

ΑΛΚΙΝΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

# ΦΥΣΙΚΗ

ΔΙΑ  
ΤΗΝ  
ΣΤ' ΤΑΞΗΝ  
ΤΩΝ  
ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ  
ΕΚΔΟΣΕΩΣ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ  
ΒΙΒΛΙΩΝ  
ΑΘΗΝΑΙ  
1965

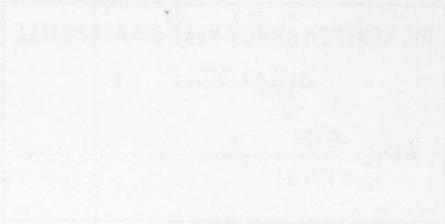


1500

Φ Υ Σ Ι Κ Η

17.941





# Φ Υ Σ Ι Κ Η

Π.Ν. ΚΕΝΤΡΟΝ ΔΗΜΟΥ ΝΕΑΣ ΦΙΛΑΔΕΛΦΕΙΑΣ

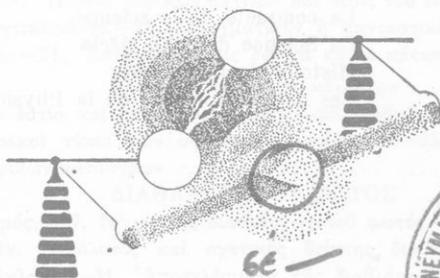
( ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ )

ΑΡΙΘ. ΕΙΣ: 734/74  
ΤΑΞ; Σ.Β.

ΑΛΚΙΝΟΟΥ Ε. ΜΑΖΗ

# Φ Υ Σ Ι Κ Η

ΔΙΑ ΤΗΝ ΣΤ' ΤΑΞΙΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ  
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1965

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

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



# ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

### Ο Π Τ Ι Κ Η

#### ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Σελίς

1. Ὅρισμοί.—2. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.—3. Φωτεινὴ ἀκτίς. Φωτεινὰ δέσμαι.—4. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός .....	11 - 15
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------

#### ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

5. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός.—6. Μέτρησις τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός .....	15 - 18
-------------------------------------------------------------------------------------	---------

#### ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

7. Διάχυσις καὶ ἀνάκλασις.—8. Ὅρισμοί.—9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός .....	19 - 21
--------------------------------------------------------------------------------	---------

#### Α'. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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

#### Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

14. Ὅρισμοί .....	25
-------------------	----

#### α) Κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα

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

#### β) Κυρτὰ σφαιρικά κάτοπτρα

22. Κυρία ἐστία καὶ ἐστιακὸν ἐπίπεδον.—23. Εἶδωλον ἀντικειμένου.—24. Γενικοὶ τύποι τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.—25. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων .....	32 - 34
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------

#### ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

#### ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

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

#### ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

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

#### Α'. Συγκλίνοντες φακοί

39. Κυρία ἐστία. Ἐστιακὴ ἀπόστασις.—40. Ἐστιακὸν ἐπίπε-	
---------------------------------------------------------	--

δον.—41. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων διερχομένων διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.—42. Εἶδalon ἀντικειμένου.—43. Εἶδalon σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.—44. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς .....	Σελίς 55 - 59
<i>Β'. Ἀποκλίνοντες φακοὶ</i>	
45. Κυρία ἐστία.—46. Εἶδalon ἀντικειμένου.—47. Γενικοὶ τύποι τῶν φακῶν .....	59 - 62
<i>Γ'. Ἴσχύς καὶ σφάλματα τῶν φακῶν</i>	
48. Ἴσχύς φακοῦ.—49. Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.—50. Σφάλματα τῶν φακῶν .....	63 - 66
<b>ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ</b>	
51. Κατασκευὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.—52. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Προσαρμογὴ.—53. Πρεσβυωπία.—54. Μύωψ καὶ ὑπερμέτρωψ ὀφθαλμὸς. 55. Φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικειμένου.—56. Διόφθαλμος βρασίας. Στερεοσκοπία.—57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως .....	66 - 71
<b>ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ</b>	
58. Ὀπτικά ὄργανα .....	72
<b>Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ</b>	
59. Ἀπλοῦν μικροσκόπιον.—60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.—61. Σύνθετον μικροσκόπιον.—62. Διαχωριστικὴ ἰκανότης τοῦ μικροσκοπίου.—63. Μικροφωτογραφία.—64. Κατασκευὴ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ .....	72 - 78
<b>Β'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ</b>	
65. Διοπτρικά καὶ κατοπτρικά τηλεσκόπια.—66. Ἀστρονομικὴ δίοπτρα.—67. Δίοπτρα τοῦ Γαλιλαίου.—68. Δίοπτρα τῶν ἐπιγείων.—69. Πρισματικὴ δίοπτρα.—70. Κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον .....	78 - 83
<b>Γ'. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ</b>	
71. Περισκόπιον.—72. Φωτογραφικὴ μηχανή.—73. Προβολεὺς ..	84 - 87
<b>ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ</b>	
74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτὸς διὰ πρίσματος.—75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.—76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.—77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.—78. Φασματοσκόπιον.—79. Οὐράνιον τόξον .....	87 - 92
<b>ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ</b>	
80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.—81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν.—82. Φωτομετρικὰ μεγέθη.—83. Φωτομετρικαὶ μονάδες.—84. Νόμος τῆς φωτομετρίας.—85. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.—86. Φωτόμετρον.—87. Ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς .....	92 - 100
<b>ΤΟ ΦΩΣ ὩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ</b>	
88. Θεωρία περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός.—89. Θεωρία τῆς ἐκπομπῆς.—90. Θεωρία τῶν κυμάνσεων.—91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.—92. Παράθλασις τοῦ φωτός.—93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος	

τοῦ φωτός.—94. Πόλωσις τοῦ φωτός.—95. Ἑρμηνεία τῆς πλώσεως τοῦ φωτός.—96. Διπλῆ διάθλασις τοῦ φωτός.—97. Ἑρμηνεία τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.—98. Πόλωτικαί συσκευαί .....	Σελίς 100 - 113
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

## ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

## Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

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

## Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

105. Ὑπέρυθροι ἀκτινοβολαί.—106. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπερύθρων ἀκτινοβολιῶν.—107. Ὑπεριώδεις ἀκτινοβολαί.—108. Ἀπορρόφησις τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτινοβολιῶν. 109. Φθορισμός.—110. Φωσφορισμός.—111. Φωταύγεια.—112. Ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας τοῦ σώματος.—113. Θεωρία τῶν κβάντα.—114. Φύσις τοῦ φωτός ...	118 - 124
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

## Γ'. ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ—ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ

115. Τὸ χρῶμα τῶν σωμάτων.—116. Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ.—117. Φωτογραφία .....	124 - 128
-------------------------------------------------------------------------------------	-----------

## ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

## ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

118. Θεμελιώδεις ἔννοιαι.—119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—120. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.—121. Μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς.—122. Στοιχειώδεις μαγνήται.—123. Νόμος τοῦ Coulomb.—124. Μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ .....	129 - 134
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

## ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

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

## ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

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

## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

## ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

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

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

Σελίς

140. Σπουδή τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.—141. Ἀγωγός ἐντός ἠλεκτρικοῦ πεδίου.—142. Δυναμικόν.—143. Διαφορά δυναμικοῦ.—144. Μονάδες δυναμικοῦ.—145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καί τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.—146. Δυναμικόν καί χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.—147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ ..... 149 - 158

## ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

148. Στοιχειώδες ἠλεκτρικόν φορτίον.—149. Ἐμφάνις ἠλεκτρικῶν φορτίων.—150. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρίσεως τῶν σωμάτων .... 158 - 161

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

151. Παραγωγή ροῆς ἠλεκτρονίων.—152. Εἶδη γεννητριῶν.—153. Δράσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. 154. Ἐντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.—155. Κύκλωμα ..... 161 - 167

## ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ OHM

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—157. Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ.—158. Μονάς ἀντιστάσεως.—159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ.—160. Μεταβολή τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—161. Ἀγωγοί σταθερᾶς ἀντιστάσεως.—162. Κύτταρον σεληνίου.—163. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων.—164. Ροοστάται.—165. Μέτρησις ἀντιστάσεως ..... 167 - 174

## ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. Ἐνέργεια καί ἰσχύς τοῦ ρεύματος.—167. Νόμος τοῦ Joule.—168. Ἐφαρμογαί τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος ..... 175 - 179

## ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. Ἐλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστόν κύκλωμα.—171. Διαφορά δυναμικοῦ μεταξύ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.—172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.—173. Κύκλωμα μετὰ γεννητρίαν καί ἀποδέκτην.—173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώματος.—174. Κύκλωμα μετὰ συστοιχίαν γεννητριῶν ..... 179 - 186

## ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

175. Ἐλεκτρολύται.—176. Παραδείγματα ἠλεκτρολύσεων.—177. Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.—178. Ἐφαρμογαί τῆς ἠλεκτρολύσεως.—179. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.—180. Συσσωρευταί.—181. Ἐλεκτρικὰ στοιχεῖα.—182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον ..... 186 - 196

## ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος.—184. Μαγνητικὸν πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος.—185. Μαγνητικὸν πεδίου σωληνοειδοῦς.—186. Πρόελευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.—187. Ἐλεκτρομαγνήτης.—188. Ἐφαρμογαί τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν.—189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.—190. Ἐλεκτρικὸς κινητήρ.—

	Σελίς
191. Όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων .....	196 - 209
<b>ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ</b>	
192. Παραγωγή τών επαγωγικών ρευμάτων.—193. Τρόποι παραγωγής επαγωγικών ρευμάτων.—194. Φορά τού επαγωγικού ρεύματος.—195. Έπαγωγική ηλεκτρεγερτική δύναμις.—196. Ρεύματα Foucault.—197. Αύτεπαγωγή .....	209 - 226
<b>ΓΕΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ</b>	
198. Ήλεκτρικαί μηχαναί.—199. Γενήτριαι συνεχούς ρεύματος.—200. Κινητήρες συνεχούς ρεύματος.—201. Μειονέκτημα τού συνεχούς ρεύματος.....	216 - 220
<b>ΓΕΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ</b>	
202. Έναλλακτῆρες.—203. Κινητῆρες έναλλασσομένου ρεύματος.—204. Έναλλασσόμενον ρεύμα.—205. Ένεργός έντασις καί ένεργός τάσις.—206. Τριφασικά ρεύματα.....	220 - 228
<b>ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ</b>	
207. Μετασχηματισταί.—208. Έφαρμογαί τών μετασχηματιστών.—209. Έπαγωγικόν πηνίον .....	228 - 232
<b>ΠΥΚΝΩΤΑΙ</b>	
210. Πυκνωταί.—211. Χωρητικότης πυκνωτῶς.—212. Ένέργεια πυκνωτῶς.—213. Σύνδεσις πυκνωτῶν.—214. Μορφαί πυκνωτῶν.—215. Όμογενές ηλεκτρικόν πεδίον .....	232 - 238
<b>ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ</b>	
216. Ήλεκτρικαί ένκένωσις έντὸς άραιῶν άεριῶν.—217. Λαμπτήρες με άραιόν άέριον.—218. Καθοδικαί άκτίνες.—219. Φύσις τών καθοδικῶν άκτίνων.—220. Παραγωγή τών καθοδικῶν άκτίνων ..	238 - 244
<b>ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ</b>	
221. Θερμική έκπομπή ήλεκτρονίων.—222. Άκτίνες Röntgen.—223. Φύσις τών άκτίνων Röntgen.—224. Σωλήν Braun.—225. Τριόδος λυχνία.—226. Φωτοηλεκτρικόν φαινόμενον.—227. Έφαρμογή τού φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Φωτοκύτταρον.—228. Ήλεκτρονικόν μικροσκόπιον .....	244 - 252
<b>ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ</b>	
229. Ίονισμός τού άέρος.—230. Διαρκής ίονισμός τού άέρος.—231. Τὸ γήινον ηλεκτρικόν πεδίον.—232. Πολικόν σέλας .....	252 - 256
<b>ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ</b>	
233. Ήλεκτρικαί ταλαντώσις. — 234. Φθίνουσαι ήλεκτρικαί ταλαντώσις. — 235. Άμείωτοι ήλεκτρικαί ταλαντώσις.—236. Πειραματική άπόδειξις τών ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων.—237. Διέγερσις ήλεκτρικῶν ταλαντώσεων διά συντονισμόυ .....	256 - 261

## ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.—239. Ἡλεκτρομαγνητικά κύματα.—	Σελίς
240. Μήκος κύματος τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.—242. Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας	261 - 265

## ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

243. Γενικαὶ ἀρχαί.—244. Πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—245. Δέκται ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—246. Ραδιόφωνον.—247. Διάδοσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.—248. Εἶδη κυμάτων.—249. Ραντάρ.—250. Τηλεόρασις καὶ τηλεφωτογραφία...	266 - 274
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

## ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὅμιλῶν κινηματογράφος.—252. Μαγνητόφωνον.—253. Ἀναπαραγωγὸς ἤχου	274 - 276
-----------------------------------------------------------------------	-----------

## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

## ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

## ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

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

## ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

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

## ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

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

## Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ἡ ἐξέλιξις τῆς ὀπτικῆς. Ἡ ἐξέλιξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ	301 - 314
----------------------------------------------------	-----------

## ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

# Ο Π Τ Ι Κ Η

## ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

**1. Όρισμοί.**— Καλοῦμεν **φῶς** τὸ αἴτιον, τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὀράσεως. Ἐν σῶμα εἶναι ὀρατὸν, ἔαν στέλῃ φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας. Μερικὰ σώματα ἐκπέμπουν ἀφ' ἑαυτῶν φῶς καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάζονται **αὐτόφωτα** σώματα ἢ **φωτεινὰ πηγὰί** (ὁ Ἡλιος, αἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, αἱ φλόγες κ. ἄ. ).

Ἐν μὴ αὐτόφωτον σῶμα γίνεταί ὀρατὸν, ὅταν προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ τὸ φῶς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ μέρος τοῦ φωτὸς τούτου ἐκπεμφθῆ ὑπὸ τοῦ σώματος πρὸς ἕλας τὰς κατευθύνσεις· τὰ σώματα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἑτερόφωτα** σώματα (ἡ Σελήνη, οἱ πλανῆται, τὰ περισσότερα ἀπὸ τὰ περίξ ἡμῶν σώματα ). Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διαφοροὶ φωτεινὰί πηγὰί (φυσικαὶ καὶ τεχνηταί), εἶναι πάντοτε τῆς αὐτῆς φύσεως καὶ ἀκολουθεῖ τοὺς ἰδίους νόμους.

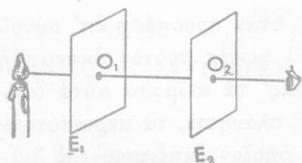
Μερικὰ σώματα ἀφῆνουν τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα (ὑαλος, ἀήρ, ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος). Ἀντιθέτως πολλὰ σώματα δὲν ἀφῆνουν τὸ φῶς νὰ διέλθῃ διὰ μέσου αὐτῶν καὶ καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα (ξύλον, πλάξ μετάλλου κ. ἄ. ). Τέλος μερικὰ σώματα ἀφῆνουν τὸ φῶς νὰ διέρχεται, χωρὶς ὁμῶς νὰ εἶναι δυνατὸν νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν τὸ σχῆμα τῶν φωτεινῶν ἀντικειμένων· τὰ σώματα αὐτὰ καλοῦνται **ἡμιδιαφανῆ** (γαλακτόχρους ὑαλος). 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 φωτεινὰί πηγὰί ἔχουν αἰσθητὰς διαστάσεις. Κατὰ τὴν σπουδῆν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἀναγκαζόμεθα εἰς πολλὰς περιπτώσεις νὰ ὑποθέσωμεν, χάριν ἀπλότητος, ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ δὲν ἔχει διαστάσεις· τότε λέγομεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι **φωτεινὸν σημεῖον**. Ἐν φωτεινὸν σημεῖον ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτῖνας πρὸς ἕλας τὰς διευθύνσεις.

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

Ἐντὸς ὁμογενοῦς καὶ ἰσοτρόπου μέσου τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

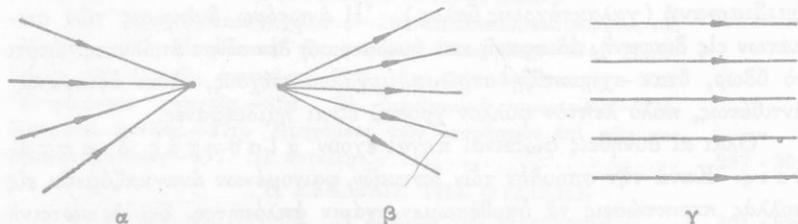
Ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός ἐπαληθεύεται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸ ἐξῆς ἀπλούστατον πείραμα (σχ. 1).



Σχ. 1. Ἀποδείξεις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

Ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός ἐπαληθεύεται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸ ἐξῆς ἀπλούστατον πείραμα (σχ. 1). Λαμβάνομεν δύο ἀδιαφανῆ διαφράγματα  $E_1$  καὶ  $E_2$ , ἕκαστον τῶν ὁποίων φέρει μικρὰν κυκλικὴν ὀπὴν. Ἐν λευκὸν νῆμα διέρχεται διὰ τῶν δύο ὀπῶν  $O_1$  καὶ  $O_2$ . Ὅπισθεν τοῦ διαφράγματος  $E_1$  τοποθετοῦμεν φωτεινὴν πηγὴν, ὀπισθεν δὲ τοῦ διαφράγματος  $E_2$  φέρομεν τὸν ὀφθαλμὸν μας. Ὅταν ἐπιτύχωμεν νὰ βλέπωμεν τὴν πηγὴν διὰ μέσου τῶν ὀπῶν  $O_1$  καὶ  $O_2$ , τότε τείνομεν τὸ νῆμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ὀπαι  $O_1$ ,  $O_2$  καὶ ὁ ὀφθαλμὸς μας εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας γραμμῆς, ἐπὶ πλέον δὲ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ νῆμα φωτίζεται καθ' ὅλον τὸ μῆκος του.

**3. Φωτεινὴ ἀκτίς. Φωτεινὰ δέσμη.**— Ἡ εὐθεΐα γραμμῆ, κατὰ τὴν ὁποίαν διαδίδεται τὸ φῶς, καλεῖται φωτεινὴ ἀκτίς. Αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες ἐκπορεύονται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν ὁμοιομόρφως πρὸς ὅλας

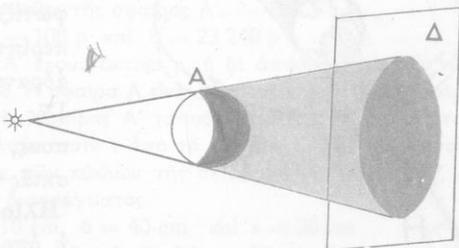


Σχ. 2. Εἶδη φωτεινῶν δεσμῶν (α συγκλίνουσα, β ἀποκλίνουσα, γ παράλληλος). τὰς κατευθύνσεις. Πολλὰ ἀκτῖνες ἀποτελοῦν μίαν **φωτεινὴν δέσμη**. Ἐὰν ὅλαι αἱ ἀκτῖνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης διέρχωνται δι' ἐνὸς σημείου,

τότε ή μὲν δέσμη καλεῖται **στιγματική**, τὸ δὲ σημεῖον τοῦτο καλεῖται **ἐστία** τῆς δέσμης. Μία φωτεινὴ δέσμη δύναται νὰ 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 ἰσχύον ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἡ τοιαυτὴ ἔρευνα τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἀποτελεῖ τὴν **Γεωμετρικὴν Ὀπτικήν**. 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 Ὀπτικήν**.

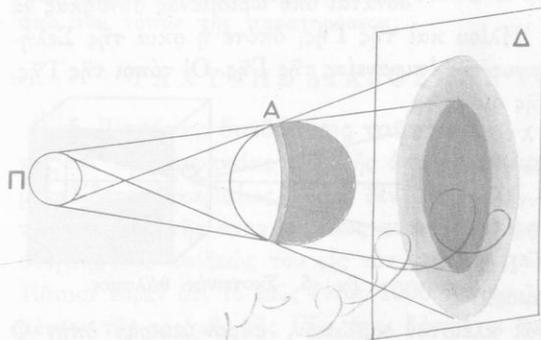
**4. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.** — α) Σκιά. Ἐὰν εἰς

τὴν πορείαν τῶν φωτεινῶν ἀκτῖνων 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.

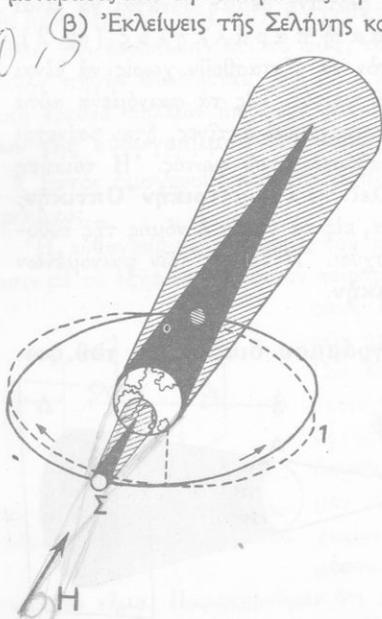
περιοχὴν γίνεται ἀποτόμωσις. Ἐὰν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχη διαστάσεις (σχ. 4), τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ **σκιά**, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν εἰσέρχεται καμμία φωτεινὴ ἀκτίς, καὶ ἀφ' ἑτέρου ἡ **παρασκιά**, ἥτοι μία περιοχή, ἐντὸς τῆς ὁποίας εἰσέρχονται φωτειναὶ ἀκτῖνες προερχόμεναι ἀπὸ



Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιάς καὶ παρασκιάς.

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

5,0,15

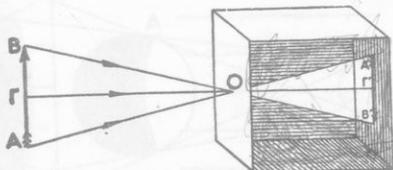


Σχ. 5. Ἐξήγησις τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης.  
(1 ἐκλειπτική, 2 τροχιά Σελήνης).

παρεμβληθῆ μεταξύ τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Γῆς, ὅποτε ἡ σκιά τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ ἑνὸς τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Οἱ τόποι τῆς Γῆς, οἱ εὐρισκόμενοι ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν ὀλικὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου, οἱ δὲ τόποι, οἱ ὅποιοι θὰ εὐρεθοῦν ἐντὸς τῆς παρασκιάς τῆς Σελήνης, θὰ ἔχουν μερικὴν ἐκλείψιν τοῦ Ἡλίου.

γ) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ

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



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 5 m ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους. Πόσον εἶναι τὸ μήκος τῆς σκιάς, τὴν ὁποίαν ρίπτει ἐπὶ τοῦ ἐδάφους κατακόρυφος ράβδος ὕψους 2 m, ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῆς ράβδου ἀπὸ τὴν κατακόρυφον τὴν διερχομένην διὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, εἶναι 3 m ;

2. Δύο σφαίραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας ρ καὶ ρ', ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξύ 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 μήκος τοῦ σκιεροῦ κώνου, ὃ ὁποῖος σχηματίζεται ὀπίσθεν τῆς σφαίρας Α'.

Ἐφαρμογή :  $ρ = 108 ρ'$  καὶ  $δ = 23\ 240 ρ$

3. Δύο ἴσαι σφαίραι Α καὶ Α' ἔχουν ἀκτίναν ρ, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξύ τῶν δύο κέντρων των Ο καὶ Ο' εἶναι δ. Ἡ σφαῖρα Α εἶναι φωτεινὴ πηγὴ, ἡ δὲ σφαῖρα Α' εἶναι ἀδιαφανής. Ὅπισθεν τῆς σφαίρας Α' τοποθετεῖται διάφραγμα καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν ΟΟ', καὶ εἰς ἀπόστασιν ε ἀπὸ τὸ κέντρον Ο' τῆς ἀδιαφανοῦς σφαίρας. Νὰ εὑρεθοῦν αἱ ἀκτίνες τῶν κύκλων τῆς σκιάς καὶ τῆς παρασκιάς, ὃ ὁποῖοι σχηματίζονται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος.

Ἐφαρμογή :  $ρ = 10 \text{ cm}$ ,  $δ = 40 \text{ cm}$  καὶ  $ε = 20 \text{ cm}$

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

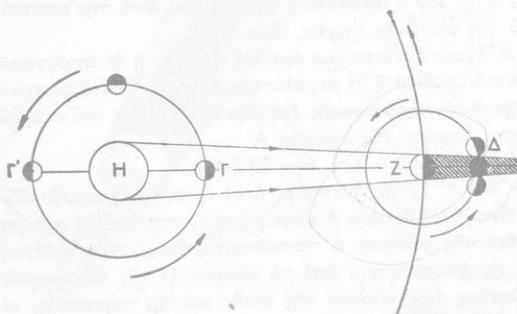
### ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

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

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

Διά διαφόρων μεθόδων κατώρθωσαν ( Fizeau, Foucault, Michelson ) να μετρήσουν την ταχύτητα διαδόσεως του φωτός και επί της επιφάνειας της Γῆς.

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



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

Ὁ χρόνος μιᾶς περιφορᾶς τοῦ δορυφόρου τούτου περί τὸν Δία εἶναι 42,5 ὥραι ( περίπου ). Καθ' ἑκάστην περιφορὰν τοῦ ὀ δορυφόρος βυθίζεται ἐντὸς τῆς σκιᾶς τοῦ Διός ( σχ. 7 ). Ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ τῆς τροχιάς τῆς, τότε μεταξύ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ

δορυφόρου Δ μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μετ' 42,5 ὥρας. Ἐφ' ὅσον ὁμοίως ἡ Γῆ κινεῖται ἐκ τῆς θέσεως Γ πρὸς τὴν ἐκ διαμέτρου ἀντίθετον θέσιν Γ', παρατηρεῖται μία διαρκῶς ἀυξανομένη καθυστέρησις εἰς τὴν ἔναρξιν τῆς ἐκλείψεως. Ἡ καθυστέρησις αὕτη λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς 1000 δευτερόλεπτα ( περίπου ), ὅταν ἡ Γῆ εὐρεθῇ εἰς τὴν θέσιν Γ'. Ἐφ' ὅσον ἡ Γῆ κινεῖται τώρα ἐκ τῆς θέσεως Γ' πρὸς τὴν θέσιν Γ, ἡ καθυστέρησις αὕτη βαίνει συνεχῶς ἐλαττουμένη, καὶ ὅταν ἡ Γῆ εὐρεθῇ πάλιν εἰς τὴν θέσιν Γ, τότε μεταξύ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων τοῦ δορυφόρου μεσολαβεῖ χρόνος ἴσος μετ' 42,5 ὥρας. Ἡ μεγίστη καθυστέρησις τῶν 1000 δευτερολέπτων ὀφείλεται εἰς τὴν ἐξῆς αἰτίαν: ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ', τὸ φῶς, τὸ ἐκπεμπόμενον ἀπὸ τὸν δορυφόρον Δ, διατρέχει δρόμον κατὰ μίαν διάμετρον ( ΓΓ' ) τῆς τροχιάς τῆς Γῆς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸν δρόμον, τὸν ὁποῖον διατρέχει, ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκειται εἰς τὴν θέσιν Γ. Ἐπειδὴ ἡ διάμετρος τῆς τροχιάς τῆς Γῆς εἶναι 300 000 000 km,

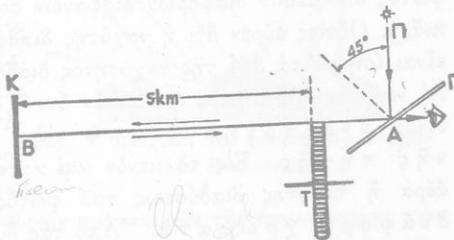
επετά, ότι η ταχύτης διαδόσεως του φωτός εις τὸ κενὸν εἶναι :

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

β) Μέθοδος τοῦ Fizeau. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι τόσο μεγάλη, ὥστε ἐντὸς ἐλαχίστου χρόνου τὸ φῶς διατρέχει πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς εἶναι δυνατόν νὰ μετρηθῇ ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός, ἀν καταστῆ 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), διὰ νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός μὲ γήινον πείραμα.

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

Ἐκεῖ ἡ ἀκτὴ 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 μ διάκενα. Ἐὰν ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ βαίνει συνεχῶς ἀύξανομένη, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει τὸ ἐκ τοῦ κατόπτρου Κ ἐπιστρέφον φῶς. Τοῦτο συμβαίνει, διότι, καθ' ὃν χρόνον τὸ φῶς διέτρεξε τὸ διάστημα  $AB + BA = 2 \cdot AB$ , εἰς ὁδοῦ τοῦ τροχοῦ μετεκινήθη καὶ κατέλαβε τὴν θέσιν τοῦ προηγουμένου διακένου (διὰ τοῦ ὁποίου διήλθε τὸ φῶς βαίνον πρὸς τὸ κάτοπτρον Κ). Ἐὰν κατὰ τὴν στιγμήν ἐκείνην ἡ συχνότης τοῦ τροχοῦ εἶναι ν, τότε τὸ φῶς, διὰ νὰ διατρέξῃ τὸ διάστημα  $2s$ , χρειάζεται χρόνον :  $t = \frac{1}{2\nu \cdot \mu}$



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

'Επομένως ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι :

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

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

γ) Νεώτεροι μετρήσεις τῆς ταχύτητος τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός.

Ὁ Foucault (1854), τελειοποιήσας τὴν μέθοδον τοῦ Fizeau, κατῶρθωσε νὰ μετρήσῃ ἐντὸς τοῦ ἐργαστηρίου τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός διὰ μέσου διαφόρων διαφανῶν σωμάτων (ἀέρος, ὕδατος, ὑάλου κ.λ.). 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 ἐντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Εἰς τὸ κενὸν καὶ κατὰ μεγάλην προσέγγισιν εἰς τὸν ἀέρα ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι ἡ αὐτὴ διὰ τὰ διάφορα χρώματα. Ἀπὸ τὰς διαφόρους λοιπὸν μετρήσεις εὗρεθη ὅτι :

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

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

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

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

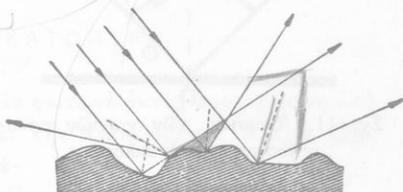
Σημείωσις. Αἱ ἀνωτέρω δοθεῖσαι τιμαὶ 1000 δευτερόλεπτα καὶ 42,5 ὥρα (ἀκριβῆς τιμὴ 42 h 8 min 32 sec) εἶναι τιμαὶ κατὰ προσέγγισιν, χάριν ἀπλότητος κατὰ τὸν ὑπολογισμὸν. Οὕτω καὶ ἡ εὐρεθεῖσα τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός  $c = 300\,000$  km/sec εἶναι κατὰ προσέγγισιν. Ἡ ἀκριβῆς τιμὴ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός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

## ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

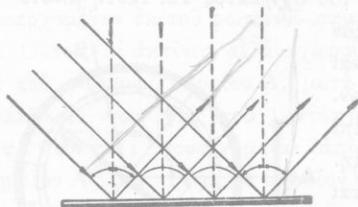
**7. Διάχυσις και ανάκλασις.**—Διά μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ ἐντὸς σκοτεινοῦ δωματίου μία λεπτὴ δέσμη ἡλιακοῦ φωτός. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν τεμάχιον λευκοῦ χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου καὶ ἂν σταθῶμεν, διακρίνομεν τὸν λευκὸν χάρτην. Τοῦτο συμβαίνει,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

Ἔνεκα τῆς διαχύσεως γίνονται ὁρατὰ ὅλα τὰ περίξ ἡμῶν μὴ αὐτόφωτα σώματα. Ἡ διάχυσις τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς καὶ ἐπὶ τῶν διαφόρων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαιρας προκαλεῖ τὸ διάχυτον φῶς τῆς ἡμέρας.

Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀνωτέρω δέσμης τοῦ ἡλιακοῦ φωτός παρεμβάλωμεν μίαν λείαν καὶ στυλπνὴν μεταλλικὴν πλάκα, τότε ἡ προσπίπτουσα φωτεινὴ δέσμη ἀλλάσσει πορείαν καὶ κατευθύνεται πρὸς ὀρισμένην διεύθυνσιν (σχ. 10). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάκλασις** τοῦ φωτός.



Σχ. 9. Διάχυσις τοῦ φωτός ὑπὸ ἀνωμάλου ἐπιφανείας.



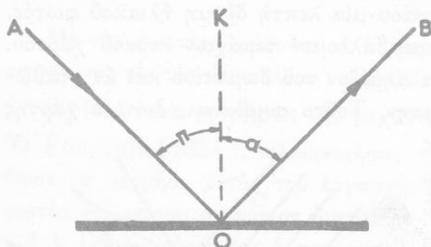
Σχ. 10. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός ὑπὸ λείας ἐπιφανείας.

Ὡστε ἡ **διάχυσις** συμβαίνει, ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ τραχείας καὶ ἀνωμάλου ἐπιφανείας, ἐνῶ ἡ **ἀνάκλασις** συμβαίνει,

ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ λείας καὶ στυλπνῆς ἐπιφανείας. Ἀλλὰ καὶ μία λεία καὶ στυλπνὴ ἐπιφάνεια ἔχει πάντοτε μικρὰς ἀνωμαλίας, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν μικρὰν διάχυσιν. Τοῦτο καταφαίνεται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλὶς, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἐπὶ τῆς μεταλλικῆς πλακός, εἶναι ὁρατὴ ἀπὸ οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ δωματίου παρατηροῦμεν τὴν πλάκα.

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

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

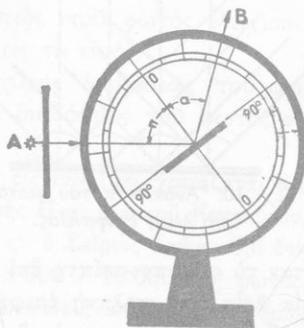


Σχ. 11. Ὅρισμός τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως.

Ἡ ἄκτις AO καλεῖται **προσπίπτουσα ἄκτις**, ἡ δὲ ἄκτις OB καλεῖται **ἀνακλωμένη ἄκτις** (σχ. 11). Ἐὰν εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως O φέρωμεν τὴν KO κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, τότε σχηματίζονται ἡ **γωνία προσπτώσεως**  $AOK = \pi$  καὶ ἡ **γωνία ἀνακλάσεως**

$BOK = \alpha$ . Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ἡ προσπίπτουσα ἄκτις AO καὶ ἡ κάθετος KO, καλεῖται **ἐπίπεδον προσπτώσεως**.

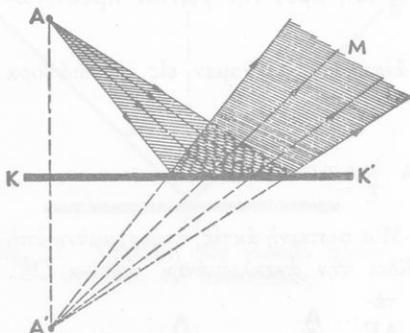
**9. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.**—Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ ὀρισμένους νόμους, τοὺς ὁποίους δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν κατὰ προσέγγισιν μὲ τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 12. Αὕτῃ ἀποτελεῖται ἀπὸ κατακόρυφον γωνιομετρικὸν κύκλον, εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένον μικρὸν ἐπίπεδον κατόπτρον. Διὰ μιᾶς μικρᾶς ὀπῆς διαβιβάζεται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου λεπτή φωτεινὴ δέσμη. Ἡ ἀνακλωμένη λεπτή δέσμη εἰσέρχεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας μόνον, ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς μας εὐρίσκηται ἐπὶ τοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εὐρίσκηται καὶ ἡ προσπίπτουσα δέσμη. Ὡστε ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου. Ἐὰν μεταβάλλωμεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως  $\pi$ , εὐρίσκομεν ὅτι ἡ γωνία ἀνακλάσεως  $\alpha$  εἶναι πάντοτε ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Αἱ μετρήσεις ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἀπέδειξαν τοὺς ἑξῆς **νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός** :



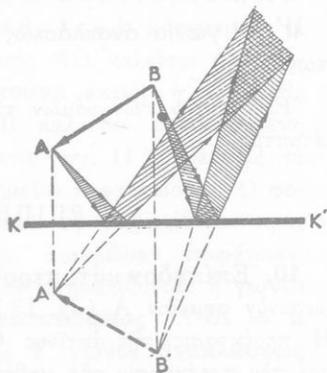
Σχ 12. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.



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



Σχ. 14. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου.



Σχ. 15. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ἀντικείμενου.

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

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

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

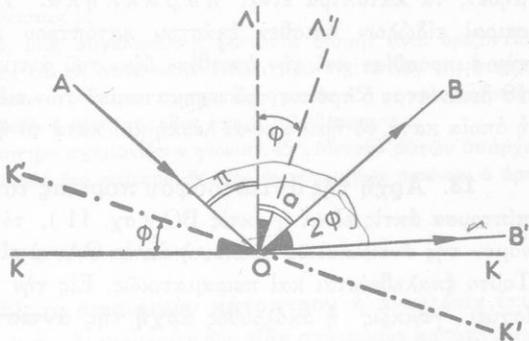
Ἐπειδὴ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως ἔχομεν :

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

Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

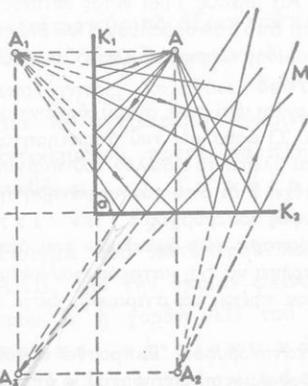
Όταν επίπεδον κάτοπτρον στρέφεται κατά γωνίαν  $\phi$  περί άξονα, κάθετον πρὸς τὸ επίπεδον προσπτώσεως σταθερᾶς άκτίνας, τότε ἡ ἀνακλωμένη άκτίς στρέφεται κατὰ διπλάσιαν γωνίαν  $2\phi$  περί τὸν αὐτὸν άξονα καί κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν.



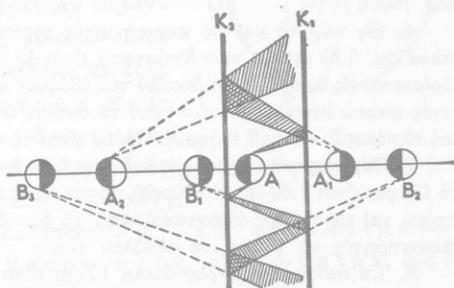
Σχ. 16. Στροφή επιπέδου κατόπτρου.

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

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



Σχ. 17. Κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν.



Σχ. 18. Παράλληλα κάτοπτρα.

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

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

**13. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.**— Ἐάν 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 τοῦ  $AB$  μήκους 3 cm ἐντὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον κρατεῖ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν. Ποῦ βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦ ὀφθαλμοῦ του; Ὑπὸ ποῖαν φαινομένην διάμετρον βλέπει τὸ εἶδωλον τοῦτο;

6. Εἰς πύργου καὶ εἰς παρατηρητῆς εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, ἡ δὲ μετὰξὺ των ἀπόστασις εἶναι 42 m. Ὁ ὀφθαλμὸς τοῦ παρατηρητοῦ εὐρίσκεται εἰς ὕψος 1,60 m ἀνωθεν 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. Παρατηρητῆς ἔχει ὕψος 1,70 m, ἡ δὲ ἀπόστασις τῶν ὀφθαλμῶν του ἀπὸ τὸ ἐδαφος 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 παρατηρητῆς νὰ βλέπῃ τὸ εἶδωλό του.

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

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

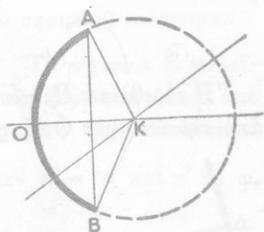
δροφήν. Εἰς τὸ μέσον ἐνὸς τῶν τοίχων εὐρίσκεται κατακόρυφον ἐπίπεδον κατόπτρον, τὸ ὅποιον ἔχει σχῆμα τετραγώνου καὶ πλευρὰν 50 cm. Πόση ἐπιφάνεια τοῦ δαπέδου φωτίζεται ἐξ ἀνακλάσεως;

10. Ἡ κεντρικὴ ἀκτὴς μιᾶς συγκλινούσης φωτεινῆς δέσμης εἶναι ὀριζοντία. Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 cm πρὸ τῆς ἐστίας τῆς παρεμβάλλεται ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὅποιον σχηματίζει γωνίαν  $45^\circ$  μὲ τὴν κεντρικὴν ἀκτῖνα τῆς δέσμης. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τῆς νέας ἐστίας τῆς δέσμης.

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

## Β'. ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

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



Σχ. 19. Σφαιρικὸν κάτοπτρον.

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

Γ. ΚΟΙΛΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

**15. Εἶδωλον φωτεινοῦ σημείου.**—Ἐν φωτεινὸν σημεῖον Α εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου (σχ. 20). Πᾶσα φωτεινὴ ἀκτὶς προερχομένη ἐκ τοῦ σημείου Α 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 Α'. Εἰς τὸ τρίγωνον ΑΔΑ' ἢ ΔΚ εἶναι διχοτόμος τῆς γωνίας Δ καὶ ἐπομένως ἔχομεν τὴν σχέσιν :

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

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

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

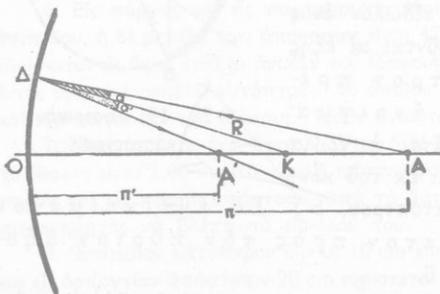
Ἀπὸ τὴν τελευταίαν σχέσιν εὐρίσκομεν :

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

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

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

Ἡ εὐρεθεῖσα ἐξίσωσις δεικνύει ὅτι ἡ ἀπόστασις  $\pi'$  τοῦ σημείου Α' ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν  $\pi$  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 φω-



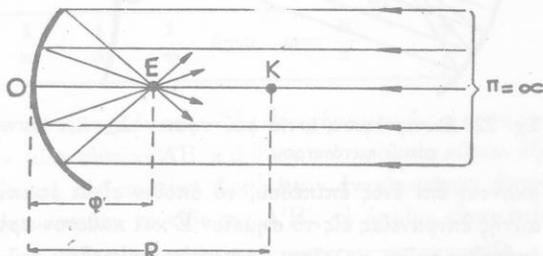
Σχ. 20. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ σημείου.

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

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

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

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



Σχ. 21. Κυρία ἔστια κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

διὰ τοῦ σημείου Ε τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 21). Τὸ σημεῖον Ε καλεῖται **κυρία ἔστια** τοῦ κατόπτρου. Ἡ ἀπόστασις τῆς κυρίας ἑστίας Ε ἀπὸ τὴν κορυφὴν Ο καλεῖται **ἑστιακὴ ἀπόστασις** ( $\varphi$ ) τοῦ κατόπτρου.

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

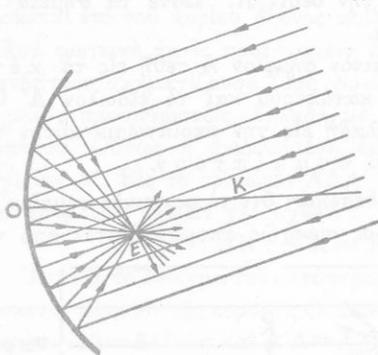
εὐρίσκομεν:  $\frac{1}{\varphi} = \frac{2}{R}$ . Ἄρα:

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

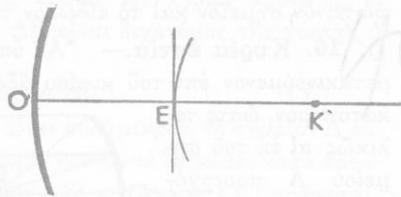
$$\text{ἑστιακὴ ἀπόστασις: } \varphi = \frac{R}{2}$$

**17. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον.**— Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν δέσμη ἀκτῖνων παράλληλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα, τότε ὅλαι αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, διέρχονται δι' ἑνὸς σημείου Ε' τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος· τὸ σημεῖον Ε' εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν  $\varphi = R/2$  ἀπὸ τὸ κατόπτρον καὶ καλεῖται **δευτερεύουσα ἔστια** (σχ. 22).

Ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαὶ τοῦ κατόπτρου εὐρίσκονται ἐπὶ μιᾶς σφαιρικῆς ἐπιφανείας, ἣ ὅποια ἔχει κέντρον τὸ  $K$  καὶ ἀκτῖνα  $R/2$ . Ἐπειδὴ ὁμως τὸ κάτοπτρον εἶναι μικροῦ ἀνοίγματος, δυνάμεθα κατὰ προσέγγισιν νὰ θεωρήσωμεν ὅτι ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστίαὶ εὐρί-



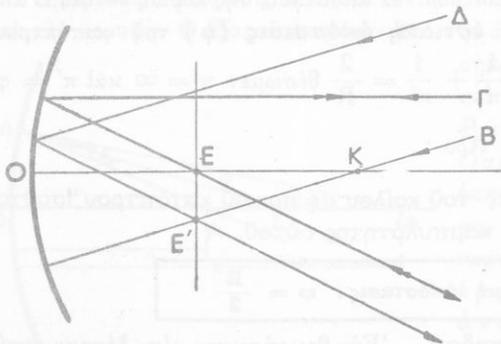
Σχ. 22. Δευτερεύουσα ἐστία τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 23. Ἐστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου.

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

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



Σχ. 24. Πορεία μερικῶν ἀκτίνων.

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

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

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

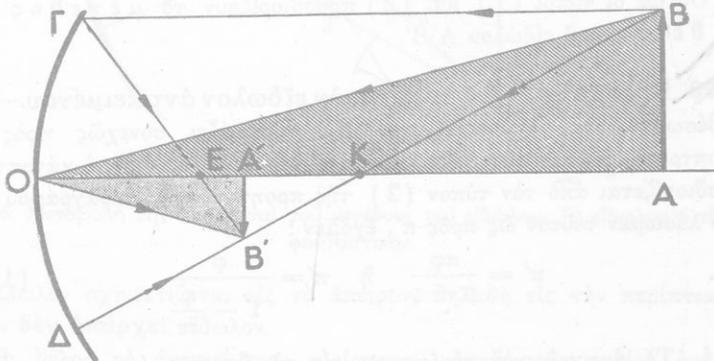
III. Όταν η προσπίπτουσα ακτίς διέρχεται διά τῆς κυρίας ἐστίας, ἡ ἀνακλωμένη ακτίς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

IV. Όταν μία ακτίς προσπίπτῃ παράλλῳως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ἡ ἀνακλωμένη ακτίς διέρχεται διά τῆς ἀντιστοίχου δευτερευούσης ἐστίας, ἡ ὁποία εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου.

V. Όταν φωτεινὸν σημεῖον εὑρίσκεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος· αἱ ἀποστάσεις τοῦ φωτεινοῦ σημείου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον συνδέονται μὲ τὴν σχέσηιν:

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

19. Εἶδωλον ἀντικειμένου.— Ἄς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καὶ θετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 25). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὀρισμένων ἀνακλωμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον A'B', τὸ ὁποῖον εἶναι ἐπίσης



Σχ. 25. Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου φωτεινοῦ ἀντικειμένου.

καὶ θετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτως αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτίνες BΓ καὶ BΔ δίδουν τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας ΓB' καὶ ΔB', αἱ ὁποῖαι τέμνονται εἰς τὸ σημεῖον B'. τοῦτο εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου B. Τὰ εἶδωλα ὅλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB εὑρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας A'B', ἡ ὁποία

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

$$\frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{ΟΑ'}{ΟΑ}$$

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

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

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

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

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

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

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

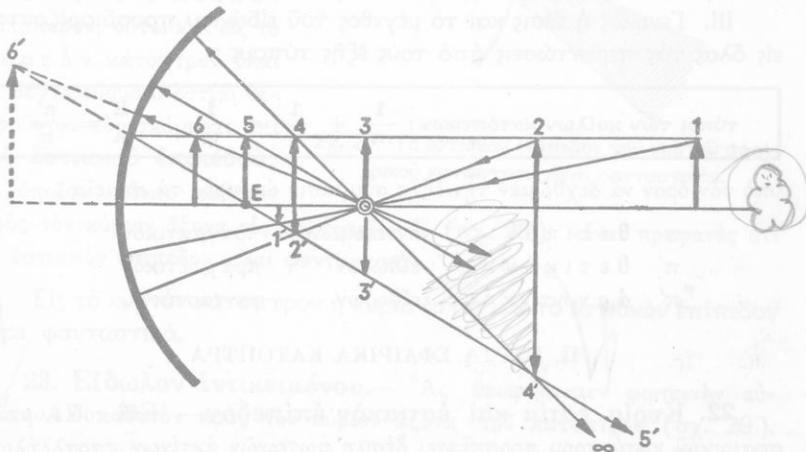
1. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον ( $π = ∞$ ). Τότε εἶναι  $π' = φ$ , δηλαδή τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, εἶναι **πραγματικόν**, ἀλλ' εἶναι **σημείον**.

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

3. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος ( $\pi = 2\varphi$ ). Τότε εἶναι  $\pi' = 2\varphi$ , δηλαδή 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



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

τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον, δηλαδή 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 (1) συνάγεται ὅτι τὸ  $\pi'$  ἔχει ἀρνητικὴν τιμὴν ( $\pi' < 0$ ). Ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς εὐρίσκεται ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι **φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον** ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

**21. Ἀνακεφαλαίωσις διὰ τὰ κοίλα κάτοπτρα.**—Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα γενικὰ συμπεράσματα διὰ τὰ **κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα** :

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

II. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ὀπισθεν 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 :

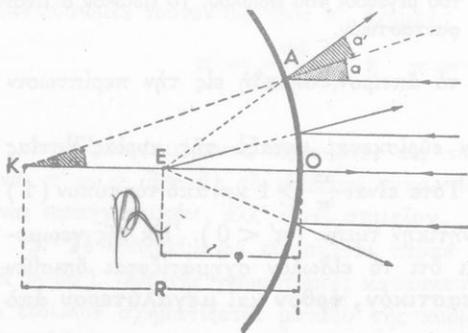
$$\text{τύποι τῶν κοίλων κατόπτρων: } \frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}, \quad \frac{E}{A} = \frac{\pi'}{\pi}$$

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

$\pi$	θετικόν :	ἀντικείμενον	πραγματικὸν
$\pi'$	θετικόν :	εἶδωλον	πραγματικὸν
$\pi'$	ἀρνητικόν :	εἶδωλον	φανταστικόν.

## II. ΚΥΡΤΑ ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

**22. Κυρία ἐστία καὶ ἐστιακὸν ἐπίπεδον.**—Ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ.



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

$$EK = EO = \frac{R}{2}. \text{ Ὅλοι λοι-}$$

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

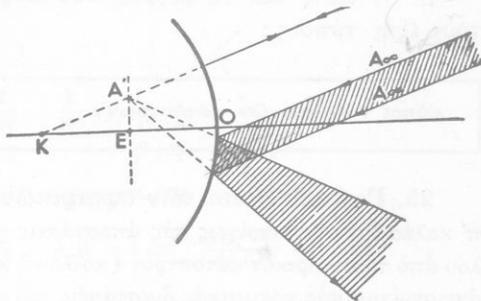
πὸν αἱ ἀνακλῶμεναι ἀκτίνες φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ

την **φανταστικήν κυρίαν έστίαν** Ε, ή όποία εύρσκεται εις τό μέσον τής άκτίνος καμπυλότητος του κατόπτρου. "Ωστε :

"Η έστιακή άπόσταση του κυρτου σφαιρικού κατόπτρου ίσοϋται με τό ήμισυ τής άκτίνος καμπυλότητος αύτου.

έστιακή άπόσταση :  $f = \frac{R}{2}$

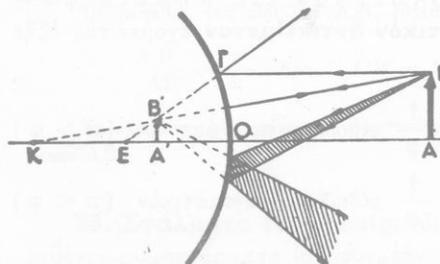
"Όπως εις τό κοιλιον κάτοπτρον, οϋτω και εις τό κυρτόν κάτοπτρον όλαί δευτερεύουσαι έστία θεωρουϋνται εύρισκόμεναι επί του **έστιακού έπιπέδου**, τό όποιον είναι κάθετον πρός τον κύριον άξονα εις τό σημείον Ε (σχ. 28)· είναι προφανές ότι τό έστιακόν έπίπεδον είναι φανταστικόν. "Αρα :



Σχ. 28. Τό έστιακόν έπίπεδον του κυρτου σφαιρικού κατόπτρου είναι φανταστικόν.

Εις τό κυρτόν κάτοπτρον ή κυρία έστία και τό έστιακόν έπίπεδον είναι φανταστικά.

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



Σχ. 29. Σχηματισμός του ειδώλου φωτεινού άντικειμένου.

Αί άκτίνες, αί όποίαι προσπίπτουν κατά την διεύθυνσιν του κυρίου άξονος ή οίουδηποτε δευτερεύοντος άξονος, μετά την ανάκλασιν των επί του κατόπτρου, έχουν την αύτην διεύθυνσιν. Έργαζόμενοι λοιπόν, όπως και εις τά κοίλα κάτοπτρα, κατασκευάζομεν τό είδωλον Α'Β'. Τό είδωλον τουτο σχηματίζεται όπι-

σθεν του κατόπτρου, είναι δε πάντοτε όρθόν και μικρότερον από τό άντικείμενον. "Ωστε :

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

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

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

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

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

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

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

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

Π α ρ α δ ε ἴ γ μ α τ α. 1) Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτίνα καμπυλότητος  $R = 60$  cm. Καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοποθετεῖται εὐθεῖα  $AB$  μήκους

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

Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου εἶναι :

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

Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

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

εὐρίσκομεν :

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

Τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου AB εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

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

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

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

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

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

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

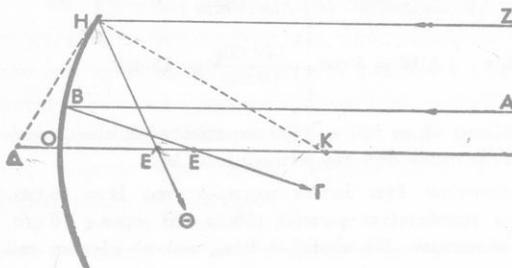
Τὸ εἶδωλον A'B' εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον AB.

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

α) τὸ ἀνοιγμα τοῦ κατόπτρου νὰ εἶναι πολὺ μικρὸν καὶ β) αἱ φωτεινὰ ἀκτῖνες νὰ σχηματίζουν μικρὰν γωνίαν μὲ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Ὄταν εἷς ἐκ τῶν δύο τούτων ὄρων δὲν πραγματοποιιοῦται, τότε αἱ ἐξ ἑνὸς σημείου τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμεναι ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρῶ-

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

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

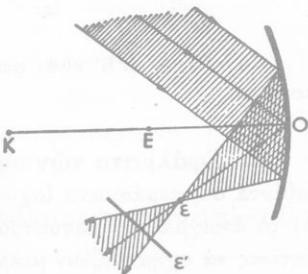


Σχ. 30. Σφαιρική ἐκτροπή.

δὴ ἡ τομὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος καὶ τοῦ κυρίου ἄξονος. Οὕτω διὰ τὰς ἀκτίννας, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν μακρὰν τῆς κορυφῆς, ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις εἶναι γενικῶς μικροτέρα τοῦ ἡμίσεος τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος

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

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



Σχ. 31. Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή.

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

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

✓ 14. Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν φ. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον πρέπει νὰ τεθῆ ἀντικείμενον, διὰ νὰ λάβωμεν εἶδωλον φανταστικὸν διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου ἢ εἶδωλον πραγματικὸν διπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου ;

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

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

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

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

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

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

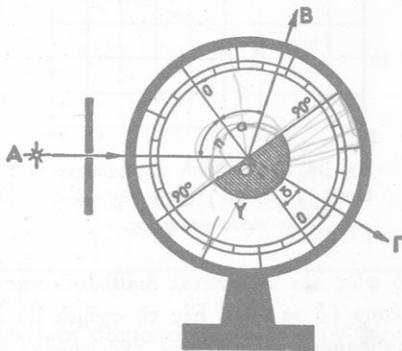


κτης διαθλάσεως· ούτος ίσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ μέσα :

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

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

Οἱ νόμοι τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός ἀποδεικνύονται πειραματικῶς μὲ τὴν συσκευὴν, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ σχῆμα 33. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ κατακορύφου δίσκου τοποθετεῖται ὑάλινος ἡμικύλινδρος Υ. Ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς προσπίπτει εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κυλίνδρου κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος τοῦ κατακορύφου δίσκου. Τὸ φῶς, εἰσερχόμενον ἀπὸ τὸν ἀέρα εἰς τὴν ὑαλον, ὑφίσταται διὰ θλασιν παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γωνία διαθλάσεως δ εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως π (ἡ διαθλωμένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον). Τὸ φῶς ἐξερχόμενον ἔπειτα ἀπὸ τὴν ὑαλον εἰς τὸν ἀέρα δ ἐν ὑφίσταται διὰ θλασιν, διότι προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας διαχωρισμοῦ τῶν δύο μέσων (εἶναι  $\pi = 0^\circ$ , ἄρα καὶ  $\delta = 0^\circ$ ).



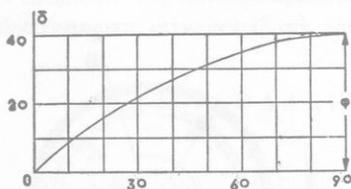
Σχ. 33. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως.

**28. Ὅρικὴ γωνία.**— Ἐκ τῶν δύο διαφανῶν μέσων ἐκεῖνο, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἔχει τὴν μικροτέραν τιμὴν, καλεῖται ὀπτικῶς πυκνότερον ἢ διαθλαστικώτερον. Οὕτω τὸ ὕδωρ, ἡ ὑαλος κ.ἄ. εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερα μέσα ἀπὸ τὸν ἀέρα. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μῆσον δὲν εἶναι πάντοτε καὶ φυσικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ἄλλον μῆσον· γῦτω τὸ οἰνόπνευμα εἶναι ὀπτικῶς πυκνότερον ἀπὸ τὸ ὕδωρ. Τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μῆσον ἀναγνωρίζεται ἐκ τοῦ γεγονότος ὅτι, ὅταν τὸ φῶς εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ μέσου τούτου, ἡ σχηματι-

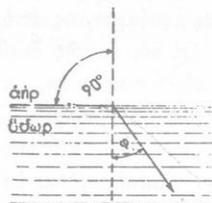
ζομένη γωνία διαθλάσεως εἶναι πάντοτε μικροτέρα ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως. Ἄρα :

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

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



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



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

τὸ φῶς δὲν ὑφίσταται διάθλασιν κατὰ τὴν εἰσοδὸν τοῦ 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  $\pi$ , αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως  $\delta$ , ἀλλὰ παραμένει πάντοτε μικροτέρα τῆς γωνίας προσπτώσεως. Ὅταν λοιπὸν ἡ γωνία προσπτώσεως  $\pi$  τείνῃ πρὸς τὴν ὀρικήν τιμὴν  $90^\circ$ , ἡ γωνία διαθλάσεως τείνει πρὸς μίαν ὀρικήν τιμὴν  $\varphi$ , ἡ ὁποία καλεῖται **ὀρική γωνία** (σχ. 35). Ἡ τιμὴ τῆς ὀρικής γωνίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

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

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

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

σεως του σώματος. Διά τον άέρα ο άπόλυτος δείκτης διαθλάσεως είναι 1,000 293. Είς την πράξιν λαμβάνομεν τον **σχετικόν δείκτην διαθλάσεως** του σώματος ως προς τον άέρα και αντίστοιχεί είς μεταβάσιν του φωτός από τον άέρα είς τό θεωρούμενον σώμα.

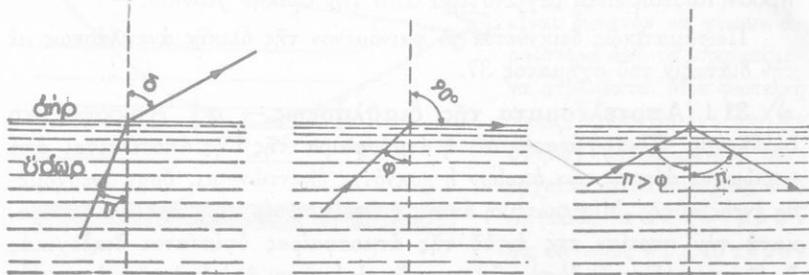
Δείκται διαθλάσεως ως προς τον άέρα διά τό κίτρινον φῶς

Άδάμας	2,470
Διθειάνθραξ	1,629
Χλωριούχον νάτριον	1,544
Καναδικόν βάλσαμον	1,540
Βενζόλιον	1,501
Οινόπνευμα	1,361
Ύδωρ	1,333
Ύαλος κοινή	1,540
Πυριτύαλος βαρεία	1,963
Άήρ	1,000 293

Άπό τας μετρήσεις εύρέθη ότι :

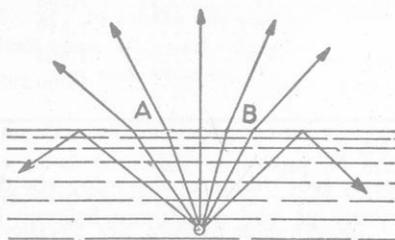
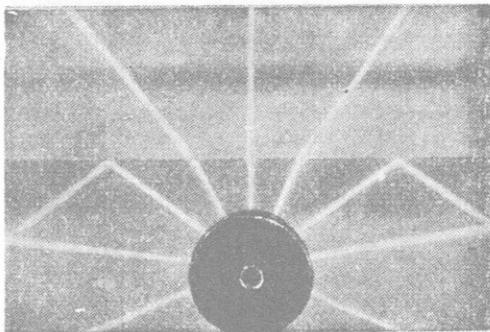
Ο σχετικός δείκτης διαθλάσεως ενός σώματος ως προς τον άέρα ίσουται κατά μεγάλην προσέγγισιν με τον άπόλυτον δείκτην διαθλάσεως του σώματος.

**30. Όλική ανάκλασις.**—Όταν τό φῶς μεταβαίνη από όπτικῶς πυκνότερον μέσον είς όπτικῶς άραιότερον ( π.χ. έκ του ύδατος είς τον άέρα ), τότε συμφάνως προς την άρχήν τῆς αντίστροφου πορείας του



Σχ. 36. Όλική ανάκλασις συμβαίνει, όταν είναι  $\pi > \phi$ .

φωτὸς ἢ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, δηλαδή ἡ γωνία διαθλάσεως εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ



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

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

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

**31. Ἀποτελέσματα τῆς διαθλάσεως.**— α) Ἀτμοσφαιρική διάθλασις. Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἀτμόσφαιρα τῆς Γῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώματα ἀέρος, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης ἐλαττώνεται, ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς αὐτῆς. Μία φωτεινὴ ἀκτὶς, ἢ ὅποια προέρχεται ἀπὸ ἓνα ἀστέρα, κατὰ τὴν πορείαν τῆς ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας ὑφίσταται διαδοχικὰς διαθλάσεις. Ἐπειδὴ δὲ τὸ φῶς συνεχῶς εἰσέρχεται ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερον εἰς ὀπτικῶς πυκνότερον στρῶμα, ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς δια-

τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Ἐὰν λοιπὸν εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γωνία

προσπτώσεως γίνῃ μεγα-

λύτερα ἀπὸ τὴν ὀρικὴν γω-

νίαν  $\varphi$ , τότε δὲν εἶναι πλέον

δυνατὸν νὰ συμβῇ διάθλασις.

Τὸ φῶς, ὅταν φθάσῃ εἰς τὴν

διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν

τῶν δύο μέσων, δὲν δια-

θλάται, ἀλλ' ἀνακλάται

ἐξ ὀλοκλήρου καὶ ἐ-

ξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἐν-

τὸς τοῦ ὀπτικῶς πυκνότε-

ρου μέσου (σχ. 36). Τὸ φαι-

νόμειον τοῦτο καλεῖται ὀ-

λικὴ ἀνάκλασις. Ὡστε :

Ὀλικὴ ἀνάκλασις συμ-

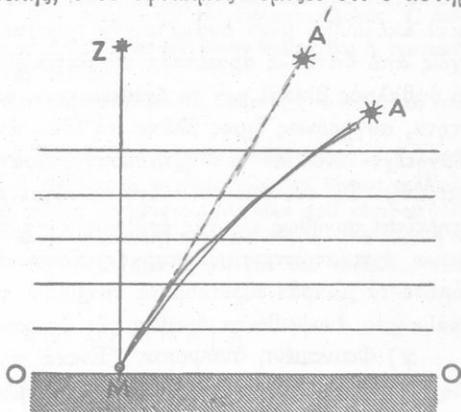
βαίνει ἐπὶ τῆς διαχωριστι-

κῆς ἐπιφανείας δύο δια-

φανῶν μέσων, ὅταν τὸ

φῶς μεταβῆναι ἀπὸ τὸ

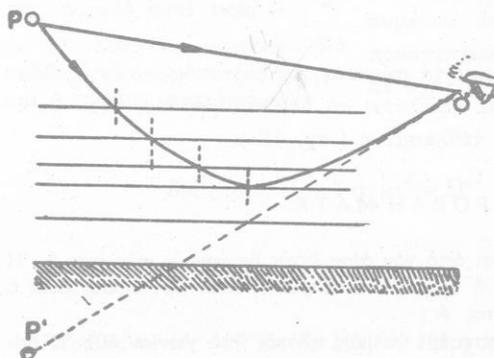
θλάται πλησιάζουσα προς την κάθετον (σχ. 38). Ούτως η φωτεινή ακτίς λαμβάνει μορφήν καμπύλης, ό δέ όφθαλμός νομίζει ότι ό άστήρ εύρίσκεται εις την θέσιν  $A'$ , ήτοι βλέπει τον άστέρα κατά την έφαπτομένην τής καμπύλης  $AM$  εις τό σημείον  $M$ . Τό φαινόμενον τούτο καλεΐται **άτμοσφαιρική διάθλασις** και έχει ως άποτέλεσμα νά παρουσιάζη τον άστέρα ύψηλότερον από την πραγματικήν του θέσιν ως προς τον όρίζοντα. 'Η φαινομένη άνύψωσις του άστέρος είναι μεγαλύτερα, όταν ό άστήρ εύρίσκεται πλησίον του όρίζοντος (περίπου  $34'$ ).



Σχ. 38. 'Ατμοσφαιρική διάθλασις.

'Επειδή η φαινομένη διάμετρος του 'Ηλίου και τής Σελήνης είναι μικροτέρα των  $34'$ , η άτμοσφαιρική διάθλασις μās παρουσιάζει τον δίσκον του 'Ηλίου ή τής Σελήνης ως έπικαθήμερον του όρίζοντος, ενώ πραγματικώς δεν άντέλειεν ακόμη ή έχει δύσει προδ όλίγου. Δέν συμβαίνει άτμοσφαιρική διάθλασις, μόνον όταν ό άστήρ εύρίσκεται εις τό Ζενίθ.

β) 'Αντικατοπτρισμός. 'Όταν εις μίαν περιοχήν έπικρατή νηνεμία και τό έδαφος θερμανθή πολύ (π.χ. εις τάς έρήμους), τότε τά πλησίον του

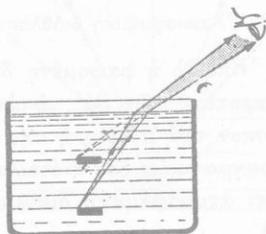


Σχ. 39. 'Αντικατοπτρισμός.

έδάφους στρώματα του άέρος θερμαίνονται πολύ και είναι δυνατόν νά γίνουν άραιότερα από τά ύπερκείμενα στρώματα. Μία φωτεινή ακτίς, προερχομένη από έν ύψηλόν αντικείμενον, εισέρχεται τότε συνεχώς από όπτικώς πυκνότερον εις όπτικώς άραιότερον στρώμα άέρος και έπομένως διαθλάται άπομακρυνομένη

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

γ) Φαινομένη ἀνύψωσις. Ἔνεκα τῆς διαθλάσεως ὁ πυθμὴν ἑνὸς δοχείου, περιέχοντος ὕδωρ, ὑφίσταται μίαν φαινομένην ἀνύψωσιν. Ὁ-



Σχ. 40. Φαινομένη ἀνύψωσις σώματος εὐρισκομένου ἐντὸς ὕδατος.



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

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

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

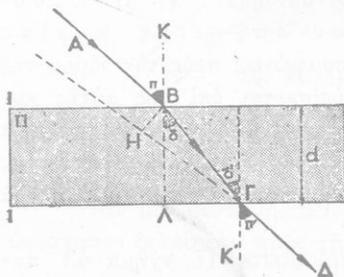
25. Φωτεινὴ ἀκτὴ προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν  $45^\circ$  ἐπὶ ὑαλίνης πλακῶς. Ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου εἶναι  $n = \sqrt{2}$ . Πόσην ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ φωτεινὴ ἀκτὴ κατὰ τὴν εἰσοδὸν τῆς εἰς τὴν ὑάλον;

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

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

### ΠΛΑΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΙΣΜΑΤΑ

32. Διάθλασις διὰ πλακῶς μὲ παραλλήλους ἑδρας.— Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι ἐν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον II χωρίζεται ἀπὸ τὸ περίξ αὐτοῦ διαφανὲς μέσον I μὲ δύο παραλλήλα ἐπίπεδα. Τότε τὸ μέσον II ἀποτελεῖ μίαν **πλακά μὲ παραλλήλους ἑδρας** (σχ. 42). Τοιοῦτον σύστημα διαφανῶν μέσων ἀποτελεῖ μίαν ὑαλινὴν πλάξ εὐρισκομένη ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Αἱ δύο γωνίαι  $\delta$  καὶ  $\delta'$ , αἱ σχηματιζόμεναι ἐντὸς τῆς ὑάλου, εἶναι ἴσαι ὡς ἐντὸς ἐναλλάξ. Ἐπομένως διὰ τὰς δύο διαθλάσεις τῆς προσπίπτουσας ἀκτῖνος AB ἰσχύουν αἱ σχέσεις:



Σχ. 42. Κατὰ τὴν διάθλασιν διὰ πλακῶς ἡ ἀκτὴς ὑφίσταται παράλληλον μετατόπισιν.

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

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

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

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

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

5. 0. 5. **33. Διάθλασις διὰ πρίσματος.**— α) Ὁρισμοί. Εἰς τὴν Ὀπτικὴν καλοῦμεν **πρίσμα** ἓν ὁμογενὲς καὶ ἰσότροπον διαφανὲς μέσον, τὸ ὁποῖον περιορίζεται ἀπὸ δύο τεμνομένας ἐπιπέδους ἐπιφανείας. Ἡ τομὴ τῶν δύο τούτων ἐπιφανειῶν καλεῖται  $\alpha$  κ μ ἡ τοῦ πρίσματος. Ἡ διεδρὸς γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ἕδραι τοῦ πρίσματος, καλεῖται  $\delta$  διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ τομὴ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ καλεῖται  $\chi$  κυρία τομὴ τοῦ πρίσματος. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευναν τοῦ πρίσματος θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι πραγματοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι δύο συνθήκαι : 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 χρησιμοποιοῦμενον φῶς εἶναι μονόχρουν. Διότι, ἂν ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπέσῃ λευκὸν φῶς, τοῦτο διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος ὑφίσταται ἀνάλυσιν εἰς πολλὰ ἀπλᾶ χρώματα.

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

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

καὶ

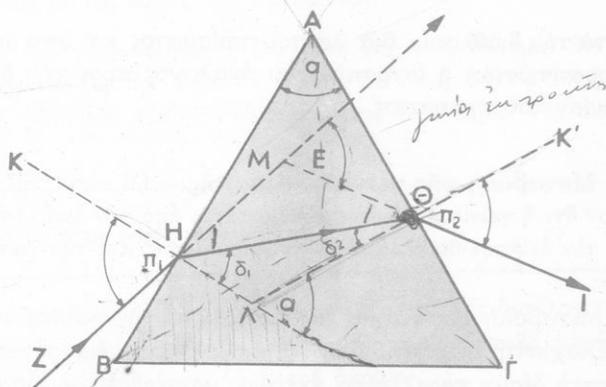
$$\eta\mu \pi_2 = n \cdot \eta\mu \delta_2$$

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

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

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

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



Σχ. 43. Διάθλασις διὰ πρίσματος.

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

Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὴ διέρχεται διὰ πρίσματος, τότε ἡ ἀκτὴ ὑφίσταται ἔκτροπὴν πρὸς τὴν βᾶσιν τοῦ πρίσματος.

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

9) Διάθλασις διὰ λεπτοῦ πρίσματος. Ἐὰν ἡ διαθλαστικὴ γωνία  $A$  τοῦ πρίσματος εἶναι πολὺ μικρὰ (λεπτὸν πρίσμα) καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως  $\pi_1$  εἶναι ἐπίσης πολὺ μικρὰ, τότε ἀντὶ τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν αὐτὰς ταύτας τὰς γωνίας (εἰς ἀκτίνια) εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν :

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

Ἄρα ἡ ἐκτροπή τῆς φωτεινῆς ἀκτῖνος εἶναι :

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

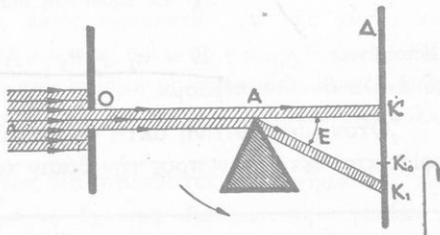
ἤτοι ἔχομεν :

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

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

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

α) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπίπτουσας. Ἐλαχίστη ἐκτροπή. Διὰ τῆς ὁπῆς  $O$  ἐνὸς διαφράγματος διέρχεται λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτῖνων μονοχρόου φωτὸς (σχ. 44). Εἰς τὴν πορείαν τῆς δέσμης παρεμβάλλομεν πρῖσμα οὕτως, ὥστε μέρος τῶν ἀκτῖνων τῆς δέσμης νὰ προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ πρίσματος καθέτως πρὸς τὴν ἀκμὴν του. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος παρατηροῦμεν τότε δύο φωτεινὰς κηλίδας ἡ μὲν  $K$  προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας τῆς δέσμης, αἱ ὁποῖαι δὲν διῆλθον διὰ τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ  $K_1$  προέρχεται ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ὑπέστησαν ἐκτροπὴν. Στρέφοντες τὸ πρῖσμα περὶ τὴν ἀκμὴν του μεταβάλλομεν τὴν γωνίαν προσπίπτουσας ἢ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ πρίσματος εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἡ  $K_1$  νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὴν  $K$ . Κατὰ τὴν τοιαύτην περιστροφὴν τοῦ πρίσματος ἡ γωνία προσπίπτουσας βαίνει συνεχῶς ἐλαττωμένη. 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



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

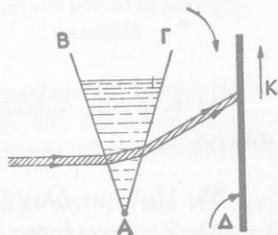
μίας ώρισμένην τιμήν τῆς γωνίας προσπτώσεως ἢ γωνία ἐκτροπῆς, λαμβάνει μίαν ἐλαχίστην τιμήν, ἢ ὁποία καλεῖται **ἐλαχίστη ἐκτροπή**.

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

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

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

β) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας. Διὰ νὰ ἔχωμεν πρίσμα μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας, χρησιμοποιοῦμεν δοχεῖον (σχ. 45), τοῦ ὁποίου αἱ δύο πλάγια ἔδραι εἶναι ὑάλινοι πλάκες δυνάμεναι νὰ στραφοῦν περὶ ὀριζόντιον ἄξονα. Ἐντὸς τοῦ σχηματιζομένου οὕτω πρίσματος χύνομεν διαφανὲς ὑγρὸν π.χ. ὕδωρ. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῆς μιᾶς ἔδρας τοῦ πρίσματος λεπτὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίων μονοχρόου φωτός. Διατηροῦντες σταθερὰν τὴν ἔδραν AB, διὰ τῆς ὁποίας τὸ φῶς εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα ( $\pi_1$  σταθερὸν), στρέφομεν τὴν ἔδραν AG, διὰ τῆς ὁποίας ἐξέρχεται ἡ δέσμη, καὶ οὕτω μεταβάλλομεν τὴν διαθλαστικὴν γωνίαν A. Παρατηροῦμεν ὅτι :



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

Ἡ ἐκτροπή αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

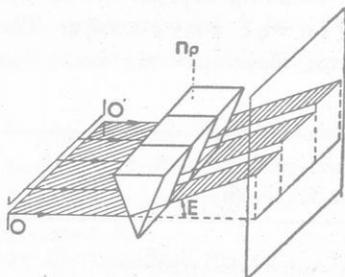
Ἐὰν συνεχισθῇ ἡ αὐξήσις τῆς γωνίας, A, ἔρχεται στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς δὲν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα, ἀλλ' ὕφισταται ἐπὶ τῆς ἔδρας AG ὀλικῆν ἀνάκλασιν. Οὕτως εὐρέθη, ὅτι :

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

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



γ) Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλά-



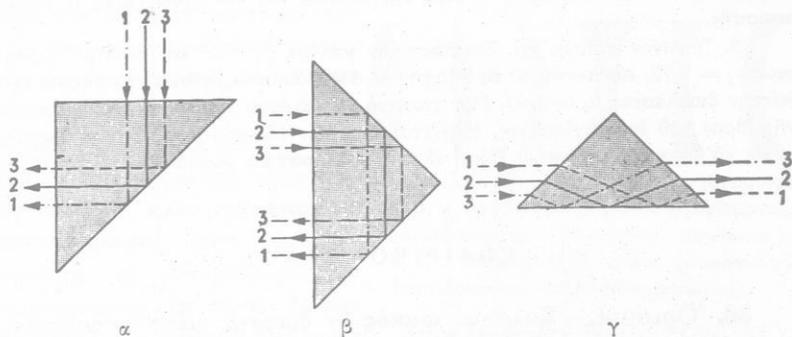
Σχ. 46. Μεταβολὴ τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

σεως. Λαμβάνομεν σύστημα πρισματῶν (σχ. 46), τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν διαθλαστικὴν γωνίαν ( $A$  σταθερόν), διαφορετικούς ὅμως δείκτας διαθλάσεως (πολύπρισμα). Ἐπὶ τοῦ συστήματος τῶν πρισματῶν ἀφήνομεν νὰ προσέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων μονοχρόου φωτὸς ( $\pi_1$  σταθερόν). Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ πρίσματα αὐτὰ προκαλοῦν ἀνίσους ἐκτροπὰς τῶν ἀκτίνων. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ πρίσματος.

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

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



Σχ. 47. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

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

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

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

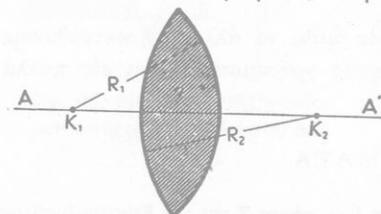
33. Πρίσμα ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν  $45^\circ$  καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν  $30^\circ$ . Πόση εἶναι ἡ ἐκτροπή;

34. Ἡ κυρία τομή πρίσματος εἶναι ἰσόπλευρον τρίγωνον ΑΒΓ. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἕδρας ΑΒ. Ὁ δείκτης διαθλάσεως 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 ἀκτὶς, ὅταν προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ τῆς ἕδρας τοῦ ἑνὸς πρίσματος, ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν ἕδραν τοῦ ἄλλου πρίσματος, χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπῆν. Πόση εἶναι ἡ διαθλαστικὴ γωνία  $A_2$  τοῦ δευτέρου πρίσματος ;

### ΣΦΑΙΡΙΚΟΙ ΦΑΚΟΙ

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



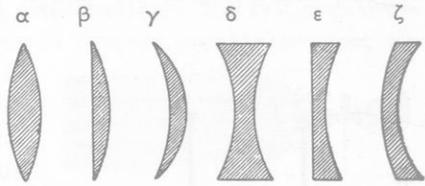
Σχ. 48. Σφαιρικοὶ φακοί.  $\alpha_1$  καὶ  $\alpha_2$  αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος τοῦ φακοῦ.

ἢ ὁποῖα διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ φακοῦ. Ἡ εὐθεῖα, ἢ ὁποῖα διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ φακοῦ.

ἢ ὁποῖα διέρχεται διὰ τῶν δύο κέντρων καμπυλότητος τῶν σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, καλεῖται **κύριος ἄξων** τοῦ φακοῦ. Εἰς τὴν κατωτέρω ἔρευαν τῶν φακῶν θὰ ὑποθέσωμεν ὅτι ἰσχύουν αἱ ἐξῆς συνθῆκαι : α) Ὁ φακὸς εὐρίσκεται ἐν τῷ ἀέρος, τοῦ ὁποῖου ὁ δείκτης διαθλάσεως θὰ ληφθῇ κατὰ προσέγγισιν ἴσος μὲ τὴν μονάδα. β) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ φωτειναὶ ἀκτῖνες εὐρίσκονται πλησίον τοῦ κυρίου ἄξονος (κεντρικαὶ ἀκτῖνες). γ) Τὸ προσπίπτον φῶς εἶναι μονόχρουν.

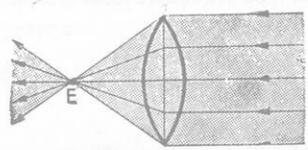
37. Συγκλίνοντες καὶ ἀποκλίνοντες φακοί.— Οἱ συνήθεις φακοὶ κατασκευάζονται ἐξ ὑάλου. Ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου ἐπιφανείας προκύπτουν ἐξ εἰδῶν φακῶν (σχ. 49). Οἱ φακοί, οἱ ὁποῖοι εἶναι παχύτεροι εἰς τὸ μέ-

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

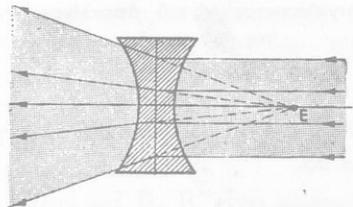


Σχ. 49. Εἶδη φακῶν.

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

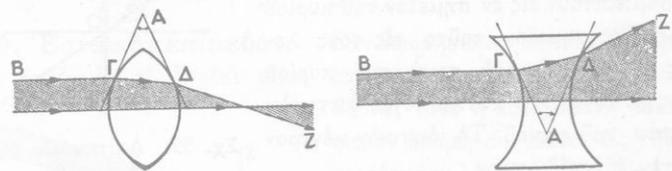


Σχ. 50. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς συγκλίνουσαν.



Σχ. 51. Μεταβολὴ τῆς παραλλήλου δέσμης εἰς ἀποκλίνουσαν.

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

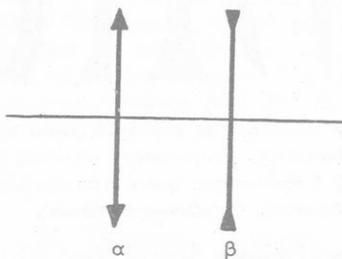


Σχ. 52. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συγκλίσεως καὶ τῆς ἀποκλίσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης ὑπὸ τοῦ φακοῦ.

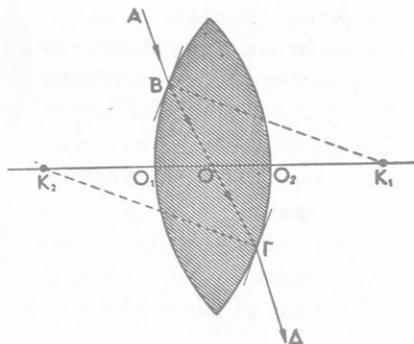
ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν πρισματῶν, τῶν ὁποίων αἱ διαθλαστικαὶ γωνίαι μεταβάλλονται κατὰ τρόπον συνεχῆ (σχ. 52).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν φακοὺς, τῶν ὁποίων τὸ πάχος, μετροῦ-

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



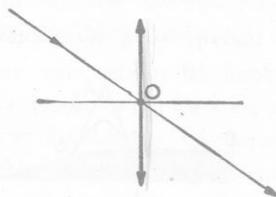
Σχ. 53. Σχηματική παράστασις συγκλίνοντος (α) καὶ ἀποκλίνοντος (β) φακοῦ.



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

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

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



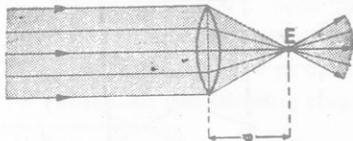
Σχ. 55. Δευτερεύων ἄξων φακοῦ.

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** τοῦ φακοῦ (σχ. 55).

Α'. ΣΥΓΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

✓ **39. Κυρία έστια. Έστιακή απόσταση.**— 'Επί ενός συγκλίνοντος φακού προσπίπτει δέσμη φωτεινών ακτίνων παραλλήλων προς τόν κύριον άξονα (σχ. 56). 'Ολοι αί έξερχομεναι από τόν φακόν ακτίνες διέρχονται δι' ενός σημείου Ε του κυρίου άξονος, τó όποϊον καλεϊται **κυρία έστια** του φακού. 'Η απόσταση τής κυρίας έστιας από τó όπτικόν κέντρον καλεϊται **έστιακή απόσταση** ( $\varphi$ ) του φακού. Αύτη είναι **στ α θ ε ρ ά** και **ανεξάρτητος** από την φοράν, κατά την όποιαν τó φώς προσπίπτει επί του φακού. 'Ωστε: 'Ο συγκλίνων φακός έχει δύο πραγματικές κυρίας έστιας, αί όποϊαι είναι συμμετρικαι ώς προς τó όπτικόν κέντρον του φακού. 'Η έστιακή απόσταση ( $\varphi$ ) του φακού προσδιορίζεται από την εξίσωσιν :



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

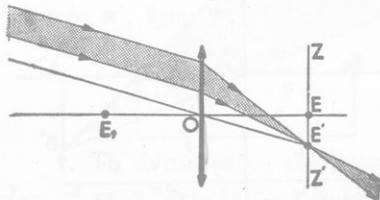
$$\frac{1}{\varphi} = (v - 1) \cdot \left[ \frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right]$$

όπου  $v$  είναι ó δείκτης διαθλάσεως τής ύαλου και  $R, R'$  είναι αί ακτίνες καμπυλότητος του φακού.

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

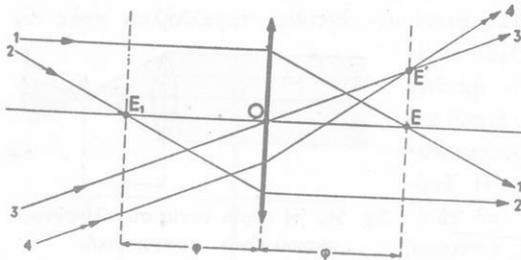
$$\frac{1}{\varphi} = (1,5 - 1) \cdot \left[ \frac{1}{40} + \frac{1}{60} \right] \quad \text{εύρισκομεν : } \varphi = 48 \text{ cm}$$

**40. Έστιακόν επίπεδον.**— 'Εάν θεωρήσωμεν λεπτήν δέσμη φωτεινών ακτίνων, αί όποϊαι είναι παράλληλοι προς ένα δευτερεύοντα άξονα, τότε ή έξερχομένη από τόν φακόν δέσμη συγκλίνει εις την δευτερεύουσαν έστιαν Ε' (σχ. 57). 'Ολοι αί δευτερεύουσαι έστιαι του φακού εύρισκονται κατά προσέγγισιν, όπως και εις τó σφαιρικόν κάτοπτρον, επί του **έστιακού επίπεδου** ΖΖ', τó όποϊον είναι κάθετον προς τόν κύριον άξονα εις τó σημείον Ε.



Σχ. 57. Έστιακόν επίπεδον φακού.

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

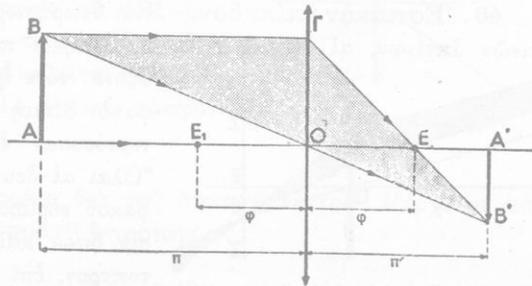
II. Ὄταν μία προσπίπτουσα ἀκτίς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας, ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν φακὸν ἀκτίς εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (ἀκτίς 2).

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

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

**42. Εἶδωλον ἀντικειμένου.**— Ἄς θεωρήσωμεν ὡς  $\varphi$   $\omega$   $\tau$   $\epsilon$   $\iota$   $\nu$   $\delta$   $\nu$  ἀντικείμενον μίαν εὐθεῖαν AB καθετὸν πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 59).

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



Σχ. 59: Σχηματισμὸς τοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

μένου προερχόμενοι ακτίνες ΒΟ και ΒΓ, μετά την εξοδόν των από τον φακόν, τέμνονται εις τὸ σημεῖον Β', τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου Β. Τὰ εἶδωλα ὄλων τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας Α'Β', ἣ ὁποία εἶναι κἀθετος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ εἶδωλον 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:

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

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

$$\frac{Α'Β'}{ΟΓ} = \frac{ΕΑ'}{ΟΕ} \quad \eta \quad \frac{Α'Β'}{ΑΒ} = \frac{π' - φ}{φ} \quad (2)$$

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

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

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

#### 43. Εἶδωλον σχηματιζόμενον ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ. —

Ἄς ὑποθέσωμεν ὅτι τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει συνεχῶς πρὸς τὸν συγκλίνοντα φακόν. Ἡ ἐκάστοτε ἀπόστασις π' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸν φακόν προσ-

διορίζεται ἀπὸ τὸν τύπον :  $\frac{1}{π} + \frac{1}{π'} = \frac{1}{φ}$ . Ἐὰν λύσωμεν τοῦτον

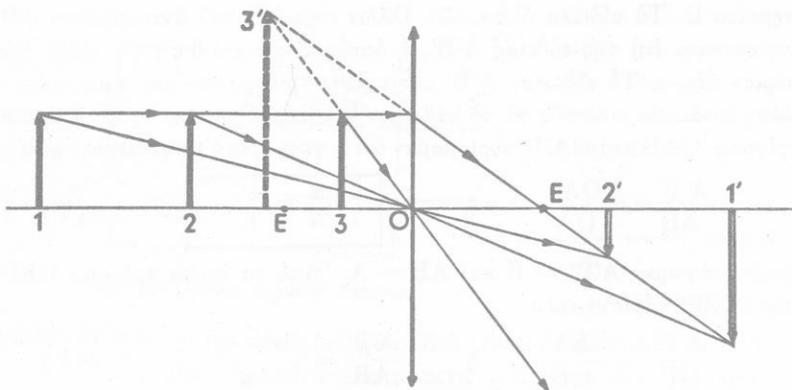
ὡς πρὸς π', ἔχομεν :

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

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

2. Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας ( $π > φ$ ).

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



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

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

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

Τὰ ἀνωτέρω ἐπαληθεύονται καὶ πειραματικῶς.

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

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

II. Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξύ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς

κυρίας έστιας, 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 ὄρον νὰ δεχθῶμεν τὴν ἐξῆς σύμβασιν ὡς πρὸς τὰ σημεῖα :

$\pi$  θετικόν : ἀντικείμενον πραγματικόν

$\pi'$  θετικόν : εἶδωλον πραγματικόν

$\pi'$  ἀρνητικόν : εἶδωλον φανταστικόν.

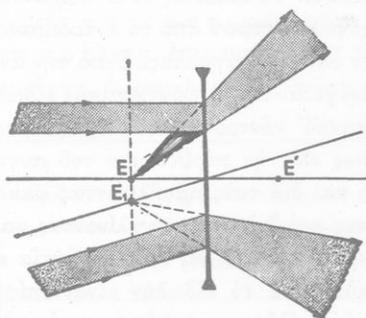
### Β'. ΑΠΟΚΛΙΝΟΝΤΕΣ ΦΑΚΟΙ

45. Κυρία έστια.— 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 Ε τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 61). Τὸ σημεῖον τοῦτο εἶναι ἡ κυρία έστια τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἡ ὁποία εἶναι φανταστικὴ.

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

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

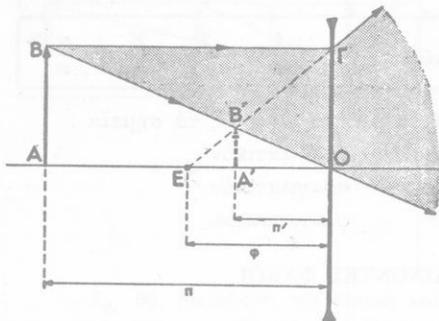
Ἐπὶ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ προσπίπτει δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς ἓνα δευτερεύοντα ἄξονα. Τότε ἡ ἐξερχομένη ἀπὸ τὸν



Σχ. 61. Ἡ κυρία έστια καὶ αἱ δευτερεύουσαι έστιαί τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικάι.

φακόν αποκλίνουσα δέσμη φαίνεται προερχομένη από την φανταστικήν δευτερεύουσαν έστίαν  $E_1$ . Είς τόν αποκλίνοντα φακόν τὰ δύο έστιακά έπίπεδα είναι φανταστικά.

**46. Είδωλον άντικειμένου.**— Ἐς θεωρήσωμεν ὡς φωτεινὸν άντικείμενον μίαν εὐθεΐαν  $AB$  κάθετον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 62). Γνωρίζοντες τὴν πορείαν ὠρισμένων ἀκτίνων δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον  $A'B'$ , τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον, πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Αἱ ἐκ τοῦ ἄκρου  $B$  τοῦ άντικειμένου προερχόμεναι ἀκτίνες  $BO$  καὶ  $BΓ$ , μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἀπὸ τὸν φακόν, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ τὸ σημεῖον  $B'$ , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου  $B$ .



Σχ. 62. Σχηματισμός ειδώλου ὑπὸ αποκλίνοντος φακοῦ.

Τὸ εἶδωλον  $A'B'$  τοῦ άντικειμένου εἶναι **φανταστικόν, ὀρθόν** καὶ **μικρότερον** ἀπὸ τὸ άντικείμενον, δὲν δυνάμεθα συνεπῶς νὰ τὸ λάβωμεν ἐπὶ διαφράγματος. Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω κατασκευὴν τοῦ εἰδώλου  $A'B'$  συνάγεται ὅτι τὸ φανταστικόν εἶδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου  $O$  καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας έστίας  $E$ . Σκεπτόμενοι ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συγκλίνοντος φακοῦ εὐκόλως εὐρίσκομεν ὅτι καὶ διὰ τοὺς αποκλίνοντας φακοὺς ἰσχύουν οἱ γενικοὶ τύποι, οἱ ἰσχύοντες καὶ διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς, ὑπὸ τὸν ὅρον ὅτι πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ κυρία έστία εἶναι φανταστικὴ (έπομένως φάρνητικόν) καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι ἐπίσης φανταστικόν (ἄρα καὶ π' ἄρνητικόν). Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὰ ἑξῆς συμπεράσματα διὰ τοὺς **ἀποκλίνοντας φακοὺς**:

I. Ὁ αποκλίνων φακὸς σχηματίζει εἶδωλον **φανταστικόν, ὀρθόν** καὶ **μικρότερον** ἀπὸ τὸ άντικείμενον· τὸ εἶδωλον σχηματίζεται πάντοτε μεταξὺ τοῦ φακοῦ καὶ τῆς φανταστικῆς κυρίας έστίας του.

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

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

**47. Γενικοί τύποι τῶν φακῶν.**— Ἐὰν  $\pi$  καὶ  $\pi'$  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:

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

ὑπὸ τὸν ὄρον ὅτι θὰ θεωροῦμεν ὡς ἀρνητικοὺς τοὺς ὄρους  $\pi$ ,  $\pi'$  καὶ  $\varphi$ , ὅταν οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς σημεῖα φανταστικά, τοὺς δὲ ὄρους  $R$  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	πραγματικὸν	$\frac{1}{\pi} + \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
	φανταστικὸν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = \frac{1}{\varphi}$
Ἀποκλίνων	φανταστικὸν	$\frac{1}{\pi} - \frac{1}{\pi'} = -\frac{1}{\varphi}$

Παράδειγμα 1) Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει δείκτην διαθλάσεως 1,5 καὶ

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

Εἰς τὸν ἀμφίκυρτον φακὸν αἱ δύο ἐπιφάνειαι τοῦ εἶναι κυρταί· ἄρα αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος λαμβάνονται θετικά. Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εὐρίσκεται ἀπὸ τὴν γενικὴν σχέσιν :

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

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

καὶ  $\varphi = 48 \text{ cm}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

καὶ  $\varphi = -48 \text{ cm}$

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον εἶναι πραγματικόν, ἔχομεν :

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

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

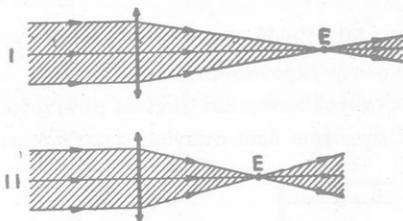
Τὸ δὲ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι :

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

## Γ'. ΙΣΧΥΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΑΚΩΝ

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

Καλεῖται ἰσχύς (ἢ συγκεντρωτικὴ ἰκανότης) ἐνὸς φακοῦ τὸ ἀντίστροφον τῆς ἔστιακῆς του ἀποστάσεως.



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

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

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

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

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

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

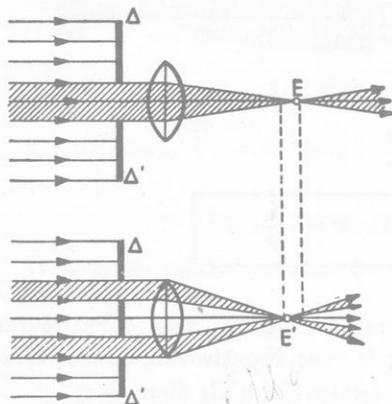
49. **Ὁμοαξονικὸν σύστημα φακῶν.**— Ὅταν πολλοὶ λεπτοὶ φακοὶ ἔχουν κοινὸν κύριον ἄξονα, τότε οἱ φακοὶ οὗτοι σχηματίζουν **ὁμοαξονικὸν σύστημα**. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἔχομεν ὅτι:

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

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

Ἡ σχέσηis αὐτὴ δίδει τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν  $\varphi$  τοῦ συστήματος.

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



Σχ. 64. Σφαιρική ἐκτροπή φακοῦ.

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

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

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

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

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

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

φακῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλοὺς φακοὺς ( 3 - 12 ), τῶν ὁποίων αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος, τὸ εἶδος τῆς ὑάλου καὶ αἱ μεταξὺ των ἀποστάσεις ἔχουν ἐκλεγῆ καταλλῆλως. 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 ὄ ν ), ἡ χρωματικὴ ἐκτροπὴ καταργεῖται ( ἀ χ ρ ω μ α τ ι κ ὄ 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 ὄ 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 εὑρεθῇ ἡ ἔστιακὴ 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 ἔστιακὴ του ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ ἄλλη ἀκτὶς καμπυλότητος ;

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

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

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

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

✓42. Φωτεινὴ εὐθεῖα μήκους 2 cm ἀπέχει 1 m ἀπὸ πτέασμα. Μεταξὺ τῆς εὐθείας καὶ τοῦ πτέασματος τοποθετεῖται συγκλίνων φακός, ὅποτε λαμβάνομεν εὐκρινὲς εἶδωλον διὰ δύο θέσεις τοῦ φακοῦ, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξὺ των 40 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ καὶ αἱ διαστάσεις τῶν δύο εἰδῶλων.

43. Εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ ἀμφικόλιον φακὸν ἔστιακῆς ἀποστάσεως  $-12$  cm, τοποθετεῖται ἀντικείμενον μήκους 10 cm. Νὰ εὑρεθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδῶλου.

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

ματίζεται ἐκεῖ, ὅπου εὐρίσκεται καὶ τὸ φωτεινὸν σημεῖον. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.

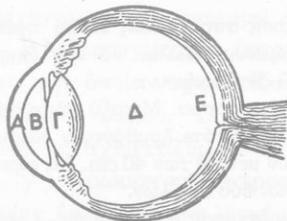
45. Μὲ ἓνα φακὸν ἰσχύος 5 διοπτριῶν θέλομεν νὰ σχηματίσωμεν ἐπὶ ἐνὸς τοίχου, ὁ ὁποῖος παίζει ρόλον πετάσματος, τὸ εἶδωλον Α'Β' ἐνὸς ἀντικειμένου ΑΒ. Τὸ μήκος τοῦ εἰδώλου πρέπει νὰ εἶναι 20 φορές μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μήκος τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν τοῖχον πρέπει νὰ τεθῇ ὁ φακὸς καὶ πόσον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

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

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

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

51. Κατασκευὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ.—Ἀπὸ ὀπτικῆς ἀπόψεως ὁ ὀφθαλμὸς ἀποτελεῖται ἐκ σειρᾶς διαφανῶν μέσων, τὰ ὁποῖα χωρίζονται μεταξὺ τῶν μὲ αἰσθητῶς σφαιρικὰς ἐπιφανείας· τὰ κέντρα τῶν ἐπιφανειῶν τούτων εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ ἄξονος. Ὄταν προχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἐξωτερικοῦ πρὸς τὸ ἐσωτερικόν, συναντῶμεν διαδοχικῶς τὰ ἐξῆς (σχ. 65) : α) Τὸν διαφανῆ κερατοειδῆ χιτῶνα Α. β) Τὸ ὑδατῶδες ὑγρὸν Β. γ) Ἐν διάφραγμα ἔχον διάφορον χρῶμα εἰς τὰ διάφορα ἄτομα, τὸ ὁποῖον καλεῖται Ἴρις καὶ φέρει εἰς τὸ μέσον κυκλικὸν ἄνοιγμα (κόρη) ἡ διάμετρος τῆς κόρης μεταβάλλεται ἀπὸ 2 ἕως 8 mm περίπου. δ) Ἐνα ἀμφικυρτον ἐλαστικὸν φακὸν Γ, ὁ ὁποῖος καλεῖται κρυσταλλῶδες φακός.

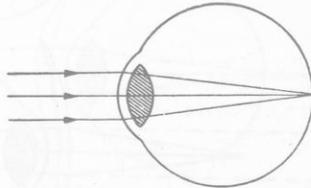


Σχ. 65. Τομή ὀφθαλμοῦ.

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 εἶδωλὸν τοῦ νὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Κατὰ προσέγγισιν ὁ ὀφθαλμὸς δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ μὲ συγκλίνοντα φακόν, τοῦ ὁποίου τὸ ὀπτικὸν κέντρον εὐρίσκεται 15 mm ἔμπροσθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

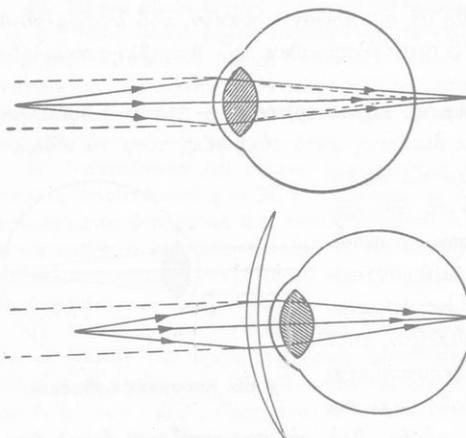
✓ **52. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Προσαρμογή.** — Ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρῇ ἐν ἀντικείμενον καὶ διακρίνῃ αὐτὸ εὐκρινῶς, τότε τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τούτου σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐὰν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄπειρον, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 66). Ὅταν 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 τροποποιηθῇ ἐκάστοτε ὁ μηχανισμὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταβολῆς τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ ἔφ' ὅσον ἐλαττώνεται ἢ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸν ὀφθαλμόν, ὁ κρυσταλλώδης φακὸς γίνεται συγκεντρωτικώτερος. Ἡ ἰκανότης αὕτη τοῦ ὀφθαλμοῦ καλεῖται **προσαρμογή**. Ὁ **κανονικὸς ὀφθαλμὸς**, δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς, χωρὶς προσαρμογῆν, τὰ εἰς ἄπειρον εὐρισκόμενα ἀντικείμενα καὶ προσαρμοζόμενος δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα μέχρι ἀποστάσεως 25 cm. Ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ εὑρεθῇ ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἐν ἀντικείμενον, διὰ νὰ διακρίνεται εὐκρινῶς, καλεῖται **ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινῶς ὁράσεως**· αὕτη διὰ τὸν κανονικὸν ὀφθαλμόν εἶναι περίπου 25 cm.



Σχ. 66. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς.

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

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

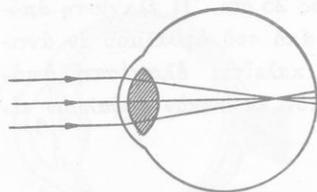


Σχ. 67. Πρεσβυωπικός ὀφθαλμὸς καὶ διόρθωσις αὐτοῦ.

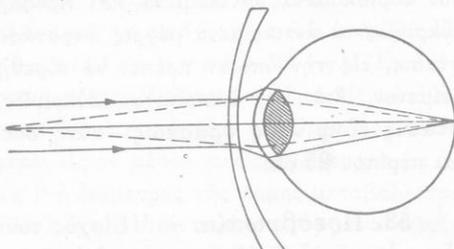
ἰκανότητος προσαρμογῆς, ὁ πρεσβύωψ ὀφθαλμὸς χρησιμοποιεῖ συγκλίνοντα φακὸν διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν πλησίον εὐρισκομένων ἀντικειμένων (σχ. 67).

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

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



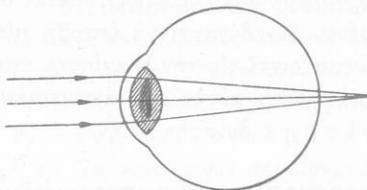
Σχ. 68. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς.



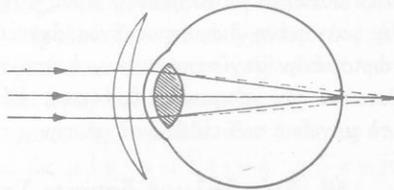
Σχ. 69. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

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

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



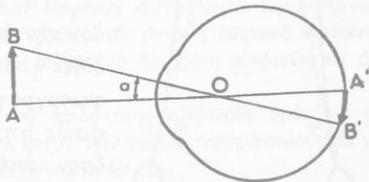
Σχ. 70. Ὑπερμετρῶπικὸς ὀφθαλμὸς.



Σχ. 71. Διόρθωσις ὑπερμετρῶπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

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

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



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

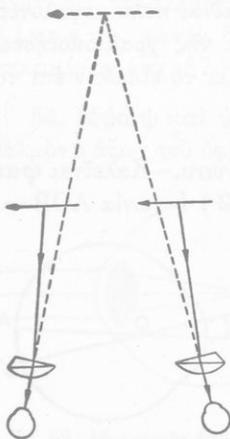
φαινόμενη διάμετρος:  $\alpha = \frac{AB}{OA}$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις φανερώνει ὅτι :

Ἡ φαινόμενη διάμετρος ἑνὸς ἀντικειμένου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τούτου ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν.

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

**56. Διόφθαλμος ὄρασις. Στερεοσκοπία.**—Ὅταν παρατηροῦμεν ἐν ἀντικείμενον με τὸς δύο ὀφθαλμοὺς, τότε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἐκάστου ὀφθαλμοῦ σχηματίζεται ἰδιαιτέρον εἶδωλον. Ἐν τούτοις βλέπομεν ἐν μόνον ἀντικείμενον. Ὅταν τὸ αὐτὸ ἀντικείμενον τὸ παρατηροῦμεν ἄλλοτε μὲν με τὸν ἕνα ὀφθαλμὸν, ἄλλοτε δὲ με τὸν ἄλλον ὀφθαλμὸν, τότε τὸ θέαμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει τὸ ἀντικείμενον τοῦτο, εἶναι ὀλίγον δια-



Σχ. 73. Ἀρχὴ τοῦ στερεοσκοπίου.

φορετικόν, ὅταν παρατηρῆται με μόνον τὸν δεξιὸν ἢ τὸν ἀριστερόν ὀφθαλμὸν. Αἱ μικραὶ αὐταὶ διαφοραὶ συντελοῦν εἰς τὸ νὰ μᾶς δίδουν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, δηλαδή νὰ ἀντιλαμβάνομεθα ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἡμᾶς χῶρον, ὄχι ὡς ἐπιφάνεια, ἀλλὰ ὡς στερεὸν ἔχον διαστάσεις.

Τὸ στερεοσκοπικὸν ἀναπαράγει σχεδὸν τὴν ἔννοιαν τοῦ ἀναγλύφου, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ἡ διόφθαλμος ὄρασις. Λαμβάνομεν δύο φωτογραφίας τοῦ ἀντικειμένου με δύο φωτογραφικὰς μηχανὰς, 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· ἡ μία ἐξ αὐτῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ δεξιὸς

ὀφθαλμὸς, ἡ δὲ ἄλλη εἰς τὴν εἰκόνα, τὴν ὁποίαν μᾶς δίδει ὁ ἀριστερὸς ὀφθαλμὸς. Θέτομεν τὰς δύο αὐτὰς εἰκόνας ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ στερεο-

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

**57. Διάρκεια τῆς ἐντυπώσεως.**—Ἡ γένεσις καὶ ἡ ἔξαφάνισις 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 τὰ χέως κινούμενον φωτεινὸν σημεῖον δὲν διακρίνεται ὡς κινούμενον σημεῖον, ἀλλὰ ὡς μία φωτεινὴ γραμμὴ. Ἡ κινηματογραφία βασίζεται ἐπὶ τῆς διάρκειας 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 ρυθμὸν, ἥτοι 24 κατὰ δευτερόλεπτον. Ὁ παρατηρητὴς βλέπει προβαλλομένης τὰς διαδοχικὰς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, ἕνεκα ὅμως τῆς διάρκειας τῶν ὀπτικῶν ἐντυπώσεων, δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν συνεχῆ ἀλλαγὴν τῶν προβαλλομένων εἰκόνων καὶ νομίζει ὅτι βλέπει κινούμενον τὸ ἀντικείμενον.

#### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

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

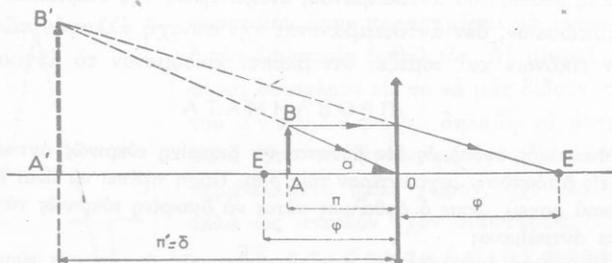
52. Γέρων, τοῦ ὁποίου ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 1,20 m, θέλει νὰ διαβάξῃ βιβλίον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν του. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ, τὸν ὁποῖον θὰ χρησιμοποιήσῃ ;

## ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

58. Ὀπτικά ὄργανα.—Εἶδομεν (§ 55) ὅτι, ὅσον μεγαλύτερα 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 δύνατὴ φαινομένη διάμετρος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξῆσιν τῆς φαινομένης διαμέτρου, χρησιμοποιοῦμεν διάφορα ὀπτικά ὄργανα.

## Α'. ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΑ

59. Ἄπλοῦν 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 ἀπόστασις του ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν εἶναι ἴση μὲ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Τὸ εἶδωλον  $A'B'$  φαίνεται ὑπὸ γωνίαν  $\alpha$ . Ἄρα ἡ μονὰς μήκους τοῦ ἀντικειμένου  $AB$  φαίνεται διὰ μέσου τοῦ φακοῦ ὑπὸ γωνίαν:  $\frac{\alpha}{AB}$ .

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

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

Ἡ φαινομένη διάμετρος  $\alpha$  τοῦ εἰδώλου μετρεῖται εἰς ἀκτίνια καὶ τὸ μῆκος 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' ὄψιν ὅτι ἡ γωνία  $\alpha$  εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ ὅτι ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ συνήθως εἶναι πολὺ μικρὰ, τότε δυνάμεθα κατὰ μεγάλην προσέγγισιν νὰ λάβωμεν :  $AB = \phi \cdot \alpha$ . Ἐπομένως ἡ ἰσχὺς τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου κατὰ προσέγγισιν εἶναι :

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

*60*

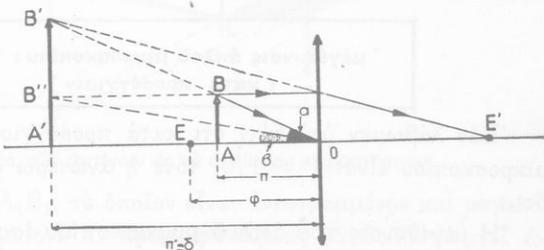
**60. Μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου.**—Δι' ὅλα τὰ ὀπτικά ὄργανα ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὀρισμός :

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

Ἡ οὕτως ὀριζομένη μεγέθυνσις εἶναι ἡ **γωνιακὴ μεγέθυνσις**,

ἐνῶ ὁ λόγος τῶν γραμμικῶν διαστάσεων τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου εἶναι ἡ **γραμμικὴ μεγέθυνσις** :

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



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

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

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

Αί γωνία  $\alpha$  και  $\beta$  είναι πολύ μικρά. 'Επομένως από τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα  $OAB$  και  $OA'B''$  εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

και

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

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

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

'Εὰν εἰς τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν θέσωμεν τὴν τιμὴν τοῦ  $\pi$  ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν (1), εὐρίσκομεν ὅτι ἡ **μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου** εἶναι :

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

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

'Η μεγέθυνσις ἐνὸς ἀπλοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται κατὰ προσέγγισιν μὲ τὸν λόγον τῆς ἐλαχίστης ἀποστάσεως εὐκρινουῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ.

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

(κατὰ προσέγγισιν)

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

'Η μεγέθυνσις τοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἰσχὺς τοῦ φακοῦ ἐπὶ τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινουῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ.

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

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

Ἡ ἰσχὺς τοῦ χρησιμοποιουμένου ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

Ἡ ἐπιτυγχανομένη μεγέθυνσις εἶναι :

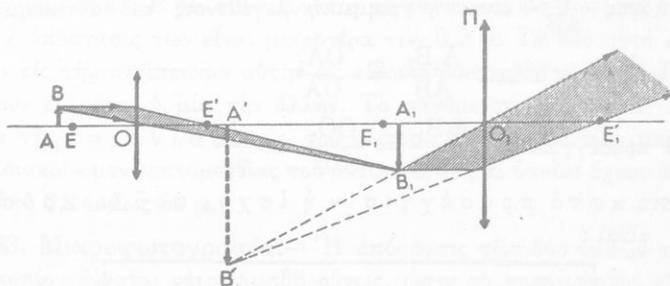
$$M = \frac{\delta}{\varphi} = \frac{25 \text{ cm}}{2 \text{ cm}} = 12,5$$

Ἡ φαινομένη 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 πολὺ μικρῶν ἀντικειμένων. Τὸ μικροσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ σύστημα δύο συγκλινόντων φακῶν, οἱ ὅποιοι εἶναι καταλλήλως στερεωμένοι εἰς τὰ δύο ἄκρα σωλήνος.

Ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς ἔχει πολὺ μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν ὀλίγον δὲ πέραν τῆς κυρίας ἐστίας του τοποθετεῖται τὸ πολὺ μικρὸν ἀντικείμενον AB (σχ. 76). Οὕτως ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς δίδει τὸ π ρ α γ-



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

μ α τ ι κ ὸ ν εἰδώλων  $A_1B_1$ , 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 προσοφθαλμίου φακοῦ καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του. Οὕτως ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει τὸ φ α ν τ α σ τ ι κ ὸ ν εἶδωλον  $A'B'$ , τὸ ὁποῖον διὰ νὰ εἶναι εὐκρινές, πρέπει νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ. Τὸ ἀντικείμενον φωτίζεται κάτωθεν πολὺ ἰσχυρῶς μετὰ τὴν βοήθειαν κατόπτρου, ὥστε τὸ τελικὸν εἶδωλον, τὸ ὁποῖον εἶναι πολὺ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, νὰ εἶναι φωτεινόν.

α) Ίσχυς 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  $\alpha$  εἶναι ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ τελικοῦ εἰδώλου  $A'B'$ , τότε συμφώνως πρὸς τὸν ὄρισμὸν ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται ὡς ἐξῆς :

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

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

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

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

(§ 42), ἡ ὁποία εἶναι :

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

ἢ κατὰ προσέγγισιν :

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

Ὄστε κατὰ προσέγγισιν ἡ ἰσχύς τοῦ μικροσκοπίου εἶναι :

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

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

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

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

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

Κατά συνθήκην ή έμπορικη μεγέθυνσις του μικροσκοπίου ορίζεται με βάσιν την ελαχίστην απόστασιν ευκρινούς όράσεως του κανονικού όφθαλμου ( $\delta = 25 \text{ cm}$ ).

Παράδειγμα. Είς έν μικροσκόπιον είναι :

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

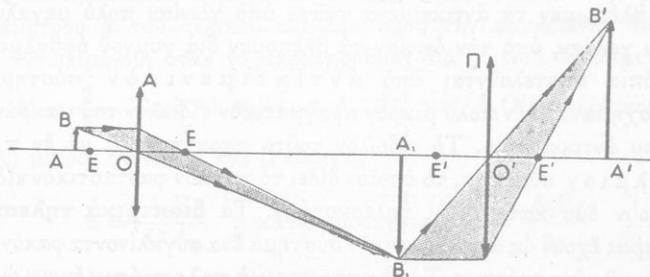
Ή ισχύς του μικροσκοπίου είναι :

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

Ή δέ μεγέθυνσις του μικροσκοπίου δι' ένα όφθαλμόν έχοντα ελαχίστην απόστασιν ευκρινούς όράσεως  $\delta = 10 \text{ cm}$  είναι :  $M = 1000 \cdot 0,10 = 100$ , ήτοι δ όφθαλμός βλέπει τό αντικείμενον 100 φορές μεγαλύτερον.

**62. Διαχωριστική ικανότης του μικροσκοπίου.**— Έκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι είναι δυνατόν να αύξηθ ή ισχύς του μικροσκοπίου πέραν των άνωτέρων όρίων ισχύος, τά όποια έχομεν σήμερα επιτύχει. Έφ' όσον δέ βαινει αύξανόμενη ή ισχύς, αύξάνονται και αι λεπτομέρειαι, τάς όποίας διακρίνει ό όφθαλμός. Παρά τάς τεχνικάς τελειοποιήσεις, δύο σημεία Α και Β δέν είναι δυνατόν να φαίνωνται ως χωριστά σημεία, όταν ή απόστασις των είναι μικρότερα των 0,2 μ. Τά δύο αυτά σημεία δίδουν εις την περίπτωσιν αύτην ως είδωλα δύο κηλίδας, αι όποιαι καλύπτουν έν μέρος ή μία την άλλην. Τό φαινόμενον τουτο είναι αποτέλεσμα τής παραθλάσεως του φωτός (§ 92). Διά των μικροσκοπίων διακρίνομεν λεπτομερείας του αντικειμένου, αι όποιαι έχουν διαστάσεις από 0,2 μ έως 50 μ.

**63. Μικροφωτογραφία.**— Ή απόστασις των δύο φακών του μικροσκοπίου δύναται να ρυθμισθ ή ούτως, ώστε τό πραγματικόν είδωλον



Σχ. 77. Σχηματισμός πραγματικού ειδώλου υπό του μικροσκοπίου.

$A_1B_1$ , τό όποϊον δίδει ό αντικειμενικός, να σχηματίζεται πρό τής κυ-

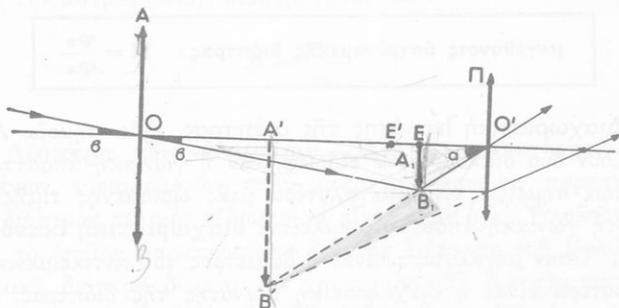
ρίας ἐστίας Ε' τοῦ προσοφθαλμίου (σχ. 77). Τότε ὁ προσοφθάλμιος δίδει τὸ π ρ α γ μ α τ ι κ ὸ ν εἶδωλον Α'Β', τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ληφθῆ ἐπὶ διαφράγματος ἢ ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Ἡ φωτογράφησις τῶν εἰδῶλων μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων καλεῖται **μικροφωτογραφία** πρὸς τοῦτο στερεώνεται καταλλήλως ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου φωτογραφικῆ μηχανῆ. Ἀντὶ φωτογραφικῆς μηχανῆς δύναται νὰ στερεωθῆ ἡ συσκευὴ λήψεως κινηματογραφικῶν εἰκόνων ἢ **κινηματομικροφωτογραφία** παρέχει σήμερον πολύτιμον βοήθειαν εἰς τὰς διαφόρους ἐρεῦνας καὶ τὴν διδασκαλίαν.

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

## Β'. ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΑ

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

66. Αστρονομική διόπτρα. — ' Η αστρονομική διόπτρα αποτελείται : α ) ' Α π ό τ ό ν ά ν τ ι κ ε ι μ ε ν ι κ ό ν φ α κ ό ν , ό ό π ο ι ο ς έ χ ε ι π ο λ ύ μ ε γ ά λ η ν έ σ τ ι α κ ή ν ά π ό σ τ α σ ι ν (  $\varphi_{\pi}$  ) κ α ι δ ί δ ε ι τ ό π ρ α γ μ α τ ι κ ό ν , μ ι κ ρ ό ν κ α ι ά ν ε σ τ ρ α μ έ ν ο ν ε ἰ δ ώ λ ο ν  $A_1B_1$  ( σ χ . 78 ) . β ) ' Α π ό τ ό ν π ρ ο σ -



Σχ. 78. Πορεία τών ακτίνων εις την αστρονομικήν διόπτραν.

ο φ θ ά λ μ ι ο ν φ α κ ό ν , ό ό π ο ι ο ς έ χ ε ι μ ι κ ρ ά ν έ σ τ ι α κ ή ν ά π ό σ τ α σ ι ν (  $\varphi_{\pi}$  ) κ α ι χ ρ η σ ι μ ο π ο ι ε ἴ τ α ι ώ ς ά π λ ο ὦ ν μ ι κ ρ ο σ κ ό π ι ο ν δι ά τ η ν π α ρ α τ ή ρ η σ ι ν τ ο ὦ π ρ α γ μ α τ ι κ ο ὗ ε ἰ δ ώ λ ο υ  $A_1B_1$ . Τ ό ε ἰ δ ώ λ ο ν τ ο ὗ τ ο σ χ η μ α τ ι ζ ε τ α ι π λ η σ ί ο ν τ ῆ ς κ υ ρ ί α ς έ σ τ ί α ς Ε τ ο ὦ ά ν τ ι κ ε ι μ ε ν ι κ ο ὗ φ α κ ο ὗ . Κ α τ á τ η ν π α ρ α τ ή ρ η σ ι ν χ ω ρ í ς π ρ ο σ α ρ μ ο γ ή ν , ἡ κ υ ρ ί α έ σ τ ί α Ε τ ο ὦ ά ν τ ι κ ε ι μ ε ν ι κ ο ὗ κ α ι ἡ κ υ ρ ί α έ σ τ ί α Ε ' τ ο ὦ π ρ ο σ ο φ θ α λ μ ί ο υ σ υ μ π ί π τ ο ὦ ν κ α ι τ ό μ ῆ κ ο ς  $l$  τ ο ὦ ό ρ γ á ν ο υ ε ἴ ν α ι τ ό τ ε :  $l = \varphi_{\alpha} + \varphi_{\pi}$ .

α ) Μ ε γ έ θ υ ν σ ι ς τ ῆ ς δ ι ό π τ ρ α ς . " Ο π ω ς ε ι ς τ á μ ι κ ρ ο σ κ ό π ι α , ο ὗ τ α κ α ι ε ι ς τ á τ η λ ε σ κ ό π ι α ἡ μ ε γ έ θ υ ν σ ι ς ἰ σ ο ὗ τ α ι μ ε τ ό ν λ ό γ ο ν τ ῆ ς φ α ι ν ο μ έ ν η ς δ ι α μ έ τ ρ ο υ  $\alpha$  τ ο ὦ τ ε λ ι κ ο ὗ ε ἰ δ ώ λ ο υ π ρ ό ς τ η ν φ α ι ν ο μ έ ν η ν δ ι á μ ε τ ρ ο ν  $\beta$  τ ο ὦ ά ν τ ι κ ε ι μ έ ν ο υ , ό τ α ν τ ό π α ρ α τ η ρ ο ὕ μ ε ν δι á γ υ μ ν ο ὗ ό φ θ α λ μ ο ὗ . " Ἀ ρ α ε ἴ ν α ι :  $M = \frac{\alpha}{\beta}$ . ' Α π ό τ á τ ρ ῖ γ ω ν α  $A_1OB_1$  κ α ι  $A_1O'B_1$  ε ὑ ρ í σ κ ο μ ε ν ό τ ι α ἰ π ο λ ύ μ ι κ ρ α ἰ γ ω ν ί α  $\alpha$  κ α ι  $\beta$  ε ἴ ν α ι :

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

$$\beta = \frac{A_1B_1}{OA_1} \quad \eta \text{ κατá προσέγγισιν } \beta = \frac{A_1B_1}{\varphi_{\alpha}}$$

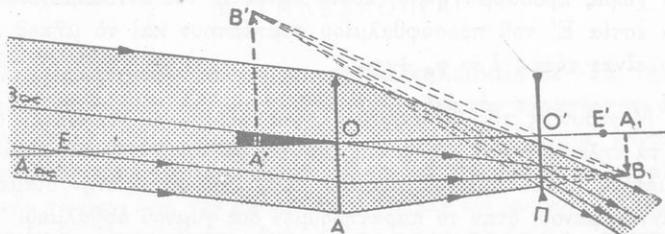
Ούτως εύρισκομεν ὅτι :

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

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

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

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



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

τικὸν εἶδωλον  $A_1B_1$  (σχ. 79)· τοῦτο σχηματίζεται πολὺ πλησίον τῆς κυρίας ἔστιας Ε τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Ὁ προσοφθαλμῖος εἶναι ἀ π ο κ λ ἰ ν ω φακός, ὁ ὅποῖος παρεμβάλλεται μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τῆς ἔστιας του Ε. Οὕτω τὸ εἶδωλον  $A_1B_1$  ἐπέχει θέσιν φανταστικοῦ ἀντικειμένου διὰ τὸν προσοφθαλμῖον φακόν. Ἐὰν ἡ κυρία ἔστια Ε' τοῦ προσοφθαλμοῦ εὑρίσκηται πρὸ τῆς ἔστιας τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τότε ὁ

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

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

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

X

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

ακὴν ἀπόστασιν  $\varphi$ .

Τὸ ἀνορθωτικὸν σύστημα παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ ἀντικει-

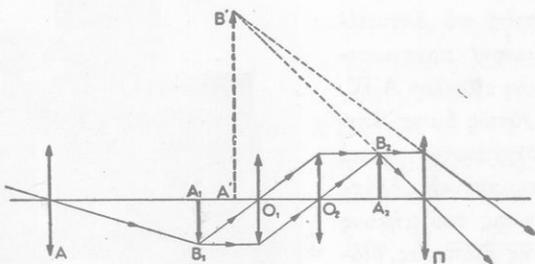
μενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου οὕτως, ὥ-

στε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον  $A_1B_1$ , τὸ ὁ-

ποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός, νὰ σχη-

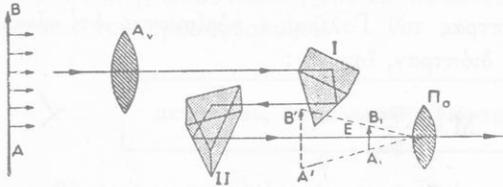
ματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ πρώτου φακοῦ  $O_1$  (σχ. 80). Ἡ

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



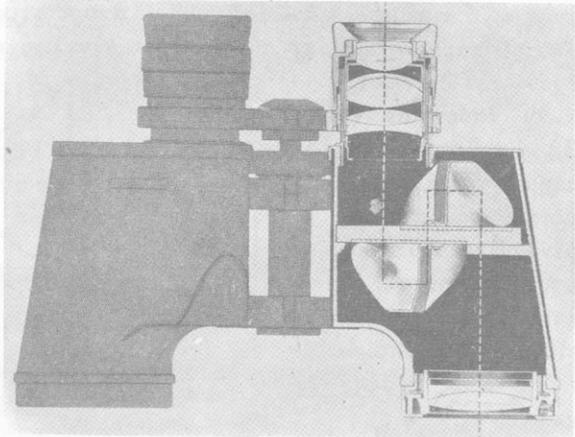
Σχ. 80. Σύστημα ἀνορθώσεως τοῦ εἰδώλου εἰς τὴν διόπτραν τῶν ἐπιγείων.

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



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

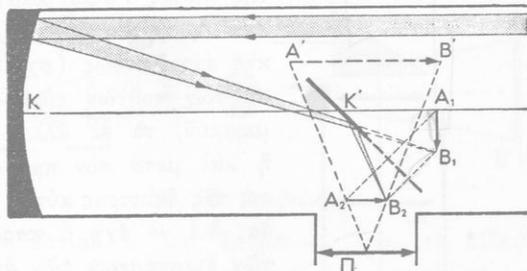
πρίσματος· αἱ ἀνακλάσεις αὐταὶ προκαλοῦν τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου  $A_1B_1$ , τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός. Οὕτω διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ παρατηροῦμεν τὸ ὄρθον πρὸς τὸ ἀντικείμενον πραγματικὸν εἶδωλον  $A'B'$ . Οὕτως ὅμως ἐπιτυγχάνεται καὶ σημαντικὴ ἐλάττωσις τοῦ μήκους τῆς διόπτρας, διότι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



Σχ. 82. Φωτογραφία τῆς πρισματικῆς διόπτρας.

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

70. Κατοπτρικών τηλεσκοπίων. Τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον φέρει ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἐν κοίλῳ κάτοπτρῳ, τὸ ὁποῖον ἔχει μεγάλην ἐστιακὴν ἀπόστασιν (σχ. 83). Τὸ κάτοπτρον Κ δίδει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον  $A_1B_1$  ἐνὸς μακρὰν εὐρισκομένου ἀντικειμένου  $AB$ . Τὸ εἶδωλον  $A_1B_1$  σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν Ε τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι ἀνεστραμμένον. Πρὸ τῆς κυρίας ἐστίας Ε τοῦ κοίλου κατόπτρου τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον  $K'$  (ἢ πρῖσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως), τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν  $45^\circ$  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 προσοφθαλμίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον  $A_2B_2$  βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἶδωλον  $A'B'$ . Ἡ μεγέθυνσις τοῦ κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἴση μετὰ τὸν λόγον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως ( $\varphi_\alpha$ ) τοῦ κοίλου κατόπτρου πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν ( $\varphi_\pi$ ) τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, ἥτοι  $M = \frac{\varphi_\alpha}{\varphi_\pi}$ .

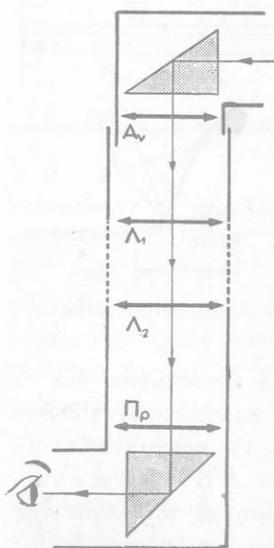


Σχ. 83. Πορεία ἀκτίνων εἰς τὸ κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον.

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

## Γ'. ΣΥΝΗΘΗ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

**71. Περισκόπιον.**—Τὸ **περισκόπιον** χρησιμοποιοεῖται κυρίως ὑπὸ τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν ταῦτα εὐρίσκονται ἐν καταδύσει, διὰ τὴν ἐξερευνησιν τοῦ ὀρίζοντος. Τὸ περισκόπιον εἶναι μία διόπτρα τῶν ἐπιγειῶν,



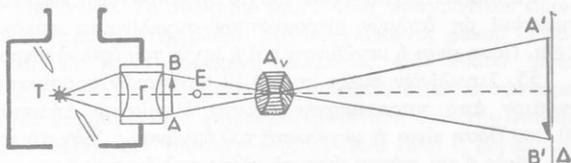
Σχ. 84. Σχηματικὴ παράστασις τοῦ περισκοπίου.

τῆς ὁποίας ὁ ἄξων κάμπτεται εἰς τὰ δύο ἄκρα κατ' ὀρθὴν γωνίαν χάρις εἰς δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως (σχ. 84)· τὸ ἐν ἓκ τῶν πρισμάτων τούτων εὐρίσκεται πρὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τὸ δὲ ἄλλο πρίσμα εὐρίσκεται πρὸ ἢ καὶ μετὰ τὸν προσοφθάλμιον. Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας αὐτῆς εἶναι ἴση μετὰ τὴν μονάδα, διὰ τὸ ἔχει ὁ παρατηρητὴς ἀκριβῆ ἰδέαν τῶν διαστάσεων τῶν ἀντικειμένων. Ἐπομένως ὁ ἀντικειμενικὸς καὶ ὁ προσοφθάλμιος ἔχουν τὴν αὐτὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν. Τὸ σύστημα ἀνορθώσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὁμοίους συγκλίνοντες φακοὺς  $\Lambda_1$  καὶ  $\Lambda_2$  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  $\Lambda_1$  καὶ  $\Lambda_2$ . Τὸ ἀνώτερον τμήμα τοῦ περισκοπίου εἶναι στρεπτὸν περὶ κατακόρυφον ἄξονα διὰ τὴν κατόπτεισιν τοῦ ὀρίζοντος.

**72. Φωτογραφικὴ μηχανή.**—Ἡ **φωτογραφικὴ μηχανή** εἶναι σκοτεινὸς θάλαμος (§ 4), ὁ ὁποῖος εἰς τὴν θέσιν τῆς μικρᾶς ὀπῆς φέρει συγκλίνοντα φακὸν (ἀ ν τ ι κ ε ι μ ε ν ι κ ὸ ς). Μετὰ τὸν φακὸν τοῦτον ἐπιτυγχάνεται πολὺ μεγαλυτέρα φωτεινότης τοῦ εἰδώλου. Ὁ ἀντικειμενικὸς τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς εἶναι σύστημα φακῶν ἀπληλαγμένον ἀπὸ τὰ ἐλαττώματα, τὰ ὁποῖα παρορσιάζει ὁ εἰς μόνον φακός.

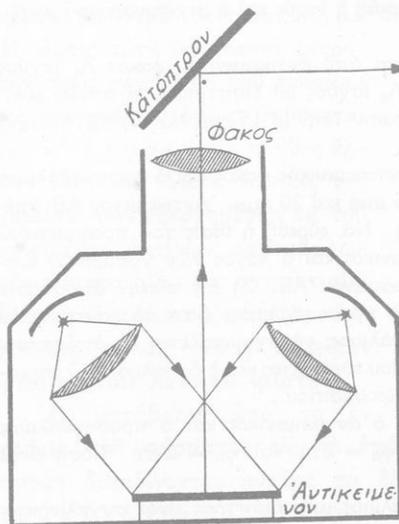
**73. Προβολεὺς.**—Ὁ **προβολεὺς** χρησιμεύει διὰ τὸν σχηματισμὸν ἐπὶ διαφράγματος π ρ α γ μ α τ ι κ οῦ καὶ μ ε γ ε θ υ σ μ ἔ ν ο υ εἰ-

δώλου, το όποιον να είναι ορατόν από πολλούς συγχρόνως παρατηρητάς. Ἐκάστη συσκευή προβολῆς ἀποτελεῖται ἀπὸ συγκλίνον σύστημα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ἐξομοιωθῆ 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 πραγματικὸν καὶ μεγεθυσμένον εἶδωλον  $A'B'$ . Ἡ μεγέθυνσις αὐξάνεται, ὅταν τὸ ἀντικείμενον  $AB$  πλη-



Σχ. 85. Προβολεὺς.

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



Σχ. 86. Σχηματικὴ παράστασις ἐπιδιασκοπίου.

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

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

53. Παρατηρητής, του οποίου η ελάχιστη απόστασης εύκρινους όράσεως είναι 12 cm, χρησιμοποιεί ως άπλουν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακόν έστιακής απόστάσεως 4 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις, τήν όποιαν έπιτυγχάνει, και πόση είναι η απόστασις του αντικειμένου από τον φακόν ;

54. Παρατηρητής έχων ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όράσεως 25 cm χρησιμοποιεί ως άπλουν μικροσκόπιον συγκλίνοντα φακόν έστιακής απόστάσεως 2 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις και η ισχύς του άπλου μικροσκοπίου ;

55. Συγκλίνων φακός ισχύος 12 διοπτριών χρησιμοποιείται ως άπλουν μικροσκόπιον από παρατηρητήν έχοντα ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όράσεως 20 cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις του όργάνου ; \*Έάν το παρατηρούμενον ειδώλον έχη μήκος 4 cm πόσον είναι το μήκος του αντικειμένου ;

56. Σύνθετον μικροσκόπιον αποτελείται από δύο λεπτούς συγκλίνοντας φακούς, των όποιων τα όπτικά κέντρα απέχουν 15 cm. \*Η έστιακή απόστασις του αντικειμένου είναι 1 cm, του δε προσοφθάλμιου είναι 3 cm. Παρατηρητής, έχων ελάχιστην απόστασιν εύκρινους όράσεως 25 cm, τοποθετεί τον όφθαλμόν του πολύ πλησίον του προσοφθάλμιου. Νά εύρεθῆ η ισχύς και η μεγέθυνσις του μικροσκοπίου.

57. Σύνθετον μικροσκόπιον αποτελείται από αντικειμενικόν φακόν  $\Lambda_1$  ισχύος 200 διοπτριών και από προσοφθάλμιον  $\Lambda_2$  ισχύος 50 διοπτριών, οι όποιοι εύρίσκονται εις σταθεράν μεταξύ των απόστασιν ίσην με 15 cm. Νά εύρεθῆ η ισχύς και η μεγέθυνσις του όργάνου.

58. Εις έν σύνθετον μικροσκόπιον ό αντικειμενικός φακός και ό προσοφθάλμιος έχουν αντίστοιχώς έστιακάς απόστάσεις 5 mm και 20 mm. \*Αντικείμενον AB απέχει 5,2 mm από τον αντικειμενικόν. 1) Νά εύρεθῆ η θέση του πραγματικού ειδώλου  $A_1B_1$ , το όποιον δίδει ό αντικειμενικός και ό λόγος των γραμμικών διαστάσεων του ειδώλου  $A_1B_1$  και του αντικειμένου AB. 2) Εις πόσην απόστασιν από τον αντικειμενικόν πρέπει να εύρεθῆ ό προσοφθάλμιος, ώστε το φανταστικόν ειδώλον  $A'B'$ , το όποιον δίδει ό προσοφθάλμιος, να σχηματίζεται εις απόστασιν 25 cm από τον φακόν τουτόν, επί του όποιου εύρίσκεται και ό όφθαλμός του παρατηρητού ; Πόση είναι η μεγέθυνσις του μικροσκοπίου ;

59. Εις μίαν άστρονομικήν διόπτραν ό αντικειμενικός και ό προσοφθάλμιος έχουν αντίστοιχώς έστιακάς απόστάσεις  $\varphi_a = 2$  m και  $\varphi_p = 2$  cm. Πόση είναι η μεγέθυνσις τῆς διόπτρας ;

60. \*Ο αντικειμενικός και ό προσοφθάλμιος μιᾶς διόπτρας είναι συγκλίνοντες φακοί, οι όποιοι έχουν αντίστοιχώς έστιακάς απόστάσεις  $\varphi_a = 1$  m και  $\varphi_p = 10$  cm. Παρατηρητής, έχων κανονικήν όρασιν, στρέφει τον άξονα τῆς διόπτρας προς το κέντρον του \*Ηλίου, του όποιου η φαινομένη διάμετρος είναι 32'. Νά εύρεθῆ υπό ποίαν γωνίαν (εις μοίρας) θα ἴδῃ ό παρατηρητής δια μέσου τῆς διόπτρας τον \*Ηλιον.

61. Εις μίαν διόπτραν του Γαλιλαίου ό αντικειμενικός έχει έστιακήν απόστασιν  $\varphi_a = 50$  cm, ό δε προσοφθάλμιος έχει  $\varphi_p = 10$  cm (κατ' άπόλυτον τιμήν).

Ο οφθαλμός αυτός παρατηρεί διά τῆς διόπτρας ἀντικείμενον ὕψους 20 m, εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν ἐνὸς χιλιομέτρου. Πόση εἶναι ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ ἀντικείμενου, ὅταν τοῦτο παρατηρηθῆται διά τῆς διόπτρας ;

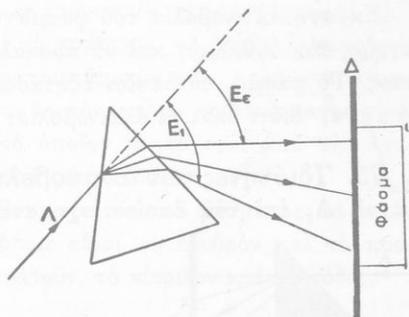
62. Σφαιρικὸν κοίλον κάτοπτρον ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν  $\Phi = 1$  m. Ὁ ἄξων τοῦ διευθύνεται πρὸς τὸ κέντρον τοῦ Ἡλίου, μεταξύ δὲ τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας του τοποθετεῖται μικρὸν ἐπίπεδον κάτοπτρον, τὸ ὁποῖον σχηματίζει γωνίαν  $45^\circ$  μὲ τὸν ἄξονα τοῦ κοίλου κατόπτρου. Τὸ κέντρον τοῦ 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  $\varphi = 2$  cm. 1) Ἐὰν ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ Ἡλίου εἶναι 0,009 rad, νὰ εὐρεθοῦν αἱ διαστάσεις τοῦ εἰδώλου, τὸ ὁποῖον δίδει τὸ σύστημα τῶν δύο κατόπτρων. 2) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ φαινομένη διάμετρος, ὑπὸ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητῆς βλέπει τὸν Ἡλιον διὰ τοῦ ὄργανου. 3) Ποία εἶναι ἡ μεγέθυνσις τοῦ ὄργανου;

## ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

74. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος.— Ἐπὶ ἐνὸς πρίσματος ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ μία ἀκτίς λευκοῦ φωτός (σχ. 87).

Ἡ ἀκτίς αὕτη ὑφίσταται ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βᾶσιν τοῦ πρίσματος, συγχρόνως ὅμως ὑφίσταται καὶ ἀνάλυσιν εἰς πλῆθος ἄλλων ἀκτίνων. Διότι, ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν ἐξερχομένων ἐκ τοῦ πρίσματος ἀκτίνων παρεμβάλωμεν διάφραγμα, θὰ σχηματισθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία συνεχὴς ἔγχρωμος 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 ἐξῆς χρώματα: ἐρυθρόν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν, βαθυκυανοῦν καὶ ἰώδες. Ἡ τοιαύτη ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός εἰς πολλὰ χρώματα ἀποδεικνύει ὅτι τὸ λευκὸν φῶς εἶναι σύνθετον. Ἐκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ἀντιστοιχεῖ εἰς ὀρισμένον εἶδος φωτός, τὸ ὁποῖον καλεῖται γενικῶς **ἀκτινοβολία** (π.χ. ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία κ.τ.λ.).



Σχ. 87. Ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ πρίσματος.

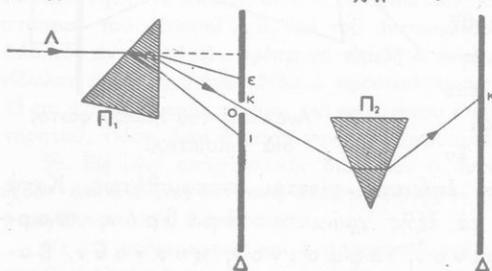
Εἰς τὸ ἀνωτέρω πείραμα παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον χρῶμα τοῦ φάσματος ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ πρίσματος διαφορετικὴν ἐκτροπὴν. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία καὶ τὴν μεγαλυτέραν ἐκτροπὴν ὑφίσταται ἡ ἰώδης ἀκτινοβολία. Ἀπὸ τὴν παρατήρησιν αὐτὴν συνάγεται ὅτι ἐκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ὄρισμένον δείκτην διαθλάσεως. Ἐπειδὴ δὲ γνωρίζομεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως, ἔπεται ὅτι οἱ δεῖκται διαθλάσεως τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος β α ἰ ν ο υ ν σ υ ν ε χ ῶ ς α ὑ ξ α ν ὀ μ ε ν ο ι, καθ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὴν ἐρυθρὰν πρὸς τὴν ἰώδη ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος.

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

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

Ἐκάστη ἀκτινοβολία τοῦ φάσματος ἔχει ἐπὶ πλεόν τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν καὶ νὰ προκαλῆ τὴν ἐντύπωσιν ὀρισμένου χρώματος. Τὸ φάσμα, τὸ ὁποῖον ἐξητάσαμεν ἀνωτέρω, καλεῖται ὁ ρ α τ ὀ ν φ ἄ σ μ α, διότι ὅλαι αἱ ἀκτινοβολαὶ του εἶναι ὄραται.

**75. Ἰδιότητες τῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος.**—Εἰς τὸ διάφραγμα Δ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ φάσμα, ἀνοίγομεν μικρὰν ὀπὴν Ο (σχ. 88) καὶ ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς μίαν ἀκτινοβολίαν τοῦ φάσματος π.χ. ἡ κίτρινη. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη προσπίπτει ἔπειτα ἐπὶ δευτέρου πρίσματος Π<sub>2</sub>.



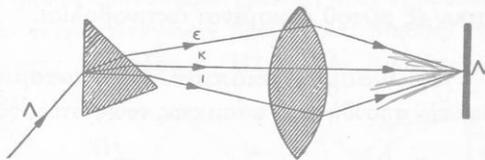
Σχ. 88. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος εἶναι ἀπλά.

Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ πρίσμα Π<sub>2</sub> προκαλεῖ μόνον ἐκτροπὴν τῆς ἀκτι-

νοβολίας, ὄχι ὅμως περαιτέρω ἀνάλυσιν αὐτῆς. Ὡστε :

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

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



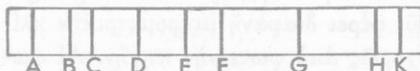
Αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος συγκεντρῶμεναι δίδουν λευκὸν φῶς.

Σχ. 89. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός.

**76. Συμπληρωματικὰ χρώματα.**— Μὲ ἓν μικρὸν πρίσμα ἐκτρέπομεν ἓν ἀπὸ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος καὶ συγκεντρώνομεν τὰ ὑπόλοιπα χρώματα τοῦ φάσματος. Τότε δὲν λαμβάνομεν λευκὸν φῶς, ἀλλὰ νέον χρῶμα, τὸ ὁποῖον προῆλθεν ἀπὸ τὴν ἀνάμειξιν τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων τοῦ φάσματος. Οὕτως ἀφαιροῦντες τὸ ἐρυθρὸν χρῶμα λαμβάνομεν ἐκ τῆς μείξεως τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων πράσινον χρῶμα. Δύο χρώματα, ὅπως π.χ. τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ πράσινον, τὰ ὁποῖα ἀναμειγνύμενα ὑπὸ ὀρισμένης 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.

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

**77. Φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός.**— Δι' ἐνὸς πρίσματος ἀναλύομεν μίαν λεπτὴν δέσμη ἀκτίνων ἡλιακοῦ φωτός. Τότε λαμβάνομεν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ὀρισμένες θέσεις τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος ὑπάρχουν σκοτεινὰ γράμματα.



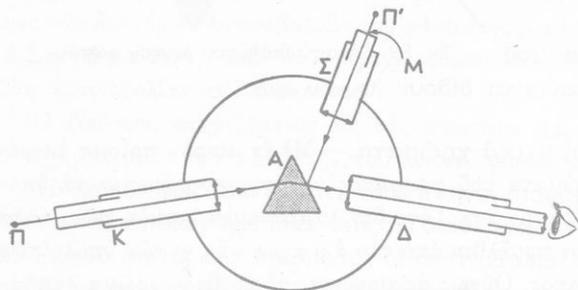
Σχ. 90. Αἱ σκοτεινὰ γράμματα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος.

Αἱ γράμματα αὐτὰ καλοῦνται γράμματα τοῦ Fraunhofer αἱ ζωηρότεροι ἐξ αὐτῶν χαρακτηρίζονται μὲ τὰ γράμματα τοῦ λατινικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 90). Αἱ σκοτεινὰ γράμματα τοῦ

ἡλιακοῦ φάσματος φανερώουν ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι πᾶσι λευκὸν φῶς, διότι ἐλλείπουν ἐξ αὐτοῦ μερικαὶ ἀκτινοβολίαι. Ὡστε :

Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός δὲν εἶναι συνεχές, διότι ἔλλειπουν ἐξ αὐτοῦ ὠρισμένα ἀκτινοβολία.

178. **Φασματοσκόπιον.**— Τὸ **φασματοσκόπιον** χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφο-



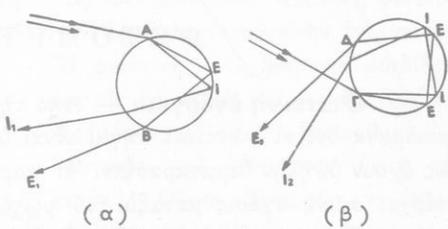
Σχ. 91. Σχηματική παράσταση φασματοσκοπίου.

ροι φωτεινὰ πηγὰ. Τὸ φασματοσκόπιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν πρῖσμα Α, τοῦ ὁποῦ ἡ ἀκμὴ εἶναι κατακόρυφος (σχ. 91). Τὸ πρῖσμα εἶναι στερεωμένον ἐπὶ ὀριζοντίου κύκλου.

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

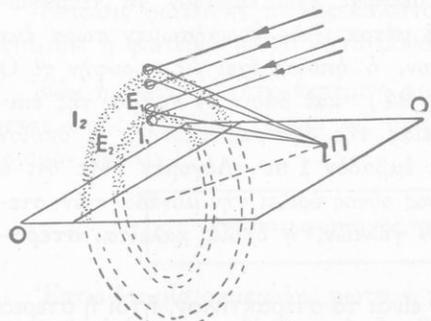
Οὕτως ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων (ἧτοι αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως). Ἡ **διόπτρα** Δ συλλέγει τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἐξέρχονται ἀπὸ τὸ πρῖσμα. Ὁ ἀντικειμενικὸς τῆς διόπτρας σχηματίζει πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ φάσματος, τὸ δὲ εἶδωλον τοῦτο παρατηροῦμεν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

**79. Ουράνιον τόξον.**—Τὸ οὐράνιον τόξον εἶναι μέγα φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός. Τὸ φάσμα τοῦτο παρατηρεῖται, ὅταν ἔμπροσθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχη ἓν τεῖχος σταγόνων βροχῆς καὶ ὀπισθεν τοῦ παρατηρητοῦ ὑπάρχει ἀκάλυπτος ἀπὸ νέφη ὁ ἥλιος. Ἄς θεωρήσωμεν μίαν σφαιρικὴν σταγόνα ὕδατος, εἰς τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας προσπίπτει μία ἀκτίς ἡλιακοῦ φωτός (σχ. 92α). Ἡ ἀκτίς αὐτὴ διαθλάται καὶ εἰσέρχεται ἐντὸς τῆς σταγόνος. Κατ' αὐτὴν ὁμῶς τὴν διάθλασιν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός, αἱ δὲ ἰώδεις ἀκτῖνες ἐκτρέπονται περισσότερον ἀπὸ τὰς ἐρυθρὰς ἀκτῖνας. Αἱ ἀκτῖνες ἐκάστου χρώματος τοῦ φάσματος φθάνουν εἰς τὴν ἀπέναντι ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος, ὅπου μέρος μὲν τοῦ φωτός, διαθλώμενον ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα (δὲν φαίνεται τοῦτο εἰς τὸ σχῆμα), μέρος δὲ τοῦ φωτός ὑφίσταται ἀνάκλασιν καὶ διαδιδόμενον πάλιν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ φθάνει εἰς τὴν ἐμπροσθίαν ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος. Ἐκεῖ αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται νέαν διάθλασιν καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα. Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες  $E_1$ , αἱ ὁποῖαι εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ σημεῖα 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 ὁμῶς ἐκ τῶν παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτῖνων προσπίπτουν εἰς τὸ κάτω μέρος τῶν σταγόνων (σχ. 92β). Τότε τὸ



Σχ. 92. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανόιο τόξου.

διδόμενον πάλιν ἐντὸς τοῦ ὑγροῦ φθάνει εἰς τὴν ἐμπροσθίαν ἐπιφάνειαν τῆς σταγόνος. Ἐκεῖ αἱ ἀκτῖνες ὑφίστανται νέαν διάθλασιν καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα. Ὅπως φαίνεται ἀπὸ τὸ σχῆμα, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες  $E_1$ , αἱ ὁποῖαι εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, φαίνονται προερχόμεναι ἀπὸ σημεῖα 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 ὁμῶς ἐκ τῶν παραλλήλων ἡλιακῶν ἀκτῖνων προσπίπτουν εἰς τὸ κάτω μέρος τῶν σταγόνων (σχ. 92β). Τότε τὸ



Σχ. 93. Σχηματισμὸς δύο συγκεντρικῶν οὐρανόιο τόξων.

ἡλιακὸν φῶς ὑφίσταται ἀρχικῶς διάθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν συμβαίνει καὶ ἀνάλυσις, ἔπειτα ὑφίσταται δύο ἀνάκλασεις

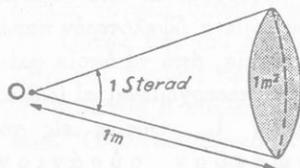
καὶ τέλος διάθλασιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα. Ἐνεκα τῶν ἀνωτέρω φαινομένων ὁ παρατηρητὴς βλέπει τὸ δευτε-  
 ρεῦον οὐράνιον τὸ ξόν, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ ἰώδες χρῶμα  $I_2$   
 φαίνεται ἄνωθεν τοῦ ἐρυθροῦ  $E_2$  (σχ. 93).

## ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

**80. Φωτεινὴ ἐνέργεια.**— Ἀπὸ τὴν καθημερινὴν παρατήρησιν βε-  
 βαιούμεθα ὅτι αἱ φωτεινὰ πηγὰ εἶναι ὑλικά σώματα, τὰ ὁποῖα συνή-  
 θως ἔχουν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Ἡ παρατήρησις αὕτη ἀποδεικνύει ὅτι  
 ὑπάρχει στενὴ σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτὸς καὶ τῆς θερμότητος. Ἀντι-  
 στρόφως 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 συνά-  
 γεται ὅτι :

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

**81. Μονὰς τῶν στερεῶν γωνιῶν.**— Ἐστω  $O$  τὸ κέντρον μιᾶς  
 σφαίρας, ἡ ὁποία ἔχει ἀκτῖνα ἴσην μὲ 1 μέτρον. Ἡ ἐπιφάνεια αὐτῆς  
 τῆς σφαίρας ἔχει ἐμβαδὸν  $4\pi$  τετραγω-  
 νικά μέτρα. Ἐὰν θεωρήσωμεν τώρα ἕνα  
 κῶνον, ὁ ὁποῖος ἔχει ὡς κορυφὴν τὸ  $O$   
 (σχ. 94) καὶ βάσιν ἐν τμήμα τῆς ἐπι-  
 φανείας τῆς σφαίρας ταύτης, τὸ ὁποῖον  
 ἔχει ἐμβαδὸν  $1 \text{ m}^2$ . Λέγομεν τότε ὅτι ὁ  
 κῶνος οὗτος ὀρίζει τὴν μονάδα τῶν στε-  
 ρεῶν γωνιῶν, ἡ ὁποία καλεῖται **στερα-**



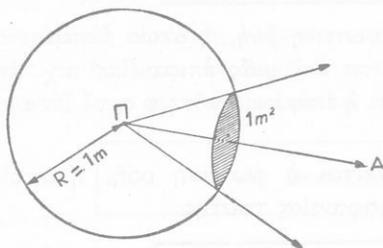
Σχ. 94. Ὅρισμός τῆς μονάδος  
 τῶν στερεῶν γωνιῶν.

**κτίνιον** (1 sterad). Ὡστε :

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

Από τὸν ἀνωτέρω ὄρισμὸν προκύπτει ὅτι ἡ στερεὰ γωνία, ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ὅλον τὸν πέραξ τοῦ σημείου Ο χῶρον, ἰσοῦται μὲ 4π στερακτίνια.

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



Σχ. 95. Ὅρισμὸς τῆς μονάδος φωτεινῆς ροῆς.

Ἡ φωτεινὴ αὐτὴ ἐνέργεια διαδίδεται εἰς τὸ πέραξ 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 (ἢ ρεῦμα φωτὸς) καλεῖται ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία κατὰ δευτερόλεπτον διέρ-

χεται διὰ μιᾶς ἐπιφανείας.

β) Ἐνταση 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 μὴδὰ στερεᾶς γωνίας ὀρισμένην φωτεινὴν ἐνέργειαν.

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

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

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

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

Ἡ ὀλική φωτεινὴ ροὴ μιᾶς σημειώδους φωτεινῆς πηγῆς, τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἴσουται 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 ἐνὸς φύλλου βιβλίου. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἐπιφάνεια αὕτη φωτίζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

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

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

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

α) Μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς. Ὡς μονὰς ἐντάσεως φωτεινῆς πηγῆς πρέπει προφανῶς νὰ 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 ὀρισμένης συνθήκας. Ἡ ἔντασις τῆς προτύπου φωτεινῆς πηγῆς λαμβάνεται ὡς μονὰς ἐντάσεως καὶ καλεῖται **κηρίον** (1 cd).

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

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

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

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

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

μονάς φωτεινῆς ροῆς : 1 lumen

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

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

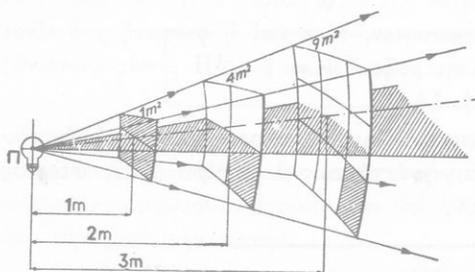
γ) Μονάς φωτισμοῦ. Ἀπὸ τὸν ὀρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ ἐπιφανείας, ἥτοι ἀπὸ τὴν σχέσιν :  $E = \frac{\Phi}{\sigma}$ , συνάγεται ὅτι, ἐὰν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας  $\sigma = 1 \text{ m}^2$  προσπίπτῃ καθετῶς φωτεινὴ ροὴ  $\Phi = 1$  lumen, τότε ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι ἴσος μὲ τὴν μονάδα φωτισμοῦ ( $E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

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

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

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω 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 φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας.

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



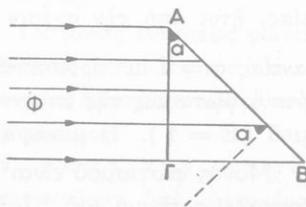
Σχ. 96. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς ἀποστάσεως.

ἡ ὅλική φωτεινὴ ροὴ ( $\Phi_{ολ} = 4\pi \cdot I$ ), τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ἡ φωτεινὴ πηγὴ, ἐξαπλοῦται διαδοχικῶς ἐπὶ σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν, τῶν ὁποίων αἱ ἀκτῖνες βαίνουν αὐξανόμεναι. Τὰ ἐμβαδὰ τῶν σφαιρικῶν αὐτῶν ἐπιφανειῶν βαίνουν αὐξανόμενα ἀναλόγως τοῦ τετρα-

γώνου 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 καθ' ἑτέρας ἐπὶ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας. Ἐστω ὅτι μία δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτῖνων προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας AB = σ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως α (σχ. 97). Ἐὰν E εἶναι ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας, τότε ἐφ' ὀλοκλήρου τῆς ἐπιφανείας AB προσπίπτει φωτεινὴ ροὴ  $\Phi = E \cdot \sigma$ . Ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας AΓ = σ' προκαλεῖ κάθετον φωτισμὸν



$E_x = \frac{I}{R^2}$  ἑπομένως εἶναι  $\Phi = E_x \cdot \sigma'$

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

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

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

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

Ἐὸ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν

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

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

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

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

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

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

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

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

85. Μέτρησης τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν.—Ἡ φωτομετρία ἔχει ὡς σκοπὸν τὴν μέτρησιν τῶν ἐντάσεων τῶν φωτεινῶν πηγῶν. Ἐὰς 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 σχέση ἀποτελεῖ τὴν ἐξίσωσιν τῆς φωτομετρίας καὶ φανερώνει ὅτι :

Ὅταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, αἱ

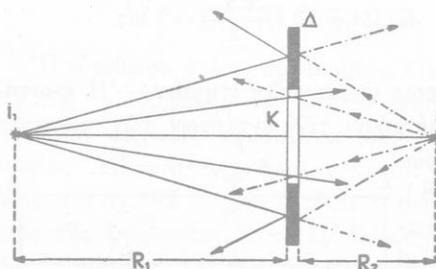
ἐντάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων τῶν πηγῶν τούτων ἀπὸ τὴν ἐξ ἴσου φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

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

Ἐὰν ἡ ἐνταση τῆς πηγῆς Α εἶναι  $I_A = 30$  κηρία, αἱ δὲ δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου τὴν ἐπιφάνειαν Σ ἐξ ἀποστάσεως  $R_A = 2$  m καὶ  $R_B = 4$  m, τότε ἡ ἐνταση τῆς πηγῆς Β εἶναι :

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

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



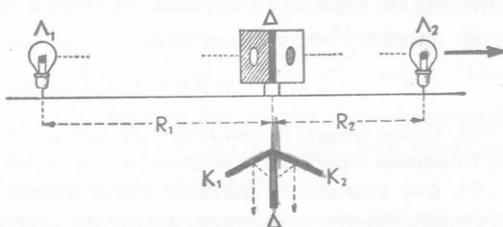
Σχ. 99. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen.

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

δύο πρὸς σύγκρισιν φωτεινῶν πηγῶν καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν, ἡ ὁποία συνδέει αὐτάς (σχ. 99). Ὄταν ἡ κηλὶς Κ δέχεται τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐκ μέρους τῶν δύο πηγῶν, ἡ κηλὶς ἐξαφανίζεται καὶ τὸ διάφραγμα Δ φαίνεται ὁμοιομόρφως φωτισμένον. Ἐὰν τότε αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τὴν κηλῖδα 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  $\Delta$ , ὑπάρχουν ἐκατέρωθεν αὐτοῦ δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἀμβλεῖαν γωνίαν· ὁ ὀφθαλμὸς τίθεται εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ διαφράγματος  $\Delta$  (σχ. 100). Εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται πολὺ ἀκριβέστερα φωτόμετρα.



Σχ. 100. Διάγραμμα φωτόμετρου τοῦ Bunsen.

87. <sup>9-2-66</sup> **Ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς.**— Διὰ νὰ ἔχωμεν φῶς, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν μιαν ἄλλην μορφήν ἐνεργείας. Οὕτως εἰς τὸν ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα διὰ τὴν παραγωγὴν φωτεινῆς ἐνεργείας δαπανᾶται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια.

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

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

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

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

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

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

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

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

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

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

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

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

66. Δύο φωτειναὶ πηγαὶ Α καὶ Β ἀπέχουν μεταξύ των 150 cm. Καθέτως πρὸς τὴν εὐθειαν ΑΒ τοποθετεῖται μεταξύ 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 μετακινήθῃ κατὰ 30 cm. Ποῖος εἶναι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ;

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

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

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

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

### ΤΟ ΦΩΣ ΩΣ ΚΥΜΑΝΣΕΙΣ

9-2-66 88. Θεωρία περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. — Κατὰ τὸν 17ον αἰῶνα διετυπώθησαν δύο φυσικαὶ θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, αἱ ὁποῖαι προσεπάθησαν νὰ ἐρμηνεύσουν τὰ ὀπτικά φαινόμενα.

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

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

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

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

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

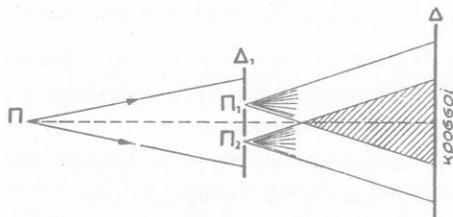
I. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων δέχεται ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις διαδιδόμεναι διὰ μέσου τοῦ αἰθέρος καὶ ἐρμηνεύει πολὺ περισσότερα ὀπτικὰ φαινόμενα ἀπὸ τὴν θεωρίαν τῆς ἐκπομπῆς.

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

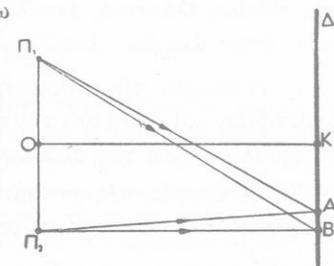
Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε, διότι ἐπεβεβαιώθη πλήρως ὑπὸ τοῦ πειράματος. Ἡ **ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία** τοῦ Maxwell (τὴν ὁποίαν θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν) μᾶς ἀπαλλάσσει ἀπὸ τὴν ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν τὴν ὑπαρξίν τοῦ αἰθέρος, ἀλλὰ δὲν καταργεῖ τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις. Εἰς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

**91. Συμβολὴ τοῦ φωτός.**— Ἡ ἀπλουστερά διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν φαινομένων **συμβολῆς τοῦ φωτός** εἶναι ἡ ἀκόλουθος : Μία λεπτὴ φωτεινὴ σχισμὴ Π (σχ. 101) φωτίζει ἰσχυρῶς τὰς δύο παραλλήλους σχισμὰς Π<sub>1</sub> καὶ Π<sub>2</sub> τοῦ διαφράγματος Δ<sub>1</sub>. Αἱ σχισμαὶ Π<sub>1</sub> καὶ Π<sub>2</sub> εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν Π. Ἡ ἀπόστασις Π<sub>1</sub>Π<sub>2</sub> εἶναι πολὺ μικρά. Αἱ δύο σχισμαὶ Π<sub>1</sub> καὶ Π<sub>2</sub> εἶναι τότε δύο σύγ-

χρονοι φωτεινὰ πηγὰί, δηλαδή εἶναι δύο σύγχρονα κέντρα παραγωγῆς φωτεινῶν κυμάνσεων. Αἱ κυμάνσεις αὐταὶ φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα  $\Delta$ , ὅπου συμβάλλουν καὶ οὕτω



Σχ. 101. Παραγωγή φαινομένου συμβολῆς τοῦ φωτός.



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

παράγονται **κροσσοὶ συμβολῆς**. Εἰς

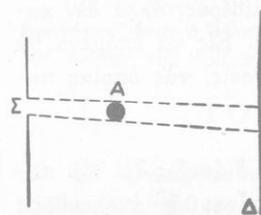
ὄσα σημεῖα, ὅπως π.χ. εἰς τὸ σημεῖον Α (σχ. 102), ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση μὲ ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται φωτεινοὶ κροσσοὶ

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

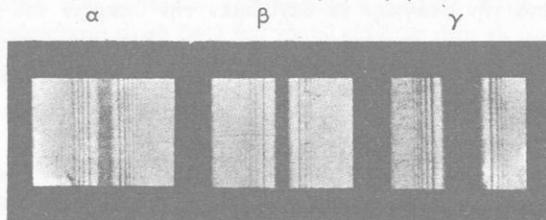
ἡ διαφορὰ δρόμου τῶν δύο κυμάνσεων εἶναι ἴση μὲ περιττὸν ἀριθμὸν ἡμικυμάτων, εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ παράγονται σκοτεινοὶ κροσσοὶ

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

**92. Παράθλασις τοῦ φωτός.**— Μία λεπτὴ σχισμὴ  $\Sigma$  φωτίζεται ἰσχυρῶς μὲ μονόχρουν φῶς (σχ. 103). Ἐντὸς τῆς δέσμης τῶν ἀκτί-



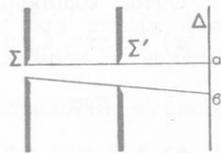
Σχ. 103. Φαινόμενα παραθλάσεως διὰ μικροῦ διαφράγματος (Α).



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

ων καὶ παραλλήλως πρὸς τὴν σχισμὴν  $\Sigma$  τοποθετοῦμεν πολὺ λεπτόν

σύριμα. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος  $\Delta$  δὲν σχηματίζεται σαφῶς ἡ σκιά τοῦ ἀδιαφανοῦς σώματος, ὅπως προβλέπει ὁ νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός (§ 2), ἀλλὰ σύστημα φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν κροσσῶν (σχ. 104). Εἰς τὸ μέσον μάλιστα τῆς γεωμετρικῆς σκιάς εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρχῃ φωτεινὸς κροσσός. Ἐμπροσθεν τῆς σχισμῆς  $\Sigma$  φέρομεν ἄλλην σχισμὴν  $\Sigma'$  (σχ. 105), ἣ ὅποια εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν  $\Sigma$ . Τὸ ἀνοίγμα τῆς σχισμῆς  $\Sigma'$  εἶναι πολὺ μικρόν. Ἐπὶ τοῦ διαφράγματος  $\Delta$  σχηματίζεται



Σχ. 105. Παράθλασις διὰ λεπτιῆς σχισμῆς.

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

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

**93. Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός.**— Τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς καὶ τῆς παραθλάσεως τοῦ φωτός ἀποδεικνύουν ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυμάνσεις καὶ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ μετρήσωμεν διὰ διάφορων μεθόδων τὸ μῆκος κύματος τῶν φωτεινῶν κυμάτων. 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 μήκη κύματος τῶν ὄρατῶν ἀκτινοβολιῶν περιλαμβάνονται μεταξὺ 0,8 μ καὶ 0,4 μ.

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

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

δυνάμεθα νά εὔρωμεν τήν συχνότητα  $\nu$  μιᾶς φωτεινῆς ἀκτινοβολίας, ὅταν γνωρίζωμεν τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$ .

Οὕτως εὐρίσκόμεν :

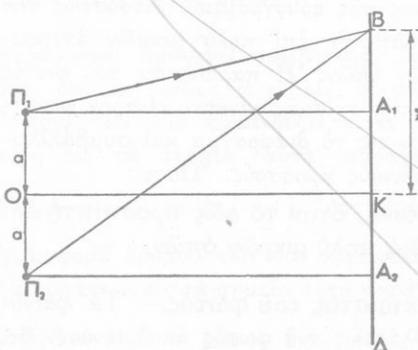
α) διὰ τὴν ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν :  $\lambda = 0,8 \mu = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$ ,

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

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

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

\* Παράδειγμα ὑπολογισμοῦ τοῦ μήκους τοῦ κύματος τοῦ φωτός. Ἐὰν θεωρήσωμεν δύο γειτονικὰς μονοχρωματικὰς φωτεινὰς πηγὰς  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$ , αἱ ὁποῖαι εἶναι λεπταὶ σχισμαὶ 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  $\Delta$  εἶναι  $d$  ( $\Pi_1A_1 = \Pi_2A_2 = OK = d$ ).



Αἱ κυμάνσεις αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τὰς δύο πηγὰς  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$  φθάνουν εἰς τὸ διάφραγμα  $\Delta$ , ὅπου συμβάλλουν. Οὕτως ἐπὶ τοῦ

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

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

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



Σχ. 107. Κροσσοὶ συμβολῆς.

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

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

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

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

Ἐὰν ὑπολογίσωμεν τὴν διαφορὰν δρόμου τῶν δύο κυμάτων. Ἀπὸ τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα  $\Pi_2 A_2 B$  καὶ  $\Pi_1 A_1 B$  εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

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

Αἱ ἀνωτέρω ἐξισώσεις γράφονται καὶ ὡς ἐξῆς :

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

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

Ἀφαιροῦντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

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

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

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

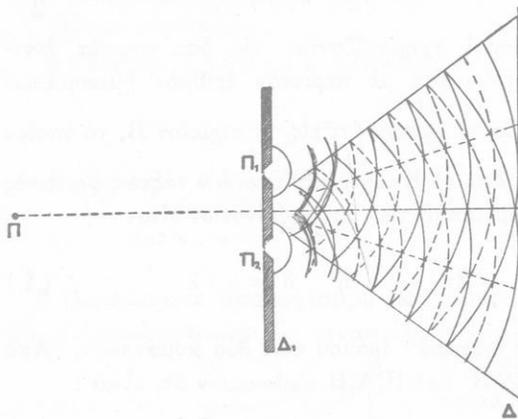
$$2d \cdot \delta = 4\alpha \cdot x \quad (3)$$

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

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

Ἡ ἀπλουστέρα διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν κροσσῶν συμβολῆς εἶναι αἰ **ὄπαι τοῦ Young**. Μία λεπτή φωτεινὴ σχισμὴ Π φωτίζει ἰσχυρῶς τὰς δύο παραλλήλους λεπτὰς σχισμὰς  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$  τοῦ διαφράγματος Δ (σχ. 108). Αἱ σχισμαὶ  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$  εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν σχισμὴν

Π· ἡ ἀπόστασις μεταξύ τῶν  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$  εἶναι πολὺ μικρὰ (τῆς τά-

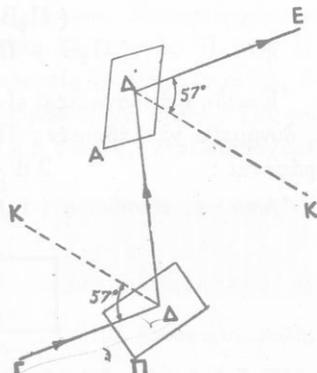


ξεως τοῦ χιλιοστομέ-  
τρου). Αἱ δύο σχισμαὶ  
 $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$  εἶναι τότε  
δύο σύγχρονοι φωτειναὶ  
πηγαί. Ἐὰν π.χ. εἶναι  
 $\Pi_1\Pi_2 = 2 \text{ mm}$ ,  $d = 100$   
cm, ἡ δὲ ἀπόστασις τοῦ  
πέμπτου φωτεινοῦ κροσ-  
σοῦ ( $\nu = 5$ ) ἀπὸ τὸν  
κεντρικὸν φωτεινὸν κροσ-  
σὸν εἶναι  $x = 1,7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

108. Ὀπταὶ τοῦ Young.

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

194. Πόλωση τοῦ φωτός.— Τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προέρχεται ἀπὸ  
μίαν φωτεινὴν πηγὴν, καλεῖται **φυσικὸν φῶς**, ὅταν δὲν ἔχη ὑποστῆ  
καμμίαν ἀνάκλασιν ἢ διάθλασιν. Ἀφήνο-  
μεν μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός νὰ προσ-  
πέσῃ πλαγίως ἐπὶ ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπ-  
τρου. Στρέφομεν τὸ κάτοπτρον περὶ τὴν  
προσπίπτουσαν ἀκτῖνα ὡς ἄξονα, διατη-  
ροῦντες σταθερὰν τὴν γωνίαν προσπτώ-  
σεως. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς διαγράφει ἐπι-  
φάνειαν κώνου, ἀλλὰ ἡ ἔντασις τῆς  
ἀνακλωμένης ἀκτῖνος δὲν με-  
ταβάλλεται. Χρησιμοποιοῦμεν τώρα  
ὡς κάτοπτρον μίαν ὑαλίνην πλάκα Π, τῆς  
ὁποίας ἡ ὀπίσθια ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ  
μὲ στρῶμα αἰθάλης. Ἀφήνομεν νὰ προσ-  
πέσῃ ἐπὶ τῆς πλακῆς Π μία ἀκτὶς φυσικοῦ  
φωτός ΓΔ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως  $57^\circ$   
(σχ. 109). Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ δευτέρας ὁμοίας κα-

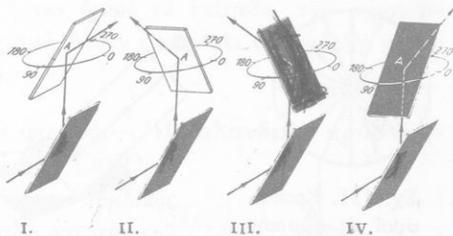


Σχ. 109. Πόλωση τοῦ φω-  
τός ἐξ ἀνακλάσεως.

τοπτρικής πλακός Α και υπό την αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως  $57^\circ$ . Ἄς 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 μεγίστην 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 ἐνδιαμέσους θέσεις ἡ ἔντασις τῆς Δ'Ε λαμβάνει ἐνδιαμέσους τιμὰς. Ἀπὸ τὸ πείραμα τοῦτο συναγεται 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 ἀκτὶς**). Το ἐπίπεδον προσπτώσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π ὀνομάζεται **ἐπίπεδον πολώσεως** τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος. Ἡ ὠρισμένη γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ προστίπῃ ἡ ἀκτὶς τοῦ φυσικοῦ φωτός ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π, διὰ νὰ ὑποστῇ τὴν πόλωσιν, καλεῖται **γωνία πολώσεως**. Τέλος τὸ μὲν πρῶτον κάτοπτρον Π καλεῖται **πολωτής**, τὸ δὲ δεῦτερον κάτοπτρον Α καλεῖται **ἀναλύτης**. Ἐὰν ἡ ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός ΓΔ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ πολωτοῦ Π ὑπὸ γωνίαν διάφορον τῆς γωνίας πολώσεως τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς ΔΔ' δὲν δύναται νὰ καταργηθῇ τελείως διὰ μιᾶς δευτέρας ἀνακλάσεως τῆς ἐπὶ τοῦ ἀναλύτου Α. Κατὰ μίαν ὀλόκληρον στροφὴν τοῦ ἀναλύτου ἡ ἔντασις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος Δ'Ε λαμβάνει δύο μεγίστας καὶ δύο ἐλάχιστας τιμὰς, ἀλλὰ οὐδέποτε μηδενίζεται. Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἀκτὶς ΔΔ' εἶναι **μερικῶς πεπολωμένη**. Ὡστε :

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

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



Σχ. 110. Ἐρευνα τῶν ιδιοτήτων τῆς πεπολωμένης ἀκτίνος φωτός.

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

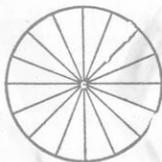
Τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιοι κυμάνσεις.

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

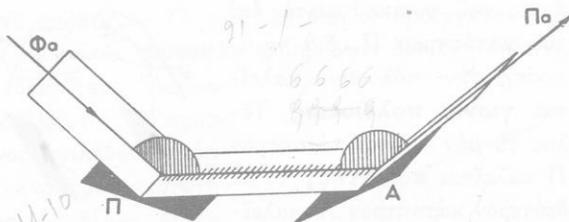
I. Εἰς μίαν ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός οἱ κραδασμοὶ γίνονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν ἀλλάσσει ταχύτατα προσανατολισμόν.

II. Εἰς μίαν ἀκτῖνα πεπολωμένου φωτός 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.



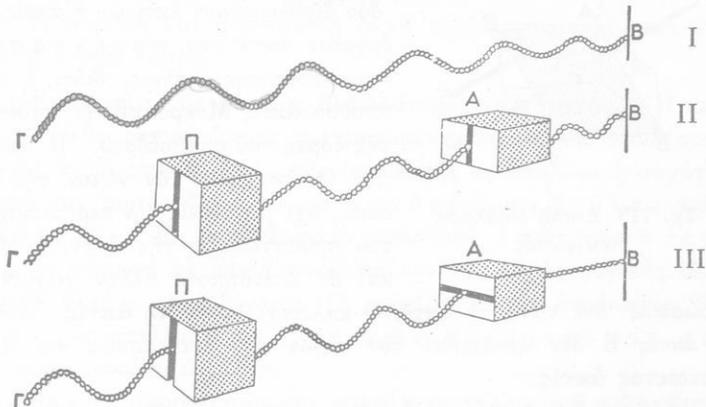
Σχ. 112. Κραδασμοὶ εἰς πεπολωμένην ἐξ ἀνακλάσεως ἀκτῖνα φωτός.

Τὸ ἀκόλουθον πείραμα ἐρμηνεύει μηχανικῶς τὴν πόλωσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος. Τὸ ἄκρον Β ἐνὸς σχοινίου εἶναι μονίμως στερεωμένον, ἐνῶ τὸ ἄλλο ἄκρον Γ τοῦ σχοινίου τὸ ἀναγκάζομεν νὰ ἐκτελέῃ παλμικὴν κίνησιν (ἀρμονικὴν ταλάντωσιν). Τότε, κατὰ μῆκος τοῦ σχοινίου διαδίδεται μία ἐγκαρσία κύμασις (σχ. 113 I).

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



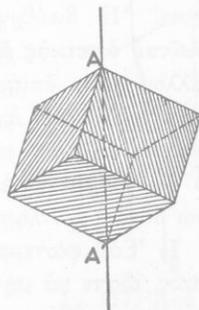
Ἡ πρώτη σχισμὴ Π ἐπιτρέπει νὰ διαδοθοῦν πέραν αὐτῆς μόνον αἱ κύμανσις, τῶν ὁποίων ἡ διεύθυνσις εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν σχισμὴν.



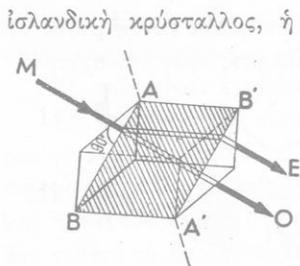
Σχ. 113. Μηχανικὴ ἐρμηνεία τῶν ἰδιοτήτων τῆς πεπολωμένης φωτεινῆς ἀκτίνος.

Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὴν σχισμὴν Α. Ὅταν λοιπὸν τὰ ἐπίπεδα τῶν σχισμῶν Π καὶ Α εἶναι παράλληλα, διαδίδεται πέραν τοῦ Α μία ὀρι-  
σμένη 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).

96. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός.— Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος εἶναι ποικιλία τοῦ ἀσβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ). εἶναι τελείως διαυγῆς καὶ σχίζεται εὐκόλως δίδουσα ρομβόεδρον, δηλαδὴ στερεὸν τοῦ ὁποίου αἱ ἕξ ἕδραι εἶναι ῥόμβοι (σχ. 114). Ἡ ἰσλανδικὴ κρύσταλλος ἀνήκει εἰς τὸ τριγωνικὸν σύστημα. Ἐὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς ἕδρας τοῦ ρομβοέδρου ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ καθέτως μία φωτεινὴ ἀκτίς, τότε ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἕδραν ἐξέρχονται δύο παράλληλοι φωτειναὶ ἀκτῖνες, ἡ Ο καὶ ἡ Ε (σχ. 115). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὅποιον ἐπέρχεται διχασμὸς τῆς προσπιπτούσης ἀκτίνος εἰς δύο διαθλωμένας ἀκτῖνας, καλεῖται **διπλὴ διάθλασις** τοῦ φωτός. Ἡ δὲ



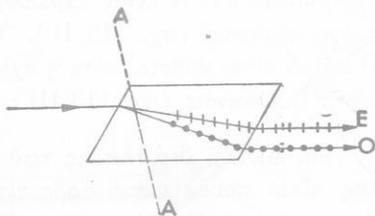
Σχ. 114. Ὅπτικὸς ἄξων κρυστάλλου.



Σχ. 115. Διπλή διάθλασις τοῦ φωτός.

πτώσεως· διὰ τοῦτο ἡ ἀκτίς **O** καλεῖται **τακτικὴ ἀκτίς**. Ἀντιθέτως ἡ ἀκτίς **E** 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 ὀλιγωρῶς πεπολωμέναι (σχ. 116). Τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν εἰς τὰς δύο αὐτὰς ἀκτῖνας εἶναι κάθετα μεταξὺ των. Ὑπάρχει ὅμως μία διεύθυνσις  $AA'$ , κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ἀκτίς ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν. Ἡ διεύθυνσις αὕτη  $AA'$  καλεῖται **ὀπτικὸς ἄξων** τοῦ κρυστάλλου. Πᾶν ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξωνος ἢ εἶναι παράλληλον πρὸς αὐτόν, καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ κρυστάλλου (ἢ γραμμωτὴ ἐπιφάνεια  $ABA'B'$  εἰς τὸ σχ. 115). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συναγομεν λοιπὸν τὰ ἑξῆς :



Σχ. 116. Αἱ δύο διαθλωμένοι ἀκτῖνες εἶναι πεπολωμέναι.

I. Ἐὰν φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, οὕτως, ὥστε νὰ μὴ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸν ὀπτικὸν ἄξωνα, τότε προκύπτουν δύο παράλληλοι διαθλωμένοι 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 ἑκτακτος ἀκτὶς εἶναι ὀλικῶς πεπολωμένοι, τὰ δὲ ἐπίπεδα κρᾶδασμῶν εἶναι κάθετα μεταξὺ των.

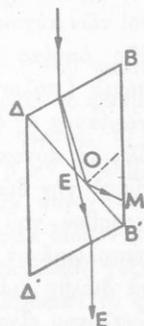
IV. Ἡ τακτικὴ καὶ ἡ ἑκτακτος ἀκτὶς εὐρίσκονται πάντοτε ἐπὶ τῆς αὐτῆς κυρίας τομῆς.

✓ **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 ἢ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός δὲν εἶναι σταθερὰ καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἰσότροπα σώματα, τὰ σώματα τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τὰς αὐτὰς φυσικὰς ιδιότητας καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις. Τὸ πείραμα λοιπὸν ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἰσλανδικὴ κρυστάλλος εἶναι ὀπτικῶς ἀνισότροπον σῶμα. Γενικῶς εὐρέθη ὅτι :

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

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

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



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

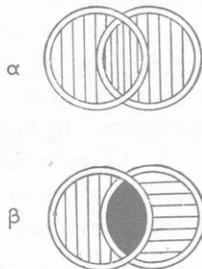
Διὰ τὴν εὐκόλον παραγωγὴν πεπολωμένου φωτός χρησιμοποιεῖται

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



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

ἐνώσεως τῆς κινίνης ( ἔ ρ α πα θί τ η ς ). Ἐκαστος τοιοῦτος κρύσταλλος συμπεριφέρεται ὅπως ἐν πρίσμα Nicol, δηλαδή ἀπορροφᾷ τὴν μίαν ἀκτίνα καὶ ἀφήνει νὰ διέλθῃ μόνον ἡ ἄλλη ἀκτίς, ἡ ὁποία εἶναι ὀλιγῶς πεπολωμένη. Οἱ κρύσταλλοι οὗτοι ἀπλώνονται οὕτως, ὥστε οἱ ἄξονές των νὰ εἶναι παράλληλοι. Τὸ πολωτικὸν σῶμα τοποθετεῖται μεταξύ δύο λεπτῶν ὑαλίνων πλακῶν ἢ διατάξεις αὐτὴ ἀποτελεῖ **πολωτὴν**. Μία ἄλλη ὁμοία διάταξις δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς **ἀναλύτης**. Εἰς τὴν θέσιν διασταυρώσεως ἐπέρχεται κατάργησις τοῦ διερχομένου φωτός (σχ. 119). Τὸ πολωτικὸν σῶμα χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καὶ εἰδικῶς, ὅταν θέλωμεν νὰ μετριάσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας. Οὕτως οἱ φανοὶ τῶν αὐτοκινήτων καὶ ἡ ὑαλίνη πλάξ, διὰ μέσου τῆς ὁποίας βλέπει ὁ ὀδηγός, φέρουν πολωτικὸν σῶμα (πολωτὴς), τοῦ ὁποίου ὁ ἄξων σχηματίζει γωνίαν  $\alpha = 45^\circ$  μετὰ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Εἰς ὅλα τὰ αὐτοκίνητα ἡ γωνία  $\alpha$  εἶναι ἡ ἴδια καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν. Κατὰ τὴν διασταύρωσιν δύο ἀντιθέτως κινουμένων αὐτοκινήτων ἡ ἔμπροσθεν τοῦ ὀδηγοῦ ὑαλίνη πλάξ λειτουργεῖ ὡς ἀναλύτης διὰ τὸ πεπολωμένον φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου καὶ δὲν ἀφήνει νὰ διέλθῃ διὰ τῆς πλακῶς τὸ φῶς τοῦτο· διότι οἱ ἄξονες πολωτοῦ καὶ ἀναλύτου εἶναι κάθετοι. Οὕτως ἀποφεύγεται ἡ ἐνόχλησις ἐκάστου ὀδηγοῦ ἀπὸ τὸ φῶς τῶν φανῶν τοῦ ἄλλου αὐτοκινήτου.



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

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

71. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μήκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι  $6438 \text{ \AA}$ . Πόσον

είναι τὸ μήκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὴν ὕαλον, ἐὰν ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕαλου εἶναι 1,747 ;

72. Εἰς τὸν ἀέρα τὸ μήκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι 6000 Å. 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 ὠρισμένην ἀκτινοβολίαν. Πόσος εἶναι ὁ λόγος τῶν ταχυτήτων διαδόσεως τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῆς εἰς τὰ δύο εἶδη τῆς ὕαλου ;

74. Μία ἀκτινοβολία ἔχει εἰς τὸν ἀέρα μήκος κύματος 5000 Å. Νὰ μετρηθῆ εἰς μὴκη κύματος τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης 1cm ἀέρος καὶ 1cm ὕαλου, τῆς ὁποίας ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι 3/2.

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

76. Δύο εὐθύγραμμοι φωτεινοὶ πηγαὶ Α καὶ Β, παράλληλοι μεταξύ 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 μήκος κύματος  $\lambda = 0,47 \mu$ . Νὰ εὑρεθῆ εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κεντρικὸν κροσσὸν εὑρίσκεται ὁ ἕνατος σκοτεινὸς κροσσός.

## ΕΚΠΟΜΠΗ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

### Α'. ΕΙΔΗ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

99. **Φάσματα ἐκπομπῆς.**—Ἡ ἔρευνα τοῦ φάσματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαί, γίνεται μὲ τὸ φασματοσκόπιον (σχ. 92). Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει ἐν διάπυρον στερεὸν ἢ ὑγρὸν σώμα, θὰ παρατηρήσωμεν ἐν συνεχῆς φάσμα, δηλαδὴ μίαν συνεχῆ σειρὰν ἀκτινοβολιῶν χωρὶς καμμίαν διακοπὴν. Τοιοῦτον φάσμα δίδουν π.χ. τὸ διάπυρον σύρμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τὸ ἠλεκτρικὸν τόξον, ἢ φλόξ 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 ἠλεκτρικοῦ τόξου, μικρὸν τεμάχιον ἐνὸς ἀλατος τοῦ μετάλλου τούτου. Τέλος τὰ εἰς τὴν συνήθη θερμοκρασίαν ἀέρια (π.χ. ὕδρογόνον, ὀξυγόνον, ἄζωτον κ.ἄ.) τὰ ἀναγκάζομεν νὰ γίνουν φωτει-

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



τὸ φάσμα τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει διὰ πυρὸν ἀέριον ἢ ἀτμός, θὰ παρατηρήσωμεν ἕν **ἀσυνεχὲς φάσμα**, δηλαδή ὠρισμένας μόνον φωτεινάς γραμμάς. Ὁ ἀριθμὸς καὶ ἡ θέσις τῶν γραμμῶν τούτων εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ φωτοβολοῦντος ἀερίου. Οὕτως τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ τέσσαρας μόνον γραμμάς. Αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὰ ἐξῆς μήκη κύματος :

0,656 μ, 0,486 μ, 0,434 μ, 0,410 μ.

Σχ. 120. Σωλήν Geissler διὰ τὴν διεγερσιν τῆς φωτοβολίας ἀερίων.

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

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

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

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

Τὰ διάπυρα ἀέρια ὑπὸ πολὺ μεγάλας πιέσεις 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.

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

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

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

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

**102. Τὸ ἠλιακὸν φῶς.**— Διὰ τοῦ φασματοσκοπίου λαμβάνομεν τὸ φάσμα τοῦ ἠλιακοῦ φωτός. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἠλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν συνεχές φάσμα, εἰς τὸ ὁποῖον ὅμως ὑπάρχει μέγας ἀριθμὸς σ κ ο τ ε ι ν ῶ ν γ ρ α μ μ ῶ ν. Ὡστε τὸ ἠλιακὸν φάσμα εἶναι ἐν **φάσμα ἀπορροφήσεως**. Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἠλιακοῦ φάσματος ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ἠλιακὸν φῶς. Μερικαὶ ἀπὸ τὰς σκοτεινάς γραμμάς τοῦ ἠλιακοῦ φάσματος εἶναι ζωηρότεραι, ὅταν ὁ Ἥλιος εὐρίσκεται 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 γήινης ἀτμοσφαιρας. Αἱ ἴδιαι αὐταὶ γραμμαὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὸ φάσμα τοῦ φωτός ἐνὸς φάρου, εὕρισκομένου εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητήν. Αἱ περισοτέραὶ ὅμως σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος διατηροῦν σταθερὰν τὴν ἔντασιν των, ἀνεξαρτήτως τῆς τροχιάς τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς γήινης ἀτμοσφαιρας. Ἡ ἀπορρόφησις τῶν ἀντιστοιχῶν ἀκτινοβολιῶν συμβαίνει ἐπομένως ἐπὶ τοῦ Ἡλίου. Πολλὰ ἀπὸ τὰς σκοτεινάς γραμμάς τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος κατέχουν ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῶν φωτεινῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας δίδουν ὠρισμένα διάπυρα ἀέρια. Οὕτω π.χ. εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα ὑπάρχει μία διπλῆ σκοτεινὴ γραμμὴ, καταλαμβάνουσα ἀκριβῶς τὴν θέσιν τῆς διπλῆς κιτρίνης γραμμῆς τοῦ νατρίου.

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

Ἐὰν ἡ χρωμόσφαιρα ἦτο μόνη, τότε αὕτη θὰ ἔδιδεν ἓν φάσμα ἀποτελούμενον ἀπὸ φωτεινῶν γραμμῶν. 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 ἀκὸμη χεῖλος τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου, δίδει φάσμα ἀποτελούμενον ἀπὸ φωτεινῶν γραμμῶν. Τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τὸ φάσμα ἐκπομπῆς τῆς χρωμοσφαιρας.

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

**ἀνάλυσις.** Αὕτη εἶναι πολὺ περισσότερον εὐαίσθητος ἀπὸ τὴν χημικὴν ἀνάλυσιν. Οὕτως ἀρκεῖ  $\frac{1}{14\ 000\ 000}$  τοῦ χιλιοστρογράμμου νατρίου, διὰ νὰ ἐμφανισθῇ ἡ διπλῆ κίτρινη γραμμὴ τοῦ νατρίου. Ἐπὶ πλέον ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις ἐβοήθησεν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν νέων στοιχείων ἐκ τῆς παρουσίας εἰς τὸ φάσμα ὠρισμένων γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι δὲν ἀνήκον 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 εὐρεθῆ ἕως τότε ἐπὶ τῆς Γῆς καὶ διὰ τοῦτο ὠνομάσθη **ἥλιον**. Ἡ ἀνακάλυψις τούτου ὀφείλεται εἰς τὸν Lockhyer (1868). Ἀργότερον ὁ Ramsay (1895) ἀνεκάλυψε φασματοσκοπικῶς ὅτι τὸ ἥλιον ὑπάρχει καὶ εἰς τὸν πλανήτην μας.

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

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

Ἡ φασματοσκοπικὴ ἐξέτασις τῶν ἀστέρων ἀπέδειξεν ὅτι :

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

Ἐπὶ πλεόν, ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων ἐπέβαλε τὴν ιδέα ντῆς ἐξελίξεως τῆς ὕλης, πολὺ πρὸ τῆς ἀνακαλύψεως τῆς ραδιενεργείας. Οἱ μὴ διαλυτοὶ νεφελοειδεῖς εἶναι γιγαντιαῖοι σωροὶ διαπύρων ἀερίων· τὸ φάσμα των ἀποδεικνύει ὅτι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἐλαφρὰ στοιχεῖα, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἐπικρατοῦν τὸ ὕδρογόνον καὶ τὸ ἥλιον. Οἱ νεφελοειδεῖς οὗτοι εἶναι μία κατάστασις, ἡ ὁποία προηγεῖται τοῦ σχηματισμοῦ τῶν ἀστέρων. Ἐπομένως πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ διάφορα στοιχεῖα, τὰ 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 μεγαλύτεραν ἀτομικὴν μᾶζαν.

#### Β'. ΑΟΡΑΤΟΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΙ

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

αί διάφοροι φωτεινάι πηγαι, εύρέθησαν υπέρυθροι ακτινοβολιαι, τών όποιών τò μήκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξύ 0,750 μ και 300 μ. Είς τò ήλιακόν φάσμα εύρίσκομεν επίσης υπέρυθρους ακτινοβολίας. Τοιαύτας ακτινοβολίας εκπέμπουν άφθόνως και όλαι γενικώς αί συσκευαι θερμάνσεως (θερμάστραι, καλοριφέρ κ.ά.). "Ωστε :

I. Αί υπέρυθροι ακτινοβολιαι είναι άόρατοι, τò δè μήκος κύματος αυτών είναι μεγαλύτερον από τò μήκος κύματος τής όρατής έρυθράς ακτινοβολίας.

II. Αί υπέρυθροι ακτινοβολιαι έξασκοϋν θερμικās δράσεις.

106. 'Απορρόφησης τών υπερέυθρων ακτινοβολιων.— Η ύαλος, ó χαλαζίας, τò ύδωρ απορροφούν σχεδόν έξ ολοκλήρου τās υπερέυθρους ακτινοβολίας. Αντιθέτως τò όρυκτόν χλωριούχον νάτριον είναι σχεδόν τελείως διαφανές δια τās υπερέυθρους ακτινοβολίας. Δια τούτο κατά τήν σπουδήν τών υπερέυθρων ακτίνων χρησιμοποιούνται πρίσματα και φακοί από όρυκτόν χλωριούχον νάτριον. Είς τò υπέρυθρον τμήμα τού φάσματος εύρίσκομεν θέσεις, εις τās όποιās δέν παρατηρεΐται καμμία θερμική δράσις. Είς τās θέσεις αυτās δέν υπάρχουν υπέρυθροι ακτινοβολιαι, ήτοι είναι σκοτεινάι γραμμαί τού θερμικού φάσματος και όφείλονται εις απορρόφησην ώρισμένων υπερέυθρων ακτινοβολιων.

107. 'Υπεριώδεις ακτινοβολιαι.— Τò λευκόν φώς έχει τήν ιδιότητα να προκαλή χημικās δράσεις· ούτω προκαλεΐ τήν ένωσην τού ύδρογόνου με τò χλώριον, τήν διάσπασιν τού χλωριούχου άργύρου κ.ά. Δια να έξετάσωμεν τās χημικās ιδιότητας τών διαφόρων ακτινοβολιων τού λευκού φωτός, προβάλλομεν τò φάσμα τού λευκού φωτός επί μιās φωτογραφικής πλακός. Μετά τήν εμφάνισιν τής φωτογραφικής πλακός, παρατηρούμεν ότι τò έρυθρόν τμήμα τού φάσματος δέν προκαλεΐ καμμίαν προσβολήν τής πλακός. Η προσβολή αυτής αρχίζει από τήν περιοχήν τού κιτρίνου και βαίνουσα συνεχώς αυξανόμενη συνεχίζεται πέραν τού ίώδους, όπου παρατηρεΐται ή μεγίστη προσβολή τής φωτογραφικής πλακός. "Ωστε εις τήν πέραν τού ίώδους περιοχήν τού φάσματος υπάρχουν άόρατοι ακτινοβολιαι, αί όποιαι προκαλοϋν έντόνους χημικās δράσεις και καλοϋνται υπεριώδεις ακτινοβολιαι ή και χημικαι ακτινοβολιαι. Αί ακτινοβολιαι αυτאי έχουν μήκη κύματος μικρότερα από τò μήκος κύματος

τῶν ὁρατῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ φάσματος. Κατὰ διαφόρους τρόπους κατάρθωθη νὰ ἀπομονωθῶν καὶ νὰ μελετηθῶν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι, τῶν ὁποίων τὸ μῆκος κύματος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0,4 μ καὶ 0,1 μ. Εἰς τὸ ἡλιακὸν φάσμα εὐρίσκομεν ἐπίσης ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ὅλαι αἱ πηγαὶ λευκοῦ φωτὸς ἐκπέμπουν ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Αὗται εἶναι τόσον περισσότεραι, ὅσον ὑψηλοτέρα εἶναι ἡ θερμοκρασία τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Οὕτω τὸ φῶς τοῦ ἠλεκτρικοῦ τόξου εἶναι πολὺ πλουσιώτερον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας ἀπὸ τὸ φῶς τῆς φλογὸς κηρίου.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν (§ 109) πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἐπίσης ἐξασκοῦν ἐντόνους βιολογικὰς δράσεις. Οὕτως αἱ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι προκαλοῦν τὰ φαινόμενα τῆς ἡλιάσεως κατὰ τὸ θέρος· φονεύουν τὰ μικρόβια καὶ διὰ τοῦτο εἰς τὰς ἀκτινοβολίας αὐτὰς ἀποδίδεται ἡ μικροβιοκτόνος ἐνέργεια τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς. Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτῖνες εἶναι ἐπιβλαβεῖς διὰ τὸν ὀφθαλμόν. 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 ὀλοκλήρου τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Ἀντιθέτως ὁ χαλαζίας εἶναι σχεδὸν τελείως διαφανῆς διὰ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίας. Διὰ τοῦτο κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτῖνων χρησιμοποιοῦνται πρίσματα καὶ φακοὶ ἀπὸ χαλαζιαν. Ὁ ἀήρ ἀπορροφᾷ ἐπίσης τὰς ἀκτινοβολίας ταύτας. Ἐπομένως εἰς μεγαλύτερα ὕψη ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας τὸ ἡλιακὸν φῶς εἶναι πλουσιώτερον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας.

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

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

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

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

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

**110. Φωσφορισμὸς.**—Καλύπτομεν τὴν μίαν ἐπιφάνειαν διαφράγματος μὲ 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 φωτὸς. Λέγομεν ὅτι ὁ θειοῦχος ψευδάργυρος εἶναι ἐν φωσφορίζον σῶμα. Ἐκτὸς τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου ὑπάρχουν καὶ μερικὰ ἄλλα σώματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ φωσφο-

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

I. Φωσφορισμὸς εἶναι ἡ ἰδιότης μερικῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν χαρακτηριστικὸν φῶς ἐπ' ἄρκετὸν χρόνον μετὰ τὴν κατάργησιν τοῦ προσπίπτοντος φωτὸς.

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 διεγειρούσης ἀκτινοβολίας.

111. **Φωταύγεια.**—Ὁ φθορισμὸς καὶ ὁ φωσφορισμὸς εἶναι δύο περιπτώσεις ἑνὸς γενικοῦ φαινομένου, τὸ ὁποῖον καλεῖται **φωταύγεια**. Διὰ τὴν διέγερσιν τῆς φωταυγείας πρέπει νὰ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ σώματος λευκὸν φῶς ἢ ὑπεριώδεις ἀκτινοβολίαι. Ἡ ἐκπομπὴ φωτὸς ἀπὸ τὰ φθορίζοντα καὶ τὰ φωσφορίζοντα σώματα συνδέεται πάντοτε μὲ ἀ π ο ρ ρ ὀ φ η σ ι ν μέρος τοῦ προσπίπτοντος φωτὸς. 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.**—Θερμαίνονοι συνεχῶς ἐν σῶμα ( π.χ. μίαν μεταλλικὴν σφαῖραν ), ὥστε ἡ θερμοκρασία του νὰ βαίνει συνεχῶς αὐξανομένη. Τὸ σῶμα ἐκπέμπει τότε κατ' ἄρχὰς ἀ ο ρ ἄ τ ο υ ς ὑ π ε ρ ὕ θ ρ ο υ ς ἀ κ τ ι ν ο β ο λ ί α ς, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰς ὑπερύθρους ἀκτινοβολίας τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. Τὸ σῶμα εἶναι τότε σκοτεινόν. Καθ' ὅσον προχωρεῖ ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος, αὐξάνεται ἡ ἔντασις τῶν ἀκτινοβολιῶν τούτων καὶ ἐπὶ πλέον ἔρχεται στιγμὴ, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ σῶμα ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπῃ καὶ ὀ ρ ἄ τ ἡ ν ἑ ρ υ θ ρ ἄ ν ἀ κ τ ι ν ο β ο λ ί α ν. Λέγομεν τότε ὅτι

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

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

II. Ἐν διάπυρον σῶμα ἐκπέμπει γενικῶς 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 συνεχῶς. Ἡ τοιαύτη ὅμως 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 διευπλώθη 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 ἄτμω δὲν ἀναχωροῦν συνεχῶς κύματα ἀλλὰ ἐκπέμπονται διαδοχικῶς διακεκριμέναι ὁμάδες κυμάτων (κυματοσορμοί), ἐκάστη τῶν ὑποίων περιλαμβάνει ὠρισμένην ποσότητα ἐνεργείας. Ἡ ἐνέργεια  $q$ , τὴν ὁποίαν μεταφέρει ἕκαστον ἀπὸ τὰ κβάντα μιᾶς ἀκτινοβολίας συχνότητος  $\nu$ , εἶναι ἀπολύτως ὠρισμένη καὶ ἴση μὲ :

$$q = h \cdot \nu$$

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

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

να κοκκίδια ἐνεργείας, τὰ **κβάντα φωτός ἢ φωτόνια**. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας. Οὕτω τὰ φωτόνια τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας μεταφέρουν περισσοτέραν ἐνέργειαν ἀπὸ τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας. Ἡ τοιαύτη ἀντίληψις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός ἀποτελεῖ μίαν σύνθεσιν τῶν δύο παλαιότερων καὶ ἐκ πρώτης ὄψεως τελείως ἀντιθέτων ἀντιλήψεων τοῦ Νεύτωνος καὶ τοῦ Huygens περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Δυνάμεθα λοιπὸν νὰ εἰπωμεν 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 ἀπορρόφησις αὕτῃ ἐξηγεῖ τὸ χρῶμα, τὸ ὁποῖον λαμβάνουν τὰ διάφορα σώματα. Εὐκόλως δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὰς ἀκτινοβολίας, τὰς ὁποίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἀπορροφᾶ 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 (ὑάλος, ὕδωρ, χαλαζίας κ.ἄ.), τὰ ὁποῖα φαίνονται ἄχροα, ἀφήνουν νὰ διέλθουν δι' αὐτῶν ὅλαι σχεδὸν αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Τὰ διαφανῆ σώματα, τὰ ὁποῖα φαίνονται ἐγγχροα (χρωματισταὶ ὑαλοὶ, διαλύματα χρωστικῶν οὐσιῶν κ.ἄ.) ἀπορροφοῦν ὀρισμένες ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός. Οὕτω μία ὑάλος φαίνεται πρασίνῃ, διότι δι' αὐτῆς διέρχονται αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ πρασίνου, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀκτινοβολίαι ἀπορροφῶνται.

Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα ὀφείλουν τὸ χρῶμα των εἰς τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἀνακλᾶται ἢ διαχέεται ὑπὸ τοῦ σώματος. Ἐὰν τὸ σῶμα ἀπορροφᾶ 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 ὀρισμένας ἀκτινοβολίας τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, τότε τὸ χρῶμα τοῦ σώματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὰς διαχεομένας ἀκτινοβολίας. Τὸ χρῶμα ἑνὸς σώματος ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ σώματος φωτός. Οὕτως ἐν τεμάχιον ἐρυθροῦ χάρτου, ὅταν τεθῆ εἰς τὸ ἐρυθρὸν τμήμα τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος, φαίνεται ἐρυθρόν· εἰς οἰανδήποτε ὅμως ἄλλην περιοχὴν τοῦ φάσματος φαίνεται μαῦρον. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

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

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

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

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

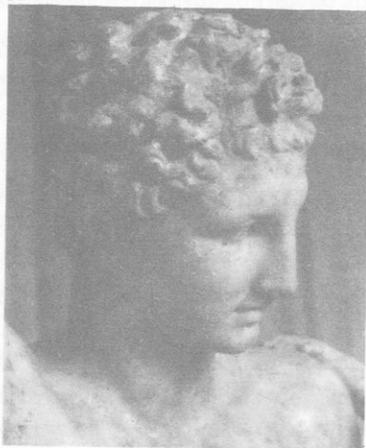
$$\text{νόμος τοῦ Rayleigh : } I = \frac{A}{\lambda^4}$$

ὅπου  $A$  εἶναι μία σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν σωματιδίων.

Τὸ κυανοῦν χρώμα τοῦ οὐρανοῦ ὀφείλεται εἰς φαινόμενον διαχύσεως. Τὰ μόρια τῶν ἀερίων συστατικῶν τῆς ἀτμοσφαιρας, φωτιζόμενα ἀπὸ τὸ ἥλιακὸν φῶς, διαχέουσιν τὰς προσπιπτούσας ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτὸς πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἡ ἔντασις τῶν διαχεομένων ἀκτινοβολιῶν εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα διὰ τὰς ἀκτινοβολίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὰ μικρότερα μήκη κύματος, δηλαδή διὰ τὰς κυανᾶς καὶ τὰς ἰώδεις ἀκτινοβολίας. Οὕτως εἰς τὸ διαχεόμενον ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαιρας φῶς ἐπικρατεῖ τὸ κυανοῦν χρώμα. Κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν τοῦ Ἡλίου τὸ ἥλιακὸν φῶς, διὰ τὴν φθάσιν εἰς ἡμᾶς, διέρχεται διὰ μέσου παχυτέρου στρώματος ἀτμοσφαιρας. Κατὰ τὴν μακρὰν αὐτὴν πορείαν τοῦ χάνει διὰ



Σχ. 121. Ἀρνητικὴ φωτογραφικὴ πλάξ.



Σχ. 122. Θετικὴ φωτογραφικὴ πλάξ.

διαχύσεως τὸ μεγαλύτερον μέρος τῶν κυανῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ καὶ οὕτω τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον φθάνει εἰς ἡμᾶς, εἶναι τὸ συμπληρωματικὸν τοῦ κυανοῦ. Ὁ οὐρανὸς ἔχει τότε ἐρυθροκίτρινον χρώμα.

117. Φωτογραφία.—Ἡ φωτογραφία χρησιμοποιεῖ τὰς χημικὰς ιδιότητες τῶν ὀρατῶν ἀκτινοβολιῶν, διὰ τὴν ἀποτυπώσιν μονίμως τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου. Μετὰ τὴν βοήθειαν τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς σχηματίζομεν εὐκρινὲς εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ μιᾶς ὑαλίνης πλακῆς, ἢ ὁποῖα ἔχει ἐπικαλυφθῆ μετὰ λεπτὸν στρώμα γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου. Ἡ εὐαίσθητος πλάξ φυλάσ-

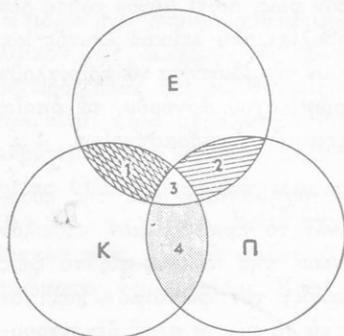
σεται εἰς σκοτεινὸν χῶρον. Ἡ πλάξ ὑφίσταται τὴν κατεργασίαν ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου, φωτιζομένου μὲ ἐρυθρὸν φῶς, διότι μόνον τοῦτο δὲν προσβάλλει τὴν πλάκα. Αἱ λοιπαὶ ἀκτινοβολαὶ τοῦ λευκοῦ φωτὸς καὶ ἰδίως αἱ κυαναὶ καὶ ἰώδεις ἀκτινοβολαὶ ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ προκαλοῦν διατάραξιν τῆς δομῆς τῶν μορίων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

α) Ἀρνητικὴ εἰκὼν. Ἀφήνομεν νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς εὐαισθητοῦ πλακὸς καὶ δι' ὀλίγον μόνον χρόνον τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου. Ἡ διάρκεια τῆς ἐκθέσεως τῆς πλακὸς εἰς τὸ φῶς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν εὐαισθησίαν τῆς πλακὸς, τὸν φωτισμὸν καὶ τὸν φακὸν τῆς μηχανῆς. Μετὰ τὴν ἐκθεσίν τῆς εἰς τὸ φῶς ἡ πλάξ δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἐκ πρώτης ὄψεως ἀλλοίωσιν. Ἐὰν ὅμως βυθίσωμεν τὴν πλάκα ἐντὸς ἀναγωγικοῦ διαλύματος, ὁ βρωμιούχος ἀργυρὸς ἀποσυντίθεται εἰς ὅλα ἐκεῖνα τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς, εἰς τὰ ὁποῖα προσέπεσε τὸ φῶς· εἰς τὰ σημεῖα αὐτὰ ἀποτίθεται τότε μέλας ἀδιαφανὴς ἀργυρὸς. Ἡ ἀνωτέρω κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται ἐμφάνισις. Ἐπειτα ἡ πλάξ βυθίζεται ἐντὸς διαλύματος ὑποθειώδους νατρίου, τὸ ὁποῖον διαλύει τὸν μὴ ἀναχθέντα βρωμιούχον ἀργυρὸν. Οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὰ σημεῖα τῆς πλακὸς, εἰς τὰ ὁποῖα δὲν προσέπεσε φῶς. Ἡ δευτέρα αὕτη κατεργασία τῆς πλακὸς καλεῖται στερέωσις. Οὕτως ἀποτυπώνεται ἐπὶ τῆς πλακὸς ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. Τὰ ἀδιαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος αὐτῆς ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου καὶ ἀντιστρόφως τὰ διαφανῆ μέρη τῆς εἰκόνος ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ σκοτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 121).

β) Θετικὴ εἰκὼν. Ἡ πλάξ, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀπετυπώθη ἡ ἀρνητικὴ εἰκὼν, τοποθετεῖται ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου· οὗτος εἶναι φύλλον χάρτου, τοῦ ὁποίου ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στρώμα φωτοπαθοῦς ἐνώσεως. Ἡ πλάξ μὲ τὸν κάτωθεν αὐτῆς εὐρισκόμενον χάρτην ἐκτίθεται εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς. Τοῦτο διέρχεται διὰ τῶν διαφανῶν μερῶν τῆς ἀρνητικῆς εἰκόνος καὶ προσβάλλει τὸ φωτοπαθὲς στρώμα 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.



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

**νοβολίαι**· αὐταὶ εἶναι αἱ ἀκτινοβολίαι τοῦ ἐρυθροῦ, τοῦ πρασίνου καὶ τοῦ κυανοῦ (σχ. 123). Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἔγχρωμος φωτογραφία, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ διαφόρων μεθόδων.

Ἐπεξητήθη νὰ κατασκευασθοῦν φωτογραφικαὶ πλάκες εὐαίσθητοι καὶ εἰς ἀκτινοβολίας μεγαλύτερου μήκους κύματος. Οὕτως αἱ ὀρθοχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς τὰς ἀπὸ τοῦ ἰώδους μέχρι τοῦ κίτρινου ἀκτινοβολίας, ἐνῶ αἱ πανχρωματικαὶ πλάκες εἶναι εὐαίσθητοι εἰς ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός.

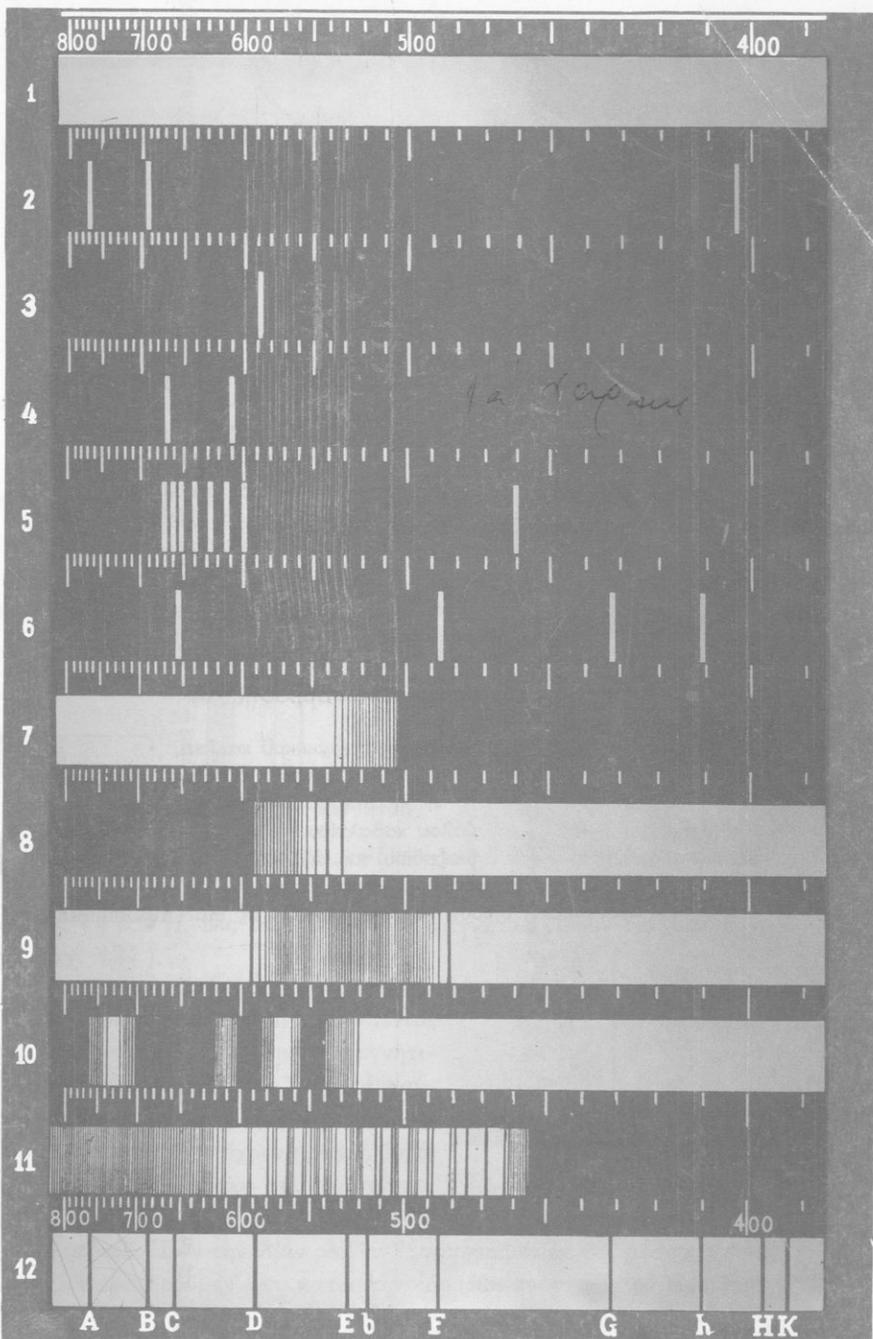
δ) ἔγχρωμος φωτογραφία. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὅλα τὰ χρώματα, ἂν προστεθοῦν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας τρεῖς μόνον ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι διὰ τοῦτο καλοῦνται **πρωτεύουσαι ἀκτι-**

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

77. Πόσῃ ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια τῆς ἐρυθρᾶς καὶ τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας, ἐὰν τὰ ἀντίστοιχα μήκη κύματος αὐτῶν εἶναι 0,8 μ καὶ 0,4 μ;

78. Τὸ μήκος κύματος μίᾳς ὑπερύθρου ἀκτινοβολίας εἶναι 300 μ. Πόσῃ ἐνέργειαν μεταφέρουν τὰ φωτόνια αὐτῆς τῆς ἀκτινοβολίας;

79. Μία ὑπεριώδης ἀκτινοβολία ἔχει μήκος κύματος 0,1 μ. Πόση εἶναι ἡ ἐνέργεια ἐκάστου φωτονίου τῆς;



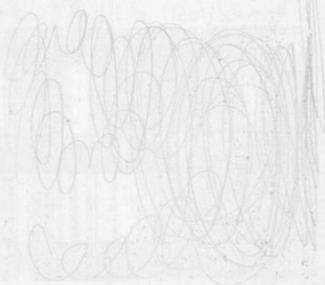
## Ἐπεξηγήσεις τοῦ πίνακος τῶν φασμάτων

### Α' Φάσματα ἔκπομπῆς

1. Συνεχῆς φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός.
2. Φάσμα γραμμῶν τοῦ καλίου.
3. » » < νατρίου.
4. » > > λιθίου.
5. » > > στροντίου.
6. » > > ὑδρογόνου.

### Β' Φάσματα ἀπορροφῆσεως

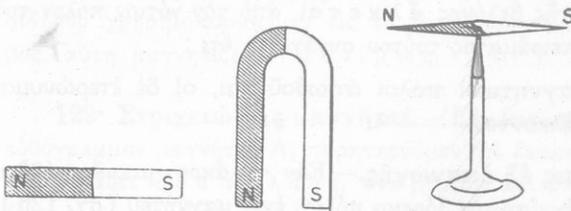
7. Φάσμα ἀπορροφῆσεως διαλύματος διχρωμικοῦ καλίου.
  8. » > > > ἀμμωνιακοῦ οξειδίου τοῦ χαλκοῦ.
  9. » > > > ὑπερμαγγανικοῦ καλίου.
  10. » > > ὑάλου κοβαλτίου.
  11. » > > διοξειδίου τοῦ ἄζωτου.
  12. » > τοῦ ἡλιακοῦ φωτός (ἡλιακόν φάσμα).
- Οἱ ἄνω ἀριθμοὶ δίδουν τὰ μήκη κύματος εἰς  $\mu\text{m}$  (millimicron).



# ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

## ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ

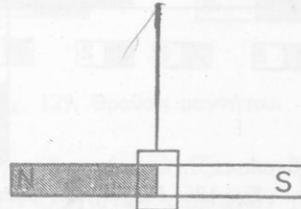
118. Θεμελιώδεις έννοιαι.—'Από την αρχαιότητα ήτο γνωστόν ότι ο φυσικός μαγνήτης (μαγνητικόν οξείδιον του σιδήρου  $Fe_3O_4$ ) έχει την ιδιότητα να έλκη μικρά τεμάχια σιδήρου ή χάλυβος. 'Η ιδιότης αυτή καλεΐται **μαγνητισμός**. 'Εάν δι' ενός φυσικού μα-



Σχ. 124. Τεχνητοί μαγνήται.

μαγνήτου προστρέψωμεν επανειλημμένως και κατά την αὐτὴν φορὰν ράβδον χάλυβος, παρατηροῦμεν ὅτι και ὁ χάλυψ γίνεται μονίμως μαγνήτης. Ὁ μαγνήτης οὗτος καλεΐται τεχνητός μαγνήτης. Εὐκόλως κατασκευάζονται σήμερον τεχνητοί μαγνήται μετὴν βοήθειαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (§ 183). Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδουν διάφορα σχήματα (σχ. 124).

119. Πόλοι τοῦ μαγνήτου.—'Εντὸς ρινημάτων σιδήρου βυθίζομεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον. Ὅταν ἀνασῶρωμεν τὴν ράβδον, παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινησμάτα τοῦ σιδήρου ἔχουν προσκολληθῆ μόνον εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου,



Σχ. 125. Πόλοι μαγνήτου.

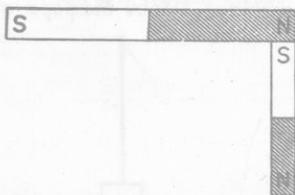
ἃου σχηματίζουσι θυσάνους. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ μαγνήτου καλοῦνται πόλοι αὐτοῦ. 'Εάν τὴν ἰδίαν ράβδον ἐξαρτήσωμεν ἐκ τοῦ μέσου της διὰ νήματος, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν ἰσορροπίαν της ἡ ράβδος λαμ-

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

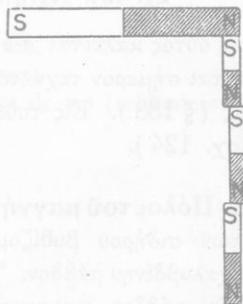
**120. Ἀμοιβαία ἐπίδρασις τῶν πόλων.**— Λαμβάνομεν μαγνητικὴν βελόνην, ἢ ὁποῖα δύναται νὰ στρέφεται ἐλευθέρως περὶ κατακόρυφον ἄξονα. Ἐὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἀπωθεῖται. Ἀντιθέτως, ἐὰν εἰς τὸν βόρειον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

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

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



Σχ. 126. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαφῆς.



Σχ. 127. Ἄλυσις ράβδων μακαλοῦ σιδήρου.

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

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

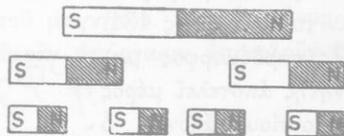
Ἡ μικρὰ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἂν ἀπλῶς πλησιάσωμεν εἰς αὐτὴν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου (σχ. 128). Ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἐπίσης παροδική. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, ἡ μαγνήτισις τῆς ράβδου ἀμέσως καταργεῖται.



Σχ. 128. Μαγνήτισις μαλακοῦ σιδήρου ἐξ ἐπαγωγῆς.

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 **μονίμως**.

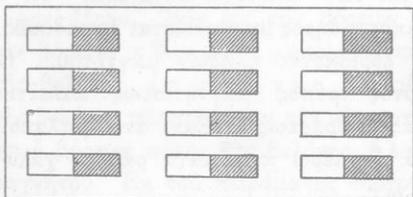
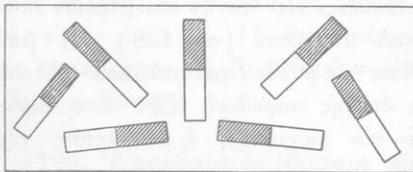
**122· Στοιχειώδεις μαγνήται.**—Ἐὰν θραύσωμεν εἰς τὸ μέσον ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην Α, παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον τῶν δύο τεμαχίων παρουσιάζει δύο πόλους, ἓνα βόρειον καὶ ἓνα νότιον (σχ. 129). Εἰς τὸ σημεῖον ὅπου ἐθραύσθη ἡ ράβδος Α ἀναφαίνονται δύο ἑτερώνυμοι πόλοι οὕτως, ὥστε ἕκαστον τῶν τεμαχίων νὰ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



Σχ. 129. Θραῦσις μαγνήτου.

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

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

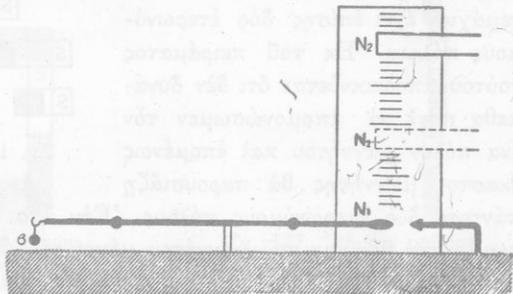


Σχ. 130. Στοιχειώδεις μαγνήται.

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

**123. Νόμος τοῦ Coulomb.**—Ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται μεταξύ δύο μαγνητικῶν πόλων δύναται νὰ μετρηθῇ μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 131.

Εἰς ραβδόμορφος μαγνήτης ἀποτελεῖ μέρος ὀριζοντίου ἀξονος, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ περιστρέφεται, ὅπως ἡ φάλαγξ τοῦ ζυγοῦ. Εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου  $N_1$  φέρομεν τὸν βόρειον πόλον  $N_2$ , ἄλλου εὐθυγράμμου μαγνήτου. Ἡ



Σχ. 131. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἀμοιβαίας δρᾶς ὡς τῶν πόλων.

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

(Ἡ μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων ἀναπτυσσομένη ἀμοιβαία ἐλξις ἢ ἄπωσις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ τῶν δύο πόλων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.)

$\text{Coulomb: } F = \frac{m_1 \cdot m_2}{\alpha^2}$ <p style="text-align: center; margin: 0;">νόμος τοῦ Coulomb :</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι οἱ δύο ἑτερόνυμοι πόλοι ἑνὸς μαγνήτου, δηλαδὴ ὁ βόρειος καὶ ὁ νότιος πόλος του, φέρουν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, τὴν ὁποίαν θεωροῦμεν συγκεντρωμένην εἰς δύο ὠρισμένα σημεῖα πλησίον τῶν ἄκρων τοῦ μαγνήτου. Δύο ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι εὐρισκόμενοι εἰς σταθερὰν ἀπόστασιν ἀποτελοῦν ἓν μαγνητικὸν δίπολον.

**124. Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ.**—Ἐὰν εἰς τὸν τύπον  $F = \frac{m_1 \cdot m_2}{\alpha^2}$  θέσωμεν  $m_1 = m_2$ ,  $\alpha = 1$  cm καὶ  $F = 1$  dyn, εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι  $m = 1$ . Οὕτω καταλήγομεν εἰς τὸν ἀκόλουθον ὄρισμὸν τῆς μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ:

Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ, ἡ ὁποία, εὐρισκομένη ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἴσην ποσότητα μαγνητισμοῦ, ἔξασκεῖ ἐπ' αὐτῆς δύναμιν ἴσην μὲ 1 δύνην.

Ἡ ἀνωτέρω ὀριθεῖσα μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ ὑπάγεται εἰς τὸ σύστημα μονάδων C.G.S.

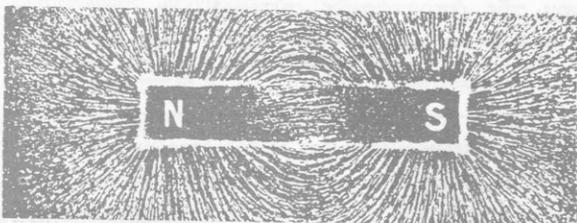
Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Δύο ἴσοι βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι, εὑρισκόμενοι ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν 2 cm ἀπωθόνται μὲ δύναμιν 100 dyn. Πόση εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ ἐκάστου πόλου;

Ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Coulomb εὑρίσκομεν ὅτι εἶναι :

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

## ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

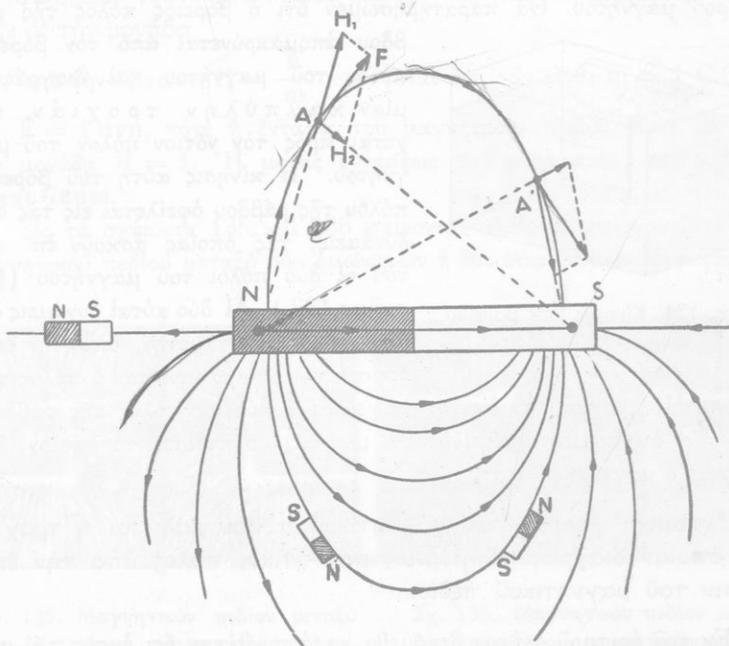
**125. Μαγνητικὸν φάσμα.**—Κάτωθεν μιᾶς ὀριζοντίας ὑαλίνης πλακὸς τοποθετοῦμεν εὐθύγραμμον μαγνήτην. Ἐπὶ τῆς πλακὸς ρίπτομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν ἐλαφροῦς τὴν πλάκα μὲ τὸν δάκτυλον. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατίθενται εἰς κανονικὰς γραμμάς, αἱ ὁποῖαι βαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς πόλου εἰς τὸν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



Σχ. 132. Μαγνητικὸν φάσμα.

τισθὲν διάγραμμα καλεῖται **μαγνητικὸν φάσμα**, αἱ δὲ γραμμαί, ἐπὶ τῶν ὁποίων διατίθενται τὰ ρινίσματα, καλοῦνται **δυναμικαὶ γραμμαί**. Διὰ τὴν ἐξηγήσωμεν τὸν σχηματισμὸν τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος φέρομεν πλησίον τῆς πλακὸς μικρὰς μαγνητικὰς βελόνας ἐξηρητημένας ἀπὸ λεπτὸν νῆμα (σχ. 133). Παρατηροῦμεν ὅτι ἐκάστη βελόνη, ὅταν ἠρεμήσῃ, εὑρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐφαπτομένης μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ τοιαύτη θέσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπίδρασιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦν ἐπὶ τῶν δύο πόλων τῆς οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου. Ὡστε τὸ μαγνητικὸν φάσμα σχηματίζεται, διότι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, μαγνητιζόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς, γίνονται μικροὶ μαγνήται, οἱ ὁποῖοι δια-

τάσσονται κατά την εφαπτομένην εις ἕκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



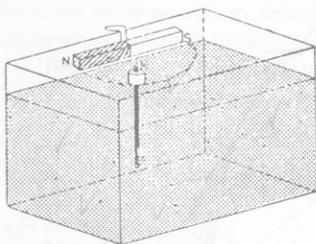
Σχ. 133. Ἐξήγησις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος.

**126. Μαγνητικὸν πεδίον.**— Ὁ σχηματισμὸς τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος αἰσθητοποιεῖ μίαν ιδιότητα, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾶ ὁ περίξ τοῦ μαγνήτου χώρος, ἔνεκα 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 ἀσκούνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, αἱ ὁποῖαι φέρονται εἰς οἰονδήποτε σημεῖον τοῦ χώρου τούτου.

Ἐπὶ μιᾶς μακρᾶς καὶ λεπτῆς μαγνητικῆς ράβδου στερεώνομεν δακτύλιον ἐκ φελλοῦ. Βυθίζομεν τὴν ράβδον κατακορυφῶς 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 ἑνὸς ἰσχυροῦ μαγνήτου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς ράβδου ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου καὶ διαγράφει μίαν καμπύλην τροχιάν, ἐρχεται πρὸς τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἡ κίνησις αὕτη τοῦ βορείου πόλου τῆς ράβδου ὀφείλεται εἰς τὰς δύο δυνάμεις, τὰς ὁποίας ἀσκοῦν ἐπ' αὐτοῦ οἱ δύο πόλοι τοῦ μαγνήτου (βλ. σχῆμα 133). Αἱ δύο αὗται δυνάμεις δίδουν μίαν συνισταμένην, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὁποίας κινεῖται ὁ πόλος τῆς



Σχ. 134. Κίνησις ἑνὸς βορείου μαγνητικοῦ πόλου.

ράβδου. Ἡ τροχιά, 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 τροχιά, τὴν ὁποίαν διαγράφει εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

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

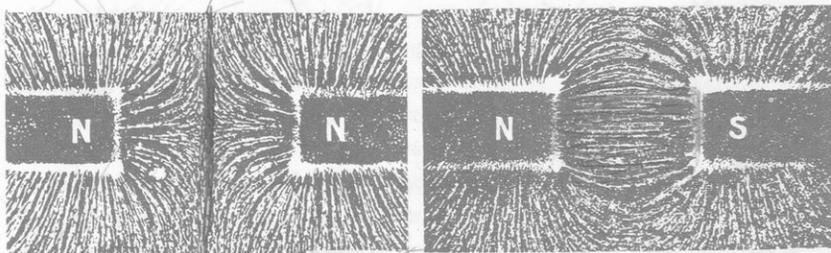
**127. Διεύθυνσις καὶ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.**—Εἰς ἓν σημεῖον  $A$  μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς εὐρίσκεται εἰς βόρειος μαγνητικὸς πόλος (σχ. 133). Ἐπὶ τοῦ πόλου τούτου ἐνεργεῖ ἡ δύναμις  $F$ , κατὰ τὴν ἐφαπτομένην τῆς δυναμικῆς γραμμῆς. Ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως  $F$  καλεῖται **διεύθυνσις** τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον  $A$ . Ἔστω ὅτι ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, τὸν ὁποῖον ἐφέρομεν εἰς τὸ σημεῖον  $A$  ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ  $m$ . Τότε εἰς τὸ σημεῖον  $A$  ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ποσότητος βορείου μαγνητισμοῦ ἐνεργεῖ δύναμις :  $H = \frac{F}{m}$ .

Ἡ δύναμις αὕτη  $H$  καλεῖται **ἐντασις** τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον  $A$  τοῦ πεδίου. Ὡστε :

Ένταση του μαγνητικού πεδίου εις έν σημείον αυτού καλείται ή δύναμις, ή όποία ενεργεί επί βορείου μαγνητικού πόλου, φερομένου εις τό σημείον τουτου πεδίου και έχοντος ποσότητα μαγνητισμού ίσην μέ την μονάδα.

Από την εξίσωσιν  $H = \frac{F}{m}$  συνάγεται ότι, αν είναι  $m = 1$  C.G.S. και  $F = 1$  dyn, τότε ή ένταση του μαγνητικού πεδίου είναι ίση μέ την μονάδα  $H = 1$ . Η μονάς έντάσεως του μαγνητικού πεδίου καλείται Gauss.

Εις τά σχήματα 135. και 136 φαίνονται αι δυναμικαι γραμμαί του μαγνητικού πεδίου μεταξύ δύο όμώνύμων ή δύο έτερονύμων μαγνητικων



Σχ. 135. Μαγνητικόν πεδίων μεταξύ δύο όμώνύμων μαγνητικων πόλων.

Σχ. 136. Μαγνητικόν πεδίων μεταξύ δύο έτερονύμων μαγνητικων πόλων.

πόλων. Παρατηρούμεν ότι μεταξύ δύο έτερονύμων μαγνητικων πόλων αι δυναμικαι γραμμαί είναι παράλληλοι. Τό μαγνητικόν τουτου πεδίου καλείται **όμογενές**, εύρισκεται δέ ότι εις την περίπτωσιν αυτήν ή ένταση του πεδίου είναι σταθερά εις όλα τά σημεία του πεδίου.

**126. Μαγνητική ροή.**— Έν όμογενές μαγνητικόν πεδίων έχει ένταση  $H$ . Έντός του πεδίου και καθέτως πρός τάς δυναμικάς γραμμαί του πεδίου τοποθετείται επίπεδος επιφάνεια έχουσα έμβαδόν  $\sigma$  (σχ. 137). Εις την περίπτωσιν αυτήν ισχύει ό ακόλουθος όρισμός :

Καλείται **μαγνητική ροή** ( $\Phi$ ) τό γινόμενον του έμβαδου ( $\sigma$ ) τής επιφανείας επί την ένταση ( $H$ ) του μαγνητικού πεδίου.

μαγνητική 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 μονάδα τῆς μαγνητικῆς ροῆς καλεῖται **Maxwell** (1 Mx). Οὕτως ἐὰν εἶναι  $H = 20 \text{ Gauss}$ , τότε ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται καθέτως δι' ἐπιφανείας  $\sigma = 5 \text{ cm}^2$  εἶναι :

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

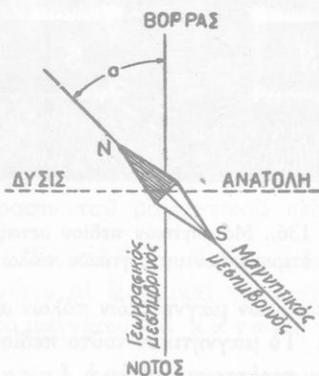
Κατὰ συνθήκην ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι διέρχονται διὰ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας.



Σχ. 137. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

## ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

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



Σχ. 138. Ἀπόκλισις τῆς μαγνητικῆς βελὸνῆς.

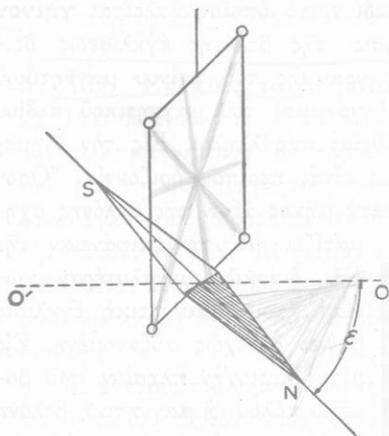
κατὰ τὴν ὀριζόντιον ἄξονα ἐπὶ τοῦ κατακορύφου ἐπιπέδου τοῦ μα-

Ἐὰν ἡ βελὸνὴ ἰσορροπῆ, λαμβάνει τοιαύτην θέσιν, ὥστε ὁ κατὰ μῆκος ἄξων αὐτῆς διευθύνεται σχεδὸν ἀπὸ Βορρᾶ πρὸς Νότον. Τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ κατὰ μῆκος ἄξονος τῆς βελὸνῆς, καλεῖται **μαγνητικὸς μεσημβρινός**. Οὗτος δὲν συμπίπτει μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου, ἀλλὰ σχηματίζει μὲ αὐτὸν γωνίαν, ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἀπόκλισις** (σχ. 138). Αὕτη εἶναι ἀνατολικὴ ἢ δυτικὴ, καθ' ὅσον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελὸνῆς εὐρίσκεται πρὸς Ἀ-

νατολὰς ἢ πρὸς Δυσμὰς τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ. Ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις διαφέρει ἀπὸ τόπου εἰς τόπον. Ὡστε :

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

γνητικού μεσημβρινοῦ. Ὄταν ἡ βελόνη ἰσορροπῇ, τότε ὁ κατὰ μῆκος



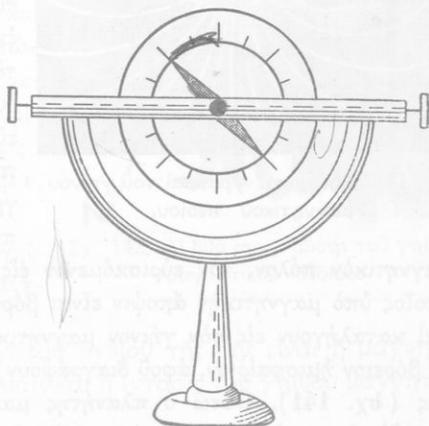
Σχ. 139. Ἐγκλισις τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Μαγνητικὴ ἔγκλισις ἑνὸς 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' ὅσον ὁ κυκλικὸς δίσκος εἶναι ὀριζόντιος ἢ κατακόρυφος.

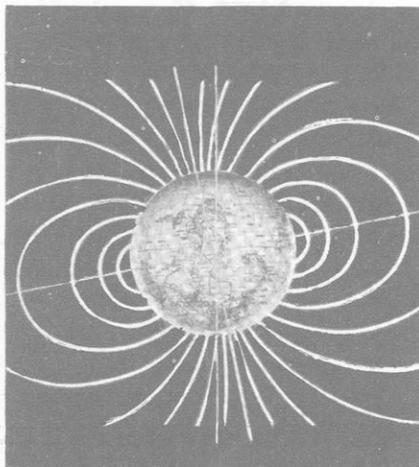
**131. Γήινον μαγνητικὸν πεδίου.**— Εἰς οἰονδήποτε τόπον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως ἰσορροπεῖ οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων τῆς νὰ ἔχη ὀρισε-

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 εὐρίσκειται κάτωθεν ἢ ἄνωθεν τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῆς βελόνης. Εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον τῆς Γῆς ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ, ἐνῶ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον εἶναι ἀρνητικὴ. Ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις ἔχει διάφορον τιμὴν εἰς τοὺς διαφόρους τόπους. Ὡστε :



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

νην διεύθυνσιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι περίξ ὀλοκλήρου τῆς Γῆς ὑπάρχει μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γῆινον μαγνητικὸν πεδίον**. Ἡ διεύθυνσις τῆς βελόνης ἐγκλίσεως δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓνα τόπον αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τῆς Γῆς εἶναι κατὰ προσέγγισιν εὐθεῖαι παράλληλοι. Εἰς τὸν ἰσημερινὸν ἢ μαγνητικὴ βελὸν ἔγκλίσεως εἶναι περίπου ἕριζοντία. Ὅσον ὁμως προχωροῦμεν πρὸς Βορρᾶν ὁ κατὰ μῆκος ἄξων τῆς βελόνης σχη-



Σχ. 141. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου.

ματίζει μὲ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς διαρκῶς μεγαλυτέραν γωνίαν, ἤτοι ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις βαίνει συνεχῶς αὐξανόμενη. Εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ βορείου πόλου ἡ μαγνητικὴ βελὸν ἔγκλίσεως γίνεται κατακόρυφος, ἔχουσα πρὸς τὰ κάτω τὸν βόρειον πόλον τῆς. Τὸ ἴδιον συμβαίνει εἰς μίαν περιοχὴν πλησίον τοῦ Νοτίου πόλου μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἐκεῖ ἡ βελὸν ἔχει πρὸς τὰ κάτω τὸν νότιον πόλον τῆς. Εἰς τὰς δύο αὐτὰς περιοχὰς τῆς Γῆς εὐρίσκονται οἱ δύο **μαγνητικοὶ πόλοι** τῆς Γῆς. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν γῆινον

μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον καὶ ὁ ὁποῖος ὑπὸ μαγνητικὴν ἀποψιν εἶναι βόρειος πόλος. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ καταλήγουσιν εἰς τὸν γῆινον μαγνητικὸν πόλον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον, ἀφοῦ διαγράφουσιν εἰς τὸν χῶρον τεραστίας καμπύλας (σχ. 141). Οὕτω 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 ἢ ἡμισφαίριον:**

γεωγραφικὸν πλάτος  $70^{\circ} 5'$  δυτικὸν γεωγραφικὸν μῆκος  $96^{\circ} 45'$

νότιον ἡμισφαίριον :

γεωγραφικὸν πλάτος  $72^{\circ} 25'$  ἀνατολικὸν γεωγραφικὸν μῆκος  $154^{\circ}$ .

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 ἰσοροπεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ON. Αἱ γωνίαι α καὶ ε εἶναι ἀντιστοίχως ἡ μαγνητικὴ ἀπόκλισις καὶ ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις.

Ἡ ἔντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τοῦτον εἶναι ἡ δύναμις H. Αὕτη ἐνεργεῖ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς βελὸν καὶ δύναται νὰ ἀναλυθῇ εἰς δύο συνιστώσας, τὴν ὀριζοντιάν συνιστώσαν  $H_0$  καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν  $H_x$ . Ἀπὸ τὸ σχηματιζόμενον ὀρθογώνιον τρίγωνον εὐρίσκονται αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις :

$$H_0 = H \cdot \text{συν } \epsilon, \quad H_x = H \cdot \eta\mu \epsilon,$$

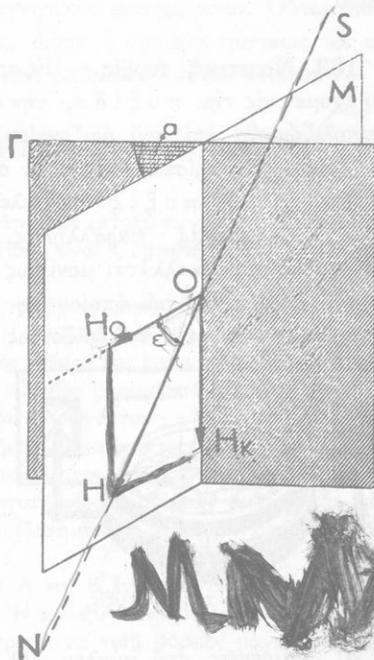
$$H^2 = H_0^2 + H_x^2$$

Ἀπὸ τὴν ἔρευναν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συνάγεται ὅτι :

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

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

Μεταβολαὶ τῶν μαγνητικῶν στοιχείων ἐνὸς τόπου. Τὰ μαγνητικὰ



Σχ. 142. Αἱ δύο συνιστώσαι τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

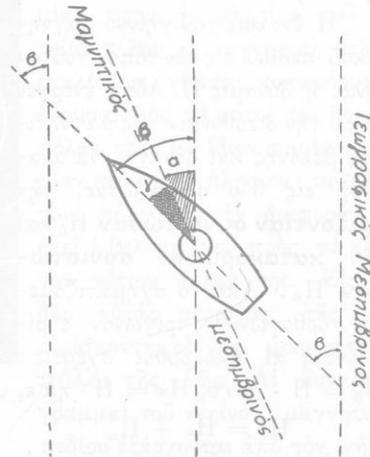
στοιχεῖα ἑνὸς τόπου δὲν ἔχουν σταθερὰν τιμὴν, ἀλλ' ὑφίστανται κανονικὰς ἡμερησίας καὶ ἔτησίας μεταβολάς. Πολλάκις τὰ μαγνητικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται καὶ αἰφνιδίως μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται μαγνητικὰ καὶ θύελλα. Αἱ ἀπότομοι αὐταὶ μεταβολαὶ συμπίπτουν μὲ ἄλλα φαινόμενα, ὅπως εἶναι οἱ σεισμοί, τὸ βόρειον σέλας, αἱ κηλίδες τοῦ Ἡλίου.

**133. Ναυτική πυξίς.**—Ἐφαρμογὴν τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχομεν εἰς τὴν πυξίδα, τὴν ὁποῖαν 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 συνηνωμένας παραλλήλως. Ἐπ' αὐτῶν προσκολλᾶται μονίμως ἐλαφρὸς δίσκος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σημειώνονται τὰ σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος



Σχ. 143. Ναυτικὴ πυξίς.

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



Σχ. 144. Ἡ χρῆσις τῆς πυξίδος εἰς τὴν ναυσιπλοῖαν.

γραμμή πίστεως στρέφεται και αυτή μετά του πλοίου, αλλά το άνεμολόγιον διατηρεῖ θέσιν σταθεράν. Εἰς τὸν ναυτικὸν εἶναι γνωστὴ ἕκ τῶν χαρτῶν ἡ γωνία  $\beta$ , τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζη ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινὸν (σχ. 144). Ἐπειδὴ δὲ εἶναι γνωστὴ καὶ ἡ ἀπόκλισις  $\alpha$ , εὐρίσκεται ἡ γωνία  $\gamma$ , τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ σχηματίζη ὁ ἄξων τοῦ πλοίου μὲ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν. Οὕτω δίδεται εἰς τὸ πλοῖον τοιαύτη κατεύθυνσις, ὥστε ἡ γραμμὴ πίστεως νὰ εὐρίσκειται ἔμπροσθεν τῆς διαίρεσεως  $\gamma$  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 ἀπώσις τῶν πόλων τούτων ;

81. Δύο ὁμοιοὶ 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 ἐκάστου μαγνήτου ;

82. Εὐθύγραμμος μαγνήτης ἔχει μῆκος 10 cm ἕκαστος δὲ πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 200 C.G.S. Ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ μαγνήτου 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 εὐρεθῆ ποῦ πρέπει νὰ τεθῆ βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ἔχων ποσότητα μαγνητισμοῦ 1 C.G.S., ὥστε ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν δύο πόλων  $A$  καὶ  $B$  νὰ εἶναι ἴση μὲ μηδέν.

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

85. Εὐθύγραμμος μαγνήτης ἔχει μῆκος 8 καὶ ἕκαστος πόλος του ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ 400 C.G.S. Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον  $A$  εὐρισκόμενον ἐπὶ τῆς καθέτου εἰς τὸ μέσον  $O$  τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἀπὸ τὸ  $O$ .

86. Εἰς ἕνα τόπον ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι  $H_0 = 0,2$  Gauss, ἡ δὲ ἔγκλισις εἶναι θετικὴ καὶ ἴση μὲ  $60^\circ$ . Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ γηίνου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸν τόπον τούτον ;

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

συνιστώσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι  $H_0 = 0,18$  Gauss. Πόσον ἔργον δαπανῶμεν, ὅταν ἀπομακρύνωμεν τὴν βελόνην κατὰ  $60^\circ$  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 συνιστώσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι  $H_0 = 0,2$  Gauss, ἡ δὲ ἐγκλισις εἶναι  $60^\circ$ . Διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν βελόνην ὀριζοντίαν, θέτομεν ἐπ' αὐτῆς μικρὸν ἰππέα ἔχοντα βάρος 0,500 gr\*. Εἰς πόσῃν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς βελόνης πρέπει νὰ τεθῇ ὁ ἰππέυς ;

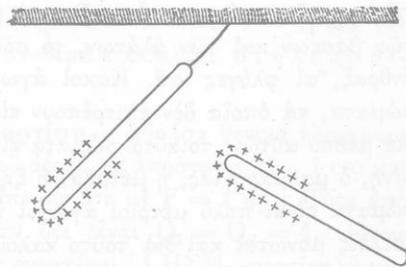
## ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

# ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

## ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΦΟΡΤΙΟΝ

134. **Θεμελιώδη φαινόμενα.**—“Εξ αἰῶνας π.Χ. ὁ Θαλῆς ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ ἤλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ μαλλίνου ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη 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 ὑάλος κ.ἄ. ).

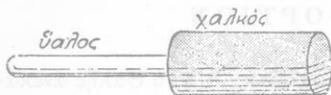
Ἡλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς δύο ράβδους ὑάλου καὶ ἐξαρτῶμεν τὴν μίαν ἐξ αὐτῶν διὰ νήματος μετᾶξῃς (σχ. 145). Ἐὰν εἰς τὴν ἐξηρητημένην ράβδον πλησιάσωμεν τὴν ἄλλην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δύο ράβδοι ἀπωθοῦνται μεταξὺ των. Τὸ αὐτὸ παρατηροῦμεν καὶ μὲ δύο ἤλεκτρισμένας ράβδους ρητίνης. Ἐὰν ὅμως εἰς τὴν ἤλεκτρισμένην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



Σχ. 145. Ἀπωσις ὁμωνύμων ἤλεκτρισμένων ράβδων.

Σώματα ὁμωνύμως ἤλεκτρισμένα ἀπωθοῦνται, ἐνῶ σώματα ἑτερονύμως ἤλεκτρισμένα ἔλκονται.

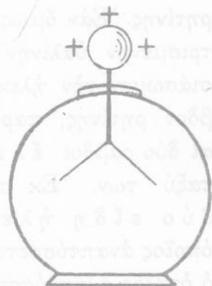
**135. Καλοί και κακοί άγωγοί.**— "Όταν έν σώμα είναι ήλεκτρι-  
σμένον, λέγομεν ότι τὸ σώμα τοῦτο φέρει **ήλεκτρικόν φορτίον**, δηλα-  
δή φέρει ποσότητα ήλεκτρισμοῦ. Ἐάν ήλεκτρίσωμεν διὰ  
τριβῆς, μίαν ράβδον ύάλου ή ρητίνης παρατηροῦμεν ότι τὰ έλαφρά σώ-  
ματα προσκολλώνται μόνον εἰς τὸ προστριβέν μέρος τῆς ράβδου. Ἐπο-  
μένως μόνον εἰς τὸ μέρος εκείνο τῆς ράβδου ύπάρχει ήλεκτρικόν φορτίον.  
Λαμβάνομεν ράβδον χαλκοῦ, ή οποία φέρει ύάλινην λαβήν (σχ. 146).



Σχ. 146. Ἡλέκτρισις διὰ τριβῆς  
ράβδου χαλκοῦ.

Ἐάν προστριψώμεν με μάλλινον ύφα-  
σμα έν μέρος τῆς χαλκίνης ράβδου,  
παρατηροῦμεν ότι όλόκληρος ή ράβδος  
ήλεκτρίζεται. Ἄρα τὸ ήλεκτρικόν φορ-  
τίον, τὸ όποῖον άνεπτύχθη εἰς τὸ προσ-  
τριβέν μέρος τῆς ράβδου, διεδόθη διὰ  
μέσου τοῦ χαλκοῦ εἰς όλόκληρον τήν ράβδον τοῦ χαλκοῦ. Οὔτω τὰ σώ-  
ματα διακρίνονται εἰς καλοῦς και κακοῦς άγωγοῦς τοῦ  
ήλεκτρισμοῦ. Καλοὶ άγωγοὶ ή άπλῶς άγωγοὶ καλοῦνται τὰ σώμα-  
τα, τὰ όποῖα αφήνουν τὰ ήλεκτρικά φορτία νά κινοῦνται διὰ μέσου αυ-  
τῶν· τοιαῦτα σώματα είναι όλα τὰ μέταλλα, τὰ διαλύματα τῶν όξέων,  
τῶν βάσεων και τῶν άλάτων, τὸ σώμα τῶν ζώων, τὸ ύγρὸν έδαφος, ὁ  
άνθραξ, αἱ φλόγες κ.ά. Κακοὶ άγωγοὶ ή μονωταὶ καλοῦνται τὰ  
σώματα, τὰ όποῖα δέν επιτρέπουν εἰς τὰ ήλεκτρικά φορτία νά κινηθοῦν  
διὰ μέσου αυτῶν· τοιαῦτα σώματα είναι ή ρητίνη, τὸ ήλεκτρον, ή παρα-  
φίνη, ὁ μαρμαρυγίας, ή μέταξα, ή ξηρά ύαλος, ή πορσελάνη κ.ά. Μερικά  
σώματα είναι πολὺ μέτριοι άγωγοὶ ή άλλως πολὺ  
άτελεῖς μονωταὶ και διὰ τοῦτο καλοῦνται ή μι-  
αγωγοί· τοιαῦτα σώματα είναι τὸ ξύλον, ὁ χάρ-  
της, τὸ μάρμαρον, τὸ πόσιμον ύδωρ κ.ά.

**136. Ἡλεκτροσκόπιον.**—Τὸ ήλεκτροσκό-  
πιον (σχ. 147) άποτελεῖται από μεταλλικὸν στέ-  
λεχος, τὸ όποῖον εἰς τὸ έν άκρον καταλήγει εἰς  
σφαῖραν ή μικρὸν δίσκον, εἰς δὲ τὸ άλλον άκρον φέ-  
ρει δύο λεπτά και μακρὰ φύλλα άργιλίου (ή  
χρυσοῦ). Τὸ στέλεχος τοῦτο στερεώνεται με μ-  
ονωτικὸν πῶμα εἰς ύάλινον δοχεῖον. Ἐάν ήλεκτρισμένον σώμα έγγί-  
ση τήν σφαῖραν τοῦ μεταλλικοῦ στελέχους, τοῦτο **ήλεκτρίζεται έξ**



Σχ. 147. Ἡλεκτρο-  
σκόπιον.

**έπαφής** καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἀργιλίου ἀπωθοῦνται, διότι ἠλεκτρίζονται ὁμόνυμως. Οὕτω μὲ τὸ ἠλεκτροσκόπιον δυνάμεθα νὰ εὐρίσκωμεν, ἂν ἐν σώμα 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 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.

$$\text{νόμος τοῦ Coulomb : } F = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{\alpha^2}$$

ὅπου  $F$  εἶναι ἡ δύναμις,  $Q_1$  καὶ  $Q_2$  τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία,  $\alpha$  ἡ ἀπόστασις αὐτῶν καὶ  $\epsilon$  εἶναι μία σταθερά, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων καὶ ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται μεταξὺ τῶν δύο φορτίων. Διὰ τὸν ἀέρα εἰς τὸ σύστημα C.G.S. εἶναι  $\epsilon = 1$ , διὰ τὸν μαρμαρυγιᾶν εἶναι  $\epsilon = 6$  κ.τ.λ. Ἡ σταθερὰ  $\epsilon$  καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερὰ** (§ 211).

**138. Μονάδες ἠλεκτρικοῦ φορτίου.**— Δύο ἴσα θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία  $Q_1 = Q_2$  εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος εἰς ἀπόστασιν  $\alpha = 1$  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** (1 ΗΣΜ—φορτίου) ἢ **μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου C.G.S.**

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς φορτίου εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν 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** (1 Cb), τὸ ὁποῖον ἰσοῦται μὲ  $3 \cdot 10^9$  ἠλεκτροστατικὰς μονάδας φορτίου.

$$\text{πρακτικὴ μονὰς ἠλεκτρικοῦ φορτίου : } 1 \text{ Coulomb (1Cb)} = 3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ—φορτίου}$$

Παράδειγμα τ.α. 1) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία  $Q_1 = 25 \text{ ΗΣΜ}$  και  $Q_2 = 72 \text{ ΗΣΜ}$  εὐρίσκονται εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς ἀπόστασιν  $\alpha = 1 \text{ cm}$ . Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη ἄπωσις εἶναι :

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

2) Δύο θετικά ηλεκτρικά φορτία, ἕκαστον τῶν ὁποίων εἶναι ἴσον μὲ  $1 \text{ Cb}$ , εὐρίσκονται εἰς τὸν ἀέρα καὶ εἰς ἀπόστασιν  $10 \text{ m}$ . Ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἐξασκουμένη ἄπωσις εἶναι :

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

$$\text{ἤτοι} \quad F = 9 \cdot 10^6 \text{ kgf}^* \quad \text{ἢ} \quad F = 9000 \text{ tn}^*$$

Τὸ παράδειγμα τοῦτο δεικνύει πόσον μεγάλα εἶναι αἱ ἀναπτυσσόμενα ἤλεκτρικα δυνάμεις.

**139. Διανομὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου.**—“Ἄς θεωρήσωμεν μίαν θετικῶς ἠλεκτρισμένην μεταλλικὴν σφαιῖραν. Ἐνεκα τῆς ἀπόσεως, ἢ ὅποια ἐξασκεῖται μεταξὺ τῶν ὁμωνύμων ἠλεκτρικῶν φορτίων τῆς σφαιράρας, τὰ φορτία μετακινοῦνται καὶ λαμβάνουν θέσιν ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλων ἀγωγῶν δὲν ὑπάρχουν ἠλεκτρικά φορτία. Τοῦτο ἐπαληθεύομεν πειραματικῶς μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς ἠλεκτροσκοπίου καὶ τοῦ δοκιμαστικοῦ σφαιριδίου. Τὸ δοκιμαστικὸν σφαιρίδιον εἶναι μεταλλικὸν σφαιρίδιον στερεωμένον εἰς τὸ ἄκρον ὑαλίνης ράβδου (σχ. 148). Ὅταν φέρωμεν τὸ σφαιρίδιον εἰς ἐπαφήν μὲ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἠλεκτρισμένου κοίλου ἀγωγοῦ, τὸ σφαιρίδιον λαμβάνει ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως τὸ σφαιρίδιον δὲν λαμβάνει διόλου φορτίον, ὅταν φέρεται εἰς ἐπαφήν μὲ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κοίλου ἀγωγοῦ.



Σχ. 148 Εὐρεσις τῆς κατανομῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου.

Ἐπὶ ἑνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον κατανέμεται ὁμοιομόρφως. Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς φέρῃ ἀκμὰς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρώνεται εἰς τὰ σημεῖα αὐτά, διότι, ἔνεκα τῆς ἀπόσεως τῶν ὁμωνύμων ἠλεκτρικῶν φορτίων, ταῦτα προσπαθοῦν νὰ καταφύγουν εἰς τὰ ἀπώτερα σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον φέρεται πάντοτε εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀγωγῶν καὶ διανέμεται ὁμοιόμορφως μόνον ἐπὶ τῶν σφαιρικῶν ἀγωγῶν.

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

89. Δύο θετικά ἠλεκτρικά φορτία  $Q_1 = 50$  C.G.S. καὶ  $Q_2 = 80$  G.G.S. εὐρίσκονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος. Ἡ μεταξύ τῶν φορτίων ἀπόστασις εἶναι 10 cm. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἀπώσις ;

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

91. Εἰς τὰ ἄκρα Α καὶ Β μιᾶς εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο θετικά ἠλεκτρικά φορτία, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εἶναι διπλάσιον τοῦ ἄλλου. Εἰς ποίαν θέσιν πρέπει νὰ τεθῆ ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ὥστε αἱ ἐπ' αὐτῆς ἀσκούμεναι δράσεις ἐκ μέρους τῶν δύο φορτίων νὰ ἔχουν συνισταμένην μηδέν ;

92. Ὄρθογώνιον παραλληλόγραμμον ἔχει πλευρὰς 3 cm καὶ 4 cm. Εἰς τὰς κορυφὰς τοῦ παραλληλογράμμου εὐρίσκονται τὰ ἠλεκτρικά φορτία + 125, + 36, - 32 καὶ + 1 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ συνισταμένη τῶν δράσεων τῶν τριῶν ἄλλων φορτίων ἐπὶ τοῦ φορτίου + 1 C.G.S.

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

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

140. Σπουδὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. — Ὄταν ἓν σῶμα εἶναι ἠλεκτρισμένον, τότε τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ σώματος τούτου ἐξασκεῖ ἑλξεις ἢ ἀπώσεις ἐπὶ παντὸς ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον φέρεται εἰς τὸν πέραξ τοῦ σώματος χῶρον. Λέγομεν τότε ὅτι πέραξ τοῦ ἠλεκτρισμένου σώματος ὑπάρχει **ἠλεκτρικὸν πεδίου**. Ὡστε :

Ἡλεκτρικὸν πεδίου καλεῖται ὁ χῶρος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀσκοῦνται δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρονται εἰς οἶον-δήποτε σημεῖον τοῦ χῶρου τούτου.

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

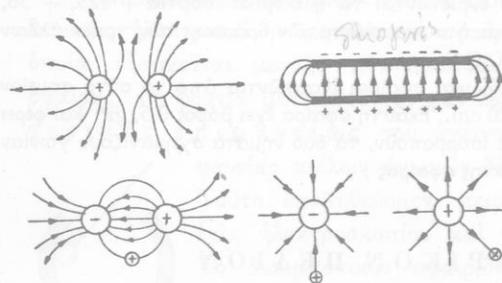
σημείον νὰ διαγράψῃ μίαν εὐθύγραμμον ἢ καμπυλόγραμμον τροχιάν. Ἡ τροχιά αὕτη καλεῖται **δυναμικὴ γραμμὴ** τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ὡστε :

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

Εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς δυναμικῆς γραμμῆς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ κινουμένου θετικοῦ φορτίου, εἶναι ἐφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.

Διεύθυνσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον αὐτοῦ καλεῖται ἡ διέθυνσις τῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου φερομένου εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

Εἰς τὸ σχῆμα 149 δεικνύονται αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς διαφόρους περιπτώσεις. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῶν θετικῶς ἠλεκτρισμένων σωμάτων καὶ καταλήγουν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένων σωμάτων. Μεταξὺ δύο ἑτεροώνυμων

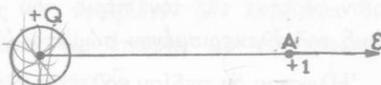


Σχ. 149. Διάφοροι περιπτώσεις ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

ἠλεκτρισμένων παραλλήλων πλακῶν σχηματίζεται ὁμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίου, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι (§215).

Ἐστω  $+Q$  τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ τὸ πεδίου (σχ 150). Εἰς τὸ σημεῖον  $A$  τοῦ πεδίου φέρομεν ἠλεκτρικὸν φορτίον  $+q$ . Τότε ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ δύναμις :

$F = \frac{Q \cdot q}{\alpha^2}$ . Ἄρα εἰς τὸ σημεῖον  $A$  ἐπὶ τοῦ φορτίου  $+1$  ἐνεργεῖ



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

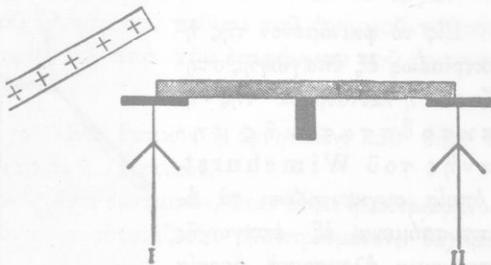
ώρισμένη δύναμις  $E = \frac{F}{q}$ , ή όποία καλεΐται **έντασις** του ήλεκτρικού πεδίου εις τό σημείον Α. "Ωστε :

"Έντασις ( E ) του ήλεκτρικού πεδίου εις έν σημείον αυτού καλεΐται ή δύναμις, ή όποία έξασκεΐται επί του ήλεκτρικού φορτίου + 1 φερομένου εις τό σημείον τουτο του πεδίου.

$$\text{έντασις ήλεκτρικού πεδίου: } E = \frac{F}{q} \quad \eta \quad E = \frac{Q}{\alpha^2}$$

Εις τό όμογενές ήλεκτρικόν πεδίον ή έν τ α σ ι ς του πεδίου είναι σ τ α θ ε ρ ά εις όλα τά σημεία του πεδίου.

141. 'Αγωγός έντός ήλεκτρικού πεδίου.—Λαμβάνομεν δύο όμοια ήλεκτροσκόπια και επί των δύο δίσκων των στηρίζομεν τά δύο άκρα μακράς μεταλλικής ράβδου (σχ. 151). Εις τό έν ήλεκτροσκόπιον πλησιάζομεν ήλεκτρισμένην υάλινην ράβδου. Παρατηρούμεν ότι τά δύο ήλεκτροσκόπια άποκτούν ήλεκτρικά φορτία, άν και ή ήλεκτρισμένη υάλινη ράβδος δέν ήλθεν εις έπαφήν με κανέν έξ αυτών.

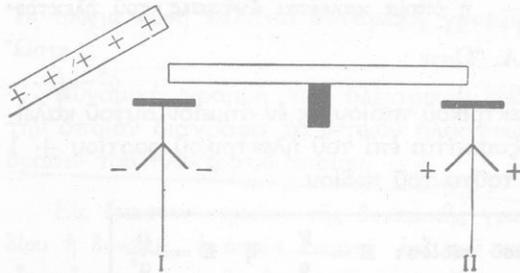


Σχ. 151. Τά δύο ήλεκτροσκόπια άποκτούν ήλεκτρικά φορτία.

'Εάν άπομακρύνομεν την μεταλλικήν ράβδου, κρατούντες αυτήν εκ τής μονωτικής λαβής, παρατηρούμεν ότι, και μετά την άπομάκρυνσιν τής υάλινης ράβδου, τά δύο ήλεκτροσκόπια έξακολουθοΰν νά είναι έτερωνύμως ήλεκτρισμένα (σχ. 152). 'Εάν όμως συνδέσωμεν τά δύο ήλεκτροσκόπια διά τής μεταλλικής ράβδου, και άπομακρύνομεν την υάλινην ράβδου, τά ήλεκτρικά φορτία των δύο ήλεκτροσκοπιών έξαφανίζονται. Τό γεγονός τουτο φανερώνει ότι τά δύο ήλεκτροσκόπια φέρουν ίσα έτερωνύμα ήλεκτρικά φορτία.

"Όταν άρχικώς ή μεταλλική ράβδος στηρίζεται επί των δίσκων των δύο ήλεκτροσκοπιών, τότε τά μεταλλικά στελέχη των και ή ράβδος

ἀποτελοῦν ἓνα συνεχῆ μεταλλικὸν ἀγωγόν. Ὁ ἀγωγὸς οὗτος, ὅταν εὐ-

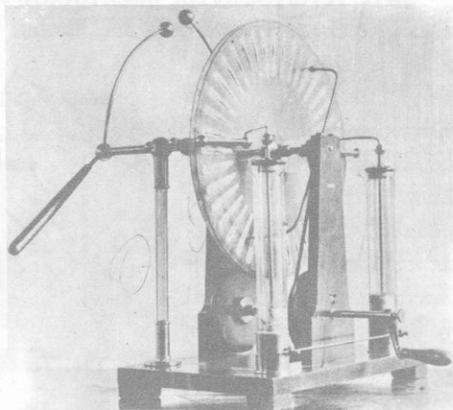


Σχ. 152. Τὰ φορτία τῶν δύο ἠλεκτροσκοπιῶν εἶναι ἑτερόνυμα.

ρεθῆ ἔντος τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τῆς ὑαλίνης ράβδου, ἠλεκτρίζεται καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐμφανίζονται ἴσα ἑτερόνυμα φορτία. Ὁ τοιοῦτος τρόπος ἠλεκτρίσεως ἀγωγῶν καλεῖται **ἠλεκτρισὶς ἐξ ἐπαγωγῆς** (ἢ ἐξ ἐπιδράσεως). Ὡστε :

Ὅταν ἀγωγὸς εὐρεθῆ ἔντος ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσα ἑτερόνυμα φορτία.

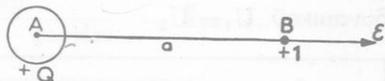
Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρίσεως ἐξ ἐπαγωγῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῆς ἠλεκτροστατικῆς μηχανῆς τοῦ Wimshurst, ἡ ὁποία συγκεντρώνει τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐξ ἐπαγωγῆς ἑτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία εἰς δύο μεταλλικὰ σφαιρίδια (σχ. 153).



Σχ. 153. Ἡλεκτροστατικὴ μηχανὴ τοῦ Wimshurst.

**142. Δυναμικόν.**—Μικρὸς σφαιρικὸς ἀγωγὸς Α (σχ. 154) φέρει φορτίον  $+Q$ . Τότε πέριξ αὐτοῦ ὑπάρχει ἠλεκτρικὸν πεδίου. Εἰς ἓν σημεῖον Β τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου φέρομεν τὸ φορτίον  $+1$ . Ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου ἐνεργεῖ τότε ἡ δύναμις  $E = \frac{Q}{\alpha^2}$ . Ἐὰν τὸ ὑλικὸν σημεῖον εἶναι ἐλεύθερον, τούτο θὰ μετακινηθῆ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπείρου. Διότι ἡ ἔντασις  $E$  τοῦ πεδίου γίνεται θεωρητικῶς ἴση μὲ μηδέν, ὅταν ἡ ἀπόστασις  $\alpha$  γίνῃ ἄπειρος. Κατὰ τὴν μετακίνησιν αὐ-

τὴν τοῦ φορτίου  $+1$  ἀπὸ τὸ σημεῖον Β τοῦ πεδίου μέχρι τοῦ ἀπείρου παράγεται ἔργον. Τὸ ἔργον τοῦτο εἶναι μέγεθος χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ σημεῖον Β τοῦ πεδίου καὶ καλεῖται **δυναμικὸν** τοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Β. Ὡστε :



Δυναμικὸν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἓν σημεῖον Β καλεῖται τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου, ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον  $+1$  μεταφέρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον Β μέχρι τοῦ ἀπείρου.

Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον τοῦ ἀγωγοῦ Α ἀρχίζει ἀπὸ τὰ σημεῖα τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ἐπὶ τῆς ὁποίας τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον Q εὐρίσκεται εἰς ἰσορροπίαν. Ἔνεκα τούτου ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος ὀρισμὸς :

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

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

Τὸ δυναμικὸν τοῦ ἐδάφους εἶναι ἴσον μὲ μηδέν.

**143. Διαφορὰ δυναμικοῦ.**— Δύο ἠλεκτρισμένοι σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ Α καὶ Β ἔχουν ἀντιστοίχως δυναμικὸν  $U_1$  καὶ  $U_2$ . Τὰ δυναμικὰ αὐτὰ εἶναι ἀνίστα  $U_1 > U_2$ . Τότε λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν Α καὶ Β 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 ὀρισμοῦ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ προκύπτει τὸ ἐξῆς συμπέρασμα :

Ἐάν ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α μεταφερθῆ εἰς τὸν ἀγωγὸν Β ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$ , τότε κατὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ φορτίου τούτου παράγεται ἔργον ἴσον μὲ τὸ γινόμενον τοῦ φορτίου  $Q$  ἐπὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ  $U_1 - U_2$ .

$$\text{ἔργον κατὰ τὴν μεταφορὰν φορτίου: } W = Q \cdot (U_1 - U_2)$$

Μεταφορὰ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἐκ τοῦ ἀγωγοῦ Α εἰς τὸν ἀγωγὸν Β δύναται νὰ γίνῃ εὐκόλως, ἂν συνδέσωμεν τοὺς δύο ἀγωγούς μὲ ἓν σύρμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου θὰ μᾶς δώσῃ ἔργον.

114. Μονάδες δυναμικοῦ.— Ἡλεκτρισμένος ἀγωγὸς Α ἔχει δυναμικὸν  $U$ . Μεταξὺ τοῦ ἀγωγοῦ Α καὶ τοῦ ἐδάφους ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ  $U - 0 = U$ . Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἐξίσωσις :

$$W = Q \cdot (U_1 - U_2) \quad \text{γράφεται: } W = Q \cdot U, \quad \text{ἄρα } U = \frac{W}{Q}$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις μᾶς βοηθεῖ νὰ ὀρίσωμεν τὰς μονάδας δυναμικοῦ. Οὕτως εὐρίσκομεν ὅτι :

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς δυναμικοῦ εἶναι τὸ δυναμικὸν ἀγωγοῦ, ὅταν κατὰ τὴν μετακίνησιν τῆς ἠλεκτροστατικῆς μονάδος φορτίου ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ μέχρι τοῦ ἐδάφους παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 1 ἔργιον.

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

Ἡ πρακτικὴ μονὰς δυναμικοῦ καλεῖται Volt (1V) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

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

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

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

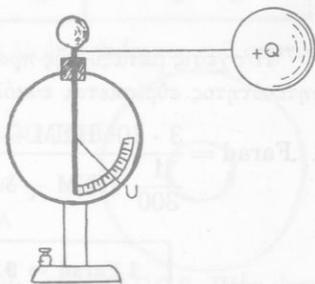
$$1 \text{ Volt} = \frac{10^7 \text{ erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} - \text{φορτίου}} \quad \text{ἄρα}$$

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

Μὲ τὰς ἀνωτέρω δύο μονάδας δυναμικοῦ μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ δύο ἀγωγῶν ἢ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω π.χ. λέγομεν ὅτι μεταξύ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 220 Volt. Τοῦτο σημαίνει ὅτι κατὰ τὴν μεταφορὰν 1 Cb ἀπὸ τὸν ἕνα ἀγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον παράγεται ἔργον ἴσον μὲ 220 Joule. Ἐπίσης, ὅταν λέγωμεν ὅτι ἠλεκτρισμένος ἀγωγὸς ἔχει δυναμικὸν 500 000 Volt, ἐννοοῦμεν ὅτι, ἂν ἀφήσωμεν νὰ μετακινηθῇ 1 Cb ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ ἕως τὸ ἔδαφος, θὰ παραχθῇ ἔργον ἴσον μὲ 500 000 Joule.

145. Σχέσεις μεταξύ τοῦ φορτίου καὶ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ.— Τὸ δυναμικὸν ἐνὸς ἀγωγοῦ μετρεῖται μὲ εἰδικὸν ὄργανον, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἡ λ ε κ τ ρ ὀ μ ε τ ρ ο ν. Τοῦτο εἶναι σύνθετος ἠλεκτροσκόπιον (σχ. 155), τοῦ ὁποῖου τὰ φύλλα μετακινοῦνται ἔμπροσθεν τόξου φέροντος διαιρέσεις εἰς Volt.

Ἐστω ὅτι εἰς σφαιρικὸς ἀγωγὸς φέρει φορτίον Q. Μὲ τὸ ἠλεκτρόμετρον εὐρίσκομεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς οὗτος ἔχει δυναμικὸν U. Ἐὰν τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ γίνῃ 2Q, 3Q... εὐρίσκομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ ἀγωγοῦ γίνεται ἀντιστοίχως 2U, 3U... Παρατηροῦμεν δηλαδή ὅτι τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου διὰ τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ ἔχει σταθερὰν τιμὴν, ἐφ' ὅσον πλησίον αὐτοῦ δὲν ὑπάρχουν ἄλλοι ἀγωγοί. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου καταλήγομεν εἰς τὸν ὅρισμόν ἐνὸς νέου φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι σταθερὸν δι' ἕκαστον ἀγωγὸν καὶ καλεῖται **χωρητικότητα** τοῦ ἀγωγοῦ :



Σχ. 155. Ἠλεκτρόμετρον.

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

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

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

Ἡλεκτροστατικὴ μονὰς χωρητικότητας εἶναι ἡ χωρητικότητας άγωγού, ὃ ὀποῖος φέρει 1 ἡλεκτροστατικὴν μονάδα φορτίου καὶ ἔχει δυναμικὸν ἴσον μὲ 1 ἡλεκτροστατικὴν μονάδα δυναμικοῦ.

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

Ἡ πρακτικὴ μονὰς χωρητικότητας καλεῖται **Farad** (1 F) καὶ ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

Ἡ χωρητικότητας άγωγού εἶναι ἴση μὲ 1 Farad, ὅταν ὁ άγωγὸς φέρῃ ἡλεκτρικὸν 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—χωρητικότητας εὐρίσκεται εὐκόλως, διότι εἶναι :

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

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

Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιεῖται ἡ μονὰς microfarad ( $\mu\text{F}$ ), ἡ ὀποία εἶναι :

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

146. Δυναμικὸν καὶ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ.— Ἐὰν  $r$  εἶναι ἡ ἀκτίς ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ καὶ  $Q$  τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον του, τότε ἀποδεικνύεται ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι:  $U = \frac{Q}{r}$ . Ἡ χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι:  $C = \frac{Q}{U}$ .

Ἀπὸ τὰς δύο αὐτὰς σχέσεις εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι  $C = r$ . Ἄρα :

Ἡ χωρητικότης σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἰς ΗΣΜ — χωρητικότητος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὴν ἀκτίνα τοῦ ἀγωγοῦ μετρηθεῖσαν εἰς ἑκατοστόμετρα.

Παράδειγμα: Σφαιρικός ἀγωγὸς ἔχει ἀκτίνα  $r = 10$  cm. Διὰ νὰ ἀποκτήσῃ ὁ ἀγωγὸς δυναμικὸν 60 Volt, πρέπει ὁ ἀγωγὸς νὰ ἀποκτήσῃ φορτίον :

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

147. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ.— Μεμονωμένος ἀγωγὸς φέρει φορτίον  $Q$  καὶ ἔχει δυναμικὸν  $U$ . Διὰ τὴν φόρτισιν τοῦ ἀγωγοῦ δαπανᾶται ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἀποδεικνύεται ὅτι :

Μεμονωμένος ἀγωγός, ἔχων ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$ , δυναμικὸν  $U$  καὶ χωρητικότητα  $C$ , περικλείει ἐνέργειαν :

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

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

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

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

94. Εἰς ἓν σημεῖον εὐρίσκεται ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q = 150$  C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ὑπὸ τοῦ φορτίου  $Q$  παραγομένου ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm καὶ 10 cm;

95. Εἰς τὰ ἄκρα εὐθείας μήκους 15 cm εὐρίσκονται δύο ἠλεκτρικὰ φορτία  $+Q$  καὶ  $+4Q$ . Εἰς ποῖον σημεῖον ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ἰση μὲ μηδέν;

96. Εἰς τὰς κορυφὰς τετραγώνου, ἔχοντος πλευρὰν 4 cm, εὐρίσκονται κατὰ σειρὰν τὰ φορτία +100, +100, -100 καὶ -100 C.G.S. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου ;

97. Μεταξύ δύο ἀγωγῶν ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ ἴση με 4,5 Volt. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ μεταφερθῆ ἐκ τοῦ ἑνὸς ἀγωγοῦ εἰς τὸν ἄλλον, διὰ νὰ λάβωμεν ἔργον 90 Joule.

98. Ἄγωγός ἔχει χωρητικότητα 250 C.G.S. Πόσον φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ ὁ ἄγωγός, διὰ νὰ ἀποκτήσῃ δυναμικὸν 0,1 Volt ;

99. Ἄγωγός ἔχει χωρητικότητα 10 μF καὶ δυναμικὸν 4 Volt. Πόσον εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ ;

100. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ λάβῃ σφαιρικὸς ἄγωγός, ἀκτίνος 5 cm, διὰ νὰ ἔχῃ δυναμικὸν 10 Volt ;

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

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

103. Δύο μεταλλικαὶ σφαῖραι Α καὶ Β ἔχουν ἀντιστοίχως ἀκτίνας  $R_1 = 5$  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 εὐρεθῆ : α) τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας μετὰ τὴν ἐπαφὴν τῆς μετὰ τὴν ἄλλην καὶ β) τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνεργειῶν τῶν δύο σφαιρῶν πρὸ τῆς ἐπαφῆς των καὶ μετὰ τὴν ἐπαφὴν των.

## ΦΥΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

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



Σχ. 156. Ἄτομον ὕδρογόνου.

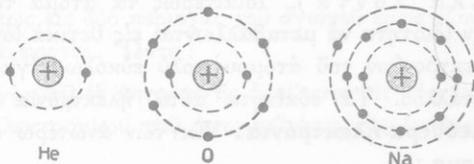
ἴδιον τρόπον. Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία ἀναπτύσσονται ἐπὶ τῶν σωμάτων εἴτε διὰ τριβῆς, εἴτε ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἄρα ἐπὶ τῶν σωμάτων ὑπάρχουν πάντοτε ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἐκδηλώνονται ὑπὸ καταλλήλους συνθήκας. Ἡ νεωτέρα ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία εἶναι στενώτατα συνδεδεμένα μετὰ συστατικὰ

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 (σχ. 156), ὁ

όποιος καλεῖται **πρωτόνιον**. Πέριξ τοῦ πυρήνος περιφέρεται με μεγάλην ταχύτητα ἐπὶ σχεδὸν κυκλικῆς τροχιᾶς ἐν ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον σωματίδιον, τὸ ὅποιον καλεῖται **ἠλεκτρόνιον**. Ἡ μάζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι ἴση μετὸ  $\frac{1}{1850}$  τῆς ὅλης μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Τὸ

ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μετὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος. Τὸ φορτίον τοῦτο καλεῖται **στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον (e)** καὶ εἶναι ἴσον μετὸ  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Cb. Ἐκ τῶν

μετρήσεων εὐρέθη, ὅτι τὸ στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον e ἀποτελεῖ τὴν μικροτέραν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ, διότι οὐδέποτε παρατηρήθη ἠλεκτρικὸν φορτίον μικρότερον τοῦ στοιχειῶδους ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Τὰ ἅτομα τῶν ἄλλων στοιχειῶν ἔχουν περισσότερον πολὺπλοκὸν κατασκευὴν, ἀποτελοῦνται ὅμως πάντοτε ἀπὸ ἑνα θετικῶς ἠλεκτρισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ ὠρισμένων δι' ἕκαστον εἶδος ἀτόμου ἀριθμὸν ἠλεκτρονίων, τὰ ὅποια περιφέρονται πέριξ τοῦ πυρήνος (σχ. 157). Ὅταν τὸ ἅτομον εἶναι οὐδέτερον, τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν ἴσον μετὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν ἠλεκτρονίων. Ἡ νεωτέρα λοιπὸν ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 157. Ἄτομα ἡλίου, ὀξυγόνου καὶ νατρίου.

I. Τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι πάντοτε ἀκέραια πολλαπλάσια τοῦ στοιχειῶδους φορτίου τοῦ ἠλεκτρονίου.

στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Cb

II. Τὰ θετικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

III. Τὰ ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία φέρονται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρονίου, τὸ ὅποιον εἶναι κοινὸν συστατικὸν τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης.

**149. Ἐμφάνισις ἠλεκτρικῶν φορτίων.**—Τὰ φαινόμενα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὀφείλονται εἰς τὴν ιδιότητα τῶν ἠλεκτρονίων νὰ ἀποσπῶνται ἀπὸ ἓν ἄτομον καὶ νὰ προστίθενται εἰς ἓν ἄλλον ἄτομον. Ὅταν ὅμως τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον στερηθῇ ἐνὸς ἢ περισσοτέρων ἠλεκτρονίων, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται **θετικῶς ἠλεκτρισμένον**. Ἀντιθέτως, ἂν τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον προσλάβῃ ἠλεκτρόνια, τότε τὸ ἄτομον ἢ τὸ μόριον ἐμφανίζεται **ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον**. Τὰ τοιαῦτα ἠλεκτρισμένα ἄτομα ἢ μόρια καλοῦνται **ἰόντα** (θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ ἰόντα). Ἰδιαιτέρως τὰ ἄτομα τῶν **μετάλλων** ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ μεταβάλλωνται εἰς θετικὰ ἰόντα, διότι 1, 2 ἢ 3 ἐκ τῶν ἠλεκτρονίων τοῦ ἀτόμου πολὺ εὐκόλως ἐγκαταλείπουν τὸ ἄτομον τοῦ μετάλλου. Τὰ εὐκίνητα αὐτὰ ἠλεκτρόνια τῶν μετάλλων καλοῦνται **ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συναγεται τὸ ἐξῆς συμπέρασμα :

Ἐν σῶμα ἐμφανίζεται θετικῶς ἠλεκτρισμένον, ὅταν ἔχη ἀπωλέσει ἠλεκτρόνια καὶ ἀντιθέτως ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον, ὅταν ἔχη περίσσειαν ἠλεκτρονίων.

**150. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρίσεως τῶν σωμάτων.**—Ὅταν προστρίβωμεν δύο διαφορετικὰ σώματα Α καὶ Β (π.χ. ρητίνην καὶ ὕφασμα), φέρομεν τὰ σώματα αὐτὰ εἰς πολὺ στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο σώματα ἠλεκτρίζονται ἑτερωνύμως. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἠλεκτρόνια μετέβησαν ἀπὸ τὸ ἓν σῶμα εἰς τὸ ἄλλο καὶ διὰ τοῦτο τὸ ἓν σῶμα ἐμφανίζεται **θετικῶς ἠλεκτρισμένον**, τὸ δὲ ἄλλο σῶμα ἐμφανίζεται **ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον**. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι γενικόν.

Ὅταν δύο διαφορετικὰ σώματα ἔρχονται εἰς στενὴν ἐπαφὴν μεταξύ των, τότε ἠλεκτρόνια μεταβαίνουν ἐκ τοῦ ἐνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ οὕτως ἐπὶ τῶν δύο σωμάτων ἐμφανίζονται ἴσα ἑτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἐστω ὅτι ἓν σῶμα Α φέρει ἀρνητικὸν φορτίον. Ἐὰν τὸ σῶμα τοῦτο ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ οὐδέτερον μεμονωμένον ἄγωγόν Β, τότε μέρος τῶν πλεοναζόντων ἐπὶ τοῦ σώματος Α ἠλεκτρονίων μεταβαίνει εἰς τὸν ἄγωγόν Β. Οὕτως ὁ ἄγωγός Β ἀποκτᾷ ἀρνητικὸν φορτίον. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ σῶμα Α εἶναι θετικῶς ἠλεκτρισμένον, τότε μέρος τῶν ἐλευθέρων

ηλεκτρονίων του άγωγού Β μεταβαίνει εις τὸ σῶμα Α καὶ οὕτως ὁ άγωγός Β ἐμφανίζεται θετικῶς ηλεκτρισμένος. Ὡστε :

Ὅταν ηλεκτρισμένον σῶμα ἔρχεται εἰς ἐπαφήν μὲ μεμονωμένον οὐδέτερον άγωγόν, τότε ἡ ἔρχονται ἐπ' αὐτοῦ ηλεκτρόνια ἡ ἀποσπῶνται ἀπὸ αὐτὸν ηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἐμφανίζονται ἐπὶ τοῦ άγωγού ἀρνητικὰ ἢ θετικὰ ηλεκτρικὰ φορτία.

Τέλος, ἐὰν μεμονωμένος οὐδέτερος άγωγὸς εὐρεθῇ ἐντὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου, τότε τὰ ἐλεύθερα ηλεκτρόνια τοῦ άγωγού μετακινοῦνται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου. Οὕτως εἰς δύο περιοχὰς τοῦ άγωγού ἐμφανίζονται ἴσα ἐτερώνημα ηλεκτρικὰ φορτία. Ὡστε :

Ἡ ἡλεκτρισίς ἐνὸς άγωγού ἐξ ἐπαγωγῆς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ηλεκτρονίων τοῦ άγωγού ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἀντιθέτως πρὸς τοὺς άγωγούς, οἱ μονωταὶ ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ διατηροῦν ἐντοπισμένα τὰ ἀναπτυσσόμενα ἐπ' αὐτῶν ηλεκτρικὰ φορτία. Οὕτως, ἐὰν εἰς μίαν περιοχὴν τοῦ μονωτοῦ παρουσιασθῇ ἔλλειψις ἢ περίσσεια ηλεκτρονίων, τὸ θετικὸν ἢ τὸ ἀρνητικὸν ηλεκτρικὸν φορτίον μένει ἐντοπισμένον εἰς τὴν περιοχὴν αὐτὴν τοῦ μονωτοῦ. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ μονωτὴς δὲν ἔχει ἐλεύθερα ηλεκτρόνια.

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

104. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον  $-6,4 \text{ Cb}$ . Πόσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν πλεοναζόντων ηλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα φέρει ὁ άγωγός;

105. Ἀγωγὸς ἔχει φορτίον  $+3,2 \text{ Cb}$ . Πόσα ηλεκτρόνια ἔχασεν ὁ άγωγός;

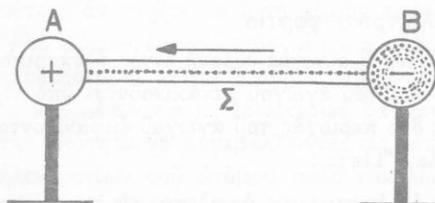
106. Δύο ἐτερώνημα στοιχειώδη ηλεκτρικὰ φορτία  $+e$  καὶ  $+e$  εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν  $1 \text{ mm}$ . Πόση εἶναι ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη ἔλξις;

107. Μεταξὺ δύο άγωγῶν ὑπάρχει διαφορά δυναμικοῦ  $1 \text{ Volt}$ . Ἐν ἡλεκτρόνιον μεταβαίνει ἀπὸ τὸν ἕνα άγωγὸν εἰς τὸν ἄλλον. Πόσον ἔργον εἰς ἔργια καὶ Joule παράγεται κατ' αὐτὴν τὴν μετακίνησιν τοῦ ηλεκτρονίου;

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

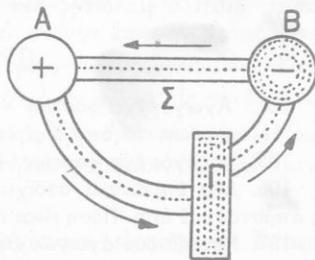
151. Παραγωγή ροῆς ηλεκτρονίων.— Δύο σφαιρικοὶ άγωγοὶ Α καὶ Β (σχ. 158) φέρουν φορτία  $+Q$  καὶ  $-Q$ . Τὸ δυναμικὸν ἐκάστου άγωγού εἶναι ἀντιστοίχως  $+U$  καὶ  $-U$ . Ἐὰν συνδέσωμεν μὲ σύρμα τοὺς δύο άγωγούς, τότε τὰ ἐπὶ τοῦ άγωγού Β πλεονάζοντα ἡλε-

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



Σχ. 158. Ροὴ ἠλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἄγωγοῦ Β πρὸς τὸν ἄγωγόν Α.

ἄγωγόν Α τὰ καταφθάνοντα εἰς αὐτὸν ἠλεκτρόνια καὶ νὰ ἐπαναφέρονται ἐπὶ τοῦ ἄγωγοῦ Β. Πρέπει δηλαδὴ νὰ διατηρηθῆται σταθερὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἄγωγῶν Α καὶ Β. Ἡ συνεχῆς ἀφαίρεσις τῶν ἠλεκτρονίων ἀπὸ τὸν ἄγωγόν Α καὶ ἡ ἐπαναφορά των ἐπὶ τοῦ ἄγωγοῦ Β ἐπιτυγχάνεται μὲ εἰδικὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **γεννήτριαι ρεύματος** ἢ καὶ ἀπλῶς **γεννήτριαι**. Αἱ γεννήτριαι δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι εἶναι ἀντλῖαι ἠλεκτρονίων (σχ. 159). Οἱ δύο ἄγωγοι Α καὶ Β ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας (θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος). Τὸ ἠλεκτρικὸν 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 ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐδέχθησαν κατὰ συνθήκην ὅτι τὸ ρεῦμα βαίνει ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Ἡ φορὰ αὐτὴ τοῦ ρεύματος καλεῖται **συμβατικὴ φορὰ** καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν εἰς τὴν τεχνικὴν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὰ ἐξῆς συμπεράσματα :



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

- I. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι ροὴ ἠλεκτρονίων.
- II. Ἡ γεννήτρια δημιουργεῖ μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς στα-

θεράν διαφοράν δυναμικοῦ (τάσιν), ἕνεκα τῆς ὁποίας προκαλεῖται συνεχῆς ροή ἠλεκτρονίων ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς διὰ μέσου τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἐνώνει τοὺς δύο πόλους τῆς.

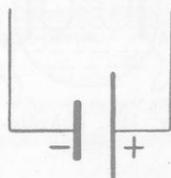
Κατὰ τὴν μελέτην τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν συμβατικὴν φοράν τοῦ ρεύματος, διότι ἡ παραδοχὴ τῆς συμβατικῆς φορᾶς δὲν ἐμποδίζει τὴν μελέτην τῶν φαινομένων.

**152. Εἶδη γεννητριῶν.**—Εἰς τὴν πράξιν χρησιμοποιοῦνται συνήθως τὰ ἐξῆς εἶδη γεννητριῶν :

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



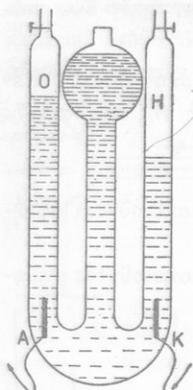
Σχ. 160. Συμβολικὴ παράστασις γεννητρίας.

**153. Δράσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.**— Ἡ διέλευσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς ἀγωγοῦ προδίδεται ἀπὸ διάφορα φαινόμενα.

α) **Θερμικὰ φαινόμενα.** "Όταν 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.** "Όταν τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ διαλυμάτων ὀξέων, βάσεων καὶ ἀλάτων, προκαλεῖται διάσπασις τῶν μορίων τῶν σωμάτων τούτων. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἠλεκτρόλυσις**, τὰ δὲ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα καλοῦνται **ἠλεκτρολύται**. Ἡ συσκευή,

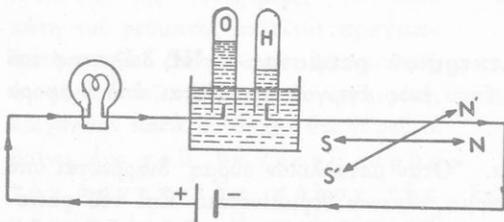
διὰ τῆς ὁποίας γίνεται ἡ ἠλεκτρόλυσις καλεῖται **βολτάμετρον**. Τὰ δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὅποια συνδέονται μετὰ τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, καλοῦνται ἀντιστοίχως **ἀνοδος** καὶ **κάθοδος**. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν



Σχ. 161. Βολτάμετρον.

ἀραιῶν ὑδατικῶν διαλυμάτων ὀξέων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὑδρογόνον, ἐνῶ κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλυμάτων βάσεων καὶ ἀλάτων εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται μέταλλον. Εἰς τὸ σχῆμα 161 φαίνονται τὰ προϊόντα, τὰ ὅποια συλλέγονται κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

γ) Μαγνητικά φαινόμενα. Ἐνωθεν ἡρεμούσης μαγνητικῆς βελόνης καὶ παραλλήλως πρὸς αὐτὴν φέρομεν μεταλλικὸν ἄγωγόν διαρ-

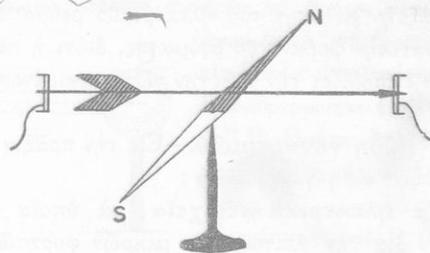


Σχ. 163. Θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικά φαινόμενα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

ρέομενον ὑπὸ ρεύματος (σχ. 163). Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀμέσως ἀποκλίνει καὶ τείνει νὰ τοποθετηθῇ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα πα-

ράγει περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

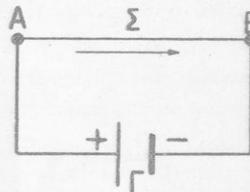
Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ θερμικά, χημικά καὶ μαγνητικά φαινόμενα.



Σχ. 162. Ἐκτροπή τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος

Εἰς τὸ σχῆμα 163 φαίνονται αἱ διάφοροι δράσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

**154. Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος** — Μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας διατηρεῖται σταθερὰ διαφορὰ δυναμικοῦ (§ 151). Τότε τὸ σύρμα, τὸ ὁποῖον συνδέει τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 164). Τοῦτο ἔχει φορὰν σταθερὰν ἐκ τοῦ θετικοῦ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας (σύμβατικὴ φορά). Τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ φορά διατηρεῖται σταθερὰ, καλεῖται **συνεχὲς ρεῦμα**. Εἰς χρόνον  $t$  δι' ἐκάστης τομῆς τοῦ σύρματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$ .



Σχ. 164. Συνεχὲς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ μονάδα χρόνου.

$$\text{έντασις ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{χρόνος}} \quad I = \frac{Q}{t}$$

Εἰς τὴν πράξιν ὡς μονὰς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος λαμβάνεται τὸ **1 Ampère (1 A)**, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὡς ἑξῆς :

Ρεῦμα ἔχει ἐντασιν ἴσην μὲ 1 Ampère ὅταν διὰ μιᾶς τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον ἠλεκτρικὸν φορτίον ἴσον μὲ 1 Coulomb.

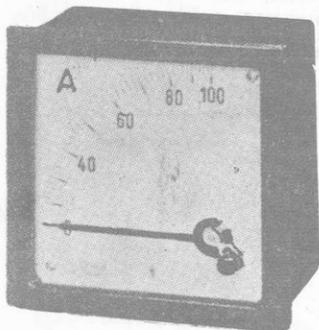
$$\text{μονὰς ἐντάσεως ρεύματος: } 1 \text{ Ampère} = 1 \text{ Cb/sec}$$

Ὅταν λοιπὸν λέγωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντασιν 5 A, ἐνοοῦμεν ὅτι ἀπὸ ἐκάστην τομῆν τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται κατὰ δευτερόλεπτον φορτίον 5 Cb. Ἐπομένως εἰς χρόνον  $t = 10 \text{ min}$  διέρχεται διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικὸν φορτίον :

$$Q = I \cdot t = 5 \text{ Cb/sec} \cdot 600 \text{ sec} = 3000 \text{ Cb}$$

Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα

καλοῦνται **ἀμπερόμετρα** (σχ. 165) καὶ τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος. Τὸ ἀμπερόμετρον

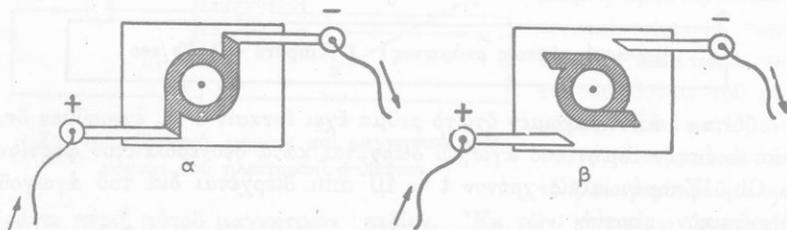


Σχ. 165. Ἀμπερόμετρον.

παρεμβάλλεται κατὰ σειράν εἰς τὸ ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν (σχ. 166). Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν ὅτι :

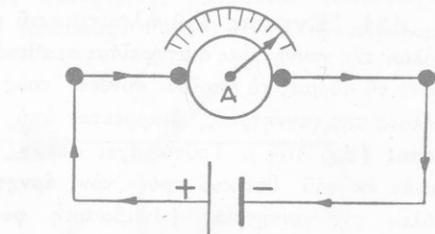
Καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερά.

**155. Κύκλωμα.**—Ὅταν μεταξὺ τῶν δύο πόλων τῆς γεννητρίας παρεμβάλλεται συνεχῆς ἀγωγὸς ἢ σειρά ἀγωγῶν, λέγομεν ὅτι ἔχομεν

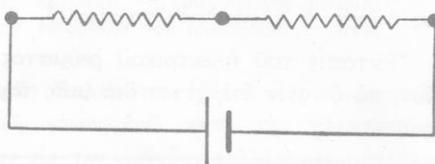


Σχ. 168. Διακόπτης (α κλειστόν, β ἀνοικτὸν κύκλωμα).

κλειστὸν κύκλωμα (σχ. 167). Ἐὰν ἡ σειρά τῶν ἀγωγῶν διακόπτε-



Σχ. 166. Τὸ ἀμπερόμετρον τίθεται κατὰ σειράν εἰς τὸ κύκλωμα.

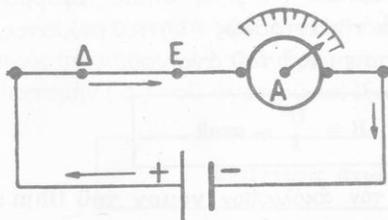


Σχ. 167. Κλειστὸν κύκλωμα.

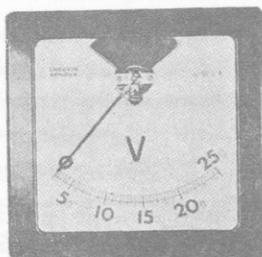
ται εις ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος, ἔνεκα τῆς παρεμβολῆς μονωτοῦ, τότε λέγομεν ὅτι τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Διὰ τὸ κλείσιμον καὶ τὸ ἀνοίγημα τοῦ κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ διακόπται (σχ. 168).

### ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

156. Μέτρησις τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.—Ὅταν οἱ πόλοι τῆς γεννητρίδας συνδέωνται μὲ σύρμα, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως  $I$ , τὴν ὁποίαν μετροῦμεν μὲ ἀμπερόμετρον (σχ. 169). Τὸ τμήμα  $\Delta E$  τοῦ σύρματος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ συνεπῶς μεταξὺ τῶν σημείων  $\Delta$  καὶ  $E$  ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ. Διὰ τὴν μέ-



Σχ. 169. Μεταξὺ τῶν σημείων  $\Delta$  καὶ  $E$  ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ.

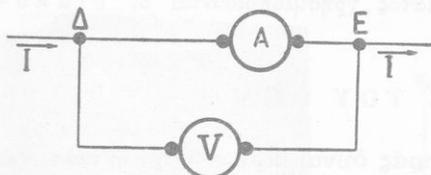


Σχ. 170. Βολτόμετρον

τρησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ χρησιμοποιοῦνται συνήθως εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **βολτόμετρα** (σχ. 170) καὶ τὰ ὁποῖα λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μαγνητικῶν δράσεων τοῦ ρεύματος (ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα). Τὴν ἀρχὴν, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ἀμπερομέτρων καὶ τῶν βολτομέτρων, θὰ ἐξετάσωμεν εἰς ἄλλο κεφάλαιον (§ 191). Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο σημείων  $\Delta$  καὶ  $E$  (σχ. 171) παρεμβάλλομεν τὸ βολτόμετρον κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ τῶν δύο τούτων σημείων, χωρὶς νὰ κόψωμεν τὸ κύκλωμα. Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ διακλάδωσιν μεταξὺ δύο σημείων τοῦ κυκλώματος, ἐνῶ τὸ ἀμπερόμετρον παρεμβάλλεται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα.

157. Νόμος του Ohm δια τμήμα άγωγού.—Είς τὰ άκρα όμογενοϋς σύρματος ύπάρχει διαφορά δυναμικοϋ  $U$  (σχ. 171). Τότε τὸ ρεύμα έχει έντασιν  $I$ . Μεταβάλλομεν τὴν διαφοράν δυναμικοϋ (π.χ. διὰ τῆς χρησιμοποιοήσεως περισσοτέρων γεννητριῶν). Τὸ πείραμα αποδεικνύει ότι, όταν ἡ τάσις γίνεται  $2U, 3U, 4U, \dots$ , ἡ έντασις τοϋ ρεύματος γίνεται άντιστοίχως  $2I, 3I, 4I, \dots$  Οϋτω τὸ πηλίκον τῆς τάσεως διὰ τῆς έντάσεως τοϋ ρεύματος παραμένει πάντοτε σταθερόν διὰ τὸ τμήμα τοϋτο τοϋ σύρματος. Τὸ πείραμα λοιπὸν αποδεικνύει ότι :



Σχ. 171. Μεταξύ τῶν σημείων  $\Delta$  καὶ  $E$  ύπάρχει διαφορά δυναμικοϋ  $U$ .

Τὸ πηλίκον τῆς διαφορᾶς δυναμικοϋ ( $U$ ), ἡ όποία εφαρμόζεται είς τὰ άκρα τοϋ άγωγού, διὰ τῆς έντάσεως ( $I$ ) τοϋ ρεύματος, είναι σταθερόν καὶ καλεῖται άντίστασης ( $R$ ) τοϋ άγωγού.

$$\text{άντίστασις άγωγού: } R = \frac{U}{I} = \text{σταθ.}$$

Ἡ εύρεθεῖσα σχέσηίς εκφράζει τὸν ακόλουθον νόμον τοϋ Ohm :

Ἡ έντασις τοϋ ρεύματος είναι άνάλογος πρὸς τὴν διαφοράν δυναμικοϋ, ἡ όποία ύπάρχει είς τὰ άκρα τοϋ άγωγού, καὶ άντιστρόφως άνάλογος πρὸς τὴν άντίστασιν αϋτοϋ.

$$\text{νόμος τοϋ Ohm: } I = \frac{U}{R}$$

158. Μονὰς άντιστάσεως.—Είς τὴν πράξιν ὡς μονὰς άντιστάσεως χρησιμοποιεῖται τὸ **1 Ohm (1 Ω)**, ἡ όποία όρίζεται ὡς ἐξῆς :

Ἄγωγός έχει άντίστασιν ἴσην με **1 Ohm**, όταν είς τὰ άκρα του ύπάρχη διαφορά δυναμικοϋ **1 Volt** καὶ ἡ έντασις τοϋ ρεύματος είναι **1 Ampère**.

$$\text{μονὰς άντιστάσεως: } 1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}} \quad \eta \quad 1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Συνήθως χρησιμοποιούνται εις τὰς εφαρμογὰς καὶ τὰ κατωτέρα πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος Ohm :

$$1 \text{ megohm} \quad (1 \text{ M}\Omega) \quad = 10^6 \text{ Ohm}$$

$$1 \text{ microhm} \quad (1 \text{ }\mu\Omega) \quad = \frac{1}{10^6} \text{ Ohm}$$

Παράδειγμα. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ  $U = 220 \text{ Volt}$ , ἡ δὲ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι  $I = 2 \text{ Ampère}$ . Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 110 \Omega$$

**159. Ἀντίστασις ἀγωγοῦ.** — Ἐκ τῶν μετρήσεων 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 διατομὴν ( $\sigma$ ) τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἀγωγοῦ.

$$\text{ἀντίστασις ἀγωγοῦ: } R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma}$$

Ἄ συντελεστὴς  $\rho$  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 ( $\rho$ ) τοῦ ἀγωγοῦ φανερώνει τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἀγωγὸς εἰς σχῆμα κύβου πλευρᾶς  $1 \text{ cm}$ .

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τῶν σωμάτων μετρεῖται συνήθως εἰς Ohm ἢ microhm, ὅταν τὸ μῆκος ( $l$ ) μετρηθῆται εἰς cm καὶ ἡ διατομὴ ( $\sigma$ ) εἰς  $\text{cm}^2$ . Τότε ἀπὸ τὸν τύπον (1) εὐρίσκομεν  $\rho = \frac{R \cdot \sigma}{l}$  καὶ ἐπομένως ὡς μονὰς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως λαμβάνεται τό :

$$\frac{1 \Omega \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \Omega \cdot \text{cm} \quad \text{ἢ} \quad \frac{1 \mu\Omega \cdot 1 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Ειδική αντίστασις μερικῶν μετάλλων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
Ἄργυρος	1,62	Σίδηρος	9,80
Χαλκός	1,72	Λευκόχρυσος	10,50
Ἄργύλλιον	2,82	Ἰδρᾶργυρος	95,78
Βολφράμιον	5,50		

Π α ρ ἄ δ ε ἱ γ μ α. Σύρμα χάλκινον ἔχει μήκος 1 km καὶ διατομὴν 1 mm<sup>2</sup>. Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι  $\rho = 1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος τούτου εἶναι :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{\sigma} = \frac{1,7 \mu\Omega \cdot \text{cm} \cdot 10^5 \text{ cm}^2}{0,01 \text{ cm}^2} = 17 \cdot 10^6 \mu\Omega$$

ἦτοι :

$$R = 17 \Omega$$

### 160. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας.—

Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ἐὰν εἰς θερμοκρασίαν  $0^\circ \text{C}$  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  $\alpha$  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  $-269^\circ \text{C}$  ἡ ἀντίστασις τῶν μετάλλων εἶναι ἀσήμαντος καὶ οὕτω τὰ μέταλλα γίνονται τότε ὀπ ε ρ α γ ω γ ο ἰ.

Π α ρ ἄ δ ε ἱ γ μ α. Τὸ σύρμα ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος ἔχει εἰς  $0^\circ \text{C}$  ἀντίστασιν 50  $\Omega$ . Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ λαμπτήρος ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος γίνεται  $2000^\circ \text{C}$ . Τότε ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = 50 \Omega \cdot (1 + 8) = 450 \Omega$$

†161. Ἀγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως.— Ἡ αὐξήσις τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς σύρματος μετὰ τῆς θερμοκρασίας εἶναι ὠφέλιμος εἰς μερικὰς περιπτώσεις (π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, τῆς ἠλεκτρικῆς θερμάστρας, τῶν θερμικῶν ἀμπερομέτρων κ.ἄ.). Εἰς τὰ ὄργανα ὅμως ἀκριβεῖας ἡ ἀντίστασις αὐτῶν πρέπει νὰ μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Τὴν ἰδιότητα αὐτὴν ἔχουν ὠρισμένα

κράματα, όπως το κοινόν (Cu, Ni), ή μαγγανίνη (Cu, Mn, Ni), ή νικελίνη (Cu, Zn, Ni, Fe) και ο νεάργυρος (Cu, Zn, Ni). Τα κράματα αυτά έχουν άσημαντον θερμικόν συντελεστήν αντίστασεως.

**162. Κύτταρον σεληνίου.**—Τò μέταλλον σελήνιον έχει τήν ενδιαφέρουσαν ιδιότητα νά ελαττώνεται ή ειδική αντίστασις αὐτοῦ, ὅταν αὐξάνεται ὁ φωτισμός του. Ἐπὶ τῆς ιδιότητος αὐτῆς στηρίζεται ή λειτουργία τοῦ **κυττάρου σεληνίου**.

Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυττάρου σεληνίου ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 20 Volt. Εἰς τὸ σκότος ή αντίστασις τοῦ κυττάρου εἶναι περίπου  $10^5$  ἕως  $10^6$  Ohm. Ὅταν ὅμως τὸ κύτταρον σεληνίου φωτίζεται, τότε ή αντίστασις αὐτοῦ ελαττώνεται σημαντικῶς καὶ ή ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται. Ὅσον δὲ ἰσχυρότερος εἶναι ὁ φωτισμός 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 νά συνδυασθοῦν μεταξύ των κατὰ τοὺς ἀκολουθοῦς δύο τρόπους:

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

Ὅταν τρεῖς ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 172), τότε καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντιστάσεων διέρχεται ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἔντασεως 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:

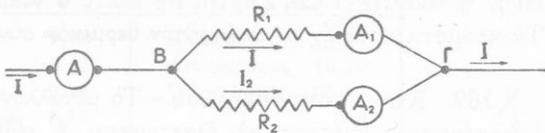
$$U_A - U_\Delta = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3)$$

Ἀπὸ τὴν εὐρεθεῖσαν σχέσιν συνάγεται ὅτι:

Εἰς τὴν σύνδεσιν ἀντιστάσεων κατὰ σειρὰν ή ὅλική ἀντίστασις τοῦ συστήματος ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων.

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

β) Παράλληλος σύνδεσις. Μεταξύ δύο σημείων Β και Γ ενός κυκλώματος παρεμβάλλονται αἱ δύο ἀντιστάσεις  $R_1$  καὶ  $R_2$  (σχ. 173). Τότε τὸ ρεῦμα ἐντάσεως  $I$  χωρίζεται εἰς δύο ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀντιστοίχους ἐντάσεις  $I_1$  καὶ  $I_2$ . Μὲ τὴν βοήθειαν ἀμπερομέτρων εὐρίσκομεν ὅτι :



Σχ. 173. Παράλληλος σύνδεσις ἀντιστάσεων.

Ἡ ἐντάσις ( $I$ ) τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα διαρρέουν τὰς παραλλήλως συνδεδεμένες ἀντιστάσεις.

$$I = I_1 + I_2 \quad (1)$$

Μεταξύ τῶν δύο σημείων Β καὶ Γ τοῦ κυκλώματος ἡ διαφορά 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) εὐρίσκομεν :

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I_3 = \frac{U}{R_3}$$

Προσθέτοντες κατὰ μέλη ἔχομεν :

$$I_1 + I_2 + I_3 = U \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ἀλλὰ  $I_1 + I_2 + I_3$  εἶναι ἡ ἐντάσις  $I$  τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἄρα εἶναι :

$$I = U \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (3)$$

Ἡ ἀντίστασις  $R_{ολ}$ , ἡ ὁποία δύναται νὰ ἀντικαταστήσῃ τὰς τρεῖς παραλλήλως συνδεδεμένας ἀντιστάσεις, χωρὶς ὅμως νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις (1) τοῦ κυρίου ρεύματος, θὰ προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$I = \frac{U}{R_{ολ}} \quad (4)$$

Ἡ ἀντίστασις αὐτὴ  $R_{ολ}$  καλεῖται ὀλικὴ ἀντίστασις. Ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις (3) καὶ (4) εὐρίσκεται ὅτι εἶναι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν ἀντιστάσεων τὸ ἀντίστροφον τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστρόφων τῶν παραλλήλως συνδεδεμένων ἀντιστάσεων.

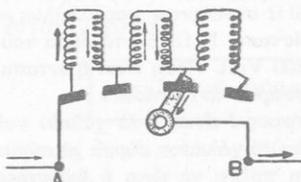
Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Ἔχομεν τρεῖς ἀντιστάσεις  $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 3 \Omega$ ,  $R_3 = 4 \Omega$ . Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις εἶναι :

$$R_{ολ} = 2 + 3 + 4 = 9 \Omega$$

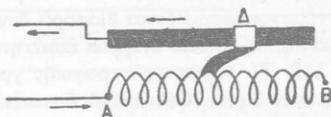
Ἐὰν αἱ ἀντιστάσεις συνδεθοῦν παραλλήλως, τότε ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις θὰ εἶναι :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{13}{12} \quad \text{ἄρα} \quad R_{ολ} = \frac{12}{13} \Omega$$

✕ **164. Ροοστάται.**—Εἰς πολλὰς περιπτώσεις εἶναι ἀνάγκη νὰ μεταβάλλωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕνα ἀγωγόν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν μεταβάλλοντες τὴν ἀντίστασιν τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 174. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις.



Σχ. 175. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις.

Αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις καλοῦνται γενικῶς **ροοστάται** καὶ παρεμβάλλονται κατὰ σειρὰν εἰς τὸ κύκλωμα. Τὰ σχήματα 174 καὶ 175 δεικνύουν δύο συνήθεις τύπους ρυθμιστικῶν ἀντιστάσεων.

**165. Μέτρησις αντίστασεως.**— Ἡ μέτρησις τῆς ἀντιστάσεως  $R$  ἑνὸς ἀγωγοῦ ΔΕ (σχ. 171) εἶναι εὐκόλος. Δι' ἑνὸς ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν τὴν ἔντασιν  $I$  τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ δι' ἑνὸς βολτομέτρου εὐρίσκομεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ  $U$ , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ. Τότε ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ Ohm εὐρίσκομεν τὴν ἀντίστασιν  $R$  τοῦ ἀγωγοῦ:  $R = \frac{U}{I}$ .

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

108. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἔχοντος ἀντίστασιν 2,5 Ohm ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ 75 Volt. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον διέρχεται διὰ τοῦ σύρματος ἐντὸς 20 λεπτῶν;

109. Σύρμα χάλκινον ἔχει εἰδικὴν ἀντίστασιν 1,6  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$  καὶ διάμετρον 1 mm. Πόσον μῆκος σύρματος ἔχει ἀντίστασιν 4,8 Ohm;

110. Σύρμα, διαμέτρον 1mm, ἔχει ἀντίστασιν 0,4 Ohm κατὰ μέτρον. Σύρμα ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου καὶ διαμέτρον 0,4 mm θέλομεν νὰ ἔχη ἀντίστασιν 12,5 Ohm. Πόσον μῆκος ἐκ τοῦ δευτέρου σύρματος πρέπει νὰ λάβωμεν;

111. Μία τηλεγραφικὴ γραμμὴ ἔχει μῆκος 320 km. Τὸ σύρμα ἔχει διάμετρον 4 mm καὶ εἰδικὴν ἀντίστασιν 1,6  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Πόση διαφορὰ δυναμικοῦ πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς, ὥστε αὐτὴ νὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,2 Ampère.

112. Τρεῖς ἀντιστάσεις 5  $\Omega$ , 10  $\Omega$ , 45  $\Omega$  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 συνδέονται κατὰ σειρὰν, ἔχουν ἀντίστασιν 30  $\Omega$  καὶ ὅταν συνδέονται παραλλήλως ἔχουν ἀντίστασιν 3  $\Omega$ . Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις ἐκάστου σύρματος;

114. Τρεῖς ἀντιστάσεις 20  $\Omega$ , 30  $\Omega$  καὶ 40  $\Omega$  συνδέονται παραλλήλως καὶ τὸ σύστημα τοῦτο συνδέεται κατὰ σειρὰν μὲ ἀντίστασιν 10  $\Omega$ . 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 μὲ σύρμα ἀργιλίου ἔχοντος τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ σύρματος τούτου καὶ ποῖος εἶναι ὁ λόγος τοῦ βάρους τῆς νέας γραμμῆς πρὸς τὸ βῆρος τῆς παλαιᾶς;

Εἰδικαὶ ἀντιστάσεις: χαλκοῦ 1,6  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ , ἀργιλίου 3  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ . Εἰδικὰ βάρη: χαλκοῦ 9  $\text{gr}^*/\text{cm}^3$ , ἀργιλίου 2,7  $\text{gr}^*/\text{cm}^3$ .

## ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

166. Ένέργεια και ισχύς του ρεύματος.—Μεταξύ των δύο άκρων Α και Γ ενός σύρματος υπάρχει σταθερά διαφορά δυναμικοῦ  $U$  (σχ. 176). Τὸ ρεύμα ἔχει έντασιν  $I$  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 γινωρίζομεν (§ 143) ὅτι παράγεται ἔργον :

$$W = U \cdot Q \quad \text{ἢτοι} \quad W = U \cdot I \cdot t$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μετατρέπεται ὀλόκληρον εἰς θερμότητα καὶ διὰ τοῦτο τὸ σύρμα θερμαίνεται (§ 153). Ὡστε :

Ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μετρουμένη εἰς Joule εἶναι:

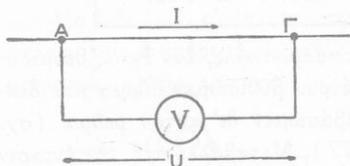
$$\text{ἐνέργεια τοῦ ρεύματος:} \quad R = U \cdot I \cdot t \text{ Joule} \quad (1)$$

Οὕτως, ἂν εἶναι  $U = 220$  Volt,  $I = 2$  Ampère καὶ  $t = 10$  sec, ἡ ἐνέργεια τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διήλθεν διὰ τοῦ σύρματος εἶναι :

$$W = 220 \cdot 2 \cdot 10 = 4400 \text{ Joule.}$$

Διὰ νὰ εὑρωμεν τὴν ἰσχύν 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 ρεύμα παράγει ἔργον.



Ἡ ἰσχύς ( $P$ ) τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τάσιν καὶ τὴν έντασιν αὐτοῦ.

$$\text{ἰσχύς τοῦ ρεύματος:} \quad P = U \cdot I \text{ Watt} \quad (2)$$

Οὕτως, ἂν εἶναι  $U = 220$  Volt καὶ  $I = 2$  Ampère, ἡ ἰσχύς τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$P = 220 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 440 \text{ Watt}$$

167. Νόμος τοῦ Joule.— Ρεῦμα έντάσεως  $I$  διαρρέει ἐπὶ χρόνον  $t$  ἐν σύρμα, τὸ ὁποῖον ἔχει αντίστασιν  $R$ . Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος

υπάρχει διαφορά δυναμικοῦ  $U$ . Τότε ἔχομεν  $U = I \cdot R$ . Τὸ ἔργον τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \eta \quad W = I^2 \cdot R \cdot t \text{ Joule}$$

Τὸ ἔργον τοῦτο μεταβάλλεται ὀλόκληρον εἰς θερμότητα, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν θέρμανσιν τοῦ σύρματος. Ἐπειδὴ 1 θερμὸς ἰσοδυναμεῖ μὲ 4,19 Joule, εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος ( $Q_{\theta}$ ), ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ σύρματος, εἶναι :

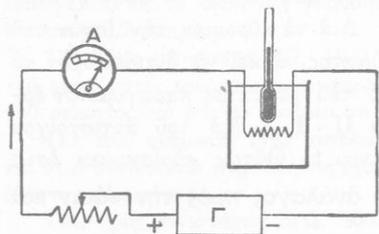
$$Q_{\theta} = \frac{1}{4,19} \cdot I^2 \cdot R \cdot t$$

Τὸ συμπέρασμα τοῦτο ἀποτελεῖ τὸν **νόμον τοῦ Joule** :

Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται ἐπὶ ἑνὸς σύρματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ σύρματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

**νόμος τοῦ Joule :**  $Q_{\theta} = 0,24 \cdot I^2 \cdot R \cdot t \text{ cal}$

Ὁ νόμος τοῦ Joule ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν ἐντὸς θερμιδομέτρου βυθίσωμεν σύρμα καὶ διαβιβάσωμεν δι' αὐτοῦ ρεῦμα (σχ. 177). Μεταβάλλοντες τὴν 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 ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Joule.

Ἐπιπλέον, ἐπισημαίνεται ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος εἶναι :

$$Q_{\theta} = 0,24 \cdot 100 \cdot 5 \cdot 600 = 72\,000 \text{ cal}$$

**168. Ἐφαρμογαὶ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ρεύματος.**— Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκμεταλλεύομεθα σήμερον εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς.

α) Οί ηλεκτρικοί λαμπτήρες διά πυρακτώσεως αποτελούνται από ύαλινον δοχείον, εντός του οποίου περιέχεται αδρανές αέριον (άργον ή ήλιον) και μακρόν και λεπτόν σύρμα από πολύ δύστηκτον μέταλλον (βολφράμιον, όσμιον, ταυτάλιον). Το διαπυρούμενον μέταλλον φώτοβολει (σχ. 178). Η θερμοκρασία του σύρματος ανέρχεται εις 2100° έως 2300° C. Εις τους συγχρόνους λαμπτήρας διά πυρακτώσεως ή καταναλισκομένη ισχύς ανέρχεται εις 0,5 έως 0,9 Watt κατά κηρίον. Όλοι οί λαμπτήρες μιᾶς ἐγκαταστάσεως πρέπει νά λειτουργοῦν ὑπό τήν αὐτήν διαφοράν δυναμι- κοῦ. Διά τούτο οί λαμπτήρες τῆς ἐγκαταστά- σεως συνδέονται παραλλήλως (σχ. 179). Ἐκα- στος λαμπτήρ λειτουργεῖ κανονικῶς ὑπό μίαν ὀρισμένην τάσιν, ἡ ὁποία σημειώνεται ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος. Ἐπίσης ἐπὶ τοῦ λαμπτήρος ἀναγρά- φεται καί ἡ ισχύς καταναλώσεως τοῦ λαμπτήρος. Ἐκ τῶν ἀναγραφομέ- νων δύο ἐνδείξεων εὐρίσκομεν τήν κατανάλωσιν τοῦ λαμπτήρος, τήν ἀντί- στασιν τοῦ διαπύρου σύρματός του καί τήν ἐντάσιν τοῦ διερχομένου ρεύματος. Οὕτω λαμπτήρ ισχύος 50 Watt καί λειτουργῶν ὑπό τά- σιν 110 Volt διαρρέεται ὑπό ρεύματος :

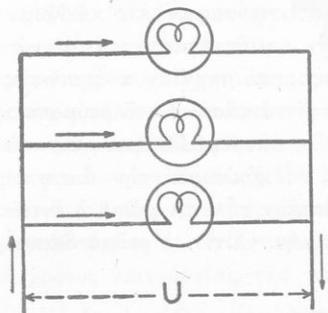
$$\text{ἐντάσεως : } I = \frac{P}{U} = \frac{50 \text{ W}}{110 \text{ V}} = 0,45 \text{ A}$$

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἶναι :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{110 \text{ V}}{0,45 \text{ A}} = 222 \text{ Ohm}$$

Καθ' ὥραν ὁ λαμπτήρ καταναλίσκει ἡ- λεκτρικὴν ἐνέργειαν ἴσην μέ :

$$W = 50 \text{ Wh ἢ } W = 0,05 \text{ kWh.}$$



Σχ. 179. Σύνδεσις τῶν ἡλετρι- κοῦν λαμπτήρων.

β) Τὸ ἡλεκτρικὸν τόξον σχη- ματίζεται μεταξύ δύο ραβδίων ἄνθρα- κος, εις τὰ ἄκρα τῶν ὁποίων ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ 40 έως 60 Volt. Φέρομεν εις ἐπαφήν τὰ ἄκρα τῶν δύο ραβδίων. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον τὰ ἄκρα τῶν ραβδίων, παρα- τηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νά διέρχεται διὰ τοῦ αἵρος καί με-



Σχ. 178. Ἡλεκτρικός λαμ- πτήρ διά πυρακτώσεως.

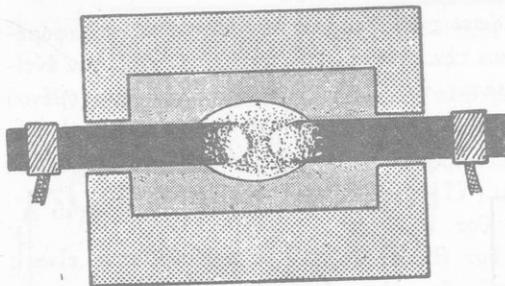
ταξύ τῶν δύο ραβδίων σχηματίζεται ἰσχυρὸν φωτεινὸν τόξον (σχ. 180). Τὰ δύο ραβδία τοῦ ἀνθρακος φθείρονται, ἀλλὰ ταχύτερον φθείρεται τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον, εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου σχηματίζεται κρα-



Σχ. 180. Ἡλεκτρικὸν τόξον.

τήρ. Εἰς τὸν κρατῆρα ἡ θερμοκρασία εἶναι 3500° C. Τὸ ἠλεκτρικὸν τόξον ἀποτελεῖ ἰσχυροτάτην φωτεινὴν πηγὴν καὶ χρησιμοποιεῖται πρὸς φωτισμὸν (εἰς τοὺς προβολεῖς κ.ἄ.). Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἠλεκτρικὴν κάμινον (σχ. 181) διὰ τὴν τήξιν διαφόρων δυστήκτων σωμάτων, διὰ τὴν παρασκευὴν ἐνώσεων (π.χ. τοῦ ἀνθρακασβεστίου), καὶ εἰς τὴν ἠλεκτρομεταλλουργίαν (παρασκευὴ ἀργιλίου).

γ) Αἱ συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς. Οὕτως ἔχομεν θερμικὰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως (ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἠλεκτρικαὶ κουζίνας, ἠλεκτρικὰ σίδηρα κ.ἄ.). Διὰ νὰ προστατεύσωμεν τὸ κύκλωμα μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἀπὸ τυχαίαν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὴν ἀσφάλειαν. Αὕτη εἶναι εὐτήκτων σύρμα, τὸ ὁποῖον τήκεται μόλις ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ μίαν ὠρισμένην τιμὴν. Οὕτω τὸ ρεῦμα διακόπτεται αὐτομάτως.



Σχ. 181. Ἡλεκτρικὴ κάμιнос.

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

116. Εἰς τὰ ἄκρα σύρματος, ἀντιστάσεως 8 Ω ἐφαρμόζεται τάσις 56 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τοῦ ρεύματος καὶ πόσον εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἐντὸς 30 λεπτῶν ;

117. Λαμπτήρ ἰσχύος 60 Watt λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος ;

118. Αἶθουσα φωτίζεται ἀπὸ 6 λαμπτήρας, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει ἰσχύν

60 Watt. Πόσον κοστίζει ο φωτισμός της αίθουσας επί 4,5 ώρας, αν το κιλοβατώραριον τιμάται 1,2 δραχμάς;

119. Τρεις αντίστασεις 2 Ω, 3 Ω και 5 Ω συνδέονται κατά σειράν. Εις τὰ άκρα του συστήματος εφαρμόζεται τάσις 120 Volt. Πόση ποσότης θερμότητος αναπτύσσεται κατά λεπτόν επί εκάστης αντίστασεως;

120. Ηλεκτρική κουζίνα έχει ισχύν 500 Watt και τροφοδοτείται με ρεύμα εντάσεως 4 A. Πόση είναι η αντίστασις τῆς κουζίνας και υπό ποίαν τάσιν λειτουργεί;

121. Μία ηλεκτρική κουζίνα, ισχύος 500 Watt, θερμαίνει 500 gr ύδατος από 20° εις 100° C εντός 10 λεπτών. Πόσον μέρος τῆς παραγομένης θερμότητος χρησιμοποιούμεν και πόσον κοστίζει η θέρμανσις του ύδατος, αν τὸ κιλοβατώραριον τιμάται 1,50 δρχ.;

122. Διὰ νὰ θερμάνωμεν εντός 5 λεπτών εν λίτρον ύδατος από 10° εις 100° C, βυθίζομεν εντός του ύδατος εν σύρμα, διὰ του οποίου διαβιβάζομεν ρεύμα υπό τάσιν 125 Volt. Πόση πρέπει νὰ είναι η αντίστασις του σύρματος τούτου;

123. Μία αίθουσα φωτίζεται από 3 λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως, εκαστος τῶν οποίων έχει ισχύν 40 Watt και λειτουργεί υπό τάσιν 120 Volt. Η αίθουσα θερμαίνεται από μίαν ηλεκτρικήν θερμάστραν, η οποία έχει ισχύν 600 Watt και λειτουργεί υπό την αὐτήν τάσιν. Τὰ χρησιμοποιούμενα σύρματα διὰ τὰς συνδέσεις έχουν ἀσημαντρον αντίστασιν. Πόση είναι η αντίστασις εκάστου λαμπτήρος και τῆς θερμάστρας; Πόση είναι η έντασις του ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει εκαστον τῶν ἀνωτέρω ὀργάνων;

## ΤΟ ΚΛΕΙΣΤΟΝ ΚΥΚΛΩΜΑ

169. **Ηλεκτρογεννητική δύναμις.**— Ἄς θεωρήσωμεν μίαν γεννήτριαν Γ, μεταξύ τῶν πόλων τῆς ὁποίας παρεμβάλλονται κατά σειράν διάφοροι συσκευαὶ χρησιμοποίησεως τοῦ ρεύματος (π.χ. ηλεκτρική θερμάστρα, ηλεκτρικοὶ λαμπτήρες, βολτάμετρον κ.ἄ.). Τὸ κυκλωμα εἶναι κλειστόν, καθ' ὅλον δὲ τὸ μήκος τοῦ κυκλώματος ἡ έντασις I τοῦ ρεύματος εἶναι σταθερὰ (§ 156). Ἡ γεννήτρια παρέχει τότε εις τὸ κύκλωμα ηλεκτρικήν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ έντασις τοῦ ρεύματος και ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ χρόνος λειτουργίας τῆς γεννητρίας. Γενικῶς:

Ἡ ισχύς (P), τὴν ὁποίαν παρέχει εις τὸ κύκλωμα μίαν γεννήτρια, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν έντασιν (I) τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

$$\text{Ἰσχύς γεννητρίας: } P = E \cdot I$$

ἔπου E εἶναι συντελεστής, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῆς γεν-

νητρίας και καλεῖται **ἠλεκτρεγερτικὴ δυνάμις** τῆς γεννητρίας ( ΗΕΔ ). Ἐπειδὴ ἡ ἔντασις  $I$  μετρεῖται εἰς Ampère και ἡ ἰσχὺς  $P$  μετρεῖται εἰς Watt, ἔπεται ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δυνάμις  $E$  μετρεῖται εἰς Volt (ὅπως εἰς τὸν τύπον  $P = U \cdot I$  τῆς § 166 ). Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κλειστὸν κύκλωμα, εἶναι ἴση μὲ 1 Ampère ( $I=1A$ ), τότε ἔχομεν  $P = E$ . Ὡστε :

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δυνάμις γεννητρίας, μετρομένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχύν, τὴν ὁποῖαν παρέχει ἡ γεννήτρια, ὅταν αὕτη διδῇ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἔννοιαν τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἄς θεωρήσωμεν δύο γεννητρίας  $A$  και  $B$ , αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἀντιστοίχως ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν  $E_1 = 500$  Volt και  $E_2 = 100$  Volt. Ὅταν αἱ δύο αὐταὶ γεννήτριαι δίδουν εἰς τὸ κύκλωμά των ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως  $I$ , τότε ἡ μὲν γεννήτρια  $A$  παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα τῆς ἰσχὺν  $P_1 = E_1 \cdot I$ , ἡ δὲ γεννήτρια  $B$  παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της ἰσχὺν  $P_2 = E_2 \cdot I$ .

Ἐπομένως ἔχομεν :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{500}{100} = 5$$

ἦτοι ἡ γεννήτρια  $A$  παρέχει εἰς τὸ κύκλωμά της 5 φορές μεγαλυτέραν ἰσχὺν ἀπὸ ὅσην παρέχει ἡ γεννήτρια  $B$  εἰς τὸ ἰδικόν της κύκλωμα.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δυνάμις εἶναι μέγεθος **χαρακτηριστικὸν** ἐκάστη. γεννητρίας και φανερώνει πόσην ἰσχὺν εἰς Watt δίδει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμά της δι' ἕκαστον Ampère τοῦ παρεχομένου ρεύματος. Ἐὰν συνδεθοῦν πολλαὶ γεννήτριαὶ **κατὰ σειρᾶν**, δηλαδὴ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς πρώτης μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας κ.ο.κ., σχηματίζεται μία συστοιχία γεννητριῶν (σχ. 182). Ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστὸν, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $I$ . Ἐκάστη γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχύν:

$$P_1 = E_1 \cdot I, \quad P_2 = E_2 \cdot I, \quad P_3 = E_3 \cdot I, \quad P_4 = E_4 \cdot I.$$

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4) \cdot I$$

Ἡ εὐρεθεῖσα σχέσις φανερώνει ὅτι :

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ( $E$ ) μιᾶς συστοιχίας γεννητριῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται κατὰ σειράν, εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν γεννητριῶν τῆς συστοιχίας.

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$$

**170. Νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα.**— Ἄς θεωρήσωμεν κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει γεννήτριαν  $\Gamma$  καὶ ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν  $R$  (σχ. 183).

Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $I$ . Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχὴν  $P = E \cdot I$ , ἡ ὁποία ἐξ ὀλοκλήρου μεταβάλλεται ἐπὶ τοῦ κυκλώματος εἰς θερμότητα. Ἐκάστη γεννήτρια διαρρέεται πάντοτε ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος καὶ παρουσιάζει μίαν ἀντίστασιν  $r$ , ἡ ὁποία καλεῖται **ἐσωτερικὴ ἀντί-**

**στάσις** τῆς γεννητρίας. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Joule ἡ ἀναπτυσσομένη κατὰ δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος εἶναι  $I^2 \cdot R$  ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως καὶ  $I^2 \cdot r$  ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως τῆς γεννητρίας.

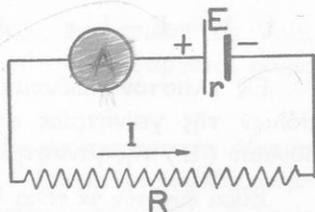
Ἡ ποσότης αὕτῃ τῆς θερμότητος προέρχεται ἀπὸ τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν  $E \cdot I$ , τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ κύκλωμα. Ὡστε εἶναι :

$$E \cdot I = I^2 \cdot R + I^2 \cdot r \quad \eta \quad E = I \cdot (R + r) \quad (1)$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα, περιλαμβάνον γεννήτριαν καὶ ἐξωτερικὰς ἀντιστάσεις, ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ( $E$ ) τῆς γεννητρίας ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως ( $I$ ) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν ( $R_{ολ}$ ) τοῦ κυκλώματος.

$$\text{νόμος τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν κύκλωμα : } E = I \cdot R_{ολ}$$

Ὁ ἀνωτέρω νόμος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς, ἐὰν εἰσάγωμεν διαδοχικῶς εἰς τὸ κύκλωμα διαφόρους γνωστὰς ἀντιστάσεις (σχ. 183).



Σχ. 183. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Παράδειγμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 183 εἶναι  $E = 10$  Volt  $r = 2$  Ohm καὶ θέλομεν νὰ ἔχωμεν ρεῦμα ἐντάσεως  $I = 2$  Ampère. Ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίσταση  $R$  τοῦ κυκλώματος πρέπει νὰ ἔχη ὀρισμένην τιμὴν, τὴν ὁποίαν ὑπολογίζομεν ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$E = I \cdot (R + r) \quad \text{ἤτοι} \quad 10 = 2 \cdot (R + 2) \quad \text{καὶ} \quad R = 3 \text{ Ohm}$$

**171. Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας.**—Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως  $R$ , δηλαδὴ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας, ὑπάρχει διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$ , ἡ ὁποία εἶναι  $U = I \cdot R$ . Ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν  $E = I \cdot (R + r)$  εὐρίσκομεν ὅτι εἶναι :

$$I \cdot R = E - I \cdot r \quad \text{ἤτοι}$$

$$U = E - I \cdot r$$

Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ( $U$ ) μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας εἶναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ( $E$ ) τῆς γεννητρίας.

Εἶναι δυνατόν νὰ εἶναι  $U = E$ , ἐὰν εἶναι  $I = 0$ , δηλαδὴ ἐὰν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν. Ἐκ τούτων συνάγεται ὁ ἀκόλουθος ὁρισμὸς τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως :

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας ἐκφράζει τὴν μεταξὺ τῶν πόλων τῆς ὑπάρχουσας διαφορὰν δυναμικοῦ, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν.

**172. Ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις.**—Εἰς τὸν λαμπτήρα πυρακτώσεως, τὴν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, τὸν ροοστάτην ἢ δαπανωμένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταβάλλεται ἀποκλειστικῶς εἰς θερμότητα. Μία τοιαύτη συσκευὴ λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ νεκρὰν ἀντίστασιν. Εἰς τὸ βολτάμετρον ἢ τὸν ἀνεμιστήρα ἐν μέρος τῆς δαπανωμένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μεταβάλλεται εἰς θερμότητα, ἄλλο δὲ μέρος αὐτῆς μεταβάλλεται εἰς χημικὴν ἢ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Μία τοιαύτη συσκευὴ καλεῖται γενικῶς ἀποδέκτης. Ὁ ἀνεμιστήρ καὶ γενικῶς ὁ ἠλεκτρικὸς κινητήρ εἶναι τόσο καλύτερος, ὅσον μεγαλύτερον μέρος τῆς δαπανωμένης ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Εἰς ἓνα ἀποδέκτην ἡ ἰσχὺς ( $P$ ) τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία μετατρέπεται εἰς ἄλλην μορφήν ἐνεργείας, ἐκτὸς τῆς θερμότη-

τητος, είναι ανάλογος 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 ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας (§ 170). Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἴση μὲ 1 Ampère ( $I = 1 \text{ A}$ ), τότε ἔχομεν  $P = E'$ .

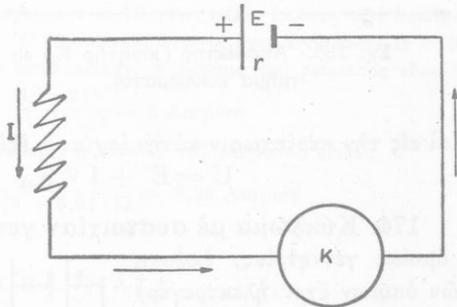
Ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀποδέκτου, μετρομένη εἰς Volt, ἐκφράζει τὴν ἰσχὴν τοῦ ἀποδέκτου, ὅταν δι' αὐτοῦ διέρχεται ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère.

Οὕτως, ἂν ὁ ἠλεκτρικὸς κινητὴρ ἔχη ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E' = 200 \text{ Volt}$ , αὕτη φανερώνει ὅτι, ἂν διὰ τοῦ κινητῆρος διέλθῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 A, τότε ὁ κινητὴρ παρέχει μηχανικὴν ἐνέργειαν; ἡ ὁποία ἔχει ἰσχὴν 200 Watt.

**173. Κύκλωμα μὲ γεννήτρια καὶ ἀποδέκτην.**—Εἰς κλειστὸν κύκλωμα ὑπάρχουν συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν γεννήτρια, ἐξωτερικὴ ἀντίστασις R καὶ ἀποδέκτης π.χ. κινητὴρ K (σχ. 184).

Ἡ γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r, ὁ δὲ κινητὴρ ἔχει ἀντηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν  $E'$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r'$ . Ἡ ὅλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος εἶναι  $R + r + r'$ .

Ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι I, τότε ἡ μὲν γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχὴν:  $P = E \cdot I$ , ὁ δὲ κινητὴρ μᾶς δίδει μηχανικὴν ἰσχὴν:  $P' = E' \cdot I$ . Συγχρόνως ἐφ' ὅλων τῶν ἀντιστάσεων τοῦ κυκλώματος ἀναπτύσσεται ποσότης θερμότητος  $(R + r + r') \cdot I^2$ .



Σχ. 184. Κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτρια καὶ κινητῆρα (K).

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας θὰ εἶναι :

$$E \cdot I = E' \cdot I + (R + r + r') I^2 \quad \text{ἢ} \quad E = E' + (R + r + r') \cdot I$$

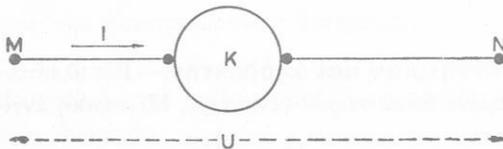
Εἰς κλειστὸν κύκλωμα περιλαμβάνον γεννήτριαν, ἀποδέκτην καὶ ἀντιστάσεις ἢ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ( $E$ ) τῆς γεννητριάς ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ( $E'$ ) τοῦ ἀποδέκτου καὶ τοῦ γινομένου τῆς ἐντάσεως ( $I$ ) τοῦ ρεύματος ἐπὶ τὴν ὀλικὴν ἀντίστασιν ( $R_{ολ}$ ) τοῦ κυκλώματος.

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Ἡ γεννήτρια ἔχει  $E = 220$  Volt καὶ  $r = 1$  Ohm, ὁ δὲ ἀποδέκτης ἔχει  $E' = 60$  Volt καὶ  $r' = 2$  Ohm. Ἐὰν αἱ λοιπαὶ ἐξωτερικαὶ ἀντιστάσεις τοῦ κυκλώματος εἶναι  $R = 7$  Ohm, τότε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E - E'}{R_{ολ}} = \frac{(220 - 60) \text{ V}}{(7 + 1 + 2) \Omega} = \frac{160 \text{ V}}{10 \Omega} = 16 \text{ Ampère}$$

**173α. Ἀποδέκτης εἰς τμήμα κυκλώματος.**—Μεταξὺ τῶν σημείων  $M$  καὶ  $N$  ἐνὸς κυκλώματος παρεμβάλλεται ἀποδέκτης (π.χ. κινητῆρ), ἔχων ἀντηλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν  $E'$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r'$  (σχ. 185).



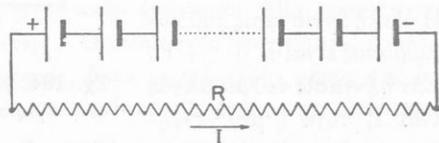
Σχ. 185. Ἀποδέκτης (κινητῆρ  $K$ ) εἰς τμήμα κυκλώματος.

Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν  $I$ , ἡ δὲ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν σημείων  $M$  καὶ  $N$  εἶναι  $U$ .

Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἰσχύει ἡ ἐξίσωσις (1) ὡς ἐξῆς :

$$U = E' + I \cdot R_{ολ}$$

**174. Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν.**—Ἐστω ὅτι ἔχομεν  $n$  ὁμοίας γεννητριάς, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν  $E$  καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν  $r$ .



Σχ. 186. Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

α) Σύνδεσις κατὰ σειρὰν.

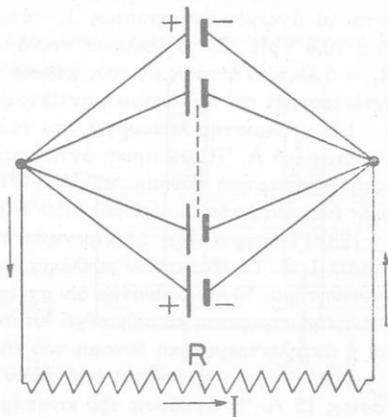
Ἐὰν αἱ  $n$  γεννήτριαι συνδεθοῦν κατὰ σειρὰν (σχ. 186), τότε ἡ ὀλικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις.

τῆς συστοιχίας εἶναι  $v \cdot E$ , ἡ δὲ ὀλικὴ ἀντίστασις αὐτῆς εἶναι  $v \cdot r$ . Ἄν  $R$  εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ ἀγωγοῦ, τότε συμφῶνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm εἶναι :

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

β) Σύνδεσις παράλληλος.

Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι καὶ ἀφ' ἑτέρου ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν γεννητριῶν (σχ. 187). Ἡ ὀλικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι  $E$ , διότι εἶναι ὡς ἐὰν νὰ ἔχωμεν μίαν μόνον γεννήτριαν. Ἡ ἐσωτερικὴ ὅμως ἀντίστασις τῆς συστοιχίας



Σχ. 187. Σύνδεσις παράλληλος.

εἶναι  $\frac{r}{v}$ . Ἐπομένως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι :

$$E = I \cdot \left( R + \frac{r}{v} \right) \quad \text{ἄρα} \quad v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Ἐστω ὅτι ἔχομεν  $v = 10$  γεννητριάς, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει  $E = 2$  Volt καὶ  $r = 0,1$  Ohm. Ὁ ἐξωτερικὸς ἀγωγὸς ἔχει ἀντίστασιν  $R = 9$  Ohm. Ἄν αἱ γεννητριάς συνδεθοῦν κατὰ σειρᾶν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{v \cdot E}{R + v \cdot r} = \frac{(10 \cdot 2) \text{ V}}{(9 + 1) \Omega} = 2 \text{ Ampère}$$

Ἄν αἱ γεννητριάς συνδεθοῦν παράλληλως, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{v}} = \frac{2 \text{ V}}{(9 + 0,01) \Omega} = 0,22 \text{ Ampère}$$

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

124. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 120 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 10 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει δύο μόνον ἀντιστάσεις  $R_1 = 26$  Ω καὶ  $R_2 = 36$  Ω. Πόση εἶναι ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως  $R_2$ ;

125. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 2 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 8 Ω. Τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει κατὰ σειρᾶν ἀντιστάσιν  $R$  καὶ

βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν  $R' = 300 \Omega$ . Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις  $R$ , ὥστε τὸ βολτόμετρον νὰ δεικνύη 1,5 Volt;

126. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 40 Volt. Οἱ πόλοι τῆς συνδέονται μὲ ἀγωγὸν ἀντιστάσεως  $R'$  τότε εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας ἡ τάσις εἶναι 30,8 Volt. Εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλεται κατὰ σειράν καὶ ἄλλη ἀντίστασις  $R_1 = 5 \Omega$  τότε ἡ τάσις εἰς τοὺς πόλους γίνεται 34,8 Volt. Πόση εἶναι ἡ ἑξωτερικὴ ἀντίστασις  $R$  καὶ ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις  $r$  τῆς γεννητρίας;

127. Ἀνεμιστήρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 110 Volt καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0,6 A. Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς συσκευῆς εἶναι 110  $\Omega$ . Πόση εἶναι ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀνεμιστήρος καὶ πόση εἶναι ἡ ἰσχύς τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποῖαν μᾶς δίδει ὁ ἀνεμιστήρ;

128. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 52 Volt καὶ ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν 1  $\Omega$ . Τὸ ἑξωτερικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἀντίστασιν  $R = 5 \Omega$  καὶ ἓνα κινητῆρα. Ὄταν ὁ κινητῆρ δὲν στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντάσιν 4 A, ἐνῶ, ὅταν ὁ κινητῆρ στρέφεται, τὸ ρεῦμα ἔχει ἐντάσιν 1 A. Πόση εἶναι ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητῆρος;

129. Κινητῆρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 220 Volt καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 15 A. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ κινητῆρος εἶναι 0,8. Πόση εἶναι ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ κινητῆρος;

130. Γεννήτρια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 500 Volt καὶ παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως 350 A, τὸ ὁποῖον μεταφέρεται διὰ μακροῦ σύρματος εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἂν θέλωμεν 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 ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας εἶναι 0,9  $\Omega$ . Πόση εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας;

132. Μία ὕδατόπτωσης ἔχει ἰσχύν 40 ἀτμοίππων καὶ κινεῖ γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 0,8. Τὸ ρεῦμα χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν φωτισμὸν συνοικισμοῦ, εἰς τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται λαμπτήρες ἰσχύος 75 Watt. Αἱ ἀπώλειαι κατὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἶναι 10% . Πόσοι λαμπτήρες εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν;

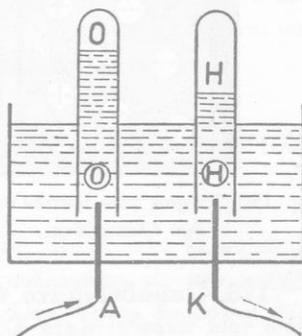
## Η Λ Ε Κ Τ Ρ Ο Λ Υ Σ Ι Σ

175. Ἡλεκτρολύται.—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέρχεται διὰ διαλύματος ὀξέος, βάσεως ἢ ἄλατος προκαλεῖ τὴν διάσπασιν τοῦ μορίου τῶν σωμάτων τούτων. Διὰ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως χρησιμοποιεῖται τὸ βολτάμετρον (σχ. 188). Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι:

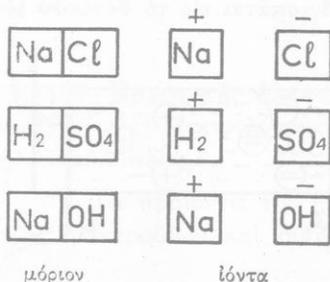
Ἡλεκτρολύται εἶναι μόνον τὰ ὀξέα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα, ὅταν εὐρίσκωνται εἰς ὑγρὰν κατάστασιν εἴτε διὰ διαλύσεως τούτων ἐντὸς ὕδατος, εἴτε διὰ τήξεως αὐτῶν (βάσεις καὶ ἅλατα).

Οὕτως ἠλεκτρολύται εἶναι τὸ τετηγμένον χλωριούχον νάτριον, τὸ εἰς ὕδωρ διάλυμα τοῦ ὑδροχλωρικοῦ ὀξέος ἢ τοῦ καυστικοῦ καλίου ἢ τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ κ.λ.

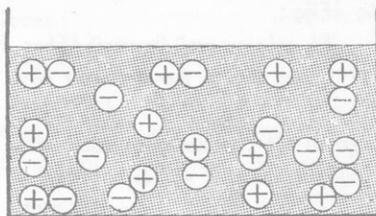
Ἡ θεωρητικὴ καὶ πειραματικὴ ἔρευνα κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ μόριον ἐκάστου ἠλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν συνένωσιν δύο ἑτερωνύμων ἰόντων, τὰ ὁποῖα φέρουν ἴσα ἠλεκτρικὰ φορτία. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ χλωριούχου νατρίου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν θετικὸν ἰὸν νατρίου καὶ ἓν ἀρνητικὸν ἰὸν χλωρίου (σχ. 189). Ὅταν τὰ δύο ἰόντα εἶναι ἡνωμένα, τότε τὸ μόριον ἐμφανίζεται οὐδέτερον. Ἐὰν ὅμως διαλύσωμεν χλωριούχον νάτριον ἐντὸς ὕδατος, τότε μέγας ἀριθμὸς μορίων χλωριούχου νατρίου ὑφίσταται ἠλεκτρολυτικῆν διάστασιν, δηλαδή τὰ



Σχ. 188. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν.



Σχ. 189. Τὸ μόριον τοῦ ἠλεκτρολύτου ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ἑτερόνυμα ἰόντα, φέροντα ἴσα φορτία.

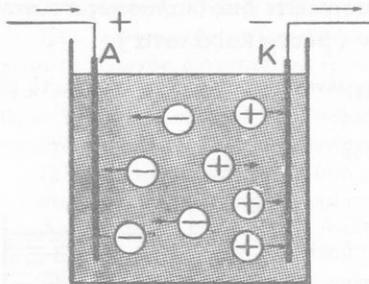


- $\oplus\ominus$  ἀκέραιον μόριον
- $\oplus$  θετικὸν ἰὸν
- $\ominus$  ἀρνητικὸν ἰὸν

Σχ. 189α. Ἡλεκτρολυτικὴ διάστασις.

μόρια τοῦ ἠλεκτρολύτου διαχωρίζονται εἰς δύο ἑτερόνυμα ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τοῦ διαλύματος ὑπάρχουν τότε ἀκέραια μόρια χλωριούχου νατρίου, θετικὰ ἰόντα νατρίου καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα χλωρίου (σχ. 189α).

Τὸ διάλυμα ἐξακολουθεῖ νὰ εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον, διότι ἐντὸς



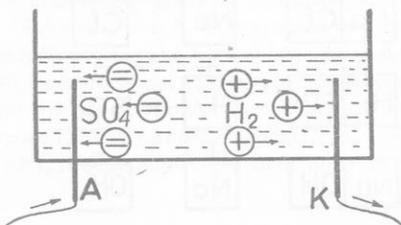
Σχ. 190. Κίνησις τῶν ἰόντων πρὸς τὰ δύο ἠλεκτρόδια.

τοῦ διαλύματος περιφέρεται ἴσος ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. Ἐὰν τὸ διάλυμα τοῦ ἠλεκτρολύτου εὐρεθῇ ἐντὸς βολταμέτρου, τότε μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων δημιουργεῖται ἠλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον (ἄνοδος) ἔλκει τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον (κάθοδος) ἔλκει τὰ θετικὰ ἰόντα (σχ. 190).

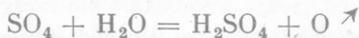
**176. Παραδείγματα ἠλεκτρολύσεων.**— Θὰ ἐξετάσωμεν κατωτέρω τρία παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως. Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκόχρυσον, ὁ ὁποῖος δὲν προσβάλλεται ὑπὸ τῶν ὀξέων.

α) Ἐλεγκρολύται διάλυματος ὀξέος. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος ὀξέος π.χ. θεικοῦ ὀξέος, εἰς τὴν κάθοδον συλλέγεται ὕδρογόνον, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐρμηνεύεται ὡς ἐξῆς :

Τὸ μόριον τοῦ θεικοῦ ὀξέος  $\text{H}_2\text{SO}_4$  διασπᾶται εἰς τὸ **θετικὸν ἰὸν**  $2\text{H}^+$  καὶ εἰς τὸ **ἀρνητικὸν ἰὸν**  $\text{SO}_4^{--}$ . Τὸ θετικὸν ἰὸν  $2\text{H}^+$  ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐκεῖ ἐξουδετερώνεται καὶ ἐκλύεται, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἰὸν  $\text{SO}_4^{--}$ , ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 191). Ἡ ἀρνητικὴ ρίζα  $\text{SO}_4$  ἀσκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ ὕδατος μίαν δευτερεύουσαν ἀντιδράσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνασυντίθεται τὸ θεικὸν ὀξὺ καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον καὶ ἐκλύεται :

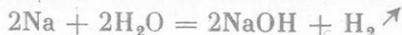


Σχ. 191. Ἐλεγκρόλυσις θεικοῦ ὀξέος.



β) Ἐλεγκρόλυσις διαλύματος βάσεως. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος βάσεως, π.χ. καυστικοῦ καλλίου, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον

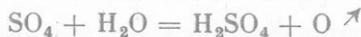
υδρογόνον, εις δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ καυστικοῦ ναυρίου  $\text{NaOH}$  διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰὸν  $\text{Na}^+$ , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον, ὅπου ἐξουδετερώνεται, καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὸν ὑδροξύλιον  $\text{OH}^-$ , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Εἰς τὴν κάθοδον τὸ νάτριον ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω σχηματίζονται καυστικὸν κάλιον καὶ ὑδρογόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται :



Εἰς τὴν ἄνοδον τὰ ὑδροξύλια ἀνασχηματίζουσι τὸ ὕδρω, ἐνῶ συγχρόνως ἐκλύεται ὀξυγόνον :



γ) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος ἁλατος. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν διαλύματος ἁλατος π.χ. θεικοῦ χαλκοῦ, συλλέγεται εἰς τὴν κάθοδον χαλκός, εἰς δὲ τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὀξυγόνον. Τοῦτο συμβαίνει, διότι τὸ μόριον τοῦ θεικοῦ χαλκοῦ  $\text{CuSO}_4$  διασπᾶται εἰς τὸ θετικὸν ἰὸν  $\text{Cu}^{++}$ , τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ἐξουδετερωθῆ, ἐπικάθεται ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου τῆς καθόδου καὶ εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἰὸν  $\text{SO}_4^{--}$ , τὸ ὁποῖον ἔρχεται εἰς τὴν ἄνοδον. Ἐκεῖ ἡ ρίζα τοῦ ὀξέος ἀντιδρᾷ μετὰ τὸ ὕδωρ (δευτερεύουσα ἀντίδρασις) καὶ οὕτω προκύπτει θεικὸν ὀξύ καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται :



**177. Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.**— Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως συνάγονται οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως :

I. Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται πάντοτε ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ οὐδέποτε εἰς τὸ μεταξὺ τῶν ἠλεκτροδίων ὑγρόν.

II. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν 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 ἠλεκτροδίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον ( $Q$ ),

τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ βολταμέτρου καὶ ἀνάλογος πρὸς τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον (K) τοῦ στοιχείου.

$$\text{νόμος ἠλεκτρολύσεως: } m = \alpha \cdot K \cdot Q$$

ὅπου  $\alpha$  εἶναι μία σταθερά, ἡ ὁποία ἐκ τοῦ πειράματος εὐρέθη ὅτι ἔχει τιμὴν:  $\alpha = \frac{1}{96\,500}$ . Ἐπειδὴ τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον ἑνὸς στοιχείου ἰσοῦται ἀριθμητικῶς μὲ τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους (A) τοῦ στοιχείου διὰ τοῦ σθένους του ( $v$ ), ἡ προηγουμένη ἐξίσωσις γράφεται:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot Q \quad \eta \quad m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot I \cdot t$$

Ἐὰν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι:

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \text{ γραμμάρια / Cb}$$

Ἡ μᾶζα αὐτὴ εἶναι σταθερὰ δι' ἕκαστον στοιχεῖον καὶ καλεῖται **ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον** τοῦ στοιχείου. Ἐὰν διὰ τοῦ βολταμέτρου διέλθῃ ἠλεκτρικὸν φορτίον 96 500 Cb, τότε ἡ μᾶζα τοῦ λαμβανομένου στοιχείου εἶναι:  $m = \frac{A}{v}$  γραμμάρια, ἤτοι εἶναι ἴση μὲ 1 γραμμοῖσοδύναμον τοῦ στοιχείου. Τὸ σ τ α θ ε ρ ὸ ν τοῦτο ἠλεκτρικὸν φορτίον τῶν 96 500 Cb καλεῖται **σταθερὰ Faraday (F)**. Ἄρα εἶναι:

$$F = 96\,500 \text{ Cb / γραμμοῖσοδύναμον}$$

Π α ρ ᾶ δ ε ι γ μ α. Διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα θεικοῦ ψευδαργύρου ( $ZnSO_4$ ) διέρχεται ἐπὶ 16 min 5 sec ρεῦμα ἐντάσεως  $I = 10$  Ampère. Διὰ τὸν Zn εἶναι  $A = 65$  καὶ  $v = 2$ . Ἡ ἀποτιθεμένη ἐπὶ τῆς καθόδου μᾶζα τοῦ Zn εἶναι:

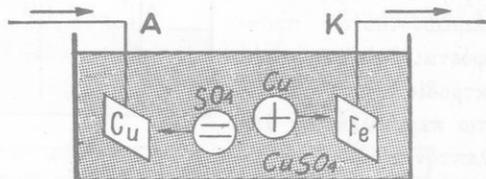
$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{65}{2} \cdot 10 \cdot 965 = 3,25 \text{ gr}$$

**178. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως.**— Τὰ φαινόμενα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογὰς, κυριώτεροι τῶν ὁποίων εἶναι αἱ ἑξῆς:

α) Εἰς τὴν **ἠλεκτρομεταλλουργίαν** χρησιμοποιεῖται ἡ ἠλεκτρόλυ-

σις διὰ τὴν παρασκευὴν καθαρῶν μετάλλων. Οὕτω τὸ κάλιον, τὸ ἀσβέστιον, τὸ μαγνήσιον λαμβάνονται δι' ἠλεκτρολύσεως τῶν τετηγμένων χλωριούχων ἀλάτων των. Τὸ ἀργίλλιον λαμβάνεται δι' ἠλεκτρολύσεως μείγματος βωξίτου καὶ κρουολίθου. Ὀμοίως λαμβάνεται καὶ ὁ χημικῶς καθαρὸς χαλκός.

β) Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προφύλαξιν ὠρισμένων μετάλλων. Πρὸς τοῦτο τὰ μέταλλα αὐτὰ ἐπικαλύπτονται ἠλεκτρολυτικῶς μὲ λεπτὸν στρώμα νικελίου, χρωμίου, ἀργύρου ἢ χρυσοῦ. Τὸ πρὸς ἐπιμετάλλωσιν ἀντικείμενον ἀποτελεῖ τὴν κάθοδον τοῦ βολταμέτρου. Ὁ ἠλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα ἄλατος τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὅποιον



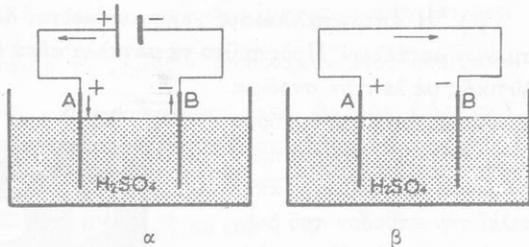
Σχ. 192. Ἐπιχάλκωσις τῆς καθόδου.

θέλομεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τὸ ἀντικείμενον. Ἡ κάθοδος εἶναι πλάξ ἐκ τοῦ ἰδίου ἐπίσης μετάλλου (διαλυτὴ ἀνόδος). Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν τὸ ἐρχόμενον εἰς τὴν ἀνόδον ἀρνητικὸν ἰὸν προσβάλλει τὸ μέταλλον τῆς ἀνόδου, ἢ ὅποια συνεχῶς φθείρεται. Οὕτω μεταφέρεται συνεχῶς μέταλλον ἐκ τῆς ἀνόδου εἰς τὴν κάθοδον (σχ. 192).

γ) Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἐπιτυχάνει τὴν ἀναπαραγωγὴν διαφορῶν ἀντικειμένων (π.χ. νομισμάτων, μεταλλίων κ.ἄ.). Πρὸς τοῦτο λαμβάνεται ἐπὶ θερμῆς γουταπέριας ἢ μήτρας, ἥτοι τὸ ἀκριβὲς ἀποτύπωμα τοῦ ἀντικειμένου. Ἐπειτα καλύπτεται ἡ ἐπιφάνεια τῆς μήτρας μὲ γραφίτην, διὰ νὰ γίνῃ ἀγωγός, καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς κάθοδος. Αὕτη ἐπικαλύπτεται μὲ στρώμα μετάλλου, ὅπως καὶ κατὰ τὴν ἐπιμετάλλωσιν. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἔχει πολλὰς ἐφαρμογὰς (εἰς τὴν τσιγρογραφίαν, τὴν βιομηχανίαν τῶν δίσκων γραμμοφῶνων κ.ἄ.).

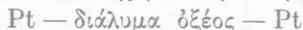
**179. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου.**—Ἐντὸς διαλύματος θεικοῦ δξέος βυθίζομεν δύο ἠλεκτρόδια ἐκ λευκοχρύσου. Μὲ ἐν βολτόμετρον εὐρίσκομεν ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν δύο ἠλεκτροδίων εἶναι ἴση μὲ μηδέν. Διαβιβάζομεν διὰ τοῦ βολταμέτρου ρεῦμα καὶ προκαλοῦμεν ἠλεκτρόλυσιν (σχ. 193 α). Μετὰ παρέλευσιν ὀλίγου χρόνου ἀφαιροῦμεν ἀπὸ τὸ κύκλωμα τὴν γεννή-

τριαν (σχ. 193 β). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ ρεῦμα, τὸ προκαλέσαν τὴν ἠλεκτρόλυσιν. Τὸ ἀντίρροπον τοῦτο ρεῦμα διαρκεῖ ἐπ' ὀλίγον χρόνον καὶ ὑφείλεται εἰς τὴν ἀλλοίωσιν, τὴν ὁποίαν ὑπέστησαν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐκλύεται εἰς τὴν κάθοδον ὑδρογόνον καὶ εἰς τὴν ἀνοδον ἐκλύεται ὀξυγόνον. Μέρος τῶν ἀερίων τούτων προσφύεται ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων, τὰ ὁποῖα οὕτω περιβάλλονται ἀπὸ λεπτὸν στρώμα ἀερίου. Ἡ ἀλλοίωσις αὐτῆ τῶν ἠλεκτροδίων καλεῖται



Σχ. 193. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν.

**πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων** τοῦ βολταμέτρου. Παρατηροῦμεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πεπολωμένων ἠλεκτροδίων δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ. Πρὸ τῆς ἠλεκτρολύσεως εἴχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν ἀγωγῶν :



Μετὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν :



δηλαδὴ ἔχομεν μίαν μὴ συμμετρικὴν σειρὰν ἀγωγῶν. Γενικῶς :

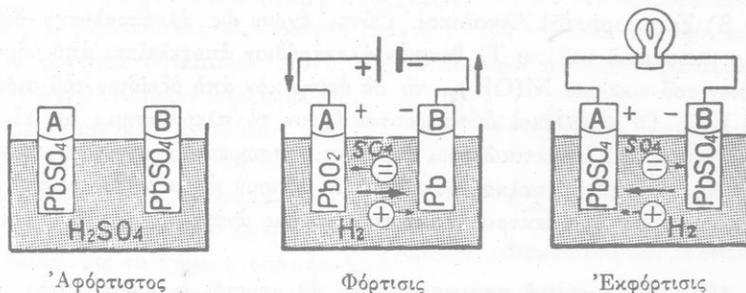
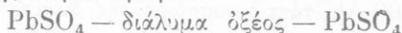
Μία μὴ συμμετρικὴ σειρὰ ἀγωγῶν παρουσιάζει διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς.

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 ἐπαφέρει τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου εἰς τὴν ἀρχικὴν τῶν κατάστασιν.

**180. Συσσωρευταί.**—Ἐὰν ἡ πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου εἶναι δυνατὸν νὰ διατηρηθῇ ἐπὶ μακρόν, τότε τὸ ἐκ τῆς πολώσεως προερχόμενον ρεῦμα θὰ εἶναι μακρᾶς διαρκείας. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν **συσσωρευτῶν**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν πολὺ

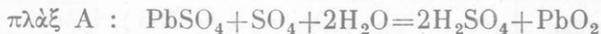
εύχρηστον τύπον γεννητριών (§ 152). Είς τούς συσσωρευτάς επιτυγχάνεται κατά την ηλεκτρόλυσιν (φόρτισις τοῦ συσσωρευτοῦ) ριζικὴ ἀλλοίωσις τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων του, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **πόλοι** τοῦ συσσωρευτοῦ. Εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιοῦνται κυρίως οἱ **συσσωρευταὶ μολύβδου καὶ οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταί**.

α) Συσσωρευταὶ μολύβδου. Οὗτοι ἔχουν ὡς ἠλεκτρολύτην διάλυμα θεικοῦ ὀξέος καὶ ὡς ἠλεκτρόδια πλάκας μολύβδου. Αὗται μόλις βυθισθοῦν ἐντὸς τοῦ  $H_2SO_4$  καλύπτονται ἀπὸ στρώμα  $PbSO_4$  (σχ. 194). Τότε ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν ἀγωγῶν :

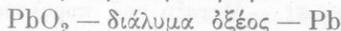


Σχ. 194. Ἐξήγησις τῆς λειτουργίας τοῦ συσσωρευτοῦ.

Κατὰ τὴν **φόρτισιν** τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει ἠλεκτρόλυσις καὶ τὸ μὲν θετικὸν ἰὸν  $H_2$  ἔρχεται εἰς τὴν κάθοδον Β, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἰὸν  $SO_4$  ἔρχεται εἰς τὴν ἀνοδον Α. Τότε συμβαίνουν ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων αἱ ἐξῆς ἀντιδράσεις :

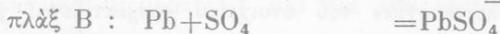
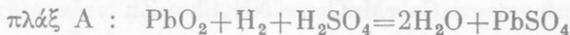


Οὕτω δημιουργεῖται ἡ ἐξῆς σειρά ἀγωγῶν :



Ὁ συσσωρευτὴς δύναται τότε νὰ λειτουργήσῃ ὡς γεννήτρια, ἡ δὲ ἠλεκτρεγερτικὴ του δύναμις ἀνέρχεται εἰς 2 Volt.

Κατὰ τὴν **ἐκφόρτισιν** τοῦ συσσωρευτοῦ συμβαίνει πάλιν ἠλεκτρόλυσις καὶ ἐπὶ τῶν δύο ἠλεκτροδίων συμβαίνουν αἱ ἐξῆς ἀντιδράσεις :

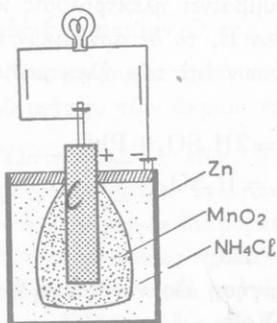


Ούτω μετά την εκφόρτισιν τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐπανερχονται εἰς τὴν ἀρχικὴν των κατάστασιν. Διὰ νὰ αὐξήσουν τὴν ἐπιφάνειαν τῶν πλακῶν δημιουργοῦν ἐπ' αὐτῆς κοιλότητα.

Ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλαδή τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν εκφόρτισιν του μετρεῖται εἰς ἀμπερώρια ( Ah ). Τὸ 1 ἀμπερώριον εἶναι ἴσον μὲ 3600 Cb, ἧτοι εἶναι τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον μεταφέρει ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐντὸς 1 ὥρας. Οἱ σύγχρονοι συσσωρευταὶ ἔχουν χωρητικότητα 8—10 Ah κατὰ dm<sup>2</sup> ἐπιφανείας τοῦ θετικοῦ ἠλεκτροδίου. Ἐὰν συσσωρευτὴς ἔχη χωρητικότητα 400 Ah, τότε ὁ συσσωρευτὴς δύναται νὰ μᾶς δώσῃ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère ἐπὶ 400 ὥρας ἢ ρεῦμα ἐντάσεως 10·A ἐπὶ 40 h.

β) Συσσωρευταὶ ἀλκαλικοί. Οὗτοι ἔχουν ὡς ἠλεκτρολύτην διάλυμα καυστικῆς καλίου. Τὸ θετικὸν ἠλεκτρόδιον ἀποτελεῖται ἀπὸ ὕδροξείδιον τοῦ νικελίου Ni(OH)<sub>2</sub>, τὸ δὲ ἀρνητικὸν ἀπὸ ὀξειδίου τοῦ σιδήρου FeO. Οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταὶ ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι ἐλαφρότεροι καὶ ἀνθεκτικότεροι ἀπὸ τοὺς συσσωρευτὰς μολύβδου, ἔχουν μεγάλην χωρητικότητα καὶ δύναται νὰ μείνουν ἀφόρτιστοι, χωρὶς νὰ καταστραφοῦν. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ των δύναμις ἀνέρχεται εἰς 1,4 Volt.

181. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα.—Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα εἶναι αἱ πρῶται χρησιμοποιηθεῖσαι γεννήτριαι. Σήμερον ἡ χρῆσις των εἶναι πολὺ περιορισμένη (§ 152). Τὸ περισσότερο χρησιμοποιούμενον ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον εἶναι τὸ **στοιχεῖον Leclanché**.



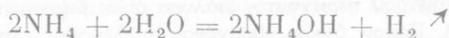
Σχ. 195. Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché.

Εἰς τοῦτο ὁ θετικὸς πόλος εἶναι ράβδος ἄνθρακος (σχ. 195), ἡ ὁποία περιβάλλεται ἀπὸ πυρολουσίτην (MnO<sub>2</sub>). Ὁ ἀρνητικὸς πόλος εἶναι κύλινδρος ψευδαργύρου. Μεταξὺ τοῦ πυρολουσίτου καὶ τοῦ ψευδαργύρου ὑπάρχει πολτὸς ἀπὸ ρινίσματα ξύλου, τὰ ὁποῖα εἶναι διαποτισμένα μὲ διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH<sub>4</sub>Cl). Οὕτως ἔχομεν τὴν ἐξῆς σειρὰν σωμάτων:



Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου σχηματίζεται χλωριούχος

ψευδάργυρος ( $ZnCl_2$ ), ή δὲ ἀπομένουσα ρίζα  $NH_4$  ἀντιδρᾷ μὲ τὸ ὕδωρ, ὅποτε ἐλευθερώνεται  $H_2$ :

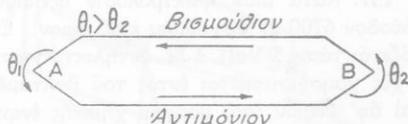


Τὸ παραγόμενον ὑδρογόνον ἐνοῦται μὲ τὸ ὀξυγόνον τοῦ πυρολουσίτου. Οὕτως ἡ σειρὰ τῶν ἀγωγῶν παραμένει πάντοτε ἀσύμμετρος.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου Leclanché ἀνέρχεται εἰς 1,5 Volt. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο καλεῖται ξηρὸν στοιχεῖον καὶ μεταφέρεται εὐκόλως, διότι δὲν περιέχει ὑγρά.

**182. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.**—Ὅταν δύο διαφορετικὰ μέταλλα εὐρίσκωνται εἰς ἐπαφὴν πάντοτε ἀναπτύσσεται μεταξὺ αὐτῶν μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Αὕτη ἐξαρτᾶται πολὺ ἐκ τῆς θερμοκρασίας.

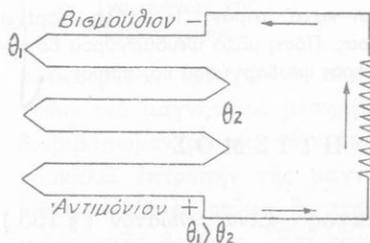
Ἄς σχηματίσωμεν κύκλωμα ἀπὸ βισμούθιον καὶ ἀντιμόνιον (σχ. 196). Τότε δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα, διότι αἱ ἀναπτυσσόμεναι διαφοραὶ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα ἐπαφῆς Α



Σχ. 196. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

καὶ Β τῶν δύο μετάλλων ἐξουδετερώνονται ἀμοιβαίως. Ἐὰν ὅμως τὰ σημεῖα ἐπαφῆς εὐρίσκωνται εἰς διαφορετικὰς θερμοκρασίας  $\theta_1$  καὶ  $\theta_2$ , τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (**θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα**), διότι ἀναπτύσσεται **θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Αὕτη εἶναι

ἀνάλογος πρὸς τὴν διαφορὰν θερμοκρασίας τῶν δύο ἐπαφῶν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο μετάλλων. Τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν δύο διαφορετικῶν μετάλλων καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον**. Πολλὰ τοιαῦτα στοιχεῖα συνδεδεμένα κατὰ σειρὰν ἀποτελοῦν μίαν **θερμοηλεκτρικὴν στήλην** (σχ. 197).



Σχ. 197. Θερμοηλεκτρικὴ στήλη.

Αἱ στήλαι αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μέτρησιν θερμοκρασιῶν (θερμοηλεκτρικὰ θερμομέτρα) καὶ διὰ τὴν αὐτόματον λειτουργίαν ὠρισμένων διατάξεων.

## 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 ρεῦμα ἐντάσεως 5 A. Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διέρχεται τὸ ρεῦμα, διὰ νὰ προκληθῇ διάσπασις 54 gr ὕδατος;

135. Ρεῦμα διέρχεται ἐπὶ 5 ὥρας διὰ βολταμέτρου περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου. Εἰς τὴν κάθοδον ἀποτίθενται τότε 10,8 gr ἀργύρου. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος; Ἀτομικὸν βάρους Ag 108, σθένος 1.

136. Ἐπὶ μιᾶς σιδηρᾶς πλακῆς, ἡ ὁποία ἔχει ἐπιφάνειαν 100 cm<sup>2</sup> θέλομεν νὰ ἀποτεθῇ ἠλεκτρολυτικῶς στρώμα χαλκοῦ πάχους 2 mm. Τὸ ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A. Πόσον χρόνον θὰ διαρκῆσῃ ἡ ἠλεκτρόλυσις; Ἀτομικὸν βάρους χαλκοῦ 63,6, σθένος. 2. Πυκνότης χαλκοῦ 8,8 gr/cm<sup>3</sup>.

137. Κατὰ μίαν ἠλεκτρόλυσιν ὀξειδίου τοῦ ἀργιλίου συλλέγονται εἰς τὴν κάθοδον 6700 gr ἀργιλίου καθ' ὥραν. Εἰς τοὺς πόλους τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμόζεται τάσις 5 Volt, ἡ δὲ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις αὐτοῦ εἶναι 2,8 Volt. Πόση ἰσχύς χρησιμοποιεῖται ἐντὸς τοῦ βολταμέτρου, ἀφ' ἑνὸς ὑπὸ μορφήν θερμότητος καὶ ἀφ' ἑτέρου ὑπὸ μορφήν χημικῆς ἐνεργείας; Ἀτομικὸν βάρους ἀργιλίου 27, σθένος 3.

138. Μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 3 A φορτίζομεν ἐπὶ 10 ὥρας συσσωρευτήν. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον θὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσίν του, ἂν ἡ ἀπόδοσις αὐτοῦ εἶναι 0,9;

139. Συσσωρευτὴς ἔχει χωρητικότητα 30 ἀμπερώρια καὶ λειτουργεῖ μέχρις ὅτου παραχωρήσῃ τὰ 2/3 τοῦ ὅλου ἠλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὅποιον δύναται νὰ προσφέρῃ. Ἐπὶ πόσας ὥρας δύναται ὁ συσσωρευτὴς οὗτος νὰ τροφοδοτήσῃ λαμπτήρα μὲ ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A;

140. Τρία στοιχεῖα Leclanché συνδέονται κατὰ σειράν. Ἡ στήλη παρέχει εἰς ἓν κύκλωμα ρεῦμα ἐντάσεως 2 A ἐπὶ 25 ὥρας. Πόση μάζα ψευδαργύρου δαπανᾶται κατὰ τὸν χρόνον τοῦτον; Ἀτομικὸν βάρους ψευδαργύρου 66, σθένος 2.

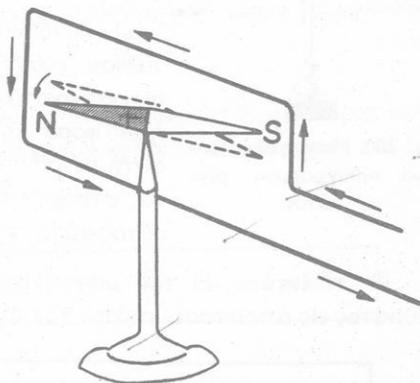
## ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

183. **Μαγνητικὸν πεδίων ρεύματος.**—Εἶναι γνωστὸν (§ 153) ὅτι πέραξ ἑνὸς ἀγωγοῦ διαρροεμένου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται μαγνητικὸν πεδίων, τὸ ὅποιον προκαλεῖ τὴν ἐκτροπὴν τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ φορά, κατὰ τὴν ὁποίαν ἐκτρέπεται ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος. Ὡς φοράν τοῦ ρεύματος θὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὴν συμβατικὴν

φοράν. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀκολουθεῖ τὸν ἐξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς (σχ. 198) : Ἐὰν φέρωμεν τὴν παλάμην τῆς δεξιᾶς χειρὸς ἄνωθεν τοῦ ἀγωγοῦ, ὥστε ἡ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἐστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρποῦ καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῶν δακτύλων, τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ἐκτρεπομένη ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας της, λαμβάνει μίαν νέαν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἰσορροπεῖ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος. Περιβάλλομεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην μὲ



Σχ. 198. Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.

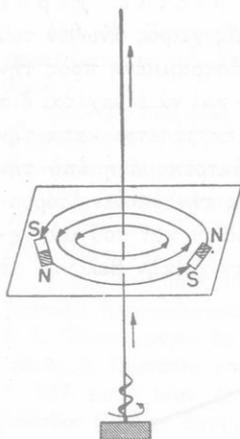


Σχ. 199. Ἡ ἐκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι μεγαλύτερα.

κατακόρυφον ὀρθογώνιον πλαίσιον, τὸ 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 διαπερᾶ ὀριζόντιον χαρτόνιον. Ρίπτομεν ρινίσματα σιδή-

ρου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου καὶ κτυπῶντες ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον λαμβάνομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι συγκεντρωτικοὶ κύκλοι κάθετοι πρὸς τὸν ἄγωγόν. Κατὰ μῆκος μιᾶς δυναμικῆς γραμμῆς μετακινουμέν 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 συναγόνται τὰ ἑξῆς :



Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθυγράμμου ρεύματος.

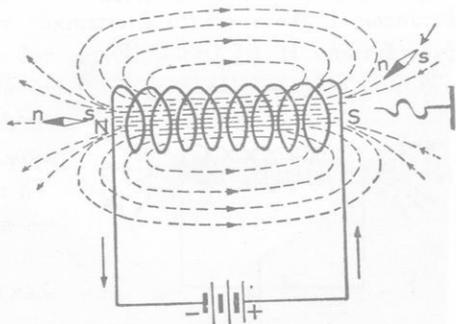
I. Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἶναι κύκλοι συγκεντρωτικοὶ καὶ κάθετοι πρὸς τὸν ἄγωγόν, ἢ δὲ φορὰ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι ἡ αὐτὴ μετὰ τὴν φορὰν, κατὰ τὴν ὁποῖαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας, διὰ νὰ προχωρήσῃ οὗτος κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος.

II. Ἡ ἔντασις  $H$  τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μακροῦ εὐθυγράμμου ρεύματος εἰς ἀπόστασιν  $\alpha$  ἀπὸ τὸν ἄγωγόν εἶναι :

$$\text{ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{2}{10} \cdot \frac{I}{\alpha} \text{ Gauss}$$

185. Μαγνητικὸν πεδίων σωληνοειδοῦς.—Καλεῖται **σωληνοειδὴς ἢ πηνίον** σύστημα παραλλήλων κυκλικῶν ρευμάτων, τῶν ὁποίων τὰ κέντρα εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας. Τοιοῦτον σύστημα κυκλικῶν ρευμάτων λαμβάνομεν, ἐὰν περιτυλίξωμεν σύρμα περίξ ὑαλίνου ἢ ξυλίνου κυλίνδρου. Ἐπὶ ἐνὸς ὀριζοντιοῦ χαρτονίου, τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς σχηματίζομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα (σχ. 201). Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ φάσμα τοῦτο εἶναι τελείως ὅμοιον μετὰ τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου. Μετὰ τὴν βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὐρίσκομεν ὅτι τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελοῦν δύο ἑτερονόμους μαγνητικούς πόλους. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι περὶ τὸ μέσον αὐτοῦ πα-

ράλληλοι. Ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐρίσκεται με τὸν ἐξῆς ἐμπειρικὸν κανόνα : Κοιλίας τοποθετούμενος κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ στρεφόμενος κατὰ τὴν φοράν τοῦ ρεύματος προχωρεῖ κατὰ τὴν φοράν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Ἀπὸ τὴν μελέτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς συνάγονται τὰ ἐξῆς :



I. Σωληνοειδές διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος ἰσοδυναμεῖ με εὐθύγραμμον μαγνήτην. Σχ. 201. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

II. Εἰς τὸ μέσον μακροῦ σωληνοειδοῦς φέροντος  $\nu$  σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους, τὸ μαγνητικὸν πεδίου εἶναι ὁμογενές καὶ ἔχει ἔντασιν :

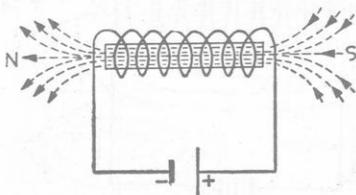
$$\text{ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου : } H = \frac{4\pi}{10} \cdot \nu \cdot I \text{ Gauss}$$

186. Προέλευσις τῶν μαγνητικῶν πεδίων.— Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι περίξ οἰουδήποτε ἀγωγοῦ, διαρρομένου ὑπὸ ρεύματος, παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίου. Τὸ συμπέρασμα τοῦτο δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἐξῆς :

Κατὰ τὴν μετακίνησιν ἠλεκτρικοῦ φορτίου παράγεται πάντοτε μαγνητικὸν πεδίου.

Τὸ ἀνωτέρω συμπέρασμα μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐρμηνεύσωμεν τὴν προέλευσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται περίξ μονίμου μαγνήτου. Ἡ περιφορά τῶν ἠλεκτρονίων 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 γίνεται μαγνήτης, τοῦ ὁποίου οἱ πόλοι συμπίπτουν με τοὺς πόλους τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 202).



Σχ. 202. Ἡλεκτρομαγνήτης.

Τὸ σύστημα, τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν τὸ πηνίον καὶ ἡ ἐντὸς αὐτοῦ ράβδος τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, καλεῖται **ἡλεκτρομαγνήτης**. Ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι παροδικὴ 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 μεγαλύτεραν ἔντασιν  $B$ , ἡ ὁποία καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγή**:

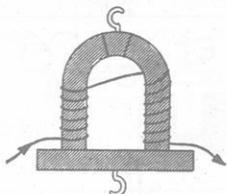
$$B = \mu \cdot H$$

Ὁ συντελεστὴς  $\mu$  καλεῖται **μαγνητικὴ διαπερατότης** τοῦ σιδήρου καὶ δύναται νὰ λάβῃ μεγάλας τιμὰς (μέχρι 4000).

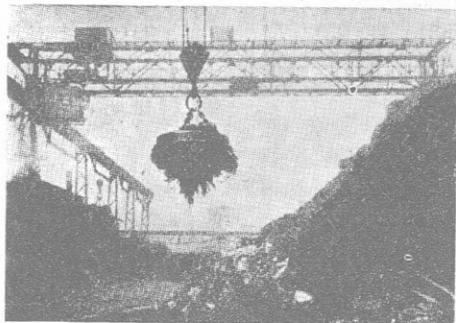
Ἡ τοιαύτη μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἐρμηνεύεται ὡς ἐξῆς: Τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα περίξ τῶν πυρήνων τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένα. Ὄταν ὅμως ὁ μαλακὸς σίδηρος εὑρεθῇ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε τὰ στοιχειώδη κυκλικὰ ρεύματα προσανατολίζονται καὶ 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

πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης, εις δὲ τὸ σχῆμα 204 δεικνύεται ηλεκτρομαγνήτης χρησιμοποιούμενος διὰ τὴν ἀνύψωσιν



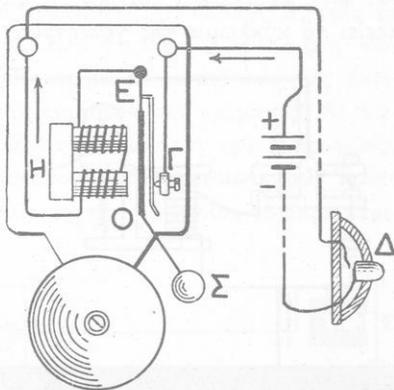
Σχ. 203. Πεταλοειδής ηλεκτρομαγνήτης.



Σχ. 204. Ἀνύψωσις τεμαχίων σιδήρου.

τεμαχίων σιδήρου. Θὰ ἐξετάσωμεν συντόμως μερικὰς πολὺ συνήθεις ἐφαρμογὰς τῶν ηλεκτρομαγνητῶν.

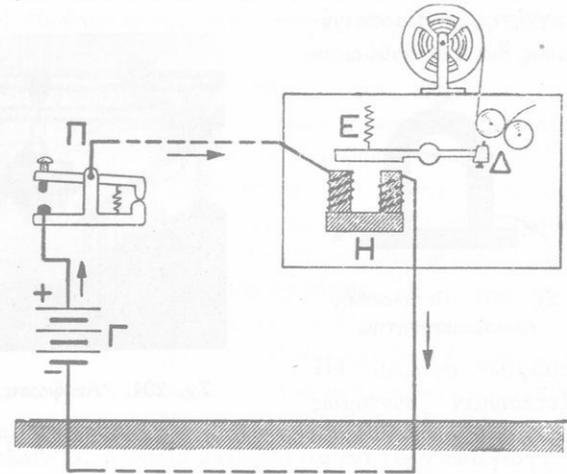
α) Ἡλεκτρικὸς κώδων. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ ηλεκτρομαγνήτην  $H$  (σχ. 205). Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ ηλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει ὁ ὄπλισμός  $O$  ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ ὄπλισμός εἶναι στερεωμένος εἰς ἐλατήριο  $E$  καὶ εἰς τὸ ἄκρον του φέρει σφύραν  $\Sigma$ . Ὅταν πιέσωμεν τὸν διακόπτην, κλείομεν τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ ηλεκτρομαγνήτου καὶ ὁ ὄπλισμός του ἔλκεται. Τότε ὅμως ἐπέρχεται διακοπὴ τοῦ κυκλώματος εἰς τὸ σημεῖον  $\Gamma$  καὶ ὁ ὄπλισμός ἐπαναφέρεται εἰς τὴν θέσιν του ὑπὸ τοῦ ἐλατηρίου  $E$ . Τὸ κύκλωμα πάλιν κλείεται καὶ ἐπαναλαμβάνονται τὰ ἴδια. Εἰς ἐκάστην ἔλξιν τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχεῖ ἓν κτύπημα τῆς σφύρας ἐπὶ τοῦ κώδωνος.



Σχ. 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων.

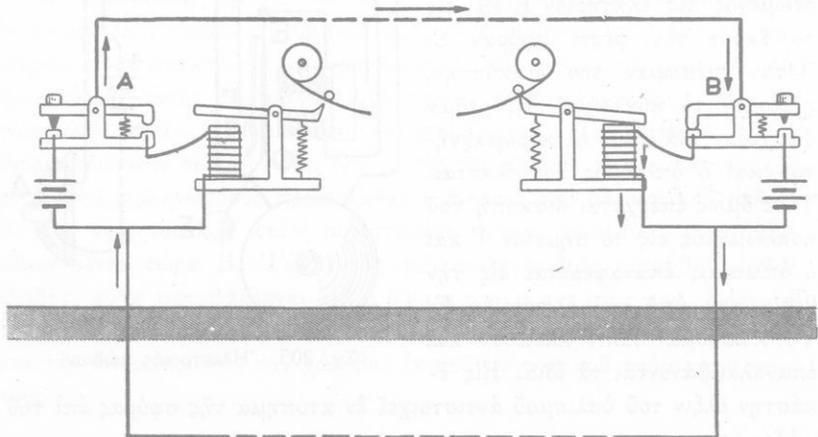
β) Μορσικὸς τηλεγράφος.— Ἡ λειτουργία τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἐξῆς ἀρχήν : Ἐκ τοῦ ἑνὸς τόπου στέλλονται εἰς

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ἢ μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὁποῖα διέρχονται δι' ἐνὸς ἠλεκτρομαγνήτου ἐφωδιασμένου με εὐαίσθητον ὄπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ἀφιχθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τόπον ὑπάρχει κατὰλληλος διακόπτης, ὁ ὁποῖος καλεῖται χειριστήριον ἢ πομπὸς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὁποῖος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐάν ὁ μοχλὸς ἀφεθῆ ἑλεύθερος, ἐν



Σχ. 206. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (μονόπλευρος ἐγκατάστασις).

τὸν ἄλλον τόπον ρεύματα μικρᾶς ἢ μακροτέρας διαρκείας, τὰ ὁποῖα διέρχονται δι' ἐνὸς ἠλεκτρομαγνήτου ἐφωδιασμένου με εὐαίσθητον ὄπλισμόν. Αἱ κινήσεις τοῦ ὄπλισμοῦ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ἀφιχθέντα ρεύματα. Οὕτως εἰς τὸν ἕνα τόπον ὑπάρχει κατὰλληλος διακόπτης, ὁ ὁποῖος καλεῖται χειριστήριον ἢ πομπὸς (σχ. 206). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὸν μοχλόν, ὁ ὁποῖος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς γεννητρίας. Ἐάν ὁ μοχλὸς ἀφεθῆ ἑλεύθερος, ἐν

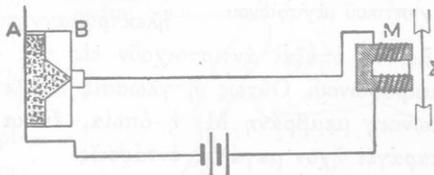


Σχ. 207. Ἀρχὴ τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου (ἀμφίπλευρος διάταξις).

ἐλατήριον τὸν ἐπαναφέρει εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν. Εἰς τὸν ἄλλον τόπον ὑπάρχει ὁ δέκτης. Οὗτος εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης, εἰς τὸν ὁποῖον

φθάνει τὸ ρεύμα ἐκ τοῦ πρώτου τόπου. Ὁ ὄπλισμός τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου εἶναι στερεωμένος εἰς τὸ ἄκρον μογλοῦ. Ὄταν ἔλκεται ὁ ὄπλισμός, τὸ ἄλλο ἄκρον τοῦ μογλοῦ ἀνυψώνεται καὶ πιέζει τὴν ὀμαλῶς ἐκτυλισσομένην ταινίαν χάρτου ἐπὶ μικροῦ σπόγγου διαποτισμένου μὲ μελάνην. Ἐπὶ τῆς ταινίας καταγράφονται τότε γραμμαὶ διαφόρου μήκους ἀναλόγως πρὸς τὴν διάρκειαν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διήλθεν διὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Οὕτω καθίσταται δυνατὴ ἡ μεταβίβασις συμβολικῶς τῶν γραμμάτων τοῦ ἀλφαβήτου καὶ τῶν ἀριθμῶν (μορσικὸν ἀλφάβητον). Ὁ πομπὸς καὶ ὁ δέκτης συνδυάζονται εἰς ἕκαστον 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 ὀμιλοῦμεν ἔμπροσθεν τῆς πλακῆς Α, τότε τὰ σφαιρίδια τοῦ ἄνθρακος μετακινοῦνται. Ἡ ἀστραθὴς ἐπαφῆ τῶν μεταξὺ τῶν πλακῶν Α καὶ Β ἀγωγῶν προκαλεῖ μεταβολὰς τῆς ἀντιστάσεως καὶ συνεπῶς διακυμάνσεις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ διακυμάνσεις αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν πρὸ τῆς πλακῆς Α τοῦ μικροφώνου παραγόμενον ἤχον. Ὡς δέκτης χρησιμοποιεῖται τὸ **ἀκουστικόν**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μόνιμον μαγνήτην, τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα περιβάλλονται ἀπὸ δύο πηνία. Διὰ τῶν πηνίων κυκλοφορεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐμπροσθεν τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου εὐρίσκειται λεπτὴ πλάξ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὅποια δύναται νὰ πάλ्लεται. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου προκαλοῦν ἀντιστοίχους μεταβολὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μόνιμου μαγνήτου. Οὕτως ἡ ἔλξις, τὴν ὅποιαν ἀσκεῖ ὁ μαγνήτης ἐπὶ τῆς πλακῆς τοῦ σιδή-



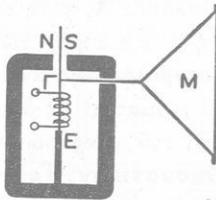
Σχ. 208. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς ἀρχῆς τοῦ τηλεφώνου.

ρου, ὑφίσταται ἀντιστοίχους μεταβολὰς καὶ ἡ πλάξ ἀναγκάζεται νὰ πάλλεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀναπαράγεται ἀπὸ τὴν πλάκα τοῦ σιδήρου ὁ πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθεὶς ἤχος. Αἱ σημερινὰ τηλεφωνικὰ συσκευαὶ φέρουν τὸ μικροφώνον καὶ τὸ ἀκουστικὸν εἰς μίαν διάταξιν. Εἰς τὰ αὐτόματα τηλέφωνα ἢ σύνδεσις τῶν συνδρομητῶν γίνεται αὐτομάτως μετὰ τὴν βοήθειαν εἰδικῶν ἐγκαταστάσεων ( αὐτόματα οἰκιστικῶν ). Μετὰ τὸ τηλέφωνον ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβίβασις τοῦ ἤχου εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ μεταβίβασις αὕτη ἀκολουθεῖ σχηματικῶς τὴν ἐξῆς σειρὰν μετατροπῶν :

ἤχος → ρεῦμα → ἤχος

Ἡ πρώτη μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ μικροφώνον, ἐνῶ ἡ ἀντίστροφος μετατροπὴ ἐπιτυγχάνεται μετὰ τὸ ἀκουστικόν.

δ) Ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάλφωνον. Ὅπως τὸ ἀκουστικὸν τοῦ τηλεφώνου, οὕτω καὶ τὸ **μεγάλφωνον** μετατρέπει εἰς ἤχον μεγάλης ἐντάσεως τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Τὸ **ἠλεκτρομαγνητικὸν μεγάλφωνον** ἀποτελεῖται ἀπὸ ἰσχυρὸν ἠλεκτρομαγνήτην (σχ. 209). Μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ὑπάρχει γλωσσὶς Γ ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, ἡ ὁποία εἶναι στερεωμένη εἰς τὸ ἄκρον ἐλαστικοῦ ἐλάσματος.

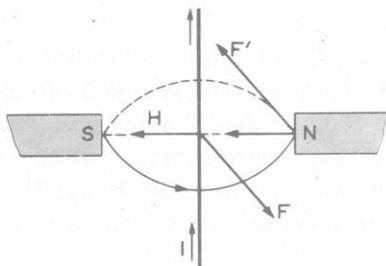


Σχ. 209. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ μεγάλφωνου.

Ἡ βᾶσις τῆς γλωσσίδος περιβάλλεται ἀπὸ πηνίον, διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τούτου προκαλοῦν μεταβολὰς τῆς μαγνητίσεως τῆς γλωσσίδος. Ἔνεκα τούτου ἡ ἔλξις τῆς γλωσσίδος ἀπὸ τὸν ἓνα ἢ τὸν ἄλλον πόλον τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, ὑφίσταται ταχείας μεταβολάς, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτως ἡ γλωσσὶς πάλλεται καὶ μετ' αὐτῆς πάλλεται ἡ κωνικὴ μεμβράνη Μ, ἡ ὁποία, ἔνεκα τῆς μεγάλης ἐπιφανείας της, παράγει ἤχον μεγάλης ἐντάσεως.

**189. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος.**—Κατακόρυφος ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $I$  (σχ. 210). Ὁ ἀγωγὸς εὑρίσκεται ἐντὸς ὀριζοντίου ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως  $H$ . Τὸ μαγνητικὸν πεδίου τοῦ ρεύματος ἐξασκεῖ τότε ἐπὶ τοῦ

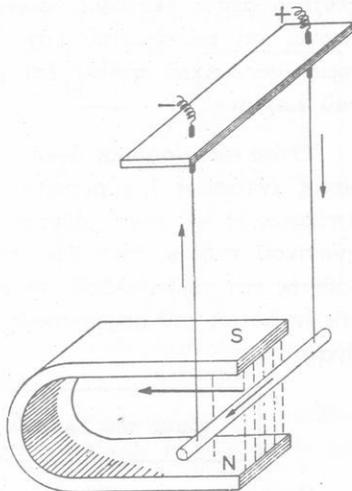
μαγνητικού πόλου N μίαν δύναμη  $F'$ , ή οποία είναι οριζοντία. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως ὁ μαγνητικὸς πόλος N ἀσχεῖ ἐπὶ τοῦ ρεύματος, μίαν ἀν-



Σχ. 210. Ἡ  $F'$  εἶναι ἡ δράσις τοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ πόλου N, ἡ δὲ  $F$  εἶναι ἡ ἀντίδρασις τοῦ πόλου N ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

τίδρασιν  $F$  ἴσην καὶ ἀντίθετον πρὸς τὴν  $F'$ . Ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται λοιπὸν μία δύναμις  $F$ , ή οποία εἶναι οριζοντία, δηλαδὴ κ α θ ε τ ο ς πρὸς τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζουν ἔντασις  $H$  τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Τὴν τοιαύτην ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ ρεύματος ἀποδεικνύομεν πειραματικῶς, ἐὰν ὁ ἀγωγὸς εἶναι κινητὸς (σχ. 211). Παρατηροῦμεν τότε, ὅτι ὁ ἀγωγὸς μετακινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μιᾶς δυνάμεως. Ἡ φορὰ τῆς κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ συνεπῶς ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως  $F$  προσδιορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον ἐμπειρικὸν κανόνα τῶν τριῶν δακτύλων: Τείνομεν τοὺς τρεῖς πρῶτους δακτύλους τῆς δεξιᾶς χειρὸς οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουμ μεταξὺ των ὀρθὰς γωνίας καὶ κατευθύνομεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φορὰν



Σχ. 211. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς ἐπίδρασεως μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος.

ἢ διεύθυνσις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ



Σχ. 212. Εὕρεσις τῆς φορὰς τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως  $F$  (δεξιᾶ χειρ).

τοῦ 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** :

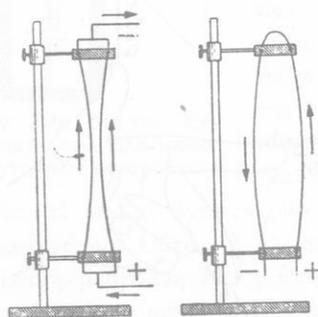
Ὅταν εὐθύγραμμος ἀγωγὸς μήκους  $l$ , καὶ διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $I$ , εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως  $H$  καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τότε ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσεται δύναμις  $F$  κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου· ἡ ἔντασις τῆς δυνάμεως αὐτῆς εἶναι :

$$\text{νόμος τοῦ Laplace : } F = \frac{1}{10} \cdot l \cdot H \cdot I \text{ dyn}$$

Π α ρ ἄ δ ε ι γ μ α. Ἐὰν εἶναι  $l = 10$  cm,  $I = 4$  Ampère καὶ  $H = 2000$  Gauss, τότε εἶναι :

$$F = \frac{4 \cdot 2000 \cdot 10}{10} = 8000 \text{ dyn}$$

Παράλληλα ρεύματα. Ἐκτελοῦμεν τὸ ἐξῆς πείραμα : Διὰ δύο κατακορύφων ἀγωγῶν διαβιβάζομεν ρεύματα οὕτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν δύο παράλληλα ρεύματα. Παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ὁμόρροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἔλκονται (σχ. 213), ἐνῶ ὅταν τὰ δύο ρεύματα εἶναι ἀντίρροπα, οἱ δύο ἀγωγοὶ ἀπωθονται.

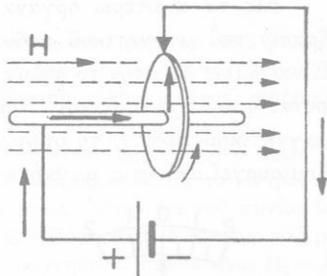


Σχ. 213. Ἀμοιβαῖαι δράσεις παραλλήλων ρευμάτων.

Ἡ δρᾶσις αὐτῆ τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τοῦ ἀνωτέρω νόμου τοῦ Laplace, διότι ἕκαστον ρεῦμα δημιουργεῖ περίξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδῖον, τὸ ὁποῖον ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἄλλου ρεύματος.

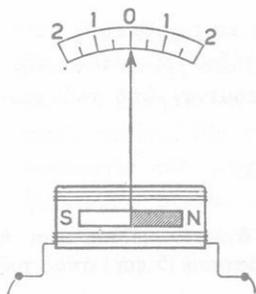
**190. Ἡλεκτρικὸς κινητήρ.**— Λαμβάνομεν χάλκινον δίσκον, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα (σχ. 214). Ὁ εἰς πόλος τῆς

γεννητριάς, συνδέεται με τὸν ἄξονα τοῦ δίσκου, ὁ δὲ ἄλλος πόλος συνδέεται με ἕλασμα, τὸ ὁποῖον ἐφάπτεται τῆς περιφερείας τοῦ δίσκου. Ὁ δίσκος εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ εἶναι κάθετος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ χάλκινος δίσκος ἀποκτᾷ περιστροφικὴν κίνησιν. Αὕτη ὑφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐπὶ τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διατρέχει τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου, ἐνεργεῖ συνεχῶς μία δύναμις, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος πρὸς τὴν ἀκτῖνα καὶ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου τοῦ δίσκου. Ἡ φορά τῆς περιστροφῆς τοῦ δίσκου ἀναστρέφεται, ἐὰν ἀναστραφῇ ἡ φορά τοῦ ρεύματος ἢ ἡ διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ ἀνωτέρω πείραμα ἐρμηνεύει τὴν λειτουργίαν τῶν ἠλεκτρικῶν κινητῆρων.



Σχ. 214. Ἀρχὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ κινητήρος.

**191. Ὕργανα ἠλεκτρικῶν μετρήσεων.**—Διὰ τὴν μέτρησιν τῶν διαφόρων ἠλεκτρικῶν μεγεθῶν χρησιμοποιοῦνται εἰδικὰ ὅργανα. Ἡ λειτουργία τούτων στηρίζεται κυρίως εἰς τὰ θερμικὰ ἢ τὰ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ρεύματος. Τὰ **γαλβανόμετρα** ἀποτελοῦνται ἀπὸ



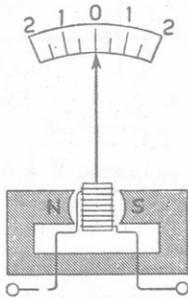
Σχ. 215. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου με κινητὸν μαγνήτην.

μικρὸν μαγνήτην εὐρισκόμενον ἐντὸς πλαισίου διαρρομένου ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 215). Τὸ γαλβανόμετρον χρησιμεύει διὰ νὰ δείξῃ, ἂν ὑπάρχῃ ρεῦμα καὶ ποία εἶναι ἡ φορά τοῦ ρεύματος. Ὁμοία εἶναι ἡ κατασκευὴ τῶν **ἀμπερομέτρων**, με τὴν διαφορὰν ὅτι φέρουν διαιρέσεις εἰς Ampère.

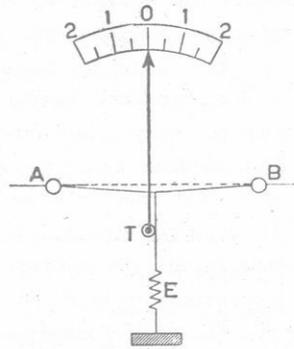
Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν γαλβανομέτρων καὶ τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι πολὺ μικρά, διότι τὰ ὅργανα αὐτὰ παρεμβάλλονται εἰς τὸ κύκλωμα κατὰ σειρὰν καὶ δὲν πρέπει νὰ τροποποιῶν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Τὰ **βολτόμετρα** λειτουργοῦν ὅπως καὶ τὰ ἀμπερόμετρα με τὴν διαφορὰν ὅτι ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, διότι τὰ βολτόμετρα παρεμβάλλονται κατὰ διακλάδωσιν μεταξύ δύο σημείων

τοῦ κυκλώματος καὶ δὲν πρέπει νὰ ἐπηρεάζουν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω ὄργανα μικρὸς μαγνήτης στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητον ρεῦμα. Εἶναι ὅμως δυνατὸν τὸ ρεῦμα νὰ διαρρέῃ μικρὸν πηνίον, τὸ ὁποῖον στρέφεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἀκίνητος μαγνήτης.



Σχ. 216. Σχηματικὴ διάταξις γαλβανομέτρου με κινητὸν πηνίον.



Σχ. 217. Ἀρχὴ τῶν θερμικῶν ὀργάνων μετρήσεων. (Τὸ διαστελλόμενον σύρμα τείνεται ἀπὸ τὸ ἐλατήριον Ε καὶ ἡ τροχαλία Τ, ἐπὶ τῆς ὁποίας στερεώνεται ὁ δείκτης στρέφεται).

(σχ. 216). Εἰς τὰ θερμικὰ ὄργανα μετρήσεως ἐπιτυγχάνεται μετακίνησις τοῦ δείκτη ἐνώπιον βαθμολογημένου τόξου ἐξ αἰτίας τῆς διαστολῆς, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται σύρμα διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ρεύματος (σχ. 217).

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

141. Ρεῦμα ἐντάσεως 30 A διαρρέει εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἀγωγού;

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 μῆκους. Πόσῃ ἔντασιν πρέπει νὰ ἔχη τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ πηνίου, ἕαν 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 ἐντάσις 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 ἐντάσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ; Τί συμβαίνει, ἐὰν ἐντὸς τοῦ πηνίου εἰσαχθῆ ῥάβδος μαλακοῦ σιδήρου ἔχουσα μαγνητικὴν διαπερατότητα  $\mu = 4000$  ;

146. Πηνίον φέρει 20 σπείρας κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους καὶ ὁ ἄξων του εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ πηνίου ὑπάρχει μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίσεως. Ὄταν διὰ τοῦ πηνίου διαβιβάσωμεν ρεῦμα, ἡ βελόνη ἐκτρέπεται κατὰ  $45^\circ$ . Πόση εἶναι ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος, ἐὰν ἡ ὀριζοντία συνιστῶσα τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι  $H_0 = 0,2$  Gauss ;

147. Εὐθύγραμμον σύρμα, μήκους 12 cm, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 4 A καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 200 Gauss. Τὸ σύρμα εἶναι κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἐπὶ τοῦ σύρματος ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις ;

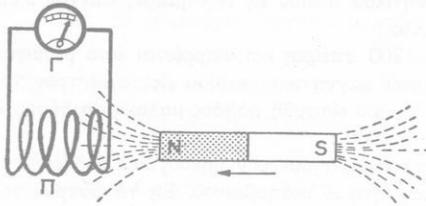
148. Δύο εὐθύγραμμα σύρματα μήκους 50 cm εἶναι παράλληλα καὶ ἀπέχουν μεταξύ των 4 cm. Τὰ σύρματα διαρρέονται ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων ἐντάσεως 15 A. Πόση εἶναι ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ ἐπὶ ἐκάστου σύρματος, ἔνεκα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἄλλου ρεύματος ;

## ΕΠΑΓΩΓΙΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

**192. Παραγωγή τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.**—Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγει πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Ὁ Faraday ἀντιστρέφων τὸ ζήτημα ἐπεζήτησε νὰ παραγάγῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν ἀνακάλυψιν αὐτὴν τοῦ Faraday στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν, αἱ ὁποῖαι σήμερον παράγουν ἀφθόνως τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὰ ἄκρα ἑνὸς πηνίου εἶναι συνδεδεμένα με εὐπαθὲς γαλβανόμετρον (σχ. 218). Τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, ἀλλ' ἐπειδὴ δὲν περιλαμβάνει καμμίαν γεννήτριαν, δὲν παρατηροῦμεν ρεῦμα. Εἰς τὸ πηνίον πλησιάζομεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον εὐθυγράμμου μαγνήτου οὕτως, ὥστε αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου του νὰ διέρχωνται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα τοῦ πηνίου διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα πολὺ μικρᾶς διαρκείας. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν ταχέως τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου ἀπὸ τὸ πηνίον, παρατηροῦμεν πάλιν

μικρᾶς διαρκείας ρεύμα, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀντίρροπον πρὸς τὸ προηγούμενως παραχθὲν ρεύμα. Τὰ οὕτω παραγόμενα ρεύματα, καλοῦνται



Σχ. 218. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

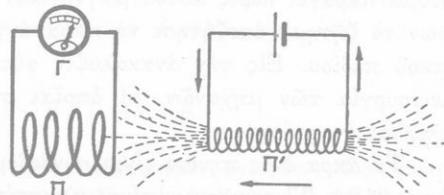
κῆς ροῆς εἶναι ἡ αἰτία τῆς γενέσεως  
"Ὡστε :

"Ὄταν μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται δι' ἑνὸς ἀγωγοῦ, τότε εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ ἀγωγοῦ ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διαρκοῦν, ὅσον διαρκεῖ καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

**193. Τρόποι παραγωγῆς ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.**—Ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου Π (σχ. 218), δύναται νὰ μεταβληθῇ κατὰ τοὺς ἐξῆς τρόπους :

α) Πλησιάζομεν εἰς τὸ πηνίον Π ἢ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ αὐτοῦ ἓνα εὐθύγραμμον μαγνήτην (σχ. 218) ἢ ἐν ἄλλο πηνίον Π', τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (σχ. 219). Τὸ πηνίον Π' συμπεριφέρεται, ὅπως ὁ εὐθύγραμμος μαγνήτης. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεύμα.

β) Τὸ πηνίον Π εὐρίσκειται ἀκίνητον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηνίου Π'



Σχ. 219. Παραγωγή ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

(σχ. 219), τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως  $I$ . Διακόπτομεν τὸ ρεύμα τοῦ πηνίου Π'. Ἡ κατάργησις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ συνεπῶς ἀνάπτει ἐπαγωγικὸν ρεύμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π. Ἐὰν ἀποκαταστήσωμεν τὸ ρεύμα εἰς τὸ πηνίον Π' προκαλεῖται πάλιν με-

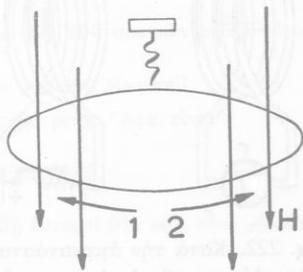
ταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π, ἐντὸς τοῦ ὁποίου γεννᾶται ἐπαγωγικὸν ρεῦμα. Γενικώτερον κάθε μεταβολή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πηνίον Π' συνεπάγεται μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ πηνίον Π καὶ ἐπομένως ἀνάπτει ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

γ) Διατηροῦμεν ἀκίνητον τὸν εὐθύγραμμον μαγνήτην ἢ τὸ πηνίον Π' τὸ διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος. Ἐὰν στρέψωμεν τὸ πηνίον Π, προκαλεῖται μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ παράγεται ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἐπαγωγικὸν ρεῦμα.

**194. Φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.**—Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος καθορίζεται ἀπὸ τὸν ἀκόλουθον **νόμον τοῦ Lenz** :

Τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τοιαύτην φορὰν, ὥστε τὸ ρεῦμα τοῦτο νὰ ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αἰτίαν, ἢ ὁποία τὸ παράγει.

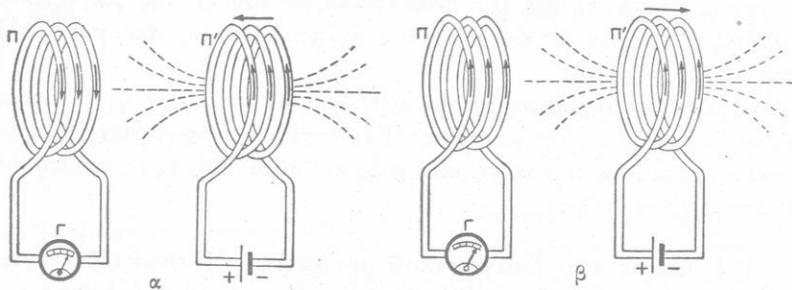
Ὅταν λοιπὸν πλησιάζωμεν εἰς τὸ πηνίον Π (σχ. 218) τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἔχει τοιαύτην φορὰν, ὥστε εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου νὰ δημιουργῆται βόρειος πόλος. Οὗτος ἀπωθεῖ τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀπομακρύνωμεν ἀπὸ τὸ πηνίον Π τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον τοῦ πηνίου Π δημιουργεῖται νότιος πόλος, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ εἰς τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ βόρειου πόλου τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν εὐκολον εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἔχομεν τὸν ἀκόλουθον μνημονικὸν κανόνα τοῦ Maxwell: Θεωροῦμεν κοχλίαν το-



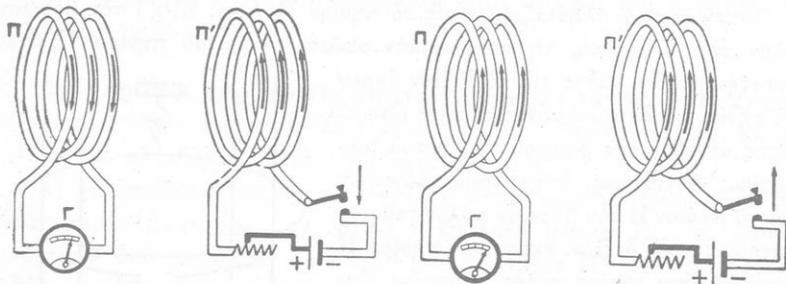
Σχ. 220. Κανὼν τοῦ κοχλίου διὰ τὴν εὑρεσιν τῆς φορᾶς τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος.

τοποθετημένον παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 220). Ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἐλαττώνεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει τὴν φορὰν, κατὰ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ στραφῇ ὁ κοχλίας διὰ νὰ προχωρήσῃ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 1). Ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἀυξάνεται, τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῦμα ἔχει φορὰν ἀντίθετον τῆς φορᾶς, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ κοχλίας στρεφόμενος προχωρεῖ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (βέλος 2).

Οὕτως εὐρίσκομεν τὴν φοράν τοῦ ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἀναπτυσσομένου ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π'



Σχ. 221. Φορὰ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος κατὰ τὴν προσέγγισιν ἢ ἀπομάκρυνσιν τοῦ πηνίου Π' (α τὸ Π' πλησιάζει πρὸς τὸ Π, β τὸ Π' ἀπομακρύνεται τοῦ Π).



Σχ. 222. Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν ἢ τὴν αὐξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ἀντίρροπον.

Σχ. 223. Κατὰ τὴν διακοπὴν ἢ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ Π' παράγεται ἐντὸς τοῦ Π ρεῦμα ἐπαγωγικὸν ὁμόρροπον.

(σχ. 221) ἢ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν καὶ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πηνίου Π' (σχ. 222, 223).

195. Ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις.— Γνωρίζομεν ὅτι ἐν κλειστὸν κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ὅταν εἰς τὸ κύκλωμα ὑπάρχη γεννήτρια, ἢ ὅποια ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ἄς 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. Ἄρα ἡ μεταβολὴ τῆς

μαγνητικής ροής δημιουργεί ἐντὸς τοῦ πηνίου Π ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, ἡ ὁποία καλεῖται **ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι :

Ἡ ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ 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 αὕτη.

$$\text{ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις: } E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t} \text{ Volt}$$

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 εὑρίσκεται 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 πεδίον καταργεῖται. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἐντὸς τοῦ πηνίου ἐπαγωγικὴ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

Ἡ ὀλικὴ 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. Ἄρα εἶναι :

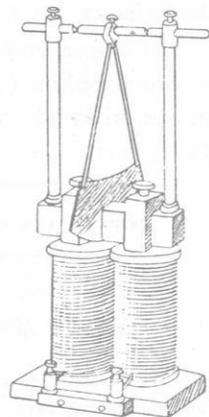
$$E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{392\,500}{0,1} = 0,03925 \text{ Volt}$$

Ἐὰν ἡ ἰδία μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς συμβῇ ἐντὸς 0,001 sec, τότε εἶναι :

$$E = 3,925 \text{ Volt}$$

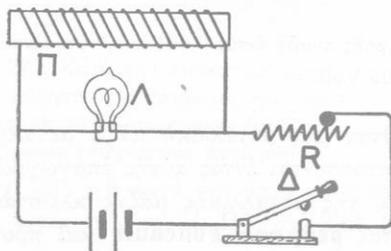
**196. Ρεύματα Foucault.**— Ὄταν μία μεταλλικὴ μάζα μετακινῆται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται ἐντὸς αὐτῆς ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα διατρέχουν ἐντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης κλειστάς τροχιάς. Τὰ ρεύματα αὐτὰ καλοῦνται **ρεύματα Foucault** καὶ προκαλοῦν ἰσχυρὰν θέρμανσιν τῆς μεταλλικῆς μάζης. Τὰ ρεύματα Foucault, συμφῶνως 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 ἠλεκτρομαγνή-

του δύναται νὰ αἰωρῆται παχεῖα μεταλλικὴ πλάξ (σχ. 224). Ὅταν διὰ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου δὲν διέρχεται ρεῦμα, αἱ αἰωρήσεις τῆς πλακὸς διαρκοῦν ἐπὶ μακρὸν χρόνον. Ὅταν ὅμως ἡ πλάξ κινῆται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργεῖται μεταξύ τῶν πόλων τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, τότε ἡ κίνησις τῆς πλακὸς γίνεται πολὺ βραδεῖα καὶ ταχέως ἡ πλάξ ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἡρεμίαν. Τὰ ρεύματα Foucault χρησιμοποιοῦνται ὡς τροχοπέδη εἰς πολλὰ ὄργανα μετρήσεων διὰ τὴν ταχεῖαν ἀπόσβεσιν τῶν ταλαντώσεων τοῦ κινητοῦ συστήματος των καὶ εἰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ἠλεκτρομαγνητικὰ φρένα).



Σχ. 224. Ἐπὶ τῆς κινουμένης πλακὸς ἀναπτύσσονται ρεύματα Foucault.

**197. Αὐτεπαγωγή.**— Κάθε ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος, δημιουργεῖ πέριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον. Οὕτω διὰ τοῦ ἀγωγοῦ διέρχεται μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ ρεύματος. Ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος καὶ ἐπομένως μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ροή ἢ διερχομένη διὰ τοῦ ἀγωγοῦ. Ὡστε, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον 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 ( $\Lambda$ ) καὶ ρυθμιζομένη ἡ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος (διὰ τῆς μεταβλητῆς ἀντιστάσεως  $R$ ),



Σχ. 225. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ.

ὥστε ὁ λαμπτήρ μόλις νὰ φωτοβολῇ. Διακόπτομεν ἀποτόμως τὸ ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἰσχυρῶς διὰ μίαν μόνον στιγμὴν. Ἡ διακοπὴ τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀπότομον μεταβολὴν τῆς

μαγνητικής ροής, ή όποία διέρχεται δια του πηνίου. Ούτως αναπτύσσεται έντός του πηνίου **ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής**, ή όποία δημιουργεί τó ρεύμα αύτεπαγωγής. Συμφώνως πρòς τόν νόμον του Lenz, α ύ ξ η σ ι ς τής έντάσεως του ρεύματος δημιουργεί ρεύμα αύτεπαγωγής **άντίρροπον** και αντίθέτως **έλάττωσις** τής έντάσεως του ρεύματος δημιουργεί ρεύμα αύτεπαγωγής **όμόρροπον**. Τò πείραμα και ή θεωρία άποδεικνύουν ότι :

Ή ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής (E) είναι ανάλογος πρòς τήν μεταβολήν ( $\Delta I$ ) τής έντάσεως του ρεύματος και αντίστροφως ανάλογος πρòς τόν χρόνον (t), έντός του όποιου συμβαίνει ή μεταβολή αύτη.

$$\text{ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής: } E = L \cdot \frac{\Delta I}{t} \text{ Volt}$$

όπου L είναι ó **συντελεστής αύτεπαγωγής** του άγωγού και ό όποιος έξαρτάται άπό τήν μορφήν και τó μέγεθος του άγωγού. Ήάν εις τήν άνωτέρω σχέσιν θέσωμεν  $\Delta I = 1$  Ampère,  $t = 1$  sec και  $E = 1$  Volt, εύρίσκομεν  $L = 1$ . Ή μονάς συντελεστού αύτεπαγωγής καλεΐται **Henry (1H)** και όρίζεται ώς έξής :

Άγωγός έχει συντελεστήν αύτεπαγωγής 1 Henry όταν, μεταβαλλομένης τής έντάσεως του ρεύματος κατά 1 Ampère έντός 1 δευτερολέπτου, αναπτύσσεται επί του άγωγού ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής ίση με 1 Volt.

**Παράδειγμα.** Πηνίον έχει συντελεστήν αύτεπαγωγής  $L = 0,2$  Henry και διαρρέεται άπό ρεύμα έντάσεως  $I = 10$  Ampère. Έντός χρόνου  $t = 0,01$  sec τó ρεύμα διακόπτεται. Έντός του πηνίου αναπτύσσεται τότε ήλεκτρεγερτική δύναμις έξ αύτεπαγωγής :

$$E = 0,2 \cdot \frac{10}{0,01} = 200 \text{ Volt}$$

#### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

149. Πλαίσιον φέρει 100 σπείρας και έχει έπιφάνειαν  $1 \text{ m}^2$ . Τò έπίπεδον του πλαισίου είναι κάθετον πρòς τó έπίπεδον του μαγνητικού μεσημβριου. Τò σύρμα του πλαισίου έχει αντίστασιν  $2 \Omega$  και συνδέεται με γαλβανόμετρον αντίστασεως  $8 \Omega$ . Τò πλαίσιον στρέφεται περι κατακόρυφον άξονα κατά  $90^\circ$ . Πόσον είναι τó

ἀναπτυσσόμενον ἐξ ἑπαγωγῆς ἠλεκτρικὸν φορτίον ; Ὅριζοντία συνιστῶσα γήινου μαγνητικοῦ πεδίου  $H_0 = 0,2$  Gauss.

150. Πηνίον ἔχει διάμετρον 20 cm καὶ φέρει 500 σπείρας. Τὸ πηνίον τοποθετεῖται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 150 Gauss οὕτως, ὥστε ὁ ἄξων του νὰ συμπίπτῃ μὲ μίαν δυναμικὴν γραμμὴν. Στρέφωμεν τὸ πηνίον κατὰ  $90^\circ$  ἐντὸς 0,1 sec, ὥστε αἱ σπείραι του νὰ γίνουιν παράλληλοι πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

151. Πηνίον Α μήκους 50 cm φέρει 500 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 10 A. Εἰς τὸ μέσον τοῦ πηνίου Α ὑπάρχει μικρὸν πηνίον Β, τὸ ὁποῖον ἔχει διάμετρον 4 cm καὶ φέρει 1000 σπείρας. Οἱ ἄξονες τῶν δύο πηνίων συμπίπτουν. Διακόπτομεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πηνίον Α ἐντὸς 0,01 sec. Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ πηνίου Β ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

152. Πηνίον φέρει 1000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν  $20 \text{ cm}^2$ . Τὸ πηνίον ἔχει ἀντίστασιν  $3 \Omega$  καὶ συνδέεται μὲ γαλβανόμετρον ἀντιστάσεως  $7 \Omega$ . Τὸ πηνίον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων ἠλεκτρομαγνήτου 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 ἠλεκτρικὸν φορτίον 0,05 Cb. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ;

153. Ρεῦμα ἐντάσεως 12 A διαρρέει πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,2 H. Ἐντὸς 0,04 sec ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἑλαττώνεται εἰς 3 A. Πόση εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ;

154. Πηνίον ἔχει συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς 0,05 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 8 A. Πόσον πρέπει νὰ μεταβληθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐντὸς 0,1 sec, διὰ νὰ ἀναπτυχθῇ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς 2 Volt ;

## ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

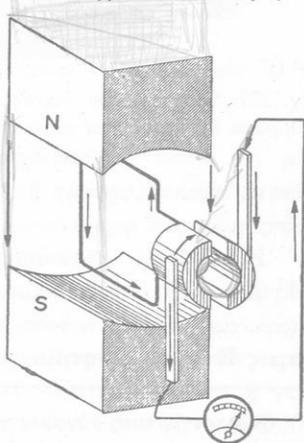
198. Ἠλεκτρικαὶ μηχαναί.— Καλοῦνται γενικῶς ἠλεκτρικαὶ μηχαναὶ αἱ ἀντιστρεπταὶ μηχαναὶ, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν καὶ ἀντιστρόφως. Αἱ γεννήτριαι ἐκτελοῦν τὴν μετατροπὴν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικὴν, οἱ δὲ κινητήρες μετατρέπουν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Αἱ ἠλεκτρικαὶ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος, (§ 154) ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ ἐξῆς κύρια μέρη: τὸν ἐπαγωγέα, τὸ ἐπαγωγίμιον καὶ τὸν συλλέκτην.

Ὁ ἐπαγωγέυς εἶναι ἠλεκτρομαγνήτης, μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ ὁποίου δημιουργεῖται ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ ἐπαγωγίμιον ἀποτελεῖ κλειστὸν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον στρέφεται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως, διὰ νὰ προκαλῆται συνεχῶς μετα-

βολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ συλλέκτης εἶναι κατάλληλον σύστημα, διὰ τοῦ ὁποίου τὰ ἐντὸς τοῦ ἐπαγωγίμου παραγόμενα ἐπαγωγικά ρεύματα μεταβιβάζονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα τῆς καταναλώσεως.

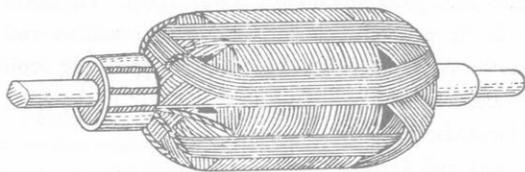
**199. Γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος.**—Ἡ λειτουργία τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἐξῆς ἀρχῆς: "Ἀς θεωρήσωμεν ὀρθογώνιον πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον σύρμα (σχ. 226). Τὸ πλαίσιον δύναται νὰ στρέφεται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ἐπαγωγέως περι ἄξονα κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουν εἰς δύο μεμονωμένους ἡμιδακτυλίους (συλλέκτης), οἱ ὁποιοὶ εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς καὶ στρέφονται μετ' αὐτοῦ. Ἐκαστος ἡμιδακτύλιος εὐρίσκεται πάντοτε εἰς ἐπαφὴν μὲ ἓν ἔλασμα (ψήκτρα). Ὅταν 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 οὐδετέρα γραμμὴ. Ὅταν τὸ πλαίσιον στρέφεται κατὰ  $90^\circ$ , ἢ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται μεταξὺ τῆς τιμῆς 0 (τὸ πλαίσιον παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς) καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς  $\Phi$  (τὸ πλαίσιον κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς).

Ἡ φορὰ τοῦ ἐπαγωγικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ πλαισίου ἀλλάσσει, ὁσάκις τὸ πλαίσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς. Τότε ὅμως ἡ μία ψήκτρα τοῦ συλλέκτου παύει νὰ ἐφάπτεται τοῦ ἐνὸς ἡμιδακτυλίου καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἄλλον ἡμιδακτύλιον τοῦ συλλέκτου. Οὕτω τὸ ρεῦμα ἐξέρχεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ἀπὸ τὴν αὐτὴν πάντοτε ψήκτραν, ἢ ὅποια ἀποτελεῖ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας, ἐνῶ ἡ ἄλλη ψήκτρα ἀποτελεῖ τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Εἰς



Σχ. 226. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα διοχετεύονται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ὡς συνεχῆς ρεῦμα.

τὴν πρᾶξιν, ἀντὶ ἑνὸς πλαισίου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ πλαίσια, τὰ ὅποια καταλήγουν εἰς ἰσάριθμα ζεύγη τομέων, τὰ ὅποια εἶναι μεμονωμένα καὶ ἀποτελοῦν τὸν συλλέκτην. Τὰ πλαίσια διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου ἀπὸ μαλακὸν σιδήρουν (σχ. 227). Οὗτος χρησιμεύει διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (§ 187) καὶ συνεπῶς διὰ τὴν αὐξήσιν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τῆς γεννητρίας τροφοδοτεῖται μὲ μέρος τοῦ ρεύματος, τὸ



Σχ. 227. Ἐπαγωγίμον τυμπάνου, εἰς τὸ ὅποιον τὰ σύρματα διατάσσονται κατὰ μῆκος τῶν γενετειρῶν κυλίνδρου.

ὅπου ἡ ἐπαγωγίμων ἐπιφανεία τῆς μηχανῆς (αὐτοδιέγερσις τῆς μηχανῆς).

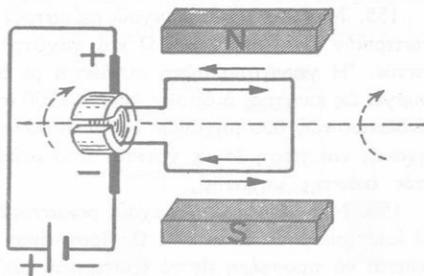
Ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλίνδρου τὸ ἐπαγωγίμον φέρη  $N$  εὐθύγραμμα σύρματα καὶ ἡ συχνότης περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι  $\nu$ , τότε ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E$  τῆς γεννητρίας εἶναι :

$$\text{ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις γεννητρίας : } E = \frac{1}{10^8} \cdot N \cdot \nu \cdot \Phi \text{ Volt}$$

ὅπου  $\Phi$  εἶναι ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὅποια διέρχεται δι' ὅλοκλήρου τοῦ ἐπαγωγίμου. Ἡ ἀπόδοσις τῶν γεννητριῶν ἀνέρχεται εἰς 75 %, ἕως 98 %.

**200. Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος.**— Ἄς θεωρήσωμεν τὴν περίπτωσιν τοῦ πλαισίου τοῦ σχήματος 228. Ἡ μία ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος καὶ ἡ ἄλλη ψήκτρα συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας. Τότε τὸ πλαίσιον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἐπὶ ἐκάστης πλευρᾶς τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Οὕτω δημιουργεῖται ζεῦγος δυνάμεων, τὸ ὅποιον στρέφει τὸ πλαίσιον, ἕως ὅτου τοῦτο

γίνη κάθετον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τότε ὁμως ἀλλάσσει ἡ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν μὲ τοὺς ἡμιδακτυλίους τοῦ συλλέκτου καὶ δημιουργεῖται πάλιν ζεύγος δυνάμεων, τὸ ὁποῖον συνεχίζει τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν. Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ κινητῆρες οὗτοι εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι μὲ τὰς γεννητριάς. Ἡ ἀπόδοσις τῶν ἠλεκτροκινητῶν ἀνέρχεται εἰς 70 % ἕως 98 %.



Σχ. 228. Ἀρχὴ τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος

**201. Μειονέκτημα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος.**—Ἐστω ὅτι μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως  $I = 20$  Ampère ὑπὸ τάσιν  $U = 10\,000$  Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως μὲ γραμμὴν ἔχουσαν ἀντίστασιν  $R = 300$  Ohm. Ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχὴν  $P = U \cdot I$  ἢτοι  $P = 200\,000$  Watt. Ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἰσχύς  $P' = I^2 \cdot R$ , ἢτοι χάνονται  $P' = 120\,000$  Watt. Ἄρα εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἴση μὲ  $80\,000$  Watt. Ἐστω τώρα ὅτι ἡ γεννήτρια παρέχει ρεῦμα ἐντάσεως  $I = 2$  Ampère ὑπὸ τάσιν  $U = 100\,000$  Volt. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται πάλιν διὰ τῆς ἰδίας γραμμῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ γεννήτρια παρέχει εἰς τὸ κύκλωμα ἰσχὴν  $P = 200\,000$  Watt, ὅσην παρείχεν καὶ προηγουμένως. Ἀλλὰ τώρα ἐπὶ τῆς γραμμῆς χάνεται ἰσχύς  $P' = I^2 \cdot R$  ἢτοι  $P' = 1200$  Watt. Οὕτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως φθάνει ἰσχύς ἴση μὲ  $198\,800$  Watt. Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου καταφαίνεται ὅτι, διὰ νὰ μεταφερθῇ τὸ ρεῦμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, πρέπει τὸ ρεῦμα νὰ ἔχη μὲ γ ἄ λ η ν τ ἄ σ ι ν καὶ μ ι κ ρ ἄ ν ἔ ν τ α σ ι ν. Ἄλλ' αἱ γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος δὲν δύνανται νὰ μᾶς δώσουν τὰς ἐπιθυμητὰς μεγάλας τάσεις. Οὕτω τὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ μεταφερθῇ εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, διότι δημιουργεῖ τεραστίαν ἀπώλειαν ἐνεργείας ἐπὶ τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

155. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 300 Volt, εσωτερικήν αντίστασιν 0,5 Ω και ταχύτητα περιστροφής 1500 στροφάς κατά λεπτόν. Ἡ γεννήτρια αὕτη συνδέεται με ἄλλην ὁμοίαν μηχανήν, ἡ ὁποία λειτουργεῖ ὡς κινητήρ, ὁ ὁποῖος ἐκτελεῖ 1200 στροφάς κατά λεπτόν. Οἱ ἄγωγοι τῆς συνδέσεως τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν ἀντίστασιν 4 Ω. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς ἐκάστης μηχανῆς καὶ πόση ἰσχύς χάνεται ὑπὸ μορφῆν θερμότητος ἐπὶ τῆς γραμμῆς καὶ ἐντὸς ἐκάστης μηχανῆς ;

156. Μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 120 Volt καὶ εσωτερικήν ἀντίστασιν 1 Ω. Πόση εἶναι ἡ μεγίστη δυνατὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ προσφέρῃ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ἡ γεννήτρια αὕτη; Πόση εἶναι τότε ἡ ἀπόδοσις τῆς γεννητρίας ;

157. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος έχει ηλεκτρεγερτική δύναμιν 120 Volt, καὶ εσωτερικήν ἀντίστασιν 1 Ω. Ἡ γεννήτρια τροφοδοτεῖ λαμπτήρας διὰ πυρακτώσεως λειτουργοῦντας ὑπὸ τάσιν 110 Volt. Ἐκαστος λαμπτήρ, ὅταν λειτουργῇ κανονικῶς, ἔχει ἀντίστασιν 440 Ω. 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 κινητήρα εὐρισκόμενον μακρὰν τῆς γεννητρίας. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῆς γραμμῆς, ἂν θέλωμεν νὰ χρησιμοποιοῦν ὁ κινητήρ τὰ 0,90 τῆς ἰσχύος, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα ; Πόση εἶναι τότε ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τοῦ κινητήρος ;

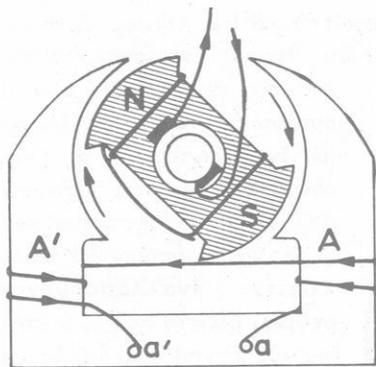
159. Δύο δυναμοηλεκτρικαὶ μηχαναὶ A καὶ B ἔχουν ἀντιστάσεις  $r_A = 30 \Omega$  καὶ  $r_B = 15 \Omega$ , συνδέονται δὲ μεταξὺ των με ἄγωγους, οἱ ὁποῖοι ἔχουν ἀντίστασιν  $R = 5 \Omega$ . Ἡ A λειτουργεῖ ὡς γεννήτρια καὶ εἰς τοὺς πόλους της ἡ τάσις εἶναι 120 Volt, ἡ δὲ B λειτουργεῖ ὡς κινητήρ καὶ εἰς τοὺς πόλους της ἡ τάσις εἶναι 90 Volt. Πόση εἶναι ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς A καὶ ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς μηχανῆς B ;

160. Μία ὑδατόπτωσης παρέχει ἰσχὺν 600 kW εἰς γεννήτριαν ἔχουσαν ἀπόδοσιν 90%. Τὸ ρεῦμα μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως με ἄγωγους ἔχοντας ἀντίστασιν 300 Ω. Πόση εἶναι ἡ βιομηχανικὴ ἀπόδοσις τῆς ἐγκαταστάσεως, ὅταν ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας εἶναι 20 000 Volt καὶ ὅταν εἶναι 100 000 Volt ;

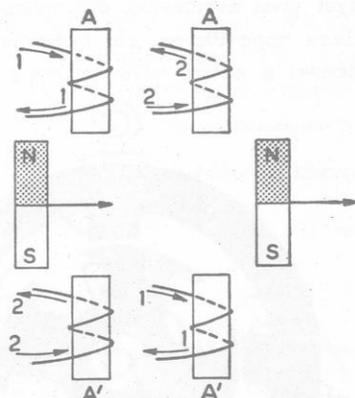
## ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

202. Ἐναλλακτῆρες—Σήμερον, ἀντὶ τοῦ συνεχούς ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἔχει πάντοτε τὴν ἰδίαν φορὰν, χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα τὸ **ἐναλλασσόμενον ρεῦμα**, τοῦ ὁποῖου ἡ φορὰ ἐναλλάσσεται περιοδι-

κώς. Αί γεννήτριαι, αί όποίαι παράγουν έναλλασσόμενον ρεύμα καλούνται ειδικώτερον **έναλλακτῆρες**. Είς τούτους ό **έπαγωγούς** είναι ήλεκτρομαγνήτης, ό όποιος δύναται νά περιστρέφεται περι άξονα (σχ.

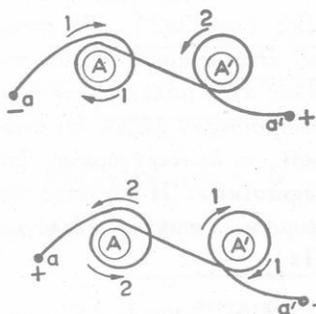


Σχ. 229. Σχηματική παράστασις έναλλακτῆρος.



Σχ. 230. Τά ρεύματα έντός τών πηνίων Α και Α' έχουν πάντοτε αντίθετον φοράν.

229). Ό ήλεκτρομαγνήτης τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα, τó όποιον παράγει γεννήτρια συνεχούς ρεύματος. Τó **έπαγωγίμον** είναι άκίνητον και άποτελείται από δύο πηνία Α και Α', τά όποία φέρουν κοινόν πυρήνα από μαλακόν σίδηρον. Τó σύρμα εις τά δύο πηνία είναι τυλιγμένον κατ' αντίθετον φοράν, τά δέ δύο έλεύθερα άκρα τού σύρματος καταλήγουν εις τούς άκροδέκτας α και α'.

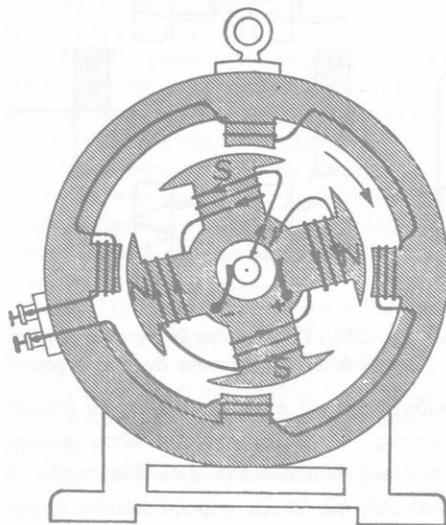


Σχ. 231. Εις έκάστην στιγμήν τά δύο αντίθετα ρεύματα προστίθενται.

παράγεται έπαγωγικόν ρεύμα έχον τήν φοράν 1. Μετ' όλιγον ό βόρειος πόλος Ν άπομακρύνεται από τó πηνίον Α και έντός τού πηνίου τούτου παράγεται έπαγωγικόν ρεύμα, έχον τήν αντίθετον φοράν 2. Τά ίδια

κατά τήν περιστροφήν τού ήλεκτρομαγνήτου προκαλείται μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς εις τά δύο πηνία. Έστω ότι εις μίαν στιγμήν ό βόρειος πόλος Ν τού ήλεκτρομαγνήτου πλησιάζει πρòς τó πηνίον Α. Τότε έντός τού πηνίου Α (σχ. 230).

συμβαίνουν και εἰς τὸ πηνίον Α' μετὴν διαφορὰν ὅτι εἰς ἐκάστην στιγμήν τὰ δύο πηνία Α καὶ Α' διαρρέοντα ἀπὸ ἐπαγωγικά ρεύματα ἀντιθέτου φορᾶς. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ τύλιγμα τοῦ σύρματος εἰς τὰ δύο πηνία ἔχει γίνεαι ἀντιθέτως, διὰ τοῦτο τὰ δύο αὐτὰ ἀντίθετα ἐπαγωγικά ρεύματα προστίθενται εἰς ἐκάστην στιγμήν (σχ. 231). Οὕτως οἱ ἀκροδέκται α καὶ α' γίνονται περιοδικῶς θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς πόλος τῆς γεννητρίας. Ἐὰν δὲ συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας μετὰ ἓνα ἐξωτερικὸν ἄγωγόν, οὗτος θὰ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐναλλασσομένης περιοδικῶς φορᾶς καὶ τὸ ὅποιον διὰ τοῦτο καλεῖται **ἐναλλασσόμενον ρεῦμα**. Εἰς τὴν πράξιν ὁ ἐπαγωγεὺς ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, τὰ ὅποια περιστρέφονται ἔμπροσθεν τῶν πηνίων τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πηνίων τούτων εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγέως (σχ. 232). Τὰ πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου φέρουν πυρῆνας ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον,

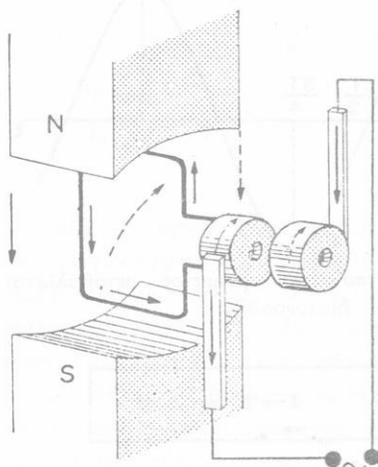


Σχ. 232. Μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ.

οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν ἐν τῷ συνόλῳ των ὀγκώδη σιδηρᾶν μάζαν. 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).

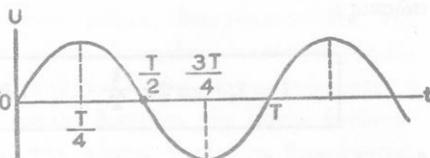
**203. Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος.**—Ὁ κινητῆρ συνεχοῦς ρεύματος δύναται νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητῆρ μονοφασικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ ἐπαγωγέως καὶ τοῦ ἐπαγωγίμου εἰς τὸν κινητῆρα νὰ συνδέωνται κατὰ σειράν. Οἱ περισσότερον ὅμως χρησιμοποιούμενοι σήμερον κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι **τριφασικοὶ κινητῆρες**.

204. Έναλλασσόμενον ρεύμα.— Κατά την περιστροφήν ἐνὸς πλαισίου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 233) ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πλαισίου μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται συνεχῶς. Οὕτως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου ἀναπτύσσεται τάσις, ἡ ὁποία μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσῃ τοῦ χρόνου (σχ. 234). Κατὰ τὰς χρονικὰς στιγμὰς  $\frac{T}{4}$  καὶ  $\frac{3T}{4}$  ἡ τάσις λαμβάνει τὴν μεγίστην ἀπόλυτον τιμὴν τῆς  $U_0$ ,



Σχ. 233. Ἡ μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται συνεχῶς.

Σχ. 234. Ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.



ἡ ὁποία καλεῖται **πλάτος τῆς τάσεως** (ἢ **μεγίστη τάσις**). Ἡ στιγμιαία τιμὴ τῆς τάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν  $t$  δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \text{ἢ} \quad U = U_0 \cdot \eta\mu 2\pi nt$$

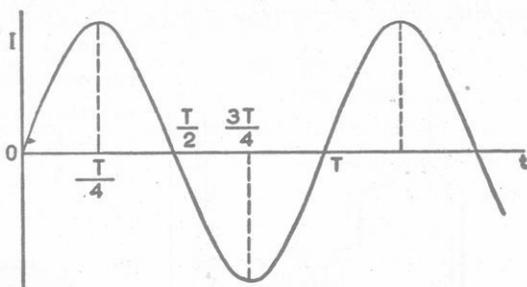
Ἐὰν καλέσωμεν :  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$ , τότε ἡ στιγμιαία τάσις δίδεται ἀπὸ τὴν ἐξίσωσιν :

$$\text{στιγμιαία τάσις :} \quad U = U_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

Τὸ  $\omega$  καλεῖται **κυκλικὴ συχνότης** τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος καὶ φανερώνει πόσαι περίοδοι ἀντιστοιχοῦν εἰς  $2\pi$  δευτερόλεπτα.

Εἰς τοὺς πόλους τοῦ έναλλακτῆρος ἀναπτύσσεται ὁμοίως έναλλασσομένη τάσις. Ὁ ἐξωτερικὸς ἄγωγός, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τοῦ

ἐναλλακτῆρος, διαρρέεται τότε ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου μεταβάλλεται ἐπίσης ἡμιτονοειδῶς συναρτήσῃ τοῦ χρόνου (σχ. 235) καὶ ἡ στιγμιαία τιμὴ  $I$  τῆς ἐντάσεως κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν  $t$  δίδεται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :



Σχ. 235. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς.

$$I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi \frac{t}{T} \quad \eta \quad I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi\nu t$$

ὅπου  $I_0$  εἶναι ἡ μεγίστη ἀπόλυτος τιμὴ τῆς ἐντάσεως καὶ ἡ ὅποια καλεῖται **πλάτος τῆς ἐντάσεως** (ἡ **μεγίστη ἔντασις**). Ἐὰν θέσωμεν :  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot \nu$ , 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 ὅτι ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι  $\nu = 40 \text{ Hz}$ , τὸ πλάτος τῆς τάσεως εἶναι  $U_0 = 100 \text{ Volt}$  καὶ τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως  $I_0 = 12 \text{ Ampère}$ . Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν  $t = \frac{1}{480} \text{ sec}$

ή στιγμιαία τάσις είναι :

$$U = U_0 \cdot \eta\mu 2\pi\nu t = 100 \cdot \eta\mu \left( 2\pi \cdot 40 \cdot \frac{1}{480} \right)$$

$$\text{ήτοι } U = 100 \cdot \eta\mu \frac{\pi}{6} = 100 \cdot \frac{1}{2} = 50 \text{ Volt}$$

ή στιγμιαία έντασις είναι :

$$I = I_0 \cdot \eta\mu 2\pi\nu t = I_0 \cdot \eta\mu \frac{\pi}{6} \quad \text{ήτοι} \quad I = 12 \cdot \frac{1}{2} = 6 \text{ Ampère}$$

**205. Ένεργός έντασις και ένεργός τάσις.**— “Ας θεωρήσωμεν ένα άγωγόν έχοντα αντίστασιν  $R$  και ό όποϊός διαρρέεται από έναλλασσόμενον ρεύμα. Έντός μιζς περιόδου  $T$  ή έντασις τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται συνεχώς. Τό έναλλασσόμενον ρεύμα, διερχόμενον διά τοῦ άγωγοῦ επί χρόνον  $t$ , αναπτύσσει επ' αὐτοῦ ώρισμένην ποσότητα θερμότητος. Καλεῖται **ένεργός έντασις** τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ή έντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τό όποϊον διαρρέον τήν αὐτήν αντίστασιν επί τόν αὐτόν χρόνον παράγει τήν αὐτήν ποσότητα θερμότητος, τήν όποϊαν παράγει και τό έναλλασσόμενον ρεύμα. Ἀποδεικνύεται ότι:

Ἡ ένεργός έντασις ( $I_{ev}$ ) τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ίσοῦται μέ τό πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς έντάσεως ( $I_0$ ) διά τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$I_{ev} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ή} \quad I_{ev} = 0,707 \cdot I_0$$

Εἰς τά άκρα τοῦ άγωγοῦ, τόν όποϊον διαρρέει τό έναλλασσόμενον ρεύμα, ύπάρχει μία ήμιτονοειδώς μεταβαλλομένη τάσις. Καλεῖται **ένεργός τάσις** τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ή τάσις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ή όποία επί τοῦ άγωγοῦ προκαλεῖ συνεχές ρεύμα έχον έντασιν ίσην μέ τήν ένεργόν έντασιν τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος. Εὐρίσκεται δέ ότι :

Ἡ ένεργός τάσις ( $U_{ev}$ ) τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος ίσοῦται μέ τό πηλίκον τοῦ πλάτους τῆς τάσεως ( $U_0$ ) διά τῆς τετραγωνικῆς ρίζης τοῦ 2.

$$U_{ev} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad \text{ή} \quad U_{ev} = 0,707 \cdot U_0$$

Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ ἀμπερόμετρα**, ἡ δὲ ἐνεργὸς τάσις μετρεῖται μὲ τὰ **θερμικὰ βολτόμετρα**.

Ἐφαρμογὴ τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἐὰν ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ (μὴ ἔχοντος αὐτεπαγωγῆν  $L$ ) εἶναι  $R$  καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ ἐφαρμόζεται ἐνεργὸς τάσις  $U_{εν}$ , τότε ὁ νόμος τοῦ Ohm ἰσχύει ὡς ἑξῆς :

$$\text{νόμος τοῦ Ohm : } U_{εν} = I_{εν} \cdot R$$

**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  $\omega t$  καλεῖται **φάσις**. Ἄς 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 (σχ. 236). Λέγομεν τότε ὅτι ἕκαστον ρεῦμα παρουσιάζει **διαφορὰν φάσεως**  $120^\circ$  ἢ  $\frac{T}{3}$  ὡς πρὸς τὸ προηγούμενον ἢ τὸ ἐπόμενο αὐτοῦ. Αἰστιγμιαῖαι ἐντάσεις τῶν τριῶν τούτων ρευμάτων δίδονται ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις :

$$I_1 = I_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

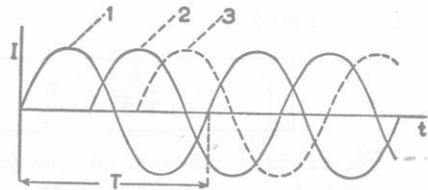
$$I_2 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 120^\circ)$$

$$I_3 = I_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 240^\circ)$$

Τὸ σύστημα τῶν ἀνωτέρω τριῶν ρευμάτων ἀποτελεῖ **τριφασικὸν ρεῦμα**. Ὡστε :

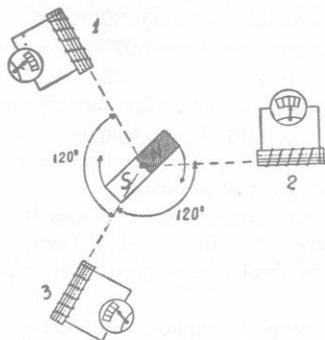
Τὸ τριφασικὸν ρεῦμα εἶναι σύστημα τριῶν μονοφασικῶν ρευμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ τοῦ αὐτοῦ πλάτους, ἀλλ' ἕκαστον τῶν ρευμάτων τούτων παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως  $120^\circ$  ὡς πρὸς τὸ ἄλλο.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν τριφασικῶν ρευμάτων χρησιμοποιοῦνται οἱ **τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες**. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τούτων κατα-

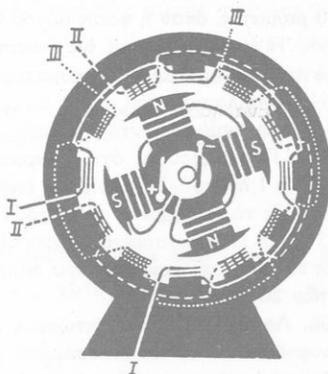


Σχ. 236. Τὰ τρία ρεύματα ἔχουν μεταξὺ των διαφορὰν φάσεως  $120^\circ$  ἢ  $\frac{T}{3}$

φαίνεται εις τὸ σχῆμα 237, ὅπου τὰ τρία πηνία τοῦ ἐπαγωγίμου διατάσσονται οὕτως, ὥστε νὰ σχηματίζουν ἀνὰ δύο γωνίας  $120^\circ$ . Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἐπαγωγέως παράγεται ἐντὸς ἐκάστου πηνίου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει διαφορὰν φάσεως  $120^\circ$  ὡς πρὸς

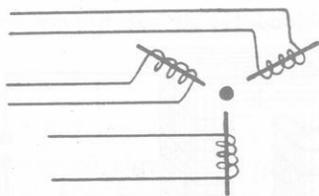


Σχ. 237. Σχηματικὴ παράστασις τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος.

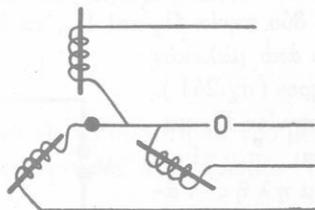


Σχ. 238. Τριφασικὴ γεννήτρια.

τὸ ρεῦμα τὸ παραγόμενον ἐντὸς ἐκάστου τῶν ἄλλων δύο πηνίων. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρας ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ ἐπαγωγίμου εἶναι τριπλάσιος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων τοῦ στρεφομένου ἐπα-



Σχ. 239. Διὰ τὴν μεταφορὰν τῶν 3 ρευμάτων χρειάζονται 6 ἄγωγοί.



Σχ. 240. Οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται μετὸν οὐδέτερον ἄγωγόν Ο.

γωγέως (σχ. 238). Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος φαίνεται ὅτι ἀπαιτοῦνται 6 ἄγωγοι (σχ. 239). Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως οἱ 3 ἄγωγοι ἀντικαθίστανται μετὰ ἓνα μόνον ἄγωγόν (σχ. 240), ὁ ὁποῖος καλεῖται οὐδέτερος ἄγωγός. Οὕτω διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦνται τέσσαρες μόνον ἄγωγοί.

## 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 ( $\omega t$ ) λαμβάνη τὰς τιμὰς  $30^\circ$  ἢ  $60^\circ$  ;

163. Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις ἐναλλασσόμενου ρεύματος εἶναι 7,07 A. Πόσον εἶναι τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ;

164. Ἐναλλασσόμενον ρεύμα διαρρέει πηνίον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν 5  $\Omega$  καὶ εἶναι βυθισμένον ἐντὸς θερμοδομέτρου ἔχοντος θερμοχωρητικότητα 1000 cal/grad. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ θερμοδομέτρου ὑψώνεται κατὰ  $10^\circ$  C ἐντὸς 1 λεπτοῦ. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος ;

165. Εἰς τὸ ἐν ἄκρον  $\Sigma$  σύρματος AB φθάνει συνεχῆς ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως  $I_G = 3$  A καὶ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν ἔντασιν  $I_e = 4$  A. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ συνισταμένου ρεύματος, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἐκ τῆς προσθέσεως τῶν δύο ρευμάτων ;

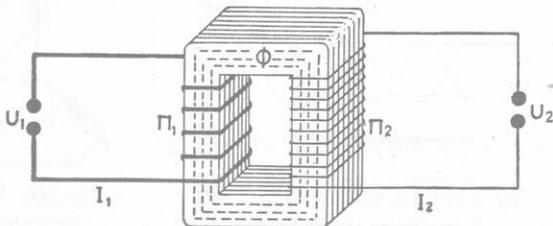
166. Λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἔχει ἔντασιν 25 κηρίων, ἀντίστασιν 440  $\Omega$  καὶ τροφοδοτεῖται μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt. Πόση εἶναι ἡ μεγίστη ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν λαμπτήρα καὶ πόση εἶναι ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς κατὰ κηρίον ;

## ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

207. Μετασχηματισταί. — Ὁ μετασχηματιστὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο πηνία  $\Pi_1$  καὶ  $\Pi_2$ , τὰ ὁποῖα τυλίσσονται εἰς τὰς πλευρὰς πλαισίου ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (σχ.241).

Τὸ πηνίον  $\Pi_1$  καλεῖται πηνίον χαμηλῆς τάσεως (ἢ πρωτεύον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀλίγας σπείρας χονδροῦ σύρματος.

Τὸ πηνίον  $\Pi_2$  καλεῖται πηνίον ὑψηλῆς τάσεως (ἢ δευτερεῦον) καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος. Τὸ πηνίον  $\Pi_1$  συνδέεται μὲ τὸν ἐναλλακτῆρα. Τὸ δὲ πηνίον  $\Pi_2$  συνδέεται μὲ τὸ κύκλωμα μεταφορᾶς τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ



Σχ. 241. Ἡ ἐναλλασσόμενη μαγνητικὴ ροὴ  $\Phi$ , τὴν ὁποῖαν παράγει τὸ πρωτεύον ρεῦμα, δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ δευτερεῦτος πηνίου  $\Pi_2$  τὸ ἐναλλασσόμενον δευτερεῦον ρεῦμα.

τοῦ πηνίου  $\Pi_1$  χαμηλῆς τάσεως διαβιβάζεται τὸ π ρ ω τ ε ὕ ο ν ρ ε ὕ μ α, τὸ ὁποῖον ἔχει συχνότητα  $N$ , ἐνεργὸν τάσιν  $U_1$  καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν  $I_1$ . Τότε ἐντὸς τοῦ μαλακοῦ σιδήρου παράγεται ἐναλλασσομένη μαγνητικὴ ροή, ἡ ὁποία, διερχομένη διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου  $\Pi_2$ , δημιουργεῖ ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐναλλασσόμενον ρεῦμα τῆς αὐτῆς συχνότητος  $N$ . Τὸ ρεῦμα τοῦτο καλεῖται δ ε υ τ ε ρ ε ὕ ο ν ρ ε ὕ μ α καὶ ἔχει ἐνεργὸν τάσιν  $U_2$  καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν  $I_2$ . Πειραματικῶς εὐρίσκεται ὅτι ἡ ἰσχύς  $U_1 I_1$  τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχύον  $U_2 I_2$  τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἥτοι εἶναι :

$$U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1 \quad \eta \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

Ἐὰν  $v_1$  καὶ  $v_2$  εἶναι ἀντιστοίχως ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ 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 ἐξῆς :

I. Αἱ ἐνεργοὶ τάσεις εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

II. Αἱ ἐνεργοὶ ἔντασεις τῶν ρευμάτων εἰς τὰ δύο πηνία τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τῶν δύο πηνίων.

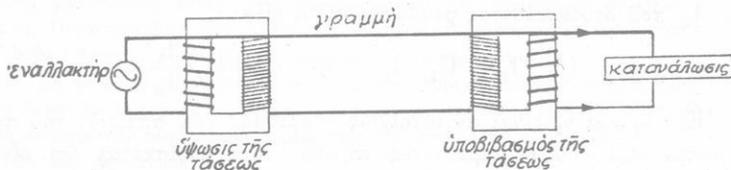
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Π α ρ ά δ ε ι γ μ α. Ἐὰν εἶναι  $v_1 = 10$  σπεῖραι,  $v_2 = 500$  σπεῖραι,  $U_1 = 1000$  Volt καὶ  $I_1 = 500$  Ampère, τότε διὰ τὸ δευτερεῖον ρεῦμα εἶναι :

$$\eta \text{ τάσις} : U_2 = U_1 \cdot \frac{v_2}{v_1} = 1000 \cdot 50 = 50000 \text{ Volt}$$

$$\eta \text{ ἔντασις} : I_2 = I_1 \cdot \frac{v_1}{v_2} = 500 \cdot \frac{1}{50} = 10 \text{ Ampère}$$

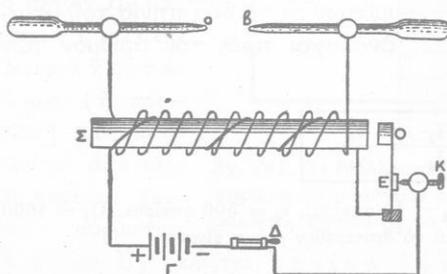
**208. Ἐφαρμογαὶ τῶν μετασχηματιστῶν.**—Οἱ μετασχηματισταὶ χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρύτατα διὰ νὰ προκαλοῦμεν κατὰ βούλησιν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἀπώλεια ἐνεργείας κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς τάσεως εἶναι ἀσήμαντος καὶ ἀνέρχεται εἰς 2 ἕως 5%. Χάρις εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς καθίσταται σήμερον δυνατὴ ἡ μεταφορὰ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Οὕτω τὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα παράγονται εἰς τοὺς μεγάλους σταθμοὺς ἠλεκτροπαραγωγῆς, μεταφέρονται εἰς τὸν τόπον



Σχ. 242. Μεταφορὰ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑπὸ ὑψηλὴν τάσιν.

τῆς καταναλώσεως ὑπὸ τάσεις 20 000 ἕως 500 000 Volt. Πρὸς τοῦτο εἰς τὸν σταθμὸν ἠλεκτροπαραγωγῆς ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑ ψ ὰ σ ε ω ς τῆς τάσεως. Ἀντιθέτως εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως ὑπάρχει μετασχηματιστὴς ὑ π ο β ι β α σ μ ο ῦ τῆς τάσεως (σχ. 242). Εἰς πολλὰς ἄλλας ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται σήμερον μικροὶ μετασχηματισταί, ὅπως π.χ. διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ κώδωνος, τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ, εἰς διάφορα ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια κ.ἄ.

**209. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.**—Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (ἢ πηνίον τοῦ Ruhmkorff) εἶναι ὄργανον ἀνάλογον πρὸς τὸν μετασχηματιστὴν.



Σχ. 243. Ἐπαγωγικὸν πηνίον.

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδή-

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα χαμηλῆς τάσεως καὶ παρέχει ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως. Διὰ νὰ προκαλέσωμεν μεταβολὰς τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τοῦ δευτερεύοντος πηνίου, διακόπτομεν καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ ρεῦμα εἰς τὸ πρωτεύον πηνίον.

ρου, περίξ τοῦ ὁποίου τυλίσσονται αἱ ὀλίγαι σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (σχ. 243). Τὸ δευτερεῖον πηνίον, ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰς σπεῖρας λεπτοῦ σύρματος, περιβάλλει τὸ πρωτεῖον πηνίον. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ σύρματος τοῦ δευτερεύοντος πηνίου καταλήγουν εἰς δύο ἀγωγούς α καὶ β. Αἱ διακοπαὶ καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον πηνίον γίνονται μὲ τὴν βοήθειαν διακόπτου, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ ὅπως καὶ ὁ διακόπτης τοῦ ἠλεκτρικοῦ κώδωνος. Κατὰ τὴν διὰ τὸ πηνίου τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον πηνίον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ὁ μ ὀ ρ ρ ο ν πρὸς τὸ πρωτεῖον ρεῦμα. Κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον παράγεται ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ρεῦμα ἀ ν τ ῖ ρ ρ ο ν πρὸς τὸ πρωτεῖον ρεῦμα. Οὕτω μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β ἀναπτύσσεται ἐναλλασσομένη τάσις, ἡ ὁποία ἀνέρχεται εἰς πολλὰς χιλιάδας Volt, διότι αἱ σπεῖραι τοῦ δευτερεύοντος πηνίου εἶναι πολὺ περισσότεραι ἀπὸ τὰς σπεῖρας τοῦ πρωτεύοντος πηνίου (§ 207). Μεταξὺ τῶν δύο σφαιρῶν α καὶ β παράγονται τότε ἐναλλασσόμενοι ἠλεκτρικοὶ σπινθῆρες. Οὗτοι ἀποδεικνύουν ὅτι ἡ ἀναπτυσσομένη ὑψηλὴ τάσις μεταξὺ τῶν σφαιρῶν α καὶ β καθιστᾷ δυνατὴν τὴν διέλευσιν τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος διὰ μέσου τοῦ ἀέρος. Ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου δευτερεύοντος ρεύματος εἶναι ἴση πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν διακοπῶν τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν αὐξήσιν τῆς συχνότητος, χρησιμοποιοῦμεν εἰδικούς διακόπτας, οἱ ὁποῖοι προκαλοῦν πολλὰς χιλιάδας διακοπῶν τοῦ ρεύματος κατὰ δευτερόλεπτον. Ἐὰν ἡ ἀπόστασις τῶν σφαιρῶν ὑπερβῇ ἐν ὄριον, τότε σχηματίζονται σπινθῆρες μόνον ἐκ τῆς μιᾶς σφαίρας πρὸς τὴν ἄλλην. Οὗτοι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς διακοπὰς τοῦ ρεύματος. Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν παραγωγὴν **ὑψισύχων ρευμάτων**, τὰ ὁποῖα εὐρίσκουν διαφόρους ἐφαρμογὰς (ιατρική, βενζινοκινητῆρες, ἀσύρματος τηλεγραφία κ.ἄ.).

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

167. Θέλομεν νὰ ὑποβιβάσωμεν τὴν ἐνεργὸν τάσιν τοῦ ρεύματος ἀπὸ 220 Volt εἰς 5 Volt. Ἐὰν τὸ δευτερεῖον πηνίον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχη 8 σπεῖρας, πόσας σπεῖρας πρέπει νὰ ἔχη τὸ πρωτεῖον πηνίον;

168. Εἰς μετασχηματιστὴν τὸ πρωτεῖον πηνίον ἔχει 100 σπεῖρας καὶ τὸ δευτερεῖον ἔχει 2 000 σπεῖρας. Εἰς τὸ πρωτεῖον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 110 Volt καὶ ἐνεργὸν ἔντασιν 100 A. Τὸ πρωτεῖον πηνίον ἔχει ἀντίστασιν 0,03 Ω.

Πόση είναι ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ πόση είναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ δευτερεύοντος ρεύματος, ἐὰν ἡ ἐνεργὸς τάσις αὐτοῦ είναι 2200 Volt ;

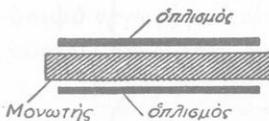
169. Μετασχηματιστὴς ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως ἔχει εἰς τὸ πρωτεύον πηνίον 4500 σπείρας καὶ εἰς τὸ δευτερεῦον 150 σπείρας. Εἰς τὸ πρωτεύον διαβιβάζεται ρεῦμα ἔχον ἐνεργὸν τάσιν 3 000 Volt, τὸ δὲ δευτερεῦον ρεῦμα διαβιβάζεται εἰς ἀντίστασιν  $R$  καὶ δαπανᾶται διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἀντιστάσεως  $R$  ἀναπτύσσεται θερμότης ἰσοδυναμοῦσα μὲ ἰσχύιν 9 kW. Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος καὶ πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις  $R$  ; Ἐπίδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 1.

170. Μία ὑδατόπτωσης ἔχει ἰσχύιν 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 3 000/50. Ἡ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι 0,95. Τὸ δευτερεῦον ρεῦμα τροφοδοτεῖ λαμπτήρας, οἱ ὅποιοι λειτουργοῦν ὑπὸ ἐνεργὸν ἔντασιν 0,75 A. Πόσους λαμπτήρας δύναται νὰ περιλάβῃ τὸ δίκτυον ;

171. Ἐπαγωγικὸν πηνίον ἔχει τὰ ἑξῆς χαρακτηριστικά. Τὸ πρωτεύον ρεῦμα ἔχει ἔντασιν 5 A, ἡ δὲ διακοπὴ αὐτοῦ συμβαίνει ἐντὸς 0,001 sec. Τὸ πρωτεύον πηνίον ἔχει 100 σπείρας καὶ συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς  $L = 0,05$  H. Τὸ δευτερεῦον πηνίον ἔχει 20 000 σπείρας, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐπιφάνειαν 200 cm<sup>2</sup>. Πόση εἶναι ἡ ἐντὸς τοῦ δευτερεύοντος πηνίου ἀναπτυσσομένη ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεύον ;

## Π Υ Κ Ν Ω Τ Α Ι

**210. Πυκνωταί.**— Εἰς πολλὰ κυκλώματα ἐναλλασσομένων ρευμάτων παρεμβάλλονται δι' ὠρισμένον σκοπὸν εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **πυκνωταί**. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μεμονωμένας μεταλλικὰς πλάκας (σχ. 244), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑπάρχει στρῶμα μονωτικοῦ σώματος



Σχ. 244. Πυκνωτής.

(ῥαλος, παραφίνη, χάρτης, μαρμαρυγίας, ἀήρ). Αἱ μεταλλικαὶ πλάκες καλοῦνται ὀ π λ ι σ μ ο ί, τὸ δὲ στρῶμα τοῦ μονωτικοῦ σώματος καλεῖται δ ι η λ ε κ τ ρ ι κ ὸ ν. Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ πυκνωτοῦ θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 245. Ὁ διακόπτης  $\Delta$  ἐπιτρέπει νὰ συνδεθοῦν οἱ δύο ὀπλισμοὶ  $B_1$  καὶ  $B_2$  τοῦ πυκνωτοῦ, εἴτε μὲ τοὺς πόλους μιᾶς γεννητῆρας συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε μεταξὺ των. Κατὰ σειρὰν μὲ τὸν πυκνωτὴν εἶναι συνδεδεμένον β α λ λ ι σ τ ι κ ὸ ν γ α λ β α ν ὸ μ ε τ ρ ο ν Γ.

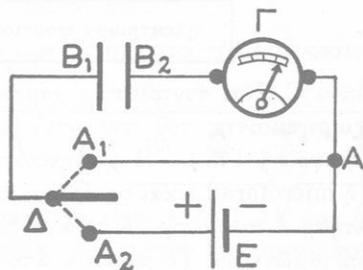
Τὸ ὄργανον τοῦτο δεικνύει δι' ἀποτόμου ἐκτροπῆς τῆς βελόνης του τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται δι' αὐτοῦ καὶ τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τοῦ φορτίου. Ἄς ἐκτελέσωμεν τῶρά τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

α) Φέρομεν τὸν διακόπτην  $\Delta$  εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ  $A_1$ . Ἡ βελὸνῃ τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἀποκλείνει, ἄρα δὲν διήλθεν δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν φορτίον. β) Φέρομεν τὸν διακόπτην εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ  $A_2$ . Ἡ βελὸνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται διὰ μίαν στιγμὴν καὶ ἀμέσως ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν. Διὰ τοῦ

γαλβανομέτρου διήλθεν ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$ . γ) Ἐπαναφέρομεν τὸν διακόπτην  $\Delta$  εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ  $A_1$ . Ἡ βελὸνῃ τοῦ γαλβανομέτρου ἐκτρέπεται τῶρα κατ' ἀντίθετον φορὰν καὶ δεικνύει ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διήλθεν τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$ , ἀμέσως δὲ ἡ βελὸνῃ ἐπανέρχεται εἰς τὴν διαίρεσιν μηδέν.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἐρμηνεύονται ὡς ἐξῆς : Ὅταν οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μὲ τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας κυκλοφορεῖ ἐντὸς τοῦ κυκλώματος διὰ μίαν στιγμὴν ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$  καὶ μεταξὺ τῶν δύο ὄπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δημιουργεῖται διαφορὰ δυναμικοῦ  $U$ , ἴση μὲ ἐκείνην, ἣ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πόλων τῆς γεννητρίας. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται. Ὅταν οἱ ὄπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθοῦν μεταξὺ τῶν δι' ἐνὸς σύρματος ( $A_1 A$ ) τότε ὁ πυκνωτὴς ἐκκενοῦται παρέχων εἰς τὸ κύκλωμα τὸ αὐτὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$ . Μετὰ τὴν ἀκαριαίαν ἐκκένωσιν τοῦ πυκνωτοῦ, ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ὄπλισμῶν του γίνεται ἴση μὲ μηδέν. Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$ , τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ κατὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ καὶ τὸ ὁποῖον ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ καλεῖται **ἠλεκτρικὸν φορτίον** τοῦ πυκνωτοῦ.

**211. Χωρητικότης πυκνωτοῦ.**—Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους γεννητριῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διαφόρους ἠλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις (σχ. 245), εὐρίσκομεν διὰ τοῦ βαλλιστικοῦ γαλβανομέτρου ὅτι :



Σχ. 245. Φόρτισις καὶ ἐκφόρτισις πυκνωτοῦ.

Τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον  $Q$  τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ  $U$  μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν του.

$$\text{ἠλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ: } Q = C \cdot U$$

ὅπου  $C$  εἶναι συντελεστὴς χαρακτηριστικὸς τοῦ πυκνωτοῦ καὶ καλεῖται **χωρητικότητα** τοῦ πυκνωτοῦ (κατ' ἀναλογίαν πρὸς τὴν χωρητικότητα ἀγωγοῦ § 145). Ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ μετρεῖται εἰς Farad (ἢ microfarad) καὶ φανερώνει πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ ὁ πυκνωτὴς, διὰ νὰ αὐξηθῇ κατὰ 1 Volt ἢ τάσις μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν του. Τὸ πείραμα ἀποδεικνύει ὅτι :

Ἡ χωρητικότης ( $C$ ) τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας ( $\sigma$ ) τῶν ἀπέναντι ἀλλήλων ὀπλισμῶν του, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ πάχος ( $l$ ) τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ διηλεκτρικοῦ.

$$\text{χωρητικότης πυκνωτοῦ: } C = \epsilon \cdot \frac{\sigma}{4\pi l}$$

Ὁ συντελεστὴς  $\epsilon$  ἀναφέρεται εἰς τὸ διηλεκτρικὸν καὶ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερά**. Διὰ τὸν ἀέρα εἶναι  $\epsilon = 1$ .

Διηλεκτρικὴ σταθερά			
Ἀήρ	1	Μαρμαρυγίας	6 - 8
Παραφίνη	2,1	Ἰαλός	5 - 7
Χάρτης	2,5	Οἰνόπνευμα	25
Ἐβονίτης	2,6	Ἰδωρ	80

**Παράδειγμα.** Δύο μεταλλικοὶ δίσκοι ἀκτίνος 20 cm, χωρίζονται μὲ πλάκα ὑάλου πάχους 2 mm. Διὰ τὴν ὑάλον εἶναι  $\epsilon = 6$ . Ὁ πυκνωτὴς οὗτος ἔχει χωρητικότητα :

$$C = \frac{6 \cdot 400 \pi}{4 \pi \cdot 0,2} = 3000 \text{ C.G.S.}$$

$$\text{ἢ } C = \frac{3 \cdot 10^9}{9 \cdot 10^5} = \frac{1}{300} \mu\text{F}$$

**212. Ἐνέργεια πυκνωτοῦ.**—Ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς ἀγω-

γού, φέροντος ἐπ' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν φορτίον, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ, εὐρίσκεται ὅτι :

Ἡ ἐνέργεια , τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ὁ πυκνωτὴς κατὰ τὴν ἐκκένωσιν αὐτοῦ, εἶναι :

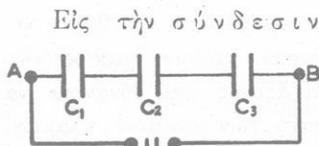
$$\text{ἐνέργεια πυκνωτοῦ: } W = \frac{1}{2} Q \cdot U = \frac{1}{2} C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$$

Οὕτως, ἂν ἡ χωρητικότης ἐνὸς πυκνωτοῦ εἶναι  $C = 1 \mu\text{F}$  καὶ ὁ πυκνωτὴς φορτισθῇ ὑπὸ τάσιν  $U = 10\,000 \text{ Volt}$ , τότε ἡ ἀποταμιευμένη ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἐνέργεια εἶναι :

$$W = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{10^6} \cdot (10\,000)^2 = 50 \text{ Joule}$$

**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 μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης  $C_{ολ}$  τῆς συστοιχίας εἶναι :

$$C_{ολ} = C_1 + C_2 + C_3$$

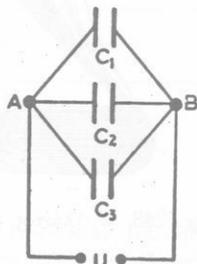


Σχ. 247. Σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειράν.

Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ σειράν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης  $C_{ολ}$  τῆς συστοιχίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

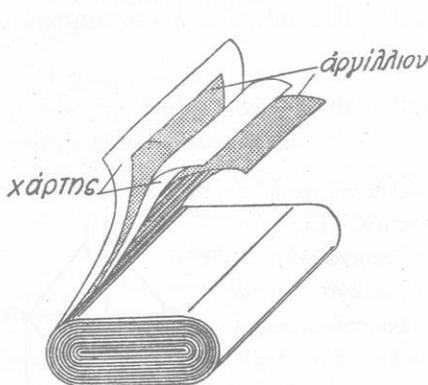
**214. Μορφαὶ πυκνωτῶν.** — Ὁ ἀνωτέρω ἐξετασθεὶς πυκνωτὴς



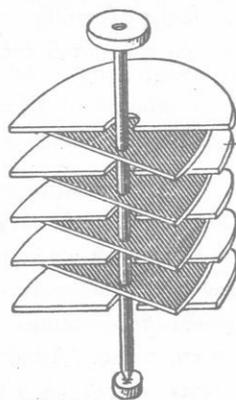
Σχ. 246. Σύνδεσις πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ.

Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ σειράν οἱ πυκνωταὶ συνδέονται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 247. Οὕτω μεταξύ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἐκάστου πυκνωτοῦ ὑπάρχει μέρος μόνον τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τῆς συστοιχίας. Ἀποδεικνύεται ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χωρητικότης  $C_{ολ}$  τῆς συστοιχίας εὐρίσκεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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 χάρτου (σχ. 248). Οἱ ὄπλισμοὶ καὶ τὸ διηλεκτρικὸν τυλίσσονται, ὥστε ὁ πυκνωτὴς νὰ ἔχῃ μικρὸν ὄγκον. Οἱ μεταβλητοὶ πυκνωταὶ ἔχουν συνήθως ὡς διηλεκτρικὸν τὸν ἀέρα. Ὁ εἰς ὄπλισμὸς τῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σειρὰν ἀκινήτων ἡμικυκλικῶν



Σχ. 248. Φυλλωτὸς πυκνωτής.



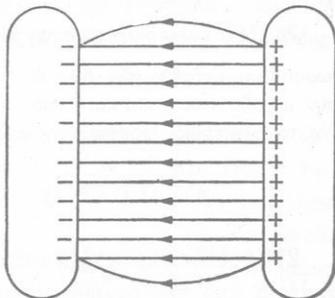
Σχ. 249. Μεταβλητὸς πυκνωτής.

πλακῶν, αἱ ὁποῖαι συνδέονται μὲ μεταλλικὰς ράβδους (σχ. 249). Ὁ ἄλλος ὄπλισμὸς τῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ σειρὰν ὁμοίων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι στερεωμέναι ἐπὶ ἄξονος καὶ δύνανται νὰ εἰσάγωνται περισσότερον ἢ ὀλιγώτερον μεταξὺ τῶν μονίμων πλακῶν. Διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ κινητοῦ ὄπλισμοῦ ἐπιτυγχάνεται ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ τοιοῦτοι πυκνωταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Εἰς μερικὰς περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται πυκνωταὶ μὲ ὑγρὰ διηλεκτρικὰ (π.χ. ὀρυκτέλαιον).

**215. Ὅμογενὲς ἠλεκτρικὸν πεδίον.**—Ὅταν ὁ πυκνωτὴς εἶναι φορτισμένος, τότε ἐπὶ τῶν δύο ὄπλισμῶν του ὑπάρχουν ἴσα ἑτερόνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία αὐτὰ συναθροίζονται ἐπὶ τῶν ἐπιφανειῶν

των όπλισμών, αί όποια εύρισκονται άπέναντι άλλήλων ( σχ. 250 ). Μεταξύ των δύο παραλλήλων όπλισμών σχηματίζεται **όμογενές ηλεκτρικόν πεδión**, του όποίου αί δυναμικαί γραμμαί είναι εύθεαί παράλληλοι, ή δέ έντασις αυτού είναι σταθερά. Εύρίσκεται ότι :

Η έντασις ( $E$ ) του όμογενοϋς ηλεκτρικοϋ πεδίου, τó όποϊον σχηματίζεται μεταξύ των όπλισμών του έπιπέδου πυκνωτοϋ είναι ίση με τó πηλικόν τής τάσεως ( $U$ ) μεταξύ των όπλισμών διά τής άποστάσεως ( $l$ ) των δύο όπλισμών.



Σχ. 250. Μεταξύ των όπλισμών του πυκνωτοϋ σχηματίζεται όμογενές ηλεκτρικόν πεδión.

$$\text{έντασις όμογενοϋς ηλεκτρικοϋ πεδίου : } E = \frac{U}{l}$$

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

172. Έκαστος των όπλισμών έπιπέδου πυκνωτοϋ έχει έπιφάνεια 100 cm<sup>2</sup>. Μεταξύ των όπλισμών ύπάρχει στρώμα άέρος πάχους 1 mm. Ό εις όπλισμός του πυκνωτοϋ συνδέεται με τήν γήν, ό δέ άλλος με πηγήν έχουσαν σταθερόν δυναμικόν 600 Volt. Πόση είναι ή χωρητικότητα και τó φορτίον του πυκνωτοϋ ;

173. Δύο φύλλα άργιλλίου έχοντα διαστάσεις 15 cm × 30 cm είναι έπικολλημένα επί των δύο όψεων παραφινωμένου χάρτου, έχοντος πάχος 0,2 mm και διηλεκτρικήν σταθεράν 2,5. Πόση είναι ή χωρητικότητα του πυκνωτοϋ ;

174. Πυκνωτής έχει χωρητικότητα 25 μF. Πόση διαφορά δυναμικοϋ πρέπει να έφαρμοσθή μεταξύ των δύο όπλισμών του πυκνωτοϋ, διά να άποκτήση οϋτος φορτίον 0,001 Cb; Πόσην ενέργεια έχει τότε ό πυκνωτής ;

175. Τρεις πυκνωταί έχουν χωρητικότητα 1 μF, 2 μF και 3 μF. Πόση είναι ή χωρητικότητα τής συστοιχίας, όταν οί πυκνωταί συνδεοϋν παραλλήλως ή κατά σειράν ;

176. Η άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών πυκνωτοϋ είναι 4 cm και μεταξύ αυτών ύπάρχει τάσις 60 Volt. Πόση είναι ή έντασις  $E$  του ηλεκτρικοϋ πεδίου ;

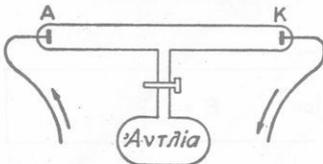
177. Η άπόστασις μεταξύ των δύο όπλισμών έπιπέδου πυκνωτοϋ είναι 3 cm.

Πόση πρέπει να είναι εις Volt ή μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν τάσις, ὥστε ἡ ἔντασις τοῦ παραγομένου ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου νὰ εἶναι ἴση με 10 C.G.S.:

178. Μία ἠλεκτρισμένη σταγὼν ἐλαίου, ἔχουσα μᾶζαν  $\frac{12}{10^{12}}$  gr, διατηρεῖται αἰωρούμενη μεταξύ τῶν δύο ὀριζοντιῶν ὀπλισμῶν πυκνωτοῦ, οἱ ὁποῖοι ἀπέχουν μεταξύ των 2 cm καὶ παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 3 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τῆς σταγόνος;  $g = 980$  C.G.S.

## ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

216. Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιῶν ἀερίων.—“Ὅλα τὰ ἀέρια ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν εἶναι μονωτά. Ἄς ἐξετάσωμεν ἂν τὰ ἀέρια ἐξακολουθοῦν νὰ ἔχουν τὴν ιδιότητα αὐτὴν καὶ ὅταν ἡ πίεσις των εἶναι μικρά. Λαμβάνομεν ἐπιμήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 251), ὁ ὁποῖος εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ φέρει συντετηγμένα δύο μεταλλικὰ ἠλεκτρόδια A (ἄνοδος) καὶ K (κάθοδος). Εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐφαρμόζομεν τάσιν πολλῶν χιλιάδων Volt συνδέοντες αὐτὰ με κατάλληλον πηγὴν (π.χ. με τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος κυκλώματος ἑνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου). Διὰ μιᾶς ἀεραντλίας δυνάμεθα νὰ ἐλαττώσωμεν προοδευτικῶς τὴν πίεσιν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ὅταν ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἶναι ἴση με τὴν ἀτμοσφαιρικὴν, δὲν παραρητοῦμεν κανέν φαινόμενον ἐντὸς τοῦ σωλῆνος. Ὅταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ ἴση με 40 mm Hg, τότε μεταξύ 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 πίεσεως προχωρήσῃ περισσότερο, ὁ σωλὴν πληροῦται ἀπὸ φωτεινὴν στήλην, ἡ ὁποία καλεῖται **θετικὴ στήλη**. Ὀλόκληρος τότε ὁ σωλὴν ἐκπέμπει ὁμοίμορφον φῶς (**σωλὴν Geissler**). Ὅταν ὅμως ἡ πίεσις γίνῃ μικροτέρα τῶν 10 mm Hg, τότε ἡ θετικὴ στήλη ἀρχίζει νὰ ὀπισθοχωρῇ πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ συγχρόνως ἐμφανίζονται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος σκοτεινὰ περιοχά. Τέλος, ὅταν ἡ πίεσις γίνῃ ἴση με 0,02 mm Hg ὅλα τὰ ἀνωτέρω φωτεινὰ φαινόμενα ἐξαφανίζονται, τὸ ἔσωτερικὸν τοῦ σωλῆνος γίνεται σκοτεινὸν καὶ μόνον τὰ τοιχώματα

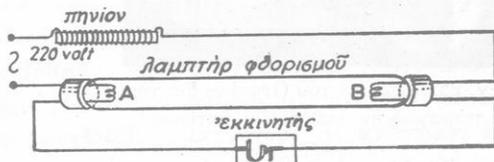


Σχ. 251. Διὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἠλεκτρικῶν ἐκκενώσεων.

τοῦ σωλήνος, τὰ εὐρίσκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, φθορίζουν καὶ ἐκπέμπουν ἀσθενὲς πράσινον φῶς. Ὁ σωλήν, ὅταν φθάσῃ εἰς αὐτὸν τὸν βαθμὸν τῆς ἀραιώσεως, ὀνομάζεται **σωλήν Crookes**. Εἰς τὴν παρατιθεμένην ἐκτὸς κειμένου ἐγχρωμον εἰκόνα δεικνύονται τὰ διάφορα στάδια τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως.

**217. Λαμπτήρες με ἀραιὸν ἀέριον.**—Ὅταν τὸ ἐντὸς τοῦ σωλήνος περιεχόμενον ἀέριον ἔχῃ πίεσιν περίπου ἴσην με 10 mm Hg, τότε ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἀερίου ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις προκαλεῖ τὴν ὁμοίωμορον 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 ἰόχρουν φῶς, τὸ νέον ἐκπέμπει ὠραῖον ὑπέρυθρον φῶς κ.τ.λ. Ἡ δι' ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διέγερσις τῆς φωτοβολίας ἑνὸς ἀραιοῦ ἀερίου εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὸν φωτισμὸν διαφόρων χώρων καὶ τὴν κατασκευὴν διαφημιστικῶν ἐπιγραφῶν. Εἰς τὸ ἐμπόριον φέρονται καὶ μικροὶ λαμπτήρες με νέον (με ἠλεκτροδία εἰς σχῆμα σταυροῦ ἢ σωληνοειδῶν), λειτουργοῦντες ὑπὸ τὴν συνήθη τάσιν τῶν 110 ἢ 220 Volt. Οἱ χρησιμοποιούμενοι σήμερον λαμπτήρες με ἀραιὸν ἀέριον λειτουργοῦν καὶ με ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

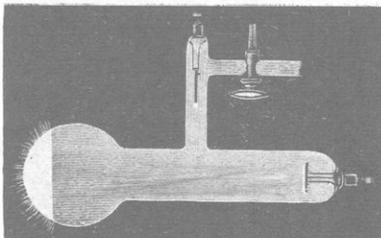
Τελευταίως διεδόθη ἡ χρῆσις τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ. Οὗτοι εἶναι ἐπιμήκεις ὑάλινοι σωλήνες, τῶν ὁποίων τὰ ἑσωτερικὰ τοιχώματα ἐπιχρῶνται με στρώμα φθορίζοντος σώματος. Ἐντὸς τοῦ σωλήνος ὑπάρχει ἓν εὐγενὲς ἀέριον καὶ μία σταγὼν ὕδραργύρου. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλήνος ὑπάρχουν ἠλεκτροδία (σχ. 252). Διὰ τὴν ἑναρξιν τῆς λειτουργίας τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἰδιαιτερον σύστημα, τὸ ὁποῖον καλεῖται ἐκκινητής. Οὗτος κλείει τὸ κύκλωμα τῶν δύο ἠλεκτροδίων τοῦ λαμπτήρος καὶ ἐντὸς αὐτοῦ συμβαίνει τότε ἐκκένωσις. Οἱ ἄτμοι τοῦ ὕδραργύρου ἐκπέμπουν ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος στρώματος. Τοῦτο ἐκπέμπει τότε



Σχ. 252. Λαμπτήρ φθορισμοῦ. Ὁ ἐκκινητής κλείει τὸ κύκλωμα τοῦ λαμπτήρος, λόγω διαστολῆς τοῦ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος σχήματος U.

λευκὸν φῶς. Οἱ λαμπτήρες φθορισμοῦ ἔχουν πολὺ μεγάλην ἀπόδοσιν. Οὕτω συνήθης ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ διὰ πυρακτώσεως ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 44 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 1,10 κηρία κατὰ δαπανώμενον Watt. Λαμπτήρ φθορισμοῦ ἰσχύος 40 Watt ἔχει ἔντασιν 168 κηρίων καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόδοσίς του εἶναι 4,2 κηρία, κατὰ δαπανώμενον Watt. Ἐπὶ πλέον ἡ μέση διάρκεια ζωῆς τῶν λαμπτήρων φθορισμοῦ εἶναι 3 ἕως 4 φορές μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν διάρκειαν ζωῆς τῶν συνήθων ἠλεκτρικῶν λαμπτήρων διὰ πυρακτώσεως.

**218. Καθοδικαὶ ἀκτίνες.**—Λαμβάνομεν ἓνα σωλῆνα Crookes καταλλήλως διαμορφωμένον, καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ δύο ἠλεκτροδία του ὑψηλὴν τάσιν (σχ. 253).



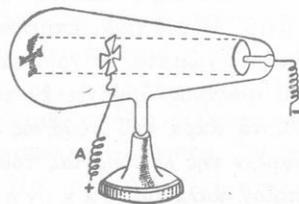
Σχ. 253. Σωλῆν τοῦ Crookes διὰ τὴν παραγωγὴν καθοδικῶν ἀκτίνων.

Παρατηροῦμεν ὅτι φθορίζει μόνον τὸ τοίχωμα τοῦ σωλῆνος, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἀκριβῶς ἀπέναντι τῆς καθόδου. Τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς καθόδου ἐκπέμπονται ἀόρατοι ἀκτινοβολίαι, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **καθοδικαὶ ἀκτίνες**. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἔχουν τὰς ἀκολούθους ιδιότητες :

1) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων, ὅπως π.χ. τῆς ὑάλου, τοῦ ἀσβεστίου, τοῦ θειοῦχου ψευδαργύρου κ.ἄ.

2) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα καὶ προκαλοῦν διαφόρους χημικὰς ἀλλοιώσεις εἰς πολλὰ σώματα. Οὕτως ὕαλος περιέχουσα μόλυβδον (κρύσταλλος) μαυρίζει, διότι ἐλευθερώνεται μόλυβδος.

3) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διαδίδονται ἐν ὕθυγρῶ μω. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων παρεμβληθῇ ἓν σῶμα, τότε ὀπισθεν τοῦ σώματος σχηματίζεται ἡ σκιά τοῦ σώματος, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν, διότι εἰς ὠρισμένην περιοχὴν τῶν τοιχωμάτων τοῦ σωλῆνος δὲν παρατηροῦμεν φθορισμὸν (σχ. 254).



Σχ. 254. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες διαδίδονται εὐθυγράμμως.

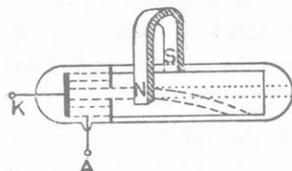
4) Αί καθοδικαί ακτίνες προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων, ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν. Οὕτω δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν λευκοπύρωσιν ἐνὸς ἐλάσματος λευκοχρύσου.

5) Αί καθοδικαί ακτίνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα. Ἐὰν εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ακτίνων παρεμβάλωμεν εὐκίνητον μύλον (σχ. 255), οὗτος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.



Σχ. 255. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες προκαλοῦν μηχανικὰ φαινόμενα.

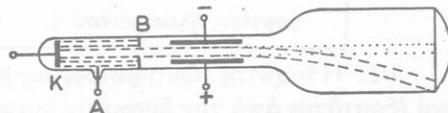
6) Αἱ καθοδικαὶ ακτίνες ἔχουν διεισδυτικὴν ἰκανότητα. Εἰς τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλήνος ἀνοίγωμεν ὀπὴν, τὴν ὁποίαν κλείομεν με λεπτὸν φύλλον ἀργιλίου (πάχους 0,001 mm). Αἱ καθοδικαὶ ακτίνες διέρχονται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ μετάλλου καὶ εἰσέρχονται ἐντὸς τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς ἀπόστασιν περίπου 5 cm ἀπὸ τῆς ὀπῆς.



Σχ. 256. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ακτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

θὰ ὑφίστατο ρεῦμα ἔχον φορὰν ἐκ τῆς ἀνόδου Α πρὸς τὴν κάθodon Κ.

8) Αἱ καθοδικαὶ ακτίνες ἐκτρέπονται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη ἀποδεικνύεται, ἐὰν μία λεπτὴ δέσμη καθοδικῶν ακτίνων διέλθῃ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ εὑρισκομένου ἐντὸς τοῦ σωλήνος (σχ. 257). Αἱ καθοδικαὶ ακτίνες ἐκτρέπονται



Σχ. 257. Ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ακτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

τότε καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐλκόμεναι ἀπὸ τὸν θετικὸν ὀπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ.

9) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἤλεκτρικὰ φορτία. Ἡ ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ καὶ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἀποδεικνύει ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες μεταφέρουν ἀρνητικὰ ἡλεκτρικὰ φορτία. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος καὶ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοποθετηθῇ μεμονωμένος κύλινδρος συνδεδεμένος μὲ ἡλεκτροσκόπιον, εὐρίσκεται ὅτι ὁ κύλινδρος ἡλεκτρίζεται ἀρνητικῶς.

10) Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματιδία ἔχοντα μᾶζαν. Ὄταν αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες διέρχωνται μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὑφίστανται ὑπὸ τοῦ ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἐκτροπὴν, ἀνάλογον πρὸς τὴν ἐκτροπὴν, τὴν ὁποίαν εὐρίσκειται ἐν σῶμα ἕνεκα τῆς ἔλξεως τῆς Γῆς, ὅταν τὸ σῶμα βάλλεται ὀριζοντίως.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματιδία ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται εὐθυγράμμως.

**219. Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.**— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατάρθωσε νὰ προσδιορίσῃ τὴν μᾶζαν, τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον καὶ τὴν ταχύτητα τῶν σωματιδίων, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Οὕτως εὐρέθη ὅτι :

I. Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἡλεκτρόνια.

II. Ἡ μᾶζα τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἴση μὲ τὸ  $\frac{1}{1850}$  τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, ἥτοι εἶναι ἴση μὲ  $9,1 \cdot 10^{-28}$  gr.

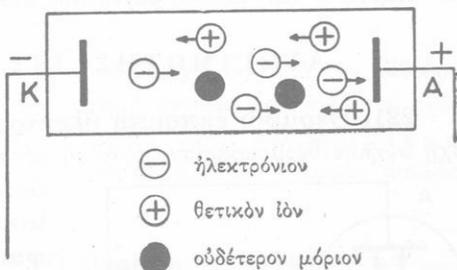
III. Τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ἴσον μὲ τὸ στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Coulomb.

μᾶζα ἡλεκτρονίου	:	m =	$9,1 \cdot 10^{-28}$	gr
φορτίον ἡλεκτρονίου	:	e =	$-1,6 \cdot 10^{-19}$	Cb

VI. Ἡ ταχύτης τῶν ἡλεκτρονίων εἶναι 20 000 ἕως 100 000 km/sec καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ὑπάρχει μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου.

**220. Παραγωγὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.**— Ἐνεκα διαφορῶν αἰτίων ἀπὸ μερικὰ μόρια τῶν ἀερίων διαφεύγει ἐν ἡλεκτρονίων καὶ

οὕτω τὰ μόρια αὐτὰ μεταβάλλονται εἰς θετικά ἰόντα. Τὸ ἀπωλεσθὲν ἠλεκτρόνιον προσκολλᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον μόριον, τὸ ὁποῖον οὕτω μεταβάλλεται εἰς ἀρνητικὸν ἰόν. Ὡστε μεταξύ τῶν οὐδετέρων μορίων τοῦ ἀερίου ὑπάρχει πάντοτε καὶ μικρὸς ἀριθμὸς θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων. Ὅταν τὸ ἀέριον εὐρεθῇ ἐντὸς τοῦ ἰσχυροῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται μεταξύ τῶν δύο ἠλεκτροδίων τοῦ καθοδικοῦ σωλῆνος, τότε τὰ ὑπάρχοντα ἐντὸς τοῦ ἀερίου ἰόντα κατευθύνονται πρὸς τὸ ἐν ἧ τὸ ἄλλο ἠλεκτρόδιον ἀναλόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ φορτίου των. Τὰ ἰόντα αὐτὰ συγκρούονται μὲ οὐδέτερα μόρια τοῦ ἀερίου. Ἐνεκα τῆς συγκρούσεως, ἀπὸ τὸ μόριον τοῦ ἀερίου ἐκφεύγουν ἠλεκτρόνια καὶ τὸ μόριον μεταβάλλεται εἰς θετικὸν ἰόν (σχ. 258). Τὰ οὕτως ἐλευθερωθέντα ἠλεκτρόνια ἀποκοτῶν μεγάλην ταχύτητα καὶ κατὰ τὴν πορείαν των πρὸς τὴν ἀνοδον συγκρούονται μὲ μόρια τοῦ ἀερίου καὶ προκαλοῦν τὸν σχηματισμὸν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων καὶ θετικῶν ἰόντων, δηλαδὴ προκαλοῦν **ἰονισμόν τοῦ ἀερίου**.



Σχ. 258. Ἴονισμὸς τοῦ ἀερίου διὰ κρούσεως.

Τὰ θετικά ἰόντα φθάνουν εἰς τὴν κάθοδον καὶ παραλαμβάνουν ἐξ αὐτῆς ἠλεκτρόνια διὰ τὴν ἐξουδετέρωσίν των· τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ ἐκφεύγουν μετ' ὀλίγον κατὰ μίαν νέαν σύγκρουσιν τῶν μορίων μὲ ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια. Ὡστε:

Ἡ παραγωγή τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ σωλῆνος Crookes ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀερίου προκαλούμενον ἐκ συνεχῶν κρούσεων (ἰονισμὸς κρούσεως).

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

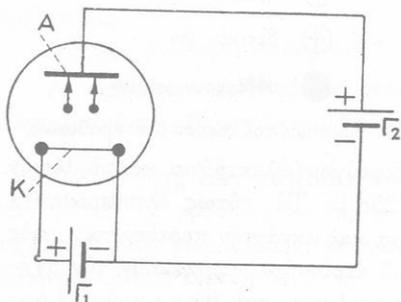
179. Εἰς ἓνα σωλῆνα Crookes ὑπάρχει μεταξύ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου τάσις  $U = 100\,000$  Volt. Πόσην ταχύτητα ἀποκοτᾷ ἐν ἠλεκτρόνιον, μετακινούμενον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ πεδίου ἀπὸ τῆς καθόδου μέχρι τῆς ἀνόδου; Μᾶζα ἠλεκτρονίου  $m = 9 \cdot 10^{-28}$  gr. Φορτίον ἠλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμὴν:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Cb.

180. Πόσην κινητικὴν ἐνέργειαν ἔχει ἓν ἠλεκτρόνιον κινούμενον μὲ ταχύτητα  $v = 100\,000$  km/sec ; Μάζα ἠλεκτρονίου  $m = 9 \cdot 10^{-28}$  gr.

181. Ἐλεκτρόνιον κινεῖται μὲ ταχύτητα  $v = 60\,000$  km/sec ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ καθέτως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Τί τροχίαν διαγράφει τὸ ἠλεκτρόνιον ; Νὰ προσδιορισθοῦν τὰ στοιχεῖα τῆς τροχιάς. Μάζα ἠλεκτρονίου  $m = 9 \cdot 10^{-28}$  gr. Φορτίον ἠλεκτρονίου κατ' ἀπόλυτον τιμὴν:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Cb. Ἐντασις μαγνητικοῦ πεδίου  $H = 150$  Gauss.

## ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΙΣ ΤΟ ΚΕΝΟΝ

221. **Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων.**— Ὅταν ἓν μέταλλον ἔχη ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, τότε τὸ μέταλλον ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων** ἢ φαινόμενον **Edisson** καὶ παρατηρεῖται εὐκόλως μὲ τὴν διατάξιν τοῦ σχήματος 259. Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχει μεταλλικὸν σύρμα  $K$ , τὸ ὁποῖον διαπυρῶνεται διὰ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον παρέχει ἡ γεννήτρια  $\Gamma_1$ . Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει καὶ μία μεταλλικὴ



Σχ. 259. Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων.

πλάξ  $A$ , ἡ ὁποία συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον ἰσχυρᾶς γεννητρίας  $\Gamma_2$ , τῆς ὁποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς γεννητρίας  $\Gamma_1$ . Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ κύκλωμα τῆς πλακῆς  $A$  διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς : Τὸ διάπυρον σύρμα  $K$  ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἔλκονται ὑπὸ τῆς πλακῆς  $A$  καὶ οὕτω κλείεται τὸ κύκλωμα. Ἐὰν ὅμως διακόψωμεν τὴν σύνδεσιν τῆς πλακῆς  $A$  μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς γεννητρίας  $\Gamma_2$ , τότε διακόπτεται καὶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα τῆς πλακῆς. Διότι τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπει τὸ διάπυρον σύρμα  $K$ , σχηματίζουν περὶ τὸ σύρμα « 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**,

ή δὲ πλάξ Α καλεῖται **ἀνοδος**. Τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα τῆς πλακῶς, καλεῖται **ἀνοδικὸν ρεῦμα**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξε λοιπὸν ὅτι :

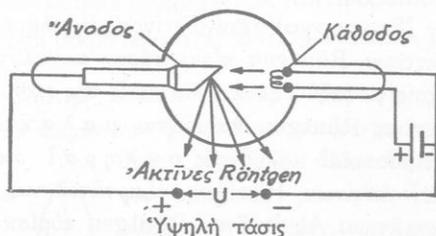
Τὰ μέταλλα εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν ἐκπέμπουν ἠλεκτρόνια. Ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ μονάδα χρόνου ἐκπεμπομένων ἠλεκτρονίων αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Εἰς τὴν διόδον 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 εὐρίσκει σήμερον πολλὰς ἐφαρμογὰς.

**222. Ἀκτίνες Röntgen.**— Ὁ Röntgen ἀνεκάλυψεν ὅτι τὰ τοιχώματα τοῦ καθοδικοῦ σωλήνος, τὰ εὐρισκόμενα ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἐκπέμπουν μίαν νέαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία ἐπεκράτησεν νὰ καλεῖται **ἀκτίνες Röntgen**. Οὕτως ἀνεκαλύφθη ὅτι :

Ὅταν ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς σώματος, τότε τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτίνες Röntgen.

Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐχρησιμοποιοῦντο κατ' ἀρχὰς καθοδικοὶ σωλήνες. Σήμερον χρησιμοποιοῦνται οἱ **σωλήνες Coolidge**, οἱ ὅποιοι εἶναι σωλήνες κενοῦ, τὰ δὲ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ σωλήνος ἠλεκτρόνια τὰ παρέχει μία διαπυρουμένη **κάθοδος** (σχ. 260). Ἀπέναντι τῆς καθόδου ὑπάρχει δίσκος ἀπὸ δύστηκτον μέταλλον (συνήθως ἀπὸ βολφράμιον), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν **ἀνοδον**. Αὕτη συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ὑψηλῆς τάσεως (50 000 ἕως 250 000 Volt). Τὸ μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου παραγόμενον ἰσχυρὸν ἠλεκτρικὸν πεδίου προσδίδει πολὺ μεγάλην ταχύτητα εἰς τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια. Ταῦτα προσπίπτουν



Σχ. 260. Σωλήν Coolidge διὰ τὴν παραγωγὴν ἀκτίνων Röntgen.

ἐπὶ τῆς ἀνόδου (**ἀντικάθοδος**) καὶ τὴν καθιστοῦν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξε ὅτι αἱ ἀκτίνες Röntgen ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες :

1) Προκαλοῦν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων, ὅπως π.χ. τοῦ κυανίουχου βαριολευκοχρύσου.

2) Προκαλοῦν χημικὰ φαινόμενα καὶ προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Οὕτω π.χ. προκαλοῦν μεταβολὴν τοῦ χρώματος διαφόρων πολυτίμων λίθων.

3) Προκαλοῦν ἰσχυρὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων καὶ διὰ τοῦτο καθιστοῦν τὸν ἀέρα ἀγωγόν, ἔνεκα τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων ἰόντων.

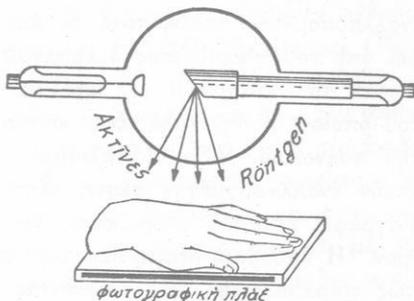
4) Διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ἐπειδὴ δὲν μεταφέρουν ἠλεκτρικὰ φορτία, δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ ἢ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

5) Ἐπιδρῶν ἐπὶ τῶν κυττάρων τῶν ζώντων ὀργανισμῶν καὶ προκαλοῦν διαφόρους βιολογικὰς δράσεις.

6) Ἔχουν μεγάλην διεισδυτικὴν ἰκανότητα καὶ διέρχονται διὰ μέσου σωμάτων, τὰ ὅποια 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 ἰκανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ τῆς ἀνόδου καὶ τῆς καθόδου. Αἱ ὀλιγώτερον διεισδυτικαὶ ἀκτίνες Röntgen καλοῦνται μαλακαὶ ἀκτίνες, αἱ δὲ περισσότερον διεισδυτικαὶ καλοῦνται σκληραὶ ἀκτίνες. Ἡ διεισδυτικὴ ἰκανότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐξαρτᾶται καὶ ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν διαφόρων σωμάτων. Αἱ ἀκτίνες Röntgen εὐρίσκουν σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ἰατρικὴν. Ἐμπροσθεν τοῦ σωλήνος παραγωγῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen τοποθετεῖται ὑαλινὴ πλάξ, τῆς ὁποίας ἡ μία ἐπιφάνεια ἔχει καλυφθῆ μὲ στρώμα κυανίουχου βαριολευκοχρύσου. Ἐὰν μεταξὺ τοῦ σωλήνος καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοποθετήσωμεν τὴν χεῖρα μας, τότε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σχηματίζεται ἡ σκιά τῶν ὀστέων

τῆς χειρός, διότι αἱ σάρκες εἶναι διαφανεῖς εἰς τὰς ἀκτῖνας Röntgen. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινοσκόπησις** (σχ. 261). Ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ φθορίζον διάφραγμα μετὰ φωτογραφικὴν πλάκα, τότε ἐπὶ τῆς πλακῆς ἀποτυπώνεται ὁ σκελετὸς τῆς χειρός. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ **ἀκτινογραφία**. Ἐπειδὴ αἱ ἀκτῖνες Röntgen προκαλοῦν δοσφόρους βιολογικὰς δράσεις, διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται πρὸς θεραπευτικούς σκοπούς. Γενικῶς αἱ ἐφαρμογαὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen εἰς τὴν ἰατρικὴν ἀποτελοῦν σήμερον ἰδιαίτερον κλάδον (**ἀκτινολογία**). Εἰς διαφόρους κλάδους τῆς τεχνικῆς χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης αἱ ἀκτῖνες Röntgen διὰ τὴν μελέτην διαφόρων ὑλικῶν. Τέλος αἱ ἀκτῖνες Röntgen χρησιμοποιοῦνται εἰς ἐπιστημονικὰς ἐρεῦνας καὶ ἰδιαίτερώς διὰ τὴν μελέτην τῆς δομῆς τῶν κρυστάλλων.

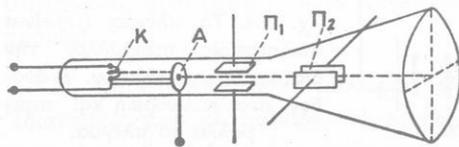


Σχ. 261. Ἀκτινοσκόπησις.

**223. Φύσις τῶν ἀκτίνων Röntgen.**— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατοι ἀκτινοβολαί, τελείως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων.

Αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι ἀόρατος ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ἔχουσα πολὺ μικρὰ μήκη κύματος (μικρότερα τοῦ  $0,01 \mu = 100 \text{ \AA}$ ).

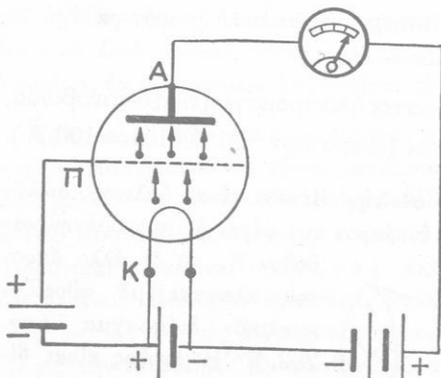
**224. Σωλὴν Braun.**— Ὁ σωλὴν Braun εἶναι ὑάλινος σωλὴν τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Εἰς τὸ ἓν ἄκρον του φέρει διαπυρουμένῃν κάθοδον Κ, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον του κλείεται μετὰ φθορίζον κυκλικὸν διάφραγμα (σχ. 262). Ἡ ἀνοδος εἶναι δίσκος, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ μέσον του φέρει μικρὰν ὀπήν. Τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα διέρ-



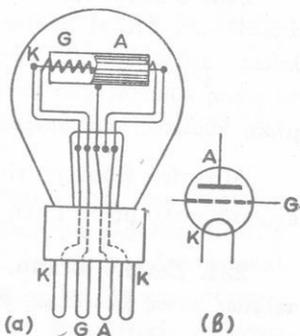
Σχ. 262. Σωλὴν Braun.

χονται διὰ τῆς ὁπῆς, ἀποτελοῦν λεπτὴν δέσμη καθοδικῶν ἀκτίνων. Αὕτη διέρχεται μεταξύ τῶν ὀπλισμῶν ἐνὸς ἐπιπέδου πυκνωτοῦ  $\Pi_1$ . Ὅταν ὁ πυκνωτὴς  $\Pi_1$  εἶναι ἀφόρτιστος, τότε ἡ καθοδικὴ δέσμη, εἶναι εὐθύγραμμος. Ἐὰν ὅμως οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν κατακόρυφον διάμετρον. Πέραν τοῦ πυκνωτοῦ  $\Pi_1$  ὑπάρχει δεῦτερος ἐπίπεδος πυκνωτὴς  $\Pi_2$ , τοῦ ὁποῦ οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πρώτου πυκνωτοῦ. Ἐὰν οἱ ὀπλισμοὶ τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ  $\Pi_2$  ἀποκτοῦν ἐναλλασσομένην τάσιν, τότε τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης διαγράφει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν ὀριζοντίαν διάμετρον. Ἡ καθοδικὴ δέσμη δὲν παρουσιάζει καμμίαν ἀδράνειαν καὶ συνεπῶς παρακολουθεῖ τὰς ταχυτάτας μεταβολὰς τῆς τάσεως τῶν δύο πυκνωτῶν. Οὕτω τὸ ἄκρον τῆς καθοδικῆς δέσμης δύναται νὰ μετακινήται ταχύτατα καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Ὁ σωλὴν Braun χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς ἐφαρμογὰς (σπουδῆ ταχέως ἐναλλασσομένων ρευμάτων, δέκτης ραντάρ, τηλεόρασις κ.ἄ.).

**225. Τρίδος λυχνία.**— Ἡ τρίδος λυχνία εἶναι κοινὴ δίοδος λυχνία, εἰς τὴν ὁποίαν ἔχει προστεθῆ τρίτον ἠλεκτρόδιον. Τοῦτο καλεῖται πλέγμα



Σχ. 263. Τρίδος λυχνία.

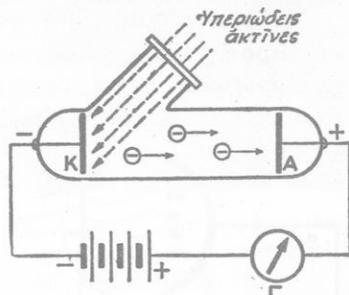


Σχ. 264. Τὸ πλέγμα (G) εἶναι σωληνοειδές, περιβάλλον τὴν διαπυρομένην κάθοδον. Ἡ ἀνοδος εἶναι κυλινδρική καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα.

καὶ παρεμβάλλεται μεταξύ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου (σχ. 263). Τὸ

πλέγμα αποτελείται συνήθως από σύρμα μολυβδαινίου, τὸ ὁποῖον ἔχει περιτυλιχθῆ εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον (σχ. 264). Ἐξώθεν τοῦ πλέγματος ὑπάρχει ἡ ἀνόδος, ἡ ὁποία ἔχει σχῆμα κυλίνδρου καὶ περιβάλλει τὸ πλέγμα. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ πλέγμα μετὸν θετικὸν πόλον μιᾶς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια ἔλκονται ὑπὸ τῆς ἀνόδου καὶ ὑπὸ τοῦ πλέγματος. Οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐνισχύεται. Ἀντιθέτως, ἐὰν τὸ πλέγμα συνδεθῆ μετὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης, τότε τὰ ἐξερχόμενα ἀπὸ τὴν κάθοδον ἠλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ πλέγματος καὶ οὕτω τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἐξασθενίζει σημαντικῶς ἢ καὶ διακόπτεται τελείως. Ἡ τριόδος λυχνία εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὴν ραδιοφωνίαν. Τελευταίως χρησιμοποιοῦνται ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι μετὰ δύο ἢ καὶ περισσότερα πλέγματα (τετράοδος, πεντάοδος, ὀκτάοδος κ.τ.λ. λυχνία).

**226. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.**— Ἐντὸς σωλῆνος τελείως κενοῦ ἀπὸ ἀέρα ὑπάρχουν δύο ἠλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα εἶναι συνδεδεμένα μετὰ τοὺς δύο πόλους γεννητρίας (σχ. 265). Ἀφήνομεν νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς καθόδου ὑπεριώδεις ἀκτίνες. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐξερχονται ἀπὸ τὴν κάθοδον, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτουν αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ καλοῦνται **φωτοηλεκτρόνια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι :



Σχ. 265. Ἀπὸ τὴν κάθοδον Κ ἀποσπῶνται ἠλεκτρόνια.

Ὅταν ἐπὶ τῶν μετάλλων προσπίπτουν ἀκτινοβολαὶ (φωτειναί, ὑπεριώδεις, Röntgen), τότε ἀποσπῶνται ἐκ τῶν μετάλλων ἠλεκτρόνια.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**. Ἰδιαιτέρως ἀπὸ τὸ καίσιον, τὸ ρουβίδιον, καὶ τὸ κάλιον ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια, ὅταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτουν ὀ ρ α τ α ἰ ἀκτινοβολαὶ. Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι :

I. Ἡ ἀπόσπασις φωτοηλεκτρονίων ἀπὸ ἓν μέταλλον εἶναι δυνατὴ μόνον, ὅταν τὸ μήκος κύματος τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας εἶναι μικρότερον ἑνὸς ὠρισμένου μήκους κύματος, τὸ ὁποῖον εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὸ μέταλλον.

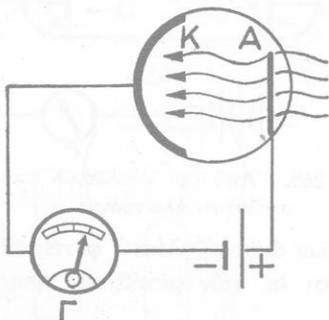
II. Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀποσπασμένων φωτοηλεκτρονίων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ μετάλλου φωτεινὴν ροήν.

Ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ παραγομένου φωτοηλεκτρονίου δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον **φωτοηλεκτρικὴν ἐξίσωσιν τοῦ Einstein**:

$$\text{φωτοηλεκτρικὴ ἐξίσωσις Einstein: } \frac{1}{2} m v^2 = h \nu - W_0$$

ὅπου  $h \nu$  εἶναι ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας καὶ  $W_0$  εἶναι μία σταθερὰ τοῦ μετάλλου. Ἡ σταθερὰ αὕτη καλεῖται ἔργον ἐξάγωγῆς, διότι ἐκφράζει τὸ ἔργον τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι συγκρατοῦν τὸ ἠλεκτρόνιον ἐντὸς τοῦ μετάλλου.

**227. Ἐφαρμογὴ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Φωτοκύτταρον.**—Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον εὐρίσκει μεγάλην ἐφαρμογὴν εἰς τὸ **φωτοκύτταρον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑάλινον σωλῆνα, ὁ ὁποῖος εἶναι τελείως κενὸς ἀπὸ ἀέρα. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ στρώμα



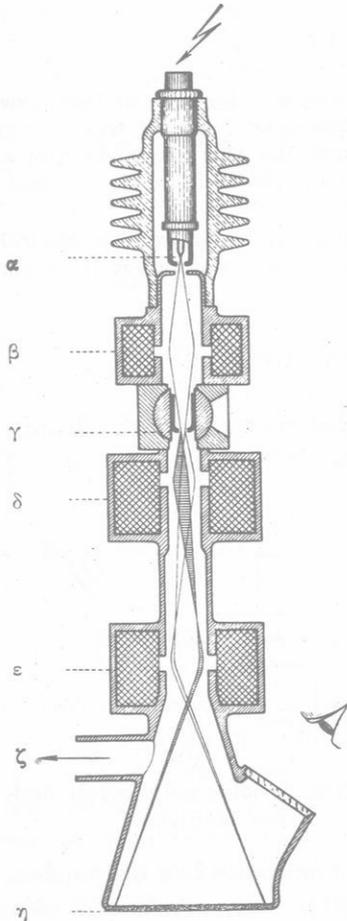
Σχ. 266. Φωτοκύτταρον.

καλίου, τὸ ὁποῖον ἐπικαλύπτει μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ σωλῆνος (σχ. 266). Ἡ ἀνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ εὐθύγραμμον ἢ κυκλικὸν μεταλλικὸν ἠλεκτρόδιον. Ὅταν ἐπὶ τῆς καθόδου προσπίπτῃ φῶς, τότε τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦτου παρακολουθεῖ τὰς μεταβολὰς τῆς προσπιπτούσης φωτεινῆς ροῆς. Τὰ παραγόμενα ἀσθενῆ ρεύματα ἐνισχύονται διὰ καταλλήλου διατά-

ξέως. Τὸ φωτοκύτταρον εἶναι σήμερον πολὺτιμος συσκευὴ καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς πολλὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς (ὁμιλῶν κινηματογράφος, αὐτόματος ἔλεγχος καὶ ρύθμισις τῆς λειτουργίας μηχανῶν, τηλεφωτογραφία, τηλεόρασις, ρύθμισις κυκλοφορίας ὀχημάτων κ.ἄ.).

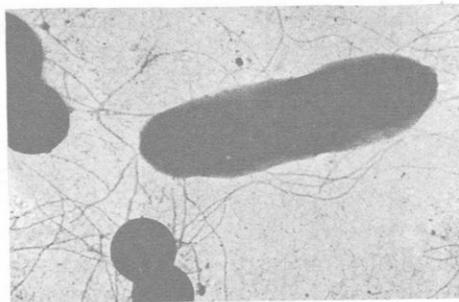
**228. Ήλεκτρονικόν μικροσκόπιον.**—Τὸ ἠλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίου ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας ἐνεργεῖ ἐπὶ τῆς δέσμης τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, ὅπως ἀκριβῶς ἐνεργεῖ καὶ ὁ φακὸς ἐπὶ μιᾶς δέσμης τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων. Διὰ τοῦτο τὰ ἠλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ αὐτὰ πεδία καλοῦνται **ἠλεκτρικοὶ ἢ μαγνητικοὶ φακοί**.

Ἐκμετάλλευσις τῶν φακῶν τούτων γίνεται σήμερον εἰς τὸ **ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον**, διὰ τοῦ ὁποίου ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 500 000, ἐνῶ διὰ τῶν καλυτέρων ὀπτικῶν μικροσκοπιῶν ἐπιτυγχάνεται μεγέθυνσις 2 000. Τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου λαμβάνε-



Σχ. 267. Τομή τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου.

α κάθοδος, β συναγωγὸς φακός, γ ἀντικείμενον, δ ἀντικειμενικὸς φακός, ε φακὸς προβολῆς, ζ ἀντίληξις, η φθορίζον διάφραγμα.



Σχ. 268. Φωτογραφία βακτηριοφάγου ληφθεῖσα μετὰ τὸ ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον. Μεγέθυνσις 20 000.

ται εἴτε ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος εἴτε ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός. Εἰς τὴν σχηματικὴν διάταξιν 267 οἱ φακοὶ εἶναι πηγία, τὰ ὅποια δημιουργοῦν τὰ κατάλληλα μαγνητικὰ πεδία. Ἡ χρησιμοποίησις τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια διανοίγει τελείως νέους ὀρίζον-

τας ἐρεύνης (σχ. 268). Τοῦτο ἔχει σήμερον ἰδιαιτέραν σημασίαν διὰ τὴν Βιολογίαν καὶ τὴν Μικροβιολογίαν.

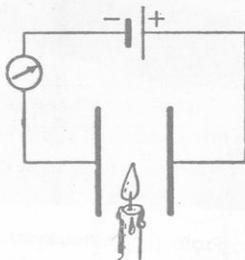
### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

182. Εἰς ἓνα σωλήνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen δεχόμεθα ὅτι κατὰ τὴν κρούσιν τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ τῆς ἀντικαθόδου ὀλόκληρος ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ ἠλεκτρονίου μεταβάλλεται εἰς ἓν φωτόνιον ἀκτινοβολίας Röntgen συχνότητος  $\nu$ . Νὰ εὔρεθῇ σχέσις μεταξὺ τῆς συχνότητος  $\nu$  καὶ τῆς τάσεως  $U$ , ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὸν σωλήνα.

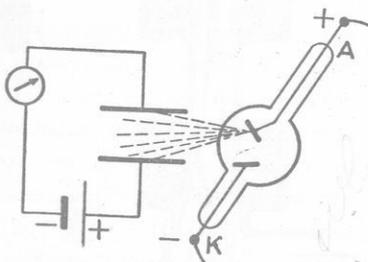
183. Εἰς ἓνα σωλήνα παραγωγῆς ἀκτίνων Röntgen ἐφαρμόζεται τάσις 500 000 Volt. Πόσον εἶναι τὸ μήκος κύματος τῆς παραγομένης ἀκτινοβολίας Röntgen. Σταθερὰ Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-27}$  C.G.S.

### ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΟΣ

229. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος.—Ὁ ἀήρ ὑπὸ τὴν συνήθη πίεσιν θεωρεῖται μονωτής. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὅμως διαφόρων αἰτίων ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ



Σχ. 269. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος διὰ φλογός.



Σχ. 270. Ἴονισμός τοῦ ἀέρος δι' ἀκτίνων Röntgen.

σημαντικὴν ἀγωγιμότητα. Μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν ἑνὸς φορτισμένου πυκνωτοῦ φέρομεν φλόγα κηρίου (σχ. 269). Ἐὰν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν ὑπάρχη ὑψηλὴ διαφορὰ δυναμικοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι, μόλις φέρομεν τὴν φλόγα μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τὸ ἴδιον συμβαίνει, ἐὰν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν χώρον εἰσχωροῦν καθοδικαὶ ἀκτῖνες ἢ ἀκτῖνες Röntgen (σχ. 270). Ἡ ἀγωγιμότης αὐτὴ τοῦ ἀέρος ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀέρος. Ἐκ τοῦ πειράματος εὔρεθη ὅτι :

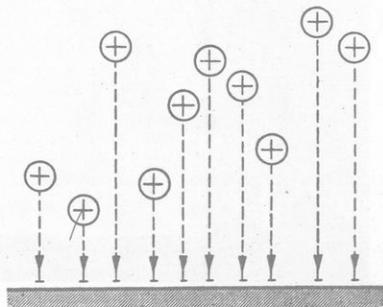
Υπό την επίδρασιν φλογός, διαπύρων σωμάτων, καθοδικῶν ἀκτίνων καὶ ἀκτίνων Röntgeni ὁ ἀήρ ἀποκτᾷ ἀγωγιμότητα, ἐπειδὴ προκαλεῖται ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.

**230. Διαρκῆς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος.**— Ἐν ἠλεκτρισμένον καὶ μεμονωμένον ἠλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται, ὅταν παραμείνῃ ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος. Ἡ ἐκφόρτισις εἶναι πολὺ ταχύτερα ἐντὸς ὑπογεῶν ἢ σπηλαίων καὶ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος ὑπάρχουν πάντοτε θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα. Ὡστε :

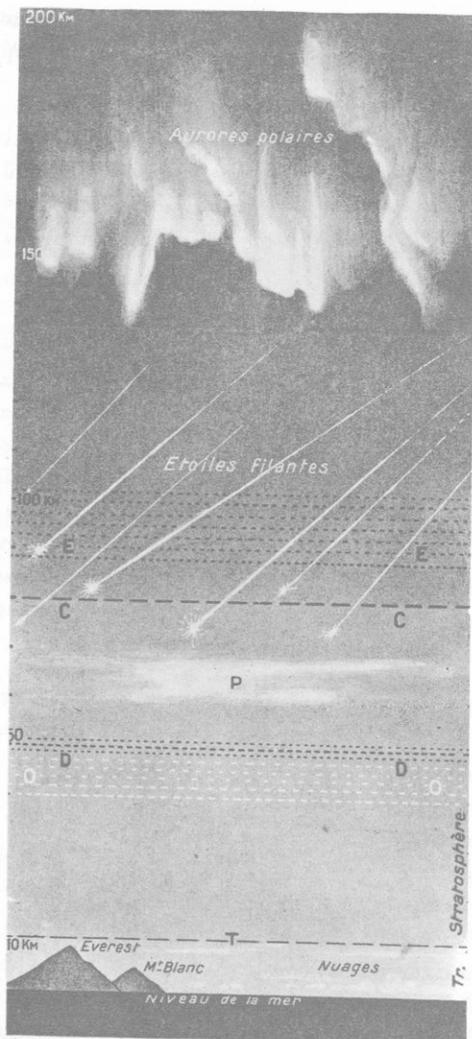
Ἐὸ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ εἶναι πάντοτε ἰονισμένος.

Ἐὸ 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**. Ἐὸ ἰσχυρὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕψος τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτῖνας τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, εἰς ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸν Ἥλιον, καὶ εἰς μίαν ἰδιαιτέραν ἀκτινοβολίαν, ἣ ὁποῖα φθάνει εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν σημείων τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος καὶ ἣ ὁποῖα καλεῖται **κοσμικὴ ἀκτινοβολία**. Εἰς τὰ ἀνωτέρω αἷτια ἀποδίδεται γενικῶς ὁ ἰονισμὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος.

**231. Τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίου.**— Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι ἐντὸς τοῦ ἀέρος πλεονάζουν τὰ θετικὰ ἰόντα, ἐνῶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους πλεονάζουν τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα. Οὕτως ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σχηματίζεται **ἠλεκτρικὸν πεδίου** (σχ. 271), τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Ἡ πτώσις τοῦ δυναμικοῦ κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἀνέρχεται εἰς 100 ἢ καὶ 1000 Volt κατὰ μέτρον. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ θετικὰ ἰόντα τῆς ἀτμοσφαίρας κινοῦνται διαρκῶς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους. Ἀλλὰ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλεται τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίου δὲν



Σχ. 271. Τὸ γήινον ἠλεκτρικὸν πεδίου.



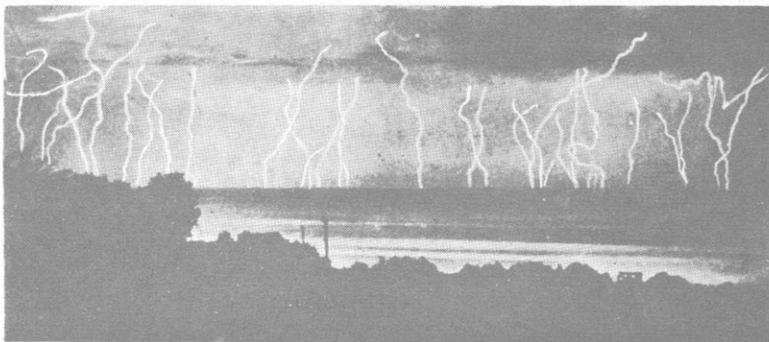
Τμήμα τοῦ κατωτέρου τμήματος τῆς ἀτμοσφαίρας. Τ τροπόπαυσις, Ο στρώμα ὄζοντος, D στρώμα ἰοισμένον, Ρ ἠφαιστειακὴ κόνις, C ἀνώτατον δριον λυκόφωτος, E στρώμα τοῦ Heaviside. Τὸ πολικὸν σέλας ἐμφανίζεται εἰς ὕψος ἄνω τῶν 150 km.

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 ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις μεταξὺ δύο νεφῶν, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία. Ὁ δὲ κεραυνὸς εἶναι ἠλεκτρικὴ 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 κεραυνὸν ἀνέρχεται εἰς 20 000 Ampère. Ὑπολογίζεται ὅτι κατὰ δευτερόλεπτον παράγονται ἐφ' ὅλοκλήρου τοῦ πλανήτου μας 100 κεραυνοί, οἱ ὁποῖοι μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, ἐνῶ συγχρόνως ἐγκαταλείπονται εἰς

τὸν ἀέρα θετικά ἠλεκτρικά φορτία. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς:

I. Ἐπειδὴ ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς φέρει πάντοτε ἀρνητικά φορτία, διὰ τοῦτο ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας ὑπάρχει ἠλεκτρικὸν πεδίου, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐδάφους.

II. Διάφορα αἷτια συντελοῦν εἰς τὴν συντήρησιν τοῦ γήινου ἠλεκτρικοῦ πεδίου.



Σχ. 272. Οἱ κεραυνοὶ μεταφέρουν συνεχῶς εἰς τὸ ἔδαφος ἀρνητικά ἠλεκτρικά φορτία.

Ἄλεξικέραυνον. Ὅταν ἄνωθεν τοῦ ἐδάφους εὐρίσκεται νέφος, φέρων σημαντικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον, τότε ἐπὶ τοῦ ἐδάφους ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς ἴσον καὶ ἀντίθετον φορτίον, τὸ ὁποῖον συγκεντρώνεται εἰς τὰ ἐξέχοντα σημεῖα τοῦ ἐδάφους (ὑψηλαὶ οἰκοδομαί, καπνοδόχοι, δένδρα κ.ἄ.). Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς πτώσεως τοῦ κεραυνοῦ ἐπὶ τῶν ὑψηλῶν κτιρίων, ἐφοδιάζομεν αὐτὰ μὲ **ἀλεξικέραυνον**. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ μεταλλικὴν ράβδον, ἡ ὁποία καταλήγει εἰς ἀκίδα καὶ συνδέεται δι' ἀγωγοῦ μὲ μεγάλην 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).

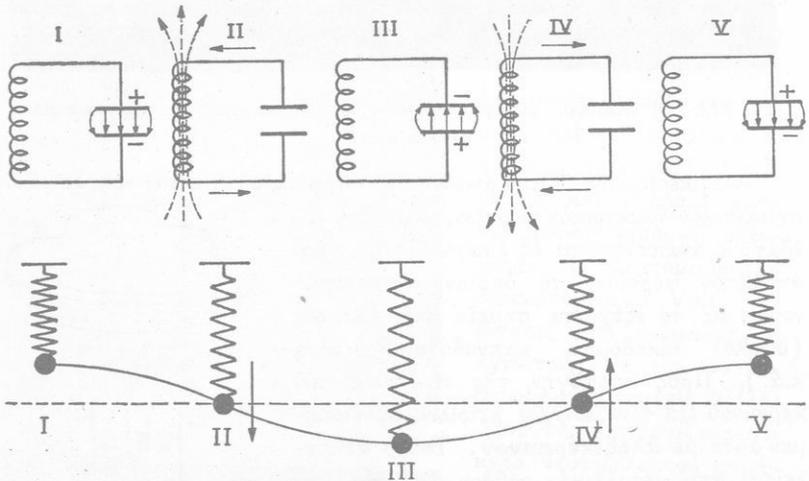


Σχ. 273. Ἄλεξικέραυνον.

**232. Πολικὸν σέλας.**— Καλεῖται **πολικὸν σέλας** ἐν ὀπτικὸν φαινόμενον, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς πολικὰς χώρας. Τὸ πολικὸν σέλας ἔχει τὴν ὄψιν τεραστίου φωτεινοῦ τόξου, ἀπὸ τὸ ὁποῖον κρέμονται φωτεινοὶ κροσσοὶ (βλ. εἰκ. σελ. 254). Ἡ φασματοσκοπικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ παραγωγή τοῦ φωτὸς τούτου πρέπει νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀποτέλεσμα τῆς συγκρούσεως ἠλεκτρονίων μὲ τὰ μόρια τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀζώτου καὶ ὀξυγόνου. Τὰ ἠλεκτρόνια αὐτὰ προέρχονται ἀπὸ τὸν ἥλιον καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου συγκεντρώνονται εἰς τὰς περὶ τοὺς πόλους περιοχάς.

### ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

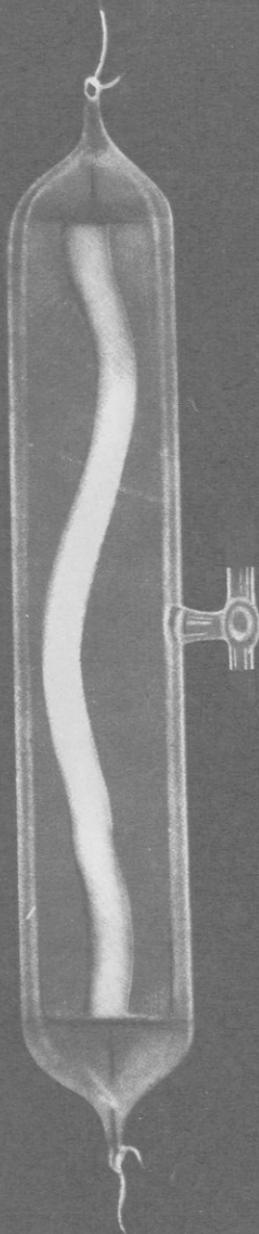
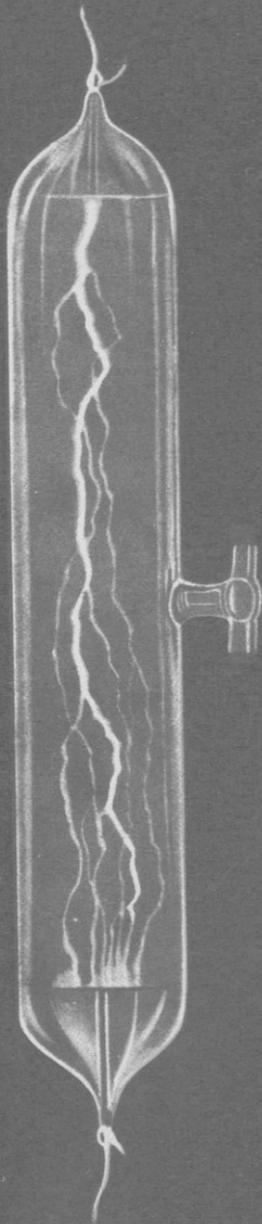
**233. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.**— Ἡ συχνότης τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τῶν



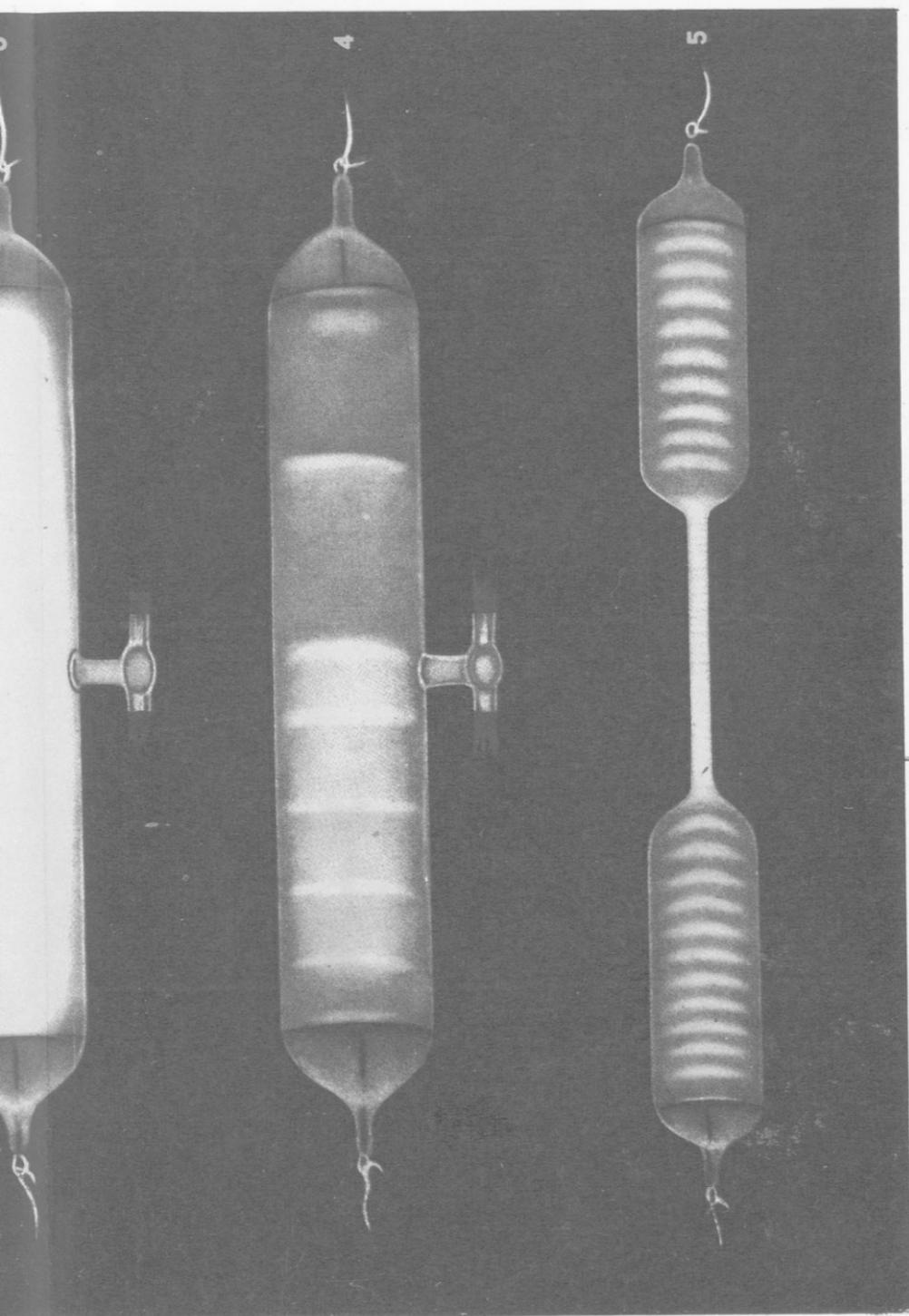
Σχ. 274. Εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων συμβαίνουν συνεχεῖς μετατροπαὶ τῆς ἐνεργείας τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀντιστρόφως καὶ συνεπῶς συμβαίνουν ταλαντώσεις ἠλεκτρικοῦ φορτίου.

ρευμάτων μεταξύ μεγάλων ὀρίων. Οὕτω διακρινόμεν τρεῖς κατηγορίας ἐναλλασσομένων ρευμάτων : α) ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος, ( 50 ἕως 10 000 Hz ), β) ρεύματα μέσης συχνότητος ( 10 000 ἕως

ΚΑΘΟΔΟΙ (-)



ΑΝΟΔΟΙ (+)



## Διάφοροι φάσεις τής ηλεκτρικής έκκενώσεως

1. Ὑπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ εἶναι διακλαδισμένος.
2. Ὑπὸ πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ  $1/4$  τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ὁ ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ ἔχει τὴν ὄψιν ἐγγρώμου φωτεινῆς στήλης.
3. Ὑπὸ πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ  $1/20$  τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ὄλον τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ.
4. Ὑπὸ πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ  $1/1000$  τῆς ἀτμοσφαιρικῆς ἐμφανίζονται σκοτειναὶ περιοχαὶ ἐντὸς τοῦ σωλήνος.
5. Ὑπὸ πίεσιν ἴσιν μὲ τὸ  $1/1000$  τῆς ἀτμοσφαιρικῆς τὸ στενὸν τμήμα τοῦ σωλήνος φωτοβολεῖ ἰσχυρότερον.



100 000 Hz) και  $\gamma$ ) ρεύματα ύψηλης συχνότητας (άνω των 100 000 Hz). Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ύψηλης συχνότητας καλοῦνται καὶ **ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις**. Τὰ ρεύματα αὐτὰ παράγονται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν πυκνωτοῦ ἐντὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει πηνίον (σχ. 274). Μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ὑπάρχει κατ' ἀρχὰς **ἠλεκτρικὸν πεδῖον**. Ἐπειδὴ ὅμως οἱ δύο ὀπλισμοὶ εἶναι συνδεδεμένοι μεταξὺ τῶν διὰ τοῦ πηνίου, ὁ πυκνωτὴς ἀρχίζει νὰ ἐκφορτίζεται καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν πεδῖον ἐξασθενίζει. Τὸ παραγόμενον ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ πηνίου, παράγει **μαγνητικὸν πεδῖον**. Ὄταν ὁ πυκνωτὴς ἐκφορτισθῇ, τὸ ρεῦμα διακόπτεται καὶ συγχρόνως καταργεῖται καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδῖον τοῦ πηνίου. Ἡ κατάργησις ὅμως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ ρεῦμα ἐξ αὐτεπαγωγῆς ὁμόρροπον πρὸς τὸ προηγούμενον. Τὸ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ρεῦμα προκαλεῖ φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ μὲ ἀντίθετον ὅμως πολικότητα. Ἐπακολουθεῖ τότε νέα ἐκφόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται διαρκῶς. Οὕτω τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος ύψηλης συχνότητας. 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.

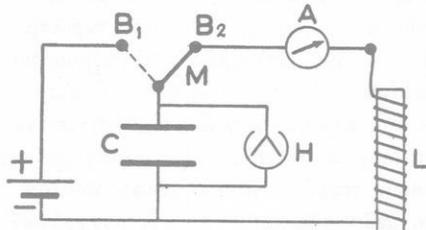
II. Ἡ περίοδος (T) τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον τοῦ Thomson :

$$\text{τύπος τοῦ Thomson : } T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

ὅπου C εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ L ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.

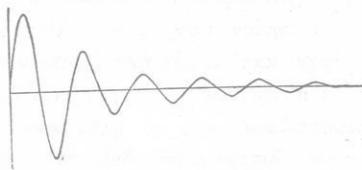
**234. Φθίνουσαι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.**— Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν παρατήρησιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 275. Ὁ πυκνωτὴς ἔχει μεγάλην χωρητικότητα C καὶ τὸ πηνίον ἔχει μέγαν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L, ὥστε ἡ περίοδος T τῶν ταλαντώσεων νὰ εἶναι ἴση μὲ ἀρκετὰ δευτερόλεπτα. Ὄταν ὁ μεταγωγὸς M φέρεται εἰς ἐπαφὴν μὲ

τὸν ἀκροδέκτην  $B_1$ , ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται, καὶ τὸ ἡλεκτρόμετρον  $H$  δεικνύει τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐὰν τώρα φέρωμεν τὸν μεταγωγὸν  $M$  εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀκροδέκτην  $B_2$ ,



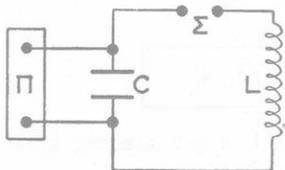
Σχ. 275. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

παρατηροῦμεν περιοδικὰ μετα-



Σχ. 276. Φθίνουσα ἡλεκτρικὴ ταλάντωση.

βολὰς τῆς τάσεως τοῦ πυκνωτοῦ καὶ ἀντιστοίχως περιοδικὰς ταλαντώσεις τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέτρου  $A$ . Αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ δεικνύουν ὅτι τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἄλλὰ 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 ὀφείλεται εἰς ἀπώλειαν ἐνεργείας. Αἱ ταλαντώσεις αὐταὶ καλοῦνται **φθίνουσαι ἢ ἀποσβεννυμένα**. Διὰ τὴν διαδοχικὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ



Σχ. 277. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

ἀντὶ μεταγωγοῦ, ἢ ἀκόλουθος διάταξις (σχ. 277). Ὁ πυκνωτὴς συνδέεται μὲ τὸ δευτερεῖον ἐνὸς ἐπαγωγικοῦ πηνίου  $\Pi$ . Εἰς ἓν σημεῖον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ὑπάρχει μικρὰ διακοπὴ  $\Sigma$  τοῦ κυκλώματος, τὸ ὅποιον ἐκεῖ καταλήγει εἰς δύο μικρὰς μεταλλικὰς σφαίρας. Ἡ διακοπὴ  $\Sigma$  καλεῖται σπινθηριστής, διότι ὅταν ἡ τάσις τοῦ πυκνωτοῦ λάβῃ

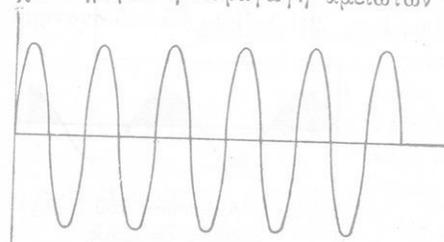
τὴν μεγίστην τιμὴν, παράγεται εἰς τὴν διακοπὴν  $\Sigma$  σπινθὴρ. Ὁ σπινθὴρ κλείει ἀποτόμως τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων καὶ οὕτω παράγεται μία ἀποσβεννυμένη ἡλεκτρικὴ ταλάντωση. Ἐὰν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δευτερεῖον τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἶναι  $\nu = 50 \text{ Hz}$ ,

τότε κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 σπινθήρες. Είς έκαστον σπινθήρα αντιστοιχεί εις συρμός αποσβεννυμένων ταλαντώσεων. Ἄρα κατά δευτερόλεπτον παράγονται 100 συρμοὶ αποσβεννυμένων ταλαντώσεων (σχ. 278).



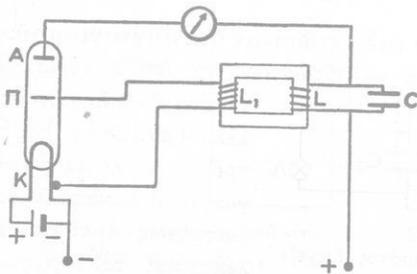
Σχ. 278. Συρμός αποσβεννυμένων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

**235. Ἀμείωτοι ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.**— Ἰδιαιτέραν ἀξίαν ἔχει σήμερον ἡ παραγωγή ἀμειώτων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων (σχ. 279). Ἡ παραγωγή τούτων γίνεται μετὰ τὴν βοήθειαν τῆς τριόδου λυχνίας. Εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας παρεντίθεται τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων (σχ. 280). Τὸ πηνίον  $L$  τοῦ κυκλώματος τούτου συνδέεται ἐπαγωγικῶς, μετὰ ἄλλο πηνίον  $L_1$ , τοῦ ὁποίου



Σχ. 279. Ἀμείωτοι ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

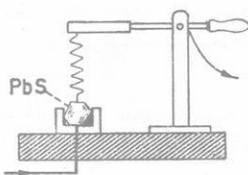
τὸ ἓν ἄκρον συνδέεται μετὰ τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ ἄλλο ἄκρον συνδέεται μετὰ τὴν κάθοδον. Ὅταν κλείσῃ τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα, τότε ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ εἰς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων παράγονται ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αὗται παράγουν ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς τοῦ πηνίου  $L_1$  ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς αὐτῆς συχνότητος. Τὰ ρεύματα αὐτὰ προκαλοῦν περιοδικὰς ἐναλλαγὰς τοῦ δυναμικοῦ τοῦ πλέγματος καὶ συνεπῶς περιοδικὰς διακοπὰς καὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον φορτίζει τὸν πυκνωτὴν.



Σχ. 280. Διάταξις διὰ τὴν παραγωγήν ἀμειώτων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

Αἱ ρυθμικαὶ ἀποκαταστάσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἀκριβῶς, ὅπως αἱ ρυθμικαὶ ὠθήσεις εἰς ἓν ἐκκρεμές ἐμποδίζουν τὴν ἀπόσβεσιν τῶν αἰωρήσεών του.

**236. Πειραματική απόδειξις τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων.**— Διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων,

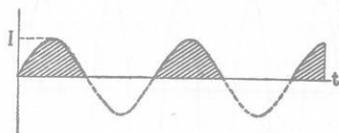


Σχ. 281. Κρυσταλλικὸς φωρατῆς.

αἱ ὁποῖαι διαρρέουν ἐν κύκλωμα, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρ πυρακτώσεως. Ἄλλη ἀπλὴ διάταξις εἶναι ὁ **κρυσταλλικὸς φωρατῆς**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρυστάλλον γαληνίτου (PbS), ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς θήκης στηριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος. Ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου στηρίζεται ἐλαφρῶς πιεζομένη δι' ἐλατηρίου μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). Ἐὰν διὰ τοῦ συστήματος τούτου διαβιβασθῇ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τότε τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον, ὅταν ἔχη φορὰν ἐκ τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὴν ἀκίδα, ἐνῶ κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τὸ ρεῦμα δὲν διέρχεται διὰ τοῦ συστήματος. Οὕτως ὁ κρυσταλλικὸς φωρατῆς ἀφήνει νὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ μία μόνον ἐκ τῶν ἐναλλαγῶν τοῦ ρεύματος. Ὡστε ὁ κρυσταλλικὸς φωρατῆς μετατρέπει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχῆς διακοπτόμενον ρεῦμα (σχ. 282), ἣτοι προκαλεῖ **ἀνόρθωσιν** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

αἱ ὁποῖαι διαρρέουν ἐν κύκλωμα, χρησιμοποιοῦνται διάφοροι διατάξεις. Οὕτω δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ λαμπτήρ πυρακτώσεως. Ἄλλη ἀπλὴ διάταξις εἶναι ὁ **κρυσταλλικὸς φωρατῆς**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ κρυστάλλον γαληνίτου (PbS), ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ἐντὸς μεταλλικῆς θήκης στηριζομένης ἐπὶ μονωτικοῦ σώματος.

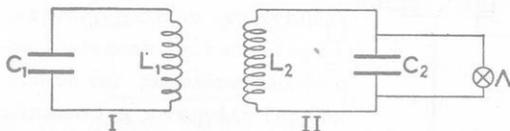
Ἐπὶ τοῦ κρυστάλλου στηρίζεται ἐλαφρῶς πιεζομένη δι' ἐλατηρίου μεταλλικὴ ἀκίς (σχ. 281). Ἐὰν διὰ τοῦ συστήματος



Σχ. 282. Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

**237. Διέγερσις ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ συντονισμοῦ.**—

Ἄς θεωρήσωμεν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται τὸ ἐν πλησίον τοῦ ἄλλου (σχ. 283). Εἰς τὸ πρῶτον κύκλωμα παράγονται διὰ καταλλήλου διατάξεως ἀμείωτοι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος



Σχ. 283. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου κυκλώματος διεγείρονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

εἶναι  $T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1}$ . Παρατηροῦμεν ὅτι καὶ εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα ἀναπτύσσονται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, ὅπως ἀποδεικνύεται ἀπὸ τὴν φωτοβολίαν τοῦ λαμπτήρος Λ. Τὸ πλάτος τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ δεύτερον κύκλωμα λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν,

ὅταν ἡ περίοδος  $T$  τῶν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὰ δύο κυκλώματα ἔχη τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἤτοι ὅταν εἶναι :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{L_1 \cdot C_1} = 2\pi \cdot \sqrt{L_2 \cdot C_2}$$

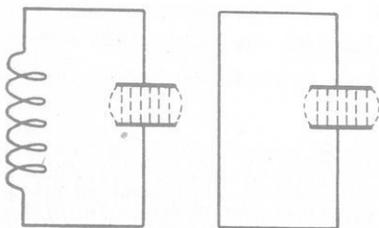
Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο κυκλωμάτων ὑπάρχει **συντονισμός**. Ὡστε :

Δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εὐρίσκονται εἰς συντονισμόν, ὅταν ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον ταλαντώσεως, ὁπότε ἰσχύει ἡ σχέση :

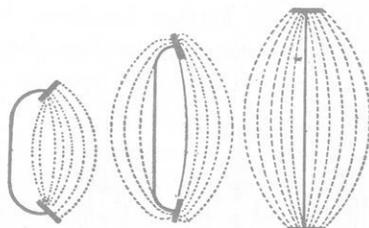
$$\text{συνθήκη συντονισμοῦ: } L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$$

## ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

**238. Διεγέρτης τοῦ Hertz.**— Αἱ ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖα παράγονται ἐντὸς κλειστοῦ κυκλώματος, δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν παραγωγὴν ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἐντὸς δευτέρου κυκλώματος εὐρισκομένου πλησίον τοῦ πρώτου (σχ. 283). Ἡ διέγερσις τοῦ δευτέρου κυκλώματος ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνη-



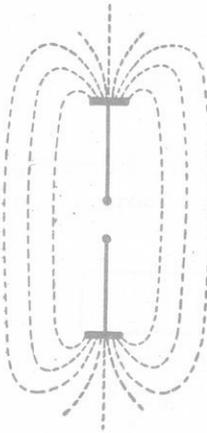
Σχ. 284. Ἀντικατάστασις τοῦ πηνίου δι' εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ.



Σχ. 285. Ἐξάπλωσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸν χῶρον.

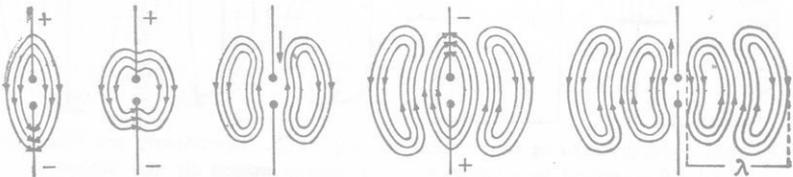
τικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον παράγεται περὶ τὸ πρῶτον κυκλῶματός, διότι τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου μένει ἀποκλειστικῶς ἐντοπισμένον μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ. Εἶναι ὅμως δυνατὸν νὰ προκαλέσωμεν τὴν διέγερσιν τοῦ δευτέρου κυκλώματος καὶ διὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου

τοῦ πρώτου κυκλώματος. Ἄς υποθέσωμεν ὅτι τὸ πηνίον τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων ἀντικαθίσταται δι' ἑνὸς μόνου ἀγωγοῦ (σχ. 284). Βαθμιαίως ἀπομακρύνομεν τοὺς δύο ὄπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ, ἕως ὅτου οἱ δύο ὄπλισμοὶ εὐρεθοῦν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ εὐθύγραμμου πλέον ἀγωγοῦ. Τότε τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον 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 ἠλεκτρικὸν 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 ἠλεκτρικὸν πεδίον**. Τὸ δίπολον διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω περίξ τοῦ διπόλου σχηματίζεται **ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον**, τοῦ ὁποῖου αἱ δυναμικαὶ γραμμαῖ εἶναι συγκεντρικοί κύκλοι, κάθετοι



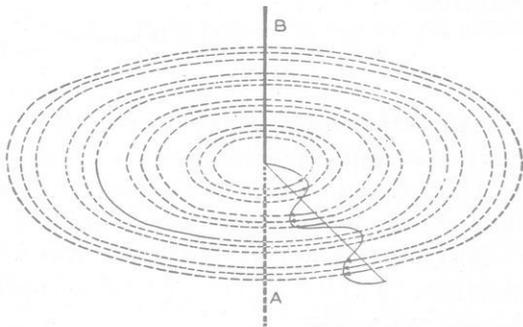
Σχ. 287. Διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

πρὸς τὸν ἀγωγόν. Ὄταν λοιπὸν ἐντὸς τοῦ διπόλου παράγωνται ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, σχηματίζονται περίξ τοῦ διπόλου ἐν ἠλεκτρικὸν καὶ ἐν μαγνητικὸν πεδίων, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐναλλασσόμενα καὶ διαδίδονται ἐντὸς τοῦ χώρου με ταχύτητα ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα

τοῦ φωτός. Τὰ δύο αὐτὰ ἐναλλασσόμενα πεδία εἶναι ἀλληλένδετα καὶ ἀποτελοῦν τὸ **ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου**. Ὡστε :

Ἐν παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον περιβάλλεται ἀπὸ ἓν ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὅποιον διαδίδεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις περίξ τοῦ διπόλου.

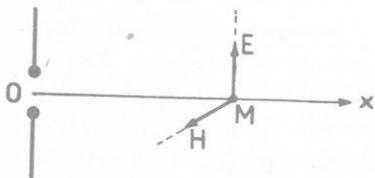
Εἰς τὸ σχῆμα 287 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ εἰς τὸ σχῆμα 288 φαίνεται ἡ διάδοσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς ἓν σημεῖον Μ τοῦ χώρου, εὐρισκόμενον εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ δίπολον (σχ. 289), αἱ ἐντάσεις τοῦ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ των, καὶ κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ ἐντάσεις τῶν δύο τούτων πεδίων μεταβάλλονται ἡμιτονοειδῶς ἐντὸς μιᾶς περιόδου. Ὡστε :



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 τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.



Σχ. 289. Ἡ ἐντάσις E τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ ἡ ἐντάσις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι πάντοτε κάθετοι μεταξὺ των καὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν Ox.

Τὴν δημιουργίαν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων περίξ ἑνὸς διπόλου ἀνεκάλυψεν θεωρητικῶς ὁ Maxwell. Πειραματικῶς ἀπέδειξε τὴν ὑπαρξίν των ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ὁ Hertz. Σήμερον τὸ ραδιόφωνον ἀποδεικνύει εἰς πᾶσαν στιγμὴν τὴν ὑπαρξίν των ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

**240. Μῆκος κύματος τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.**—Τὰ

ἐναλλασσόμενα δύο πεδία, ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν πεδίον, ἔχουν τὴν ἰδίαν συχνότητα, τὴν ὁποίαν ἔχουν καὶ αἱ ἐντὸς τοῦ διπόλου παραγόμεναι ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Ἐὰν  $c$  εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός, τότε τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$  τοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ κύματος προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν :  $c = \nu \cdot \lambda$ . Τὸ μῆκος κύματος  $\lambda$  φανερώσει, ὡς γνωστόν, τὴν ἀπόστασιν εἰς τὴν ὁποίαν διαδίδεται τὸ ἠλεκτρομαγνητικὸν κύμα ἐντὸς μιᾶς περιόδου. Οὕτως, ἂν εἶναι :

$$T = \frac{1}{100} \text{ sec, τότε εἶναι } \nu = 100 \text{ Hz καὶ ἐπομένως ἔχομεν :}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{300\,000 \text{ km/sec}}{100 \text{ Hz}} = 3\,000 \text{ km}$$

**241. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.**—Πειραματικῶς εὐρέθη ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν τὰς ἐξῆς ιδιότητες :

1) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀ ν α κ λ ὦ ν τ α ι ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν πλακῶν συμφῶνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

2) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅταν διέρχωνται διὰ μέσου διηλεκτρικῶν, δ ι α θ λ ὦ ν τ α ι συμφῶνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

3) Τὰ μέταλλα καὶ γενικῶς οἱ ἀγωγοὶ εἶναι σώματα ἀ δ ι α φ α ν ῆ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἦτοι τὰ σώματα αὐτὰ ἀπορροφοῦν τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Ἀντιθέτως τὰ διηλεκτρικὰ εἶναι σώματα δ ι α φ α ν ῆ διὰ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

4) Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα παράγουν φαινόμενα σ υ μ β ο λ ῆ ς καὶ π α ρ α θ λ ᾶ σ ε ω ς, ὅπως συμβαίνει καὶ 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 πηγὰί. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀκτινοβολεῖ τὸ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον, καλεῖται **ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία**. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι :

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία συμπεριφέρεται ὡς φωτεινὴ ἀκτινοβολία καὶ ἔχει μεγαλύτερον μῆκος κύματος ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἀκτινοβολίαν.

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἓν ἄτομον τῆς ὕλης, ὅταν ἓν πλανητικὸν ἠλεκτρόνιον μεταπηδᾷ ἀπὸ μίαν ἐξωτερικὴν εἰς μίαν ἐσωτερικὴν τροχίαν.

Αί τροχιαί ἐπὶ τῶν ὁποίων τὸ ἠλεκτρόνιον δύναται νὰ μεταπηδᾷ, εἶναι ὠρισμένοι καὶ καλοῦνται **κβαντικαὶ τροχιαί**.

**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 ὄρον **ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία** χαρακτηρίζομεν σήμερον μίαν μορφήν ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἀκτινοβολεῖται κατὰ διαφόρους τρόπους. Τὰ διάφορα εἶδη τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας διακρίνονται ἀναλόγως τῆς συχνότητος αὐτῶν.

**Φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας**

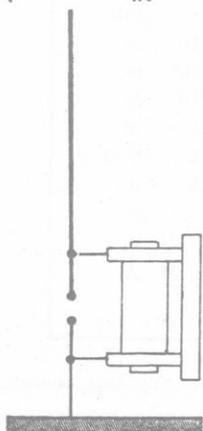
Εἶδος ἀκτινοβολίας	Μήκη κύματος
Βιομηχανικὰ κύματα	$10^5$ ἕως $10^4$ km
Τηλεφωνικὰ »	$10^4$ ἕως $10^2$ km
Ραδιοφωνικὰ μακρὰ »	$10^4$ ἕως $10^3$ m
Ραδιοφωνικὰ μεσαῖα »	$10^3$ ἕως $10^2$ m
Ραδιοφωνικὰ βραχέα »	$10^2$ ἕως 10 m
Ὑπερβραχέα »	10 ἕως 1 m
Μικροκύματα	1 m ἕως 1 mm
Ὑπέρυθροι ἀκτῖνες	1 mm ἕως 1 μ
Ὁρατὸν φῶς	0,8 μ ἕως 0,4 μ
Ὑπεριώδεις ἀκτῖνες	0,4 μ ἕως 0,01 μ
Ἀκτῖνες Röntgen	0,01 μ ἕως 0,01 Å
Ἀκτῖνες γ	0,01 Å ἕως . . . . .

Αἱ συχνότητες τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας περιλαμβάνονται μεταξύ τῶν τιμῶν  $\nu = 0$  καὶ  $\nu = 10^{24}$  Hz. Τεχνητῶς παράγονται σήμερον ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀπὸ  $\nu = 1$  Hz ἕως  $\nu = 10^{13}$  Hz. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ἔχοντα συχνότητας ἀπὸ  $\nu = 10^{12}$  Hz ἕως  $\nu = 10^{24}$  Hz, παράγονται διὰ καταλλήλου διεγέρσεως τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα φαίνεται τὸ **συνολικὸν φάσμα τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας**. Παρατηροῦμεν ὅτι μόνον μία μικρὰ περιοχὴ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν μας (ὄρατὸν φῶς).

## Α Σ Υ Ρ Μ Α Τ Ο Σ Τ Η Λ Ε Π Ι Κ Ο Ι Ν Ω Ν Ι Α

243. Γενικαὶ ἀρχαί. — Ἡ ἀσύρματος τηλεπικοινωνία περιλαμβάνει δύο κυρίως κλάδους τὴν ἀσύρματος τηλεγραφίαν, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων καὶ τὴν ἀσύρματος τηλεφωνίαν ἢ ραδιοφωνίαν, ἡ ὁποία ἐπιτυγχάνει τὴν μετάδοσιν ἤχων. Ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία χρησιμοποιεῖ ἀποσβεννυμένας ἢ καὶ ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ἐνῶ ἡ ραδιοφωνία χρησιμοποιεῖ μόνον ἀμειώτους ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Εἰς τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς ὑπάρχει κατὰλληλος πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἰς δὲ τὸν σταθμὸν λήψεως ὑπάρχει κατὰλληλος δέκτης τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

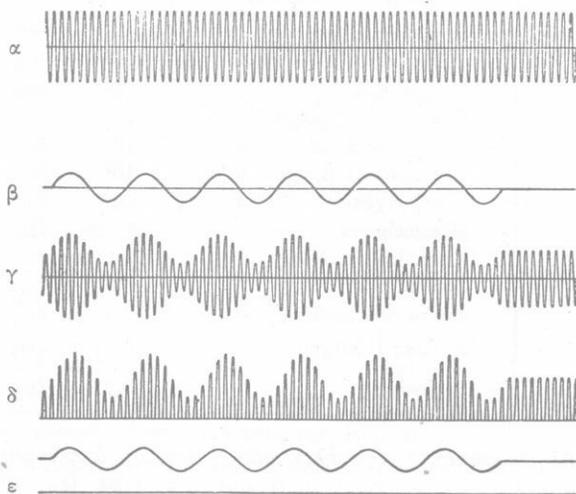
244. Πομπὸς ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. — Εἰς τὸ ἐνσύρματον τηλέφωνον (§ 188), διὰ τὴν μετάδοσιν ἤχου ἀ-



Σχ. 290. Σχηματικὴ διάταξις τοῦ πομπῶ.

κουστῆς συχνότητος, πρέπει νὰ πρόκληθοῦν ἀντίστοι-

χοὶ μεταβολαὶ εἰς τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου. Ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς στηρίζεται ἡ ἀσύρματος τηλεγραφία καὶ ἡ ραδιοφωνία. Ὁ πομπὸς



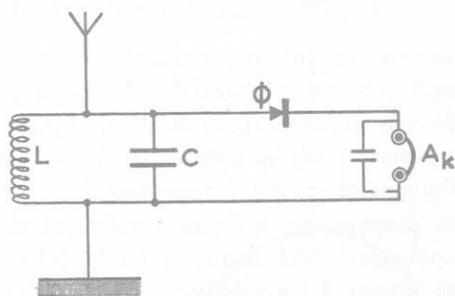
Σχ. 291. Διαμόρφωσις τῶν κυμάτων.

(α φέρον κῆμα, β μικροφωνικὸν ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα, γ διαμορφωμένον κῆμα, δ ἀνόρθωσις, ε τὸ ρεῦμα μετὰ τὴν ἀνόρθωσιν ἔχει τὴν μορφήν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος).

περιλαμβάνει κατάλληλον κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων, τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον. Τοῦτο καλεῖται **κεραία** (σχ. 290). Τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μὲ τὴν γῆν. Διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦνται σήμερον ἐναλλακτῆρες μεγάλης συχνότητος, κυρίως ὅμως χρησιμοποιοῦνται τρίοδοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ ἐκπέμπονται ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα σταθερᾶς ὑψηλῆς συχνότητος (**φέρων κῦμα**). Τὸ κύκλωμα τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων συνδέεται καταλλήλως μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ χειριστηρίου τοῦ μορσικοῦ τηλεγράφου ἢ μὲ τὸ κύκλωμα τοῦ μικροφώνου, πρὸ τοῦ ὁποίου παράγονται οἱ ἤχοι. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ χειριστηρίου ἢ τοῦ μικροφώνου προκαλοῦνται παραμορφώσεις τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Οὕτω τὰ ἐκπεμπόμενα ἀπὸ τὴν κεραίαν ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα φέρουν ἀντιστοιχοῦς παραμορφώσεις (**διαμορφωμένον κῦμα**). Εἰς τὸ σχῆμα 291α δεικνύεται τὸ φέρων κῦμα, πρὶν ὑποστῆ διαμόρφωσιν, ἐνῶ εἰς τὰ σχήματα 291γ καὶ 291δ δεικνύονται τὰ διαμορφωμένα κύματα πρὸ καὶ μετὰ τὴν φάρασιν.

**245. Δέκτης ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.**—Ὁ δέκτης περιλαμβάνει **κεραίαν**, ἡ ὁποία συνδέεται μὲ κύκλωμα ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Τοῦτο εἶναι συντονισμένον πρὸς τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ πομποῦ. Ὁ δέκτης πρέπει νὰ μετατρέψῃ τὰς ὑψηλῆς συχνότητος διαμορφωμένας ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ἤχον. Αἱ χρησιμοποιούμεναι σήμερον συχνότητες κυμαίνονται ἀπὸ 15 000 Hz ἕως 20 000 000 Hz.

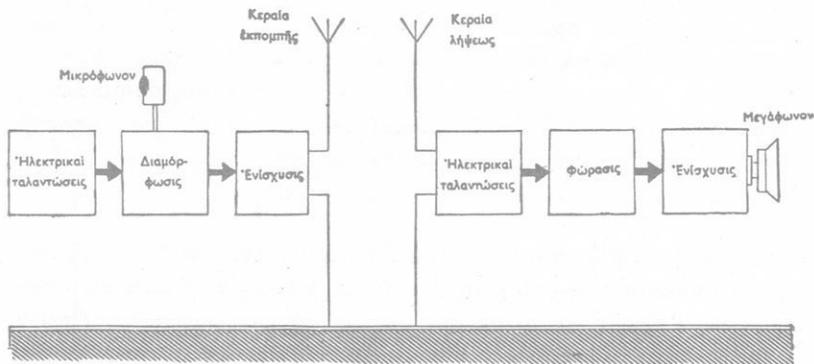
Ἐὰν τὰ ἀκουστικὰ συνδεθοῦν ἀπ' εὐθείας μὲ τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, τότε ἡ πλᾶξ τοῦ ἀκουσικοῦ θὰ μείνῃ ἀκίνητος, διότι δὲν δύναται νὰ παρακολουθήσῃ τὰς τόσον ταχείας μεταβολὰς τοῦ ρεύματος. Ἐξ ἄλλου αἱ συχνότητες αὗται ἀντιστοιχοῦν εἰς μὴ ἀκουστοὺς ἤχους. Ἡ δυσκολία αὕτη αἴρεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-



Σχ. 292. Διάταξις δέκτου μὲ κρυσταλλικὸν φωρατὴν (Φ) καὶ ἀκουστικὰ (Ak).

μεταξὺ τοῦ κυκλώματος ταλαντώσεων καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλω-

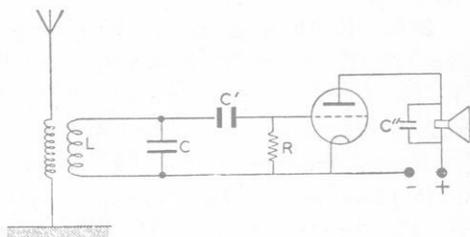
μεν **φωρατήν**, ὁ ὁποῖος προκαλεῖ **άνόρθωσιν** τῶν διαμορφωμένων ἤλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Ἡ ἀπλουστέρα ἀνορθωτικὴ διάταξις εἶναι ὁ κ ρ υ σ τ α λ λ ι κ ὸ ς φ ω ρ α τ ῆ ς (σχ. 292). Ὁ φωρατὴς ἐπιτυγχάνει νὰ μετατρέψῃ τὰς διαμορφωμένας ἤλεκτρικὰς ταλαντώσεις εἰς ρεῦμα ἔχον σταθερὰν φοράν, ἀλλὰ μεταβαλλομένην ἐντάσιν. Τὸ ρεῦμα τοῦτο προκαλεῖ τὴν διέγερσιν τῆς πλακῶς τοῦ ἀκουστικοῦ. Εἰς τὴν **ἀσύρματον τηλεγραφίαν** ἢ μετάδοσιν τῶν μορσικῶν σημάτων (παῦλαι καὶ τελεῖαι) γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ χειριστηρίου, μὲ τὸ ὁποῖον προκαλοῦμεν διαμορφώσεις μακροτέρας ἢ μικροτέρας διαρκείας. Εἰς τὸν δέκτην αἱ διαμορφώσεις αὐταὶ μετατρέπονται διὰ τοῦ



Σχ. 293. Σχηματικὴ διάταξις τῆς ραδιοφωνικῆς τηλεπικοινωνίας.

φωρατοῦ καὶ τῶν ἀκουστικῶν εἰς 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, ἢ ὁποῖα ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα ἀπλοῦν ἤχον, γ) ἡ διαμορφωμένη ταλάντωσις, ἢ ὁποῖα διαρρέει τὸ κύκλωμα ταλαντώσεων τοῦ δέκτου, δ) ἡ ἀνόρθωσις, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ὁ φωρατὴς. Ἡ γραμμὴ ε εἰς τὸ ἀνορθωμένον ρεῦμα παριστᾷ τὴν ἐντάσιν τοῦ ρεύματος τοῦτου· παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὕτη ἔχει τὴν μορφήν τῆς περιοδικῆς μεταβολῆς τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Οὕτω τὸ ἀκουστικὸν ἢ τὸ μεγάφωνον ἀναπαράγει τὸν πρὸ τοῦ μικροφώνου παραχθέντα ἤχον. Εἰς τὸ σχῆμα 293 δεικνύεται ἡ ἀρχή, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ ραδιοφωνία.

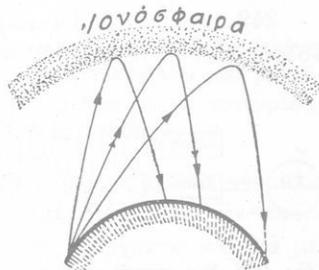
**246. Ραδιόφωνον**— Σήμερον εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας χρησιμοποιοῦνται ὡς φωραταὶ αἱ τρίοδοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι. Οἱ τοιοῦτοι δέκται καλοῦνται **ραδιόφωνα**. Εἰς τὸ σχῆμα 294 δεικνύεται ἡ συνδεσμολογία ἐνὸς ἀπλοῦ ραδιοφώνου μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν. Αἱ ἠλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας δημιουργοῦν τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, εἶναι γενικῶς πολὺ ἀσθενεῖς. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν **ἐνισχυτάς**, οἱ ὁποῖοι παρεμβάλλονται εἴτε πρὸ τοῦ φωρατοῦ, εἴτε μετὰ τὸν φωρατὴν. Ὡς ἐνισχυταὶ χρησιμοποιοῦνται γενικῶς κατάλληλοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι.



Σχ. 294. Ἀπλοῦν ραδιόφωνον μὲ μίαν τρίοδον λυχνίαν.

Τελευταίως ἀντὶ τῶν ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα οἱ **τρανζίστορ**, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ μικρὸν τεμάχιον ἢ μί α γ ω ο ὺ (γερμάνιον ἢ πυρίτιον). Οἱ τρανζίστορ ἔχουν μικρὸν ὄγκον, μεγάλην ἀπόδοσιν καὶ πολὺ εὐκόλον κατασκευήν.

**247. Διάδοσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.**—Τὸ πείραμα καὶ ἡ θεωρία ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ, δύνανται νὰ διακριθοῦν εἰς δύο τμήματα: α) Τὰ **κύματα ἐπιφανείας**, τὰ ὁποῖα διαδίδονται πλησίον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, καὶ β) τὰ **κύματα χώρου**, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς κεραίας πρὸς τὰ ἄνω. Ἡ θεωρία καὶ τὸ πείραμα ἀποδεικνύουν ὅτι τὰ κύματα ἐπιφανείας ἀπορροφῶνται τόσον 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 ἀνακλώμενα κύματα



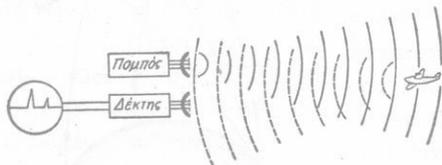
Σχ. 295. Ἀνάκλασις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας.

ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ φθάνουν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις χωρὶς νὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἔντασις των.

**248. Εἶδη κυμάτων.**—Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιεῖ ἡ τηλεπικοινωνία, διακρίνονται εἰς τὰ ἑξῆς εἶδη :

α) Τὰ μακρὰ κύματα ( $\lambda > 600 \text{ m}$ ) παρουσιάζουν μικρὰν ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας καὶ εἶναι κατάλληλα διὰ μετάδοσιν εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. β) Τὰ μεσαῖα κύματα ( $\lambda = 200$  ἕως  $600 \text{ m}$ ) εἶναι κατάλληλα δι' ἐκπομπάς, αἱ ὁποῖαι προορίζονται διὰ μικρὰς σχετικῶς ἀποστάσεις. γ) Τὰ βραχέα κύματα ( $\lambda = 10$  ἕως  $200 \text{ m}$ ) παρουσιάζουν πολὺ μεγάλην ἀπορρόφησιν τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, εἶναι ὅμως κατάλληλα δι' ἐκπομπάς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Εἰς τὰ βραχέα κύματα τὰ κύματα χώρου ὑφίστανται διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καὶ τοῦ ἔδαφους χωρὶς σημαντικὴν ἔξασθένησιν. 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  $1 \text{ m}$ ) 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

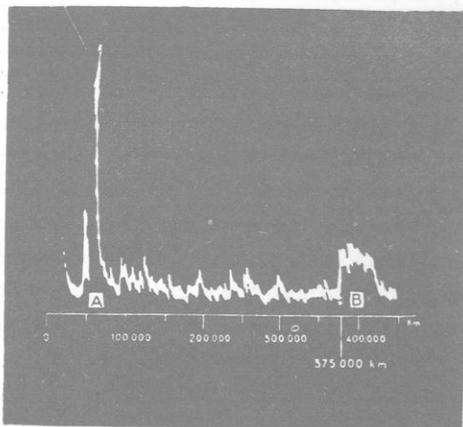


Σχ. 296. Σχηματικὴ παράστασις τῆς λειτουργίας τοῦ ραντάρ.

παρουσίαν ἀντικειμένων εὐρισκομένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα πομπὸν μικροκυμάτων καὶ ἀπὸ ἕνα δέκτην (σχ. 296). Ἡ κεραία τοῦ πομποῦ καὶ ἡ κεραία τοῦ δέκτου εὐρίσκονται εἰς τὴν ἐ-

στίαν παραβολικοῦ κατόπτρου. Κατὰ χρονικὰ διαστήματα ἴσα πρὸς  $\frac{1}{1000}$  τοῦ δευτερολέπτου ἀναχωροῦν ἀπὸ τὴν κεραίαν τοῦ πομποῦ

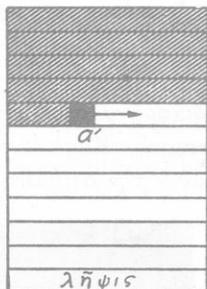
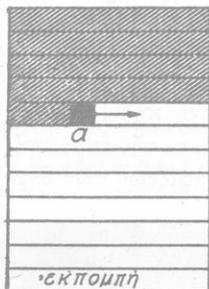
συρμοί μικροκυμάτων. Ἡ ἐκπομπὴ ἐκάστου συρμοῦ διαρκεῖ ἐπὶ  $\frac{1}{1\ 000\ 000}$  τοῦ δευτερολέπτου. Τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ ὅταν προσπέσουν ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν ἀνακλῶνται καὶ ἐπιστρέφουν εἰς τὸν δέκτην. Οὗτος περιλαμβάνει κατάλληλον ἐνισχυτὴν καὶ σωλῆνα Braun ( § 224 ). "Όταν ὁ πομπὸς δὲν ἐκπέμπῃ μικροκύματα, ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος ἢ φωτεινῆς κηλὸς διαγράφει ταχύτατα μίαν ὀριζοντίαν γραμμὴν. Κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς τῶν μικροκυμάτων, ὅπως καὶ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἀφίξεως τῶν ἀνακλασθέντων μικροκυμάτων εἰς τὸν δέκτην, ἡ φωτεινὴ κηλὸς ἐκτρέπεται ἀποτόμως καὶ οὕτω ἐμφανίζονται δύο αἰχμαί, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ πρώτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἐκπομπὴν καὶ ἡ δευτέρα εἰς τὴν ἀφίξιν τῶν μικροκυμάτων. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο αἰχμῶν εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος μεσολαβεῖ μεταξὺ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἀφίξεως τῶν μικροκυμάτων. Ὁ χρόνος οὗτος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ πομποῦ ἀπὸ τὸν στόχον, ἐπὶ τοῦ 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 ὀμίχλης 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 ἀνάκλασίν 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 κινή-

σει καλεῖται **τηλεόρασις**, ἢ δὲ μεταβίβασις ἐντύπων εἰκόνων καλεῖται **τηλεφωτογραφία**. Καὶ εἰς τὰς δύο ὁμοῦ περιπτώσεις εἶναι ἐπὶ τοῦ παρόντος ἀδύνατον νὰ μεταβιβασθῇ διὰ μιᾶς ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν. Διὰ τοῦτο

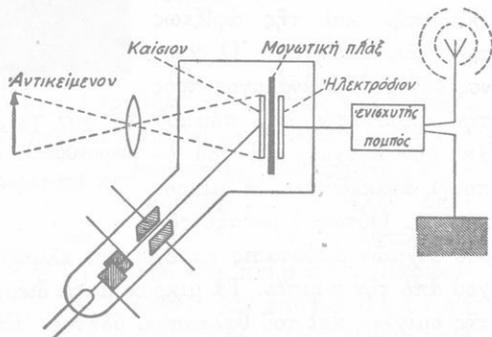


ἡ εἰκὼν ἀναλύεται εἰς πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικρῶν τμημάτων, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς. Διὰ τὴν ἀναλυθῆ ἡ εἰκὼν εἰς τμήματα διαιρεῖται αὕτη εἰς στενάς παραλλήλους ζώνας. Αἱ ζῶναι «σάρωνονται» ἢ μία κατόπιν τῆς ἄλλης ὑπὸ λεπτῆς φωτεινῆς δέσμης. Ἡ σάρωσις ὁλοκλήρου τῆς εἰκόνος γίνεται ταχύτατα. Εἰς τὴν τηλεόρασιν μάλιστα πρέπει νὰ γίνεται εἰς

Σχ. 298. Ἡ πρὸς μεταβίβασιν εἰκὼν ἀναλύεται εἰς μικρὰ τμήματα, τὰ ὅποια μεταβιβάζονται διαδοχικῶς.

χρόνον μικρότερον τοῦ  $1/16$  τοῦ δευτερολέπτου. Εἰς τὸν δέκτην μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀναπαράγῃνται τὰ διαδοχικὰ τμήματα, εἰς τὰ ὅποια ἀνελύθη ἡ εἰκὼν. Οὕτως εἰς μίαν δεδομένην στιγμήν εἰς τὸν δέκτην ἀναπαράγεται ἓν τμήμα α', τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ὁμόλογον τμήμα α τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνος (σχ.298).

α) Τηλεόρασις. Διὰ τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνος εἰς μικρὰ τμήματα χρησιμοποιεῖται σήμερον συνήθως τὸ **εἰκονοσκόπιον τοῦ Zworykin**. Τοῦτο εἶναι σωλὴν Braum, ὁ ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν του μίαν λεπτὴν μονωτικὴν πλάκα (σχ. 299). Ἡ μία ἐπιφάνεια τῆς πλακῆς ἔχει καλυφθῆ με πολὺν μεγάλον ἀριθμὸν μικροτάτων τεμαχίων καισίου, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς πλακῆς καλύπτεται με μεταλλικὴν πλάκα (ἠλεκτρόδιον).

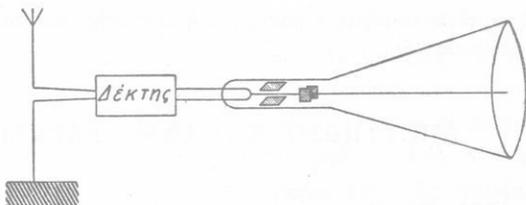


Σχ. 299. Σχηματικὴ διάταξις πομποῦ τηλεόρασεως.

Οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καισίου καὶ τὸ

ἀντίστοιχον τμήμα τοῦ ἠλεκτροδίου ἀποτελεῖ μικρότατον πυκνώτην. Μὲ τὴν βοήθειαν φακοῦ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ στρώματος τοῦ καισίου τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς πρὸς μεταβίβασιν εἰκόνας. Τότε ἀπὸ ἕκαστον τεμάχιον τοῦ καισίου ἀποσπῶνται φωτοηλεκτρόνια καὶ οὕτως ἕκαστον τεμάχιον καισίου ἀποκτᾷ θετικὸν φορτίον, ἀνάλογον πρὸς τὴν φωτεινὴν ροήν, ἢ ὅποια ἔπесен ἐπὶ τοῦ τεμαχίου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον οἱ μικρότατοι πυκνωταὶ φορτίζονται. Ἐπειτα ἡ καθοδικὴ δέσμη ἀρχίζει νὰ σαρώνη διαδοχικῶς τὰς διαφόρους σειρὰς τῶν τεμαχίων τοῦ καισίου. Τὰ ἠλεκτρόνια τῆς καθοδικῆς δέσμης ἐξουδετερώνουν τὸ θετικὸν φορτίον ἐκάστου τεμαχίου καισίου. Αὕτῃ ἡ ἐξουδετέρωσις ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐκκένωσιν τῶν μικροτάτων πυκνωτῶν καὶ οὕτω δημιουργοῦνται διαδοχικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, διαβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, ὅπου διαμορφώνουν τὰ ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Μὲ τὸ εἰκονοσκόπιον ἐπιτυγχάνομεν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὴν ἀνάλυσιν τῆς εἰκόνας καὶ ἀφ' ἑτέρου τὴν μετατροπὴν τῶν φωτεινῶν διαφορῶν τῆς εἰκόνας εἰς διαφορὰς ἐντάσεως ρεύματος, αἱ ὅποια προκαλοῦν ἀντιστοίχους διαμορφώσεις τοῦ φέροντος κύματος.

Ὁ δέκτης τηλεόρασεως εἶναι συνήθης ραδιοφωνικὸς δέκτης, ὁ ὁποῖος συνδέεται μὲ σωλῆνα Braun (σχ. 300). Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια προσπίπτουν ἐπὶ τῆς κεραίας, δημιουργοῦν ρεύματα. Ταῦτα ἐνισχύονται καταλλήλως καὶ ρυθμίζονται ἐντάσει τῆς καθοδικῆς δέσμης. Οὕτως ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος



Σχ. 300. Σχηματικὴ παράστασις δέκτου τηλεόρασεως.

διαφράγματος ἀναπαράγεται ἡ εἰκὼν, διότι εἰς ἐκάστην στιγμὴν ἡ λαμπρότης τοῦ διαφράγματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινότητα τοῦ κατὰ τὴν στιγμὴν ἐκεῖνην ἐκφορτιζομένου στοιχειώδους πυκνωτοῦ. Ἐπειδὴ ὁλόκληρος ἡ εἰκὼν ἀναπαράγεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἰς χρόνον μικρότερον τοῦ  $1/16$  δευτερολέπτου, ὁ ὀφθαλμὸς δὲν ἀντιλαμβάνεται τὴν διαδοχικὴν μεταβίβασιν τμημάτων τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς τὴν τηλεόρασιν χρησιμοποιοῦνται μόνον ὑπερβραχέα κύματα, τὰ ὅποια δύνανται νὰ φθάσουν εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν.

β) Τηλεφωτογραφία. Ἡ μεταβίβασις ἐντύπου εἰκόνας στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδίας ἀρχῆς, ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται καὶ ἡ τηλεόρασις μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν ἡ σάρωσις τῆς εἰκόνας εἶναι πολὺ βραδυτέρα. Εἰς τὸν δέκτην ἡ εἰκὼν ἀποτυπώνεται ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῶς. Εἰς τὴν τηλεφωτογραφίαν χρησιμοποιοῦνται τὰ συνήθη ραδιοφωνικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα φθάνουν εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν πομπόν. Ἡ τηλεφωτογραφία ἐφαρμόζεται σήμερον εὐρύτατα ὑπὸ τῆς δημοσιογραφίας διὰ τὴν ταχεῖαν μετάδοσιν φωτογραφιῶν ἐπικαίρων γεγονότων.

### ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

184. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 40 m. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας εἰς μεγακύκλους/sec ;

185. Ραδιοφωνικὸς σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς συχνότητα 15 μεγακύκλων/sec. Εἰς ποῖον μῆκος κύματος γίνονται αἱ ἐκπομπαὶ του ;

186. Σταθμὸς ἐκπέμπει εἰς μῆκος κύματος 400 m. Εἰς πόσας περιόδους τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα διαδίδονται εἰς ἀπόστασιν 100 km ;

187. Διεγέρτης τοῦ Hertz ἀποτελεῖται ἀπὸ πηνίον, ἔχον συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς  $L = \frac{1}{\pi \cdot 10^6}$  H καὶ ἀπὸ πυκνωτὴν χωρητικότητος  $C = \frac{1}{\pi \cdot 10^{10}}$  F. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος κύματος καὶ ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ;

### ΑΠΟΤΥΠΩΣΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΗΧΩΝ

251. Ὅμιλῶν κινηματογράφος.— Εἰς τὸν ὀμιλοῦντα κινηματογράφον ἐπιτυγχάνεται ἡ σύγχρονος ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας τῶν εἰκόνων καὶ τῶν ἤχων. Γενικῶς ἡ ἀποτύπωσις τοῦ ἤχου καλεῖται **φωνοληψία**. Διὰ νὰ ἀποτυπωθῇ ὁ ἤχος ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας, πρέπει ὁ ἤχος νὰ μετατραπῇ εἰς φῶς. Ἡ μετατροπὴ αὕτη γίνεται εὐκόλως κατὰ τὴν ἐξῆς σειράν :

**ἤχος → ἠλεκτρικὸν ρεῦμα → φῶς**

Ἡ μετατροπὴ τοῦ ἤχου εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ μικροφώνου. Τὸ ρεῦμα τοῦ μικροφώνου, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ, μετατρέπε-

ται 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 ἀντιστοιχῶν εἰκόνων.

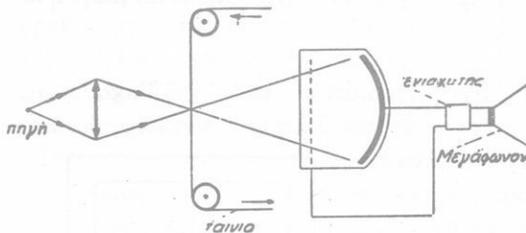


Σχ. 301. Ὁ ἦχος καταγράφεται ὑπὸ μορφήν ζωνῶν, αἱ ὁποῖαι ἔχουν διάφορον βαθμὸν ἀμαυρώσεως.

Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας πρέπει νὰ ἀναπαραχθῇ ὁ καταγραφεὶς ἦχος. Ἡ ἀναπαραγωγὴ τοῦ ἡχου γίνεται κατὰ τὴν ἐξῆς σειρὰν :

**φῶς → ἠλεκτρικὸν ρεῦμα → ἦχος**

Ἡ μετατροπὴ τοῦ φωτὸς εἰς ἠλεκτρικὸν ρεῦμα γίνεται διὰ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου.



Σχ. 302. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἡχων εἰς τὸν ὀμιλοῦντα κινηματογράφον.

Ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται μεταξύ μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου (σχ. 302).

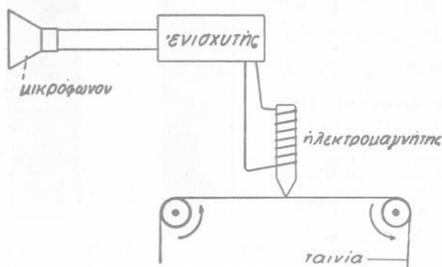
Ἡ ἔντασις τῶν φω-

τοηλεκτρικῶν ρευμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς ταινίας.

Τὰ φωτοηλεκτρικὰ ρεύματα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ ὀπισθεν τῆς ὀθόνης εὐρισκόμενον μέγαφονον, 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 χαλυβδίνη ταινία κινεῖται ὀμαλῶς ἔμπροσθεν τοῦ πόλου ἐνὸς ἠλεκτρομαγνήτου (σχ. 303). Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης οὗτος τροφοδοτεῖται μὲ τὸ ρεῦμα τοῦ μι-

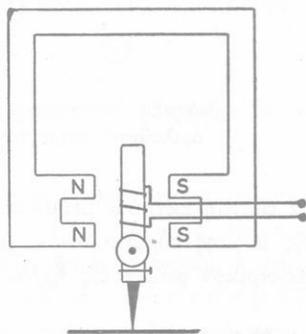
κροφώνου, τὸ ὁποῖον ἔχει προηγουμένως ἐνισχυθῆ. Ἡ διερχομένη ἔμπροσθεν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου χαλυβδίνης ταινία μαγνητίζεται, ἀλλ'



Σχ. 303. Διάταξις μαγνητοφώνου.

ἢ μαγνήτισις εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ταινίας εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου. Ἡ ἀναπαράγωγὴ τοῦ μαγνητικῶς καταγραφέντος ἤχου γίνεται ὡς ἐξῆς: Ἡ χαλυβδίνης ταινία κινεῖται ὀμαλῶς ἔμπροσθεν πηνίου φέροντος πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Τότε εἰς τὸ πηνίον ἀναπτύσσονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, φέρονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος. Ἡ συσκευή τῆς τούτης καταγραφῆς καὶ ἀναπαραγωγῆς τοῦ ἤχου καλεῖται **μαγνητόφωνον**.

**253. Ἀναπαραγωγὸς ἤχου (πικάπ).**—Ὁ ἐπὶ τοῦ δίσκου γραμμοφώνου καταγραφείς ἦχος ἀναπαράγεται διὰ μιᾶς συσκευῆς, ἡ ὁποία καλεῖται **ἠλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς ἤχου**. Ἡ συσκευή αὕτη καλεῖται κοινῶς πικάπ (Pick-up) καὶ μετατρέπει τὰς μηχανικὰς ταλαντώσεις τῆς βελόνης τοῦ γραμμοφώνου εἰς ἀντίστοιχα ἠλεκτρικὰ ρεύματα. Ἡ βελὸνὴ εἶναι στερεωμένη εἰς μικρὰν ράβδον μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ὁποία δύναται νὰ μετακινῆται ἐντὸς τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἠλεκτρομαγνήτου (σχ. 304). Ἐπὶ τῆς ράβδου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ὑπάρχει πηνίον. Αἱ μετακινήσεις τῆς ράβδου δημιουργοῦν ἐντὸς τοῦ πηνίου τούτου ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν, ἔρχονται εἰς τὸ μεγάφωνον, ὅπου ἀναπαράγεται ὁ ἦχος.



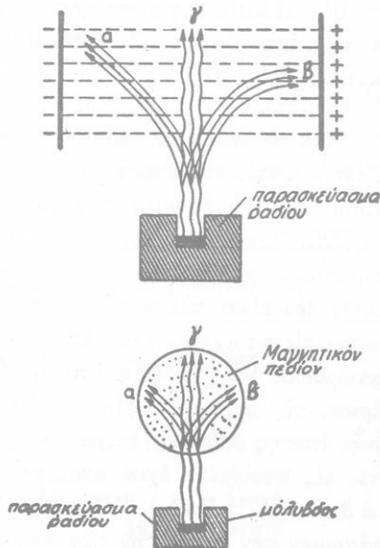
Σχ. 304. Ἐντὸς τοῦ πηνίου παράγονται ἐπαγωγικὰ ρεύματα.

## ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

# ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

## ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

**254. Ραδιενεργά στοιχεία.**—Ο Bequerel (1896), ὀλίγον χρόνον μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἀνεκάλυψεν ὅτι τὸ οὐράνιον καὶ τὰ ἄλατα αὐτοῦ ἐκπέμπουν συνεχῶς ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ μέσου ἀδιαφανῶν σωμάτων, προσβάλλει τὰς φωτογραφικὰς πλάκας, προκαλεῖ τὸν φθορισμὸν πολλῶν σωμάτων καὶ τὸν ἰονισμὸν τῶν ἀερίων. Ἡ ἰδιότης τῶν σωμάτων νὰ ἐκπέμπουν αὐτομάτως τοιαύτην ἀκτινοβολίαν ἐκλήθη **ραδιενέργεια**. Τὸ πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ραδιενέργεια εἶναι ἰδιότης καθαρῶς πυρηνική καὶ δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ τὴν χημικὴν ἔνωσιν τοῦ ἀτόμου μετὰ ἄτομα ἄλλων στοιχείων. Τὰ στοιχεία, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ἰδιότητα τῆς ραδιενέργειας, καλοῦνται ραδιενεργὰ στοιχεία. Ὑπάρχουν 30 περίπου ραδιενεργὰ στοιχεία, τὰ ὁποῖα εἶναι σχεδὸν ὅλα στοιχεία μεγάλου ἀτομικοῦ βάρους. Οὕτω ραδιενεργὰ στοιχεία εἶναι τὸ οὐράνιον, τὸ ἀκτίνιον, τὸ θόριον καὶ ἰδιαιτέρως τὸ ράδιον, τὸ ὁποῖον ἀνεκάλυψεν τὸ ζεῦγος Curie (1898).



Σχ. 305. Ἀνάλυσις τῆς ἀκτινοβολίας τοῦ ραδίου ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ πεδίου.

**255. Φύσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.**—

Τὸ ἠλεκτρικὸν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίου διαχωρίζουν τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων εἰς τρία εἴδη ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι διεθνῶς χαρακτηρίζονται διὰ τῶν

γραμμάτων  $\alpha$ ,  $\beta$  καὶ  $\gamma$  τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαβήτου (σχ. 305). Αἱ ἀκτῖνες  $\alpha$  καὶ  $\beta$  ἀποτελοῦνται ἀπὸ σωματίδια ἡλεκτρισμένα, ἐνῶ αἱ ἀκτῖνες  $\gamma$  εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν τὰ ἀκόλουθα διὰ τὴν φύσιν τῶν τριῶν ἀκτινοβολιῶν, τὰς ὁποίας ἐκπέμπουν τὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα :

I. Αἱ ἀκτῖνες  $\alpha$  ἀποτελοῦνται ἀπὸ θετικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὁποῖα καλοῦνται σωματίδια  $\alpha$ . Ἐκαστον σωματίδιον  $\alpha$  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 ἀκτῖνες  $\beta$  ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένα σωματίδια, τὰ ὁποῖα καλοῦνται καὶ σωματίδια  $\beta$ . Ἐκαστον σωματίδιον  $\beta$  εἶναι ἓν ἡλεκτρόνιον, τὸ ὁποῖον κινεῖται μὲ ταχύτητα 120 000 ἕως 290 000 km/sec.

III. Αἱ ἀκτῖνες  $\gamma$  εἶναι ἡλεκτρομαγνητικαὶ ἀκτινοβολαίαι, τῶν ὁποίων τὰ μήκη κύματος εἶναι πολὺ μικρότερα ἀπὸ τὰ μήκη κύματος τῶν ἀκτίνων Röntgen.

**256. Φυσικὴ μεταστοιχείωσις.**— Εἶναι φανερόν ὅτι τὸ σωματίδιον  $\alpha$  ἐκπέμπεται ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου. Ἄς θεωρήσωμεν ἓν ἄτομον ραδίου, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν βάρους 226. Ὅταν ἀπὸ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδίου ἀποσπασθῇ ἓν σωματίδιον  $\alpha$ , 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 βάρους 222. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα κατάρθωσε νὰ ἀποδείξῃ ὅτι τὸ νέον τοῦτο στοιχεῖον εἶναι ἓν εὐγενὲς ἀέριον, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη ραδόνιον ( $Rn$ ). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο εἶναι ἐπίσης ραδιενεργὸν καὶ δι' ἐκπομπῆς ἑνὸς σωματιδίου  $\alpha$  μεταπίπτει εἰς στοιχεῖον ἔχον ἀτομικὸν βάρους 218 καὶ τὸ ὁποῖον καλεῖται ραδίου  $A$  ( $RaA$ ). 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 ἐκρηξὶς αὕτη τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν μετάπτωσιν τοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου εἰς στοιχεῖον ἔχον μικρότερον ἀτομικὸν βάρους. Οὕτως ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψεν ὅτι :

Οί πυρήνες τών ατόμων τών ραδιενεργών στοιχείων είναι άσταθεις και αυτόμάτως μεταστοιχειώνονται διά τής έκπομπής άκτίνων α, β και γ.

**257. Χρόνος ύποδιπλασιασμοῦ.**—“Ενεκα τής συνεχούς μεταστοιχειώσεως τών ατόμων ενός ραδιενεργού στοιχείου συμβαίνει συνεχής έλάττωσις τής μάζης τοῦ στοιχείου τούτου. Οὔτως εύρέθη ὅτι, αν σήμεραν ἔχωμεν 1 gr ραδίου, μετά παρέλευσιν 1600 ἔτων θα ἔχουν ἀπομείνει 0,5 gr ραδίου. Ὁ χρόνος οὔτος εἶναι χαρακτηριστικὸς δι' ἕκαστον ραδιενεργὸν στοιχεῖον.

Χρόνος ύποδιπλασιασμοῦ ενός ραδιενεργού στοιχείου καλεῖται ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου μεταστοιχειώνεται τὸ ἥμισυ τής μάζης τοῦ στοιχείου.

Ὁ χρόνος ύποδιπλασιασμοῦ κυμαίνεται ἀπὸ  $10^{10}$  ἔτη (διά τὸ θόριον) ἕως  $10^{-9}$  τοῦ δευτερολέπτου (θόριον C').

**258. Αἱ τέσσαρες σειραὶ τών ραδιενεργών στοιχείων.**—Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι τὸ ράδιον εἶναι ἐν ἐνδιάμεσον μέλος μιᾶς σειρᾶς μεταστοιχειώσεων. Πρῶτον μέλος τής σειρᾶς αὐτῆς εἶναι τὸ

#### Ἡ σειρά τοῦ οὐράνιου

Στοιχείον	Ἀτομικὸν βᾶρος	Ἀκτινοβολία	Χρόνος ύποδιπλασιασμοῦ
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

οὐράνιον. Τὰ μέλη τῆς σειρᾶς αὐτῆς ἀποτελοῦν τὴν **σειρὰν τοῦ οὐρα-  
νίου**, ἐκ τοῦ ὁποίου διὰ διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων προκύπτουν τὰ  
ἄλλα ραδιενεργὰ στοιχεῖα τῆς σειρᾶς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸν ἀνωτέρω  
πίνακα. Ἐκτὸς τοῦ οὐρανίου, εὐρέθη ὅτι τὸ **ἄκτινιον** (Ac), τὸ **θό-  
ριον** (Th) καὶ τὸ **νεπτούνιον** (Np) εἶναι τὰ πρῶτα μέλη τριῶν  
ἄλλων σειρῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Χαρακτηριστικὸν εἶναι ὅτι τὸ  
τελικὸν προϊόν τῶν διαδοχικῶν μεταστοιχειώσεων εἶναι τὰ σταθερὰ  
στοιχεῖα μόλυβδος καὶ βισμούθιον. Ὡστε :

Ἐπὶ τὰς τέσσαρες σειρὰς ραδιενεργῶν στοιχείων, ἔχουσαι ὡς  
πρῶτα μέλη τὰ στοιχεῖα οὐράνιον, ἄκτινιον, θόριον καὶ νεπτούνιον.

### ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ

**259. Ἄτομικὸς ἀριθμὸς στοιχείου.**—Ἐὰν καταγράψωμεν τὰ  
διάφορα στοιχεῖα κατὰ σειρὰν ἀτομικοῦ βάρους, θὰ λάβωμεν τὸν κα-  
τωτέρω πίνακα.

Ἄτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Ἄτομικὸν βᾶρος	Μαζικὸς ἀριθμὸς A
1	Ἵδρογόνον H	1,008	1
2	Ἡλιον He	4,003	4
3	Λίθιον Li	6,940	7
4	Βηρύλλιον Be	9,013	9
5	Βόριον B	10,820	11
6	Ἄνθραξ C	12,010	12
7	Ἄζωτον N	14,008	14
8	Ὄξυγόνον O	16,000	16
9	Φθόριον F	19,000	19
10	Νέον Ne	20,183	20
11	Νάτριον Na	22,997	23
12	Μαγνήσιον Mg	24,320	24
13	Ἀργίλιον Al	26,970	27
14	Πυρίτιον Si	28,060	28
15	Φωσφόρος P	30,980	31
16	Θεῖον S	32,066	32
	κ.τ.λ.		

Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων τούτων  
μεταβάλλονται περιοδικῶς, καθ' ὅσον αὐξάνονται τὰ ἀτομικά

βάρη. Ούτω τὸ δέκατον στοιχείον (Ne) ὁμοιάζει μὲ τὸ δεύτερον στοιχείον (He), τὸ ἐνδέκατον στοιχείον (Na) ὁμοιάζει μὲ τὸ τρίτον (Li),... τὸ δέκατον ἕκτον (S) ὁμοιάζει μὲ τὸ ὕδροον (O) κ.ο.κ. Ὡστε αἱ χημικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων ἐπαναλαμβάνονται περιοδικῶς, ἐφ' ὅσον προχωροῦμεν ἀπὸ τὰ ἐλαφρότερα πρὸς τὰ βαρύτερα ἅτομα. Ἡ παρατήρησις αὕτη ἔδωκεν 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 Z** τοῦ στοιχείου. Τὸ περιοδικὸν σύστημα ἀναγράφεται εἰς τὴν σελίδα 282.

**260. Ἡλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.**—Ἡ πειραματικὴ καὶ θεωρητικὴ ἔρευνα ἀπέδειξε ὅτι τὸ ἅτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο διακεκριμένα μέρη, τὸν **πυρῆνα** καὶ τὰ **ἠλεκτρόνια**, τὰ ὁποῖα περιφέρονται περίξ τοῦ πυρῆνος (§ 148). Ἡ ἔρευνα ἀπέδειξε ὅτι :

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα περιφέρονται περίξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν (Z) τοῦ στοιχείου.

Οὔτω τὸ ἅτομον τοῦ νατρίου ἔχει  $Z = 11$  ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα συνολικῶς φέρουν ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον  $-11e$ . Ἐπομένως τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος εἶναι  $+11e$ . Ὁμοίως εὐρίσκομεν ὅτι τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ ἀνθρακος εἶναι  $+6e$ .

**261. Μονὰς ἀτομικῆς μάζης.**—Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν διὰ τὴν μέτρησιν τῆς μάζης τῶν ἀτόμων καὶ τῶν πυρῆνων χρησιμοποιεῖται ἡ **φυσικὴ κλίμαξ** τῶν ἀτομικῶν μαζῶν, εἰς τὴν ὁποῖαν ἡ μονὰς ὀρίζεται ὡς ἐξῆς :

Εἰς τὴν φυσικὴν κλίμακα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὡς μονὰς μάζης λαμβάνεται τὸ  $1/16$  τῆς μάζης τοῦ ἀφθονώτερον εἰς τὴν Φύσιν ἀπαντῶντος ἰσοτόπου τοῦ ὀξυγόνου.

Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται **μονὰς ἀτομικῆς μάζης** καὶ συμβολίζεται  $1 \text{ amu}$  (atomic-mass unit). Εὐρίσκεται δὲ ὅτι εἶναι :

$$1 \text{ μονὰς ἀτομικῆς μάζης} : 1 \text{ amu} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$$

Περιοδικόν σύστημα τών στοιχείων

Περίοδος	Όμας I	Όμας II	Όμας III	Όμας IV	Όμας V	Όμας VI	Όμας VII	Όμας VIII	0	
I	1 H 1,008								2 He 4,003	
II	3 Li 6,940	4 Be 9,02	5 B 10,82	6 C 12,01	7 N 14,008	8 O 16,000	9 F 19,00		10 Ne 20,183	
III	11 Na 22,994	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 30,98	16 S 32,06	17 Cl 35,457		18 Ar 39,944	
IV	19 K 39,096 29 Cu 63,57	20 Ca 40,08 30 Zn 65,38	21 Sc 45,10 31 Ga 69,72	22 Ti 47,90 32 Ge 72,60	23 V 50,95 33 As 74,91	24 Cr 52,01 34 Se 78,96	25 Mn 54,93 35 Br 79,916	26 Fe 55,85 36 Kr 83,7	27 Co 58,94 37 Rb 85,47	28 Ni 58,69
V	37 Rb 85,48 47 Ag 107,880	38 Sr 87,63 48 Cd 112,41	39 Y 88,92 49 In 114,76	40 Zr 91,22 50 Sn 118,70	41 Nb 92,91 51 Sb 121,76	42 Mo 95,95 52 Te 127,21	43 Tc (99) 53 I 126,92	44 Ru 101,7 45 Rh 102,91 46 Pd 106,7	54 Xe 131,3	
VI	55 Cs 132,91 79 Au 197,2	56 Ba 137,36 80 Hg 200,61	57 Έτος 71 Στάδια γαία*	72 Hf 178,6 82 Pb 207,21	73 Ta 180,88 83 Bi 209,00	74 W 183,92 84 Po 210	75 Re 186,31 85 At (210)	76 Os 190,2 77 Ir 193,1 78 Pt 195,23	86 Rn 222	
VII	87 Fr (223)	88 Ra 226,05	89 Ac 227,05	90 Th 232,12	91 Pa 231	92 U 238,07				

\* Στάδια γαία

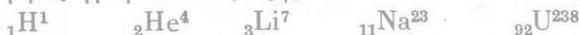
Υπερουβικά στοιχεία

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
138,92	140,13	140,92	144,27	147	150,43	152,0	156,9	159,2	162,46	164,94	167,2	169,4	173,04	174,90

93 Np 237	94 Pu 239	95 Am 241	96 Cm 242	97 Bk 243	98 Cf 244	99 E 254	100 Fm 255	101 Mv 256	102 No 254	103; 257
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	---------------	---------------	---------------	-------------

**262. Ἀτομικὴ μᾶζα καὶ μαζικὸς ἀριθμὸς.** — Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου εἶναι σχεδὸν ὀλόκληρος συγκεντρωμένη εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα, διότι ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι πολὺ μικρά. Ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου, μετρηθεῖσα εἰς τὴν φυσικὴν κλίμακα τῶν ἀτομικῶν μαζῶν καλεῖται **ἀτομικὴ μᾶζα**. Ἡ ἀκριβὴς μέτρησις τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ἀπέδειξεν ὅτι ὅλαι αἱ ἀτομικαὶ μᾶζαι προσεγγίζουσι πρὸς ἀκέραιον ἀριθμὸν. Ὁ ἀκέραιος ἀριθμὸς, πρὸς τὸν ὁποῖον προσεγγίζει ἡ ἀτομικὴ μᾶζα τοῦ ἀτόμου, καλεῖται **μαζικὸς ἀριθμὸς A** τοῦ ἀτόμου (βλ. πίνακα σελ. 280). Ὁ ἀριθμὸς οὗτος ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.

**263. Συμβολικὴ γραφὴ τῶν ἀτομικῶν πυρῆνων.** — Εἰς ἕκαστον ἀτομικὸν πυρῆνα ἀντιστοιχοῦν δύο θεμελιώδεις ἀριθμοί: ὁ **ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z** καὶ ὁ **μαζικὸς ἀριθμὸς A**. Οἱ δύο οὗτοι ἀριθμοὶ ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν καὶ σημειώνονται ἑκατέρωθεν τοῦ συμβόλου Σ τοῦ στοιχείου ὡς ἐξῆς:  ${}_Z\Sigma^A$ . Οὕτω οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες γράφονται ὡς ἐξῆς:



**264. Συστατικὰ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος.** — Εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ φυσικὴ ραδιενέργεια ὀφείλεται εἰς αὐτόματον ἔκρηξιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα κατορθώνει νὰ προκαλῆ διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τῶν σταθερῶν στοιχείων. Κατὰ τὴν διάσπασιν αὐτὴν ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα σωματίδια, τὰ ὁποῖα δυνάμεθα νὰ τὰ μελετήσωμεν. Αἱ μέχρι σήμερον ἔρευναι ἀποδεικνύουν ὅτι ὅλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο εἶδη σωματιδίων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **πρωτόνια** καὶ **νετρόνια**. Τὰ δύο αὐτὰ εἶδη σωματιδίων καλοῦνται γενικῶς **νουκλεόνια** (ἀπὸ τὸ nucleus = πυρῆν).

α) Τὸ **πρωτόνιον** (σύμβολον  ${}_1\text{H}^1$ ) εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρῆν τοῦ ὑδρογόνου, δηλ. εἶναι τὸ ἰὸν ὑδρογόνου. Φέρει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον (+e) καὶ ἔχει μᾶζαν περίπου ἴσην μετὰ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 amu).

β) Τὸ **νετρόνιον** (σύμβολον  ${}_0\text{n}^1$ ) δὲν φέρει ἠλεκτρικὸν φορτίον, ἡ δὲ μᾶζα του εἶναι ὀλίγον μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου.

Ἐπειδὴ τὸ νετρόνιον εἶναι οὐδέτερον σωματίδιον, οὔτε ἀπωθεῖται, οὔτε ἔλκεται ἀπὸ τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας καὶ συνεπῶς κατορθώνει νὰ πλησιάσῃ πρὸς τοὺς ἀτομικοὺς πυρῆνας ἐλευθέρως. Ἐφθονα νετρόνια λαμβάνονται, ὅταν βομβαρδίζεται τεμάχιον βηρυλλίου (Be) μὲ σωματίδια  $\alpha$  (δηλ. μὲ ἀκτῖνας  $\alpha$  ἐνὸς ραδιενεργοῦ στοιχείου). Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα :

I. Ὅλοι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ πρωτόνια καὶ νετρόνια, τὰ ὁποῖα γενικῶς καλοῦνται νουκλεόνια.

II. Τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον ἔχουν μᾶζαν περίπου ἴσην μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης (1 amu).

III. Τὸ πρωτόνιον φέρει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον (+e), ἐνῶ τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον.

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Νουκλεόνιον	Μᾶζα εἰς amu	Μαζικὸς ἀριθμὸς A	Ἡλεκτρικὸν φορτίον εἰς Cb
1	πρωτόνιον ${}^1_1\text{H}^+$	$m_p = 1,00759$	1	$+ 1,60 \cdot 10^{-19}$
0	νετρόνιον ${}^0_1\text{n}^0$	$m_n = 1,008987$	1	0

**265. Ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ πυρῆνος.**—Τὸ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος ὀφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὰ πρωτόνια, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ πυρῆν. Ὁ ἀτομικὸς πυρῆν τοῦ ἡλίου ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν  $A = 4$  καὶ ἀτομικὸν ἀριθμὸν  $Z = 2$ . Ἐπειδὴ ὁ ἀτομικὸς πυρῆν τοῦ ἡλίου φέρει θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον  $+2e$  καὶ συνεπῶς ὁ πυρῆν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια. Ἐπειδὴ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου εἶναι σχεδὸν ἴση μὲ μίαν μονάδα ἀτομικῆς μάζης, ἔπεται ὅτι ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς  $A = 4$  φανεράννει τὸν ἀριθμὸν τῶν νουκλεονίων, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρῆν τοῦ ἡλίου. Ὡστε ὁ πυρῆν οὗτος περιέχει 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

I. Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρῆν.

II. Ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς A ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἄθροισμα

τοῦ ἀριθμοῦ  $Z$  τῶν πρωτονίων καὶ τοῦ ἀριθμοῦ  $N$  τῶν νετρονίων, τὰ ὁποῖα περιέχει ὁ ἀτομικὸς πυρῆν.

$$\begin{array}{l} A = Z + N \\ \text{νουκλεόνια} = \text{πρωτόνια} + \text{νετρόνια} \end{array}$$

III. Ὁ ἀριθμὸς  $N$  τῶν νετρονίων ἐνὸς πυρῆνος εἶναι ἴσος μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ μαζικοῦ ἀριθμοῦ  $A$  καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ  $Z$  τοῦ πυρῆνος.

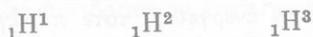
$$\begin{array}{l} N = A - Z \\ \text{νετρόνια} = \text{νουκλεόνια} - \text{πρωτόνια} \end{array}$$

Οὕτω ὁ πυρῆν οὐρανίου  ${}_{92}\text{U}^{238}$  περιέχει :  $N = 238 - 92 = 146$  νετρόνια.

**266. Ἴσότοπα στοιχεῖα.**— Αἱ χημικαὶ ιδιότητες ἐνὸς στοιχείου ἐξαρτῶνται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὰ περίξ 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 (1912) καὶ Aston (1919) ἀπέδειξαν ὅτι δύο ἄτομα εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ἀλλὰ νὰ ἔχουν διαφορετικὴν μάζαν. Οὕτω π.χ. ἀπεδείχθη ὅτι τὸ ὕδρογόνον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1, ἐμφανίζεται ὑπὸ τὴν μορφήν τριῶν ἀτομικῶν πυρῆνων. Ὑπάρχουν δηλαδὴ τρία εἶδη ἀτόμων ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα ἔχουν διαφορετικὰς ἀτομικὰς μάζας :

$$1,008145 \qquad 2,014741 \qquad 3,016997$$

Ἡ διαφορὰ αὐτὴ τῶν ἀτομικῶν μαζῶν ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἀτομικὸς πυρῆν εἶναι δυνάτὸν νὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ μόνον 1 πρωτόνιον ( κοινὸν ὕδρογόνον ) ἢ δύναται νὰ περιέχη 1 πρωτόνιον καὶ 1 νετρόνιον ( δευτέριον **D** ἢ βαρὺ ὕδρογόνον ) ἢ τέλος εἶναι δυνατὸν νὰ περιέχη 1 πρωτόνιον καὶ 2 νετρόνια ( τρίτιον **T** ). Τὰ τρία αὐτὰ ὕδρογόνα καλοῦνται **ισότοπα στοιχεῖα** καὶ σημειώνονται ὡς ἐξῆς :



Ἴσότοπα καλοῦνται τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν  $Z$ , διάφορον ὅμως μαζικὸν ἀριθμὸν  $A$ .

Οὕτως ὑπάρχουν δύο ισότοπα τοῦ χλωρίου  $_{17}\text{Cl}^{35}$  καὶ  $_{17}\text{Cl}^{37}$ . Ἐπίσης ὑπάρχουν οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς τύποι ἀτομικῶν πυρήνων ὀξυγόνου :



Σήμερον εἶναι γνωστοὶ 1200 περίπου τύποι ἀτομικῶν πυρήνων, ἐκ τῶν ὁποίων μόνον 280 εἶναι σταθεροί. Ὅπως παρατηροῦμεν εἰς τὰ ισότοπα τοῦ ὀξυγόνου, οἱ ἀτομικοὶ πυρήνες περιέχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων Z, διαφορετικὸν ὅμως ἀριθμὸν νετρονίων N. Εἰς τὴν σελίδα 299 ἀναγράφονται τὰ φυσικὰ σταθερὰ στοιχεῖα καὶ τὰ ισότοπα αὐτῶν.

Τὸ βαρὺ ὕδωρ. Τὸ δευτέριον ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον, ὅπως καὶ τὸ κοινὸν ὑδρογόνον. 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 ἠλεκτρολύσεως. Τὸ βαρὺ ὕδωρ εἰς 4<sup>ο</sup> C ἔχει πυκνότητα 1,104 gr/cm<sup>3</sup>. Αἱ φυσικαὶ ιδιότητες τοῦ βαρέος ὕδατος εἶναι διάφοροι ἀπὸ τὰς ιδιότητας τοῦ κοινοῦ ὕδατος. Οὕτω τὸ βαρὺ ὕδωρ ἔχει θερμοκρασίαν πήξεως 3,8<sup>ο</sup> C καὶ θερμοκρασίαν βρασμοῦ 101,4<sup>ο</sup> C. Διὰ τοῦτο τὸ βαρὺ ὕδωρ εἶναι εὐκόλον νὰ διαχωρισθῇ ἀπὸ τὸ κοινὸν ὕδωρ διὰ κλασματικῆς ἀποστάξεως.

267. 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 ὑπάρξεώς του εἶναι ἐλάχιστη.

Τὸ ποζιτρόνιον ἔχει μᾶζαν ἴσην μὲ τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ φέρει ἐν στοιχειῶδες θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον.

Τὸ ποζιτρόνιον εἶναι λοιπὸν ἐν θετικὸν ἠλεκτρόνιον καὶ γεννᾶται ὅταν ἐν πρωτόνιον μετασχηματίζεται εἰς νετρόνιον ἢ ὅταν κοσμικαὶ ἀκτῖνες ἢ πολὺ διεσδυτικαὶ ἀκτῖνες γ προσπίπτουν ἐπὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι, ὅταν ἐπὶ τῆς ὕλης προσπίπτῃ ἐν φωτόνιον ἀκτίνων γ, φέρον μεγάλην ἐνέργειαν, τότε παράγονται ἐν ἠλεκτρόνιον καὶ ἐν ποζιτρόνιον. Τὸ ἄθροισμα τῶν μαζῶν τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ τοῦ ποζιτρονίου εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ φωτονίου (σχ. 309 γ). Τὸ περίφημον τοῦτο πείραμα ἀπέδειξεν ὅτι

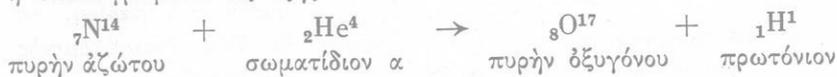
είναι δυνατή ή μετατροπή τής ενέργειας εις ύλην, συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τής ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας.

### Ὑποατομικὰ σωματίδια

Σωματίδιον	Μάζα	Ἡλεκτρικὸν φορτίον
ἠλεκτρόνιον $e^{-}, -1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$-1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
ποζιτρόνιον $e^{+}, +1e^0$	$9,1085 \cdot 10^{-28}$ gr	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
πρωτόνιον ${}_1H^1$	$1,6724 \cdot 10^{-24}$ gr	$+1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb
νετρόνιον ${}_0n^1$	$1,6747 \cdot 10^{-24}$ gr	0

## ΠΥΡΗΝΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

**268. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις.**— Πρῶτος ὁ Rutherford ἐπέτυχε **τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν** ἐκτελέσας τὸ ἀκόλουθον πείραμα. Ἐβομβάρδισεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ἀζώτου με σωματίδια  $\alpha$  (δηλ. με ἀτομικοὺς πυρῆνας ἡλίου) καὶ ἔλαβεν ἀτομικοὺς πυρῆνας ὀξυγόνου καὶ ὕδρογόνου. Τὸ πείραμα τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν **πυρηνικὴν ἀντίδρασιν**, ἡ ὁποία γράφεται ὡς ἑξῆς :

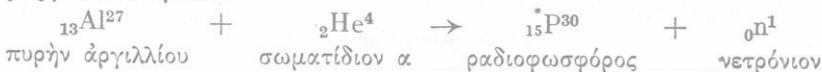


Σήμερον ἡ Πυρηνικὴ Φυσικὴ ἐπιτυγχάνει πλῆθος πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, δηλαδὴ ἐπιτυγχάνει τὴν **τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν**. Πολλὰ ἐκ τῶν προϊόντων τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων εἶναι ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες. Οὗτοι αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τὴν μετατροπὴν εἰς σταθεροὺς πυρῆνας. Ἡ μεταστοιχείωσις αὕτη συνοδεύεται καὶ ἀπὸ ἐκπομπὴν ἀκτινοβολίας, ἥτοι οἱ ἀσταθεῖς ἀτομικοὶ πυρῆνες εἶναι **ραδιενεργοί**. Ὡστε :

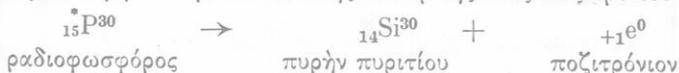
Διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων ἐπιτυγχάνεται τεχνητὴ μεταστοιχείωσις καὶ δημιουργία τεχνητῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.

Οὕτως ἀπὸ τὸν βομβαρδισμὸν ἀτομικῶν πυρῆνων ἀργιλίου με σω-

ματίδια α προκύπτει τεχνητὸς ραδιενεργὸς φωσφόρος (**ραδιοφωσφόρος**) καὶ νετρόνιον :

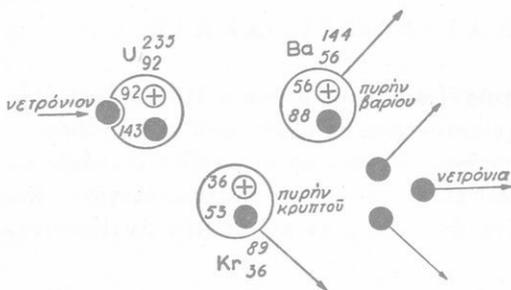


Ὁ ἀσταθὴς πυρὴν τοῦ ραδιοφωσφόρου μεταστοιχείωνεται ἔπειτα εἰς σταθερὸν πυρὴνα πυριτίου διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἑνὸς ποζιτρονίου :



Τὰ τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα ἔχουν σήμερον μεγάλην σημασίαν διὰ τὰς βιολογικὰς ἐρεῦνας καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς.

**269. Διάσπασις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου.**— Τὸ πείραμα ἀπεκάλυψεν ὅτι τὸ ἰσότοπον τοῦ οὐρανίου, τὸ ὁποῖον ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν 235, ἔχει τὴν ἐξῆς



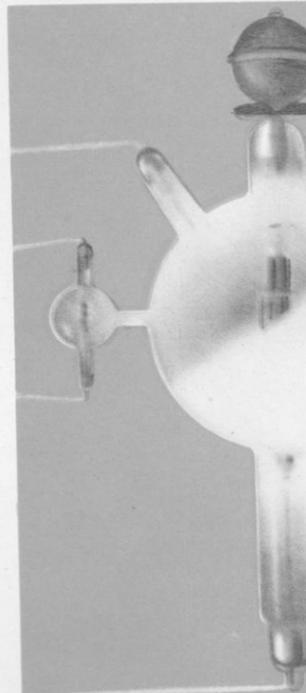
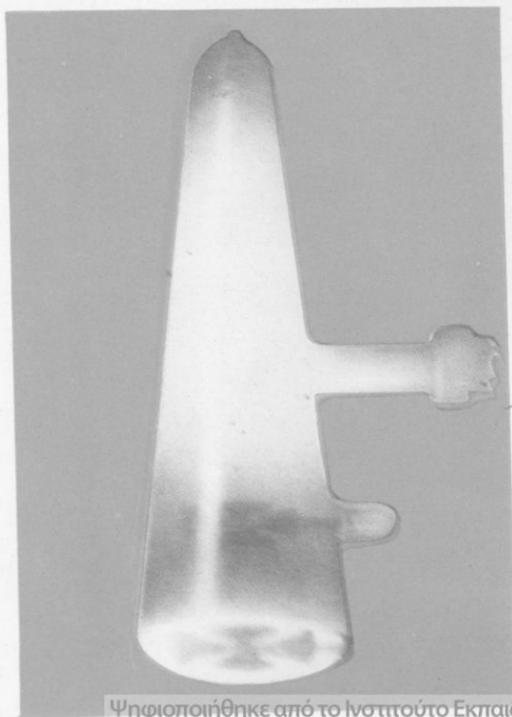
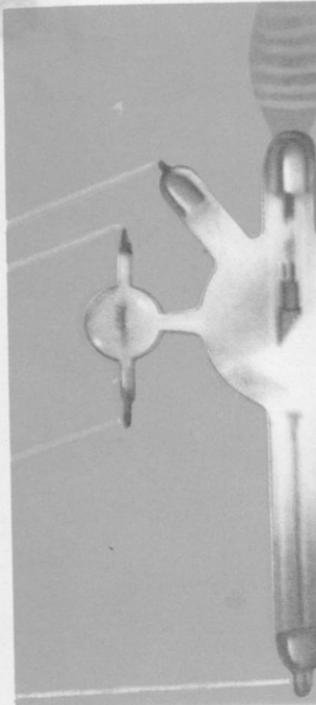
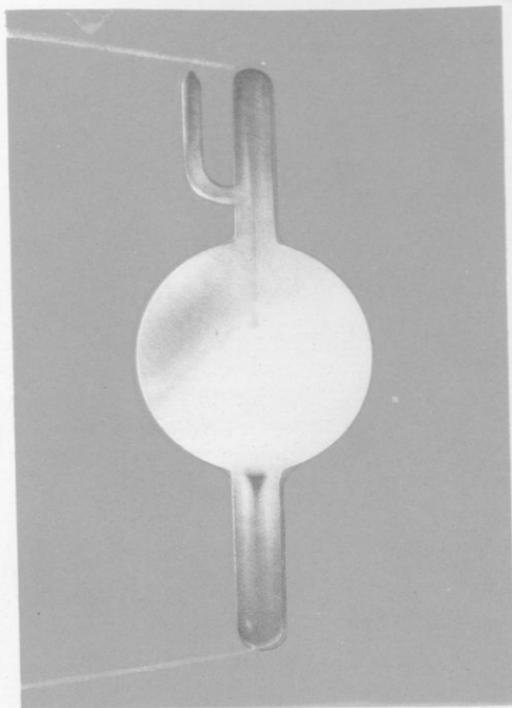
Σχ. 306. Σχηματικὴ παράστασις τῆς σχέσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου 235.

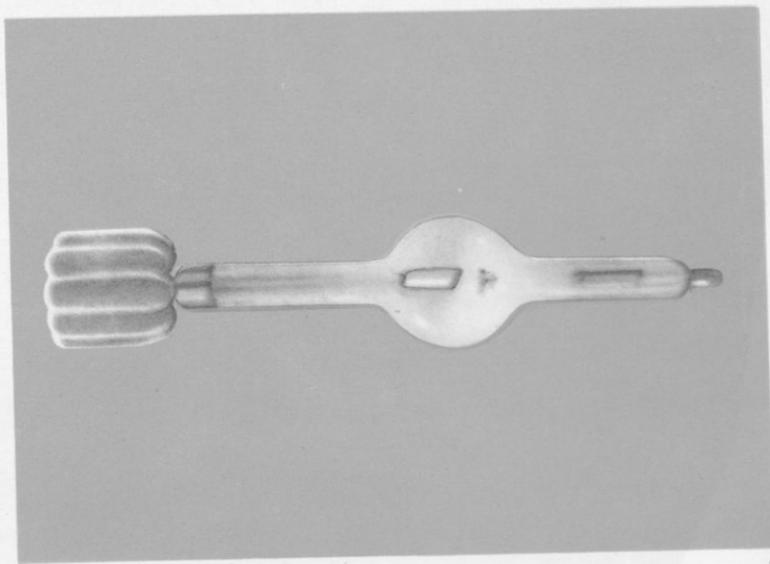
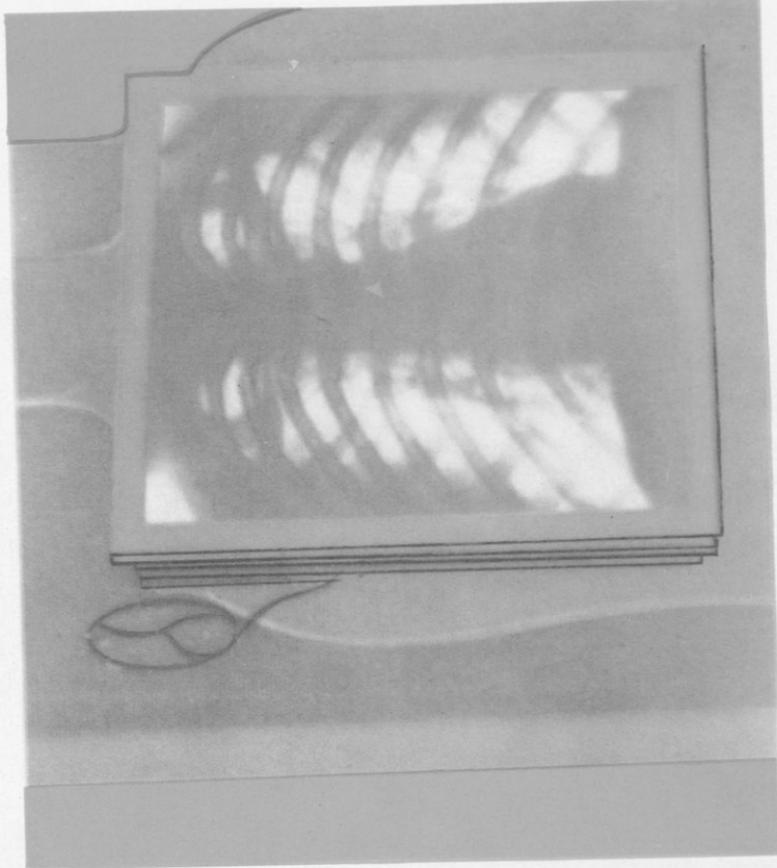
ιδιότητα: "Ὅταν" ὁ πυρὴν τοῦ οὐρανίου τούτου βομβαρδισθῇ μὲ νετρόνιον, τότε ὁ πυρὴν οὗτος **διασπᾶται** εἰς δύο τμήματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἓν εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ βαρίου, τὸ δὲ ἄλλο εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ κρυπτοῦ (σχ.

306). Ἡ πυρηνικὴ αὕτη ἀντίδρασις γράφεται ὡς ἐξῆς :



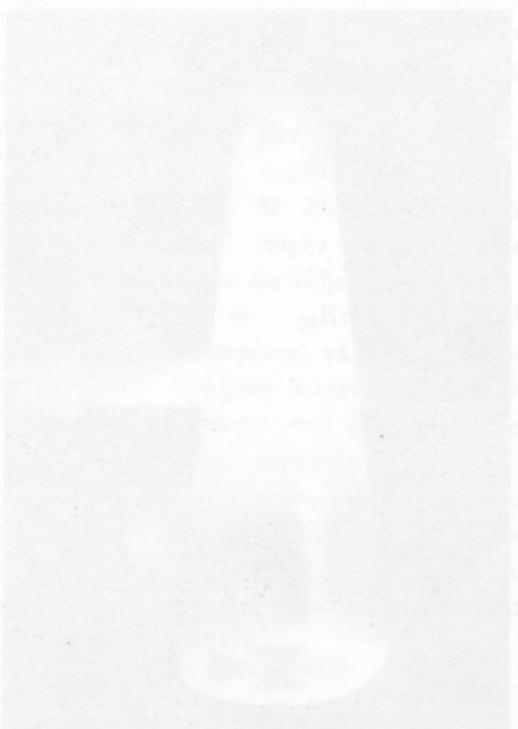
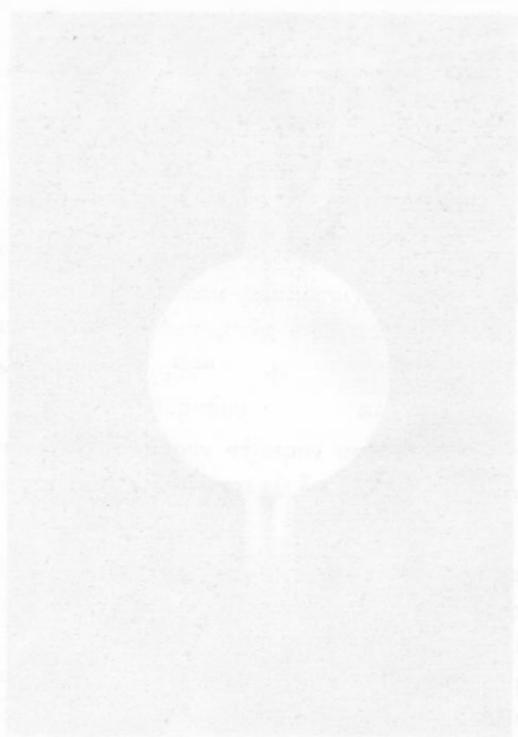
Παρατηροῦμεν ὅτι προκύπτουν καὶ 3 νετρόνια, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ προκαλέσουν τὴν διάσπασιν νέων πυρῆνων οὐρανίου (**ἀλυσωτῆ πυρηνικὴ ἀντίδρασις**). Κατὰ τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου εὐρέθη ὅτι ἐλευθερώνεται τεραστία ἐνέργεια (50 ἑκατομμύρια φορές μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν θερμότητα, τὴν ὁποίαν 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** ἢ ἀκριβέστερον **πυρηνικὴ ἐνέργεια**.





## Παραγωγή και χρησιμοποίησις τῶν ἀκτίνων Röntgen

1. Σωλὴν τοῦ Crookes μὲ σκιάν ἑνὸς σταυροῦ.
2. Παλαιὸς τύπος σωλῆνος ἀκτίνων Röntgen.
3. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen μὲ κάθοδον ψυχομένην δι' ὕδατος.
4. Σωλὴν ἀκτίνων Röntgen μὲ κάθοδον ψυχομένην δι' ἀέρος.
5. Σωλὴν τοῦ Coolidge.
6. Ἐξέτασις θώρακος μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ φθορίζοντος πετάσματος (ἀκτινοσκόπησις).



**270. Προέλευσις τῆς πυρηνικῆς ἐνεργείας.**—Εἶναι γνωστὸν (ἐκ τῆς προηγουμένης τάξεως) ὅτι μᾶζα  $m$  ἰσοδυναμεῖ μὲ ἐνέργειαν  $E = m \cdot c^2$  ὅπου  $c$  εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν. Αἱ μετρήσεις ἀποδεικνύουν ὅτι κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις παρατηρεῖται **ἀπώλεια μάζης** ἢ μᾶζα αὕτη μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. "Ὡστε :

Κατὰ πολλὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις ὠρισμένη μᾶζα μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον πυρηνικὴν ἐνέργειαν.

Οὕτως, ἐὰν κατὰ μίαν πυρηνικὴν ἀντίδρασιν ἡ ἀπώλεια μάζης ἀνέρχεται εἰς 0,001 gr, τότε ἐλευθερώνεται ἐνέργεια :

$$E = m \cdot c^2 = 0,001 \cdot (3 \cdot 10^{10})^2 = 9 \cdot 10^{17} \text{ erg}$$

$$E = 25 \text{ 000 kWh}$$

**271. Προέλευσις τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας.**—Διὰ τὴν ἐρμηνεύσασιν τῆν προέλευσιν τῆς τεραστίας ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ὁ "Ἡλιος, διετυπώθη ἡ ὑπόθεσις ὅτι εἰς τὸν "Ἡλιον συμβαίνει ἡ ἀκόλουθος πυρηνικὴ ἀντίδρασις :



Τέσσαρα δηλαδὴ πρωτόνια συνενώνονται πρὸς σχηματισμὸν ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου. Κατὰ τὴν πυρηνικὴν αὐτὴν ἀντίδρασιν τὰ δύο πρωτόνια μετατρέπονται εἰς νετρόνια καὶ διὰ τοῦτο ἀποβάλλονται δύο ποζιτρόνια. Ἡ πυρηνικὴ αὕτη ἀντίδρασις συνοδεύεται ἀπὸ κολοσιαιάν ἐκλυσιν ἐνεργείας, διότι παρατηρεῖται μεγάλη ἀπώλεια μάζης. Ὑπολογίζουσιν ὅτι κατὰ δευτερόλεπτον μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν 4 500 000 τόννοι ἡλιακῆς μάζης. Ἡ ἀνωτέρω πυρηνικὴ ἀντίδρασις, διὰ τῆς ὁποίας συντίθενται ἀτομικοὶ πυρῆνες ὕδρογόνου πρὸς σχηματισμὸν ἀτομικῶν πυρήνων ἡλίου, καλεῖται **σύντηξις** καὶ εἶναι μία **θερμοπυρηνικὴ ἀντίδρασις**, ἡ ὁποία πραγματοποιεῖται εἰς τὴν **βόμβαν ὕδρογόνου**.

**272. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ.**—Κατὰ τὴν διάσπασιν ἑνὸς πυρῆνος οὐρανίου ( ${}_{92}\text{U}^{235}$ ) ἐκλύεται μεγάλη ποσότης ἐνεργείας. Τὰ 20 % τῆς ἐνεργείας αὐτῆς ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφήν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν καὶ τὰ 80 % τῆς ἐκλυομένης ἐνεργείας ἐμφανίζονται ὑπὸ μορφήν **κινητικῆς ἐνεργείας** τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος. Οὕτω τὰ θραύσματα τοῦ πυρῆνος ἐκσφενδονίζονται μὲ μεγάλην ταχύτητα, συγκρούονται μὲ τὰ γειτονικὰ μόρια καὶ συνεπῶς διαχέουσι τὴν ἐνέργειάν των ὑπὸ μορφήν θερμότητος. Αὐτὴν τὴν θερμότητα ἐκμεταλλουόμεθα

εις τὸν **ἀτομικὸν ἀντιδραστῆρα** διὰ τὴν παραγωγὴν ὕδρατμοῦ. Ὁ παραγόμενος ὕδρατμος χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν κίνησιν ἀτμοστροβίλου, ὁ ὁποῖος παρέχει τὴν ἀπαιτουμένην μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς μίαν γεννητριαν ἤλεκτρικοῦ ρεύματος (δηλ. εἰς ἓνα ἐναλλακτῆρα). Οὕτως ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν θραυσμάτων τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος οὐρανίου μετατρέπεται τελικῶς εἰς ἤλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σήμερον ὑπάρχουν διάφοροι τύποι ἀτομικῶν ἀντιδραστῆρων. Ἐκτὸς τῆς ἀνωτέρω χρησιμοποιήσεως ὁ ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ χρησιμοποιεῖται εὐρύτατα καὶ διὰ τὴν παραγωγὴν διαφόρων ραδιοϊσοτόπων καὶ διὰ τὴν πρόκλησιν ἄλλων πυρηνικῶν ἀντιδράσεων. Τὰ πρὸς μεταστοιχείωσιν στοιχεῖα εἰσάγονται ἐντὸς καταλλήλων θέσεων τοῦ ἀτομικοῦ ἀντιδραστήρος.

**273. Ὑπερουράνια στοιχεῖα.**— Εἰς τὴν Φύσιν ὁ βαρύτερος ἀτομικὸς πυρὴν εἶναι ὁ ἀτομικὸς πυρὴν τοῦ οὐρανίου, ὁ ὁποῖος ἔχει μαζικὸν ἀριθμὸν  $A = 238$ , δηλ. ὁ πυρὴν  ${}_{92}\text{U}^{238}$ . Ἡ νεωτέρα πειραματικὴ ἔρευνα ἐπέτυχε τὴν παραγωγὴν ἀτομικῶν πυρῆνων βαρυτέρων τοῦ πυρῆνος οὐρανίου. Οἱ νέοι οὗτοι ἀτομικοὶ πυρῆνες ἀνήκουν εἰς στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα

#### \*Ὑπερουράνια στοιχεῖα

( Ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς  $A$  ἀναφέρεται εἰς γνωστὰ ἰσότοπα )

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς $Z$	Ὄνομα στοιχείου	Σύμβολον	Μαζικὸς ἀριθμὸς $A$
93	Νεπτούνιον	Np	231-241
94	Πλουτόνιον	Pu	232-246
95	Ἀμερίκιον	Am	237-246
96	Κιούριον	Cm	238-250
97	Μπερκέλιον	Bk	243-250
98	Καλιφόρνιον	Cf	244-254
99	Ἐϊνστάινιον	E	246-256
100	Φέρμιον	Fm	250-256
101	Μεντελέβιον	Mv	256
102	Νομπέλιον	No	254
103	Λορέντζιον	;	257

δὲν ὑπάρχουν εἰς τὴν Φύσιν καὶ ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν  $Z$  μεγαλύτερον ἀπὸ 92. Τὰ νέα αὐτὰ τεχνητῶς παραγόμενα στοιχεῖα καλοῦνται **ὑπερουράνια στοιχεῖα**, διότι εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων

κατατάσσονται πέραν τοῦ οὐρανίου. Μέχρι σήμεραν παρήχθησαν ὑπερουράνια στοιχεῖα μέχρι τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ  $Z = 103$ , ἧτοι παρήχθησαν ἔνδεκα ὑπερουράνια στοιχεῖα ( βλ. πίνακα σελ. 290 ). "Όλοι οἱ ὑπερουράνιοι ἀτομικοὶ πυρῆνες εἶναι ἀσταθεῖς καὶ αὐτομάτως μεταστοιχειώνονται διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἀκτίνων  $\alpha$  ἢ ἀκτίνων  $\beta$ .

**274. Τὰ ὑποατομικὰ σωματίδια.**—Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπεκάλυψε διάφορα ὑποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια εἶναι τὸ ἠλεκτρόνιον, τὸ ποζιτρόνιον, τὸ πρωτόνιον καὶ τὸ νετρόνιον. Ἐκτὸς ὅμως τῶν ἀνωτέρω τεσσάρων ὑποατομικῶν σωματιδίων ἀνεκαλύφθησαν καὶ ἄλλα ὑποατομικὰ σωματίδια. Τοιαῦτα σωματίδια εἶναι :

α ) Τὸ **νετρίνο**, τὸ ὁποῖον εἶναι σωματίδιον οὐδέτερον, ἔχει ἀσήμαντον μᾶζαν καὶ γεννᾶται, ὅταν ἐν νετρόνιον μεταβάλλεται εἰς πρωτόνιον ἢ ἀντιστρόφως, ὅταν ἐν πρωτόνιον μεταβάλλεται εἰς νετρόνιον.

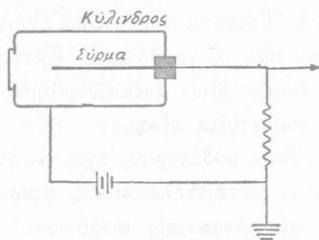
β ) Τὰ **μεσόνια** εἶναι σωματίδια μὲ ἠλεκτρικὸν φορτίον θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν, ἴσον μὲ ἐν στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον (  $e$  ) ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των περιλαμβάνεται μεταξὺ τῆς μᾶζης τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ τῆς μᾶζης τοῦ πρωτονίου.

γ ) Τὰ **ὑπερόνια** εἶναι σωματίδια μὲ ἠλεκτρικὸν φορτίον (θετικὸν ἢ ἀρνητικὸν ) ἢ εἶναι οὐδέτερα. Ἡ μᾶζα των εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου ( ${}_1\text{H}^1$ ) καὶ μικρότερα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ δευτερονίου ( ${}_1\text{H}^2$ ).

**275. Κοσμικαὶ ἀκτίνες.**—Ἡ παρατήρησις ἀπέδειξεν ὅτι ἐν φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον χάνει ὀλίγον κατ' ὀλίγον τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον καὶ ὅταν ἀκόμη τὸ ἠλεκτροσκόπιον περιβάλλεται ἀπὸ παχειάν μεταλλικὴν πλάκα. Ἡ ἐκφόρτισις αὕτη ἀπεδόθη εἰς ἰονισμόν τοῦ ἀέρος, προκαλούμενον ἀπὸ ἄγνωστον ἀκτινοβολίαν, ἢ ὁποία εἶναι πολὺ διεξοδική. Αἱ πειραματικαὶ ἔρευναὶ πολλῶν φυσικῶν ( Hees, Kolhörster, Millikan, Bowen κ.ἄ. ) ἀπέδειξαν ὅτι ἡ ἔντασις τῆς ἀκτινοβολίας ταύτης βαίνει αὐξανομένη, καθ' ὅσον ἀνερχόμεθα ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιράς. 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 διεξοδικήν ἰκανότητα, δυνάμεναι νὰ διέλθουν διὰ πλακὸς μολύβδου, ἢ ὁποία ἔχει πάχος πολλῶν μέτρων, ἢ διὰ στρώματος ὕδατος πάχους 250 μέτρων.

Διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, ὡς καὶ ἄλλων σωματιδίων, χρησιμοποιοῦνται συνήθως αἱ ἐξῆς τρεῖς μέθοδοι: α) ἡ ταχυτήτης ἐκφορτίσεως τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, β) ὁ ἀπαριθμητής Geiger—Muller καὶ γ) ὁ θάλαμος Wilson.

Ὁ ἀπαριθμητής Geiger - Muller ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸν μεταλλικὸν σωλῆνα, ὁ ὁποῖος κατὰ τὸν ἄξονά του φέρει τεταμένον λεπτὸν



Σχ. 307. Ἀπαριθμητής.

ρέεται ἀπὸ στιγμιαῖον ρεῦμα, τὸ ὁποῖον, ἐνισχυόμενον καταλλήλως, δύναται νὰ διέλθῃ διὰ μεγαφώνου καὶ νὰ καταστήσῃ ἀκουστὴν τὴν ἀφίξιν τοῦ σωματιδίου εἰς τὸν ἀπαριθμητὴν ἢ δύναται νὰ προκαλέσῃ τὴν λειτουργίαν ἐνὸς μηχανικοῦ μετρητοῦ.

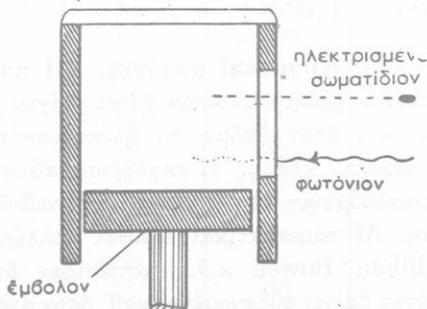
Ὁ θάλαμος Wilson ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα κύλινδρον, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου ὑπάρχει ἀῆρ κεκορεσμένος ἀπὸ ὑδρατμούς (σχ. 308). Ἡ ἄνω βᾶσις τοῦ κυλίνδρου εἶναι ὑαλίνη πλάξ, ἡ δὲ κάτω βᾶσις τοῦ κυλίνδρου εἶναι ἔμβολον. Ἐν ἀνύξηθῇ ἀπτόμως ὁ ὄγκος τοῦ ἀέρος, οὗτος ψύχεται, καὶ οἱ ἐντὸς αὐτοῦ ὑδρατμοὶ ὑγροποιοῦνται καὶ σχηματίζουν σταγονίδια. Κατὰ προτίμησιν τὰ σταγονίδια σχηματίζονται περὶ τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς

σύρμα (σχ. 307). Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἀέριον ὑπὸ μικρὰν πίεσιν. Ἡ συσκευὴ ἀποτελεῖ κυλινδρικὸν πυκνωτὴν. Μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω δύο ἠλεκτροδίων ὑπάρχει τάσις 1000 Volt περίπου. Ὄταν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος εἰσέλθῃ ἓν φορτισμένον σωματιδίον, τότε προκαλεῖται ἰσχυρὸς ἰονισμὸς τοῦ ἀερίου καὶ παράγεται ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Τὸ κύκλωμα διαρ-

Φωτογραφικὴ  
μηχανή



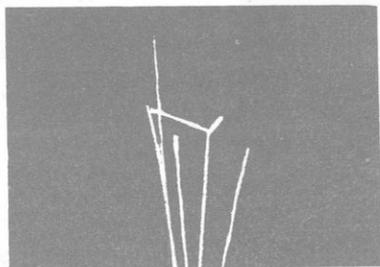
ὑαλίνη πλάξ



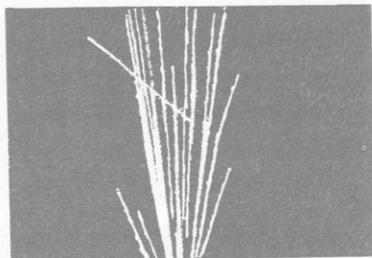
Σχ. 308. Σχηματικὴ παράστασις τῆς ἀρχῆς ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson:

Κατὰ προτίμησιν τὰ σταγονίδια σχηματίζονται περὶ τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς

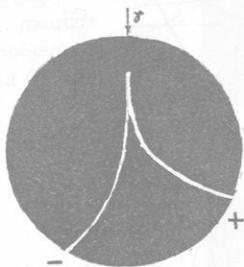
τοῦ ἀέρος. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου Wilson. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἐκτονωθέντος ἀέρος εἰσέλθῃ ἐν φορτισμένον



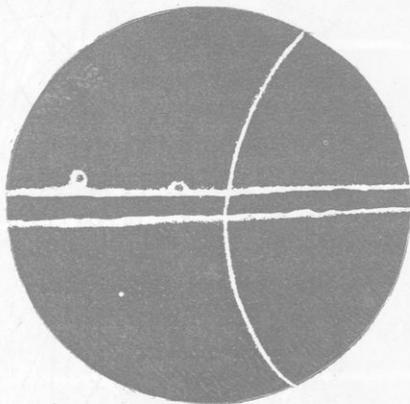
α



β



γ



δ

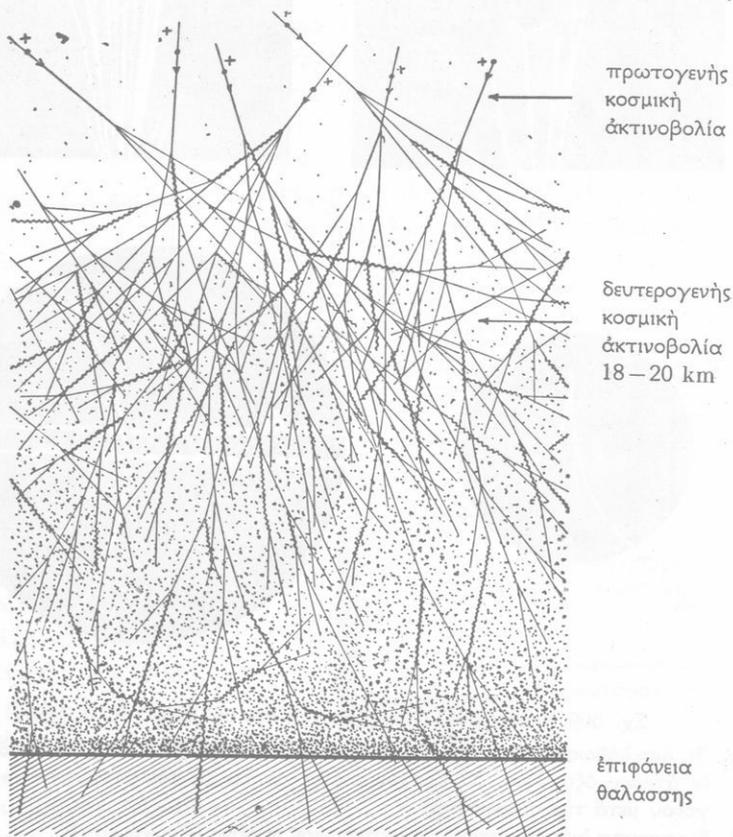
Σχ. 309. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι μετὰ τὸν θάλαμον τοῦ Wilson.

- α. Ἡ διακλάδωσις μιᾶς τροχιᾶς δεικνύει τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς σωματιδίου α με ἐν ἄτομον ὀξυγόνου. Ὁ βραχὺς κλάδος ἀνήκει εἰς τὸν ἀτομικὸν πυρῆνα ὀξυγόνου μετὰ τὴν σύγκρουσιν.
- β. Σύγκρουσις ἐνὸς σωματιδίου α με ἀτομικὸν πυρῆνα ὕδρογόνου (P).
- γ. Παραγωγή ἐνὸς ζεύγους: ἠλεκτρόνιον - ποζιτρόνιον ἀπὸ ἐν φωτόνιον ἀκτινοβολίας γ.
- δ. Τροχιὰ ἐνὸς ποζιτρονίου.

σωματίδιον, τοῦτο σχηματίζει σειρὰν ἰόντων, περίξ τῶν ὁποίων συγκεντρώνονται σταγονίδια ὕδατος. Τὰ σταγονίδια ἀποτελοῦν μίαν λεπτὴν γραμ-

μὴν ὁμίχλης, ἢ ὅποια φανερώνει τὴν τροχιὰν τοῦ σωματιδίου. Οὕτω δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν ἢ καὶ νὰ φωτογραφήσωμεν τὴν τροχιὰν τοῦ σωματιδίου, τὸ ὅποϊον εἰσῆλθεν ἐντὸς τοῦ θαλάμου (σχ. 309).

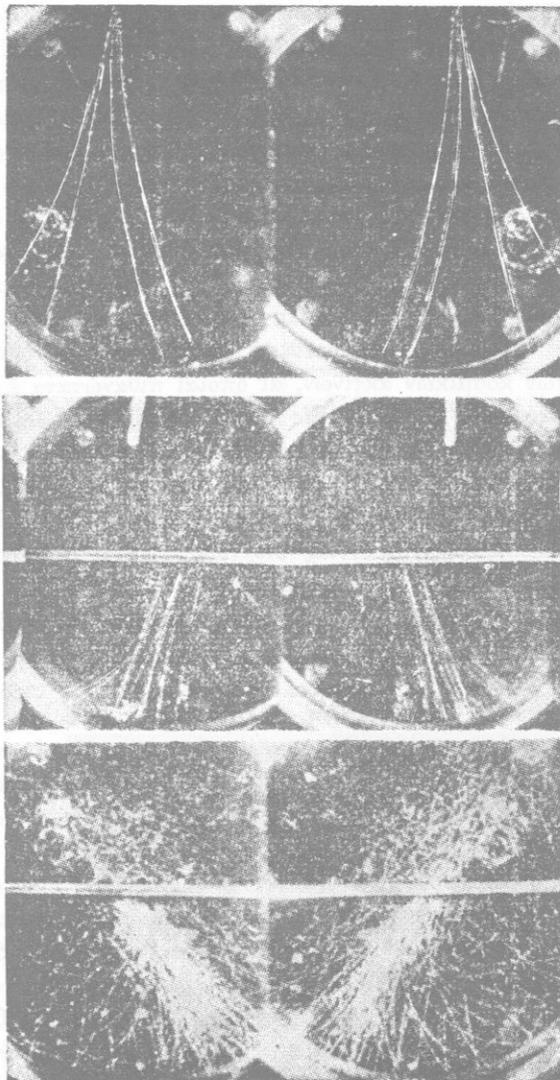
**276. Ἐξαγόμενα τῶν μετρήσεων ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτινῶν.**— Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης



Σχ. 310. Σχηματικὴ παράστασις τῆς παραγωγῆς δευτερογενοῦς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τῶν κατωτέρων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαιρας.

κάθε δευτερόλεπτον προσπίπτει ἐν κοσμικὸν σωματίδιον ἐπὶ  $1 \text{ cm}^2$ .  
Ἡ ἔντασις τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας διατηρεῖται σταθερὰ καὶ μόνον

εις τὰς περιοχὰς τῶν πόλων εἶναι μεγαλυτέρα. Ἡ προέλευσις τῶν κοσμικῶν ἀκτῖνων εἶναι ἀκόμη ἄγνωστος, φαίνεται δὲ ὅτι αἱ κοσμικαὶ ἀκτῖνες φθάνουν εἰς τὸν πλανήτην μας ἐξ ὅλων τῶν περιοχῶν τοῦ ἀστρικοῦ διαστήματος. Ἡ **πρωτογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία**, ἣ ὁποία φθάνει εἰς τὰ ἀνώτερα ὕψη τῆς ἀτμοσφαιρας μας, ἀποτελεῖται ἀπὸ ταχύτατα κινούμενα **πρωτόνια**. Ταῦτα, μόλις εἰσέλθουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιρας, συγκρούονται με μέρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ἐκ τῶν ὁποίων προκύπτουν νέα σωματίδια καὶ φωτόνια, τὰ ὁποῖα με τὴν σειράν των συγκρούονται πάλιν με μέρια τοῦ ἀέρος (σχ. 310). Οὕτως εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαιρας ὑπάρχει ἡ **δευτερογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβο-**



Σχ. 311. Φωτογραφίαι ληφθεῖσαι με τὸν θάλαμον Wilson. Εἰς τὴν 2αν καὶ 3ην φωτογραφίαν φαίνεται ἡ συντριβὴ ἀτόμων μολύβδου (τοῦ ὁποίου ἡ πλάξ διακρίνεται εἰς τὸ μέσον) ὑπὸ κοσμικῶν σωματιδίων· εἰς τὴν 3ην διακρίνονται ἑκατοντάδες σωματιδίων προελλθόντων ἀπὸ τὴν συντριβὴν ἀτόμων μολύβδου.

**λία**, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ ἠλεκτρόνια, ποζιτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια καὶ φωτόνια. Μεταξὺ τῶν συστατικῶν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων ἀνευρέθησαν καὶ τὰ μεσόνια, τὰ ὁποῖα ἔχουν μᾶζαν 207, 275 καὶ 970 περίπου φοράς μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρονίου. Γενικῶς τὰ σωματίδια αὐτὰ εἶναι ἀσταθῆ.

Ἐκ τῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι τὰ κοσμικὰ σωματίδια μεταφέρουν κολοσσιαίαν ἐνέργειαν, διότι κατὰ τὴν σύγκρουσίν των μὲ τὰ ἄτομα τῆς ὕλης προκαλοῦν τὴν συντριβὴν τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος καὶ τὸν διαμελισμὸν του εἰς ἑκατοντάδας μικροτάτων σωματιδίων (σχ. 311).

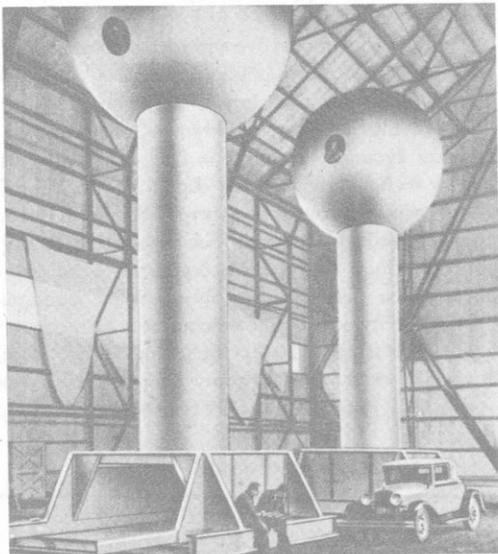
Τεράστια προσπάθειαι καταβάλλονται σήμερον διὰ τὴν σπουδὴν τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι πιθανώτατα ἔχουν σχέσιν καὶ μὲ τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς. Εἰς πᾶσαν στιγμὴν ἀτομικοὶ πυρῆνες τῶν ἰσθῶν τῶν ὀργανισμῶν συντρίβονται ἀπὸ κοσμικὰ σωματίδια καὶ οὕτως ἐκλύεται τεραστία ἐνέργεια ἐντὸς τοῦ κυττάρου. Εἶναι ἀκόμη ἄγνωστα τὰ ἀποτελέσματα, τὰ ὁποῖα ἐπιφέρει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς αὐτὴ ἡ ἀπότομος ἐκλυσίς τῆς τεραστίας ἐνεργείας. « Ποῖος γνωρίζει, ἐὰν ἡ πνευματικὴ ἀνισορροπία ἢ ἡ μεγαλοφυΐα δὲν γεννῶνται κάποιαν στιγμὴν ἀπὸ τὴν σύγκρουσιν ἐνὸς κοσμικοῦ σωματιδίου μὲ ἐν ἀπὸ τὰ λεπτὰ καὶ εὐαίσθητα ἐγκεφαλικά κύτταρα; » (Thibaud).

**277. Ἡ ἀντιύλη.**— Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀπέδειξεν ὅτι ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἀπὸ ἄτομα. Ἐκαστὸν ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ θετικῶς φορτισμένον πυρῆνα καὶ ἀπὸ τὰ περίξ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος περιφερόμενα ἠλεκτρόνια. Ὅλοι οἱ πυρῆνες τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης περιέχουν πρωτόνια καὶ νετρόνια. Τὸ ἀπλούστερον ἄτομον τῆς ὕλης εἶναι τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἐν πρωτόνιον καὶ ἀπὸ τὸ περίξ τοῦ πρωτονίου περιφερόμενον ἠλεκτρόνιον. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψε τὸ ποζιτρόνιον, τὸ ὁποῖον εἶναι σωματίδιον ὅμοιον μὲ τὸ ἠλεκτρόνιον, ἀλλὰ μὲ θετικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Ὡστε τὸ ποζιτρόνιον θὰ συμπεριφέρεται ἀντιθέτως πρὸς τὸ ἠλεκτρόνιον. Ἡ θεωρητικὴ καὶ ἡ πειραματικὴ ἔρευνα ἀνεκάλυψαν ὅτι ἐκτὸς τοῦ ποζιτρονίου ὑπάρχουν καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ ὁποῖα συμπεριφέρονται ἀντιθέτως πρὸς τὰ γνωστὰ σωματίδια, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰ συστατικὰ τῆς ὕλης. Τὰ νέα αὐτὰ σωματίδια καλοῦνται **ἀντισωματίδια** ἢ γενικώτερον **ἀντιύλη**. Οὕτω τὸ ἀντιπρωτόνιον εἶναι ἀτομικὸς πυρὴν ὕδρογόνου, ἀλλὰ μὲ ἀρνητικὸν φορτίον ἴσον μὲ ἐν στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον. Ἐὰν φαντασθῶμεν

ὅτι περίξ τοῦ ἀντιπρωτονίου περιφέρεται ἓν ποζιτρόνιον, τότε θὰ προκύψῃ τὸ ἄτομον τοῦ ἀντιυδρογόνου. Εἰς τὸν παραπλεύρως πίνακα σημειώνονται μερικὰ σωματίδια καὶ τὰ ἀντίστοιχα πρὸς αὐτὰ ἀντισωματίδια. Τὸ ποζιτρόνιον ( § 267 ) δὲν δύναται νὰ διατηρηθῇ, διότι ἐνοῦται μὲ ἓν ἠλεκτρόνιον καὶ τότε ἡ μᾶζα τῶν δύο τούτων σωματιδίων μετατρέπεται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Ὅμοίως ἓν πρωτόνιον καὶ ἓν ἀντιπρωτόνιον ἐνοῦμενα μετατρέπονται εἰς ἰσοδύναμον ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὐτῆ εἶναι τεραστία. Εἰς τὸν ἰδικὸν μας κόσμον ἡ ἀντιύλη ἐμφανίζεται κατὰ ὀρισμένας πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ἀλλ' ἐξάφανίζεται ἀκαριαίως, διότι ἐνοῦται μὲ τὴν γνωστὴν μας ὕλην καὶ τότε προκύπτει ἰσοδύναμος ἐνέργεια. « Δὲν εἶναι παράλογον, ἂν φαντασθῶμεν ὅτι ὑπάρχουν ἀστέρες καὶ γαλαξίαι ἀποτελούμενοι ἀπὸ ἀντιύλην » ( M. Duquesne ).

Ὑλη	Ἀντιύλη
Νετρίο	Ἀντινετρίο
Ἡλεκτρόνιον	Ποζιτρόνιον
Μεσόνιον (+)	Μεσόνιον (-)
Πρωτόνιον	Ἀντιπρωτόνιον
Νετρόνιον	Ἀντινετρόνιον
Ὑπερόνιον (+)	Ὑπερόνιον (-)

Ἡλεκτροστατική μηχανὴ τύπου Van de Graff, δυναμένη νὰ ἀναπτύξῃ τάσιν  $10^7$  Volt (Τοῦ Τεχνολογικοῦ Ἰνστιτούτου τῆς Μασσαχουσέτης.)

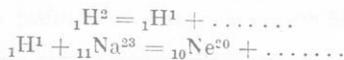


## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

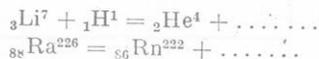
188. Νὰ εὐρεθῆ μὲ πόσην ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἔργια καὶ Joule ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς ἀτομικῆς μάζης καὶ ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου.

189. Μὲ πόσην ἐνέργειαν ἰσοδυναμεῖ ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου καὶ τοῦ νετρονίου;

190. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



191. Νὰ συμπληρωθοῦν αἱ ἀκόλουθοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις :



192. Ὁ ἄτομικὸς πυρὴν ἡλίου ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια, ἡ δὲ μᾶζα του εἶναι ἴση μὲ 4,003879 amu. Πόση ἐνέργεια ἠλευθερώθη κατὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ πυρῆνος τούτου;

193. Εἰς τὴν Ἀτομικὴν καὶ Πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονὰς ἐνεργείας λαμβάνεται τὸ 1 ἠλεκτρονιοβόλτ (1 eV), ἥτοι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἓν ἠλεκτρόνιον, ὅταν τοῦτο μετακινήται μεταξὺ δύο ἀγωγῶν ἐχόντων διαφορὰν δυναμικοῦ 1 Volt. Μὲ πόσα ἔργια καὶ Joule ἰσοῦται ἡ μονὰς ἠλεκτρονιοβόλτ ;

194. Μὲ πόσην ἐνέργειαν ἐκπεφρασμένην εἰς ἠλεκτρονιοβόλτ (eV) ἰσοδυναμεῖ ἡ μονὰς ἀτομικῆς μάζης (1 amu) ;

195. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησην ἑνὸς ἠλεκτρονίου καὶ ἑνὸς ποζιτρονίου ;

196. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν ἀφυλοποίησην ἑνὸς πρωτονίου καὶ ἑνὸς ἀντιπρωτονίου ;

197. Πόση ἄπωσις ἀναπτύσσεται μεταξὺ ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου ( $Z = 2$ ) καὶ ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἀσβεστίου ( $Z = 20$ ), ὅταν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο τούτων πυρῆνων εἶναι ἴση μὲ  $1/10^{12}$  cm ;

198. Εἰς τὸ ἄτομον ὕδρογόνου τὸ μοναδικὸν ἠλεκτρόνιον διαγράφει κυκλικὴν τροχίαν ἔχουσαν ἀκτίνα  $r = 0,5 \cdot 10^{-8}$  cm, ἡ δὲ συχνότης τῆς κινήσεως αὐτοῦ εἶναι  $\nu = 6,6 \cdot 10^{15}$  Hz. Νὰ εὐρεθῆ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν κίνησιν τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ ρεύματος τούτου εἰς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιάς τοῦ ἠλεκτρονίου.

199. Πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὸν σχηματισμὸν ἑνὸς ἀτομικοῦ πυρῆνος ἡλίου ( ${}_2\text{He}^4$ ) ἀπὸ τὴν σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων ( ${}_1\text{H}^1$ ) ;

200. Ἐὰν κατὰ τὴν διάσπασιν ἑνὸς βαρέος πυρῆνος παρατηρῆται ἔλλειμμα μάζης ἴσον μὲ τὰ  $0,10\%$  τῆς μάζης τοῦ πυρῆνος, νὰ εὐρεθῆ πόση ἐνέργεια ἐλευθερώνεται κατὰ τὴν διάσπασιν 1 kgf ἐκ τοῦ ὕλικου τούτου.

Τὰ ἰσότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ἄτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Μαζικὸς Ἀριθμὸς A
42	Μολυβδαίνιον	92 94 95 96 97 98 100
43	Τεχνήτιον	99
44	Ρουθίνιον	96 98 99 100 101 102 104
45	Ρόδιον	103
46	Παλλάδιον	102 104 105 106 108 110
47	Ἄργυρος	107 109
48	Κάδμιον	106 108 110 111 112 113 114 116
49	Ἰνδιον	113 115
50	Κασσίτερος	112 114 115 116 117 118 119 120 122 124
51	Ἀντιμόνιον	121 123
52	Τελλούριον	120 122 123 124 125 126 128 130
53	Ἰώδιον	127
54	Ξένον	124 126 128 129 130 131 132 134 136
55	Καίσιον	133
56	Βάριον	130 132 134 135 136 137 138
57	Λανθάνιον	138 139
58	Δημήτριον	136 138 140 142
59	Πρασεοδύμιον	141
60	Νεοδύμιον	142 143 144 145 149 148 150
61	Προμήθειον	145 147
62	Σαμάριον	144 147 148 149 150 152 154
63	Εὐρώπιον	151 153
64	Γαδολίνιον	152 154 155 156 157 158 160
65	Τέρβιον	159
66	Δυσπρόσιον	156 158 160 161 162 163 164
67	Ὀλμιον	165
68	Ἔρβιον	162 164 166 167 168 170
69	Θούλιον	169
70	Ἰττερβιον	168 170 171 172 173 174 176
71	Λουτίτιον	175 179
72	Ἄφνιον	174 176 177 178 179 180
73	Ταντάλιον	181
74	Βολφράμιον	180 182 183 184 186
75	Ρήνιον	185 187
76	Ὄσμιον	184 186 187 188 189 190 192
77	Ἰρίδιον	191 193
78	Λευκόχρυσος	190 192 194 195 196 198
79	Χρυσός	197
80	Ἰδράργυρος	196 197 198 199 200 201 202 204

Τὰ Ισότοπα τῶν σταθερῶν φυσικῶν στοιχείων

Ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z	Στοιχεῖον	Μαζικὸς Ἀριθμὸς A
42	Μολυβδαίνιον	92 94 95 96 97 98 100
43	Τεχνήτιον	99
44	Ρουθήνιον	96 98 99 100 101 102 104
45	Ρόδιον	103
46	Παλλάδιον	102 104 105 106 108 110
47	Ἄργυρος	107 109
48	Κάδμιον	106 108 110 111 112 113 114 116
49	Ἰνδιδιον	113 115
50	Κασσίτερος	112 114 115 116 117 118 119 120 122 124
51	Ἀντιμόνιον	121 123
52	Τελλούριον	120 122 123 124 125 126 128 130
53	Ἰώδιον	127
54	Ξένον	124 126 128 129 130 131 132 134 136
55	Καίσιον	133
56	Βάριον	130 132 134 135 136 137 138
57	Λανθάνιον	138 139
58	Δημήτριον	136 138 140 142
59	Πρασεοδύμιον	141
60	Νεοδύμιον	142 143 144 145 146 148 150
61	Προμῆθειον	145 147
62	Σαμάριον	144 147 148 149 150 152 154
63	Εὐρώπιον	151 153
64	Γαδολίνιον	152 154 155 156 157 158 160
65	Τέρβιον	159
66	Δυσπρόσιον	156 158 160 161 162 163 164
67	Ὀλμιο	165
68	Ἔρβιον	162 164 166 167 168 170
69	Θούλιο	169
70	Ἰττέρβιον	168 170 171 172 173 174 176
71	Λουτίτιον	175 176
72	Ἄρβιον	174 176 177 178 179 180
73	Ταντάλῳν	181
74	Βολφράμιον	180 182 183 184 186
75	Ρήνιον	185 187
76	Ὄσμιο	184 186 187 188 189 190 192
77	Ἰρίδιον	191 193
78	Λευκόχρυσος	190 192 194 195 196 198
79	Χρυσός	197
80	Ἰδράργυρος	196 197 198 199 200 201 202 204

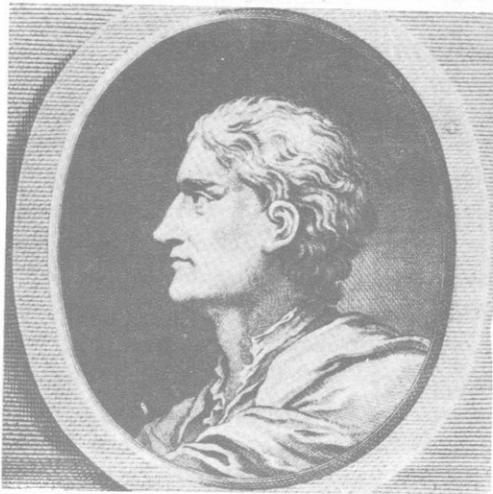
## Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

### Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

**1. Σπουδή και έρμηνεία τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.**—Τὸ φῶς παίζει σημαντικὸν ρόλον εἰς τὴν ζωὴν τῶν ἀνθρώπων καὶ διὰ τοῦτο ἡ σπουδὴ τῶν ὀπτικῶν φαινομένων ἐγένετο ἀπὸ παλαιοτάτων χρόνων. Τὰ γνωστὰ φαινόμενα ἦσαν ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός, ὁ σχηματισμὸς τῆς σκιάς, ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἐπὶ τῶν λείων ἐπιφανειῶν καὶ ὁ σχηματισμὸς εἰδώλων ὡς καὶ ἡ φαινομένη θραῦσις μιᾶς ράβδου βυθισμένης ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Μέχρι τοῦ τέλους τοῦ 17ου αἰῶνος ἐσπουδάζοντο μόνον τὰ ἀπλᾶ ταῦτα φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς, χωρὶς ὅμως νὰ καταστῆ δυνατὸν νὰ δοθῇ μία φυσικὴ ἐρμηνεία τῶν φαινομένων τούτων. Αἱ πρῶται φυσικαὶ ὑποθέσεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, διετυπώθησαν μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσιῦ 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 δυνατὸν νὰ ἐρμηνεύουν δύο διαφόρους ὕψεις μιᾶς καὶ τῆς αὐτῆς φυσικῆς πραγματικότητος.

**2. Αἱ θεωρίαι τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῶν κυμάνσεων.**—Θεωρίαι περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός κατέστη δυνατὸν νὰ διατυπωθοῦν μόνον μετὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Καρτεσιῦ 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 κατάρθωσε νὰ ἐρμηνεύσῃ κατὰ τρόπον ἀπλοῦστατον τὴν ἀνάκλασιν, τὴν διάθλασιν καὶ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός. Ὁ ἴδιος ὅμως ὁ Νεύτων ἀνεκάλυψε καὶ ἐν φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον καλεῖται **δακτύλιοι τοῦ Νεύτωνος**. Διὰ νὰ ἐρ-

μηγεύση ὁ Νεύτων τὸ φαινόμενον τοῦτο ἠναγκάσθη νὰ παραδεχθῆ ὅτι εἰς τὰ φωτεινὰ σωματίδια ὑπάρχει κάποια περιοδικότης.



Νεύτων

ἐξαιρετικῆς σημασίας ὑποστήριξιν, διότι κατάρθωσε νὰ δημιουργήσῃ φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός καὶ νὰ ἐκτελέσῃ ἀκριβεῖς μετρήσεις. Ὁ ἴδιος, διὰ νὰ ἐρμηνεύσῃ τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, ἐδέχθη ὅτι τὸ φῶς εἶναι ἐγκάρσιαι κυμάνσεις. Ἐκεῖνος ὅμως, ὁ ὁποῖος ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων εἶναι ὁ Γάλλος Fresnel, ὁ ὁποῖος κατάρθωσε 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

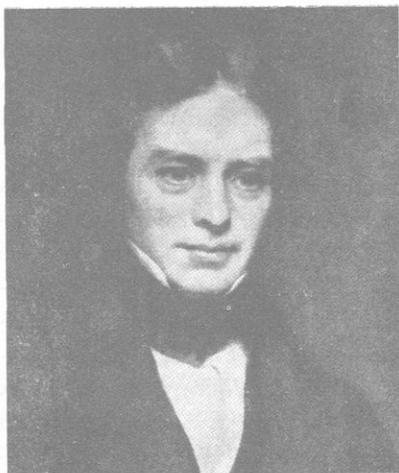
Συγχρόνως μὲ τὸν Νεύτωνα ὁ Ὀλλανδὸς Huygens διετύπωσε τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, δεχόμενος ὅτι τὸ φῶς εἶναι διάδοσις κυμάνσεων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ αἰθέρος. Ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων, καίτοι ἡρμηνεύσει πολὺ περισσότερα φαινόμενα, ἐν τούτοις δὲν ἐγένετο δεκτὴ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν φυσικῶν, διότι εἰσήγε τὴν ἰδέαν τοῦ παραδόξου αἰθέρος. Κατὰ τὰς ἀρχὰς τοῦ 19ου αἰῶνος ὁ Ἄγγλος Young ἔδωκεν εἰς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων μίαν



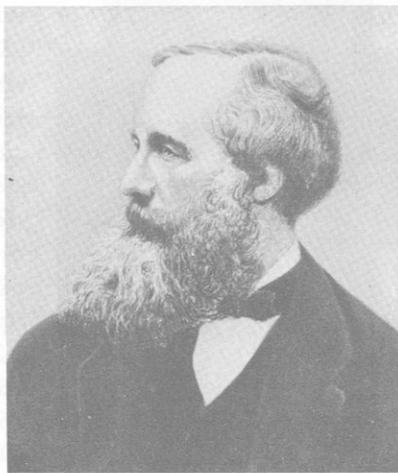
Huygens

και να αποδείξη ούτως, ότι η ταχύτης του φωτός εις τὰ διαφανή υλικά μέσα είναι μικροτέρα ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εις τὸ κενόν, ὅπως ἀκριβῶς προέβλεπεν ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων. Οὕτως ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων ἐπεκράτησε καὶ τὸ φῶς ἐθεωρεῖτο ἕκτοτε ὡς μία διάδοσις ἐγκαρσίων κυμάτων διὰ μέσου τοῦ ὑποθετικοῦ, ἀλλὰ λίαν παραδόξου αἰθέρος.

**3. Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ φωτός.**— Κατὰ τὸ 1848 ὁ Ἄγγλος Faraday ἀνεκάλυψεν ὅτι, ὅταν μία πεπολωμένη ἀκτίς φωτός



Faraday



Maxwell

διέρχεται διὰ μέσου μαγνητικοῦ πεδίου, τότε τὸ ἐπίπεδον κραδασμῶν τῆς ὀπτικῆς ἀκτίνος ὑφίσταται στροφὴν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ τοῦ φωτός καὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ὅτι εἶναι δυνατόν τὰ φωτεινὰ κύματα νὰ μὴ εἶναι κυμάνσεις μηχανικῆς φύσεως, ἀλλὰ ἠλεκτρικῆς φύσεως. Ἀπὸ τὴν σκέψιν αὐτὴν ἀνεχώρησεν ἡ μεγαλοφυΐα τοῦ Ἄγγλου Maxwell, διὰ νὰ ἀνακαλύψῃ διὰ τοῦ μαθηματικοῦ λογισμοῦ ἐπὶ τοῦ χάρτου ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία καὶ νὰ ἀνακαλύψῃ ἐπὶ πλέον τὴν ὑπαρξίν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα ὀλίγα ἔτη βραδύτερον ἀνεκάλυψεν πειραματι-

κῶς ὁ Γερμανὸς Hertz. Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία συνδέει εἰς ἓν ἐνιαῖον σύνολον ὅλην τὴν σειράν τῶν διαφορῶν ἀκτινοβολιῶν ἀπὸ τῶν κυμάτων τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας μέχρι καὶ τῶν ἀκτίνων γ. Ὁλόκληρος ἡ σειρά αὐτῆ τῶν κυμάτων εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως μὲ μόνην διαφορὰν εἰς τὴν συχνότητα τῆς κυμάνσεως.

**4. Τὰ φωτόνια.**—Ἐπὶ πολλὰς δεκαετηρίδας οἱ φυσικοὶ ἠσχολοῦντο νὰ διευκρινίσουν τὴν φύσιν τοῦ φωτός. Μετὰ μακροὺς καὶ πολλοὺς ἀγῶνας κατώρθωσαν νὰ καταλήξουν εἰς τὴν θαυμασίαν ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν, ἡ ὁποία ἐδίδεν ἀπλῆν καὶ ἐνιαίαν ἐξήγησιν εἰς τὸ σύνολον



E i n s t e i n

τῶν ἀκτινοβολιῶν. Κατὰ τὰς ἀρχὰς ὅμως τοῦ 20οῦ αἰῶνος ἀνεκαλύφθησαν νέα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ὑπεχρέωσαν τοὺς φυσικοὺς νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν σωματιδιακὴν φύσιν τοῦ φωτός. Τὸ σημαντικώτερον ἐκ τῶν ἀνακαλυφθέντων νέων φαινομένων, τὸ ὁποῖον φανερώνει τὴν ἀσυνεχῆ φύσιν τοῦ φωτός, εἶναι τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Ἄς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει ἐν σφαιρικῶν κύμα, τὸ ὁποῖον διαδίδεται ἐντὸς τοῦ χώρου. Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποῖαν ἐξέπεμψεν ἡ φωτεινὴ πηγὴ, κατανέμεται ἐπὶ μιᾶς διαρκῶς αὐξανο-

μένης σφαιρικῆς ἐπιφανείας καὶ συνεπῶς αἱ δράσεις, τὰς ὁποίας δύνανται νὰ ἐξασκήσῃ τὸ φῶς, εἶναι τόσον ἀσθενέστεραι, ὅσον μεγαλύτεραι εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. Ἀντιθέτως, ἄς δεχθῶμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις σωματίδια, τότε τὰ σωματίδια αὐτὰ διαδίδονται χωρὶς νὰ ὑφίστανται καμμίαν κατάτμησιν καὶ συνεπῶς δύνανται νὰ προκαλέσουν σημαντικὰ ἀποτελέσματα καὶ εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Ἡ ἀνακάλυψις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἀπεκάλυψεν λοιπὸν ὅτι αἱ ἀκτινοβολία εἶναι ἱκαναὶ νὰ ἐξασκήσουν ἐπὶ τῆς ὕλης ἐνεργειακὰς δράσεις καὶ ὅτι αἱ δράσεις αὐταὶ δὲν ἐλαττώνονται, ὅσον αὐξάνεται

ἡ ἀπόστασις τοῦ θεωρουμένου σημείου ἀπὸ τὴν πηγὴν. Οὕτως ὁ Einstein, ἐπανερχόμενος εἰς τὴν σωματιδιακὴν θεωρίαν, διὰ τὴν ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἐδέχθη ὅτι ἡ ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια ἀποτελεῖται ἀπὸ κοκκίδια καὶ ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν τὰ κοκκίδια ταῦτα πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις. Εἰς τὰ κοκκίδια αὐτὰ ἔδωκεν τὸ ὄνομα **φωτόνια**. Ἐκαστον κοκκίδιον μεταφέρει ἐνέργειαν ἀνάλογον πρὸς τὴν συχνότητα τῆς ἀκτινοβολίας, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν **κβάντα**, τὴν ὁποίαν διετύπωσε εἰς τὰς ἀρχὰς τοῦ αἰῶνος μας ὁ Γερμανὸς Planck. Ἡ θεωρία τῶν φωτονίων ἐρμηνεύει ὄχι μόνον τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ἀλλὰ καὶ διάφορα ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα ἀνεκαλύφθησαν μεταγενεστέρως. Ἡ θεωρία ὅμως τῶν φωτονίων εἶναι ἀνίκανος νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως καὶ τῆς πολώσεως τοῦ φωτός. Διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν φαινομένων τούτων ὑπεχρεώθησαν οἱ φυσικοὶ νὰ διατηρήσουν καὶ τὴν θεωρίαν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.



Planck

**5. Ἡ κυματομηχανικὴ.**—Ἡ ὑπαρξὶς δύο θεωριῶν διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων εἶναι ἀκατανόητος ἀπὸ τὴν ἀνθρωπίνην λογικὴν. Κατὰ τὸ 1924 ὁ Γάλλος θεωρητικὸς φυσικὸς Louis de Broglie ἐπέτυχεν νὰ συμβιβάσῃ τὰς δύο ἀντιθέτους ἀπόψεις περὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Ἡ γιγαντιαία αὕτη σύνθεσις ὀνομάζεται **Κυματομηχανικὴ** καὶ περιλαμβάνει ὄχι μόνον τὸ φῶς, ἀλλὰ καὶ τὴν ὕλην καὶ τὰς διαφορὰς μορφὰς τῆς ἐνεργείας. Ἡ Κυματομηχανικὴ δέχεται ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ φωτόνια, συμφώνως πρὸς τὴν ἀποψιν τοῦ Einstein, ἀλλ' ἕκαστον φωτόνιον εἶναι συνδεδεμένον μὲ ἓν κῦμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον κατὰ τὴν μετακίνησιν του εἰς τὸ διάστημα. Αὕτῃ ἡ θεωρία περὶ τῆς διπλῆς φύσεως τοῦ φωτός διασύει βαθύτατα τὰς συνηθείας τῆς σκέψεώς μας. Τὸ κῦμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον, εἶναι ἓν κῦμα πιθανότητος καὶ μᾶς φανερώνει πόσαι πιθανότητες ὑπάρχουν νὰ ἐμφανισθῇ τὸ φωτόνιον ἐδῶ ἢ ἐκεῖ. Ἐνῶ

δηλαδή τὸ φωτόνιον ταξιδεύει ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν πρὸς τὸ φωτιζόμενον σῶμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν θέσιν τοῦ ἢ τὴν τροχίαν του, ἀλλὰ τὸ μόνον πρᾶγμα, περὶ τοῦ ὁποίου εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ ὁμιλοῦμεν εἶναι τὸ κύμα, τὸ ὁποῖον συνοδεύει τὸ φωτόνιον. Ἐπιπλέον, ὅταν τὸ φῶς φθάσῃ κάπου, π.χ. ἐπὶ μιᾶς φωτογραφικῆς πλακῆς, τότε ἡ ἀφίξις τοῦ σωματιδίου ἐκδηλώνεται μὲ τὴν ἀμαύρωσιν τῆς



Louis de Broglie

πλακῆς, ἐνῶ τὸ κύμα ἔχει ἐξαφανισθῆ. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τοῦ σχηματισμοῦ κροσσῶν συμβολῆς καὶ ἂς φαντασθῶμεν ὅτι τὸ διάφραγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν φωτογραφικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὁποίας δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν σχηματιζόμενα τὰ σημεῖα προσβολῆς ὑπὸ τῶν διαδοχικῶν σωματιδίων. Κατ' ἀρχὰς θὰ παρατηρήσωμεν σημεῖα προσβολῆς διεσπαρμένα εἰς τὴν τύχην. Ἀλλὰ ὀλίγον κατ' ὀλίγον θὰ ἀναγνωρίσωμεν ὅτι τὰ «τυχαῖα» αὐτὰ σημεῖα διασπείρονται συμφώνως πρὸς μίαν ὀρισμένην γενικὴν τάξιν καὶ θὰ ἴδωμεν νὰ σχηματίζεται ἡ ἀρμονικὴ σειρά τῶν κροσσῶν.

Ἐπειδὴ τὰ φαινόμενα ταῦτα εἶναι πολὺ ταχέα, διὰ τοῦτο δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν μόνον αὐτὴν τὴν γενικὴν τάξιν. Ἀνάλογον γενικὴν τάξιν παρατηρεῖ καὶ μία ἀσφαλιστικὴ 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 ἠσφαλισμένοι ἐπὶ 10 000 θὰ ἀποθάνουν κατὰ τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα.

**6. Ἡ σύγχρονος Φυσικὴ.**—Εἰς τὴν σύγχρονον Φυσικὴν κατὰ τὴν σπουδὴν πολλῶν φαινομένων καὶ ἰδιαιτέρως τῶν φαινομένων τοῦ μικροκόσμου ὑπαισθέρχεται ἡ «τύχη», ἡ ὁποία διέπεται ἀπὸ τοὺς νόμους τῶν πιθανοτήτων. Αἱ σύγχρονοι θεωρίαι τῆς Φυσικῆς εἶναι ἀρκετὰ πολυπλοκοί, διότι ὁ ἄπειρος μικρόκοσμος τῶν μορίων, τῶν ἀτόμων, τῶν ἠλεκτρονίων, τῶν φωτονίων διέπεται ἀπὸ τοὺς παραδόξους νόμους τῆς τύχης, καὶ ἀπὸ νόμους, οἱ 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 προσπαθείας του, διὰ νὰ εἰσδύσῃ διαρκῶς περισσότερον εἰς τὴν γνῶσιν τῆς ἀρμονίας τῆς Φύσεως» (Louis de Broglie).

## Η ΕΞΕΛΙΞΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

### 1. Σπουδὴ καὶ ἐρμηνεία τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων.—

Ἡ πρώτη παρατήρησις ἠλεκτρικοῦ φαινομένου ἀνάγεται εἰς τὸν Θαλῆν τὸν Μιλήσιον (6ος αἰὼν π.Χ.), ὁ ὁποῖος παρετήρησεν ὅτι τὸ ἠλεκτρον, προστριβόμενον ἐπὶ ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἑλαφρὰ σώματα. Αὕτῃ ἦτο ἡ μόνη γνῶσις τῆς ἀνθρωπότητος περὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μέχρι τοῦ 16ου αἰῶνος. Ἡ ἐπιστημονικὴ ἀνάπτυξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἤρχισεν κυρίως ἀπὸ τῶν ἀρχῶν τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἀπὸ τοῦ 16ου μέχρι τοῦ 18ου αἰῶνος ἐγένοντο μερικαὶ παρατηρήσεις ἠλεκτρικῶν φαινομένων. Αἱ παρατηρήσεις ὅμως αὐταὶ ἐγένοντο τελείως τυχαίως ἀπὸ μερικοὺς περιέργους ἐρασιτέχνας. Πρῶτος ὁ Guericke (1602 - 1686) ἀνεκάλυψεν τὴν ἠλεκτροστατικὴν ἄπωσην, διότι μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης ἐπιστεῦετο ὅτι μεταξὺ δύο ἠλεκτρισμένων σωμάτων ἐξασκεῖται πάντοτε ἔλξις. Ὁ Boule (1626 — 1691) ἀπέδειξεν ἀργότερον ὅτι αἱ ἠλεκτρικαὶ ἔλξεις καὶ ἀπώσεις παρατηροῦνται καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ὁ Ἄγγλος Gray ἀπέδειξεν τὸ 1729 ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς δύναται νὰ μεταβῇ ἀπὸ τοῦ ἑνὸς σώματος εἰς τὸ ἄλλο καὶ διέκρινεν τὰ σώματα εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγούς. Ἐπίσης ἀπέδειξεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἠλεκτρίσωμεν διὰ τριβῆς καὶ μίαν μεταλλικὴν ράβδον, ἀρκεῖ νὰ τὴν στερεώσωμεν ἐπὶ ἑνὸς μονωτοῦ. Τέλος ὁ ἴδιος ἀνεκάλυψεν τὴν ἠλεκτρισίν τῶν σωμάτων ἐξ ἐπαγωγῆς. Ὁ Γάλλος Fay ἀνεκάλυψεν τὸ 1733 ὅτι ὑπάρχουν δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ, ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ὑάλου καὶ ὁ ἠλεκτρισμὸς τῆς ρητίνης καὶ τὰ ὁποῖα κατόπιν ὠνομάσθησαν θετικὸς καὶ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμός.

Διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν πειραμάτων των οἱ πρῶτοι ἐρευνηταὶ τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων ἐχρειάζοντο καὶ «ἠλεκτρικὰς μηχανάς». Ὅλαι

αὐταὶ αἱ μηχαναὶ ἐστηρίζοντο εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἠλεκτρίσεως σωμάτων διὰ τῆς τριβῆς. Μία ἐκ τῶν πρώτων αὐτῶν μηχανῶν κατασκευάσθη ἀπὸ τὸν Guericke. Ἡ μηχανὴ αὐτὴ ἦτο σφαῖρα ἀπὸ θεῖου, ἡ ὁποία ἐστρέφετο περὶ τὸν ἄξονα. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τῆς σφαίρας ἔθετεν ἐπ' αὐτῆς τὴν χεῖρα καὶ οὕτως ἀνεπτύσσετο ἠλεκτρισμὸς διὰ τριβῆς. Ὁ τύπος



A m p è r e

τῶν ἠλεκτροστατικῶν μηχανῶν διὰ τριβῆς ταχέως ἐτελειοποιήθη καὶ ἡ ἐκ θεῖου σφαῖρα ἀντεκατεστάθη μὲ ὑάλινον στρεφόμενον δίσκον. Μία ἐκ τῶν ἀρχαιοτέρων ἠλεκτρικῶν συσκευῶν εἶναι ὁ πυκνωτής, ὑπὸ τὴν μορφήν τῆς «λουγδουνικῆς λαγῆου». Ὁ πυκνωτής ἀνεκαλύφθη ὅλως τυχαίως εἰς τὴν πόλιν Leude ἀπὸ τὸν Musschenbroek, ὁ ὁποῖος, προσπαθὼν νὰ ἠλεκτρίσῃ μίαν ὑαλίνην φιάλην πλήρη ὕδατος, ἐδέχθη τὴν ἐκκένωσιν τοῦ σχηματισθέντος πυκνωτοῦ. Ὁ Ἀμερικανὸς Φραγκλῆνος ( 1706 — 1790 ) παρεδέχθη τὴν προηγουμένως διατυπωθεῖσαν γνώμην ὅτι ὁ κεραυνὸς εἶναι ἠλε-

κτρικὸς σπινθὴρ μεγάλης ἐντάσεως καὶ ἐπενόησεν τὸ ἀλεξικέραυνον. Ἡ συστηματικὴ ὅμως ἔρευνα τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων καὶ ἡ ἀνακάλυψις τῶν νόμων, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰ φαινόμενα ταῦτα ἤρχισεν μόνον ἀπὸ τὰς ἀρχὰς τοῦ 18ου αἰῶνος. Ἐκτοτε ἡ ἀνάπτυξις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὑπῆρξεν ταχυτάτη καὶ καταπληκτικὴ, παρὰ τὸ γεγονὸς, ὅτι ἡ φύσις τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διεσαφηνίσθη μόλις κατὰ τὰς τελευταίας δεκαετηρίδας τοῦ αἰῶνος μας.

**Πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν.**— Πρὶν ἀκόμη γνωρίσωμεν τι εἶναι ὁ ἠλεκτρισμὸς, τὸν ἐξεμεταλλεύθημεν ἐντατικώτατα εἰς διαφόρους ἐφαρμογὰς. Αἱ πειραματικαὶ καὶ θεωρητικαὶ ἔρευναι πολλῶν φυσικῶν ἀπεκάλυψαν κατὰ τοὺς νεωτέρους χρόνους ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς εἶναι στενώτατα συνυφασμένος μὲ τὴν ὕλην. Οὕτω κατωρθώθη νὰ δοθῇ πλήρης ἐρμηνεῖα εἰς ὅλα τὰ γνωστὰ ἠλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ φαινόμενα καὶ

ἐπὶ πλέον νὰ ἐρμηνευθῆ ἡ παραγωγή τῶν ἀκτινοβολιῶν ὑπὸ τῆς ὕλης. Ἡ νεωτέρα ἐρευνα διήνοιξεν τὴν ὁδὸν πρὸς τὴν Ἀτομικὴν Φυσικὴν κατ' ἀρχὰς καὶ πρὸς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν βραδύτερον. Οἱ δύο οὗτοι νεώτατοι κλάδοι τῆς Φυσικῆς ἐξελίσσονται σήμερον ραγδαίως. Ἡ μεταστοιχείωσις, τὴν ὁποίαν ἐπεδίωκον ματαίως οἱ ἀλχημισταί, ἐπιτυγχάνεται σήμερον διὰ τῶν πυρηνικῶν ἀντιδράσεων, κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιτυγχάνομεν ἐπιθυμητὰς τροποποιήσεις τῆς συστάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ



Δημόκριτος



Μαρία καὶ Πέτρος Κιουρί

ἀτόμου. Ἡ βαθυτέρα γνῶσις τῶν φαινομένων τοῦ ἠλεκτρισμοῦ μᾶς διήνοιξεν τὴν ἑωφόρον πρὸς τὴν βαθυτέραν γνῶσιν τῆς συστάσεως καὶ τῆς ἐξελίξεως τῆς ὕλης καὶ ἐπὶ πλέον μᾶς διήνοιξεν ἓν ἀπέραντον πεδίον πρακτικῶν ἐφαρμογῶν, αἱ ὁποῖαι ἤλλαξαν τὸν ρυθμὸν τῆς ζωῆς τῶν ἀνθρώπων.

**3. Ἡ πρόοδος τῆς Φυσικῆς.**—Διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς νεωτέρας Φυσικῆς εἰργάσθησαν διάφοροι φυσικοὶ ἀνήκοντες εἰς ὅλους τοὺς πολιτισμένους λαούς. Ἀπὸ τὴν διεθνῆ ἀνταλλαγὴν τῶν ἐπιστημονικῶν ἀντιλήψεων, τῶν θεωρητικῶν καὶ πειραματικῶν ἐπιτεύξεων προέκυψεν τὸ θαυμάσιον πνευματικὸν οἰκοδόμημα τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς. Εἰς τὸν κατωτέρα πινάκα ἀναφέρονται οἱ Φυσικοί, οἱ τιμηθέντες μὲ τὸ βραβεῖον Νόμπελ, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὴν ὑψίστην ἀναγνώρισιν τῆς ἀξίας ἐνὸς ἐπιστημονικοῦ ἔργου.

## Βραβεία Nobel Φυσικής

Ἔτος	Ὄνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασια του	Κράτος
1901	W. Röntgen Ἀκτῖνες X	Γερμανία
1902	H. Lorentz καὶ P. Zeeman Ἡλεκτροοπτική καὶ θεωρία ἠλεκτρονίων	Ὅλλανδία
1903	H. Becquerel, P. καὶ M. Curie Ραδιενέργεια	Γαλλία
1903	S. Arrhenius Ἡλεκτρόλυσις	Σουηδία
1904	J. Rayleigh καὶ W. Ramsay Εὐγενῆ ἀέρια	Ἀγγλία
1905	P. Lenard Καθοδικαὶ ἀκτῖνες	Γερμανία
1906	J. Thomson Ἐκκενώσεις ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων	Ἀγγλία
1907	A. Michelson Ὀπτικά μετρήσεις ἀκριβείας	Ἡ. Πολιτεῖαι
1908	E. Rutherford Ραδιενέργεια, πρώτη τεχνητὴ μεταστοι- χειώσεις	Ἀγγλία
1908	G. Lippmann Ἐγχρωμος φωτογραφία ἐπὶ τῇ βάσει τῆς συμβολῆς	Γαλλία
1909	C. Braun Ἀσύρματος τηλεγραφία	Γερμανία
1909	G. Marconi Ἀσύρματος τηλεγραφία	Ἰταλία
1910	Van der Waals Ἐξίσωσις καταστάσεως ἀερίων	Ὅλλανδία
1911	W. Wien Θερμικὴ ἀκτινοβολία	Γερμανία
1911	M. Curie Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ ραδίου	Γαλλία

## Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα Φυσικού και έργασια του	Κράτος
1912	N. Dalen Τεχνική του φωτισμού	Σουηδία
1913	H. Kamerlinch Onnes Χαμηλάι θερμοκρασίαι, υγροποίησις του ήλιου	Όλλανδία
1914	M. Von Laue Κατασκευή των κρυστάλλων	Γερμανία
1915	W. H. Bragg και W. L. Bragg Παράθλασις ακτίνων X δια των κρυσταλλικών πλεγμάτων	Άγγλία
1917	C. Barkla Χαρακτηριστική έκπομπή ακτίνων X των στοιχείων	Άγγλία
1918	M. Planck Θεωρία των κβάντα	Γερμανία
1919	J. Stark Συμπεριφορά των φασματικών γραμμών εντός ηλεκτρικού πεδίου	Γερμανία
1920	W. Nerst Θερμοχημεία, τρίτον θερμοδυναμικόν άξίωμα	Γερμανία
1920	C. Guillaume Μετρήσεις ακριβείας επί των κραμάτων	Γαλλία
1921	A. Einstein Θεωρία σχετικότητας, ισοδυναμία μάζης και ένεργείας	Γερμανία
1921	F. Soddy Ίσότοπα	Άγγλία
1922	N. Bohr Κατασκευή του άτόμου	Δανία
1922	F. Aston Φασμάτογραφία των μαζών, διαχωρισμός των ισωτόπων	Άγγλία

## Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα του Φυσικού και έργασια του	Κράτος
1923	R. Millikan Στοιχειώδεις ηλεκτρικόν φορτίον	Ή. Πολιτεΐαι
1924	K. Siegbahn Φασματοσκοπία τών ακτίνων X	Σουηδία
1925	J. Frank και G. Hertz Κροῦσις ηλεκτρονίου και άτομου	Γερμανία
1925	R. Zsigmondy Έρευνα κολλοειδών. Ύπερμικροσκόπιον	Αὔστρια
1926	J. Perrin Μοριακή Φυσική	Γαλλία
1926	T. Svedberg Μοριακή Φυσική	Σουηδία
1927	C. Wilson Θάλαμος νεφώσεως	Άγγλία
1927	A. Compton Κροῦσις φωτονίου και ηλεκτρονίου	Ή. Πολιτεΐαι
1928	O. Richardson Θερμοϊόντα	Άγγλία
1929	Louis de Broglie Ύλικά κύματα	Γαλλία
1930	C. Raman Διάχυσις του φωτός υπό τών μορίων	Ίνδαι
1932	W. Heisenberg Κβαντομηχανική	Γερμανία
1932	J. Langmuir Ήλεκτρονικαί λυχνίαι, ὑψηλόν κενόν	Ή. Πολιτεΐαι
1933	P. Dirac Κβαντομηχανική	Άγγλία
1933	E. Schrödinger Κυματομηχανική	Αὔστρια
1934	H. Urey Βαρύ ὕδρογόνον	Ή. Πολιτεΐαι

## Βραβεία Nobel Φυσικής

Έτος	Όνομα Φυσικού και έργασια του	Κράτος
1935	Irène Joliot—Curie και F. Joliot Τεχνητή ραδιενέργεια	Γαλλία
1935	J. Chadwick Ανακάλυψις τοῦ νετρονίου	Ἀγγλία
1936	V. Hess Κοσμική ἀκτινοβολία	Αὐστρία
1936	C. Anderson Ανακάλυψις τοῦ ποζιτρονίου εἰς τὰς κο- σμικὰς ἀκτῖνας	Ἡ. Πολιτεῖαι
1936	P. Debye Θεωρία τῶν κβάντα, κρυσταλλική δομή	Γερμανία
1937	G. Thomson Συμβολή ἤλεκτρονίων	Ἀγγλία
1937	C. Davisson Κίνησις ἤλεκτρονίου	Ἡ. Πολιτεῖαι
1938	E. Fermi Πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις με νετρόνια	Ἰταλία
1939	E. Lawrence Κύκλοτρον	Ἡ. Πολιτεῖαι
1943	O. Stern Μοριακαὶ ἀκτῖνες	Ἡ. Πολιτεῖαι
1944	O. Hahn Πυρηνική Φυσική	Γερμανία
1944	I. Rabi Πυρηνική Φυσική	Ἡ. Πολιτεῖαι
1945	W. Pauli Δομή τοῦ ἀτόμου	Αὐστρία
1946	P. Bridgman Φυσική τῶν ὑψηλῶν πιέσεων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1947	E. Appleton Ἴονόσφαιρα	Ἀγγλία
1948	P. Blackett Μετρήσεις ἐπὶ τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας	Ἀγγλία

## Βραβεῖα Nobel Φυσικῆς

*Έτος	*Όνομα τοῦ Φυσικοῦ καὶ ἔργασιά του	Κράτος
1949	H. Yukawa Θεωρία ἐπὶ τῶν μεσονίων	Ἰαπωνία
1950	C. Powell Φωτογραφία μεσονίων	Ἀγγλία
1951	J. Cockroft καὶ E. Walton Ἐπιτάχυνσις σωματιδίων διὰ τὸν βομβαρ- δισμόν τῶν ἀτομικῶν πυρήνων	Ἀγγλία
1952	F. Bloch καὶ E. Purcell Μέτρησις μεγεθῶν ὑποατομικῶν σω- ματιδίων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1953	F. Zernike Μικροσκόπιον φασικῆς ἀντιθέσεως	Ὀλλανδία
1954	M. Born καὶ W. Bothe Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος	Ἀγγλία, Γερ- μανία
1955	W. Lamb καὶ P. Kusch Ἐρευναι ἐπὶ τοῦ φάσματος ὑδρογόνου	Ἡ. Πολιτεῖαι
1956	J. Bardeen, W. Brattain, W. Shockley Φυσικὴ τῶν στερεῶν καὶ κρυστάλλων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1957	C. Yang καὶ T. Lee Θεωρητικαὶ ἔρευναι	Ἡ. Πολιτεῖαι
1958	P. Cherenkov, I. Tamm, L. Frank Ἀνακάλυψις ἀκτινοβολίας Cherenkov	Ρωσία
1959	E. Segrè καὶ O. Chamberlain Ἀντινουκλεόνια	Ἡ. Πολιτεῖαι
1960	D. Glaser Ἀνακάλυψις τοῦ θαλάμου φουσαλλίδων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1961	R. Hofstadter Μελέτη ὑποατομικῶν σωματιδίων	Ἡ. Πολιτεῖαι
1961	R. Moessbauer Ἐρευναι ἐπὶ τῶν ἀκτίνων γ	Γερμανία
1962	D. Landau Θεωρητικὴ ἔρευνα τῆς ὕλης	Ρωσία

## ΣΥΝΤΟΜΟΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΙ

ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΦΥΣΙΚΟΥΣ, ΟΙ ΟΠΟΙΟΙ ΗΣΧΟΛΗΘΗΣΑΝ ΜΕ ΘΕΜΑΤΑ  
ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΑ ΕΙΣ ΤΟΝ ΠΑΡΟΝΤΑ ΤΟΜΟΝ

**AMPÈRE** (1775 - 1836). Γάλλος φυσικός και μαθηματικός. 'Ανεκάλυψεν τούς νόμους τῆς ἀμοιβαίας δράσεως τῶν μαγνητῶν καὶ τῶν ρευμάτων καὶ ὑπέγαγε τὸν μαγνητισμὸν εἰς τὸν ἠλεκτρισμὸν, θεωρήσας τοὺς μαγνήτας ὡς ἄθροισμα στοιχειωδῶν σωληροειδῶν.

**ARAGO** (1756 - 1854). Γάλλος φυσικός και ἀστρονόμος. 'Ησχολήθη μὲ τὸν ἠλεκτρομαγνητισμὸν καὶ κυρίως μὲ τὴν ὀπτικήν. 'Υποστηρικτῆς τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων ἐβοήθησε διὰ τὴν ἐπικράτησίν της.

**BECOUREL** (1852 - 1908). Γάλλος φυσικός. 'Ανεκάλυψεν τὴν ραδιενέργειαν.

**BOHR** (γεν. 1883). Δανὸς φυσικός. Διετύπωσεν ὑπόδειγμα τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου τῆς ὕλης, τὸ ὁποῖον συνεπλήρωσεν ἀργότερον ὁ Γερμανὸς φυσικός Sommerfeld.

**BROGLIE** (Louis). Σύγχρονος Γάλλος θεωρητικὸς φυσικός. 'Ιδρυτῆς τῆς περιφήμου Κυματομηχανικῆς, ἡ ὁποία συνενώνει εἰς μίαν θεωρίαν τὰς δύο περὶ φωτὸς θεωρίας τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῶν κυμάνσεων.

**ΓΑΛΙΛΑΙΟΣ** (1564 - 1642). 'Ιταλὸς μαθηματικός, φυσικός και ἀστρονόμος. Κατεσκεύασεν τὸ 1609 τὴν πρώτην διόπτραν, μὲ τὴν ὁποίαν ἐξετέλεσεν διαφόρους ἀστρονομικὰς παρατηρήσεις.

**COULOMB** (1736 - 1806). Γάλλος φυσικός. 'Ανεκάλυψεν τὸν εὐαίσθητον ζυγὸν στρέψεως, μὲ τὸν ὁποῖον κατώρθωσεν νὰ διατυπώσῃ τοὺς νόμους, οἱ ὁποῖοι διέπουν τὰς μαγνητικὰς καὶ ἠλεκτρικὰς ἐλξεις καὶ ἀπώσεις. 'Εμελέτησεν τοὺς νόμους τῆς τριβῆς καὶ τῆς ἐλαστικότητος.

**CROOKES** (1822 - 1919). 'Αγγλὸς φυσικός και χημικός. 'Εφεῦρεν τὸ ἀκτινόμετρον διὰ τὴν μέτρησιν τῶν ἀκτινοβολιῶν καὶ ἐμελέτησεν τὴν ἐκκένωσιν ἐντὸς ἀραιωμένων ἀερίων.

**CURIE**. Πέτρος Κιουρί (1858 - 1906). Γάλλος φυσικός και χημικός. 'Ανεκάλυψεν 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 - 1934). Πολωνικῆς καταγωγῆς

ἔζησεν εἰς Γαλλίαν. Αἱ ἐργασίαι τῆς ἐπὶ τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων παραμένουν μνημειώδεις.

**EINSTEIN** (1879 - 1955). Γερμανὸς φυσικὸς. Ἰδρυτὴς τῆς θεωρίας τῆς σχετικότητος, εἰσήγαγεν τὴν ἔννοιαν τοῦ φωτονίου διὰ τὴν ἐρμηνεύσῃ τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

**FARADAY** (1791 - 1867). Ἄγγλος φυσικὸς καὶ χημικὸς. Ἀνεκάλυψεν τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα καὶ τοὺς νόμους τῆς ἤλεκτρολύσεως.

**FERMI** (1901 - 1956). Ἰταλὸς φυσικὸς. Πρῶτος παρετήρησεν ὅτι οἱ ἀτομικοὶ πυρῆνες τοῦ οὐρανίου, βομβαρδιζόμενοι μὲ νετρόνια, διασπῶνται εἰς δύο νέους πυρῆνας.

**FOUCAULT** (1819 - 1868). Γάλλος φυσικὸς. Ἐμέτρησε τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς ἐντὸς διαφόρων διαφανῶν μέσων καὶ ἐσπούδασε τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὅποια ἀναπτύσσονται ἐντὸς τοῦ σιδήρου τῶν ἤλεκτρικῶν μηχανῶν. Ἐτελειοποίησεν πολλὰ ὀπτικά ὄργανα καὶ ἰδιαίτερος τὸ τηλεσκόπιον.

**FRESNEL** (1788 - 1827). Γάλλος φυσικὸς. Ἐξετέλεσεν ὠραίατα πειράματα καὶ διετύπωσεν ἐρμηνείας τῶν φαινομένων τῆς συμβολῆς, τῆς παραθλάσεως, τῆς πολώσεως καὶ τῆς διπλῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν κυμάνσεων.

**GAUSS** (1777 - 1855). Γερμανὸς μαθηματικὸς, φυσικὸς καὶ ἀστρονόμος. Ἐσπούδασεν ἰδιαίτερος τὰ μαγνητικὰ καὶ ἠλεκτρικὰ πεδία.

**HENRY** (1799 - 1878). Ἀμερικανὸς φυσικὸς. Ἀνεκάλυψεν τὰ ρεύματα ἐξ αὐτεπαγωγῆς.

**HERTZ** (1857 - 1894). Γερμανὸς μηχανικὸς. Ἀπεκάλυψεν πειραματικῶς τὴν ὑπαρξίν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων καὶ ἐμελέτησε τὴν διάδοσιν αὐτῶν.

**HUYGENS** (1629 - 1695). Ὀλλανδὸς φυσικὸς, γεωμέτρης καὶ ἀστρονόμος. Ἐμελέτησεν τὴν διάθλασιν καὶ τὴν παράθλασιν τοῦ φωτός. Διετύπωσεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων διὰ τὴν ἐρμηνείαν τῶν ὀπτικῶν φαινομένων.

**JOULE** (1818 - 1889). Ἄγγλος φυσικὸς. Ἀνεκάλυψεν τοὺς νόμους, οἱ ὅποιοι διέπουν τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν τῶν διαρροεμένων ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

**KARTEΣΙΟΣ** (1596 - 1650). Γάλλος φιλόσοφος, μαθηματικὸς καὶ φυσικὸς. Διετύπωσεν τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

LAPLACE (1749 - 1827). Γάλλος μαθηματικός και αστρονόμος. Ἐσχολήθη με διάφορα θέματα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

LENZ (1804 - 1865). Ρῶσος φυσικός. Ἐσχολήθη με θέματα τοῦ ἠλεκτρομαγνητισμοῦ καὶ διετύπωσεν τὸν νόμον σχετικῶς με τὴν φορὰν τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων.

MAXWELL (1831 - 1879). Ἀγγλος φυσικός καὶ μαθηματικός. Διετύπωσεν τὴν περίφημον ἠλεκτρομαγνητικὴν θεωρίαν τοῦ φωτός.

NEYTON (1642 - 1727). Ἀγγλος μαθηματικός, φυσικός, αστρονόμος 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 ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

OHM (1787 - 1854). Γερμανὸς φυσικός. Διετύπωσεν τὸν νόμον τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἠλεκτρικοῦ 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.

RÖENTGEN (1845 - 1923). Γερμανὸς φυσικός. Ἀνεκάλυψεν τὰς ἀκτῖνας, 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 με σωματίδια  $\alpha$  τὰ ἄτομα τοῦ ἀζώτου καὶ νὰ ἐπιτύχῃ τὴν πρῶτην τεχνητὴν μεταστοιχείωσιν.

VOLTA (1754 - 1827). Ἰταλὸς φυσικός. Ἐφεῦρεν τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, τὸ ὁποῖον φέρει τὸ ὄνομά του.

WHETSTONE (1802 - 1875). Ἀγγλος φυσικός. Κατεσκεύασεν τὸ 1838 τὴν πρῶτην ἠλεκτρικὴν τηλεγραφικὴν συσκευήν, ἐτελειοποίησεν τὸ στερεοσκόπιον, ἐφεῦρε τὸν ροοστάτην κ.ἄ.

YOUNG (1773 - 1829). Ἀγγλος φυσικός, ἰατρός καὶ ἀρχαιολόγος. Ἀνεκάλυψεν τὴν ἰκανότητα προσαρμογῆς τοῦ κρυσταλλώδους φακοῦ καὶ ἐστήριξεν τὴν θεωρίαν τῶν κυμάτων, πραγματοποιήσας φαινόμενα συμβολῆς τοῦ φωτός.

## Π Ι Ν Α Κ Ε Σ

### Π Ι Ν Α Ξ 1

Ειδική αντίστασις εις  $\mu\Omega \cdot \text{cm}$  (θερμοκρασία 20° C)

Σώμα	Ειδική αντίστασις	Συντελεστής θερμοκρασίας(α)
Άργυρος	1,62	36 · 10 <sup>-4</sup>
Χαλκός	1,72	40 · »
Άργιλιον	2,82	36 · »
Βολφράμιον	5,50	52 · »
Ψευδάργυρος	5,92	35 · »
Νικέλιον	7,24	54 · »
Σίδηρος	9,80	50 · »
Λευκόχρυσος	10,50	36 · »
Μόλυβδος	21,00	40 · »
Νικελίνη	40,00	4 · »
Μαγγανίνη	44,00	0,1 · »
Κοσταγταν	50,00	0,1 · »
Άνθραξ άποστακτήρων	60,00	— —
Υδράργυρος	95,78	9 · »

### Π Ι Ν Α Ξ 2

Διηλεκτρική σταθερά	
Άηρ	1
Χάρτης παραφινωμένος	2
Έβονίτης	2,8
Ήλεκτρον	2,8
Ξύλον	2—8
Χαλαζίας	4,5
Παραφινέλαιον	4,7
Υαλος	5—10
Μαρμαρυγίας	6
Πορσελάνη	6
Οινόπνευμα	26
Υδωρ	81

**Π Ι Ν Α Ξ 3**  
**Ήλεκτρικαι μονάδες**

Φυσικόν μέγεθος	Μονάς	Σχέσις μεταξύ μονάδων
Ήλεκτρικόν φορτίον	1 ΗΣΜ	
»	1 Coulomb (1 Cb)	1 Cb = $3 \cdot 10^9$ ΗΣΜ
»	1 άμπερώριον (1 Ah)	1 Ah = 3600 Cb
Δυναμικόν	1 ΗΣΜ	
»	1 Volt (1 V)	1 V = 1/300 ΗΣΜ
Χωρητικότητα	1 ΗΣΜ	
»	1 Farad (1 F)	1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ΗΣΜ
»	1 microfarad (1 μF)	1 μF = $10^{-6}$ F
Ένταση ρεύματος	1 Ampère (1 A)	
Αντίσταση άγωγού	1 Ohm (1 Ω)	
»	1 microhm (1 μΩ)	1 μΩ = $10^{-6}$ Ω
Ένταση μαγνητικού πεδίου	1 Gauss	
Μαγνητική ροή	1 Maxwell (1 Mx)	
Συντελεστής άυτεπαγωγής	1 Henry (1 H)	

**Π Ι Ν Α Ξ 4**  
**Γενικαι φυσικαι σταθεραι**

Ταχύτης φωτός εις τό κενόν	$c_0 = 2,99793 \cdot 10^{10}$ cm/sec
Στοιχειώδες ήλεκτρικόν φορτίον	$e = 1,6020 \cdot 10^{-19}$ Cb
Μάζα ήλεκτρονίου	$m_e = 9,1066 \cdot 10^{-28}$ gr
Μάζα πρωτονίου	$M_p = 1,67248 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα νετρονίου	$M_n = 1,67507 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα άτόμου ύδρογόνου	$M_H = 1,6734 \cdot 10^{-24}$ gr
Μάζα σωματιδίου α	$M_a = 6,6442 \cdot 10^{-24}$ gr
Λόγος μάζης πρωτονίου πρός μάζαν ήλεκτρονίου	$\frac{M_p}{m_e} = 1836,5$
1 μονάς άτομικής μάζης	1 amu = $1,66 \cdot 10^{-24}$ gr
Σταθερά του Planck	$h = 6,625 \cdot 10^{-27}$ C.G.S.
Σταθερά τελείων άερίων	$R = 8,31436 \cdot 10^7$ C.G.S.
Σταθερά παγκοσμίου έλξεως	$k = 6,67 \cdot 10^{-8}$ C.G.S.
Αριθμός του Avogadro	$N_A = 6,0228 \cdot 10^{23}$ μόρια/mol
Αριθμός του Loschmidt	$N_L = 2,687 \cdot 10^{19}$ μόρια/cm <sup>3</sup>

## Π Ι Ν Α Κ Σ 5

Σχέσεις μεταξύ των μονάδων του αγγλοσαξωνικού συστήματος  
και του συστήματος μονάδων C.G.S.

<b>Μήκος</b>			
1 ίντσα	( in )	= 2,540	cm
1 πούς	( ft )	= 30,48	cm
1 μίλλιον	( mi )	= 5280	ft
1 μίλλιον	( mi )	= 1609	m
<b>Μάζα</b>			
1 χιλιόγραμμα	( kgr )	= 2,205	πάουντ ( lb )
<b>Ταχύτης</b>			
1 mi/h		= 44,7	cm/sec
1 ft/sec		= 30,48	cm/sec
<b>Δύναμις</b>			
1 λίμπρα	( lb )	= 4,45 · 10 <sup>5</sup>	dyn
<b>Πίεσις</b>			
1 ατμόσφαιρα	( atm )	= 14,7	lb/in <sup>2</sup>
1 lb/in <sup>2</sup>		= 69,87	dyn/cm <sup>2</sup>
<b>*Έργον — *Ενέργεια</b>			
1 πούς · λίμπρα	( ft · lb )	= 1,356	Joule
πούς · λίμπρα	( ft · lb )	= 0,3239	cal
1 cal		= 3,087	ft · lb
<b>Ίσχύς</b>			
1 ίππος	( HP )	= 746	Watt
»		= 550	ft · lb/sec

## ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

## Α'. Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αὐτῶν

$\pi, \pi'$	ἀποστάσεις ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου ἀπὸ τὸ σφαιρικὸν κάτοπτρον ἢ τὸν φακὸν
$R, R'$	ἀκτίς καμπυλότητος σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
$\varphi$	ἐστιακὴ ἀπόστασις σφαιρικοῦ κατόπτρου ἢ φακοῦ
$A, E$	μεγέθη ἀντικειμένου καὶ εἰδώλου
$E/A$	γραμμικὴ μεγέθυνσις κατόπτρου ἢ φακοῦ
$\pi$	γωνία προσπτώσεως
$\delta$	γωνία διαθλάσεως
$\nu$	δείκτης διαθλάσεως ἢ συχνότητος
$I$	ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς
$\Phi$	φωτεινὴ ροή
$P$	ἰσχὺς φακοῦ ἢ μικροσκοπίου
$M$	μεγέθυνσις μικροσκοπίου καὶ τηλεσκοπίου
$c$	ταχύτης τοῦ φωτός
$\lambda$	μῆκος κύματος ἀκτινοβολίας

## Β'. Ἐξισώσεις τῆς Ὀπτικῆς

$$\text{Σφαιρικὰ κάτοπτρα} \quad \varphi = R/2 \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi \quad E/A = \pi'/\pi$$

Κοῖλα κάτοπτρα :

$$\text{εἶδωλον πραγματικὸν} \quad 1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$$

$$\text{εἶδωλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$$

Κυρτὰ κάτοπτρα :

$$\text{εἶδωλον φανταστικὸν} \quad 1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$$

Διάθλασις τοῦ φωτός

$$\nu = \eta\mu\pi/\eta\mu\delta \quad \nu = u_1/u_2$$

$u_1$  καὶ  $u_2$  αἱ ταχύτητες τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο διαφανῆ σώματα

Ὀρική γωνία ( $\varphi$ )

$$\eta\mu\varphi = 1/\nu$$

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 ( $E_{ελ}$ ) :  $\pi_1 = \pi_2 \quad \delta_1 = \delta_2 \quad A = 2\delta_1$   
 $v = \eta\mu\pi_1 / \eta\mu\delta_1 \quad E_{ελ} = 2\pi_1 - A$

Συνθήκη ἐξόδου τῆς ἀκτίνος ἐκ τοῦ πρίσματος :  $A \leq \varphi$   
 $\varphi$  ἡ ὀρικὴ 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 ἐπαφήν :  
 $1/\varphi = 1/\varphi_1 + 1/\varphi_2 + 1/\varphi_3$

Συγκλίνοντες φακοί :

- 1) εἰδῶλον πραγματικὸν  $1/\pi + 1/\pi' = 1/\varphi$
- 2) εἰδῶλον φανταστικὸν  $1/\pi - 1/\pi' = 1/\varphi$

Αποκλίνοντες φακοί :

εἰδῶλον φανταστικὸν  $1/\pi - 1/\pi' = -1/\varphi$

Φαινόμενη διάμετρος ( $\alpha$ ) ἀντικειμένου  $\alpha = AB/OA$

$AB$  τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ  $OA$  ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τὸν ὀφθαλμὸν

Ἄπλοῦν μικροσκόπιον :

- 1) ἰσχὺς ( $P$ )  $P = 1/\varphi$  ἢ  $P = \alpha/AB$
- 2) μεγέθυνσις ( $M$ )  $M = 1 + \delta/\varphi$  ἢ  $M = \delta/\varphi$

$\alpha$  ἡ φαινόμενη διάμετρος τοῦ εἰδώλου,  $AB$  τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου καὶ  $\delta$  ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως τοῦ παρατηρητοῦ

Σύνθετον μικροσκόπιον :

- 1) ἰσχὺς ( $P$ )  $P = \frac{l}{\varphi_\pi \cdot \varphi_\alpha}$
- 2) μεγέθυνσις ( $M$ )  $M = \frac{l \cdot \delta}{\varphi_\pi \cdot \varphi_\alpha}$

$\varphi_\pi$  καὶ  $\varphi_\alpha$  αἱ ἐστιακαὶ ἀποστάσεις προσοφθαλμίου καὶ ἀντικειμενικοῦ,  $l$  ἡ μεταξύ των ἀπόστασις καὶ  $\delta$  ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως

Μεγέθυνσις (Μ) τηλεσκοπίου

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

Φωτομετρία :

1) όλική φωτεινή ροή ( $\Phi_{ολ}$ ) πηγής

$$\Phi_{ολ} = 4\pi \cdot I$$

I ή ένταση τής πηγής και  $\pi = 3,14$ 

2) φωτισμός (E) έπιφανείας

$$E = (I^2/R) \cdot \sigma \nu \alpha$$

R ή απόστασις τής φωτιζομένης έπιφανείας από την πηγήν και  $\alpha$  ή γωνία προσπτώσεως τών ακτίνων

3) Μέτρησις έντάσεως

$$I_A : I_B = R_A^2 : R_B^2$$

 $R_A$  και  $R_B$  αί απόστάσεις τών δύο φωτεινών πηγών από την έξισου φωτιζομένην έπιφάνειαν

Ίσοδυναμία φωτεινής ροής και μηχανικής ισχύος : 1 Lumen = 0,01 Watt

Έξίσωσις κυμάνσεων :

$$\nu = \nu \cdot \lambda$$

Ένέργεια φωτονίου

$$q = h \cdot \nu$$

 $\nu$  ή συχνότης τής ακτινοβολίας,  $h$  ή σταθερά του Planck και  $q$  ή ένέργεια του φωτονίου

## ΑΙ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΕΡΑΙ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ

### Α' Φυσικά μεγέθη και σύμβολα αυτών

m	ποσότης μαγνητισμού ή μαγνητική μάζα
$\alpha$	άπόστασις
$\sigma$	έπιφάνεια
H	ένταση μαγνητικού πεδίου
$\Phi$	μαγνητική ροή
$\Delta\Phi$	μεταβολή τής μαγνητικής ροής
F	δύναμις
Q, q	ήλεκτρικόν φορτίον
E	ένταση ήλεκτρικού πεδίου
U	δυναμικόν, διαφορά δυναμικοῦ, τάσις
C	χωρητικότητα
W	έργον, ένέργεια
P	ισχύς

t	χρόνος
I	ένταση ρεύματος
l	μῆκος
R	άντιστασις
r	ἀκτίς σφαίρας, ἔσωτερική ἀντίστασις γεννητρίας
E	ἠλεκτρεγερτική δύναμις γεννητρίας
E'	ἀντηλεκτρεγερτική δύναμις ἀποδέκτου
L	συντελεστής αὐτεπαγωγῆς

### Β'. Ἐξισώσεις τοῦ Μαγνητισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = m_1 \cdot m_2 / \alpha^2$
Ἔνταση μαγνητικοῦ πεδίου	$H = F/m$
Μαγνητική ροή	$\Phi = \sigma \cdot H$

### Γ'. Ἐξισώσεις τοῦ Ἡλεκτρισμοῦ

Νόμος τοῦ Coulomb	$F = K \cdot Q_1 \cdot Q_2 / \alpha$
K ἢ σταθερά τοῦ Coulomb ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ διηλεκτρικοῦ	
Ἔνταση ἠλεκτρικοῦ πεδίου	$E = F/q$ ἢ $E = Q/\alpha^2$
Q τὸ φορτίον τὸ παράγον τὸ πεδίων, 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	$C = Q/U$
Δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ ἀκτίνος r :	$U = Q/r$
Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ.	$W = Q \cdot U/2 = C \cdot U^2/2 = Q^2/2C$
Ἔνταση τοῦ ρεύματος	$I = Q/t$
Νόμος τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ	$U = I \cdot R$
Ἀντίστασις ἀγωγοῦ	$R = \rho \cdot l/\sigma$
ρ ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ μετάλλου	
Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας	$R = R_0 (1 + \alpha \cdot \theta)$
R <sub>0</sub> ἡ ἀντίστασις εἰς 0°C, α ὁ θερμοκρῆς συντελεστής ἀντιστάσεως καὶ θ ἡ θερμοκρασία	

Σύνδεσις ἀντιστάσεων :

κατὰ σειρὰν

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

παράλληλως

$$1/R_{ολ} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

'Ενέργεια ηλεκτρικοῦ ρεύματος

$$W = U \cdot I \cdot t \quad \eta \quad W = I^2 \cdot R \cdot t$$

'Ισχύς ηλεκτρικοῦ ρεύματος

$$P = U \cdot I \quad \eta \quad P = I^2 \cdot R$$

Νόμος τοῦ Joule

$$Q = 0,24 I^2 \cdot R \cdot t$$

Q ἡ ποσότης θερμότητος εἰς θερμίδας ( cal )

'Ισχύς γεννητρίας

$$P = E \cdot I$$

'Ισχύς ἀποδέκτου

$$P = E' \cdot I$$

Κλειστὸν κύκλωμα :

1) Χωρὶς ἀποδέκτην

$$E = I \cdot R_{ολ}$$

2) μὲ ἀποδέκτην

$$E = E' + I \cdot R_{ολ}$$

3) διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους τῆς γεννητρίας  $U = E - I \cdot r$

Κύκλωμα μὲ συστοιχίαν γεννητριῶν :

1) σύνδεσις κατὰ σειρὰν

$$v \cdot E = I \cdot (R + v \cdot r)$$

2) παράλληλος σύνδεσις

$$v \cdot E = I \cdot (v \cdot R + r)$$

Νόμος ηλεκτρολύσεως

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{v} \cdot I \cdot t$$

A/v τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου καὶ m ἡ ἀποτιθεμένη μᾶζα τοῦ στοιχείου

Μαγνητικὸν πεδίου ρεύματος :

1) εὐθύγραμμος ἀγωγὸς

$$H = \frac{2I}{10\alpha}$$

2) σωληνοειδὲς

$$H = \frac{4\pi}{10} \cdot v \cdot I$$

v ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν κατὰ ἑκατοστόμετρον μήκους τοῦ σωληνοειδοῦς

Δύναμις ἀσκουμένη ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος  $F = \frac{1}{10} \cdot I \cdot H \cdot l$

'Επαγωγικὴ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις  $E = \frac{1}{10^8} \cdot \frac{\Delta\Phi}{t}$

'Ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ αὐτεπαγωγῆς  $E = L \cdot \frac{\Delta I}{t}$

Ἐναλλασσόμενον ρεύμα :

στιγμιαία τάσις

$$U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

στιγμιαία ἔντασις

$$I = I_0 \cdot \eta \mu \omega t$$

ἐνεργὸς τάσις

$$U_{\text{ε}ν} = 0,707 \cdot U_0$$

ἐνεργὸς ἔντασις

$$I_{\text{ε}ν} = 0,707 \cdot I_0$$

Μετασχηματιστής :

ἐνέργεια

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

τάσις

$$U_2 : U_1 = v_2 : v_1$$

ἐντάσεις ρευμάτων

$$I_1 : I_2 = v_2 : v_1$$

$v_1$  καὶ  $v_2$  αἱ σπεῖραι τοῦ πρωτεύοντος ( $U_1, I_1$ ) καὶ τοῦ δευτερεύοντος ( $U_2, I_2$ ) κυκλώματος

Πυκνωτής :

1) ἠλεκτρικὸν φορτίον πυκνωτοῦ  $Q = C \cdot U$

2) χωρητικότης πυκνωτοῦ  $C = \varepsilon \frac{\sigma}{4\pi \cdot l}$

$l$  τὸ πάχος τοῦ διηλεκτρικοῦ καὶ  $\pi = 3,14$

3) ἐνέργεια πυκνωτοῦ  $W = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$

4) παράλληλος σύνδεσις πυκνωτῶν  $C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$

5) σύνδεσις πυκνωτῶν κατὰ σειρὰν  $1/C_{\text{ολ}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$

6) ἔντασις ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου  $E = U/l$

$l$  ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν

Περίοδος ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων  $T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$

Συνθήκη συντονισμοῦ δύο κυκλωμάτων ταλαντώσεων  $L_1 \cdot C_1 = L_2 \cdot C_2$

Νετρόνια τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος  $N = A - Z$

Α μαζικὸς ἀριθμὸς,  $Z$  ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ στοιχείου ἐμφαινῶν καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν πρωτονίων τοῦ πυρῆνος,  $N$  ἀριθμὸς νετρονίων τοῦ πυρῆνος.

Ἀρχὴ ἰσοδυναμίας μάζης καὶ ἐνεργείας  $W = m \cdot c^2$ .

$m$  μάζα ἀφυλοποιουμένη,  $c$  ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν,

$W$  ἡ ἰσοδύναμος ἐνέργεια.

## ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

(Οἱ ἀριθμοὶ παραπέμπουν εἰς τὰς σελίδας)

	<b>A</b>		
αἰθέρ	101	αὐτεπαγωγὴ	214
ἀκουστικόν	203	ἄχρωματικὸς φακὸς	65
ἀκτῖνες α, β, γ	278	<b>B</b>	
» Röntgen	245	βαρὺ ὕδωρ	286
ἀκτινοβολία	87	Volt	154
ἀκτινολογία	247	βολτάμετρον	164, 187
ἀλεξικέρανα	255	βολτόμετρα	207
ἀλυσωτὴ ἀντίδρασις	288	<b>Γ</b>	
Ampère	165	γαλβανόμετρα	207
ἀμπερόμετρα	207	γαλβανοπλαστικὴ	191
ἀμπερόρια	194	γεννήτριαι	162
ἀνάκλασις φωτὸς	19	γήινον μαγνητικὸν πεδίου	140
ἀνάλυσις φωτὸς	87	γραμμαὶ Fraunhofer	89
ἀναλύτης	107	γωνία ἐκτροπῆς	47
ἄνοδος	164	» πολώσεως	107
ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις	183	Gauss	137
ἀντιύλη	296	Geiger ἀπαριθμητῆς	292
ἀνθρώπισις	260	<b>Δ</b>	
ἀντικατοπτρισμὸς	44	δείκτης διαθλάσεως	39
ἀντίστασις ἀγωγοῦ	168	δέκτης	202
ἀντιστροφὴ γραμμῶν	115	δευτέριον	285
ἀποδέκτης	184	διάθλασις φωτὸς	38
ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς	99	διαφορὰ δυναμικοῦ	153
ἀρχὴ ἀντιστροφῆς πορείας	24	» φάσεως	157
ἀστροφυσικὴ	117	διάχυσις	19, 125
ἀσφάλεια	178	διαχωριστικὴ ἰκανότης	80
ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις	43	διεγέρτης Hertz	262
ἀτομικὴ βόμβα	288	διηλεκτρικὴ σταθερὰ	234
» ἐνέργεια	288	διόδος λυχνία	244
ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ	289		
ἀτομικὸς ἀριθμὸς	280		
ἄτομον	280		

διόπτρα	78	ἤλεκτρικὸς συσσωρευτῆς	192
διπλῆ διάθλασις	109	ἤλεκτρόλυσις	186
δυναμικαὶ γραμμαὶ	134, 150	ἤλεκτρολυτικὴ διάστασις	187
δυναμικὸν	153	ἤλεκτρομαγνήτης	200
<b>E</b>			
εἰδικὴ ἀντίστασις	169	ἤλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία	264
εἶδωλον	21	ἤλεκτρομαγνητικὸν πεδίον	263
ἐκλείψεις	14	ἤλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	251
ἐκτροπὴ σφαιρικὴ	36, 64	ἤλεκτρόνιον	159
» ἀστιγματικὴ	36, 64	ἤλεκτροσκόπιον	146
» χρωματικὴ	64	ἤλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον	190
ἐλαχίστη ἐκτροπὴ	48	ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα	223
ἐλεύθερα ἤλεκτρόνια	160	<b>Θ</b>	
ἐναλλακτῆρες	221	θερμικὴ ἐκπομπὴ ἤλεκτρονίων	244
ἐναλλασσόμενον ρεῦμα	222	θερμικὰ ὄργανα	208
ἐνεργὸς ἔντασις	225	θάλαμος Wilson	292
» τάσις	225	θερμοηλεκτρεγερτικὴ δύναμις	195
ἐντασις ρεύματος	165	θερμοηλεκτρικὸν ρεῦμα	195
ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς	93	» στοιχεῖον	195
ἐπαγωγεὺς	216	θεωρία ἐκπομπῆς	100
ἐπαγωγικὰ ρεύματα	209	» κυμάνσεων	101
ἐπαγωγικὸν πηνίον	230	» κβάντα	123
ἐπαγώγιμον	216	» ἤλεκτρομαγνητικὴ	101
ἐπιμετάλλωσις	191	<b>I</b>	
ἐπίπεδον πολώσεως	107	ιονισμὸς ἀερίου	243
» κραδασμῶν	108	ιόντα	160, 188
ἐστιακὴ ἀπόστασις	27, 33, 55	ἰσότοπα στοιχεῖα	285
ἐστιακὸν ἐπίπεδον	28, 55	ἰσχύς ἀποδέκτου	183
ἐσωτερικὴ ἀντίστασις	181	» γεννητριάς	179
<b>H</b>			
ἤλεκτρεγερτικὴ δύναμις	180	» ρεύματος	175
ἤλεκτρικαὶ μηχαναὶ	216	» φακοῦ	63
» ταλαντώσεις	256	» μικροσκόπιον	72
ἤλεκτρικὴ ἐκένωσις	238	ιονόσφαιρα	253
» κάμινος	178	<b>K</b>	
ἤλεκτρικὸν πεδίον	149	καθοδικαὶ ἀκτῖνες	240
ἤλεκτρικὸν ρεῦμα	161	κάθοδος	164, 238, 245
» δίπολον	262	κάτοπτρα	19
» φορτίον	147	κεραυνὸς	254
ἤλεκτρικὸς κώδων	201	κηρίον	94

κινητήρες	218, 222
κοσμική ακτινοβολία	253, 291
Coulomb	147
κυκλική συχνότης	223
κύκλωμα	166
κυρία έστία	27, 55
κύριος άξων	25
κύτταρον σεληνίου	171
κροσσοί συμβολής	102
κρυσταλλικός φωρατής	260

## Λ

λαμπτήρ ηλεκτρικός	177
Lumen	95
Lux	95

## Μ

μαγνητόφωνον	276
μαγνητική απόκλισις	138
» διαπερατότης	200
» έγκλισις	139
» έπαγωγή	209
» θύελλα	142
» ροή	137
μαγνητικόν δίπλονον	133
» πεδίον	135, 197
» φάσμα	134
μαζικός αριθμός	283
Maxwell	138
μεγάφωνον	204
μεγέθυνσις γραμμική	30, 57
μεσόνια	291, 296
μεταστοιχειώσεις	287
μετασχηματιστάι	228
μηχανικόν Ισοδύναμον φωτός	99
μικροκύματα	270
μικροσκοπίον	72, 75
μικρόφωνον	203
μικροφωτογραφία	78
μονοφασικόν ρεύμα	222
μωπαία	68

## Ν

ναυτική πυξίς	142
νετρίνο	291
νετρόνιον	283
νόμοι άνακλάσεως	20
» ήλεκτρολύσεως	189
» φωτισμοῦ	96
νόμος Joule	175
» Coulomb	132, 147
» Laplace	206
» Ohm	168, 181
» Stokes	122
» Rayleigh	125
» Lenz	241

## Ο

δλική άνακλασις	42
όμιλών κινηματογράφος	274
όμογενές πεδίον	137, 237
όπαι Young	105
όπτικόν κέντρον	54
όπτικός άξων	110
όρατόν φώς	265
όρική γωνία	40
ούρανιον τόξον	91
Ohm	168

## Π

παράθλασις φωτός	102
περιοδικόν σύστημα	282
περισκόπιον	84
πηνίον Ruhmkorff	230
πικάπ	276
πλάτος έντάσεως	224
» τάσεως	223
ποζιτρόνιον	286
πόλοι γεννητριάς	162
πολικόν σέλας	256
πόλωσις φωτός	106
» ήλεκτροδίων	192
πολωτής	107

πολωτικὸν σῶμα	112
πομπὸς	202
ποσότης μαγνητισμοῦ	133
πρῖσμα Nicol	111
πρισματική διόπτρα	82
προβολεὺς	84
προσαρμογή	67
πρωτόνιον	159, 283
πυκνωταὶ	232
πυρὴν ἀτόμου	158

## P

ραδιενέργεια	277
ράδιον	277
ραδιόφωνα	269
ραντάρ	270
ρεύματα Foucault	213
ροοστάται	273
Röntgen ἀκτίνες	245
Rutherford	287

## Σ

σποτεινὸς θάλαμος	14
σπινθηριστής	262
σταθερὰ Planck	123
σταθερὰ Faraday	190
στερακτίνιον	92
στερεοσκοπία	70
στοιχεῖα	194
» Leclanchè	194
στοιχειώδεις μαγνήται	131
στοιχειώδεις φορτίον	159
συγκλίνων φακὸς	55
συλλέκτης	217
συμβολὴ φωτὸς	101
συνεχὲς ρεῦμα	165
συντελεστής αὐτεπαγωγῆς	215
συντονισμὸς	261
συρμὸς ταλαντώσεων	259
συσσωρευταὶ μολύβδου	193
» ἀλκαλικοὶ	194

σωλὴν Braun	247
» Coolidge	245
» Crookes	239
» Geissler	288
σωληνοειδὲς	198

## T

ταλαντώσεις ἠλεκτρικαὶ	256
τάσις	153
ταχύτης φωτὸς	15
τεχνητὰ ραδιενεργὰ	287
τηλέγραφος	201
τηλεόρασις	271
τηλεπικοινωνίαι	266
τηλεσκόπιον	83
τηλέφωνον	203
τηλεφωτογραφία	250
τρίοδος λυχνία	248
τριφασικὰ ρεύματα	226
τύπος Thomson	257

## Υ

ὑπερβραχέα κύματα	270
ὑπεριώδεις ἀκτίνες	119
ὑπερμετρωπία	68
ὑπερόνια	291
ὑπερουράνια στοιχεῖα	290
ὑπέρυθροι ἀκτίνες	118
ὑψίσυχνα ρεύματα	231

## Φ

φαινόμενον Edison	244
φακὸς	52
Farad	156
φάσις	226
φάσμα ἀπορροφήσεως	115
» γραμμῶν	114
» ἡλιακῶν	89
» συνεχὲς	113
» συνολικόν	265

φασματοσκοπική ανάλυσις	116	φωτοηλεκτρικόν φαινόμενον	249
φασματοσκόπιον	90	φωτοηλεκτρόνια	249
φθορισμός	121	φωτοκύτταρον	250
φυσικός μαγνήτης	129	φωτομετρία	97
φωνοληψία	274	φωτόμετρον Bunsen	98
φώς πεπολωμένον	106	φωτόνια	124
φώς φυσικόν	106		
φωσφορισμός	122	<b>X</b>	
φωταύγεια	122	χειριστήριον	202
φωτεινή πηγή	11	χρῶμα σωμάτων	124
» ροή	94	χωρητικότης	155
φωτισμός	94	Henry	215
φωτογραφία	126	Huygens	101



Σχεδιαγράφησις σχημάτων υπό Γ. Κ. ΝΤΟΥΦΕΞΗ

Ἐξώφυλλον ΣΠΥΡΟΥ ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ

Τὰ αντίτυπα τοῦ βιβλίου φέρουν τὸ κάτωθι βιβλιοσήμον εἰς ἀπόδειξιν τῆς γνησιότητος αὐτῶν.

Ἐπίσης, ἡ ἀντίτυπον στερούμενον τοῦ βιβλιοσήμου τούτου θεωρεῖται κλεψίτυπον. Ὁ διαθέτων πωλῶν ἢ χρησιμοποιοῦν αὐτὸ διώκεται κατὰ τὰς διατάξεις τοῦ ἄρθρου 7 τοῦ νόμου 1129 τῆς 15/21 Μαρτίου 1946 (Ἐφ. Κυβ. 1946, Α 108).



Ἐκδοσις Ε', 1965 (VI) — ΑΝΤΙΤΥΠΑ 25.000 — ΣΥΜΒΑΣΙΣ 1263/23-3-65

Ἐκτίπωσις - Βιβλιοδεσία : ΙΩ. ΚΑΜΠΑΝΑ Ο.Ε. - Φιλαδελφίας 4 - ΑΘΗΝΑΙ



6666  
4949  
-----  
1666  
R1111

15  
440  
440  
-----  
880

21  
~~scribble~~

scribble

930.605. Γνωστική

Μ. Ρ.

