγράφησις σχημάτων Γ. ΝΤΟΥΦΕΞΗ (ἀπ. Δ. Σ. 65/2 — 8/6/55)

Έπιμελητής εκδόσεως Δ. ΚΑΡΤΣΩΝΑΣ (ἀπ. Δ. Σ. ΟΕΣΒ 5447/26.5.55)



Τὰ ἀντίτυπα τοῦ βιβλίου φέρουν τὸ κάτωθι βιβλιοσῆμον εἰς ἀπόδειξιν τῆς γνησιότητος αὐτῶν.

Ἀντίτυπον στερούμενον τοῦ βιβλιοσῆμου τούτου θεωρεῖται κλεψίτυπον. Ὁ διαθέτων, πωλὼν ἢ χρησιμοποιοῦν αὐτὸ διώκεται κατὰ τὰς διατάξεις τοῦ ἄρθρου 7 τοῦ νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 (Ἔφ. Κυβ. 1946, Α 108).



$$\left(\frac{4}{3}\right) \frac{15}{5}$$

$$\frac{\gamma \cdot \pi}{\gamma \cdot \delta} = \gamma$$



12/4



024000028443

ΕΚΔΟΣΙΣ Α', 1955 (XI) — ΑΝΤΙΤΥΠΑ 80.000

Ἐκτύπωσης — Βιβλιοδεσία Ν. ΤΙΑΠΕΡΟΓΛΟΥ Μηλιδάνη 15

$$1/ \frac{2}{5} = \frac{x}{3+x}$$

$$6 + 2x = 5x - 2x = 3x$$

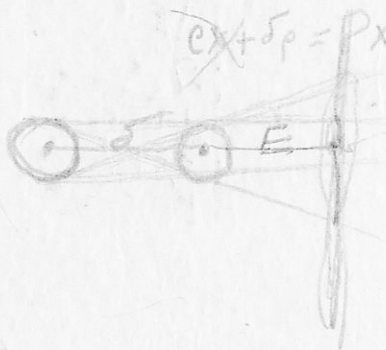
$$x = 2$$



$$\frac{x}{x+5} = \frac{2}{7}$$

$$cx + 5p = px - px$$

3/



12

13
18

15

7
3

13

18

12

15

3
