



7

Κ. Δ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ

Γ. Δ. ΜΠΙΛΛΗ

Ε 3 + 22
Αλεξοπούλου/Κ.Δ./Μπίλλη

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ

ΟΠΤΙΚΗ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΠΡΟΣ ΧΡΗΣΙΝ

ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ
ΔΙΑ ΤΑΣ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΝΩΤΑΤΩΝ ΣΧΟΛΩΝ

ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ



ΑΘΗΝΑΙ • 1960

Ε 3 432
Κ. Δ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

Γ. Δ. ΜΠΙΛΛΗ
ΦΥΣΙΚΟΥ

Λεξικό φυσικής / Μπίλλης (Γ.Δ.)
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ

**ΟΠΤΙΚΗ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ
ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ**

ΠΡΟΣ ΧΡΗΣΙΝ

ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ
ΔΙΑ ΤΑΣ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΝΩΤΑΤΩΝ ΣΧΟΛΩΝ



ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ
ΜΕΤΑ 399 ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΑΘΗΝΑΙ

1960



002
ΜΕ
ΕΤ3
126

Πᾶν γνήσιον ἀντίτυπον φέρει τὰς ὑπογραφὰς τῶν συγγραφέων.

Κ. Α. Ζω

Β. Μω

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Εἰς τὸν πρόλογον τῆς α' ἐκδόσεως τοῦ ἀνὰ χεῖρας βιβλίου (1955) ἐξεθέσαμεν λεπτομερέστατα τὰς ἀπόψεις μας, ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὸ περιεχόμενον ἐνὸς βιβλίου Φυσικῆς, προοριζομένου διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν τελευταίων τάξεων τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως (Γυμνασίων καὶ Πρακτικῶν Λυκείων). Ἐκτὸς τῶν γενικῶν παρατηρήσεων, τῶν σχετικῶν μὲ τὴν ἀπαραίτητον ὕλην καὶ τὴν ἀντικατάστασιν τῶν ἀνεπιτυχῶν ὅρων, τὰς ὁποίας διευτυώσαμεν ἐκεῖ, συμπληρωματικῶς ἔχομεν νὰ προτείνωμεν τὰ ἑξῆς:

Πρέπει νὰ καταργηθῇ ἡ διάκρισις μεταξὺ «νόμου τοῦ Ohm διὰ κλειστὸν (ἢ πλήρες) κύκλωμα» καὶ «νόμου τοῦ Ohm διὰ τμήμα ἀγωγοῦ». Ἐπίσης, πρέπει ν' ἀφαιρεθῇ τὸ θέμα, τὸ ἀναφερόμενον ὡς «ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀποδέκτου», καθόσον, προκειμένου περὶ ἡλεκτρικῶν κινητήρων, ἡ ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἔχει μόνον εἶναι δύσκολον νὰ περιγραφῇ κατὰ τρόπον ἱκανοποιητικόν, ἀλλὰ καὶ διότι εἰς τὸ ἐπίπεδον τῆς Φυσικῆς τοῦ Γυμνασίου εἶναι ἐντελῶς περιττή.

Ὁμοίως, καταργητέος εἶναι καὶ ὁ ὅρος «ἡλεκτρομαγνητικὴ ἐπαγωγὴ», καθόσον ἀρκεῖ ὁ ὅρος «ἐπαγωγὴ». Ἐπὶ τῇ εὐκαιρίᾳ, ἐπιθυμοῦμεν νὰ τονίσωμεν, ἐκ νέου, ὅτι, κατὰ τὸ φαινόμενον τῆς ἐπαγωγῆς, ἀναπτύσσεται ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις καὶ ἔχει ἡλεκτρικὸν ρεῦμα - ὅπως, π.χ., συμβαίνει κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν ἐνὸς μετασχηματιστοῦ ἢ ἐνὸς πηνίου Ruhmkorff.

Προτείνωμεν, ἐπίσης, ὅπως, ἐφ' ὅσον δὲν γίνεται διάκρισις μεταξὺ «ἡλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως» καὶ «ἡλεκτροδυναμικῆς δυνάμεως» καταργηθῶν αἱ ἐκφράσεις αὗται, χρησιμοποιομένου ἄλλου τινος ὅρου - ὅπως, π.χ., τοῦ ὅρου «δύναμις κατὰ Laplace». Ἡ μεταρρύθμισις αὕτη καθίσταται ἀναγκαία, δεδομένου ὅτι οἱ παλαιοὶ ὅροι εἶναι, ἐν μέρει, παραπλανητικοί.

Ὁμοίως, πρέπει νὰ μὴ περιγράφωνται ὄργανα, τὰ ὁποῖα δὲν χρησιμοποιοῦνται πλέον, ὅπως, π.χ., τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν μεγάλφωνον κ.λ.

Ἐπίσης, δὲν πρέπει νὰ περιγράφωνται αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις διὰ σπινθηριστοῦ, καθόσον, ἀπὸ πολλοῦ χρόνου, αὗται ἔπαυσαν χρησιμοποιοῦμεναι.

Τὸ ἀπὸ δεκαετηρίδων ἐπανειλημμένως ἀναγραφόμενον εἰς διάφορα βιβλία ὅτι «τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον διὰ διαλύματος ὀξέος, βάσεως ἢ ἁλατος, προκαλεῖ διάσπασιν τοῦ μορίου των» πρέπει νὰ παύσῃ ἐπαναλαμβάνόμενον, δεδομένου ὅτι ἡ ὑπαρξὶς τῶν ἰόντων ἐντὸς τοῦ διαλύματος οὐδεμίαν σχέσιν ἔχει μὲ τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος.

Ὁμοίως, οἱ ὅροι «θετικὸς πόλος» καὶ «ἄρνητικὸς πόλος» ἐνὸς μονίμου μαγνήτου δὲν πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦνται,

Ὅσον ἀφορᾷ εἰς τὸν δείκτην διαθλάσεως, δεόν νά καταστή σαφές, ὅτι οὗτος εἶναι μία σταθερά, χαρακτηριστικὴ ἐνός ὕ λ ι κ ο ὗ καὶ ὄχι τοῦ φωτός.

Τέλος, ἀνεπιτυχής εἶναι καὶ ὁ ὅρος «ἀτομικὴ μάζα», ἀντί τοῦ ὀρθοῦ «μαζι-κὸς ἀριθμός».

Ἐχομεν τὴν γνώμην ὅτι εἶναι καιρός, πλέον, ὅπως ληφθῇ πρόνοια, ὥστε τὰ εὐρέως κυκλοφοροῦντα διδασκικὰ βιβλία Φυσικῆς νά εἶναι, κατὰ τὸ δυνατόν, συντεταγμένα μὲ μεγαλυτέραν ἀκριβολογίαν, ἀφαιρουμένης, ταυτοχρόνως, ἐξ αὐτῶν πάσης περιττῆς ὕλης - τόσον τῆς ἀπρηχαιωμένης τοιαύτης, ὅσον καὶ τῆς ἀνηκούσης σαφῶς εἰς ἀνωτέραν στάθμην. Τὸ κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη ηὔξημένον ἐνδιαφέρον τῶν μαθητῶν τῶν Γυμνασίων μας διὰ τὰς φυσικὰς ἐπιστῆμας δύναται νά ἱκανοποιηθῇ ἀπολύτως μὲ τὴν καθαρῶς γυμνασιακὴν ὕλην, ἀρκεῖ, βεβαίως, αὕτη νά διδάσκεται ὁ ὅ λ ο κ η ρ ο ς καὶ ν' ἀφομοιοῦται ὑπὸ τῶν μαθητῶν. Διότι, εἶναι φανερόν ὅτι ἡ ἐπιθέρυνσις τῆς διδασκαλίας διὰ πολλῶν μὴ θεμελιωδῶν ἐννοιῶν καὶ φαινομένων ἀφ' ἐνός μὲν καταλήγει εἰς ἀπλὴν ἀποστήθισιν, ἀφ' ἑτέρου οὐδόλως συντελεῖ εἰς τὴν ἐξύψωσιν τοῦ ἐπιπέδου τῆς διδασκαλίας τῆς Φυσικῆς, κυρίως δὲ δὲν προάγει τὸν τρόπον τοῦ φυσικῶς σκέπτεσθαι τῶν μαθητῶν, τὸ ὅποιον εἶναι καὶ τὸ σπουδαιότερον σημεῖον, τὸ ὅποιον πρέπει νά ἀντιμετωπίζεται κατὰ τὴν διδασκαλίαν τῆς Φυσικῆς. Τὴν γνώμην μας ταύτην εἰχομεν διατυπώσει καὶ εἰς τὸν πρόλογον τῆς α' ἐκδόσεως διὰ τῶν ἑξῆς :

«Τέλος, ἃς μᾶς ἐπιτραποῦν μερικαὶ σκέψεις ὡς πρὸς τὸν τρόπον, διὰ τοῦ ὁποῦ θά καταστή δυνατόν εἰς τὸ μέλλον ἡ ἐξύψωσις τοῦ ἐπιπέδου τῆς διδασκαλίας τῆς Φυσικῆς. Τοῦτο δὲν πρόκειται νά ἐπιτευχθῇ δι' αὐξήσεως τῆς διδασκτέας ὕλης, ἀλλ' ἀντιθέτως διὰ συμπτύξεως ταύτης καὶ ταυτοχρόνου αὐξήσεως τῶν ὥρων διδασκαλίας, διότι τότε μόνον θά εἶναι δυνατόν νά διδάσκεται ὁλόκληρος ἡ διδασκτέα ὕλη καὶ ν' ἀφομοιοῦται ὑπὸ τῶν μαθητῶν».

Ὁ ἑκτοτε διαρρέυσας χρόνος ἀπέδειξεν ὅτι αἱ ἀπόψεις μας εἶναι ὀρθαί. Πληροφορίαι ἐκ τῶν συναδέλφων καθηγητῶν τῶν Γυμνασίων ἐπεβεβαίωσαν τὴν γνώμην μας ὅτι ἡ ἐπιστήμῃς ἀνεγνωρισμένη ὡς διδασκτέα ὕλη τῆς Φυσικῆς εἶναι τόση, ὥστε νά καθίσταται ἀδύνατος ἡ διδασκαλία ἑλὼν τῶν κεφαλαίων. Οὕτω, κατὰ κανόνα, δὲν κατορθοῦται νά διδάσκεται ὁλόκληρος ἡ ὕλη τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ καὶ τῆς Ἀτομικῆς καὶ Πυρηνικῆς Φυσικῆς, παρὰ τὸ γεγονός ὅτι, τελευταίως, αἱ ὥραι διδασκαλίας τῆς Φυσικῆς ηὔξηθησαν. Νομίζομεν ὅτι τὸ θέμα τοῦτο πρέπει νά ἐξετασθῇ σοβαρῶς ὑπὸ τῶν ἀρμοδίων καὶ νά ληφθῇ πρόνοια ὅπως, παραλλήλως πρὸς τὴν ἐγκριθεῖσαν αὐξήσιν τῶν ὥρων διδασκαλίας τῆς Φυσικῆς, περικοπῇ ἡ διδασκτέα ὕλη, δι' ἀφαιρέσεως τῶν ἀχρήστων καὶ ἐπουσιδῶν θεμάτων, καθὼς καὶ ἐκείνων, τὰ ὅποια ἀνήκουν σαφῶς εἰς τὴν στάθμην τῶν ἀνωτάτων σπουδῶν, διότι, ἄλλως, εἶναι πλέον ἢ βέβαιον ὅτι ἡ μεγάλη ἀπόστασις, ἡ ὁποία, ἤδη, μᾶς χωρίζει ἀπὸ τὰ τεχνικῶς προηγμένα Κράτη, διαρκῶς θ' αὐξάνεται.

Εἰς τὴν παροῦσαν ἐκδοσιν προστετέθησαν στοιχεῖα ἐκ τῶν ἡμιαγωγῶν καὶ τῶν ἐφαρμογῶν των, δεδομένου ὅτι ἡ σημασία αὐτῶν, τόσον διὰ τὴν ἐπιστήμην, ὅσον καὶ διὰ τὰς πρακτικὰς χρήσεις, διαρκῶς αὐξάνεται.

Κατὰ τὴν ἐκτύπωσιν ἐχρησιμοποιήθησαν στοιχεῖα δύο μεγεθῶν. Ἡ μὲ μικρότερα στοιχεῖα τυπωμένη ὕλη δύναται νὰ παραλείπεται κατὰ τὴν διδασκαλίαν, πρέπει, ὅμως, νὰ ὑπάρχῃ εἰς τὰ διδακτικὰ βιβλία τοῦ Γυμνασίου, διότι τὰ βιβλία ταῦτα εἶναι ἐκεῖνα, εἰς τὰ ὅποια καταφεύγουν, συνήθως, οἱ μαθηταὶ διὰ τὴν λύσιν ὠρισμένων ἀποριῶν των ἐπὶ θεμάτων, ἐχόντων σχέσιν μὲ τὸν καθ' ἡμέραν βίον.

Ὅλας τὰς ἀσκήσεις τοῦ τόμου τούτου ἔλυσε ὁ Φυσικὸς καὶ Χημικὸς κ. **Δ. Τσακαρισιάνος**, τὸν ὅποιον εὐχαριστοῦμεν θερμῶς καὶ ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης.

Ἀθῆναι, Ἰούλιος 1960.

Κ. Δ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ — Γ. Δ. ΜΠΙΛΛΗΣ

ΠΙΝΑΞ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΟΠΤΙΚΗ

Ι. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

Εισαγωγή εις τὴν Ὀπτικὴν σ. 1.—Αὐτόφωτα καὶ ἑτερόφωτα σώματα σ. 1.—
Διαφανή, ἀδιαφανή καὶ ἡμιδιαφανή σώματα σ. 2.

Α' Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός.

Νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός σ. 2.—Ταχύτης διαδόσεως τοῦ
φωτός σ. 4.

Β' Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

Γενικά ἐπὶ τῆς ἀνακλάσεως σ. 5.—Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως σ. 5.—Ἀνώμαλος ἀνά-
κλασις (διάχυσις) σ. 6.—Κάτοπτρα σ. 6.—Ἐπίπεδα κάτοπτρα σ. 6.—Σχηματισμὸς εἰ-
δώλου δι' ἐπίπεδον κατόπτρου σ. 7.—Περιστροφή ἐπίπεδον κατόπτρου σ. 7.—Ἐπί-
πεδα κάτοπτρα σχηματίζοντα γωνίαν σ. 8.—Ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φω-
τός σ. 9.—Σφαιρικά κάτοπτρα σ. 9.—Κοῖλα κάτοπτρα σ. 10.—Ἐστιακὸν ἐπίπεδον
σφαιρικοῦ κατόπτρου σ. 11.—Σχηματισμὸς εἰδώλου διὰ κοίλου κατόπτρου σ. 11.—
Τύπος τῶν κοίλων κατόπτρων σ. 14.—Διερευνήσις τοῦ τύπου τῶν κοίλων κατόπτρων
σ. 14.—Μεγέθυνσις σ. 15.—Κυρτὰ κάτοπτρα σ. 16.—Τύπος τῶν κυρτῶν κατόπτρων
σ. 16.—Σχηματισμὸς εἰδώλου διὰ κυρτοῦ κατόπτρου σ. 17.—Χρησιμοποίησις τῶν
σφαιρικῶν κατόπτρων σ. 17.—Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων σ. 18.—Παραβο-
λικά κάτοπτρα σ. 18.—Ἀνακεφαλαίωσις σ. 19.

Γ' Διάθλασις τοῦ φωτός.

Γενικά ἐπὶ τῆς διαθλάσεως σ. 21.—Νόμοι τῆς διαθλάσεως σ. 21.—Φαινομένη
ἀνύψωσις ἀντικειμένου, λόγῳ διαθλάσεως σ. 23.—Ὀρική γωνία σ. 23.—Ὀλικὴ ἀνά-
κλασις σ. 24.—Διάδοσις τοῦ φωτός διὰ πλακῶν σ. 25.—Διάδοσις τοῦ φωτός διὰ πρι-
σμάτων σ. 25.—Πειραματικὴ ἐπίδειξις τῶν νόμων τῶν πρισμάτων σ. 27.—Πρίσματα
ὀλικῆς ἀνακλάσεως σ. 28.—Φακοὶ σ. 29.—Συγκλίνοντες φακοὶ σ. 30.—Τύπος τῶν κα-
τασκευαστῶν τῶν φακῶν σ. 31.—Σχηματισμὸς εἰδώλου διὰ συγκλίνοντος φακοῦ σ. 31.—
Τύπος τῶν συγκλίνοντων φακῶν σ. 33.—Διερευνήσις τοῦ τύπου τῶν συγκλίνοντων
φακῶν σ. 34.—Μεγέθυνσις σ. 34.—Ἀποκλίνοντες φακοὶ σ. 35.—Σχηματισμὸς εἰδώλου
δι' ἀποκλίνοντος φακοῦ σ. 36.—Τύπος τῶν ἀποκλίνοντων φακῶν σ. 36.—Μεγέθυνσις
σ. 36.—Ἰσχύς φακοῦ σ. 36.—Ἰσχύς συστήματος λεπτῶν φακῶν σ. 37.—Μέτρησις τῆς
ἐστιακῆς ἀποστάσεως ἐνός φακοῦ σ. 37.—Σφάλματα τῶν φακῶν σ. 38.—Ἀτμοσφαι-
ρικὴ διάθλασις σ. 39.

Δ' Ὀφθαλμὸς καὶ ὀπτικὰ ὄργανα.

Ὁ ὀφθαλμὸς σ. 43.—Μηχανισμὸς τῆς ὁράσεως σ. 44.—Ἀνωμαλίας τῆς ὁράσεως
σ. 45.—Ὀπτικαὶ ἀπάται σ. 46.—Στερεοσκοπικὴ ὁρασις σ. 46.—Μεγέθυνσις τῇ βοηθείᾳ

ὀπτικῶν ὀργάνων σ. 47.—'Ισχύς ὀπτικῶν ὀργάνων σ. 47.—Μεγεθυντικὸς φακὸς σ. 47.—'Ισχύς μεγεθυντικοῦ φακοῦ σ. 49.—Μικροσκόπιον σ. 49.—'Υπολογισμὸς τῆς μεγεθύνσεως μικροσκοπίου σ. 51.—'Ισχύς μικροσκοπίου σ. 52.—Διακριτικὴ ἱκανότης μικροσκοπίου σ. 52.—Μικροφωτογραφία σ. 53.—Τηλεσκόπια σ. 53.—Διόπτρα τῶν ἐπιγείων σ. 56.—Κατοπτρικὰ τηλεσκόπια σ. 56.—Περιακόπιον σ. 57.—Φωτογραφικὸς θάλαμος σ. 58.—Φωτογραφία σ. 58.—Προβολεὺς σ. 59.—Κινηματογράφος σ. 60.

Ε' Φωτομετρία.

Φωτεινὴ ροὴ σ. 62.—Φωτεινὴ ἰσχύς πηγῆς σ. 62.—Μονὰς φωτεινῆς ροῆς σ. 64.—Φωτισμὸς ἐπιφανείας σ. 64.—Φωτόμετρα σ. 65.—Νόμοι τῆς φωτομετρίας σ. 65.—Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν σ. 67.—Φωτόμετρον Bunsen σ. 68.

Ζ' Ἀνάλυσις τοῦ φωτός.

Φάσμα σ. 70.—Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός σ. 71.—Σχέσις χρώματος καὶ μήκους κύματος τοῦ φωτός σ. 72.—Οὐράνιον τόξον σ. 73.

Ζ' Φασματοσκοπία.

Φασματοσκόπιον σ. 74.—Φασματογράφος σ. 75.—Μηχανισμὸς τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ φάσματος σ. 76.—Φάσματα ἐκπομπῆς σ. 77.—Φάσματα ἀπορροφῆσεως σ. 78.—Ἀναστροφή τῶν φασματικῶν γραμμῶν σ. 80.—Φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις σ. 81.—Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν οὐρανίων σωμάτων σ. 81.—'Υπεριώδης ἀκτινοβολία σ. 82.—'Υπερέρυθρος ἀκτινοβολία σ. 83.—Διάχυσις τοῦ φωτός - Τὸ κυανοῦν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ σ. 84.—Φθορισμὸς - φωσφορισμὸς σ. 85.—Νόμος τοῦ Stokes σ. 86.—Φωταύγεια σ. 86.—Χημικαυταύγεια σ. 86.—Τὸ χρῶμα τῶν διαφόρων σωμάτων σ. 86.—Ἐγχρωμος φωτογραφία σ. 88.

Η' Τεχνηταὶ φωτειναὶ πηγαί.

Θερμαὶ φωτειναὶ πηγαί σ. 88.—Ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς σ. 90.—Ψυχραὶ φωτειναὶ πηγαί σ. 91.—Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός σ. 91.

II. ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

Θ' Περίθλασις καὶ συμβολὴ τοῦ φωτός.

Περίθλασις τοῦ φωτός σ. 94.—Συμβολὴ τοῦ φωτός σ. 95.—Σύμφωνοι καὶ ἀσύμφωνοι δέσμαι σ. 97.—Μέτρησις τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός διὰ τῆς διατάξεως Fresnel σ. 98.—Μήκος κύματος καὶ συχνότης τοῦ φωτός σ. 99.

Ι' Πόλωσις τοῦ φωτός.

Φυσικὸν καὶ πολωμένον φῶς σ. 101.—Πόλωσις ἐξ ἀνακλάσεως σ. 103.—Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός σ. 103.—Πολωτικὰ ὄργανα σ. 104.—Στροφή τοῦ ἐπιπέδου πόλωσης τοῦ φωτός σ. 106.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΑ' Μαγνήται.

Γενικά σ. 108.—Πόλοι τῶν μαγνητῶν σ. 109.—Δυνάμεις μεταξὺ μαγνητικῶν πόλων σ. 110.—Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως σ. 110.

ΙΒ' Μαγνητικὸν πεδίων.

Ποσότης μαγνητισμοῦ σ. 111.—Νόμος τοῦ Coulomb σ. 112.—'Εντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου σ. 112.—Μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ σ. 113.—Σχέσις μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν καὶ ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου σ. 115.—Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου σ. 116.—Μαγνητικὴ ροὴ σ. 116.—Μονάδες ποσότητος μαγνητισμοῦ, ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου καὶ μαγνητικῆς ροῆς σ. 116.—Δυνάμεις ἐπὶ μαγνητικῆς βελόνης, τεθείσης ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου σ. 117.—Στοιχειώδεις μαγνητὰ σ. 117.—'Εξήγησις τῆς μαγνητισσεως σ. 118.—Τρόποι μαγνητισσεως σ. 119.—Χρῆσις τῶν μονίμων μαγνητῶν σ. 120.

ΙΓ' Γήϊνον μαγνητικὸν πεδίων.

Στοιχεῖα τοῦ γήϊνου μαγνητικοῦ πεδίου σ. 120.—'Εντασις τοῦ γήϊνου μαγνητικοῦ πεδίου σ. 122.—Πυξὶς ἐγκλίσεως σ. 122.—Ναυτικὴ πυξὶς σ. 122.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ**ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ****ΙΔ' Εἰσαγωγή.**

Πρώται παρατηρήσεις σ. 124.—'Ηλεκτρικὸν φορτίον σ. 125.—Εἶδη ἡλεκτρικῶν φορτίων σ. 125.—Νόμος τοῦ Coulomb σ. 126.—Συστήματα μονάδων, χρησιμοποιούμενα εἰς τὸν 'Ηλεκτρισμὸν σ. 126.—'Εξήγησις τῆς ἐμφανίσεως δύο εἰδῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων σ. 127.—Κακοὶ καὶ καλοὶ ἄγωγοὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ σ. 128.—'Ηλεκτροσκόπιον σ. 128.

ΙΕ' 'Ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὰ κινούμενα ἡλεκτρικὰ φορτία ὡς αἴτιον τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 130.—'Ηλεκτρικαὶ πηγαὶ σ. 131.—'Αποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 132.—'Εντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 135.—Μονάδες ἐντάσεως ρεύματος σ. 135.—Δισφορὰ δυναμικοῦ ἢ ἡλεκτρικῆς τάσεως σ. 136.—Μονάδες τάσεως σ. 137.—Νόμος τοῦ Ohm—'Αντίστασις σ. 137.—Μονάδες ἀντιστάσεως σ. 139.—Εἰδικὴ ἀντίστασις σ. 139.—Μονάδες εἰδικῆς ἀντιστάσεως σ. 140.—Τύποι ἀντιστάσεων σ. 141.—'Ενέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος—Νόμος τοῦ Joule σ. 142.—'Ισχύς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 143.—Μονάδες ἰσχύος σ. 143.—Μονάδες ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας σ. 144.—'Εφαρμογαὶ τῆς θερμότητος Joule σ. 144.—'Ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις σ. 146.—'Εσωτερικὴ ἀντίστασις ἡλεκτρικῆς πηγῆς σ. 146.—Συνδεσμολογία ἡλεκτρικῶν πηγῶν σ. 147.—Κανόνες τοῦ Kirchhoff σ. 148.—Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων σ. 151.—'Ηλεκτρικὸν κύκλωμα—Βραχυκύκλωμα—'Ασφάλεια σ. 153.—Διακόπται σ. 156.—Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας σ. 157.—Θερμόμετρα ἀντιστάσεως σ. 159.—'Αγωγοὶ σταθερᾶς ἀντιστάσεως σ. 159.—'Υπεραγωγιμότης σ. 159.—Κύτταρον σεληνίου σ. 159.

ΙΣ' 'Ηλεκτρικὸν πεδίων.

'Εντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου σ. 164.—'Ηλεκτρικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ σ. 165.—Δυναμικὸν σ. 166.—Σχέσις τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου σ. 167.—'Ηλεκτρικὸν πεδίων μεταξὺ δύο ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων μεταλλίνων πλακῶν σ. 167.—'Ηλεκτρικὸν πεδίων περὶ φορτισμένην σφαῖραν σ. 168.—'Ηλέκτρισις ἐξ ἐπιδράσεως σ. 168.—Φόρτισις ἡλεκτροσκοπίου ἐξ ἐπιδράσεως σ. 170.—Κατανομή τῶν φορτίων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἀγωγῶν σ. 170.—'Ηλεκτρικὴ θωράκισις σ. 171.—Χωρητικότητα—Πυκνωτὰ σ. 171.—Χωρητικότητα ἐνὸς ἀγωγοῦ σ. 173.—Πυκνω-

τῆς μὲ ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους ὀπλισμούς σ. 173.—Χωρητικότης σφαιρικοῦ πυκνωτοῦ σ. 173.—Συνδεσμολογία πυκνωτῶν σ. 174.—Διηλεκτρικὴ σταθερὰ σ. 175.—Τύποι πυκνωτῶν σ. 176.—'Ενέργεια φορτισμένου πυκνωτοῦ σ. 177 —'Ηλεκτροστατικά καὶ γεννήτριαι σ. 178.

ΙΖ' Μαγνητικὸν πεδίων καὶ δυνάμεις, προσερχόμεναι ἐκ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Πείραμα τοῦ Oersted σ. 181.—Νόμος τῶν Biot - Savart σ. 182.—'Ηλεκτρομαγνητικαὶ μονάδες ἐντάσεως ρεύματος καὶ ἡλεκτρικοῦ φορτίου σ. 183.—Μαγνητικὸν πεδίων περὶ εὐθύγραμμον ρευματοφόρον ἄγωγόν σ. 183.—Μαγνητικὸν πεδίων κυλινδρικοῦ ἄγωγου σ. 184.—Σωληνοειδὲς σ. 184.—Μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ· Μαγνητικὴ διαπερατότης σ. 186.—'Ηλεκτρομαγνηταὶ σ. 186.—'Ηλεκτρικὸς κώδων σ. 187.—'Επίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος· Νόμος τοῦ Laplace σ. 187.—Δυνάμεις μεταξὺ παραλλήλων ρευμάτων σ. 188.—'Επίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ κινουμένου ἡλεκτρικοῦ φορτίου σ. 189.

ΙΗ' 'Επαγωγὴ.

'Ηλεκτρογενετική δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς σ. 190.—Νόμος τῆς ἐπαγωγῆς σ. 192.—'Επαγωγικὸν ρεῦμα σ. 192.—Κανὼν τοῦ Lenz σ. 193.—Ρεύματα Foucault σ. 193.—Αὐτεπαγωγὴ σ. 194.—'Ενέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου σ. 196.—'Επαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff σ. 196.—Σύστημα ἀναφλέξεως κινητῶν αὐτοκινήτων σ. 198.

ΙΘ' 'Εναλλασσόμενα ρεύματα.

'Εναλλασσόμενη τάσις· 'Εναλλασσόμενον ρεῦμα σ. 199.—Παραγωγὴ ἐναλλασσομένης τάσεως σ. 201.—'Εναλλασσόμενον ρεῦμα σ. 202.—'Ενεργὸς ἑντάσις· ἐνεργὸς τάσις σ. 203.—Διαφορὰ φάσεως σ. 203.—'Ισχύς τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος σ. 205.—Μετασχηματισταὶ σ. 205.—Τριφασικά ρεύματα σ. 207.

Κ' Μέτρησις ἐντάσεως ρεύματος, τάσεως καὶ ἀντιστάσεως.

'Αμπερόμετρα σ. 211.—Βολτόμετρα σ. 212.—'Όργανα μετὰ κινητοῦ πλαισίου σ. 213.—Γαλβανόμετρα σ. 214.—'Όργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου σ. 214.—'Αμπερόμετρον μετὰ στρεφόμενου μαγνήτου σ. 214.—Μέτρησις ἀντιστάσεων σ. 215.

ΚΑ' 'Ηλεκτρικαὶ μηχαναί.

Γενικά περὶ ἡλεκτρικῶν γεννητριῶν καὶ ἡλεκτρικῶν κινητῶν σ. 217.—Γεννήτριαι καὶ κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος σ. 218.—Γεννήτριαι ἐναλλασσομένου ρεύματος σ. 219.—Κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος σ. 220.—Γενικαὶ παρατηρήσεις ἐπὶ τῶν ἡλεκτρικῶν γεννητριῶν καὶ κινητῶν σ. 221.

ΚΒ' Παραγωγὴ καὶ μεταφορὰ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας.

'Εργοστάσια ἡλεκτροπαραγωγῆς καὶ ἡλεκτρικὰ δίκτυα σ. 222.—Μειονεκτήματα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος σ. 224.—'Ηλεκτρικὴ ἐγκατάστασις οἰκιῶν σ. 224.—'Υπολογισμὸς τῆς δαπάνης διὰ καταναλισχομένην ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν σ. 226.—Πτώσις τάσεως σ. 227.—Κίνδυνοι ἐκ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 228.

ΚΓ' 'Αγωγιμότης στερεῶν.

'Ελεύθερα ἡλεκτρόνια καὶ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα ἐντὸς τῶν μετάλλων σ. 232.—'Ημιαγωγοὶ σ. 233.—Θερμοηλεκτρικὸν φαινόμενον σ. 234.—Πιεζοηλεκτρικὸν φαινόμενον σ. 235.

ΚΔ' Ἀγωγιμότης ὑγρῶν.

Ἡλεκτρολύται σ. 236.—Ἡλεκτρόλυσις σ. 237.—Νόμος τοῦ Faraday σ. 238.—Χημικαὶ δράσεις κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν σ. 240.—Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως σ. 241.—Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν σ. 242.—Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα σ. 242.—Συσσωρενταὶ σ. 244.

ΚΕ' Ἀγωγιμότης ἀερίων.

Γενικά ἐπὶ τῆς ἀγωγιμότητος τῶν ἀερίων σ. 248.—Ἴονισμός σ. 248.—Μὴ αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης σ. 249.—Αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης σ. 249.—Μορφαὶ αὐτοτελῶν ἐκκενώσεων σ. 250.—Ἐκκένωσις αἰγλῆς. Καθοδικαὶ ἀκτίνες - Διαυλικά ἀκτίνες σ. 251.—Ἐφαρμογαὶ τῆς ἐκκενώσεως αἰγλῆς σ. 253.—Ἐκκένωσις τόξου σ. 254.—Ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας σ. 255.—Τὸ γήϊνον ἠλεκτρικὸν πεδίον σ. 255.—Ἀλεξικέραυνα σ. 256.

ΚΤ' Ἀγωγιμότης ἐν τῷ κενῷ.

Γενικά περὶ τῆς ἀγωγιμότητος ἐν τῷ κενῷ σ. 256.—Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον σ. 257.—Φωτοκύτταρα σ. 257.—Θερμικὴ ἐκπομπὴ ἠλεκτρονίων - Δίοδος ἠλεκτρονικῆς λυχνίας σ. 259.—Σχέσις ἀνοδικοῦ ρεύματος καὶ ἀνοδικῆς τάσεως σ. 260.—Ἀνόρθωσις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος σ. 261.—Τρίοδος ἠλεκτρονικῆς λυχνίας σ. 262.—Σωλήν Braun σ. 264.—Ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον σ. 264.

ΚΖ' Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις - Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

Ἐλευθέρα ταλάντωσις κυκλώματος Thomson σ. 267.—Ἐξηναγκασμένη ταλάντωσις τοῦ κυκλώματος Thomson σ. 269.—Παραγωγὴ ἀμειώτων ἠλεκτρικῶν ταλαντώσεων σ. 270.—Παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον σ. 271.—Πεδία, σχηματιζόμενα περὶ παλλόμενον δίπολον σ. 271.—Ἰδιότητες τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων σ. 274.—Σχέσις μεταξὺ τῶν διαφορῶν εἰδῶν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων σ. 275.

ΚΗ' Τηλεπικοινωνία.

Τηλέγραφος σ. 276.—Μικρόφωνον σ. 277.—Ἀκουστικὸν σ. 278.—Τηλέφωνον σ. 279.—Μεγάφωνον σ. 279.—Ἐνισχυταὶ σ. 280.—Ξηροὶ ἀνορθῶται σ. 280.—Φωτοστοιχεῖα σ. 281.—Κρυσταλλοτρίοδοι σ. 282.—Ἀναπαραγωγὸς ἤχων σ. 283.—Μαγνητόφωνον σ. 284.—Γενικαὶ ἀρχαὶ τῆς ἀσυρματοῦ τηλεπικοινωνίας σ. 284.—Πομπὸς σ. 285.—Δέκτης μὲ κρυσταλλικὸν φωρατὴν σ. 286.—Ραδιοεντοπιστής (Radar) σ. 288.—Τηλεόρασις σ. 288.—Τηλεφωτογραφία σ. 291.—Διόδους τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων σ. 291.—Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, χρησιμοποιούμενα εἰς τὴν τηλεπικοινωνίαν σ. 292.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ**ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ****Ι. ΑΤΟΜΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ****ΚΘ' Φωτόνια καὶ ἄτομα.**

Θεωρία τῶν κβάντων σ. 293.—Ἐξήγησις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου σ. 294.—Διττὴ ὑπόθεσις τῆς ἀκτινοβολίας σ. 294.—Ἄτομα καὶ δομὴ αὐτῶν σ. 295.—Τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου - Θεωρία τοῦ Bohr σ. 296.—Διέγερσις καὶ ἀκτινοβολία τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου σ. 296.—Ἴονισμός τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου σ. 298.—Ἄτομα μὲ πολλὰ ἠλεκτρόνια σ. 298.—Διέγερσις ατόμου μὲ πολλὰ ἠλεκτρόνια σ. 299.—Μάζα

τῶν ἀτόμων καὶ ἀτομικὸν βάρος σ. 299.—Περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων σ. 299.—
Μόρια - Μοριακὸν βάρος σ. 301.—Ίονισμὸς τῶν μορίων σ. 302.

Δ' Ἀκτῖνες Roentgen.

Φύσις τῶν ἀκτίνων Roentgen σ. 303.—Σωλῆνες ἀκτίνων Roentgen σ. 304.—
Ἰδιότητες τῶν ἀκτίνων Roentgen σ. 306.—Ἀπορρόφησις τῶν ἀκτίνων Roentgen σ.
306.—Βιολογικὴ δράσις τῶν ἀκτίνων Roentgen σ. 308.

II. ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΔΑ' Δομὴ τοῦ πυρῆνος.

Πρωτόνια καὶ νετρονία σ. 309.—Δομὴ τοῦ πυρῆνος σ. 309.—Μαζικὸς ἀριθμὸς.
Ὑπολογισμὸς τοῦ ἀριθμοῦ τῶν νετρονίων σ. 310.—Ἰσότοπα σ. 311.—Βαρὺ ὕδωρ
σ. 312.

ΔΒ' Ἀσταθεῖς πυρῆνες.

Ραδιενέργεια σ. 312.—Φύσις τῶν σωματίων α καὶ β σ. 313.—Ἀκτῖνες γ σ. 313.—
Μεταβολαὶ τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων κατὰ τὴν ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματίου α ἢ β
σ. 314.—Αἱ τρεῖς ραδιενεργοὶ οἰκογένειαι σ. 314.—Μέθοδοι παρατηρήσεως σωματίων
σ. 315.—Νόμος τῶν ραδιενεργῶν μετατροπῶν σ. 317.—Βιολογικὴ δράσις τῆς ἀκτινο-
βολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων σ. 318.

ΔΓ' Τεχνητὴ διάσπασις τῶν πυρήνων.

Πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις σ. 318.—Διατάξεις ἐπιταχύνσεως βλημάτων σ. 319.—Τε-
χνητὴ ραδιενέργεια σ. 320.—Ποζιτρονίον σ. 321.—Δίδυμος γένεσις σ. 322.—Σχάσις
τῶν πυρήνων σ. 322.—Ἀλυσιδωταὶ ἀντιδράσεις σ. 322.—Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ σ.
324.—Ἀτομικὴ βόμβα σ. 325.—Σύντηξις σ. 325.—Προέλευσις τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας
καὶ τῆς ἐνεργείας τῶν ἀστέρων σ. 326.—Κοσμικὴ ἀκτινοβολία σ. 326.—Ἀγωγιμότης
τῆς ἀτμοσφαίρας σ. 327.—Πολικὸν σέλας σ. 328.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΟΠΤΙΚΗ

Ι. ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

§ 1. Εισαγωγή. Τὸ αἶτιον, τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸν ὀφθαλμὸν καὶ προκαλεῖ τὸ ἀντίστοιχον αἰσθημα, καλοῦμεν **φῶς**, τὸ μέρος δὲ τῆς Φυσικῆς, τὸ ὁποῖον ἐξετάζει τὰς ιδιότητας τοῦ φωτὸς καὶ τὰ φαινόμενα, τὰ ὀφειλόμενα εἰς αὐτό, καλεῖται **Ὀπτική**. Τὸ φῶς δύναται νὰ ὀρισθῇ καὶ ὡς μία μορφή ἐνεργείας (*ἀκτινοβολουμένη ἐνέργεια*), ἡ ὁποία, ὑπὸ ὠρίσμενας συνθήκας, γίνεται ἀντιληπτὴ διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ.

Ὅπως ἀποδεικνύεται πειραματικῶς, τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ μορφήν κυμάτων - τῶν καλουμένων *ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων* (*). Ὡς ἐκ τούτου, εἰς τὸ φῶς θὰ παρουσιάζωνται ὅλα τὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζονται εἰς τὰ κύματα - δηλ., ἀνάκλασις, διάθλασις, συμβολὴ κ.λ.

Μολοντί τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων καὶ εἶναι δυνατὴ, δι' αὐτῶν, ἡ ἐξηγήσις ὅλων τῶν ὀπτικῶν φαινομένων, ἐν τούτοις ὠρισμένα ἐξ αὐτῶν δύνανται νὰ ἐξηγηθοῦν, ἀπλούστερον, χωρὶς νὰ λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν ἡ κυματικὴ φύσις τοῦ φωτός. Ἡ Ὀπτική, ὡς ἐκ τούτου, διαιρεῖται εἰς δύο μέρη, τὴν *Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν*, ἡ ὁποία, ἀρκουμένη, ἀπλῶς, εἰς τὴν ἔννοιαν τῶν *φωτεινῶν ἀκτίνων*, ἐξετάζει τοὺς νόμους διαδόσεως τοῦ φωτός (εὐθύγραμμος διάδοσις, ἀνάκλασις, διάθλασις) καὶ τὴν *Κυματικὴν Ὀπτικὴν*, ἡ ὁποία, λαμβάνουσα ὑπ' ὄψιν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων, ἐρευνᾷ ὅλα τὰ ὀπτικὰ φαινόμενα ὡς κυματικὰ φαινόμενα.

§ 2. Αὐτόφωτα καὶ ἑτερόφωτα σώματα. Τὸ φῶς ἐκπέμπεται ὑπὸ σωμάτων, τὰ ὁποῖα καλοῦμεν *φωτεινὰς πηγὰς*. Τὰ σώματα ταῦτα δύνανται νὰ εἶναι εἴτε *αὐτόφωτα*—ὅπως, π.χ., ὁ ἥλιος, οἱ λαμπτήρες φωτισμοῦ κ.λ.—εἴτε *ἑτερόφωτα*, ὅπως ἡ Σελήνη, φωτιζόμενον φύλλον λευκοῦ χαρτοῦ κ.λ. Τὰ ἑτερόφωτα σώματα ἐκπέμπουν φῶς, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν ὑπὸ ἄλλης φωτεινῆς πηγῆς.

Ἐν γένει, διὰ νὰ ἴδωμεν ἐν ἀντικείμενον (εἴτε αὐτόφωτον, εἴτε ἑτερόφωτον), πρέπει φῶς, ἐκπεμπόμενον ἐξ αὐτοῦ, νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τῶν ὀφθαλμῶν μας.

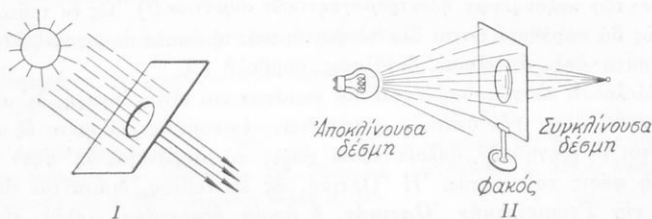
(*) Βλ. Κεφάλαιον ΚΖ'.

§ 3. Διαφανῇ, ἀδιαφανῇ καὶ ἡμιδιαφανῇ σώματα. Τὰ διάφορα σώματα τὰ διακρίνομεν εἰς **ἀδιαφανῇ**, ὅταν δὲν ἐπιτρέπουν δι' αὐτῶν τὴν δίοδον τοῦ φωτός — ὅπως, π.χ., τεμάχιον ξύλου, μετάλλου κ.λ. — εἰς **διαφανῇ**, ὅταν ἐπιτρέπουν δι' αὐτῶν τὴν δίοδον τοῦ φωτός — ὅπως, π.χ., ὁ ἀήρ, ἡ ὕαλος, τὸ ὕδωρ — καὶ εἰς **ἡμιδιαφανῇ**, ὅταν ἀφίνουν, ἐν μέρει, νὰ διέρχεται δι' αὐτῶν τὸ φῶς, ἀλλὰ δὲν ἐπιτρέπουν νὰ ἴδωμεν ἀντικείμενα, εὐρισκόμενα ὀπισθεν αὐτῶν, ὅπως, π.χ., γαλακτόχρους ὕαλος, χάρτης ἐμποτισμένος δι' ἐλαίου κ.λ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

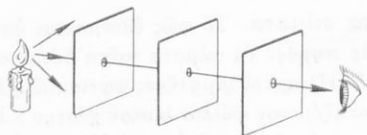
§ 4. Νόμος τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἐκ τῆς παρατηρήσεως πλείστων ἀπλῶν φαινομένων συνάγεται ὅτι, ἐντὸς *ὁμογενῶν μέσων* (*), τὸ φῶς διαδίδεται *εὐθύγραμμως*, δηλ., ὑπὸ μορφήν εὐθυγράμμων *ἀκτίνων*, αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Σύνολον ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἐκ τῆς αὐτῆς πηγῆς, ἀποτελοῦν **φωτεινὴν δέσμην**,



Σχ. 1. Παράλληλος δέσμη (I), ἀποκλίνουσα καὶ συγκλίνουσα (II).

ἡ ὁποία δύναται νὰ εἶναι **παράλληλος** (σχ. 1, I), **ἀποκλίνουσα** ἢ **συγκλίνουσα** (II).

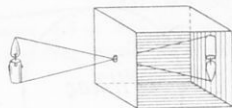
Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ δείξωμεν τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός διὰ τοῦ ἑξῆς ἀπλοῦ πειράματος: Εἰς τρία φύλλα χάρτου ἀνοίγομεν ἀπὸ μίαν ὀπὴν καὶ τοποθετοῦμεν αὐτά, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 2. Ἐὰν πρὸ τοῦ ἑνὸς φύλλου θέσωμεν τὴν φλόγα ἑνὸς κηρίου καὶ ὀπισθεν τοῦ τελευταίου τὸν ὀφθαλμόν μας, τότε μόνον θὰ ἴδωμεν τὸ φῶς, ὅταν αἱ τρεῖς ὀπαὶ εὐρίσκωνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας.



Σχ. 2.

(*) Ὁμογενὲς καλεῖται τὸ μέσον ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον ἔχει εἰς ὅλα τὰ σημεῖα του τὰς αὐτὰς ιδιότητας (π.χ., τὴν αὐτὴν πυκνότητα κ.λ.).

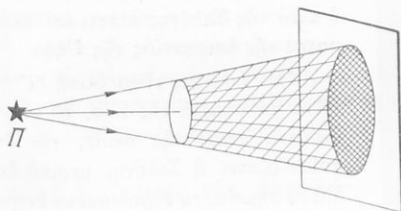
Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τοῦ **σκοτεινοῦ θαλάμου** (σχ. 3). Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ σκοτεινοῦ κιβωτίου, τὸ ὁποῖον εἰς τὴν μίαν ἑδραν φέρει μικρὰν ὀπὴν, ἐνῶ ἡ ἀπέναντι τῆς ὀπῆς ἑδρα ἔχει ἀντικατασταθῆ δι' ἡμιδιαφανοῦς γαλακτοχόρου ὕαλου. Ἐὰν πρὸ τῆς ὀπῆς θέσωμεν ἓν ἀνημμένον κηρίον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐπὶ τῆς ἀπέναντι ἑδρας σχηματίζεται ἀνεστραμμένη ἢ εἰκὼν τοῦ κηρίου (**εἶδωλον**). Ἡ ἀναστροφή αὕτη, ἀκριβῶς, εἶναι ἐπακόλουθον τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.



Σχ. 3. Σκοτεινὸς θάλαμος.

Τὸ αὐτὸ πείραμα δυνάμεθα νὰ ἐπαναλάβωμεν, κατ' ἀπλούστερον τρόπον, ὡς ἑξῆς: Ἐντὸς σκοτεινῆς αἰθούσης ἀνάπτομεν ἓν κηρίον καὶ παρεμβάλλομεν μεταξὺ αὐτοῦ καὶ τοῦ τοίχου φύλλον χάρτου, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν ἀνοίξει μικρὰν ὀπὴν. Παρατηροῦμεν ὅτι ἐπὶ τοῦ τοίχου σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ κηρίου ἀνεστραμμένον.

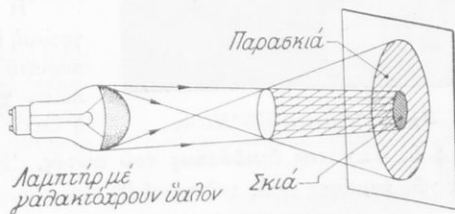
Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἐξηγεῖται καὶ τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον αἱ ἡλιακαὶ ἀκτῖνες, διερχόμεναι διὰ πυκνοῦ φυλλώματος δένδρων, σχηματίζουν ἐπὶ τοῦ ἐδάφους πάντοτε κυκλικὴν κηλίδα, ἡ ὁποία εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ Ἡλίου.



Σχ. 4. Σχηματισμὸς σκιᾶς.

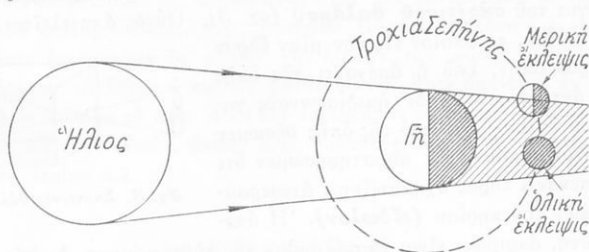
δηλ., ὁ ὁποῖος δὲν φωτίζεται ὑπὸ τῆς πηγῆς — καὶ **παρασκιᾶ**, χῶρος, δηλ., ὁ ὁποῖος φωτίζεται ὑπὸ μέρους, μόνον, τῆς φωτεινῆς πηγῆς (σχ. 5).

Ἀποτέλεσμα τῆς σκιᾶς εἶναι καὶ τὸ φαινόμενον τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἡλίου καὶ τῆς Σελήνης: Ὅταν ἡ Σελήνη εἰσέλθῃ ἐντὸς τοῦ κόωνου, τὸν ὁποῖον σχηματίζει ἡ σκιὰ τῆς Γῆς, δημιουργεῖται ἐκλείψις τῆς Σελήνης, ἡ ὁποία δύναται νὰ εἶναι ὀλική ἢ μερική,



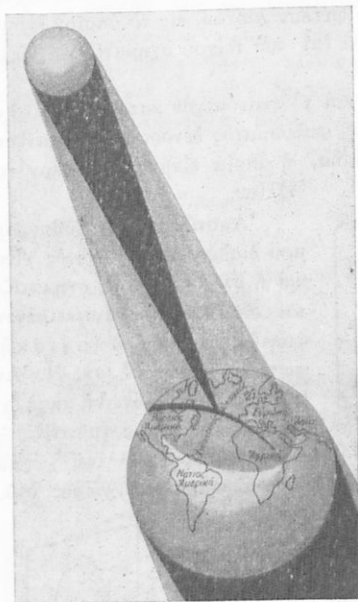
Σχ. 5. Ὅταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ μεγάλας διαστάσεις, ἐκτὸς τῆς σκιᾶς, σχηματίζεται καὶ παρασκιᾶ.

ἀναλόγως τοῦ ἐὰν καλύπτεται ὑπὸ τῆς σκιᾶς τῆς Γῆς ὁλόκληρος ὁ δίσκος τῆς



Σχ. 6. Μερικὴ καὶ ὀλικὴ ἔκλειψις τῆς Σελήνης.

Σελήνης ἢ μέρος μόνον αὐτοῦ (σχ. 6). Ἡ εἴσοδος τῆς Σελήνης ἐντὸς τοῦ χώρου τῆς παρασκιάς δὲν γίνεται εὐκόλως ἀντιληπτή, διότι ἡ ἐπερχομένη ἐξασθένεισις τοῦ φωτός εἶναι ἀνεπαίσθητος.



Σχ. 7. Ἐκλειψις τοῦ Ἡλίου.

Ἐκλειψις τοῦ Ἡλίου συμβαίνει, ὅταν ἡ Σελήνη παρεμβληθῇ μεταξὺ Ἡλίου καὶ Γῆς (σχ. 7), ὁπότε ἡ σκιά τῆς Σελήνης πίπτει ἐπὶ τμήματος τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς.

Ἡ ἔκλειψις εἶναι ὀλικὴ δι' ἐκείνα τὰ σημεῖα τῆς Γῆς, τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς τῆς σκιᾶς, τὴν ὁποίαν ρίπτει ἡ Σελήνη, μερικὴ δὲ διὰ τὰ σημεῖα, τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς τῆς παρασκιάς καὶ ἐκ τῶν ὁποίων, συνεπῶς, μέρος μόνον τοῦ ἡλιακοῦ δίσκου εἶναι ὁρατόν.

Ἡ εἰς τὸ σχῆμα 7 σκοτεινὴ γραμμὴ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς παριστᾷ τοὺς τόπους, ἐκ τῶν ὁποίων γίνεται ὁρατὴ, διαδοχικῶς, ἡ ὀλικὴ ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου.

§ 5. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν φωτεινῶν κυμάτων ἐντὸς τοῦ κενοῦ (*) εἶναι ἴση πρὸς

$$c = 300\,000 \text{ km/sec} \quad \text{ἢ} \quad c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec},$$

προσδιορίζεται δὲ διὰ διαφόρων μεθόδων, μερικὰς τῶν ὁποίων θὰ γνωρίσωμεν εἰς ἄλλην παράγραφον.

(*) Ὅπως θὰ ἴδωμεν κατωτέρω ἡ ταχύτης τοῦ φωτός ἐντὸς διαφόρων ὀπτικῶν μέσων (ὑαλός, ὕδωρ κ.λ.) εὐρίσκεται διάφορος τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός ἐν τῷ κενῷ.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Εἰς ἀπόστασιν 50 cm ἀπὸ τῆς ὁπῆς σκοτεινοῦ θαλάμου, ἔχοντος σχῆμα κύβου, μὲ πλευρὰν 20 cm , τίθεται κηρίον. Ἐὰν τὸ ὕψος τῆς φλογὸς εἶναι 2 cm , ποῖον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου αὐτῆς;
(ΑΠ: $0,8\text{ cm}$)

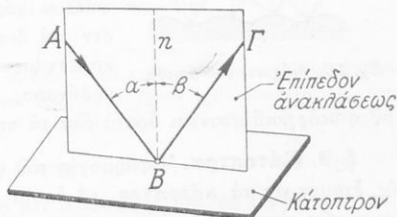
2) Ἄνθρωπος, ὕψους $1,8\text{ m}$, ἵσταται εἰς ἀπόστασιν $4,5\text{ m}$ ἀπὸ φανοστάτην, ὕψους $3,6\text{ m}$, εἰς τὴν κορυφὴν τοῦ ὁποίου εἶναι τοποθετημένος φανός. Νὰ εὐρεθῇ τὸ μῆκος τῆς σκιάς τοῦ ἀνθρώπου ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.
(ΑΠ: $4,5\text{ m}$)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 6. Γενικά. Ὄταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς AB (σχ. 8) προσπέσῃ ἐπὶ εὐθείας ἐπιπέδου ἐπιφανείας, ὑφίσταται ἀλλαγὴν τῆς διευθύνσεώς της καὶ διαδίδεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν $B\Gamma$.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάκλασις**, ἡ δὲ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια **κάτοπτρον**. Ἡ γωνία α , τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς AB μετὰ τῆς καθέτου n ἐπὶ τὸ κάτοπτρον, καλεῖται **γωνία προσπίπτσεως**, ἡ γωνία β , ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος $B\Gamma$ καὶ τῆς καθέτου, καλεῖται **γωνία ἀνακλάσεως**, τὸ δὲ ἐπίπεδον $AB\Gamma$, τὸ ὁποῖον περιέχει καὶ τὴν κάθετον n , καλεῖται **ἐπίπεδον ἀνακλάσεως**.



Σχ. 8.

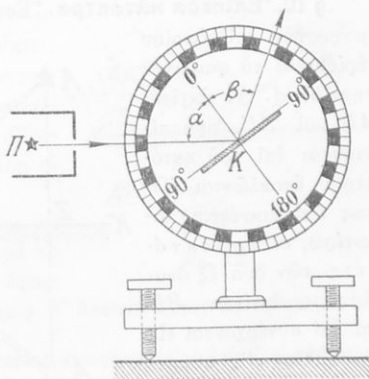
§ 7. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως. Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς δύο νόμους:

1) Τὸ ἐπίπεδον ἀνακλάσεως εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν.

2) Ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπίπτσεως.

Ἐκ τοῦ δευτέρου νόμου προκύπτει ὅτι, ὅταν ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς προσπίπτῃ καθέτως ($\alpha = 0^\circ$), ἀνακλᾶται καθέτως ($\beta = 0^\circ$).

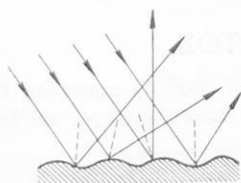
Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ δείξωμεν τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ σχήματος 9: Εἰς τὸ κέντρον γωνιομετρικοῦ κύκλου (κύκλου, δηλαδή, ὑποδιηρη-



Σχ. 9. Διάταξις διὰ τὴν ἐπίδειξιν τοῦ δευτέρου νόμου τῆς ἀνακλάσεως.

μένον εἰς μοίρας) στερεοῦται τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον K . Ἀκτὶς φωτός, προερχομένη ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Π , προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως α , ἀνακλῶμένη δέ, σχηματίζει τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως β . Περιστρέφοντες τὸν γωνιομετρικὸν κύκλον, μεταβάλλομεν τὴν γωνίαν προσπτώσεως καὶ διαπιστώνομεν ὅτι ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι, πάντοτε, ἴση πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

§ 8. Ἀνώμαλος ἀνάκλασις (διάχυσις). Ἐὰν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι τραχεῖα καὶ ἀνώμαλος, αἱ ἀνακλῶμεναι ἀκτῖνες ἔχουν τυχούσας διευθύνσεις, ἐν σχέσει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς προσπιπτούσης φωτεινῆς δέσμης (σχ. 10). Οὕτω, π.χ., τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπὶ κοινοῦ φύλλου χάρτου, ὑφίσταται ἀνώμαλον ἀνάκλασιν καὶ διαχέεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, καθιστάμενον, οὕτω, ὁρατὸν ἐξ οἴασδήποτε διευθύνσεως.

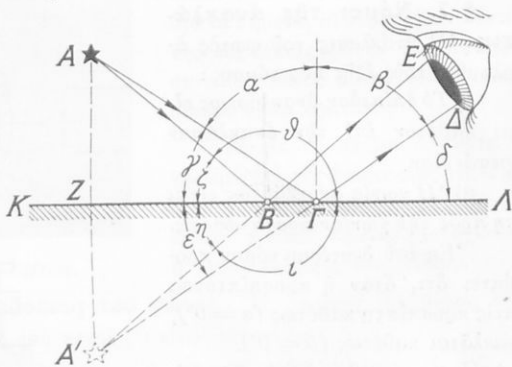


Σχ. 10. Διάχυσις τοῦ φωτός.

Ἐνεκα τῆς ἀνωμάλου ἀνακλάσεως τοῦ φωτός καθίστανται ὁρατὰ ὅλα τὰ περὶ ἡμᾶς ἑτερόφωτα σώματα.

§ 9. Κάτοπτρα. Ἐφαρμογὴν τοῦ φαινομένου τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός ἔχομεν εἰς τὰ **κάτοπτρα**, τὰ ὁποῖα εἶναι ἐπιφάνειαι λεῖται, ἀνακλῶσαι κανονικῶς τὸ φῶς. Ἀναλόγως τῆς μορφῆς τῆς ἀνακλώσης ἐπιφανείας, ἔχομεν **ἐπίπεδα κάτοπτρα**, **σφαιρικά κάτοπτρα** κ.λ. Τὰ συνήθη κάτοπτρα εἶναι ὑάλινα μὲ ἐπάργυρον τὴν ὀπισθίαν ἐπιφάνειαν, κατασκευάζονται, ὅμως, καὶ κάτοπτρα ἐξ ὀλοκλήρου μεταλλικά.

§ 10. Ἐπίπεδα κάτοπτρα. Ἐστω τὸ ἐπίπεδον κάτοπτρον KA (σχ. 11), ἔμπροσθεν τοῦ ὁποῖου εὐρίσκεται τὸ φωτεινὸν σημεῖον A . Αἱ ἀκτῖνες AB καὶ AG , προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ἀνακλῶνται. Ὅπως ἀποδεικνύεται κατωτέρω, αἱ προεκτάσεις τῶν δύο ἐξ ἀνακλάσεως ἀκτίνων BE καὶ GD συνέρχονται εἰς τὸ σημεῖον A' , συμμετρικὸν ὡς πρὸς τὸ σημεῖον A . Κατὰ ταῦτα, τὸ εἶδωλον A' τοῦ σημείου A κεῖται ἐπὶ τῆς καθέτου, τῆς ἀγομένης ἐκ τοῦ σημείου τούτου ἐπὶ



Σχ. 11. Τὸ σημεῖον A' εἶναι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου A .

τῆς καθέτου, τῆς ἀγομένης ἐκ τοῦ σημείου τούτου ἐπὶ

τὸ κατόπτρον καὶ εὐρίσκεται ὀπισθεν αὐτοῦ εἰς ἀπόστασιν, ἴσην πρὸς τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου. Τὸ εἶδωλον τοῦτο καλεῖται **φανταστικόν**, διότι σχηματίζεται ὅχι ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων, ἀλλ' ὑπὸ τῶν προεκτάσεων αὐτῶν.

Ἀπόδειξις. Θ' ἀποδείξωμεν ὅτι ἡ ἀπόστασις AZ εἶναι ἴση μὲ τὴν $A'Z$ καὶ ὅτι ἡ εὐθεῖα AA' εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν KA . Πρὸς τοῦτο, ἀρκεῖ νὰ δείξωμεν ὅτι τὰ δύο τρίγωνα AZB καὶ $A'ZB$ εἶναι ἴσα. Διότι, τότε, θὰ εἶναι

$$AZ = A'Z \quad \text{καὶ} \quad \widehat{AZB} = \widehat{A'ZB} = 90^\circ.$$

Ἐκ τοῦ νόμου τῆς ἀνακλάσεως προκύπτει ὅτι αἱ γωνίαι α καὶ β εἶναι ἴσαι. Ἄρα καὶ αἱ συμπληρωματικαὶ τῶν γωνίαι γ καὶ δ θὰ εἶναι ἴσαι. Ἐπίσης, ἴσαι μεταξὺ τῶν εἶναι καὶ αἱ κατὰ κορυφὴν γωνίαι δ καὶ ε . Ἐπομένως εἶναι καὶ

$$\gamma = \varepsilon.$$

Ὅμοιως ἀποδεικνύεται, ὅτι αἱ γωνίαι ζ καὶ η εἶναι ἴσαι· ἤτοι

$$\zeta = \eta \quad (1)$$

ὁπότε καὶ αἱ παραπληρωματικαὶ αὐτῶν γωνίαι θ καὶ ι θὰ εἶναι ἴσαι. Οὕτως ἀπεδείχθη ὅτι τὰ τρίγωνα $AB\Gamma$ καὶ $A'B'\Gamma$ εἶναι ἴσα, ἀφοῦ ἔχουν τρία στοιχεῖα ἴσα· ἤτοι τὴν πλευρὰν $B\Gamma$ κοινὴν καὶ τὰς γωνίας $\theta = \iota$ καὶ $\gamma = \varepsilon$. Ἐκ τῆς ἰσότητος ταύτης τῶν τριγώνων προκύπτει

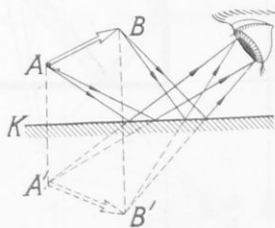
$$AB = A'B'. \quad (2)$$

Ἦδη, εἶναι σαφές ὅτι τὰ τρίγωνα AZB καὶ $A'ZB$ εἶναι ἴσα, ὡς ἔχοντα τρία στοιχεῖα ἴσα· ἤτοι τὴν πλευρὰν ZB κοινὴν, τὰς πλευρὰς AB καὶ $A'B$ ἴσας (κατὰ τὴν ἐξίσωσιν (2)) καὶ (κατὰ τὴν ἐξίσωσιν (1)) τὰς γωνίας ζ καὶ η ἴσας.

§ 11. Σχηματισμός ειδώλου δι' επιπέδου κατόπτρου. Ἐὰν ἔμ-

προσθεν ἐπιπέδου κατόπτρου K (σχ. 12) εὐρίσκεται ἓν ἀντικείμενον AB , ὀπισθεν αὐτοῦ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$. Τοῦτο προκύπτει, ἔὰν εὐρωμεν, συμφώνως πρὸς τὰ προηγουμένα, τὸ εἰς ἕκαστον σημεῖον τοῦ ἀντικειμένου AB ἀντιστοιχοῦν φανταστικὸν εἶδωλον, ὁπότε τὸ σύνολον αὐτῶν θὰ δίδῃ τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$.

Ὅπως προκύπτει ἐκ τοῦ σχήματος, τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι τὸ αὐτὸ μὲ τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου, ἀλλὰ δὲν ἐφαρμόζεται ἐπ' αὐτοῦ, ἡ δεξιὰ, δηλαδή, χεὶρ θ' ἀπεικονίζεται ὡς ἀριστερά.



Σχ. 12.

§ 12. Περίστροφὴ ἐπιπέδου κατόπτρου. Θεωρήσωμεν τὸ ἐπίπεδον κατόπτρον K (σχ. 13), ἐπὶ τοῦ ὁποῦ προσπίπτει ἡ ἀκτὶς AO ὑπὸ γωνίαν προσπίπτειας α . Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλάται κατὰ τὴν OB , σχηματίζουσα τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως β . Ἐάν, τώρα, στρέψωμεν τὸ κατόπτρον κατὰ τὴν γωνίαν φ περὶ ἄξονα, κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον ἀνακλάσεως καὶ διερχόμενον διὰ τοῦ σημείου O , καὶ φέρωμεν αὐτὸ εἰς τὴν θέσιν K' , ἡ κάθετος κ θὰ στραφῇ κατὰ τὴν αὐτὴν γωνίαν φ καὶ θὰ ἔλθῃ

εις την θέσιν κ' , όποτε ή νέα ανακλωμένη άκτις OB' θα σχηματίζει μετά της OB την γωνίαν θ . Όπως προκύπτει έκ του σχήματος 13, ή γωνία θ είναι ίση προς

$$\theta = \alpha' + \beta' - (\alpha + \beta).$$

Έπειδή, κατά τον νόμον της ανάκλασεως, είναι

$$\alpha = \beta \text{ και } \alpha' = \beta',$$

ή άνω σχέσις γράφεται ως εξής:

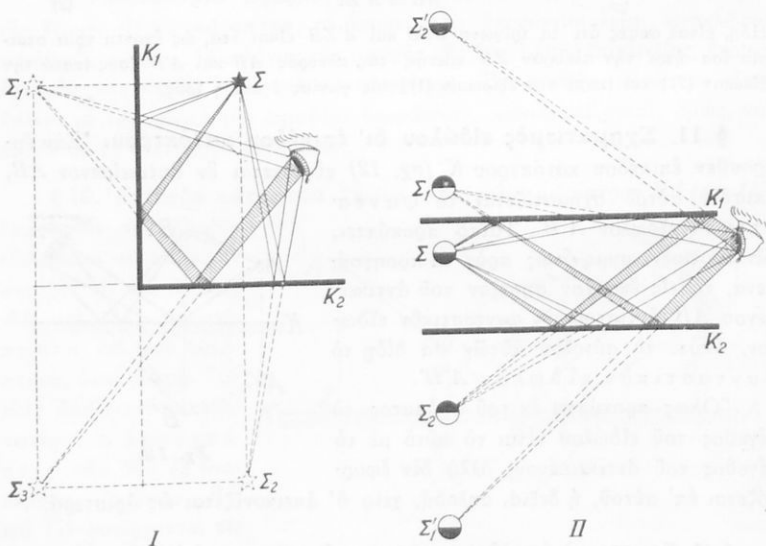
$$\theta = 2 \cdot (\alpha' - \alpha).$$

Όπως, όμως, προκύπτει έκ του σχήματος, ή διαφορά $\alpha' - \alpha$ είναι ίση προς την γωνίαν φ , κατά την οποίαν έστράφη το κάτοπτρον. Έπομένως, έχομεν

$$\theta = 2\varphi.$$

Παρατηρούμεν ότι όταν έν επίπεδον κάτοπτρον στραφη κατά τινα γωνίαν φ , ή ανακλωμένη άκτις στρέφεται κατά διπλάσιαν γωνίαν. Την ιδιότητα ταύτην του επιπέδου κατόπτρου χρησιμοποιούμεν κατά την μέτρησιν μικρών γωνιων.

★★★ § 13. Έπίπεδα κάτοπτρα, σχηματίζοντα γωνίαν. Όταν δύο κάτοπτρα σχηματίζουν γωνίαν, έπιτυγχάνονται πολλαπλά είδωλα των αντικειμένων,



Σχ. 14.

διότι αί άκτινες, ει αναχωρούσαι έκ τινος αντικειμένου, ύφίστανται πολλαπλās ανάκλασεις, πριν φθάσουν εις τόν όφθαλμόν του παρατηρητού. Ούτω, π.χ., αν τὰ κάτοπτρα K_1, K_2 (σχ. 14, I) σχηματίζουν γωνίαν 90° , σχηματίζονται τρία είδωλα: Τò εί-

δωλὸν Σ_1 τοῦ σημείου Σ , τὸ σχηματίζομενον ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_1 , τὸ εἶδωλον Σ_2 ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_2 καὶ τὸ εἶδωλον Σ_3 ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τῶν κατόπτρων K_1 καὶ K_2 . Ἐφ' ὅσον ἡ γωνία ἐλαττωταί, ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων αὐξάνεται. Οὕτω, διὰ γωνίαν 60° , σχηματίζονται πέντε εἶδωλα.

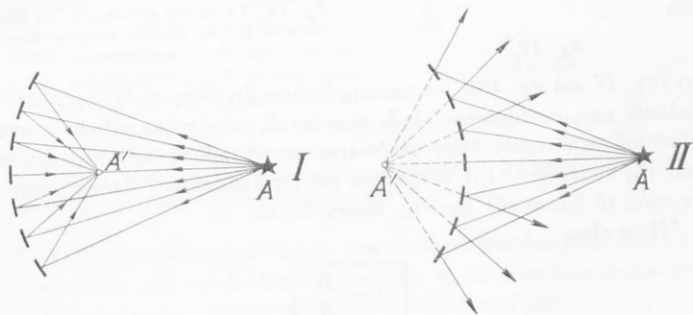
Παράλληλα κάτοπτρα. Ἐὰν τὰ κάτοπτρα εἶναι παράλληλα καὶ ἐν ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ αὐτῶν, σχηματίζονται ἄπειρα εἶδωλα ἐκατέρωθεν τῶν δύο κατόπτρων, διότι αἱ ἐκ τοῦ αντικειμένου ἀναχωροῦσαι ἀκτίνες ἀνακλῶνται πολλαπλῶς ἐπ' αὐτῶν. Εἰς τὸ σχῆμα 14, II ἡ σφαῖρα Σ , παρατηρουμένη, κατόπιν ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_1 , δίδει τὸ εἶδωλόν της Σ_1 . Ὀμοίως, τὸ εἶδωλον Σ_2 προκύπτει ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K_2 . Ἐκτὸς τῶν δύο αὐτῶν εἰδώλων Σ_1, Σ_2 ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει καὶ τὰ εἶδωλα Σ_1' καὶ Σ_2' , τὰ ὅποια εἶναι τὰ εἶδωλα τῶν εἰδώλων Σ_1 καὶ Σ_2 , ὡς πρὸς τὰ κάτοπτρα K_2 καὶ K_1 . Ἐπεκτείνοντες τὸν συλλογισμόν εἰς τὰ εἶδωλα Σ_1'', Σ_2'' (μὴ σχεδιασθέντα), τὰ ὅποια προέρχονται ἐξ ἀνακλάσεως τῶν εἰδώλων Σ_1', Σ_2' κ.ο.κ., εὐρίσκομεν ὅτι, πράγματι, ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδώλων θὰ εἶναι ἄπειρος.

§ 14. Ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός. Ἐστω ἀκτὶς AB , ἡ ὁποία, προσπίπτουσα ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀνακλάται κατὰ τὴν BF . Εἶναι προφανές ὅτι μία ἄλλη ἀκτὶς, προσπίπτουσα κατὰ τὴν διεύθυνσιν FB , θ' ἀνακλασθῇ κατὰ τὴν BA . Ἦτοι, καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις τὸ φῶς διατρέχει τὸν αὐτόν, ἀκριβῶς, δρόμον, ἀλλὰ κατ' ἀντιθέτους φορὰς.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρουσιάζεται εἰς ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς καὶ ἀποτελεῖ τὴν *ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός*: *Οἱ δρόμοι τοῦ φωτός εἶναι ἀντιστρέφτοι*. Ὅταν, δηλ., τὸ φῶς ἀκολουθῇ δρόμον τινά, διατρέχει τὸν αὐτόν, ἀκριβῶς, δρόμον, ἐὰν διαδοθῇ κατ' ἀντίθετον φορὰν.

§ 15. Σφαιρικὰ κάτοπτρα. **Σφαιρικὸν** καλεῖται τὸ κάτοπτρον ἐκεῖνο, τοῦ ὁποίου ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι τμήμα σφαίρας. Ἀναλόγως τοῦ ἐὰν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοίλη ἢ κυρτή, τὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα καλοῦνται *κοῖλα* ἢ *κυρτά*.

Τὰ σφαιρικὰ κάτοπτρα δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς ἀποτελούμενα ἐκ

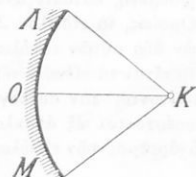


Σχ. 15.

μεγάλου ἀριθμοῦ πολὺ μικρῶν ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν, αἱ ὁποῖαι δροῦν ὡς μικρὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα (σχ. 15).

Ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω, εἰς τὰ κοίλα κάτοπτρα (*I*) ὅλαι αἱ ἀκτῖνες, αἱ προερχόμεναι ἔκ τινος φωτεινοῦ σημείου *A*, συγκεντρώνονται, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, εἰς ἓν σημεῖον καὶ σχηματίζουν τὸ πραγματικὸν εἶδωλον *A'* αὐτοῦ (*).

Εἰς τὰ κυρτὰ κάτοπτρα (*II*) αἱ ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, ἀποκλίνουν, αἱ προεκτάσεις, ὅμως, αὐτῶν συνέρχονται εἰς ἓν σημεῖον καὶ σχηματίζουν τὸ φανταστικὸν εἶδωλον *A'* τοῦ σημείου *A*.

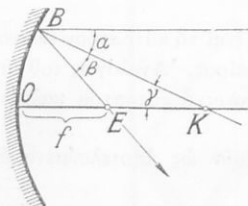


Σχ. 16.

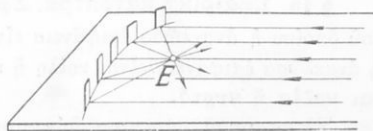
Κορυφήν τοῦ κατόπτρου καλοῦμεν ἓν σημεῖον *O* (σχ. 16), εὐρισκόμενον εἰς τὸ κέντρον τῆς ἐπιφανείας του, **κύριον ἄξονα** δὲ τὴν εὐθεῖαν *KO*, τὴν διερχομένην διὰ τοῦ κέντρου *K* τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποῖον ἀνήκει ἡ ἐπιφάνεια τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κορυφῆς *O* αὐτοῦ. Τὴν γωνίαν *AKM* καλοῦμεν **ἄνοιγμα** τοῦ κατόπτρου. Εἰς τὰ κατωτέρω θὰ θεωροῦ-

μεν τὸ ἄνοιγμα τῶν κατόπτρων πολὺ μικρὸν.

§ 16. Κοῖλα κάτοπτρα. Κυρία ἐστία, ἐστιακὴ ἀπόστασις. Θεωρήσωμεν κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον (σχ. 17), τοῦ ὁποῖου *K* εἶναι τὸ κέντρον (**κέντρον καμπυλότητος**), $KB = R$ ἡ **ἀκτίς καμπυλότητος** καὶ *KO* ὁ κύριος ἄξων αὐτοῦ. Ἐάν, παρὰ λήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ρίψωμεν μίαν παράλληλον φωτεινὴν δέ-



Σχ. 17.



Σχ. 18. Τὸ κοῖλον κάτοπτρον ἔχει ἀντικατασταθῇ ὑπὸ πολλῶν μικρῶν ἐπιπέδων κατόπτρων.

σμεν (σχ. 17 καὶ σχ. 18), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὅλαι αἱ ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, συνέρχονται εἰς ἓν σημεῖον *E*, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν **κυρίαν ἐστίαν** τοῦ κατόπτρου. Αὕτη εὐρίσκεται μετὰ τὸν κέντρον καμπυλότητος *K* καὶ τῆς κορυφῆς *O* τοῦ κατόπτρου καὶ εἰς ἀπόστασιν *f* ἀπὸ τῆς κορυφῆς, ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτὸς καμπυλότητος *R*.

*Ἡτοι εἶναι

$$f = \frac{R}{2}$$

Τὴν ἀπόστασιν ταύτην *f* καλοῦμεν **ἐστιακὴν ἀπόστασιν** τοῦ κατόπτρου.

(*) Δι' ὠρισμένας θέσεις τοῦ σημείου *A* τὸ εἶδωλον αὐτοῦ δύναται νὰ εἶναι καὶ φανταστικὸν (βλ. κατωτέρω).

Ἄρα, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἥμιον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ.

Τ' ἀνωτέρω δυνάμεθα νὰ εὗρωμεν καὶ ὡς ἐξῆς: Θεωρήσωμεν τὴν ἀκτῖνα AB , προσπίπτουσαν παρὰ λ ἢ λ ὡς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 17). Ἡ ἀκτίς αὕτη ἀνακλάται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ BE εἶναι ἡ ἀνακλωμένη. Ἡ ἀκτίς KB εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ κατόπτρον (ὡς ἀκτίς τῆς σφαίρας), ἄρα, κατὰ τὸν νόμον τῆς ἀνακλάσεως, ἡ γωνία α εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν β . Ἀφ' ἐτέρου, εἶναι $\alpha = \gamma$ (ὡς ἐντὸς ἐναλλάξ), ὁπότε εἶναι καὶ $\beta = \gamma$. Ὡς ἐκ τούτου, τὸ τρίγωνον EKB εἶναι ἰσοσκελές, ὁπότε ἔχομεν

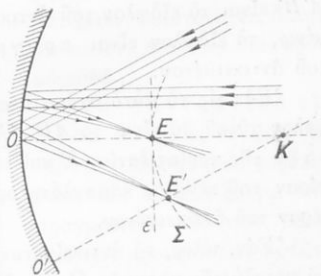
$$EB = EK.$$

Ἀλλ' ἐπειδὴ τὸ κατόπτρον ἔχει μικρὸν ἄνοιγμα, εἶναι, κατὰ προσέγγισιν,

$$EB = EO \quad \text{ἄρα καὶ} \quad EK = EO. \quad \text{ὁ.ἔ.δ.}$$

Ἐπειδὴ τ' ἀνωτέρω ἰσχύουν δι' οἰανδήποτε ἀκτῖνα, παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἔπεται ὅτι ὅλαι αἱ ἀκτίνες, αἱ ὁποῖαι εἶναι παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, θὰ διέλθουν, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, διὰ τοῦ αὐτοῦ σημείου E , τὸ ὁποῖον, ὡς εἶδομεν, ἀποτελεῖ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου.

★ § 17. Ἑστιακὸν ἐπίπεδον σφαιρικοῦ κατόπτρου. Εἰς τὴν § 13 εἶδομεν ὅτι, ἐὰν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα KO ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου (σχ. 19) ριψώμεν μίαν παράλληλον φωτεινὴν δέσμην, αἱ ἀκτίνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των, συνέρχονται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ κατόπτρου. Ἄν, ὅμως, ἡ παράλληλος αὕτη δέσμη προσπίτῃ κατὰ διεύθυνσιν, διάφορον τοῦ κυρίου ἄξονος—π.χ., παραλλήλως πρὸς τὸν δευτερεύοντα ἄξονα KO' —, αἱ ἀκτίνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν των, συνέρχονται εἰς ἓν σημεῖον E' τοῦ δευτερεύοντος ἄξονος, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν *δευτερεύουσαν ἐστίαν* τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ ὁποῖον ἀπέχει κατ' ἀπόστασιν $R/2$ ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ κατόπτρου. Ὅπως εὐκόλως εὐρίσκονται, ὅλαι αἱ δευτερεύουσαι ἐστία εὐρίσκονται ἐπὶ σφαιρικῆς ἐπιφανείας Σ , ἡ ὁποία ἔχει κέντρον τὸ κέντρον καμπυλότητος K τοῦ κατόπτρου καὶ ἀκτῖνα, ἴση πρὸς τὸ ἥμιον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R αὐτοῦ. Ἐπειδὴ, ὅμως, θεωροῦμεν ὅτι τὸ κατόπτρον ἔχει μικρὸν ἄνοιγμα, δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν ὅτι αἱ δευτερεύουσαι ἐστία εὐρίσκονται, κατὰ προσέγγισιν, ἐπὶ ἐπιπέδου ϵ , διερχομένου διὰ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ καθέτου ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο καλεῖται *ἐστιακὸν ἐπίπεδον* τοῦ κατόπτρου.



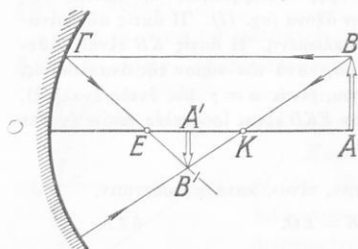
Σχ. 19.

§ 18. Σχηματισμὸς εἰδώλου διὰ κοίλου κατόπτρου. Διὰ νὰ εὗρωμεν τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν σχηματίζεται τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου ὑπὸ κοίλου κατόπτρου, πρέπει νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν τὰ ἐξῆς:

- 1) Ἀκτίς, διερχομένη διὰ τοῦ κατόπτρου καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου, ἐπιστρέφει, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, διὰ τοῦ αὐτοῦ δρόμου.
- 2) Ἀκτίνες, παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, διέρχονται, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, διὰ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου.

3) Ἀκτῖνες, ἐκκινουῦσαι ἐκ τῆς κυρίας ἐστίας, καθίστανται, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

Θεωρήσωμεν φωτεινὸν ἀντικείμενον AB (σχ. 20), εὐρισκόμενον πέραν

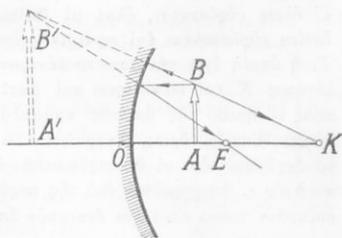


Σχ. 20. Γεωμετρικὴ εὕρεσις τοῦ εἰδῶλου, διὰ τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος.

τοῦ κέντρου καμπυλότητος K , ἐπιστρέφει μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, διὰ τοῦ αὐτοῦ δρόμου. Τὸ σημεῖον B' τῆς τομῆς αὐτῶν εἶναι ἡ ζητούμενη θέσις τοῦ εἰδῶλου τοῦ σημείου B . Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐργαζόμενοι, εὐρίσκομεν ὅτι τὸ εἶδωλον παντὸς σημείου τοῦ ἀντικειμένου AB κεῖται ἐπὶ τῆς εὐθείας $A'B'$. Ἄρα τὸ $A'B'$ εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου AB . Παρατηροῦμεν ὅτι, ἐν προκειμένῳ, τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.

Ἐάν εἰς τὸ αὐτὸ σχῆμα θεωρήσωμεν ὡς ἀντικείμενον τὸ $A'B'$, τὸ εἶδωλον αὐτοῦ θὰ εἶναι τὸ AB . Ἄρα, τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου, τεθέντος μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας E καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος K , σχηματίζεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος, πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

Ἐάν, τέλος, τὸ ἀντικείμενον AB τεθῇ μεταξὺ τῆς κορυφῆς O καὶ τῆς κυρίας ἐστίας E τοῦ κατόπτρου (σχ. 21), τὸ εἶδωλον αὐτοῦ εὐρίσκεται ὡς ἑξῆς: Ἐκ τοῦ ἑνὸς ἄκρου B τοῦ ἀντικειμένου φέρομεν δύο ἀκτῖνας, τὴν μίαν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα καὶ τὴν ἄλλην κάθετον ἐπὶ τὸ κατόπτρον. Ἐξ αὐτῶν ἡ πρώτη, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της, θὰ διέλθῃ, κατὰ τὰ γνωστά, διὰ τῆς κυρίας ἐστίας E , ἐνῶ ἡ δευτέρα διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος K τοῦ κατόπτρου. Αἱ δύο αὗται ἐξ ἀνακλάσεως ἀκτῖνες, προεκτείνον-



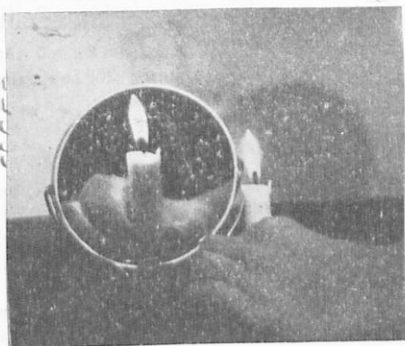
Σχ. 21. Γεωμετρικὴ εὕρεσις τοῦ εἰδῶλου, διὰ τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων O καὶ E .

(*) Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν χρησιμοποιοῦμεν τὰς προτάσεις (1) καὶ (2). Τὸ αὐτὸ ἐπιτυγχάνομεν, ἐάν χρησιμοποιήσωμεν τὰς προτάσεις (1) καὶ (3) ἢ τὰς (2) καὶ (3).

μεναι, συναντῶνται εἰς τὸ σημεῖον B' , τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὀπίσθιν τοῦ κατόπτρου καὶ εἶναι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου B . Κατ' ἀνάλογον τρόπον ἐργαζόμενοι, εὐρίσκωμεν καὶ τὰ εἶδωλα τῶν ἄλλων σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB , ὁπότε τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον $A'B'$ προκύπτει φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον. Πραγματικὰ εἶδωλα διὰ κοίλου κατόπτρου δυνάμεθα νὰ σχηματίσωμεν ὡς ἑξῆς: Πρὸ τοῦ κατόπτρου καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ, μεγαλύτεραν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, θέτομεν ἀνημμένον κηρίον (σχ. 22) καὶ μετακινούμεν τεμάχιον χάρτου, μέχρις ὅτου σχηματισθῇ εὐκρινῶς ἐπ' αὐτοῦ τὸ εἶδωλον τῆς φλογός. Παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο εἶναι ἀνεστραμμένον. Ἐάν, ἀκολουθῶς μεταθέσωμεν τὸ κηρίον κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται, ἑκάστοτε, εἰς ἄλλην ἀπόστασιν καὶ ὑπὸ διάφορον μέγεθος.

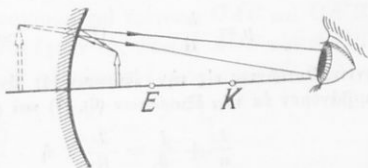


Σχ. 22. Σχηματισμός πραγματικοῦ ειδώλου διὰ κοίλου κατόπτρου.



Σχ. 23. Ἐντὸς τοῦ κοίλου κατόπτρου βλέπομεν τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ κηρίου.

φέρωμεν τὸ κηρίον μεταξὺ τῆς κορυφῆς καὶ τῆς κυρίας ἐστίας ἑνὸς κοίλου κατόπτρου, θὰ ἴδωμεν ἑντὸς αὐτοῦ τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ κηρίου, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον (σχ. 23). Ὁ παρατηρητὴς ἔχει τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται ὀπίσθιν τοῦ κατόπτρου, διότι αἱ ἀκτῖνες, αἱ εἰσερχόμεναι εἰς τὸν ὀφθαλμόν του μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, τέμνονται εἰς σημεῖον, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὀπίσθιν τοῦ κατόπτρου (σχ. 24).



Σχ. 24. Σχηματισμός φανταστικοῦ ειδώλου διὰ κοίλου κατόπτρου.

§ 19. Τύπος τῶν κοίλων κατόπτρων. Ἐστώ α ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, β ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδῶλου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου καὶ R ἡ ἀκτίς καμπυλότητος αὐτοῦ. Ὅπως ἀποδεικνύεται κατωτέρω, αἱ ἀποστάσεις α , β συνδέονται μετὰ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R (καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f) διὰ τοῦ τύπου

$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R} \quad \eta \quad \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$	Τύπος τῶν κοίλων κατόπτρων	(1)
--	-------------------------------	-----

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (1). Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ τύπου (1) κατασκευάζομεν τὸ σχῆμα 25, ἐκ τοῦ ὁποίου λαμβάνομεν τὰς σχέσεις

$$y = x + \delta \quad (2)$$

καὶ

$$\omega = x + 2\delta. \quad (3)$$

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (2) καὶ (3) εὐρίσκομεν τὴν σχέσιν

$$x + \omega = 2y. \quad (4)$$

Ἀφ' ἐτέρου, ἐκ τοῦ αὐτοῦ σχήματος (25) λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$\epsilon\phi x = \frac{h}{AA'}.$$

Ἐπειδὴ ἐδέχθημεν ὅτι τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρόν, θὰ ἔχωμεν, κατὰ προσέγγισιν, $AA' = a$, ὁπότε εἶναι

$$\epsilon\phi x = \frac{h}{a}. \quad (5)$$

Ἐκ τῆς Τριγωνομετρίας εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἐφαπτομένη μιᾶς μικρᾶς γωνίας εἶναι, ἀριθμητικῶς, ἴση πρὸς τὴν τιμὴν τῆς γωνίας (ἐκφραζομένην εἰς ἀκτίνια). Ὡς ἐκ τούτου, δυνάμεθα νὰ γράψωμεν $\epsilon\phi x = x$, ὁπότε ἡ ἐξίσωσις (5) γράφεται

$$x = \frac{h}{a}. \quad (6)$$

Διὰ τοὺς αὐτοὺς λόγους δυνάμεθα νὰ γράψωμεν καὶ τὰς σχέσεις

$$y = \frac{h}{R} \quad (7)$$

$$\text{καὶ} \quad \omega = \frac{h}{\beta}. \quad (8)$$

Ἀντικαθιστώντες εἰς τὴν ἐξίσωσιν (4) ἀντὶ τῶν x , y καὶ ω τὰ ἴσα των, τὰ ὁποῖα λαμβάνομεν ἐκ τῶν ἐξισώσεων (6), (7) καὶ (8), εὐρίσκομεν τὸν τύπον

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R} \quad \eta \quad \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}. \quad \text{ὁ.ἔ.δ.}$$

§ 20. Διερεύνησις τοῦ τύπου τῶν κοίλων κατόπτρων. Θὰ διερευνήσωμεν τὸν τύπον (1) τῆς προηγουμένης παραγράφου, διὰ νὰ εὑρωμεν τὴν θέσιν τοῦ εἰδῶλου, ὅταν τὸ ἀντικείμενον τίθεται εἰς διαφόρους θέσεις:

1) Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπείρην ἀπόστασιν ($a = \infty$). Ὁ τύπος (1) δίδει $\beta = f$, ἄρα τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E .

2) Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος ($a = R$). Ὁ τύπος (1) δίδει $\beta = R$. Τὸ εἶδωλον, δηλ., ἀντικείμενον, τεθέντος εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος K τοῦ κατόπτρου, σχηματίζεται, ὁμοίως, εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον.

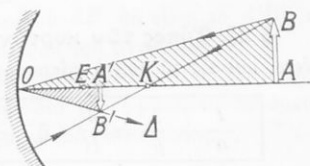
3) Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται, ἀκριβῶς, ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας ($a = f$). Ὁ τύπος (1) δίδει $\beta = \infty$. Τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ ἀπείρην.

Παρατηροῦμεν, δηλ., ὅτι ὅσον τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸ κατόπτρον, τόσον ἀπομακρύνεται τὸ εἶδωλον.

4) Εἰς τὰς τρεῖς ἄνω περιπτώσεις τὸ a ἦτο μεγαλύτερον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως ($a > f$), τὸ δὲ β προέκυπτε πάντοτε θετικόν. Ἐάν, τώρα, τὸ ἀντικείμενον τεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου ($a < f$), ὁ τύπος (1) δίδει τὸ β ἀρνητικόν. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ εἶδωλον εὐρίσκεται ὀπίσθεν τοῦ κατόπτρου, εἶναι δηλ., φανταστικόν.

§ 21. Μεγέθυνσις. Τὸ πηλίκον τοῦ ὕψους τοῦ εἰδώλου διὰ τοῦ ὕψους τοῦ ἀντικείμενου καλεῖται (ἐγκαρσία) **μεγέθυνσις** M . Ἐκ τοῦ σχήματος 26 προκύπτει ὅτι

$$M = \frac{A'B'}{AB} \quad (1)$$



Σχ. 26.

Εἰς τὴν περίπτωσιν, τὴν ἀπεικονιζομένην εἰς τὸ ἄνω σχῆμα, τὸ εἶδωλον εἶναι μικρότερον τοῦ ἀντικείμενου, συνεπῶς ἡ μεγέθυνσις θὰ εἶναι μικροτέρα τῆς μονάδος, δηλ., *σμίκρυνσις*.

Ἡ μεγέθυνσις ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ἀντικείμενου καὶ εὐρίσκεται διὰ τῶν ἐξῆς συλλογισμῶν: Τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου B εἶναι τὸ σημεῖον B' , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ σημεῖον τομῆς δύο ἀκτίνων· τῆς ἀκτίνος BK καὶ τῆς ἀκτίνος OA . Αἱ ἀκτίνες αὗται εὐρίσκονται ὡς ἐξῆς: Ἡ ἀκτὶς BK , ὡς διερχομένη διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος K , ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν. Ἡ ἀκτὶς OA εἶναι ἡ ἀνακλωμένη τῆς ἀκτίνος BO , ὁπότε αἱ γωνίαι AOB καὶ $A'OB'$ εἶναι ἴσαι. Τὰ (γραμμοσκιασμένα) τρίγωνα OAB καὶ $OA'B'$ εἶναι ὅμοια, καθόσον εἶναι ὀρθογώνια καὶ ἔχουν τὰς γωνίας AOB καὶ $A'OB'$ ἴσας. Ἐκ τῆς ὁμοιότητος τῶν δύο αὐτῶν τριγώνων λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} \quad \eta \quad \frac{A'B'}{AB} = \frac{\beta}{a}$$

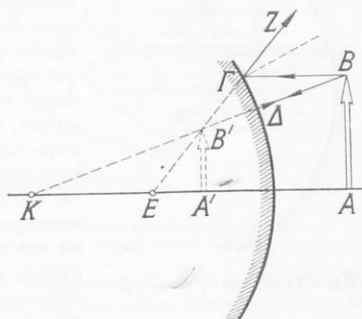
Ἐπομένως, κατὰ τὸν τύπον (1), ἡ μεγέθυνσις θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$M = \frac{\beta}{a} \quad (2)$$

Ἀντικαθιστώντες εἰς τὴν ἐξίσωσιν (3), ἀντὶ τῶν x, y καὶ ω τὰ ἴσα των, τὰ ὅποια λαμβάνομεν ἐκ τῶν ἐξισώσεων (4), (5) καὶ (6), εὐρίσκομεν

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R} \quad \eta \quad \frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}. \quad \text{ὁ.ξ.δ.}$$

§ 24. Σχηματισμός ειδώλου διὰ κυρτοῦ κατόπτρου. Διὰ νὰ εὗρωμεν τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου AB (σχ. 29) ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Φέρομεν τὴν ἀκτῖνα BI , παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται κατὰ τὴν $I'Z$, ἡ δὲ προέκτασις αὐτῆς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας E . Ἀκολουθῶς, φέρομεν τὴν ἀκτῖνα BA , κάθετον ἐπὶ τὸ κατόπτρον. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλᾶται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν, ἡ δὲ προέκτασίς της διέρχεται διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος K . Τὸ σημεῖον B' τῆς τομῆς τῶν δύο προεκτάσεων εἶναι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου B . Συνεπῶς, τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου AB θὰ εἶναι τὸ $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.



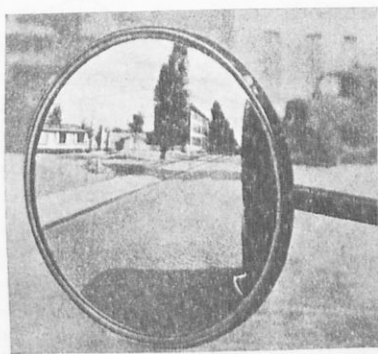
Σχ. 29.

Ἐπειδὴ τὰ ὑπὸ τῶν κυρτῶν κατόπτρων σχηματιζόμενα εἶδωλα εἶναι πάντοτε φανταστικά, διὰ τοῦτο μόνον διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν αὐτὰ καὶ ὅχι νὰ τὰ λάβωμεν ἐπὶ πετάσματος.

§ 25. Χρησιμοποίησις τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τὰ κοίλα κατόπτρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν συγκέντρωσιν τοῦ φωτὸς εἰς μικροὺς προβολεῖς, μικροσκοπία κ.λ. Ἐπίσης, χρησιμοποιοῦνται κατὰ τὸ ξύρισμα, καθόσον, κρατούμενα πλησίον τοῦ προσώπου, σχηματίζουν τὴν (φανταστικὴν) εἰκόνα ὑπὸ μεγέθυνσιν (βλ. καὶ σχ. 23).

Τὰ κυρτὰ κατόπτρα χρησιμοποιοῦνται, συνήθως, ὑπὸ τῶν οδηγῶν τῶν αὐτοκινήτων διὰ νὰ παρακολουθοῦν, ἐντὸς μικροῦ κατόπτρου (σχ. 30), εὐρείαν περιοχὴν ὀπισθεν τοῦ αὐτοκινήτου. Διὰ τὸν αὐτόν, ἀκριβῶς, λόγον ἀναρτῶνται



Σχ. 30.

τοιαῦτα κυρτὰ κατόπτρα εἰς τὰς διασταυρώσεις στενῶν ὁδῶν.



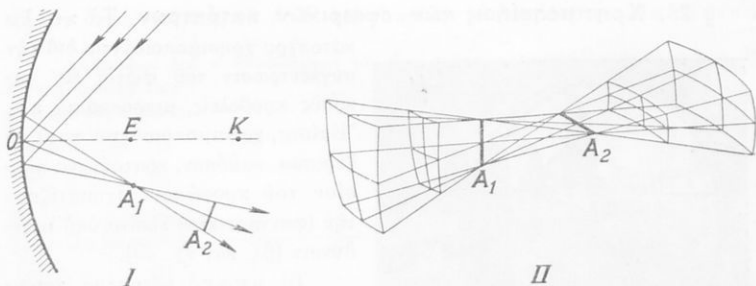
★ § 26. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. α) Σφαιρικὴ ἐκτροπή. "Ολαί αἱ περιγραφεῖσαι ιδιότητες τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων ἰσχύουν προκειμένον περὶ κατόπτρων μικροῦ ἀνοίγματος. "Οταν, ὅμως, τὸ ἀνοίγμα εἶναι μέγα, αἱ ἀκτῖνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, δὲν συγκεντρῶνται εἰς ἓν σημεῖον καί, ὡς ἐκ τούτου, τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον δὲν εἶναι σαφές. Συνεπῶς, τὰ κατόπτρα μεγάλου ἀνοίγματος παρουσιάζουν ὠρισμένον σφάλμα, καλούμενον σφαιρικὴ ἐκτροπή. Εἰς τὸ σχῆμα 31 ἐσχεδιάσθησαν δύο δέσμαι παράλληλων ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι εἶναι παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Ἡ μία ἐξ αὐτῶν ἀπέχει ὀλίγον τοῦ κυρίου ἄξονος, ὥπως δὲ παρατηροῦμεν, ὅλαι αἱ ἀκτῖνες τῆς, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν, συγκεντρῶνται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E . Ἡ δευτέρα δέσμη, ἡ ὁποία ἀπέχει πολὺ τοῦ κυρίου ἄξονος (τοιαύτη περίπτωσις παρουσιάζεται μόνον εἰς κατόπτρα μεγάλου ἀνοίγματος), δὲν συγκεντρῶνται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, ἀλλ' εἰς ἄλλο σημεῖον, αἱ δὲ ἀκτῖνες τῆς τέμνουν τὸν κύριον ἄξονα εἰς σημεῖα, εὗρισκόμενα μεταξὺ τῆς κορυφῆς O τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς κυρίας ἐστίας E .



Σχ. 31. Σφαιρικὴ ἐκτροπή.

Λόγω τοῦ σφάλματος τῆς σφαιρικῆς ἐκτροπῆς, ὅταν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν κατόπτρα μεγάλου ἀνοίγματος, δίδομεν εἰς αὐτά, ἀντὶ σφαιρικοῦ σχήματος, σχῆμα παραβολοειδoῦς ἐκ περιστροφῆς (βλ. § 27).

β) Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή. Ἄλλο σφάλμα, τὸ ὁποῖον δὲν ἔχει σχέσηιν μὲ τὸ ἀνοίγμα τοῦ κατόπτρου, ἀλλὰ παρουσιάζεται, ὅταν αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν κατὰ διεύθυνσιν, σχηματίζουσιν μεγάλῃν γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα, εἶναι ἡ ἀστιγματικὴ ἐκτροπή. Αἱ ἀνακλόμεναι ἀκτῖνες δὲν τέμνονται εἰς ἓν σημεῖον (ἐστία), ἀλλὰ διέρχονται διὰ δύο εὐθειῶν γραμμῶν A_1 καὶ A_2 (σχ. 32, I), αἱ ὁποῖαι εἶναι κάθετοι με-

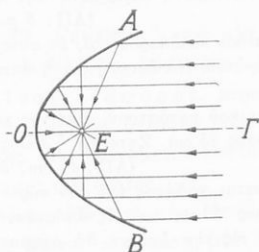


Σχ. 32. Ἀστιγματικὴ ἐκτροπή.

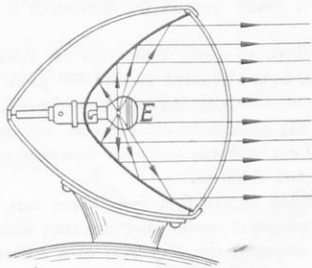
ταξὺ τῶν καὶ δὲν κεῖνται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἐπιπέδου. Αἱ γραμμαὶ αὗται καλοῦνται ἐστιακαὶ γραμμαί. Τὴν διαδρομὴν τῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι συγκεντρῶνται ἐπὶ τῶν δύο ἐστιακῶν γραμμῶν, ὑποδεικνύει τὸ σχῆμα 32, II.

§ 27. Παραβολικὰ κατόπτρα. "Οπως εἶδομεν ἄνωτέρω, παράλληλος φωτεινὴ δέσμη, προσπίπτουσα ἐπὶ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, συγκεντρῶται εἰς τὴν κυρίαν

ἐστὶν, μόνον ἐφ' ὅσον τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρόν. Ἐάν, ἐπομένως, ἀπαιτοῦνται κάτοπτρα μεγάλου ἀνοίγματος διὰ τὴν συγκέντρωσιν εὐρείας φωτεινῆς δέσμης, πρέπει νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἄλλου τύπου κάτοπτρα, τὰ καλούμενα *παραβολικά κάτοπτρα* (σχ. 33). Οὕτω καλοῦνται κάτοπτρα, τῶν ὁποίων ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπι-



Σχ. 33. Παραβολικὸν κάτοπτρον.



Σχ. 34. Φανὸς αὐτοκινήτου, ἐφωδιασμένος διὰ παραβολικοῦ κατόπτρου.

φάνεια ἔχει σχῆμα κοίλου παραβολοειδοῦς ἐκ περιστροφῆς (*). Ἐάν ἐπὶ τοιούτου κατόπτρου προσπέσῃ φωτεινὴ δέσμη, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, αἱ ἀκτίνες τῆς μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν, συνέρχονται ὅλαι, ἀκριβῶς, εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, ἔστω καὶ ἂν τὸ ἄνοιγμα εἶναι μέγα. Ἀντιστρόφως, ἐὰν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τεθῇ μία φωτεινὴ πηγὴ, αἱ ἀκτίνες αὐτῆς, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, καθίστανται παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὰ παραβολικά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τοὺς φανοὺς τῶν αὐτοκινήτων (σχ. 34), εἰς προβολεῖς κ.λ.

§ 28. Ἀνακεφαλαίωσις.

I) Κοίλα κάτοπτρα.

α) Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος, τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.
β) Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον, εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ ἀνεστραμμένον.

γ) Ὅταν τὸ ἀντικείμενον τεθῇ μεταξὺ τοῦ κέντρου καμπυλότητος καὶ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

δ) Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

II) Κυρτὰ κάτοπτρα.

Εἰς ὅλας τὰς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.

(*) Ἐάν τὴν γραμμὴν AOB τοῦ σχήματος 33 — ἡ ὁποία καλεῖται *παραβολή* — θεωρήσωμεν περιστρεφομένην περὶ τὸν ἄξονά της OG , θὰ λάβωμεν μίαν ἐπιφάνειαν, ἡ ὁποία καλεῖται *παραβολοειδὲς ἐκ περιστροφῆς*.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Ἐάν εἰς τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 9 τὸ κάτοπτρον K στραφῇ κατὰ γωνίαν 3 μοιρῶν, ποίαν γωνίαν θὰ σχηματίξῃ ἡ νέα ἀνακλωμένη ἀκτὶς μετὰ τῆς παλαιᾶς; (ΑΠ: 6 μοῖραι)

2) Φωτεινὴ ἀκτὶς ἀνακλᾷται ἐπὶ τινος ἐπιπέδου κατόπτρου καί, ἐν συνεχείᾳ, ἐπὶ δευτέρου, σχηματίζοντος γωνίαν 90° μετὰ τοῦ πρώτου. Νὰ δειχθῇ ὅτι ἡ ἀκτὶς ἐκτρέπεται κατὰ 180° τῆς ἀρχικῆς διευθύνσεως.

3) Εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀκτίνος καμπυλότητος 60 cm, τίθεται φωτεινὸν ἀντικείμενον, ὕψους 15 cm. Ζητεῖται ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου. (ΑΠ: 40 cm, 5 cm)

4) Φλὸξ κηρίου ἔχει ὕψος 2 cm καὶ εὐρίσκεται καθέτως ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 30 cm καὶ εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ τῆς κορυφῆς του. Ζητεῖται α) ἡ ἀπόστασις, εἰς τὴν ὅποιαν θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ β) τὸ μέγεθος αὐτοῦ. (ΑΠ: 120 cm, 6 cm)

5) Εἰς ποίαν θέσιν σχηματίζεται τὸ εἶδωλον ἀντικείμενον, ὕψους 1 cm, ὅταν τεθῇ εἰς ἀπόστασιν 6 cm ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀκτίνος καμπυλότητος 6 cm καὶ ποῖον τὸ μέγεθος αὐτοῦ; (ΑΠ: 6 cm, 1 cm)

6) Πρὸ κυρτοῦ κατόπτρου, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm, τίθεται ἀντικείμενον ὕψους 6 mm καὶ εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπ' αὐτοῦ. Εἰς ποίαν θέσιν θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ ποῖον τὸ μέγεθος αὐτοῦ; Θὰ εἶναι πραγματικὸν ἢ φανταστικόν; (ΑΠ: — 6 cm, 3,6 mm, φανταστικόν)

7) Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ κυρτοῦ κατόπτρου, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 10 cm, πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, ἵνα τὸ φανταστικὸν εἶδωλον ἔξῃ ὕψος, ἴσον πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ ὕψους τοῦ ἀντικείμενου; (ΑΠ: 10 cm)

8) Ἀντικείμενον, ὕψους 8 cm, τίθεται εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἀκτίνος καμπυλότητος 20 cm. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ ποῖον θὰ εἶναι τὸ ὕψος του; (ΑΠ: — 7,5 cm, 2 cm)

9) Ποία ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, πρὸ τοῦ ὁποίου ἂν τεθῇ ἀντικείμενον εἰς ἀπόστασιν 50 cm ἀπὸ τῆς κορυφῆς του, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν αὐτὴν, ἀκριβῶς, ἀπόστασιν; (ΑΠ: 25 cm)

Κατηγορία Β'

1) Κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον ἔχει ἀκτῖνα καμπυλότητος 20 cm. Ἐν φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὸ σχηματιζόμενον πραγματικὸν εἶδωλον νὰ ἔξῃ μέγεθος, ἴσον πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ μεγέθους τοῦ ἀντικείμενου. Ποία ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικείμενου ἀπὸ τοῦ κατόπτρου; (ΑΠ: 30 cm)

2) Ποία ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, τὸ ὁποῖον μεγεθύνει δύο φορές ἀντικείμενον, τοποθετημένον εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπ' αὐτοῦ; (ΑΠ: 2 λύσεις: 20 cm, 60 cm)

3) Κηρίον, τοῦ ὁποίου ἡ φλὸξ ἔχει ὕψος 3 cm, ἔχει τοποθετηθῇ εἰς ἀπόστασιν 3 m ἀπὸ τινος διαφράγματος. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ διαφράγματος πρέπει νὰ τεθῇ κοῖλον κάτοπτρον, ὥστε νὰ δίδῃ εἶδωλον τῆς φλογός, ὕψους 9 cm; Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος αὐτοῦ; (ΑΠ: 450 cm, 225 cm)

4) Ἀντικείμενον, ὕψους 4 cm, τίθεται πρὸ κυρτοῦ κατόπτρου καὶ εἰς ἀπόστασιν 14 cm ἀπ' αὐτοῦ. Ἐάν τὸ σχηματιζόμενον φανταστικὸν εἶδωλον ἔξῃ ὕψος 2,5 cm, ποία ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου; (ΑΠ: — 46,67 cm)

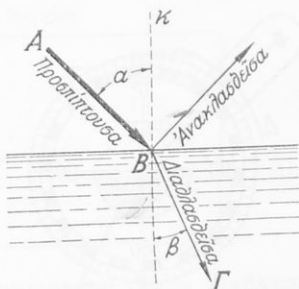
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 29. Γενικά. Ὄταν μία φωτεινὴ δέσμη προσπίπτῃ ἐπὶ ἐπιφανείᾳ, ἢ ὅποια διαχωρίζει δύο μέσα, εἰς τὰ ὅποια ἡ ταχύτης τοῦ φωτὸς εἶναι διάφορος, μέρος αὐτῆς εἰσέρχεται εἰς τὸ δεύτερον μέσον, ὑπὸ ταυτόχρονον ἀλλαγὴν τῆς διευθύνσεώς της. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διάθλασις** τοῦ φωτός.

Οὕτω, ἐὰν ἐπὶ τῆς ἐλευθέρᾳ ἐπιφανείᾳ ὕδατος προσπέσῃ μία ἀκτὶς AB (σχ. 35), παρατηροῦμεν ὅτι διαθλάται, πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον κ ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος.

Ἐκτὸς τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως, ἡ προσπίπτουσα δέσμη παρουσιάζει καὶ τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως, τὸ ὅποιον, ἤδη, ἐξητάσαμεν εἰς τὰς προηγηθείσας παραγράφους. Κατὰ ταῦτα, μία φωτεινὴ δέσμη, προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας δύο μέσων, ἐν μέρει μὲν ἀνακλᾶται, ἐν μέρει δὲ διαθλάται.



Σχ. 35.

§ 30. Νόμοι τῆς διαθλάσεως. Ἐὰν καλέσωμεν **γωνίαν προσπίπτουσας** τὴν γωνίαν α (σχ. 35), τὴν σχηματιζομένην ὑπὸ τῆς προσπίπτουσας ἀκτίνος AB καὶ τῆς καθέτου κ καὶ **γωνίαν διαθλάσεως** τὴν γωνίαν β , τὴν σχηματιζομένην ὑπὸ τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος $BΓ$ καὶ τῆς καθέτου κ , δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἐξῆς **νόμους τῆς διαθλάσεως**:

α) Τὸ **ἐπίπεδον**, τὸ καθοριζόμενον ὑπὸ τῆς προσπίπτουσας καὶ τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος — τὸ ὅποιον καλεῖται **ἐπίπεδον διαθλάσεως** —, εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν διαθλῶσαν ἐπιφάνειαν.

β) Τὸ **πηλίκον** τῶν ἡμιτόνων τῶν δύο γωνιῶν προσπίπτουσας καὶ διαθλάσεως εἶναι σταθερὸν διὰ τὰ δύο μέσα. Ἦτοι εἶναι:

$$\frac{\eta \mu \alpha}{\eta \mu \beta} = \text{σταθ.}$$

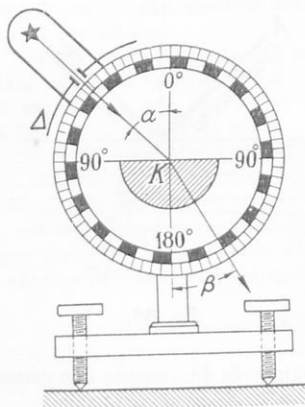
Ἡ σταθερὰ αὕτη εὐρίσκεται ὅτι εἶναι ἴση πρὸς τὸ πηλίκον c_1/c_2 τῶν ταχυτήτων τοῦ φωτός εἰς τὰ δύο μέσα καὶ καλεῖται **δείκτης διαθλάσεως** n τοῦ δευτέρου μέσου ὡς πρὸς τὸ πρῶτον. Ἦτοι εἶναι:

$$n = \frac{c_1}{c_2}$$

(1) ἢ

$$\frac{\eta \mu \alpha}{\eta \mu \beta} = n \quad (2)$$

Ἐκ τοῦ τύπου (2) προκύπτει ὅτι μία ἀκτίς, προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τὴν διαθλῶσαν ἐπιφάνειαν ($\alpha = 0^\circ$), ἐξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν ($\beta = 0^\circ$), δηλ., χωρὶς διάθλασιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἀνακλασθεῖσα ἀκτίς ἐπιστρέφει διὰ τοῦ αὐτοῦ δρόμου, ὡς ἡ προσπίπτουσα. Τοῦτο πιστοποιοῦμεν, παρατηροῦντες καθέτως τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος ἐντὸς φρέατος (ἢ ἐντὸς δοχείου ὕδατος), ὅποτε βλέπομεν ἀκριβῶς τὴν εἰκόνα τοῦ ὀφθαλμοῦ μας. Τὸ φαινόμενον ὀφείλεται εἰς ἀκτίνας, αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἐκ τοῦ (ἐτεροφώτου) ὀφθαλμοῦ μας καί, ἀνακλόμεναι καθέτως ἐπὶ τοῦ ὕδατος, ἐπιστρέφουν εἰς αὐτόν.



Σχ. 36. Συσκευή διὰ τὴν ἐπιδείξειν τοῦ δευτέρου νόμου τῆς διαθλάσεως.

Πειραματικῶς δυνάμεθα νὰ δείξωμεν τὸν δεῦτερον νόμον τῆς διαθλάσεως διὰ τῆς ἐξῆς συσκευῆς (σχ. 36): Εἰς τὸ κέντρον γωνιομετρικοῦ κύκλου στερεοῦται ὁ ὑάλινος ἡμικύλινδρος K . Διὰ τοῦ διαφράγματος Δ , φέροντος σχισμὴν, σχηματίζομεν λεπτὴν δέσμην φωτός, ἡ ὁποία, προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ἐπιφανείας τοῦ ἡμικυλίνδρου ὑπὸ γωνίαν προσπίτσεως α , διαθλᾶται καὶ ἐξέρχεται (*) ὑπὸ τὴν γωνίαν διαθλάσεως β . Σχηματίζοντες τὸ πηλίκον $\eta \mu \alpha / \eta \mu \beta$, εὐρίσκομεν τὸν δείκτην διαθλάσεως τῆς ὑάλου (π.χ., 1,5). Ἀκολουθῶς, διὰ περιστροφῆς τοῦ γωνιομετρικοῦ κύκλου, αὐξάνομεν τὴν γωνίαν προσπίτσεως, ὅποτε αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία

διαθλάσεως. Μετροῦντες τὰς νέας γωνίας α καὶ β καὶ σχηματίζοντες τὸ πηλίκον τῶν ἡμιτόνων αὐτῶν, εὐρίσκομεν αὐτὸ ἴσον πρὸς τὸ προηγούμενον (1,5).

Σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως. Ὁ δείκτης διαθλάσεως, ὥπως ὠρίσθη ἀνωτέρω, ὀνομάζεται *σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως* καὶ ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν δύο μέσων (π.χ., ἀέρος καὶ ὕδατος). Ἄν μεταβληθῇ ἓν τῶν μέσων θὰ μεταβληθῇ, βεβαίως, καὶ ὁ (σχετικὸς) δείκτης διαθλάσεως. Ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸν σχετικὸν δείκτην διαθλάσεως, καλοῦμεν **ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως** ἢ καὶ ἀπλῶς **δείκτην διαθλάσεως** τὸν δείκτην διαθλάσεως ἑνὸς μέσου, ὅταν τὸ πρῶτον μέσον εἶναι τὸ κενόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ σχέσις (1) γράφεται ὡς ἐξῆς:

$$\boxed{n_{\text{ἀπολ}} = \frac{c_0}{c}}$$

(*) Διὰ νὰ μὴ ὑποστῇ νέαν διάθλασιν ἡ ἀκτίς κατὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς ἐκ τῆς ὑάλου, ἀφ' ἑνὸς μὲν διδεται εἰς τὴν ὑάλον τὸ σχῆμα τοῦ ἡμικυλίνδρου, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ προσπίπτουσα πρέπει νὰ προσπίπτῃ καθέτως ἐπὶ τὸν ἀξονα τοῦ ἡμικυλίνδρου.

ένθα c_0 είναι ή ταχύτης του φωτός εις τὸ κενὸν καὶ c ή ταχύτης αὐτοῦ εις τὸ δεύτερον μέσον.

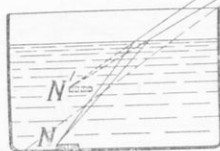
Ὁ (ἀπόλυτος) δείκτης διαθλάσεως ἑνὸς ὑλικοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ χρώματος τοῦ φωτός καὶ τῆς θερμοκρασίας. Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα δίδονται αἱ τιμαὶ τοῦ δείκτου διαθλάσεως ὑλικῶν τινων διὰ κίτρινον φῶς Νατρίου καὶ διὰ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ (ΑΠΟΛΥΤΩΝ) ΔΕΙΚΤΩΝ ΔΙΑΘΛΑΣΕΩΣ
(Διὰ κίτρινον φῶς Νατρίου)

Κενὸν	1,00000
Ἀήρ	1,00029
Ὑδωρ	1,33
Ὑαλος (κοινὴ) περίπου	1,5
Βάλαμον τοῦ Καναδά (χρησιμοποιούμενον εἰς τὰ μικροσκόπια)	1,53
Ἀδάμας	2,42
Ρουτίλιον (TiO_2)	2,9

§ 31. Φαινομένη άνύψωσις άντικειμένου, λόγω διαθλάσεως.

Ἐντὸς δοχείου θέτομεν μικρὸν ἀντικείμενον (π.χ., ἐν νόμισμα - σ. 37) καί, ἀκολουθῶς, φέρομεν τὸν ὀφθαλμὸν μας πλαγίως καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε τοῦτο μόλις v ἀποκρύπτεται ὑπὸ τῶν τοιχωμάτων τοῦ δοχείου. Κατόπιν, πληροῦμεν τὸ δοχεῖον



Σχ. 37.

δι' ὕδατος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ νόμισμα καθίσταται ὀρατόν. Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου τούτου προκύπτει εὐκόλως ἀπὸ τὴν παρακολούθησιν τῆς πορείας τῶν ἀκτίνων: Αἱ ἐκ τοῦ νομίσματος ἐκκινουῦσαι ἀκτίνες διαθλῶνται εἰς τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν καί, ἐξερχόμεναι τοῦ ὕδατος, ἀπομακρύνονται τῆς καθέτου ἐπὶ

τὴν ἐλευθέραν ἐπιφάνειαν καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Οὕτω, ὁ ὀφθαλμὸς βλέπει, τώρα, τὸ νόμισμα, μολονότι ή εὐθεῖα ON διέρχεται διὰ τοῦ ἀδιαφανοῦς τοιχωμάτος τοῦ δοχείου. Αἱ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν εἰσερχόμεναι ἀκτίνες δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἐκ τοῦ σημείου N' , τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὑψηλότερον τοῦ N .

Διὰ τοὺς αὐτοὺς, ἀκριβῶς, λόγους καὶ αἱ κῶπαι τῶν λέμβων φαίνονται, ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ὡς ἐὰν ἔχουν ὑποστῇ θλάσιν.

§ 32. Ὅρικὴ γωνία. Ὅπως εἶδομεν ἀνωτέρω, ὅταν αὐξάνεται ή γωνία προσπτώσεως α , αὐξάνεται, ἀντιστοίχως, καὶ ή γωνία διαθλάσεως β , οὗ-

τως ὥστε τὸ πηλίκον τῶν ἡμιτόνων τῶν δύο γωνιῶν, κατὰ τὴν σχέσιν

$$\frac{\eta \mu \alpha}{\eta \mu \beta} = n,$$

νὰ διατηρῆται σταθερόν. Ἡ μεγίστη τιμή, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ λάβῃ ἡ γωνία προσπίπτουσας εἶναι 90° . Εἰς ταύτην ἀντιστοιχεῖ ἡ μεγίστη γωνία διαθλάσεως β_0 (σχ. 38, II), διὰ τὴν ὁποίαν ἰσχύει ἡ σχέση

$$\frac{\eta \mu 90^\circ}{\eta \mu \beta_0} = n$$

A

Ἐπειδὴ εἶναι $\eta \mu 90^\circ = 1$, ἡ σχέση αὕτη γράφεται καὶ ὡς ἑξῆς :

$$\eta \mu \beta_0 = \frac{1}{n} \quad (1)$$

Σχ. 38. "Όταν τὸ φῶς προσπίπτῃ παραλλήλως πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος (II), ἡ γωνία διαθλάσεως λαμβάνει τὴν μεγίστην τιμὴν β_0 (ὀρικὴ γωνία).

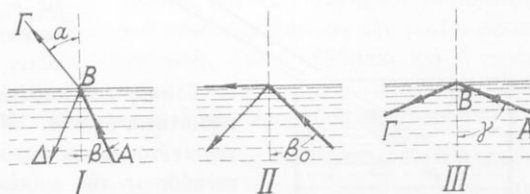
Τὴν μεγίστην ταύτην γωνίαν διαθλάσεως β_0 καλοῦμεν **ὀρικὴν γωνίαν**, ὅπως δὲ δεικνύει ἡ ἑξίσωσις (1), ἡ γωνία αὕτη ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

§ 33. Ὀλικὴ ἀνάκλασις. Θεωρήσωμεν, ἤδη, ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ἐκ τοῦ ὕδατος πρὸς τὸν ἀέρα. Ἐὰν μία ἀκτὶς AB (σχ. 39, I) προσ-

πίπτῃ ὑπὸ γωνίαν προσπίπτουσας β , μικροτέραν τῆς ὀρικῆς, ἐν μέρει διαθλάται καὶ ἐξέρχεται ὑπὸ τὴν γωνίαν α (ἀκτὶς BΓ'), ἐν μέρει δὲ ἀνακλᾶται (ἀκτὶς BΔ).

Ἐὰν ἡ ἀκτὶς AB προσπέσῃ ὑπὸ τὴν ὀ-

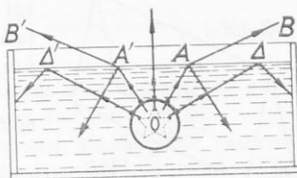
ρικὴν γωνίαν β_0 (σχ. 39, II) ἡ διαθλασθεῖσα ἀκτὶς θὰ ἐξέλθῃ ὑπὸ γωνίαν 90° , δηλ., παραλλήλως πρὸς τὴν διαθλῶσαν ἐπιφάνειαν τοῦ ὕδατος. Ἐὰν, ὅμως, ἡ ἀκτὶς AB προσπέσῃ ὑπὸ γωνίαν γ , μεγαλύτεραν τῆς ὀρικῆς (III), δὲν εἶναι δυνατὴ, πλέον, ἡ διάθλασις καὶ ἡ ἀκτὶς ἀνακλᾶται κατὰ τὴν BΓ', ἀκολουθοῦσα τοὺς συνήθεις νόμους τῆς ἀνακλάσεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλοῦμεν **ὀλικὴν ἀνάκλασιν**, διότι, κατ' αὐτό, ἀνακλᾶται ὅλον τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ὑπὸ τὴν γωνίαν γ . Ἐπομένως, ὅταν τὸ φῶς διαδίδεται ἀπὸ μέσου, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἶναι μικροτέρα, πρὸς μέσον εἰς τὸ ὁποῖον αὕτη εἶναι μεγαλυτέρα (π.χ., ἐκ τοῦ ὕδατος πρὸς τὸν ἀέρα), ἔχομεν διαθλωμένην ἀκτῖνα, μόνον ἐφ' ὅσον ἡ γωνία προσπίπτουσας εἶναι



Σχ. 39. "Όταν τὸ φῶς διαδίδεται ἐκ τοῦ ὕδατος πρὸς τὸν ἀέρα καὶ ἡ γωνία προσπίπτουσας εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ὀρικῆς (III), παρουσιάζεται ὀλικὴ ἀνάκλασις.

μικροτέρα ἢ ἴση πρὸς τὴν ὀρικὴν, ἐνῶ ἀνακλωμένην ἀκτὶνα ἔχομεν εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις.

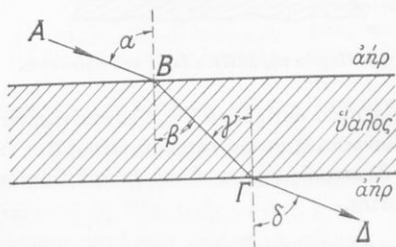
Τὸ φαινόμενον τῆς διαθλάσεως καὶ τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τῆς συσκευῆς, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 40: Ἐντὸς ὑαλίνου δοχείου, περιέχοντος ὕδωρ, τοποθετεῖται συσκευή, ἡ ὁποία δημιουργεῖ φωτεινὰς δέσμας διαφόρων διευθύνσεων. Παρατηροῦμεν ὅτι ὠρισμένοι δέσμαι (OA, OA') ἐν μέρει διαθλῶνται καὶ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα, ἐν μέρει δὲ ἀνακλῶνται. Ἀλλὰ, ὅμως, ἐξ αὐτῶν (ὅπως αἱ OA, OA') προσπίπτουσαι ὑπὸ γωνίαν, μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς, ἀνακλῶνται ὀλῖκως.



Σχ. 40. Συσκευή διὰ τὴν ἐπίδειξιν τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

Κατὰ τὸν τύπον (1) τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἡ ὀρικὴ γωνία εἶναι μικρὰ δι' ὑλικά, τὰ ὁποῖα ἔχουν μέγαν δείκτην διαθλάσεως. Διὰ τοῦτο, ὅταν τὸ φῶς πρόκειται νὰ ἐξέλθῃ ἐξ αὐτῶν εἰς τὸν ἀέρα, κατορθώνει τοῦτο, μόνον ὅταν προσπίπτῃ σχεδόν, καθέτως, διότι ἄλλως ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν. Εἰς τὴν ιδιότητα ταύτην, ἀκριβῶς, ὀφείλεται ἡ ἔντονος λάμψις τῶν πολυτίμων λίθων, οἱ ὁποῖοι εἶναι, πάντοτε, ὑλικά μεγάλου δείκτου διαθλάσεως.

§ 34. Διάδοσις τοῦ φωτὸς διὰ πλακῶν. Θεωρήσωμεν τὴν ἀκτὶνα AB (σχ. 41), προσπίπτουσαν ἐπὶ ὑαλίνης πλακὸς ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως α . Ἡ ἀκτίς αὕτη διαθλάται κατὰ τὴν γωνίαν διαθλάσεως β , ὥστε νὰ εἶναι



Σχ. 41.

$$\frac{\eta \mu \alpha}{\eta \mu \beta} = n. \quad (1)$$

Ἡ διαθλασθεῖσα ἀκτίς BD , ὅταν ἐξέλθῃ ἐκ τῆς πλακὸς, διαθλάται ἐκ νέου, ὁπότε πάλιν ἰσχύει ἡ σχέσις

$$\frac{\eta \mu \gamma}{\eta \mu \delta} = \frac{1}{n} \quad \text{ἢ} \quad \frac{\eta \mu \delta}{\eta \mu \gamma} = n. \quad (2)$$

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1) καὶ (2) λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$\frac{\eta \mu \alpha}{\eta \mu \beta} = \frac{\eta \mu \delta}{\eta \mu \gamma}.$$

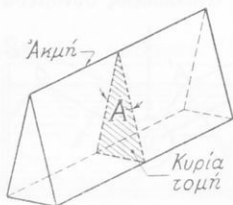
Ἐπειδὴ ἡ γωνία β εἶναι ἴση πρὸς γωνίαν γ , ἔχομεν

$$\eta \mu \alpha = \eta \mu \delta \quad \text{ἢ} \quad \alpha = \delta.$$

Ἐκ τούτου ἔπεται ὅτι ἡ ἐξερχόμενη ἀκτίς DE εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν AB , ἀλλὰ πλευρικῶς μετατοπισμένη.

§ 35. Διάδοσις τοῦ φωτὸς διὰ πρισματῶν. *Πρῶτον* εἰς τὴν ὀπτικήν καλοῦμεν σῶμα διαφανές, τὸ ὁποῖον περιορίζεται, μεταξύ ἄλλων, ὑπὸ

δύο ἐπιπέδων καὶ μὴ παραλλήλων ἐδρῶν (σχ. 42). Ἡ διέδρος γωνία A , τὴν ὁποῖαν σχηματίζουν αἱ δύο αὗται ἔδραι, καλεῖται **θλαστική γωνία** τοῦ πρίσματος. **Κυρία τομή** τοῦ πρίσματος καλεῖται πᾶσα τομή τοῦ πρίσματος, ἡ ὁποία γίνεται ὑπὸ ἐπιπέδου, καθέτου ἐπὶ τὴν ἀκμὴν. τὴν σχηματιζομένην ὑπὸ τῶν δύο μὴ παραλλήλων ἐδρῶν.



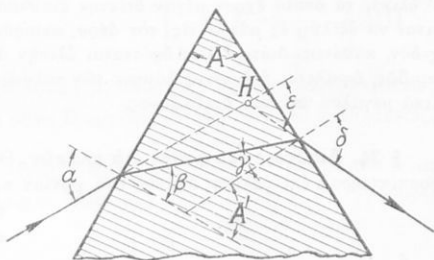
Σχ. 42.

Εἰς τὰ κατωτέρω θὰ ἐξετάσωμεν τὰ πρίσματα ὑπὸ τὰς ἐξῆς δύο προϋποθέσεις:

α) Αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ πρίσματος ἀκτῖνες εὐρίσκονται ἐπὶ κυρίας τομῆς τοῦ πρίσματος καὶ

β) τὸ χρησιμοποιούμενον φῶς εἶναι *μονόχροον* (π.χ., ὅπως τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπὸ νατρίου, θερμαινόμενον εἰς λύχνον).

Τύποι τοῦ πρίσματος. Θεωρήσωμεν τὴν κυρίαν τομὴν πρίσματος μεθ' ἑξῆς θλαστικὴν γωνίαν A (σχ. 43), ἔστω δὲ ὅτι ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίπτει μονοχρωματικὴ ἀκτὶς ὑπὸ γωνίαν προσπίπτωσης α . Ἡ ἀκτὶς αὕτη ὑφίσταται διάθλασιν τόσον κατὰ τὴν εἴσοδον αὐτῆς ἐντὸς τοῦ πρίσματος, ὅσον καὶ κατὰ τὴν ἐξοδον ἐξ αὐτοῦ, με ἀποτέλεσμα νὰ ἔχῃ ἐκτραπῇ ἐκ τῆς ἀρχικῆς τῆς διευθύνσεως. Ἡ γωνία ϵ , τὴν ὁποῖαν σχηματίζουν, προεκτείνόμεναι, ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς μετὰ τῆς ἐξερχομένης, καλεῖται **γωνία ἐκτροπῆς**. Ὅπως εὐρίσκεται, ἡ γωνία ἐκτροπῆς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς γωνίας προσπίπτωσης α , ἐκ τῆς θλαστικῆς γωνίας A καὶ ἐκ τοῦ δείκτου διαθλάσεως n τοῦ ὑλικοῦ τοῦ πρίσματος.



Σχ. 43. Πορεία τῆς ἀκτίνος ἐντὸς τοῦ πρίσματος.

Ὁξέα πρίσματα. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς ὑπολογίζεται, εὐκόλως, εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποῖαν ἡ θλαστικὴ γωνία εἶναι μικρὰ (ὀξέα πρίσματα) καὶ τὸ φῶς προσπίπτει, σχεδόν, καθέτως: Ἐκ τοῦ νόμου τῆς διαθλάσεως ἔχομεν τὰς σχέσεις

$$\frac{\eta \mu \alpha}{\eta \mu \beta} = n \quad (1) \quad \text{καὶ} \quad \frac{\eta \mu \delta}{\eta \mu \gamma} = n. \quad (2)$$

Ἡ γωνία A' , ὡς σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν καθέτων ἐπὶ τὰς ἔδρας τοῦ πρίσματος, ἴσουςται μετὰ τὴν θλαστικὴν γωνίαν A . Ἀφ' ἑτέρου, ἡ αὐτὴ γωνία A' , ὡς ἑξωτερικὴ γωνία τριγώνου, εἶναι ἴση πρὸς

$$A' = A = \beta + \gamma. \quad (3)$$

Ἐπίσης, ἡ γωνία ἐκτροπῆς ϵ , ὡς ἑξωτερικὴ γωνία τριγώνου, εἶναι ἴση πρὸς

$$\epsilon = (\alpha - \beta) + (\delta - \gamma) = (\alpha + \delta) - (\beta + \gamma) = \alpha + \delta - A. \quad (4)$$

Ἐπειδὴ ἡ πρόσπτωση γίνεται, σχεδόν, καθέτως, αἱ γωνίαι $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ εἶναι πολὺ μικραὶ καὶ, ὡς ἐκ τούτου, δυνάμεθα ν' ἀντικαταστήσωμεν τὰ ἡμίτονα διὰ τῶν γωνιῶν (*). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην οἱ τύποι (1) καὶ (2) γράφονται ὡς ἑξῆς:

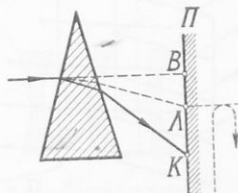
$$\boxed{\alpha = n \cdot \beta} \quad (5) \quad \text{καὶ} \quad \boxed{\delta = n \cdot \gamma} \quad (6)$$

Ἐκ τῶν τύπων (3), (4), (5), (6) λαμβάνομεν διὰ τὴν γωνίαν ἐκτροπῆς ε τὴν σχέσιν

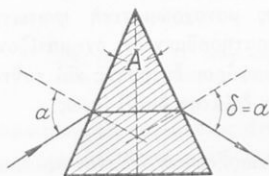
$$\boxed{\varepsilon = (n - 1) \cdot A.}$$

Ἦτοι, εἰς τὰ ὀξεία πρίσματα ἡ γωνία ἐκτροπῆς εἶναι ἀνάλογος τῆς θλαστικῆς γωνίας A καὶ αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ὁ δείκτης διαθλάσεως n .

Θέσις ἐλαχίστης ἐκτροπῆς. Μία ἀκτίς προσπίπτει ἐπὶ πρίσματος, στρεπτοῦ περὶ ἄξονα, παράλληλον πρὸς τὴν ἀκμὴν του (σχ. 44), ἐξερχομένη δὲ ἐκ τοῦ πρίσματος, στρέφεται περὶ τὸν αὐτὸν ἄξονα αὐτοῦ (μεταβάλλοντες, δηλαδή, τὴν γωνίαν προσπτώσεως), παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλὶς K κινεῖται, πλησιάζουσα πρὸς τὸ σημεῖον B , εἰς μίαν θέσιν A σταματᾷ καὶ ἐπιστρέφει ἐκ νέου πρὸς τὰ κάτω. Ἡ ἐκτροπὴ, ἐπομένως, γίνεται ἐλαχίστη εἰς μίαν ὀρισμένην θέσιν τοῦ πρίσματος, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **θέσιν ἐ-**



Σχ. 44. Δι' ὀρισμένην θέσιν τοῦ πρίσματος ἡ γωνία ἐκτροπῆς γίνεται ἐλαχίστη.



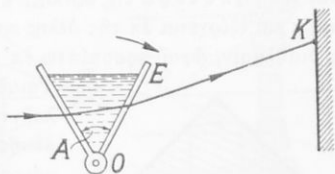
Σχ. 45. Πορεία τῆς ἀκτίνος εἰς τὴν θέσιν τῆς ἐλαχίστης ἐκτροπῆς.

λαχίστης ἐκτροπῆς, τὴν δὲ ἀντίστοιχον γωνίαν ἐκτροπῆς γωνίαν ἐλαχίστης ἐκτροπῆς. Εἰς τὴν θέσιν τῆς ἐλαχίστης ἐκτροπῆς, τὸν ὅσον θεωρητικῶς, ὅσον καὶ πειραματικῶς, ὅτι ἡ γωνία προσπτώσεως α εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀναδύσεως δ (σχ. 45) καὶ ὅτι ἡ ἀκτίς ἐντὸς τοῦ πρίσματος εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ διχοτομοῦν τὴν θλαστικὴν γωνίαν A - τὸ πρίσμα, δηλ., εὐρίσκεται εἰς συμμετρικὴν θέσιν ὡς

πρὸς τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἐξερχομένην ἀκτίνα.

§ 36. Πειραματικὴ ἐπίδειξις τῶν νόμων τῶν πρισμάτων. Διὰ νὰ

δείξωμεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνεται μετὰ τῆς θλαστικῆς γωνίας, χρησιμοποιοῦμεν ὑγρὸν πρίσμα, μεταβλητῆς θλαστικῆς γωνίας A (σχ. 46). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ δοχείου ὑπὸ μορφὴν πρίσματος, τοῦ ὁποῦ αἱ δύο ἕδραι εἶναι ὑάλινοι καὶ εἶναι στρεπτοὶ περὶ τὸν ἄξονα O . Πληροῦμεν τὸ πρίσμα διὰ τινος ὑγροῦ, π.χ. ὕδατος, καὶ, στρέφοντες τὴν ἕδραν E ὥστε ἡ γωνία A ν' αὐξάνεται, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ

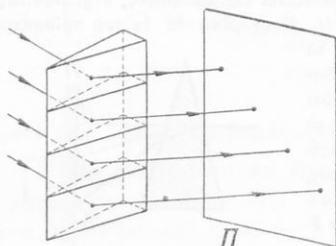


Σχ. 46. Πρίσμα μεταβλητῆς θλαστικῆς γωνίας.

(*) Ἡ Τριγωνομετρία διδάσκει ὅτι, διὰ μικρὰς γωνίας, ἡ τιμὴ τῆς γωνίας (ἐκφραζομένη εἰς ἀκτίνια) εἶναι, κατὰ προσέγγισιν, ἀριθμητικῶς ἴση μὲ τὴν τιμὴν τοῦ ἡμιτόνου. Π.χ., διὰ γωνίαν $\alpha = 2^\circ$ ἔχομεν $\alpha = 0,03491$ ἀκτίνια καὶ $\eta \mu \alpha = 0,03490$.

κηλὶς K ἐπὶ τοῦ πετάσματος ἀνέρχεται· ἡ γωνία, δηλ., ἐκτροπῆς αὐξάνεται.

Διὰ τῆς αὐτῆς συσκευῆς δυνάμεθα νὰ δείξωμεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως. Πρὸς τοῦτο, δίδομεν εἰς τὸ πρῖσμα μίαν σταθερὰν γωνίαν A καὶ πληροῦμεν αὐτὸ μὲ ἓν ὕγρὸν (π.χ., ὕδωρ). Ἡ κηλὶς ἐπὶ τοῦ πετάσματος εὐρίσκεται, τότε, εἰς θέσιν τινά, ἔστω τὴν K . Ἄν, ἀκολουθῶς, ἀντικαταστήσωμεν τὸ ὕδωρ δι' ἄλλου ὕγρου, μεγαλυτέρου, π.χ., δείκτου διαθλάσεως (π.χ., διὰ πυκνοῦ διαλύματος μαγειρικοῦ ἄλατος), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ κηλὶς μετακινεῖται πρὸς τὰ ἄνω, ἀπόδειξις ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς ηὐξήθη.

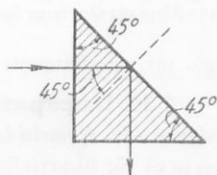


Σχ. 47. Πολύπρισμα.

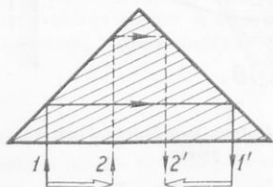
Τὸ αὐτὸ δεικνύομεν καὶ διὰ τοῦ **πολυπρίσματος** (σχ. 47), πρίσματος, δηλ., ἀποτελουμένου ἐκ πολλῶν πρισμαμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν θλαστικὴν γωνίαν, ἀλλ' εἶναι κατασκευασμένα ἐξ ὑάλου, διαφόρων ποιοτήτων (δηλ., διαφόρου δείκτου διαθλάσεως). Ἐὰν ἐπὶ τοιούτου πρίσματος προσπέσῃ παράλληλος μονοχρωματικὴ φωτεινὴ δέσμη, παρατηροῦμεν ὅτι σχηματίζον-

ται ἐπὶ τοῦ πετάσματος Π φωτειναὶ κηλίδες διαφόρου ἐκτροπῆς καὶ τοῦτο διότι (ὡς εἶπομεν) ἕκαστον πρῖσμα ἔχει διάφορον δείκτην διαθλάσεως.

§ 37. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Θεωρήσωμεν ὑάλινον πρῖσμα, τοῦ ὁποῖου ἡ κυρία τομὴ εἶναι ὀρθογώνιον τρίγωνον ἰσοσκελές (σχ. 48). Ἐὰν ἐπὶ τῆς μιᾶς τῶν καθέτων ἐδρῶν προσπέσῃ καὶ θέτωσ μία φωτεινὴ ἀκτίς, εἰσέρχεται ἐντὸς τοῦ πρίσματος, χωρὶς νὰ διαθλασθῇ καὶ προσπίπτει ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσας ὑπὸ γωνίαν 45° . Ἐπειδὴ ἡ γωνία αὕτη εἶναι μεγαλύτερα τῆς ὀρικῆς, ἡ ἀκτίς ἀνακλάται ὀλικῶς καὶ ἐξέρχεται ἐκ τῆς ἄλλης καθέτου ἐδρας χωρὶς διάθλασιν, ἀφοῦ προσπίπτει ἐπ' αὐτῆς καθέτως.



Σχ. 48. Πρῖσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 49. Πρῖσμα ἀναστροφῆς.

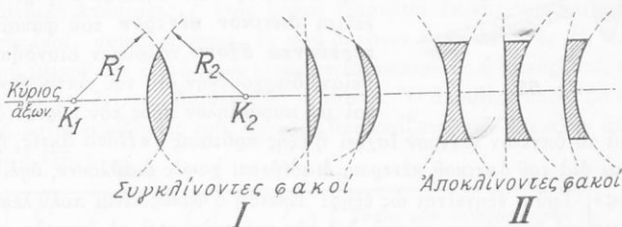
Τοιαῦτα πρίσματα καλοῦνται **πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως** καὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς κάτοπτρα, ὅταν ἡ διεύθυνσις τῆς προσπιπτούσης δέσμης πρόκειται ν' ἀλλάξῃ κατὰ 90° , ἔχουν δὲ τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν φέρουν ἐπάργυρον ἐπιφάνειαν (ὡς τὰ συνήθη κάτοπτρα), ἡ ὁποία, ὅπως-δήποτε, φθείρεται μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

Πρίσματα ἀναστροφῆς. Θεωρήσωμεν πρῖσμα,

τοῦ ὁποῖου ἡ κυρία τομὴ ἔχει, ὡς καὶ προηγουμένως, σχῆμα ὀρθογωνίου ἰσοσκελοῦς τριγώνου (σχ. 49). Ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσας προσπίπτει καθέτως ἡ ἀκτίς I , ὁπότε εἰσέρ-

χεται εἰς τὸ πρίσμα, χωρὶς νὰ διαθλασθῇ. Ἀκολουθῶς, ἀνακλᾶται ὀλικῶς πρῶτον ἐπὶ τῆς μιᾶς καθέτου ἑδρας καὶ, ἐν συνεχείᾳ, ἐπὶ τῆς ἄλλης, ἀλλάσσουσα ἐκάστοτε διεύθυνσιν κατὰ 90° . Οὕτω, ἡ ἀκτὶς αὕτη, κατόπιν ἀλλαγῆς τῆς φορᾶς της κατὰ 180° , ἐξέρχεται ἐκ τῆς ὑποτεινούσης κατὰ τὴν διεύθυνσιν I' . Τὴν αὐτὴν διαδρομὴν ἀκολουθεῖ καὶ ἡ ἀκτὶς 2. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ τάξις τῶν ἀκτίνων 1, 2 ἀναστρέφεται εἰς 2', 1'. Τοιαῦτα πρίσματα καλοῦνται **πρίσματα ἀναστροφῆς**, διότι δι' αὐτῶν ἐπιτυγχάνεται ἀναστροφή τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου. Τὰ πρίσματα ἀναστροφῆς χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς **πρισματικὰς διόπτρας** δι' ἀνόρθωσιν τῆς εἰκόνος (βλ. § 68, 3) κ.λ.

§ 38. Φακοί. Φακὸς εἶναι σῶμα διαφανὲς — ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ἐξ ὑάλου — τὸ ὁποῖον περιορίζεται ὑπὸ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν (ἐξ αὐτῶν ἡ μία δύναται νὰ εἶναι καὶ ἐπίπεδος). Αἱ ἀκτίνες R_1, R_2 (σχ. 50, I) τῶν δύο



Σχ. 50. (I) 1) Ἀμφίκυρτος, 2) ἐπιπεδόκυρτος φακός, 3) συγκλίνων μηνίσκος. (II) 1) ἀμφίκυλλος, 2) ἐπιπεδόκυλλος φακός, 3) ἀποκλίνων μηνίσκος.

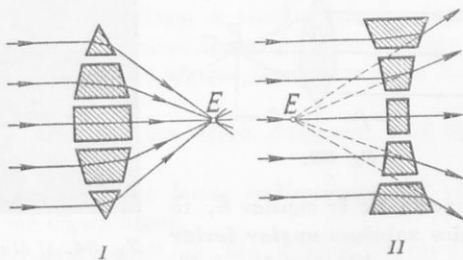
σφαιρῶν, εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ φακοῦ, καλοῦνται **ἀκτινες καμπυλότητος** τοῦ φακοῦ, ἡ δὲ εὐθεῖα, ἡ ὁποία ἐνώνει τὰ δύο κέντρα καμπυλότητος K_1, K_2 , καλεῖται **κύριος ἄξων**.

Ὅλοι οἱ φακοὶ δύναται νὰ καταταχθῶν εἰς δύο κατηγορίας: εἰς **συγκλίνοντας φακοὺς** (σχ. 50, I) καὶ εἰς **ἀποκλίνοντας φακοὺς** (II).

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ εἶναι παχύτεροι εἰς τὸ κέντρον παρὰ εἰς τὰ ἄκρα, ἐνῶ, ἀντιστρόφως, οἱ ἀποκλίνοντες εἶναι λεπτότεροι εἰς τὸ κέντρον, παρὰ εἰς τὰ ἄκρα.

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τῶν συγκλίνοντων φακῶν, δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν ὅτι ἀποτελοῦνται ἐκ πολλῶν μικρῶν πρισμάτων, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 51, I.

Ἐστω παράλληλος μονοχρωματικὴ δέσμη, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φακοῦ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κυρίου ἄξωνος. Αἱ διάφοροι ἀκτίνες διαθλῶνται ὑπὸ τῶν στοιχειωδῶν πρισμάτων, ἐπειδὴ δὲ (λόγφ



Σχ. 51. Σύνθεσις φακῶν ἀπὸ σύνολον μικρῶν πρισμάτων.

τοῦ σφαιρικοῦ σχήματος τοῦ φακοῦ) ἡ γωνία προσπίπτουσας ἀνῆλκεται πρὸς τὰ ἄκρα τοῦ φακοῦ, αἱ διάφοροι ἀκτίνες ἐκτρέπονται κατὰ διαφόρους γωνίας καὶ συγκεντροῦνται εἰς ἓν σημεῖον E .

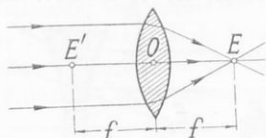
Τὸ σχῆμα 51, II παριστᾷ τὴν ἀντίστοιχον περίπτωσιν εἰς ἀποκλίνοντα φακόν: Αἱ ἀκτίνες, προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ, διαθλῶνται ὑπὸ τῶν στοιχειωδῶν πρισμάτων, ἀλλ' ἐξερχόμεναι ἐξ αὐτῶν ἀποκλίνουσιν, κατὰ τρόπον ὥστε αἱ προεκτάσεις αὐτῶν νὰ συγκεντρῶνται, ὁμοίως, εἰς ἓν σημεῖον E .

Εἰς τὰ κατωτέρω θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν λεπτῶν φακῶν, δηλ. φακῶν, τῶν ὁποίων τὸ πάχος εἶναι πολὺ μικρόν, ἐν συγκρίσει μὲ τὰς ἀκτίνες καμπυλότητος. Τὸ σημεῖον O (σχ. 52) καλεῖται **ὀπτικὸν κέντρον** τοῦ φακοῦ. **Δευτερεύοντα ἄξονα** καλοῦμεν οἰανδήποτε εὐθεῖαν, διερχομένην διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου καὶ μὴ παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

Διὰ τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἰσχύει ἡ ἐξῆς πρότασις: «Πᾶσα ἀκτίς, ἡ ὁποία διέρχεται διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, διαδίδεται χωρὶς διάθλασιν, δηλ., εὐθυγράμμως». Τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς: Ἐπειδὴ ὁ φακὸς εἶναι πολὺ λεπτός, αἱ δύο σφαιρικοὶ ἐπιφάνειαι αὐτοῦ, διὰ τὴν περιοχὴν περὶ τὸ ὀπτικὸν κέντρον, δύνανται νὰ θεωρηθῶν ὡς ἐπίπεδοι καὶ παράλληλοι, δηλ., τὸ τμήμα τοῦτο τοῦ φακοῦ συμπεριφέρεται ὡς πλάς, ὁπότε, ὡς γνωστόν, πᾶσα ἀκτίς, προσπίπτουσα ἐπ' αὐτῆς, ἐξέρχεται ἄνευ ἐκτροπῆς (*).

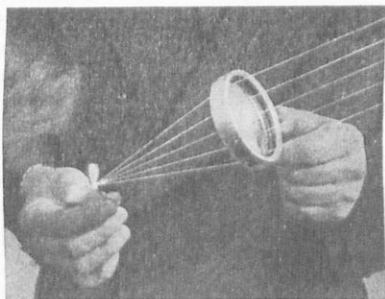
§ 39. Συγκλίνοντες φακοί. Κυρία ἐστία, ἐστιακὴ ἀπόστασις.

Συμφώνως πρὸς τὰ προηγούμενα, ἐὰν παράλληλος μονοχρωματικὴ δέσμη προσπέσῃ ἐπὶ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 53), θὰ συγ-



Σχ. 53.

κεντρωθῇ εἰς ἓν σημεῖον E , τὸ ὁποῖον καλοῦμεν **κυρίαν ἐστίαν** τοῦ φακοῦ. Ὁμοίως, ἐὰν ἡ δέσμη προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ ἄλλου μέρους τοῦ φακοῦ, θὰ συγκεντρωθῇ εἰς ἄλλο σημεῖον E' , εὐρισκόμενον εἰς



Σχ. 54. Αἱ ἡλιακαὶ ἀκτίνες, συγκεντρούμεναι εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ, ἀνάπτουν τὸ πυρεθόν.

(*) Ἡ πλευρικὴ μετατόπισις εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν εἶναι ἀμελητέα.

ἀπόστασιν OE' , ἴσῃν πρὸς τὴν OE . Κατὰ ταῦτα, ὁ συγκλίνων φακὸς ἔχει δύο κυρίας ἐστίας, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν ἐκ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου κατὰ κοινὴν ἀπόστασιν f , τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **ἐστιακὴν ἀπόστασιν** τοῦ φακοῦ. Ἐκ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτὸς προκύπτει ὅτι ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἐκ φωτεινοῦ σημείου, εὗρισκομένου εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φακοῦ, καθίστανται, μετὰ τὴν ἔξοδόν των, παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Τὴν συγκέντρωσιν ὧν τῶν ἀκτίνων μιᾶς παραλλήλου δέσμης εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ δυνάμεθα νὰ ἐπιδείξωμεν, εὐκόλως, διὰ τοῦ πειράματος τοῦ σχήματος 54.

§ 40. Τύπος τῶν κατασκευαστῶν τῶν φακῶν. Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f ἐνὸς φακοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς γεωμετρικῆς του κατασκευῆς (καί, συγκεκριμένως, ἐκ τῶν ἀκτίνων καμπυλότητος R_1 καὶ R_2) καὶ ἐκ τοῦ ὕλικου, ἐκ τοῦ ὁποίου εἶναι κατασκευασμένος ὁ φακὸς (καί, συγκεκριμένως, ἐκ τοῦ δείκτου διαθλάσεως n αὐτοῦ). Ὁ ἀκριβὴς τύπος, βάσει τοῦ ὁποίου οἱ κατασκευάζοντες τοὺς φακοὺς ὑπολογίζουν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, εἶναι ὁ ἑξῆς:

$\frac{1}{f} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	Τύπος τῶν κατασκευαστῶν τῶν φακῶν
--	--------------------------------------

Παρατήρησις. Ἐπειδὴ, πολὺ συχνά, γίνεται σύγχυσις τοῦ τύπου τούτου μετὰ τοῦ τύπου $f = R/2$, τοῦ ἰσχύοντος εἰς τὰ σφαιρικά κάτοπτρα, ὑπενθυμίζομεν ὅτι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ γεωμετρικοῦ σχήματος τοῦ κατόπτρου καί, συγκεκριμένως, ἐκ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R αὐτοῦ, ἐνῶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τῶν φακῶν ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.

§ 41. Σχηματισμὸς εἰδώλου διὰ συγκλίνοντος φακοῦ. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν σχηματίζεται τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου, τῇ βοηθείᾳ συγκλίνοντος φακοῦ, πρέπει νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν τὰ ἑξῆς:

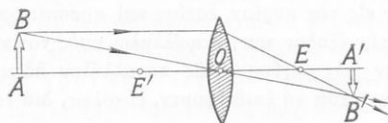
1) Ἀκτίς, διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, διαδίδεται χωρὶς διάθλασιν, δηλ., ἐνθυγράμμως.

2) Ἀκτῖνες, παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, διέρχονται, μετὰ τὴν διάθλασιν, διὰ τῆς κυρίας ἐστίας.

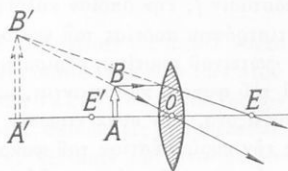
3) Ἀκτῖνες, ἐκκινουσαὶ ἐκ τῆς κυρίας ἐστίας, καθίστανται, μετὰ τὴν διάθλασιν, παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

Ἐστω, ἤδη, φωτεινὸν ἀντικείμενον AB (σχ. 55), κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ εὗρισκόμενον πέραν τῆς κυρίας ἐστίας E' . Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου τοῦ σημείου B , ἀρκεῖ νὰ εὕρωμεν τὸ σημεῖον τομῆς δύο ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἐκ τοῦ σημείου τούτου. Πρὸς τοῦτο, φέρομεν μίαν ἀκτίνα, παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ὁποία, μετὰ τὴν διά-

θλασιν, διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας E . Ἀκολουθῶς, φέρομεν τὴν ἀκτῖνα BO , ἡ ὁποία, ὡς διερχομένη διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, διαδίδεται εὐθυγράμ-



Σχ. 55. Γεωμετρικὴ εὗρεσις τοῦ εἰδώλου, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας E' .



Σχ. 56. Γεωμετρικὴ εὗρεσις τοῦ εἰδώλου, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων O καὶ E' .

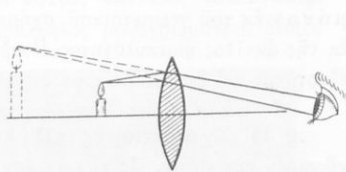
μως, χωρὶς, δηλ., νὰ διαθλασθῇ. Τὸ σημεῖον B' τῆς τομῆς τῶν δύο αὐτῶν ἀκτίνων εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ σημείου B . Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐργαζόμενοι, εὐρίσκομεν ὅτι πᾶν σημεῖον τοῦ ἀντικειμένου AB ἀπεικονίζεται ἐπὶ τῆς εὐθείας $A'B'$. Ἄρα, τὸ $A'B'$ εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου AB . Παρατηροῦμεν ὅτι, ἐν προκειμένῳ, τοῦτο εἶναι πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον.

Ἐάν τὸ ἀντικείμενον τεθῇ μεταξὺ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου O καὶ τῆς κυρίας ἐστίας E' (σχ. 56), τὸ σχηματιζόμενον εἶδωλον $A'B'$ εἶναι φανταστικὸν καὶ ὄρθιον.

Πραγματικὰ εἶδωλα διὰ συγκλίνοντος φακοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ὡς ἑξῆς (σχ. 57): Πρὸ τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ, μεγαλυτέραν



Σχ. 57. Σχηματισμὸς πραγματικοῦ εἰδώλου διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.



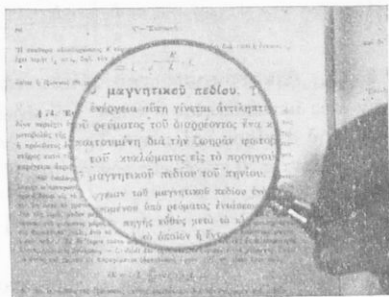
Σχ. 58. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.

τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τοποθετοῦμεν ἀνημμένον κηρίον (ἢ ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα) καὶ ὀπισθεν αὐτοῦ μετακινούμεν τεμάχιον χάρτου, μέχρις ὅτου σχηματισθῇ ἐπ' αὐτοῦ εὐκρινῶς τὸ εἶδωλον τοῦ κηρίου. Παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο εἶναι ἀνεστραμμένον. Ἐάν, ἀκολουθῶς, μεταθέσωμεν τὸ κηρίον κατὰ μῆκος τοῦ ἄξονος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς ἄλλην ἀπόστασιν καὶ ὑπὸ διάφορον μέγεθος.

Ἐάν φέρωμεν τὸ κηρίον μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, εἰς οἵανδήποτε θέσιν καὶ ἂν φέρωμεν τὸν χάρτην, δὲν σχηματίζεται πραγματικὴ εἰκὼν, διότι, εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν, ὡς σχηματιζόμενον ὅχι ὑπὸ πραγμα-

τικῶν ἀκτίνων, ἀλλ' ὑπὸ τῶν προεκτάσεων αὐτῶν. Συνεπῶς, τὸ εἶδωλον τοῦτο μόνον διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ μας δυνάμεθα νὰ τὸ παρατηρήσωμεν (σχ. 58).

Εἰς τὸ σχῆμα 59 ὁ φακὸς ἔχει πλησιάσει τόσον τὴν τυπωμένην σελίδα, ὥστε ἡ ἀπόστασις αὐτῆς ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ νὰ εἶναι μικροτέρα τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ, ὅποτε βλέπομεν διὰ τοῦ φακοῦ τὸ εἶδωλον τῶν γραμμῶν φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον.



Σχ. 59. Διὰ μέσον τοῦ φακοῦ βλέπομεν τὸ φανταστικόν εἶδωλον ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον.

§ 42. Τύπος τῶν συγκλινόντων φακῶν. Ἐὰν καλέσωμεν a καὶ β τὰς ἀποστάσεις τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τινος συγκλίνοντος φακοῦ καὶ f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν αὐτοῦ (σχ. 60), ἀποδεικνύεται ὅτι μεταξύ αὐτῶν ἰσχύει ἡ σχέση

$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$	Τύπος τῶν συγκλινόντων φακῶν	(1)
---	------------------------------	-----

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (1). Ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων $A'OB'$ καὶ AOB τοῦ σχήματος 60 λαμβάνομεν τὴν σχέσηιν

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{O'A'}{OA} \quad (2)$$

Ἀφ' ἑτέρου, ἐκ τῶν (γρμμοσκιασμένων) τριγώνων $A'EB'$ καὶ OEG' λαμβάνομεν

$$\frac{A'B'}{OG'} = \frac{EA'}{OE}$$

Ἐπειδὴ εἶναι $OG' = AB$ καὶ $EA' = OA' - OE$ ἔχομεν

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA' - OE}{OE} \quad (3)$$

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (2) καὶ (3) λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$\frac{OA'}{OA} = \frac{OA' - OE}{OE}$$

$$\frac{\beta}{a} = \frac{\beta - f}{f}$$

ἢ

Διαιροῦντες ἀμφοτέρω τὰ μέλη τῆς ἐξισώσεως ταύτης διὰ β , λαμβάνομεν, τελικῶς, τὸν τύπον

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}. \quad \text{δ.ε.δ.}$$

§ 43. Διερεύνησις τοῦ τύπου τῶν συγκλινόντων φακῶν. Ὡς ἴδωμεν πῶς μεταβάλλεται ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου, ὅταν τὸ ἀντικείμενον κινῆται ἀπὸ τοῦ ἀπείρου καὶ πλησιάζῃ πρὸς ἓνα συγκλίνοντα φακόν.

1) Θέτοντες $a = \infty$ εἰς τὴν σχέσιν (1) τῆς § 42, λαμβάνομεν

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \eta \quad \beta = f.$$

Τὸ εἶδωλον, δηλ., σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ.

2) Ὅταν τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς ἀπόστασιν $a = 2f$, ἔχομεν

$$\frac{1}{2f} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}, \quad \alpha\alpha \quad \beta = 2f.$$

Τὸ εἶδωλον, δηλ., σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, διπλασίαν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὸ ἀντικείμενον καὶ τὸ εἶδωλον κεῖνται συμμετρικῶς ὡς πρὸς τὸν φακόν.

3) Ἄν τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, εἶναι $a = f$ ὁπότε, ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) τῆς § 42, λαμβάνομεν

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \eta \quad \frac{1}{\beta} = 0 \quad \eta \quad \beta = \infty.$$

Τὸ εἶδωλον, δηλ., σχηματίζεται εἰς τὸ ἀπείρου.

4) Τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ὁπότε εἶναι $a < f$. Ὁ τύπος (1) δίδει

$$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} - \frac{1}{a} = \frac{a - f}{a \cdot f}.$$

Ἐπειδὴ τὸ a εἶναι μικρότερον τοῦ f , τὸ β εἶναι ἀρνητικόν. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

Ἀνακεφαλαίωσις.

Ὅταν τὸ ἀντικείμενον, ἔκκινουῖν ἐκ τοῦ ἀπείρου, πλησιάζῃ πρὸς συγκλίνοντα φακόν καὶ φθάσῃ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τὸ εἶδωλον, ἔκκινουῖν ἐκ τῆς κυρίας ἐστίας, ἀπομακρύνεται τοῦ φακοῦ, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸ ἀπείρου. Τὸ εἶδωλον παραμένει, διαρκῶς, πραγματικόν καὶ ἀνέστραμμένον.

Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρεθῇ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται φανταστικόν καὶ ὄρθιον.

§ 44. Μεγέθυνοις. Τὸ πλίκον τοῦ ὕψους τοῦ εἰδώλου διὰ τοῦ ὕψους τοῦ ἀντικειμένου καλεῖται (ἐγκαρσία) **μεγέθυνσις** M τοῦ φακοῦ. Ὅτιοι εἶναι

$$M = \frac{A'B'}{AB} \quad (1)$$

Ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων $A'OB'$ καὶ AOB τοῦ σχήματος 60 ἔχομεν

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} = \frac{\beta}{\alpha},$$

ὁπότε, ἀντικαθιστώντες εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1), λαμβάνομεν τελικῶς τὴν σχέσιν

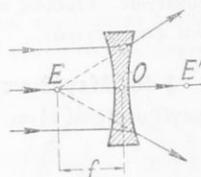
$$M = \frac{\beta}{\alpha}.$$

Ἦτοι, ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ἀποστάσεων τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ.

ΠΙΝΑΞ
(Συγκλίνοντες φακοί)

α	β	Μέγεθος εἰδώλου	Μεγέθυνσις
∞	f	Μηδὲν	Μηδὲν
$2f$	$2f$	ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον	1
f	∞	∞	∞
$< f$	ἀρνητικὸν (φανταστικὸν εἶδωλον)	Μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου	> 1

§ 45. Ἀποκλίνοντες φακοί. Ἄν ἐπὶ ἀποκλίνοντος φακοῦ προσπέσῃ μονοχρωματικὴ παράλληλος δέσμη καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ κυρίου ἄξονος (σχ. 61), μετὰ τὴν διάθλασιν ἀποκλίνει, ἡ δὲ **κυρία ἐστία** E εἶναι φανταστικὴ, ὥς σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν προεκτάσεων τῶν διαθλασθεῖσων ἀκτίνων. Κυρία ἐστία εἶναι, ἐπίσης, καὶ τὸ σημεῖον E' , τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται πρὸς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν OE' , ἴσην πρὸς τὴν OE , τὴν ὁποῖαν καλοῦμεν **ἐστιακὴν ἀπόστασιν** f τοῦ φακοῦ. Καὶ εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν ἰσχύει ὁ τύπος τῶν κατασκευαστῶν τῶν φακῶν

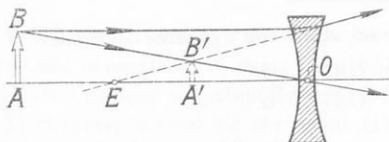


Σχ. 61.

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

ὁ ἰσχύων καὶ διὰ τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς. Εἰς τὸν τύπον, ὅμως, αὐτὸν αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος R_1 καὶ R_2 καθὼς καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f λαμβάνονται ἀρνητικά.

§ 46. Σχηματισμὸς εἰδώλου δι' ἀποκλίνοντος φακοῦ. Θεωρήσωμεν φωτεινὸν ἀντικείμενον AB (σχ. 62), κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα καὶ εἰς οἰανδήποτε ἀπόστα-



Σχ. 62. Γεωμετρικὴ εὗρεσις τοῦ εἰδώλου.

διαθλάται καὶ ἀποκλίνει, ἡ δὲ προέκτασις αὐτῆς διέρχεται διὰ τῆς κυρίας ἐστίας E . Ἀκολουθῶς, φέρομεν καὶ δευτέραν ἀκτῖνα, τὴν BO , διερχομένην διὰ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ. Τὸ σημεῖον τομῆς B' εἶναι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου B . Κατ' ἀνάλογον τρόπον ἐργαζόμενοι, εὐρίσκομεν ὅτι τὰ εἰδῶλα ὄλων τῶν σημείων τοῦ ἀντικειμένου AB εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς εὐθείας $A'B'$, ἡ ὁποία, συνεπῶς, εἶναι τὸ εἶδωλον αὐτοῦ. Τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι φανταστικόν, ὄρθιον καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.

§ 47. Τύπος τῶν ἀποκλινόντων φακῶν. Ὅπως ἀποδεικνύεται, ὁ τύπος, ὁ ὁποῖος συνδέει τὰς ἀποστάσεις α καὶ β τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τοῦ φακοῦ μετὰ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f αὐτοῦ, εἶναι ὁ ἑξῆς:

$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$	Τύπος τῶν ἀποκλινόντων φακῶν
--	------------------------------

Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν τὸ f λαμβάνεται ἄρνητικόν, διότι ὁ φακὸς εἶναι ἀποκλίνων. Ὁμοίως καὶ τὸ β λαμβάνεται ἄρνητικόν, διότι τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

§ 48. Μεγέθυσις. Καὶ εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς εὐρίσκεται ὅτι ἡ μεγέθυσις M εἶναι ἴση πρὸς

$$M = \frac{\beta}{\alpha},$$

δηλαδή ἴση πρὸς τὸν λόγον τῶν ἀποστάσεων τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ.

§ 49. Ἴσχυς φακοῦ. Ἴσχυς I ἐνὸς φακοῦ καλεῖται τὸ ἀντίστροφον $1/f$ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ. Ἦτοι εἶναι

$I = \frac{1}{f}$

Ἡ ἰσχύς εἶναι θετική εἰς τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς καὶ ἀρνητική εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας.

Μονάδες: Εἰς τὸ σύστημα *C.G.S.* ἡ μονὰς ἰσχύος εἶναι τὸ 1 cm^{-1} , εἰς δὲ τὸ Τεχνικὸν σύστημα τὸ 1 m^{-1} .

Ἡ μονὰς 1 m^{-1} καλεῖται καὶ **διοπτρία**. Ὅτιοι εἶναι

$$1 \text{ διοπτρία} = 1 \text{ m}^{-1}.$$

Κατὰ ταῦτα, φακός, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 1 m , ἔχει ἰσχὺν 1 διοπτρίας , ἐνῶ φακός, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm , ἔχει ἰσχὺν 2 διοπτριῶν .

§ 50. Ίσχύς συστήματος λεπτῶν φακῶν. Σύστημα φακῶν, εὐρισκομένων πλησίον ἀλλήλων, ἰσοδυναμεῖ (ἐφόσον εἶναι λεπτὸν) μὲ ἓνα φακόν, τοῦ ὁποίου ἡ ἰσχύς $I_{ολ}$ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα $I_1 + I_2 + I_3 \dots$ τῶν ἰσχύων τῶν συνιστῶντων τὸ σύστημα φακῶν. Ὁῦτω, ἐὰν εἶναι $f_1, f_2, f_3 \dots$ αἱ ἐστιακαὶ ἀποστάσεις τῶν φακῶν τοῦ συστήματος, ἡ ὁλικὴ ἰσχύς θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$I_{ολ} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$$\eta \quad \frac{1}{f_{ολ}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \dots$$

§ 51. Μέτρησις τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως ἐνὸς φακοῦ.

α) **Συγκλίνων φακός:** 1) Σχηματίζομεν ἐπὶ πετάσματος τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου, εὐρισκομένου εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν - π.χ. τοῦ Ἡλίου. Ἡ ἀπόστασις τοῦ πετάσματος ἀπὸ τοῦ φακοῦ ἰσοῦται πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ φακοῦ.

2) Σχηματίζομεν ἐπὶ πετάσματος τὸ πραγματικὸν εἶδωλον φωτεινοῦ ἀντικειμένου (π.χ. τῆς φλογὸς κηρίου) καί, μετροῦντες τὰς ἀποστάσεις α καὶ β τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τοῦ φακοῦ, εὐρίσκομεν, τῇ βοηθείᾳ τοῦ τύπου τῶν φακῶν, τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν.

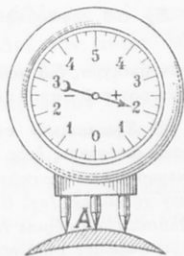
3) Ἐὰν γνωρίζωμεν τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος καὶ τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ ὕλικου τοῦ φακοῦ, δυνάμεθα, τῇ βοηθείᾳ τοῦ τύπου τῶν κατασκευαστῶν τῶν φακῶν, νὰ εὕρωμεν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν.

4) **Διὰ τοῦ σφαιρομέτρου τῶν ὀπτικῶν.** Ὁ τύπος τῶν κατασκευαστῶν τῶν φακῶν δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὡς ἑξῆς:

$$\frac{1}{f} = \frac{n-1}{R_1} + \frac{n-1}{R_2}.$$

Αἱ ἀκτῖνες καμπυλότητος R_1, R_2 εἶναι θετικαὶ διὰ κυρτὰς ἐπιφανείας καὶ ἀρνητικαὶ διὰ κοίλας.

Τὸ **σφαιρόμετρον τῶν ὀπτικῶν** (σχ. 63), τιθέμενον εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας ἐνὸς φακοῦ, παρέχει ἀπ' εὐθείας τὴν τιμὴν τοῦ $(n-1)/R$ εἰς **διοπτρίας**. Πρὸς τοῦτο φέρει δύο ἀκίδας σταθερὰς καὶ μίαν κινητήν, τὴν *A*. Ὅταν τὸ ὄργανον τοποθετηθῇ ἐπὶ τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας ἐνὸς φακοῦ, ἡ ἀκίς *A* μετακινεῖται ἀναλόγως τοῦ $1/R$ καὶ κινεῖ δει-



Σχ. 63. Σφαιρόμετρον τῶν ὀπτικῶν.

κτινη, ὁ ὁποῖος παρέχει ἐνώπιον κλίμακος τὴν τιμὴν τοῦ $(n-1)/R$ εἰς *διοπτρίας*. Ἐάν, λοιπόν, τὸ ὄργανον τεθῇ, διαδοχικῶς, ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, θὰ μᾶς δώσῃ, εἰς *διοπτρίας*, τὰς τιμὰς τῶν $(n-1)/R_1$ καὶ $(n-1)/R_2$ (*). Τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν δύο ἐνδείξεων ἰσοῦται μὲ τὴν ἰσχύϊν τοῦ φακοῦ. Οὕτω, ἐάν τὸ ὄργανον, τοποθετούμενον ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, δείξῃ ἀντιστοιχῶς $+4,5$ *διοπτρίας* καὶ -1 *διοπτρίαν*, ἡ ἰσχύς τοῦ φακοῦ θὰ εἶναι ἴση πρὸς $+3,5$ *διοπτρίας*.

β) *Ἀποκλίνων φακός*. Αἱ μέθοδοι (3) καὶ (4) χρησιμοποιοῦνται καὶ διὰ τὴν εὕρεσιν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως ἀποκλινόντων φακῶν. Ἐκτὸς αὐτῶν, ὁμως, ὑπάρχουν καὶ ἄλλαι.

★ § 52. *Σφάλματα τῶν φακῶν*. Οἱ φακοὶ παρουσιάζουν διάφορα σφάλματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὰ συνηθέστερα εἶναι τὰ ἑξῆς:

1) *Σφάλμα ἐκ σφαιρικότητος* (ἢ *σφαιρικὴ ἐκτροπή*). Τὸ σφάλμα τοῦτο παρουσιάζεται, ὅταν ὁ φακός δὲν εἶναι λεπτός, ὁπότε ἡ διάμετρος αὐτοῦ εἶναι μεγάλη, ἐν σχέσει πρὸς τὰς ἀκτῖνας καμπυλότητος. Εἰς τὸ σχῆμα 64 παρατηροῦμεν ὅτι ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν εἰς τὴν περιοχὴν περὶ τὸ κέντρον τοῦ φακοῦ (I), συγκεντροῦνται εἰς ἐστίαν, διάφορον ἐκείνης εἰς τὴν ὁποίαν συγκεντροῦνται αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν ἐπὶ τῶν περιφερειακῶν ζωνῶν τοῦ φακοῦ (II). Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Αἱ ἀκτῖνες, αἱ προσπίπτουσαι κατὰ τὴν περιφέρειαν τοῦ φακοῦ, ὑφίστανται μεγαλύτεραν διάθλασιν (δηλ., ἡ γωνία ἐκτροπῆς εἶναι μεγαλύτερα), διότι ἡ θλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὰ σημεῖα τῆς περιφέρειας τοῦ φακοῦ, εἶναι μεγάλη. Ἀντιθέτως, αἱ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι προσπίπτουν εἰς τὴν περιοχὴν περὶ τὸ κέντρον τοῦ φακοῦ, ὑφίστανται μικροτέραν διάθλασιν, διότι ἡ θλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος, τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὰ σημεῖα τῆς περιοχῆς ταύτης, εἶναι μικρά.

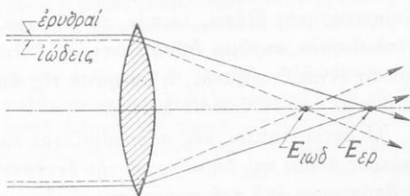
Σχ. 64. Σφαιρικὴ ἐκτροπή.

Τὸ σφάλμα ἐκ σφαιρικότητος ἐνὸς φακοῦ μεγάλης διαμέτρου περιορίζεται, ἐάν πρὸ τοῦ φακοῦ τοποθετήσωμεν διάφραγμα, φέρον κυκλικὸν ἄνοιγμα, διὰ τοῦ ὁποῖου διέρχονται μόνον αἱ ἀκτῖνες, αἱ προσπίπτουσαι κατὰ τὸ κέντρον τοῦ φακοῦ (I), ὁπότε, ὁμως, ἡ φωτεινότης τοῦ φακοῦ ἐλαττωταί.

2) *Χρωματικὸν σφάλμα* (ἢ *χρωματικὴ ἐκτροπή*). Ὅπως ἤδη γνωρίζομεν, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς φακοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ δείκτου διαθλάσεως (τύπος τῶν κατασκευαστῶν τῶν φακῶν). Ἐπομένως, ἐάν ἐπὶ τινος φακοῦ προσπίπτουν ἀκτῖνες διαφόρων χρωμάτων (σχ. 65), ἐπειδὴ ἡ ὕψος ἔχει δι' ἑκαστον χρῶμα ἄλλον δείκτην διαθλάσεως, αἱ κύριαί ἐστίαί διὰ τὰ διάφορα χρώματα δὲν θὰ συμπίπτουν. Ἐάν, λοιπόν, φέρωμεν φύλλον χάρτου εἰς τὴν θέσιν $E_{\text{ωδ}}$, εἰς τὴν ὁποίαν συγκεντροῦνται, π.χ., αἱ ἰώδεις ἀκτῖνες, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ εἶδωλον κατὰ τὸ κέντρον εἶναι

(*) Ἡ τιμὴ τοῦ δείκτου διαθλάσεως εἶναι, πρακτικῶς, ἡ αὐτὴ διὰ τὰς διαφόρους ὑάλους, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν συνηθῶν φακῶν.

ἐντονον καὶ ἰώδες, ἐνῶ κατὰ τὴν περιφέρειαν ἀσθενὲς καὶ ἐρυθρόν. Τὸ ἀντίθετον θὰ παρτηρήσωμεν, ἐὰν φέρωμεν τὸ φύλλον τοῦ χάρτου εἰς τὸ σημεῖον $E_{ερ}$. Ἐὰν ἡ προσπίπτουσα δέσμη εἶναι δέσμη λευκοῦ φωτός, εἶναι προφανές ὅτι τὸ σχηματίζομενον εἶδωλον θὰ παρουσιάζεται ἀσφές καὶ ἑγχρωμον. Τὸ σφάλμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον καλεῖται **χρωματικὸν σφάλμα**, αἴρεται διὰ χρήσεως *συνθέτων φακῶν*, δηλ., συστήματος φακῶν (συγκλινόντων καὶ ἀποκλινόντων), οἱ ὅποιοι κατασκευάζονται ἐκ διαφόρων ὕλικῶν. Οἱ τοιοῦτοι σύνθετοι φακοὶ καλοῦνται **ἀχρωστικοὶ φακοί**.

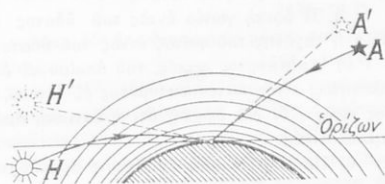


Σχ. 65. Χρωματικὴ ἐκτροπή.

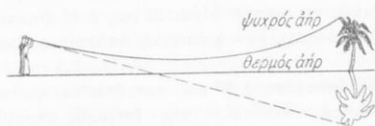
3) **'Αστigmatismos** (ἡ ἀστιγματικὴ ἐκτροπή). Τὸ σφάλμα τοῦτο εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ ἀντίστοιχον τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων καὶ παρουσιάζεται, ὅταν αἱ προσπίπτουσαι ἀκτίνες σχηματίζουν μεγάλην γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ.

§ 53. 'Ατμοσφαιρική διάθλασις. Ὡς γνωστόν, ἡ πυκνότης τῆς ἀτμοσφαίρας μεταβάλλεται μετὰ τοῦ ὕψους καί, ὥς ἐκ τούτου, ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ἀέρος εἶναι διάφορος εἰς τὰ διάφορα στρώματα. Μία φωτεινὴ ἀκτίς, λοιπόν, προερχομένη

ἐκ τινος ἀστέρος A (σχ. 66), ὑφίσταται συνεχεῖς διαθλάσεις καί, ὥς ἐκ τούτου, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, ἔχει ἀλλάξει διεύθυνσιν. Κατὰ συνέπειαν, ἐπειδὴ ὁ ὀφθαλμὸς τοποθετεῖ τὴν φωτεινὴν πηγὴν εἰς τὴν προέκτασιν τῆς ἀκτίνος, ἡ ὁποία εἰσχωρεῖ εἰς αὐτόν, ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τὸ φῶς προέρχεται ἐκ τοῦ σημείου A' . Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀτμοσφαιρική διάθλασις** καὶ προκαλεῖται φαινομένην ἀνύψωσιν τῶν διαφόρων ἀστέρων. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον, ἐνῶ ὁ ἥλιος H εὐρίσκεται ἀκόμη ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα (σχ. 66, ἀριστερά), φαίνεται ὑπὲρ αὐτὸν (θέσις H').



Σχ. 66. Φαινομένη ἀνύψωσις τῶν ἀστέρων καὶ τοῦ Ἡλίου.



Σχ. 67. 'Αντικατοπτρισμός.

εὐρισκόμενον ἐν ἐπαφῇ πρὸς αὐτό, θερμαίνεται πολὺ καί, ὥς ἐκ τούτου, γίνεται ἀραιότερον τῶν ὑπερκειμένων στρωμάτων. Αἱ φωτεινὴ ἀκτίνες, λόγφ

Εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικήν διάθλασιν ὀφείλεται καὶ ὁ **ἀντικατοπτρισμός** (σχ. 67): Εἰς περιοχάς, εἰς τὰς ὁποίας τὸ ἔδαφος θερμαίνεται ἰσχυρῶς (π.χ., εἰς τὰς ἐρήμους), τὸ στρώμα τοῦ ἀέρος, τὸ

διαθλάσεως, ὑφίστανται διαρκῇ κάμψιν πρὸς τὰ ἄνω καί, συνεπῶς, ἀκτὶς προερχομένη, π.χ., ἐκ τῆς κορυφῆς ἐνὸς δένδρου, φθάνει εἰς τὸν παρατηρητήν, ἀφοῦ ἀκολουθήσῃ τὸν δρόμον, τὸν ὑποδεικνύομενον εἰς τὸ σχῆμα 67. Ὁ παρατηρητὴς βλέπει, λοιπόν, τὸ εἶδωλον τοῦ δένδρου ἀνεστραμμένον, ὥς ἐὰν τὸ θερμὸν στρώμα ἦτο κάτωτρον. Ὅταν τὸ ἀντικατοπτριζόμενον ἀντικείμενον εἶναι ὁ οὐρανός, ἡ ὑπεράνω τῆς ἄμμου ἐμφανιζομένη κυανῇ εἰκὼν δημιουργεῖ τὴν ἐντύπωσιν λίμνης.

Ὁ ἀντικατοπτρισμὸς παρουσιάζεται καὶ παρ' ἡμῖν εἰς εὐθεῖς ἀσφαλτοστρώτους ὁδοὺς καὶ δημιουργεῖ τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τὸ ὁδόστρωμα, εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ παρατηρητοῦ, ἔχει καταβρεχθῆ.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορίαι Α'

- 1) Ἀκτὶς κίτρινου φωτός νατρίου προσπίπτει, ὑπὸ γωνίαν 60° , ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος. Κατὰ πόσον θὰ ἐκτραπῇ ἡ ἀκτὶς αὕτη ἐντὸς τοῦ ὕδατος; (ΑΠ: $19,5''$)
- 2) Ποία ἡ ταχύτης τοῦ φωτός α) ἐντὸς τῆς ὑάλου καὶ β) ἐντὸς τοῦ ἀδάμαντος; (ΑΠ: α) $2 \cdot 10^{10} \text{ cm sec}^{-1}$ β) $1,24 \cdot 10^{10} \text{ cm sec}^{-1}$)
- 3) Ποῖος ὁ λόγος τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς ὑάλου πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός εἰς τὸ κενόν; (ΑΠ: $0,66$)
- 4) Ἡ ὀριζή γωνία ἐντὸς τοῦ ὕδατος διὰ τὸ κίτρινον φῶς νατρίου εἶναι 49° . Ποία ἡ ταχύτης τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ ὕδατος; (ΑΠ: $2,265 \cdot 10^{10} \text{ cm sec}^{-1}$)
- 5) Ἀμφίκυρτος φακός, τοῦ ὁποίου αἱ ἐπιφάνειαι ἔχουν τὴν αὐτὴν ἀκτίνα καμπυλότητος, εἶναι κατεσκευασμένοι ἐξ ὕλικου, τοῦ ὁποίου ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι ἴσος πρὸς $1,5$. Νὰ δευχθῇ ὅτι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἰσοῦται πρὸς τὴν κοινὴν ἀκτίνα καμπυλότητος.
- 6) Ποία ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἀμφίκυρτου φακοῦ, ἀκτίνων καμπυλότητος 25 cm καὶ 35 cm καὶ δείκτου διαθλάσεως $1,6$; (ΑΠ: $24,3 \text{ cm}$)
- 7) Ἐπιτεδόκυρτος φακός ἔχει ἀκτίνα καμπυλότητος 30 cm καὶ δείκτην διαθλάσεως $1,5$. Πόσον ἀπέχουν αἱ δύο κύριαι ἐστῖαι τοῦ φακοῦ; (ΑΠ: 120 cm)
- 8) Ποία ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις μιᾶς σταγόνος ὕδατος, ἡ ὁποία ἔχει ἀκτίνα καμπυλότητος 2 mm καὶ συμπεριφέρεται ὡς λεπτός φακός; (ΑΠ: 3 mm)
- 9) Συγκλίνων φακός, δείκτου διαθλάσεως $1,5$, ἔχει ἴσας ἀκτίνες καμπυλότητος. Ἄν ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ εἶναι 33 cm , ποῖαι αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος; (ΑΠ: 33 cm)
- 10) Ἐπιτεδόκυρτος φακός ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν 12 cm . Ποία ἡ ἀκτὶς καμπυλότητος τοῦ φακοῦ, ἐὰν ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι $1,5$; (ΑΠ: 6 cm)
- 11) Ἡ μία ἀκτὶς καμπυλότητος ἀμφίκυρτου φακοῦ εἶναι 15 cm , ὁ δὲ δείκτης διαθλάσεως $1,5$. Ποία ἡ ἄλλη ἀκτὶς καμπυλότητος, ἐὰν ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι 10 cm ; (ΑΠ: $7,5 \text{ cm}$)
- 12) Πρὸ συγκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 10 cm , τοποθετεῖται φωτεινὸν ἀντικείμενον, ὅπως 2 cm καὶ εἰς ἀπόστασιν διπλασίαν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Εἰς ποῖαν θέσιν θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ ποῖον τὸ μέγεθος αὐτοῦ; (ΑΠ: 20 cm , 2 cm)
- 13) Εἰς ἀπόστασιν a ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, διπλασίαν τῆς ἐστιακῆς του ἀποστάσεως, εὐρίσκεται φωτεινὸν βέλος. Ζητεῖται τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου του. (ΑΠ: ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον)
- 14) Φλὸξ κηρίου, ὅπως 3 cm , τοποθετεῖται ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας ἀποκλίνοντος

φακοῦ, ἑστιακῆς ἀποστάσεως 20 cm. Ποία ἡ θέσις καὶ ποῖον τὸ ὕψος τοῦ σχηματιζομένου εἰδώλου;
(ΑΠ: -10 cm, 1,5 cm)

15) Συγκλίνων φακὸς σχηματίζει ἐπὶ διαφράγματος, ἀπέχοντος ἀπ' αὐτοῦ κατὰ 1,5 m, εἶδωλον, τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος εἶναι 8 φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Νὰ εὑρεθῇ εἰς ποῖαν ἀπόστασιν εὑρίσκεται τὸ ἀντικείμενον καὶ ποία εἶναι ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ.
(ΑΠ: 18,75 cm, 6 διοπτρίαι)

16) Πρὸ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν 6 cm ἀπ' αὐτοῦ τοποθετεῖται φωτεινὸν ἀντικείμενον, τοῦ ὁποίου τὸ εἶδωλον σχηματίζεται φανταστικὸν καὶ εἰς ἀπόστασιν 18 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ.
(ΑΠ: 11,1 m⁻¹)

17) Ποία ἡ ἰσχὺς (εἰς διοπτρίας) ἐνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἑστιακῆς ἀποστάσεως -20 cm;
(ΑΠ: -5 διοπτρίαι)

18) Εἰς ἀπόστασιν 55 cm ἀπὸ φακοῦ προβολῆς, ἰσχύος 2 διοπτρίων, τίθεται λαμπτήρ με νῆμα εὐθύγραμμον. Εἰς ποῖαν ἀπόστασιν θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον τοῦ νήματος καὶ ποία ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ;
(ΑΠ: 550 cm, 10)

19) Διὰ συγκλίνοντος φακοῦ σχηματίζομεν ἐπὶ πετάσματος εἶδωλον, τριπλάσιον τοῦ ἀντικειμένου. Ἄν ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶναι 80 cm, ποία ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ;
(ΑΠ: 5 m⁻¹)

20) Φακὸς ἔχει ἰσχὺν 0,5 cm⁻¹. Ποία ἡ ἰσχὺς εἰς διοπτρίας;
(ΑΠ: 50 διοπτρίαι)

Κατηγορία Β'

1) Ἐὰν ὁ δείκτης διαθλάσεως μιᾶς ὑάλου εἶναι 1,6, ποῖος θὰ εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως αὐτῆς ὡς πρὸς τὸ ὕδωρ;
(ΑΠ: 1,2)

2) Φωτεινὴ ἀκτίς προσπίπτει ὑπὸ γωνίαν 45° ἐπὶ διαφανοῦς μέσου καὶ ἐκτρέπεται κατὰ γὰν 15°. Ποῖος ὁ δείκτης διαθλάσεως;
(ΑΠ: 1,414)

3) Στρώμα ἐλαίου, δείκτου διαθλάσεως 1,47, εὑρίσκεται ἄνωθεν στρώματος ὕδατος, φῶς δέ, προσπίπτει καθέτως, διαπερᾷ τὰ δύο στρώματα εἰς ἴσου χρόνον. Ποῖος ὁ λόγος τοῦ πάχους τῶν δύο στρωμάτων;
(ΑΠ: 0,9)

4) Ἀκτίς κιτρίνου φωτὸς νατρίου ἐξέρχεται καθέτως ἐκ τῆς δευτέρας ἑδρας πρίσματος, θλαστικῆς γωνίας 30°. Ποῖος ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ πρίσματος, ἐὰν ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι 45°;
(ΑΠ: 1,414)

5) Ὑπὸ ποῖαν γωνίαν πρέπει νὰ προσπέσῃ φωτεινὴ ἀκτίς ἐπὶ πρίσματος, θλαστικῆς γωνίας 60° καὶ δείκτου διαθλάσεως 1,5, ἵνα ἐξέρχεται ἐκ τοῦ πρίσματος ὑπὸ γωνίαν, ἴσην πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως;
(ΑΠ: 48,5° περίπου)

6) Ἐπὶ τῆς μιᾶς ἐκ τῶν καθέτων ἑδρῶν πρίσματος, τομῆς ὀρθογωνίου ἰσοσκελοῦς τριγώνου, προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτίς παραλλήλως πρὸς τὴν ὑποτείνουσαν αὐτοῦ Ἐν συνεχείᾳ, ἡ ἀκτίς αὕτη ἀνακλᾶται ὀλικῶς ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσας. Νὰ δειχθῇ ὅτι ἡ ἀκτίς, ἡ ἐξερχομένη ἐκ τῆς ἄλλης καθέτου ἑδρας, θὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν ὑποτείνουσαν.

7) Μονοχρωματικὴ ἀκτίς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας ὑαλίνου πρίσματος, θλαστικῆς γωνίας 4°, ἐξερχομένη δὲ αὐτοῦ προσπίπτει ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου, παραλλήλου πρὸς τὴν πρώτην ἑδραν τοῦ πρίσματος. Νὰ εὑρεθοῦν α) ἡ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου γωνία προσπτώσεως καὶ β) ἡ ὀλικὴ ἐκτροπὴ.
(ΑΠ: 2°, 178°)

8) Ἐπὶ πρίσματος, τοῦ ὁποίου ἡ κυρία τομὴ εἶναι ἰσοπλευρον τρίγωνον, προσπίπτει καθέτως ἐπὶ μιᾶς τῶν ἑδρῶν τοῦ ἀκτίς μονοχρωματικῇ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία ἐκτροπῆς, ἂν ὁ δείκτης, διαθλάσεως εἶναι 1,5 καὶ νὰ σχεδιασθῇ ἡ πορεία τῆς ἀκτίνος.
(ΑΠ: 60°)

9) Ἐστω συγκλίνων φακὸς με ἴσας ἀκτίνας καμπυλότητος καὶ δείκτην διαθλάσεως 1,5. Τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου, τεθέντος εἰς ἀπόστασιν 50 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ, σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 75 cm ἀπ' αὐτοῦ. Νὰ εὑρεθῇ α) ἡ ἀκτίς καμπυλότητος

τοῦ φακοῦ καὶ β) τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου, ἐάν τὸ ἀντικείμενον ἔχῃ ὕψος 8 cm.

(ΑΠ: 30 cm, 12 cm)

10) Ἀμφίκυρτος φακός, με ἀκτῖνας καμπυλότητος 7 cm καὶ 9 cm, δίδει, εἰς ἀπόστασιν 9 cm, πραγματικὸν εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου, τεθέντος εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ. Ποῖος ὁ δείκτης διαθλάσεως;

(ΑΠ: 1,634)

11) Συγκλίνων φακός ἐξ ὕλικου, δείκτου διαθλάσεως 1,52, ἔχει ἐστιακὴν ἀπόστασιν 10 cm εἰς τὸν ἀέρα. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ αὐτοῦ φακοῦ ἐντὸς τοῦ ὕδατος;

(ΑΠ: 36,4 cm)

12) Κηρίον ἀπέχει ἀπὸ τινος διαφράγματος κατὰ 160 cm. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις ἐνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, ὁ ὁποῖος θὰ παρείχεν ἐπὶ τοῦ διαφράγματος τὸ εἶδωλον τοῦ κηρίου τρεῖς φορές μεγαλύτερον;

(ΑΠ: 30 cm)

13) Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 20 cm, πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, ὥστε τὸ εἶδωλον αὐτοῦ νὰ ἔχῃ ὕψος, τετραπλάσιον τοῦ ὕψους τοῦ ἀντικειμένου;

(ΑΠ: Δύο λύσεις: 25 cm, 15 cm)

14) Τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου, τεθέντος εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 50 cm ἀπ' αὐτοῦ. Κατὰ πόσον θὰ μετακινήθῃ τὸ εἶδωλον, ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάσῃ κατὰ 1 m πρὸς τὸν φακόν;

(ΑΠ: Κατὰ 16,7 cm)

15) Συγκλίνων φακός σχηματίζει εὐκρινῶς ἐπὶ τινος διαφράγματος τὸ εἶδωλον τοῦ νήματος ἐνὸς λαμπτήρος. Ἐάν μετακινήσωμεν τὸν φακὸν κατὰ 30 cm πρὸς τὸ διάφραγμα, παρατηροῦμεν ὅτι σχηματίζεται ἐπίσης σαφὲς εἶδωλον τοῦ νήματος, τοῦ ὁποίου ὅμως, τὸ μέγεθος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ $\frac{1}{4}$ τοῦ πρώτου. Ποία ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ;

(ΑΠ: 20 cm)

16) Πῶς εἶναι δυνατόν νὰ κατασκευασθῇ συγκλίνων φακός, ἰσχύος 8 διοπτριῶν ἐξ ὕλικου, δείκτου διαθλάσεως 1,5;

(ΑΠ: α) Ἀμφίκυρτος με ἴσας ἀκτῖνας καμπυλότητος $R_1=R_2=12,5$ cm,

β) Ἐπιπεδόκυρτος με ἀκτῖνα καμπυλότητος 6,25 cm,

γ) Ἀπειροὶ λύσεις με ἀνίσους ἀκτῖνας καμπυλότητος)

17) Νὰ δειχθῇ ὅτι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις συστήματος δύο ὁμοίων φακῶν (ἐν ἐπαφῇ), τῆς αὐτῆς ἰσχύος, εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἡμῖσις τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως ἐνὸς ἐξ αὐτῶν.

18) Ποία ἡ ἰσχύς δύο φακῶν ἐν ἐπαφῇ, ἰσχύων $+30$ διοπτριῶν καὶ -10 διοπτριῶν; Ποία ἡ ἰσοδύναμος ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ συστήματος τῶν δύο φακῶν;

(ΑΠ: 20 m⁻¹, 5 cm)

19) Φακός, ἰσχύος 5 διοπτριῶν, πρέπει νὰ συνδυασθῇ πρὸς ἕτερον φακόν, ὥστε νὰ προκύψῃ σύστημα, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 60 cm. Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ δευτέρου φακοῦ;

(ΑΠ: -30 cm)

20) Πρὸ συγκλίνοντος φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπ' αὐτοῦ τίθεται ἀντικείμενον, τὸ δὲ πραγματικὸν εἶδωλον αὐτοῦ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν 60 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ. Ὄταν ὁ φακός αὗτος συνδυασθῇ με ἀποκλίνοντα φακόν, εὐρίσκομεν ὅτι ἀντικείμενον, τιθέμενον εἰς ἀπόστασιν 24 cm ἐκ τοῦ συστήματος τῶν δύο φακῶν, δίδει πραγματικὸν εἶδωλον εἰς ἀπόστασιν 72 cm ἀπὸ τοῦ συστήματος. Ποία ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ;

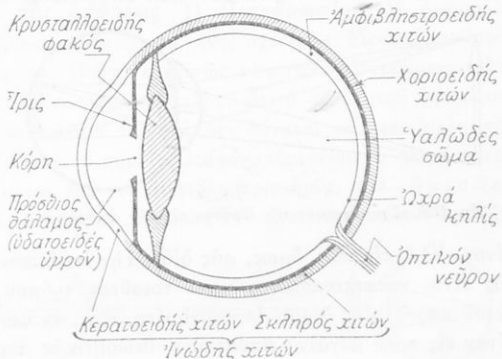
(ΑΠ: -36 cm)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΟΦΘΑΛΜΟΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

§ 54. Ὁ ὀφθαλμός. Ἐντὸς κοιλότητος τοῦ κρανίου, καλουμένης *ὀφθαλμικῆς κόγχης*, εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμός. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν βολβόν, ἀπὸ βοηθητικὰ καὶ προστατευτικὰ ὄργανα καὶ ἀπὸ μῦς, οἱ ὁποῖοι κινοῦν τὸν βολβὸν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.

Ὁ βολβὸς (σχ. 68) ἔχει σχῆμα, περίπου, σφαιρικόν, τὸ δὲ τοίχωμά του ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς χιτῶνας· τὸν ἰνώδη (ἐξωτερικόν), τὸν χοριοειδῆ καὶ τὸν ἀμφιβληστροειδῆ. Ὁ ἰνώδης χιτὼν εἶναι λίαν ἀνθεκτικὸς καὶ προφυλάσσει τὰ εὐαίσθητα μέρη τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τὸ μὲν πρόσθιον μέρος αὐτοῦ εἶναι διαφανὲς καὶ ὀνομάζεται *κερατοειδῆς χιτῶν*, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τμήμα του εἶναι ἀδιαφανές, λευκὸν ἐξωτερικῶς καὶ καλεῖται *σκληρὸς χιτῶν*. Ὁ μεσαῖος χιτὼν καλεῖται

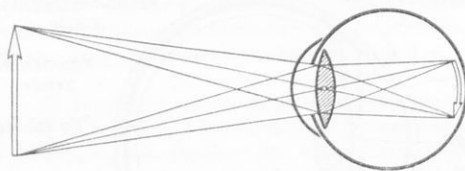


Σχ. 68. Ὁφθαλμός.

χοριοειδῆς χιτῶν, ἐντὸς αὐτοῦ δὲ ὑπάρχουν τὰ αἰμοφόρα ἀγγεῖα τοῦ ὀφθαλμοῦ. Ὁ χιτὼν οὗτος καταλήγει εἰς τὸ πρόσθιον μέρος εἰς κυκλικὸν διάφραγμα, τὸ ὁποῖον καλεῖται *Ἴρις*. Εἰς τὸ κέντρον τῆς ἱριδος ὑπάρχει ὀπή, ἡ ὁποία καλεῖται *κόρη* καὶ διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται τὸ φῶς ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ. Διὰ καταλήλων μυῶν, ἡ Ἴρις συστέλλεται ἢ διαστέλλεται καί, οὕτω, ρυθμίζεται τὸ ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ εἰσερχόμενον φῶς. Τέλος, ὁ τρίτος χιτὼν (ἐσώτατος) ὀνομάζεται *ἀμφιβληστροειδῆς* καὶ ἀποτελεῖ τὸν αἰσθητήριον χιτῶνα τοῦ βολβοῦ, διότι εἰς αὐτὸν ἐξαπλοῦται τὸ αἰσθητήριον νεῦρον, τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ἐκ τοῦ ὀπισθίου μέρους αὐτοῦ καὶ συνδέει τὸν ὀφθαλμὸν μετὰ τοῦ ἐγκεφάλου. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς κεῖνται τὰ ὀπτικά κύτταρα—τὰ καλούμενα *κωνία* καὶ *ραβδία*—τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν διὰ τὴν ὄρασιν καὶ τὴν διάκρισιν τῶν χρωμάτων. Ὁπισθεν τῆς ἱριδος εὐρίσκεται ὁ *κρυσταλλοειδῆς φακός*, ὁ ὁποῖος εἶναι διαφανὲς καὶ ἔχει σχῆμα ἀμφικύρτου φακοῦ μετὰ διαφόρους ἀκτῖνας καμπυλότητος. Ὁ χῶρος μετὰ τὸν κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ τοῦ φακοῦ καλεῖται *πρόσθιος θάλαμος* καὶ εἶναι πλήρης διαφανοῦς καὶ ἀχρόου ὑγροῦ, τὸ

ὁποῖον καλεῖται **ὕδατοειδὲς ὕγρυν**. Ὁ χῶρος, ὃ εὐρυσκόμενος ὅπισθεν τοῦ φακοῦ, πληροῦται δι' ἑνὸς διαφανοῦς, ἀλλὰ πηκτώδους ὕγρου, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ὕαλῶδες σῶμα**. Ὀλίγον ἄνωθεν τοῦ σημείου, εἰς τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται τὸ ὀπτικὸν νεῦρον, εὐρίσκεται ἡ **ὠχρὰ κηλὶς**, ἡ ὁποία καὶ παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέραν εὐαισθησίαν εἰς τὸ φῶς.

§ 55. Μηχανισμὸς τῆς ὁράσεως. Κατὰ τ' ἄνωτέρω, ὁ ὀφθαλμὸς ὁμοιάζει μὲ φωτογραφικὴν μηχανήν, εἰς τὴν ὁποίαν ὁ βολβὸς ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον, ἡ ἱρίς εἰς τὸ διάφραγμα, ὁ κρυσταλλοειδὴς φακὸς εἰς τὸν φακὸν καὶ ὁ ἀμφιβληστροειδὴς χιτῶν εἰς τὴν εὐπαθεῖ φωτογραφικὴν πλάκα. Φωτεινὰ ἀκτῖνες, προερχόμεναι ἐκ τινος ἀντικειμένου (σχ. 69), προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ὀφθαλμοῦ καί, διερχόμεναι διὰ τοῦ κερατοειδοῦς χι-



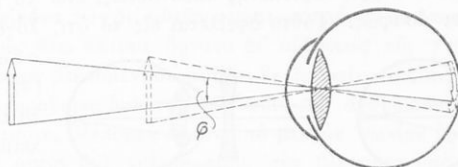
Σχ. 69. Σχηματισμὸς τῆς εἰκόνος εἰς τὸν ὀφθαλμόν.

τῶνος, τῆς κόρης, τοῦ φακοῦ καὶ τοῦ ὑαλώδους σώματος, σχηματίζουσιν, τῇ βοήθειᾳ τοῦ φακοῦ, ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, μικρότερον καὶ ἀνέστραμ-

μένον. Ὁ ἐγκέφαλος, ὅμως, μᾶς δίδει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ὀρθοῦ. Ὁ ὀφθαλμὸς εἶναι κατεσκευασμένος κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ἐὰν προσέσῃ ἐπ' αὐτοῦ παράλληλος δέσμη (προερχομένη, π.χ., ἐκ φωτεινοῦ σημείου, εὐρίσκομεν εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν· θεωρητικῶς ἄπειρον), νὰ συγκεντρωθῇ εἰς ἓν σημεῖον, εὐρυσκόμενον, ἀκριβῶς, ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Συνεπῶς, θὰ ἔπρεπεν, ὅταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον πλησιάσῃ πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, τὸ εἶδωλον αὐτοῦ νὰ σχηματισθῇ ὅπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ὁ ὀφθαλμός, ὅμως, ἔχει τὴν ἱκανότητα νὰ μεταβάλλῃ, αὐτομάτως, τὴν καμπυλότητα τῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ (ἐπομένως καὶ τὴν ἐστιακὴν τοῦ ἀπόστασιν), ὥστε τὸ εἶδωλον νὰ σχηματίζεται πάντοτε ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (**προσαρμογὴ τοῦ ὀφθαλμοῦ**). Ὁ ὀφθαλμὸς οὗτος, ὃ ὁποῖος δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς καὶ τὰ μακρὰ καὶ τὰ πλησίον ἀντικείμενα, καλεῖται **κανονικὸς ὀφθαλμός**. Διὰ κανονικὸν ὀφθαλμόν ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὁποίαν δύναται νὰ πλησιάσῃ ἓν σημεῖον, ὥστε νὰ βλέπῃ αὐτὸ εὐκρινῶς καὶ ἀκόπως, εἶναι, περίπου, ἴση πρὸς 25 cm καὶ καλεῖται **ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως**.

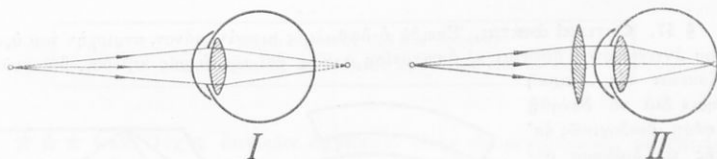
Γωνία ὁράσεως. Ἡ γωνία φ (σχ. 70), ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν ἓν ἀντικείμενον, καλεῖται **γωνία ὁράσεως**. Ὅπως προκύπτει ἐκ τοῦ σχήματος, ὅσον πλησιέστερον πρὸς τὸν ὀφθαλμόν εὐρίσκεται τὸ ἀντικείμενον, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ γωνία ὁράσεως καί, συνεπῶς, τόσον μεγαλύτερον τὸ εἶδωλον. Ὅταν θέλωμεν νὰ διακρίνωμεν λεπτομερείας τοῦ ἀντικειμένου, πλησιάζομεν αὐτὸ εἰς τὸν ὀφθαλμόν, διότι τότε αὐξάνεται ἡ γωνία ὁράσεως.

Ὅπως, ὅμως, εἶδομεν ἡ ἀπόστασις αὕτη δὲν δύναται νὰ γίνῃ μικροτέρα τῆς ἐλαχίστης ἀποστάσεως τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως (25 cm).



Σχ. 70. Ὅσον τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, τόσον αὐξάνεται ἡ γωνία ὁράσεως.

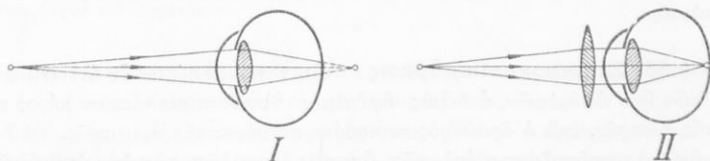
§ 56. Ἀνωμαλίας τῆς ὁράσεως. 1) **Πρεσβυωπία.** Ἡ ἀνωμαλία αὕτη, ἡ ὁποία παρουσιάζεται εἰς ἄτομα μεγάλης σχετικῶς ἡλικίας, συνίσταται εἰς τὸ ὅτι ὁ ὀφθαλμός, ἐνῶ βλέπει εὐκρινῶς τὰ μακρὰν ἀντικείμενα, ἀδυνατεῖ νὰ ἴδῃ τὰ πλησίον. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ φακὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ ἔχει χάσει, πλέον, τὴν ἐλαστικότητά του καὶ δὲν δύναται νὰ μεταβάλλῃ τὴν ἐστιακὴν του ἀπόστασιν. Φωτεινὰ σημεῖα, λοιπόν, εὐρισκόμενα πλησίον τοῦ ὀφθαλμοῦ, δὲν ἀπεικονίζονται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, ἀλλ' ὀπισθεν αὐτοῦ (σχ. 71, I) καί, ὥς ἐκ τούτου, ἡ εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζε-



Σχ. 71. Πρεσβυωπία καὶ διόρθωσις αὐτῆς.

ται ἀσαφής. Ἡ ἀνωμαλία διορθοῦται διὰ χρήσεως συγκλινόντων φακῶν (II).

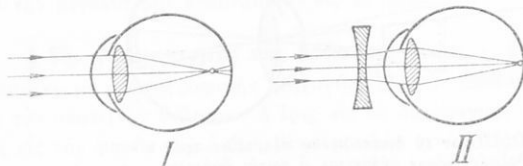
2) **Ὑπερμετρωπία.** Ὅταν ὁ βολβὸς ἔχῃ βάθος, μικρότερον τοῦ κανονικοῦ (σχ. 72, I), ὁ φακὸς σχηματίζει τὰ εἰδῶλα ὀπισθεν τοῦ ἀμφι-



Σχ. 72. Ὑπερμετρωπία καὶ διόρθωσις αὐτῆς.

βληστροειδοῦς. Ὁ ὀφθαλμός, τότε, καλεῖται **ὑπερμέτρωψ** καὶ ἡ ἀνωμαλία **ὑπερμετρωπία**. Ἡ διόρθωσις τῆς ἀνωμαλίας ταύτης γίνεται διὰ συγκλινόντων φακῶν (II), ὅπως καὶ εἰς τὴν πρεσβυωπίαν.

3) **Μυωπία.** Ἡ μυωπία εἶναι φαινόμενον, ἀντίστροφον τῆς ὑπερμετρωπίας. Ἡ ἀνωμαλία αὕτη συνίσταται εἰς τὸ ὅτι ὁ ὀφθαλμός διακρίνει εὐκρινῶς ἀντικείμενα μέχρις ὥρισμένης ἀποστάσεως, ἐνῶ τὰ μακρὰν ἀντικείμενα τὰ βλέπει ἀσαφῶς. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι, λόγῳ ἐπιμήκυν-



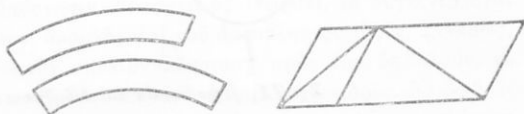
Σχ. 73. Μυωπία καὶ διόρθωσις αὐτῆς.

σεως τοῦ βολβοῦ (σχ. 73, I), τὰ εἶδω-
λα τῶν μικρὰν ἀντι-
κειμένων σχηματί-
ζονται πρὸ τοῦ
ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἡ μυωπία διορ-
θούται διὰ χρήσεως

ἀποκλινόντων φακῶν (II), οἱ ὅποιοι, καθιστώντες τὴν δέσμη ἀποκλινουσαν, ἀπομακρύνουν τὸ εἶδωλον καὶ φέρουν αὐτὸ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

4) **Ἀσυμμετρισμός.** Εἰς τοὺς κανονικοὺς ὀφθαλμοὺς ὁ κερατοειδὴς χι-
τὼν ἔχει σφαιρικὸν σχῆμα. Ὅταν, ὅμως, τὸ σχῆμα τοῦτο δὲν εἶναι τελείως
σφαιρικόν, ἐν σημείον δὲν ἀπεικονίζεται, πλέον, ὥς σημεῖον. Ἡ ἀνωμαλία
αὕτη αἶρεται διὰ χρήσεως κυλινδρικών φακῶν, οἱ ὅποιοι διορθώνουν, ἀκρι-
βῶς, τὴν ἀσυμμετρικὴν καμπυλότητα τοῦ κερατοειδοῦς.

§ 57. **Ὀπτικά ἀπάται.** Ἐπειδὴ ὁ ὀφθαλμός μικρὰν, μόνον, περιοχὴν τοῦ ὁρω-
μένου ἀντικειμένου δύναται ν' ἀπεικονίσῃ σαφῶς ἐπὶ τῆς ὥχρᾳς κηλίδος, διὰ τοῦτο
εὐρίσκεται εἰς διαρκὴ
κίνησιν διὰ νὰ δυνηθῇ
νὰ φέρῃ διαδοχικῶς ἐπ'
αὐτῆς τὰ διάφορα ση-
μεῖα τοῦ ἀντικειμένου,
τὸ ὅποιον βλέπει. Λόγῳ
τῆς ταχείας κινήσεως τοῦ
ὀφθαλμοῦ δημιουργοῦν-
ται διάφοροι ὀπτικά ἀπάται, μερικὰς τῶν ὁποίων παριστᾷ τὸ σχῆμα 74: Τὰ δύο τόξα
ἔχουν τὸ αὐτὸ, ἀκριβῶς, μήκος, ἐν τούτοις τὸ κάτω φαίνεται σαφῶς μεγαλύτερον.
Ὅμοιως, μολονότι αἱ δύο διαγώνιοι τοῦ αὐτοῦ σχήματος εἶναι ἴσαι, ἡ δεξιὰ φαίνεται
μεγαλύτερα.



Σχ. 74.

§ 58. **Στερεοσκοπικὴ ὄρασις.** Ὅταν παρατηρῶμεν ἐν ἀντικείμενον
διὰ τῶν δύο ὀφθαλμῶν, ὁ δεξιὸς ὀφθαλμός βλέπει περισσότερον μέρος τῆς
δεξιᾶς πλευρᾶς, ἐνῶ ὁ ἀριστερὸς περισσότερον μέρος τῆς ἀριστερᾶς. Τὰ δύο
εἶδωλα, τὰ σχηματιζόμενα ἐπὶ τῶν ἀμφιβληστροειδῶν τῶν δύο ὀφθαλμῶν,
δὲν εἶναι, ἐντελῶς, ὅμοια καί, ὥς ἐκ τούτου, παραγάγεται τὸ αἶσθημα ὅτι τὸ
ἀντικείμενον, τὸ ὅποιον βλέπομεν, δὲν εἶναι ἐπίπεδον, ἀλλ' ὅτι ἔχει καὶ «βά-
θος» (στερεοσκοπικὴ ὄρασις).

Ἀκριβῶς, λόγῳ τῆς στερεοσκοπικῆς ὁράσεως, εἶναι δυνατὴ καὶ ἡ ἐκτί-
μησις τῆς ἀποστάσεως τῶν διαφόρων ἀντικειμένων.

§ 59. Μεγεθύνσεις τη βοηθεία ὀπτικῶν ὀργάνων. Μερικὰ ἐκ τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων — ὅπως ὁ *μεγεθυντικός φακός*, τὸ *μικροσκόπιον* κ.λ. — χρησιμοποιοῦνται διὰ νὰ παρέχουν ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ὅσον τὸ δυνατὸν μεγαλυτέραν εἰκόνα τῶν δι' αὐτῶν παρατηρουμένων ἀντικειμένων. Τοῦτο ἐπιτυγχάνουν τὰ ὡς ἄνω ὀπτικὰ ὄργανα δι' αὐξήσεως τῆς *γωνίας δράσεως* (§ 55) ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν, δι' αὐτῶν, ἐν ἀντικείμενον, π.χ., ἕνα ἄνθρωπον. Οὕτω, παρατηροῦντες διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ ἄνθρωπον, εὗρισκόμενον εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, βλέπομεν αὐτὸν ὑπὸ μικρὰν γωνίαν δράσεως· παρατηροῦντες, ὁμως, αὐτὸν διὰ τηλεσκοπίου, τὸν βλέπομεν ὑπὸ μεγαλυτέραν γωνίαν.

Τὰ μικρὰ γράμματα ἐνὸς ἐντύπου φαίνονται ὑπὸ διαρκῶς μεγαλυτέραν γωνίαν, ὅσον πλησιάζομεν αὐτὰ εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Εἰς τοῦτο, ὁμως, ὑπάρχει ὅριον, καθόσον, δι' ἀποστάσεις, μικροτέρας τῶν 25 cm , ἡ ὄρασις δὲν εἶναι εὐκρινής. Ἐάν, ὁμως, χρησιμοποιήσωμεν *μεγεθυντικὸν φακόν* (βλ. § 61), θὰ ἴδωμεν τὰ γράμματα ὑπὸ μεγαλυτέραν γωνίαν.

Κατὰ ταῦτα, ἡ *μεγέθυνσις* M ἐνὸς ὀπτικοῦ ὀργάνου θὰ ὀρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τῆς γωνίας δράσεως, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον τη βοηθεία τοῦ ὀργάνου, διὰ τῆς γωνίας δράσεως, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ὅταν τοῦτο τεθῇ εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ. Ἦτοι εἶναι

$$M = \frac{\text{γωνία δράσεως διὰ τοῦ ὀργάνου}}{\text{γωνία δράσεως διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ (εἰς } 25\text{ cm)}}$$

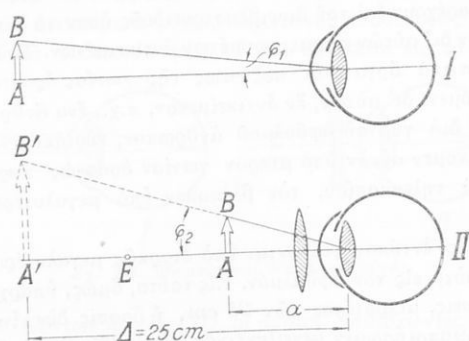
★★★ § 60. Ἰσχύς ὀπτικῶν ὀργάνων. Πλὴν τῆς μεγεθύνσεως, τὰ ὀπτικὰ ὄργανα θὰ ἦτο δυνατόν νὰ χαρακτηρισθοῦν καὶ δι' ἐνὸς ἄλλου μεγέθους· τῆς *ισχύος*. Ἐστω δι' ἀντικείμενον, μήκους AB , παρατηρούμενον διὰ τινος ὀπτικοῦ ὀργάνου, φαίνεται ὑπὸ γωνίαν δράσεως φ . Τὸ πηλίκον

$$I = \frac{\varphi}{AB}$$

καλεῖται *ισχύς* τοῦ ὀργάνου.

§ 61. Μεγεθυντικός φακός. Διὰ νὰ ἴδωμεν εὐκρινῶς τὰς λεπτομερείας ἐνὸς ἀντικειμένου, πρέπει νὰ πλησιάζωμεν αὐτὸ πρὸς τὸν ὀφθαλμόν μας, διότι, οὕτω, αὐξάνεται ἡ γωνία δράσεως. Ἐάν, ὁμως, φέρωμεν αὐτὸ εἰς ἀπόστασιν, μικροτέραν τῶν 25 cm , ὁ ὀφθαλμός, ὡς μὴ δυνάμενος, πλέον, νὰ προσαρμοσθῇ εἰς τὴν ἀπόστασιν ταύτην, δὲν διακρίνει εὐκρινῶς τὸ ἀντικείμενον. Συνεπῶς, τὴν μεγαλυτέραν γωνίαν δράσεως φ_1 (σχ. 75, I) θὰ ἐπιτύχωμεν, ὅταν φέρωμεν τὸ ἀντικείμενον εἰς τὴν ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς δράσεως. Ἀκόμη μεγαλυτέραν γωνίαν δράσεως δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν,

ἐὰν παρεμβάλωμεν μεταξύ τοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ τοῦ ἀντικειμένου ἓνα **μεγεθυντικὸν φακὸν** (*).



Σχ. 75. Ὁ μεγεθυντικὸς φακὸς αὐξάνει τὴν γωνίαν ὁράσεως.

Οὗτος εἶναι συγκλίνων φακός, τὸν ὁποῖον τοποθετοῦμεν κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε τὸ ἀντικείμενον AB (σχ. 75, II), τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ ἴδωμεν, νὰ εὐρεθῇ μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας E καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ὁπότε ὁ ὀφθαλμὸς θὰ παρατηρῇ τὸ εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι, διὰ τῆς χρήσεως τοῦ μεγεθυντικοῦ φακοῦ, ἡ γωνία ὁράσεως ὑψήθη ἀπὸ φ_1 εἰς φ_2 .

Μεγέθυνσις. Ἡ μεγέθυνσις M , ἐξ ὁρισμοῦ, εἶναι ἴση πρὸς

$$M = \frac{\varphi_2}{\varphi_1}. \quad (1)$$

Αὕτη ὑπολογίζεται, κατὰ προσέγγισιν, ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι αἱ γωνίαι φ_1 καὶ φ_2 εἶναι μικραὶ, ὁπότε, ἀντὶ τῶν γωνιῶν, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν τὰς ἐφαπτομένας των(**). Ἐπομένως, ἡ ἐξίσωσις (1) δύναται νὰ γραφῇ ὡς ἑξῆς:

$$M = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{εφ \varphi_2}{εφ \varphi_1} = \frac{\frac{A'B'}{\Delta}}{\frac{AB}{\Delta}} = \frac{A'B'}{AB}$$

ἐνθα Δ εἶναι ἡ ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως (25 cm).

Ἐκ τῆς ὁμοιότητος τῶν τριγώνων τοῦ σχήματος 75, II ἔχομεν τὴν σχέσιν

$$\frac{A'B'}{\Delta} = \frac{AB}{a} \quad \eta \quad \frac{A'B'}{AB} = \frac{\Delta}{a} \quad \eta \quad M = \frac{\Delta}{a} \quad (2)$$

ἐνθα a εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ φακοῦ (**).

(*) Ὁ μεγεθυντικὸς φακὸς καλεῖται καὶ ἀπλοῦν μικροσκόπιον.

(**) Ὑπενθυμίζομεν ὅτι, κατὰ τὴν Τριγωνομετρίαν, ἐὰν ἡ γωνία εἶναι μικρά, ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ αὐτῆς (ἐκφραζομένη εἰς ἀκίττια) εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἐφαπτομένης τῆς γωνίας.

(***) Παραδεχόμεθα ὅτι ὁ μεγεθυντικὸς φακὸς εὐρίσκεται πολὺ πλησίον τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ, οὕτως ὥστε τὰ ὀπτικά αὐτῶν κέντρα νὰ συμπίπτουν.

Ἀντικαθιστώντες εἰς τὸν τύπον τῶν φακῶν ἀντὶ τοῦ β τὸ $-A$ (διότι ἡ ἀπόστασις τῶν φανταστικῶν εἰδώλων λαμβάνεται ἀρνητική), ἔχομεν

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{A} = \frac{1}{f}$$

$$\eta \quad \frac{A}{a} - 1 = \frac{A}{f} \quad \eta \quad \frac{A}{a} = 1 + \frac{A}{f}. \quad (3)$$

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (2) καὶ (3) λαμβάνομεν διὰ τὴν μεγέθυνσιν τὴν σχέσιν

$$M = 1 + \frac{A}{f}$$

Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα — δηλ. ὁ φακὸς εἶναι τόσον ἰσχυρότερος — ὅσον μικρότερα εἶναι ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ.

Σημείωσις. Ὅταν ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι μικρά, ὁ ἄνω τύπος δύναται ν' ἀπλουστευθῇ εἰς τὸν ἑξῆς:

$$M = \frac{A}{f}.$$

★★★ § 62. **Ίσχύς μεγεθυντικοῦ φακοῦ.** Εἰς τὸν μεγεθυντικὸν φακὸν (σχ. 75, II), ἡ ἰσχύς εἶναι ἴση πρὸς τὸ πηλίκον τῆς γωνίας ὁράσεως φ_2 διὰ τοῦ μήκους AB τοῦ ἀντικειμένου. Ὅτι

$$I = \frac{\varphi_2}{AB}. \quad (1)$$

Εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ὅμως, εὔρομεν ὅτι ἡ μεγέθυνσις M ($M = \varphi_2/\varphi_1$) ἐνὸς μεγεθυντικοῦ φακοῦ, μικρᾶς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, εἶναι ἴση πρὸς A/f , ὁπότε ἔχομεν

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{A}{f}. \quad (2)$$

Ἐκ τοῦ σχήματος 75, I προκύπτει ὅτι

$$\varepsilon\varphi \varphi_1 = \frac{AB}{A} \quad \eta, \quad \text{διὰ μικρᾶς γωνίας,} \quad \varphi_1 = \frac{AB}{A}. \quad (3)$$

Ἐκ τῶν τύπων (1), (2) καὶ (3) προκύπτει, τελικῶς, ὁ τύπος

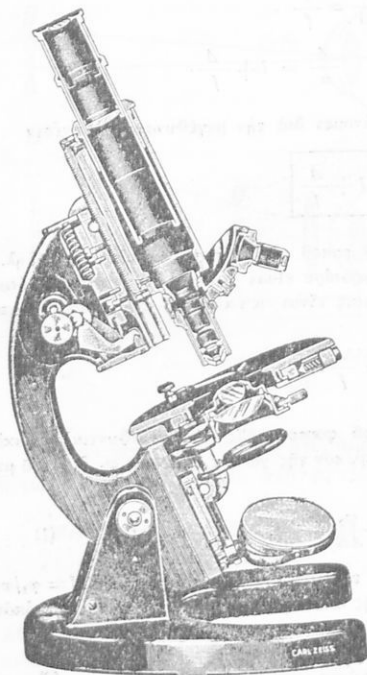
$$I = \frac{1}{f}$$

Ἐάν ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f τεθῇ εἰς μέτρα, ἡ ἰσχύς θὰ ἐκφράζεται εἰς διοπτρίας.

§ 63. **Μικροσκόπιον.** Ὅταν ἐπιζητῶμεν μεγάλας μεγεθύνσεις, χρησιμοποιοῦμεν τὸ **μικροσκόπιον** (σχ. 76). Τοῦτο ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ δύο συγκλινόντων φακῶν (σχ. 77), ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἰς (Φ_1) καλεῖται **ἀντικειμενικός**, ὁ δὲ ἄλλος (Φ_2) **προσοφθάλμιος**. Ὁ ἀντικειμενικός φακὸς (ὁ ὁποῖος ἔχει μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν) σχηματίζει πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$ τοῦ ἀντικειμένου AB , τεθέντος πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Τὸ εἶ-

δωλον τοῦτο σχηματίζεται μεταξύ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Φ_2 καὶ τῆς κυρτίας ἐστίας ε αὐτοῦ. Ὁ φακὸς Φ_2 λειτουργεῖ ὡς «μεγεθυντικός φακός» καὶ

δίδει τὸ φανταστικὸν εἶδωλον $A''B''$ ἀνεστραμμένον, πολὺ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου AB καὶ εἰς ἀπόστασιν, ἴσην πρὸς τὴν ἀπόστασιν εὐκρινοῦς δράσεως (25 cm).



Σχ. 76. Μικροσκόπιον.

ὡς εἴπομεν εἶναι, κατὰ βάσιν, «μεγεθυντικός φακός». Ἦτοι εἶναι

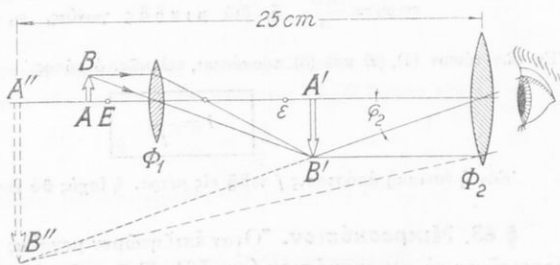
$$M = m_1 \cdot m_2 \quad (1)$$

Τόσον εἰς τοὺς ἀντικειμενικούς, ὅσον καὶ τοὺς προσοφθαλμίους φακοὺς τῶν μικροσκοπίων ἀναγράφεται ἡ μεγέθυνσις αὐτῶν. Συνεπῶς, δυνάμεθα νὰ εὗρωμεν, ἄνευ μετρήσεως, τὴν μεγέθυνσιν ἐνός μικροσκοπίου δι' ἀπλοῦ πολλαπλασιασμοῦ τῶν τιμῶν, τῶν ἀναγραφομένων ἐπὶ τῶν δύο φακῶν.

Παρατήρησις. Ἡ μεγέθυνσις m_1 τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ Φ_1 δὲν εἶναι, ἐκ

Ἐπειδὴ, κατὰ τὴν μεγέθυνσιν, τὸ φῶς, τὸ προσερχόμενον ἐκ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀντικειμένου, κατανέμεται ἐπὶ τῆς πολὺ μεγαλυτέρας ἐπιφανείας τοῦ εἰδώλου, ἢ εἰκῶν, τὴν ὁποίαν παραιτηρεῖ ὁ ὀφθαλμός, θὰ εἶναι ἀμυδρά. Ἔνεκα τούτου, ἐπιβάλλεται ὁ ἰσχυρὸς φωτισμὸς τοῦ ἀντικειμένου τῇ βοηθεῖα κατόπτρου (σχ. 76) καὶ τοῦ «συλλέκτου φακοῦ».

Μεγέθυνοις M τοῦ μικροσκοπίου καλεῖται, συμφώνως πρὸς τὸν γνωστὸν ὀρισμὸν, τὸ πηλίκον τῆς γωνίας δράσεως φ_2 (σχ. 77), ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ (φανταστικὸν) εἶδωλον διὰ τοῦ μικροσκοπίου, διὰ τῆς γωνίας δράσεως, ὑπὸ τὴν ὁποίαν θὰ ἐβλέπωμεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ἐὰν τοῦτο εὗρισκετο εἰς τὴν ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς δράσεως. Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγέθυνσις αὕτη εἶναι ἴση πρὸς τὸ γινόμενον τῆς μεγεθύνσεως m_1 τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ ἐπὶ τὴν μεγέθυνσιν m_2 τοῦ προσοφθαλμίου, ὁ ὁποῖος,



Σχ. 77. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὸ μικροσκόπιον.

πρώτης ὄψεως, σταθερά, ἀφοῦ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ἀντικειμένου (ἢ τοῦ εἰδωλόν). Ἐπειδὴ, ὅμως, εἰς τὰ μικροσκόπια τὸ εἶδωλον $A'B'$ πρέπει νὰ σχηματίζεται πάντοτε εἰς ὠρισμένην θέσιν (δηλαδὴ μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας ε καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ Φ_2), ἔπεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις m_1 εἶναι, ἐντελῶς, ὠρισμένη. Ἐπίσης, ὠρισμένη εἶναι καὶ ἡ μεγέθυνσις m_2 τοῦ προσοφθαλμίου, ἡ ὁποία ὑπολογίζεται συμφώνως πρὸς τὰ περιγραφέντα εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον.

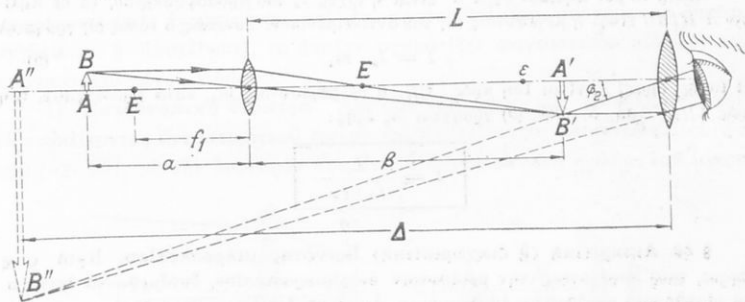
★ § 64. Ὑπολογισμός τῆς μεγεθύνσεως μικροσκοπίου (*). Ὁ τύπος (1) τῆς προηγουμένης παραγράφου ἀποδεικνύεται ὡς ἑξῆς: Ἐξ ὀρισμοῦ τῆς μεγεθύνσεως τοῦ μικροσκοπίου, ἔχομεν

$$M = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} \quad (1)$$

ἐνθα φ_2 εἶναι ἡ γωνία ὁράσεως, ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ (φανταστικόν) εἶδωλον διὰ τοῦ μικροσκοπίου καὶ φ_1 ἡ γωνία, ὑπὸ τὴν ὁποίαν θὰ ἐβλέπωμεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ἐάν τοῦτο εὕρισκετο εἰς τὴν ἀπόστασιν Δ τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Ἐπειδὴ αἱ γωνίαι φ_1 καὶ φ_2 εἶναι μικραὶ, δυνάμεθα, ἀντὶ τῶν γωνιῶν, νὰ γράψωμεν τὰς ἐφαπτομένας αὐτῶν, ὁπότε ὁ τύπος (1) γράφεται

$$M = \frac{\varepsilon \varphi \varphi_2}{\varepsilon \varphi \varphi_1}.$$

Ἐκ τοῦ σχήματος 75, I λαμβάνομεν $\varepsilon \varphi \varphi_1 = AB/\Delta$ καὶ ἐκ τοῦ σχήματος 78



Σχ. 78.

$\varepsilon \varphi \varphi_2 = A''B''/A$, ὁπότε ἡ ἄνω ἐξίσωσις γράφεται

$$M = \frac{A''B''}{AB}. \quad (2)$$

Ὁ τύπος (2) δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὡς ἑξῆς:

$$M = \frac{A''B''}{A'B'} \cdot \frac{A'B'}{AB}. \quad (3)$$

Ἀλλὰ $A''B''/A'B'$ εἶναι ἡ μεγέθυνσις m_2 τοῦ προσοφθαλμίου καὶ $A'B'/AB$ εἶναι ἡ μεγέθυνσις m_1 τοῦ ἀντικειμενικοῦ, ὁπότε ὁ τύπος (3) γράφεται

$$M = m_1 \cdot m_2, \quad \text{ὅ. ἑ. ὅ.}$$

Ἐκ τοῦ σχήματος 78 προκύπτει ὅτι ἡ μεγέθυνσις m_1 τοῦ ἀντικειμενικοῦ εἶναι ἴση πρὸς

$$m_1 = \frac{A'B'}{AB} = \frac{\beta}{\alpha} \quad \eta \quad m_1 = \frac{L}{f_1}$$

(*) Εἰς ὠρισμένα βιβλία τὸ μικροσκόπιον καλεῖται καὶ σύνθετον μικροσκόπιον.

διότι, κατὰ προσέγγισιν, εἶναι $\beta = L$ ($L = \mu\eta\kappa\omicron\varsigma$ τοῦ μικροσκοπίου) καὶ $a = f_1$. Ἀφ' ἑτέρου, ἡ μεγέθυνσις m_2 εἶναι ἴση πρὸς

$$m_2 = \frac{\Delta}{f_2}. \quad (\beta\lambda. \S 61)$$

Ἀντικαθιστώντες εἰς τὸν τύπον (1) λαμβάνομεν διὰ τὴν μεγέθυνσιν M τοῦ μικροσκοπίου τὴν σχέσιν

$$M = \frac{L \cdot \Delta}{f_1 \cdot f_2}$$

★★★ § 65. Ἰσχύς μικροσκοπίου. Συμφώνως πρὸς τὸν ὁρισμὸν τῆς *ισχύος* ἑνὸς ὀπτικοῦ ὁργάνου, ἡ ἰσχύς I τοῦ μικροσκοπίου θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$I = \frac{\varphi_2}{AB} \quad (1)$$

ἐνθα φ_2 εἶναι ἡ γωνία ὁράσεως διὰ τοῦ ὁργάνου καὶ AB τὸ $\mu\eta\kappa\omicron\varsigma$ τοῦ παρατηρουμένου ἀντικειμένου (βλ. σχ. 75). Τὸν τύπον (1) δυνάμεθα νὰ γράψωμεν καὶ ὡς ἑξῆς:

$$I = \frac{\varphi_2}{A'B'} \cdot \frac{A'B'}{AB}. \quad (2)$$

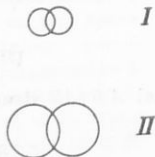
Ἀλλὰ τὸ μὲν πηλίκον $\varphi_2/A'B'$ εἶναι ἡ ἰσχύς I_2 τοῦ προσοφθαλμίου, τὸ δὲ πηλίκον $A'B'/AB$ εἶναι ἡ μεγέθυνσις m_1 τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Συνεπῶς, ὁ τύπος (2) γράφεται

$$I = I_2 \cdot m_1. \quad (3)$$

Ἡ ἰσχύς, ὅμως, I_2 εἶναι ἴση πρὸς $1/f_2$, ἡ δὲ μεγέθυνσις m_1 , κατὰ προσέγγισιν, ἴση πρὸς L/f_1 . Ἀρα, ὁ τύπος (3) γράφεται ὡς ἑξῆς:

$$I = \frac{L}{f_1 \cdot f_2}$$

§ 66. Διακριτικὴ (ἢ διαχωριστικὴ) ἱκανότης μικροσκοπίου. Κατὰ τοὺς τύπους, τοὺς παρέχοντας τὴν μεγέθυνσιν ἑνὸς μικροσκοπίου, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν οἷανδήποτε μεγέθυνσιν ἐπιθυμοῦμεν, ἀρκεῖ νὰ ἐκλέξωμεν καταλλήλως τὰ διάφορα ὀπτικά στοιχεῖα τοῦ μικροσκοπίου. Τοῦτο, ὅμως, δὲν ἔχει καμμίαν πρακτικὴν σημασίαν, καθόσον, ἐὰν ἐπιτύχωμεν μίαν μεγέθυνσιν, μεγαλυτέραν ἑνὸς ὁρίου (π.χ. 1000), ἡ περαιτέρω αὐξήσις τῆς μεγεθύνσεως δὲν θὰ ὠφελήσῃ, διότι μὲν θὰ παρατηροῦμεν διαρκῶς μεγαλύτερον εἶδωλον, δὲν θὰ διακρίνωμεν, ὅμως, περισσότερὰς λεπτομερεῖας τοῦ παρατηρουμένου ἀντικειμένου. Τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Λόγω τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως τοῦ φωτός (§ 110), ἐν σημείον δὲν ἀπεικονίζεται ὡς σημείον, ἀλλ' ὡς μικρὰ κηλὶς. Καὶ ἂν μὲν ἡ μεγέθυνσις εἶναι μικρά, αἱ διαστάσεις τῆς κηλίδος δὲν ἐνοχοῦν, ὅταν, ὅμως, ἡ μεγέθυνσις γίνῃ πολὺ μεγάλη, ἡ διάμετρος τῆς κηλίδος αὐξάνεται αἰσθητῶς, ὅποτε δύο φωτεινὰ σημεῖα, εὐρισκόμενα εἰς μικρὰν ἀπόστασιν μεταξύ των, θὰ ἀπεικονίζωνται ὡς δύο κηλίδες, αἱ ὅποια, ἐν μέρει, καλύπτουν ἢ μία τὴν ἄλλην (σχ. 79, I). Εἶναι προφανές



Σχ. 79.

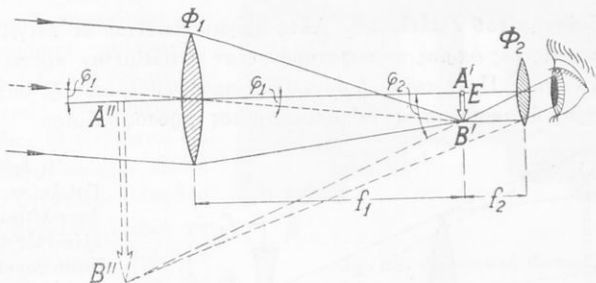
ὅτι, ἐὰν αὐξηθῇ ἡ μεγέθυνσις, θ' αὐξηθῇ καὶ ἡ ἀπόστασις τῶν δύο εἰδώλων (II), ἀλλὰ, ταυτοχρόνως, θ' αὐξηθῇ καὶ ἡ διάμετρος τῶν δύο κηλίδων, με ἀποτέλεσμα νὰ

μὴ διακρίνωμεν περισσότερας λεπτομερείας. Ἐπομένως, εἰς πολὺ μεγάλας μεγεθύνσεις, δὲν ἐνδιαφέρει ἡ μεγέθυνσις, ἀλλ' ἡ *διακριτικὴ* (ἢ *διαχωριστικὴ*) *ικανότης*. Οὕτως ὀρίζομεν τὴν *ικανότητα*, τὴν ὁποίαν ἔχει ἐν ὀπτικῶν ὄργανον, νὰ σχηματίζῃ εὐκρινῇ εἰδῶλα τῶν δι' αὐτοῦ παρατηρουμένων ἀντικειμένων. Ἡ διακριτικὴ *ικανότης* χαρακτηρίζεται διὰ τῆς ἐλαχίστης ἀποστάσεως δύο σημείων, τῶν ὁποίων τὰ εἰδῶλα διακρίνονται σαφῶς μετὰ τῶν.

§ 67. Μικροφωτογραφία. Ἐάν ρυθμίσωμεν τὴν ἀπόστασιν τῶν δύο φακῶν τοῦ μικροσκοπίου κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε τὸ εἶδωλον, τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ ἀντικειμενικὸς φακός, νὰ σχηματίζεται πρὸ τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ προσοφθαλμίου, ὁ προσοφθάλμιος θὰ σχηματίζῃ *πραγματικὸν* εἶδωλον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ληφθῇ ἐπὶ διαφράγματος. Ἐάν, λοιπόν, στερεωθῇ ἐπὶ τοῦ μικροσκοπίου καταλλήλως φωτογραφικὴ μηχανή, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν, ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακῆς, τὸ εἶδωλον μικροσκοπικῶν ἀντικειμένων (*μικροφωτογραφία*).

§ 68. Τηλεσκόπια. Τὰ *τηλεσκόπια* εἶναι ὄργανα διὰ τῶν ὁποίων παρατηροῦμεν ἀντικείμενα, εὗρισκόμενα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν. Κατ' ἀρχήν, ἐν τηλεσκόπιον ἀποτελεῖται ἐξ ἀντικειμενικοῦ συστήματος (συγκλίνων φακὸς ἢ κοῖλον κάτοπτρον), διὰ τοῦ ὁποῖου σχηματίζεται *πραγματικὸν* εἶδωλον τοῦ παρατηρουμένου ἀντικειμένου καὶ ἐκ προσοφθαλμίου συστήματος (φακὸς συγκλίνων ἢ ἀποκλίνων), τὸ ὁποῖον σχηματίζει φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ πραγματικοῦ αὐτοῦ εἰδώλου.

1) **Ἀστρονομικὴ διόπτρα.** Ἀποτελεῖται, ὅπως καὶ τὸ μικροσκόπιον, ἐκ συγκλίνοντος ἀντικειμενικοῦ φακοῦ καὶ συγκλίνοντος προσοφθαλμίου φακοῦ (σχ. 80), μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι, ἐνῶ ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς τοῦ μικρο-



Σχ. 80. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν. Ἡ ἐπὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ προσπίπτουσα δέσμη εἶναι παράλληλος, διότι τὸ φωτεινὸν ἀντικείμενον εὗρεσκαίται, *πρακτικῶς*, εἰς ἀπείρην ἀπόστασιν.

σκοπίου ἔχει μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς τῆς διόπτρας ἔχει μεγάλαν ἐστιακὴν ἀπόστασιν. Ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς σχηματίζει *πραγματικὸν* εἶδωλον τοῦ μακρὰν εὗρισκομένου ἀντικειμένου, ὁ δὲ προσοφθάλμιος χρησιμοποιεῖται ὡς ἄπλοῦς «μεγεθυντικὸς φακός» καὶ δίδει φανταστικὸν καὶ ἀνεστραμμένον εἶδωλον. Προκειμένου περὶ οὐρανίων σωμάτων, ἡ παρατήρησις ἀνεστραμμένου τοῦ ἀντικειμένου οὐδόλως ἐνοχλεῖ.

Ἐκ τοῦ σχήματος 80, τὸ ὁποῖον δεικνύει τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων, προκύπτει ὅτι τὸ εἰς πρακτικῶς ἄπειρον ἀπόστασιν εὐρισκόμενον ἀντικείμενον δίδει, μέσφ τοῦ φακοῦ Φ_1 , πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Φ_2 .

Ὅπως προκύπτει ἐκ τοῦ σχήματος 80 τὸ μήκος τῆς διόπτρας εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἄθροισμα $(f_1 + f_2)$ τῶν ἐστιακῶν ἀποστάσεων τῶν δύο φακῶν.

Μεγέθυνσις. Ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας ὀρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τῆς γωνίας ὁράσεως φ_2 , ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον διὰ τῆς διόπτρας, διὰ τῆς γωνίας ὁράσεως φ_1 , ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Ἦτοι εἶναι

$$M = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{\varepsilon\varphi \varphi_2}{\varepsilon\varphi \varphi_1}$$

διότι αἱ γωναίαι εἶναι μικραί. Ἐπειδὴ εἶναι

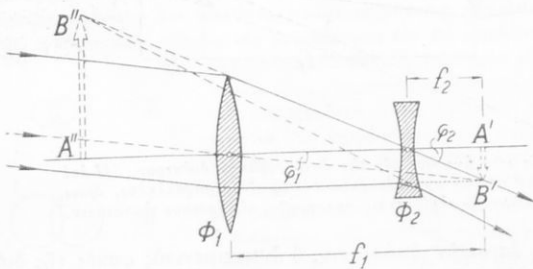
$$\varepsilon\varphi \varphi_2 = \frac{A'B'}{f_2} \quad \text{καὶ} \quad \varepsilon\varphi \varphi_1 = \frac{A'B'}{f_1}$$

ἔχουμεν

$$M = \frac{f_1}{f_2}$$

Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μεγέθυνσις τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ἐστιακῶν ἀποστάσεων τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου. Ἄρα, διὰ νὰ ἔχῃ μεγάλην μεγέθυνσιν ἡ διόπτρα, πρέπει ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ νὰ εἶναι πολὺ μεγάλη, ἐξηγουμένου, οὕτω, τοῦ λόγου, διὰ τὸν ὁποῖον τὰ τηλεσκόπια ἔχουν μέγα μήκος.

2) Διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου. Αὕτη χρησιμοποιεῖται δι' ἐπιγείους παρατηρήσεις, εἰς τὰς ὁποίας τὸ παρατηρούμενον ἀντικείμενον πρέπει νὰ ἐμφανίζεται ὀρθιον. Πρὸς τοῦτο ὁ συγκλίνων προσοφθαλμὸς τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας ἀντικαθίσταται δι' ἀποκλίνοντος προσοφθαλμοῦ.



Σχ. 81. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὴν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου. Ἡ ἐπὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ προσπίπτουσα δέσμη εἶναι παράλληλος, διότι τὸ φωτεινὸν ἀντικείμενον θεωρεῖται ὡς εὐρισκόμενον πρακτικῶς εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν.

Ἡ διόπτρα τοῦ Γαλιλαίου (σχ. 81) ἀποτελεῖται ἐκ συγκλίνοντος ἀντικειμενικοῦ φακοῦ Φ_1 καὶ ἀποκλίνοντος προσοφθαλμοῦ Φ_2 . Ἐξ αὐτῶν, ὁ ἀντικείμενός δίδει ἓν πραγματικὸν καὶ ἀνέστραμμένον εἶδωλον $A'B'$ εἰς ἀπόστασιν f_1 , ἴσην, πρακτικῶς, πρὸς τὴν ἐστιακὴν αὐτοῦ ἀπόστασιν. Ὁ

προσοφθαλμὸς εὐρίσκεται μεταξὺ τοῦ εἰδώλου καὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ καὶ εἰς

ἀπόστασιν f_2 ἀπὸ τοῦ εἰδώλου, ἴσην πρὸς τὴν ἑστιακὴν τοῦ ἀπόστασιν, παρέχει δὲ τὸ εἶδωλον $A'B'$ φανταστικὸν καὶ ὄρθιον (*).

Ἡ μεγέθυνσις καὶ εἰς τὴν διόπτραν ταύτην ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι ἴση πρὸς

$$M = \frac{f_1}{f_2}$$

δηλ., ἴση πρὸς τὸν λόγον τῶν ἑστιακῶν ἀποστάσεων f_1 καὶ f_2 τῶν δύο φακῶν (ἀντικειμενικοῦ καὶ προσοφθαλμοῦ).

Πράγματι, ἐξ ὁρισμοῦ τῆς μεγεθύνσεως ἔχομεν

$$M = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{\varepsilon\varphi \varphi_2}{\varepsilon\varphi \varphi_1},$$

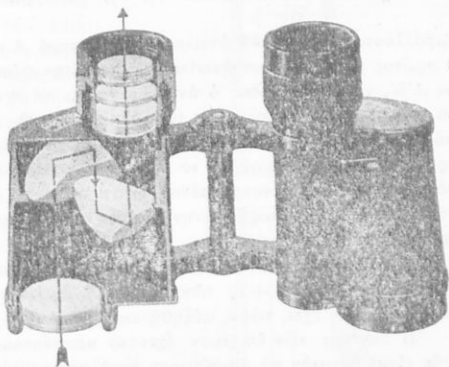
διότι αἱ γωνίαι εἶναι μικραί. Ἐπειδὴ εἶναι

$$\varepsilon\varphi \varphi_2 = \frac{A'B'}{f_2} \quad \text{καὶ} \quad \varepsilon\varphi \varphi_1 = \frac{A'B'}{f_1}$$

ἔχομεν

$$M = \frac{f_1}{f_2}.$$

3) **Πρισματική διόπτρα.** Διὰ ν' ἀνορθώσωμεν τὴν εἰκόνα, χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὴν **πρισματικὴν διόπτραν** (σχ. 82) δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως, κάθετα μεταξὺ τῶν καί, συνήθως, ἑφαπτόμενα κατὰ τὸ ἥμισυ εἰς τὰς ὑποτεינוύσας τῶν. Τὸ φῶς, διερχόμενον διὰ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, προσπίπτει ἐπὶ τοῦ πρώτου πρίσματος, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου ὑφίσταται δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις, ἀκολούθως δὲ εἰσέρχεται εἰς τὸ δεύτερον πρίσμα, εἰς τὸ ὁποῖον ὑφίσταται ἄλλας δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις, διὰ τὰς ἐξέλθῃ, τελικῶς, διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ. Διὰ



Σχ. 82. Πρισματικὴ διόπτρα.

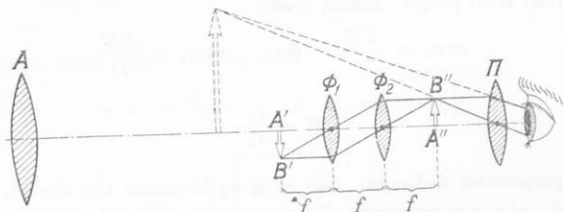
τῶν πρισμάτων αὐτῶν προκαλεῖται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἀνορθώσις τῆς εἰκόνης, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἐπιτυγχάνεται αὔξησις τοῦ δρόμου τῶν ἀκτίνων μεταξὺ τῶν δύο φακῶν, ὅποτε εἶναι δυνατὸν νὰ ἐλαττωθῇ τὸ ὀλικὸν μῆκος τῆς διόπτρας. Συνήθως, ἡ πρισματικὴ διόπτρα εἶναι διπλῇ καὶ χρησιμοποιεῖται διὰ διόφθαλμον ὄρασιν.

(*) Ὅπως προκύπτει ἐκ τοῦ σχήματος SI , τὸ μῆκος τῆς διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου ἰσοῦται, κατὰ προσέγγισιν, μὲ τὴν διαφορὰν $(f_1 - f_2)$ τῶν ἑστιακῶν ἀποστάσεων τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΓΕΘΥΝΣΕΩΝ

Μεγεθυντικός φακός	ἕως 5
Μικροσκόπιον περίπου μέχρι	1200
Ἡλεκτρονικὸν μικροσκόπιον	50000

★ § 69. **Διόπτρα τῶν ἐπιγείων.** Εἰς τὴν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου τὸ τελικὸν εἶδωλον φαίνεται ὀρθόν, ἐνῶ εἰς τὴν ἀστρονομικὴν διόπτραν ἀνέστραμμένον. Διὰ τὰ εἶναι δυνατὴ ἡ χρησιμοποίησις τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας δι' ἐπιγείους παρατηρήσεις (εἰς τὰς ὁποίας ἀπαιτεῖται τὰ εἶδωλα νὰ εἶναι ὀρθά), πρέπει νὰ ἐφοδιασθῇ αὕτη δι' ἀνορθωτικῶν συστημάτων. Τὸ σύστημα τοῦτο ἀποτελεῖται, συνήθως, ἐκ δύο συγκλινόντων φακῶν Φ_1 , Φ_2 (σχ. 83), ἐστιακῆς ἀποστάσεως f , οἱ ὁποῖοι πα-



Σχ. 83. Διὰ τῶν φακῶν Φ_1 , Φ_2 , ἐπιτυγχάνεται ἀνόρθωσις τοῦ εἰδώλου.

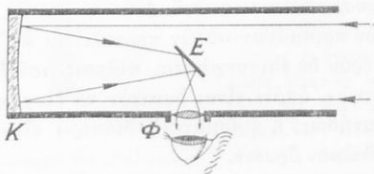
ρεμβάλλονται μεταξύ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ A καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ Π . Ὁ πρῶτος φακός Φ_1 τοποθετεῖται εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον δίδει ὁ ἀντικειμενικός, νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ Φ_1 . Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν Φ_1 , Φ_2 εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν f αὐτῶν. Ἐνεκα τούτου, τὸ σύστημα τῶν δύο φακῶν σχηματίζει εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ Φ_2 τὸ πραγματικὸν εἶδωλον $A''B''$, τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον πρὸς τὸ $A'B'$, ἀλλ' ἀνέστραμμένον ὡς πρὸς αὐτὸ καὶ, ἐπομένως, ὀρθὸν ὡς πρὸς τὸ ἀντικείμενον. Τὴν ἀνορθωμένην ταύτην εἰκόνα παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ Π .

Τὸ μήκος τῆς διόπτρας (τὸ ὁποῖον, ἄνευ τοῦ συστήματος ἀνορθώσεως, ἦτο ἴσον πρὸς τὸ ἄθροισμα $f_1 + f_2$ τῶν ἐστιακῶν ἀποστάσεων τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμοῦ) ἔχει, τώρα, ἀυξηθῆ κατὰ $3f$.

Ἡ διόπτρα τῶν ἐπιγείων ἔχει τὸ μειονέκτημα νὰ ἔχῃ μέγα μήκος, ἀλλὰ δι' αὐτῆς εἶναι δυνατόν νὰ ἐπιτύχωμεν μεγάλας μεγεθύνσεις, τὰς ὁποίας δὲν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν μὲ ἄλλα ἀνορθώνοντα τηλεσκόπια.

§ 70. Κατοπτρικὰ τηλεσκόπια.

Τὰ τηλεσκόπια τοῦ τύπου τούτου (σχ. 84) φέρουν, ἀντὶ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ, κοίλον σφαιρικόν (ἢ παραβολικόν) κάτοπτρον, μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Αἱ ἀκτίνες, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K , ἀνακλῶνται ἐπὶ μικροῦ ἐπιπέδου κατόπτρου E (ἢ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως), τὸ δὲ σχηματιζόμενον πρα-



Σχ. 84.

γματικὸν εἶδωλον παρατηρεῖται διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Φ , τοῦ ὁποίου ὁ ἄξων εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ τηλεσκοπίου.

Ἡ μεγέθυνσις M τοῦ κατοπτρικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι ἴση πρὸς τὸ πηλίκον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f_K τοῦ κοίλου κατόπτρου διὰ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f_ϕ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ. Ἦτοι

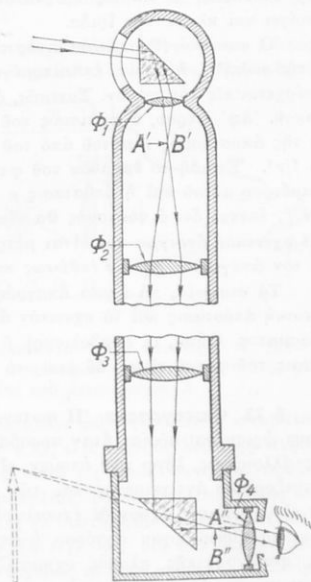
$$M = \frac{f_K}{f_\phi}.$$

Τὰ κατοπτρικά τηλεσκόπια ἔχουν τὸ πλεονέκτημα ὅτι δύνανται νὰ κατασκευασθοῦν μὲ μεγάλην διάμετρον καὶ τοῦτο διότι κάτοπτρα μεγάλης διαμέτρου κατασκευάζονται σχετικῶς εὐκόλως, ἐνῶ ἡ κατασκευή φακοῦ μεγάλης διαμέτρου εἶναι, πρακτικῶς, ἀδύνατος.

Τὸ μεγαλύτερον κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον εἶναι τὸ ἐπὶ τοῦ ὄρους Palomar (Ἀμερικὴ) ἐγκατεστημένον, τοῦ ὁποίου τὸ κάτοπτρον ἔχει διάμετρον 5 m.

★ § 71. Περισκόπιον. Τὸ ὄργανον τοῦτο (σχ. 85) χρησιμοποιεῖται ὑπὸ τῶν ὑποβρυχίων, ὅταν εὐρίσκονται ἐν καταδύσει, διὰ τὴν ἐξερεύνησιν τοῦ ὁρίζοντος.

Ἀποτελεῖται ἐκ σωλήνος, τοῦ ὁποίου τὸ μῆκος εἶναι μεταβλητὸν καὶ τοῦ ὁποίου τὸ ἐν ἄκρον εὐρίσκεται ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης, τὸ δὲ ὑπόλοιπον ἐντὸς τοῦ ὑποβρυχίου. Εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ σωλήνος ὑπάρχουν δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως, τὰ ὅποια μεταθέτουν τὴν δέσμην τῶν ἀκτίνων, τῶν προερχομένων ἐκ τοῦ πρὸς παρατήρησιν ἀντικειμένου, παραλλήλως πρὸς ἑαυτήν, κατ' ἀπόστασιν, ἴσην πρὸς τὸ μῆκος τοῦ περισκοπίου. Ἐάν δὲν ἐχρησιμοποιοῦντο φακοί, τὸ ὀπτικὸν πεδίον τοῦ παρατηρητοῦ θὰ ἦτο πολὺ περιορισμένον. Διὰ νὰ εἶναι δυνατόν νὰ κατοπτρευθῇ μεγάλη περιοχὴ τοῦ ὁρίζοντος, ὑπάρχει σύστημα φακῶν, ἀντιστοιχοῦν εἰς δύο ἀστρονομικὰς διόπτρας. Οἱ φακοί Φ_1 , Φ_2 ἀποτελοῦν τὴν πρώτην διόπτραν καὶ, μάλιστα, ἀνεστραμμένην - δηλ., ὁ πρῶτος φακὸς Φ_1 ἔχει μικρὰν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, ὁ δὲ δεύτερος μεγάλην. Ἡ ἀπόστασις τῶν δύο φακῶν εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐστιακῶν τῶν ἀποστάσεων. Λόγῳ τῆς τοιαύτης διατάξεως, ἀκτίνες, προσπίπτουσαι ἐκ διαφόρων σημείων τοῦ ἐρευνωμένου ὁρίζοντος καὶ σχηματίζουσαι μεταξὺ τῶν μεγάλων γωνίας, σχηματίζουν, μετὰ τὴν ἔξοδόν των ἐκ τοῦ φακοῦ Φ_2 , μικρὰς γωνίας. Οὕτω, ἐπιτυγχάνεται ἐκτὸ ὀπτικὸν πεδίον, μὲ τὸ μειονέκτημα, ὅμως, νὰ ἔχωμεν μεγέθυνσιν μικροτέραν τῆς μονάδος (σμίχνουσις) - ἀκριβῶς ὅπως συμβαίνει ὅταν παρατηροῦμεν διὰ διόπτρας ἀνεστραμμένης, δηλ., ὅταν στρέφωμεν πρὸς τὸ ἀντικείμενον τὸν προσοφθαλμὸν καὶ παρατηροῦμεν διὰ τοῦ ἀντικειμενικοῦ. Τὸ σύστημα τῶν ἄλλων δύο φακῶν Φ_3 , Φ_4 λειτουργεῖ ὡς κανονικὴ ἀστρονομικὴ διόπτρα, ἡ ὅποια ἀντισταθμίζει τὴν σμίχνουσιν.



Σχ. 85. Περισκόπιον.

§ 72. Φωτογραφικὸς θάλαμος. Ὁ *φωτογραφικὸς θάλαμος* ἀποτελεῖται ἐκ κιβωτίου φωτοστεγοῦς, εἰς τὴν μίαν πλευρὰν τοῦ ὁποίου ὑπάρχει συγκλίνων φακός, ὁ ὁποῖος καὶ σχηματίζει τὸ εἶδωλον τοῦ φωτογραφουμένου ἀντικειμένου ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακῶς ἢ τοῦ φιλμ, τιθεμένου εἰς τὴν ἀπέναντι αὐτοῦ πλευρὰν. Ἡ ἀπόστασις φακοῦ·πλακῶς εἶναι μεταβλητὴ, ἐπεὶδὴ τὰ ἐκάστοτε πρὸς φωτογράφησιν ἀντικείμενα εὐρίσκονται εἰς διαφόρους ἀποστάσεις ἀπὸ τοῦ φακοῦ. Ἐπειδὴ ὁ φακὸς τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς πρέπει νὰ εἶναι ἀπληλλαγμένοι τῶν συνήθων σφαλμάτων τῶν φακῶν, οἱ καλοὶ φωτογραφικοὶ φακοὶ εἶναι πάντοτε σύνθετοι.

Ἡ «ἐνεργὸς ἐπιφάνεια» τοῦ φακοῦ ρυθμίζεται διὰ τῆς ἱριδος.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα φωτογραφικῆς μηχανῆς. Τὰ κύρια χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα μιᾶς φωτογραφικῆς μηχανῆς εἶναι τὰ ἑξῆς: 1) Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις / τοῦ φακοῦ, 2) ἡ διάμετρος Δ τοῦ φακοῦ, 3) ἡ ποιότης τῶν φακῶν (νὰ εἶναι, δηλ., ἀπληλλαγμένοι τῶν συνήθων σφαλμάτων τῶν φακῶν) καὶ 4) ὁ ἐλάχιστος δυνατὸς χρόνος ἐκθέσεως, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ταχύτητος τοῦ συστήματος, τὸ ὁποῖον ἀνοίγει καὶ κλείει τὴν ἱρίδα.

Ὁ *φωτισμὸς* (*) σημείου τινὸς τῆς φωτογραφικῆς πλακῶς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς *φωτεινῆς ροῆς* (**), ἡ ὁποία, ἐκπεμπομένη ἐκ τοῦ πρὸς φωτογράφησιν φωτεινοῦ σημείου, εἰσέρχεται εἰς τὸν φακόν. Συνεπῶς, ὁ φωτισμὸς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ ἐμβαδὸν τοῦ φακοῦ. Ἀφ' ἑτέρου, ὁ φωτισμὸς τοῦ αὐτοῦ σημείου τῆς πλακῶς θὰ ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς ἀποστάσεως r αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ φακοῦ καί, συγκεκριμένως, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ $1/r^2$. Ἐπειδὴ τὸ ἐμβαδὸν τοῦ φακοῦ εἶναι ἀνάλογον πρὸς τὸ τετράγωνον Δ^2 τῆς διαμέτρου αὐτοῦ καὶ ἡ ἀπόστασις r εἶναι, περίπου, ἴση πρὸς τὴν ἔστιακὴν ἀπόστασιν f , ἔπεται ὅτι ὁ φωτισμὸς θὰ εἶναι ἀνάλογος πρὸς $(\Delta/f)^2$. Τὸ πηλίκον Δ/f καλεῖται *σχετικὸν ἄνοιγμα* καὶ εἶναι μέτρον τῆς «φωτεινότητος» τοῦ φακοῦ, καθορίζει δὲ τὸν ἀναγκαῖον χρόνον ἐκθέσεως κατὰ τὴν φωτογράφησιν τοῦ ἀντικειμένου.

Τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ἀναγράφονται ἐπὶ τῶν φωτογραφικῶν φακῶν, εἶναι ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις καὶ τὸ σχετικὸν ἄνοιγμα, ἀναγραφόμενον, συνήθως, ὑπὸ μορφὴν κλάσματος. Οὕτω, οἱ συμβολισμοὶ $f = 50\text{ mm}$ καὶ $1:1,5$ δηλοῦν ὅτι ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι 50 mm , τὸ δὲ σχετικὸν ἄνοιγμα εἶναι $\Delta/f = 1/1,5 = 0,66$.

§ 73. Φωτογραφία. Ἡ φωτογραφία στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος, τὴν ὁποῖαν ἔχουν ὠρισμένα οὐσίαι, διὰν προσβάλλωνται ὑπὸ τοῦ φωτός, νὰ ὑφίστανται ὠρισμένας ἀλλοιώσεις, λόγῳ τῶν ὁποίων εἶναι δυνατὴ ἡ μόνιμος ἀποτύπωσις τοῦ φωτογραφιζομένου ἀντικειμένου ἐπὶ τῶν φωτογραφικῶν πλακῶν (ἢ φιλμ). Αἱ πλάκες αὗται εἶναι ὑάλινοι, ἔχουν δὲ ἐπικαλυφθῆ διὰ λεπτοῦ στρώματος γαλακτώματος ζελατίνης καὶ βρωμιούχου ἀργύρου, ὁ ὁποῖος καὶ ἀποτελεῖ τὴν φωτοταθὴ οὐσίαν. Ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακῶς σχηματίζεται, τῇ βοηθείᾳ φωτογραφικῆς μηχανῆς, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ πρὸς φωτογράφησιν ἀντικειμένου. Τὰ σημεῖα τῆς πλακῶς, τὰ ὁποῖα προσεβλήθησαν ὑπὸ τοῦ φωτός, ὑφίστανται ὠρισμένην ἀλλοίωσιν. Ὡς ἐκ τούτου, ἐὰν ἡ πλᾶξ βυθισθῇ ἐντὸς τοῦ ἐμφανιστοῦ (δηλ., κατωλλήλου διαλύματος), εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα ἀποτίθεται μέλας ἀδιαφανὴς ἀργυρος (*ἐμφάνις* τῆς πλακῶς). Ἀκολούθως, ἡ πλᾶξ φέρεται ἐντὸς λουτροῦ, περιέχοντος τὸν *στερωτήν* (***), ὁ ὁποῖος

(*) Βλ. § 79.

(**) Βλ. § 76.

(***) Διάλυμα ὑποθειώδους νατρίου.

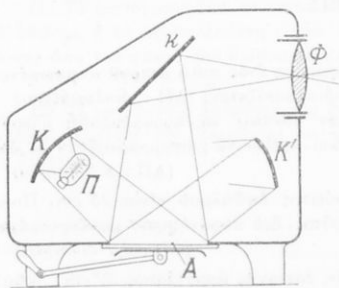
διαλύει τὸν μὴ ἀλλοιωθέντα ἄργυρον, τὸν εὐρισκόμενον εἰς τὰ μὴ φωτισθέντα σημεία τῆς πλάκῃς (στερέωσης). Μετὰ τὴν στερέωσιν ἔχει ἀποτυπωθῆ ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλάκῃς τὸ «ἀρνητικὸν» εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου, εἰς τὸ ὅποιον τὰ «λευκὰ» (φωτεινὰ) σημεία τοῦ ἀντικειμένου παρουσιάζονται μέλανα καὶ ἀντιστρόφως. Διὰ τὰ λάβωμεν, τώρα, τὸ «θετικὸν» εἶδωλον τοποθετήσμεν τὴν πλάκα ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου, ὃ ὁποῖος εἶναι φύλλον χάρτου μὲ τὴν μίαν ἐπιφάνειαν ἐπικαλυμμένην διὰ στρώματος φωτοπαθοῦς οὐσίας. Ἀκολουθῶν, τὴν πλάκα μὲ τὸν κάτωθεν αὐτῆς χάρτην ἐκθέτομεν εἰς φῶς, τὸ ὅποιον, διερχόμενον διὰ τῶν διαφανῶν τμημάτων τοῦ ἀρνητικοῦ εἰδώλου, προσβάλλει τὸ φωτοπαθὲς στρώμα τοῦ χάρτου. Μετὰ τὴν ἐμφάνισιν καὶ τὴν στερέωσιν ἔχομεν ἐπὶ τοῦ χάρτου τὸ θετικὸν εἶδωλον τοῦ φωτογραφηθέντος ἀντικειμένου.

★ **Εἶδη φωτογραφικῶν πλακῶν.** Αἱ πρὸ πολλῶν ἐτῶν χρησιμοποιούμεναι φωτογραφικαὶ πλάκες προσβάλλοντο μόνον ὑπὸ τῶν κυανῶν καὶ ἰωδῶν ἀκτίνων καί, συνεπῶς, τὰ ἐρυθρὰ, κίτρινα κ.λ. ἀντικείμενα δὲν προσβάλλοντο τὸ φωτοπαθὲς στρώμα καί, συνεπῶς, ἐνεφανίζοντο ἐπὶ τῆς φωτογραφίας ὡς μαύρα. Αἱ παρασκευασθεῖσαι, ἀργότερον, *ὀρθοχρωματικαὶ πλάκες* εἶναι εὐαίσθητοι καὶ μέχρι τοῦ κίτρινου, ὅχι, ὅμως, εἰς τὸ ἐρυθρόν. Αἱ *παγχρωματικαὶ*, τέλος, πλάκες εἶναι εὐαίσθητοὶ εἰς ὅλα τὰ χρώματα.

§ 74. Προβλεύς. Χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν προβολὴν τῶν εἰκόνων διαφόρων ἀντικειμένων ὑπὸ μεγέθυνσιν καὶ εἰς μεγάλην, σχετικῶς, ἀπόστασιν, ὥστε αὗται νὰ εἶναι ὁραταὶ ὑπὸ πολλῶν παρατηρητῶν, ὅπως τοῦτο συμβαίνει εἰς τὸν κινηματογράφον, εἰς τὴν διδασκαλίαν, εἰς διαφόρους διалέξεις κ.λ. Τὰ πρὸς προβολὴν ἀντικείμενα εἴτε ἔχουν ἰχνογραφηθῇ ἐπὶ ὑαλίνων πλακῶν ἢ διαφανῶν φύλλων κυτταρίνης ἢ εἶναι τυπωμένα ἐπὶ χάρτου (βιβλία κ.λ.).

Ὁ προβλεύς ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ συστήματος φωτισμοῦ καὶ τοῦ συστήματος προβολῆς.

Τὸ σύστημα φωτισμοῦ εἶναι, συνήθως, εἴτε βολταϊκὸν τόξον (προβολεῖς κινηματογράφου κ.λ.), εἴτε ἰσχυρὸς λαμπτήρ πυρακτώσεως, ὅπως εἰς τοὺς συνήθεις προβολεῖς διδασκαλίας. Τὸ σύστημα προβολῆς ἀποτελεῖται ἐκ συστήματος συγκεντρωτικῶν φακῶν ΣΦ (σχ. 86), διὰ τῶν ὁποίων φωτίζεται ἰσχυρῶς τὸ πρὸς προβολὴν ἀντικείμενον Α καὶ τοῦ φακοῦ προβολῆς ΦΠ, ὃ ὁποῖος σχηματίζει, ἐπὶ διαφράγματος, τὴν εἰκόνα τοῦ προβαλλομένου ἀντικειμένου. Ὁ τρόπος οὗτος προβολῆς διὰ διαφανῶν ἀντικειμένων καλεῖται καὶ *διασκοπικὴ προβολή*, τὸ δὲ ὄργανον *διασκόπιον*.



σχ. 87. Ἐπισκόπιον.

βιβλίον), χρησιμοποιοῦμεν τὸ *ἐπισκόπιον* (σχ. 87) : Τὸ πρὸς προβολὴν ἀντικείμενον

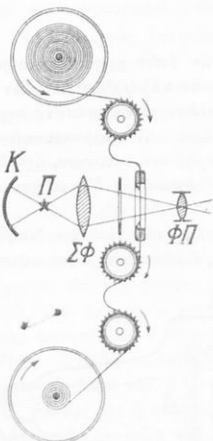
σχ. 86. Διασκόπιον. Τὸ κάτωτρον Κ χρησιμεύει διὰ μεγαλύνειαν συγκεντρώσιν τοῦ φωτός ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου Α.

Προκειμένου νὰ προβάλλωμεν ἀδιαφανῆ ἀντικείμενα (π.χ. μίαν εἰκόνα ἀπὸ

Α φωτίζεται ἰσχυρῶς διὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Π, τῇ βοηθεῖα δύο κατόπτρων Κ, Κ'. Τὸ ἐκ τοῦ ἀντικειμένου ἐκπεμπόμενον φῶς φέρεται, διὰ τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου κ, εἰς τὸν φακὸν προβολῆς Φ, ὁ ὁποῖος καὶ προβάλλει τὴν εἰκόνα τοῦ ἀντικειμένου Α ἐπὶ καταλλήλου ὀθόνης.

Οἱ συνήθεις προβολεῖς διδασκαλίας εἶναι ἐφωδιασμένοι διὰ διατάξεως διασκοπικῆς καὶ ἐπισκοπικῆς προβολῆς καὶ καλεῦνται **ἐπιδιδασκοπία**.

§ 75. Κινηματογράφος. Ἡ λειτουργία τοῦ κινηματογράφου στηρίζεται εἰς τὴν ἰδιότητα τοῦ ὀφθαλμοῦ νὰ διατηρῇ, ἐπὶ τι χρονικὸν διάστημα, τὴν φωτεινὴν ἐντύπωσιν καὶ μετὰ τὴν ἔξαφάνισιν τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου (**μετεῖκασμα**). Ὅπως εὗρέθη, τὸ μετεῖκασμα διατηρεῖται ἐπὶ 1/10 τοῦ δευτερολέπτου. Ἐάν, λοιπόν, προβάλλωμεν ἐπὶ ὀθόνης διαδοχικῶς εἰκόνας (συνήθως 24 ἀνὰ δευτερόλεπτον), θὰ ἔχωμεν τὴν ἐντύπωσιν συνεχοῦς προβολῆς. Εἰς τὸν κινηματογράφον προβάλλονται διὰ **κινηματογραφικῆς μηχανῆς προβολῆς** (σχ. 88) διαδοχικῶς αἱ εἰκόνες κινουμένων ἀντικειμένων, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἀποτυπωθῇ φωτογραφικῶς ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας. Ἐκάστη εἰκὼν φέρεται πρὸ καταλλήλου θυρίδος καί, κρατουμένη ἐπ' ὀλίγον ἀκίνητος, προβάλλεται διὰ τοῦ φακοῦ προβολῆς ΦΠ. Μετὰ τὴν προβολήν, ἡ φωτεινὴ δέσμη διακόπτεται διὰ περιστρεφομένου διαφράγματος καὶ ἡ ταινία προωθείται, ἀποτόμως, κατὰ μίαν εἰκόνα, ὅποτε ἀρχίζει ἐκ νέου ἡ προβολὴ τῆς ἐπομένης εἰκόνης καὶ οὕτως ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν συνεχοῦς κινήσεως.



Σχ. 88. Κινηματογραφικὴ μηχανὴ προβολῆς.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

- 1) Κατὰ πόσον μεταβάλλεται ἡ γωνία ὁράσεως ἐνὸς πολὺ μικροῦ ἀντικειμένου, ὅταν ἡ ἀπόστασίς του ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ ὑποδιπλασιάζεται; (ΑΠ : Διπλασιάζεται)
- 2) Ἡ ἐλάχιστη ἀπόστασις, εἰς τὴν ὅποιαν δύνανται νὰ προσαρμοσθῇ ὑπερμέτρων ὀφθαλμός, εἶναι 1 m. Ποίως ἰσχύος φακοὶ πρέπει νὰ χρησιμοποιηθῶν δι' ἄνετον ἀνάγνωσιν εἰς ἀπόστασιν 25 cm; (ΑΠ : 3 διοπτρίαι)
- 3) Ἡ ἀπόστασις εὐκρινοῦς ὁράσεως μύωπος ὀφθαλμοῦ εἶναι 15 cm. Ποίως ἰσχύος φακοὺς πρέπει νὰ χρησιμοποιήσῃ οὗτος διὰ παρατήρησιν μεμακρυσμένων ἀντικειμένων; (ΑΠ : 6,7 διοπτρίαι)
- 4) Μὲ τὴν βοήθειαν συγκλινόντων φακῶν, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 30 cm, ὀφθαλμὸς ἀναγιγνώσκει ἀκόπως ἔντυπον, εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 25 cm. Εἰς ποίαν ἐλάχιστην ἀπόστασιν δύνανται νὰ προσαρμοσθῇ ὁ ὀφθαλμὸς ἄνευ φακῶν; (ΑΠ : 1,5 m)

Κατηγορία Β'

1) Κατακόρυφον ἀντικείμενον, εύρισκόμενον εις απόστασιν 1 m , φαίνεται υπό γωνίαν όράσεως 20° . Υπό ποίαν γωνίαν όράσεως θά φαίνεται τó αὐτό ἀντικείμενον εις απόστασιν 80 cm ;
(ΑΠ: $24,5^\circ$)

2) Κανονικός όφθαλμός προσαρμόζεται από τής απόστάσεως 25 cm μέχρι τοῦ άπειρου. Μεταξύ ποίων απόστάσεων δύναται νά προσαρμόζεται ό αὐτός όφθαλμός, εάν χρησιμοποιήσῃ φακούς, ισχύος 5 διοπτριών ; (ΑΠ: $\text{Από } 11,1\text{ cm μέχρις } 20\text{ cm}$)

3) Ποία ή ισχύς μεγεθυντικοῦ φακοῦ, παρέχοντος μεγέθυνσιν 6 ;
(ΑΠ: 20 διοπτρίαι)

4) Μικροσκόπιον ἔχει ἀντικειμενικόν φακόν, έστιακῆς απόστάσεως 2 mm καί προσοφθάλμιον, μεγεθύνσεως 10 . Ό ἀντικειμενικός φακός σχηματίζει πραγματικόν είδωλον εις απόστασιν 16 cm από τοῦ κέντρου του. Ζητεῖται ή μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.
(ΑΠ: $\text{Περίπου } 800$)

5) Η μεγέθυνσις ένός μικροσκοπίου είναι 720 . Ποία ή ισχύς τοῦ χρησιμοποιουμένου προσοφθαλμίου φακοῦ, εάν ό ἀντικειμενικός παρέχῃ μεγέθυνσιν 120 ;
(ΑΠ: 20 διοπτρίαι)

6) Ό προσοφθάλμιος καί ό ἀντικειμενικός φακός άστρονομικῆς διόπτρας είναι άμφίκυρτοι φακοί, εκ των οποίων ό ἀντικειμενικός ἔχει ίσας ακτίνας καμπυλότητος $R_1 = R_2 = 80\text{ cm}$, ό δέ προσοφθάλμιος $r_1 = r_2 = 2,5\text{ cm}$. Ζητοῦνται: α) ή μεγέθυνσις καί β) τó μήκος τής διόπτρας. Δείκτης διαθλάσεως άμφοτέρων των φακῶν $1,5$.
(ΑΠ: $32, 82,5\text{ cm}$)

7) Έκ τινος διαφανοῦς υλικοῦ, π.χ. ύάλου, κατασκευάζονται δύο έπιπεδόκυρτοι φακοί, ακτίνων καμπυλότητος 2 m καί 5 cm καί χρησιμοποιοῦνται διά τήν κατασκευήν τηλεσκοπίου. Ποία ή έπιτυγχανομένη μεγέθυνσις ;
(ΑΠ: 40)

8) Η έπιτυγχανομένη μεγέθυνσις δι' άστρονομικῆς διόπτρας, μήκους $2,1\text{ m}$, είναι 20 . Ποία ή ισχύς εκάστου φακοῦ ;
(ΑΠ: $\text{Αντικειμενικός: } 0,5\text{ διοπτρίαι, προσοφθάλμιος: } 10\text{ διοπτρίαι}$)

9) Τό μήκος διόπτρας τοῦ Γαλιλαίου είναι 14 cm , ή δέ έπιτυγχανομένη μεγέθυνσις 8 . Ποῖαι αἱ έστιακαί απόστάσεις των δύο φακῶν ;
(ΑΠ: $\text{Αντικειμενικοῦ: } 16\text{ cm, προσοφθαλμίου: } -2\text{ cm}$)

10) Έπί φωτογραφικῆς πλακός, έμβαδου 12 cm^2 , πρόκειται ν' άπεικονισθῇ κείμενον έντύπον, έμβαδου 108 cm^2 . Εἰς ποίαν απόστασιν από τοῦ φακοῦ τής μηχανῆς πρέπει νά τοποθετηθῇ τó έντυπον, εάν ή έστιακή απόστασις τοῦ φακοῦ είναι 5 cm ;
(ΑΠ: 20 cm)

11) Τό φωτογραφηθέν κείμενον τής άσκήσεως 10 προβάλλεται διά διασκοπίου επί όθόνης, ή δέ προβαλλομένη εικόνα ἔχει έμβαδόν 3 m^2 . Ποία ή απόστασις τής όθόνης από τοῦ φακοῦ τοῦ διασκοπίου, εάν ή έστιακή αὐτοῦ απόστασις είναι 25 cm ;
(ΑΠ: $12,75\text{ m}$)

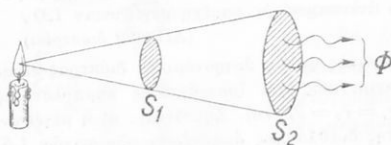
12) Η μεγέθυνσις άστρονομικῆς διόπτρας, έστιακῆς απόστάσεως ἀντικειμενικοῦ φακοῦ 2 m , είναι 100 . Ζητοῦνται α) ή ισχύς τοῦ προσοφθαλμίου καί β) τó μήκος τής διόπτρας.
(ΑΠ: $50\text{ διοπτρίαι, } 202\text{ cm}$)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

Αἱ διάφοροι φωτεινὰι πηγὰι ἐκπέμπουν φῶς, τὸ ὁποῖον, προσπίπτον ἐπὶ τῶν διαφόρων ἀντικειμένων, τὰ φωτίζει. Καὶ ὅσον μὲν ἀφορᾷ τὰς φωτεινὰς πηγὰς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὴν *φωτεινὴν ἰσχύν* των, ὅσον ἀφορᾷ δὲ τὰς φωτιζομένας ἐπιφανείας ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὸν *φωτισμόν* των. Μὲ τὸν ὁρισμὸν τῶν μεγεθῶν αὐτῶν καθὼς καὶ μὲ τὰς μεταξὺ των σχέσεις ἀσχολεῖται ἡ *φωτομετρία*.

§ 76. Φωτεινὴ ροή. Ἐστω φωτεινὴ πηγὴ, ἡ ὁποία ἐκπέμπει φωτεινὴν ἀκτινοβολίαν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.



Σχ. 89. Διὰ τῶν διατομῶν S_1 καὶ S_2 διέρχεται ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροή.

Ἐὰν θεωρήσωμεν ἕνα κῶνον μὲ κέντρον τὴν πηγὴν (σχ. 89), τότε, ἐντὸς τοῦ κώνου τούτου, ἡ πηγὴ ἐκπέμπει διαρκῶς ἐνέργειαν, δεδομένου ὅτι ἡ ἀκτινοβολία εἶναι καὶ αὕτῃ μία μορφὴ ἐνεργείας. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ κώνου

τούτου ἐκπέμπεται ἡ ἐνέργεια E ἐντὸς τοῦ χρόνου t , τὸ πηλίκον

$$\Phi = \frac{E}{t}$$

καλοῦμεν *φωτεινὴν ροήν*. Εἶναι προφανὲς ὅτι, ἔαν θεωρήσωμεν διαφόρους παραλλήλους διατομὰς $S_1, S_2, \dots$ τοῦ κώνου, τὰ ἔμβραδὰ αὐτῶν θὰ εἶναι, βεβαίως, διάφορα, ἡ δι' αὐτῶν, ὅμως, διερχομένη φωτεινὴ ροὴ θὰ εἶναι ἡ αὐτή.

§ 77. Φωτεινὴ ἰσχύς πηγῆς. Χαρακτηριστικὸν μέγεθος τῶν φωτεινῶν πηγῶν εἶναι ἡ *φωτεινὴ ἰσχύς* (*) αὐτῶν, διότι ἄλλαι μὲν πηγὰι ἀκτινοβολοῦν ἰσχυρῶς, ἄλλαι δὲ ἀσθενῶς.

Ἡ φωτεινὴ ἰσχύς μιᾶς πηγῆς εὐρίσκεται διὰ συγκρίσεως αὐτῆς πρὸς πρότυπον φωτεινὴν πηγὴν, τῆς ὁποίας τὴν φωτεινὴν ἰσχύν λαμβάνομεν ὡς μονάδα. Ὡς τοιαύτην μονάδα λαμβάνομεν τὸ *νέον κηρίον* (1 NK) (**).

(*) Ἡ φωτεινὴ ἰσχύς καλεῖται, ἐνίοτε, καὶ *ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς*.

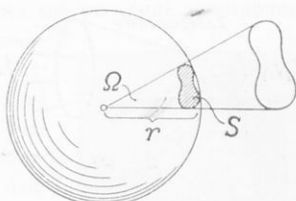
(**) Τὸ *νέον κηρίον* ὀρίζεται ὡς τὸ 1/60 τῆς φωτεινῆς ἰσχύος, τῆς ἐκπεμπομένης ὑπὸ τῆς ἐπιφανείας 1 cm^2 λευκοχρόστου, ὃ ὁποῖος εὐρίσκεται εἰς θερμοκρασίαν, ἴσην πρὸς τὸ σημεῖον τήξεως αὐτοῦ. Παλαιότερον, ὡς μονὰς φωτεινῆς ἰσχύος ἐχρησιμοποιεῖτο τὸ *1 κηρίον Hefner* (1 HK), τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον πρὸς 0,91 τοῦ νέου κηρίου.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΦΩΤΕΙΝΩΝ ΙΣΧΥΩΝ
(εἰς νέα κηρία)

Κηρίον ἐκ στέατος συνήθων διαστάσεων (ἐκ- πομπή ὀριζοντίως)	1
Λυχνία πετρελαίου	20
Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ 40 W	40
1 cm ² λευκοχρύσου εἰς θερμοκρασίαν 1773°	60
Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ 100 W	130
Βολταϊκὸν τόξον	2000

Στερεὰ γωνία. Διὰ τὸν ὁρισμὸν τῆς φωτεινῆς ἰσχύος ἀπαιτεῖται ἡ γνῶσις τῆς ἐννοίας τῆς *στερεᾶς γωνίας*, τὴν ὁποίαν περικλείει, π.χ., εἷς κῶνος.

Διὰ νὰ ὀρίσωμεν τὴν στερεὰν γωνίαν, τὴν ὁποίαν σχηματίζει τὸ σύνολον τῶν ἐκ τοῦ αὐτοῦ σημείου πρὸς τὴν περίμετρον δεδομένης ἐπιφανείας φερομένων εὐθειῶν (σχ. 90), θεωροῦμεν σφαῖραν, μὲ κέντρον τὸ σημεῖον τοῦτο καὶ ἀκτῖνα r οἵανδήποτε. Τὸ πηλίκον τοῦ ἐμβαδοῦ S , τὸ ὁποῖον ἀποκόπτεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας, διὰ τοῦ τετραγώνου τῆς ἀκτίνος καλεῖται *στερεὰ γωνία* Ω . Ὅτιοι εἶναι



Σχ. 90.

$$\Omega = \frac{S}{r^2} \quad (1)$$

Μονὰς στερεᾶς γωνίας λαμβάνεται τὸ 1 *στερεακτίνιον*. Ἐν *στερεακτίνιον* ἰσοῦται μὲ ἐκείνην τὴν στερεὰν γωνίαν, ἡ ὁποία, ἐπὶ σφαίρας ἀκτίνος r , ἀποκόπτει ἐπιφάνειαν, ἐμβαδοῦ, ἴσον πρὸς r^2 .

Ἦδη, ἀφοῦ ἐγνωρίσαμεν τὴν στερεὰν γωνίαν, δυνάμεθα νὰ ὀρίσωμεν τὴν φωτεινὴν ἰσχύν. Οὕτω, ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ τοῦ σχήματος 89 ἐκπέμπῃ τὴν φωτεινὴν ροὴν Φ ἐντὸς τῆς στερεᾶς γωνίας Ω , τὸ πηλίκον

$$J = \frac{\Phi}{\Omega} \quad (2)$$

καλοῦμεν *φωτεινὴν ἰσχύν* τῆς πηγῆς.

Εἶναι προφανὲς ὅτι, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ φωτεινὴ ἰσχύς μιᾶς πηγῆς, τόσον μεγαλυτέρα θὰ εἶναι καὶ ἡ φωτεινὴ ροή, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται ἐντὸς ὠρισμένης στερεᾶς γωνίας.

Ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι φωτεινὸν σημεῖον, ἡ φωτεινὴ ἰσχύς αὐτῆς θὰ εἶναι ἡ αὐτὴ πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Εἰς τὰς πραγματικὰς, ὅμως, φωτεινὰς πηγὰς τοῦτο δὲν πραγματοποιεῖται. Οὕτω, ὁ ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ πυρακτώσεως ἔχει σημα-

τικῶς μικροτέραν φωτεινὴν ἰσχύν κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς βάσεώς του, λόγῳ τοῦ παρεμβαλλομένου κάλυκος, παρὰ κατὰ τὰς ἄλλας διευθύνσεις.

Διὰ τὸν φωτισμὸν τῶν ὁδῶν πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦνται φωτειναὶ πηγαί, τῶν ὁποίων ἡ φωτεινὴ ἰσχύς νὰ εἶναι, κατὰ τὸ δυνατόν, μεγάλη κατὰ πλαγίας διευθύνσεις καὶ μικρὰ πρὸς τὰ ἄνω. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ καταλλήλων κατοπτρικῶν ἐπιφανειῶν (καταναστήρων).

§ 78. Μονὰς φωτεινῆς ροῆς. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (2) τῆς προηγουμένης παραγράφου, τὴν ὁποίαν γράφομεν

$$\Phi = J \cdot \Omega$$

λαμβάνομεν τὴν μονάδα φωτεινῆς ροῆς — ἡ ὁποία καλεῖται *1 Lumen* — ἂν διὰ τὴν φωτεινὴν ἰσχύν λάβωμεν *1 NK* καὶ διὰ τὴν στερεὰν γωνίαν *1 στερακτίδιον*.



Σχ. 91.

Κατὰ ταῦτα, *1 Lumen* εἶναι ἡ φωτεινὴ ροή, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει μία πηγή, φωτεινῆς ἰσχύος *1 NK*, ἐντὸς στερεᾶς γωνίας, ἴσης πρὸς *1 στερακτίδιον* (σχ. 91).

§ 79. Φωτισμὸς ἐπιφανείας. Μία ἐπιφάνεια λέγομεν ὅτι φωτίζεται, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτῃ φῶς. Οὕτω, ἂν μία ἐπιφάνεια, ἐμβαδοῦ *S*, φωτίζεται ὁμοιομόρφως διὰ τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , τὸ πηλίκον

$$B = \frac{\Phi}{S} \quad (1)$$

καλοῦμεν **φωτισμὸν** τῆς ἐπιφανείας.

Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐξαρτᾶται α) ἐκ τῆς φωτεινῆς ἰσχύος τῆς φωτιζούσης πηγῆς, β) ἐκ τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς ἀπὸ τῆς πηγῆς καὶ γ) ἐκ τοῦ προσανατολισμοῦ αὐτῆς ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν προσπιπτονσῶν ἀκτίνων.

Μονὰς φωτισμοῦ. Διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ χρησιμοποιεῖται ὡς μονὰς τὸ *1 Lux*, τὸ ὁποῖον ὁρίζεται ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1), ἂν θέσωμεν $\Phi = 1 \text{ Lumen}$ καὶ $S = 1 \text{ m}^2$.

Ἦτοι, *1 Lux* εἶναι ὁ φωτισμὸς ἐπιφανείας, ἐμβαδοῦ 1 m^2 , φωτιζομένης ὁμοιομόρφως διὰ φωτεινῆς ροῆς *1 Lumen*. Ἦτοι

$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lumen}}{\text{m}^2}.$$

Ὁ φωτισμὸς ἑνὸς χώρου, εἰς τὸν ὁποῖον πρόκειται νὰ γίνη μία ἐργασία, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἵδους τῆς ἐργασίας. Οὕτω, διὰ τὴν ἀνάγνωσιν ἀπαιτεῖται, σχετικῶς, μεγαλύτερος φωτισμὸς, παρὰ δι' ἄλλας ἐργασίας.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΦΩΤΙΣΜΩΝ

(εἰς *Lux*)

Ἀστροφεγγῆς ἐπιφάνεια τῆς γῆς	$3 \cdot 10^{-4}$
Φωτισμὸς ἐπιφανείας ὑπὸ πανσελήνου . .	0,2
Ἀπαραίτητος φωτισμὸς δρόμου κατὰ τὴν νύκτα	20
Ἀπαραίτητος φωτισμὸς δι' ἀνάγκωσιν . .	350
Φωτισμὸς ἐπιφανείας ὑπὸ τοῦ Ἡλίου . .	2800

§ 80. Φωτόμετρα. Διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ χρησιμοποιοῦνται ὄργανα, καλούμενα **φωτόμετρα**. Ὁ σήμερον χρησιμοποιούμενος τύπος (σχ. 92) ἀποτελεῖται ἐκ **φωτοστοιχείου** (*), συνδεδεμένου μὲ **γαλβανόμετρον**. Τὸ φωτοστοιχεῖον εἶναι ὄργανον, τὸ ὁποῖον, φωτιζόμενον, προκαλεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ ἔντασις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν φωτισμόν, τὸν ὁποῖον δέχεται. Τὸ γαλβανόμετρον μετρεῖ τὴν ἔντασιν τοῦ ὑπὸ τοῦ φωτὸς προκαλουμένου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι δὲ βαθμολογημένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε αἱ ἐνδείξεις του νὰ παρέχουν, ἀπ' εὐθείας, τὸν φωτισμὸν εἰς *Lux*.



Σχ. 92. Φωτόμετρον διὰ φωτοστοιχείου.

§ 81. Νόμοι τῆς φωτομετρίας.

1ος νόμος. «Ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία εὐρίσκεται εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ φωτεινῆς πηγῆς καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὰς ἀκτῖνας τῆς, εἶναι ἀνάλογος τῆς φωτεινῆς ἰσχύος τῆς πηγῆς».

Οὕτω, φωτόμετρον, φωτιζόμενον ὑπὸ τοῦ φωτὸς δύο, π.χ., κηρίων, δεικνύει διπλάσιον φωτισμόν, ἀπὸ τὸν φωτισμόν, τὸν προκαλούμενον ὑφ' ἐνὸς κηρίου.

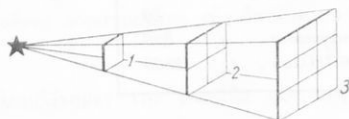
2ος νόμος. «Ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος ἐπὶ τὰς ἀκτῖνας μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, ὠρισμένης φωτεινῆς ἰσχύος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῆς ἀπὸ τῆς πηγῆς».

Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τούτου φέρομεν ἓν φωτόμετρον ἔμπροσθεν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς καὶ εἰς ἀπόστασιν, π.χ., 1 m ἀπ' αὐτῆς, ὁπότε

(*) Βλ. κατωτέρω § 290.

θὰ μετρήσωμεν τὸν φωτισμόν, τὸν ὅποιον δέχεται ἡ ἐπιφάνεια τοῦ φωτομέτρου εἰς τὴν ἀπόστασιν ταύτην. Ἐάν, ἀκολούθως, διπλασιάσωμεν (2 m), τριπλασιάσωμεν (3 m) κ.λ. τὴν ἀπόστασιν, θὰ εὕρωμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεταί 4, 9 κ.λ. φορὰς μικρότερος.

Ὁ νόμος οὗτος προκύπτει καὶ διὰ γεωμετρικῶν συλλογισμῶν: Θεωρήσωμεν μικρὰν τετράγωνον ἐπιφάνειαν, πλευρᾶς l , εὗρισκομένην εἰς ἀπόστασιν



Σχ. 93. Ὁ φωτισμὸς ἐλαττοῦται μὲ τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως.

νωμεν τὴν πυραμίδα ταύτην καί, εἰς διπλασίαν ἀπόστασιν, φέρωμεν τομήν, παράλληλον πρὸς τὴν βάσιν της, ἡ νέα αὕτη βάσις θὰ δέχεται τὴν αὐτὴν, ὥς ἡ προηγουμένη, φωτεινὴν ροήν, ἀλλ' ἐπειδὴ τὸ ἔμβადόν της εἶναι μεγαλύτερον, ὁ φωτισμὸς θὰ εἶναι μικρότερος· καί, συγκεκριμένως, ἐπειδὴ ἡ νέα βάσις, ὡς τετραγωνικὴ ἐπιφάνεια, πλευρᾶς $2l$, θὰ ἔχη ἔμβადόν $4l^2$ —ἥτοι τετραπλάσιον τῆς προηγουμένης—ὁ φωτισμὸς αὐτῆς θὰ εἶναι 4 φορὰς μικρότερος. Ὅμοιως, προσέκτασις τῆς πυραμίδος εἰς τριπλασίαν ἀπόστασιν θὰ σχηματίσῃ βάσιν, ἡ ὁποία θὰ ἔχη πλευρὰν $3l$ καί, συνεπῶς, ἔμβადόν $9l^2$ (ὁπότε ὁ φωτισμὸς θὰ γίνῃ 9 φορὰς μικρότερος), ἀποδεικνυμένου, οὕτω, τοῦ διατυπωθέντος νόμου.

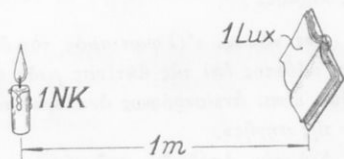
Οἱ ἄνω δύο νόμοι δύνανται νὰ περιγραφῶν διὰ τοῦ τύπου

$$B = \frac{J}{r^2} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Νόμος τῆς φωτομετρίας} \\ \text{διὰ κάθετον πρόσπιωσιν} \end{array} \right. \quad (1)$$

εἰς τὸν ὅποιον B εἶναι ὁ φωτισμὸς τῆς φωτιζομένης ἐπιφανεῖας, J ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῆς πηγῆς καὶ r ἡ ἀπόστασις τῆς ἐπιφανεῖας ἀπὸ τῆς πηγῆς.

Ὁ τύπος (1) προκύπτει καὶ ἐκ τοῦ τύπου $B = \Phi/S$, ἐὰν ἀντικαταστήσωμεν τὸ Φ διὰ τοῦ ἴσου του $J \cdot \Omega$ (ἔξισωσις (2) τῆς § 77) καὶ τὸ Ω διὰ τοῦ ἴσου του S/r^2 (ἔξισωσις (1) τῆς § 77).

Ἐκ τοῦ ἄνω τύπου (1) δύναται νὰ ὁρισθῇ καὶ ἡ μονὰς 1 Lux , ἀρχεῖ νὰ θέσωμεν $J = 1 \text{ NK}$ καὶ $r = 1 \text{ m}$. Ἦτοι: 1 Lux εἶναι ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανεῖας, εὗρισκομένης εἰς ἀπόστασιν 1 m , ἀπὸ πηγῆς, φωτεινῆς ἰσχύος 1 NK καὶ καθέτου ἐπὶ τὰς ἀκτίνες της (σχ. 94).

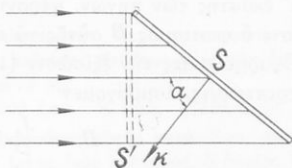


Σχ. 94.

3ος νόμος (νόμος τοῦ συνημιτόνου). «Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ προσανατολισμοῦ αὐτῆς ἐν σχέσει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων».

Τοῦτο δεικνύμεν ὡς ἑξῆς: Διατηροῦντες τὸ φωτόμετρον εἰς σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τινος πηγῆς καὶ μεταβάλλοντες τὴν κλίσιν τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας τοῦ φωτομέτρου, εὐρίσκομεν ὅτι ὁ φωτισμὸς εἶναι μέγιστος, ὅταν αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν καθέτως. Ὅταν αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες προσπίπτουν πλάγιως (σχ. 95), ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας γίνεται μικρότερος. Καὶ τοῦτο διὰ τοὺς ἑξῆς λόγους: Ἡ ἐπιφάνεια S' , ἡ ὁποία εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν προσπίπτουσαν δέσμην, δέχεται ὠρισμένην φωτεινὴν ροὴν. Ἡ πλαγία, ὅμως, ἐπιφάνεια S , μισλονότι δέχεται τὴν αὐτὴν φωτεινὴν ροὴν μετὰ τὴν ἐπιφάνειαν S' , θὰ ἔχῃ μικρότερον φωτισμόν, διότι τὸ ἐμβαδὸν αὐτῆς εἶναι μεγαλύτερον.

Ἐὰν καλέσωμεν α τὴν γωνίαν, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ προσπίπτουσαι ἀκτῖνες μετὰ τῆς καθέτου κ ἐπὶ τὴν (πλαγίαν) ἐπιφάνειαν S , ὁ φωτισμὸς B αὐτῆς θὰ εἶναι ἴσος πρὸς



Σχ. 95. Ὁ φωτισμὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς κλίσεως τῆς ἐπιφανείας.

$B = B_0 \cdot \sin \alpha$	Νόμος τοῦ συνημιτόνου	(2)
-----------------------------	-----------------------	-----

ἐνθα B_0 εἶναι ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας, ὅταν ἔχῃ τεθῇ καθετῶς πρὸς τὴν δέσμην (ὅταν, δηλ., ἡ γωνία α εἶναι ἴση πρὸς 0°).

Ἡδη, ὁ τύπος (1) εἶναι δυνατὸν νὰ γραφῇ, ὑπὸ τὴν γενικωτέραν του μορφήν, ὡς ἑξῆς:

$B = \frac{J}{r^2} \cdot \sin \alpha$	(3)
---------------------------------------	-----

Ὅταν τὸ φῶς προσπίπτῃ καθέτως, εἶναι $\alpha = 0^\circ$ ($\sin \alpha = 1$), ὁπότε ὁ τύπος (3) γράφεται

$$B = \frac{J}{r^2}$$

δηλ., προκύπτει ὁ τύπος (1).

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (2). Ἐκ τοῦ σχήματος 95 λαμβάνομεν διὰ τὴν κάθετον πρόσπτωσιν καὶ διὰ τὴν πλαγίαν πρόσπτωσιν τὰς σχέσεις

$$B_0 = \frac{\Phi}{S'} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{\Phi}{S},$$

δεδομένου ὅτι ἡ φωτεινὴ ροὴ Φ εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις. Διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς δύο ἐξισώσεις, λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$\frac{B}{B_0} = \frac{S'}{S}.$$

Ἐπειδὴ, ἐκ τοῦ σχήματος, ἔχομεν $S' = S \cdot \sin \alpha$, ὁ ἄνω τύπος μᾶς δίδει τὴν ζητούμενην σχέσιν

$$B = B_0 \cdot \sin \alpha. \quad \text{ὁ.ἔ.δ.}$$

§ 82. Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν. Εἰς τὴν πρακτικὴν φωτομετρίαν

παρουσιάζεται συχνάκις τὸ πρόβλημα τῆς συγκρίσεως τῶν φωτεινῶν ἰσχύων J_1 καὶ J_2 δύο πηγῶν. Πρὸς τοῦτο φωτίζομεν μίαν ἐπιφάνειαν, διαδοχικῶς, δι' ἐκάστης τῶν πηγῶν, φέροντες αὐτὴν εἰς τοιαύτας ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 ὥστε ὁ φωτισμὸς B αὐτῆς νὰ εἶναι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ὁ αὐτός. Ἐφαρμόζοντες τὴν ἐξίσωσιν (1) τῆς προηγουμένης παραγράφου διὰ τὰς δύο περιπτώσεις, λαμβάνομεν

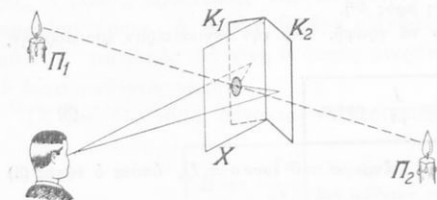
$$B = \frac{J_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{J_2}{r_2^2}.$$

ἢ

$\frac{J_1}{J_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$	Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν
---	----------------------------

Ἦτοι, ὅταν δύο φωτεινὰ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, αἱ φωτεινὰ ἰσχύες αὐτῶν εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων τῶν πηγῶν ἐκ τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας.

★ § 83. Φωτόμετρον Bunsen. Διὰ τὴν σύγκρισιν τῆς ἰσχύος δύο φωτεινῶν πηγῶν ἐχρησιμοποιοῦντο, παλαιότερον, διάφορα φωτόμετρα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἀπλούστερον εἶναι τὸ *φωτόμετρον Bunsen*. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ λευκοῦ φύλλου



Σχ. 98. Φωτόμετρον Bunsen (ἀρχή).

Π_1 , Π_2 καὶ καθέτως πρὸς τὴν εὐθείαν, τὴν ἐνοῦσαν αὐτάς. Ἐάν, τώρα, μετακινήσωμεν τὸ φύλλον τοῦ χάρτου καὶ φέρωμεν αὐτὸ εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε νὰ δέχεται καὶ ἐκ τῶν δύο πηγῶν τὸν αὐτὸν φωτισμόν, ἡ κηλὶς ἐξαφανίζεται καὶ ὁ χάρτης φαίνεται ὁμοιομόρφως φωτισμένος. Ἦδη, διὰ μετρήσεως τῶν ἀποστάσεων r_1 καὶ r_2 τῶν δύο πηγῶν ἀπὸ τοῦ χάρτου καὶ γνωστῆς τῆς ἰσχύος J_1 τῆς μιᾶς πηγῆς, εὐρίσκομεν τὴν ἄγνωστον ἰσχὺν J_2 τῆς ἄλλης πηγῆς διὰ τοῦ τύπου τῶν ἴσων φωτισμῶν

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}.$$

Ἐπειδὴ δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε ἡ κηλὶς νὰ ἐξαφανισθῇ ἐντελῶς, τὸ φωτόμετρον τοῦτο εἶναι ἐφωδιασμένον διὰ δύο ἐπιπέδων κατόπτρων K_1 , K_2 ἐντὸς τῶν ὁποίων βλέπομεν, συγχρόνως, τὰς δύο ἐπιφανείας τοῦ χάρτου καὶ ρυθμιζόμεν τὰς ἀποστάσεις οὕτως ὥστε αἱ δύο ὕψεις τῆς κηλίδος νὰ παρουσιάζονται ἐξ ἴσου φωτισμέναι.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Λαμπτήρ πυρακτώσεως ἐκπέμπει, πρὸς ὠρισμένην διεύθυνσιν, φωτεινὴν ἰσχὴν 50 NK. Ζητεῖται ὁ φωτισμὸς ἐπιφανείας, τεθείσης καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν ταύτην καὶ εἰς ἀπόστασιν 0,5 m, 1 m καὶ 4 m.

(ΑΠ: 200 Lux, 50 Lux, 3,125 Lux)

2) Φωτεινὴ πηγὴ προκαλεῖ ἐπὶ ἐπιφανείας, ἀπεχούσης αὐτῆς κατὰ 2 m, φωτισμὸν 40 Lux. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ φωτεινὴ ἰσχύς ἐνὸς λαμπτήρος, ὁ ὁποῖος νὰ προκαλῇ τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἀπὸ ἀποστάσεως 3 m; (ΑΠ: 360 NK)

3) Δύο φωτειναὶ πηγαί, φωτεινῶν ἰσχύων 16 NK καὶ 9 NK, ἀπέχουν ἀλλήλων κατὰ 140 cm. Εἰς ποῖον σημεῖον ἐπὶ τῆς εὐθείας, ἣτις ἐνώνει αὐτάς, πρέπει νὰ τοποθετηθῇ διάφραγμα, ἵνα αἱ δύο ὕψεις του φωτίζονται ἐξ ἴσου ὑπὸ τῶν δύο πηγῶν; (ΑΠ: 80 cm ἀπὸ τῆς ἰσχυρότερης πηγῆς)

4) Λαμπτήρ πυρακτώσεως, φωτεινῆς ἰσχύος 40 NK, εὐρίσκεται εἰς ὕψος 2 m ἀπὸ τραπέζης. Εἰς ποῖον ὕψος πρέπει νὰ τοποθετηθῇ λαμπτήρ, φωτεινῆς ἰσχύος 90 NK, ὥστε νὰ προκαλῇ τὸν αὐτὸν φωτισμὸν τῆς τραπέζης; (ΑΠ: 3 m)

5) Εἰς τὸ κέντρον σφαίρας, ἀκτίνος 1 m, εὐρίσκεται μικρὸς λαμπτήρ πυρακτώσεως. Ποία εἶναι ἡ φωτεινὴ ἰσχύς τοῦ λαμπτήρος, ἐὰν τμῆμα τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας, ἐμβαδοῦ 50 cm², δέχεται φωτεινὴν ροὴν 0,01 Lumen; (ΑΠ: 2 NK)

Κατηγορία Β'

1) Εἰς τὸ κέντρον σφαίρας εὐρίσκεται λαμπτήρ πυρακτώσεως, φωτεινῆς ἰσχύος 80 NK. Ποία ἡ φωτεινὴ ροή, ἡ διερχομένη διὰ τοῦ ἐνὸς ἡμισφαίου; (ΑΠ: 502,4 Lumen)

2) Δύο φωτειναὶ πηγαὶ συγκρίνονται διὰ φωτομέτρου, ὅταν δὲ ἐπιτυγχάνεται ἰσοφωτισμὸς, αἱ ἀποστάσεις αὐτῶν ἀπὸ τοῦ φωτομέτρου εἶναι, ἀντιστοίχως, ἴσαι πρὸς 15 cm καὶ 30 cm. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ ἰσχύς τῆς μικροτέρας πηγῆς εἶναι 5 NK, ποία εἶναι ἡ φωτεινὴ ἰσχύς τῆς ἄλλης; (ΑΠ: 20 NK)

3) Εἰς τὴν προηγουμένην ἀσκήσιν, πρὸ τῆς πηγῆς τῆς μεγαλυτέρας φωτεινῆς ἰσχύος τοποθετεῖται ἡμιδιαφανὴς ὕαλος, ἣτις ἀπορροφεῖ τὰ 36% τῆς φωτεινῆς ἐνεργείας. Κατὰ πόσον πρέπει νὰ μετατοπισθῇ ἡ πηγὴ ὥς πρὸς τὸ φωτόμετρον, διὰ νὰ προκαλῇ τὸν αὐτὸν ὥς καὶ πρότερον φωτισμὸν; (ΑΠ: Νὰ πλησιάζῃ κατὰ 6 cm)

4) Δύο λαμπτήρες πυρακτώσεως ἀπέχουν μεταξύ των κατὰ 2,2 m, αἱ δὲ φωτειναὶ ἰσχύες αὐτῶν ἔχουν λόγον 16 : 49. Εἰς ποῖαν θέσιν μεταξύ αὐτῶν πρέπει νὰ τεθῇ διάφραγμα, κάθετον ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν, τὴν ἐνοῦσαν τοὺς δύο λαμπτήρας, ὥστε νὰ δέχεται τὸν αὐτὸν φωτισμὸν; (ΑΠ: 0,8 m ἀπὸ τῆς πηγῆς τῆς μικροτέρας ἰσχύος)

5) Εἰς ὕψος 1 m ὑπὲρ ἀνω τοῦ κέντρου κυκλικῆς τραπέζης, ἀκτίνος 75 cm, ἀναριᾶται λαμπτήρ πυρακτώσεως, φωτεινῆς ἰσχύος 40 NK. Ποῖος ὁ φωτισμὸς εἰς τὸ κέντρον καὶ εἰς τὴν περιφέρειαν τῆς τραπέζης; (ΑΠ: 40 Lux, 20,48 Lux)

6) Δύο μικραὶ παράλληλοι ἐπιφάνειαι εὐρίσκονται ἀπέναντι ἀλλήλων καὶ ἀπέχουν 4 m. Εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως εὐρίσκεται λαμπτήρ πυρακτώσεως, φωτεινῆς ἰσχύος 100 NK. α) Ζητεῖται ὁ φωτισμὸς τῶν ἐπιφανειῶν. β) Ἐὰν ἡ μία ἐπιφάνεια στραφῇ οὕτως ὥστε αἱ ἀκτίνες νὰ προσπίπτουν ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 60°, κατὰ πόσον πρέπει νὰ πλησιάζῃ πρὸς τὴν πηγὴν διὰ νὰ μὴ μεταβληθῇ ὁ φωτισμὸς αὐτῆς; (ΑΠ: α) 25 Lux, β) 0,59 m)

7) Δύο λαμπτήρες πυρακτώσεως, φωτεινῆς ἰσχύος 100 NK, εὐρίσκονται εἰς ἀπό-

στασιν 2,1 m. Εἰς ποίαν θέσιν μεταξύ τῶν δύο λαμπτήρων πρέπει νὰ τοποθετηθῇ διάφραγμα, ὥστε ὁ φωτισμὸς τῆς μιᾶς ὀψευς αὐτοῦ νὰ εἶναι τετραπλάσιος τοῦ φωτισμοῦ τῆς ἄλλης; (ΑΠ: 0,7 m ἀπὸ οἰανδήποτε ἐκ τῶν δύο πηγῶν)

8) Δύο λαμπτήρες πυρακτώσεως, ἕκαστος τῶν ὁποίων ἔχει φωτεινὴν ἰσχὺν 60 NK, εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 2 m. Εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως τοποθετεῖται διάφραγμα, καθέτως πρὸς τὴν ἐνοῦσαν τοὺς δύο λαμπτήρας εὐθεῖαν, ὅποτε αἱ δύο ὀψεις αὐτοῦ δέχονται ἴσον φωτισμόν. Ἀκολουθῶς, τὸ διάφραγμα στρέφεται κατὰ γωνίαν 30°. Ποῖος ὁ φωτισμὸς ἐκάστης ὀψεως τοῦ διαφράγματος;

(ΑΠ: 52 Lux)

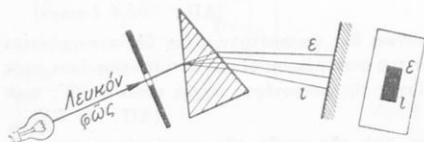
9) Φωτεινὴ πηγὴ, ἀγνώστου φωτεινῆς ἰσχύος, ἀπέχει κατὰ 180 cm ἀπὸ ἄλλην πηγὴν, φωτεινῆς ἰσχύος 10 NK. Διάφραγμα, τοποθετούμενον καθέτως ἐπὶ τὴν εὐθεῖαν, τὴν ἐνοῦσαν τὰς δύο πηγὰς καὶ εἰς ἀπόστασιν 60 cm ἀπὸ τῆς δευτέρας πηγῆς, δέχεται τὸν αὐτὸν φωτισμόν ἐπὶ τῶν δύο ὀψεων αὐτοῦ. Κατὰ πόσον πρέπει νὰ μετακινήθῃ τὸ διάφραγμα, διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν ἐκ νέου ἰσοφωτισμόν, ἐὰν τοῦτο στραφῇ κατὰ 30°;

(ΑΠ: Κατὰ μηδὲν)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Σ'

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 84. Φάσμα. Ἐὰν ἐπὶ πρίσματος ρίψωμεν δέσμην λευκοῦ φωτός (π.χ., φωτός, προερχομένου ἐκ λαμπτήρος πυρακτώσεως, πρὸ τοῦ ὁποίου ἔχο-



Σχ. 97. Τὸ λευκὸν φῶς, διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος, ἀναλύεται.

μεν θέσει μίαν σχισμὴν -σχ. 97) καὶ δεχθῶμεν τὸ ἐξερχόμενον φῶς ἐπὶ πετάσματος, θὰ λάβωμεν μίαν ἑγχρωμον συνεχῇ ταινίαν, ἐπὶ τῆς ὁποίας παρουσιάζονται τὰ γνωστὰ χρώματα ἐρυθρόν, κίτρινον, πορτοκαλλόχρουν, πρά-

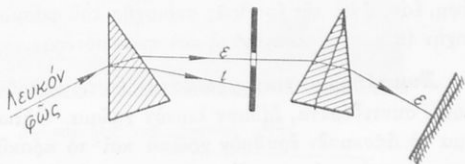
σινον, κυανοῦν, βαθὺν κυανοῦν, ἰώδες (*). Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **ἀνάλυσις τοῦ φωτός**, ἡ δὲ ἑγχρωμος ταινία **φάσμα**.

Ἡ ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Μία δέσμη λευκοῦ φωτός ἀποτελεῖται ἐξ ἀκτίνων ὅλων τῶν χρωμάτων. Κατὰ τὴν δίοδον τῆς δέσμης διὰ τοῦ πρίσματος, ὅλαι αἱ ἀκτίνες αὗται ἐκτρέπονται, ἡ ἐκτροπὴ, ὅμως, ἐκάστης ἀκτίνος θὰ εἶναι διάφορος δι' ἕκαστον χρῶμα καί, συγκεκριμένως, τὴν μεγαλύτεραν ἐκτροπὴν ὑφίστανται αἱ ἰώδεις ἀκτίνες, τὴν δὲ μικροτέραν αἱ ἐρυθραί. Ὁ λόγος, διὰ τὸν ὁποῖον αἱ διάφοροι ἀκτίνες ἐκτρέπονται, ἀναλόγως τοῦ χρώματος, κατὰ διαφόρους γωνίας εἶναι

(*) Ἐννοεῖται ὅτι ἡ αὐστηρά αὕτη διαίρεσις τῶν χρωμάτων εἰς ἐπτά εἶναι αὐθαίρετος, καθόσον ἡ μετάβασις ἀπὸ τοῦ ἑνὸς χρώματος εἰς τὸ ἄλλο εἶναι βαθμιαία καί, συνεπῶς, ὑπάρχουν πολλαὶ ἀποχρώσεις.

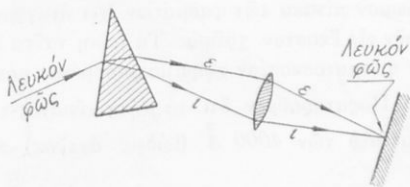
ὁ ἐξῆς: Εἰς τὸ κενὸν ὅλαι αἱ φωτειναὶ ἀκτῖνες, ἀνεξαρτήτως τοῦ χρώματος, διαδίδονται μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος, ἐνῶ ἐντὸς τοῦ πρίσματος (δηλ., ἐντὸς τῆς ὕλου) ἡ ταχύτης τῶν εἶναι διάφορος. Ὡς ἐκ τούτου καὶ ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕλου (ὡς πηλίκον τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς ἐντὸς τοῦ κενοῦ διὰ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτὸς ἐντὸς τῆς ὕλου - § 30) θὰ εἶναι διάφορος διὰ τὰ διάφορα χρώματα καί, συγκεκριμένως, εἶναι μέγας διὰ τὰς ἰώδεις ἀκτῖνας καὶ μικρὸς διὰ τὰς ἐρυθράς. Κατὰ τὴν ἐξέτασιν, ὅμως, τῶν πρισματικῶν εἰδόμεν ὅτι ἡ γωνία ἐκτροπῆς ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ δείκτη διαθλάσεως καὶ εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερος εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως. Συνεπῶς, ἐξ ὅλων τῶν ἀκτίνων τοῦ λευκοῦ φωτός, τοῦ προσπίπτοντος ἐπὶ τοῦ πρίσματος, τὴν μεγαλύτεραν ἐκτροπὴν θὰ ὑποστοῦν αἱ ἰώδεις καὶ τὴν μικροτέραν αἱ ἐρυθραί, ἐνῶ ἡ ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων τῶν ἄλλων χρωμάτων (κιτρίνου, πρασίνου, κ.λ.) θὰ ἔχῃ ἐνδιάμεσους τιμὰς, δημιουργουμένον, οὕτω, τοῦ φάσματος.

Φῶς, τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν αἱ ἀκτῖνες ἑνός, μόνου, χρώματος, καλεῖται **μονόχρουν**. Ἐὰν διαβιβάσωμεν διὰ πρίσματος μονόχρουν φῶς, θὰ ἐκτραπῇ μὲν, ἀλλὰ δὲν θ' ἀναλυθῇ εἰς ἄλλα χρώματα. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ δεῖξωμεν διὰ τοῦ ἐξῆς πειράματος (σχ. 98): Ἐκ τοῦ φάσματος, τὸ ὁποῖον μᾶς δίδει ἓν πρῖσμα, ὅταν ἐπ' αὐτοῦ ῥιψωμεν λευκὸν φῶς, ἀπομονώνομεν διὰ λεπτῆς σχισμῆς, μίαν μικρὰν περιοχὴν (π.χ., τὴν ἐρυθράν) καὶ ἀφήνομεν αὐτὴν νὰ προσπέσῃ ἐπὶ δευτέρου πρίσματος. Παρατηροῦμεν ὅτι, ὅπισθεν τοῦ πρίσματος τούτου, ἔχομεν μόνον ἐρυθρὸν φῶς, ἀπόδειξις ὅτι τὸ μονόχρουν φῶς δὲν ἀναλύεται.



Σχ. 98. Ἐντὸς τοῦ δευτέρου πρίσματος τὸ ἐρυθρὸν φῶς δὲν ἀναλύεται, διότι εἶναι μονόχρουν.

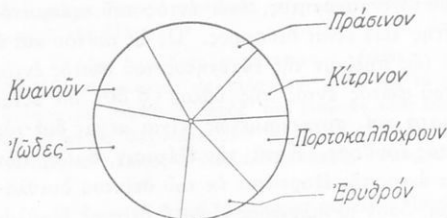
§ 85. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἐὰν τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἀναλύεται ὑπὸ τινος πρίσματος, συγκεντρώσωμεν διὰ φακοῦ εἰς ἓν σημεῖον (σχ. 99),



Σχ. 99. Ἀνασύνθεσις τοῦ ἀναλυθέντος φωτός.

θά παρατηρήσωμεν ὅτι σχηματίζεται μία λευκὴ κηλὶς (ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός). Τὴν ἀνασύνθεσιν τοῦ λευκοῦ φωτός ἐκ τῶν συνιστώντων αὐτὸ χρωμάτων δυνάμεθα νὰ ἐπιδείξωμεν καὶ διὰ τοῦ **δίσκου τοῦ Νεύτωνος** (σχ. 100): Ἐπὶ δίσκον ἐπικολλῶνται τομεῖς μὲ τὰ χρώματα τοῦ φάσματος καὶ μὲ μέγεθος

τὸ ὁποῖον ν' ἀνταποκρίνεται, κατὰ προσέγγισιν, εἰς τὴν σχετικὴν ἔκτασιν αὐτῶν εἰς τὸ φάσμα. Ἐὰν περιστρέψωμεν ταχέως τὸν δίσκον, οὗτος, λόγῳ τῆς διαρκείας τῆς ἐντυπώσεως, φαίνεται σχεδὸν λευκός.



Σχ. 100. Δίσκος τοῦ Νεύτωνος.

τοῦ πρίσματος καὶ τοῦ φακοῦ μικρὸν διάφραγμα, διὰ τοῦ ὁποίου ν' ἀποκόπτομεν μέρος τοῦ φάσματος, π.χ., τὸ ἐρυθρόν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ ἐπὶ τοῦ πετάσματος κηλὶς δὲν εἶναι, πλέον, λευκή, ἀλλὰ πρασίνη. Ἡ ἐντύπωσις τοῦ πρασίνου χρώματος τῆς κηλίδος προκύπτει ἐξ ἀνασυνθέσεως τῶν ὑπολοίπων ἀκτίνων. Τὸ πράσινον τοῦτο χρῶμα δὲν εἶναι, εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, **μονόχρουν**, ἀλλὰ **σύνθετον**. Ὁμοίως, σύνθετον χρῶμα θὰ προκύψῃ, ἐάν, ἀντὶ τῆς ἐρυθρᾶς περιοχῆς τοῦ φάσματος, ἀποκόψωμεν ἄλλην περιοχὴν (π.χ., τὴν κυανῇν) ἢ καὶ περισσοτέρας.

Συμπληρωματικὰ χρώματα. Οὕτω καλοῦνται τὰ χρώματα ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα, συντιθέμενα, δίδουν λευκὸν χρῶμα. Οὕτω, εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα τὸ ἀποκοπὲν ἐρυθρὸν χρῶμα καὶ τὸ προκύψαν πράσινον εἶναι συμπληρωματικὰ χρώματα. Συμπληρωματικὰ εἶναι, ἐπίσης, καὶ τὰ χρώματα κίτρινον καὶ κυανοῦν κ.λ.

§ 86. Σχέσις χρώματος καὶ μήκους κύματος τοῦ φωτός. Εἶδομεν ἀνωτέρω ὅτι μίᾳ δέσμῃ λευκοῦ φωτός ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν ἀκτίνων, εἰς ἑκάστην τῶν ὁποίων ἀποδίδομεν ὠρισμένον χρῶμα. Ὅπως, ὁμως, εἶδομεν εἰς τὴν § 1, τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ μορφὴν κυμάτων. Ἡ μέτρησις τοῦ μήκους κύματος τῶν διαφόρων μονοχρωματικῶν ἀκτίνων ἔδειξεν ὅτι εἰς ἑκαστον χρῶμα ἀντιστοιχεῖ ἄλλο μήκος κύματος.

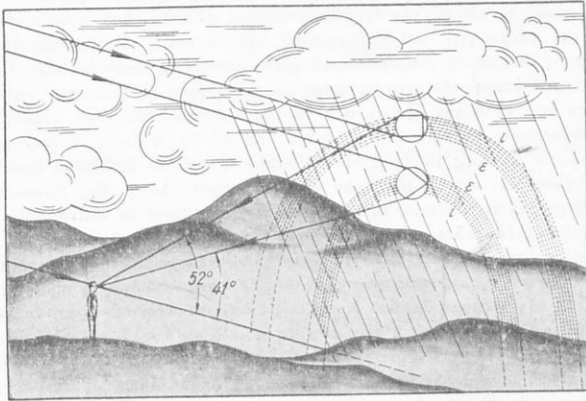
Εἰς τὸν παρατιθέμενον ἑγχρωμον πίνακα τῶν φασμάτων ἔχει ἀναγραφῇ τὸ μήκος κύματος, τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς ἑκαστον χρῶμα. Τὰ μήκη ταῦτα δίδονται εἰς τὰς συνήθως εἰς τὴν φασματοσκοπίαν χρησιμοποιουμένας μονάδας $\text{\AA}$ Angström ("Ἀνγκστρεμ") (*). Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ μήκη κύματος τοῦ ὁρατοῦ φωτός περιλαμβάνονται μεταξὺ τῶν $4000 \text{\AA}$ (ἰώδεις ἀκτίνες) καὶ τῶν $7700 \text{\AA}$ (ἐρυθραὶ ἀκτίνες).

Διὰ ν' ἀποκτήσῃ τις ἀντίληψιν τοῦ μήκους, π.χ., $5000 \text{\AA}$, ἀρκεῖ νὰ ἔχη

(*) $1 \text{\AA} = 10^{-8} \text{ cm.}$

ὑπ' ὅψιν του ὅτι τοῦτο εἶναι, περίπου, εἴκοσι φορὰς μικρότερον τοῦ πάχους τῶν λεπτῶν φύλλων ἀργιλίου («ἀσημιόχαρτον»), τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὰ κυττῖα σιγαρέττων.

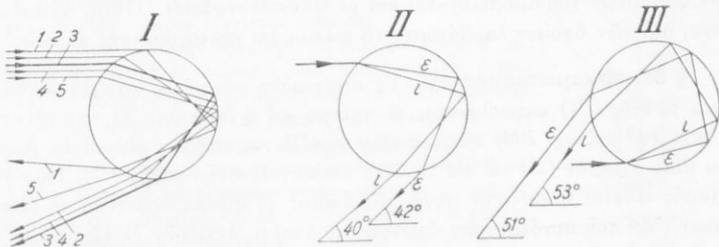
§ 87. Ουράνιον τόξον. Τὸ οὐράνιον τόξον (σχ. 101) παρατηρεῖται, ὅταν αἱ ἀκτῖνες τοῦ Ἡλίου, προσπίπτουσιν ἐπὶ σταγονιδίων ὕδατος (βροχῆς κ.λ.), ὑποστοῦν



Σχ. 101. Σχηματισμός τοῦ οὐρανίου τόξου.

διάθλασιν καὶ ἀνάκλασιν καί, ἐν συνεχείᾳ, εἰσέλθουν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας. Διὰ νὰ εἶναι τοῦτο δυνατόν, πρέπει ὁ παρατηρητὴς νὰ εὐρίσκειται μεταξὺ τοῦ Ἡλίου καὶ τῶν σταγονιδίων—νὰ ἔχῃ, δηλ., τὸν Ἡλίον εἰς τὰ νῶτα του—ἐπὶ πλέον δὲ πρέπει ὁ Ἡλιος νὰ μὴ εὐρίσκειται εἰς μέγα ὕψος ὑπεράνω τοῦ ὀρίζοντος. Ὅσον ὑψηλότερον εὐρίσκειται ὁ Ἡλιος, τόσον μικρότερον μέρος τοῦ τόξου φαίνεται, ὅταν δὲ ὁ Ἡλιος ἀνέλθῃ εἰς ὠρισμένον ὕψος, τὸ τόξον ἐξαφανίζεται ἔντελῶς.

Εἰς τὸ σχῆμα 102, I φαίνεται ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς τὸ ἐσωτερικὸν μιᾶς σταγόνης. Αἱ ἀκτῖνες αὗται διαθλῶνται κατὰ τὴν εἰσοδὸν τῶν καί, κατόπιν, ἀφοῦ



Σχ. 102. Ἐξηγήσις τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανίου τόξου.

ἀνάκλασθουν ἐσωτερικῶς, ἐξέρχονται, διαθλώμεναι ἐκ νέου. Ἐπειδὴ κατὰ τὴν διάθλασιν ἐπέρχεται καὶ ἀνάλυσις τοῦ φωτός, τὸ οὐράνιον τόξον παρουσιάζεται ἑγχρουν.

Πολλάκις παρατηρείται ὁ σχηματισμὸς δύο τόξων. Ἐκ τούτων τὸ κατώτερον καλεῖται *κύριον*, τὸ δὲ ἀνώτερον *δευτερεῦον*. Ἡ διαδοχὴ τῶν χρωμάτων εἰς τὰ δύο τόξα εἶναι ἀντίθετος. Ἐὰν θεωρήσωμεν κῶνον μὲ ἄξονα τὴν εὐθείαν, τὴν ἐνοῦσαν τὸν παρατηρητὴν μετὰ τοῦ Ἡλίου καὶ ἄνοιγμα περίπου 40° , τότε—ὡς δύναται ν' ἀποδειχθῇ—μόνον τὰ σταγονίδια, τὰ ἀνήκοντα εἰς τὸν κῶνον αὐτόν, λαμβάνουν μέρος εἰς τὸν σχηματισμὸν τοῦ τόξου καὶ ἀποστέλλουν ἔντονον φῶς εἰς τὸν παρατηρητήν.

Τὸ δευτερεῦον τόξον σχηματίζεται ὑπὸ ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι, πρὶν ἐξέλθουν τῶν σταγονιδίων, ὑφίστανται ἐντὸς αὐτῶν δύο ἀνακλάσεις (σχ. 102, III). Λόγῳ τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός, τὸ πλάτος τῆς ἐγχεύσεως ταινίας φίνεται ὑπὸ γωνίαν, περίπου, 2° .

Διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ οὐρανίου τόξου μόνον ἐπὶ τῶν δύο αὐτῶν κῶνων, θεωροῦμεν δέσμην παραλλήλων μονοχρωματικῶν ἀκτίνων 1, 2, 3, 4, 5, (σχ. 102, I), αἱ ὁποῖαι εἰσέρχονται ἐντὸς μιᾶς σταγόνος ἐκ διαφόρων σημείων. Παρατηροῦμεν, ὅτι, κατὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἐκ τῆς σταγόνος, δὲν εἶναι, πλέον, παράλληλοι, ἀλλ' ἀποτελοῦν ἀποκλίνουσαν δέσμην. Ἐξ αὐτῶν ἡ ἀκτίς 3 παρουσιάζει τὴν μεγίστην κλίσιν ὡς πρὸς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἔχουν ὅλαι μικροτέραν κλίσιν καὶ κείνται πρὸς τὴν αὐτὴν πλευράν. Λόγῳ τῆς ἀποκλίσεως ταύτης τῶν ἐξερχομένων ἀκτίνων, τὸ φῶς εἶναι ἀσθενέστατον δι' οἰανδήποτε θέσιν τοῦ ὀφθαλμοῦ, ἐκτὸς ἐὰν οὗτος εὐρίσκειται κατὰ τὴν διευθύνσιν τῆς ἀκτίνος 3, κατὰ τὴν ὁποίαν ὑπάρχει συμπτύκνωσις ἀκτίνων καὶ ἡ ὁποία σχηματίζει γωνίαν, περίπου, 41° μὲ τὴν διευθύνσιν τῆς προσπιπτούσης δέσμης. Ἐπειδὴ ἡ δέσμη, ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τῆς σταγόνος, εἶναι δέσμη λευκοῦ φωτός, αἱ διάφοροι ἀκτίνες ἔχουν διάφορα μήκη κύματος καί, ὡς ἐκ τούτου, ἡ γωνία αὕτη ποικίλλει, ἀναλόγως τοῦ χρώματος, μεταξὺ 40° καὶ 42° . ὅπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα 102, II. Τὸ αὐτὸ φαινόμενον παρουσιάζεται καὶ μεταξὺ τῶν γωνιῶν 51° καὶ 53° , ὁπότε, ὁμοῦ, αἱ ἀκτίνες ἐντὸς τῆς σταγόνος ἔχουν ἀνακλασθῇ δύο φορές (III).

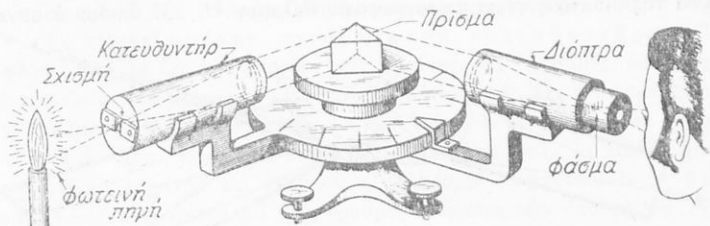
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

Τὸ μέρος τῆς Ὀπτικῆς, τὸ ὁποῖον ἐξετάζει τὰ φάσματα, καλεῖται *φασματοσκοπία*, τὰ ὄργανα δέ, διὰ τῶν ὁποίων γίνεται ἡ ἐξέτασις αὐτῶν, καλοῦνται *φασματοσκόπια*. Ἐκτὸς τῶν φασματοσκοπίων, διὰ τὴν ἐξέτασιν τῶν φασμάτων χρησιμοποιοῦνται καὶ οἱ *φασματογράφοι*. Οὗτοι εἶναι ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων λαμβάνομεν τὸ φάσμα ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός.

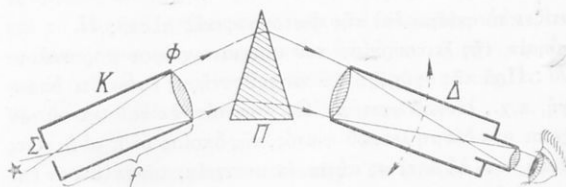
§ 88. Φασματοσκόπιον. Τὰ στοιχειώδη μέρη ἐνὸς φασματοσκοπίου εἶναι τὰ ἑξῆς: Ὁ κατευθυντήρ, τὸ πρῶσμα καὶ ἡ διόπτρα. Ὁ *κατευθυντήρ* *K* (σχ. 103 καὶ σχ. 104) εἶναι σωλὴν μεταλλίνος, φέρων εἰς τὸ ἐν ἄκρον του μίαν σχισμὴν (Σ) καὶ εἰς τὸ ἄλλο ἓνα συγκλίνοντα φακὸν (Φ). Πρὸ τῆς σχισμῆς τίθεται ἡ φωτεινὴ πηγὴ, τῆς ὁποίας τὸ φάσμα πρόκειται νὰ ἐξετάσωμεν. Ἐκ τοῦ συνόλου τῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἐκκινεῖν ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, διαδιδόμεναι πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἐντὸς τοῦ κατευθυντήρος, διαδιδόμεναι πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, ἐντὸς τοῦ κατευθυντήρος εἰσέρχονται μόνον ὅσαι διέρχονται διὰ τῆς σχισμῆς. Αἱ ἀκτίνες αὗται προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φακοῦ καὶ ἐξέρχονται ἐξ αὐτοῦ. Ἐπειδὴ τὸ μήκος τοῦ κατευθυντήρος ἔχει ἐκλεγτὴ ἴσον πρὸς τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν f τοῦ φακοῦ, ἡ

ἐξερχομένη δέσμη εἶναι παράλληλος. Τὸ πρίσμα (Π) χρησιμεύει διὰ τὴν



Σχ. 103. Φασματοσκόπιον.

ἀνάλυσιν τοῦ φωτὸς καὶ σχηματισμὸν τοῦ φάσματος. Τέλος, διὰ τῆς διόπτρας (Δ) παρατηροῦμεν τὸ φάσμα.

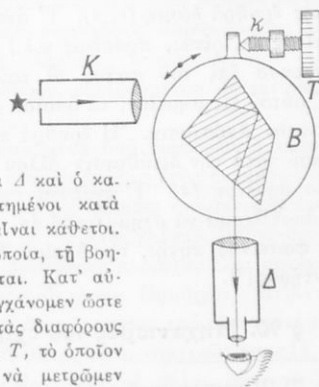


Σχ. 104. Φασματοσκόπιον (ἀρχή).

Ἐπειδὴ, συνήθως, τὸ φάσμα ἔχει ἔκτασιν καὶ δὲν περιλαμβάνεται ὁλόκληρον εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδίου τῆς διόπτρας, διὰ

τοῦτο ἡ διόπτρα δύναται νὰ στρέφεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ διερευνᾶται, κατὰ περιοχάς, ὁλόκληρον τὸ φάσμα.

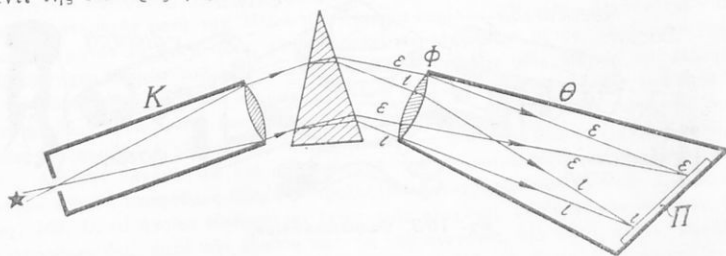
Φασματοσκόπιον σταθερᾶς ἐκτροπῆς. Σήμερον διὰ τὴν ἐξέτασιν τῶν φασμάτων καὶ τὴν μέτροσιν τοῦ μήκους κύματος χρησιμοποιεῖται, ἀποκλειστικῶς, τὸ φασματοσκόπιον σταθερᾶς ἐκτροπῆς (σχ. 105). Τοῦτο φέρει, ἀντὶ κοινοῦ πρίσματος, πρίσμα ἰδιάζοντος σχήματος (πρίσμα σταθερᾶς ἐκτροπῆς), τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ διδῇ γωνίαν ἐλαχίστης ἐκτροπῆς σταθερὰν καὶ ἴσην πρὸς 90° . Ἡ διόπτρα Δ καὶ ὁ κατευθυντήρ Κ εἶναι ἀκίνητοι καὶ τοποθετημένοι κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε οἱ ἄξονές των νὰ εἶναι κάθετοι. Τὸ πρίσμα τοποθετεῖται ἐπὶ βάσεως Β, ἡ ὁποία, τῇ βοήθειᾳ τοῦ κοχλίου κ, δύναται νὰ περιστρέφεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, στρέφοντες τὸ πρίσμα, ἐπιτυγχάνομεν ὥστε διὰ τῆς διόπτρας νὰ βλέπωμεν, διαδοχικῶς, τὰς διαφόρους περιοχὰς τοῦ φάσματος, ἐπὶ δὲ τοῦ τυμπάνου Τ, τὸ ὁποῖον ἔχει βαθμολογηθῇ καταλλήλως, δυνάμεθα νὰ μετρώμεν καὶ τὰ μήκη κύματος.



Σχ. 105.

§ 89. Φασματογράφος. Ὅπως εἵπομεν ἀνωτέρω, ὅταν θέλωμεν νὰ φωτογραφίσωμεν ἓν φάσμα, χρησιμοποιοῦμεν τοὺς φασματογράφους. Ὁ

φασματογράφος (σχ. 106) διαφέρει τοῦ κοινοῦ φασματοσκοπίου εἰς τὸ ἑξῆς : Ἀντὶ τῆς διόπτρας φέρει φωτογραφικὸν θάλαμον Θ , τοῦ ὁποίου ὁ συγκλίνων φακὸς Φ σχηματίζει τὸ φάσμα ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακῆς Π .



Σχ. 106. Φασματογράφος (ἀρχή).

νων φακὸς Φ σχηματίζει τὸ φάσμα ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακῆς Π .

Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς λειτουργίας τοῦ φασματογράφου παρακολουθοῦμεν τὸ σχῆμα 106 : Πρὸ τῆς σχισμῆς τοῦ κατευθυντήρος ἔστω ὅτι ὑπάρχει μία φωτεινὴ πηγὴ, π.χ., λευκοῦ φωτός. Ὡς γνωστόν, ἐκ τοῦ φακοῦ τοῦ κατευθυντήρος ἐξέρχεται μία δέσμη λευκοῦ φωτός, τῆς ὁποίας ὅλαι αἱ ἀκτῖνες εἶναι παράλληλοι μεταξύ των. Αἱ ἀκτῖνες αὗται, ἐν συνεχείᾳ, προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ πρίσματος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου διαθλῶνται καί, ἀκολουθῶς, ἐξέρχονται. Ἐπειδὴ ἡ γωνία ἐκτροπῆς ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ χρώματος τοῦ φωτός, ἔπεται ὅτι ὅλαι αἱ ἰώδεις, π.χ., ἀκτῖνες θὰ ἐκτραποῦν κατὰ τὴν αὐτὴν γωνίαν καί, συνεπῶς, θὰ ἐξέλθουν ἐκ τοῦ πρίσματος ὡς ἰώδης παράλληλος δέσμη (ι, ι). Ὁμοίως, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες θὰ ἐκτραποῦν ὅλαι κατὰ τὴν αὐτὴν γωνίαν (ἀλλὰ διάφορον τῆς τῶν ἰωδῶν) καί, συνεπῶς, θὰ ἐξέλθουν ἐκ τοῦ πρίσματος ὡς παράλληλος ἐρυθρὰ δέσμη (ϵ, ϵ). Τ' ἀνάλογα θὰ συμβοῦν διὰ τὰς ὑπολοίπους ἀκτῖνας (κιτρίνας, πρασίνας κ.λ.) Ἡδη, ἡ παράλληλος ἰώδης δέσμη, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φακοῦ Φ τοῦ φωτογραφικοῦ θαλάμου, συγκεντρῶνται ὑπ' αὐτοῦ εἰς σημεῖον, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν, ἴσην πρὸς τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν. Ἡ ἐρυθρὰ παράλληλος δέσμη, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ φακοῦ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ἄλλου δευτερεύοντος ἄξονος, συγκεντρῶνται εἰς ἄλλο σημεῖον (ϵ). Τ' ἀνάλογα συμβαίνουν καὶ διὰ τὰ ὑπόλοιπα χρώματα, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακῆς Π τὸ φάσμα τῆς φωτεινῆς πηγῆς, τὴν ὁποίαν ἔχομεν θέσει πρὸ τῆς σχισμῆς τοῦ κατευθυντήρος (*).

§ 90. Μηχανισμὸς τοῦ σχηματισμοῦ τοῦ φάσματος. Ἐκ τῆς πο-

(*) Ἡ φωτογραφικὴ πλάξ τοποθετεῖται λοξῶς ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ Φ , διότι ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ (ὡς ἐξαρτωμένη ἐκ τοῦ δείκτου διαθλάσεως, § 40) εἶναι μικροτέρα διὰ τὰς ἰώδεις ἀκτῖνας καὶ μεγαλυτέρα διὰ τὰς ἐρυθράς, ὡς γνωστόν δέ, σαφὲς ἀπεικόνισις γίνεται μόνον, ὅταν τὸ πέτασμα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου σχηματίζεται τὸ εἶδωλον, τεθῇ εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν τοῦ φακοῦ.

ρείας τῶν ἀκτίνων εἰς τὸ φασματοσκόπιον, προκύπτει ὅτι διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ τῆς διόπτρας παρατηροῦμεν, ὑπὸ μεγέθυνσιν, τὸ εἶδωλον τῆς φωτιζομένης σχισμῆς τοῦ κατευθυντήρος. Τὸ εἶδωλον τοῦτο θὰ ἔχῃ τὴν μορφὴν μιᾶς κιτρίνης, π.χ., γραμμῆς, ἐὰν ἡ σχισμὴ φωτίζεται διὰ μονόχρου κιτρίνου φωτός, ἐρυθρᾶς, ἐὰν ἡ σχισμὴ φωτίζεται διὰ μονόχρου ἐρυθροῦ φωτός κ.λ. Συνεπῶς, ἐὰν τὸ φῶς διὰ τοῦ ὁποίου φωτίζεται ἡ σχισμὴ εἶναι σύνθετον — ἀποτελεῖται, δηλ., ἐκ πολλῶν χρωμάτων, π.χ., κιτρίνου καὶ ἐρυθροῦ — τὸ φάσμα θ' ἀποτελεῖται ἐκ δύο γραμμῶν — μιᾶς κιτρίνης καὶ μιᾶς ἐρυθρᾶς — ἐκάστη τῶν ὁποίων θὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν οἰκείαν περιοχὴν τοῦ φάσματος.

Φάσματα, ὡς τ' ἀνωτέρω, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἐκ διακρίτων γραμμῶν — ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει, βεβαίως, διάφορον χρῶμα — καλοῦνται **γραμμικὰ φάσματα**. Ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ γραμμικὰ φάσματα, ὑπάρχον καὶ τὰ **συνεχῆ φάσματα**. Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ συνεχοῦς διαδοχῆς ἐγχρώμων γραμμῶν, παράγονται δέ, ὅταν ἡ σχισμὴ τοῦ φασματοσκοπίου φωτίζεται διὰ λευκοῦ φωτός, δηλαδή φωτός, τὸ ὅποιον περιέχει ὅλα τὰ χρώματα (βλ. ἐγχρωμον πίνακα φασμάτων).

§ 91. Φάσματα ἐκπομπῆς. Τὸ φάσμα τῆς ἀκτινοβολίας, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει μία φωτεινὴ πηγὴ, καλεῖται **φάσμα ἐκπομπῆς** τῆς πηγῆς ταύτης. Τὰ φάσματα ἐκπομπῆς τῶν διαφόρων φωτεινῶν πηγῶν διακρίνονται εἰς **συνεχῆ φάσματα** καὶ εἰς **γραμμικὰ φάσματα**.

α) **Συνεχῆ φάσματα ἐκπομπῆς.** Τὰ φάσματα ταῦτα λαμβάνομεν, ἐὰν ἐξετάσωμεν διὰ φασματοσκοπίου τὸ φῶς, τὸ ὅποιον ἐκπέμπουν στερεὰ καὶ ὑγρὰ σώματα, εὐρισκόμενα εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν (**διάπυρα σώματα**). **Παραδείγματα:** Τὸ φῶς ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος πυρακτώσεως ἢ τὸ φῶς βολταϊκοῦ τόξου δίδει συνεχὲς φάσμα. Ὁμοίως, συνεχὲς φάσμα δίδει τὸ φῶς, τὸ ἐκπεμπόμενον, π.χ., ὑπὸ σιδήρου, εὐρισκόμενον εἰς τετηκυῖαν κατὰστασιν.

Ἐπειδὴ τὰ συνεχῆ φάσματα, τὰ ἐκπεμπόμενα ὑπὸ διαφόρων διαπύρων σωμάτων, δὲν διαφέρουν μεταξύ των, τὸ συνεχὲς φάσμα ἐνὸς διαπύρου σώματος δὲν δύναται νὰ μᾶς πληροφορήσῃ περὶ τῆς φύσεως τοῦ ἀκτινοβολούντος σώματος· ἄν, δηλ., τὸ σῶμα ἀποτελεῖται ἐκ σιδήρου, χαλκοῦ, ἀνθρακος κ.λ.

Ἡ κατανομὴ τῆς ἐνεργείας εἰς τὰς διαφόρους περιοχὰς ἐνὸς συνεχοῦς φάσματος, δηλ., ἡ ἀναλογία τῶν διαφόρων ἀκτίνων (ἐρυθρῶν, κιτρίνων, ἰωδῶν κ.λ.) μεταξύ των, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀκτινοβολούντος σώματος. Ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος εἶναι σχετικῶς χαμηλὴ, τὸ σῶμα ἐκπέμπει, κυρίως, ἐρυθρὰν ἀκτινοβολίαν, ἐνῶ αἱ ἄλλαι ἀκτινοβολαί (π.χ., ἰώδης, κιτρίν κ.λ.) εἶναι λίαν ἀσθενεῖς καί, ὡς ἐκ τούτου, ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἐρυθροῦ φωτός (π.χ., ἐρυθροπυρωμένοι ἀνθρακες). Αὐξανόμενης τῆς θερμοκρασίας, τὸ σῶμα ἐκπέμπει ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία ἐπεκτείνεται

νεται καὶ εἰς τὰς ἄλλας περιοχὰς τοῦ φάσματος (π.χ., κιτρίνην, ἰώδη κ.λ.) καί, οὕτω, τὸ φῶς φαίνεται λευκὸν (π.χ., λευκοκυρωμένοι ἄνθρωποι).

β) **Γραμμικὰ φάσματα ἐκπομπῆς.** Ἐὰν διεγείρωμεν εἰς ἀκτινοβολίαν ἓν ἄερίον ἢ ἄτμὸν καὶ ἐξετάσωμεν τὸ φάσμα τοῦ ἐκπεμπομένου φωτός, θὰ λάβωμεν σειρὰν διακρίτων ἐγχρώμων γραμμῶν (*φασματικαὶ γραμμαὶ*), αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὸ φάσμα ἐκπομπῆς τοῦ ἀντιστοίχου ἀερίου ἢ ἁτμοῦ (*γραμμικὸν φάσμα*).

Τὸ φάσμα τῶν ἀερίων λαμβάνομεν, συνήθως, ἔαν ἐγκλείσωμεν αὐτὰ ἐντὸς ὑαλίνων σωλῆνων, οἱ ὁποῖοι φέρουν συντετηγμένα εἰς τὰ ἄκρα των δύο ἤλεκτροδία (*σωλήνες Geissler - Γκάϊσλερ - σχ. 107*) καὶ διαβιβάζωμεν δι' αὐτῶν ἤλεκτρικὸν ρεῦμα (βλ. κατωτέρω § 262). Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἔχει ληφθῇ τὸ φάσμα τοῦ ἀερίου ὕδρογόνου (βλ. ἐγχρωμον πίνακα φασμάτων).



Σχ. 107.

Ὅταν θέλωμεν νὰ λάβωμεν τὸ γραμμικὸν φάσμα χημικῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα, ὑπὸ συνήθεις συνθήκας, εἶναι στερεά, μετατρέπομεν αὐτὰ εἰς ἁτμούς, διὰ θερμάνσεως εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Οὕτω, ἔαν θερμάνωμεν μεταλλικὸν νάτριον (ἢ καὶ χλωριούχον νάτριον) εἰς τὴν φλόγα λύχνου, θὰ παρατηρήσωμεν ἐκπομπὴν ἐντόνου κιτρίνου φωτός. Τὸ φῶς τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν φωτοβολίαν τῶν ἁτμῶν τοῦ νατρίου. Τὸ φάσμα τοῦ κιτρίνου αὐτοῦ φωτός, ἐξεταζόμενον φασματοσκοπικῶς, εὐρίσκειται ὅτι ἀποτελεῖται ἐκ μιᾶς κιτρίνης γραμμῆς (ἀκριβέστερον, ἐκ δύο κιτρίνων γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι, ὅμως, εὐρίσκονται τόσον πλησίον ἀλλήλων, ὥστε, εἰς παρατήρησιν δι' ἀπλῶν μέσων, νὰ φαίνωνται ὡς μία). Ἐπίσης, ἔαν σχηματίσωμεν βολταϊκὸν

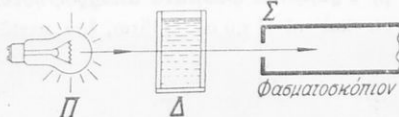
τόξον (*) μεταξὺ δύο ἤλεκτροδίων ἐκ τινος μετάλλου, π.χ., χαλκοῦ, τότε, εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν τοῦ τόξου, ὁ χαλκὸς εξατμίζεται, οἱ δὲ σχηματιζόμενοι ἁτμοὶ τοῦ χαλκοῦ φωτοβολοῦν καὶ δίδουν τὸ γραμμικὸν φάσμα τῶν ἁτμῶν τοῦ χαλκοῦ. Τὸ γραμμικὸν φάσμα τοῦ χαλκοῦ ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν ἐγχρώμων γραμμῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ πρασίνη εἶναι λίαν ἐντονος καὶ εἰς αὐτήν, ἀκριβῶς, ὀφείλεται τὸ πράσινον φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπεται, ὅταν σχηματίζεται βολταϊκὸν τόξον μεταξὺ δύο χαλκίνων ἤλεκτροφόρων ἁγωγῶν, π.χ., εἰς τὰς ἐναερίους γραμμάς τροχιοδρόμων κ.λ.

Ἐνῶ τὰ συνεχῆ φάσματα οὐδεμίαν πληροφορίαν παρέχουν περὶ τῆς φύσεως τοῦ ἐκπέμποντος ὑλικοῦ, ἀντιθέτως, τὰ γραμμικὰ φάσματα εἶναι χαρακτηριστικὰ τοῦ ἐκπέμποντος ἀερίου ἢ ἁτμοῦ. Οὕτω, ἡ παρουσία τῆς κιτρίνης γραμμῆς τοῦ νατρίου εἰς ἓν φάσμα πείθει ἡμᾶς, ἀπολύτως, περὶ τῆς ὑπάρξεως νατρίου.

§ 92. **Φάσματα ἀπορροφῆσεως.** Ἐὰν φωτίσωμεν τὴν σχεμὴν τοῦ

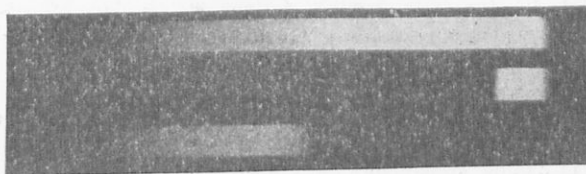
(*) Βλ. § 106.

κατευθυντήριος ἐνὸς φασματοσκοπίου διὰ λευκοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει, π.χ., ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ (σχ. 108), θὰ λάβωμεν, ὡς γνωστόν, ἐν συνεχεῖς φάσμα (σχ. 109, ἄνω). Ἐάν, ἀκολουθῶν, παρεμβάλωμεν μεταξὺ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Π καὶ τῆς σχισμῆς Σ τοῦ κατευθυντήριος ὑαλίνου δοχείου Δ , περιέχον, π.χ., διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ καὶ παρατηρήσωμεν διὰ τῆς



Σχ. 108. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ φάσματος ἀπορροφήσεως ἐνὸς ὑγροῦ.

διόπτρας, θὰ ἴδωμεν ὅτι τὸ φάσμα, τὸ ὁποῖον ἦτο προηγουμένως συνεχές, ἔχει, ἤδη, τροποποιηθῆ, παρουσιάζει, δηλ., ὥρισμένα σκοτεινὰ τεχνίως εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ὅμοια τροποποιημένα φάσματα θὰ λάβωμεν, ἐάν, ἀντὶ τοῦ διαλύματος τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ, χρησιμοποιήσωμεν ἑγχρωμον ὑαλίνην πλάκα. Ἐὰν ἡ πλάξ εἶναι ἐρυθρά, ἀφήνει νὰ διέλθουν



Φάσμα λαμπτήρος

Ἐρυθρὰ ὑαλός

Κυανὴ ὑαλός

Σχ. 109. Μέσον καὶ κάτω : Φάσματα ἀπορροφήσεως ἑγχρωμων ὑάλων. Διὰ τὴν σύγκρισιν ἔχει φωτογραφηθῆ (ἄνω) καὶ τὸ συνεχές φάσμα ἐκπομπῆς ἐνὸς λαμπτήρος πυρακτώσεως. Τὸ φάσμα τοῦτο ἔχει τὸ ἐρυθρὸν εἰς τὸ δεξιὸν ἄκρον, τὸ δὲ ἰσὺς εἰς τὸ ἀριστερόν.

δι' αὐτῆς αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες, ἐνῶ αἱ ἄλλαι ἀπορροφῶνται. Ἄρα, εἰς τὸ φάσμα θὰ παρουσιάζωνται εὐρεῖαι σκοτεινὰι περιοχαὶ (σχ. 109, μέσον), πλὴν τῆς περιοχῆς τοῦ ἐρυθροῦ, ἡ ὁποία ἐξακολουθεῖ νὰ ὑπάρχῃ, ἀφοῦ, ὡς εἴπομεν, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες δὲν ἀπερροφήθησαν ὑπὸ τῆς ἐρυθρᾶς πλακός. Ἐὰν ἡ ὑαλίνη πλάξ εἶναι χρώματος κυανοῦ, ἀφήνει νὰ διέλθουν δι' αὐτῆς αἱ κυανὰ ἀκτίνες, ἐνῶ αἱ ἄλλαι ἀπορροφῶνται, με ἀποτέλεσμα νὰ παρουσιάζεται εἰς τὸ φάσμα μόνον ἡ κυανὴ περιοχὴ (σχ. 109, κάτω).

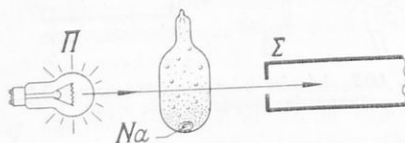
Τὰ φάσματα ταῦτα καλοῦμεν **φάσματα ἀπορροφήσεως**, διότι αἱ σκοτεινὰι περιοχαὶ ὀφείλονται εἰς τὸ ὅτι αἱ ἀκτίνες ὥρισμένων χρωμάτων ἀπερροφήθησαν κατὰ τὴν δίοδον αὐτῶν διὰ μέσου τοῦ ἀπορροφῶντος ὕλικου, ὅποτε εἰς τὴν ἀντίστοιχον θέσιν τοῦ φάσματος, εἰς τὴν ὁποίαν θὰ εἴχωμεν φῶς ὥρισμένου χρώματος, θὰ ὑπάρχῃ, τώρα, σκότος.

Τὰ φάσματα ἀπορροφήσεως διακρίνονται εἰς *συνεχῆ* καὶ *γραμμικά*.

α) **Συνεχῆ φάσματα ἀπορροφήσεως.** Τὰ ἑγχρωμα στερεὰ καὶ ὑγρὰ δίδουν συνεχῆ φάσματα ἀπορροφήσεως, εἰς τὰ ὁποῖα παρατηροῦμεν ὅτι ἔχουν ἀπορροφηθῆ εὐρεῖαι περιοχαὶ τοῦ φάσματος. Τοιαῦτα φά-

σματα ἐγνωρίσαμεν ἀνωτέρω· ἀπορρόφησης θειϊκοῦ χαλκοῦ, ἐγχρώμων υαλίων πλακῶν κ.λ. (σχ. 109).

β) **Γραμμικὰ φάσματα ἀπορροφήσεως.** Τοιαῦτα φάσματα δίδουν τὰ ἀέρια καὶ οἱ ἀτμοί. Οὕτω, ἐὰν μεταξὺ μᾶς φωτεινῆς πηγῆς Π (σχ.



Σχ. 110. Διάταξις διὰ τὴν παρατήρησιν τοῦ φάσματος ἀπορροφήσεως τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου.

110), ἡ ὁποία ἐκπέμπει λευκὸν φῶς καὶ τῆς σχισμῆς Σ τοῦ φασματοσκοπίου παρεμβάλλωμεν κλειστὸν υαλινὸν δοχεῖον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει μικρὰ ποσότης νατρίου καὶ θερμάνωμεν αὐτὸ ἐλαφρῶς, τὸ νάτριον ἐξατμίζεται, οἱ δὲ παραγόμενοι ἀτμοὶ τοῦ νατρίου ἀπορροφοῦν

ἐκ τοῦ λευκοῦ φωτὸς μόνον τὰς κιτρίνας ἀκτίνες. Ὡς ἐκ τούτου, εἰς τὸ συνεχὲς φάσμα τοῦ φωτὸς τοῦ λαμπτήρος θὰ παρατηρήσωμεν μίαν σκοτεινὴν γραμμὴν εἰς τὴν θέσιν, ἀκριβῶς, ἐκείνην, εἰς τὴν ὁποίαν θὰ ἐμφανίζετο ἡ κιτρίνη γραμμὴ τοῦ φάσματος ἐκπομπῆς τοῦ νατρίου (βλ. ἐγχρωμον πίνακα φασμάτων).

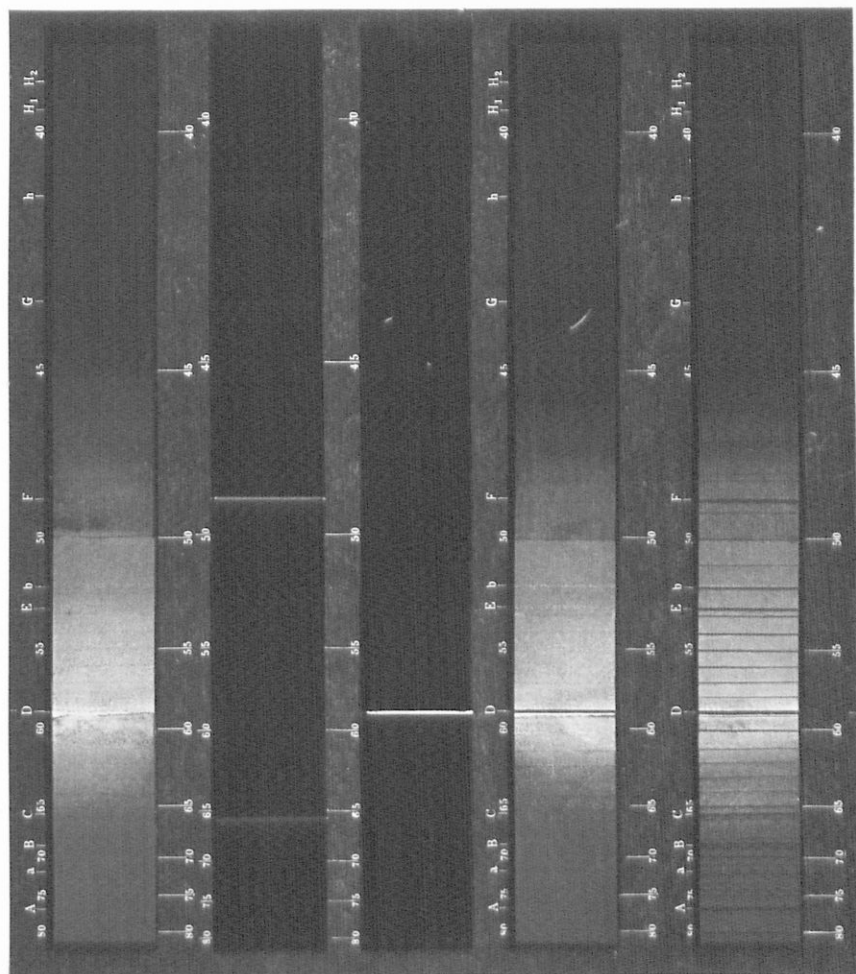
§ 93. **Ἀναστροφή τῶν φασματικῶν γραμμῶν.** Εἰς τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν φαινόμενον οἱ ἀτμοὶ τοῦ νατρίου ἀπορροφοῦν μόνον ἐκεῖνο τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν, ὅταν διεγερθοῦν εἰς ἀκτινοβολίαν. Τοῦτο, ὅπως δεικνύει ἡ παρατήρησις καὶ ἐξηγεῖ ἡ Ἀτομικὴ Φυσικὴ, ἰσχύει, γενικῶς, διὰ τοὺς ἀτμοὺς καὶ τὰ ἀέρια· ἐπομένως δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τὸν ἐξῆς **νόμον τοῦ Kirchhoff (Κίρχχοφ)**: «Αἱ σκοτειναὶ γραμμαὶ τοῦ φάσματος ἀπορροφήσεως ἐνὸς **δέρειον** ἢ **ἀτμοῦ** εὐρίσκονται, ἀκριβῶς, εἰς ἐκεῖνας τὰς θέσεις, εἰς τὰς ὁποίας εὐρίσκονται αἱ ἀντίστοιχοι φωτειναὶ γραμμαὶ τοῦ φάσματος ἐκπομπῆς».

*Ἡ ἄλλως: «Πᾶν **δέρειον** ἢ **ἀτμός** ἀπορροφεῖ ἐκεῖνας τὰς φασματικὰς γραμμάς, τὰς ὁποίας δύναται καὶ νὰ ἐκπέμπῃ, ὅταν διεγερθῇ εἰς ἀκτινοβολίαν».

§ 94. **Ἡλιακὸν φάσμα.** Ἐὰν ἐξετάσωμεν, διὰ φασματοσκοπίου, τὸ ἥλιακὸν φῶς, θὰ λάβωμεν ἐν τυπικὸν γραμμικὸν φάσμα ἀπορροφήσεως, μὲ πλῆθος σκοτεινῶν γραμμῶν (βλ. ἐγχρωμον πίνακα φασμάτων) (*).

Τὸ γραμμικὸν φάσμα ἀπορροφήσεως τοῦ Ἡλίου ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς: Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ Ἡλίου (**φωτόσφαιρα**) ἐπικρατεῖ πολὺ ὑψηλὴ θερμοκρασία, ὥστε τὸ ἐξ αὐτῆς ἐκπεμπόμενον φῶς νὰ δίδῃ συνεχὲς φάσμα ἐκ-

(*) Αἱ ἐντονώτεραι ἐξ αὐτῶν, παρατηρηθεῖσαι τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Fraunhofer (Φραουνχόφερ), ἦσαν ὀλίγαι, ἐσυμβολίσθησαν δὲ ὑπ' αὐτοῦ μὲ τὰ γράμματα Α, Β, C, D, E, F, G, H. Μὲ τὴν ὀνομασίαν αὐτὴν ἡ κιτρίνη γραμμὴ τοῦ νατρίου ἔλαβε τὸ γράμμα D καὶ χαρακτηρίζεται ὡς «ἡ γραμμὴ D τοῦ νατρίου».



Φάσμα εκπαιπής
διαπύρου σόμα-
τος.

Φάσμα εκπαιπής
τοῦ ὑδρογόνου.

Φάσμα εκπαιπής
των ἀτμῶν τοῦ
νατρίου.

Φάσμα ἀπώρο-
γματος των ἀ-
τμῶν τοῦ νατρίου.

Πλάσιον φάσμα.

Οἱ ἀριθμοὶ δηλοῦν τὰ μῆκη κύματος μεταξύ 4000 Å καὶ 8000 Å.

πομπής. Τὸ φῶς τοῦτο διέρχεται, ἀκολούθως, διὰ τῆς ἀτμοσφαίρας τοῦ Ἥλιου, ἡ ὁποία καλεῖται *χρωμόσφαιρα* καὶ ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐκ στρωμάτων ἀερίων καὶ ἀτμῶν χαμηλῆς, σχετικῶς, θερμοκρασίας. Κατὰ τὴν διόδον τοῦ φωτὸς διὰ τῆς χρωμοσφαίρας, ὠρισμένοι ἀκτίνες ἀπορροφῶνται καί, οὕτω, δημιουργεῖται τὸ γραμμικὸν φάσμα ἀπορροφήσεως τοῦ Ἥλιου.

§ 95. Φασματοσκοπική ανάλυσις. Ἐπειδὴ, ὡς εἶδομεν ἀνωτέρω, τὰ γραμμικὰ φάσματα εἶναι χαρακτηριστικὰ τῆς φύσεως τοῦ ἐκπέμποντος ἢ ἀπορροφῶντος ἀερίου (ἢ ἀτμοῦ), δυνάμεθα, διὰ τῆς ἐξετάσεως τῶν ἀντιστοιχῶν φασμάτων, νὰ καθορίσωμεν τὰ χημικὰ στοιχεῖα, εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλονται τὰ φάσματα ταῦτα. Οὕτω, ἡ παρουσία τῆς κιτρινῆς γραμμῆς τοῦ νατρίου εἰς ἓν φάσμα ἐκπομπῆς ἢ τῆς ἀντιστοίχου σκοτεινῆς γραμμῆς εἰς ἓν φάσμα ἀπορροφήσεως, ἀποδεικνύει τὴν ὑπαρξίν νατρίου, ἐκπέμποντος ἢ ἀπορροφῶντος. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀνεκαλύφθη τὸ ἀέριον ἥλιον εἰς τὴν χρωμόσφαιραν τοῦ Ἥλιου, καθὼς καὶ πλείστα ἄλλα στοιχεῖα ἐκ τῶν ἀπαντώντων εἰς τὴν Γῆν. Ἐπίσης, δι' ἐξετάσεως τοῦ φάσματος ἀπορροφήσεως δυνάμεθα νὰ κρίνωμεν, ἐὰν εἰς δεδομένον διάλυμα ὑπάρχῃ, π.χ., αἷμα, καθόσον τὸ φάσμα ἀπορροφήσεως τοῦ αἵματος εἶναι, ἐντελῶς, χαρακτηριστικὸν αὐτοῦ. Ὅμοιως, ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν Χημείαν, εἰς τὴν Μεταλλουργίαν κ.λ.

§ 96. Φασματοσκοπικὴ ἔρευνα τῶν εὐρανίων σωμάτων. α) *Φάσμα τῆς Σελήνης καὶ τῶν πλανητῶν.* Ἡ Σελήνη καὶ οἱ πλανῆται εἶναι ἑτερόφωτα σώματα, φωτιζόμενα ὑπὸ τοῦ Ἥλιου. Ὡς ἐκ τούτου, τὸ φάσμα τοῦ φωτὸς, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν, εἶναι ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τοῦ φωτὸς τοῦ Ἥλιου. Ἐπειδὴ οἱ πλανῆται Ἀφροδίτη καὶ Ἀρης περιβάλλονται ὑπὸ ἀτμοσφαίρας διαφόρων ἀερίων, τὸ φάσμα τῶν παρουσιάζει προσθετοὺς γραμμὰς ἀπορροφήσεως.

β) *Φάσματα τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων.* Ἐκ τῆς ἐξετάσεως τοῦ φωτὸς τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων (μελέτη τοῦ φάσματος, τῆς λαμπρότητος κ.λ.) οἱ ἀστρονόμοι κατορθώνουν νὰ καθορίσουν τὰς ἀποστάσεις των, τὸ μέγεθος, τὴν μᾶζαν, τὴν θερμοκρασίαν τῆς ἐπιφανείας των κ.λ. Εἰδικῶς διὰ τῆς φασματοσκοπικῆς ἀναλύσεως κατορθοῦνται ὁ προσδιορισμὸς τῶν χημικῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐπὶ τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων. Οὕτω, εὐρέθη ὅτι ἐπ' αὐτῶν ἀπαντοῦν τὰ αὐτὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν καὶ ἐπὶ τῆς Γῆς.

★★★ Οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες, ἀναλόγως τοῦ φάσματος αὐτῶν, δύνανται νὰ ταξινομηθοῦν εἰς δέκα διαφόρους φασματικοὺς τύπους (*). Ἐξ αὐτῶν θ' ἀναφέρωμεν μερικoὺς τύπους: Ὑπάρχουν, ἐπὶ παραδείγματι, ἀστέρες ἐξαιρετικῶς θερμοὶ (ἐπιφανειακὴ θερμοκρασία 100 000° K), τῶν ὁποίων τὸ φάσμα ἀποτελεῖται, κυρίως, ἐκ γραμμῶν ἐκπομπῆς, ὀφειλομένων εἰς ἄτομα διαφόρων στοιχείων. Τὸ χρῶμα τῶν ἀνωτέρω ἀστέρων εἶναι ἄλλων μὲν κυανοῦν, ἄλλων δὲ λευκόν. Εἰς τὸ φάσμα τῶν ἐπικρατοῦν, ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, αἱ φασματικαὶ γραμμαὶ τοῦ στοιχείου ἥλιου.

* Ἄλλος φασματικὸς τύπος εἶναι ἐκεῖνος, εἰς τὸν ὁποῖον ἀνήκουν ἀστέρες μὲ

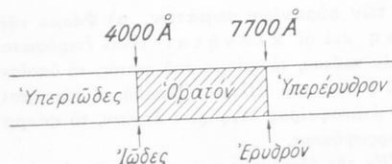
(*) Ἡ παλαιὰ ταξινόμησις εἰς τέσσαρας τύπους δὲν ἰσχύει πλέον.

ἐπιφανειακήν θερμοκρασίαν $11\,000^\circ \text{K}$. Τὸ κύριον χαρακτηριστικὸν τοῦ φάσματος αὐτῶν ἀποτελεῖ ἡ ζωηρότης τῶν γραμμῶν ἀπορροφήσεως τοῦ ὑδρογόνου.

Ὁ Ὁλιος ἀνήκει εἰς ἄλλον φασματικὸν τύπον — τοὺς κίτρινους ἀστέρας — οἱ ὅποιοι ἔχουν ἐπιφανειακήν θερμοκρασίαν 6000°K , περίπου. Τὸ προέχον γνώρισμα τοῦ φάσματος αὐτῶν εἶναι ὁ μέγας ἀριθμὸς τῶν γραμμῶν ἀπορροφήσεως, αἱ ὁποῖαι ὀφείλονται, κατὰ μέγα μέρος, εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀτμοὺς τῆς ἀτμοσφαίρας τῶν.

Ἀστέρες, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφανειακὴ θερμοκρασία εἶναι ἀκόμη ταπεινότερα (4600°K), ἀποτελοῦν ἰδιαίτερον φασματικὸν τύπον. Τὸ χρῶμα τῶν ἀστέρων τοῦ τύπου τούτου εἶναι βαθὺ κίτρινον πρὸς τὸ πορτοκαλλόχρουν, τὸ δὲ φάσμα τῶν μαρτυρεῖ ὅτι εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν τῶν ὑπάρχουν μόρια ὑδρογονανθράκων.

§ 97. Ὑπεριώδης ἀκτινοβολία. Ὅπως εἶδομεν ἄνωτέρω, τὸ συνεχὲς φάσμα, τὸ ὁποῖον λαμβάνομεν, ὅταν ἐξετάζωμεν φασματοσκοπικῶς τὸ φῶς ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος πυρακτώσεως ἢ βολταϊκοῦ τόξου, περατοῦται εἰς τὸ ἐν ἄκρον του μὲ φῶς ἰσῶδες, εἰς δὲ τὸ ἄλλο μὲ φῶς ἐρυθρόν. Τοῦτο, ὅμως, δὲν σημαίνει ὅτι, ὅντως, τὸ φάσμα τῆς ἀκτινοβολίας, τὴν ὁποίαν ἐκπέμπει ἡ πηγή, περιορίζεται ἐντὸς τῶν ἄνω ὁρίων. Πράγματι, ἐὰν λάβωμεν τὸ φάσμα δι' εἰδικοῦ φασματογράφου (βλ. κατωτέρω), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ φωτογραφικὴ πλᾶξ ἀμαυροῦται καὶ πέραν τῆς ἰσῶδους περιοχῆς. Τοῦτο σημαίνει ὅτι, ἐκτὸς τῶν ἀκτίνων τῆς ὁρατῆς περιοχῆς τοῦ φάσματος, ὑπάρχουν καὶ ἀκτίνες ἀόρατοι, αἱ ὁποῖαι κεῖνται πέραν τῆς ἰσῶδους περιοχῆς (σχ. 111), καλοῦνται **ὑπεριώδεις ἀκτίνες** (ἢ **ὑπεριώδης ἀκτινοβολία**) καὶ ἔχουν μῆκος κύματος, μικρότερον τοῦ μῆκους κύματος τῶν ἰσῶδων ἀκτίνων (μικρότερον, δηλ., τῶν $4000 \text{ \AA}$).



Σχ. 111. Ἐκτὸς τῆς ὁρατῆς περιοχῆς τοῦ φάσματος ὑπάρχουν καὶ ἀόρατοι περιοχαί.

τας, ἐκ τῶν ὁποίων καὶ ἀνιχνεύονται. Οὕτω, ὡς εἶδομεν εἰς τὰ προηγούμενα, προσπίπτουσιν ἐπὶ φωτογραφικῆς πλாகῆς, προκαλοῦν ἀμαύρωσιν αὐτῆς. Ὅμοιως, αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες προκαλοῦν *φθορισμόν* (*), καθὼς καὶ διαφόρους χημικὰς ἀντιδράσεις μετατρέπουν. π.χ., τὸ ὀξυγόνον εἰς ὤζον κ.λ.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες (ὅπως ἀκτίνες οἰοῦνται χρώματος), ἀπορροφώμεναι ὑπὸ διαφόρων σωμάτων, προκαλοῦν θέρμανσιν αὐτῶν, καθόσον ἡ ἐνέργεια, ἡ περιεχομένη εἰς αὐτάς, μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

Εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίνες τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς ὀφείλεται καὶ ἡ δερματόχρωσις (κ. μαύρισμα τοῦ δέρματος) κατὰ τὴν ἡλιοθεραπείαν.

Ἐπειδὴ ἡ ὑπεριώδης ἀκτινοβολία ἀπορροφεῖται ἐν μέρει, διερχομένη

(*) Βλ. κατωτέρω § 100.

διὰ τῆς ἀτμοσφαίρας (κυρίως, ὅταν ὑπάρχῃ κονιορτός), διὰ τοῦτο, ὅσον ὑψηλότερον ἀνερχόμεθα, τόσον ἐντονωτέρα καθίσταται αὕτη.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες προσβάλλουν ἰδιαιτέρως τοὺς ὀφθαλμοὺς καὶ διὰ τοῦτο πρέπει, κατὰ τὰς ἐργασίας μὲ ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, νὰ προφυλασσώμεθα διὰ συνήθων ὑαλίνων διοπτρῶν, αἱ ὁποῖαι ἀπορροφοῦν τὸ ὑπεριώδες φῶς.

Αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες χρησιμοποιοῦνται δι' ἀποστειρώσεις (διότι φονεύουν τὰ διάφορα βακτηρίδια), εἰς τὴν θεραπευτικὴν (τεχνητὸς ἥλιος) κ.λ.

Ἐπειδὴ αἱ ὑπεριώδεις ἀκτίνες δὲν διέρχονται διὰ τῆς κοινῆς ὑάλου (διότι ἀπορροφῶνται ἐντὸς αὐτῆς), διὰ τὴν ἐξέτασιν αὐτῶν ἀπαιτοῦνται εἰδικοί φασματογράφοι (φασματογράφοι ὑπεριώδους), τῶν ὁποίων τὰ ὑάλινα τμήματα (φακοὶ καὶ πρίσμα) ἔχουν ἀντικατασταθῇ διὰ φακῶν καὶ πρίσματος, κατεσκευασμένων ἐκ χαλαζίου (SiO_2).

Ἰδιαιτέρως πλούσιον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας εἶναι τὸ φῶς, τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπὸ τῆς *λυχνίας ἀτμῶν ὕδραργύρου*: Ἡ λυχνία αὕτη (σχ. 112), ἀποτελεῖται ἐξ ἀεροκένου σωλήνος ἐκ χαλαζίου (quartz), εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ὑπάρχουν δύο ἠλεκτροδία συντετηγμένα καὶ ἐμβαπτισμένα ἐντὸς ὕδραργύρου. Ἐὰν συνδέσωμεν τὴν λυχνίαν μὲ ἠλεκτρικὴν πηγὴν συνεχοῦς τάσεως καί, ἀφοῦ κλίνωμεν αὐτὴν οὕτως ὥστε, διὰ ροῆς τοῦ ὕδραργύρου, ν' ἀποκατασταθῇ ἐπαφὴ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων, τὴν ἐπαναφέρωμεν εἰς τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν, ἢ φλέψ τοῦ ὕδραργύρου διακόπτεται καὶ σχηματίζεται φωτεινὸν τόξον, ὀφειλόμενον εἰς τὴν ἀκτινοβολίαν τῶν ἀτμῶν τοῦ ὕδραργύρου.



Σχ. 112. Λυχνία ἀτμῶν ὕδραργύρου.

§ 98. Ὑπερέρυθρος ἀκτινοβολία. Τὸ συνεχὲς φάσμα ἐνὸς λαμπτήρος πυρακτώσεως ἐκτείνεται καὶ πέραν τοῦ ἐρυθροῦ. Τὴν ἀόρατον ταύτην ἀκτινοβολίαν, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν *υπερέρυθρον ἀκτινοβολίαν* ἢ *υπερερυθρὸν ἀκτίναν*, δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν, ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν εἰδικὴν φωτογραφικὴν πλάκα (*), ἥ ὁποία εἶναι εὐπαθὴς εἰς τὸ ὑπερέρυθρον καὶ λάβωμεν ἐπ' αὐτῆς τὸ φάσμα, ὅποτε θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ πλᾶξ ἔχει ἀμυρωθῇ καὶ πέραν τῆς ἐρυθρᾶς περιοχῆς.

Ἡ ὑπερέρυθρος ἀκτινοβολία, ὅπως καὶ οἰαδήποτε ἀκτινοβολία, ἀπορροφούμεν ὑπὸ τῶν διαφόρων ὑλικῶν, μετατρέπεται ἐντὸς αὐτῶν εἰς θερμότητα. Δυνάμεθα, ἐπομένως, νὰ ἐλέγξωμεν τὴν παρουσίαν τῆς ὑπερερυθρῆς ἀκτινοβολίας εἰς τὸ φάσμα, διὰ καταλλήλων θερμομέτρων, μερικὰ τῶν

(*) Αἱ συνήθεις φωτογραφικαὶ πλάκες εἶναι εὐπαθεῖς εἰς τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας καὶ εἰς τὰς ὁρατὰς ἀπὸ τοῦ ὥδους μέχρι τοῦ κυτρίνου. Τὸ γεγονός ὅτι αὗται δὲν προσβάλλονται ὑπὸ τοῦ ἐρυθροῦ φωτός ἐπιτρέπει τὴν «ἐμφάνισιν» αὐτῶν ἐντὸς σκοτεινῶν θαλάμων, φωτιζομένων δι' ἐρυθροῦ φωτός. Τελευταίως κατεσκευάσθησαν καὶ πλάκες, αἱ ὁποῖαι εἶναι εὐπαθεῖς ἀκόμη καὶ εἰς τὸ ὑπερέρυθρον.

δποίων (θερμοστοιχεῖα κ.λ.) θὰ περιγραφοῦν εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦ Ἡλεκτρισμοῦ. Ἐὰν φέρωμεν, διαδοχικῶς, ἐν τοιοῦτο ὄργανον εἰς τὰς διαφόρους περιοχὰς τοῦ φάσματος (σχ. 97), θὰ εὕρωμεν ὅτι θερμότης ἀναπτύσσεται ὄχι μόνον ὅταν τὸ ὄργανον εὐρίσκεται εἰς τὴν ὁρατὴν περιοχὴν (ἢ τὴν ὑπεριώδη), ἀλλὰ καὶ εἰς τὴν ὑπερερυθρον. Ὅπως, μάλιστα, εὐρέθη, ἡ θερμότης, ἡ ἀναπτυσσομένη ὑπὸ τῆς ὑπερερυθρου ἀκτινοβολίας, εἶναι, σημαντικῶς, μεγαλυτέρα τῆς θερμότητος, τῆς ἀναπτυσσομένης εἰς τὰς ἄλλας περιοχὰς τοῦ φάσματος.

Ἐτερον χαρακτηριστικὸν τῶν ὑπερερυθρων ἀκτίνων εἶναι ἡ μικρὰ αὐτῶν ἀπορρόφησης ὑπὸ τῆς ὁμίχλης(*). Ἡ ἰδιότης αὕτη ἐπιτρέπει τὴν φωτογράφησιν ἀντικειμένων διὰ μέσου τῆς ὁμίχλης (σχ. 113), ἀρκεῖ νὰ χρησι



Σχ. 113. Δύο φωτογραφίαι τοῦ αὐτοῦ τοπίου. Ἡ ἀριστερὰ ἔχει ληφθῆ με συνήθη φωτογραφικὴν πλάκα, ἐνῶ ἡ δεξιὰ με εἰδικὴν πλάκα, εὐπαθεῖ εἰς τὸ ὑπερερυθρον.

μοποιηθοῦν εἰδικαὶ φωτογραφικαὶ πλάκες, εὐπαθεῖς εἰς τὸ ὑπερερυθρον.

§ 99. Διάχυσις τοῦ φωτός - Τὸ κυανεὺν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ. Εἰς τὴν § 8 ἐγνωρίσαμεν τὸ φαινόμενον τῆς διαχύσεως τοῦ φωτός, ὅταν τοῦτο προσπίπτῃ ἐπὶ ἀνωμάλου καὶ τραχείας ἐπιφανείας. Διάχυσιν τοῦ φωτός προκαλοῦν ἐπίσης καὶ τὰ μόρια τῶν ἀερίων ἢ τῶν ὑγρῶν, αἱ σταγόνες τῆς ὁμίχλης κ.λ.

Διὰ τὴν διάχυσιν, τὴν προκαλουμένην ἐκ μικρῶν, ἐν γένει, σωματιδίων, ἰσχύει ὁ ἐξῆς νόμος τοῦ Rayleigh: ★ ★ ★ «Ἡ ἐντάσις J τοῦ φωτός, τοῦ διαχεομένου ὑπὸ μικρῶν σωματιδίων, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τετάρτης δυνάμεως τοῦ μήκους κύματος λ τῆς ἐπ' αὐτῶν προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας». Ἡτοι

$$J = \text{σταθ} \cdot \frac{I}{\lambda^4} \quad \star \star \star$$

(*) Ἡ μικρὰ ἀπορρόφησης ὑπὸ τῆς ὁμίχλης ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι αἱ ὑπερερυθροὶ ἀκτίνες ὑφίστανται μικρὰν διάχυσιν ἐντὸς αὐτῆς. Τὴν αὐτὴν ἰδιότητα παρουσιάζει τὸ ἐρυθρὸν καί, ἐν μέρει, τὸ πορτοκαλλόχρουν φῶς· διὰ τοῦτο καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰδικοὶ φανοὶ αὐτοκινήτων διὰ τὴν ὁμίχλην, ἐφωδισμένοι με ὕαλον, ἐπιτρέπουσαν τὴν δίοδον μόνον εἰς τὰς ἀκτῖνας αὐτάς.

Ἡ σταθερά τοῦ τύπου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἶδους τῶν σωματιδίων.

Συμφάνως πρὸς τὸν νόμον αὐτόν, φῶς μεγάλου μήκους κύματος σκεδάζεται ὀλιγώτερον ἀπὸ φῶς μικροῦ μήκους κύματος. Ἐφαρμογὴν τούτου ἀνεφέρομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον (ὑποσημείωσις), κατὰ τὴν ὁποίαν αἱ ὑπερέρυθροι καὶ ἐρυθραὶ ἀκτίνες ὑφίστανται μικρὰν διάχυσιν ὑπὸ τῶν σταγονιδίων τῆς ὀμίχλης, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι σκεδάζονται ἰσχυρῶς. Ἐπομένως, ἐὰν θέλωμεν μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, κατὰ τὴν δίοδον αὐτῆς διὰ τῆς ὀμίχλης, νὰ ἐξακολουθῇ νὰ διαδίδεται κατὰ τὴν διεύθυνσίν της, χωρὶς νὰ ὑφίσταται σημαντικὴν διάχυσιν, πρέπει ἡ δέσμη αὕτη ν' ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτινοβολίαν μὲ μεγάλα μήκη κύματος.

Εἰς τὸ φαινόμενον, ἀκριβῶς, τῆς διαχύσεως τοῦ φωτός ὀφείλεται τὸ κυανοὺν χρῶμα τοῦ οὐρανοῦ: Τὰ μόρια τοῦ ἀέρος διαχέουν τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον ἥλιακόν φῶς, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ διαχεομένου φωτός θὰ εἶναι, κατὰ τὸν ἄνω τύπον, πολὺ μεγαλυτέρα διὰ τὰ μικρότερα μήκη κύματος — δηλ., διὰ τὰς ἰσθμίδες καὶ κυανὰς ἀκτίνας — παρὰ διὰ τὰ μεγαλυτέρα. Ἐπομένως, εἰς τὸ διαχέομενον φῶς ἐπικρατεῖ τὸ κυανοὺν χρῶμα, λόγῳ τοῦ ὁποίου, ἀκριβῶς, ὁ οὐρανὸς φαίνεται κυανοῦς.

Κατὰ τὴν ἀνατολὴν καὶ τὴν δύσιν τοῦ Ἡλίου ὁ οὐρανὸς παρουσιάζεται μὲ ἐρυθροκίτρινον χρῶμα. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Λόγῳ τῆς θέσεως τοῦ Ἡλίου εἰς τὰς περιπτώσεις ταύτας, αἱ ἥλιακαὶ ἀκτίνες, μέχρις ὅτου φθάσουν εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας, διέρχονται διὰ παχέων στρωμάτων τῆς ἀτμοσφαιρας, ἐντὸς τῶν ὁποίων ἐπέρχεται σημαντικὴ διάχυσις τῶν ἰσθμίων καὶ κυανῶν ἀκτίνων, μὲ ἀποτέλεσμα τὸ εἰσερχόμενον εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας φῶς νὰ μὴ περιέχῃ τὰς ἀκτίνας ταύτας. Ἐνεκα τούτου, τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἡμεῖς βλέπομεν, θὰ εἶναι τὸ συμπληρωματικὸν τοῦ κυανοῦ, δηλ., τὸ ἐρυθροκίτρινον.

§ 100. Φθορισμός - Φωσφορισμός. Ἐὰν φωτίσωμεν δι' ὑπεριώδους

φωτός μίαν σταγόνα ὀρυκτελαίου, τὴν ὁποίαν ἔχομεν τοποθετήσῃ ἐπὶ ὑαλίνῃς πλακός, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὕτη ἐκπέμπει ἔντονον κυανοὺν φῶς (*). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ ὑπεριώδες φῶς διεγείρει ἐν ὑλικὸν εἰς ἐκπομπὴν δευτερογενοῦς ἀκτινοβολίας, καλεῖται **φθορισμός**.

Τὸ φαινόμενον τοῦ φθορισμοῦ ἐκμεταλλευσόμεθα εἰς τοὺς **λαμπτήρας φθορισμοῦ** (**). Οὗτοι ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνου κυλινδρικοῦ σωλήνος, περιέχοντος ἀέρια ὑπὸ μικρὰν πίεσιν, καθὼς καὶ σταγόνα ὑδραργύρου. Ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ σωλήνος ἔχει καλυφθῇ δι' ἐπιχρίσματος ἐκ φθοριζούσης οὐσίας. Ὅταν ὁ λαμπτήρ τεθῇ εἰς λειτουργίαν, ὁ ὑδράργυρος ἐξατμίζεται, οἱ δὲ παραγόμενοι ἅτμοι, διεγείρομενοι εἰς ἀκτινοβολίαν, ἐκπέμπουν φῶς, τὸ ὁποῖον — ὡς εἶδομεν καὶ εἰς τὴν § 90 — εἶναι πλούσιον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας. Ἐὰν δὲν ὑπῆρχεν ἡ φθορίζουσα οὐσία, τὸ ἀόρατον τοῦτο φῶς θ' ἀπερροφῆτο ὑπὸ τῆς ὑάλου τοῦ σωλήνος καὶ θὰ μετετρέπετο εἰς θερμότητα. Ἡδὴ, ὅμως, προσπίπτον ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος ἐπιχρίσματος, ἀπορροφεῖται καὶ ἐπανεκπέμπεται, λόγῳ φθορισμοῦ, ὑπὸ μορφὴν ὁρατοῦ φωτός. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἡ ἔντασις τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον ἐκπέμπεται ὑπὸ τοῦ λαμπτήρος, εἶναι πολὺ μεγαλυτέρα τῆς ἐντάσεως, τῆς ἐκπεμπομένης

(*) Ἀσθενέστερον παρατηρεῖται τὸ φαινόμενον, ἐὰν φωτίσωμεν τὴν σταγόνα δι' ἥλιακῷ φωτός, τὸ ὁποῖον εἰσέρχεται, δι' ὀπῆς, ἐντὸς σκοτεινῆς αἰθούσης.

(**) Βλ. καὶ § 263, γ.

ὑπὸ λαμπτήρος πυρακτώσεως, ὁ ὁποῖος καταναλίσκει τὴν αὐτὴν ἰσχύϊν.

Ἡ διεγερσις ὠρισμένων οὐσιῶν εἰς φθορισμὸν δύναται νὰ γίνη ὅχι μόνον μὲ ὑπεριώδες φῶς, ἀλλὰ καὶ δι' ἄλλων μέσων. Οὕτω, ἀκτῖνες *Roentgen* (*Ραϊνγκεν*· Κεφάλαιον Α'), προσπίπτουσαι ἐπὶ *φθοριζόντων* διαφραγμάτων (*), διεγείρουν αὐτὰ εἰς φθορισμὸν· φαινόμενον, τὸ ὁποῖον ἐκμεταλλεύομεθα κατὰ τὴν ἀκτινοσκόπισιν δι' ἀκτίνων *Roentgen*. Ἐπίσης, ταχέως κινούμενα ἠλεκτρόνια, προσπίπτοντα ἐπὶ τῶν φθοριζόντων διαφραγματίων τῶν σωλῆνων *Braun* (*Μπράουν*· § 274), τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς συσκευὰς τηλεοράσεως κ.λ., διεγείρουν αὐτὰ εἰς φθορισμὸν.

Ἀνάλογον φαινόμενον πρὸς τὸν φθορισμὸν εἶναι καὶ ὁ **φωσφορισμός**: Ὁρισμένα οὐσίαι (**), φωτιζόμεναι δι' ὑπεριώδους ἢ καὶ ἰώδους φωτός, διεγείρονται εἰς δευτερογενῇ ἀκτινοβολίαν, ἣ ὁποία, ὅμως, ἐξακολουθεῖ νὰ ἐκπέμπεται καὶ ἂφοῦ παύσωμεν νὰ φωτίζωμεν αὐτάς. Τοιαῦτα φωσφορίζοντα ὑλικά χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἐπίχρισιν τῶν δεικτῶν τῶν ὥρολογίων, ὥστε νὰ καθίστανται ὄρατοὶ κατὰ τὴν νύκτα κ.λ.

★ § 101. **Νόμος τοῦ Stokes (Στόουκς)**. Εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ φθορισμοῦ εἶδομεν ὅτι ὑπεριώδες φῶς ἢ ἀκτῖνες *Roentgen* (μικρὰ μήκη κύματος) διεγείρουν ὠρισμένα ὑλικά εἰς ἐκπομπὴν ὁρατοῦ φωτός (μεγάλαια μήκη κύματος). Εἰς τὰ φαινόμενα ταῦτα ἰσχύει ὁ ἐξῆς **νόμος τοῦ Stokes**: «Τὰ μήκη κύματος τῶν ἐκ φθορισμοῦ προκυντουσῶν ἀκτινοβολιῶν εἶναι μεγαλύτερα τῶν μικρῶν κύματος τῆς διεγερούσης ἀκτινοβολίας».

§ 102. **Φωταύγεια**. Ὅταν ἡ ἐκπομπὴ τοῦ φωτός δὲν ὀφείλεται εἰς τὴν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν τοῦ ἀκτινοβολούντος σώματος, ἀλλ' εἰς ἄλλην αἰτίαν, τὸ φαινόμενον καλεῖται **φωταύγεια**. Παραδείγματα φωταυγείας ἔχομεν εἰς τὸν φθορισμὸν, τὸν φωσφορισμὸν, τὴν χημιφωταύγειαν (§ 103) κ.λ.

§ 103. **Χημιφωταύγεια**. Οὕτω καλεῖται ἡ ἐκπομπὴ φωτός, τὸ ὁποῖον παράγεται εἰς ὠρισμένας χημικὰς ἀντιδράσεις. Οὕτω, ὁ φωσφόρος, ὀξειδουμένος, ἐκπέμπει φῶς, τὸ ὁποῖον ὀφείλεται μόνον εἰς τὴν ὀξειδωσιν, δεδομένου ὅτι ἡ θερμοκρασία του οὐδόλως αὐξάνεται. Ὅμοιως, εἰς ὀξειδωσιν μικροοργανισμῶν ὀφείλεται καὶ τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται ἐνίοτε ἑάν, κατὰ τὴν νύκτα, ἀναταράξωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης. Εἰς ἀνάλογον αἴτιον, τέλος, ὀφείλεται καὶ τὸ φῶς, τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπὸ τῶν πυγολαμπίδων.

§ 104. **Τὸ χρῶμα τῶν διαφόρων σωμάτων**. α) **Διαφανῆ σώματα**. Ὅπως ἤδη γνωρίζομεν, ὅταν λευκὸν φῶς διέρχεται διὰ διαφόρων διαφανῶν σωμάτων, π.χ., ἐγχρώμων ὑαλίνων πλακῶν, ὑφίσταται ἀπορρόφησην ὠρισμένων ἀκτίνων, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἐξέρχονται καὶ δίδουν τὸ χαρακτηρισ-

(*) *Φθορίζοντα διαφράγματα* εἶναι διαφράγματα, φέροντα ἐπίχρισμα ἐξ ἀλάτων τῶν βαρέων μετάλλων.

(**) *Θειοῦχος ψευδάργυρος* κ.λ.

στικὸν χροῶμα τοῦ σώματος. Οὕτω, μία ὕαλος φαίνεται ἐρυθρά, διότι ἐκ τοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῆς, ἀφίηται νὰ διέρχωνται μόνον αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες (*). Εἰς τὸ αὐτό, ἀκριβῶς, φαινόμενον ὀφείλεται καὶ τὸ χροῶμα τῶν διαφόρων ἐγχρώμων ὑγρῶν καὶ διαλυμάτων.

Τὸ γεγονός ὅτι ἡ ἐρυθρὰ ὕαλος ἀφίηται νὰ διέλθουν δι' αὐτῆς μόνον αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες δυνάμεθα νὰ δεῖξωμεν διὰ τοῦ ἐξῆς πειράματος: Εἰς τὴν φλόγα λύχνου θερμαίνομεν νάτριον (ἢ χλωριοῦχον νάτριον), ὁπότε, ὥς γνωστόν, παρατηροῦμεν ὅτι ἐκπέμπεται ἔντονον κίτρινον φῶς. Ἐάν, τώρα, παρεμβάλωμεν μεταξὺ τοῦ λύχνου καὶ τῶν ὀφθαλμῶν μας ἐρυθρὰν ὑαλινὴν πλάκα, δὲν βλέπομεν, πλέον, τὸ κίτρινον φῶς, παρ' ὅλην τὴν ἔντασιν αὐτοῦ, διότι ἡ ἐρυθρὰ πλᾶξ ἀπορροφεῖ τὸ κίτρινον φῶς.

β) **Ἀδιαφανῆ σώματα.** Ὡς γνωστόν, διὰ νὰ ἴδωμεν ἓν ἐτερόφωτον ἀντικείμενον, πρέπει νὰ προσέσῃ ἐπ' αὐτοῦ φῶς, τὸ ὁποῖον, ἐν συνεχείᾳ, λόγῳ διαχύσεως, νὰ εἰσέλθῃ εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας. Κατὰ τὴν διάχυσιν εἶναι δυνατόν—ἀναλόγως τοῦ ὕλικου τῆς ἐπιφανείας—νὰ ἐπέλθῃ ἀπορρόφησις ὀρισμένων ἀκτίνων, ὁπότε μόνον αἱ υπόλοιποι διαχέονται. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπιδειξώμεν, ἐὰν φωτίσωμεν διὰ λευκοῦ φωτός ἐν ἐγχρωμον ὕφασμα καὶ δεχθώμεν τὸ ἐκ διαχύσεως φῶς ἐπὶ λευκοῦ φύλλου χάρτου· θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ χροῶμα τοῦ διαχεομένου φωτός εἶναι τὸ αὐτὸ μὲ τὸ χροῶμα τοῦ ὑφάσματος. Αἱ ἐκ διαχύσεως προερχόμεναι ἀκτίνες, εἰσερχόμεναι εἰς τὸν ὀφθαλμόν μας, καθορίζουν τὸ χροῶμα τῆς ἐπιφανείας, ἐκ τῆς ὁποίας διαχέονται.

Κατὰ τ' ἀνωτέρω, τεμάχιον ἐγχρώμου ὑφάσματος, φωτιζόμενον διὰ λευκοῦ φωτός, φαίνεται, π.χ., ἐρυθρόν, διότι μόνον αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες διαχέονται, ἐνῶ αἱ υπόλοιποι ἀπορροφῶνται. Εἶναι προφανές ὅτι τοιοῦτο ὕφασμα, φωτιζόμενον διὰ κίτρινου, πρασίνου κ.λ. φωτός, θὰ φαίνεται μέλαν. Πειραματικῶς δεικνύομεν τοῦτο, ἐὰν σχηματίσωμεν, διὰ πρίσματος, ἐν συνεχῆς φάσμα καί, ἀκολουθῶς, φέρωμεν διαδοχικῶς εἰς τὰς διαφόρους περιοχὰς τοῦ φάσματος τὸ τεμάχιον τοῦ ἐρυθροῦ ὑφάσματος. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ὕφασμα τοῦτο φαίνεται ἐρυθρόν μόνον εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν τοῦ φάσματος, ἐνῶ εἰς ὅλας τὰς ἄλλας περιοχὰς φαίνεται μέλαν.

Ἐάν ἐν σῶμα ἀπορροφῇ ὅλα τὰ χρώματα, χωρὶς ν' ἀνακλᾷ (ἢ νὰ διαχέῃ) οὐδέν, καλεῖται **μέλαν σῶμα**. Τοιοῦτο σῶμα εἶναι, π.χ., ἡ αἰθάλη. Ἐάν, ἀντιθέτως, τὸ σῶμα οὐδὲν χροῶμα ἀπορροφῇ, ἀλλ' ἀνακλᾷ ἐξ ἴσου ὅλα τὰ χρώματα, καλεῖται **λευκόν**. Τὰ **φαιά**, τέλος, σώματα εἶναι σώματα, τὰ ὁποῖα ἀπορροφοῦν ἐν μέρει ὅλα τὰ χρώματα, ἀλλὰ κατὰ τὸ αὐτὸ ποσοστόν.

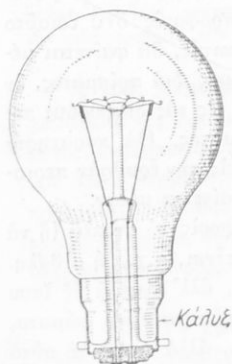
(*) Ἀναλόγως τῶν ὕλικῶν, τὰ ὁποῖα ἐχρησιμοποιήθησαν διὰ τὴν χροῶσιν τῆς ἐρυθρᾶς ὕαλος, εἶναι δυνατόν νὰ διέρχωνται, ἐκτὸς τῶν ἐρυθρῶν καὶ μερικαὶ ἄλλαι ἀκτίνες, π.χ., ἰώδεις. Πάντως, ἐκ τῆς ἀναμίξεως ὅλων τῶν διερχομένων ἀκτίνων ὁ ὀφθαλμὸς ἔχει τὴν ἐντύπωσιν τοῦ ἐρυθροῦ.

★ § 105. **Έγχρωμος φωτογραφία.** Εἰς τὴν § 85 εἶδομεν ὅτι, διὰ συνθέσεως τῶν διαφόρων χρωμάτων τοῦ φάσματος, παράγονται νέα χρώματα. Ὅπως εὐρίσκεται πειραματικῶς, εἶναι δυνατόν, διὰ συνθέσεως τῶν τριῶν βασικῶν χρωμάτων, ἐρυθρόν, πράσινον καὶ κυανοῦν (ἢ ἰώδες), λαμβανομένων ὑφ' ὀρισμένας ἀναλογίας μεταξύ των, νὰ δημιουργήσωμεν οἰονδήποτε χρῶμα θέλομεν (συμπεριλαμβανομένου καὶ τοῦ λευκοῦ). Τοῦ φαινομένου τούτου κάμνομεν χρῆσιν εἰς τὴν *ἐγχρωμον φωτογραφίαν*: Ἡ φωτοπαθὴς πλάξ περιέχει ἐντὸς τοῦ στρώματος τῆς ζελατίνης μικροὺς κόκκους τριῶν εἰδῶν. Οἱ κόκκοι ἐκάστου εἶδους ἔχουν διαφόρους εὐαισθησίας δι' ἕκαστον χρῶμα. Ἐάν, λοιπόν, σχηματισθῇ ἐπὶ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς τὸ εἶδωλον τοῦ ἐγχρώμου ἀντικειμένου, οἱ κόκκοι ἐκάστου εἶδους θὰ ἀλλοιωθῶν, ἀναλόγως τοῦ χρώματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσέπεσεν ἐπ' αὐτῶν. Δηλαδή, οἱ κόκκοι, οἱ εὐαίσθητοι εἰς ἓν χρῶμα, π.χ., τὸ ἐρυθρόν, θὰ ἀλλοιωθῶν (καὶ θὰ μετατραποῦν εἰς μέλανα ἄργυρον κατὰ τὴν ἐμφάνισιν), μόνον ἂν τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῶν φῶς ἔχη καὶ ἐρυθρὰς ἀκτῖνας. Ἀνάλογον θὰ συμβῇ καὶ διὰ τὰ ἄλλα εἶδη κόκκων. Ἡ τελικὴ φωτογραφία (ἡ ὁποία διὰ νὰ ληφθῇ χρειάζεται πολλὰς διαδοχικὰς ἐπεξεργασίας) ἀποτελεῖται ἐξ ἐγχρωμῶν κόκκων τριῶν εἰδῶν. Ἐκαστον εἶδος ἀπορροφεῖ κατὰ διάφορον ποσοστὸν τὰ βασικά χρώματα, με ἀποτελεσμα, ὅταν μία τοιαύτη φωτογραφία φωτισθῇ διὰ λευκοῦ φωτός, νὰ ἐμφανίζεται ἐπ' αὐτῆς τὸ ἀπεικονισθὲν ἀντικείμενον με τὰ φυσικά του χρώματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

ΤΕΧΝΗΤΑΙ ΦΩΤΕΙΝΑΙ ΠΗΓΑΙ

Αἱ διάφοροι φωτειναί πηγαί, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ τεχνητὸν φωτισμόν, δύνανται νὰ καταταγοῦν εἰς δύο κατηγορίας: εἰς τὰς *θερμὰς φωτεινὰς πηγὰς* καὶ εἰς τὰς *ψυχρὰς φωτεινὰς πηγὰς*.



Σχ. 114. Λαμπτήρ πυρακτώσεως.

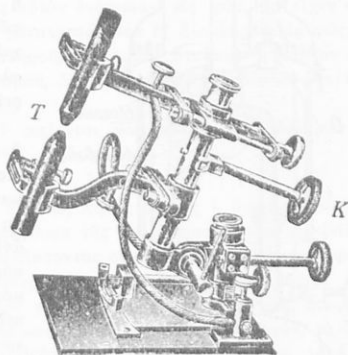
§ 106. **Θερμαὶ φωτειναί πηγαί.** Αἱ πηγαὶ αὗται φωτοβολοῦν, λόγῳ τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας, εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκονται. Ὅσον, μάλιστα, ὑψηλοτέρα εἶναι ἡ θερμοκρασία αὐτῶν, τόσον λευκότερον εἶναι τὸ ἐκπεμπόμενον φῶς, δηλ., τόσον περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὸ ἡλιακὸν φῶς (*φῶς ἡμέρας*).

Εἰς τὸν *λαμπτήρα πυρακτώσεως* (σχ. 114) τὸ φωτοβολοῦν σῶμα εἶναι σπείραμα ἀπὸ σύρμα ἐκ τοῦ δυστήκτου μετάλλου βολφραμίου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐντὸς ἀεροκένου ὑαλίνου δοχείου καὶ πυρακτοῦται δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (*). Ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς ἐνὸς λαμπτήρος πυρακτώσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς «ἡλεκτρικῆς τάσεως», ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος. Ἐὰν ἡ τάσις αὕτη αὐξηθῇ πέραν τῆς κανο-

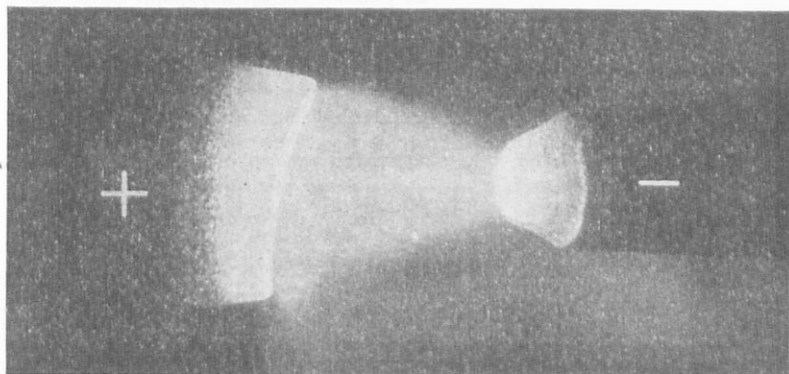
(*) Ἡ θερμοκρασία τοῦ σπειράματος κυμαίνεται μεταξύ $2000 \div 2500^\circ \text{C}$.

νικῆς, ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς αὐξάνεται πολὺ, ἡ διάρκεια ζωῆς, ὁμως, τοῦ λαμπτήρος ἐλαττοῦται σημαντικῶς.

Εἰς τὰς θερμὰς πηγὰς ἀνήκει καὶ τὸ *βολταϊκὸν τόξον* (σχ. 115), τὸ ὁποῖον παρέχει ἔντονον λευκὸν φῶς, χρησιμοποιεῖται δέ, κυρίως, εἰς τοὺς ἠλεκτρικοὺς ἀντιαεροπορικοὺς προβολεῖς, εἰς τοὺς προβολεῖς τῶν κινηματογράφων διὰ τὴν προβολὴν τῶν κινηματογραφικῶν ταινιῶν κ.λ. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ δύο ράβδων *T* ἐκ σκληροῦ ἀνθρακος, αἱ ὁποῖαι τροφοδοτοῦνται δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἄν φέρωμεν τὰς δύο ράβδους εἰς ἐπαφὴν καί, ἀκολουθῶς, τὰς ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον, σχηματίζεται μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικὸν τόξον, συνοδευόμενον ὑπὸ ἐντόνου ἐκπομπῆς λευκοῦ φωτός, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὰ πυρακτωμένα ἄκρα τῶν ἀνθράκων (σχ. 115α) (*).



Σχ. 115. Βολταϊκὸν τόξον.

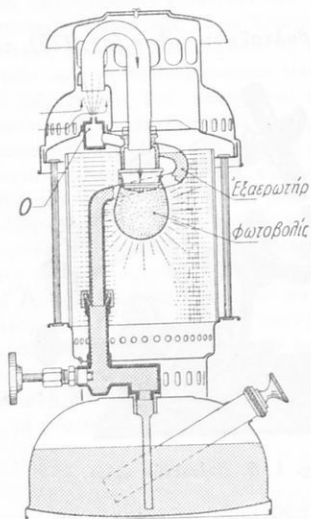


Σχ. 115α. Ἀνθράκες βολταϊκοῦ τόξου.

Ἐτέρα θερμὴ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι αἱ *λυχνίαι βενζίνης* (ἢ πετρελαίου), χρησιμοποιούμεναι, συνήθως, εἰς μέρη, εἰς τὰ ὁποῖα δὲν ὑπάρχουν ἠλεκτρικὰ δίκτυα. Εἰς τὰς λυχνίας ταύτας (σχ. 116) τὸ καύσιμον φέρεται, διὰ πεπιεσμένου ἀέρος, εἰς τὸν ἐξαερωτήρα, ἵενθα, θερμαινόμενον, ἐξαεροῦται. Τὸ ὑπὸ πίεσιν ἀέριον ἐξέρχεται διὰ

(*) Ἡ θερμοκρασία τῶν ἀνθράκων φθάνει τοὺς 4000° C.

μικρᾶς ὀπῆς *O* μετὰ μεγάλης ταχύτητος καὶ συμπαρασύρει τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, μετὰ τοῦ ὁποίου καὶ ἀναμειγνύεται. Τὸ σχηματιζόμενον καύσιμον μείγμα καίεται καὶ πυρακτώνει μίαν **φωτοβολίδα Auer** (*^Aouep*) (*), ἡ ὁποία ἐκπέμπει λευκὸν καὶ ἐντονώτατον φῶς. Εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῆς λυχνίας ὁ ἐξεραωτῆρ προθερμαίνεται ἔξωθεν διὰ φλογὸς οἰνοπνεύματος, ἐν συνεχείᾳ δὲ διατηρεῖται θερμὸς ὑπὸ τῆς φλογὸς τῆς λυχνίας.



Σχ. 116. Λυχνία βενζίνης.

Θερμαὶ πηγαὶ φωτὸς εἶναι καὶ αἱ συνήθεις **λυχνίαι πετρελαίου**. Εἰς ταύτας ἡ θρυαλλίς διαποτίζεται διὰ τοῦ πετρελαίου καὶ, θερμαινόμενη, ἐξατμίζει αὐτό. Ἡ δημιουργουμένη φλόξ ἀποτελεῖται ἐκ διαπύρων τεμαχιδίων ἄνθρακος καί, συνεπῶς, τὸ ὑπ' αὐτῆς ἐκπεπόμενον φῶς θὰ δίδῃ συνεχὲς φάσμα. Ἡ θερμοκρασία τῶν τεμαχιδίων τοῦ ἄνθρακος εἶναι, περίπου, 1000°C καί, ὥς ἐκ τούτου, τὸ φῶς τῶν εἶναι ὀλιγώτερον λευκὸν τοῦ φωτὸς τῆς προηγουμένης λυχνίας, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ θερμοκρασία τῆς φωτοβολίδος εἶναι πολὺ μεγαλύτερα.

§ 107. Ἀπόδοσις φωτεινῆς πηγῆς.

Ὡς γνωστόν, διὰ τὴν παραγωγὴν φωτὸς πρέπει νὰ καταναλωθῇ ἐνέργεια. Π.χ., εἰς τοὺς ἡλεκτρικοὺς λαμπτήρας προσφέρεται ἡλεκτρικὴ ἰσχύς, μέρος τῆς ὁποίας μετατρέπεται εἰς φῶς. Καλοῦμεν **ἀπόδοσιν** α μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς τὸ πηλίκον τῆς ἐκπεπομένης ὑπ' αὐτῆς ὀλικῆς φωτεινῆς ροῆς Φ διὰ τῆς καταναλισκομένης ἰσχύος N . Ἦτοι

$$\alpha = \frac{\Phi}{N}$$

Ἐάν ἡ ροὴ Φ μετρηθῇ εἰς **Lumen** καὶ ἡ ἰσχύς N εἰς βὰτ (W) ἡ ἀπόδοσις θὰ μετρηθῇ εἰς **Lumen/W**.

Εἰς τὸν κάτωθι πίνακα δίδονται παραδείγματα ἀποδόσεως φωτεινῶν τινῶν πηγῶν :

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ

Ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, τάσεως λειτουργίας 220 V, τροφοδοτούμενος διὰ τάσεως 220 V . . .	18 Lm/W
Ὁ αὐτὸς λαμπτήρ, τροφοδοτούμενος διὰ τάσεως 200 V	12 Lm/W
Λαμπτήρ φθορισμοῦ	50 Lm/W

(*) Αἱ φωτοβολίδες Auer (κ. ἀμιάντα) εἶναι πλέγματα ἐκ νημάτων, τὰ ὁποία ἔχουν ἐμποτισθῇ δι' ὀξειδίων τῶν μετάλλων τῶν σπανίων γαιῶν θορίου καὶ δημητρίου.

Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόδοσις τῶν ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων πίπτει, ὅταν ἔλατ-
τοῦται ἡ τάσις (*).

Εἰς ὅλας τὰς φωτεινὰς πηγὰς μικρόν, μόνον, ποσοστὸν τῆς καταναλισκομένης ἐνεργείας μετατρέπεται εἰς φωτεινὴν ροήν. Ἰδανικὸς λαμπτήρ, ὁ ὁποῖος θὰ μετέ-
τρεπε κατὰ 100% τὴν προσφερομένην εἰς αὐτὸν ἐνέργειαν εἰς φῶς, θὰ εἶχεν ἀπό-
δοσιν 650 *Lumen/W* (*). Συνεπῶς, 1 *W*, μετατρέπομενον ἐξ ὁλοκλήρου εἰς φῶς, θὰ
παρεῖχε φωτεινὴν ροὴν 650 *Lumen*. Παρατηροῦμεν, λοιπὸν, ὅτι καὶ ἡ μᾶλλον ἀπο-
δοτικὴ φωτεινὴ πηγὴ — ὁ λαμπτήρ φθορισμοῦ, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀπόδοσιν 50 *Lm/W* —
πολὺν ἀπέχει μίᾳς ἰδανικῆς φωτεινῆς πηγῆς.

Ἡ ἰδανικὴ ἀπόδοσις $a = 650 \text{ Lm/W}$ καλεῖται *φωτομετρικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φωτός* (**).

§ 108. Ψυχράι φωτειναί πηγαί. Εἰς τὰς πηγὰς ταύτας ἡ θερμοκρασία δια-
τηρεῖται χαμηλὴ, οὐδόπως ἡ ὀλίγον διαφερόμενη θερμοκρασία τοῦ περιβάλλον-
τος. Εἰς τὰς ψυχρὰς φωτεινὰς πηγὰς κατατάσσονται οἱ εἰς τὴν § 100 περιγραφέντες
λαμπτήρες φθορισμοῦ καθὼς καὶ οἱ *σωλῆνες φωτεινῶν διαφημίσεων*. Οὗτοι εἶναι
ὕαλινοι σωλῆνες, φέροντες δύο ἡλεκτροδία εἰς τὰ ἄκρα των καὶ πλήρεις διαφόρων
ἀερίων ὑπὸ μικρὰν πίεσιν. Ὡς ἀέρια χρησιμοποιοῦνται τὸ νέον, τὸ ἀργόν, τὸ ἥλιον
καὶ ἄλλα. Ἐάν διὰ τοιούτων σωλῆνων διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεύμα, τὰ άτομα
τῶν ἀερίων διεγείρονται εἰς ἀκτινοβολίαν—κατὰ μηχανισμόν, τὸν ὁποῖον θὰ γνωρί-
σωμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς—τὸ δὲ χρῶμα τοῦ ἐκπεμπομένου
φωτὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ ἀερίου. Οὕτω, τὸ νέον ἐκπέμπει ἐρυθρὸν φῶς,
τὸ ἥλιον κιτρινέρυθρον κ.λ.

Εἰς τὰς ψυχρὰς φωτεινὰς πηγὰς ὑπάγονται καὶ οἱ *σωλῆνες Geissler* (§ 262).

§ 109. Μέτρησις τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός. ★ α) *Μέθοδος τοῦ Roemer*
(*Ραῦμερ*). Ὁ Roemer πρῶτος ἐμέτρησε τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός, παρατηρῶν τὰς
περιοδικὰς ἐκλείψεις τῶν δορυφόρων τοῦ πλανήτου Διὸς.

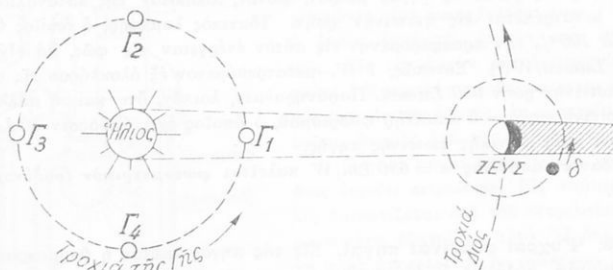
Δι' ἀστρονομικῶν παρατηρήσεων εὐρέθη ὅτι ἡ περίοδος τοῦ ἐγγυτέρου πρὸς
τὸν πλανήτην Δία δορυφόρου δ (*σχ. 117*), εἶναι, περίπου, ἴση πρὸς 42,5 ὥρας.
Ὅπως ὁ Roemer παρατήρησεν, ἡ περίοδος αὕτη δὲν εἶναι σταθερά, ἀλλὰ παρου-
σιάζεται ἄλλοτε μεγαλυτέρα καὶ ἄλλοτε μικροτέρα. Καί, συγκεκριμένως, ὅταν ἡ Γῆ,
κινουμένη ἐπὶ τῆς τροχιάς της ἀπομακρύνεται τοῦ Διὸς ἀπὸ τὴν θέσιν
 Γ_1 εἰς τὴν θέσιν Γ_2 , διερχομένη διὰ τῆς Γ_2 , ἡ περίοδος T εὐρίσκεται μεγα-
λύτε-ρα, ἐνῶ, ὅταν ἡ Γῆ πλησιάζῃ πρὸς αὐτὸν (ὅταν, δηλ., ἔρχεται ἐκ τῆς θέσεως
 Γ_2 , διὰ τῆς Γ_3 , εἰς τὴν θέσιν Γ_1), ἡ περίοδος εὐρίσκεται μικροτέρα. Καθ' ἐκάστην
περιφορὰν τοῦ ὁδοφόρου δ ἐπέρχεται ἐντὸς τῆς σκιάς τοῦ Διὸς, καί, οὕτω δη-
μιουργεῖται ἐκλείψεις τοῦ δορυφόρου. Ἐάν κατὰ τὴν κίνησιν τῆς Γῆς ἐκ τῆς θέσεως
 Γ_1 εἰς τὴν θέσιν Γ_2 (διὰ τῆς Γ_3) παρατηρήθῃσαν n ἐκλείψεις, ὁ χρόνος, ὁ ἀπαιτη-
θεὶς διὰ τὴν κίνησιν ταύτην, θὰ ἔπρεπε νὰ ἦτο ἴσος πρὸς $n \cdot T$. Λόγῳ, ὁμῶς, τῶν
ἠϋξημένων τιμῶν τῶν περιόδων, ὁ χρόνος οὗτος εὐρίσκεται μεγαλύτερος κατὰ

(*) Αἱ εἰς διάφορα βιβλία ἀναφερόμεναι, ἐνίοτε, τιμαί, αἱ ὁποῖαι διαφέρουν
κατὰ 10% τῆς ἀνωτέρω, προκύπτουν ἐκ τῆς χρησιμοποιήσεως τῶν παλαιότερων μο-
νάδων - *κηρίον Hefner* κ.λ.

(**) Πρὸ ἐτῶν ἐχρησιμοποιεῖτο καὶ ὁ ἀνεπιτυχὲς ὅρος *μηχανικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φω-
τός* M . Οὗτος ὀρίζεται ὡς τὸ ἀντίστροφον τοῦ φωτομετρικοῦ ἰσοδυναμίου τοῦ φω-
τός καὶ ἔχει τὴν τιμὴν

$$M = 0,00154 \text{ W/Lumen.}$$

1000, περίπου δευτερόλεπτα. Ὁ ἐπὶ πλέον οὗτος χρόνος εἶναι, προφανῶς, ὁ χρόνος, ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ διανύσῃ τὸ φῶς τὴν ἀπόστασιν $\Gamma_3 Z - \Gamma_1 Z$, ἡ ὁποία, κατὰ



Σχ. 117. Μέθοδος Roemer.

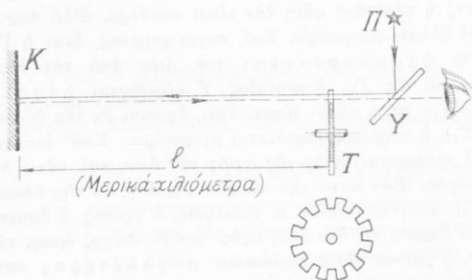
προσέγγισιν (*), ἰσοῦται πρὸς τὴν ἀπόστασιν $\Gamma_1 \Gamma_3$, δηλ., τὴν διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς, κινουμένης περὶ τὸν ἥλιον. Ἐπειδὴ ἡ ἀπόστασις αὕτη εἶναι, περίπου, ἴση πρὸς $300 \cdot 10^6$ km, ἔπεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως c τοῦ φωτός θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$c = \frac{300 \cdot 10^6}{1000} \frac{\text{km}}{\text{sec}} = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$$

$$\eta \quad c = 3 \cdot 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

β) **Μέθοδος τοῦ Fizeau (Φιζώ).** Ἐπειδὴ ἡ ταχύτης τοῦ φωτός ἔχει πολὺ μεγάλην τιμὴν, ἡ μέτροσις αὐτῆς διὰ γῆινον πειράματος παρουσιάζει ἀρκετὰς δυσκολίας. Παρὰ ταῦτα, ὁ Fizeau κατῴρθωσε τοῦτο, μετρήσας τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται ἵνα τὸ φῶς διατρέξῃ γνωστὴν ἀπόστασιν.

Ἐπειδὴ ὁ χρόνος οὗτος εἶναι πολὺ μικρὸς (ἀκόμη καὶ δι' ἀποστάσεις πολλῶν χιλιομέτρων) ὁ Fizeau κατέφυγεν εἰς τὸ ἐξῆς τέχνασμα: Ἀκτὶς φωτός, προερχομένη ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Π (σχ. 118), ἀνακλᾶται, ὑπὸ γωνίαν 45° , ἐπὶ ὑαλίνῃς πλακῆς Y καί, ἀφοῦ διανύσῃ τὴν



Σχ. 118. Μέθοδος Fizeau.

ἀπόστασιν l (μερικῶν χιλιομέτρων), προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου

(*) Ὁ ἄνω ὑπολογισμός, δὲν εἶναι ἐντελῶς ἀκριβής, διότι δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν] τὸ γεγονός ὅτι, ἐν τῷ μεταξύ, ὁ Ζεὺς θὰ ἔχῃ μετακινηθῇ κατὰ τι ἐπὶ τῆς τροχιάς του.

Κ. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς ἐπιστρέφει διὰ τοῦ αὐτοῦ δρόμου καὶ παρατηρεῖται δι' ὀφθαλμοῦ, εὐρίσκομένον ὀπισθεν τῆς ὑαλίνης πλακός. Εἰς τὸν δρόμον τῆς ἀκτίνος παρεμβάλλεται ὁ ὀδοντωτὸς τροχὸς T κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, κατὰ τὴν περιστροφὴν αὐτοῦ, νὰ διακόπτεται καὶ νὰ ἀφήνεται, πάλιν, ἐλευθέρᾳ ἡ φωτεινὴ ἀκτίς. Ὅταν ὁ τροχὸς περιστρέφεται βραδέως, θὰ βλέπωμεν περιοδικῶς φῶς καὶ σκότος. Ἄν ἡ ταχύτης τοῦ τροχοῦ γίνεται διαρκῶς μεγαλυτέρα, θὰ ἔλθῃ στιγμή, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ παρατηρητὴς δὲν βλέπει φῶς. Τοῦτο θὰ συμβῇ, ὅταν τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον διήλθε διὰ τινος διακένου, ἐπιστρέφον κατόπιν τῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K , συναντήσῃ τὸν ἐπόμενον ὀδόντα τοῦ τροχοῦ. Ἄν ἡ ταχύτης τοῦ τροχοῦ αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον, τὸ φῶς ἀναφαίνεται ἐκ νέου, διότι, τώρα, τὸ ἐπιστρέφον φῶς συναντᾷ τὸ ἀμέσως ἐπόμενον διάκενον. Ἐὰν εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ὁ τροχὸς στρέφεται μὲ n στροφὰς ἀνὰ sec , φέρει δὲ N ὀδόντας, ὁ χρόνος t , ὁ ἀπαιτούμενος διὰ νὰ στραφῇ ὁ τροχὸς κατὰ 1 ὀδόντα, θὰ εἶναι ἴσος πρὸς

$$t = \frac{\text{χρόνος μιᾶς περιστροφῆς}}{\text{ἀριθμὸς ὀδόντων}} = \frac{1}{n} = \frac{1}{N \cdot n}.$$

Ἐντὸς τοῦ χρόνου τούτου τὸ φῶς διήνυσε τὴν ἀπόστασιν $2l$ (μετάβασις καὶ ἐπιστροφή). Συνεπῶς, ἡ ταχύτης c τοῦ φωτός θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$c = \frac{\text{διανυθεῖσα ἀπόστασις}}{\text{ἀπαιτηθεὶς χρόνος}} = \frac{2l}{t} = 2l \cdot N \cdot n.$$

Μετροῦντες τὰ l , N καὶ n , εὐρίσκομεν τὴν ταχύτητα c τοῦ φωτός.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) Ἡ ἀπόστασις τῶν κατόπτρων εἰς τὴν μέθοδον Fizeau εἶναι 10 km , ὁ δὲ χρησιμοποιούμενος τροχὸς ἔχει 800 ὀδόντας. Μὲ ποίαν συχνότητα πρέπει νὰ στρέφεται ὁ τροχὸς, ἵνα ἡ ἐπιστρέφουσα ἀκτίς διέρχεται διὰ τοῦ ἀμέσως ἐπομένου διακένου;

(ΑΠ: $18,75 \text{ sec}^{-1}$)

2) Τί θὰ συμβῇ κατὰ τὸ πείραμα τῆς ἀσκήσεως (1), ἐὰν α) διπλασιάσωμεν τὴν μεταξὺ τῶν κατόπτρων ἀπόστασιν, β) ἐὰν διπλασιάσωμεν τὴν συχνότητα περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ καὶ γ) ἐὰν ὑποδιπλασιάσωμεν τὴν ἀπόστασιν ἢ τὴν συχνότητα;

(ΑΠ: α) καὶ β) θὰ διέρχεται φῶς διὰ τοῦ μεθεπομένου διακένου καὶ γ) ἡ ἀκτίς θὰ συναντᾷ τὸν ἀμέσως ἐπόμενον ὀδόντα)

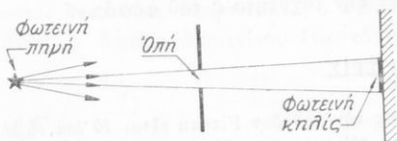
II. ΚΥΜΑΤΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ἐνῶ ὠρισμένα φαινόμενα τῆς Ὀπτικῆς (εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός, ἀνάκλασις, διάθλασις) ἐξηγοῦνται διὰ τῆς ἑννοίας τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ὑπάρχουν καὶ ἄλλα — ὅπως ἡ περίθλασις, ἡ συμβολή, ἡ πόλωσις — τὰ ὅποια δύνανται νὰ ἐξηγηθοῦν, μόνον ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ μορφὴν κυμάτων.

§ 110. Περίθλασις τοῦ φωτός. Ὅπως εἶδομεν εἰς τὰ προηγούμενα, ἡ Γεωμετρικὴ Ὀπτική, χρησιμοποιοῦσα τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, λύει ἱκανοποιητικῶς τὰ σχετικὰ προβλήματα, π.χ., τὴν δημιουργίαν τῆς σκιάς καὶ τῆς παρασκιᾶς κ.λ. Κατὰ τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν, λοιπόν, θὰ πρέπει, ὅταν μία (πολὺ μικρὰ) ὀπὴ φωτίζεται ὑπὸ σημειακῆς φωτεινῆς πηγῆς (σχ. 119), νὰ δίδῃ ἐπὶ πετάσματος, τεθέντος ὀπισθεν τῆς ὀπῆς, μίαν φωτεινὴν κηλίδα. Ἐν τούτοις, ἐὰν μελετήσωμεν μετὰ προσοχῆς τὴν φωτεινὴν κηλίδα, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αὕτη δὲν παρουσιάζει αὐστηρὰ ὅρια, ὅπως ἐκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς ἀναμένεται, ἀλλ' εἶναι διάχυτος, ἐκτεινομένη καὶ πέραν



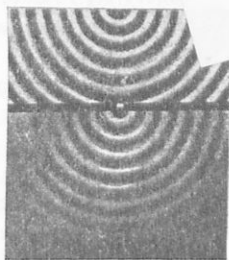
Σχ. 119. Λόγῳ περίθλασεως, τὰ ὅρια τῆς φωτεινῆς κηλίδος δὲν εἶναι σαφῆ.

τῆς διαμέτρου, τῆς καθοριζομένης ἐκ τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς. Ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν ἐξηγήσιν τοῦ φαινομένου τὴν ἑννοίαν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι, κατὰ τὴν δίοδον αὐτῶν διὰ τῆς ὀπῆς, μερικαὶ ἀλλάσσουσιν διεύθυνσιν — παύουν, δηλ., νὰ διαδίδωνται εὐθυγράμμως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὅποιον παρατηροῦνται ἀποκλίσεις ἐκ τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός, καλοῦμεν **περίθλασιν τοῦ φωτός**.

Ἡ περίθλασις εἶναι καθαρῶς κυματικὸν φαινόμενον, δεικνύεται δέ, πολὺν εὐκόλως, διὰ κυμάτων, δημιουργουμένων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἑνὸς ὑγροῦ: Τὸ σχῆμα 120 παριστᾷ κύματα, τὰ ὅποια δημιουργοῦμεν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος δι' ἀκίδος, ἡ ὅποια, περιοδικῶς, ἐμβαπτίζεται ἐντὸς αὐ-

τοῦ. Εἰς ἀπόστασιν τινα ἀπὸ τῆς σημειακῆς ταύτης πηγῆς τῶν κυμα ποθετοῦμεν διάφραγμα, φέρον μικρὸν ἄνοιγμα. Τὰ κύματα, διερχόμενα διὰ τοῦ ἀνοίγματος, διαδίδονται ὥπισθεν αὐτοῦ πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, ὥς ἐάν τὸ ἄνοιγμα ἦτο νέα πηγή κυμάτων.

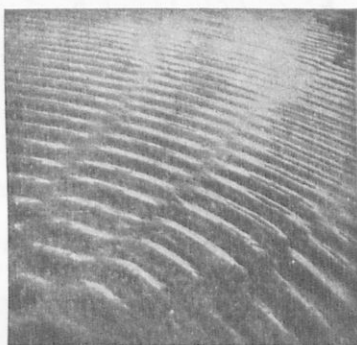
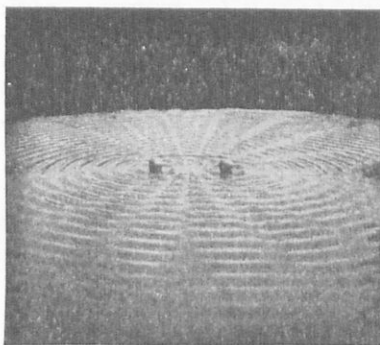
Τὸ φαινόμενον τῆς περιθλάσεως τοῦ φωτός, ὅπως καὶ ἄλλα, τὰ ὁποῖα θὰ περιγραφοῦν κατωτέρω, ἐξηγεῖται μόνον διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ μορφὴν κυμάτων, τῶν καλουμένων *ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων* (*) καὶ ἀποτελεῖ ἐπιβεβαίωσιν τῆς κυματικῆς φύσεως αὐτοῦ.



Σχ. 120. Τὰ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος δημιουργούμενα κύματα, διερχόμενα διὰ στενοῦ ἀνοίγματος, περιθλώνται.

§ 111. Συμβολή τοῦ φωτός. Ἄν, πρά-

γματι, τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων, πρέπει νὰ παρουσιάζεται καὶ εἰς τὴν Ὀπτικὴν τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς, τὸ ὁποῖον ἐξετάσαμεν εἰς τὴν Κυματικήν. Εἰς τὴν § 185 τοῦ Α' τόμου εἶδομεν ὅτι, ἐάν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, δημιουργήσωμεν δύο συστήματα κυμάτων τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ προσερχόμενα ἐκ δύο πηγῶν, ταῦτα συμβάλλουν καὶ δίδουν εἰς ἄλλας θέσεις ἐνίσχυσιν τοῦ κύματος καὶ εἰς ἄλλας ἀπόσβεσιν (σχ. 121). Καί, συγκεκριμέ-



Σχ. 121. Ἀριστερά: Συμβολή δύο κυμάτων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος. Δεξιά: Τμήμα τῆς ἀριστερᾶς εἰκόνης ὑπὸ μεγέθυνσιν.

ως, ἐάν εἰς ἓν σημεῖον καταφθάνῃ, κατὰ τινα στιγμὴν, «ὄρος» ἐκ τῆς πρώτης πηγῆς, ὁμοίως δὲ καταφθάνῃ «ὄρος» καὶ ἐκ τῆς δευτέρας πηγῆς, τὸ ἀπατέλεσμα τῆς συμβολῆς θὰ δώσῃ εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο «ὄρος» διπλασίου

(*) Βλ. κατωτέρω § 280.

εἶχωμεν φῶς. Τώρα, ὅμως, λόγω τῆς συμβολῆς τῶν δύο κυμάτων, τὰ ὁποῖα προσέκυψαν ἐκ περιθλάσεως εἰς τὰς δύο σχισμὰς, ἔχομεν σκότος. Καὶ τοῦτο διὰ τοὺς ἐξῆς λόγους: Τὰ δύο κύματα, καταφθάνοντα εἰς τὸ σημεῖον Σ_1 , ἀλληλοαναιροῦνται καὶ τοῦτο διότι συμβάλλουν μὲ διαφορὰν φάσεως 180° (*), λόγω τοῦ ὅτι οἱ δρόμοι $A\Sigma_1$ καὶ $B\Sigma_1$ δὲν εἶναι ἴσοι, ἀλλὰ παρουσιάζουν διαφορὰν, ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ μήκους κύματος ($\lambda/2$). Ἀντιθέτως, εἰς ἄλλο σημεῖον Φ_1 οἱ δρόμοι $A\Phi_1$ καὶ $B\Phi_1$ παρουσιάζουν διαφορὰν, ἴσην πρὸς ἓν μῆκος κύματος καί, ὥς ἐκ τούτου, τὰ δύο κύματα συμβάλλουν μὲ διαφορὰν φάσεως 360° , μὲ ἀποτέλεσμα νὰ δίδουν ἐκεῖ ἔντονον φῶς.

§ 112. Σύμφωνοι καὶ ἀσύμφωνοι δέσμαι. Εἰς τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 121 αἱ δύο πηγαὶ τῶν κυμάτων α) εἶχον τὴν αὐτὴν συχνότητα καὶ β) ἐπὶσκοπτοῦν ἐν φάσει· δηλ., τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ ἐν στέλεχος ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἀνέρχεται, ὁμοίως, καὶ τὸ ἄλλο. Φαινόμενα συμβολῆς θὰ παρατηροῦντο ἐπίσης, ἐὰν αἱ δύο πηγαὶ δὲν ἦσαν ἐν φάσει, ἀλλ' εἶχον διαφορὰν φάσεως, π.χ., 180° , ὁπότε καθ' ἣν στιγμὴν τὸ ἐν στέλεχος θὰ ἀνέρχεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τὸ ἄλλο θὰ κατήρχετο. Πηγαί, ἐκπέμπουσιν κύματα, τῶν ὁποίων αἱ φάσεις ἔχουν σταθεράν σχέσιν μεταξὺ τῶν, καλοῦνται **σύμφωνοι πηγαί**. Σύμφωνοι πηγαὶ κυμάτων εἶναι, π.χ., τὰ δύο στελέχη τῆς συσκευῆς τοῦ σχήματος 121 ἢ δύο ἡχητικά πηγὰ τῆς αὐτῆς συχνότητος (π.χ. δύο ὅμοια διαπασῶν). Ὅπως προκύπτει ἐκ τῶν ἀνωτέρω, χαρακτηριστικὸν γνώρισμα τῶν συμφῶνων πηγῶν εἶναι ὅτι παρέχουν **σύμφωνα κύματα**, δηλ. κύματα, τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ συμβάλλουν καὶ νὰ μᾶς δώσουν τὰ χαρακτηριστικὰ μέγιστα καὶ ἐλάχιστα τῆς ἐντάσεως (**).

Ἄς ἐξετάσωμεν, τώρα, ἐὰν τὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ δύο φωτεινῶν πηγῶν, εἶναι σύμφωνα. Πρὸς τοῦτο ἐκτελούμεν τὸ ἐξῆς πείραμα (σχ. 124): Λαμβάνομεν δύο μονοχρωματικὰς φωτεινὰς πηγὰς Π_1 , Π_2 τῆς αὐτῆς συχνότητος (π.χ., δύο φλόγας ἐντὸς τῶν ὁποίων εἰσάγομεν νάτριον) καί, εἰς ἀπόστασιν τινα ἐξ αὐτῶν, τοποθετοῦμεν τὸ διάφραγμα Δ . Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐπὶ τοῦ διαφράγματος δὲν ἐμφανίζονται αἱ ἀναμενόμεναι, λόγω συμβολῆς, φωτειναὶ καὶ σκοτειναὶ γραμμαί, ἀλλὰ τὸ διάφραγμα παρουσιάζεται ὁμοιομόρφως φωτισμένον. Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι αἱ ἐκ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἐκπεμπόμεναι δέσμαι, ἂν καὶ ἔχουν τὴν αὐτὴν συχνότητα, δὲν εἶναι σύμφωνοι ἢ — ὅπως, ἄλλως, λέγομεν — εἶναι **ἀσύμφωνοι**.

Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τοὺς ἐξῆς λόγους: Ἐνῶ ἕκαστον τῶν δύο διαπασῶν ἐκπέμπει ἓν κύμα, ἐκάστη τῶν δύο φλογῶν νατρίου, ὥς ἀποτελουμένη ἀπὸ μέγα πληθὸς «στοιχειῶδων φωτεινῶν πηγῶν» (τὰ φωτοβολοῦντα άτομα τοῦ νατρίου) ἐκπέμπει μέγα πληθὸς στοιχειῶδων φωτεινῶν κυμάτων. Διὰ τὰ ἦτο δυνατόν τὰ φωτεινὰ κύματα, τὰ ἐκπεμπόμενα ἐκ τῶν δύο φλογῶν νατρίου, νὰ δώσουν φαινόμενα συμβολῆς, θὰ ἔπρεπε εἰς ἐκάστην «στοιχειώδη πηγὴν» τῆς μιᾶς φλογὸς ν' ἀντιστοιχῇ μία ὁμοία «στοιχειώδης πηγὴ» τῆς ἄλλης φλογός. Πρὸς τούτους, θὰ ἔπρεπε καὶ αἱ φάσεις ὅλων αὐτῶν τῶν στοιχειῶδων πηγῶν

Π_1 Π_2
★ ★

Δ

Σχ. 124. Τὰ ἐκ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἐκπεμπόμενα κύματα δὲν εἶναι σύμφωνα καί, ὥς ἐκ τούτου, δὲν δίδουν φαινόμενα συμβολῆς.

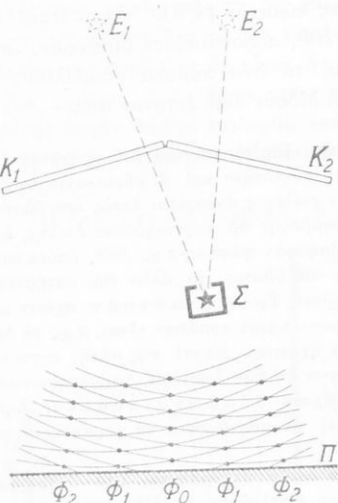
(*) Ὑπενθυμίζομεν ὅτι δύο σημεία, θεωρούμενα κατὰ τὴν διεύθυνσιν μιᾶς ἀκτίνος καὶ ἀπέχοντα κατὰ ἓν μῆκος κύματος λ , παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως 360° .

(**) Βλ. Τόμος Α', § 185.

ἀνά ζεύγη λαμβανομένων, νὰ εἶχον τὴν αὐτὴν σταθερὰν σχέσιν μεταξύ των, π.χ., νὰ διέφερον κατὰ φ μοίρας. Ἐπειδὴ, ὅμως, τὰ ἄτομα τοῦ νατρίου ἀκτινοβολοῦν ἀνεξαρτήτως ἀλλήλων, εἶναι φανερόν ὅτι τὰ ἐκ τῶν δύο φλογῶν τοῦ νατρίου ἐκπεμπόμενα κύματα θὰ εἶναι ἀσύμφωνα.

Κατόπιν τῶν ἀνωτέρω συνάγονται τὰ ἑξῆς: Διὰ νὰ παρατηρήσωμεν φαινόμενα συμβολῆς εἰς τὸ φῶς, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν συμφώνους δέσμες. Τοῦτο, ἀκριβῶς, ἐπετύχωμεν εἰς τὸ πείραμα τοῦ Young διὰ τοῦ ἑξῆς τεχνάσματος: Αἱ δύο δέσμαι, αἱ ἐκκινουσαι ἐκ τῶν δύο σχισμῶν, προσέρχονται ἐκ μιᾶς σημειακῆς φωτεινῆς πηγῆς, τὴν ὁποίαν ἀποτελεῖ ἡ φωτιζομένη σχισμὴ σ (σχ. 122) καί, ὥς ἐκ τούτου, αἱ φάσεις τῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα προσπίπτουν ἐπὶ τῶν σχισμῶν A καὶ B , ἔχουν ὁρισμένην καὶ σταθερὰν σχέσιν μεταξύ των· συνεπῶς αἱ δύο δέσμαι εἶναι σύμφωνοι.

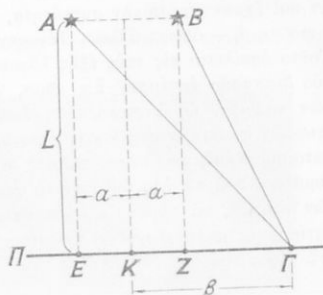
*Ἄλλος τρόπος διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν συμφώνους δέσμες εἶναι ὁ ὑπὸ τοῦ Fresnel (Φρενέλ) ὑποδειχθείς: Τοποθετοῦμεν δύο κατόπτρα K_1 καὶ K_2 (σχ. 125) ὑπὸ γωνίαν περίπου 180° καὶ ἐμπροσθεν αὐτῶν φωτεινὴν πηγὴν Σ , εὐρισκομένην ἐντὸς θαλάμου, φέροντος εἰς τὴν μίαν πλευρὰν του λεπτὴν σχισμὴν. Ἐὰν εἰς ἀπόστασιν τινα ἀπὸ τῶν κατόπτρων τοποθετήσωμεν ἓν πέτασμα Π , θὰ παρατηρήσωμεν ἐπ' αὐτοῦ ταινίας ἐναλλάξ φωτεινὰς καὶ σκοτεινὰς. Αἱ ταινίαι αὗται προσέρχονται ἐκ συμβολῆς



Σχ. 125. Πείραμα Fresnel.

τῶν ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων ἀνακλωμένων δεσμῶν, αἱ ὁποῖαι φαίνονται ὡς προερχόμεναι ἐκ τῶν δύο εἰδώλων E_1, E_2 τῆς σχισμῆς καί, ὥς ἐκ τούτου, εἶναι σύμφωνοι.

★★★ § 113. Μέτρσις τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτὸς διὰ τῆς διατάξεως Fresnel. Εἰς τὸ σχῆμα 126, A καὶ B εἶναι δύο σύμφωνοι μονοχρωματικαὶ πηγαὶ (τὰ φανταστικά εἰδῶλα E_1 καὶ E_2 , τὰ παρεχόμενα ὑπὸ τῶν δύο κατόπτρων τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 125), $2a$ ἡ ἀπόστασις μεταξύ των καὶ L ἡ ἀπόστασις τοῦ πετάσματος Π ἀπὸ τῶν πηγῶν. Ἐκ συμβολῆς τῶν κυμάτων εἰς τὸ σημεῖον K θὰ ἔχωμεν φωτεινὴν ταινίαν (φωτεινὸν κροσσόν), διότι τὸ σημεῖον τοῦτο K ἀπέχει τῶν δύο πηγῶν ἑξ ἴσου, συνεπῶς, ἐκεῖ τὰ δύο κύματα συμβάλλουν μὲ διαφοράν φάσεως 0° καί, ὥς ἐκ τούτου, προκύπτει ἐνίσχυσις τοῦ πλάτους τοῦ κύματος. Ὁ ἐπόμενος φωτεινὸς κροσσὸς θὰ σχηματισθῇ εἰς ἐκείνην τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὅταν αἱ ἀποστάσεις αὐτῆς ἀπὸ τῶν δύο πηγῶν A καὶ B θὰ διαφέρουν κατὰ ἓν μήκος λ (διαφορὰ φάσεως 360°), ὁ δὲ κροσσὸς k τάξεως θὰ σχηματισθῇ εἰς τὴν



Σχ. 126.

θέσιν Γ , εἰς τὴν ὁποίαν αἱ ἀποστάσεις $ΑΓ$ καὶ $ΒΓ$ θὰ διαφέρουν κατὰ $ΑΓ - ΒΓ = k \cdot \lambda$.

Ἄν καλέσωμεν β τὴν ἀπόστασιν $KΓ$, ἐκ τοῦ σχήματος λαμβάνομεν

$$(ΑΓ)^2 = (ΑΕ)^2 + (ΕΓ)^2 \quad \text{καὶ} \quad (ΒΓ)^2 = (ΒΖ)^2 + (ΖΓ)^2.$$

Ἐπειδὴ $ΑΕ = ΒΖ = L$, $ΕΓ = \beta + a$ καὶ $ΖΓ = \beta - a$, αἱ ἄνω σχέσεις γράφονται

$$(ΑΓ)^2 = L^2 + (\beta + a)^2 \quad \text{καὶ} \quad (ΒΓ)^2 = L^2 + (\beta - a)^2.$$

Ἀφαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς δύο ἄνω ἐξισώσεις, λαμβάνομεν

$$(ΑΓ)^2 - (ΒΓ)^2 = 4a\beta. \quad (1)$$

Ἄφ' ἐτέρου, ἡ διαφορὰ $ΑΓ - ΒΓ$ τῶν δύο δρόμων εἶναι ἴση πρὸς $k \cdot \lambda$. Ἦτοι

$$(ΑΓ) - (ΒΓ) = k \cdot \lambda. \quad (2)$$

Διαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς ἐξισώσεις (1) καὶ (2) λαμβάνομεν

$$(ΑΓ) + (ΒΓ) = \frac{4a\beta}{k \cdot \lambda}.$$

Ἐπειδὴ εἰς τὴν διάταξιν τοῦ Fresnel ἡ ἀπόστασις $2a$, εἶναι πολὺ μικρά, ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἀπόστασιν L , δυνάμεθα νὰ λάβωμεν, κατὰ προσέγγισιν, τὸ $(ΑΓ) + (ΒΓ)$ ἴσον πρὸς $2L$, ὁπότε ἔχομεν

$$2L = \frac{4a\beta}{k \cdot \lambda}.$$

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως ταύτης εὐρίσκομεν διὰ τὸ μήκος κύματος :

$$\lambda = \frac{2a}{L} \cdot \frac{\beta}{k}.$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὸ μήκος κύματος λ , ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀπόστασιν L τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τοῦ πετάσματος, τὴν ἀπόστασιν β τοῦ χροσσοῦ k τάξεως ἀπὸ τοῦ κεντρικοῦ χροσσοῦ ($k=0$) καὶ τὴν ἀπόστασιν $2a$ τῶν δύο πηγῶν.

§ 114. Μήκος κύματος καὶ συχνότης τοῦ φωτός. Ἐκ τῶν περιγραφέντων πειραμάτων τῆς συμβολῆς καὶ πλείστων ἄλλων ὅχι μόνον πειθόμεθα ὅτι, πράγματι, τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων, ἀλλὰ δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν καὶ τὸ μήκος κύματος αὐτῶν (*). Ἐκ τοιούτων μετρήσεων εὐρέθη ὅτι τὰ μήκη κύματος τῆς ὁρατῆς περιοχῆς τοῦ φάσματος περιλαμβάνονται μεταξὺ τῶν $4000 \text{ \AA}$ (ἰώδες) καὶ $7700 \text{ \AA}$ (ἐρυθρόν). Τὸ ὑπεριώδες, λοιπόν, φῶς θὰ ἔχη μήκος κύματος, μικρότερον τῶν $4000 \text{ \AA}$, ἐνῶ τὸ ὑπερέρυθρον μεγαλύτερον τῶν $7700 \text{ \AA}$.

Μεταξὺ τοῦ μήκους κύματος λ , τῆς συχνότητος ν καὶ τῆς ταχύτητος διαδόσεως c τοῦ φωτός ἰσχύει ἡ γνωστὴ σχέση τῆς Κυματικῆς

$$\lambda \cdot \nu = c$$

Πρέπει ἐνταῦθα νὰ ἐπιστήσωμεν τὴν προσοχὴν μας ἐπὶ τῶν ἑξῆς: Γνωρίζομεν

(*) Βλ. § 113.

ὅτι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός εἰς τὰ διάφορα μέσα εἶναι διάφορος τῆς ταχύτητος αὐτοῦ εἰς τὸ κενόν. Ἐπειδὴ δὲ ἡ συχνότης εἶναι σταθερά (ὡς ἐξαρτωμένη, μόνον, ἐκ τοῦ εἶδους τῆς ἐκπεμπούσης πηγῆς), ἔπεται, κατὰ τὸν ἄνω τύπον, ὅτι κατὰ τὴν διάδοσιν τοῦ φωτός ἐντὸς τῶν διαφόρων ὑλικῶν θὰ μεταβάλλεται μόνον τὸ μῆκος κύματος, ὅχι δὲ ἡ συχνότης.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Τὸ μῆκος κύματος τοῦ φωτός τοῦ νατρίου ἐντὸς τοῦ κενοῦ εἶναι ἴσον πρὸς $5893 \text{ \AA}$. Ποία ἡ συχνότης; Ἐὰν ἡ ταχύτης τοῦ φωτός αὐτοῦ ἐντὸς τοῦ ὕδατος εἶναι ἴση πρὸς τὰ $\frac{3}{4}$ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ κενοῦ, ποῖον τὸ μῆκος κύματος ἐντὸς τοῦ ὕδατος; (ΑΠ: $5,09 \cdot 10^{14} \text{ sec}^{-1}$, $4420 \text{ \AA}$)

2) Ἐρυθρὸν φῶς, μήκους κύματος εἰς τὸ κενόν $6563 \text{ \AA}$, διαδίδεται ἐντὸς ὕαλου δείκτου διαθλάσεως $1,568$. Ζητοῦνται: α) ἡ συχνότης καὶ β) ἡ ταχύτης καὶ τὸ μῆκος κύματος ἐντὸς τῆς ὕαλου. (ΑΠ: $4,57 \cdot 10^{14} \text{ sec}^{-1}$, $1,91 \cdot 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{sec}^{-1}$, $4185 \text{ \AA}$)

3) Νὰ δειχθῇ ὅτι, κατὰ τὴν διάθλασιν τοῦ φωτός ἐντὸς ὑλικοῦ τινος, ἰσχύει ἡ σχέσις $n = \lambda_1 / \lambda_2$ ἔνθα n εἶναι ὁ δείκτης διαθλάσεως καὶ λ_1 , λ_2 τὰ μῆκη κύματος τοῦ φωτός ἐντὸς τοῦ κενοῦ καὶ ἐντὸς τοῦ ἐν λόγῳ ὑλικοῦ.

Κατηγορία Β'

1) Φῶς περιέχει δύο ἀκτινοβολίας, μίαν ἐρυθροῦ χρώματος, μήκους κύματος $6708 \text{ \AA}$, τὴν δὲ ἄλλην κυτρίνου χρώματος, μήκους κύματος $5893 \text{ \AA}$. Ἐὰν τὸ φῶς τοῦτο προσπέσῃ σχεδὸν καθέτως ἐπὶ πρίσματος, θλαστικῆς γωνίας 4° , ποία θὰ εἶναι ἡ μεταξὺ τῶν δύο ἐξερχομένων ἀκτίνων σχηματιζομένη γωνία, γνωστοῦ ὄντος ὅτι οἱ δείκται διαθλάσεως τοῦ πρίσματος διὰ τὰ δύο χρώματα εἶναι, ἀντιστοίχως, ἴσοι πρὸς $n_1 = 1,53$ καὶ $n_2 = 1,58$; (ΑΠ: $0,2^\circ = 12'$)

2) Ἀμφίκυρτος φακὸς ἔχει ἀκτῖνας καμπυλότητος, ἴσας πρὸς 20 cm ἐκάστην. Πόσον θ' ἀπέχῃ ἡ κυρία ἐστία διὰ τὸ ἐρυθρὸν ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν διὰ τὸ ἰώδες χρῶμα, ἐὰν οἱ ἀντίστοιχοι δείκται διαθλάσεως εἶναι ἴσοι πρὸς $1,735$ διὰ τὸ ἐρυθρὸν καὶ $1,791$ διὰ τὸ ἰώδες; (ΑΠ: $9,6 \text{ mm}$)

3) Τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας ἐρυθροῦ χρώματος ἐντὸς τοῦ κενοῦ εἶναι ἴσον πρὸς $6438 \text{ \AA}$. Πόσα μῆκη κύματος περιέχονται ἐντὸς 1 cm α) εἰς τὸ κενὸν καὶ β) εἰς τὸν ἀδάμαντα; (ΑΠ: α) $1,55 \cdot 10^4$, β) $3,75 \cdot 10^4$)

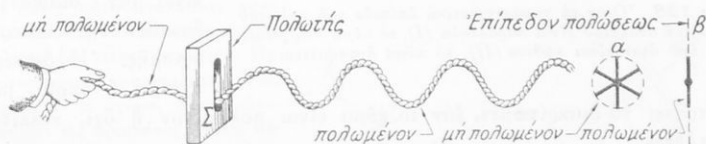
4) Τὸ μῆκος κύματος μιᾶς ἀκτινοβολίας ἐντὸς διαφανοῦς τινος ὑλικοῦ εἶναι δύο φορὰς μικρότερον τοῦ μήκους κύματος τῆς αὐτῆς ἀκτινοβολίας ἐντὸς τοῦ κενοῦ. Ποῖος ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὑλικοῦ; (ΑΠ: 2)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι'

ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 115. Φυσικόν καὶ πολωμένον φῶς. Ἐκ τῶν περιγραφέντων φαινομένων τῆς περιθλάσεως καὶ τῆς συμβολῆς τοῦ φωτός ἐξάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων. Γεννᾶται, ἤδη, τὸ ἐρώτημα, ἐὰν τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια ἢ διαμήκη (*). Ἐπειδὴ εἰς τὸ φῶς παρουσιάζεται καὶ ἕν νέον φαινόμενον — τὸ κατωτέρω περιγραφόμενον φαινόμενον τῆς πολώσεως — πόλωσις δὲ ἐνὸς κύματος εἶναι δυνατή, μόνον ἐὰν τὸ κύμα τοῦτο εἶναι ἐγκάρσιον, συνάγεται ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια κύματα.

Διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως θὰ περιγράψωμεν, πρῶτον, τὸ ἐξῆς πείραμα: Θεωρήσωμεν σχοινίον, τοῦ ὁποῦν τὸ ἕν ἄκρον εἶναι στερεωμένον, ἐνῶ τὸ ἄλλο κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρὸς (σχ. 127). Ἐὰν



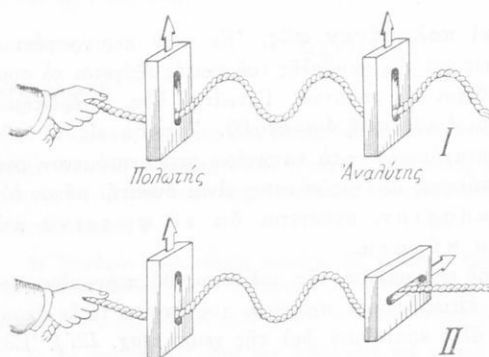
Σχ. 127. Ἡ σχισμὴ Σ πολώνει τὸ κύμα. Τὸ δι' αὐτῆς διελθὼν πολωμένον κύμα πάλλεται διαρκῶς ἐφ' ἐνὸς ἐπιπέδου.

κινήσωμεν τὴν χεῖρά μας καὶ θέτωμεν πρὸς τὸ σχοινίον καὶ πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, θὰ δημιουργηθῇ ἕν ἐγκάρσιον κύμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαδοθῇ κατὰ μῆκος τοῦ σχοινίου. Ἐὰν φέρωμεν τὸν ὀφθαλμόν μας εἰς τὴν προέκτασιν τοῦ σχοινίου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι πᾶν σημεῖον αὐτοῦ πάλλεται καθέτως μὲν πρὸς τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ κύματος, ἀλλ' ἐκάστοτε πρὸς ἄλλην διεύθυνσιν (σχ. 127, α). Ἐάν, ἀκολουθῶν, ἀναγκάσωμεν τὸ σχοινίον νὰ διέλθῃ διὰ μιᾶς σχισμῆς Σ, τοῦτο θὰ πάλλεται, τώρα, ἀναγκαστικῶς, ἐφ' ἐνὸς ἐπιπέδου, τὸ δὲ κύμα, τὸ ὁποῖον θὰ διαδίδεται ὀπίσθεν τῆς σχισμῆς, θὰ εἶναι **πολωμένον**. Πᾶν σημεῖον τοῦ σχοινίου θὰ πάλλεται, καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, καθέτως ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ κύματος, ἀλλὰ θὰ εὐρίσκεται, διαρκῶς, ἐφ' ἐνὸς ἐπιπέδου (σχ. 127, β) — τοῦ ἐπιπέδου, τοῦ ὀριζομένου ὑπὸ τῆς σχισμῆς καὶ τοῦ σχοινίου. Τὸ ἐπίπεδον τοῦτο καλεῖται **ἐπίπεδον πολώσεως** τοῦ κύματος. Ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ ὀπίσθεν τῆς σχισμῆς διαδιδόμενον πολωμένον κύμα, τὸ πρὸ αὐτῆς εἶναι **μὴ πολωμένον**. Ἡ σχισμὴ Σ, ἡ ὁποία προκαλεῖ τὴν πόλωσιν τοῦ κύματος,

(*) Βλ. Τόμον Α', § 182.

καλείται **πολωτής**, τὸ δὲ ἐπίπεδον, τὸ ὀριζόμενον ὑπὸ τῆς σχισμῆς καὶ τοῦ σχοινίου, καλεῖται **χαρακτηριστικὸν ἐπίπεδον** τοῦ πολωτοῦ.

Ἐάν, μετὰ τὴν πρώτην σχισμὴν, τοποθετήσωμεν καὶ δευτέραν (σχ. 128),



Σχ. 128. Ὅταν τὰ χαρακτηριστικὰ ἐπίπεδα τοῦ πολωτοῦ καὶ τοῦ ἀναλύτου εἶναι παράλληλα (I), τὸ κῆμα διέρχεται, ἐνῶ ὅταν εἶναι κάθετα (II), τὸ κῆμα ἀνακόπτεται.

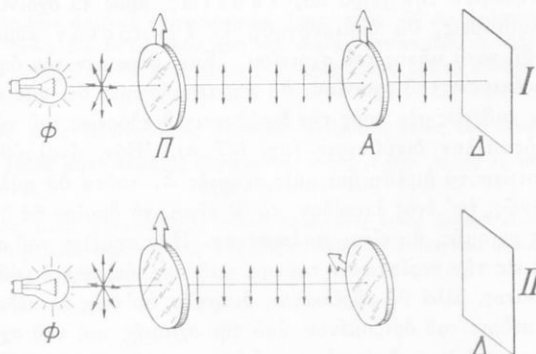
ἡ κίνησις τοῦ σχοινίου ὀπισθεν τῆς δευτέρας σχισμῆς θὰ ἐξαρτηθῇ ἐκ τῆς διευθύνσεως τοῦ χαρακτηριστικοῦ ἐπίπεδου αὐτῆς. Καὶ ἐάν μὲν τὰ χαρακτηριστικὰ ἐπίπεδα τῶν δύο σχισμῶν εἶναι παράλληλα (I), τὸ κῆμα ἐξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται ἀκωλύτως, ἐνῶ ὅταν ταῦτα εἶναι κάθετα (II), τὸ κῆμα δὲν διαδίδεται ὀπισθεν τῆς δευτέρας σχισμῆς. Ἡ δευτέρα σχισμὴ, ἡ ὁποία μᾶς

ἐπιτρέπει νὰ διακρίνωμεν, ἐὰν τὸ κῆμα εἶναι πολωμένον ἢ ὄχι, καλεῖται **ἀναλύτης**.

Εἶναι προφανὲς ὅτι τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως δὲν εἶναι δυνατόν νὰ παρατηρηθῇ εἰς τὰ διαμήκη κύματα, διότι εἰς τὰ κύματα ταῦτα ἡ ταλάντωσις γίνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ κύματος.

Διὰ τοῦτο, ἀκριβῶς, τὰ ἡχητικὰ κύματα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ πολωθοῦν, καθόσον, ὡς γνωστόν, τὰ κύματα ταῦτα εἶναι διαμήκη κύματα.

Ἀνάλογον πρὸς τὸ περιγραφέν πείραμα δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν καὶ μὲ τὸ φῶς, ὡς ἑξῆς: Εἰς τὸν δρόμον τῆς φωτεινῆς δέσμης, τῆς προερχομένης ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Φ (σχ. 129), παρεμβάλλομεν ἓν πλακίδιον Π ἐκ καταλλήλου

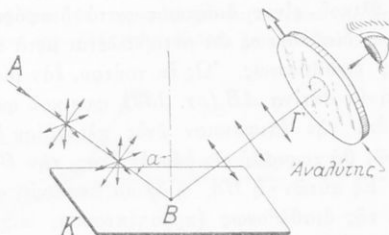


Σχ. 129. Διάταξις διὰ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως τοῦ φωτός.

διαφανοῦς ὕλικου, τὸ ὁποῖον δρᾷ ὡς *πολωτής* (*). Τὸ φῶς, ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ πολωτοῦ, προσπίπτει ἐπὶ ὁμοίον πλακιδίου *A*, τὸ ὁποῖον δρᾷ ὡς *ἀναλύτης*. Τελικῶς, δεχόμεθα τὸ φῶς ἐπὶ διαφράγματος *A*. Περιστρέφοντες, ἤδη, τὸν ἀναλύτην περὶ ἄξονα, συμπίπτοντα μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δέσμης, καὶ παρατηροῦμεν ὅτι εἰς ἄλλας μὲν θέσεις τὸ φῶς διέρχεται διὰ τοῦ ἀναλύτου (*I*), ἐνῶ εἰς ἄλλας θέσεις ἀποσβέννυται πλήρως (*II*). Τὸ πείραμα τοῦτο μᾶς πείθει ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια.

Εἶναι προφανές ὅτι ὁ ἀναλύτης ἀνακόπτει τὸ φῶς, ὅταν τὸ χαρακτηριστικόν του ἐπίπεδον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ χαρακτηριστικόν ἐπίπεδον τοῦ πολωτοῦ. Παρακολουθοῦντες, λοιπόν, τὴν ἀκτῖνα, ἣ ὁποία ἐκκινεῖ ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, λέγομεν ὅτι μέχρις οὗ φθάσῃ εἰς τὸν πολωτὴν *Π* δὲν εἶναι πολωμένη ἢ, ἄλλως, ὅτι εἶναι ἀκτὶς *φυσικοῦ φωτός*, ἐνῶ, μετὰ τὴν ἔξοδόν της ἐκ τοῦ πολωτοῦ, εἶναι *πολωμένη*. Τὸ ἐπίπεδον πολώσεως αὐτῆς συμπίπτει μὲ τὸ χαρακτηριστικόν ἐπίπεδον τοῦ πολωτοῦ.

§ 116 Πόλωσης ἐξ ἀνακλάσεως. Ἐπὶ τοῦ κατόπτρου *K* (σχ. 130) ἀφ' ἡμεν νὰ προσέσῃ, ὅφ' ὠρισμένην γωνίαν α , μία φωτεινὴ ἀκτὶς *AB* φυσικοῦ φωτός. Ἡ ἀκτὶς αὕτη ἀνακλάται κατὰ τὴν *BΓ* καί, ἐν συνεχείᾳ, προσπίπτει ἐπὶ τινος ἀναλύτου. Περιστρέφοντες τὸν ἀναλύτην ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα, διαπιστώνομεν ὅτι εἰς ὠρισμένας θέσεις αὐτοῦ ἢ ἔντασις τῆς ἐξερχομένης δέσμης λαμβάνει μεγίστην τιμὴν, ἐνῶ εἰς ἄλλας γίνεται ἴση πρὸς μηδέν (**).



Σχ. 130.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο δεικνύει ὅτι ἡ προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου ἀκτὶς *AB*, ἣ ὁποία δὲν εἶναι πολωμένη (εἶναι, δηλ., ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός), μετετρέπη εἰς πολωμένην, κατόπιν τῆς ἀνακλάσεως αὐτῆς ἐπὶ τοῦ κατόπτρου *K*.

Ἐὰν ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι διάφορος τῆς γωνίας ὀλικῆς πολώσεως α , τότε, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ ἀναλύτου, παρουσιάζονται μὲν αὐξομειώσεις τῆς ἐντάσεως τῆς ἐξερχομένης δέσμης, ἀλλ' αὕτη εἰς οὐδεμίαν θέσιν τοῦ ἀναλύτου ἀποσβέννυται ἐντελῶς.

§ 117. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός. Ἐὰν παρατηρήσωμεν τὰ γράμματα μιᾶς σελίδος βιβλίου διὰ μέσου ἐνὸς πλακιδίου ἀπὸ κρύσταλλον ἄσβε-

(*) Εἰς τὴν § 118 θὰ γνωρίσωμεν ὠρισμένους τύπους πολωτῶν.

(**) Διὰ νὰ συμβαίῃ τοῦτο πρέπει ἡ γωνία α νὰ ἐκλεγῇ τοιαύτη ὥστε ἡ ἐφαπτομένη αὐτῆς ($\tan \alpha$) νὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ ὕλικου τοῦ κατόπτρου. Ἡ γωνία αὕτη καλεῖται *γωνία ὀλικῆς πολώσεως*.

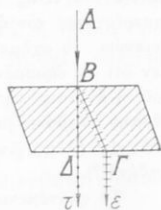
στίτον (*), θὰ ἴδωμεν ταῦτα διπλᾶ (σχ. 131). Τοῦτο σημαίνει ὅτι μία φω-



Σχ. 131. Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός ἐντὸς ἀσβεστίτου.

του ὑλικοῦ εἶναι διάφορος κατὰ διαφόρους διευθύνσεις καί, ἐπομένως, ὁ δείκτης διαθλάσεως θὰ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θεωρουμένης διευθύνσεως. Ὡς ἐκ τούτου, ἐὰν ῥιψωμεν μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα AB (σχ. 132) φυσικοῦ φωτός καθέτως ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν ἑνὸς πλακιδίου ἐκ τοιοῦτου ὑλικοῦ, θὰ χωρισθῇ εἰς δύο ἀκτῖνας, τὴν BD καὶ τὴν $BΓ$. Ἐξ αὐτῶν ἡ BD , ἡ ὁποία ὑπακούει εἰς τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως (προσπίπτουσα, π.χ., καθέτως ἔξακολουθεῖ νὰ διαδίδεται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν), καλεῖται **τακτικὴ ἀκτίς** (τ), ἡ δὲ ἄλλη $BΓ$, ἡ ὁποία δὲν ἀκολουθεῖ τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως, καλεῖται **ἔκτακτος ἀκτίς** (ϵ).

Ἐάν, δι' ἑνὸς ἀναλύτου ἐξετάσωμεν τὰς δύο αὐτὰς ἀκτῖνας (τακτικὴν καὶ ἔκτακτον), θὰ εὕρωμεν ὅτι καὶ αἱ δύο εἶναι πολωμένα καί, μάλιστα, τὰ ἐπίπεδα πολώσεως αὐτῶν εἶναι κάθετα μεταξύ των (**).



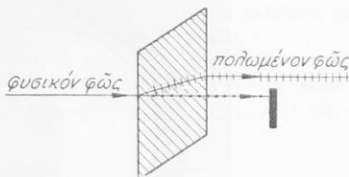
Σχ. 132. Ἡ ἀκτίς AB , προσπίπτουσα ἐπὶ διπλοθλαστικὸν πλακίδιον, ἀναλύεται εἰς δύο ἀκτῖνας BD καὶ $BΓ$.

§ 118. Πολωτικὰ ὄργανα. Διὰ τοῦ ὅρου τούτου ἐννοοῦμεν ὄργανα,

(*) Ὁ ἀσβεστίτης (ἀνθρακικὸν ἀσβέστιον - CaCO_3) εἶναι ὀρυκτόν, ἀπαντὸν εἰς τὰ λατομεῖα ἀσβεστολίθων.

(**) Κατὰ μῆκος τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος ϵ τοῦ σχήματος 132 ἔχουν σχεδιασθῇ μικραὶ γραμμαῖ. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τῆς ἐκτάκτου εἶναι παράλληλον πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος. Ἀφ' ἑτέρου, κατὰ μῆκος τῆς τακτικῆς ἀκτίνος τ ἔχουν σχεδιασθῇ στιγμαί. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τῆς τακτικῆς εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος.

τά όποία χρησιμοποιοῦνται τόσον ὡς πολωταί, ὅσον καί ὡς ἀναλύται. Ἡ λειτουργία τῶν ὀργάνων τούτων στηρίζεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι εἰς τοὺς διπλοθλαστικοὺς κρυστάλλους τόσον ἡ τακτική, ὅσον καὶ ἡ ἔκτακτος ἀκτὶς εἶναι πολωμένα. Ἐάν, λοιπόν, ἀκτὶς φυσικοῦ φωτὸς προσπέσῃ ἐπὶ διπλοθλαστικοῦ τινος πλακιδίου καί, καθ' οἷονδήποτε τρόπον, ἀπομακρύνωμεν ἢ ἐξουδετερώσωμεν τὴν μίαν ἐκ τῶν δύο ἀκτίνων, τῶν ἐξερχομένων ἐκ τοῦ πλακιδίου (σχ. 133), θ' ἀπομείνῃ ἡ ἄλλη, ἡ ὁποία εἶναι πολωμένη. Ἐν τοιοῦτῳ ὀργανῶν, λοιπόν, δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ὡς πολωτῆς· ἀφοῦ δίδει πολωμένον φῶς, ὅταν ἐπ' αὐτοῦ προσπέσῃ φυσικὸν φῶς. Εἶναι προφανές ὅτι τὸ αὐτὸ ὄργανον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ καὶ ὡς ἀναλύτης.



Σχ. 133. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἐνὸς πολωτικοῦ ὀργάνου.

Διὰ δύο, κυρίως, τρόπων ἀπαλλασσόμεθα τῆς μιᾶς ἐκ τῶν δύο ἀκτίνων:

1) *Πρῆσμα Nicol*. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ κρυστάλλου ἁβεστίτου, ὁ ὁποῖος, ἀφοῦ κοπῇ καταλλήλως εἰς δύο τεμάχια (σχ. 134), συγκολλᾶται ἐκ νέου διὰ βαλσάμου



Σχ. 134. Πρῆσμα Nicol.

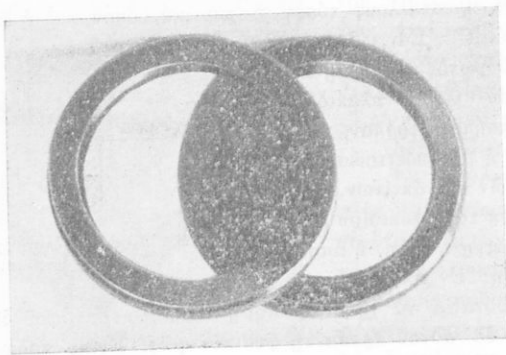
τοῦ Καναδά (*). Ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ βαλσάμου τοῦ Καναδά εἶναι τοιοῦτος ὥστε ἡ τακτικὴ ἀκτὶς τ νὰ ὑποστῇ ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ νὰ ἐκτραπῇ πρὸς τὰ πλάγια, ἐνῶ ἡ ἄλλη (ἡ ἔκτακτος ϵ) συνεχίζει τὴν διαδρομὴν της καὶ ἐξέρχεται ἐκ τῆς ἀπέναντι πλευρᾶς τοῦ πρίσματος.

2) *Polaroid (Πολαρόϊντ)*. Ὁρισμένα διπλοθλαστικὰ ὑλικά παρουσιάζουν τὴν ιδιότητα ν' ἀπορροφῶν ἐντόνως τὴν μίαν ἐκ τῶν δύο ἀκτίνων, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἐλάχιστα ἀπορροφεῖται, διατρέχουσα δὲ τὸν κρυστάλλον ἐξέρχεται ἐξ αὐτοῦ (**). Ἐπειδὴ οἱ κρυστάλλοι οὗτοι εἶναι μικροὶ καί, συνήθως, θέλομεν οἱ πολωταὶ νὰ ἔχουν μεγάλην, σχετικῶς, ἐπιφάνειαν, συγκολλῶνται καταλλήλως ἐπὶ φύλλων ἐκ νιτροκυταρίνης — ἀφοῦ προηγουμένως προσανατολισθῶν — οὕτως ὥστε νὰ σχηματισθῇ στρῶμα ἐκ πα-

(*) Βάλαμον τοῦ Καναδά εἶναι διαφανὴς ρητίνη, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται ὡς συνδετικὴ ὕλη εἰς πολλὰ πειράματα τῆς Ὀπτικῆς.

(**) Κρυστάλλοι μὲ τοιαύτας ιδιότητες καλοῦνται *διχροϊκοὶ κρυστάλλοι*, τὸ δὲ φαινόμενον *διχροϊσμός*. Διχροϊκοὶ κρυστάλλοι εἶναι, π.χ., κρυστάλλοι τουρμαλίνου, κρυστάλλοι χεραπατίτου (ἰωδιούχος θεικὴ κινίνη) κ.λ.

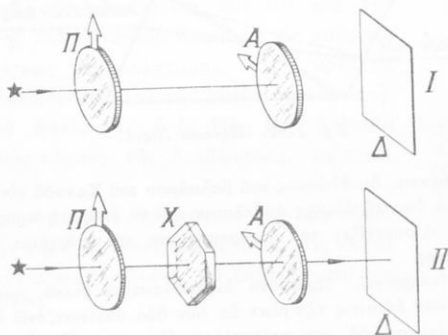
ραλλήλων κρυστάλλων. Τοιαῦτα φύλλα φέρονται εἰς τὸ ἐμπόριον ὑπὸ τὸ ὄνομα *Polaroid* (σχ. 135), εἶναι δὲ δυνατόν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς ὅλα τὰ πειράματα τῆς



Σχ. 135. Πλακίδια *Polaroid* διεσταυρωμένα.

πολώσεως, ἀντὶ τῶν πρισμάτων Nicol. Ἐπίσης, ὁρματοῦάλια μὲ φύλλα *polaroid* χρησιμοποιοῦν οἱ θεαταὶ τοῦ κινηματογράφου «τριῶν διαστάσεων» κ.λ.

§ 119. Στροφή τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως τοῦ φωτός. Θεωρήσωμεν δύο φύλλα *polaroid* Π , A (σχ. 136, I), τὰ ὁποῖα τοποθετοῦμεν οὕτως ὥστε τὰ χαρακτηριστικά

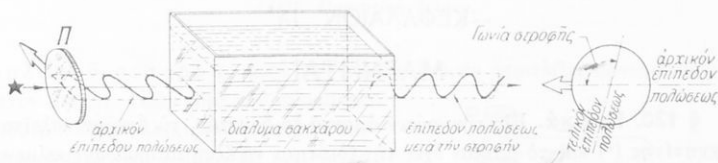


Σχ. 136. (I). Τὸ πολωμένον φῶς δὲν διέρχεται διὰ τοῦ ἀναλύτου A . (II). Τὸ πλακίδιον X τοῦ χαλαζίου στρέφει τὸ ἐπίπεδον πολώσεως, ὁπότε τώρα τὸ πολωμένον φῶς διέρχεται διὰ τοῦ ἀναλύτου.

των ἐπίπεδα νὰ εἶναι κάθετα μεταξύ των. Ἐάν φωτίσωμεν τὸν πολωτὴν Π διὰ μονοχρωματικοῦ φυσικοῦ φωτός, τὸ ἐξ αὐτοῦ προερχόμενον πολωμένον φῶς δὲν δύναται νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ἀναλύτου A (ἀφοῦ ὁ πολωτὴς καὶ ὁ ἀναλύτης εἶναι διεσταυρωμένοι - ἔχουν, δηλ., τὰ χαρακτηριστικά των ἐπίπεδα κάθετα) καί, ὡς ἐκ τούτου, ἐπὶ τοῦ διαφράγματος Δ ἔχομεν σκότος. Ἐάν, τώρα, παρενθέσωμεν μεταξύ

των δύο polaroid πλακίδιον X εκ χαλαζίου (σχ. 136, II), το όποιον έχει κοπή καταλήλως, θα παρατηρήσωμεν ότι επί του διαφράγματος εμφανίζεται φωτεινή κηλís. Εάν, ακόλουθως στρέψωμεν τὸν ἀναλύτην κατὰ τινὰ γωνίαν, θὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε τὸ φῶς νὰ μὴ διέρχεται δι' αὐτοῦ, ὁπότε ἡ φωτεινὴ κηλís ἐξαφανίζεται. Τὸ αὐτό, ἀκριβῶς, φαινόμενον θὰ παρατηρήσωμεν, ἐάν, ἀντὶ τοῦ πλακιδίου τοῦ χαλαζίου, χρησимоποιήσωμεν διάλυμα κοινῆς σακχάρως ἢ τερεβινθέλαιον (κ. νέφτι).

Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου ἔχει ὡς ἑξῆς: Τὸ πολωμένον φῶς (τὸ ὁποῖον δίδει ὁ πολωτής Π), ὅταν διέρχεται διὰ τοῦ χαλαζίου (ἢ τοῦ διαλύματος τοῦ σακχάρου ἢ τοῦ τερεβινθέλαιου), ὑφίσταται **στροφήν τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως** (σχ. 137) καί, ὡς



Σχ. 137. "Όταν διὰ διαλύματος σακχάρου διέρχεται πολωμένον φῶς, τὸ ἐπίπεδον πολώσεως αὐτοῦ στρέφεται βαθμηδύν.

ἐκ τούτου, δύναται, πλέον, νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ἀναλύτου. Σώματα, τὰ ὁποῖα προκαλοῦν στροφήν τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως τοῦ φωτός, τοῦ διερχομένου δι' αὐτῶν, καλοῦνται **οπτικῶς ἐνεργά**.

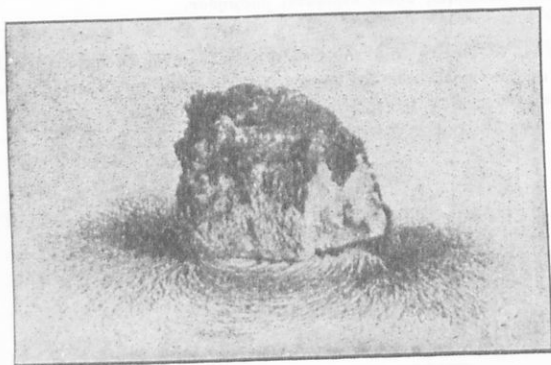
ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'

ΜΑΓΝΗΤΑΙ

§ 120. Γενικά. Εἰς τὴν φύσιν ἀπαντᾷ ἓν ὄρυκτόν, τὸ ὁποῖον καλεῖται *μαγνητίτης* (*) καὶ τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη σιδηρᾶ ἀντικείμενα (*φυσικὸς μαγνήτης* - σχ. 138). Τὴν ιδιότητα ταύτην τῶν *φυσικῶν μαγνητῶν* δυνάμεθα νὰ προσδώσωμεν τε-



Σχ. 138. Φυσικὸς μαγνήτης.

χνητῶς καὶ εἰς τε-
μάχια *χάλυβος*
(βλ. κατωτέρω).

Σώματα, τὰ ὁ-
ποῖα διατηροῦν
μονίμως τὰς
ιδιότητας ταύτας,
καλοῦνται *μόνι-
μοι μαγνήται*. Οἱ
μόνιμοι μαγνήται
συνήθως, κατα-
σκευάζονται εἰς
τὰς μορφάς, τὰς

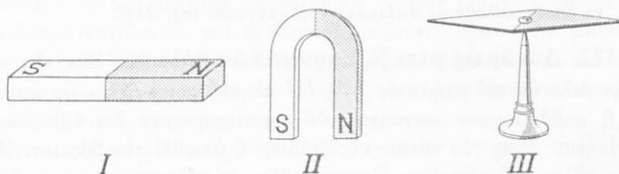
ὁποίας παριστᾷ τὸ σχῆμα 139. Διὰ τὴν κατασκευὴν ἰσχυρῶν μονίμων μα-
γνητῶν χρησιμοποιοῦνται σήμερον εἰδικὰ κράματα (**).

Ἐκτὸς τῶν μονίμων μαγνητῶν, ὑπάρχουν καὶ οἱ καλούμενοι *ἡλεκτρο-*

(*) Ὁ *μαγνητίτης* εἶναι ἐπιτεταρτοξείδιον τοῦ σιδήρου (Fe_3O_4), ἀναφέρεται δὲ ὅτι τὸ πρῶτον εὑρέθη εἰς τὴν πόλιν Μαγνησίαν τῆς Μ. Ἀσίας. Ἐκ τούτου προήλθε καὶ ὁ ὄρος μαγνητισμός. Κατ' ἄλλην ἐκδοχὴν ὁ ὄρος μαγνητισμός προέρχεται ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ ποιμένου *Μάγνητος*, ὁ ὁποῖος, ἐπὶ τοῦ ὄρους Ἰδη εὐρισκόμενος, παρε-
τήρησεν ὅτι τὸ σιδηροῦν ἄκρον τῆς ποιμενικῆς του ράβδου ὑφίστατο ἔλξιν, ὅταν ἤρ-
χετο εἰς ἐπαφὴν μετ' ὀριζόμενα πετρώματα. Εἰς τὴν Ἑλλάδα ὁ μαγνητίτης ἀπαντᾷ εἰς
διάφορα μέρη (Εὔβοιαν, Σκύρον, Ἐρμιόνην κ.λ.).

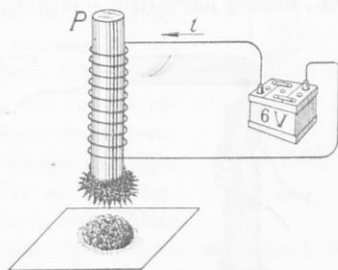
(**) Ἐνδιαφέρον εἶναι τὸ κράμα *Alnico*, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐξ ἀργιλίου
(Al), νικελίου (Ni), κοβαλτίου (Co), χαλκοῦ καὶ σιδήρου.

μαγνηται (σχ. 140), οι οποίοι αποτελούνται, κατ' ἀρχήν, ἐκ ράβδου P ἐκ



Σχ. 139. (I). Ραβδόμορφος μαγνήτης. (II). Πεταλοειδής μαγνήτης. (III). Μαγνητική βελόνη.

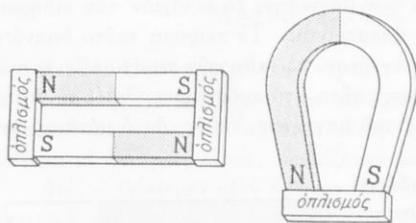
μαλακοῦ σιδήρου, περί τὴν ὁποίαν ἔχομεν περιελίξει τινωμένον χάλκινον σύρμα. Ἐὰν διὰ τοῦ σύρματος διαβιβάσωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ πλησιάσωμεν τὴν ράβδον εἰς ρινίσματα σιδήρου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ ράβδος ἔλκει καὶ συγκρατεῖ τὰ ρινίσματα. Ἐάν, ἀκολουθῶς, διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, τὰ ρινίσματα πίπτουν, διότι ὁ ἠλεκτρομαγνήτης, ὅταν δὲν διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, χάνει τὰς μαγνητικὰς του ιδιότητας.



Σχ. 140. Ἡλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

§ 121. Πόλοι τῶν μαγνητῶν.

Ἐὰν στηρίξωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην ἐπὶ κατακορύφου ἄξονος κατὰ τὸν τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται ἐλευθέρως (σχ. 139, III), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὕτη προσανατολίζεται πρὸς ὠρισμένην διευθύνσιν, εἰς τὴν ὁποίαν καὶ ἐπανέρχεται, ἂν τὴν ἐκτρέψωμεν (*). Τὸ ἐν ἄκρον τῆς βελόνης δεικνύει πρὸς Βορρᾶν καὶ καλεῖται **βόρειος πόλος** τῆς βελόνης, τὸ δὲ ἄλλο πρὸς Νότον καὶ καλεῖται **νότιος πόλος**. Ὁ βόρειος πόλος τῶν μαγνητῶν σημειοῦται διὰ τοῦ γράμματος N (ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Βορρᾶς), ὁ δὲ νότιος διὰ τοῦ γράμματος S (ἀπὸ τὴν λέξιν Sud=Νότος).



Σχ. 141. Διὰ τῶν ὁπίσμων διατηρεῖται ἐπὶ μακρὸν ἡ μαγνήτις τῶν μονίμων μαγνητῶν.

(ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Βορρᾶς), ὁ δὲ νότιος διὰ τοῦ γράμματος S (ἀπὸ τὴν λέξιν Sud=Νότος).

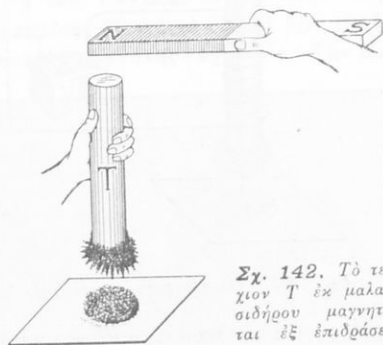
(*) Ὁ προσανατολισμὸς τῆς μαγνητικῆς βελόνης ὀφείλεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς γῆς (βλ. κατωτέρω).

Διατήρησις τῶν μονίμων μαγνητῶν. Διὰ νὰ διατηρῆται ἡ μαγνήτισις τῶν μονίμων μαγνητῶν, ἐφοδιάζονται οὔτοι εἰς τοὺς πόλους τῶν διὰ τεμαχίων ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ὀπλισμοὶ** τοῦ μαγνήτου (σχ. 141).

§ 122. Δυνάμεις μεταξὺ μαγνητικῶν πόλων. Ἐάν εἰς τὴν μαγνητικὴν βελόνην τοῦ σχήματος 139, III πλησιάσωμεν ἄλλην μαγνητικὴν βελόνην ἢ ραβδόμορφον μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκει τὸν νότιον τῆς βελόνης ἢ ἀπωθεῖ τὸν βόρειον. Ἐπίσης, ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκει τὸν βόρειον πόλον τῆς βελόνης ἢ ἀπωθεῖ τὸν νότιον. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν ὅτι:

«ἐτερώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἔλκονται, ἐνῶ ὁμώνυμοι ἀπωθοῦνται».

§ 123. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Τεμάχιον σιδήρου μαγνητίζεται, δηλ., ἀποκτῇ μαγνητικὰς ιδιότητας, διὰ προσεγγίσεως πρὸς μαγνήτην (**μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως**). Τοῦ-

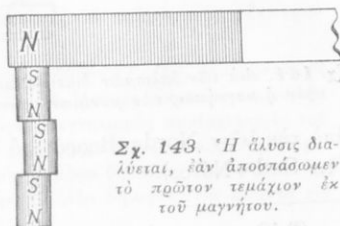


Σχ. 142. Τὸ τεμάχιον *T* ἐκ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως.

το δεικνύομεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος: Κρατοῦμεν διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς τεμάχιον *T* ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 142) καὶ πλησιάζομεν εἰς τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ ἓνα μόνιμον μαγνήτην. Τὸ τεμάχιον τοῦ σιδήρου μαγνητίζεται, ὅπως διαπιστώνομεν, ἐάν πλησιάσωμεν τὸ ἄλλο ἄκρον του εἰς ρινίσματα σιδήρου, ὁπότε ταῦτα ἔλκονται, προσκολλῶνται ἐπ' αὐτοῦ καὶ σχηματίζουν θύσαννον.

Ἐάν, ἀκολούθως, ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, τὸ τεμάχιον τοῦ σιδήρου ἀπομαγνητίζεται καὶ τὰ ρινίσματα ἀποσπῶνται. Τὸ πείραμα τοῦτο δεικνύει ὅτι δι' ἐπιδράσεως τοῦ μονίμου μαγνήτου, τὸ σιδηροῦν τεμάχιον ἔγινε καὶ αὐτὸ μαγνήτης. Ἡ μαγνήτισις, ὅμως, αὕτη ἦτο πρόσκαιρος, διότι τὸ σιδηροῦν τεμάχιον ἔχασε τὰς ιδιότητας τοῦ μαγνήτου, εὐθὺς ὡς ὁ μόνιμος μαγνήτης ἀπομακρύνθη ἐξ αὐτοῦ.

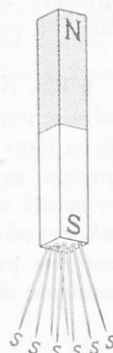
Ἐφ' ὅσον ἐν τεμάχιον ἐκ σιδήρου μαγνητίζεται, ὅταν εὐρεθῇ πλησίον τοῦ πόλου ἑνὸς μονίμου μαγνήτου, θὰ πρέπει καὶ τοῦτο, ὡς ἀποκτῆσαν μαγνητικὰς ιδιότητας, νὰ δύνανται νὰ μαγνητίσῃ δεύτερον τεμάχιον, τὸ δεύτερον νὰ μαγνητίσῃ τρίτον κ.ο.κ. Πράγματι, δυνάμεθα, κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, νὰ σχηματίσωμεν ἄλυσιν ἐκ πολλῶν τεμαχίων σιδήρου, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 143. Τὰ τεμάχια ταῦτα ἔχουν γίνει μαγνή-



Σχ. 143. Ἡ ἄλυσις διαλύεται, ἐάν ἀποσπᾶσωμεν τὸ πρῶτον τεμάχιον ἐκ τοῦ μαγνήτου.

ται, ἡ μαγνήτισίς των, ὅμως, εἶναι πρόσκαιρος, ὅπως ἀποδεικνύεται, ἐὰν ἀποσπάσωμεν ἐκ τοῦ μονίμου μαγνήτου τὸ πρῶτον τεμάχιον, ὁπότε ὅλα τὰ τεμάχια ἀπομαγνητίζονται καὶ ἡ ἄλλυσις διαλύεται. Κατὰ τὴν μαγνήτισιν, ἕκαστον τεμάχιον τοῦ σιδήρου ἐγίνε μαγνήτης μὲ δύο πόλους. Διὰ τὴν ἀναγνώρισίωμεν ποῖος εἶναι ὁ βόρειος καὶ ποῖος ὁ νότιος, ἀρκεῖ νὰ σκεφθῶμεν ὅτι, ἀφοῦ ὁ μόνιμος μαγνήτης καὶ τὸ τεμάχιον τοῦ σιδήρου ἔλκονται, πρέπει ὁ βόρειος πόλος τοῦ μαγνήτου νὰ δημιουργῇ νότιον πόλον εἰς τὸ πλησιέστερον πρὸς αὐτὸν ἄκρον τοῦ τεμαχίου τοῦ σιδήρου.

Τὸ κατωτέρω ἁπλοῦν πείραμα δεικνύει, χαρακτηρηστικῶς, τὸ φαινόμενον τῆς μαγνητίσεως ἐξ ἐπιδράσεως καί, ταυτοχρόνως, τὴν ἄπωσιν τῶν ὁμωνύμων μαγνητικῶν πόλων: Λαμβάνομεν ἀριθμὸν τινα καρφίδων (κ. καρφίτσες) καί, ἀφοῦ τὰς κρατήσωμεν ὅλας ὁμοῦ, τὰς φέρομεν εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν πόλον ἑνὸς μονίμου μαγνήτου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ καρφίδες συγκατατοῦνται ὑπὸ τοῦ μαγνήτου, εὐθὺς δὲ ὡς ἀφήσωμεν αὐτὰς ἐλευθέρως, ἀπωθοῦνται μεταξὺ των καὶ ἀπομακρύνονται, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 144. Ἡ ἄπωσις αὕτη ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι αἱ καρφίδες, μαγνητισθεῖσαι ὑπὸ τοῦ μονίμου μαγνήτου, ἐσχημάτισαν εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον αὐτῶν ὁμωνύμους πόλους (νοτίους εἰς τὸ σχῆμα), οἱ ὅποιοι, ὡς γνωστόν, ἀπωθοῦνται.



Σχ. 144.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ IB'

ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

§ 124. Ποσότης μαγνητισμοῦ. Ὅπως εἶδομεν ἀνωτέρω, πᾶς μόνιμος μαγνήτης ἔχει τὴν ἱκανότητα νὰ ἐξασκῇ δυνάμεις ἐπὶ ἄλλων μαγνητῶν, ἀρκεῖ οὖτοι νὰ εὗρεθοῦν πλησίον αὐτοῦ. Τὸν χώρον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐκδηλοῦνται αἱ δυνάμεις αὗται, ὀνομάζομεν **μαγνητικὸν πεδίον**.

Διὰ νὰ δώσωμεν μίαν πρώτην ἐξήγησιν εἰς τὴν δημιουργίαν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ νὰ ὑπολογίσωμεν τὰς ἐμφανιζομένας δυνάμεις, παραδεχόμεθα τὴν ὑπαρξιν ἑνὸς φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν **ποσότης μαγνητισμοῦ** καὶ συμβολίζομεν διὰ τοῦ γράμματος *m*. Οὕτω, λέγομεν ὅτι πᾶσα ποσότης μαγνητισμοῦ δημιουργεῖ εἰς τὸν περὶ αὐτὴν χώρον ἕν μαγνητικὸν πεδίον.

Ἐπειδὴ τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι μεταξὺ μαγνητῶν παρατηροῦνται καὶ ἑλκτικαὶ καὶ ἀπωστικαὶ δυνάμεις, πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ὑπάρχουν δύο ποσότητες μαγνητισμοῦ, διαφόρου εἵδους. Ἐξ αὐτῶν, τὴν μίαν—ἐκείνην, τὴν ὁποίαν ἀποδίδομεν εἰς τὸν βόρειον πόλον ἑνὸς μαγνήτου—καλοῦμεν **βό-**

ρειον ποσότητα μαγνητισμοῦ (m_N) καὶ τὴν ἄλλην νότιον ποσότητα μαγνητισμοῦ (m_S).

Πρέπει νὰ τονισθῇ ἐνταῦθα ὅτι ποσότητες μαγνητισμοῦ δὲν ὑπάρχουν, ἡ παραδοχὴ δὲ τοιούτων ἀνυπάρχων φυσικῶν μεγεθῶν γίνεται μόνον πρὸς ἀπλούστευσιν τῶν ὑπολογισμῶν τῶν φαινομένων τοῦ μαγνητισμοῦ. Τὸ πραγματικὸν αἶτιον, εἰς τὸ ὁποῖον ὀφείλεται τὸ μαγνητικὸν πεδίον, θὰ γνωρίσωμεν κατωτέρω (§ 197).

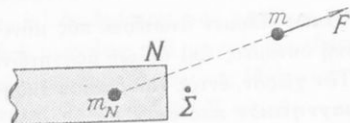
§ 125. Νόμος τοῦ Coulomb (Κουλόμπ). Εἶδομεν ἀνωτέρω ὅτι δύο ποσότητες μαγνητισμοῦ εἴτε ἔλκονται (ὅταν εἶναι ἐτερόνυμοι), εἴτε ἀπωθοῦνται (ὅταν εἶναι ὁμώνυμοι). Ἡ δύναμις F (ἐλξις ἢ ἄπωσις), ἡ ὁποία ἐξασκείται μεταξύ δύο ποσοτήτων μαγνητισμοῦ m_1 καὶ m_2 , αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξύ των κατὰ τὴν ἀπόστασιν r , δίδεται ὑπὸ τοῦ **νόμου τοῦ Coulomb**, συμφώνως πρὸς τὸν ὁποῖον ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἀνάλογος τῶν δύο ποσοτήτων μαγνητισμοῦ καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν. Ἦτοι

$F = \text{σταθ} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$	Νόμος τοῦ Coulomb εἰς τὸν Μαγνητισμὸν
---	--

Ἡ σταθερὰ τοῦ τύπου ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων.

Ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb προκύπτει ὅτι, ἐὰν διπλασιασθῇ ἡ ἀπόστασις μεταξύ δύο ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, ἡ δύναμις γίνεται τέσσαρας φορές μικρότερα.

§ 126. Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐὰν εἷς τι σημεῖον ἐνὸς μαγνητικοῦ πεδίου φέρωμεν τὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ m (σχ. 145), θὰ ἐξασκηθῇ ἐπ' αὐτῆς μία δύναμις F , ἡ ὁποία εἶναι ἀνάλογος τῆς ποσότητος ταύτης. Ἦτοι εἶναι



$$F = \mathcal{H} \cdot m \quad (1)$$

Σχ. 145. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐξασκεῖ ἐπὶ τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ m τὴν δύναμιν F .

Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας $\mathcal{H}$ καλεῖται **έντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου** καὶ ὀρίζεται, ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1), ὡς

τὸ πηλίκον τῆς δυνάμεως F , τῆς ἐξασκουμένης ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ m , διὰ τῆς ποσότητος ταύτης. Ἦτοι εἶναι

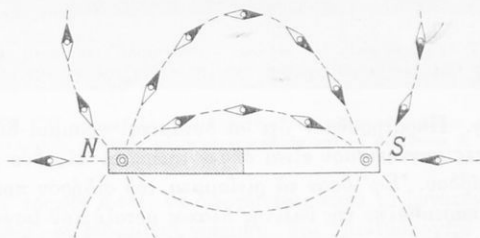
$$\mathcal{H} = \frac{F}{m} \quad (2)$$

Ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι ἀνυσματικὸν μέγεθος, τοῦ ὁποίου ἡ διεύθυνσις συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως F (*).

Ἐὰν ἡ αὐτὴ ποσότης μαγνητισμοῦ m τεθῇ εἰς ἄλλο σημεῖον (π.χ., εἰς τὸ σημεῖον Σ), ἡ δύναμις F εὐρίσκεται ὅτι εἶναι μεγαλύτερα. Τοῦτο, κατὰ τὴν ἐξίσωσιν (2), σημαίνει ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Σ εἶναι μεγαλύτερα τῆς ἐντάσεως εἰς τὸ προηγούμενον σημεῖον.

Τοιοῦτο μαγνητικὸν πεδίων, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις αὐτοῦ διαφέρει ἀπὸ σημείου εἰς σημεῖον, καλεῖται **ἀνομοιογενὲς μαγνητικὸν πεδίων**, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ **ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίων**, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις αὐτοῦ εἶναι εἰς ὅλα τὰ σημεία ἡ αὐτή.

§ 127. Μαγνητικά δυναμικά γραμμά. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ σχηματιζομένου περὶ ραβδόμορφον μαγνήτην (σχ. 146), φέ-



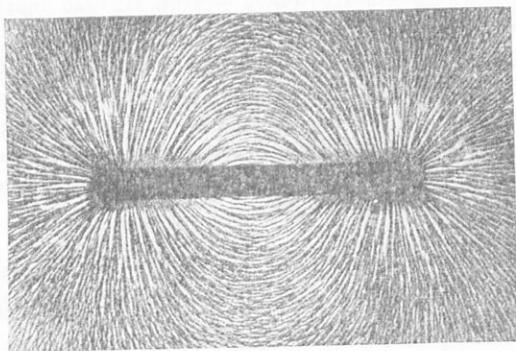
Σχ. 146. Ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης δίδει τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς πᾶν σημεῖον αὐτοῦ.

ρωμεν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην, στρεπτὴν περὶ ἄξονα, θὰ ἴδωμεν ὅτι αὕτη προσανατολίζεται πρὸς ὠρισμένην κατεύθυνσιν. Μετακινούμεντες τὴν βελόνην εἰς ἄλλας θέσεις, βλέπομεν ὅτι αὕτη προσανατολίζεται εἰς ἄλλας διευθύνσεις. Ἐὰν ἐπὶ φύλλου χάρτου χαράξωμεν τὰς διευθύνσεις τῆς βελόνης διὰ μέγαν ἀριθμὸν θέσεων, θὰ εὕρωμεν ὅτι σχηματίζονται καμπύλαι γραμμά, ἐκκινουσαι ἐκ τοῦ ἐνὸς πόλου καὶ καταλήγουσαι εἰς τὸν ἄλλον. Τὰς γραμμάς ταύτας καλοῦμεν **μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμάς**, δεχόμεθα δὲ ὅτι ἔχουν φ ο ρ ἂ ν ἐκ τοῦ βορείου πόλου πρὸς τὸν νότιον.

Τὴν μορφήν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἐνὸς μαγνητικοῦ πεδίου δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν ὡς ἑξῆς: Τοποθετούμεν ἐπὶ τραπέζης ἕνα ραβδόμορφον μαγνήτην (σχ. 147) καὶ ἐπ' αὐτοῦ στηρίζομεν ὀριζοντίως φύλλον χάρτου ἢ υἰαλινὴν πλάκα. Ἀκολουθῶς, ρίπτομεν ἐπὶ τῆς πλακὸς ρινί-

(*) Ἡ φ ο ρ ἂ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἴδους τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ. Συμβατικῶς, ἡ φορὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ὀρίζεται ὡς ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως, τῆς ἐξασκουμένης ἐπὶ τῆς βορείας ποσότητος μαγνητισμοῦ.

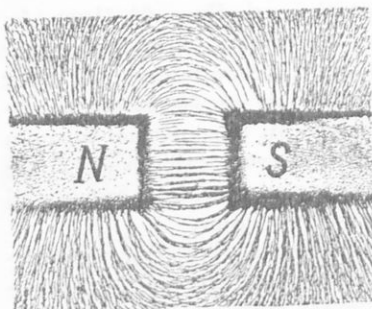
σματα σιδήρου καὶ κτυπῶμεν αὐτὴν ἐλαφρῶς, ὁπότε τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατίθενται κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καὶ παρέχουν τὴν



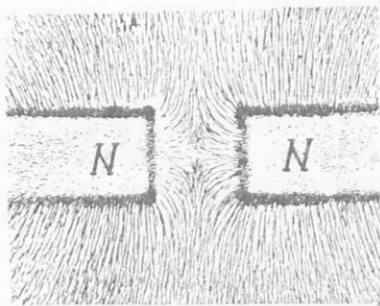
Σχ. 147. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου προσανατολίζονται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καὶ παρέχουν τὴν μορφήν αὐτῶν.

μορφήν αὐτῶν. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ διατίθενται, ὡς ἂν αἱ ποσότητες μαγνητισμοῦ εἶναι συγκεντρωμέναι εἰς δύο περιοχὰς περὶ τὰ ἄκρα τῆς ράβδου. Ἐφ' ὅσον τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου προσανατολίζονται, παρὰ τὴν παρεμβολὴν τῆς ὑαλίνης πλακὸς μεταξὺ τοῦ μαγνήτου καὶ αὐτῶν, ἔπεται ὅτι ἡ δρᾶσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δὲν ἀνακόπτεται δι' αὐτῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 148 μελετᾶται, κατ' ἀνάλογον τρόπον, ἡ μορφή τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται μεταξὺ δύο ἑτερονόμων πό-



Σχ. 148. Μορφή τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξὺ δύο ἑτερονόμων πόλων.

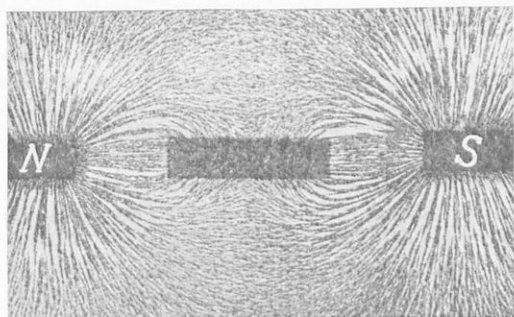


Σχ. 149. Μορφή τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μεταξὺ δύο ὁμωνύμων πόλων.

λων. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ διευθύνονται ἐκ τοῦ ἑνὸς πόλου πρὸς τὸν ἄλλον. Τὸ σχῆμα 149 παριστᾷ τὴν μορφήν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν μεταξὺ δύο ὁμωνύμων πόλων. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην αἱ

δυναμικαὶ γραμμαὶ δὲν διευθύνονται ἐκ τοῦ ἐνὸς πόλου εἰς τὸν ἄλλον - συμφῶνως, ἄλλως τε, μὲ τὴν διατυπωθεῖσαν ἀρχὴν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ διευθύνονται ἐκ τοῦ πόλου τοῦ ἐνὸς εἴδους πρὸς τὸν πόλον τοῦ ἄλλου εἴδους.

Ἐὰν μεταξὺ δύο ἐτερονύμων πόλων παρεμβάλωμεν τεμάχιον σιδήρου (σχ. 150), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ παραμορφοῦνται



Σχ. 150. Ἡ παρεμβολὴ τοῦ τεμαχίου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀναγκάζει τὰς δυναμικὰς γραμμὰς νὰ συγκεντρωθοῦν καὶ νὰ διέλθουν δι' αὐτοῦ.

κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε νὰ διέρχονται, κατὰ τὸ δυνατόν, περισσότερα διὰ τοῦ σιδήρου· αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ, δηλ., διατάσσονται οὕτως ὥστε νὰ διέρχονται, κατὰ προτίμησιν, διὰ τοῦ σιδήρου, παρὰ διὰ τοῦ ἀέρος.

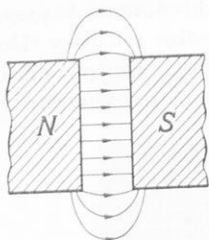
§ 128. Σχέσεις μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν καὶ ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου. Διὰ τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμὰς ἰσχύουν τὰ ἑξῆς: 1) Ἡ δύναμις, ἡ ἐξασκουμένη ἐπὶ τινος ποσότητος μαγνητισμοῦ, εὐρισκομένης εἰς σημεῖόν τι τοῦ πεδίου, ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῆς δυναμικῆς γραμμῆς εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο (σχ. 151).



Σχ. 151. Ἡ δύναμις F ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῆς δυναμικῆς γραμμῆς εἰς πᾶν σημεῖον αὐτῆς.

2) Ἡ πυκνότης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (δηλ., ὁ ἀριθμὸς τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι διέρχονται δι' ἐπιφανείας, ἑμβαδοῦ, ἴσου πρὸς 1 cm^2 , ὅταν αὕτη τεθῇ καὶ θέτως ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου) εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου· ὅπου, λοιπόν, αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι πυκνότεραι, ἐκεῖ καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον θὰ εἶναι ἰσχυρότερον. Πράγματι, εἰς τὸ σχῆμα 147 παρατηροῦμεν ὅτι πλησίον τῶν πόλων αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ πυκνώνουν, ἄρα ἐκεῖ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου θὰ εἶναι μεγάλη.

§ 129. Δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ὁμογενεοῦς μαγνητικοῦ πεδίου.



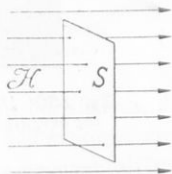
Σχ. 152.

Ἐκ τῶν λεχθέντων εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον προκύπτει ὅτι, ἐπειδὴ εἰς τὸ ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίου ἡ ἔντασις αὐτοῦ εἶναι παντοῦ ἡ αὐτή, αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι καὶ ἀπέχουν ἐξ ἴσου μεταξύ των. Ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίου σχηματίζεται εἰς τὸ διάκενον μεταξύ δύο ἑτερωνύμων καὶ ἐπιπέδων πόλων ἐνὸς μαγνήτου, οἱ ὅποιοι εὐρίσκονται εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν καὶ εἶναι παράλληλοι μεταξύ των (σχ. 152).

§ 130. Μαγνητικὴ ροή. Θεωρήσωμεν ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίου, ἐντάσεως $\mathcal{H}$ (σχ. 153) καὶ ἐντὸς αὐτοῦ ἐπίπεδον ἐπιφανείαν, ἡ ὁποία εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου καὶ ἔχει ἐμβαδὸν S . Ὅριζομεν ὡς **μαγνητικὴν ροήν** Φ , διερχομένην διὰ τῆς ἐπιφανείας S , τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τὸ ἐμβαδὸν τῆς ἐπιφανείας. Ἦτοι

$$\Phi = \mathcal{H} \cdot S$$

(1)



Σχ. 153.

Ἐπειδὴ ἡ πυκνότης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (δηλ., ὁ ἀριθμὸς τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τῶν διερχομένων ἀνὰ μονάδα ἐπιφανείας) παρέχεται ὑπὸ τῆς ἐντάσεως $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (βλ. § 128), ἔπεται ὅτι τὸ γινόμενον $\mathcal{H} \cdot S$ θὰ παριστᾷ τὸν ὅλικὸν ἀριθμὸν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τῶν διερχομένων διὰ τῆς ἐπιφανείας S . Δυνάμεθα, λοιπόν, νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ **μαγνητικὴ ροή**, ἡ **διερχομένη** διὰ **τινὸς ἐπιφανείας**, **παρέχεται** ἐκ τοῦ ὁλικοῦ ἀριθμοῦ τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τῶν διερχομένων διὰ τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

Ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια S τεθῇ πλαγίως ὡς πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ πεδίου, ἡ μαγνητικὴ ροή δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου

$$\Phi = \mathcal{H} \cdot S \cdot \sin \alpha$$

ἐνθα α εἶναι ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ κάθετος, ἡ φερομένη ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν, μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου.

§ 131. Μονάδες ποσότητος μαγνητισμοῦ, ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου καὶ μαγνητικῆς ροῆς. Ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb δυνάμεθα νὰ ὀρίσωμεν τὴν **ἡλεκτρομαγνητικὴν μονάδα ποσότητος μαγνητισμοῦ** ($1 \text{ HMM} \cdot \text{ποσότητος μαγνητισμοῦ}$), ἔαν εἰς τὸν τύπον τοῦ Coulomb θέσωμεν τὴν δύναμιν, ἴσην πρὸς 1 δύννη , τὴν σταθεράν, ἴσην πρὸς 1 καὶ τὴν ἀπόστασιν r , ἴσην πρὸς 1 cm . Οὕτω, ἡ **ἡλεκτρομαγνητικὴ μονάδα ποσότητος μαγνητισμοῦ** ὀρίζεται ὡς ἡ ποσότης ἐκείνη τοῦ μαγνητισμοῦ, ἡ ὁποία, εὐρισκομένη εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἴσης ποσότητος καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ, ἐξασκεῖ ἐπ' αὐτῆς δύναμιν, ἴσην πρὸς μίαν δύννην.

Κατόπιν τοῦ ὁρισμοῦ τῆς μονάδος ταύτης, δυνάμεθα νὰ ὀρίσωμεν καὶ τὴν *ἠλεκτρομαγνητικὴν μονάδα ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου*, τὴν ὁποίαν καλοῦμεν *1 Gauss*. Ἡ μονάς αὕτη ὀρίζεται, ἐάν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (2) τῆς § 126

$$\mathcal{H} = \frac{F}{m}$$

θέσωμεν $F = 1 \text{ dyn}$ καὶ $m = 1$ *ἠλεκτρομαγνητικὴ μονάς ποσότητος μαγνητισμοῦ*. Ὅτοι *1 Gauss* εἶναι ἡ ἐνταση ἐκείνου τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐξασκεῖ ἐπὶ τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς μονάδος ποσότητος μαγνητισμοῦ δύναμιν, ἴσην πρὸς μίαν *δύνην*.

Ἐκ τῆς ἐξίσωσως (1) τῆς § 130 ὀρίζεται ἡ *ἠλεκτρομαγνητικὴ μονάς μαγνητικῆς ροῆς* — ἡ ὁποία καλεῖται *Maxwell (Μάξγουελ)* — ἐάν θέσωμεν $\mathcal{H} = 1 \text{ Gauss}$ καὶ $S = 1 \text{ cm}^2$. Ὅτοι, *1 Maxwell (1 Mx)* εἶναι ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη δι' ἐπιφανείας, ἐμβαδοῦ 1 cm^2 , τεθείσης καθέτως ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως *1 Gauss*.

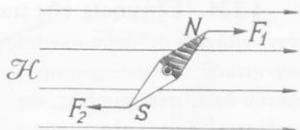
§ 132. Δυνάμεις ἐπὶ μαγνητικῆς βελόνης, τεθείσης ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐάν ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου φέρωμεν μαγνητικὴν βελόνην, στρεπτὴν περὶ ἄξονα, θὰ ἐξασκηθῇ ἐπὶ τοῦ βορείου πόλου αὐτῆς μία δύναμις F_1 (σχ. 154), ἡ ὁποία εἶναι ἴση πρὸς

$$F_1 = \mathcal{H} \cdot m_N$$

ἐνθα m_N εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ τοῦ πόλου τούτου καὶ $\mathcal{H}$ ἡ ἐνταση τοῦ πεδίου. Ἡ δύναμις αὕτη εἶναι παράλληλος πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Ὅμοίως, ἐπὶ τοῦ νοτίου πόλου τῆς μαγνητικῆς βελόνης θὰ ἐξασκηθῇ ἡ δύναμις F_2 , ἴση πρὸς

$$F_2 = \mathcal{H} \cdot m_S$$

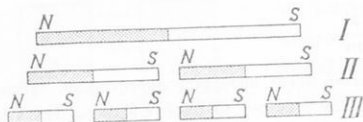
ἐνθα m_S εἶναι ἡ ποσότης μαγνητισμοῦ τοῦ πόλου τούτου. Ἡ δύναμις αὕτη ἔχει τὸ αὐτὸ μέτρον καὶ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν μὲ τὴν δύναμιν F_1 , ἀλλ' ἀντίθετον φορὰν (ἀφοῦ ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ ἄλλου πόλου). Συνεπῶς, ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐξασκεῖται τὸ ζεύγος τῶν δυνάμεων F_1, F_2 , ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ὁποίου αὕτη θὰ στραφῇ καί, τελικῶς, θὰ ἰσορροπῇ, ὅταν γίνῃ παράλληλος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου. Καὶ τοῦτο διότι εἰς τὴν θέσιν ταύτην ἡ ροπὴ τοῦ ζεύγους τῶν δύο δυνάμεων γίνεται ἴση πρὸς μηδέν.



Σχ. 154. Τὸ ὁμογενὲς μαγνητικὸν πεδίου ἐξασκεῖ ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ζεύγος δυνάμεων.

§ 133. Στοιχειώδεις μαγνηται. Ἐάν μαγνητίσωμεν (κατὰ τὴν μέθοδον, τὴν περιγραφομένην εἰς τὴν § 135) ἓν χαλύβδινον εὐθὺν σύρμα ἢ μίαν κοινὴν βελόνην ραψίματος καί, ἀκολουθῶς, πλησιάζωμεν, διαδοχικῶς, τὰ ἄκρα τῆς εἰς μαγνητικὴν βελόνην, στρεπτὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι εἰς τὸ ἓν ἄκρον ἐνεφανίσθη βόρειος πόλος, εἰς δὲ τὸ ἄλλο νότιος πόλος (σχ. 155, I). Ἐάν, ἀκολουθῶς, κόψωμεν τὴν βελόνην εἰς

τὸ μέσον (*), θὰ λάβωμεν δύο τεμάχια (II), τὰ ὁποῖα εἶναι καὶ αὐτὰ μαγνή-
ται μὲ ἐτερονύμους πόλους εἰς τὰ δύο ἄκρα των - δὲν κατωρθώσαμεν, δηλ.,



Σχ. 155. Κατὰ τὴν θραύσιν ἐνὸς μονίμου μαγνήτου προκύπτουν δύο νέοι μαγνήται.

μαγνήτου καὶ 2) πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ἡ μαγνητισμένη ράβδος ἀπο-
τελεῖται ἐκ μεγάλου ἀριθμοῦ **στοιχειωδῶν μαγνητῶν**, οἱ ὁποῖοι, ὅπως
ἀποδεικνύεται, εἶναι τὰ ἄτομα ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ἡ σιδηρὰ ρά-
βδος - δηλ., τὰ ἄτομα τοῦ σιδήρου.

§ 134. Ἐξήγησις τῆς μαγνητίσεως. Εἶδομεν εἰς τὰ προηγούμενα ὅτι,
ὅταν τεμάχιον σιδήρου πλησιάζῃ εἰς ἓνα μαγνήτην—ὅταν, δηλ., εἰσαχθῇ ἐντὸς
μαγνητικοῦ πεδίου—μαγνητίζεται προσκαίρως. Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου
τούτου ἔχει, στοιχειωδῶς, ὡς ἑξῆς: Ἐκαστον ἄτομον τοῦ σιδήρου συμπε-
ριφέρεται ὅπως μία μικροσκοπικὴ μαγνητικὴ βελόνη (στοιχειώδης μαγνή-
της). Ὅταν μία ράβδος ἐκ σιδήρου εἶναι ἀμαγνητίστος, οἱ στοιχειώδεις αὐ-
τοὶ μαγνήται εἶναι ἀπροσανατόλιστοι - ἔχουν, δηλ., διαφόρους διευθύνσεις
(σχ. 156, I). Ὡς ἐκ τούτου,
οἱ πόλοι των ἀλληλοαναιροῦν-
ται εἰς πᾶν σημεῖον τῆς ρά-
βδου καί, συνεπῶς, οὐδεμία
μαγνητικὴ ιδιότης ἐκδηλοῦ-
ται. Ὅταν, ὅμως, φέρωμεν
τὴν ράβδον ἐντὸς μαγνητικοῦ
πεδίου (II), οἱ «στοιχειώδεις
μαγνήται» ἀναγκάζονται νὰ
προσανατολισθῶν (ὅπως, ἁ-
κριβῶς, ἡ μαγνητικὴ βελόνη
τοῦ σχήματος 154). Ἄν με-
λετήσωμεν τὸ σχῆμα 156, II,
θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι οἱ μὲν πόλοι τῶν ἐνδιαμέσων «στοιχειωδῶν μαγνή-
τῶν» ἀλληλοαναιροῦνται, εἰς τὰ δύο, ὅμως, ἄκρα τῆς ράβδου ὑπάρχουν,
ἀντιστοίχως, οἱ βόρειοι καὶ οἱ νότιοι πόλοι τῶν «στοιχειωδῶν μαγνητῶν»
τῶν ἄκρων, οἱ ὁποῖοι καὶ ἀποτελοῦν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητισθείσης
ράβδου. Ἐάν, τώρα, ἀπομακρύνωμεν τὴν ράβδον ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου,

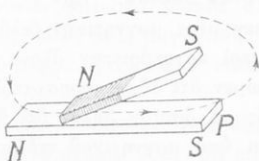


Σχ. 156. (I). Εἰς ἀμαγνητίστον σιδηρὰν ρά-
βδον οἱ στοιχειώδεις μαγνήται εἶναι ἀπροσανα-
τόλιστοι. (II). Τὸ μαγνητικὸν πεδίον $\mathcal{H}$
προσανατολίζει τοὺς στοιχειώδεις μαγνήτας.

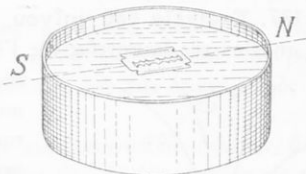
(*) Προσέχετε τοὺς ὀφθαλμοὺς ἀπὸ τὰ ἐκτινασσόμενα τεμάχια!

ὁ προσανατολισμὸς τῶν «στοιχειωδῶν μαγνητῶν» καταστρέφεται καί, ὡς ἐκ τούτου, ἡ ράβδος ἀπομαγνητίζεται. Ἐάν, ὅμως, ἡ ράβδος δὲν εἶναι κατεσκευασμένη ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ἀλλ' ἐκ χάλυβος, τότε, παραμένει μαγνητισμένη καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσίν της ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι, εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, οἱ «στοιχειώδεις μαγνήται» παραμένουν προσανατολισμένοι καὶ μετὰ τὴν ἄρσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, δὲν ἐπανέρχονται, δηλ., εἰς τὴν προτέραν τῶν πλήρη ἀταξίαν καὶ τοῦτο λόγῳ ἀντιδράσεων, προερχομένων ἐκ τῶν ἐλαστικῶν ιδιοτήτων τοῦ χάλυβος. Ἡ ράβδος, λοιπόν, τοῦ χάλυβος θὰ διατηρῇ τὸν μαγνητισμὸν της καὶ ὅταν ἀπομακρυνθῇ ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου· θὰ ἔχῃ γίνει, δηλ., *μόνιμος μαγνήτης*.

§ 135. Τρόποι μαγνητίσεως. Τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν φαινόμενον, μᾶς ἐπιτρέπει, ἀκριβῶς, νὰ κατασκευάζωμεν τοὺς μόνιμους μαγνήτας. Πρὸς τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐργασθῶμεν ὡς ἑξῆς: Στηρίζομεν ἐπὶ τραπέζης τὴν πρὸς μαγνήτισιν χαλυβδίνην ράβδον *P* (σχ. 157) καί, ἀφοῦ φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν πρὸς αὐτὴν τὸν πόλον ἐνὸς μο-



Σχ. 157. Μαγνήτισις τῆς χαλυβδίνης ράβδου *P* τῇ βοηθείᾳ μόνιμου μαγνήτου.

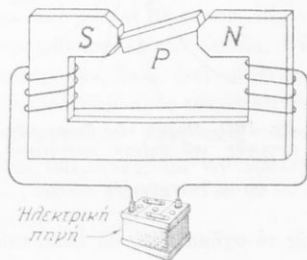


Σχ. 158. Ἡ μαγνητισμένη ξυριστική λεπίς συμπεριφέρεται ὡς μαγνητικὴ βελόνη.

νίμου μαγνήτου, σύρουμεν αὐτόν, ἐπανειλημμένως, ὅπως δεικνύει ἡ ἐστιγμένη γραμμὴ τοῦ σχήματος. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ράβδου ἔρχονται, διαδοχικῶς, ἐντὸς τοῦ ἰσχυροῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μαγνήτου, τὸ ὁποῖον καὶ προσανατολίζει, ὅπως ἀνωτέρω εἴπομεν, τοὺς «στοιχειώδεις μαγνήτας» τοῦ χάλυβος.

Διὰ τοῦ τρόπου τούτου δυνάμεθα νὰ μαγνητίσωμεν, εὐκόλως, μίαν συνήθη ξυριστικὴν λεπίδα (κ. ξυραφάκι), ὁπότε αὕτη συμπεριφέρεται, πλέον, ὡς μαγνήτης. Τοῦτο δεικνύομεν, ἐάν ἐπιθέσωμεν αὐτὴν μετὰ προσοχῆς ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὕδατος (σχ. 158). Ἡ λεπίς, λόγῳ τῆς ἐπιφανειακῆς τάσεως, δὲν βυθίζεται, ἀλλὰ συγκρατεῖται καὶ ἐπιπλέει, στρέφουσα τὸν ἕνα πόλον της πρὸς βορρᾶν καὶ τὸν ἄλλον πρὸς νότον. Πλησιάζοντες πρὸς αὐτὴν ἕνα μόνιμον μαγνήτην, παρατηροῦμεν ὅτι στρέφεται, ὅπως θὰ ἐστρέφετο μία συνήθης μαγνητικὴ βελόνη.

Διὰ τὸν προσανατολισμὸν τῶν «στοιχειωδῶν μαγνητῶν» δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιοῦμεν καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ παραγόμενον ὑπὸ τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν.



Σχ. 159. Μαγνήτισις μιᾶς χαλυβδίνης ράβδου *P* τῇ βοηθείᾳ ἡλεκτρομαγνήτου.

Πρὸς τοῦτο φέρομεν μεταξὺ τῶν πόλων N, S ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 159) τὴν πρὸς μαγνήτισιν χαλυβδίνην ράβδον P καί, ἀκολούθως, διαβιβάζομεν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου ἰσχυρὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Μετ' ὀλίγον, διακόπτομεν τὸ ρεῦμα καὶ ἀπομακρύνομεν τὴν ράβδον, ἣ ὁποία ἔχει γίνει, πλέον, μόνιμος μαγνήτης.

§ 136. Χρῆσις τῶν μόνιμων μαγνητῶν. Οἱ μόνιμοι μαγνήται χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰς περιπτώσεις. Οὕτω, χρησιμοποιοῦνται εἰς ὠρισμένα ἡλεκτρικὰ ὄργανα (ἄμπερόμετρα κ.λ.), εἰς τὰς μαγνητοηλεκτρικὰς γεννήτριδας (magnetos), αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς μοτοσυκλέτας, ἀεροπλάνα κ.λ., εἰς τὰ ἀκουστικά τῶν τηλεφωνικῶν συσκευῶν, εἰς ὠρισμένους τύπους μεγαφῶνων κ.λ. Μόνιμοι μαγνήται εἶναι καὶ αἱ μαγνητικαὶ βελόναι, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς πυξίδας (βλ. κατωτέρω).

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'

ΓΗΪΝΟΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

§ 137. Στοιχεῖα τοῦ γηϊνοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἐὰν εἰς οἶον— ἥποτε σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, στρεπτὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὕτη προσανατολίζεται, γεγοῶς, τὸ ὁποῖον δηλοῖ ὅτι ἡ Γῆ περιβάλλεται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον καλεῖται **γῆϊνον μαγνητικὸν πεδίου** καὶ τοῦ ὁποίου τὴν μορφήν παριστᾷ τὸ σχῆμα 160. Ἐπειδὴ βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔκαλέσαμεν τὸ ἄκρον τῆς βελόνης, τὸ ὁποῖον δεικνύει πρὸς Βορρᾶν, ἔπεται ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ γηϊνοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἔκκινουῦν ἐκ τοῦ νοτίου ἡμισφαίριου καὶ κατευθύνονται πρὸς τὸ βόρειον (βλ. καὶ σχῆμα 160).

Σχ. 160. Μορφή τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ γηϊνοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. (N καὶ S = βόρειος καὶ νότιος γεωγραφικὸς πόλος).

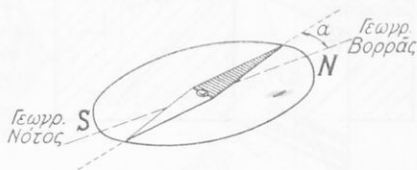
Τὰ αἷτια, εἰς τὰ ὁποῖα ὀφείλεται τὸ μαγνητικὸν πεδίου τῆς Γῆς, εἶναι, ἀκόμη, ἄγνωστα (*).

Ἐὰν παρατηρήσωμεν μετὰ προσοχῆς τὸ σχῆμα 160, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς δὲν

(*) Ἐὰν φαντασθῶμεν ὅτι τὸ μαγνητικὸν πεδίου τῆς Γῆς ὀφείλετο εἰς ἓνα τεράστιον μαγνήτην, εὐρισκόμενον εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτῆς, πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ὁ βόρειος πόλος αὐτοῦ θὰ εὐρίσκεται εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον, ὁ δὲ νότιος εἰς τὸ βόρειον ἡμισφαίριον. Τοῦτο προκύπτει ἐκ τῆς φορᾶς τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ γηϊνοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (βλ. σχ. 160).

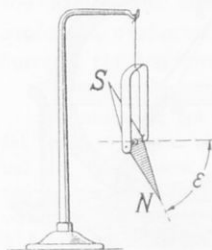
συμπίπτουν, ἀκριβῶς, μετὰ τῶν γεωγραφικῶν πόλων. Ἀφ' ἑτέρου, αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ δὲν συναντοῦν τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς καθέτως, ἀλλὰ λοξῶς, σχηματίζουσιν μίαν γωνίαν μετὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους. Αἱ δύο αὗται παρατηρήσεις ἐξηγοῦν τὰ κατωτέρω περιγραφόμενα φαινόμενα τῆς ἀποκλίσεως καὶ τῆς ἐγκλίσεως.

α) **Ἀπόκλισις.** Ἐάν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, στρεπτὴν περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι δὲν διατίθεται, ἀκριβῶς, κατὰ τὴν διεύθυνσιν «γεωγραφικὸς βορρᾶς - γεωγραφικὸς νότος», ἡ ὁποία προσδιορίζεται δι' ἀστρονομικῶν μεθόδων, ἀλλὰ στρονομικῶν μεθόδων, ἀλλὰ σχηματίζει μετ' αὐτῆς μίαν γωνίαν α (σχ. 161). Ἡ γωνία αὕτη, ἡ σχηματιζομένη μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν διευθύνσεων, καλεῖται **γωνία ἀποκλίσεως** ἢ, ἀπλῶς, **ἀπόκλισις**. Ἐάν ὁ βόρειος πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης δεικνύη πρὸς ἀνατολὰς τοῦ γεωγραφικοῦ βορρᾶ, ἡ ἀπόκλισις καλεῖται **ἀνατολική**, ἐνῶ, ἐάν δεικνύη πρὸς δυσμὰς, καλεῖται **δυτική**.



Σχ. 161. Ἀπόκλισις (δυσική).

β) **Ἐγκλισις.** Ἐάν ἐξαρθήσωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 162, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι θὰ ἰσορροπήσῃ εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε ὁ βόρειος πόλος αὐτῆς νὰ εὐρεθῇ κάτω τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου. Ἡ γωνία ϵ , τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ βελόνη μετὰ τοῦ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, καλεῖται **γωνία ἐγκλίσεως** ἢ, ἀπλῶς, **ἐγκλισις**.



Σχ. 162. Ἐγκλισις.

Ἐκ τοῦ σχήματος 160 προκύπτει ὅτι ἡ ἐγκλισις μεταβάλλεται ἀπὸ τόπον εἰς τόπον. Εἰς τὰς περιοχὰς κατὰ μῆκος τῶν ἰσημερινῶν ζωνῶν, ἡ ἐγκλισις εἶναι ἴση πρὸς μηδέν, δηλ., ἐκεῖ αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι παράλληλοι πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς. Ὅσον προχωροῦμεν πρὸς τοὺς πόλους, ἡ ἐγκλισις αὐξάνεται, ὑπάρχουν δὲ δύο σημεῖα—οἱ **μαγνητικοὶ πόλοι**—εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἐγκλισις εἶναι ἴση πρὸς 90° , δηλ., εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κάθετοι ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς.

Ἐν γένει τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῆς Γῆς δὲν παραμένει χρονικῶς σταθερόν, ἀλλὰ παρουσιάζει ἀσθενεῖς ἡμερησίας καὶ ἐτησίας διακυμάνσεις. Πρὸς τούτοις ὑπάρχει καὶ μία πολὺ βραδεῖα κύμανσις μὲ περίοδον 1000 ἐτῶν (αἰωνία μεταβολή). Οὕτω, λόγῳ τῆς αἰωνίας μεταβολῆς τῆς ἀποκλίσεως, ἡ ἀπόκλισις εἰς τὴν Ἑλλάδα ἀπὸ δυτικῆ (ὅπως ἦτο πρὸ τινῶν ἐτῶν) εὐρίσκεται, ἤδη, περὶ τὸ μηδέν.

Ἀφ' ἑτέρου παρατηροῦνται καὶ ἀκανόνιστοι ἀπότομοι μαγνητικαὶ διαταραχαί,

αί ὁποῖαι προέρχονται ἐκ τῶν ἐκρήξεων τῶν ἡλιακῶν κηλίδων καὶ καλοῦνται *μαγνητικά καταιγίδες*.

§ 138. Ἐντασις τοῦ γήϊνου μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον ἐξητάσαμεν τὰ στοιχεῖα τοῦ γήϊνου μαγνητικοῦ πεδίου, εὗρομεν δὲ ὅτι ταῦτα εἶναι ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ τοῦ πεδίου, ἡ ἐγκλισίς ε καὶ ἡ ἀπόκλισις α . Τὴν ἔντασιν $\mathcal{H}$ τοῦ γήϊνου μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 163) δυνάμεθα ν' ἀναλύσωμεν εἰς δύο συνιστώσας· τὴν ὀριζοντίαν συνιστώσαν $\mathcal{H}_{\text{hor}}$, καὶ τὴν κατακόρυφον συνιστώσαν $\mathcal{H}_{\text{nat}}$. Ἐκ τοῦ σχήματος προκύπτουν αἱ ἑξῆς σχέσεις:

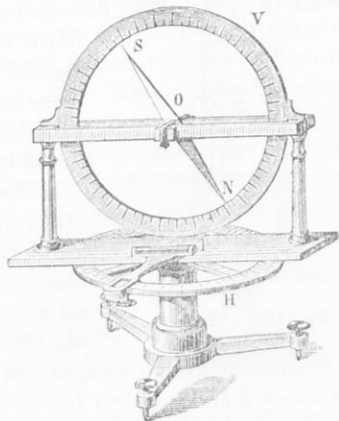
$$\mathcal{H}_{\text{hor}} = \mathcal{H} \sin \varepsilon, \quad \mathcal{H}_{\text{nat}} = \mathcal{H} \cdot \eta \mu \varepsilon$$

$$\text{καὶ} \quad \mathcal{H}^2 = \mathcal{H}_{\text{hor}}^2 + \mathcal{H}_{\text{nat}}^2$$

Εἶναι φανερόν ὅτι μία μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτή περὶ κατακόρυ-

φον ἄξονα (π.χ., ἡ μαγνητικὴ βελόνη τῆς ναυτικῆς πυξίδος, βλ. § 140), θὰ προσανατολίζεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν μόνον τῆς ὀριζοντίας συνιστώσεως τοῦ γήϊνου μαγνητικοῦ πεδίου.

§ 139. Πυξὶς ἐγκλίσεως. Ἡ ἐγκλισίς εὐρίσκεται διὰ τῆς *πυξίδος ἐγκλίσεως* (σχ. 164): Τὸ ὄργανον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ κατακορύφου γωνιομετρικοῦ κύκλου V , εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται μία μαγνητικὴ βελόνη, δυνάμενη νὰ περιστραφῇ ἐλευθέρως περὶ ὀριζόντιον ἄξονα O , διερχόμενον διὰ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐγκλίσεως στρέφομεν τὴν πυξίδα ἐγκλίσεως, μέχρις ὅτου τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατακορύφου γωνιομετρικοῦ κύκλου συμπίσῃ μὲ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν τοῦ τόπου (*), ὁπότε ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης μετὰ τῆς ὀριζοντίας διαμέτρου τοῦ κατακορύφου κύκλου, εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἐγκλίσεως.



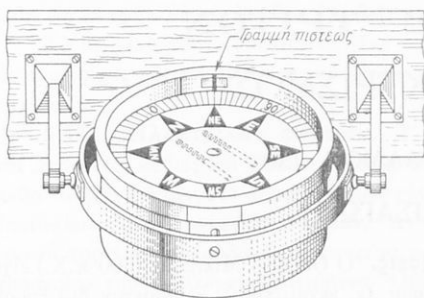
Σχ. 164. Πυξὶς ἐγκλίσεως

§ 140. Ναυτικὴ πυξίς. Τὴν ἰδιότητα, τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελόνη νὰ προσανατολίζεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γήϊνου μαγνητικοῦ πεδίου, ἐκμεταλλεύομεθα πρὸς κατασκευὴν τῶν *μαγνητικῶν πυξίδων*. Αὗται χρησιμοποιοῦνται ὑπὸ τῶν πεζο-

(*) Ὁνομάζομεν *μαγνητικὸν μεσημβρινὸν* ἐνὸς τόπου τὸ κατακόρυφον ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον καθορίζεται ἐκ τῆς κατακορύφου τοῦ τόπου καὶ τῆς διεύθυνσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ γήϊνου μαγνητικοῦ πεδίου (βλ. καὶ σχ. 163).

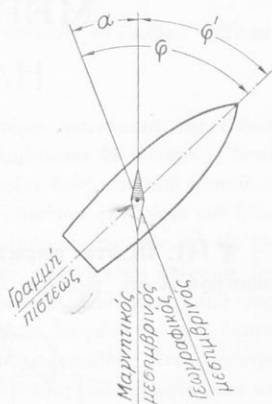
πόρων, αεροπόρων, ναυτιλομένων κ.λ. διὰ τὸν προσανατολισμόν των.

Ἡ **ναυτική πυξίς** (σχ. 165) ἀποτελεῖται ἐκ μαγνητικῆς βελόνης, ἥ ὁποία τοποθετεῖται ἐντὸς χαλκίνης θήκης, στερεωμένης κατὰ τοιοῦτον τρό-



Σχ. 165. Ναυτική πυξίς.

πον, ὥστε νὰ διατηρῇται πάντοτε ὀριζοντία, παρὰ τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ πλοίου. Ἐπὶ τῆς βελόνης στερεοῦται γωνιομετρικὸς κύκλος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἔχουν σημειωθῇ τὰ σημεῖα τοῦ ὀρίζοντος (*ἀνεμολόγιον*). Ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ τοιχώματος τῆς θήκης εἶναι χαραγμένη μία γραμμὴ, ἥ ὁποία συμπίπτει μὲ τὸν διαμήκη ἄξονα τοῦ πλοίου καὶ καλεῖται **γραμμὴ πίστεως** τοῦ πλοίου. Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, στρέφεται καὶ ἡ γραμμὴ πίστεως, ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ὅμως, διατηρεῖ τὴν διεύθυνσίν της ἀμετάβλητον.



Σχ. 166.

Ὁ πλοίαρχος διὰ ν' ἀποφασίσῃ τὴν πορείαν τοῦ σκάφους, καθορίζει, πρῶτον, ἐπὶ ναυτικοῦ χάρτου τὴν γωνίαν φ (σχ. 166) μεταξὺ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς διεύθυνσεως, τὴν ὁποίαν πρόκειται ν' ἀκολουθήσῃ τὸ πλοῖον. Τὴν γωνίαν ταύτην διορθώνει κατὰ τὴν γωνίαν ἀποκλίσεως α , καθοριζομένης, οὕτω, μίᾳ νέας γωνίας φ' . (Ἐπειδὴ ἡ ἀπόκλισις εἰς τὴν Ἑλλάδα εἶναι μικρά—μικροτέρα τῶν 2° —ἡ διόρθωσις αὕτη δὲν εἶναι ἀναγκαία). Ἀκολουθῶν, διὰ τοῦ πηδαλίου, στρέφει τὸ πλοῖον μέχρις ὅτου ἡ γραμμὴ πίστεως σχηματίσῃ μετὰ τοῦ βορρᾶ τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος τὴν καθορισθεῖσαν γωνίαν φ' . Ἡ γωνία αὕτη, διατηρουμένη πλέον σταθερά, ρυθμίζει τὴν πορείαν τοῦ πλοίου.

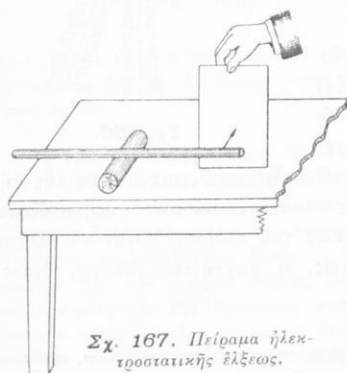
ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΔ'

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

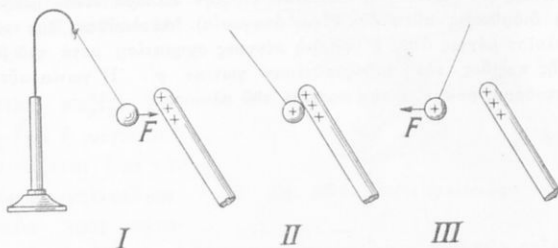
§ 141. Πρώται παρατηρήσεις. Ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος (600 π.Χ.) εἶχε παρατηρήσει ὅτι τεμάχιον ἡλέκτρον (κ. κεχριμπάρι), τριβόμενον διὰ ξηροῦ ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ἰδιότητα νὰ ἔλκη ἐλαφρὰ ἀντικείμενα, π.χ., μικρὰ πετρά, μικρὰ τεμάχια χάρτου κ.λ. Τὸ πείραμα τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπαναλάβωμεν καὶ μεῖ ἄλλα, ἐκτὸς τοῦ ἡλέκτρον, ὑλικά, ὅπως μεῖ ὕαλον, ἑβονίτην, ἱσπανικὸν κηρὸν (κ. βουλοκέρι) κ.λ.



Σχ. 167. Πείραμα ἡλεκτροστατικής ἐλξεως.

Ἀπλούστατον πείραμα εἶναι καὶ τὸ ἑξῆς: Ἐπὶ κυλίνδρον στηριζόμενον ὀριζοντίως (ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 167) ἐλαφρὰν ξυλίνην ράβδον. Ἀκολουθῶς, λαμβάνομεν φύλλον χάρτου, τὸ ὁποῖον, ἀφοῦ θερμάνωμεν εἰς φλόγα διὰ νὰ ξηρανθῇ ἐντελῶς, φέρομεν

ὑπὸ τὴν μασχάλην μας καὶ τὸ τρίβομεν μερικὰς φορὰς ἐπὶ τοῦ ὑφάσματος τοῦ (μαλλίνου) ἐπενδύτου μας. Πλησιάζομεν, κατόπιν, τὸ φύλλον τοῦτο εἰς τὴν ράβδον καὶ παρατηροῦμεν ἔλξιν αὐτῆς.



Σχ. 168. Ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμές.

Τ' ἀνωτέρω περιγραφέντα φαινόμενα διερευνῶνται καλλίτερον δι' ὀργάνων, καλουμένων **ἡλεκτροσκοπίων**, τὸ ἀπλούστερον τῶν ὁποίων εἶναι τὸ **ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμές** (σχ. 168). Τοῦτο ἀποτελεῖται

Ψηφιοποιήθηκε ἀπὸ τὸ Ἰνστιτούτο Εκπαιδευτικῆς Πολιτικῆς

ἐξ ἐλαφροῦ σώματος (π.χ., σφαιρίδιον ἐκ φελλοῦ, πτερὸν κ.λ.), ἐξηρημένου διὰ μεταξίνου νήματος. Ἐάν τρίψωμεν διὰ ξηροῦ ὑφάσματος μίαν ὑαλίνην ράβδον καί, ἀκολουθῶς, πλησιάσωμεν αὐτὴν εἰς τὸ ἐκκρεμές, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, κατ' ἀρχάς, τὸ σφαιρίδιον ἔλκεται ὑπὸ τῆς ράβδου (I), ἐὰν δὲ ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μὲ αὐτὴν (II), ἀπωθεῖται (III).

Τὸ πείραμα τοῦτο δύναται νὰ γίνῃ καὶ μὲ κτένιον, τὸ ὁποῖον τρίβομεν εἰς τὰς τρίχας τῆς κεφαλῆς μας.

§ 142. Ἡλεκτρικὸν φορτίον. Τ' ἀνωτέρω φαινόμενα τῆς ἑλξεως καὶ ἀπώσεως, καθὼς καὶ ἄλλα, τὰ ὁποῖα θὰ γνωρίσωμεν ἐν συνεχείᾳ, δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν, ἐὰν παραδεχθῶμεν τὴν ὑπαρξιν ἐνὸς φυσικοῦ ποσοῦ, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν *ἡλεκτρικὸν φορτίον*. Ἄν καὶ ἀγνοοῦμεν τὴν φύσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου, δυνάμεθα, ἐν τούτοις, νὰ περιγράψωμεν, ἀκριβῶς, τὰ εἰς τὴν παρουσίαν του ὀφειλόμενα φαινόμενα. Οὕτω, τὸ περιγραφέν πείραμα διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς ἐξηγεῖται, διὰ τῆς παραδοχῆς τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου, ὡς ἑξῆς: Διὰ τῆς τριβῆς τῆς ὑαλίνης ράβδου ἀνεφάνη ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς ἡλεκτρικὸν φορτίον (ὁπότε λέγομεν ὅτι ἡ ράβδος εἶναι *ἡλεκτρικῶς φορτισμένη*), τὸ ὁποῖον, διὰ λόγους, τοὺς ὁποίους θὰ γνωρίσωμεν κατωτέρω (*), ἔλκει τὸ σφαιρίδιον. Εὐθὺς ὡς τὸ σφαιρίδιον ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν μετὰ τῆς ράβδου, παραλαμβάνει ἐξ αὐτῆς μερικὰ ἐκ τῶν φορτίων τῆς καὶ οὕτω, εἶναι, τώρα, καὶ αὐτὸ φορτισμένον, ὅπως ἡ ράβδος. Μεταξὺ τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου τῆς ράβδου καὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου τοῦ σφαιριδίου ἐμφανίζεται μία δύναμις, ἡ ὁποία, ἐν προκειμένῳ, εἶναι ἀπωστική.

Ἐάν, ἀντὶ ὑαλίνης ράβδου, χρησιμοποιήσωμεν ράβδον ἐξ *ἐβονίτου* (**) καὶ ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ αὐτά, ἀκριβῶς, φαινόμενα.

§ 143. Εἶδη ἡλεκτρικῶν φορτίων. Εἰς τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν πείραμα εἶδομεν ὅτι, εὐθὺς ὡς τὸ σφαιρίδιον ἐγγίσῃ τὴν φορτισμένην ὑαλίνην ράβδον, παραλαμβάνει μερικὰ ἐκ τῶν φορτίων τῆς (ὁπότε φορτίζεται μὲ ἡλεκτρικὰ φορτία, ὅμοια μὲ τὰ φορτία τῆς ράβδου), καί, ἐν συνεχείᾳ, ἀπώθειται ὑπ' αὐτῆς. Ἐάν ἀπομακρύνωμεν τὴν ὑαλίνην ράβδον, τὸ σφαιρίδιον παύει ν' ἀπωθῆται καί, ὡς ἐκ τούτου, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν θέσιν τῆς ἰσορροπίας του, ἐνῶ διατηρεῖ τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον ἔλαβε. Λαμβάνομεν, ἀκολουθῶς, ράβδον ἐξ ἐβονίτου καί, ἀφοῦ τὴν τρίψωμεν, πλησιάζομεν αὐτὴν εἰς τὸ φορτισμένον σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σφαιρίδιον ἔλκεται ὑπὸ τῆς φορτισμένης ράβδου τοῦ ἐβονίτου. Ἐκ

(*) Ἡ ἑλξις τοῦ μὴ φορτισμένου σφαιριδίου ὑπὸ τῶν φορτίων τῆς ράβδου ὀφείλεται εἰς τὴν *ἡλεκτρίσιν ἐξ ἐπιδράσεως* (§ 184).

(**) Ὁ ἐβονίτης εἶναι σκληρὸν μέλαν μονωτικὸν ὕλικόν, προερχόμενον ἐκ θειώσεως τοῦ καουτσούκ.

τοῦ πειράματος τούτου, καθὼς καὶ ἐκ πολλῶν ἄλλων ἀναλόγων, συνάγεται ὅτι μεταξὺ τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων ἐμφανίζονται ἄλλοτε ἐλκτικαὶ καὶ ἄλλοτε ἀπωστικαὶ δυνάμεις. Τὸ φαινόμενον τοῦτο μᾶς ἀναγκάζει νὰ δεχθῶμεν ὅτι τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία εἶναι δύο εἰδῶν: τὸ ἐν εἶδος καλοῦμεν **θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον** (+ q), τὸ δὲ ἄλλο **ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον** (− q) (*).

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων προκύπτει ὅτι τὰ ἑτερόνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία ἔλκονται, ἐνῶ τὰ ὁμώνυμα ἀπωθοῦνται.

§ 144. Νόμος τοῦ Coulomb. Ἡ δύναμις F (ἔλξεις ἢ ἀπωσις), ἡ ὁποία ἐξασκῆται μεταξὺ δύο ἡλεκτρικῶν φορτίων q_1 καὶ q_2 , τὰ ὁποία ἀπέχουν μεταξὺ των κατὰ τὴν ἀπόστασιν r , δίδεται ὑπὸ τοῦ **νόμου τοῦ Coulomb**, συμφώνως πρὸς τὸν ὁποῖον, ἡ δύναμις αὕτη εἶναι ἀνάλογος τῶν δύο φορτίων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν. Ὅτιοι εἶναι

$F = \text{σταθ.} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$	Νόμος τοῦ Coulomb εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν
--	--

Ἡ σταθερὰ τοῦ τύπου τούτου ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων.

§ 145. Συστήματα μονάδων, χρησιμοποιούμενα εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν. Εἰς τὸν Ἡλεκτρισμὸν χρησιμοποιοῦνται διάφορα συστήματα μονάδων. Ἐξ αὐτῶν ἀναφέρομεν ἐναυθὰ 1) τὸ ἡλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων καὶ 2) τὸ πρακτικὸν σύστημα.

Τρίτον σύστημα μονάδων—τὸ **ἡλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων**—θὰ γνωρίσωμεν ἀργότερον.

Εἰς τὰ κατωτέρω θὰ περιορισθῶμεν, κυρίως, εἰς τὴν ἐξέτασιν τῶν μονάδων τοῦ Πρακτικοῦ συστήματος.

1) **Ἡλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων.** Ἐάν τὴν σταθερὰν τοῦ νόμου τοῦ Coulomb θέσωμεν ἴσην πρὸς 1 καὶ χρησιμοποιήσωμεν ὡς μονάδας δυνάμεως καὶ ἀποστάσεως τὰς ἀντιστοιχούς τοῦ συστήματος C.G.S.—δηλ., τὴν *δύνην* καὶ τὸ *ἑκατοστόμετρον*—δυνάμεθα νὰ ὀρίσωμεν τὴν μονάδα τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου εἰς ἓν σύστημα, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν **ἡλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων (H.S.M.)**.

Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ἡ μονὰς φορτίου καλεῖται **1 ἡλεκτροστατικὴ μονὰς φορτίου (1 H.S.M. φορτίου)** καὶ ὀρίζεται, βάσει τοῦ νόμου τοῦ Coulomb, ὡς τὸ φορτίον ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖον, εὗρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἴσου φορτίου καὶ ἐντὸς τοῦ κενοῦ, ἐξασκᾷ ἐπ' αὐτοῦ δύναμιν, ἴσην πρὸς μίαν *δύνην*.

(*) Θετικὸν καλοῦμεν τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται ἐπὶ ὑαλίνης ράβδου κατὰ τὴν τριβὴν αὐτῆς διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, ἐνῶ ἀρνητικὸν καλοῦμεν τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται ἐπὶ ράβδου ἐξ ἐβονίτου κατὰ τὴν τριβὴν αὐτῆς, ὁμοίως, διὰ μαλλίνου ὑφάσματος.

2) **Πρακτικὸν σύστημα μονάδων.** Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο ἀνήκουν ὅλαι αἱ μονάδες, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν πράξιν. Αἱ πρακτικαὶ μονάδες συνδέονται, βεβαίως, μετὰ τῶν ἀντιστοίχων μονάδων τοῦ ἡλεκτροστατικού συστήματος δι' ὠρισμένων σχέσεων.

Πρακτικὴ μονὰς ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Ἡ πρακτικὴ μονὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου καλεῖται **1 Coulomb (1 Cb = 1 Κουλόμπ)** (*).

Εἰς τὸ Πρακτικὸν σύστημα ἡ σταθερὰ τοῦ νόμου τοῦ Coulomb εἶναι ἀρκετὰ πολὺπλοκος καὶ διὰ τοῦτο δὲν ἐνδείκνυται νὰ λύωνται σχετικὰ προβλήματα εἰς τὸ σύστημα τοῦτο. Ὅταν, λοιπόν, τὰ φορτία μᾶς δίδονται εἰς πρακτικὰς μονάδας καὶ θέλωμεν νὰ ἐφαρμόσωμεν τὸν νόμον τοῦ Coulomb, τὸ ἀπλούστερον εἶναι νὰ μετατρέψωμεν πρῶτον αὐτὰς εἰς ἡλεκτροστατικὰς μονάδας καί, κατόπιν, νὰ ἐφαρμόσωμεν τὸν νόμον τοῦ Coulomb ὑπὸ τὴν μορφήν

$$F = \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

ὑπὸ τὴν ὁποίαν παρουσιάζεται οὗτος εἰς τὸ ἡλεκτροστατικὸν σύστημα, εἰς τὸ ὁποῖον, ὡς ἐλέχθη, ἡ σταθερὰ λαμβάνεται ἴση πρὸς τὴν μονάδα.

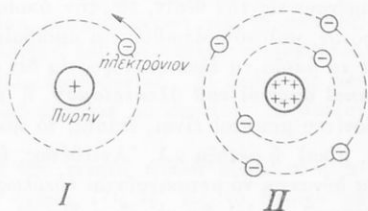
§ 146. Ἑξήγησις τῆς ἐμφανίσεως δύο εἰδῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων. Ὅπως λεπτομερέστερον θὰ γνωρίσωμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς, ἡ ὕλη συγκροτεῖται ἀπὸ **ἄτομα**. Ἐκαστον ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν **πυρῆνα** καὶ ἀπὸ τὰ περὶ αὐτὸν περιφερόμενα **ἡλεκτρόνια** (σχ. 169).

Τὸ **ἡλεκτρόνιον** εἶναι σωματίον, τὸ ὁποῖον ἔχει ὠρισμένην μᾶζαν καὶ εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένον (**). Τὸ φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι ὠρισμένον καὶ καλεῖται **στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν**

φορτίον, καθόσον εἶναι τὸ ἐλάχιστον φορτίον, τὸ ὁποῖον ὑπάρχει εἰς τὴν Φύσιν, ὅλα δὲ τὰ ἄλλα φορτία εἶναι ἀκέραια πολλαπλάσια αὐτοῦ. Τὸ στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον συμβολίζεται διὰ τοῦ συμβόλου e (***) .

Ὁ **πυρῆν** εἶναι θετικῶς φορτισμένος.

Ὑπὸ συνήθεις συνθήκας ὅλα τὰ ἄτομα ἐμφανίζονται ὡς ἡλεκτρι-



Σχ. 169. Συμβολικὴ παράστασις τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου (I) καὶ τοῦ ατόμου τοῦ ἀνθράκος (II).

(*) $1 \text{ Cb} = 3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ} \cdot \text{φορτίον}$.

(**) Ἐντελῶς ἐσφαλμένον εἶναι τὸ πολλὰκις λεγόμενον ὅτι «τὸ ἡλεκτρόνιον εἶναι τὸ ἐλάχιστον ἀρνητικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίον» ἢ ὅτι «τὸ ἡλεκτρόνιον εἶναι τὸ ἄτομον τοῦ ἡλεκτρισμοῦ».

(***) Τὸ φορτίον τοῦτο εἶναι ἴσον πρὸς $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Cb} = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ ΗΣΜ} \cdot \text{φορτίον}$.

κὼς οὐδέτερον. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ (ἀρνητικὸν) ἠλεκτρικὸν φορτίον ὅλων ὁμοῦ τῶν ἠλεκτρονίων ἐνὸς ἀτόμου εἶναι ἴσον καὶ ἀντίθετον μὲ τὸ (θετικὸν) φορτίον τοῦ πυρήνος. Κατὰ ταῦτα, ἐν ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον σῶμα θ' ἀποτελεῖται ἐξ ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον ἀτόμων. Ἐάν, τώρα, δι' οἰουδήποτε τρόπου (π.χ., διὰ τριβῆς) ἀφαιρεθοῦν μερικὰ ἠλεκτρόνια ἐκ τοῦ σώματος τούτου καὶ μεταβιβασθοῦν εἰς ἄλλο, τὸ μὲν πρῶτον σῶμα θὰ ἔχῃ ὀλιγότερα ἠλεκτρόνια τῶν ὅσων ἀπαιτοῦνται διὰ νὰ εἶναι οὐδέτερον—θὰ εἶναι, συνεπῶς, θετικῶς φορτισμένον—ἐνῶ τὸ ἄλλο θὰ ἔχῃ περισσότερα ἠλεκτρόνια καί, ὥς ἐκ τούτου, θὰ ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς φορτισμένον.

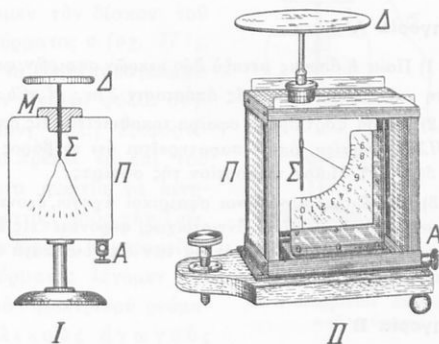
Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου. Ἐκ τοῦ περιγραφέντος μηχανισμοῦ τῆς φορτίσεως τῶν σωμάτων συνάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ ἐπὶ τινος σώματος (π.χ., μιᾶς ὑαλίνης ράβδου) ἐμφανιζόμενον θετικὸν φορτίον θὰ εἶναι, ἀκριβῶς, ἴσον πρὸς τὸ ἀρνητικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται ἐπὶ τοῦ ἄλλου σώματος (τοῦ μαλλίνου ὑφάσματος, διὰ τοῦ ὁποίου τρίβομεν τὴν ράβδον). Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία διαχωρίζονται καὶ ἀφίηνουν δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἴσα, ἀλλ' ἀντίθετα φορτία, εἶναι γενικὸν καὶ ἀποτελεῖ τὴν *ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου*.

§ 147. Κακοὶ καὶ καλοὶ ἄγωγοι τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Τὰ φορτία, τὰ ὁποῖα, διὰ τῆς τριβῆς, ἐμφανίζονται ἐπὶ τῆς ὑάλου (ἢ τοῦ ἐβονίτου), παραμένουν εἰς τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνεφάνησαν ἐπὶ πολύν, σχετικῶς, χρόνον, μολονότι ἀπωθοῦνται ἀμοιβαίως. Τὰ ὑλικά ταῦτα (ὑἶλος, ἐβονίτης), εἰς τὰ ὁποῖα τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία δὲν δύνανται νὰ μετακινοῦνται, καλοῦνται **κακοὶ ἄγωγοι τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ μονωταί**. Ἐκτὸς τῆς ὑάλου καὶ τοῦ ἐβονίτου μονωταὶ εἶναι, ἐπίσης, τὸ ἥλεκτρον, ἡ πορσελάνη, ὁ μαρμαρυγίας (κ. μίκα), ἡ μέταξα κ.λ. Ἀντιθέτως, ὑλικά, εἰς τὰ ὁποῖα τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία δύνανται νὰ μετακινοῦνται εὐκόλως, καλοῦνται **καλοὶ ἄγωγοι τοῦ ἠλεκτρισμοῦ**. Καλοὶ ἄγωγοι εἶναι ὅλα τὰ μέταλλα, ἀλλὰ καὶ ἄλλα ὑλικά, ὅπως ὁ ἀνθραξ, τὸ ἀνθρώπινον σῶμα κ.λ. Ἐπίσης, τὰ ὑγρά διαλύματα, τὰ ὁποῖα καλοῦμεν *ἠλεκτρολύτας* (βλ. κατωτέρω, § 248) καθὼς καὶ τὰ διάφορα ἄερια ὑφ' ὥρισμένης συνθήκας, τὰς ὁποίας θὰ γνωρίσωμεν εἰς εἰδικὸν κεφάλαιον, συμπεριφέρονται ὡς καλοὶ ἄγωγοι τοῦ ἠλεκτρισμοῦ.

Εἰς τοὺς καλοὺς ἄγωγους τὰ φορτία κινοῦνται ἐλευθέρως. Συνεπῶς, ἐάν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα τῆς § 141, τρίβοντες ράβδον ὅχι ἐξ ἐβονίτου, ἀλλὰ ἐξ οἰουδήποτε μετάλλου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ μεταλλίνη ράβδος δὲν ἔλκει τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὰ κατὰ τὴν τριβὴν ἐπὶ τῆς μεταλλίνης ράβδου ἐμφανιζόμενα ἠλεκτρικὰ φορτία δὲν παραμένουν εἰς τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνεφάνησαν, ἀλλὰ, διὰ μέσου τοῦ σώματός μας, διοχετεύονται εἰς τὴν Γῆν. Ἀντιθέτως, τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει, ἐάν προσαρμόσωμεν εἰς τὸ ἐν ἄκρον τῆς μεταλλίνης ράβδου λαβὴν ἐκ τινος μονωτικοῦ ὕλικου καὶ κρατήσωμεν τὴν ράβδον διὰ τῆς λαβῆς.

§ 148. Ἠλεκτροσκόπιον. Τὸ *ἠλεκτροσκόπιον* εἶναι ὄργανον, διὰ

τοῦ ὁποίου ἐκτελοῦμεν πλεῖστα πειράματα. Τοῦτο ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ μεταλλίνου περιβλήματος Π (σχ. 170, I), εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ὁποίου ὑπάρχει τὸ μετάλλινον στέλεχος Σ , μονωμένον ἐκ τοῦ μεταλλίνου περιβλήματος διὰ τοῦ μονωτοῦ M . Εἰς τὸ κάτω ἄκρον τοῦ στελέχους ἑξαρτῶνται δύο ἐλαφρὰ μεταλλίνα φύλλα (π.χ., ἐξ ἀργιλίου), τὰ ὁποῖα, ἐφ' ὅσον τὸ ἡλεκτροσκόπιον εἶναι ἀφόρτιστον, ἐφάπτονται μεταξύ των. Τὸ στέλεχος εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον καταλήγει, συνήθως, εἰς δίσκον Δ . Ἐπὶ τοῦ μεταλλίνου περιβλήματος ὑπάρχει καὶ ὁ ἀκροδέκτης A , τὸν ὁποῖον συνδέομεν, κατὰ τὰ διάφορα πειράματα, δι' ἑνὸς σύρματος μετὰ τὴν $\Gamma\eta\eta$ καί, οὕτω, τὸ περιβλήμα προσγειώνεται. Ὅταν φέρωμεν εἰς ἐπαφὴν μετὰ τὸν δίσκον ἓν φορτισμένον σῶμα (π.χ., μίαν θετικῶς φορτισμένην ὑαλινὴν ράβδον), μερικὰ (θετικὰ) φορτία τῆς ράβδου μεταβιβάζονται εἰς τὸ στέλεχος καὶ ἐκ τούτου εἰς τὰ φύλλα. Ἀφοῦ, λοιπόν, ἐπὶ τῶν φύλλων εὐρίσκονται, τώρα, ὁμώνυμα φορτία (θετικά), τὰ φύλλα ἀπωθοῦνται. Ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλύτερον τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον φέρουν.



Σχ. 170. Ἡλεκτροσκόπια. (I) Μετὰ δύο κινητὰ φύλλα. (II) Μετὰ ἓν κινητὸν φύλλον.

Παραλλαγή τοῦ ἡλεκτροσκοπίου μετὰ δύο κινητὰ φύλλα εἶναι τὸ ἡλεκτροσκόπιον, τὸ ἀπεικονιζόμενον εἰς τὸ σχῆμα 170, II, εἰς τὸ ὁποῖον τὸ μονωμένον στέλεχος Σ φέρει ἐξηρησμένον πλευρικῶς ἓν μόνον κινητὸν φύλλον (*).

Ἐκφόρτισις ἡλεκτροσκοπίου. Ἐφ' ὅσον ἡ μόνωσις τοῦ στελέχους εἶναι καλὴ καὶ τὸ περιβάλλον ἀπηλλαγμένον ὑγρασίας, ἓν φορτισμένον ἡλεκτροσκόπιον διατηρεῖ τὸ φορτίον του ἐπὶ πολὺν, σχετικῶς, χρόνον. Ἐάν θέλωμεν νὰ ἐκφορτίσωμεν ἓν φορτισμένον ἡλεκτροσκόπιον, πρέπει νὰ φέρωμεν τὸν δίσκον Δ εἰς συγκοινωνίαν μετὰ τὴν $\Gamma\eta\eta$. Πρὸς τοῦτο, ἀρκεῖ νὰ ἐγγίσωμεν αὐτὸν διὰ τοῦ δακτύλου, ὅποτε τὰ φορτία διοχετεύονται, διὰ μέσου τοῦ σώματός μας, πρὸς τὴν $\Gamma\eta\eta$.

(*) Εἰς τὸ σχῆμα 170, II οἱ ἀριθμοὶ τῆς κλίμακος ἔχουν γραφῇ ἀνεστραμμένον. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι, συνήθως, ἡ κλίμαξ τοῦ ὄργάνου προβάλλεται διὰ φακοῦ.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

- 1) Ποία ἡ ἄπωση μεταξὺ δύο μικρῶν σφαιρῶν, φορτισμένων μὲ φορτίον $400 \mu\text{Cb}$ ἐκάστη καὶ εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν 2 m ; ($1 \mu\text{Cb} = 10^{-6} \text{ Cb}$) (ΑΠ: $36,7 \text{ kg}^*$)
- 2) Μικρὰ φορτισμένη σφαῖρα τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἄνωθεν φορτίου $100 \text{ ΗΣΜ} \cdot \text{φορτίου}$, ὅποτε παρατηρεῖται ὅτι τὸ βάρος τῆς φαινομενικῶς αὐξάνεται κατὰ 50 mgr^* . Ποῖον τὸ φορτίον τῆς σφαίρας; (ΑΠ: $4,4 \text{ ΗΣΜ} \cdot \text{φορτίου}$)
- 3) Δύο ὅμοιοι μονωμένοι σφαιρικοὶ ἀγωγοί, ἔχοντες φορτία $+30 \text{ ΗΣΜ} \cdot \text{φορτίου}$ καὶ $-10 \text{ ΗΣΜ} \cdot \text{φορτίου}$ ἀντιστοίχως, φέρονται εἰς ἐπαφὴν καὶ ἀκολούθως ἀπομακρύνονται, μέχρις ὅτου τὰ κέντρα τῶν ἀπέχουν κατὰ 5 cm . Ποία ἡ μεταξὺ τῶν ἐξασκουμένη δύναμις; (ΑΠ: 4 dyn)

Κατηγορία Β'

- 1) Ποία ἡ ἄπωση μεταξὺ δύο ἡλεκτρονίων, εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν $1 \text{ \AA}$; (ΑΠ: $2,3 \cdot 10^{-8} \text{ dyn}$)
- 2) Ποία δύναμις ἐξασκεῖται μεταξὺ ἐνὸς θετικοῦ ἰόντος Na^+ καὶ ἐνὸς ἀρνητικοῦ ἰόντος χλωρίου Cl^- , εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν $2,8 \text{ \AA}$; (ΑΠ: $2,9 \cdot 10^{-4} \text{ dyn}$)
- 3) Δύο σημειακὰ φορτία $+q$ καὶ $+2q$ εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 15 cm . Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις μεταξὺ αὐτῶν, εἰς τὴν ὁποίαν, τιθέμενον ἓν ἄλλο σημειακὸν φορτίον q' , νὰ εὐρίσκεται ἐν ἰσορροπίᾳ. (ΑΠ: $6,21 \text{ cm}$ ἀπὸ τοῦ φορτίου q)
- 4) Ἡ ἀκτίς τῆς τροχιάς τοῦ ἡλεκτρονίου τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου εἶναι ἴση πρὸς $5,28 \cdot 10^{-9} \text{ cm}$. Ποία ἡ δύναμις, τὴν ὁποίαν ἐξασκεῖ ὁ πυρὴν ἐπὶ τοῦ ἡλεκτρονίου; (ΑΠ: $8,26 \cdot 10^{-8} \text{ dyn}$)
- 5) Δύο ἐλαφραὶ ξύλινα σφαῖραι, ἐκάστης τῶν ὁποίων ἡ μᾶζα εἶναι ἴση πρὸς $0,5 \text{ gr}$, ἐξαρτῶνται ἐκ τοῦ αὐτοῦ σημείου διὰ νημάτων, μήκους 20 cm . Ἴσα ὁμῶς φορτία φέρονται ἐφ' ἐκάστης τῶν σφαιρῶν, μέχρις ὅτου τὰ δύο νήματα σχηματίσουν γωνίαν 30° . Ζητεῖται νὰ εὐρεθῇ τὸ φορτίον ἐκάστης τῶν δύο σφαιρῶν. (ΑΠ: $118,6 \text{ ΗΣΜ} \cdot \text{φορτίου}$)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΕ'

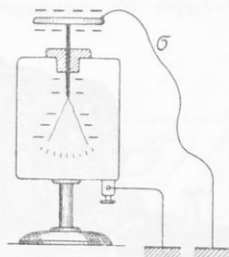
ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ

§ 149. Τὰ κινούμενα ἡλεκτρικὰ φορτία ὡς αἷτιον τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὰ ἀνωτέρω ἐξητάσαμεν ὠρισμένα φαινόμενα, ὀφειλόμενα εἰς ἀκίνητα ἡλεκτρικὰ φορτία. Εἰς τὰ κατωτέρω θ' ἀσχοληθῶμεν μὲ φαινόμενα, ὀφειλόμενα εἰς κινούμενα ἡλεκτρικὰ φορτία.

Τὴν κίνησιν ἡλεκτρικῶν φορτίων, ἐν γένει, καλοῦμεν *ἡλεκτρικὸν ρεῦμα*.

Θεωρήσωμεν ἡλεκτροσκόπιον, τὸ ὁποῖον φορτίζομεν κατὰ τὸν τρόπον,

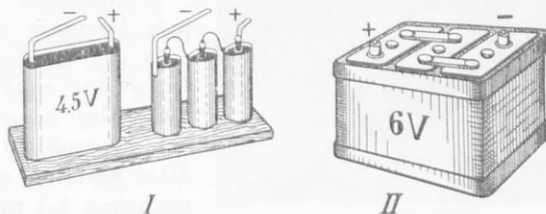
τὸν περιγραφέντα εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ὁπότε τὰ φύλλα ἀπωθοῦνται καὶ δεικνύουν μίαν ὠρισμένην ἀπόκλινσιν. Ἐάν, τώρα, συνδέσωμεν τὸν δίσκον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου δι' ἑνὸς σύρματος σ (σχ. 171), τοῦ ὁποίου τὸ ἄλλο ἄκρον νὰ εἶναι προσγειωμένον (*), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὰ φύλλα συγκλίνουν - τὸ ἠλεκτροσκοπίον, δηλ., ἐξεφορτίσθη. Διὰ νὰ συμβῇ τοῦτο πρέπει τὰ ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροσκοπίου εὐρισκόμενα φορτία νὰ κινηθῶν, διὰ μέσου τοῦ σύρματος, πρὸς τὴν Γῆν. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως τῶν φορτίων αὐτῶν διὰ μέσου τοῦ σύρματος λέγομεν ὅτι τὸ σύρμα διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὀφείλεται εἰς τὴν κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων (βλ. κατωτέρω § 184).



Σχ. 171. Ὄταν τὸ ἠλεκτροσκοπίον ἐκφορτίζεται, τὸ σύρμα σ διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

§ 150. 'Ηλεκτρικαὶ πηγαί. Διὰ τὴν δημιουργίαν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιοῦμεν τὰς *ἠλεκτρικὰς πηγὰς*. Ὡς τοιαύτας χρησιμοποιοῦμεν, ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως, τὰς ἠλεκτρικὰς στήλας, τοὺς συσσωρευτὰς καὶ τὰς ἠλεκτρικὰς γεννήτριάς.

Ἡ ἠλεκτρικὴ στήλη τοῦ σχήματος 172, I ἀποτελεῖται ἐκ 3 ἠλεκτρικῶν



Σχ. 172. 'Ηλεκτρικὴ στήλη (I). Συσσωρευτῆς (II).

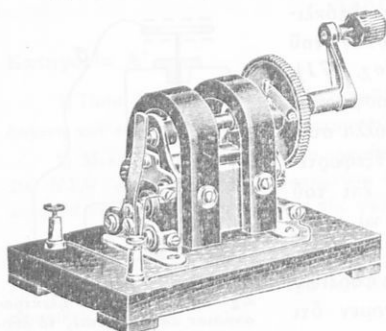
στοιχείων καὶ χρησιμοποιεῖται εἰς τοὺς φανοὺς τῆς τσέπης κ.λ.

Οἱ συσσωρευταὶ (κ. μπαταρίες - σχ. 172, II) χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, τὰ ὑποβρύχια, διὰ τὴν τροφοδότησιν ραδιοφῶνων κ.λ.

Αἱ ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι, τέλος, εἶναι αἱ πηγαί, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται διὰ νὰ τροφοδοτοῦν δι' ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὰ ἠλεκτρικὰ δίκτυα τῶν πόλεων διὰ φωτισμόν, θέρμανσιν, κίνησιν κ.λ. Τὸ σχῆμα 173 παριστᾷ μικρὰν χειροκίνητον γεννήτριαν, χρησιμοποιουμένην διὰ διδακτικὸς σκοποῦς.

(*) Νὰ εἶναι, π.χ., συνδεδεμένον μὲ σωλῆνα τοῦ δικτύου ὑδρεύσεως.

Εἰς τὰ οἰκεία κεφάλαια θὰ περιγραφῇ ἡ λειτουργία ἐκάστης ἐκ τῶν ἀνωτέρω ἡλεκτρικῶν πηγῶν.



Σχ. 173. Ἡλεκτρικὴ γεννήτρια (χειροκίνητος).

Εἰς τὰ διάφορα σχεδιαγράμματα αἱ ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ συμβολίζονται διὰ τοῦ συμβόλου, τὸ ὁποῖον παριστᾷ τὸ σχῆμα 174.

Ἐντὸς τῶν οἰκίων μας χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἡλεκτρικὴν πηγὴν τοὺς ρευματοδότες (κ. πρό-



Σχ. 174. Συμβολικὴ παράστασις ἡλεκτρικῶν πηγῶν.

ζες· σχ. 175). Πρέπει, ὅμως, νὰ ἐπιστήσωμεν τὴν προσοχήν μας εἰς τὸ ὅτι οἱ ρευματοδότες οὗτοι δὲν εἶναι κατάλληλοι διὰ τὰ κατωτέρω περι-



Σχ. 175. Ρευματοδότης καὶ ρευματολήπτης.

γραφόμενα πειράματα, διὰ διαφόρους λόγους, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ κυριώτερος εἶναι ὁ κίνδυνος ἡλεκτροπληξίας!

Ὅνομάζομεν πόλους μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς τὰ ἄκρα δύο ἀγωγῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἰς καλεῖται θετικὸς πόλος καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ συμβόλου +, ὁ δὲ ἄλλος ἀρνητικὸς πόλος καὶ σημειοῦται διὰ τοῦ συμβόλου —. Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς πόλους μιᾶς ἡλεκτρικῆς

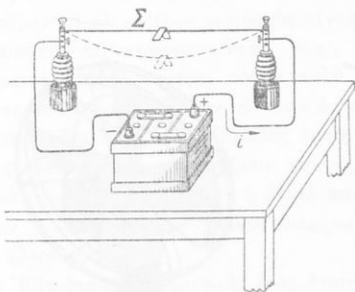
πηγῆς δι' ἑνὸς σύρματος, τὸ σύρμα τοῦτο θὰ διαρρέεται, διαρκῶς, ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Εἰς τοὺς πόλους τῶν ρευματοδοτῶν τῶν οἰκίων δὲν διακρίνομεν θετικὸν καὶ ἀρνητικὸν πόλον, διότι οἱ πόλοι διαρκῶς ἐναλλάσσονται· δηλ., ἕκαστος ἐξ αὐτῶν γίνεται, διαδοχικῶς, ἀρνητικὸς καὶ θετικὸς. Τὰ ὑπὸ τοιούτων πηγῶν παραγόμενα ρεύματα θὰ γνωρίσωμεν κατωτέρω εἰς τὸ κεφάλαιον τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων.

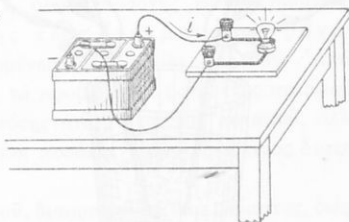
§ 151. Ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐκ τῶν γνωστοτέρων ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἀναφέρομεν τὰ ἑξῆς:

1) Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, διαρρέον ἕνα ἀγωγόν, τὸν

θερμαίνει (σχ. 176). Οὕτω, ἐὰν συνδέσωμεν μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν μὲ τὸ ἡλεκτρικὸν δίκτυον τῆς πόλεως, ἡ θερμάστρα θὰ θερμανθῇ.



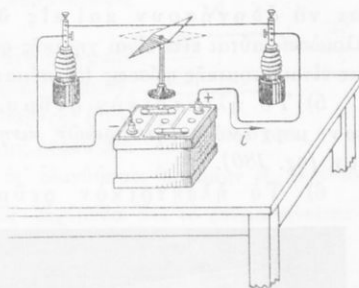
Σχ. 176. Τὸ σιδηροῦν σύρμα Σ, διαρροόμενον ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, θερμαίνεται, ὅπως ἀποδεικνύεται ἐκ τῆς διαστολῆς, τὴν ὁποίαν τοῦτο ὑφίσταται.



Σχ. 177. Τὸ σύρμα τοῦ ἡλεκτρικοῦ λαμπτήρος, διαρροόμενον ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, θερμαίνεται καὶ φωτοβολεῖ.

Ὅμοίως, ὅταν ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ πυρακτώσεως συνδεθῇ μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς (σχ. 177), διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ φωτοβολεῖ, διότι τὸ σύρμα τοῦ λαμπτήρος θερμαίνεται εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν.

2) Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίον. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος: Ἄνωθεν μαγνητικῆς βελόνης, στρεπτῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 178), φέρομεν ἄγωγόν, οὕτως ὥστε ἡ διεύθυνσίς του νὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς βελόνης. Ἄν, ἀκολουθῶς, διαβιβάσωμεν ρεῦμα διὰ τοῦ ἄγωγου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐκτρέπεται τῆς ἀρχικῆς τῆς διευθύνσεως καὶ τείνει νὰ γίνῃ κάθετος ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἄγωγου. Τοῦτο σημαίνει ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ διαρρέον τὸν ἄγωγόν, σχηματίζει περὶ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ἀναγκάζει τὴν μαγνητικὴν βελόνην νὰ ἐκτραπῇ.



Σχ. 178. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ἐκτρέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην.

3) Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον δι' ὠρισμένων διαλυμάτων (ἡλεκτρολυτῶν-§ 248), προκαλεῖ χημικὰς ἀποσυνθέσεις (ἡλεκτρόλυσεις). Οὕτω, ἐὰν ἐντὸς ποτηρίου (σχ. 179), περιέχοντος ὀξυγενισμένον ὕδωρ (δηλ., ὕδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει μερι-

κὰς σταγόνας θεικοῦ ὀξέος) ἢ διάλυμα μαγειρικοῦ ἄλατος, ἐμβαπτίσωμεν δύο σύρματα (ἡλεκτροόδια) καὶ διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ διαλύματος ἡλεκτρικὸν



Σχ. 179. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ χημικὰς ἀποσυνθέσεις. (Τὰ δύο σύρματα ἔχουν συνδεθῇ με ἡλεκτρικὴν στήλην 4,5 V).



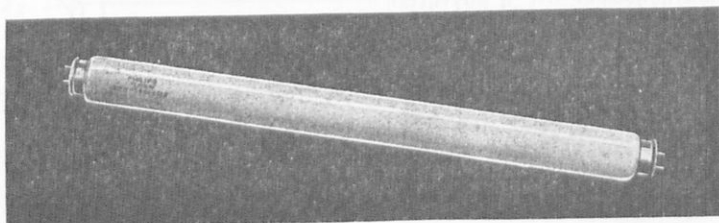
Σχ. 180. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θέτει εἰς κίνησιν τοὺς ἡλεκτρικοὺς κινητήρας.

ρεῦμα—διὰ συνδέσεως πρὸς τοὺς πόλους ἡλεκτρικῆς στήλης (4,5 V) ἢ συσσωρευτοῦ (6 V)—θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἀναπτύσσονται φυσαλίδες ἀερίων.

4) Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ σώματος τοῦ ἀνθρώπου (ἢ καὶ τῶν ζώων), προκαλεῖ ἀλλοιώσεις εἰς τὰ κύτταρα τοῦ ὁργανισμοῦ, αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ ὀδηγήσουν καὶ εἰς θάνατον (ἡλεκτροπληξία). Αἱ ἀλλοιώσεις αὗται εἴτε εἶναι χημικῆς φύσεως, ὀφειλόμεναι εἰς ἡλεκτρολύσιν, εἴτε εἶναι θερμικῆς φύσεως (ἐγκαύματα).

5) Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον διὰ καταλλήλων μηχανῶν (ἡλεκτρικῶν κινητήρων), θέτει αὐτὰς εἰς κίνησιν (σχ. 180).

6) Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον διὰ μέσου



Σχ. 181. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τῶν ἀερίων, διεγείρει αὐτὰ εἰς φωτοβολίαν.

ἡραιωμένων ἀερίων, ἀναγκάζει αὐτὰ νὰ ἐκπέμπουν φῶς

(σωλῆνες φωτεινῶν διαφημίσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ—σχ. 181—κ.λ.).

§ 152. Ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὰ προηγούμενα ὥρισamen τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ὡς κίνησιν ἡλεκτρικῶν φορτίων. Εἰς τὰς περισσοτέρας περιπτώσεις—ὅπως, π.χ., κατὰ τὴν δίοδον ρεύματος δι' ἑνὸς σύρματος—δὲν ἐνδιαφέρει τόσον πολὺ ἡ ὀλική ποσότης τῶν κινουμένων ἡλεκτρικῶν φορτίων, ὅσον ἡ ποσότης τῶν ἀνὰ μονάδα χρόνου διὰ τινος διατομῆς τοῦ σύρματος διερχομένων ἡλεκτρικῶν φορτίων. Ἀνάλογος περίπτωσις παρουσιάζεται καὶ εἰς τὰ προβλήματα ροῆς ἑνὸς ποταμοῦ, εἰς τὰ ὅποια δὲν ἐνδιαφέρει ἡ ὀλική ποσότης τοῦ ὕδατος τοῦ ποταμοῦ, ἀλλὰ μόνον ἡ ἀνὰ μονάδα χρόνου διερχομένη ποσότης ὕδατος διὰ τινος διατομῆς αὐτοῦ.

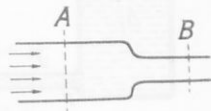
Ἐὰν διὰ τινος διατομῆς ἑνὸς ἀγωγοῦ, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, διέρχεται ἐντὸς τοῦ χρόνου t τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον q , τὸ σταθερὸν πηλίκον

$$i = \frac{q}{t} \quad (1)$$

καλεῖται **έντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος**.

Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ έντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος κατὰ μῆκος ἑνὸς ρευματοφόρου ἀγωγοῦ εἶναι παντοῦ ἡ αὐτή. Καὶ τοῦτο διότι ὅσον φορτίον διέρχεται διὰ τινος διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἐντὸς χρόνου τινός, τὸ αὐτὸ φορτίον θὰ διέλθῃ καὶ δι' οἰασδήποτε ἄλλης διατομῆς ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ χρόνου, ἐφ' ὅσον ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, οὔτε συμπίκνωσις φορτίου γίνεται, οὔτε ἀπώλεια αὐτοῦ.

Τὸ ἀνάλογον παρουσιάζεται καὶ κατὰ τὴν ροὴν ἑνὸς ὕγρου διὰ σωλῆνος (σχ. 182), εἰς τὸν ὅποιον, κατὰ τὸν νόμον τῆς συνεχείας (*), ἡ παροχὴ (δηλ. τὸ πηλίκον τοῦ διερχομένου ὄγκου τοῦ ὕγρου διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου) εἶναι ἡ αὐτὴ δι' οἰανδήποτε διατομὴν A , B αὐτοῦ.



Σχ. 182.

Φορὰ τοῦ ρεύματος. Συμβατικῶς δεχόμεθα ὅτι τὸ ρεῦμα κινεῖται ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου τῆς πηγῆς πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον αὐτῆς.

§ 153. Μονάδες έντάσεως ρεύματος. Πρακτικὸν σύστημα: Ἡ πρακτικὴ μονὰς έντάσεως ρεύματος καλεῖται **1 ἀμπέρ** ($1 \text{ Ampère} = 1 \text{ A}$) καὶ ὁρίζεται ἐκ τοῦ τύπου (1) τῆς προηγούμενης παραγράφου, ἐὰν θέσωμεν $q = 1 \text{ Cb}$ καὶ $t = 1 \text{ sec}$. Ἦτοι εἶναι

$$1 \text{ A} = \frac{1 \text{ Cb}}{1 \text{ sec}}$$

(*) Βλ. Τόμος Α', § 155.

"Ἦτοι, λέγομεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος ἓνα ἄγωγόν, εἶναι ἴση πρὸς **1 ἀμπέρ**, ὅταν, διὰ τινος διατομῆς αὐτοῦ, διέρχεται, ἐντὸς **1 sec**, ἡλεκτρικὸν φορτίον, ἴσον πρὸς **1 Coulomb**.

'Ἐκτὸς τῆς μονάδος ταύτης χρησιμοποιεῖται, συνήθως, καὶ τὸ χιλιοστὸν αὐτῆς—τὸ **1 μιλιαμπέρ (1 mA)**. "Ἦτοι εἶναι

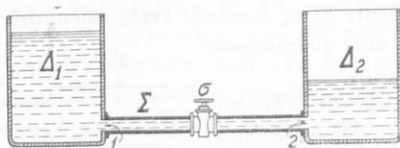
$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A.}$$

Σημείωσις. Εἰς τὴν § 199 θὰ γνωρίσωμεν καὶ ἄλλην μονάδα ἐντάσεως ρεύματος.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΤΑΣΕΩΝ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Ραδιοφωνικὴ λυχνία	20 mA
Λαμπτήρ φανοῦ τσέπης	200 mA
Λαμπτήρ φωτισμοῦ (συνήθης)	0,5 A
'Ηλεκτρικὴ κουζίνα	10 A
'Ηλεκτρικὸς τροχιόδρομος	100 A
Κεραυνὸς	20 000 A

§ 154. Διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ ἡλεκτρικὴ τάσις. 'Επειδὴ ἡ ἔννοια αὕτη εἶναι δύσκολον νὰ γίνῃ κατανοητὴ, θὰ περιγράψωμεν, πρῶτον, τὸ ἐξῆς μηχανικὸν ἀνάλογον: Θεωρήσωμεν δύο δοχεῖα Δ_1, Δ_2 (σχ. 183), τὰ ὁποῖα



Σχ. 183. Μηχανικὸν ἀνάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

συνδέονται διὰ τοῦ ὀριζοντίου σωλήνος Σ , φέροντος εἰς τὸ μέσον του τὴν στρόφιγγα σ . Κλείομεν τὴν στρόφιγγα καὶ χύνομεν ὕδωρ εἰς τὰ δύο δοχεῖα εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐλευθέρᾳ ἐπιφάνεια εἰς τὸ ἀριστερὸν δοχεῖον νὰ εὐρίσκεται ὑψηλότερον ἢ εἰς τὸ

ἄλλο. 'Εάν, τώρα, ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα, θ' ἀρχίσῃ νὰ ρεῖ ὕδωρ διὰ τοῦ ὀριζοντίου σωλήνος μὲ φορὰν ἐκ τοῦ ἀριστεροῦ δοχείου πρὸς τὸ δεξιόν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν διαφορὰν πίεσεως, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα 1, 2 τοῦ σωλήνος, λόγῳ τῆς διαφορᾶς ὕψους τῶν δύο ὑγρῶν στηλῶν.

"Οπως, λοιπόν, πρέπει νὰ ὑπάρχῃ αἷτιον, εἰς τὸ ὁποῖον νὰ ὀφείλεται τὸ ρεῦμα τοῦ ὕδατος (τοῦτο εἶναι ἡ διαφορὰ πίεσεως εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλήνος Σ), οὕτω πρέπει νὰ ὑπάρχῃ καὶ αἷτιον, εἰς τὸ ὁποῖον νὰ ὀφείλεται ἡ κίνησις τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων καί, συνεπῶς, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ αἷτιον τοῦτο καλοῦμεν **διαφορὰν δυναμικοῦ** ἢ (ἡλεκτρικὴν) **τάσιν** (*). Οὕτω, ἐὰν συνδέσωμεν δι' ἐνὸς σύρματος τοὺς πόλους ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ στοι-

(*) Εἰς τὴν § 180 θὰ δοθῇ ὁ ἀκριβὴς ὁρισμὸς τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

χείου καὶ διαπιστώσωμεν ὅτι διὰ τοῦ σύρματος διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, λέγομεν ὅτι μεταξὺ τῶν δύο πόλων τοῦ στοιχείου ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ ὅτι τὸ δυναμικὸν τοῦ ἑνὸς πόλου (θετικοῦ) εἶναι μεγαλύτερον τοῦ δυναμικοῦ τοῦ ἄλλου πόλου (ἀρνητικοῦ).

Κατὰ ταῦτα, ἡ τάσις εἶναι τὸ αἷτιον, τὸ δὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τὸ ἀποτέλεσμα.

Εἶναι φανερόν ὅτι, ἔαν συνδέσωμεν διὰ σύρματος δύο σημεῖα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὸ αὐτὸ δυναμικόν, δὲν θὰ διέλθῃ δι' αὐτοῦ ρεῦμα. Ἡ περιπτώσις αὕτη ἔχει τὸ ἀνalogόν της εἰς τὰ δοχεῖα τοῦ σχήματος 183: Ἐὰν ἡ στάθμη τοῦ ὕδατος εἰς τὰ δύο δοχεῖα εὐρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, δὲν ῥεεῖ ὕδωρ διὰ τοῦ σωλήνος Σ, διότι ἡ πίεσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλήνος εἶναι ἡ αὐτή.

Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι τὸ δυναμικὸν εἰς τὸν Ἠλεκτρισμὸν ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν πίεσιν εἰς τὴν Ὑδροστατικὴν καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὴν διαφορὰν πίεσεως.

Παρατήρησις: Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ (ἢ τάσις) εἶναι μέγεθος, ἀναφερόμενον εἰς δύο σημεῖα (π.χ., μεταξὺ τῶν δύο πόλων τοῦ ρευματοδότη τοῦ σχήματος 175), ὅπως ἡ διαφορὰ πίεσεως ἀναφέρεται εἰς δύο διάφορα σημεῖα (π.χ., εἰς τὰ ἄκρα 1 καὶ 2 τοῦ σωλήνος τοῦ σχήματος 183).

§ 155. Μονάδες τάσεως. Πρακτικὴ μονὰς τάσεως εἶναι τὸ 1 βόλτ ($1 \text{ Volt} = 1 \text{ V}$). Ἐπίσης, χρησιμοποιοῦνται καὶ τὰ ἑξῆς ὑποπολλαπλάσια ἢ πολλαπλάσια τοῦ βόλτ:

$$1 \text{ mV} (= 1 \text{ μιλιβόλτ}) = 10^{-3} \text{ V.}$$

$$1 \text{ kV} (= 1 \text{ κιλοβόλτ}) = 10^3 \text{ V.}$$

$$1 \text{ MV} (= 1 \text{ μεγαβόλτ}) = 10^6 \text{ V.}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ

Ξηρόν στοιχεῖον	1,5 V
Συσσωρευτής (τάσις ἀνά στοιχεῖον)	2 V
Συσσωρευτής αὐτοκινήτου Ἀμερικανικοῦ (3 στοιχεῖα)	6 V
» » Εὐρωπαϊκοῦ (6 στοιχεῖα)	12 V
Τάσις δικτύου φωτισμοῦ (ἐναλλασσ.)	220 V
Τάσις ἠλεκτρικοῦ τροχιοδρόμου (συνεχῆς)	500 V
Τάσις διὰ σπινθήρα, μήκους 1 cm	30 kV
Δίκτυον μεταφορᾶς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας	150 kV
Τάσις λειτουργίας σωλήνος Ἀκτίνων Roentgen	70 ÷ 200 kV
Τάσις διὰ τὴν ἔκρηξιν κεραυνοῦ	100 MV

§ 156. Νόμος τοῦ Ohm ($\Omega\mu$) - Ἀντίστασις. Εἴδομεν ἀνωτέρω ὅτι ἡ τάσις εἶναι τὸ αἷτιον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πρέπει, λοιπόν, ν' ἀνα-

μένωμεν ποσοτικὴν σχέσιν μεταξὺ τῆς τάσεως καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν σχέσιν ταύτην, ἐκτελοῦμεν τὸ ἐξῆς πείραμα: Λαμβάνομεν ἓνα ἄγωγόν — π.χ., ἐν σύρμα — καὶ ἐφαρμόζομεν εἰς τὰ ἄκρα του γνωστὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, π.χ., 2 V. Διὰ καταλλήλου ὄργανου (*) μετροῦμεν τὴν ἔντασιν τοῦ διερχομένου ρεύματος, ἔστω δὲ αὕτη 1 A. Ἀκολουθῶς, διπλασιάζομεν τὴν ἐφαρμοζομένην τάσιν (4 V) καὶ εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔγινε διπλασία (2 A), τριπλασιάζομεν τὴν τάσιν (6 V) καὶ εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ἔντασις τριπλασιάζεται (3 A) κ.ο.κ.

Τ' ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων αὐτῶν δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν διὰ τῆς ἐξῆς προτάσεως, ἡ ὁποία καλεῖται **νόμος τοῦ Ohm**: «Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος ἐν σύρμα, εἶναι ἀνάλογος τῆς τάσεως, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ». Ἐὰν συμβολίσωμεν διὰ τοῦ συμβόλου i τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ διὰ τοῦ συμβόλου U τὴν τάσιν, ὁ νόμος τοῦ Ohm γράφεται ὡς ἐξῆς:

$i = \frac{1}{R} \cdot U$	Νόμος τοῦ Ohm	(1)
---------------------------	---------------	-----

Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας $1/R$ (καί, συνεπῶς, τὸ R) ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ σύρματος καί, συγκεκριμένως, ἐκ τοῦ μήκους, τῆς διαμέτρου καὶ τοῦ ὕλικου τοῦ σύρματος.

Ὅπως εἶδομεν, ἐὰν διπλασιάσωμεν, τριπλασιάσωμεν κ.λ. τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα ἑνὸς σύρματος, θὰ διπλασιασθῇ, τριπλασιασθῇ κ.λ. ἡ ἔντασις τοῦ δι' αὐτοῦ διερχομένου ρεύματος. Συνεπῶς, τὸ πηλίκον U/i θὰ εἶναι πάντοτε τὸ αὐτό. Λύοντες τὸν τύπον (1) ὡς πρὸς R , λαμβάνομεν

$R = \frac{U}{i}$	(2)
-------------------	-----

Τὴν σταθερὰν ταύτην τιμὴν R τοῦ πηλίκου U/i ὀρίζομεν ὡς **ἀντίστασιν** τοῦ σύρματος. Ἦτοι, **ἀντίστασις** ἐνὸς ἄγωγου καλεῖται τὸ σταθερὸν πηλίκον τῆς τάσεως, τῆς ἐφαρμοζομένης εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἄγωγου, διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτόν.

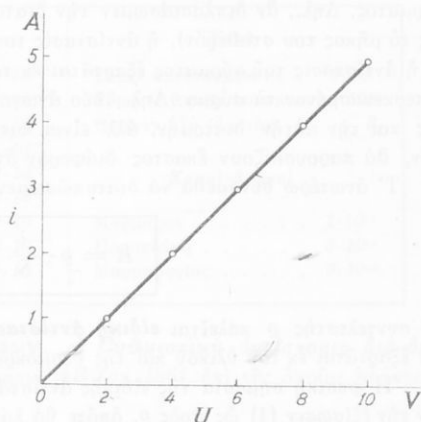
Ἀγωγοί, οἱ ὁποῖοι παρουσιάζουν ἀντίστασιν, συμβολίζονται εἰς τὰ σχεδιαγράμματα διὰ τοῦ συμβόλου τοῦ σχήματος 184.

Γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἐὰν τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων τοῦ περιγραφέντος πειράματος ἀναγράψωμεν εἰς δύο στήλας, θὰ προκύψῃ ὁ πίναξ μετρήσεων τῆς ἐπομένης σελίδος. Ἐάν, ἀκολου-

(*) Τὸ ὄργανον τοῦτο καλεῖται *ἀμπερόμετρον*, τὴν δὲ λειτουργίαν του θὰ γνωρίσωμεν κατωτέρω.

θως, λάβωμεν ὀρθογώνιον σύστημα ἄξόνων καὶ παραστήσωμεν γραφικῶς τ' ἀποτελέσματα ταῦτα, θὰ προκύψῃ μία εὐθεῖα γραμμὴ, διερχομένη διὰ τῆς τομῆς τῶν ἄξόνων (σχ. 185), ἣ ὁποία εἶναι ἡ γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἡ προ-

U (εἰς V)	i (εἰς A)	$\frac{U}{i} = R$ (εἰς Ω)
2	1	2
4	2	2
6	3	2
8	4	2
10	5	2



Σχ. 185. Γραφικὴ παράστασις τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

κύψασα εὐθεῖα γραμμὴ δηλοῖ ὅτι ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ σύρμα, εἶναι εὐθέως ἀνάλογος τῆς εἰς τὰ ἄκρα του ἐφαρμοζομένης τάσεως U . Ἡ τρίτη στήλη τοῦ ἄνω πίνακος παρέχει τὰς τιμὰς τοῦ πηλίκου U/i —δηλ., τὴν ἀντίστασιν R τοῦ σύρματος—ὅπως δὲ παρατηροῦμεν τὸ πηλίκον τοῦτο εἶναι σταθερὸν (2Ω).

§ 157. Μονάδες ἀντιστάσεως. Ἡ πρακτικὴ μονὰς ἀντιστάσεως καλεῖται 1Ω ($1 \text{ Ohm} = 1 \Omega$), ὀρίζεται δὲ ἐκ τῆς ἐξισώσεως (2) τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἐὰν θέσωμεν $U = 1 \text{ V}$ καὶ $i = 1 \text{ A}$.

Ἦτοι, 1Ω εἶναι ἡ ἀντίστασις ἀγωγοῦ, ὃ ὁποῖος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως 1 A , ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐφαρμοσθῇ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἴση πρὸς 1 V . Ἦτοι

$$1 \Omega = \frac{1 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

Ἐκτὸς τῆς μονάδος 1Ω , συνήθως, χρησιμοποιοῦνται καὶ τὰ ἑξῆς πολλαπλάσια αὐτῆς:

$$1 \text{ κιλὼμ} (1 \text{ kilohm} = 1 \text{ k}\Omega) = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ μεγκὼμ} (1 \text{ megohm} = 1 \text{ M}\Omega) = 10^6 \Omega.$$

§ 158. Εἰδικὴ ἀντίστασις. Ἄν ὁ ἀγωγὸς ἔχῃ τὴν μορφὴν σύρματος, εὐρίσκεται πειραματικῶς ὅτι 1) ἡ ἀντίστασις του εἶναι ἀνάλογος τοῦ μήκους l τοῦ σύρματος. Δηλ., ἂν διπλασιάσωμεν, τριπλασιάσωμεν κ.λ. τὸ μήκος τοῦ

σύρματος, ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λ. 2) Ἡ ἀντίστασις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ ἐμβαδοῦ S τῆς διατομῆς τοῦ σύρματος. Δηλ., ἂν διπλασιάσωμεν τὴν διατομὴν τοῦ σύρματος (διατηροῦντες τὸ μῆκος του σταθερόν), ἡ ἀντίστασις του ἐλαττωταί εἰς τὸ ἥμισυν. Καὶ 3) ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὕλικου, ἐκ τοῦ ὁποίου εἶναι κατασκευασμένον τὸ σύρμα. Δηλ., δύο ἄγωγοί, οἱ ὁποιοὶ ἔχουν τὸ αὐτὸ μῆκος καὶ τὴν αὐτὴν διατομὴν, ἀλλ' εἶναι κατασκευασμένοι ἐκ διαφόρων ὕλων, θὰ παρουσιάζουν ἑκαστος διάφορον ἀντίστασιν.

Τ' ἀνωτέρω δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν διὰ τῆς σχέσεως

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (1)$$

Ὁ συντελεστὴς ρ καλεῖται **ειδικὴ ἀντίστασις** τοῦ ὕλικου τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὕλικου καὶ τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ.

Ἡ φυσικὴ σημασία τῆς ἐιδικῆς ἀντιστάσεως γίνεται σαφής, ἐὰν λύσωμεν τὴν ἐξίσωσιν (1) ὡς πρὸς ρ , ὅποτε θὰ λάβωμεν

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} \quad (2)$$

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως ταύτης προκύπτει ὅτι ἡ ἐιδικὴ ἀντίστασις ἑνὸς ὕλικου ἴσούται, ἀριθμητικῶς, μὲ τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν ἔχει ἄγωγος ἐκ τοῦ ἐν λόγῳ ὕλικου, μῆκους 1 m καὶ διατομῆς, ἐμβαδοῦ 1 m^2 (δηλ., ἄγωγος εἰς σχῆμα κύβου, πλευρᾶς 1 m), ὅταν τὸ ρεῦμα εἰσέρχεται ἐκ τῆς μιᾶς ἑδρας του καὶ ἐξέρχεται ἐκ τῆς ἀπέναντι.

§ 159. Μονάδες ἐιδικῆς ἀντιστάσεως. Ἡ πρακτικὴ μονὰς ἐιδικῆς ἀντιστάσεως προκύπτει ἐκ τῆς ἐξισώσεως (2) τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἐὰν θέσωμεν $R = 1 \Omega$, $S = 1 \text{ m}^2$ καὶ $l = 1 \text{ m}$ καὶ εἶναι τὸ

$$1 \Omega \cdot \text{m}.$$

Οὕτω λέγομεν, π.χ., ὅτι ἡ ἐιδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἴση πρὸς

$$\rho_{\text{χαλκοῦ}} = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}.$$

Τοῦτο σημαίνει ὅτι κύβος ἐκ χαλκοῦ, πλευρᾶς 1 m , θὰ παρουσιάξῃ ἀντίστασιν $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega$.

Συνήθως, χρησιμοποιεῖται καὶ ἡ μονὰς $1 \Omega \cdot \text{cm}$.

Ἐφαρμογή. Διὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ πηνίου ἑνὸς ἠλεκτρομαγνήτου ἐχρησιμοποιήθη χάλκινον σύρμα, διαμέτρου $0,5 \text{ mm}$ καὶ μῆκους 30 m . Πόση εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος;

Λύσις: Θέτοντες εἰς τὸν τύπον (1) τῆς προηγουμένης παραγράφου $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$, $l = 30 \text{ m}$ καὶ $S = \pi d^2/4 = 0,196 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$, λαμβάνομεν

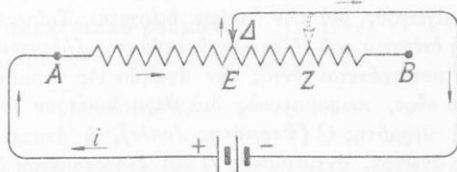
$$R = 2,6 \Omega.$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

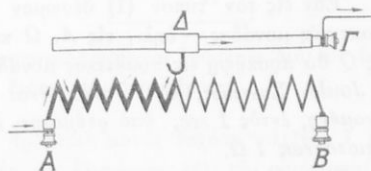
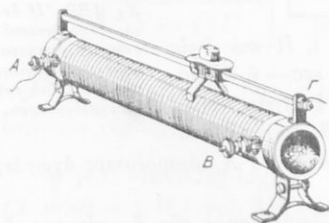
(εις $\Omega \cdot \text{cm}$)

Μέταλλα		Υγρά	
Αργήρος	$1,6 \cdot 10^{-6}$	Υδωρ άπεσταγμένον . .	$1 \cdot 10^8$
Χυλός	$1,7 \cdot 10^{-6}$	Υδωρ Αθηνών (πόσιμον)	500
Αργίλιον	$2,8 \cdot 10^{-6}$	Θεικόν όξύ (άραιόν)	5
Βολφράμιον	$5,6 \cdot 10^{-6}$		
Λευκόχρυσος . . .	$10 \cdot 10^{-6}$	Κακοί άγωγοί	
Σίδηρος	$10 \cdot 10^{-6}$	Μάρμαρον	$1 \cdot 10^{11}$
Κωνσταντίνη . . .	$50 \cdot 10^{-6}$	Πορσελάνη	$3 \cdot 10^{14}$
Υδράργυρος	$96 \cdot 10^{-6}$	Μαρμαρυγίας	$9 \cdot 10^{15}$
Χρωμονικελίνη . .	$100 \cdot 10^{-6}$		

§ 160. Τύποι αντίστασεων. α) Ρυθμιστική αντίστασις διά δρομέως. Θεωρήσωμεν την αντίστασιν AB (σχ. 186), επί της οποίας εφάπτεται ή κινητή έπαφή Δ (δρομέυς). Έάν συνδέσωμεν τὸ έν άκρον A τής αντίστασως με τόν ένά πόλον ήλεκτρικῆς τινος πηγῆς, τόν δέ δρομέα με τόν άλλον πόλον, θά διέλθῃ διά τής αντίστασως ρεύμα, τοῦ όποίου ή έντασις i θά καθορίζεται, συμφώνως πρὸς τόν νόμον τοῦ Ohm, έκ τής τάσεως τής πηγῆς καί έκ τής αντίστασως τοῦ τμήματος AE τοῦ άγωγοῦ (διότι μόνον διά τοῦ τμήματος αὐτοῦ διέρχεται τὸ ρεύμα). Έάν, άκολουθῶς, μετακινήσωμεν τόν δρομέα καί φέρωμεν αὐτόν εἰς τήν θέσιν Z , ή έντασις



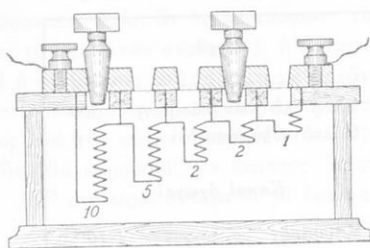
Σχ. 186.



Σχ. 187. Ρυθμιστική αντίστασις διά δρομέως καί πορεία τοῦ ρεύματος δι' αὐτῆς.

τοῦ ρεύματος θά ἐλαττωθῇ, καθ' όσον, τώρα, τὸ ρεύμα διέρχεται δι' άγωγοῦ, μεγαλυτέρου μήκους καί, συνεπῶς, μεγαλυτέρας αντίστασως. Έκ τούτου προ-

κύπτει ὅτι διὰ τῶν ρυθμιστικῶν ἀντιστάσεων (σχ. 187) δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἀντίστασιν μιᾶς συνδεσμολογίας καί, κατὰ συνέπειαν, τὴν ἔντασιν τοῦ διαρρέοντος αὐτὴν ρεύματος.



Σχ. 188. Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις διὰ γόμφων.

καὶ τὸν ἀριστερὸν γόμφον, ἡ ἀντίστασις θὰ γίνῃ 18 Ω.

β) *Ρυθμιστικὴ ἀντίστασις διὰ γόμφων.* Εἰς τὰς ἀντιστάσεις τοῦ τύπου τούτου (σχ. 188) ἡ ρύθμισις τῆς ἀντιστάσεως γίνεται διὰ μεταλλικῶν γόμφων, οἱ ὁποῖοι εἰσάγονται εἰς κατὰλλήλους ὑποδοχάς. Εἰς τὸ σχῆμα 188 ἡ ἀντίστασις ἔχει ρυθμισθῇ εἰς τὰ 8 Ω, διότι οἱ δύο γόμφοι ἔχουν θέσει ἐκτὸς κυκλώματος τὸς δύο ἀντιστάσεις 10 Ω καὶ 2 Ω, χρησιμοποιουμένων, οὕτω, τῶν ὑπολοίπων τριῶν ἀντιστάσεων 5 Ω, 2 Ω καὶ 1 Ω (= 8 Ω). Ἐὰν ἀφαιρέσωμεν

§ 161. Ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος - Νόμος τοῦ Joule (Τζάουλ). Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν § 151, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα θερμαίνει τοὺς ἀγωγούς, διὰ τῶν ὁποίων διέρχεται. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος (ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια) μετατρέπεται ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν εἰς θερμότητα.

Ὁ Joule εὗρε, πειραματικῶς διὰ θερμιδομέτρου (σχ. 189), ὅτι ἡ θερμότης Q (θερμότης Joule), ἡ ἀναπτυσσομένη ἐντὸς ἀγωγοῦ, ἀντιστάσεως R καὶ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως i , εἶναι α) ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου i^2 τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, β) ἀνάλογος τῆς ἀντιστάσεως R τοῦ ἀγωγοῦ καὶ γ) ἀνάλογος τοῦ χρόνου t , κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ ὁποίου τὸ ρεῦμα διέρρει τὸν ἀγωγόν.

Τ' ἀνωτέρω δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν διὰ τῆς ἑξισώσεως

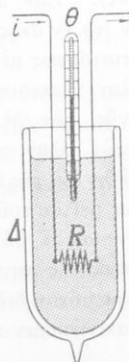
$$Q = i^2 \cdot R \cdot t \quad \left| \begin{array}{l} \text{Νόμος τοῦ Joule} \end{array} \right. \quad (1)$$

Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (1) θέσωμεν τὰ i , R καὶ t εἰς πρακτικὰς μονάδας — δηλ., εἰς A , Ω καὶ sec — ἡ θερμότης Q θὰ προκύψῃ εἰς πρακτικὰς μονάδας ἐνεργείας, δηλ., εἰς Joule. Συνεπῶς, τὸ 1 Joule εἶναι ἡ θερμότης, ἡ παραγομένη, ἐντὸς 1 sec, ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως 1 A , διαρρέοντος ἀγωγόν, ἀντιστάσεως 1 Ω.

Εἰς πολλὰς περιπτώσεις χρειάζεται ὁ ὑπολογισμὸς τῆς θερμότητος εἰς θερμίδας (cal), ἀντὶ εἰς Joule. Εἰς τοιαύτας περιπτώσεις ὑπολογίζομεν πρῶτον τὴν θερμότητα εἰς Joule καί, ἀκολουθῶς, γνωρίζοντες τὰς σχέσεις

$$1 \text{ cal} = 4,2 \text{ Joule} \quad \eta \quad 1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal},$$

μετατρέπομεν τὰ Joule εἰς θερμίδας.



Σχ. 189. Ἡ ἐντὸς τῆς ἀντιστάσεως R ἀναπτυσσομένη θερμότης μετρεῖται διὰ τοῦ θερμιδομέτρου.

Ἀπ' εὐθείας δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν τὴν θερμότητα Q εἰς *θερμίδας*, ἂν χρησιμοποιήσωμεν τὸν μεικτὸν τύπον

$$Q = a \cdot i^2 \cdot R \cdot t$$

(cal) (A) (Ω) (sec)

εἰς τὸν ὁποῖον τὰ μεγέθη i , R , t τίθενται εἰς μονάδας τοῦ πρακτικοῦ συστήματος (δηλ., εἰς A , Ω καὶ sec) τὸ δὲ Q εἰς *θερμίδας*. Ὁ συντελεστὴς a καλεῖται *ἡλεκτρικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος*, ἥ δὲ τιμὴ του εὐρίσκεται διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος: Διὰ γνωστῆς ἀντιστάσεως R , εὐρισκομένης ἐντὸς θερμιδομέτρου, διαβιβάζομεν ρεῦμα γνωστῆς ἐντάσεως i ἐπὶ γνωστὸν χρόνον t . Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον (1), ὑπολογίζομεν τὴν θερμότητα, τὴν ὁποίαν παρήγαγε τὸ ρεῦμα ἐντὸς τῆς ἀντιστάσεως. Ἐάν ἡ ἔντασις ἐκφρασθῇ εἰς A , ἡ ἀντίστασις εἰς Ω καὶ ὁ χρόνος εἰς sec , ἡ θερμότης θὰ προκύψῃ εἰς *Joule*. Ἡ θερμότης αὕτη θερμαίνει τὸ ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου καί, συνεπῶς, ἐὰν γνωρίζωμεν τὴν μάζαν τοῦ ὕδατος, τὴν εἰδικὴν θερμότητα αὐτοῦ καὶ μετρήσωμεν τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, εὐρίσκομεν, βάσει τοῦ θεμελιώδους νόμου τῆς θερμιδομετρίας(*), τὴν ἀναπτυχθεῖσαν θερμότητα εἰς *θερμίδας*. Τὸ πηλίκον τῆς εὐρεθείσης θερμότητος, εἰς *cal*, διὰ τῆς ὑπολογισθείσης θερμότητος, εἰς *Joule*, μᾶς δίδει τὴν τιμὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος

$$a = 0,24 \frac{cal}{Joule}.$$

§ 162. Ίσχύς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ὁ τύπος $Q = i^2 \cdot R \cdot t$ τῆς προηγουμένης παραγράφου δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὥς ἑξῆς:

$$\frac{Q}{t} = i^2 \cdot R.$$

Ὡς γνωστόν, ὅμως, τὸ πηλίκον Q/t —ἐνέργεια διὰ χρόνου—καλεῖται *ισχύς*. Ἄρα, ἡ ἰσχύς N τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἴση πρὸς

$$N = i^2 \cdot R \quad (1)$$

Ἐπειδὴ, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm, ἔχομεν $R = U/i$ καὶ $i = U/R$, ἡ ἐξίσωσις (1) γράφεται καὶ ὥς ἑξῆς:

$$N = i \cdot U \quad (2) \quad \text{καὶ} \quad N = \frac{U^2}{R} \quad (3)$$

Αἱ ἐξισώσεις (1), (2) καὶ (3) χρησιμοποιοῦνται ἐκάστοτε διὰ τὸν ὑπολογισμόν τῆς ἰσχύος, ἀναλόγως τῶν δεδομένων στοιχείων.

§ 163. Μονάδες ἰσχύος. Ἡ πρακτικὴ μονὰς ἰσχύος καλεῖται *1 βὰτ* ($1 \text{ Watt} = 1 \text{ W}$) καὶ ὀρίζεται, ἐκ τῆς ἐξισώσεως (2) τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἐὰν θέσωμεν $i = 1 \text{ A}$ καὶ $U = 1 \text{ V}$. Ἦτοι, 1 W εἶναι ἡ ἰσχύς, ἡ καταναλισκόμενη ὑπὸ ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐντά-

(*) Βλ. Τόμος Α', § 237.

σεως $I A$, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐφαρμόζεται διαφορὰ δυναμικοῦ, ἴση πρὸς $I V$. Εἶναι, λοιπόν,

$$I W = I V \cdot I A$$

Τὸ βὰτ δύναται νὰ ὀρισθῇ καὶ ἐκ τοῦ τύπου (1) τῆς προηγούμενης παραγράφου ὡς ἡ ἰσχύς, ἡ καταναλισκομένη ὑπὸ ἀγωγοῦ, ἀντιστάσεως $I \Omega$, ὅταν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως $I A$.

*Εκτὸς τῆς μονάδος $I W$ χρησιμοποιεῖται καὶ τὸ πολλαπλάσιον αὐτῆς, τὸ

$$1 kW (= 1 \text{ κιλοβάτ}) = 1000 W.$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΙΣΧΥΩΝ

Λαμπτήρ φανοῦ τσέπης ($4,5 V \cdot 0,22 A$) . . .	$1 W$
Ραδιόφωνον	$40 W$
Λαμπτήρ φωτισμοῦ ($220 V \cdot 0,45 A$)	$100 W$
*Ηλεκτρικὸς βραστήρ	$400 W$
*Ηλεκτρικὴ κουζίνα	$2 kW$
Κινητὴρ τροχιοδρόμου	$50 kW$
*Ὀλικὴ ἰσχύς ἐθνικοῦ ἡλεκτρικοῦ δικτύου . .	$400\,000 kW$

§ 164. Μονάδες ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. *Εκ τοῦ τύπου ὁρισμοῦ τῆς ἰσχύος $N = A/t$ λαμβάνομεν διὰ τὴν ἐνέργειαν A τὴν σχέσιν

$$A = N \cdot t. \quad (1)$$

Θέτοντες εἰς τὸν τύπον αὐτὸν τὰς πρακτικὰς μονάδας $N=1 W$ καὶ $t=1 sec$, λαμβάνομεν τὴν πρακτικὴν μονάδα ἐνεργείας

$$1 W \cdot sec,$$

ἡ ὁποία εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν γνωστὴν πρακτικὴν μονάδα ἔργου, τὸ $1 Joule$.

*Ἦτοι εἶναι

$$1 Joule = 1 W \cdot sec$$

Θέτοντες εἰς τὸν αὐτὸν τύπον (1) $N=1 kW$ καὶ $t=1 h (=1 \text{ ὥρα})$, λαμβάνομεν τὴν μονάδα ἐνεργείας

$$1 \text{ κιλοβατῶριον } (1 kWh).$$

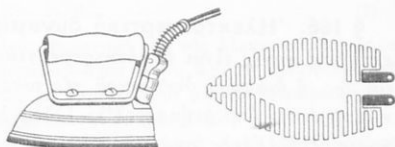
*Ἦτοι εἶναι

$$1 kWh = 1000 \cdot 60 \cdot 60 W \cdot sec \text{ (ἢ Joule)}$$

§ 165. Ἐφαρμογαὶ τῆς θερμότητος Joule. *Εκ τῶν πολλῶν ἐφαρμογῶν τῆς ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος παραγομένης θερμότητος ἀναφέρομεν τὰς ἑξῆς:

1) **Λαμπτήρες πυρακτώσεως.** Οὗτοι ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνου δοχείου (εἴτε ἀεροκένου, εἴτε περιέχοντος ἀδρανῆ ἀέρια), ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει σπείραμα ἀπὸ σύρμα ἐκ τοῦ δυστήκτου μετάλλου βολφραμίου (βλ. σχ. 114). Τὸ σύρμα τοῦτο, διαρρεόμενον ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, πυρακτοῦται καὶ ἐκπέμπει φῶς.

2) **Ἡλεκτρικὸν σίδηρον** (σχ. 190). Τὸ θερμαντικὸν σῶμα ἀποτελεῖται ἐκ σύρματος χρωμονικελίνης (*), τὸ ὁποῖον μονώνεται καταλλήλως διὰ φύλλον μαρμαρυγίου (κ. μίκας) καὶ τίθεται ἐντὸς τῆς συσκευῆς. Τὰ ἄκρα τοῦ σύρματος καταλήγουν εἰς δύο ἀκροδέκτας, οἱ ὁποῖοι συνδέονται διὰ «διπολικοῦ» καλωδίου, φέροντος εἰς τὸ ἄλλο ἄκρον τὸν ρευματολήπτην (κ. φίσα). Διὰ νὰ λειτουργήσῃ ἡ συσκευή, εἰσάγεται ὁ ρευματολήπτης εἰς τὸν ρευματοδότην (κ. πρίζα).

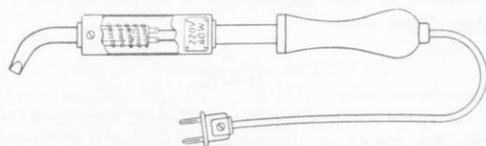


Σχ. 190. Ἡλεκτρικὸν σίδηρον. Δεξιὰ τὸ θερμαντικὸν σῶμα.

3) **Ἡλεκτρικὸς βραστήρ.** Ἀνάλογος εἶναι καὶ ἡ κατασκευὴ τοῦ ἠλεκτρικοῦ βραστήρος. Ἡ θερμαινόμενη ἀντίστασις, καταλλήλως μονωμένη, εὐρίσκεται εἰς τὸν πυθμένα τοῦ βραστήρος.

4) **Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα.** Ἐπὶ μονωτικῶν ράβδων ἐκ κεραμικοῦ ὑλικοῦ περιέλλισσεται σύρμα ἐκ χρωμονικελίνης, ἐκλέγεται δὲ ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος τοιαύτη ὥστε, ὅταν τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, μόλις νὰ ἐρυθροπυροῦται (ἡ θερμοκρασία, δηλ., τοῦ σύρματος διατηρεῖται, σχετικῶς, χαμηλή).

5) **Ἡλεκτρικὸς συγκολλητής.** Χρησιμώτατον ὄργανον εἶναι καὶ ὁ



Σχ. 191. Ἡλεκτρικὸς συγκολλητής. (Τάσις λειτουργίας 220 V, ἰσχύς 40 W).

ἠλεκτρικὸς συγκολλητής (σχ. 191), ὁ ὁποῖος χρησιμεύει διὰ τὴν συγκόλλησιν διαφόρων μεταλλικῶν ἀντικειμένων τῇ βοηθείᾳ καταλλήλου κράματος κασιτέρου καὶ μολύβδου (κ. καλαῖ).

Εἰς τὸ ἐν ἄκρον του φέρει μίαν χαλκίνην ράβδον, ἡ ὁποία θερμαίνεται «δι' ἀγωγῆς» ὑπὸ ἠλεκτρικῶς θερμαινόμενης ἀντιστάσεως.

Σημείωσις. Ὅλαι αἱ ἀνωτέρω περιγραφεῖσαι ἠλεκτρικαὶ συσκευαὶ χαρακτηρίζονται ἐκ τῆς ἰσχύος, τὴν ὁποίαν καταναλίσκουν (π.χ., 40 W) καὶ

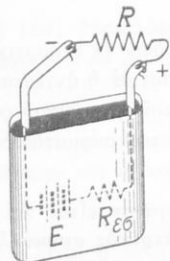
(*) Ἡ χρωμονικελίνη εἶναι κράμα, τὸ ὁποῖον περιέχει Ni (75 %), Fe (12 %), Cr (11 %), Mn (2 %) καὶ ἔχει ὑψηλὸν σημεῖον τήξεως.

τῆς κανονικῆς τάσεως λειτουργίας (π.χ., 220 V). Τὰ στοιχεῖα ταῦτα εἶναι ἀναγεγραμμένα, συνήθως, ἐπὶ ἐιδικῆς πινακίδος (βλ. σχ. 191).

6) **Ἀσφάλεια**. Εἰς τὴν θερμότητα Joule στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν τηχομένων **ἀσφαλειῶν**, αἱ ὁποῖαι προστατεύουν διαφόρους συσκευὰς ἢ καὶ τὸ ἡλεκτρικὸν δίκτυον ἐκ τυχαίων καὶ ἀποτόμων ἀυξήσεων τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Αἱ ἀσφάλειαὶ περιγράφονται κατωτέρω εἰς τὴν § 171.

§ 166. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Χαρακτηριστικὸν μέγεθος μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς εἶναι ἡ **ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις** E αὐτῆς, ἡ ὁποία ὀρίζεται ὡς ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τοὺς δύο πόλους τῆς πηγῆς, ὅταν αὕτη δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (*). Οὕτω λέγομεν, π.χ., ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (HEΔ) ἐνὸς συσσωρευτοῦ εἶναι 2 V, ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ στοιχείου 1,5 V κ.ο.κ. Ἐν προκειμένῳ πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι ὁ ὅρος ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις χρησιμοποιεῖται μόνον πρὸς δήλωσιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρικῶν πηγῶν καὶ ὅχι τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ μεταξὺ δύο οἰωνδήποτε σημείων ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ κυκλώματος.

§ 167. Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἡλεκτρικῆς πηγῆς. Θεωρήσωμεν ἡλεκτρικὴν στήλην, ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, π.χ., 4,5 V, τῆς ὁποίας τοὺς πόλους συνδέομεν μὲ γνωστὴν ἀντίστασιν, π.χ., $R = 1 \Omega$ (σχ. 192). Ἐὰν μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος θὰ εὕρωμεν ὅτι αὕτη δὲν εἶναι ἴση πρὸς 4,5 A—ὅπως προκύπτει ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Ohm—ἀλλὰ μικρότερά. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν, τὴν ὁποίαν προβάλλει εἰς τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος, αὕτη αὕτη ἡ ἡλεκτρικὴ στήλη καὶ τὴν ὁποίαν καλοῦμεν **ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν** $R_{εσ}$ τῆς ἡλεκτρικῆς στήλης. Κατὰ ταῦτα, ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν μας διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἐντάσεως i τοῦ ρεύματος, πρέπει νὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῆς ἀντιστάσεως R καὶ τῆς «ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως» $R_{εσ}$ τῆς στήλης. Ὅτιοι εἶναι



Σχ. 192. Τὸ $R_{εσ}$ εἶναι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς ἡλεκτρικῆς στήλης.

$$i = \frac{E}{R + R_{εσ}}$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου ἐξηγεῖται διὰ τί, ὅταν ἐνώσωμεν τοὺς πόλους μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς διὰ παχέος σύρματος, τοῦ ὁποίου ἡ ἀντίστασις εἶναι πρακτικῶς ἴση πρὸς μηδέν, δὲν διέρχεται ρεῦμα ἀπείρου ἐντάσεως—ὅπως ἀπαιτεῖ ὁ νόμος τοῦ Ohm, ἐὰν θέσωμεν $R = 0$ εἰς τὴν ἄνω ἐξίσωσιν—ἀλλὰ, κατὰ τὸν ἄνω τύπον, ρεῦμα ἐντάσεως, ἴσης πρὸς

$$i = \frac{E}{R_{εσ}}$$

Κατὰ ταῦτα, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς πηγῆς θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς HEΔ τῆς πηγῆς διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτήν, ὅταν ἡ

(*) Ὁ ὅρος «ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις» εἶναι ἀνεπιτυχής, καθόσον ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις δὲν εἶναι δύναμις, ἀλλὰ διαφορά δυναμικοῦ.

έξωτερική αντίσταση, ή συνδέουσα τούς δύο πόλους της, είναι ίση πρὸς μηδέν. Ἡ ἑσωτερική αντίσταση τῶν ἐν χορήσει ηλεκτρικῶν πηγῶν είναι, ἐν γένει, μικρά.

Τάσις εἰς τούς πόλους ηλεκτρικῆς πηγῆς. Εἰς τὴν § 166 εἶδομεν ὅτι ΗΕΔ είναι ἡ τάσις, ἡ ἐπικρατοῦσα εἰς τούς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς, ὅταν αὕτη δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Ὅταν, ὅμως, ἡ πηγή διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως i , τότε ἡ εἰς τούς πόλους μετρουμένη τάσις U είναι μικροτέρα τῆς ηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως E κατὰ $i \cdot R_{eo}$ (ἐνθα R_{eo} είναι ἡ ἑσωτερική αντίσταση τῆς πηγῆς). Ἄρα, ἔχομεν

$$U = E - i \cdot R_{eo}. \quad (1)$$

Ἡ διαφορὰ μεταξὺ τοῦ E καὶ τοῦ U είναι σημαντική εἰς τὰς ηλεκτρικὰς πηγάς, αἱ ὁποῖαι ἔχουν μεγάλην ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν—ὅπως είναι, π.χ., αἱ ηλεκτρικαὶ στήλαι—ἐνῶ είναι ἀμελητέα εἰς τὰς πηγάς, αἱ ὁποῖαι ἔχουν μικρὰν ἑσωτερικὴν ἀντίστασιν—ὅπως, π.χ., εἰς τούς *υποσωρευτὰς* αὐτοκινήτων (βλ. § 255).

Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (1) θέσωμεν $i = 0$ —ἐάν, δηλ., ἡ πηγή δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος—θὰ λάβωμεν

$$U = E.$$

Τοῦτο, ἀκριβῶς, δικαιολογεῖ τὸν εἰς τὴν § 166 δοθέντα ὀρισμὸν τῆς ΗΕΔ, συμφῶνως πρὸς τὸν ὅποιον ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις E είναι ἴση πρὸς τὴν τάσιν U εἰς τούς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς, ὅταν αὕτη δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.

§ 168. Συνδεσμολογία ηλεκτρικῶν πηγῶν. α) Σύνδεσις ἐν σειρᾷ.

Κατὰ τὴν ἐν σειρᾷ σύνδεσιν, ὁ θετικός, π.χ., πόλος τῆς μιᾶς πηγῆς συνδέεται μὲ τὸν ἀρνητικὸν τῆς ἐπομένης, ὁ θετικὸς αὐτῆς μὲ τὸν ἀρνητικὸν τῆς τρίτης κ.ο.κ. (σχ. 193). Οὕτω, τελικῶς, ὑπάρχουν πάλιν δύο πόλοι—ὁ ἀρνητικὸς τῆς πρώτης καὶ ὁ θετικὸς τῆς τελευταίας.

Ἐὰν εἶναι $E_1, E_2, E_3, \dots$, αἱ ΗΕΔ τῶν διαφόρων πηγῶν, ἡ ὅλική ΗΕΔ E_{oi} θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα αὐτῶν· ἦτοι

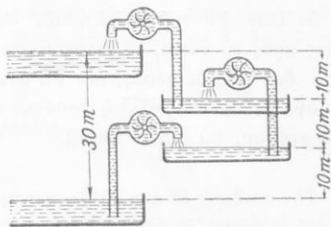
$$E_{oi} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

Τὴν σύνδεσιν ἐν σειρᾷ χρησιμοποιοῦμεν, ὅταν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν μεγάλην ΗΕΔ, ἐνῶ διαθέτομεν πολλὰς πηγάς, μικρᾶς ΗΕΔ.

Διὰ τὴν κατανόησιν τούτου περιγράφομεν τὸ ἐξῆς μηχανικὸν ἀνάλογον (σχ. 194): Ἐὰν θέλωμεν νὰ δημιουργήσωμεν διαφορὰν ὑδροστατικῆς πιέσεως, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς στήλην ὕδατος, ὕψους, π.χ., 30 μέτρων, τῇ βοηθείᾳ ἀντλίας, ἱκανῆς ν' ἀνυψῶνῃ τὸ ὕδωρ μόνον εἰς 10 μέτρα, εἶναι φανερόν ὅτι θὰ χρειασθῶμεν πρὸς τοῦτο τρεῖς τοιαύτας ἀντλίας, τὰς ὁποίας θὰ συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ, δηλ., κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε πᾶσα ποσότης



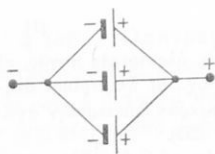
Σχ. 193. Συνδεσμολογία τριῶν ηλεκτρικῶν πηγῶν ἐν σειρᾷ.



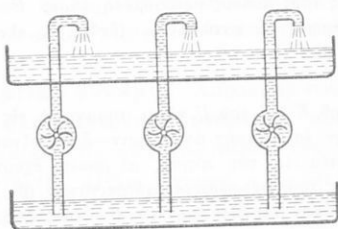
Σχ. 194. Μηχανικὸν ἀνάλογον τῆς συνδέσεως τριῶν πηγῶν ἐν σειρᾷ.

ὕδατος νὰ διέλθῃ, διαδοχικῶς, διὰ τῆς πρώτης, τῆς δευτέρας καὶ τῆς τρίτης ἀντλίας.

β) **Σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ.** Εἰς τὴν παράλληλον σύνδεσιν συνδέονται ὁμοῦ ἀφ' ἑνὸς μὲν ὅλοι οἱ θετικοὶ πόλοι, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὅλοι οἱ ἀρνητικοὶ πό-



Σχ. 195. Συνδεσμολογία τριῶν ἡλεκτρικῶν πηγῶν ἐν παραλλήλῳ.



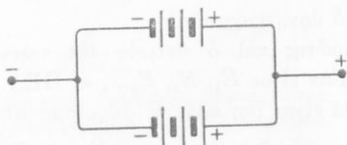
Σχ. 196. Μηχανικὸν ἀνάλογον τῆς συνδέσεως τριῶν πηγῶν ἐν παραλλήλῳ.

οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι τῶν πηγῶν (σχ. 195). Οὕτω, ἀπομένουν πάλιν εἰς ἀρνητικὸς καὶ εἰς θετικὸς πόλος. Εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ ΗΕΔ τῶν δύο κοινῶν πόλων εἶναι ἴση πρὸς τὴν ΗΕΔ τῆς μιᾶς πηγῆς.

Διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ τρόπου τούτου τῆς συνδεσμολογίας χρησιμεύει τὸ ἑξῆς μηχανικὸν ἀνάλογον (σχ. 196): "Ὅταν μεταφέρωμεν ὕδωρ ἀπὸ μιᾶς δεξαμενῆς εἰς ἄλλην, τῇ βοηθεῖα μιᾶς ἀντλίας, λαμβάνομεν ὠρισμένην ποσότητα ὕδατος ἀνὰ μονάδα χρόνου. "Αν, τώρα, χρησιμοποιήσωμεν καὶ δευτέραν ἀντλίαν ἐν παραλλήλῳ, δηλ., κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, παραλλήλως πρὸς τὸ ὕδωρ, τὸ διερχόμενον διὰ τῆς μιᾶς ἀντλίας, νὰ διέρχεται καὶ ὕδωρ διὰ τῆς δευτέρας, δὲν θὰ μεταβληθῇ μὲν ἡ διαφορὰ στάθμης μεταξὺ τῶν δύο δεξαμενῶν, ἀλλ' ἡ ποσότης τοῦ ὕδατος, τοῦ μεταφερομένου ἀνὰ μονάδα χρόνου, θὰ διπλασιασθῇ.

Τὴν σύνδεσιν ἐν παραλλήλῳ χρησιμοποιοῦμεν, ὅταν θέλωμεν νὰ λάβωμεν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον δὲν δύναται νὰ δώσῃ μία, μόνον, πηγὴ. Ἡ σύνδεσις αὕτη σπανιώτατα χρησιμοποιεῖται. Πάντως, ὅταν γίνῃ τοιαύτη σύνδεσις, πρέπει ὅλοι αἱ πηγαὶ νὰ ἔχουν τὴν αὐτὴν ΗΕΔ, διότι, ἄλλως, αἱ πηγαὶ μεγαλύτερας ΗΕΔ θὰ προκαλοῦν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ μέσου τῶν πηγῶν μικροτέρας ΗΕΔ καί, ὡς ἐκ τούτου, αἱ πρῶται βαθμὴδὸν καταστρέφονται.

γ) **Μικτὴ σύνδεσις.** Κατὰ τὴν μικτὴν σύνδεσιν μερικαὶ πηγαὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ καὶ ἀποτελοῦν ὁμάδας. Ἐν συνεχείᾳ, αἱ ὁμάδες αὗται συνδέονται ἐν παραλλήλῳ (σχ. 197). Ἡ μικτὴ σύνδεσις χρησιμοποιεῖται, ὅταν ἀπαιτῆται μεγάλη ΗΕΔ καί, συγχρόνως, ἰσχυρὸν ρεῦμα.



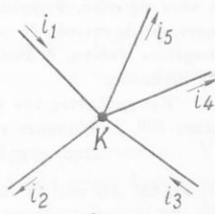
Σχ. 197. Μικτὴ σύνδεσις πηγῶν.

§ 169. **Κανόνες τοῦ Kirchhoff (Κίρχωφ).** Ἐνῶ εἰς τὰς ἀπλᾶς περιπτώσεις ἡ σχέση μεταξὺ τάσεως, ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀντιστάσεως εἶναι ἀπλουσιτάτη (νόμος τοῦ Ohm), ὑπάρχουν πολυπλοκώτεραι συνδεσμολογίαι, εἰς τὰς ὁποίας τὰ διά-

φορα ζητούμενα μεγέθη δὲν προκύπτουν κατὰ τόσον ἀπλοῦν τρόπον. Εἰς τὰς περιπτώσεις ταύτας ἀπαιτεῖται καὶ ἡ γνώσις τῶν ἐξῆς δύο **κανόνων τοῦ Kirchhoff**:

1ος Κανὼν. Ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς ἓνα κόμβον K (σχ. 198) συνέρχονται διάφοροι ἄγωγοί, διαρρεόμενοι ὑπὸ τῶν ρευμάτων i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 , τῶν ὁποίων ἡ φορὰ καθορίζεται ὑπὸ τῶν βελῶν. Δι' οἰονδήποτε κόμβον ἰσχύει ὁ ἐξῆς **πρῶτος κανὼν τοῦ Kirchhoff**: «Εἰς κόμβον, εἰς τὸν ὁποῖον συνέρχονται διάφοροι ἄγωγοί, τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων ὁλων τῶν ρευμάτων εἶναι ἴσον πρὸς μηδέν». Ἦτοι

$$\sum i = 0$$



Σχ. 198.

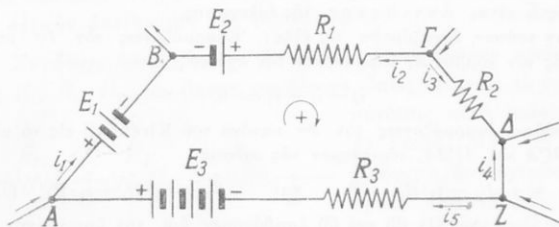
Κατὰ τὴν ἄθροισιν τῶν ἐντάσεων, τὰ ρεύματα, τὰ προσερχόμενα εἰς τὸν κόμβον, θεωροῦνται θετικά, ἐνῶ τ' ἀπερχόμενα θεωροῦνται ἀρνητικά.

Ἐφαρμόζοντες τὸν κανόνα τοῦτον εἰς τὸν κόμβον K τοῦ σχήματος 198 λαμβάνομεν

$$i_1 - i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0.$$

Ὁ 1ος κανὼν τοῦ Kirchhoff προκύπτει ἐκ τοῦ συλλογισμοῦ ὅτι τὰ φορτία, τὰ ὁποῖα καταφθάνουν εἰς τὸν κόμβον ἐντὸς ὁρισμένου χρόνου, πρέπει νὰ εἶναι ἴσα πρὸς τὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἀπέρχονται ἐκ τοῦ κόμβου ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ χρόνου, ἀφοῦ εἰς οὐδὲν σημεῖον τῶν ἄγωγῶν παρουσιάζεται συσσώρευσις ἢ ἀπώλεια ἡλεκτρικοῦ φορτίου.

2ος Κανὼν. Θεωρήσωμεν οἰανδήποτε συνδεσμολογίαν (σχ. 199), περιλαμβάνουσαν διαφόρους ἀντιστάσεις καὶ διαφόρους ἡλεκτρικὰς πηγὰς καὶ ἄς δεχθῶμεν ὡς



Σχ. 199.

γνωστὰς τὰς ἐντάσεις τῶν ρευμάτων, τῶν διαρρεόντων ἑκαστον ἄγωγόν, χαρακτηρίζοντες, ἐπὶ πλέον, διὰ βελῶν τὰς φορὰς τῶν. Διὰ πᾶν κλειστὸν κύκλωμα (*) τῆς συνδεσμολογίας ἰσχύει ὁ ἐξῆς **2ος κανὼν τοῦ Kirchhoff**: «Εἰς οἰονδήποτε κλειστὸν ἡλεκτρικὸν κύκλωμα τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν γινομένων ἑκάστης ἀντιστάσεως ἐπὶ τὴν ἐντασιν τοῦ διαρρέοντος αὐτὴν ρεύματος». Ἦτοι

(*) Διὰ τοῦ ὅρου «κλειστὸν κύκλωμα» ἐννοοῦμεν μέρος μιᾶς πολυπλόκου συνδεσμολογίας, τὸ ὁποῖον ἐκλέγομεν κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ἐὰν ἐκκινήσωμεν ἓκ τινος σημείου τῆς συνδεσμολογίας καὶ διατρέξωμεν μερικὰ τμήματα αὐτῆς, νὰ δυνάμεθα νὰ ἐπανέλθωμεν εἰς τὸ σημεῖον ἐκκινήσεως.

$$\sum E = \sum i \cdot R$$

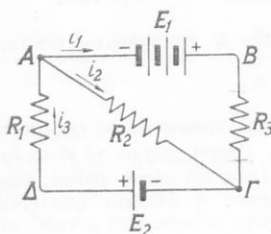
Διατρέχοντες τὸ κλειστὸν κύκλωμα ἀπὸ σημείου τινὸς μέχρις ὅτου καταλήξωμεν ἐκ νέου εἰς αὐτό, θεωροῦμεν ὡς θετικὰς μὲν ἐντάσεις τὰς ὁμορρόπους πρὸς τὴν κίνησιν, ὡς ἀρνητικὰς δὲ τὰς ἀντιρρόπους πρὸς αὐτήν. Κατ' ἀναλογίαν, θετικὴ ΗΕΔ θεωρεῖται ἐκεῖνη, ἣ ὁποία τείνει νὰ προκαλέσῃ ρεῦμα, ὁμόρροπον πρὸς τὴν φορὰν τῆς κινήσεως.

Ἐφαρμόζοντες τὸν κανόνα τοῦτον εἰς τὸ κλειστὸν κύκλωμα ΑΒΓΔΖΑ τοῦ σχήματος 199, λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$-E_1 + E_2 + E_3 = i_1 \cdot 0 - i_2 \cdot R_1 + i_3 \cdot R_2 - i_4 \cdot 0 + i_5 \cdot R_3.$$

(Οἱ κλάδοι ΑΒ καὶ ΔΖ δὲν ἔχουν ἀντίστασιν).

Ἐφαρμογαί. 1) Δύο ἡλεκτρικαὶ πηγαί, ἡλεκτρογενετικῆς δυνάμεως $E_1 = 6 \text{ V}$ καὶ $E_2 = 2 \text{ V}$, συνδέονται μετὰ τριῶν ἀντιστάσεων $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 2 \Omega$ καὶ $R_3 = 4 \Omega$, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 200. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὴν ἀντίστασιν R_2 .



Σχ. 200.

σον, ἐὰν τελικῶς προκύψῃ, π.χ., $i_2 = -3 \text{ A}$, τοῦτο θὰ σημαίνει, ἀπλῶς, ὅτι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος i_2 εἶναι ἀντίθετος τῆς ἐκλεγείσης.

Κατόπιν τούτων, ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Ἐφαρμόζοντες τὸν 1ον κανόνα τοῦ Kirchhoff εἰς τὸν κόμβον Α, λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$i_3 - i_2 - i_1 = 0. \quad (1)$$

Ἀκολούθως, ἐφαρμόζοντες τὸν 2ον κανόνα τοῦ Kirchhoff εἰς τὰ κλειστὰ κυκλώματα ΑΒΓΑ καὶ ΑΓΔΑ, εὐρίσκομεν τὰς σχέσεις

$$E_1 = i_1 \cdot R_3 - i_2 \cdot R_2 \quad (2) \quad \text{καὶ} \quad E_2 = i_3 \cdot R_1 + i_2 \cdot R_2 \quad (3)$$

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1), (2) καὶ (3) λαμβάνομεν διὰ τὴν ζητούμενην ἔντασιν i_2 τὴν τιμὴν

$$i_2 = \frac{E_2 \cdot R_3 - E_1 \cdot R_1}{R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_2}.$$

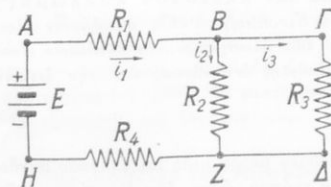
Ἀντικαθιστώντες εἰς τὸ Πρακτικὸν σύστημα τὰ σύμβολα διὰ τῶν τιμῶν των, εὐρίσκομεν

$$i_2 = -0,2 \text{ A}.$$

Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον δηλοῖ ὅτι ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος i_2 εἶναι ἀντίθετος τῆς ἐκλεγείσης.

2) Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἐντάσεις i_1 , i_2 , i_3 τῶν τριῶν ρευμάτων εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 201, ὅταν δίδωνται ἡ ΗΕΔ τῆς πηγῆς Ε καὶ αἱ ἀντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , καὶ R_4 .

Λύσις. Παρατηροῦντες τὸ σχῆμα, διαπιστώνομεν ὅτι τὸ σύρμα ΖΗ διαρρέεται ὑπὸ τοῦ αὐτοῦ ῥεύματος i_1 , τὸ ὁποῖον διαρ-



Σχ. 201.

ρέει το σύρμα AB , διότι πρόκειται περί προεκτάσεως του αυτού αγωγού. Ἐφαρμόζοντας τὸν 1ον κανόνα τοῦ Kirchhoff εἰς τὸν κόμβον B , λαμβάνομεν τὴν ἐξίσωσιν

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0. \quad (1)$$

Ἐφαρμόζοντας τὸν 2ον κανόνα τοῦ Kirchhoff, ἀφ' ἑνὸς μὲν εἰς τὸ κλειστὸν κύκλωμα $ABZH$, ἀφ' ἑτέρου δὲ εἰς τὸ κύκλωμα $BGAZ$, λαμβάνομεν τὰς ἐξισώσεις

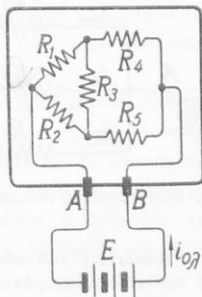
$$E = i_1 \cdot R_1 + i_2 \cdot R_2 + i_1 \cdot R_4 \quad (2) \quad \text{καὶ} \quad 0 = i_3 \cdot R_3 - i_2 \cdot R_2 \quad (3)$$

Τὸ πρόβλημα κατ' ἀρχὴν ἐλύθη, διότι ἔχομεν τρεῖς ἐξισώσεις μὲ τρεῖς ἀγνώστους τὰ ζητούμενα i_1 , i_2 , i_3 .

§ 170. Συνδεσμολογία ἀντιστάσεων. Ὀλικὴ ἀντίστασις. Ὑπο-

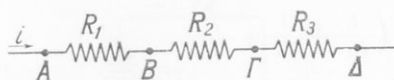
θέσωμεν ὅτι ἔχομεν ἡλεκτρικὴν τινὰ συσκευὴν, ἡ ὁποία φέρει δύο ἀκροδέκτας A , B (σχ. 202) καὶ ἡ ὁποία εἰς τὸ ἐσωτερικόν της ἔχει διαφόρους ἀντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , ..., συνδεδεμένας καθ' οἷονδήποτε τρόπον μεταξύ των. Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας A , B τῆς συσκευῆς ταύτης μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς E , ἡ συσκευή θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις ἔστω $i_{ολ}$. Ἐὰν διπλασιάσωμεν, τριπλασιάσωμεν κ.λ. τὴν ἐφαρμοζομένην εἰς τὰ ἄκρα A , B τάσιν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λ.

Τὸ σταθερὸν πηλίκον τῆς τάσεως, τῆς ἐφαρμοζομένης εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς συσκευῆς, διὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτήν, καλοῦμεν **ὀλικὴν ἀντίστασιν** $R_{ολ}$ τῆς συσκευῆς.



σχ. 202.

α) **Σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ.** Θεωρήσωμεν τρεῖς, π.χ., ἀντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 , τὰς ὁποίας συνδέομεν, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 203. Ἡ σύνδεσις αὕτη καλεῖται **σύνδεσις ἐν σειρᾷ**, διότι τὸ αὐτὸ ρεῦμα i



σχ. 203. Σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ.

διέρχεται, διαδοχικῶς, καὶ διὰ τῶν τριῶν ἀντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 . Ὅπως ἀποδεικνύεται κατωτέρω, ἡ ὀλικὴ ἀντίστασις $R_{ολ}$ εἶναι ἴση

πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν τριῶν ἀντιστάσεων R_1 , R_2 καὶ R_3 . Ἦτοι

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1)$$

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (1). Ἐὰν διὰ τοῦ συστήματος τῶν τριῶν ἀντιστάσεων διαβιβάσωμεν ρεῦμα, ἐντάσεως i , ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Ohm εὐρίσκομεν ὅτι μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B ἐπικρατεῖ μία διαφορὰ δυναμικοῦ $U_{A,B}$, ἴση πρὸς

$$U_{A,B} = i \cdot R_1.$$

Ὁμοίως, διὰ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεία B , Γ καὶ Γ , Δ λαμβάνομεν

$$U_{B,\Gamma} = i \cdot R_2 \quad \text{καὶ} \quad U_{\Gamma,\Delta} = i \cdot R_3.$$

Ἀλλὰ τὸ ἄθροισμα τῶν διαφορῶν δυναμικοῦ $U_{A,B}$, $U_{B,\Gamma}$ καὶ $U_{\Gamma,\Delta}$ εἶναι ἴσον μετὰ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ $U_{A,\Delta}$ εἰς τὰ ἄκρα A , Δ τῆς συνδεσμολογίας. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ αὕτη ὑπολογίζεται ἐκ τῶν ἄνω τριῶν ἐξισώσεων διὰ προσθέσεως αὐτῶν κατὰ μέλη, ὁπότε προκύπτει

$$U_{A,\Delta} = i \cdot (R_1 + R_2 + R_3).$$

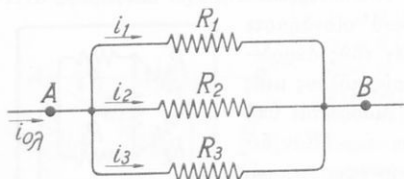
Ἐπειδὴ ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις $R_{ολ}$ τῆς συνδεσμολογίας εἶναι, ἐξ ὁρισμοῦ, ἴση πρὸς

$$R_{ολ} = \frac{U_{A,\Delta}}{i},$$

προκύπτει, τελικῶς, ἡ σχέσις

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3. \quad \text{ὁ ἔ.δ.}$$

β) **Σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ.** Τὴν σύνδεσιν τριῶν, π.χ., ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ παρίστανται τὸ σχῆμα 204. Εἰς τὴν περίπτωσηί ταύτην ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις $R_{ολ}$ εὐρίσκεται ἐκ τοῦ τύπου



Σχ. 204. Σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ.

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2)$$

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (2). Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις R_1 , R_2 , R_3 διαρρέονται ὑπὸ τριῶν ρευμάτων, ἐντάσεων i_1 , i_2 καὶ i_3 , ἐνῶ εἰς τὰ ἄκρα A , B καὶ τῶν τριῶν ἐπικρατεῖ ἡ αὐτὴ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_{A,B}$. Ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ *Ohm* εἰς τὰς τρεῖς ἀντιστάσεις, λαμβάνομεν τὰς ἐξισώσεις

$$i_1 = \frac{U_{A,B}}{R_1}, \quad i_2 = \frac{U_{A,B}}{R_2}, \quad i_3 = \frac{U_{A,B}}{R_3}.$$

Προσθέτοντες κατὰ μέλη τὰς τρεῖς ταύτας ἐξισώσεις, λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$i_1 + i_2 + i_3 = U_{A,B} \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ἀφ' ἐτέρου, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ *Iou* κανόνα τοῦ Kirchhoff εἰς τὸν κόμβον A , λαμβάνομεν

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_{ολ},$$

ὁπότε ἡ τελευταία ἐξίσωσις γράφεται ὡς ἑξῆς:

$$i_{ολ} = U_{A,B} \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right).$$

Ἐπειδὴ, ἐξ ὁρισμοῦ, ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις $R_{ολ}$ εἶναι ἴση πρὸς

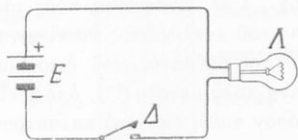
$$R_{ολ} = \frac{U_{A,B}}{i_{ολ}},$$

ἔχομεν, τελικῶς, τὴν σχέσιν

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}. \quad \text{ὁ ἔ.δ.}$$

§ 171. Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα - Βραχυκύκλωμα - 'Ασφάλεια.

Ἔστω ἡλεκτρικὴ πηγὴ, ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως E (σχ. 205), τῆς ὁποίας τοὺς πόλους συνδέομεν διὰ συρμάτων πρὸς τοὺς ἀκροδέκτας ἡλεκτρικῆς τινος συσκευῆς, π.χ., τοῦ λαμπτήρος Λ , ἐνῶ παρεμβάλλομεν καὶ τὸν διακόπτην Δ . Τὸ ὅλον σύστημα τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς, τοῦ λαμπτήρος καὶ τοῦ διακόπτου καλοῦμεν **ἡλεκτρικὸν κύκλωμα**.

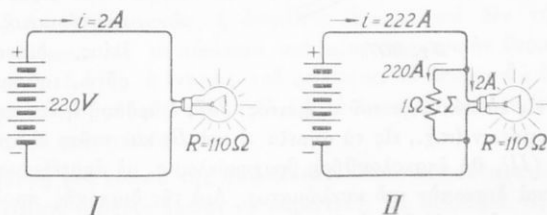


Σχ. 205. Τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν.

Ἐν ἡλεκτρικὸν κύκλωμα καλεῖται ἀνοικτόν, ὅταν δι' αὐτοῦ δὲν διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Οὕτω, τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 205 εἶναι ἀνοικτόν, διότι ὁ διακόπτης Δ εἶναι ἀνοικτός, ὁπότε τὸ κύκλωμα παρουσιάζει διακοπὴν. Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, δὲν ὑπάρχει πλέον διακοπὴ εἰς τὸ κύκλωμα (κλειστόν κύκλωμα) καί, συνεπῶς, τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος.

Διὰ νὰ ρέῃ μονίμως διὰ τοῦ λαμπτήρος τοῦ σχήματος 205 ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, πρέπει εἰς τὰ ἄκρα του νὰ ὑπάρχῃ μονίμως μία διαφορὰ δυναμικοῦ. Ταύτην, ἀκριβῶς, διατηρεῖ ἡ ἡλεκτρικὴ πηγὴ E . Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἔχει τὸ ἐξῆς ὑδραυλικὸν ἀνάλογον: Διὰ νὰ εἶναι δυνατόν νὰ ρέῃ μονίμως τὸ ὕδωρ εἰς τὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 183, πρέπει ἡ διαφορὰ πιέσεως εἰς τὰ ἄκρα του νὰ διατηρῇται σταθερά. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν δι' ἀντίλκας, ἡ ὁποία θὰ μεταφέρῃ τὸ ὕδωρ ἐκ τοῦ ἐνὸς δεχείου εἰς τὸ ἄλλο, κατὰ τρόπον ὥστε τὰ ὕψη τῶν ὑγρῶν στηλῶν ἐντὸς αὐτῶν νὰ διατηροῦνται σταθερά.

Βραχυκύκλωμα. Ὅταν ἓν ἡλεκτρικὸν κύκλωμα (ὅπως τὸ τοῦ σχήματος 206, I) διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἡ ἔντασις αὐτοῦ ὑπολογίζεται διὰ τοῦ



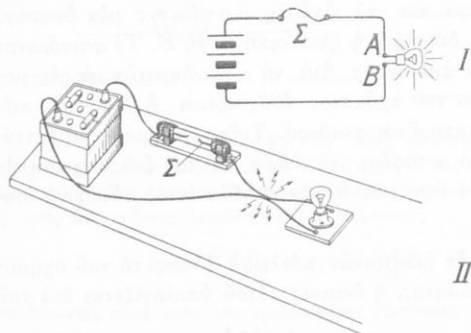
Σχ. 206. Ὅταν ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος Σ εἶναι μικρά (II), προκαλεῖται βραχυκύκλωμα.

νόμου τοῦ *Ohm*: Οὕτω, ἂν ἡ ΗΕΔ τῆς πηγῆς εἶναι, π.χ., 220 V καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος εἶναι, π.χ., $110\ \Omega$, ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ κυκλώματος, θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$i = \frac{220}{110} \frac{\text{V}}{\Omega} = 2\text{ A}.$$

Ὑποθέσωμεν, τώρα, ὅτι εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ λαμπτήρος συνδέομεν σύρμα Σ (II), μεγάλης, σχετικῶς, διαμέτρου· συνεπῶς μικρᾶς ἀντιστάσεως, π.χ., 1Ω . Συμφώνως πρὸς τὰ λεχθέντα εἰς τὴν § 170, β, ἡ ὀλική ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος θὰ εἶναι, τώρα, πολὺ μικρά (*), μὲ ἀποτέλεσμα ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου διὰ τῶν ἀγωγῶν τοῦ κυκλώματος, νὰ γίνῃ πολὺ μεγάλη (**), ὁπότε εἶναι δυνατόν οἱ ἀγωγοὶ οὗτοι νὰ θερμανθοῦν τόσον πολὺ, ὥστε νὰ καταστραφοῦν. Ὄταν συνδέωμεν τοὺς πόλους μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς μὲ ἀγωγὸν ἀμελητέας ἀντιστάσεως, λέγομεν ὅτι προκαλοῦμεν **βραχυκύκλωμα**.

Ἀσφάλεια. Ὅπως εἶδομεν ἀνωτέρω, τὸ ἀποτέλεσμα ἑνὸς βραχυκυκλώματος εἶναι ὑπέριμετρος αὔξησης τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, δυναμένη νὰ προκαλέσῃ βλάβας εἰς τὸ κύκλωμα ἢ ἀκόμη καὶ πυρκαϊάν. Πρὸς πρόληψιν τοιούτων ἐνδεχομένων ἐφοδιάζονται ὅλα τὰ ἡλεκτρικὰ κυκλώματα δι' **ἀσφαλειῶν**, τῶν ὁποίων ὁ κοινότερος τύπος εἶναι ἡ **τηκομένη ἀσφάλεια**. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ σύρματος Σ (σχ. 207, I), σχετικῶς εὐτήκτου καὶ μικροῦ μή-



Σχ. 207.

κους, τὸ ὁποῖον παρεντίθεται εἰς τὸ κύκλωμα. Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς μεγάλης θερμότητος Joule, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται, ὅταν διέλθῃ δι' αὐτῶν ρεῦμα, ἐντάσεως, μεγαλυτέρας τῆς προβλεπομένης καὶ ἡ ὁποία προκαλεῖ τήξιν τοῦ σύρματος τῆς ἀσφαλείας, διακοπτομένου, οὕτω, τοῦ κυκλώματος.

Οὕτω, ἐὰν εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 207, I φθαρῇ ἡ ἑξωτερικὴ μόνωσις τῶν συρμάτων (π.χ., εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B) καὶ ταῦτα ἔλθουν ἐκταίως εἰς ἐπαφὴν (II), θὰ ἐπακολουθήσῃ βραχυκύκλωμα, μὲ ἀποτέλεσμα τήξιν τῆς ἀσφαλείας καὶ διακοπὴν τοῦ κυκλώματος. Διὰ τῆς διακοπῆς προλαμβάνεται ἡ ἐπὶ μέγαν χρόνον διόδος ἰσχυροῦ ρεύματος διὰ τοῦ κυκλώματος, ἡ ὁποία θὰ προεκάλει καταστροφὴν αὐτοῦ, πυρκαϊάν κ.λ.

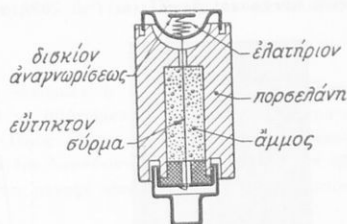
Τὸ σχῆμα 208 παριστᾷ τὴν φύσιγγα μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας. Ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς φύσιγγος τῶν ἀσφαλειῶν εἶναι ἀναγεγραμμένη μία ἔνδει-

(*) Ἄν τὴν ὑπολογίσωμεν, θὰ εὗρωμεν αὐτὴν μικροτέραν τοῦ 1Ω .

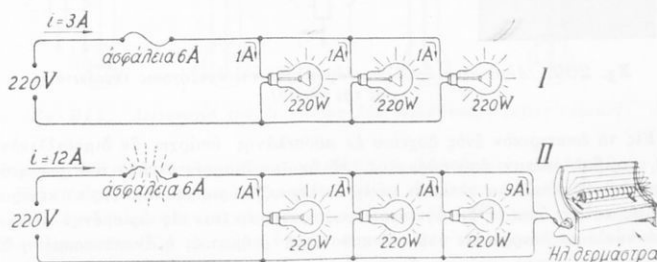
(**) Αὕτη εἰς τὸ παράδειγμά μας θὰ εἶναι ἴση πρὸς $222 A$!

ξίς, π.χ., 6 A (σχ. 209). Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ ἀσφάλεια αὕτη ἀντέχει εἰς ρεῦμα, ἐντάσεως μέχρις 6 A . Ἐάν δι' οἷονδήποτε λόγον, π.χ., λόγω βραχυκυκλώματος—ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα ὑπερβῇ τὴν τιμὴν ταύτην, ἡ ἀσφάλεια θὰ τακῇ καὶ τὸ κύκλωμα θὰ διακοπῇ.

Ἐκτὸς τοῦ βραχυκυκλώματος, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ ὑπέρμετρον αὔξησιν τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὴν ἀσφάλειαν, καὶ ἡ σύνδεσις πολλῶν ἡλεκτρικῶν συσκευῶν εἰς τὸ δίκτυον προκαλεῖ τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα. Οὕτω, εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 208α, I ἔχει παρεντεθῇ ἀσφάλεια τῶν 6 A ,



Σχ. 208. Φύσις τῆς κομμένης ἀσφαλείας.

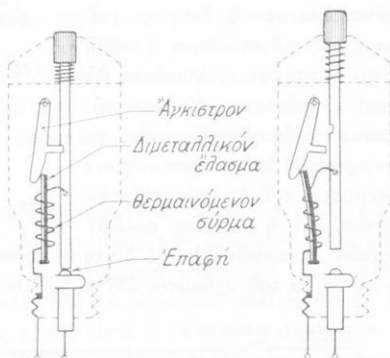


Σχ. 208α. Ἡ ἀσφάλεια τήκεται (II), μόλις συνδεθῇ εἰς τὸ κύκλωμα ἡ ἡλεκτρικὴ θερμάστρα.

ἐνῶ ἡ ἔντασις τοῦ διαρρέοντος αὐτὴν ρεύματος εἶναι μικροτέρα τῆς τιμῆς ταύτης (3 A) καί, συνεπῶς, ἡ ἀσφάλεια ἀντέχει καὶ δὲν τήκεται. Ἐάν, ὅμως, συνδέσωμεν εἰς τὸ κύκλωμα καὶ μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν (II), ἰσχύος, π.χ., 2 kW , ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ διαρρέῃ τώρα τὴν ἀσφάλειαν, θ' αὔξηθῇ πολὺ (12 A), μὲ ἀποτέλεσμα τῆξιν τῆς ἀσφαλείας καὶ διακοπὴν τοῦ κυκλώματος.

Ἐκλογὴ τοῦ τύπου τῆς ἀσφαλείας. Διὰ νὰ ἐκλέξωμεν τὴν κατάλληλον ἀσφάλειαν, ἡ ὁποία πρέπει νὰ παρεντεθῇ εἰς κύκλωμά τι, ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς: Ἐκ τῆς συνολικῆς ἰσχύος (π.χ., $2,5\text{ kW}$) τῶν συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι πρόκειται νὰ συνδεθοῦν εἰς τὸ κύκλωμα καὶ τῆς τάσεως λειτουργίας (π.χ., 220 V) ὑπολογίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος κανονικῆς λειτουργίας ($11,3\text{ A}$). Ἡ ἀσφάλεια, τὴν ὁποίαν θὰ χρησιμοποιήσωμεν, πρέπει νὰ εἶναι τῆς ἀμέσως ἀνωτέρας τιμῆς ἐκ τῶν εἰς τὸ ἐμπόριον ὑπαρχόντων τύπων. Ἐπειδὴ εἰς τὸ ἐμπόριον φέρονται ὠρισμένοι μόνον τύποι ἀσφαλειῶν—π.χ., τῶν 6 A , 10 A , 15 A , 25 A —ἔπεται ὅτι εἰς τὸ παράδειγμά μας θὰ ἀγοράσωμεν ἀσφάλειαν τῶν 15 A .

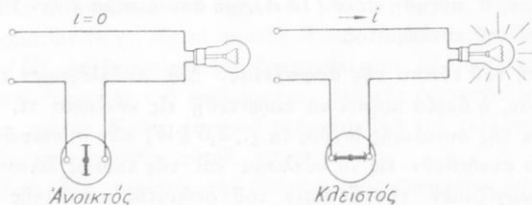
Αὐτόματοι ἀσφάλεια. Τελευταίως ἤρχισαν νὰ χρησιμοποιοῦνται καὶ αἱ καλούμενοι αὐτόματοι ἀσφάλεια (σχ. 209), αἱ ὁποῖαι, κατὰ βίαιον, εἶναι αὐτόματοι διακό-



Σχ. 209. Αὐτόματος ἀσφάλεια (ἀριστερά) καὶ ἐπεξήγησις τῆς λειτουργίας τῆς (δεξιὰ).

παι : Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἑνὸς δοχείου ἐκ πορσελάνης ὑπάρχει ἓν διμεταλλικὸν ἔλασμα (*), περιβαλλόμενον ὑπὸ σύρματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος. Τὸ κύκλωμα κλείεται μέσῳ στελέχους, εὐρισκομένου εἰς τὸ κέντρον τῆς ἀσφαλείας καὶ τὸ ὁποῖον, δι' ἀγκιστρώσεως, συγκρατεῖται εἰς ὠρισμένην θέσιν. Ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα διαρρέεται ὑπὸ τοῦ κανονικοῦ ρεύματος, ἡ ἀναπτυσσομένη θερμότης Joule εἶναι μικρὰ καὶ τὸ διμεταλλικὸν ἔλασμα διατηρεῖ τὸ εὐθὺ σχῆμα του. Ἐάν, ὅμως, τὸ ρεῦμα ὑπερβῇ τὴν κανονικὴν τιμὴν, ἡ ἀναπτυσσομένη μεγάλη θερμότης Joule παραμορφώνει τὸ ἔλασμα (σχ. 209, δεξιὰ), τὸ ὁποῖον ὥθει τὸ ἀγκίστρον. Οὕτω, τὸ κεντρικὸν στέλεχος ἐλευθεροῦται καὶ, τῇ βοηθείᾳ ἐλατηρίου, ἀπομακρύνεται καὶ διακόπτει τὸ κύκλωμα. Διὰ νὰ λειτουργήσῃ ἐκ νέου ἡ ἀσφάλεια, ἀρκεῖ νὰ πιεσθῇ τὸ ἐπὶ τούτῳ κομβίον, ὥστε τὸ στέλεχος ν' ἀγκιστρωθῇ καὶ νὰ κλείσῃ τὸ κύκλωμα.

§ 172. Διακόπται. Διὰ τὸ ἀνοίγμα καὶ τὸ κλείσιμον ἑνὸς ἡλεκτρικοῦ



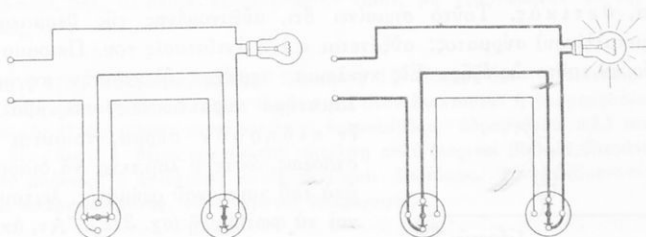
Σχ. 210. Λειτουργία τοῦ περιστροφικοῦ διακόπτον.

κυκλώματος χρησιμοποιοῦνται οἱ **διακόπται**. Οὗτοι εἶναι διαφόρων τύπων,

(*) Βλ. Τόμος Α', § 220.

ἀποτελούνται δέ, κατ' ἄρχήν, ἐκ δύο ἀκινήτων μεταλλικῶν ἀκροδεκτῶν (σχ. 210), οἱ ὅποιοι βραχυκυκλώνονται, ἐκάστοτε, δι' ἑνὸς κινητοῦ μεταλλίνου στελέχους.

Εἰς ὁρισμένας περιπτώσεις θέλομεν νὰ κλείωμεν ἢ ν' ἀνοίγωμεν ἓν κύκλωμα ἐκ διαφόρων θέσεων (π.χ., ν' ἀνάπτωμεν καὶ νὰ σβύνωμεν τὸ φῶς ἑνὸς κλιμακοστασίου ἐκ τοῦ κάτω ἢ τοῦ ἄνω ἄκρου αὐτοῦ). Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν εἰδικούς διακόπτας μετέσσαρτος ἀκροδέκτας (διακόπται δύο διευθύνσεων, *aller - retour*), ἐκ τῶν ὁποίων οἱ δύο εἶναι μονίμως βραχυκυκλωμένοι μεταξύ των (σχ. 211). Ἐκ τῆς παρα-



Σχ. 211. Λειτουργία τοῦ διακόπτου δύο διευθύνσεων (*aller-retour*).

κολουθήσεως τοῦ σχήματος προκύπτει, εὐκόλως, ἡ λειτουργία τῶν τοιούτων διακοπῶν: Εἰς τὸ ἀριστερὸν σχῆμα τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, ἐνῶ εἰς τὸ δεξιὸν εἶναι κλειστόν. Διὰ νὰ κλείσωμεν τὸ (ἀριστερὸν) κύκλωμα ἀρκεῖ νὰ περιστρέψωμεν ἓνα ἐκ τῶν δύο διακοπῶν. (Εἰς τὸ σχῆμα ἔχομεν περιστρέψει τὸν ἀριστερὸν διακόπτην).

§ 173. Μεταβολή της αντίστασης μετά της θερμοκρασίας.

Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν § 158, ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τῶν διαφόρων ὑλικῶν —καὶ συνεπῶς ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν— μεταβάλλεται μετὰ της θερμοκρασίας. Ἐὰν ἡ θερμοκρασία ἑνὸς ἀγωγοῦ, ἀντιστάσεως R , μεταβληθῇ κατὰ $\Delta\theta$, θὰ μεταβληθῇ καὶ ἡ ἀντίστασις του κατὰ ΔR . Ἡ μεταβολὴ αὕτη ΔR τῆς ἀντιστάσεως εὐρίσκεται ὅτι εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀντιστάσεως R καὶ τῆς μεταβολῆς $\Delta\theta$ τῆς θερμοκρασίας, ἐξαρτᾶται δὲ καὶ ἐκ τοῦ ὑλικοῦ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἦτοι εἶναι

$$\Delta R = \alpha \cdot R \cdot \Delta\theta \quad (1)$$

Ὁ συντελεστὴς α καλεῖται **θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως** καὶ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὑλικοῦ, ἐκ τοῦ ὁποῖου εἶναι κατασκευασμένος ὁ ἀγωγός.

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1) προκύπτει ὅτι ὁ θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως ὑλικοῦ τινος ἰσοῦται, ἀριθμητικῶς, μετὰ τὴν μεταβολήν, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἀντίστασις $1 \, \Omega$ ἐκ τοῦ ἐν λόγῳ ὑλικοῦ, ὅταν μεταβληθῇ ἡ θερμοκρασία της κατὰ 1°C .

Μονὰς μετρήσεως τοῦ συντελεστοῦ α εἶναι τὸ

$$1 \, \text{grad}^{-1}.$$

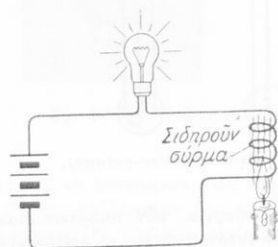
Ἐκ τῆς ἄνω ἐξισώσεως ὑπολογίζεται ἡ ἀντίστασις R_{θ} ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὅταν οὗτος θερμανθῇ εἰς θερμοκρασίαν $\theta^{\circ} C$, ἐὰν εἶναι γνωστὴ ἡ τιμὴ τῆς R_0 εἰς $0^{\circ} C$, διὰ τοῦ τύπου

$$R_{\theta} = R_0 + \Delta R = R_0 + \alpha \cdot R_0 \cdot \theta$$

ἢ

$$R_{\theta} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

Εἰς τὰ μέταλλα ὁ θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως εἶναι, κατὰ κανόνα, θετικὸς. Τοῦτο σημαίνει ὅτι, αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας ἑνὸς (μεταλλίνου) σύρματος, αὐξάνεται καὶ ἡ ἀντίστασις του. Πειραματικῶς δεικνύομεν τοῦτο ὡς ἑξῆς: Εἰς κύκλωμα, περιέχον ἡλεκτρικὴν πηγὴν καὶ



Σχ. 212.

λαμπτήρα πυρακτώσεως, παρεμβάλλομεν ἓν σιδηροῦν σύρμα, τοιαύτης ἀντιστάσεως, ὥστε ὁ λαμπτήρ νὰ διαρρέεται ὑπὸ τοῦ κανονικοῦ ρεύματος λειτουργίας καὶ νὰ φωτοβολῇ (σχ. 212). Ἄν, ἀκολουθῶν, θερμάνωμεν τὸ σύρμα διὰ λύχνου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ φωτοβολία τοῦ λαμπτήρος ἐλαττοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, εἶναι δὲ δυνατόν ὁ λαμπτήρ καὶ νὰ σβύσῃ ἑντελῶς. Ἐάν, ἀκολουθῶν, παύσωμεν νὰ θερμαίνωμεν τὸ σύρμα, τοῦτο

θ' ἀρχίσῃ νὰ ψύχεται καί, ὅταν ἀποκτήσῃ τὴν προτέραν του ἀντίστασιν, ὁ λαμπτήρ θὰ φωτοβολῇ, ἐκ νέου, ζωηρῶς.

Ἐνῶ εἰς τὰ μέταλλα ὁ θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως εἶναι θετικὸς, εἰς ἄλλα ὑλικά (ὅπως, π.χ., εἰς τὸν ἄνθρακα) ὁ θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως εἶναι ἀρνητικὸς. Τοῦτο σημαίνει ὅτι, αὐξανομένης τῆς θερμοκρασίας ἑνὸς ἀγωγοῦ ἐξ ἄνθρακος, ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἐλαττοῦται.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

(εἰς grad^{-1})

Κωνσταντίνη	$2 \cdot 10^{-6}$
Χρωμονικελίνη	$4 \cdot 10^{-4}$
Ἵδράργυρος	$8,9 \cdot 10^{-4}$
Λευκόχρυσος	$3 \cdot 10^{-3}$
Χαλκός	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Ἄργυρος	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Ἀργίλιον	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Βολφράμιον	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Σίδηρος	$5 \cdot 10^{-3}$

§ 174. **Θερμόμετρα αντίστασεως.** Την εξάρτησιν της αντίστασεως ἐκ της θερμοκρασίας χρησιμοποιούμεν διὰ τὴν μέτρησιν της θερμοκρασίας διὰ τῶν *θερμομέτρων ἀντιστάσεως* (βλέπε καὶ Α' Τόμον, § 216, δ).

§ 175. **Ἀγωγοὶ σταθερῶς ἀντιστάσεως.** Εἰς τὴν § 173 εἶδομεν ὅτι ἡ ἀντίστασις τῶν διαφόρων ἀγωγῶν μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Ὑπάρχουν, ὁμως, ὁρισμένα κράματα, τῶν ὁποίων ἡ ἀντίστασις εἶναι, σχεδόν, ἀνεξάρτητος τῆς θερμοκρασίας, δηλαδὴ ὁ θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως αὐτῶν εἶναι πολὺ μικρὸς. Τοιαῦτα κράματα εἶναι ἡ κωνοταντάνη, ἡ μαγγανίνη κ.λ. (*). Σύρματα ἐκ κωνοταντάνης κ.λ. χρησιμοποιοῦνται, π.χ., διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν *προτύπων ἀντιστάσεων* ἀντιστάσεων, δηλ., αἱ ὁποῖαι ἔχουν γνωστὴν τιμὴν, μὴ ἐξαρτωμένην ἐκ τῆς θερμοκρασίας.

★ § 176. **Ὑπεραγωγιμότης.** Εἰς τὴν § 173 εἶδομεν ὅτι ἡ ἀντίστασις ὧν, σχεδόν, τῶν μεταλλίνων ἀγωγῶν ἐλαττοῦται, ὅταν ἐλαττοῦται ἡ θερμοκρασία τῶν. Εἰς ἀγωγούς ἐξ ὁρισμένων μετάλλων (π.χ., ἐκ μολύβδου, ὕδραργύρου κ.λ.) παρατηρεῖται ὅτι, ὅταν ἡ θερμοκρασία τῶν κατέλθῃ πολὺ (μερικοὶ βαθμοὶ ὑπεράνω τοῦ ἀπολύτου μηδενός), ἡ ἀντίστασις τῶν μηδενίζεται ἀποτόμως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται *ὑπεραγωγιμότης*, οἱ δὲ ἀγωγοὶ *ὑπεραγωγοί*.

★★★ § 177. **Κύτταρον σεληνίου.** Τὸ χημικὸν στοιχεῖον *σελήνιον* (Se) παρουσιάζει τὴν ιδιότητα νὰ ὑφίσταται ἐλάττωσιν τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ, ὅταν φωτίζεται. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τούτου στηρίζεται ἡ λειτουργία τοῦ *κυττάρου σεληνίου*, τὸ ὅποιον δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ φωτομετρικὰς μετρήσεις κ.λ. Πρὸς τοῦτο, τὸ κύτταρον τοῦ σεληνίου συνδέεται μὲ ἡλεκτρικὴν τινα πηγὴν καὶ γαλβανόμετρον. Εἰς τὸ σκότος ἡ ἀντίστασις τοῦ κυττάρου εἶναι πολὺ μεγάλη κατ' ἐνταπῶς, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος πολὺ μικρά. Ὅταν, ὁμως, προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ φῶς, ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐλαττοῦται καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται τόσον περισσότερον, ὅσον ὁ φωτισμός, τὸν ὅποιον δέχεται τὸ κύτταρον, εἶναι μεγαλύτερος. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐκ τῆς ἐνδείξεως τοῦ γαλβανομέτρου, δυνάμεθα νὰ εὑρωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ φωτός.

Τὰ κύτταρα σεληνίου δὲν χρησιμοποιοῦνται, πλέον, ἀντικατασταθέντα διὰ τῶν *φωτοκυττάρων* καὶ τῶν *φωτοστοιχείων* (βλ. §§ 269 καὶ 290).

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Ἡλεκτρικὸν φορτίον 540 Cb διέρχεται διὰ τινος ἀγωγοῦ ἐντὸς χρόνου 3 min. Ζητοῦνται: α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ β) ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ρεύμα, ἐντάσεως 1,2 A, μεταφέρει τὸ αὐτὸ φορτίον. (ΑΠ: α) 3 A, β) 7,5 min)

2) Πόσον εἶναι τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον, τὸ διερχόμενον διὰ τινος ἀγωγοῦ, ἀντιστάσεως 25 Ω, ἐντὸς 5 min, ἂν εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἐφαρμοσθῇ διαφορὰ δυναμικοῦ 12 V; (ΑΠ: 144 Cb)

3) Λαμπτήρ πυρακτώσεως διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως 300 mA, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐφαρμοσθῇ τάσις 220 V. Ποία ἡ ἀντίστασις τοῦ λαμπτήρος; (ΑΠ: 733 Ω)

(*) Τὰ κράματα ταῦτα περιέχουν χαλκόν, νικέλιον, μαγγάνιον κ.λ.

4) Ποία εἶναι ἡ ἀντίστασις σύρματος ἐκ χρωμονικελίνης, μήκους $1,6\text{ m}$ καὶ διαμέτρου $0,5\text{ mm}$; Πόσα μέτρα ἐκ τοῦ σύρματος τούτου απαιτοῦνται διὰ τὴν κατασκευὴν ἀντιστάσεως $100\ \Omega$;
(ΑΠ: $8,15\ \Omega$, $19,6\text{ m}$)

5) Στήλη ὑδραργύρου, ὕψους $106,3\text{ cm}$ καὶ διατομῆς 1 mm^2 , ἔχει ἀντίστασιν $1\ \Omega$ εἰς θερμοκρασίαν 0° C . Ποία ἡ ἀντίστασις ἐνὸς κύβου ἑξ ὑδραργύρου, ἀκμῆς 1 cm , εἰς τὴν αὐτὴν θερμοκρασίαν;
(ΑΠ: $94 \cdot 10^{-6}\ \Omega$)

6) Διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ἰσοδυναμοῦ τῆς θερμότητος θέτομεν ἐντὸς θερμιδομέτρου, περιέχοντος 256 gr ὕδατος, σπείραμα, ἀντιστάσεως $3,2\ \Omega$ καὶ διαβιβάζομεν δι' αὐτοῦ ρεῖμα, ἐντάσεως $2,86\text{ A}$ ἐπὶ $1,5\text{ min}$. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται ἀπὸ 18° C εἰς $20,2^\circ\text{ C}$. Ποία ἡ τιμὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ἰσοδυναμοῦ τῆς θερμότητος;
(ΑΠ: $4,2\text{ Joule}\cdot\text{cal}^{-1}$)

7) Ἡλεκτρικὸς θερμαντήρ, συνδεόμενος εἰς δίκτυον 220 V , διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως $2,5\text{ A}$. Πόσῃν θερμότητι ἀναπτύσσει οὗτος ἀνά ὥραν;
(ΑΠ: $471,4\text{ kcal/h}$)

8) Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα φέρει τὸς ἐνδείξεις « 1 kW , 220 V ». Τί δηλοῦν αὗται; Νὰ ὑπολογισθοῦν, ἐν συνεχείᾳ, τὰ ἑξῆς: α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὴν θερμάστραν, β) ἡ ἀντίστασις αὐτῆς καὶ γ) ἡ θερμότης, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει αὕτη ἀνά ὥραν.
(ΑΠ: α) $4,54\text{ A}$, β) $48,4\ \Omega$, γ) 857 kcal/h)

9) Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις ἐνὸς θερμαντικοῦ σώματος, τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ λειτουργήσῃ εἰς δίκτυον 220 V διὰ νὰ θερμάνῃ ἐν λίτρῳ ὕδατος ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας 20° C μέχρι τῆς θερμοκρασίας 80° C ἐντὸς 15 min ;
(ΑΠ: $172,8\ \Omega$)

10) Ἐάν ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια παρέχεται πρὸς $0,5\text{ δραχμὰς}$ ἀνὰ κιλοβατῶριον, πόσον θὰ κοστίσῃ ἡ θέρμανσις 80 λίτρων ὕδατος ἀπὸ τῆς θερμοκρασίας 20° C μέχρι τῆς θερμοκρασίας 80° C ;
(ΑΠ: $2,8\text{ δραχμαὶ}$)

11) Λαμπτήρ πυρακτώσεως, τάσεως λειτουργίας 220 V , ἔχει ἀντίστασιν $645\ \Omega$. Ποία ἡ ἰσχύς του;
(ΑΠ: 75 W)

12) Διὰ χαλκίνου σύρματος, μήκους 10 m καὶ διατομῆς 1 cm^2 , διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, ἐντάσεως 5 A , ἐπὶ μίαν ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐντὸς τοῦ σύρματος ἀναπτυσσομένη θερμότης.
(ΑΠ: $36,42\text{ cal}$)

13) Πρόκειται νὰ θερμάνωμεν 2 kgr ὕδατος ἀπὸ 15° C εἰς 90° C ἐντὸς 5 min , χρησιμοποιοῦντες πρὸς τοῦτο ἡλεκτρικὸν βραστήρα. Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἰσχύς τοῦ βραστήρος;
(ΑΠ: $2,1\text{ kW}$)

14) Τρεῖς ἀντιστάσεις $10\ \Omega$, $20\ \Omega$ καὶ $25\ \Omega$ συνδέονται ἐν σειρά καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται τάσις 110 V . Νὰ εὑρεθῇ: α) ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος, β) ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς ὑπ' ἐκάστης τῶν ἀντιστάσεων καὶ γ) ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα ἐκάστης ἀντιστάσεως.
(ΑΠ: α) 2 A , β) 40 W , 80 W , 100 W , γ) 20 V , 40 V , 50 V)

15) Τρεῖς ἀντιστάσεις $100\ \Omega$, $200\ \Omega$ καὶ $300\ \Omega$ συνδέονται ἐν παραλλήλῳ καὶ τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος συνδέονται πρὸς πηγὴν 220 V . Ποία ἡ ἰσχύς, ἡ καταναλισκομένη ὑπ' ἐκάστης ἀντιστάσεως;
(ΑΠ: 484 W , 242 W , $161,3\text{ W}$)

16) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις, ἡ ὁποία πρέπει νὰ συνδεθῇ παραλλήλως πρὸς σύρμα, ἀντιστάσεως $10,5\ \Omega$, ὥστε ἡ ὅλική ἀντίστασις νὰ εἶναι ἰση πρὸς $10\ \Omega$.
(ΑΠ: $210\ \Omega$)

17) Δύο ἀντιστάσεις—ἡ μία τῶν $60\ \Omega$ καὶ ἡ ἄλλη τῶν $30\ \Omega$ —συνδέονται α) ἐν σειρά καὶ β) ἐν παραλλήλῳ, τροφοδοτοῦνται δὲ μὲ τάσιν 220 V . Ποία ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς; εἰς ἐκάστην περίπτωσιν;
(ΑΠ: $537,7\text{ W}$, 2420 W)

18) Τρεις αντίστασεις, εκάστη τῶν ὁποίων εἶναι ἴση πρὸς $60 \, \Omega$, συνδέονται καθ’ ὅλους τοὺς δυνατοὺς τρόπους. Ποία ἡ ἀντίστασις εἰς ἐκάστην περίπτωσιν;

(ΑΠ: Ἐν σειρᾷ $180 \, \Omega$, ἐν παραλλήλῳ $20 \, \Omega$, μικτῶς μία περίπτωσις $40 \, \Omega$, ἄλλη περίπτωσις $90 \, \Omega$)

19) Πέντε ὁμοιοὶ λαμπτήρες πυρακτώσεως συνδέονται ἐν παραλλήλῳ. Ἐάν ἡ ἀντίστασις ἐκάστου λαμπτήρος εἶναι $300 \, \Omega$ καὶ ἡ τάσις τοῦ δικτύου $220 \, V$, ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τοὺς ἀγωγοὺς συνδέσεως πρὸς τὸ δίκτυον;

(ΑΠ: $3,66 \, A$)

20) Ρεύμα, ἐντάσεως $3,5 \, A$, διαρρέει κύκλωμα, ἀποτελούμενον ἐκ δύο ἀγωγῶν, ἀντιστάσεων $6 \, \Omega$ καὶ $8 \, \Omega$, συνδεδεμένων ἐν παραλλήλῳ. Νὰ εὐρεθῇ: α) ἡ ὁλική ἀντίστασις, β) ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ κοινὰ ἄκρα καὶ γ) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος ἑκαστον ἀγωγόν.

(ΑΠ: α) $3,43 \, \Omega$, β) $12 \, V$ καὶ γ) $2 \, A$, $1,5 \, A$)

21) Νὰ δεიχθῇ ὅτι ἐν θερμαντικόν σῶμα, ἰσχύος $600 \, W$ καὶ τάσεως λειτουργίας $110 \, V$, συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ μὲ λαμπτήρα αὐτοκινήτου $6 \, V$, $32 \, W$, ἐπιτρέπει εἰς τὸν τελευταῖον νὰ λειτουργήσῃ, ἐάν συνδεθῇ εἰς δίκτυον $110 \, V$.

22) Ἀγωγός, ἀντίστασεως $50 \, \Omega$, παρουσιάζει αὐξησιν ἀντιστάσεως κατὰ $7,6 \, \Omega$, ὅταν ἡ θερμοκρασία του αὐξηθῇ ἀπὸ $20^\circ C$ εἰς $60^\circ C$. Ποίος ὁ θερμικὸς συντελεστής ἀντιστάσεως;

(ΑΠ: $3,8 \cdot 10^{-3} \, \text{grad}^{-1}$)

23) Σιδηροὺν σύρμα ἔχει ἀντίστασιν $600 \, \Omega$ εἰς θερμοκρασίαν $50^\circ C$. Ποία ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος εἰς $0^\circ C$;

(ΑΠ: $480 \, \Omega$)

Κατηγορία Β’

1) Διὰ τινος ἀγωγοῦ διέρχεται ρεύμα, ἐντάσεως $10 \, A$. Πόσον φορτίον θὰ διέλθῃ διὰ τινος διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ ἐντὸς $2 \, \text{min}$; Πόσα ἠλεκτρόνια θὰ διέλθουν;

(ΑΠ: $1200 \, Cb$, $7,5 \cdot 10^{21}$ ἠλεκτρόνια)

2) Χάλκινον σύρμα, μήκους $10 \, m$, ἔχει βάρος $20 \, gr^*$. Ἡ ἀντίστασις του εἶναι $0,76 \, \Omega$. Ποία ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ, ἐάν τὸ εἰδικὸν βάρος αὐτοῦ εἶναι ἴσον πρὸς $8,9 \, gr^*/cm^3$;

(ΑΠ: $1,7 \cdot 10^{-6} \, \Omega \cdot cm$)

3) Ποία ἡ ἀντίστασις κυλινδρικῆς στήλης ὕδραργύρου, ὕψους $100 \, cm$ καὶ βάρους $1 \, gr^*$; (Εἰδικὸν βάρος ὕδραργύρου = $13,6 \, gr^*/cm^3$).

(ΑΠ: $13 \, \Omega$)

4) Χάλκινος ἀγωγός, μήκους $1 \, km$, ἔχει βάρος $445 \, kgr^*$. Ποῖον τὸ βάρος καὶ ἡ διατομὴ ἀγωγοῦ ἔξ ἀργιλίου, ἔχοντος τὸ αὐτὸ μήκος καὶ τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν; (Εἰδ. βάρος χαλκοῦ $8,9 \, gr^*/cm^3$, εἰδ. βάρος ἀργιλίου $2,7 \, gr^*/cm^3$).

(ΑΠ: $222,3 \, kgr^*$, $0,82 \, cm^2$)

5) Πόσος πάγος, θερμοκρασίας $0^\circ C$, θὰ ταχῇ ὑπὸ τῆς θερμότητος, τῆς ἀναπτυσσομένης ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως $2,5 \, A$, διαρρέοντος ἀγωγόν, ἀντιστάσεως $20 \, \Omega$, ἐπὶ χρόνον $15 \, \text{min}$; (Θερμότης τήξεως τοῦ πάγου $80 \, cal/gr$)

(ΑΠ: $335 \, gr$)

6) Πρόκειται νὰ κατασκευάσωμεν ἠλεκτρικὸν βραστήρα, ἰσχύος $800 \, W$ καὶ τάσεως λειτουργίας $220 \, V$, ἐκ σύρματος χρωμονικελίνης. Ἐάν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος δὲν πρέπει νὰ ὑπερβῇ τὰ $12 \, A$ ἀνά mm^2 , ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ διατομὴ καὶ ποῖον τὸ μήκος τοῦ σύρματος;

(ΑΠ: $0,3 \, mm^2$, $18,3 \, m$)

7) Ἡλεκτρικὸς κλίβανος λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν $220 \, V$, καταναλίσκει δὲ ἰσχύν $6 \, kW$. Νὰ ὑπολογισθῇ α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ β) ἡ ἀντίστασις τοῦ κλιβάνου.

(ΑΠ: α) $27,3 \, A$, β) $8 \, \Omega$)

8) Μία ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις εὐρίσκεται ἐντὸς δοχείου, περιέχοντος $500 \, cm^3$ ὕδατος, διαρροεμένη δὲ ὑπὸ ρεύματος, ἀνυψώνει τὴν θερμοκρασίαν αὐτοῦ κατὰ $25^\circ C$ ἐντὸς $6 \, \text{min}$. Ζητεῖται νὰ εὐρεθῇ κατὰ πόσον θ° αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία $800 \, gr$ ἑνὸς ἄλλου ὕγρου, εἰδικῆς θερμότητος $0,3 \, cal \cdot gr^{-1} \cdot \text{grad}^{-1}$, ὅταν ἐντὸς αὐ-

τοῦ τεθῆ ἑπὶ 8 min ἡ ἰδία ἀντίστασις καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος τῆς αὐτῆς ἐντάσεως. (ΑΠ: Κατὰ 69,4° C)

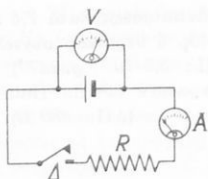
9) Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, συνδεομένη μὲ πηγὴν ΗΕΔ 220 V, καταναλίσκει ἰσχύϊν 1 kW. Ἄν ἡ τάσις ἐλαττωθῇ κατὰ 20%, κατὰ πόσον τοῖς ἑκατὸν θὰ ἐλαττωθῇ ἡ ἰσχύς; (ΑΠ: Κατὰ 36%)

10) Ἡλεκτρικὸν θερμαντικὸν σῶμα ἀποτελεῖται ἐκ σύρματος χρωμονικελίνης, μήκους 50 m. Ἄν ἀφαιρεθοῦν 10 m ἐκ τοῦ σύρματος, κατὰ πόσον τοῖς ἑκατὸν θὰ μεταβληθῇ ἡ ἰσχύς; (ΑΠ: Θ' αὐξηθῇ κατὰ 25%)

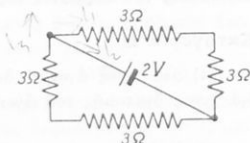
11) Σύρμα ἔχει ἀντίστασιν 2 Ω ἀνά μέτρον. Ἐάν τμήμα αὐτοῦ, μήκους 75 cm, τεθῇ ἐντὸς θερμιδομέτρου, περιέχοντος 0,5 λίτρα ὕδατος καὶ διέλθῃ δι' αὐτοῦ ρεῖμα, ἐντάσεως 4 A, ἐπὶ χρόνον 15 min, κατὰ πόσον θ' αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος; (ΑΠ: περίπου κατὰ 10° C)

12) Ἡλεκτρικὸς βραστήρ περιέχει 500 gr, ὕδατος θερμοκρασίας 20° C. Ἐάν ἡ ἰσχύς τοῦ βραστήρος εἶναι 400 W, νὰ εὑρεθῇ ὁ χρόνος, ὁ ἀπαιτούμενος ἵνα ἐξατμισθῇ ὅλον τὸ ὕδωρ. (Θερμότης ἐξαερώσεως τοῦ ὕδατος 540 cal/gr). (ΑΠ: 54,2 min)

13) Ὅταν ὁ διακόπτης Δ εἶναι ἀνοικτός, τὸ βολτόμετρον δεικνύει 1,52 V. Ὅταν ὁ διακόπτης εἶναι κλειστός, τὸ μὲν βολτόμετρον δεικνύει 1,37 V, τὸ δὲ ἀμπερόμετρον 1,5 A. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ΗΕΔ καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ στοιχείου. (ΑΠ: 1,52 V, 0,1 Ω)



14) Τέσσαρες ἀντιστάσεις, ἐκάστη τῶν ὁποίων εἶναι ἴση πρὸς 3 Ω, συνδέονται ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα



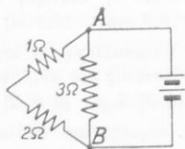
καὶ τροφοδοτοῦνται εἰς δύο ἀπέναντι κορυφὰς διὰ συσσωρευτοῦ, ΗΕΔ 2 V. Ἐάν ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι 0,5 Ω, ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου δι' αὐτοῦ;

(ΑΠ: 0,57 A)

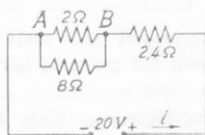
15) Συσσωρευτὴς, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,5 Ω, τροφοδοτεῖ δύο ἀντιστάσεις 2 Ω καὶ 4 Ω, συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ. Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως τῶν 2 Ω ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 8 V. Ποία εἶναι ἡ ΗΕΔ τοῦ συσσωρευτοῦ; (ΑΠ: 26 V)

16) Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,7 Ω, τροφοδοτεῖ δύο ἀντιστάσεις 6 Ω καὶ 5 Ω, συνδεδεμένας ἐν παραλλήλῳ. Τὸ ρεῖμα διὰ τῆς ἀντιστάσεως τῶν 6 Ω ἔχει ἔντασιν 200 mA. Ποία ἡ ΗΕΔ τοῦ στοιχείου; (ΑΠ: 1,51 V)

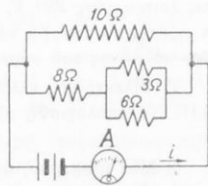
17) Συνδεδόμεν τρία ὅμοια ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα ἐν σειρᾷ καὶ δι' αὐτῶν τροφοδοτοῦμεν μίαν ἀντίστασιν 22 Ω, παρεμβάλλοντες εἰς τὸ κύκλωμα καὶ ἀμπερόμετρον, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,5 Ω. Ἄν θεωρήσωμεν ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῶν στοιχείων εἶναι ἀμελητέα, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος εἶναι 200 mA, ποία ἡ ΗΕΔ ἐκάστου στοιχείου; (ΑΠ: 1,5 V)



"Ασκήσις 18η.



"Ασκήσις 19η.



"Ασκήσις 20η.

18) Τρεῖς ἀντιστάσεις 1 Ω, 2 Ω καὶ 3 Ω συνδέονται ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα.

Εἰς τὰ σημεῖα A, B , συνδέεται συσσωρευτής, ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 4 V καὶ ἑσωτερικῆς ἀντιστάσεως $0,5 \Omega$. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ συσσωρευτοῦ;

(ΑΠ: 2 A)

- 19) Τρεῖς ἀντιστάσεις 2Ω , 8Ω καὶ $2,4 \Omega$ συνδέονται, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα.
 α) Ποία ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος, ὅταν τὸ σύστημα τροφοδοτῆται διὰ τάσεως 20 V ;
 β) Ποία ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ σημεῖα A, B ;

(ΑΠ: α) 5 A , β) 8 V)

20) Τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος τροφοδοτεῖται διὰ συσσωρευτοῦ, ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως 6 V καὶ ἄμελητέας ἑσωτερικῆς ἀντιστάσεως. Ποία ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος, τὴν ὁποῖαν θὰ δείξῃ τὸ ἄμπερόμετρον A ; (Ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ ἄμπερομέτρου θεωρεῖται ἄμελητέα).

(ΑΠ: $1,2 \text{ A}$)

21) Κυκλικὸς ἄγωγος ἐκ σιδήρου, τοῦ ὁποῖου ἡ διατομὴ ἔχει ἐμβαδὸν $0,2 \text{ mm}^2$, συνδέεται εἰς δύο ἐκ διαμέτρου ἀντίθετα σημεῖα μὲ τοὺς πόλους ἡλεκτρικοῦ στοιχείου, ΗΕΔ $1,5 \text{ V}$ καὶ ἑσωτερικῆς ἀντιστάσεως $0,75 \Omega$. Ἐὰν ἡ ἀκτίς τοῦ ἄγωγου εἶναι 30 cm , νὰ εὗρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὴν πηγὴν.

(ΑΠ: $1,52 \text{ A}$)

22) Ρεύμα, ἐντάσεως 13 A , διακλαδίζεται εἰς τρεῖς ἄγωγους, ἀντιστάσεως 2Ω , 10Ω καὶ 20Ω . Νὰ εὗρεθοῦν α) αἱ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων εἰς ἐκάστην ἀντίστασιν, β) ἡ ἰσχύς, ἡ καταναλισκομένη ὑφ' ἐκάστης ἀντιστάσεως καὶ γ) ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ κοινὰ ἄκρα τῶν τριῶν ἀντιστάσεων.

(ΑΠ: α) 10 A , 2 A , 1 A β) 200 W , 40 W , 20 W γ) 20 V)

23) Ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις δύο ἄγωγῶν, συνδεομένων ἐν σειρά, εἶναι ἴση πρὸς 15Ω , ἐνῶ, συνδεομένων ἐν παραλλήλῳ, $3,6 \Omega$. Ποία ἡ ἀντίστασις ἐκάστου ἄγωγου;

(ΑΠ: 6Ω , 9Ω)

24) Ραδιόφωνον συνεχοῦς ρεύματος καὶ τάσεως λειτουργίας 110 V ἔχει ἰσχὺν 40 W . Ποία ἀντίστασις πρέπει νὰ συνδεθῇ ἐν σειρά πρὸς τὸ ραδιόφωνον, διὰ νὰ δύναται νὰ λειτουργήσῃ τοῦτο εἰς δίκτυον 220 V ;

(ΑΠ: $302,5 \Omega$)

25) Μία ἀντίστασις R_1 , ἐκ σιδήρου συνδέεται ἐν σειρά πρὸς ἀντίστασιν R_2 ἐξ ἄνθρακος. Ποῖος πρέπει νὰ εἶναι ὁ λόγος τῶν δύο ἀντιστάσεων, ἵνα ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις μὴ μεταβάλλεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας, δεδομένου ὅτι ὁ θερμικὸς συντελεστής ἀντιστάσεως τοῦ ἄνθρακος εἶναι ἀρνητικὸς;

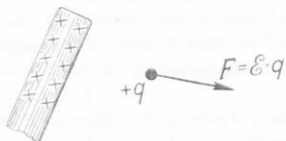
(ΑΠ: $R_1 : R_2 = \alpha_2 : \alpha_1$)

26) Δύο σύρματα, τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς διατομῆς, εἶναι κατεσκευασμένα τὸ ἐν ἐκ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο ἐκ σιδήρου. Συνδέομεν τὰ σύρματα ταῦτα ἐν σειρά, τὰ δὲ δύο ἄκρα τῶν μὲ τοὺς πόλους ἑνὸς συσσωρευτοῦ, ἄμελητέας ἑσωτερικῆς ἀντιστάσεως. Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σιδηροῦν σύρμα θερμαίνεται περισσότερον ἀπὸ τὸ χάλκινον. Ἀκολουθῶς, συνδέομεν αὐτὰ ἐν παραλλήλῳ καὶ τὸ σύστημα μὲ τοὺς πόλους τοῦ αὐτοῦ συσσωρευτοῦ. Παρατηροῦμεν ὅτι, τώρα, τὸ χάλκινον σύρμα θερμαίνεται περισσότερον ἀπὸ τὸ σιδηροῦν. Νὰ ἐξηγηθοῦν αἱ δύο αὗται περιπτώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ

§ 178. Ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Εἰς τὴν § 141 εἶδομεν ὅτι ἂν πλησιάσωμεν μίαν φορτισμένην ράβδον εἰς ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, θὰ ἐξασκηθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία δύναμις. Ἡ δύναμις αὕτη ὀφείλεται, προφανῶς, εἰς τὴν παρουσίαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου τῆς φορτισμένης ράβδου. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι ὁ χῶρος, ὁ περιβάλλων τὸ φορτίον τῆς ράβδου, ἀπέκτησε τὴν ιδιότητα νὰ ἐξασκῇ δύναμιν ἐπὶ παντὸς ἄλλου φορτίου, τὸ ὅποιον εὐρίσκεται ἐντὸς αὐτοῦ.



Σχ. 213. Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ἐξασκεῖ ἐπὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου q τὴν δύναμιν F .

Τὸν χῶρον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου, φερόμενον ἠλεκτρικὸν φορτίον, ὑφίσταται μίαν δύναμιν, καλοῦμεν *ἠλεκτρικὸν πεδίον*.

Ἄν εἰς τι σημεῖον ἠλεκτρικοῦ πεδίου φέρωμεν τὸ φορτίον q (σχ. 213), ἡ δύναμις F , ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ἐπ' αὐ-

τοῦ, εὐρίσκεται ὅτι εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ φορτίον τοῦτο. Ἦτοι, δυνάμεθα νὰ γράψωμεν

$$F = E \cdot q \quad (1)$$

Ὁ συντελεστὴς E καλεῖται *έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου* εἰς τὸ ἐν λόγῳ σημεῖον καὶ ὀρίζεται, ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1), ὡς τὸ σταθερὸν πηλίκον τῆς δυνάμεως F , τῆς ἐξασκουμένης ἐπὶ τοῦ φορτίου q , διὰ τοῦ φορτίου τούτου.

Ἦτοι εἶναι

$$E = \frac{F}{q} \quad (2)$$

Ἡ έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ἀνυσματικὸν μέγεθος, τοῦ ὁποίου ἡ διεύθυνσις συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. Ὡς φορὰ τῆς έντάσεως λαμβάνεται ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως, τῆς ἐξασκουμένης ἐπὶ θετικῷ φορτίου.

Κατὰ τὸν τύπον (1), ἂν φέρωμεν ἐν ὠρισμένον φορτίον q εἰς διάφορα σημεῖα ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἰς ἑκείνα τὰ σημεῖα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ έντασις τοῦ πεδίου εἶναι μεγάλη, θὰ ἐξασκηθῇ μεγάλη δύναμις ἐπὶ τοῦ φορτίου, ἐνῶ εἰς τὰ σημεῖα μικρᾶς έντάσεως τοῦ πεδίου, ἡ δύναμις θὰ εἶναι μικρά.

Ὅταν εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἡ έντασις εἶναι ἡ αὐτή, τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον καλεῖται *ὁμογενές*, ἄλλως καλεῖται *ἀνομοιογενές*.

Ἡλεκτροστατική μονὰς ἐντάσεως ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (2) θέσωμεν $q = 1$ ΗΣΜ·φορτίον καὶ $F = 1$ dyn, ὁρίζομεν τὴν *ἡλεκτροστατικὴν μονάδα ἐντάσεως ἡλεκτρικοῦ πεδίου* (1 ΗΣΜ·ἐντάσεως ἡλεκτρικοῦ πεδίου) ὡς τὴν ἔντασιν ἐκείνου τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐξασκεῖ ἐπὶ τῆς ΗΣΜ·φορτίου δύναμιν, ἴσην πρὸς 1 δύνῃν.

§ 179. Ἡλεκτρικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί. Διὰ τὴν γραφικὴν παράστασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου χρησιμοποιοῦμεν—ὅπως καὶ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίου—τάς δυναμικὰς γραμμάς.

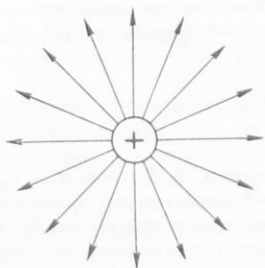
Ὡς *δυναμικὴν γραμμὴν* ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου ὁρίζομεν πᾶσαν γραμμὴν, εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ὁποίας ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι ἑφαπτομένη (σχ. 214).

Ἡ μορφή τῶν δυναμικῶν γραμμῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μορφῆς τοῦ πεδίου. Οὕτω, αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ πεδίου, τοῦ σχηματιζομένου περὶ θετικῶς φορτισμένην σφαῖραν (σχ. 215), εἶναι εὐθεῖαι, αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἐκ τῆς σφαίρας καὶ ἔχουν φορὰν πρὸς τὰ ἔξω.

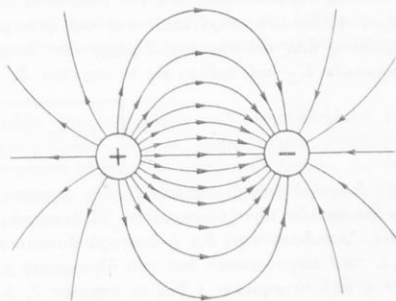
Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται περὶ δύο σφαίρας, φορτισμένας δι' ἴσων, ἀλλ' ἀντιθέτων φορτίων (σχ. 216),



Σχ. 214. Ἡ ἔντασις E τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ἑφαπτομένη τῆς δυναμικῆς γραμμῆς.



Σχ. 215. Δυναμικαὶ γραμμαὶ περὶ θετικῶς φορτισμένην σφαῖραν.

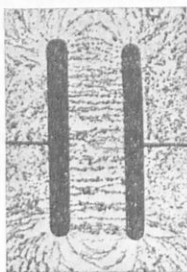


Σχ. 216. Δυναμικαὶ γραμμαὶ περὶ δύο σφαίρας, φορτισμένας με' ἴσα καὶ ἀντίθετα φορτία.

εἶναι καμπύλαι γραμμαί, ἐκκινουσαι ἐκ τῆς θετικῆς σφαίρας καὶ καταλήγουσαι εἰς τὴν ἀρνητικὴν.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τοῦ σχηματιζομένου μεταξὺ δύο ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων μεταλλίνων πλακῶν, φορτισμένων δι' ἴσων, ἀλλ' ἀντιθέτων φορτίων (σχ. 217), εἶναι γραμμαὶ εὐθεῖαι, παράλληλοι μεταξὺ των καὶ ἰσαπέχουσai, παριστοῦν δὲ ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίου.

Τὴν διάταξιν ἰῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐρίσκομεν πειραματικῶς, ἂν φέρωμεν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον ὀριζοντίαν ὑαλίνην πλάκα καὶ ῥιψῶμεν ἐπ' αὐτῆς μικροῦς χρυστάλλους γύψου. Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι οἱ κρύσταλλοι τῆς γύψου, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, διατάσσονται εἰς σχῆμα ἀλύσεων κατὰ μῆκος τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Κατ' αὐτόν, ἀκριβῶς, τὸν τρόπον ἔχει ληφθῆ καὶ τὸ σχῆμα 217.



Σχ. 217. Δυναμικαὶ γραμماὶ τοῦ ὁμογενοῦς ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

§ 180. Δυναμικόν. Ὡπως εἶδομεν εἰς τὴν § 178, ἐν φορτίον q , φερόμενον εἰς σημείον τι ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ πεδίου, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις αὐτοῦ εἶναι ἴση πρὸς $\mathcal{E}$, ὑφίσταται μίαν δύναμιν F , ἴσην πρὸς

$$F = \mathcal{E} \cdot q.$$

Ἐάν, ἀκολούθως, τὸ φορτίον τοῦτο μετακινήθῃ κατὰ τὸν δρόμον s , παρὰ ἁλῆλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς, τὸ ἔργον A , τὸ ὁποῖον θὰ παραγάγῃ

ἡ δύναμις F , θὰ εἶναι ἴσον πρὸς

$$A = F \cdot s.$$

Τὸ ἔργον τοῦτο παράγει τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ἐξασκεῖ τὴν δύναμιν F . Ἄν, τώρα, φαντασθῶμεν ὅτι τὸ φορτίον μετακινήθῃ ἀπὸ τινος σημείου Σ μέχρι τοῦ ἀπείρου (δηλ., μέχρις ἐκείνου τοῦ σημείου, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι ἴση πρὸς μηδὲν—ὅποτε παύει, πλέον, νὰ ἐξασκῇται ἐπὶ τοῦ φορτίου καὶ ἡ δύναμις F), τὸ ὑπὸ τοῦ πεδίου παραχθέν, συνολικῶς, ἔργον θὰ ἔχῃ ὠρισμένην τιμὴν, τὴν ὁποῖαν ἂς συμβολίσωμεν διὰ τοῦ συμβόλου $A_{\Sigma, \infty}$. Τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου τούτου $A_{\Sigma, \infty}$, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου q ἀπὸ τοῦ σημείου Σ μέχρι τοῦ ἀπείρου, διὰ τοῦ φορτίου q , καλοῦμεν **δυναμικόν** U_{Σ} τοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Σ . Ἦτοι εἶναι

$$U_{\Sigma} = \frac{A_{\Sigma, \infty}}{q}$$

Διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ δύο σημείων 1, 2 καλεῖται ἡ διαφορὰ ($U_1 - U_2$) τῶν δυναμικῶν τῶν δύο σημείων. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ὀνομάζεται καὶ (ἠλεκτρικὴ) **τάσις**. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου $A_{1,2}$, τοῦ παραγομένου ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου q ἀπὸ τὸ σημεῖον 1 ἕως τὸ σημεῖον 2, διὰ τοῦ φορτίου τούτου. Ἦτοι εἶναι

$$U_1 - U_2 = \frac{A_{1,2}}{q} \quad (1)$$

Ὁ τύπος οὗτος εἶναι χρησιμώτατος, καθ' ὅσον, λυόμενος ὡς πρὸς $A_{1,2}$, ἐπιτρέπει τὸν ὑπολογισμόν τοῦ ἔργου, τοῦ παραγομένου κατὰ τὴν μετακίνησιν ἐνὸς φορτίου q μεταξὺ δύο σημείων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν γνωστὴν διαφορὰν δυναμικοῦ ($U_1 - U_2$).

Μονάδες τάσεως. Εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων ἡ μονὰς τάσεως ὀρίζεται ἐκ τοῦ τύπου (1), ἂν θέσωμεν $q = 1$ ΗΣΜ-φορτίον καὶ $A_{1,2} = 1$ ἔργον. Ἦτοι, **1 ἠλεκτροστατικὴ μονὰς τάσεως (1 ΗΣΜ τάσεως)** εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ δύο σημείων, ἐκ τοῦ ἐνὸς τῶν ὁποίων ἂν μεταφερθῇ εἰς τὸ ἄλλο φορτίον, ἴσον πρὸς τὴν ΗΣΜ-φορτίον, παράγεται ἔργον, ἴσον πρὸς 1 ἔργον.

Εἰς τὸ Πρακτικὸν σύστημα ἡ μονὰς τάσεως καλεῖται 1 βόλτ (= 1 V) καὶ ὀρί-

ζεται κατ' ἀνάλογον τρόπον: "Ἦτοι, 1 βόλτ εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ δύο σημείων, ἐκ τοῦ ἑνὸς τῶν ὁποίων ἂν μεταφρῇ εἰς τὸ ἄλλο ἡ πρακτικὴ μονὰς φορτίου (1 Cb), παράγεται ἔργον, ἴσον πρὸς τὴν πρακτικὴν μονάδα ἔργου (1 Joule). "Ἦτοι εἶναι

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

Ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι

$$1 \text{ V} = \frac{1}{300} \text{ HSM-τάσεως.}$$

Δυναμικὸν τῆς Γῆς. Ἐπειδὴ εἰς οὐδὲν πρόβλημα ὑπεισέρονται αἱ τιμαὶ τοῦ δυναμικοῦ, ἀλλὰ μόνον διαφοραὶ δυναμικοῦ, διὰ τοῦτο εἶναι, ἐντελῶς, ἀδιάφορον ποῖον σημεῖον τοῦ πεδίου δεχόμεθα ὅτι ἔχει δυναμικόν, ἴσον πρὸς μηδέν. Πρακτικὸν εἶναι νὰ δεχόμεθα ὡς σημεῖον μὲ δυναμικὸν μηδέν, ἓν σημεῖον, τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι πάντοτε προσιτόν ὡς τοιοῦτο, συνήθως, λαμβάνεται ἓν οἰονδήποτε σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Λόγω τῆς καλῆς, σχετικῶς, ἀγωγιμότητος τῶν τοιχωμάτων τῶν οἰκοδομῶν, ταῦτα ἔχουν τὸ δυναμικὸν τῆς Γῆς κυρίως, ὁμως, αἱ σωληνώσεις τοῦ δικτύου ὑδρεύσεως δύνανται νὰ θεωρηθῶν ὡς ἱκανοποιητικαὶ προσγειώσεις.

§ 181. Σχέσις τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Τὰς δυναμικὰς γραμμάς σχεδιάζομεν κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε εἰς σημεία, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι μεγάλη, καὶ ἡ πυκνότης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν (δηλ., ὁ ἀριθμὸς τῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τῶν διερχομένων ἀνά cm^2) νὰ εἶναι μεγάλη. Οὕτω, εἰς τὸ σχῆμα 216 ἡ πυκνότης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἰς τὸν μεταξὺ τῶν σφαιρῶν χώρον εἶναι μεγάλη (ἄρα, ἐκεῖ, ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι μεγάλη), ἐνῶ εἰς μεγαλυτέραν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτῶν, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἶναι μικροτέρα καὶ ἡ πυκνότης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εἶναι, σημαντικῶς, μικροτέρα.

§ 182. Ἠλεκτρικὸν πεδῖον μεταξὺ δύο ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων μεταλλίνων πλακῶν. Ἐὰν φορτίσωμεν δύο ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους μεταλλίνας πλάκας (σχ. 217), σχηματίζεται μεταξὺ αὐτῶν ἡλεκτρικὸν πεδῖον, τὸ ὁποῖον, ὡς γνωστόν, εἶναι ὁμογενὲς - ἡ ἔντασις, δηλ., αὐτοῦ εἶναι σταθερά. Ἐὰν U εἶναι ἡ τάσις μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν καὶ l ἡ ἀπόστασις αὐτῶν, ἡ ἔντασις $\mathcal{E}$ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου μεταξὺ αὐτῶν εἶναι ἴση πρὸς

$$\mathcal{E} = \frac{U}{l}$$

Ἀπόδειξις. Κατὰ τὴν μεταφορὰν ἑνὸς φορτίου q ἀπὸ τῆς μιᾶς πλακὸς εἰς τὴν ἄλλην παράγεται ὑπὸ τοῦ πεδίου ἔργον A , ἴσον πρὸς

$$A = F \cdot l \quad (1)$$

ἐνθα F εἶναι ἡ δύναμις, ἡ ἐξασκουμένη ἐπὶ τοῦ φορτίου ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καὶ l ὁ δρόμος. Κατὰ τὴν § 178, ἡ δύναμις F εἶναι ἴση πρὸς

$$F = \mathcal{E} \cdot q. \quad (2)$$

Ἀφ' ἐτέρου, κατὰ τὴν § 150, τὸ ἔργον A εἶναι ἴσον πρὸς

$$A = q \cdot (U_1 - U_2) = q \cdot U. \quad (3)$$

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1), (2) καὶ (3) λαμβάνομεν τὸν τύπον

$$\mathcal{E} = \frac{U}{l} \quad \text{δ.ξ.δ.}$$

★ § 183. Ἡλεκτρικὸν πεδίον περὶ φορτισμένην σφαῖραν. Ἐάν φορτίσω. μεν μίαν σφαῖραν μὲ φορτίον Q , θὰ δημιουργηθῇ περὶ αὐτῆς ἡλεκτρικὸν πεδίον (σχ. 215), τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι εὐθεῖαι, ἐκκινουσαι ἐκ τῆς σφαίρας καὶ καταλήγουσαι εἰς τὸ ἄπειρον, εἰς τὸ ὅποιον πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ὑπάρχει κατανεμημένον τὸ ἴσον, ἀλλ' ἀρνητικὸν φορτίον $-Q$. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἔντασις $\mathcal{E}$ τοῦ πεδίου καὶ τὸ δυναμικὸν U_Σ εἰς σημείον τι Σ , ἀπέχον κατὰ r ἐκ τοῦ κέντρου τῆς σφαίρας, δίδονται ὑπὸ τῶν τύπων

$$\mathcal{E} = \frac{Q}{r^2} \quad U_\Sigma = \frac{Q}{r}$$

Ἀποδείξεις. 1) Ἐάν φέρωμεν εἰς τὸ σημεῖον Σ τοῦ πεδίου ἓν φορτίον q , θὰ ἐξασκηθῇ ἐπ' αὐτοῦ μία δύναμις F , ἡ ὁποία, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Coulomb, εἶναι ἴση πρὸς

$$F = \frac{Q \cdot q}{r^2} \quad (1)$$

Ἡ ἔντασις, ὅμως, $\mathcal{E}$ τοῦ πεδίου εἶναι, ἐξ ὁρισμοῦ, ἴση πρὸς F/q , ὁπότε ἔχομεν

$$\mathcal{E} = \frac{Q}{r^2}$$

2) Διὰ νὰ εὐρωμεν τὸ δυναμικὸν εἰς τὸ σημεῖον Σ , πρέπει νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ἔργον $A_{\Sigma, \infty}$, τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν μετακίνησιν τοῦ φορτίου q ἀπὸ τοῦ σημείου Σ μέχρι τοῦ ἀπείρου. Ὁ ὑπολογισμὸς δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ γίνῃ διὰ πολλαπλασιασμὸν τῆς δυνάμεως ἐπὶ τὸν δρόμον, καθ' ὅσον ἡ δύναμις F , κατὰ τὸν τύπον (1) εἶναι μεταβλητή, ἐλαττουμένη μετὰ τῆς ἀποστάσεως r . Ὡς ἐκ τούτου, πρέπει νὰ χωρίσωμεν τὸν ὅλον δρόμον εἰς πολλὰ μικρὰ τμήματα—τόσον μικρά, ὥστε ἡ δύναμις νὰ θεωρῇται σταθερὰ κατὰ μῆκος ἐκάστου τμήματος δρόμου—νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ἀντίστοιχον ἔργον ἐφ' ἐκάστου τμήματος καὶ νὰ προσθέσωμεν τὰ οὕτω προκύψαντα ἔργα. Ὁ ὑπολογισμὸς οὗτος δίδει διὰ τὸ ὅλικον ἔργον τὴν σχέσιν

$$A_{\Sigma, \infty} = \frac{Q \cdot q}{r} \quad (2)$$

Ἀφ' ἑτέρου, ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τοῦ δυναμικοῦ ἔχομεν διὰ τὸ δυναμικὸν U_Σ εἰς τὸ σημεῖον Σ :

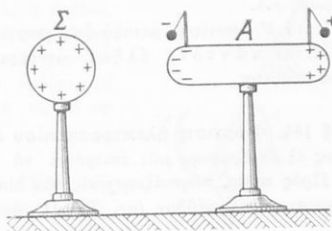
$$U_\Sigma = \frac{A_{\Sigma, \infty}}{q} \quad (3)$$

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (2) καὶ (3) προκύπτει ὁ ζητούμενος τύπος

$$U_\Sigma = \frac{Q}{r}$$

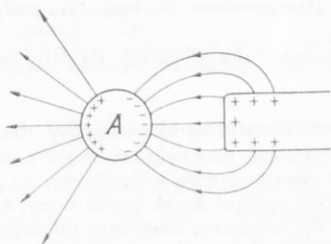
§ 184. Ἡλέκτρισις ἐξ ἐπιδράσεως (ἡ ἡλέκτρισις ἐξ ἐπαγωγῆς). Ἐστω κυλινδρικός ἀγωγὸς A (σχ. 218), στηριζόμενος ἐπὶ μονωτικῆς βάσεως καὶ φέρων εἰς τὰ ἄκρα του δύο ἀπλᾶ ἡλεκτροσκόπια. Ἐάν προσγειώσωμεν τὸν ἀγωγὸν—ἐγγίζοντες, π.χ., αὐτὸν διὰ τοῦ δακτύλου—εἶναι φανε-

ρὸν ὅτι τὰ ἠλεκτροσκόπια οὐδεμίαν ἀπόκλινιν θὰ δεικνύουν, ἀφοῦ, κατόπιν τῆς προσγειώσεως, οὐδὲν φορτίον θὰ ἔχη παραμείνῃ ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐάν, ἀκολουθῶς, π λ η σ ι ἄ σ ω μ ε ν εἰς τὸν κυλινδρικὸν ἀγωγὸν τὴν θετικῶς, π.χ., φορτισμένην σφαῖραν Σ , θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὰ δύο ἠλεκτροσκόπια δεικνύουν ἀπόκλινιν, ἀπόδειξις ὅτι ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ A ἐνεφανίσθησαν ἠλεκτρικὰ φορτία. Τὰ φορτία ταῦτα εἶναι, προφανῶς, ἴσα καὶ ἀντίθετα, καθόσον ὁ ἀγωγὸς οὗτος πρέπει νὰ εἶναι, ἐν τῷ συνόλῳ του, ἠλεκτρικῶς οὐδέτερος. Τὸ περιγραφέν φαινόμενον καλεῖται **ἠλεκτρικὸς ἐξ ἐπιδράσεως**.



Σχ. 218. Ἡλεκτρικὸς τοῦ ἀγωγοῦ A δι' ἐπιδράσεως τῆς φορτισμένης σφαίρας Σ .

Διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν τὸ φαινόμενον τοῦτο, πρέπει, προηγουμένως, νὰ εἰπώμεν τινὰ περὶ τῶν **ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων**: Ὅπως, ἤδη, γνωρίζομεν, ὅλα τὰ ὑλικά ἀποτελοῦνται ἐξ **ἀτόμων**, ἕκαστον τῶν ὁποίων συνίσταται ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ τὰ περὶ αὐτὸν περιφερόμενα ἠλεκτρόνια. Διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν ὁρισμένα ἠλεκτρικὰ φαινόμενα, ἐμφανιζόμενα εἰς τὰ μέταλλα, δεχόμεθα ὅτι ἐν τουλάχιστον ἠλεκτρόνιον ἐξ ἑκάστου ἀτόμου ἐκφεύγει τῆς ἑλξεως τοῦ πυρῆνος καὶ δύναται νὰ κινῆται ἐντὸς τοῦ μετάλλου ἐλευθέρως, ὅπως, σχεδόν, κινοῦνται τὰ μόρια ἐνὸς ἀερίου. Μόλις πλησιάσωμεν εἰς μετὰλλινον ἀγωγὸν ἐν θετικῶς, π.χ., φορτισμένον σῶμα (τὴν σφαῖραν Σ εἰς τὸ σχῆμα 218 ἢ ἠλεκτρισμένην ράβδον ἐξ ἑβονίτου), θὰ ἐξασκηθοῦν ἐπὶ τῶν ἐντὸς αὐτοῦ ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων δυνάμεις, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ὁποίων ταῦτα θὰ μετακινήθοῦν πρὸς τὸ ἄκρον τοῦ ἀγωγοῦ, τὸ εὐρίσκόμενον πλησίον τῆς σφαίρας. Οὕτω, τὸ ἄκρον τοῦτο θὰ εὐρεθῇ μὲ περίσσειμα



Σχ. 219. Ἡ φορτισμένη ράβδος προκαλεῖ διαχωρισμὸν τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων τῆς οὐδετέρας σφαίρας.

ἠλεκτρονίων — θὰ εἶναι, συνεπῶς, ἀρνητικῶς φορτισμένον — ἐνῶ εἰς τὸ ἄλλο θὰ παρουσιασθῇ ἑλλειμμα ἠλεκτρονίων — δηλ., τὸ ἄκρον τοῦτο θὰ εἶναι θετικῶς φορτισμένον.

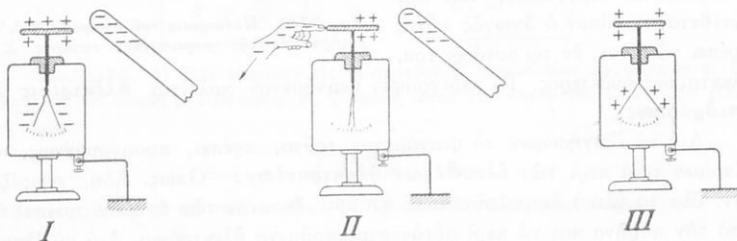
Διὰ τῆς ηλεκτρίσεως ἐξ ἐπιδράσεως ἐξηγεῖται καὶ ἡ ἐμφάνισις ἐλκτικῶν δυνάμεων μεταξὺ ἐνὸς φορτισμένου καὶ ἐνὸς οὐδετέρου σώματος — π.χ., μεταξὺ τῆς φορτισμένης ράβδου καὶ τῆς οὐδετέρας σφαίρας τοῦ σχήματος 219: Λόγῳ τῆς ηλεκτρίσεως ἐξ ἐπιδράσεως, εἰς τὸ τμήμα τῆς σφαίρας, τὸ ὅποιον εὐρίσκεται ἀπέναντι τῆς ράβδου, παρουσιάζεται πάντοτε φορτίον, ἀντίθετον

πρὸς τὸ φορτίον τῆς ράβδου καί, οὕτω, τὰ ἑτερόνυμα αὐτὰ φορτία ἔλκονται (*).

Διὰ τῶν δυνάμεων, ἀκριβῶς, αὐτῶν ἐξηγεῖται καὶ ἡ ἑλξίς μικρῶν τεμαχίων χάρτου ὑπὸ φορτισμένης ράβδου, ἡ ἀρχικῶς παρατηρουμένη ἑλξίς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ἔκκρεμοῦς κ.λ.

Κατὰ τ' ἄνωτέρω, μεταξὺ ἐνὸς φορτισμένου καὶ ἐνὸς οὐδετέρου σώματος παρουσιάζεται πάντοτε ἑλξίς, ἀνεξαρτήτως τοῦ εἶδους τοῦ φορτίου τοῦ φορτιζομένου σώματος.

§ 185. Φόρτισις ἠλεκτροσκοπίου ἐξ ἐπιδράσεως. Τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρορίσεως ἐξ ἐπιδράσεως μᾶς ἐπιτρέπει νὰ φορτίζωμεν μονίμως ἐν ἠλεκτροσκόπιον. Πρὸς τοῦτο, πλησιάζομεν εἰς τὸν δίσκον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου, μίαν ἀρνητικῶς, π.χ., φορτισμένην ράβδον (σχ. 220, I), ὁπότε, ἐξ ἐπιδράσεως, ὁ δίσκος φορτίζεται



Σχ. 220. Φόρτισις ἠλεκτροσκοπίου ἐξ ἐπιδράσεως.

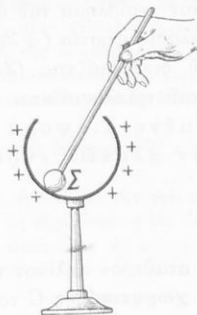
θετικῶς καὶ τὰ φύλλα ἀρνητικῶς. Ἐν συνεχείᾳ, ἐγγίζομεν διὰ τοῦ δακτύλου μας τὸν δίσκον (II), ἐνῶ κρατοῦμεν τὴν ράβδον εἰς τὴν προτέραν τῆς θέσιν. Τότε, τὰ ἐπὶ τῶν φύλλων ἀρνητικὰ φορτία, ἀπωθούμενα ὑπὸ τῆς ράβδου, φέρονται, μέσῳ τοῦ σώματός μας, εἰς τὴν Γῆν (ὁπότε τὰ φύλλα συγχλίνουν), ἐνῶ τὰ θετικά παραμένουν ἐπὶ τοῦ δίσκου, λόγῳ τῆς ἑλξεως αὐτῶν ὑπὸ τῆς ράβδου. Ἀκολουθῶς, ἀπομακρύνομεν πρῶτον τὸν δάκτυλον καὶ κατόπιν τὴν ράβδον, ὁπότε πλέον τὰ ἐναπομείναντα θετικά φορτία κατανέμονται ἐπὶ τοῦ στελέχους καὶ τῶν φύλλων, τὰ ὅποια, τώρα, ἀποκλίνουν ἐκ νέου (III), τὸ δὲ ἠλεκτροσκόπιον ἔχει μονίμως φορτισθῇ μὲ θετικὸν φορτίον. Εἶναι φανερὸν ὅτι, ἐάν, ἀντὶ ἀρνητικῶς φορτισμένης ράβδου, ἐχρησιμοποιητο ράβδος θετικῶς φορτισμένη, τὸ ἠλεκτροσκόπιον θὰ ἐφορτίζετο μονίμως μὲ ἀρνητικὸν φορτίον.

Ὁρισμένα ἠλεκτροσκόπια φέρουν κλίμακα, βαθμολογημένην εἰς βόλτ, ὁπότε καλοῦνται *ἠλεκτρομέτρα*.

§ 186. Κατανομή τῶν φορτίων ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν. Θεωρῇ σῶμα κοῖλον μεταλλικὸν δοχεῖον, στηριζόμενον ἐπὶ μονωτικῆς βάσεως (σχ. 221). Ἐάν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ δοχείου φέρωμεν ἠλεκτρικὰ φορτία—ἐγγίζοντες, π.χ., τὸ ἐσωτερικὸν τὸν διὰ τῆς μεταλλίνης φορτισμένης σφαίρας Σ—τὰ φορτία ταῦτα, ἀπωθούμενα μεταξὺ τῶν, δὲν παραμένουν ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ δοχείου, ἀλλ' ἐξέρχονται καὶ κατανέμονται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας. Ἐκ τούτου συνάγεται ὅτι, *ὅταν ἐπὶ τινος ἀγωγοῦ ὑπάρχουν ἀκίνητα ἠλεκτρικὰ φορτία, κατανέμονται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ.*

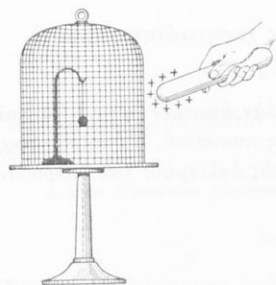
(*) Βεβαίως προκαλεῖται καὶ ἀπωσίς τῶν ὁμωνύμων φορτίων, ἀλλ' αὕτη εἶναι μικροτέρα τῆς ἑλξεως, λόγῳ τῆς μεγαλυτέρας αὐτῶν ἀποστάσεως ἀπὸ τῆς ράβδου.

Ἡ κατανομή τῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχήματος αὐτῶν. Οὕτω, ἐάν ὁ ἀγωγὸς ἔχῃ σφαιρικὸν σχῆμα, τὰ φορτία κατανέμονται ὁμοιόμορφως ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς του ἐπιφανείας, ἐνῶ, ἐάν φέρῃ ἀκμὰς ἢ ἀκίδας, μέγα μέρος τῶν φορτίων θὰ συγκεντρωθῇ εἰς τὰ σημεῖα ταῦτα. Ἡ μεγάλη αὕτη συγκεντρώσις τῶν φορτίων προκαλεῖ ἐκεῖ πολὺ ἰσχυρὸν ἡλεκτρικὸν πεδίον, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν διαρροὴν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ εἰς τὸ περιβάλλον (*).



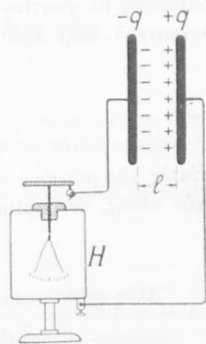
Σχ. 221. Τὰ φορτία κατανέμονται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ.

§ 187. Ἡλεκτρικὴ θωράκισις. Ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν κατανέμονται ὅχι μόνον τὰ φορτία, τὰ ὁποῖα φέρομεν εἰς αὐτούς, ἀλλὰ καὶ ἐκεῖνα, τὰ ὁποῖα ἀναπτύσσονται ἐξ «ἡλεκτρικῆς ἐπιδράσεως». Κατὰ ταῦτα, ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας κοίλων ἀγωγῶν οὐδέποτε παραμένουν φορτία, μὲ ἀποτέλεσμα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῶν κοίλων ἀγωγῶν νὰ μὴ δύναται νὰ ὑπάρξῃ ἡλεκτρικὸν πεδίον.



Σχ. 222. Τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον τῆς φορτισμένης ράβδου δὲν ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ἐντός τοῦ κλωβοῦ εὐρισκόμενου ἡλεκτρικοῦ ἔκκρεμους.

Τὴν ιδιότητα ταύτην ἐκμεταλλεύομεθα, ὅταν θέλωμεν νὰ προσσπίσωμεν ὠρισμένους χώρους ἐκ τῆς ἐπιδράσεως ἐξωτερικῶν ἡλεκτρικῶν πεδίων (ἡλεκτρικὴ θωράκισις). Πρὸς τοῦτο περικλείομεν πανταχόθεν τὸν χώρον δι' ἐλάσματος ἢ μετολλίνου πλέγματος, ὅποτε προκύπτει ὁ καλούμενος **κλωβὸς τοῦ Faraday** (Φαρανταῖϋ -σχ. 222). Ἐάν πλησιάσωμεν εἰς τὸν κλωβὸν φορτισμένην ράβδον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἐντὸς αὐτοῦ εὐρισκόμενον ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμὸς οὐδεμίαν θὰ δεῖξῃ ἀπόκλιση.



Σχ. 223.

§ 188. Χωρητικότης - Πυκνωταί. Θεωρήσωμεν δύο ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους μεταλλίνας πλάκας, αἱ ὁποῖαι ἀπέχουν μεταξύ των κατὰ τὴν ἀπόστασιν l (σχ. 223). Ἐάν φέρωμεν ἐπ' αὐτῶν ἴσα καὶ ἀντίθετα φορτία $+q$, $-q$, αἱ πλάκες αὗται φορτίζονται, ὁπότε μεταξύ των παρουσιάζεται μία διαφορὰ δυναμικοῦ U .

(*) Κατὰ τὴν δημιουργουμένην ἡλεκτρικὴν ἐκκίνωσιν (§ 260), τὰ κινούμενα ἰόντα συμπαράσφουρον τὰ μόρια τοῦ ἀέρος, δημιουργουμένου, οὕτω, ἀσθενοῦς ρεύματος ἀέρος. Τὸ ἐπουσιῶδες τοῦτο φαινόμενον συνεξετητεῖτο, ἄλλοτε, ὡς ἡ δύναμις τῶν ἀκίδων.

Τοῦτο δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν, ἔαν συνδέσωμεν τὴν μίαν ἐκ τῶν πλακῶν μὲ τὸν δίσκον τοῦ ἡλεκτροσκοπίου H καὶ τὴν ἄλλην μὲ τὸ ἐξωτερικὸν περίβλημα τοῦ δογάνου. Ἐάν, τώρα, φέρωμεν ἐπὶ τῶν δύο πλακῶν διπλάσια φορτία $(+2q, -2q)$, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ διπλασιάζεται $(2U)$, ἂν φέρωμεν τριπλάσια φορτία, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ τριπλασιάζεται κ.ο.κ. Ἀρα, δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι ἡ ἐμφανιζομένη διαφορὰ δυναμικοῦ U εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἐπὶ τῶν πλακῶν εὐρισκομένου φορτίου q . Ἦτοι

$$U = \sigma \alpha \theta \cdot q$$

Τὸ σταθερὸν πηλίκον τοῦ φορτίου q διὰ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ U καλεῖται **χωρητικότης** C τοῦ συστήματος τῶν δύο πλακῶν. Ἦτοι εἶναι

$$C = \frac{q}{U} \quad (1)$$

Τὸ σύστημα τῶν δύο ὡς ἄνω μεταλλίνων πλακῶν καλεῖται **πυκνωτής**, αἱ δὲ πλάκες **ὀπλισμοὶ** τοῦ πυκνωτοῦ.

Μονάδες χωρητικότητος. Πρακτικὴ μονὰς χωρητικότητος εἶναι τὸ

$$1 \text{ Farad } (=1 \text{ Φαράντ} = 1 F).$$

Ἡ μονὰς αὕτη ὀρίζεται, ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1), ἔαν θέσωμεν $q = 1 \text{ Cb}$ καὶ $U = 1 \text{ V}$. Ἦτοι, **1 Farad** εἶναι ἡ χωρητικότης πυκνωτοῦ, ὃ ὁποῖος, φορτιζόμενος μὲ φορτίον 1 Cb , παρουσιάζει εἰς τοὺς ὀπλισμοὺς του διαφορὰν δυναμικοῦ, ἴσην πρὸς 1 V . Ἀρα εἶναι

$$1 F = \frac{1 \text{ Cb}}{1 \text{ V}}$$

Ἐκτὸς τῆς μονάδος ταύτης χρησιμοποιεῖται, συνήθως, καὶ τὸ ἑκατομμυριοστὸν αὐτῆς, τὸ ὁποῖον καλεῖται **1 μικροφαράντ** ($1 \mu F$). Ἦτοι εἶναι

$$1 \mu F = 10^{-6} F.$$

Ἄλλη μονὰς χωρητικότητος εἶναι καὶ τὸ

$$1 \mu\mu F \text{ (1 μικρομικροφαράντ)} = 10^{-12} F$$

ἡ ὁποία καλεῖται καὶ **πικοφαράντ** (1 pF).

Ἡ ἡλεκτροστατικὴ μονὰς χωρητικότητος ὀρίζεται ἐκ τοῦ τύπου (1), ἔαν θέσωμεν $q = 1 \text{ ΗΣΜ φορτίον}$ καὶ $U = 1 \text{ ΗΣΜ-τάσως}$. Ἡ μονὰς αὕτη, εἰς τὸ ἡλεκτροστατικὸν σύστημα, ἔχει διαστάσεις μήκους καὶ διὰ τοῦτο καλεῖται καὶ **1 cm**.

Ἡ σχέσις μεταξὺ τῆς ἡλεκτροστατικῆς μονάδος χωρητικότητος καὶ τῆς πρακτικῆς μονάδος χωρητικότητος εἶναι ἡ ἑξῆς:

$$1 F = 0,9 \cdot 10^{12} \text{ ΗΣΜ-χωρητικότητος.}$$

Ἄρα, μὲ προσέγγισιν, δυνάμεθα νὰ γράψωμεν τὴν σχέσιν

$$1 \mu\text{F} (\text{ἢ } 1 \text{ pF}) = 1 \text{ HSM-χωρητικότητος.}$$

§ 189. Χωρητικότης ἑνὸς ἀγωγοῦ. Ἐὰν εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 223 ἀφαιρέσωμεν τὴν δεξιὰν πλάκα καὶ ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, φέροντες τὸ φορτίον $-q$ ἐπὶ τῆς ἄλλης πλακὸς, τὸ ἡλεκτροσκοπίον θὰ δεῖξῃ μίαν ἔνδειξιν, ἡ ὁποία θὰ εἶναι τὸ δυναμικὸν U τῆς φορτισμένης πλακὸς. Ἐὰν ἐπὶ τῆς πλακὸς ταύτης φέρωμεν διπλάσιον, τριπλάσιον κ.λ. φορτίον, εὐρίσκομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν τῆς γίνεται $2U$, $3U$ κ.λ. Παρατηροῦμεν, δηλ., ὅτι τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου τῆς πλακὸς διὰ τοῦ δυναμικοῦ αὐτῆς εἶναι σταθερόν.

Τὸ σταθερὸν πηλίκον τοῦ φορτίου q ἐνὸς ἀγωγοῦ διὰ τοῦ δυναμικοῦ U αὐτοῦ καλεῖται **χωρητικότης** C τοῦ ἀγωγοῦ.

Σημειωτέον ὅτι ἡ περίπτωσις αὕτη εἶναι, κατ' ἀρχήν, ἡ ἴδια μὲ τὴν τοῦ σχήματος 223, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ δευτέρα πλάξ θεωρεῖται ὡς εὐρισκομένη εἰς ἀπειρον ἀπόστασιν. Συγκεκριμένως, τὸ δεύτερον ἡλεκτρόδιον αποτελοῦν οἱ τοῖχοι τῆς αἰθούσης.

§ 190. Πυκνωτὴς μὲ ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους ὀπλισμούς.

Ἡ χωρητικότης C πυκνωτοῦ μὲ ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους ὀπλισμούς (ὅπως εἶναι ὁ πυκνωτὴς τοῦ σχήματος 223) εὐρίσκεται ὅτι εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἐμβαδοῦ S τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐνὸς τῶν ὀπλισμῶν καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀποστάσεως l αὐτῶν. Ἦτοι εἶναι

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{l} \quad (1)$$

Ἡ σταθερὰ ϵ_0 ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ συστήματος τῶν χρησιμοποιουμένων μονάδων.

Διὰ τὸ Πρακτικὸν σύστημα ἡ σταθερὰ αὕτη ἔχει τιμὴν, ἴσην πρὸς

$$\epsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Cb}}{\text{V} \cdot \text{m}}.$$

Ἐάν, λοιπόν, θέλωμεν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν χωρητικότητα εἰς πρακτικὰς μονάδας Cb/V (δηλ. εἰς *Farad*), χρησιμοποιοῦντες τὸν τύπον (1), πρέπει νὰ ἐκφράσωμεν τὸ S εἰς m^2 καὶ τὸ l εἰς m .

Εἰς τὸ ἡλεκτροστατικὸν σύστημα ἡ σταθερὰ ϵ_0 ἔχει τιμὴν, ἴσην πρὸς $1/4\pi$, ὁπότε ὁ τύπος (1) γράφεται

$$C = \frac{S}{4\pi l}.$$

§ 191. Χωρητικότης σφαιρικοῦ πυκνωτοῦ. Πυκνωτὴς, τοῦ ὁποῖου οἱ δύο ὀπλισμοὶ ἔχουν σχῆμα συγκεντρικῶν σφαιρῶν, καλεῖται **σφαιρικός πυκνωτής**. Ἡ χωρητικότης αὐτοῦ εὐρίσκεται ὅτι ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν ἀκτίνων r καὶ R τῆς ἐσωτερικῆς καὶ τῆς ἐξωτερικῆς σφαίρας, κατὰ τὸν τύπον

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{4\pi r}{1 - \frac{r}{R}}.$$

*Εάν ἡ ἐξωτερικὴ σφαῖρα ἔχη ἀκτίνα ἀπειρον ($R = \infty$), ἀπομένει ἡ ἐσωτερικὴ μόνον σφαῖρα, τῆς ὁποίας ἡ χωρητικότης C , κατὰ τὸν ἄνω τύπον, εἶναι ἴση πρὸς

$$C = \epsilon_0 \cdot 4\pi \cdot r$$

δηλ., ἀνάλογος τῆς ἀκτίνος r αὐτῆς. Ἐπειδὴ, ὡς εἶδομεν ἀνωτέρω, εἰς τὸ ἡλεκτροστατικὸν σύστημα ἡ σταθερὰ ϵ_0 ἔχει τιμὴν, ἴσην πρὸς $1/4\pi$, ἔχομεν

$$C = r$$

*Ἦτοι, ἡ χωρητικότης ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ, πλησίον τοῦ ὁποίου οὐδεὶς ἄλλος ἀγωγὸς ὑπάρχει, ἐκφραζομένη εἰς ἡλεκτροστατικὰς μονάδας, ἰσοῦται μὲ τὴν ἀκτίνα τῆς, μετρουμένην εἰς cm . Οὕτω, σφαῖρα, ἀκτίνος $10\ cm$, ἔχει χωρητικότητα, ἴσην πρὸς $10\ HSM$ χωρητικότητος.

§ 192. Συνδεσμολογία πυκνωτῶν. α) *Παράλληλος σύνδεσις.* Τὸ σχῆμα 224 παριστᾷ παράλληλον σύνδεσιν τριῶν πυκνωτῶν, τῶν ὁποίων αἱ χωρητικότητες εἶναι C_1, C_2, C_3 .

Ὅπως ἀποδεικνύεται κατωτέρω, ἡ «ὅλική χωρητικότης» $C_{ολ}$ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν χωρητικότητων τῶν τριῶν πυκνωτῶν. *Ἦτοι

$$C_{ολ} = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1)$$

**Απόδειξις τοῦ τύπου (1).* Καὶ εἰς τοὺς τρεῖς πυκνωτὰς ὑπάρχει ἡ αὐτὴ τάσις U . Τὰ φορτία τῶν τριῶν πυκνωτῶν ὑπολογίζονται, κατὰ τὸν τύπον (1) τῆς § 188, εἰς

$$q_1 = C_1 \cdot U, \quad q_2 = C_2 \cdot U, \quad q_3 = C_3 \cdot U.$$

Προσθέτοντες, κατὰ μέλη, τὰς τρεῖς ταύτας ἐξισώσεις, λαμβάνομεν

$$q_1 + q_2 + q_3 = U \cdot (C_1 + C_2 + C_3).$$

*Ἐπειδὴ τὸ ὅλικὸν φορτίον $q_{ολ}$ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν φορτίων ἡτοι

$$q_{ολ} = q_1 + q_2 + q_3,$$

ἔχομεν

$$C_{ολ} = \frac{q_{ολ}}{U} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{U} = \frac{q_1}{U} + \frac{q_2}{U} + \frac{q_3}{U}$$

ἢ

$$C_{ολ} = C_1 + C_2 + C_3.$$

δ.ἐ.δ.

β) *Σύνδεσις ἐν σειρᾷ.* Τὸ σχῆμα 225 παριστᾷ σύνδεσιν τριῶν πυκνωτῶν ἐν σειρᾷ, τῶν ὁποίων αἱ χωρητικότητες εἶναι C_1, C_2, C_3 . Ὅπως ἀποδεικνύεται κατωτέρω, ἡ ὅλική χωρητικότης $C_{ολ}$ εὐρίσκεται ἐκ τοῦ τύπου

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (2)$$

Ἀπόδειξις τοῦ τύπου (2). Καὶ οἱ τρεῖς πυκνωταὶ φέρουν τὸ αὐτὸ φορτίον q . Διότι, ἂν φέρωμεν εἰς τὸν ὀπλισμὸν A τὸ φορτίον $+q$, ἐμφανίζεται, ἐξ ἐπιδράσεως, ἴσον φορτίον $-q$ εἰς τὸν ὀπλισμὸν B . Οἱ συνδεδεμένοι, ὅμως, μεταξύ των ὀπλισμοὶ B καὶ Γ ἦσαν ἀρχικῶς οὐδέτεροι. Συνεπῶς, πρέπει εἰς τὸν ἀπομεμακρυσμένον ὀπλισμὸν Γ νὰ ἐμφανισθῇ τὸ φορτίον $+q$. Διὰ τὸν αὐτόν, ἀκριβῶς, λόγον καὶ ὁ ὀπλισμὸς E τοῦ τρίτου πυκνωτοῦ θὰ φέρῃ τὸ αὐτὸ φορτίον $+q$. Ἄρα, αἱ τάσεις εἰς τοὺς τρεῖς πυκνωτὰς θὰ εἶναι, ἀντιστοίχως, ἴσαι πρὸς

$$U_1 = \frac{q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{q}{C_2}, \quad U_3 = \frac{q}{C_3}.$$

Ἐπειδὴ ἡ ὅλική τάσις $U_{ολ}$ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων· ἢτοι εἶναι

$$U_{ολ} = U_1 + U_2 + U_3,$$

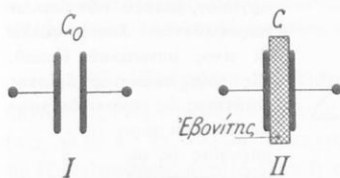
ἔχομεν

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{U_{ολ}}{q} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{q} = \frac{U_1}{q} + \frac{U_2}{q} + \frac{U_3}{q}$$

ἢ

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}. \quad \text{ὁ.ἔ.δ.}$$

§ 193. Διηλεκτρική σταθερά. Θεωρήσωμεν πυκνωτὴν μὲ ἐπιπέδους καὶ πα-



Σχ. 226. Δι' εἰσαγωγῆς τοῦ διηλεκτρικοῦ (II), ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ αὐξάνεται ἀπὸ C_0 εἰς $\varepsilon \cdot C_0$.

ραλλήλους ὀπλισμούς, τοῦ ὁποίου ἡ χωρητικότης ἔστω C_0 (σχ. 226, I). Ἄν μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν εἰσαγάγωμεν πλάκα ἔκ τινος μονωτικοῦ ὑλικοῦ—π.χ., ἐβονίτου, (II)—(τὰ μονωτικὰ καλοῦνται καὶ **διηλεκτρικά**) καὶ μετρήσωμεν τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτοῦ, θὰ εἶρωμεν αὐτὴν μεγαλυτέραν τῆς προηγουμένης. Ἄν ὀνομάσωμεν C τὴν νέαν ταύτην χωρητικότητα, τὸ πηλίκον

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0} \quad (1)$$

καλοῦμεν **διηλεκτρικὴν σταθερὰν** τοῦ μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν διηλεκτρικοῦ. Ἐκ τοῦ τύπου (1) λαμβάνομεν τὴν σχέσιν

$$C = \varepsilon \cdot C_0.$$

Παρατηροῦμεν ὅτι, διὰ πληρώσεως τοῦ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν χώρου διὰ τινος διηλεκτρικοῦ, διηλεκτρικῆς σταθερᾶς ε , ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ ἔγινεν ε φορὰς μεγαλυτέρα τῆς χωρητικότητος ἄνευ διηλεκτρικοῦ. Κατὰ ταῦτα, ὁ τύπος (1) τῆς § 190

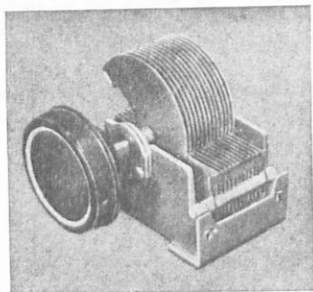
$$C = \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{l},$$

ὁ ὁποῖος παρέχει τὴν χωρητικότητα πυκνωτοῦ μετ' ἐπιπέδους καὶ παραλλήλους ὀπλισμοὺς καὶ ἰσχύει, ὅταν μεταξὺ αὐτῶν ὑπάρχῃ κενόν, πρέπει νὰ διορθωθῇ εἰς

$$C = \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{S}{l},$$

ὅταν μεταξὺ αὐτῶν τεθῇ διηλεκτρικόν, τὸ ὁποῖον ἔχει διηλεκτρικὴν σταθερὰν ε .

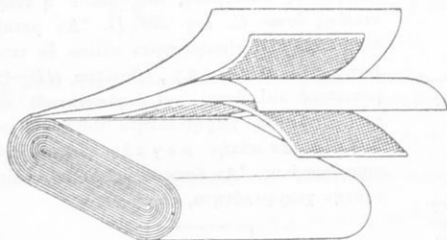
§ 194. Τύποι πυκνωτῶν. α) *Πυκνωταὶ ἀέρος.* Οὗτοι ἀποτελοῦνται ἐκ δύο συστημάτων ἐπιπέδων καὶ παραλλήλων ἐλασμάτων, τὰ ὁποῖα καὶ ἀπαρτίζουν τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ. Τὰ φύλλα ἐκάστου συστήματος εἶναι ἡλεκτρικῶς συνδεδεμένα μεταξὺ των καὶ εὗρισκονται τὰ μὲν ἐντὸς τῶν δέ, χωρὶς νὰ ἐφάπτονται.



Σχ. 227. Μεταβλητὸς πυκνωτὴς ἀέρος.

Παραλλαγή τοῦ τύπου τούτου τῶν πυκνωτῶν εἶναι οἱ *μεταβλητοὶ πυκνωταὶ* (σχ. 227). Εἰς τοὺς πυκνωτὰς αὐτοὺς ὁ εἷς τῶν ὀπλισμῶν εἶναι κινητός. Ἡ μεταβολὴ τῆς χωρητικότητος ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς εἰσαγωγῆς ἢ ἐξαγωγῆς τῶν φύλλων τοῦ κινητοῦ ὀπλισμοῦ ἐντὸς τῶν φύλλων τοῦ ἄλλου ὀπλισμοῦ. Ἡ μετακίνησις γίνεται διὰ στροφῆς τοῦ κινητοῦ ὀπλισμοῦ περὶ ἄξονα. Μεταβλητοὶ πυκνωταὶ ἀέρος χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ραδιόφωνα διὰ τὴν ἐπιλογὴν τῶν σταθμῶν κ.λ.

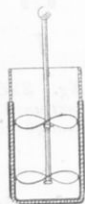
β) *Πυκνωταὶ μετ' στερεὰ μονωτικά.* Οἱ ὀπλισμοὶ των ἀποτελοῦνται ἐκ φύλλων ἀργιλίου, μεταξὺ τῶν ὁποίων παρεντίθενται λεπτὰ φύλλα ἐκ τινος μονωτικοῦ ὑλικοῦ. Εἰς τοὺς πυκνωτὰς ἀρίστης ποιότητος ὡς μονωτικὸν χρησιμοποιεῖται μαρμαρυγίας (κ. μίκα) — *πυκνωταὶ μίκας* — ἐνῶ εἰς τοὺς κοινούς πυκνωτὰς χρησιμοποιεῖται χάρτις, ἐμποτισμένος διὰ



Σχ. 228. Πυκνωτὴς χάρτου.

παραφίνης (*πυκνωταὶ χάρτου*). Οἱ ὀπλισμοὶ καὶ ὁ χάρτις τυλίσσονται, οὕτως ὥστε ὁ πυκνωτὴς νὰ παρουσιάσῃ μικρὸν ὄγκον (σχ. 228).

γ) *Λουγδουνικὴ λάγνηος* (*). Ὁ παλαιότερος τύπος πυκνωτοῦ εἶναι ἡ *λουγδουνικὴ λάγνηος* (σχ. 229). Αὕτη εἶναι κυλινδρικὸν ὑάλινον δοχεῖον, τὸ ὁποῖον ἐπενδύεται ἐσωτερικῶς καὶ ἐξωτερικῶς διὰ μεταλλίνων φύλλων, τὰ ὁποῖα



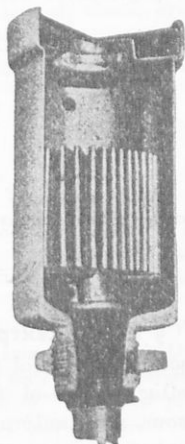
Σχ. 229.

(*) Ἐκ τῆς πόλεως Λούγδουνον (Leyden) τῆς Ὁλλανδίας.

ἀποτελοῦν τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ. Ὁ ἐσωτερικὸς ὀπλισμὸς συγκοινωνεῖ διὰ λεπτῶν ἑλασμάτων μὲ μεταλλινὸν στέλεχος.

δ) *Πυκνωταὶ μὲ ὑγρὰ μονωτικά.* "Όταν ὁ πυκνωτὴς ἀέρος ἐμβαπτισθῇ ἐντὸς μονωτικοῦ ὑγροῦ, π.χ., ὀρυκτελαίου, ἡ χωρητικότης του αὐξάνεται κατὰ παράγοντα, ἴσον πρὸς τὴν διηλεκτρικὴν σταθερὰν τοῦ ὑγροῦ, ἐπὶ πλεόν δὲ αὐξάνεται καὶ ἡ μεγίστη τάσις, τὴν ὁποίαν δύναται ν' ἀνεχθῇ ὁ πυκνωτὴς, χωρὶς νὰ δημιουργηθῇ ἡλεκτρικὸς σπινθὴρ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν.

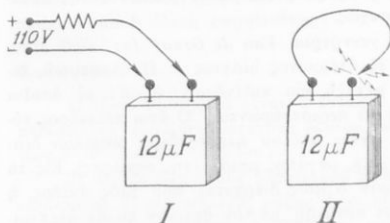
ε) *Ἡλεκτρολυτικοὶ πυκνωταὶ.* Οὗτοι ἀποτελοῦνται ἐκ δύο ἑλασμάτων ἐξ ἀργιλίου (σχ. 230) ἐντὸς καταλλήλου ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος. "Αν ἐπὶ τῶν δύο ἑλασμάτων ἐφαρμοσθῇ συνεχὴς τάσις, τότε, λόγῳ ἡλεκτρολύσεως (§ 249), σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου λεπτότατον μονωτικὸν στρώμα ἐξ ἐνώσεων τοῦ ἀργιλίου, τὸ ὁποῖον καὶ ἀποτελεῖ τὸ διηλεκτρικὸν τοῦ πυκνωτοῦ. Τοὺς δύο ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ ἀποτελοῦν ἀφ' ἑνὸς μὲν τὸ μετὰ τοῦ θετικοῦ πόλου συνδεδεμένον ἔλασμα, ἀφ' ἑτέρου δὲ τὸ ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι, κατὰ τὴν χρῆσιν τῶν ἡλεκτρολυτικῶν πυκνωτῶν, πρέπει ὁ θετικὸς (+) ὀπλισμὸς τῶν νὰ συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς καὶ ὁ ἀρνητικὸς (—) μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς. Ἐπειδὴ τὸ πάχος τοῦ διηλεκτρικοῦ εἶναι πολὺ λεπτόν, ἐπιτυγχάνονται ἡλεκτρολυτικοὶ πυκνωταὶ μεγάλης χωρητικότητος μὲ μικρὰν ἐπιφάνειαν τοῦ θετικοῦ ὀπλισμοῦ.



Σχ. 230. Ἡλεκτρολυτικὸς πυκνωτὴς.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα τῶν πυκνωτῶν. Ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῶν πυκνωτῶν ἀναγράφονται, συνήθως, τὰ ἑξῆς χαρακτηριστικὰ: α) Ἡ χωρητικότης καὶ β) ἡ τάσις ἐργασίας. Ἐὰν εἰς πυκνωτὴς συνδεθῇ μὲ τάσιν, μεγαλυτέραν τῆς ἀναγεγραμμένης, ὑπάρχει κίνδυνος νὰ ἐκραγῇ σπινθὴρ μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν, ὁ ὁποῖος θὰ διατρήσῃ τὸ διηλεκτρικὸν καὶ ὁ πυκνωτὴς θὰ καταστραφῇ.

§ 195. Ἐνέργεια φορτισμένου πυκνωτοῦ. Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ὀπλισμοὺς ἑνὸς πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους ἡλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς τάσεως (π.χ., 110 V - σχ. 231, I), ὁ πυκνωτὴς θ' ἀρχίσῃ νὰ φορτίζεται. Ἡ φόρτισις θὰ ἐξακολουθήσῃ, μέχρις ὅτου ἡ τάσις εἰς τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ γίνῃ ἴση πρὸς τὴν τάσιν τῆς πηγῆς. Διὰ τὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ κατηναλωθῇ ὠρισμένη ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἔχει ἐναποθηκευθῇ ὑπὸ μορφήν *ἐνεργείας ἡλεκτρικοῦ πεδίου* εἰς τὸν μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν χώρον. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον περιέχει ἐνέργειαν. Τοῦτο δεικνύεται κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν ἑνὸς πυκνωτοῦ: Φορ-



Σχ. 231. Φόρτισις (I) καὶ ἐκφόρτισις (II) ἑνὸς πυκνωτοῦ.

τίζομεν ἓνα πυκνωτὴν (ὅπως εἵπομεν ἂνωτέρω) καὶ ἀπομακρύνομεν τὰ

δύο σύρματα. Κατόπιν, λαμβάνομεν ἄλλο σύρμα καὶ ἐνώνομεν τὸ ἐν ἄκρον του μὲ τὸν ἕνα ὀπλισμὸν τοῦ πυκνωτοῦ (II), πλησιάζομεν δὲ τὸ ἄλλο εἰς τὸν ἄλλον ὀπλισμὸν. Ὅταν πλησιάσωμεν εἰς πολὺ μικρὰν ἀπόστασιν, δημιουργεῖται ἠλεκτρικὸς σπινθὴρ καὶ ὁ πυκνωτὴς ἐκφορτίζεται ἀμέσως. Ἡ ὑπὸ τοῦ σπινθῆρος ἐκλυομένη θερμότης προφανῶς ἦτο ἀποθηκευμένη ἐντὸς τοῦ φορτισμένου πυκνωτοῦ ὑπὸ μορφὴν ἐνεργείας ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἐὰν καλέσωμεν C τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτοῦ καὶ U τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τοὺς ὀπλισμοὺς του, ἡ ἐνέργεια E αὐτοῦ ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι ἴση πρὸς

$$E = \frac{1}{2} C \cdot U^2$$

Λαμβάνοντες ὑπ' ὄψιν τὰς σχέσεις $C = q/U$ καὶ $U = q/C$, γράφομεν τὴν ἐξίσωσιν ταύτην καὶ ὑπὸ τὰς μορφάς

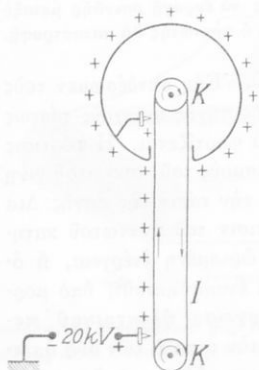
$$E = \frac{1}{2} q \cdot U \quad \text{καὶ} \quad E = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C}.$$

§ 196. Ἡλεκτροστατικά γεννήτριαι. Διὰ πειραματικὰς ἐπιδείξεις χρησιμοποιοῦνται αἱ ἠλεκτροστατικά γεννήτριαι, αἱ ὁποῖαι παρέχουν μὲν μεγάλας τάσεις, αἱ ἐντάσεις, ὅμως, τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύνανται νὰ δώσουν, εἶναι πολὺ μικράι.

Αἱ παλαιότεραι μηχαναὶ (*) τείνουν ν' ἀντικατασταθοῦν ὑπὸ τῆς ἠλεκτροστατικῆς γεννητρίας τοῦ Van de Graaf (Vān tiē Γκράαφ). Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῆς μηχανῆς ταύτης στηρίζεται ἐπὶ τοῦ ἑξῆς φαινομένου: Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν § 186, ἐὰν εἰς τὸ ἐσωτερικὸν κοίλου ἀγωγοῦ φέρωμεν ἠλεκτρικά φορτία (βλ. σχ. 221), τὰ φορτία ταῦτα κατανέμονται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ὁπότε οὗτος ἀποκτῇ ὀρισμένον δυναμικόν. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ αὐτὸ διὰ δευτέραν, τρίτην κ.λ. φορὰν, ἡ ἐξωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ ἀποκτῇ ὁλονὲν περισσότερα φορτία καὶ τὸ δυναμικὸν αὐτῆς αὐξάνεται συνεχῶς.

Ἡ γεννήτρια Van de Graaf (σχ. 232) ἀποτελεῖται ἐξ ἀτέρμονος ἱμάντος I ἐξ ἐλαστικοῦ, ταμένου μεταξὺ δύο κυλίνδρων K, K , οἱ ὁποῖοι δύνανται νὰ περιστρέφονται. Ὁ ἄνω κύλινδρος εὐρίσκεται ἐντὸς κοίλου ἠλεκτροδίου μεγάλων διαστάσεων (π.χ. μεγάλῃς μεταλλίνης σφαίρας). Εἰς τὸ κάτω ἄκρον ὁ ἱμᾶς διέρχεται πρὸ μιᾶς ἀκίδος, ἡ ὁποία ἔχει συνδεθῇ μὲ τὸν θετικὸν πόλον ἠλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς τάσεως (περίπου 20 kV), τῆς

ὁποίας ὁ ἄλλος πόλος προσγειοῦται. Εἰς τὸ ἄκρον τῆς ἀκίδος σχηματίζεται ἠλεκ-



Σχ. 232. Ἡλεκτροστατικὴ γεννήτρια Van de Graaf (ἀρχή).

(*) Μηχανὴ Wimshurst κ.λ.

τρική εκκένωσης, ή οποία φορτίζει το έκαστοτε πρό αυτής τμήμα του ἱμάντος με ὁμώνυμον φορτίον. Ὁ ἱμάς, κινούμενος, μεταφέρει το φορτίον τοῦτο πρὸς τὰ ἄνω, ἔνθα καὶ συλλέγεται ὑπὸ ἀκίδος, εὐρισκομένης ἐντὸς τῆς σφαίρας. Τὸ φορτίον τοῦτο, ἐν συνεχείᾳ, κατανέμεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἔρχονται διαρκῶς φορτία ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας, ὁπότε τὸ δυναμικὸν αὐτῆς αὐξάνεται διαρκῶς. Ἡ τάσις, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν διὰ τῆς μηχανῆς ταύτης, περιορίζεται ἐκ τῶν διαστάσεων τῆς αἰθούσης, ἐντὸς τῆς ὁποίας εὐρίσκεται ἡ συσκευή, καθόσον, διὰ μεγάλας τιμὰς τάσεως, σχηματίζονται σπινθήρες μεταξύ τῆς σφαίρας καὶ τῶν τοιχωμάτων.

Αἱ μικρότεροι γεννήτριαι Van de Graaf εἶναι αὐτοδιεγερόμεναι, δηλαδὴ δὲν ἀπαιτοῦν διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν ἐξωτερικῶν ἡλεκτρικῶν πηγῶν, ὡς ἡ ἀνωτέρω, ἡ ὁποία νὰ μεταδίδῃ τὸ φορτίον εἰς τὸν ἱμάντα.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Πυκνωτής, χωρητικότητος $3 \mu F$, φορτίζεται εἰς τάσιν $50 V$. Ποῖον τὸ φορτίον; (ΑΠ: $150 \cdot 10^{-6} Cb$)

2) Κατὰ πόσον θὰ μεταβληθῇ ἡ τάσις εἰς τὸν πυκνωτὴν τῆς προηγουμένης ἀσκήσεως, ἐὰν τὸ φορτίον ἐλαττωθῇ κατὰ $50 \cdot 10^{-6} Cb$;

(ΑΠ: Θὰ ἐλαττωθῇ κατὰ $16,7 V$)

3) Εἰς ἀπόστασιν $5 cm$ ἀπ' ἀλλήλων εὐρίσκονται δύο ἐπίπεδοι καὶ παράλληλοι πλάκες ἐξ ἀργιλίου, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ἐμβαδὸν $800 cm^2$. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ εἰς μF καὶ pF . (ΑΠ: $14,2 \cdot 10^{-6} \mu F$, $14,2 pF$)

4) Τρεῖς πυκνωταί, χωρητικότητων $1 \mu F$, $2 \mu F$ καὶ $3 \mu F$, συνδέονται α) ἐν σειρᾷ καὶ β) ἐν παραλλήλῳ. 1) Ποία ἡ χωρητικότης τοῦ συστήματος εἰς ἐκάστην περίπτωσιν; 2) Ποῖον φορτίον θὰ λάβῃ ἐκάστοτε τὸ σύστημα, ὅταν συνδεθῇ με τάσιν $200 V$; (ΑΠ: 1) $0,545 \mu F$, $6 \mu F$, 2) $0,11 \cdot 10^{-3} Cb$, $1,2 \cdot 10^{-3} Cb$)

5) Πυκνωτὴς ἔχει χωρητικότητα $3 \mu F$. Μὲ ποίας χωρητικότητος πυκνωτὴν πρέπει νὰ συνδεθῇ οὗτος ἐν σειρᾷ, ὥστε ἡ ὅλική χωρητικότης νὰ ἰσοῦται πρὸς $2 \mu F$; (ΑΠ: $6 \mu F$)

6) Δύο πυκνωταί, χωρητικότητος $1 \mu F$ καὶ $2 \mu F$, συνδέονται ἐν σειρᾷ καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος ἐφαρμόζεται τάσις $1200 V$. Νὰ εὐρεθῇ ἡ τάσις εἰς τοὺς ὁπλισμοὺς ἐκάστου ἐξ αὐτῶν. (ΑΠ: $800 V$, $400 V$)

7) Τρεῖς πυκνωταί, χωρητικότητων $0,1 \mu F$, $0,2 \mu F$ καὶ $0,5 \mu F$, συνδέονται ἐν παραλλήλῳ καὶ τὸ οὗτο προκύπτον σύστημα συνδέεται ἐν σειρᾷ με σύστημα τριῶν ἄλλων πυκνωτῶν, χωρητικότητων $0,1 \mu F$, $0,2 \mu F$ καὶ $0,5 \mu F$, συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ. Ποία ἡ ὅλική χωρητικότης; (ΑΠ: $54,8 \cdot 10^{-8} \mu F$)

Κατηγορία Β'

1) Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἔντασις ἐνὸς κατακορύφου ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἵνα συγκρατῇ σταγόνα ἐλαίου, μάζης $10 \cdot 10^{-6} gr$ καὶ φορτισμένην με φορτίον $3 \cdot 10^{-4} HSM$ - φορτίου; (ΑΠ: $32,7 HSM$ - ἐντάσεως πεδίου)

2) Ἐντὸς ὁμογενοῦς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $100 HSM$ - ἐντάσεως πεδίου, εὐρίσκεται α) μία σφαῖρα, μάζης $1 gr$ καὶ φορτισμένη με φορτίον $1 HSM$ - φορτίου. β) Ἐν σωματίον, μάζης $1 \cdot 10^{-24} gr$ καὶ φορτίου $5 \cdot 10^{-10} HSM$ - φορτίου καὶ ἐν ἡλεκτρόνιον, μάζης $9,1 \cdot 10^{-28} gr$ καὶ φορτίου $4,8 \cdot 10^{-10} HSM$ - φορτίου. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιτάχυνσις εἰς ἐκάστην περίπτωσιν. (ΑΠ: α) $1 m \cdot sec^{-2}$, β) $5 \cdot 10^{11} km \cdot sec^{-2}$, $5,27 \cdot 10^{14} km \cdot sec^{-2}$)

3) Ἐν ἡλεκτρόνιον (φορτίου e καὶ μάζης m) κινεῖται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὁμο-

γενούς ηλεκτρικού πεδίου, έντάσεως $\mathcal{E}$, παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς. Ἐὰν κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 0$ τὸ ηλεκτρόνιον εἶχε ταχύτητα, ἴσην πρὸς μηδέν, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπιτάχυνσις γ , τὸ διανυθὲν διάστημα s καὶ ἡ ταχύτης v αὐτοῦ μετὰ χρόνον t .

$$(\text{ΑΠ: } \gamma = \mathcal{E} \cdot \frac{e}{m}, \quad s = \frac{1}{2} \mathcal{E} \cdot \frac{e}{m} \cdot t^2, \quad v = \mathcal{E} \cdot \frac{e}{m} \cdot t)$$

4) Νὰ δειχθῇ ὅτι ἡ έντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου, τοῦ προκαλουμένου ὑπὸ σημειώδους ηλεκτρικοῦ φορτίου Q , εἰς ἀπόστασιν R , εἶναι ἴση πρὸς $\mathcal{E} = Q/R^2$.

5) Ποία εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς ηλεκτρικοῦ πεδίου, ἐὰν ἀπαιτῆται ἔργον 1200 erg διὰ νὰ μετακινηθῇ ἐν φορτίον 6 ΗΣΜ-φορτίον ἀπὸ τοῦ ἐνὸς σημείου εἰς τὸ ἄλλο; (ΑΠ: $200 \text{ ΗΣΜ-διαφορὰς δυναμικοῦ}$)

6) Ἐὰν ηλεκτρικὸν φορτίον $2,5 \text{ Cb}$ μετακινηθῇ μεταξύ δύο σημείων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 1000 V , νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται εἰς erg καὶ Joule ; (ΑΠ: $2,5 \cdot 10^{10} \text{ erg}, 2500 \text{ Joule}$)

7) Δύο ἐπίπεδοι καὶ παράλληλοι μεταλλικαὶ πλάκες, τοποθετημέναι ὀριζοντίως καὶ εὐρισκόμεναι εἰς ἀπόστασιν μεταξύ των 2 cm , παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ 15 kV . Μεταξὺ αὐτῶν εὐρίσκεται μικρὰ φορτισμένη σταγὼν ἐλαίου, μάζης 5 mgr . Ἐὰν ἡ σταγὼν αἰωρεῖται, ποῖον τὸ φορτίον της; (ΑΠ: $0,2 \text{ ΗΣΜ-φορτίον}$)

8) Πρόκειται νὰ κατασκευασθῇ πυκνωτὴς ἐκ δύο κυκλικῶν μεταλλίνων πλακῶν, εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν 1 mm καὶ τοιαύτης χωρητικότητος, ὥστε, φορτιζόμενος εἰς τάσιν 100 V , νὰ ἀποκτῇ φορτίον 300 ΗΣΜ-φορτίον . Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ καὶ ποία ἡ διάμετρος ἐκάστης τῶν πλακῶν;

$$(\text{ΑΠ: } 10^{-8} \mu\text{F}, 38 \text{ cm})$$

9) Μεταξὺ δύο κατακορύφων μεταλλίνων πλακῶν ἐξαρτᾶται, διὰ νήματος, σφαίριδιον, μάζης $0,5 \text{ gr}$ καὶ φορτισμένον μὲ φορτίον 50 ΗΣΜ-φορτίον . Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν διαφορὰ δυναμικοῦ, ἵνα τὸ σφαιρίδιον ἐκτραπῇ τῆς θέσεως ἰσορροπίας του κατὰ 10° , γνωστοῦ ὄντος ὅτι ἡ ἀπόστασις τῶν πλακῶν εἶναι 5 cm ; Πόση θὰ εἶναι ἡ έντασις τοῦ μεταξὺ τῶν πλακῶν ηλεκτρικοῦ πεδίου; (ΑΠ: $2589 \text{ V}, 1,7 \text{ ΗΣΜ-έντάσεως πεδίου}$)

10) Πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἐκ δύο φύλλων κασσιτέρου, ἔχει δὲ ὡς διηλεκτρικὸν παραφινωμένον χάρτην, διηλεκτρικῆς σταθερᾶς 2 καὶ πάχους $0,5 \text{ mm}$. Ζητεῖται τὸ ἔμβαδόν, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ἔχῃ ἕκαστος τῶν ὀπλισμῶν, ἵνα ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι ἴση πρὸς $15 \cdot 10^3 \text{ cm}^2$. (ΑΠ: 4710 cm^2)

11) Ποία ἡ ἀκτίς ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ, τοῦ ὁποίου ἡ χωρητικότης εἶναι 1 F ; (ΑΠ: $9 \cdot 10^9 \text{ km}$)

12) Ποία ἡ χωρητικότης σφαιρικοῦ πυκνωτοῦ, ὃ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἐκ δύο ὁμοκέντρων σφαιρικῶν ἀγωγῶν, ἀκτίνων 15 cm καὶ 20 cm ; (ΑΠ: 60 cm)

13) Πυκνωτὴς, χωρητικότητος $10^{-4} \mu\text{F}$, συνδέεται πρὸς πηγὴν τάσεως U . Ἀκολουθῶς, διακόπτεται ἡ σύνδεσις πρὸς τὴν πηγὴν καὶ ὁ φορτισμένος πυκνωτὴς συνδέεται ἐν παραλλήλῳ πρὸς ἀφόρτιστον πυκνωτὴν, ἀγνώστου χωρητικότητος, ὁπότε ἡ τάσις ἐλαττωταί εἰς τὰ $\frac{2}{3}$ τῆς ἀρχικῆς. Ποία ἡ χωρητικότης τοῦ δευτέρου πυκνωτοῦ; (ΑΠ: $0,6 \cdot 10^{-4} \mu\text{F}$)

14) Ποία ἡ ἐνέργεια πυκνωτοῦ, χωρητικότητος $20 \mu\text{F}$ καὶ φορτισμένου εἰς τάσιν 550 V ; (ΑΠ: 3 Joule)

15) Πόσον ἔργον ἀπαιτεῖται διὰ τὴν φόρτισιν ἐνὸς σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ, ἀκτίνος 10 cm , μὲ φορτίον 200 ΗΣΜ-φορτίον ; (ΑΠ: $2 \cdot 10^8 \text{ erg}$)

16) Ὄταν πυκνωτὴς φορτισθῇ μὲ φορτίον 1 Cb , ἀποκτῇ διαφορὰν δυναμικοῦ 250 V . Ποία ἡ θερμότης, τὴν ὁποίαν θὰ μᾶς δώσῃ ὁ πυκνωτὴς οὗτος, ὅταν ἐκφορτισθῇ διὰ μέσου μιᾶς ἀντιστάσεως; (ΑΠ: $29,7 \text{ cal}$)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΖ'

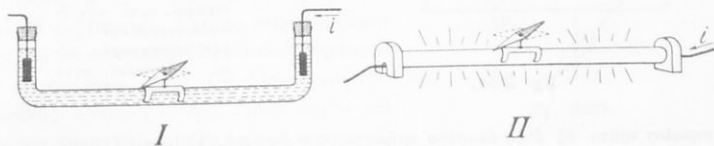
ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ
ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΑΙ ΕΚ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

§ 197. Πείραμα του Oersted (Έρστετ). Εἰς τὴν § 124 περιεγράψαμεν τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὡς ὀφειλόμενον εἰς ἓν ἀνύπαρκτον μέγεθος τὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ. Ἀφ' ἑτέρου, εἰς τὴν § 151 εἶδομεν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ διαρρέον ἓνα ἄγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδίον. Ἐνταῦθα θ' ἀναζητήσωμεν τὸ ἀκριβὲς αἷτιον, εἰς τὸ ὁποῖον ὀφείλεται τὸ μαγνητικὸν πεδίον.

Ὑπενθυμίζομεν τὸ πείραμα, τὸ περιγραφέν εἰς τὴν § 151: Ἄνωθεν μαγνητικῆς βελόνης, στρεπτῆς περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 176), τείνομεν ἓν σύρμα, παράλληλον πρὸς τὴν διεύθυνσιν αὐτῆς. Ἐὰν διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σύρματος τούτου ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελὼν ἔκτρέπεται τῆς ἀρχικῆς τῆς διευθύνσεως. Ἐὰν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, ἀντιστρέφεται καὶ ἡ φορὰ τῆς ἐκτροπῆς τῆς βελόνης. Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, θέτοντες τὸ σύρμα κάτωθεν τῆς μαγνητικῆς βελόνης, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ φορὰ τῆς ἐκτροπῆς ἀντιστρέφεται.

Τὸ πείραμα τοῦτο(*) δεικνύει ὅτι περὶ ἄγωγόν, διαρρεόμενον ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, σχηματίζεται μαγνητικὸν πεδίον.

Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει, ἐπίσης, ὅταν τὸ ρεῦμα διαρρέῃ ἓνα ὑγρὸν ἄγω-



Σχ. 233. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέρχεται δι' ἑνὸς ὑγροῦ ἄγωγου (I) ἢ δι' ἑνὸς ἀέριου (II), δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίον.

γὸν (ἡλεκτρολύτην - σχ. 233, I) ἢ ἐν ἀέριον (λαμπτήρα φθορισμοῦ - σχ. 233, II).

Ἐξ ὅλων αὐτῶν καὶ ἄλλων ἀναλόγων πειραμάτων συνάγεται τὸ συμπέρασμα ὅτι ὅλα τὰ μαγνητικὰ πεδία ὀφείλονται εἰς ἡλεκτρικὰ ρεύματα, προερχόμενα, δηλ., πάντοτε ἀπὸ κίνησιν ἡλεκτρικῶν φορτίων.

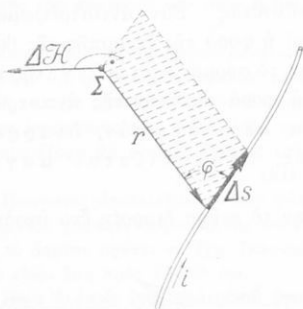
Τὰ μαγνητικὰ πεδία τῶν μονίμων μαγνητῶν ἐξηγοῦνται, κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ἐκ τῶν στοιχειωδῶν ρευμάτων, τῶν προερχομένων ἐκ τῆς κινήσεως τῶν ἡλεκτρονίων περὶ τοὺς πυρήνας τῶν ἀτόμων τοῦ σιδήρου.

(*) Πρῶτος ἐξετέλεσε τὸ πείραμα τοῦτο ὁ Oersted.

§ 198. Νόμος τῶν Biot - Savart (Μπιό - Σαβάρ). Ὅπως εὐρίσκεται πειραματικῶς, ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον τι τοῦ χώρου περὶ ἄγωγόν, διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος, εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ὅσον πλησιέστερον πρὸς τὸν ἄγωγόν εὐρίσκεται τὸ θεωρούμενον σημεῖον (**νόμος τῶν Biot - Savart**).

Τοῦτο δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν καὶ διὰ τῆς περιγραφείσης διατάξεως τοῦ πειράματος τοῦ Oersted: Ἐὰν αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸν ἄγωγόν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὐξάνεται καὶ ἡ ἔκτροπὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἐνῶ, ἐὰν διατηρήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος σταθερὰν καὶ ἀπομακρύνωμεν τὸν ἄγωγόν ἐκ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἡ ἔκτροπὴ γίνεται μικροτέρα.

Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἔντασιν, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἰς ἓν σημεῖον Σ (σχ. 234), θεωροῦμεν τὸν ἄγωγόν ὡς ἀποτελούμενον ἐκ πολλῶν μικρῶν τμημάτων καὶ ὑπολογίζομεν τὴν (μερικὴν) ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἰς



Σχ. 234.



Σχ. 235. Ὅταν ὁ δεξιόστροφος κοχλίας στροφῇ κατὰ τὴν ὑποδεικνυμένην φοράν περιστροφῆς, τότε, προχωρεῖ κατὰ τὴν φοράν τοῦ βέλους.

τὸ σημεῖον τοῦτο ἐξ ἑνὸς ἐκάστου τμήματος τοῦ ἄγωγου. Ἡ ὅλική ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου θὰ εἶναι, προφανῶς, ἴση πρὸς τὴν συνισταμένην τῶν μερικῶν αὐτῶν ἐντάσεων.

Ἐὰς καλέσωμεν $\Delta\mathcal{H}$ τὸ μέτρον τῆς ἐντάσεως τοῦ στοιχειώδους μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται εἰς τὸ σημεῖον Σ ὑπὸ τοῦ στοιχειώδους τμήματος Δs τοῦ ἄγωγου. Τοῦτο παρέχει ὁ **νόμος τῶν Biot - Savart**:

$\Delta\mathcal{H} = \frac{i \cdot \Delta s}{r^2} \cdot \eta \mu \varphi$	Νόμος τῶν Biot - Savart
---	----------------------------

ἔνθα φ εἶναι ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ὁ ἄγωγός Δs μετὰ τῆς ἀποστάσεως r τοῦ σημείου Σ ἀπὸ τοῦ ἄγωγου καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτόν.

Ἡ διεύθυνσις τοῦ ἀνύσματος $\Delta\mathcal{H}$ εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ σχηματιζόμενον ὑπὸ τοῦ ἄγωγου Δs καὶ τῆς ἀποστάσεως r . Τὴν φοράν, τέλος, τῆς ἐντάσεως $\Delta\mathcal{H}$ εὐρίσκομεν ὡς ἐξῆς: Φανταζόμεθα δεξιόστροφον κοχλίαν (σχ. 235),

ὁ ὁποῖος, στρεφόμενος, γὰ προχωρῇ κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος. Ἡ φορὰ τῆς περιστροφῆς τοῦ κοχλίου μᾶς δίδει τὴν φορὰν τῆς έντασεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

§ 199. **Ἡλεκτρομαγνητικαὶ μονάδες έντασεως ρεύματος καὶ ηλεκτρικοῦ φορτίου.** Ὁ νόμος τῶν Biot-Savart μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ὀρίσωμεν τὴν *ηλεκτρομαγνητικὴν μονάδα έντασεως ρεύματος* (1 HMM-έντασεως ρεύματος) ὡς ἑξῆς:

1 HMM-έντασεως ρεύματος εἶναι ἡ ένταση ἐκείνου τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρεῖον ἄγωγόν, ἔχοντα σχῆμα κυκλικοῦ τόξου, ἀκτίνος 1 cm καὶ μήκους 1 cm, δημιουργεῖ εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύκλου μαγνητικὸν πεδίου, έντασεως 1 Gauss.

Ἡ πρακτικὴ μονὰς έντασεως ρεύματος (1 A) ἐξελέγη ἴση πρὸς τὸ $\frac{1}{10}$ τῆς HMM-έντασεως ρεύματος. Ὅτοι εἶναι

$$1 A = \frac{1}{10} \text{ HMM-έντασεως ρεύματος.}$$

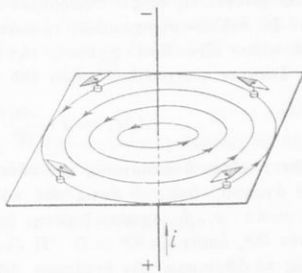
Ἡ *ηλεκτρομαγνητικὴ μονὰς φορτίου* (1 HMM-φορτίου) ὀρίζεται ἐκ τῆς ἐξισώσεως $q = i t$ καὶ εἶναι ἴση πρὸς τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον διέρχεται εἰς ἓν δευτερόλεπτον διὰ τινος διατομῆς ἄγωγου, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, έντασεως, ἴσης πρὸς 1 HMM-έντασεως ρεύματος.

Εἶναι δὲ

$$1 \text{ HMM-φορτίου} = 3 \cdot 10^{10} \text{ HSM-φορτίου} = 10 \text{ Cb.}$$

§ 200. **Μαγνητικὸν πεδίου περὶ εὐθύγραμμον ρευματοφόρον ἄγωγόν.** Τὸ σχῆμα 236 παριστᾷ τὴν

μορφήν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ σχηματιζομένου περὶ εὐθύγραμμον ρευματοφόρον ἄγωγόν. Παρατηροῦμεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικαὶ περιφέρειαι κύκλων, τῶν ὁποίων τὸ ἐπίπεδον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄγωγόν. Ἐπίσης παρατηροῦμεν ὅτι αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ — ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰς ηλεκτρικὰς δυναμικὰς γραμμάς — δὲν ἔχουν ἀρχὴν καὶ τέλος, εἶναι, δηλ., κλεισταὶ γραμμαί.



Σχ. 236.

★ Ἐὰν i εἶναι ἡ ένταση τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρεόντος τὸν ἄγωγόν, ἡ ένταση $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον, ἀπέχον κατὰ r ἐξ αὐτοῦ, εὐρίσκεται ὅτι εἶναι ἀνάλογος τῆς έντασεως i τοῦ ρεύματος καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀποστάσεως r . Ὅτοι εἶναι

$$\mathcal{H} = 2 \cdot \frac{i}{r}. \quad (1)$$

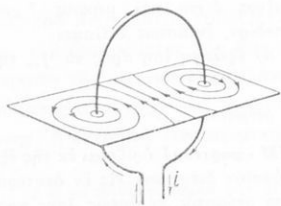
Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (1) θέσωμεν τὴν έντασιν i εἰς HMM-έντασεως ρεύματος καὶ τὴν ἀπόστασιν r εἰς cm, ἡ έντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου θὰ προκύψῃ εἰς HMM-έντασεως μαγνητικοῦ πεδίου - δηλ., εἰς Gauss.

Σημείωσις. Ἡ ἐξίσωσις (1) δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὡς ἑξῆς:

$$\mathcal{H} = \frac{2}{10} \cdot \frac{i}{r}.$$

Ὁ τύπος, ὅμως, οὗτος ἰσχύει μόνον ἐὰν τὰ διάφορα μεγέθη τεθοῦν εἰς ὠρι-
σμένας μονάδας καί, μάλιστα, μονάδας, αἱ ὁποῖαι δὲν ἀνήκουν εἰς τὸ αὐτὸ σύ-
στημα μονάδων. Οὕτω, ἡ μὲν ἔντασις i πρέπει νὰ τεθῇ εἰς ἀμπέρ, ἡ δὲ ἀπόστασις
 r εἰς cm , ὁπότε τὸ $\mathcal{H}$ θὰ προκύψῃ εἰς Gauss.

§ 201. Μαγνητικὸν πεδίον κυκλικοῦ ἀγωγοῦ. Κυκλικὸς ἀγωγός,



Σχ. 237.

διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος, σχηματίζει
μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὁποῖου τὴν μορ-
φὴν παρέχει τὸ σχῆμα 237. Παρατηροῦ-
μεν ὅτι αἱ δυναμικαὶ γραμμαί, αἱ διαπε-
ρῶσαι τὸν κύκλον, ἔχουν ὅλοι τὴν αὐτὴν
φοράν. Ὅπως ὑπολογίζεται κατωτέρω, ἡ
ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ
κέντρον τοῦ κύκλου εἶναι ἀνάλο-
γος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ
ὅποιον διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ ἀντι-

στρόφως ἀνάλογος τῆς ἀκτίνος τοῦ κύκλου.

Ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ κύ-
κλου γίνεται ὡς ἑξῆς: Θεωροῦμεν ὁλόκληρον τὸν κυκλικὸν ἀγωγὸν ὡς ἀποτελούμε-
νον ἐκ πολλῶν στοιχειωδῶν τμημάτων, μήκους $\Delta s_1, \Delta s_2, \dots$ καὶ ὑπολογίζομεν, βάσει
τοῦ νόμου τῶν Biot-Savart, τὴν ἐντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ ὀφειλομένου
εἰς ἕκαστον στοιχειῶδες τμήμα τοῦ ἀγωγοῦ. Ἡ ἐντασις αὕτη θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$\Delta \mathcal{H}_1 = i \cdot \frac{\Delta s_1}{R^2} \cdot I, \quad \Delta \mathcal{H}_2 = i \cdot \frac{\Delta s_2}{R^2} \cdot I \dots$$

ἐνθα R εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρου τοῦ κύκλου ἀπὸ τῶν τμημάτων $\Delta s_1, \Delta s_2, \dots$
τοῦ ἀγωγοῦ, δηλ., ἡ ἀκτίς τοῦ κύκλου. (Τὸ $\eta \mu \varphi$ ἔχει τιμὴν, ἴσην πρὸς I , διότι
ἡ γωνία φ , ἡ σχηματιζομένη ὑπὸ τῶν τμημάτων τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἀκτίνος R
εἶναι 90° , ὁπότε $\eta \mu 90^\circ = I$). Ἡ ὅλική ἐντασις $\mathcal{H}$ τοῦ πεδίου θὰ εἶναι, λοιπόν, ἴση
πρὸς τὰ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων $\Delta \mathcal{H}_1, \Delta \mathcal{H}_2, \dots$ Ὅτοι εἶναι

$$\mathcal{H} = \Delta \mathcal{H}_1 + \Delta \mathcal{H}_2 + \dots + \dots = i \cdot \frac{\Delta s_1}{R^2} + i \cdot \frac{\Delta s_2}{R^2} + \dots + \dots$$

Ἐπειδὴ τὸ i καὶ τὸ $1/R^2$ εἶναι κοινοὶ παράγοντες τοῦ ἀθροίσματος, ἔχομεν

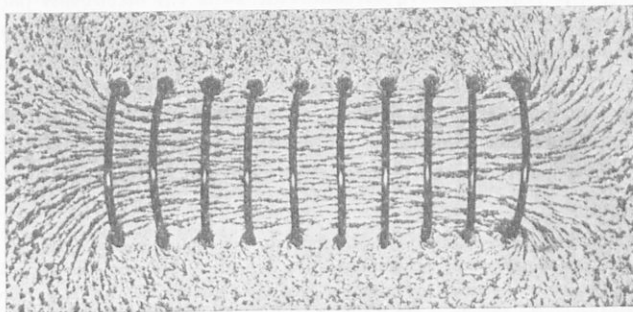
$$\mathcal{H} = \frac{i}{R^2} \cdot (\Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots + \dots).$$

Ἀλλὰ τὸ ἄθροισμα $(\Delta s_1 + \Delta s_2 + \dots + \dots)$ ἰσοῦται μὲ τὸ μῆκος ὁλοκλήρου τοῦ
κυκλικοῦ ἀγωγοῦ, τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον πρὸς $2\pi \cdot R$. Ἐπομένως εἶναι

$$\mathcal{H} = \frac{i}{R^2} \cdot 2\pi \cdot R \quad \eta \quad \mathcal{H} = \frac{2\pi \cdot i}{R}.$$

§ 202. Σωληνοειδές. Ἐὰν περιτυλίξωμεν ἐν σύρμα περὶ κύλινδρον
κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε αἱ σπείραι ν' ἀπέχουν ἐξ ἴσου μεταξύ των, θὰ
λάβωμεν τὸ *σωληνοειδές* (σχ. 238). Ἐὰν δι' ἐνὸς σωληνοειδοῦς διαβιβάσω-
μεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, θὰ σχηματισθῇ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον εἰς τὸ

έσωτερικόν αὐτοῦ εἶναι ὁμογενές, ἡ δὲ ἔντασις αὐτοῦ εὐρίσκεται ὅτι εἶναι
α) ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ β) ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ



Σχ. 238. Σωληνοειδές. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἰς τὸ ἐσωτερικόν του εἶναι ὁμογενές.

σπειρῶν ἀνὰ μονάδα μήκους (π.χ., ἀνὰ cm), εἶναι δὲ ἀνεξάρτητος τῆς διαμέτρου τοῦ σωληνοειδοῦς.

★ Ἐὰν καλέσωμεν i τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ σωληνοειδές καὶ n^* τὸν ἀριθμὸν σπειρῶν ἀνὰ μονάδα μήκους (δηλ., τὸ πηλίκον τοῦ ἀριθμοῦ n τῶν σπειρῶν τοῦ σωληνοειδοῦς διὰ τοῦ μήκους l αὐτοῦ), ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικόν του δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου

$$\mathcal{H} = 4\pi \cdot i \cdot n^*. \quad (1)$$

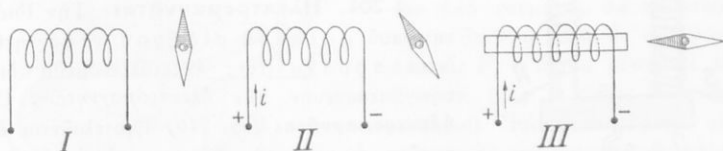
Ἐὰν εἰς τὸν ἄνω τύπον θέσωμεν τὸ i εἰς HMM -ἐντάσεως ρεύματος, τὸ δὲ n^* ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν ἀνὰ cm , ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου θὰ προκύψῃ εἰς HMM -ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου - δηλ., εἰς Gauss.

Σημείωσις. Ὁ τύπος (1) δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὑπὸ τὴν μορφήν

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi}{10} \cdot i \cdot n^*$$

ἀλλὰ, τότε, ἰσχύει μόνον ὑπὸ τὰς προϋποθέσεις, αἱ ὁποῖαι ἀνεφέρθησαν εἰς τὴν § 200.

Σωληνοειδὲς μετὰ σιδηροῦ πυρήνος. Ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ παραγο-



Σχ. 239. Δι' εἰσαγωγῆς τοῦ σιδηροῦ πυρήνος (III), ἡ μαγνητικὴ ροή τοῦ σωληνοειδοῦς αὐξάνεται πολὺ.

μένη ὑπὸ σωληνοειδοῦς, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, αὐξάνεται, ἐὰν εἰς τὸ ἐσωτερικόν του εἰσαχθῇ σιδηροῦς πυρήν. Τοῦτο δεικνύεται, χαρακτη-

ριστικῶς, διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος: Πρὸ ἐνὸς σωληνοειδοῦς φέρομεν μαγνητικὴν βελόνην, στρεπτὴν περὶ ἄξονα. Ἐάν τὸ σωληνοειδὲς δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἡ μαγνητικὴ βελὼν κατευθύνεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν βορρᾶς—νότος (σχ. 239, I). Ἐάν, ἀκολούθως, διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς ρεῦμα, τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἐκτρέπει τὴν βελόνην (II). Ἐάν, ὅμως, εἰσαγάγωμεν ἐντὸς αὐτοῦ πυρῆνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (III), ἡ βελὼν ἐκτρέπεται πολὺ καὶ διατίθεται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς. Τοῦτο δηλοῖ ὅτι, δι' εἰσαγωγῆς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς, ἡξήθη ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καί, κατὰ συνέπειαν, ἡ μαγνητικὴ ροή.

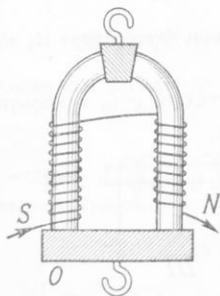
Ἡ πρόσθετος μαγνητικὴ ροὴ ὀφείλεται εἰς τὰ ἄτομα τοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα, ὡς εἶδομεν, συμπεριφέρονται ὡς «στοιχειώδεις μαγνήται». Ὅπως εἶπομεν καὶ προηγουμένως, ἕκαστον ἄτομον τοῦ σιδήρου ἔχει τὴν ἰδιότητα ταύτην, λόγῳ τῶν στοιχειωδῶν ἡλεκτρικῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα δημιουργοῦνται ἐκ τῆς κινήσεως τῶν ἡλεκτρονίων περὶ τὸν πυρῆνα.

★ § 203. **Μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ - Μαγνητικὴ διαπερατότης.** Εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον εἶδομεν ὅτι, ἐάν εἰσαγάγωμεν ἐντὸς σωληνοειδοῦς, διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, ἕνα σιδηροῦν πυρῆνα, ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου αὐξάνεται. Ἐάν καλέσωμεν $\mathcal{H}$ τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου πρὸ τῆς εἰσαγωγῆς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος, αὕτη, μετὰ τὸν εἰσαγωγὴν, θὰ εἶναι μεγαλυτέρα. Τὴν νέαν ταύτην τιμὴν καλοῦμεν **μαγνητικὴν ἐπαγωγὴν** $\mathcal{B}$. Ἐάν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, τροφοδοτοῦντες τὸ σωληνοειδὲς διὰ ρεύματος, μεγαλυτέρας ἐντάσεως (ὁπότε ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου θὰ εἶναι μεγαλυτέρα), θὰ εὗρωμεν ὅτι καὶ ἡ προκαλουμένη ἐντὸς τοῦ σιδήρου μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ θὰ εἶναι μεγαλυτέρα. Ἄρα, ἡ ἐντὸς τοῦ σιδήρου προκαλουμένη μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ $\mathcal{B}$ εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως $\mathcal{H}$ τοῦ προκαλοῦντος αὐτὴν μαγνητικοῦ πεδίου. Ἦτοι εἶναι

$$\mathcal{B} = \mu \cdot \mathcal{H}$$

Ὁ συντελεστὴς μ καλεῖται **μαγνητικὴ διαπερατότης** τοῦ σιδήρου.

Σημείωσις. Τὸ ἀνωτέρω ὁρισθὲν φυσικὸν μέγεθος $\mathcal{B}$ (μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ) δὲν πρέπει νὰ συγχέεται μὲ τὸ φαινόμενον τῆς ἐπαγωγῆς, τὸ ὁποῖον περιγράφεται κατωτέρω εἰς τὸ Κεφάλαιον ΙΗ'.



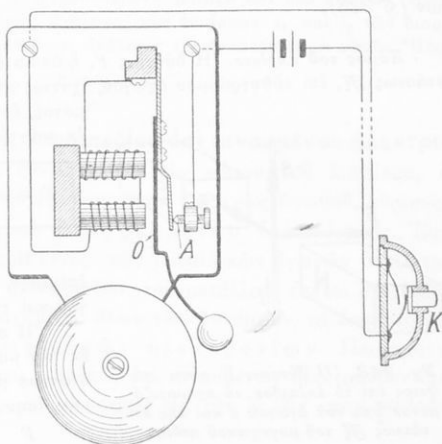
Σχ. 240. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης ἔλκει τὸν ὀπισθοὸν O διὰ μεγάλης δυνάμεως.

§ 204. **Ἡλεκτρομαγνήται.** Τὴν ἰδιότητα τοῦ μαλακοῦ σιδήρου νὰ μαγνητίζεται προσκαίρως ἐκμεταλλευσόμεθα διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν. Οἱ ἡλεκτρομαγνήται (σχ. 240) ἀποτελοῦνται ἐκ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, περὶ τὸν ὁποῖον ἔχομεν περιτυλίξει χάλκινον σύρμα ὑπὸ μορφὴν δύο πηνίων. Ἐάν διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τῶν πηνίων, σχηματίζεται, ὡς γνωστόν, ἐντὸς αὐτῶν μαγνητικὸν πεδίου καὶ ὁ σιδηροῦς πυρῆν μαγνητίζεται.

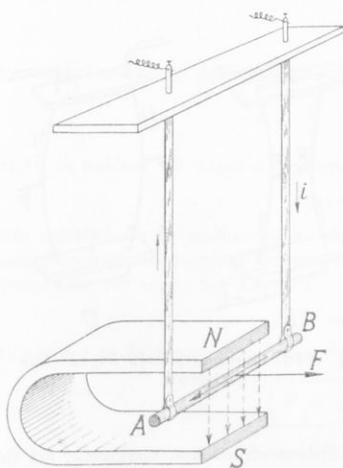
*Αντιθέτως, εὐθύς ὥς διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, ὁ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται.

Οἱ ἡλεκτρομαγνήται χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰς περιπτώσεις, ὥπως εἰς τὸν ἡλεκτρικὸν κώδωνα, τὸν τηλεγραφον (§ 283) κ.λ.

§ 205. Ἡλεκτρικὸς κώδων. Πρὸ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνήτου (σχ. 241) ὑπάρχει ὀπλισμὸς O ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος κατὰ τὸ ἐν ἄκρον στερεοῦται ἐπὶ τῆς συσκευῆς, εἰς δὲ τὸ ἄλλο φέρει μικρὸν πλῆκτρον. Ὅταν διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου δὲν διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα — ὅταν, δηλ., δὲν πιέζωμεν τὸ κομβίον K — ὁ ὀπλισμὸς εὕρσκειται ἐν ἐπαφῇ πρὸς τὴν ἀκίδα A . Ὅταν πιέζωμεν τὸ κομβίον K , τὸ κύκλωμα κλείεται καὶ διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁπότε ὁ ὀπλισμὸς ἔλκεται καὶ τὸ πλῆκτρον κτυπᾷ τὸν κώδωνα. Ἡδη, ὁμως, διὰ τῆς μετακινήσεως τοῦ ὀπλισμοῦ, τὸ κύκλωμα ἔχει διακοπὴν εἰς τὴν ἀκίδα A , ὁπότε δὲν διέρχεται, πλέον, ρεῦμα διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου καὶ ὁ ὀπλισμὸς ἐπανέρχεται εἰς τὴν προτέραν του θέσιν. Οὕτω, τὸ κύκλωμα κλείεται ἐκ νέου καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται.



Σχ. 241. Ἡλεκτρικὸς κώδων.



Σχ. 242. Τὰ μαγνητικὰ πεδία ἐξασκοῦν δυνάμεις ἐπὶ ρευματοφόρων ἀγωγῶν, εὐρισκομένων ἐντὸς αὐτῶν.

αὕτη, ἡ ὁποία ἐμφανίζεται ἐπὶ ρευματοφόρων ἀγωγῶν, εὕρισκομε-

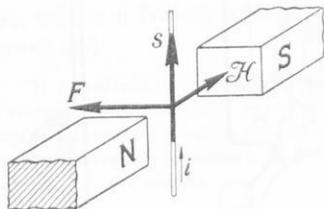
§ 206. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ ρεύματος - Νόμος τοῦ Laplace (Λαπλάς).

*Αν φέρωμεν ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου εὐθύγραμμον ἀγωγὸν AB (σχ. 242), κάθετον ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου καὶ διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐξασκεῖται ἐπ' αὐτοῦ μία δύναμις F , ἡ ὁποία μετακινεῖ τὸν ἀγωγόν. (Εἰς τὸ σχῆμα 242 πρὸς τὰ δεξιὰ). Ἐὰν ἀναστρέψωμεν εἴτε τὴν φορὰν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, εἴτε τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἀναστρέφεται καὶ ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως. Ἡ δύναμις

νων ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, καλεῖται **δύναμις κατὰ Laplace**.

Ἐπὶ τῶν δυνάμεων κατὰ Laplace στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ἡλεκτρικῶν κινήτρων (§ 233) καθὼς καὶ πολλῶν ἄλλων ἡλεκτρικῶν ὀργάνων (§ 228).

Νόμος τοῦ Laplace. Ἡ δύναμις F , ἡ ὁποία ἐξασκεῖται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $\mathcal{H}$, ἐπὶ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ, ἔχοντος μήκος s καὶ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως i (σχ. 243), ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου



Σχ. 243. Ἡ δύναμις F εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ σχηματιζόμενον ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ s καὶ τῆς ἐντάσεως $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου

$F = \text{σταθ} \cdot i \cdot s \cdot \mathcal{H}$	Νόμος τοῦ Laplace	(1)
---	-------------------	-----

Ἡ δύναμις F εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον, τὸ σχηματιζόμενον ὑπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου (*).

Ἡ σταθερὰ τοῦ τύπου (1) ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων. Εἰς τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων ἡ σταθερὰ αὕτη ἔχει τιμὴν, ἴσην πρὸς τὴν μονάδα, ὅποτε ἔχομεν

$$F = i \cdot s \cdot \mathcal{H}$$

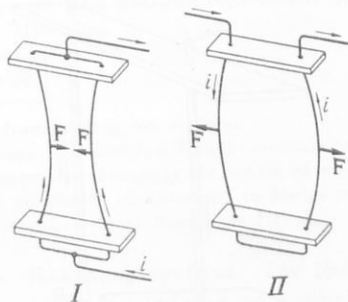
(dyn) (HMM-έντ. ρεύματος) (cm) (Gauss)

Ὁ τύπος (1) ἰσχύει ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ὁ ἀγωγὸς εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐνῶ, ὅταν σχηματίζῃ μετ' αὐτῆς τὴν γωνίαν φ , γράφεται

$$F = \text{σταθ} \cdot i \cdot s \cdot \mathcal{H} \cdot \eta \mu \varphi.$$

Ἐὰν ὁ ἀγωγὸς εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν ἐντάσιν τοῦ πεδίου, εἶναι $\varphi = 0$, ὅποτε $\eta \mu \varphi = 0$ καὶ $F = 0$.

★ 207. **Δυνάμεις μεταξὺ παραλλήλων ρευμάτων.** Ἐὰν διὰ δύο παραλλήλων ἀγωγῶν διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι οὗτοι εἴτε ἔλκονται, ὅταν διαρρέωνται ὑπὸ ὁμορρόπων ρευμάτων (σχ. 244, I), εἴτε ἀπωθονται, ὅταν διαρρέωνται ὑπὸ ἀντιρρόπων ρευμάτων (II). Τοῦτο εἶναι συνέπεια τοῦ νόμου τοῦ Laplace: Ὁ εἰς ἀγωγὸς σχηματίζει πέ-



Σχ. 244. Δυνάμεις μεταξὺ παραλλήλων ρευμάτων.

(*) Τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως κατὰ Laplace εὐρίσκομεν, πρακτικῶς, διὰ τοῦ κανόνος τῶν τριῶν δακτύλων τῆς δεξιᾶς χειρὸς: Ἐκτείνομεν τὸν ἀντίχειρα, τὸν δείκτην καὶ τὸν μέσον τῆς δεξιᾶς χειρὸς ὥστε νὰ σχηματίζουν μεταξὺ τῶν ὀρθῶς γωνίας. Ἐὰν κατευθύνωμεν τὸν ἀντίχειρα κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος καὶ τὸν δείκτην κατὰ τὴν φορὰν τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὁ μέσος δίδει τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως (βλ. καὶ σχ. 243).

ριξ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου, εὐρισκόμενος ὁ δεύτερος ἀγωγός, ὑφίσταται μίαν δύναμιν. Ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως ταύτης εἶναι τοιαύτη ὥστε ν' ἀντιστοιχῇ εἰς ἔλξιν μὲν, ὅταν τὰ ρεύματα εἶναι ὁμόρροπα, εἰς ἀπωσιν δέ, ὅταν τὰ ρεύματα εἶναι ἀντίρροπα.

Ὅπως εὐρίσκεται, ἡ δύναμις F ἡ ἐξασκουμένη μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν, εἶναι ἀνάλογος τοῦ (κοινοῦ) μήκους l αὐτῶν, ἀνάλογος τῶν ἐντάσεων i_1 καὶ i_2 τῶν διαρρεόντων αὐτοὺς ρευμάτων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς ἀποστάσεως r αὐτῶν. Ἦτοι

$$F = \frac{2 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot l}{r}.$$

§ 208. Ἐπίδρασις μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ κινουμένου ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Εἰς τ' ἀνωτέρω ἐγνωρίσαμεν τὸν νόμον τοῦ Laplace, ὁ ὁποῖος παρέχει τὴν δύναμιν, τὴν ἐξασκουμένην ἐπὶ τινος ἀγωγοῦ, εὐρισκόμενου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος. Ἐφ' ὅσον, ὅμως, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντὸς τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν ὀφείλεται εἰς τὴν κίνησιν τῶν *ἐλευθέρων ἡλεκτρονίων* τοῦ μετάλλου, ἔπεται ὅτι ἡ δύναμις αὕτη θὰ εἶναι ἡ συνισταμένη ὅλων τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται ἐπὶ τῶν κινουμένων αὐτῶν *ἡλεκτρονίων*. Πειραματικῶς δεικνύομεν τὴν δύναμιν κατὰ Laplace ἐπὶ κινουμένων ἡλεκτρονίων διὰ συσκευῆς, τὴν ὁποίαν περιγράφομεν κατωτέρω εἰς τὴν § 261 περὶ *καθοδικῶν ἀκτίνων*.

Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν δύναμιν F , τὴν ἐξασκουμένην ἐπὶ τινος φορτίου q , κινουμένου μὲ ταχύτητα v ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $\mathcal{H}$, σκεπτόμεθα ὡς ἑξῆς: Ἐξ ὀρισμοῦ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἔχομεν

$$i = \frac{q}{t}.$$

Ἐάν πολλαπλασιάσωμεν ἀμφοτέρω τὰ μέλη τῆς ἐξισώσεως ταύτης ἐπὶ s , θὰ λάβωμεν

$$i \cdot s = \frac{q}{t} \cdot s = q \cdot \frac{s}{t}.$$

Ἐπειδὴ τὸ πηλίκον s/t παριστᾷ ταχύτητα v , ἔχομεν

$$i \cdot s = q \cdot v.$$

Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἓν φορτίον q , κινούμενον μὲ ταχύτητα v , ἰσοδυναμεῖ μὲ ρεῦμα, ἐντάσεως i , διαρρέον ἀγωγόν, μήκους s . Ἐπομένως, δυνάμεθα ν' ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὸν νόμον τοῦ Laplace

$$F = i \cdot s \cdot \mathcal{H}$$

ἀντὶ τοῦ $i \cdot s$ τὸ ἴσον τοῦ $q \cdot v$, ὁπότε θὰ λάβωμεν τὸν τύπον

$$F = q \cdot v \cdot \mathcal{H} \quad (1)$$

Ὁ τύπος οὗτος παρέχει τὴν δύναμιν F , τὴν ἐξασκουμένην ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $\mathcal{H}$, ἐπὶ ἡλεκτρικοῦ φορτίου q , κινουμένου ἐντὸς αὐτοῦ μὲ ταχύτητα v καὶ καθεύτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου. Ἐάν ἡ ταχύτης v σχηματίζῃ μετὰ τῆς ἐντάσεως $\mathcal{H}$ τοῦ πεδίου τὴν γωνίαν φ , ὁ τύπος (1) γράφεται ὡς ἑξῆς:

$$F = q \cdot v \cdot \mathcal{H} \cdot \eta \mu \varphi.$$

Προκειμένου περί κινουμένου ηλεκτρονίου, τοῦ ὁποίου τὸ φορτίον εἶναι ἴσον πρὸς $-e$, ὁ ἄνω τύπος γράφεται

$$F = -e \cdot v \cdot \mathcal{H} \cdot \eta \mu \varphi.$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Β'

(Νὰ λυθοῦν εἰς τὸ ηλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων).

- 1) Κυκλικὸς ἄγωγός, διαμέτρου 30 cm , διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως 12 A . Ποία ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ; (ΑΠ: $0,5 \text{ Gauss}$)
- 2) Εὐθύγραμμος ἄγωγός, μήκους 10 cm , εὐρίσκεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως 1000 Gauss καὶ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου. Ἐὰν διέλθῃ διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ρεῦμα, ἐντάσεως 20 A , ποία θὰ εἶναι ἡ ἐπ' αὐτοῦ ἐξασκουμένη δύναμις; (ΑΠ: $2 \cdot 10^4 \text{ dyn}$)
- 3) Ἐὰν ὁ ἄνω ἄγωγός τεθῇ παραλλήλως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ποία θὰ εἶναι ἡ ἐπ' αὐτοῦ ἐξασκουμένη δύναμις; (ΑΠ: Μηδέν)
- 4) Ἀγωγός, εἰς σχῆμα τετραγώνου πλαισίου, πλευρᾶς 4 cm , τίθεται ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως 2500 Gauss καὶ μὲ τὸ ἐπίπεδόν του παράλληλον πρὸς τὸ πεδίου. Ἐὰν διέλθῃ διὰ τοῦ πλαισίου ρεῦμα, ἐντάσεως 15 mA , ποία ἡ ροπὴ τοῦ ζεύγους, τοῦ ἐξασκουμένου ἐπ' αὐτοῦ; (ΑΠ: $60 \text{ dyn} \cdot \text{cm}$)
- 5) Ἐν ἴσῳ ὑδρογόνου κινεῖται μὲ ταχύτητα 10^6 m/sec ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως $10\,000 \text{ Gauss}$ καὶ καθέτως πρὸς αὐτό. Ποία ἡ ἐπὶ τοῦ ἰόντος ἐξασκουμένη δύναμις; (ΑΠ: $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ dyn}$)
- 6) Ἐν ηλεκτρονίον κινεῖται μὲ ταχύτητα 10^4 cm/sec ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, ἐντάσεως 1000 Gauss , α) παραλλήλως πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου καὶ β) καθέτως πρὸς αὐτάς. Ποία ἡ ἐπὶ τοῦ ηλεκτρονίου ἐξασκουμένη δύναμις εἰς ἑκάστην περίπτωσιν; (ΑΠ: α) Μηδέν , β) $1,6 \cdot 10^{-13} \text{ dyn}$)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΗ'

ΕΠΑΓΩΓΗ

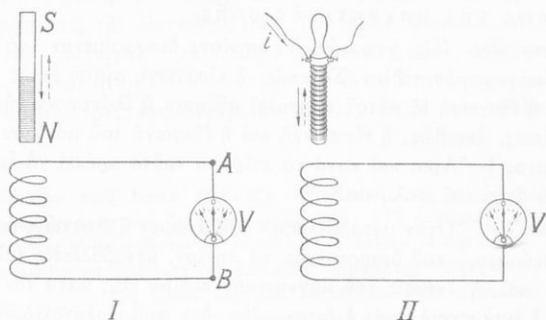
Εἰς τὴν § 150 ἀνεφέρθη ὅτι ηλεκτρικαὶ πηγαι, ἱκαναὶ νὰ παράσχουν τὰ ἰσχυρὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα ἀπαιτοῦνται εἰς τὴν βιομηχανίαν καὶ τὰς οικιακὰς ἐν γένει χρήσεις, εἶναι αἱ *ηλεκτρικαὶ γεννήτριαι*. Ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν αὐτῶν (αἱ ὁποῖαι θὰ περιγραφοῦν εἰς ἄλλο Κεφάλαιον), στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς *ἐπαγωγῆς*, τὸ ὁποῖον θὰ ἐξετάσωμεν εἰς τὰ κατωτέρω.

§ 209. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς. Διὰ τὴν μελέτην τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς ἐκτελοῦμεν τὰ ἑξῆς πειράματα:

1) Λαμβάνομεν ἓν σωληνοειδὲς (σχ. 245, I) καὶ συνδέομεν τὰ ἄκρα του A, B , μὲ τὸ βολτόμετρον V (*). Τοῦτο, βεβαίως, οὐδεμίαν ἀπόκλισιν θὰ

(*) Βολτόμετρα καλοῦνται ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦνται τάσεις. Τὰ ὄργανα ταῦτα θὰ γνωρίσωμεν κατωτέρω (§ 227).

δείξη. Ἄν, τώρα, εἰσαγάγωμεν ταχέως ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς ἓνα μόνιμον μαγνήτην, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κί-



Σχ. 245. Ἐπαγωγή διὰ μόνιμον μαγνήτον (I) καὶ διὰ πηγίον, διαρρεομένον ὑπὸ ρεύματος (II).

νήσεως τοῦ μαγνήτου, τὸ βολτόμετρον δεικνύει ἀπόκλινιν, ἀπόδειξις ὅτι εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἐνεφανίσθη μία ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ἀφήνομεν, ἐν συνεχείᾳ, ἀκίνητον τὸν μαγνήτην ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔνδειξις τοῦ βολτομέτρου μηδενίζεται. Ἀκολουθῶς, ἐξάγομεν ταχέως τὸν μαγνήτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως τοῦ μαγνήτου, τὸ βολτόμετρον δεικνύει ἐκ νέου ἀπόκλινιν καί, μάλιστα, ἀντίθετον τῆς προηγουμένης. Τοῦτο δηλοῖ ὅτι εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἐνεφανίσθη ΗΕΔ, ἀντίθετος τῆς προηγουμένης.

2) Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα, εἰσάγοντες εἰς τὸ σωληνοειδὲς καὶ ἐξάγοντες ἐξ αὐτοῦ πηνίον, διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος, σταθερᾶς ἐντάσεως (σχ. 245, II). Θὰ παρατηρήσωμεν τὸ αὐτό, ἀκριβῶς, φαινόμενον.

3) Ἀφήνομεν ἀκίνητον τὸ πηνίον ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς: Ἡ ἔνδειξις τοῦ βολτομέτρου εἶναι ἴση πρὸς μηδέν. Μεταβάλλομεν, τώρα, τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον, καὶ παρατηροῦμεν ὅτι, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ βολτόμετρον δεικνύει μίαν ἔνδειξιν.

Ἄς ἐξετάσωμεν, τώρα, τί συνέβη κατὰ τὰ διάφορα αὐτὰ πειράματα, ὥστε νὰ δημιουργηθῇ, ἐκάστοτε, ΗΕΔ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς:

Πείραμα 1ον. Ὅταν ὁ μαγνήτης εὐρίσκεται εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ σωληνοειδοῦς, οὐδεμία δυναμικὴ γραμμὴ διέρχεται δι' αὐτοῦ· δηλ., ἡ μαγνητικὴ ροὴ (§ 130) εἶναι ἴση πρὸς μηδέν. Ὅταν, ὅμως, ὁ μαγνήτης πλησιάζῃ καὶ εἰσάγεται ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς, ἀρχίζουν νὰ διέρχωνται δι' αὐτοῦ δυναμικαὶ γραμμαί, ὁπότε ἡ μαγνητικὴ ροὴ αὐξάνεται. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι ἡ ΗΕΔ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς ἐμφανίζεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς αὐξήσεως τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

Ὁμοίως, μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς (ἀλλά, τώρα, ἐλάττωσις) προκαλεῖται, ὅταν ὁ μαγνήτης ἐξάγεται ἐκ τοῦ σωληνοειδοῦς. Καί εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν ἡ ΗΕΔ ἐμφανίζεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐλάττωσεως τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

Πείραμα 2ον. Ὡς γνωστόν, ἐν πηνίον, διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος, σχηματίζει μαγνητικὸν πεδίον. Συνεπῶς, ἡ εἰσαγωγή αὐτοῦ ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς ἢ ἡ ἐξαγωγή ἐξ αὐτοῦ προκαλεῖ αὐξήσιν ἢ ἐλάττωσιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, ὅπως, ἀκριβῶς, ἡ εἰσαγωγή καὶ ἡ ἐξαγωγή τοῦ μονίμου μαγνήτου τοῦ πειράματος 1. Ἄρα, καὶ κατὰ τὸ πείραμα τοῦτο πρέπει νὰ ἐμφανίζεται ΗΕΔ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς.

Πείραμα 3ον. Ὅταν μεταβάλλωμεν (αὐξάνωμεν ἢ ἐλαττώνωμεν) τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον, μεταβάλλεται (αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται) καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καί, κατὰ τὸν τύπον (1) τῆς § 130, ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἐμφανίζεται ΗΕΔ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωληνοειδοῦς.

Εἰς ὅλα αὐτὰ τὰ πειράματα εἶδομεν ὅτι πᾶσα μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς, τῆς διερχομένης διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς — ὅπως δὴ ποτε καὶ ἂν προκαλεῖται αὕτη — ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν δημιουργίαν μιᾶς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, ἀκριβῶς, κατὰ τὸ ὅποιον πᾶσα μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς, τῆς διερχομένης δι' ἐνὸς πηνίου, δημιουργεῖ εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, καλεῖται **ἐπαγωγή**, ἡ δὲ ἀναπτυσσόμενη ΗΕΔ **ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς**.

§ 210. Νόμος τῆς ἐπαγωγῆς. Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς $E_{επ}$, ἡ ὁποία δημιουργεῖται εἰς ἓν πηνίον, ὅταν ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη δι' αὐτοῦ, μεταβάλλεται κατὰ $\Delta\Phi$ ἐντὸς τοῦ χρόνου Δt , δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου

$E_{επ} = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \cdot n$	Νόμος τῆς ἐπαγωγῆς
--	-----------------------

ἐνθα n εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου. Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον δικαιολογεῖται ἐκ τοῦ κατωτέρω περιγραφομένου κανόνος τοῦ *Lenz* (Λέντς) (βλ. § 212).

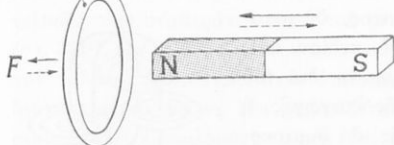
§ 211. Έπαγωγικὸν ρεῦμα. Ἐὰν τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου, εἰς τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσεται ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ΗΕΔ, συνδεθοῦν μὲ μίαν ἀντίστασιν, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς θὰ προκαλέσῃ ἐντὸς τοῦ κυκλώματος ἡλεκτρικὸν ρεῦμα (**ἐπαγωγικὸν ρεῦμα**), τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις i θὰ παρέχεται ὑπὸ τοῦ νόμου τοῦ *Ohm*

$$i = \frac{E_{\text{επ}}}{R}$$

ἐνθα R εἶναι ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι ἡ ἐμφάνισις τῆς ἡλεκτρογενετικῆς δυνάμεως ἀποτελεῖ τὸ κύριον φαινόμενον τῆς ἐπαγωγῆς — τὸ ὅποιον λαμβάνει χώραν, ἀνεξαρτήτως τοῦ ἐὰν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν ἢ κλειστὸν — ἐνὼ τὸ ἐπαγωγικὸν ρεῖμα εἶναι δευτερεῖον φαινόμενον, ἐμφανιζόμενον μόνον, ὅταν τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστὸν.

§ 212. Κανὼν τοῦ Lenz (Λέντζ). Ὁ κανὼν οὗτος παρέχει τὴν φορὰν τῶν ἐπαγωγικῶν ρευμάτων καὶ διατυπῶνται ὡς ἑξῆς: «Τὰ ἐπαγωγικὰ ρεύματα ἔχουν τοιαύτην φορὰν, ὥστε ν' ἀντιτίθενται εἰς τὸ αἷτιον, τὸ ὁποῖον τὰ προκαλεῖ».

Τοῦτο δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος: Ἐξαρτῶμεν διὰ νήματος (ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 246) δακτύλιον ἐξ ἀργιλίου(*) καὶ εἰσάγωμεν ταχέως ἐντὸς αὐτοῦ ἓνα ἰσχυρὸν ραβδόμορφον μαγνήτην ἢ ἡλεκτρομαγνήτην. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δακτύλιος κινεῖται, ἀπομακρυνόμενος τοῦ μαγνήτου. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Κατὰ τὴν προσέγγισιν τοῦ μαγνήτου, ἢ διὰ τοῦ δακτυλίου διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ αὐξάνεται καί, ὥς ἐκ τούτου, δημιουργεῖται ἐντὸς αὐτοῦ ἐπαγωγικὸν ρεῖμα. Τὸ ρεῖμα τοῦτο, ὡς εὗρισκόμενον ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ μαγνήτου, ὑφίσταται μίαν δύναμιν κατὰ Laplace(**).



Σχ. 246. Ὅταν πλησιάζωμεν τὸν μαγνήτην πρὸς τὸν δακτύλιον, οὗτος ἀπομακρύνεται.

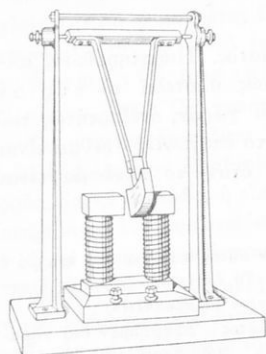
μαγνήτου. Τὸ ἀντίστροφον θὰ συμβῇ, ἐὰν ἐξ ἀγάγωμεν ἓνα μαγνήτην, εὗρισκόμενον ἐντὸς τοῦ δακτυλίου: Ὁ δακτύλιος θὰ κινήθῃ καὶ θὰ πλησιάσῃ πρὸς τὸν μαγνήτην.

§ 213. Ρεύματα Foucault (Φουκώ). Ἐπαγωγικὰ ρεύματα ἀναπτύσσονται ὄχι μόνον ἐντὸς συρμάτων, ἀλλὰ καὶ ἐντὸς σωμάτων, μεγάλων σχετικῶς διαστάσεων (π.χ., ἐντὸς μεταλλικῶν πλακῶν), ὅταν ταῦτα κινῶνται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου. Οὕτω, ἐὰν μεταξὺ τῶν πόλων ἑνὸς ἡλεκτρομαγνήτου, διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος, ἐξαρθήσωμεν χαλκίνην πλάκα κατὰ τρόπον ὥστε νὰ δύνата νὰ ταλαντοῦται ὡς ἐκκρεμές (σχ. 247) καὶ θέ-

(*) Ὁ δακτύλιος εἶναι ἐξ ἀργιλίου διὰ νὰ ἔχη μικρὸν βάρος.

(**) Ὑπενθυμίζομεν ὅτι δύναμις κατὰ Laplace ἐμφανίζεται ἐπὶ ρευμάτων, εὗρισκομένων ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου.

σωμεν αὐτὴν εἰς ταλάντωσιν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ ταλάντωσις καταπαύει ταχέως. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἐπαγωγικά ρεύματα, τὰ ὁποῖα δημιουργοῦνται ἐντὸς τῆς πλακὸς καὶ τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ρεύματα Foucault**.



Σχ. 247. Ἡ ταλάντωσις τοῦ ἐκκρεμοῦς καταπαύει ταχέως, λόγω τῶν ἀναπνευσσομένων ρευμάτων Foucault.

Κατὰ τὸν κανόνα τοῦ Lenz, τὰ ρεύματα ταῦτα ἔχουν τοιαύτην φοράν, ὥστε αἱ ἐπ' αὐτῶν ἐξασκούμεναι δυνάμεις κατὰ Laplace ν' ἀντιτίθενται εἰς τὴν κίνησιν τῆς πλακὸς, με ἀποτέλεσμα ἡ ταλάντωσις αὐτῆς νὰ καταπαύσῃ ἀμέσως.

Ἄφ' ἐτέρου, τὰ ἐντὸς τῆς πλακὸς δημιουργούμενα ρεύματα Foucault ἀναπτύσσουν, κατὰ τὰ γνωστά, θερμότητα Joule, ἡ ὁποία θερμαίνει τὴν πλάκα. Ἡ θερμότης αὕτη εἶναι, ἀκριβῶς, ἴση πρὸς τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὑπὸ τῶν ἐπὶ τῆς πλακὸς ἐξασκούμενων δυνάμεων κατὰ Laplace κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως αὐτῆς.

214. Αὐτεπαγωγή. Ὅπως, ἤδη, γνωρίζομεν, πηνίον, διαρρεόμενον ὑπὸ ρεύματος, σχηματίζει μαγνητικὸν πεδίον (σχ. 248). Ἄν, τώρα, μεταβάλλωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, θὰ μεταβληθῇ καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καί, συνεπῶς, ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πηνίου. Κατὰ τὸν νόμον, ὅμως, τῆς ἐπαγωγῆς, ἡ μεταβολὴ αὕτη τῆς μαγνητικῆς ροῆς θὰ δημιουργήσῃ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου μίαν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον πᾶσα μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος ἐν πηνίον, προκαλεῖ ΗΕΔ εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ τούτου τοῦ πηνίου, καλεῖται **αὐτεπαγωγή**.

Ἄν εἶναι Δi ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος καὶ Δt ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου γίνεται αὕτη, ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ΗΕΔ ἐξ αὐτεπαγωγῆς $E_{\text{αὐτ}}$ εἶναι ἴση πρὸς

$$E_{\text{αὐτ}} = -L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t} \quad (1)$$

Ὁ συντελεστὴς L καλεῖται **συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς** καὶ ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου, ἐκ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ καὶ ἐκ τοῦ ὕψους αὐτοῦ σιδηροῦ πυρήνος. Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον τοῦ τύπου (1) δικαιολογεῖται ἐκ τοῦ κανόνος τοῦ Lenz.

Μονάδες συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς. Ἡ πρακτικὴ μονάς τοῦ συντελεστοῦ αὐτε-



Σχ. 248. Αἱ δυνάμεις καὶ γραμμαὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ παραγομένου ὑπὸ τῆς $\mu i \alpha \varsigma$ σπείρας, διαπερνοῦν καὶ τὴν ἄλλην.

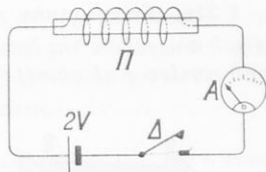
παγωγῆς καλεῖται 1 Henry ($1 \text{ Άνρὺ} = 1 \text{ H}$) καὶ ὀρίζεται, ἐκ τῆς ἐξισώσεως (I), ἂν θέσωμεν $E = 1 \text{ V}$, $\Delta i = 1 \text{ A}$, καὶ $\Delta t = 1 \text{ sec}$.

Ἵτοι, 1 Henry εἶναι ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς ἑνὸς ἄγωγου, εἰς τὸν ὁποῖον ἀναπτύσσεται ΗΕΔ, ἴση πρὸς 1 V, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτόν, μεταβάλλεται κατὰ 1 A ἀνὰ δευτερόλεπτον.

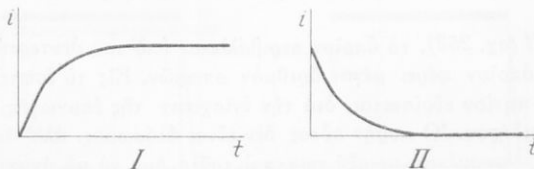
Χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης καὶ τὰ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος ταύτης:

1 μιλίανρὺ ($= 1 \text{ mH}$) $= 10^{-3} \text{ H}$ καὶ 1 μικροανρὺ ($= 1 \text{ } \mu\text{H}$) $= 10^{-6} \text{ H}$.

Ἀποτελέσματα τῆς αὐτεπαγωγῆς. Κατὰ τὸν κανόνα τοῦ Lenz, ἡ φορὰ τῆς ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως εἶναι τοιαύτη ὥστε ν' ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αὔξησιν ἢ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἐμφανιζομένου, οὕτω, φαινομένου, ἀναλόγου πρὸς τὸ φαινόμενον τῆς ἄδρανεύας εἰς τὴν Μηχανικὴν: "Ὅπως ἐν σῶμα ἀντιδρᾷ, λόγφ ἄδρανεύας, εἰς πᾶσαν μεταβολὴν (αὔξησιν ἢ ἐλάττωσιν) τῆς ταχύτητός του, οὕτω καὶ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀντιδρᾷ - λόγφ τῆς αὐτεπαγωγῆς - εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ. Τοῦτο δεικνύομεν, χαρακτηριστικῶς, διὰ τοῦ ἑξῆς πειράματος: Συνδέομεν ἐν πηνίον Π , τὸ ὁποῖον νὰ ἔχῃ μέγαν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 249. Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην Δ , θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ἄμπερομέτρου A , ἐκκινῶν ἐκ τοῦ μηδενός, κινεῖται βραδέως, διὰ νὰ δείξῃ, τελικῶς, τὴν σταθερὰν ἔντασιν τοῦ ρεύματος (σχ. 250), τὴν καθοριζομένην ὑπὸ τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Ἀντιθέτως, ὅταν ἀνοίξωμεν τὸν διακόπτην, τὸ ρεῦμα δὲν μηδενίζεται ἀκαριαίως, ἀλλ' ἐξακολουθεῖ νὰ ῥεῇ ἐπὶ τι χρονικὸν διάστημα (Π). Καὶ τοῦτο διότι, παρὰ τὴν διακοπὴν τῆς μεταλλικῆς ἐπαφῆς εἰς τὸν διακόπτην, τὸ κύκλωμα διατηρεῖται κλειστόν, λόγφ ἀναφαι-



Σχ. 249. "Ὅταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, ἡ αὐτεπαγωγή τοῦ πηνίου ἀντιδρᾷ εἰς τὴν αὔξησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.



Σχ. 250. (I). Λόγφ τῆς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος λαμβάνει βαθμιαίως τὴν τελικὴν της τιμὴν. (II). "Ὅταν διακόψωμεν τὸ κύκλωμα, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος δὲν μηδενίζεται ἀκαριαίως.

νομένου ἡλεκτρικοῦ σπινθῆρος, τὸν ὁποῖον παράγει ἡ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς διακοπῆς παραγομένη μεγάλη ΗΕΔ ἐξ αὐτεπαγωγῆς καὶ ὁ ὁποῖος γεφυρώνει τὰ δύο σημεῖα διακοπῆς. Τοιοῦτους σπινθῆρας παρατηροῦμεν καὶ εἰς τὸ σημεῖον διακοπῆς τοῦ κυκλώματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος (σχ. 241).

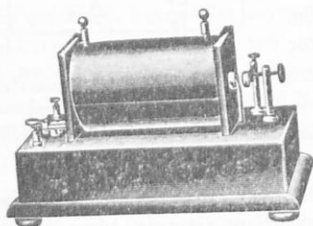
§ 215. Ἑνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ὅπως διὰ τὴν δημιουργίαν ἡλεκτρικοῦ πεδίου, οὕτω καὶ διὰ τὴν δημιουργίαν μαγνητικοῦ πεδίου ἀπαιτεῖται νὰ καταναλωθῇ ἐνέργεια. Ἡ ἐνέργεια αὕτη προσφέρεται ὑπὸ τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς κατὰ τὸ χρονικὸν διάστημα τῆς ἀποκαταστάσεως τοῦ ρεύματος καὶ ἀποθηκεύεται ὑπὸ μορφήν ἐνεργείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηνίου. Κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος, τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἐξαφανίζεται, ἡ δὲ ἐνέργεια αὐτοῦ ἀποδίδεται ἐκ νέου. (Εἰς τὸ πείραμα τοῦ σχήματος 249 ἡ ἐνέργεια αὕτη ἀποδίδεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος εἰς τὸν σπινθῆρα).

Ἡ ἐνέργεια E τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ σχηματιζομένου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἐνὸς πηνίου, διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος, ἐντάσεως i , ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι ἴση πρὸς

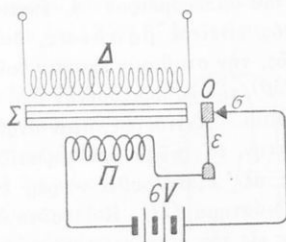
$$E = \frac{1}{2} L \cdot i^2$$

ἐνθα L εἶναι ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.

§ 216. Ἑπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff (Ροῦμκορφ). Ἐφαρμογὴν τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς ἔχομεν εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ **ἐπαγωγικοῦ πηνίου Ruhmkorff** (σχ. 251). Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ **πρωτεύοντος**



Σχ. 251. Πηνίον Ruhmkorff.



Σχ. 252. Συνδεσμολογία πηνίου Ruhmkorff.

τος πηνίου Π (σχ. 252), τὸ ὁποῖον περιβάλλεται ὑπὸ τοῦ **δευτερεύοντος** πηνίου Δ , τὸ ὁποῖον φέρει μέγαν ἀριθμὸν σπειρῶν. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ πρωτεύοντος πηνίου εὐρίσκεται, διὰ τὴν ἐνίσχυσιν τῆς ἐπαγωγῆς, πυρὴν Σ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ πυρὴν οὗτος δὲν εἶναι ὁλόσωμος, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἐκ συρμάτων, μονωμένων μεταξύ των· καὶ τοῦτο διὰ νὰ μὴ ἀναπτύσσωνται ἐντὸς αὐτοῦ ἰσχυρὰ ρεύματα Foucault (§ 213).

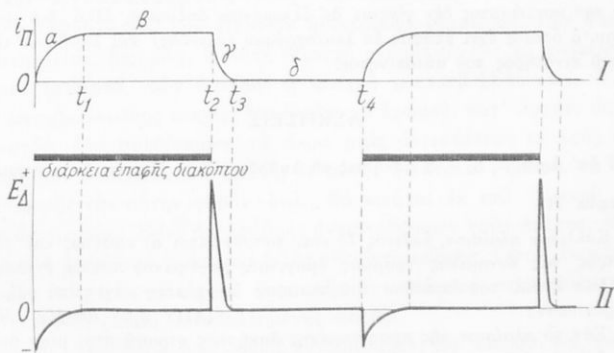
Τὸ πρωτεῦον πηνίον τροφοδοτεῖται δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον παρέχει, π.χ., εἰς συσσωρευτὴς καὶ τὸ ὁποῖον διακόπτεται καὶ ἀποκαθίσταται, περιοδικῶς, δι' αὐτομάτου διακόπτου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἡ παραγομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται καί, ὥς ἐκ τούτου, ἀναπτύσσεται εἰς τὸ δευτερεῦον ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς, ἡ ὁποία εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσοι μεγαλύτερος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν αὐτοῦ. Οὕτω, ἐὰν τὸ δευτερεῦον ἔχη

μέγαν ἀριθμὸν σπειρῶν, ἀναπτύσσεται εἰς αὐτὸ ὑψηλὴ τάσις (μερικαὶ χιλιάδες βόλτ), μολονότι τὸ πρωτεύον τροφοδοτεῖται διὰ χαμηλῆς τάσεως (π.χ. 6 βόλτ).

Μικρὰ ἐπαγωγικὰ πηνία χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν διέγερσιν τῶν σωλῆνων Geissler, τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὴν φασματοσκοπίαν (§ 91). Ἐπίσης, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν τροφοδότησιν μικρῶν ἐγκαταστάσεων ἀκτίνων Roentgen (σχολικοῦ τύπου) κ.λ.

Ἡ διακοπὴ καὶ ἡ ἀποκατάστασις τοῦ ρεύματος γίνεται, αὐτομάτως, ὡς ἐξῆς: Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ πρωτεύοντος παρεντίθεται τὸ ἐλαστικὸν ἔλασμα ϵ , εἰς τὸ ἄκρον τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται ὀπλισμὸς O ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ὁ ὀπλισμὸς οὗτος ἐφάπτεται τοῦ ἄκρου μεταλλίνου στελέχους σ , μέσφ τοῦ ὁποίου καὶ κλείεται τὸ κύκλωμα πρὸς ἡλεκτρικὴν τινα πηγὴν (π.χ., συσσωρευτήν). Εὐθὺς ὡς διέλθῃ διὰ τοῦ πρωτεύοντος ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁ πυρὴν μαγνητίζεται, ἔλκει τὸν ὀπλισμὸν καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Τότε, ὁ πυρὴν ἀπομαγνητίζεται, παύει νὰ ἔλκῃ τὸν ὀπλισμὸν, ὁ ὁποῖος, λόγφ τῆς ἐλαστικότητος τοῦ ἐλάσματος ϵ , ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν καὶ ἐφάπτεται τοῦ στελέχους σ , ὁπότε ἀποκαθίσταται ἐκ νέου τὸ κύκλωμα καί, οὕτω, τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, τὸ ρεῦμα τοῦ πρωτεύοντος διακόπτεται καὶ ἀποκαθίσταται αὐτομάτως.

Λόγφ τῆς περιοδικῆς διακοπῆς καὶ ἀποκαταστάσεως τοῦ ρεύματος ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον μεταβάλλεται χρονικῶς, ὅπως δεικνύει τὸ διάγραμμα I τοῦ σχήματος 253: Τὰ τμήματα α , β τῆς καμπύλης ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸ



Σχ. 253. Μορφή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ πρωτεύοντος (I) καὶ τῆς $HE\Delta$ τοῦ δευτερεύοντος (II) εἰς τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον.

χρονικὸν διάστημα, κατὰ τὸ ὁποῖον ὁ διακόπτης εἶναι κλειστὸς (εἰς τὸ σχῆμα συμβολίζεται τοῦτο διὰ παχείας μαύρης γραμμῆς). Τὰ τμήματα γ , δ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸ χρονικὸν διάστημα, κατὰ τὸ ὁποῖον ὁ διακόπτης εἶναι ἀνοικτός. Ἄς μελετήσωμεν, πρῶτον, τὸ τμήμα α τῆς καμπύλης: Λόγφ τῆς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πρωτεύοντος πηνίου

(ή όποία, ός είδομεν άντιδρω είς τās μεταβολάς τής έντάσεως του ρεύματος), εύθύς ός κλείσει ό διακόπτης ή έντασις του ρεύματος δέν λαμβάνει άκαριαίως τήν μεγίστην τής τιμήν, άλλ' άπαιτείται πρός τουτο ώρισμένον χρονικόν διάστημα (0 έως t_1). Έν συνεχεία, κατά τό χρονικόν διάστημα t_1 έως t_2 , ή έντασις του ρεύματος διατηρείται σταθερά (τμήμα β τής καμπύλης). Κατά τήν χρονικήν στιγμήν t_2 , κατά τήν όποιαν άνοίγει ό διακόπτης, ή έντασις του ρεύματος θά έπρεπε νά μηδενισθῇ άμέσως. Όπως, όμως, είδομεν, τουτο δέν συμβαίνει, διότι είς τήν έλάττωσιν τής έντάσεως του ρεύματος άντιδρω ή άυτεπαγωγή του πρωτεύοντος και, ούτω, άπαιτείται ώρισμένος χρόνος (άπό t_2 έως t_3) διά νά μηδενισθῇ ή έντασις. Κατά τήν διάρκειαν του χρονικού τουτου διαστήματος t_2 έως t_3 , τό ρεύμα διέρχεται διά του δημιουργουμένου ήλεκτρικού σπινθήρος. Εύθύς ός ή έντασις του ρεύματος γίνη μηδέν, ό όπλισμός παύει νά έλκεται, έπανερχόμενος δέ είς τήν θέσιν τής ισοροπίας του, κλείει τό κύκλωμα κατά τήν χρονικήν στιγμήν t_4 , όποτε τό φαινόμενον έπαναλαμβάνεται.

Άς εξετάσωμεν, τώρα, τί συμβαίνει είς τό δευτερεύον: Άφού ή έντασις του ρεύματος του πρωτεύοντος μεταβάλλεται χρονικώς, έπεται ότι και ή ύπ' αούτο παραγομένη μαγνητική ροή θά μεταβάλλεται όμοίως. Συμφώνως πρός τόν νόμον τής έπαγωγής, ή μεταβαλλομένη αύτη μαγνητική ροή άναπτύσσει είς τά άκρα του δευτερεύοντος ήλεκτρεγερτικήν δύναμιν E_d , ή όποία παρίσταται γραφικώς υπό του διαγράμματος II του σχήματος 253. Παρατηρούμεν ότι ή ήλεκτρεγερτική αύτη δύναμις μεταβάλλεται περιόδικώς, λαμβάνουσα άλλοτε άρνητικός τιμάς (όταν ή μαγνητική ροή αύξάνεται) και άλλοτε θετικός (όταν ή μαγνητική ροή έλαττούται). Κατά τά χρονικά διαστήματα t_1 έως t_2 και t_3 έως t_4 , κατά τά όποία ή μαγνητική ροή παραμένει σταθερά, ή ΗΕΔ είναι ίση πρός μηδέν.

§ 217. Σύστημα άναφλέξεως κινητήρων αυτοκινήτων. Διά τήν δημιουργίαν του σπινθήρος είς τούς *αναφλεκτήρας* (*bougie*) των κινητήρων των αυτοκινήτων άπαιτείται ύψηλή τάσις. Αύτη δημιουργείται διά του *πολλαπλασιαστού* — διατάξεως λειτουργούσης, κατ' άρχήν, όπως τό πηνίον Ruhmkorff — μέ τήν διαφοράν ότι ή διακοπή του κυκλώματος δέν γίνεται δι' έλκομένου όπλισμού, αλλά διά μηχανικού διακόπτου, ό όποιος έχει έπαφάς εκ λευκοχρύσου (*platinés*) και λαμβάνει τήν κίνησιν εκ του κινητήρος του αυτοκινήτου.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

(Αί ύπ' αριθ. 5, 6, 7, 8 άσκήσεις νά λυθούν είς τό Πρακτικόν σύστημα).

Κατηγορία Β'

1) Κυκλικόν πλαίσιον, άκτίνας 15 cm , τοποθετείται α) καθέτως και β) παράλληλως πρός τās δυναμικάς γραμμάς όμογενοϋς μαγνητικού πεδίου, έντάσεως 8000 Gauss . Ποία ή διά του έπιπέδου του πλαισίου διερχομένη μαγνητική ροή είς έκάστην περίπτωσιν; (ΑΠ: $5,65 \cdot 10^6\text{ Mx}$, Μηδέν)

2) Έάν τό πλαίσιον τής προηγουμένης άσκήσεως στραφῇ περί μίαν διάμετρον, κάθετον επί τήν έντασιν του πεδίου κατά 30° , ποία θά είναι ή μεταβολή τής μαγνητικής ροής είς έκάστην των άνω περιπτώσεων; (ΑΠ: $0,76 \cdot 10^6\text{ Mx}$, $2,82 \cdot 10^6\text{ Mx}$)

3) Πλάσιον, έμβαδου 1000 cm^2 , τοποθετείται καθέτως έντός όμογενοϋς μαγνητικού πεδίου, έντάσεως 5000 Gauss . Πόση θά είναι ή είς τά άκρα του πλαισίου έμφανιζομένη ΗΕΔ, εάν ή έντασις του μαγνητικού πεδίου έλαττωθῇ όμαλώς είς 2000 Gauss έντός χρόνου $0,02\text{ sec}$ α) είς ήλεκτρομαγνητικάς μονάδας και β) είς βόλτ; ($1\text{ V} = 10^8\text{ HMM}$ - τάσεως). (ΑΠ: $1,5 \cdot 10^8\text{ HMM}$ - τάσεως, $1,5\text{ V}$)

4) Έντός όμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου, έντάσεως 10000 Gauss , εὐρίσκεται πηνίον, άποτελούμενον ἐκ 15 σπειρῶν διαμέτρου 20 cm καί μέ τό ἐπίπεδόν του κάθετον ἐπὶ τήν έντασιν τοῦ πεδίου. Ἐάν ἡ έντασις τοῦ πεδίου ἐλαττωθῇ εἰς τό ἡμισυ τῆς άρχικῆς έντός $0,1 \text{ sec}$, νά ὑπολογισθῇ ἡ εἰς τά άκρα τοῦ πηνίου ἐμφανιζομένη ΗΕΔ ἐξ έπαγωγῆς α) εἰς ἡλεκτρομαγνητικὰς μονάδας καί β) εἰς βόλτ. ($1 \text{ V} = 10^8 \text{ HMM-τάσεως}$).
(ΑΠ: $2,35 \cdot 10^8 \text{ HMM-τάσεως}$, $2,35 \text{ V}$)

5) Πηνίον ἔχει συντελεστήν αὐτεπαγωγῆς 1 H . Ἄν ἡ έντασις τοῦ διαρρέοντος αὐτοῦ ρεύματος μεταβληθῇ όμαλῶς κατά 20 A έντός 1 min , ποία ἡ άναπτυσσομένη ΗΕΔ;
(ΑΠ: $0,33 \text{ V}$)

6) Ποίος πρέπει νά εἶναι ὁ συντελεστής αὐτεπαγωγῆς πηνίου, εἰς τά άκρα τοῦ οὐοίου ἐμφανίζεται ΗΕΔ ἐξ αὐτεπαγωγῆς 2 V , διά μεταβολῆς τῆς έντάσεως τοῦ ρεύματος κατά 100 A άνά min ;
(ΑΠ: $1,2 \text{ H}$)

7) Πηνίον, συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς $0,2 \text{ H}$, διαρρέεται ὑπό ρεύματος, έντάσεως 10 A . Ποία ἡ έέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηνίου;
(ΑΠ: 10 Joule)

8) Κατά πόσον μεταβάλλεται ἡ έέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ένός πηνίου, συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς $0,4 \text{ H}$, όταν ἡ έντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται άπό 3 A εἰς 15 A ;
(ΑΠ: $\text{Αὐξάνεται κατά } 43,2 \text{ Joule}$)

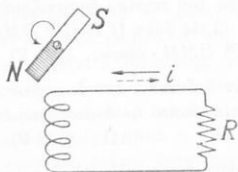
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΘ'

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

§ 218. Έναλλασσόμενη τάσις - Έναλλασσόμενον ρεύμα. Μέχρι τοῦδε ἡσχολήθημεν μέ τήν εξέτασιν ἡλεκτρικῶν ρευμάτων, τῶν οὐοίων ἡ φορὰ διατηρεῖται, διαρκῶς, ἡ αὐτή (συνεχῇ ρεύματα). Εἰς τά κατωτέρω θά εξέτάσωμεν ρεύματα, τῶν οὐοίων ἡ φορὰ μεταβάλλεται. Τοιαῦτα ρεύματα μεταβαλλομένης φορᾶς δυνάμεθα νά ἔχωμεν, κατ' άρχήν, ὡς ἐξῆς: Ὡς γνωστόν, ἔάν συνδέσωμεν τά άκρα μιᾶς άντιστάσεως μέ τοὺς πόλους ένός ἡλεκτρικοῦ στοιχείου, θά διέλθῃ δι' αὐτῆς ἡλεκτρικόν ρεύμα, τό οὐοιον θά ἔχῃ διαρκῶς τήν αὐτήν φοράν - δηλ., θά κινῆται ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν άρνητικόν. Ἐάν, άκολούθως, άντιστρέψωμεν τοὺς πόλους, θ' άντιστραφῇ καί ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος έντός τῆς άντιστάσεως. Οὕτω, έναλλάσσοντες διαρκῶς τοὺς πόλους εἰς τά άκρα τῆς άντιστάσεως, προκαλοῦμεν έντός αὐτῆς ἡλεκτρικόν ρεύμα μεταβαλλομένης φορᾶς.

Ρεύματα μεταβαλλομένης φορᾶς ἔγνωρίσαμεν, άφ' έτέρου, καί κατά τήν εξέτασιν τοῦ φαινομένου τῆς έπαγωγῆς: Εἶδομεν ἐκεῖ ὅτι, όταν εἰσάγωμεν έντός τοῦ πηνίου τοῦ σχήματος 245 ἓνα μόνιμον μαγνήτην, άναπτύσσεται εἰς αὐτό ΗΕΔ μιᾶς ὥρισμένης φορᾶς, ἔνω όταν ἐξάγωμεν τὸν μαγνήτην, ἡ άναπτυσσομένη ΗΕΔ ἔχει άντίθετον φοράν. Συνεπῶς, ἔάν εἰς τά άκρα τοῦ πηνίου ἔχωμεν συνδέσει μίαν άντίστασιν, αὕτη θά διαρρέεται ὑπό ρεύματος, τοῦ οὐοίου ἡ φορὰ θά μεταβάλλεται περιοδικῶς, όταν συνεχῶς εἰσάγω-

μεν καὶ ἐξάγωμεν τὸν μαγνήτην ἐντὸς τοῦ πηνίου. Τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα θὰ προκύψῃ, ἐάν, ἀντὶ νὰ εἰσάγωμεν καὶ νὰ ἐξάγωμεν τὸν μαγνήτην, περιστρέ-

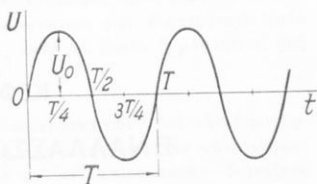


Σχ. 254. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ μαγνήτου, ἡ ἀντίστασις R διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

φωμεν αὐτὸν κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε ἕκαστος τῶν πόλων του νὰ διέρχεται, περιοδικῶς, πρὸ τοῦ πηνίου (σχ. 254). Τοιαῦτα ρεύματα—ὅπως τὰ ἀνωτέρω—τῶν ὁποίων ἡ φορὰ καὶ ἡ ἔντασις μεταβάλλονται περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου, καλοῦνται **ἐναλλασσόμενα ρεύματα**.

Ὅπως διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν συνεχῶν ρευμάτων ἀπαιτοῦνται συνεχεῖς τάσεις, οὕτω διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων ἀπαιτοῦνται ἐναλλασσόμεναι τάσεις. Διὰ τοῦτο, πρὶν ἢ ἐξετάσωμεν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, θὰ ἐξετάσωμεν, πρῶτον, τί εἶναι καὶ πῶς παράγεται μία ἐναλλασσομένη τάσις.

Ἐναλλασσομένη τάσις καλεῖται ἡ τάσις ἐκείνη, τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ μεταβάλλεται περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου. Οὕτω, ἡ τάσις U , τὴν ὁποίαν παριστᾷ γραφικῶς τὸ σχῆμα 255, εἶναι ἐναλλασσομένη τάσις. Ἐὰν ἡ καμπύλη τοῦ διαγράμματος εἶναι ἡμιτονοειδής—ὅπως ἡ τοῦ σχήματος τούτου—ἡ τάσις καλεῖται **ἡμιτονοειδής τάσις**. Ὁ χρόνος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἡ τάσις συμπληρῶναι μίαν πλήρη μεταβολήν, καλεῖται **περίοδος** T τῆς τάσεως. Τὸ ἀντίστροφον $1/T$ αὐτῆς καλεῖται **συχνότης** ν τῆς τάσεως. Ἦτοι εἶναι



Σχ. 255. Γραφικὴ παράστασις μιᾶς ἐναλλασσομένης τάσεως.

$$\nu = \frac{1}{T}$$

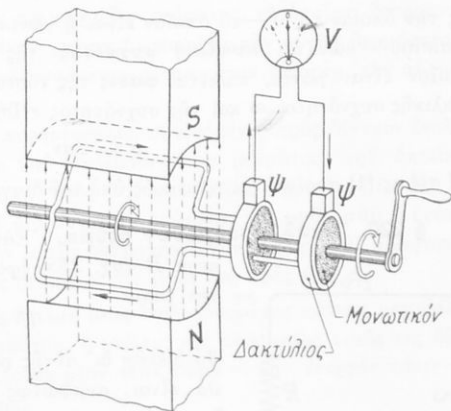
Οὕτω, π.χ., ἡ συχνότης τῆς τάσεως τοῦ ἐθνικοῦ ἡλεκτρικοῦ δικτύου τῆς Ἑλλάδος εἶναι 50 c/sec. Τοῦτο σημαίνει ὅτι, ἐντὸς 1 sec, ἡ τάσις ὑφίσταται 50 ἐναλλαγάς.

Εἰς τὰ κατωτέρω θὰ ἐξετάσωμεν μόνον τὰς ἡμιτονοειδεῖς τάσεις.

Παρατηροῦντες τὸ σχῆμα 255, διαπιστώνομεν ὅτι, κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμήν $t=0$, ἡ τάσις U ἔχει τιμὴν, ἴσην πρὸς μηδέν. Ἐν συνεχείᾳ αὐξάνεται, διὰ νὰ λάβῃ εἰς μίαν ὀρισμένην χρονικὴν στιγμήν—τὴν χρονικὴν στιγμήν $T/4$ —τὴν μεγίστην τῆς θετικῆς τιμὴν (U_0), ἀκολούθως δὲ ἀρχίζει ἐλαττωμένην, ἵνα γίνῃ ἐκ νέου μηδέν κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμήν $T/2$. Ἐν συνεχείᾳ, ἀρχίζει ν' αὐξάνεται ἐκ νέου, ἀλλὰ, τώρα, εἶναι ἀρνητικὴ (ἥλλαξε, δηλ., ἡ πολικότης τῆς πηγῆς), ἡ αὐξησις δὲ αὕτη ἐξακολουθεῖ, μέχρις ὅτου ἡ

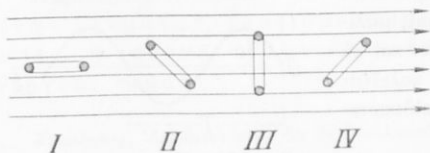
τάσις λάβη την μεγίστην της τιμὴν $-U_0$. Κατόπιν ἀρχίζει νὰ ἐλαττωταί ἐκ νέου, γίνεται δὲ μηδὲν κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμήν T , ὅταν, δηλ., συμπληρωθῇ μία περίοδος. Ἐφεξῆς τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται ἐντελῶς ὁμοιον. Ἡ τιμὴ U , τὴν ὁποίαν λαμβάνει ἡ τάσις εἰς τυχούσαν χρονικὴν στιγμήν, καλεῖται **στιγμιαία τιμὴ** τῆς τάσεως, ἐνῶ ἡ μεγίστη τιμὴ ($\pm U_0$) καλεῖται **πλάτος** τῆς τάσεως.

§ 219. Παραγωγή εναλλασσομένης τάσεως. Μία εναλλασσομένη τάσις παράγεται, κατ' ἀρχήν, ὡς ἐξῆς: Ἐντὸς ὁμογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου θέτομεν ἓνα ἄγωγόν εἰς σχῆμα πλαισίου, ὃ ὁποῖος εἶναι στρεπτός περὶ ἄξονα (σχ. 256). Τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου εἶναι συνδεδεμένα μετὰ δύο δακτυλίου, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐφάπτονται δύο ψήκτριαι Ψ, Ψ . Ἐὰν συνδέσωμεν τὰς ψήκτρας μετὰ τοὺς ἀκροδέκτας ἑνὸς βολτομέτρου V , τὸ ὁποῖον φέρει τὸ μηδὲν εἰς τὸ μέσον τῆς κλίμακος καὶ περιστρέψωμεν τὸ πλάσιον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ὄργάνου κινεῖται ἑκατέρωθεν τοῦ μηδενὸς· ἀρκεῖ ἡ γωνιακὴ ταχύτης περιστροφῆς νὰ εἶναι μικρά, ὥστε νὰ δύναται οὗτος νὰ παρακολουθῇ τὸ φαινόμενον. Τοῦτο σημαίνει ὅτι, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα του ἐναλλασσομένη τάσις.



Σχ. 256. Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου, ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα του μία ἐναλλασσομένη τάσις.

Ἡ τάσις αὕτη εἶναι ἀποτέλεσμα τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς, καθόσον, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου, ἡ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροὴ μεταβάλλεται. Πράγματι, παρακολουθοῦντες τὴν περιστροφὴν τοῦ πλαισίου, διαπιστώνομεν ὅτι εἰς ὁρισμένην θέσιν αὐτοῦ (σχ. 257, I) ἡ μαγνητικὴ ροὴ εἶναι ἴση πρὸς μηδὲν (διότι τὸ πλάσιον εἶναι παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμάς). Ἀκολουθῶς, ἡ ροὴ αὐξάνεται (II), διὰ νὰ γίνῃ μεγίστη



Σχ. 257. Διαδοχικαὶ θέσεις τοῦ πλαισίου κατὰ τὴν περιστροφὴν.

Ἡ ροὴ αὐξάνεται (II), διὰ νὰ γίνῃ μεγίστη

εἰς τὴν θέσιν (III). Ἐν συνεχείᾳ (IV), ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἀρχίζει νὰ ἑλατ-
τοῦται. Κατὰ τὴν περιστροφὴν, λοιπόν, τοῦ πλαισίου, εἰς ἄλλας θέσεις ἡ
μαγνητικὴ ροὴ αὐξάνεται καὶ εἰς ἄλλας ἑλαττοῦται. Αἱ μεταβολαί, ἀκριβῶς,
αὗται τῆς μαγνητικῆς ροῆς (αὐξήσεις καὶ ἑλαττώσεις) δημιουργοῦν μίαν
ἐναλλασσομένην τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου. Ὅπως εἶναι δυνατὸν
ν' ἀποδειχθῇ, ἐὰν τὸ πλαῖσιον περιστρέφεται μὲ σταθερὰν γωνιακὴν τα-
χύτητα ω , ἡ ἀναπτυσσομένη τάσις U θὰ εἶναι ἡμιτονοειδής, ἀκολουθοῦσα
τὴν ἑξίσωσιν

$$U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t \quad (1)$$

εἰς τὴν ὁποίαν τὸ ω — τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ γωνιακὴ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ
πλαισίου — καλεῖται **κυκλικὴ συχνότης** τῆς τάσεως. Τὸ μέγεθος ωt , τὸ
ὁποῖον εἶναι γωνία, καλεῖται **φάσις** τῆς τάσεως. Ὡς γνωστόν, μεταξὺ τῆς
κυκλικῆς συχνότητος ω καὶ τῆς συχνότητος ν ἰσχύει ἡ σχέσις

$$\omega = 2\pi\nu.$$

Ἡ σχέσις (1) παρίσταται γραφικῶς ὑπὸ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 255.

§ 220. Ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα μιᾶς ἀντιστά-
σεως R (σχ. 258) ἐφαρμόσωμεν τὴν ἐναλλασσομέ-
νην τάσιν

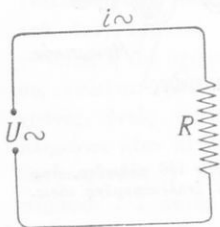
$$U = U_0 \cdot \eta \mu \omega t,$$

θὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ ἔντασις
θὰ εἶναι, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm,
ἴση πρὸς

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_0}{R} \cdot \eta \mu \omega t.$$

Ἐὰν τὸ πηλίκον U_0/R συμβολίσωμεν διὰ τοῦ i_0 ,
λαμβάνομεν

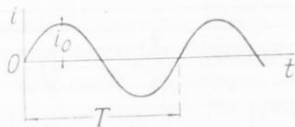
$$i = i_0 \cdot \eta \mu \omega t \quad (1)$$



Σχ. 258. Ἡ ἐναλλασσο-
μένη τάσις U παράγει ἐντὸς
τῆς ἀντιστάσεως R τὸ ἐναλ-
λασσόμενον ρεῦμα i .

Ἡ ἑξίσωσις αὕτη δεικνύει ὅτι ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διέρχε-
ται διὰ τῆς ἀντιστάσεως R , μεταβάλλεται
περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου καί, μάλι-
στα, ἡμιτονοειδῶς, ὅπως δεικνύει καὶ τὸ
σχῆμα 259. Ἐν τοιοῦτο ρεῦμα καλεῖται
ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καί, εἰδικώτε-
ρον, **ἡμιτονοειδὲς ρεῦμα**.

Εἰς τὴν ἑξίσωσιν (1) τὸ i εἶναι ἡ **στι-
γμιαία τιμὴ** τῆς ἐντάσεως, τὸ i_0 (δηλ., ἡ
μεγίστη τιμὴ, τὴν ὁποίαν λαμβάνει ἡ ἔντα-
σις) εἶναι τὸ **πλάτος** τῆς ἐντάσεως καὶ τὸ ω ἡ **κυκλικὴ συχνότης** αὐτῆς.



Σχ. 259. Γραφικὴ παράστασις
ἐνὸς ἐναλλασσομένου (ἡμιτονοει-
δοῦς) ρεύματος.

§ 221. Ένεργος έντασις· Ένεργος τάσις. Κατά τ' άνωτέρω, ή έντασις ένός έναλλασσομένου ρεύματος μεταβάλλεται μετά τοῦ χρόνου. Ὡς έκ τούτου, ή γνώσις τής στιγμιαίας τιμής τής έντάσεως δέν έχει καμμίαν πρακτικήν σημασίαν. Δι' αὐτόν, ακριβώς, τόν λόγον αναγκάζομεθα νά ὀρίσωμεν έν νέον φυσικόν μέγεθος — τήν *ένεργόν έντασιν* — ή ὁποία δέν μεταβάλλεται μετά τοῦ χρόνου, εἶναι, δηλ., σταθερά. Διά τόν ὀρισμόν τής ένεργοῦ έντάσεως καταφεύγομεν εἰς τήν παρατήρησιν ὅτι ή θερμότης Joule, ή άναπτυσσομένη έντός άγωγοῦ, διαρρομένου ὑπό ρεύματος, δέν έξαρτάται έκ τής φορᾶς τοῦ ρεύματος.

Οὕτω, ὀρίζομεν ὡς *ένεργόν έντασιν* i_{ev} ένός έναλλασσομένου ρεύματος τήν έντασιν εκείνου τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, τὸ ὁποῖον, διαρρέον μίαν αντίστασιν R ἐφ' ὀρισμένον χρόνον t , παράγει τήν αὐτήν θερμότητα, τήν ὁποίαν παράγει καί τὸ έναλλασσόμενον ρεύμα, ὅταν διαρρέῃ τήν αὐτήν αντίστασιν ἐπὶ τόν αὐτόν χρόνον.

Παράδειγμα: Λαμπτήρ πυρακτώσεως, συνδεόμενος πρὸς δίκτυον έναλλασσομένης τάσεως, διαρρέεται ὑπὸ έναλλασσομένου ρεύματος, τοῦ ὁποίου ή ένεργὸς έντασις εἶναι ἴση, π.χ., πρὸς $0,5\text{ A}$. Τοῦτο σημαίνει ὅτι, ἐάν ὁ αὐτὸς λαμπτήρ τροφοδοτηθῇ διὰ συνεχοῦς ρεύματος καί ρυθμισθῇ ή έντασις ὥστε νά εκπέμπῃ οὗτος τήν αὐτήν φωτεινήν ἰσχύν, ὅπως καί προηγουμένως, ή έντασις τοῦ συνεχοῦς ρεύματος θά εἶναι ἴση πρὸς $0,5\text{ A}$.

Ένεργὸς τάσις. Ἐπειδὴ ή τιμὴ μιᾶς έναλλασσομένης τάσεως μεταβάλλεται χρονικῶς καί, ὡς έκ τούτου, ή γνώσις τής στιγμιαίας τιμής τής δέν έχει πρακτικήν σημασίαν, ὀρίζομεν μίαν νέαν τάσιν — τήν *ένεργόν τάσιν* — ή ὁποία εἶναι χρονικῶς σταθερά.

Οὕτω, καλοῦμεν *ένεργόν τάσιν* U_{ev} τήν συνεχῇ εκείνην τάσιν, ή ὁποία θά προεκάλεῖ εἰς τήν ἄνω αντίστασιν συνεχές ρεύμα, έντάσεως, ἴσης πρὸς τήν ένεργὸν έντασιν.

Παράδειγμα: Ὁ ἄνω λαμπτήρ, τροφοδοτούμενος διὰ συνεχοῦς τάσεως 220 V , διαρρέεται ὑπὸ συνεχοῦς ρεύματος, έντάσεως $0,5\text{ A}$. Ἄν, τώρα, τροφοδοτηθῇ δι' έναλλασσομένης τάσεως, τοιαύτης ὥστε νά διαρρέεται ὑπὸ έναλλασσομένου ρεύματος, ένεργοῦ έντάσεως $0,5\text{ A}$, θά εφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα του ένεργὸς τάσις, ἴση πρὸς 220 V .

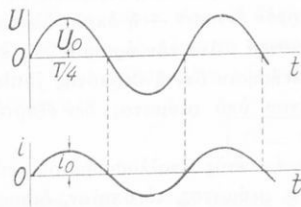
Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι, προκειμένου περὶ έναλλασσομένων ρευμάτων, ὅταν ὁμιλῶμεν περὶ έντάσεως, τόσων ἁμπέρ, ἢ τάσεως, τόσων βόλτ, έννοοῦμεν, πάντοτε τὰς ένεργοὺς τιμὰς.

Σημείωσις. Ἀποδεικνύεται ὅτι έν έναλλασσόμενον ρεύμα, πλάτους i_0 , έχει ένεργὸν έντασιν i_{ev} , ἴσην πρὸς $i_{ev} = i_0/\sqrt{2}$. Ὀμοίως, ἀποδεικνύεται ὅτι μία έναλλασσομένη τάσις, πλάτους U_0 , έχει ένεργὸν τιμὴν U_{ev} , ἴσην πρὸς $U_{ev} = U_0/\sqrt{2}$.

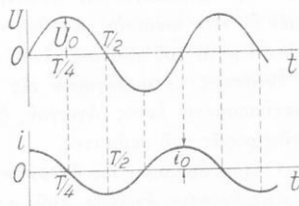
§ 222. Διαφορὰ φάσεως. Ἐάν παραστήσωμεν γραφικῶς τὰς δύο ἐξισώσεις

$$U = U_0 \cdot \eta\mu \omega t \quad \text{και} \quad i = i_0 \cdot \eta\mu \omega t$$

θα λάβωμεν τὰ διαγράμματα τοῦ σχήματος 260. Παρατηροῦμεν ὅτι, κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 0$, ἡ τάσις ἔχει τὴν τιμὴν 0, ἀλλὰ καὶ ἡ ἔντασις ἔχει, ἐπίσης,



Σχ. 260. Ἡ τάσις U καὶ ἡ ἔντασις i εἶναι ἐν φάσει.



Σχ. 261. Ἡ τάσις U καὶ ἡ ἔντασις i παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως 90° .

τιμὴν 0. Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $T/4$, ἡ τάσις ἔχει λάβει τὴν μεγίστην τῆς τιμὴν U_0 , ἀλλὰ καὶ ἡ ἔντασις ἔχει λάβει, ἐπίσης, τὴν μεγίστην τῆς τιμὴν i_0 . Τὰ ἀνάλογα συμβαίνουν καὶ εἰς οἰανδήποτε ἄλλην χρονικὴν στιγμὴν. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν ὅτι ἡ τάσις U καὶ ἡ ἔντασις i εἶναι **ἐν φάσει**.

Θεωρήσωμεν, τώρα, τὰς ἐξισώσεις

$$U = U_0 \cdot \eta\mu \omega t \quad (1) \quad \text{και} \quad i = i_0 \cdot \eta\mu (\omega t + 90^\circ). \quad (2)$$

Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φάσις $\omega t + 90^\circ$ τῆς ἐντάσεως διαφέρει τῆς φάσεως ωt τῆς τάσεως κατὰ 90° . Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν ὅτι ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις ἔχουν **διαφορὰν φάσεως 90°** .

Διὰ νὰ ἐννοήσωμεν τί σημαίνει διαφορὰ φάσεως 90° , παριστῶμεν γραφικῶς τὰς ἐξισώσεις (1) καὶ (2), ἔχοντες ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ ἐξίσωσις (2) δύναται νὰ γραφῇ καὶ ὑπὸ τὴν μορφήν

$$i = i_0 \cdot \sigma\upsilon\nu \omega t.$$

Ἐκ τῶν λαμβανομένων διαγραμμάτων τοῦ σχήματος 261 προκύπτουν τὰ ἑξῆς: Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 0$, ἡ τάσις ἔχει τιμὴν 0, ἐνῶ ἡ ἔντασις ἔχει λάβει τὴν μεγίστην τῆς τιμὴν i_0 . Μετὰ πάροdon χρόνου, ἴσου πρὸς τὸ $1/4$ τῆς περιόδου — δηλ., τὴν χρονικὴν στιγμὴν $T/4$ — ἡ τάσις ἔχει λάβει τὴν μεγίστην τῆς τιμὴν U_0 , ἐνῶ, ἀντιθέτως, ἡ ἔντασις ἔχει γίνει μηδέν. Μετὰ πάροdon χρόνου, ἴσου πρὸς τὸ ἡμισυ τῆς περιόδου — δηλ., τὴν χρονικὴν στιγμὴν $T/2$ — ἡ τάσις ἔχει γίνει μηδέν, ἐνῶ ἡ ἔντασις λαμβάνει τὴν μεγίστην (ἀρνητικὴν) τιμὴν $-i_0$ κ.ο.κ. Παρατηροῦμεν, δηλ., ὅτι ἡ διαφορὰ φάσεως 90° μεταξὺ τῆς τάσεως U καὶ τῆς ἐντάσεως i σημαίνει ὅτι, κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ τάσις ἔχει γίνει μηδέν, ἡ ἔντασις ἔχει λάβει τὴν μεγίστην τῆς τιμὴν $\pm i_0$ καὶ ἀντιστρόφως.

Ἡ ἐναλλασσόμενη τάσις, ἡ τροφοδοτοῦσα ἐν κύκλωμα καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτό, δὲν εἶναι, κατὰ κανόνα, ἐν φάσει, ἀλλὰ παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως, κυμαινόμενην μεταξὺ 0° καὶ $\pm 90^\circ$. Οὕτω, ἐὰν τροφοδοτήσωμεν δι' ἐναλλασσόμενης τάσεως ἐν πηνίον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀντίστασιν R καὶ συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς L , θὰ διέλθῃ δι' αὐτοῦ ρεῦμα ἐναλλασσόμενον, τὸ ὁποῖον θὰ παρουσιάζῃ διαφορὰν φάσεως ὡς πρὸς τὴν τάσιν. Τὸ αὐτὸ θὰ συμβῇ, ἐὰν τροφοδοτήσωμεν ἓνα πυκνωτήν. Ἀντιθέτως, ἡ διαφορὰ φάσεως θὰ εἶναι ἴση πρὸς 0° , ὅταν τροφοδοτήσωμεν μίαν ὥμικὴν ἀντίστασιν, π.χ., ἓνα λαμπτήρα πυρακτώσεως, μίαν ἡλεκτρικὴν θερμάστραν κ.λ.

§ 223. Ίσχύς τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εἰς τὸ συνεχὲς ρεῦμα εἶδομεν ὅτι ἡ ἰσχύς N , τὴν ὁποίαν καταναλίσκει μίᾳ ἡλεκτρικῇ συσκευῇ (π.χ., μίᾳ ἡλεκτρικῇ θερμάστρᾳ), εἶναι ἴση πρὸς τὸ γινόμενον τῆς τάσεως U , μὲ τὴν ὁποίαν τροφοδοτεῖται ἡ συσκευή αὕτη, ἐπὶ τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτήν. Κατ' ἀνάλογον τρόπον καὶ εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἡ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν καταναλίσκουν αἱ ἡλεκτρικαὶ συσκευαί, αἱ παράγουσαι θερμότητα (ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, ἡλεκτρικαὶ κουζίνας, λαμπτήρες πυρακτώσεως κ.λ.) ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι ἴση πρὸς τὸ γινόμενον τῆς ἐνεργοῦ τάσεως U_{ev} , τῆς ἐφαρμοζομένης εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ἐν λόγῳ συσκευῶν, ἐπὶ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν i_{ev} τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτάς. *Ἦτοι εἶναι

$$N = U_{ev} \cdot i_{ev} \quad (1)$$

Αἱ ἀνωτέρω ἡλεκτρικαὶ συσκευαί, αἱ ὁποῖαι παράγουν θερμότητα, ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὁμικᾶς ἀντιστάσεις. Ἐάν, ὅμως, μίᾳ συσκευῇ δὲν εἶναι καθαρῶς ὁμικὴ ἀντίστασις, ἔχει, δηλ., πηνία καὶ πυκνωτάς (ὅπως οἱ ἡλεκτρικοὶ κινητήρες, τὰ ραδιοφῶνα κ.λ.), ἡ ἰσχύς δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου

$$N = U_{ev} \cdot i_{ev} \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν τὸ φ εἶναι ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τῆς τάσεως, τῆς τροφοδοτοῦσης τὴν συσκευὴν καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτήν. Τὸ συνημίτονον τῆς γωνίας ταύτης — δηλ., ὁ συντελεστὴς $\sin \varphi$ τοῦ ἄνω τύπου — καλεῖται *συντελεστὴς ἰσχύος*.

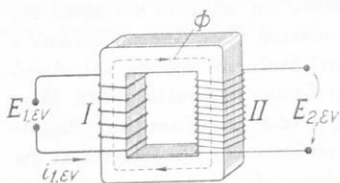
Εἰς τὰς περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὁποίας τροφοδοτοῦμεν ὁμικᾶς ἀντιστάσεις, ἡ διαφορὰ φάσεως μεταξὺ τῆς τάσεως καὶ ἐντάσεως εἶναι ἴση πρὸς 0° (βλ. § 222), συνεπῶς τὸ $\sin \varphi$ εἶναι ἴσον πρὸς τὴν μονάδα, ὅποτε ὁ τύπος (2) ἀπλουστεύεται εἰς τὸν τύπον (1).

Σημειώσεις. Ἐπειδὴ εἰς τὰ ἐναλλασσόμενα δίκτυα τόσον ἡ τάσις U , ὅσον καὶ ἡ ἔντασις i μεταβάλλονται χρονικῶς, ἐπεταί ὅτι καὶ τὸ γινόμενον $U \cdot i$, δηλ., ἡ ἰσχύς, θὰ μεταβάλλεται, ἐπίσης, χρονικῶς. Διὰ τοῦτο πρακτικὴν σημασίαν ἔχει ὅχι ἡ γνῶσις τῆς στιγμιαίας τιμῆς τῆς ἰσχύος, ἀλλὰ τῆς *μέσης ἰσχύος*, ἡ ὁποία εἶναι χρονικῶς σταθερά. Οἱ τύποι (1) καὶ (2) ἀναφέρονται, ἀκριβῶς, εἰς τὴν μέσην ἰσχύον.

§ 224. Μετασχηματισταί. Διὰ τῶν μετασχηματιστῶν μετατρέπομεν μίαν μικρὰν ἐναλλασσομένην τάσιν (τάσιν, δηλ., ὀλίγων βόλτ) εἰς μεγαλυτέραν (πολλῶν βόλτ) ἢ καὶ ἀντιστρόφως. Ὁ *μετασχηματιστὴς* (*transformateur*) ἀποτελεῖται ἐκ δύο πηνίων, περιελιγμένων περὶ σιδηροῦν κλειστὸν πυρῆνα (σχ. 262) (*). Ἐκ τῶν δύο πηνίων τὸ ἐν (I) καλεῖται *πρωτεύων*, τὸ δὲ ἄλλο (II) *δευτερεῦον*.

(*) Διὰ νὰ μὴ ἀναπτύσσωνται ἰσχυρὰ ρεύματα Foucault ἐντὸς τοῦ πυρῆνος (§ 213), οὗτος δὲν εἶναι ὁλόσωμος, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἐκ σιδηρῶν φύλλων, μονωμένων μεταξύ των.

Λειτουργία του μετασχηματιστοῦ. Ἡ λειτουργία τοῦ μετασχηματιστοῦ στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς: Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ



Σχ. 262. Μετασχηματιστής (ἀρχή).

πρωτεύον πηνίον μὲ πηγὴν ἐναλλασσομένης τάσεως, τὸ πηνίον τοῦτο θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖ ἐντὸς αὐτοῦ ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίων. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον παράγεται ἐναλλασσόμενη μαγνητικὴ ροὴ Φ , ἡ ὁποία, διερχομένη διὰ τοῦ δευτερεύοντος, προκαλεῖ εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ,

συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς ἐπαγωγῆς, μίαν ἐναλλασσομένην τάσιν.

Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς ἰσχύουν αἱ ἑξῆς δύο σχέσεις:

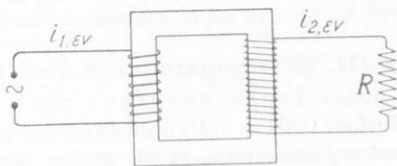
1) Ἐὰν n_1 καὶ n_2 παριστοῦν τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος καὶ $E_{1,εV}$, $E_{2,εV}$ τὰς ἐνεργοὺς τάσεις πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος, ἀποδεικνύεται ὅτι μεταξὺ αὐτῶν ἰσχύει ἡ σχέση

$$\frac{E_{1,εV}}{E_{2,εV}} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

Ὁ λόγος n_1/n_2 καλεῖται **λόγος μετασχηματισμοῦ**. Ἐκ τοῦ ἄνω τύπου προκύπτει ὅτι, ἐὰν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν μεγάλην τάσιν εἰς τὸ δευτερεῖον πηνίον, πρέπει ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν του νὰ εἶναι μεγαλύτερος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος. Καί, ἀντιστρόφως, ἐὰν θέλωμεν μικρὰν τάσιν εἰς τὸ δευτερεῖον, πρέπει ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ δευτερεύοντος νὰ εἶναι μικρότερος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος.

Παράδειγμα: Ἐὰν θέλωμεν νὰ ὑποβιβάσωμεν τὴν τάσιν ἀπὸ 220 V εἰς 110 V, πρέπει ὁ λόγος μετασχηματισμοῦ νὰ εἶναι 2:1, δηλ., πρέπει τὸ δευτερεῖον νὰ ἔχη τὸ ἥμισυ τῶν σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος.

2) Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος ἑνὸς μετασχηματιστοῦ (τροφοδοτούμενον εἰς τὸ πρωτεύον δι' ἐναλλασσομένης τάσεως) συνδέσωμεν μίαν ἀντίστασιν R (σχ. 263), τοῦτο θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐὰν $i_{1,εV}$ καὶ $i_{2,εV}$ εἶναι αἱ ἐνεργοὶ ἐντάσεις τῶν ρευμάτων τοῦ πρωτεύοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος καὶ $E_{1,εV}$ καὶ $E_{2,εV}$ αἱ ἐνεργοὶ τάσεις τοῦ πρωτεύοντος καὶ τοῦ δευτερεύοντος, ὁ συλλογισμὸς ὅτι ἡ ὑπὸ τοῦ πρωτεύοντος ἀπορροφουμένη ἰσχύς ἀποδίδεται, ἐξ ὁλοκλήρου, εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ δευτερεύοντος, ἐπιτρέπει νὰ γράψωμεν τὴν σχέσιν



Σχ. 263

Ισχύς πρωτεύοντος = Ισχύς δευτερεύοντος

$$\boxed{E_{1, \epsilon \nu} \cdot i_{1, \epsilon \nu} = E_{2, \epsilon \nu} \cdot i_{2, \epsilon \nu}} \quad \eta \quad \frac{i_{2, \epsilon \nu}}{i_{1, \epsilon \nu}} = \frac{E_{1, \epsilon \nu}}{E_{2, \epsilon \nu}} \quad (2)$$

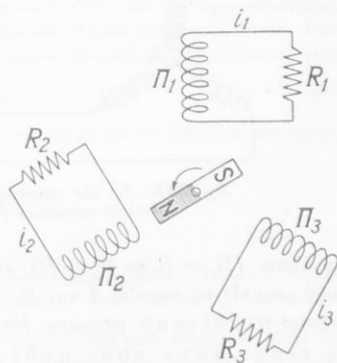
Παρατηρούμεν, λοιπόν, ότι, διὰ δεδομένην Ισχύν τοῦ μετασχηματιστοῦ, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν μεγάλην τάσιν εἰς τὸ δευτερεῦον (κατασκευάζοντες αὐτὸ μὲ μέγαν ἀριθμὸν σπειρῶν), ὁπότε, ὅμως, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ δευτερεύοντος θὰ εἶναι, ἀναγκαστικῶς, μικρά.

Προκειμένου περὶ τῆς ἐκλογῆς τῆς διαμέτρου τοῦ σύρματος τοῦ πηνίου τοῦ δευτερεύοντος εἶναι προφανές ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν, εἰς τὴν ὁποίαν τὸ ρεῦμα εἶναι ἀσθενές, ἀρκεῖ νὰ χρησιμοποιήσωμεν λεπτὸν σύρμα. Ἀντιθέτως, ἐὰν κατασκευάσωμεν τὸν μετασχηματιστὴν οὕτως ὥστε νὰ παρέχῃ μικρὰν τάσιν εἰς τὸ δευτερεῦον καὶ θέλωμεν νὰ ἐκμεταλλευθῶμεν ὅλην τὴν Ισχύν, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ δώσῃ οὗτος, τότε, κατὰ τὸν τύπον (2), ἡ ἔντασις εἰς τὸ δευτερεῦον θὰ εἶναι μεγάλη, ὁπότε ἀπαιτεῖται χονδρὸν σύρμα.

Στοιχεῖα τῶν μετασχηματιστῶν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι τὰ στοιχεῖα, τὰ χαρακτηρίζοντα ἓνα μετασχηματιστὴν, εἶναι 1) ἡ ἐνεργὸς τάσις, μὲ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ τροφοδοτήσωμεν τὸ πρωτεῦον. 2) Ἡ ἐνεργὸς τάσις, τὴν ὁποίαν παρέχει τὸ δευτερεῦον καὶ 3) ἡ (μέση) Ισχύς τοῦ μετασχηματιστοῦ, ἐκ τῆς ὁποίας, κατὰ τὸν τύπον (1) τῆς § 223, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μεγίστην ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ δώσῃ τὸ δευτερεῦον.

§ 225. Τριφασικὰ ρεύματα. Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, τὰ περιγραφέντα εἰς τ' ἀνωτέρω, καλοῦνται **μονοφασικὰ ρεύματα**. Ἐνταῦθα θ' ἀσχοληθῶμεν μὲ τὰ **τριφασικὰ ρεύματα**, τῶν ὁποίων γίνεται σήμερον ἀποκλειστική, σχεδόν, χρῆσις.

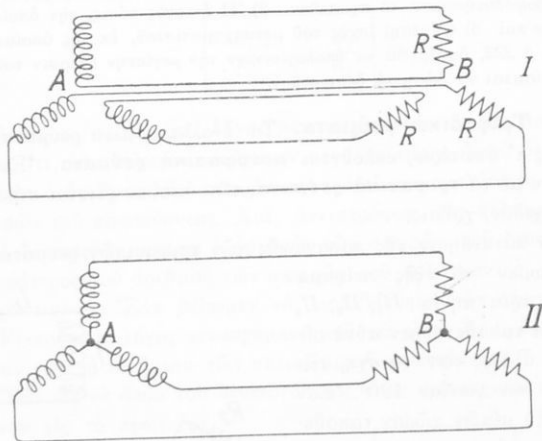
Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς παραγωγῆς τῶν τριφασικῶν ρευμάτων, ἃς παρακολουθήσωμεν τὸ ἑξῆς πείραμα: Λαμβάνομεν τρία πηνία Π_1, Π_2, Π_3 (σχ. 264) καὶ τοποθετοῦμεν αὐτὰ οὕτως ὥστε οἱ ἄξονές των νὰ σχηματίζουν μεταξὺ των γωνίαν 120° . Ἐὰν εἰς τὸν μεταξὺ αὐτῶν χώρον τοποθετήσωμεν ἓνα μόνιμον μαγνήτην καὶ τὸν περιστρέφωμεν, ὥπως δεικνύει τὸ σχῆμα, εἰς ἕκαστον πηνίον θ' ἀναπτύσσεται, συμφώνως πρὸς τὰ προηγούμενα, μία ἐναλλασσόμενη τάσις. Εἶναι φανερόν ὅτι, κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμήν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ τάσις εἰς ἓν τῶν πηνίων (π.χ., τὸ Π_1) θὰ εἶναι μεγίστη, εἰς τὸ δεύτερον, (Π_2), δὲν θὰ συμβαίνει τοῦτο, λόγῳ τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν πηνίων. Διὰ νὰ γίνῃ μεγίστη ἡ τάσις εἰς τὸ δεύτε-



Σχ. 264. Ἀρχὴ τῆς παραγωγῆς τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος.

ρον πηνίον, πρέπει νὰ παρέλθῃ χρόνος, ἀντιστοιχῶν εἰς τὸ $\frac{1}{3}$ τῆς πλήρους περιστροφῆς· δηλ., εἰς τὰς 120° . Τὸ ἀνάλογον, ἀκριβῶς, ἰσχύει καὶ διὰ τὸ τρίτον πηνίον. Ἐάν, λοιπόν, εἰς τὰ ἄκρα τῶν τριῶν πηνίων ἔχωμεν συνδέσει τρεῖς ἀντιστάσεις R_1, R_2, R_3 — ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 264 — αὗται θὰ διαρρέωνται ὑπὸ τριῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων. Τὰ τρία ταῦτα ἐναλλασσόμενα ρεύματα καλοῦμεν, ἐν βραχυλογίᾳ, **τριφασικὸν ρεῦμα**.

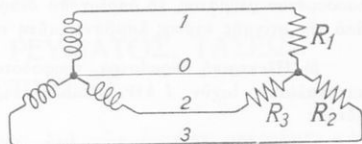
Εἰς τὸ σχῆμα 264 τὰ τρία πηνία καὶ ὁ περιστρεφόμενος μαγνήτης ἀποτελοῦν, κατ' ἀρχήν, τὴν *γεννήτριαν* παραγωγῆς τριφασικοῦ ρεύματος, τὴν ἐγκατεστημένην εἰς τὸ ἐργοστάσιον ἠλεκτροπαραγωγῆς, ἐνῶ αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις παριστοῦν τρεῖς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκουν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, π.χ., τρεῖς ἠλεκτρικὰς θερμάστρας. Αἱ συσκευαὶ αὗται εὐρίσκονται, συνήθως, εἰς μεγάλην ἀπὸ τοῦ ἐργοστασίου ὀπόστασιν. Διὰ νὰ μεταφερθῇ, λοιπόν, ἡ ὑπὸ μορφήν τριφασικοῦ ρεύματος παραγομένη ἐνέργεια, ἐκ τῆς γεννητρίας, εἰς τὴν ὁποίαν παράγεται, μέχρι τοῦ τόπου κατανώσεως, ἀπαιτοῦνται 6 σύρματα (σχ. 265, I). Ἐάν αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις, εἶναι, ἀκρι-



Σχ. 265. Διὰ τὴν μεταφορὰν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος, ἀντὶ ἑξ. συρμάτων (I), ἀρκοῦν τρία (II).

βῶς, ἴσαι ($R_1 = R_2 = R_3 = R$) καὶ συνδέσωμεν τρία ἐκ τῶν συρμάτων μεταξύ των εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B, τότε — ὡς ἀποδεικνύεται κατωτέρω — ἡ ἔντασις τοῦ ὀλικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ κοινοῦ σύρματος θὰ ἔχῃ διαρκῶς τιμὴν, ἴσην πρὸς μηδέν καί, συνεπῶς, τὰ μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B τρία σύρματα, ὡς μὴ διαρρέομενα ὑπὸ ρεύματος, περιτεύουσιν (σχ. 265, II). Ὅταν, ὅμως, αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις δὲν ἔχουν, ἀκριβῶς, τὴν αὐτὴν τιμὴν, ἡ ἔντασις τοῦ ὀλικοῦ ρεύματος δὲν εἶναι, ἀκριβῶς, ἴση πρὸς μηδέν, ἀλλ' ἔχει μίαν μικρὰν τιμὴν. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, τὴν συνήθη

εἰς τὰ τριφασικά δίκτυα διανομῆς τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, εἶναι ἀπαραίτητον καὶ τέταρτον σύρμα, τὸ ὁποῖον, ὅμως, λόγῳ τῆς μικρᾶς ἐντάσεως τοῦ διαρρέοντος αὐτὸ ρεύματος, ἔχει μικρὰν διατομὴν καὶ καλεῖται **οὐδέτερος ἀγωγὸς** O (σχ. 266). Τὰ ὑπόλοιπα τρία σύρματα, 1, 2, 3, καλοῦνται «**φάσεις**».



Σχ. 266. Τρεῖς «φάσεις» 1, 2, 3 καὶ ὁ οὐδέτερος ἀγωγὸς O .

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω βλέπομεν τὴν διὰ χρησιμοποίησεως τριφασικοῦ ρεύματος ἐπερχομένην οἰκονομίαν εἰς χαλκόν, ἀφοῦ διὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ἐνεργείας ἀπαιτοῦνται, ἀντὶ ἑξ (χαλκίνων) συρμάτων, τρία (ἢ τέσσαρα). Αὐτὸς εἶναι, ἀκριβῶς, ὁ κυριώτερος λόγος, διὰ τὸν ὁποῖον ὅλα τὰ ἡλεκτρικά δίκτυα εἶναι, σήμερον, τριφασικά δίκτυα. Οὕτω, τριφασικὸν εἶναι καὶ τὸ ἐθνικὸν ἡλεκτρικὸν δίκτυον τῆς Ἑλλάδος, τὸ ὁποῖον τροφοδοτεῖται ἐκ τῶν διαφόρων ὑδροηλεκτρικῶν ἐργοστασίων τῆς χώρας καὶ ἐκ τῶν θερμικῶν ἐργοστασίων Ἀλιβερίου καὶ Πτολεμαΐδος.

Ὅπως προκύπτει ἐκ τῶν ἀνωτέρω, αἱ ἐντάσεις τῶν τριῶν ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὸ τριφασικὸν ρεῦμα, παρουσιάζουν μεταξὺ τῶν διαφορὰν φάσεως 120° . Συνεπῶς, αἱ ἐξισώσεις τῶν ἐντάσεων τῶν τριῶν αὐτῶν ρευμάτων θὰ εἶναι αἱ ἑξῆς:

$$i_1 = i_0 \cdot \eta \mu \omega t, \quad i_2 = i_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 120^\circ), \quad i_3 = i_0 \cdot \eta \mu (\omega t + 240^\circ).$$

Ἄν προσθέσωμεν τὰς τρεῖς ταύτας ἐξισώσεις κατὰ μέλη, θὰ λάβωμεν

$$i_{0\lambda} = i_1 + i_2 + i_3 = i_0 \cdot [\eta \mu \omega t + \eta \mu (\omega t + 120^\circ) + \eta \mu (\omega t + 240^\circ)].$$

Παρατηροῦμεν ὅτι, ἐντὸς τῶν ἀγγυλῶν, παρουσιάζεται τὸ ἄθροισμα τῶν ἡμιτόνων τριῶν γωνιῶν, αἱ ὁποῖαι διαφέρουν μεταξὺ τῶν κατὰ 120° . Ἐκ τῆς Τριγωνομετρίας, ὅμως, εἶναι γνωστὸν ὅτι τὸ ἄθροισμα τῶν ἡμιτόνων τριῶν γωνιῶν, αἱ ὁποῖαι διαφέρουν μεταξὺ τῶν κατὰ 120° , εἶναι ἴσον πρὸς μηδέν. Συνεπῶς, ἡ ἄνω ἐξίσωσις γράφεται

$$i_{0\lambda} = i_0 \cdot 0 = 0.$$

Ἦτοι, ἡ ἐντασις τοῦ ὀλικοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ κοινοῦ σύρματος ἔχει διαρκῶς τιμὴν ἴσην πρὸς μηδέν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Ἡ κυκλικὴ συχνότης μιᾶς ἐναλλασσομένης τάσεως εἶναι 314 sec^{-1} . Ποία εἶναι ἡ συχνότης καὶ ἡ περίοδος τῆς τάσεως ταύτης; (ΑΠ: 50 sec^{-1} , $0,02 \text{ sec}$)

2) Κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν $t = 0$ ἡ στιγμαία τιμὴ μιᾶς ἐναλλασσομένης τάσεως εἶναι ἴση πρὸς μηδέν, ἐνῶ, μετὰ $0,005 \text{ sec}$, λαμβάνει τὴν μεγίστην τῆς τιμὴν. Ποία εἶναι ἡ περίοδος τῆς τάσεως ταύτης; (ΑΠ: $0,02 \text{ sec}$)

3) Τὸ χρονικὸν διάστημα μεταξὺ δύο διαδοχικῶν μηδενισμῶν τῆς ἐντάσεως ἐνὸς ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι $0,01 \text{ sec}$. Ποία εἶναι ἡ κυκλικὴ συχνότης αὐτοῦ; (ΑΠ: 314 sec^{-1})

4) Είς τὰ άκρα μιᾶς αντίστασεως 100Ω εφαρμόζεται έναλλασσομένη τάσις, συχνότητος 50 sec^{-1} καὶ πλάτους 310 V . Πόση θὰ εἶναι ἡ μεγίστη ἔντασις τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος, τὸ ὅποιον θὰ διαρρέῃ τὴν αντίστασιν καὶ μετὰ πόσον χρόνον ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης λαμβάνει αὕτη τὴν τιμὴν μηδέν; (ΑΠ: $3,1 \text{ A}$, $0,005 \text{ sec}$)

5) Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, τροφοδοτούμενη δι' έναλλασσομένης τάσεως 220 V , καταναλίσκει ἰσχὺν 1 kW . Ποία ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος αὐτὴν; (ΑΠ: $4,5 \text{ A}$)

6) Ἡλεκτρικὴ κουζίνα, ἰσχύος $2,5 \text{ kW}$, συνδέεται εἰς έναλλασσόμενον δίκτυον 220 V . Ζητεῖται α) νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ β) νὰ ἐκλεγῇ ἡ κατάλληλος ἀσφάλεια ἐκ τῶν ἐν τῷ ἔμπορίῳ φερομένων τύπων 6 A , 10 A , 15 A , 25 A . (ΑΠ: α) $11,36 \text{ A}$, β) 15 A)

7) Ἡλεκτρικὸς βραστήρ, ἀντίστασεως 121Ω καὶ τάσεως λειτουργίας 220 V , συνδέεται πρῶτον μὲ δίκτυον συνεχοῦς τάσεως 220 V καὶ κατόπιν μὲ δίκτυον έναλλασσομένης τάσεως ἐπίσης 220 V . Νὰ ὑπολογισθῇ καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις α) ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ β) ἡ ἰσχύς. (ΑΠ: α) $i = 1,82 \text{ A}$, $i_{\text{eff}} = 1,82 \text{ A}$, β) 400 W , 400 W)

8) Ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ δευτερεύον πηνίον ἐνὸς μετασχηματιστοῦ, εἶναι 15 A , ἡ δὲ ἐνεργὸς τάσις εἰς τὰ άκρα τοῦ πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος πηνίου εἶναι, ἀντιστοίχως, ἴση πρὸς 220 V καὶ 44 V . Πόση εἶναι ἡ ἐνεργὸς ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεύον καὶ ποῖος ὁ λόγος τοῦ ἀριθμοῦ σπειρῶν πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος πηνίου; (ΑΠ: 3 A , $5 : 1$)

Κατηγορία Β'

1) Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα, φέρουσα τὰς ἐνδείξεις « 1 kW , 220 V » συνδέεται α) μὲ δίκτυον συνεχοῦς τάσεως 220 V καὶ β) μὲ δίκτυον έναλλασσομένης τάσεως ἐπίσης 220 V . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τὰς δύο περιπτώσεις. (ΑΠ: α) $i = 4,5 \text{ A}$, β) $i_{\text{eff}} = 4,5 \text{ A}$)

2) Ἡλεκτρικὴ συσκευή, ἰσχύος 3 kW , συνδέεται μὲ δίκτυον έναλλασσομένης τάσεως 220 V , ὅποτε διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐνεργοῦ ἐντάσεως 15 A . Ποῖος εἶναι ὁ συντελεστὴς ἰσχύος καὶ πόση ἡ διαφορά φάσεως μεταξὺ τῆς τάσεως, τῆς τροφοδοτούσης τὴν συσκευὴν, καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ διαρρέοντος αὐτὴν ρεύματος; (ΑΠ: $0,91$, περίπου 25°)

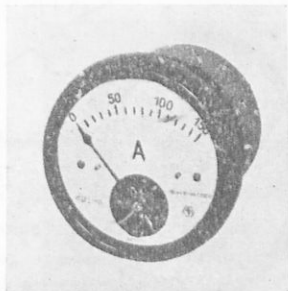
3) Μετασχηματιστὴς χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν ὑποβιβασμὸν τῆς τάσεως ἀπὸ 220 V εἰς 84 V . Ἡ λαμβανομένη ἰσχύς εἰς τὸ δευτερεύον εἶναι 500 W . Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ διατομὴ τῶν ἐκ χαλκοῦ συρμάτων πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος, ἐὰν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος δὲν πρέπει νὰ ὑπερβῇ τὰ 2 A κατὰ mm^2 ; (ΑΠ: περίπου 1 mm^2 εἰς τὸ πρωτεύον καὶ 3 mm^2 εἰς τὸ δευτερεύον)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Κ'

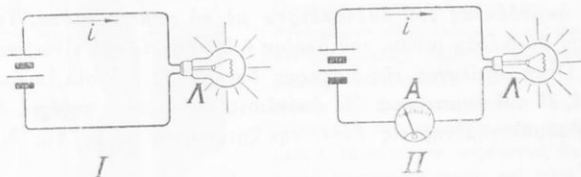
ΜΕΤΡΗΣΙΣ ΕΝΤΑΣΕΩΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ, ΤΑΣΕΩΣ
ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

§ 226. Ἀμπερόμετρα. Ὅργανα, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν τὴν ἔντασιν ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καλοῦνται **ἀμπερόμετρα** (σχ. 267).

Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος μίαν συσκευὴν — π.χ., τὸν λαμπτήρα Λ τοῦ σχήματος 268, I — πρέπει ν' ἀναγκάσωμεν τὸ ρεῦμα, τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ λαμπτήρος, νὰ διέλθῃ καὶ διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου. Πρὸς τοῦτο, πρέπει νὰ διακόψωμεν τὸ κύκλωμα εἰς οἷον-δήποτε σημεῖον — ἀφοῦ, ὡς γνωρίζομεν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς ἓν κύκλωμα εἶναι παντοῦ ἡ αὐτὴ — καὶ νὰ παρεμβάλωμεν εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τὸ ὄργανον (II). Τὸ ρεῦμα, διερχόμενον διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου, προκαλεῖ (διὰ λόγους, τοὺς ὁποίους θὰ γνωρίσωμεν ἀμέσως κατωτέρω) ἀπόκλινσιν τοῦ δείκτου τοῦ ὁργάνου, ὃ



Σχ. 267. Ἀμπερόμετρον.



Σχ. 268. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸν λαμπτήρα Λ , παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τὸ ἀμπερόμετρον A .

ὁποῖος καὶ παρέχει ἐνώπιον κλίμακος, βαθμολογημένης εἰς **ἀμπέρ**, τὴν ζητουμένην τιμὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

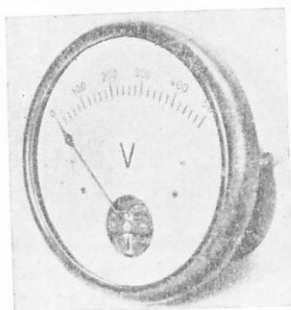
Ὅπως εἶδομεν ἀνωτέρω, τὰ ἀμπερόμετρα συνδέονται, κατὰ τὴν μέτρησιν, ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ κύκλωμα. Ὡς ἐκ τούτου, διὰ νὰ μὴ ἐλαττωταὶ ἡ ἔντασις τοῦ πρὸς μέτρησιν ρεύματος διὰ τῆς παρεμβολῆς τοῦ ὁργάνου, τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται με ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν — δηλ., ἀντίστασιν τῶν ἐντὸς τοῦ ὁργάνου συρμάτων — ὅσον τὸ δυνατόν μικροτέραν.

Ὁ τρόπος συνδεσμολογίας τῶν ἀμπερομέτρων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν τρόπον συνδεσμολογίας τῶν ὁργάνων, τὰ ὁποῖα μετροῦν τὴν παροχὴν ἐνὸς σωλήνος ὕδατος ἢ φωταερίου. Ὅπως τὸ ἀμπερόμετρον, οὕτω καὶ ὁ μετρη-

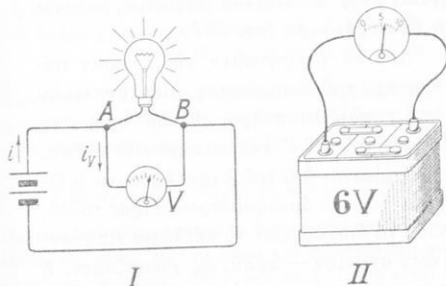
τῆς τῆς παροχῆς πρέπει νὰ συνδεθῇ ἐν σειρά, πρέπει, δηλ., νὰ διακοπῇ ὁ σὼλὴν καὶ εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο νὰ παρεμβληθῇ τὸ ὄργανον μετρήσεως.

Μιλιαμπερόμετρα. Ὅργανα, ὅμοια μὲ τ' ἀνωτέρω, ἀλλὰ βαθμολογημένα εἰς *μιλιαμπέρ* (mA), καλοῦνται **μιλιαμπερόμετρα**.

§ 227. Βολτόμετρα. Ὅργανα, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, μετὰξὺ δύο σημείων καλοῦνται **βολτόμετρα** (σχ. 269).



Σχ. 269. Βολτόμετρον.



Σχ. 270. Οἱ ἀκροδέκται τοῦ βολτομέτρου συνδέονται μὲ τὰ δύο σημεία, τῶν ὁποίων θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ.

Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ, π.χ., εἰς τὰ ἄκρα A, B τοῦ λαμπτήρος τοῦ σχήματος 270, *I*, πρέπει νὰ συνδέσωμεν τοὺς δύο ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου μὲ τὰ σημεία ταῦτα. Τότε, διὰ τοῦ ὁργάνου θὰ διέλθῃ ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις i_v θὰ εἶναι, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm, ἀνάλογος τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα A, B τοῦ λαμπτήρος. Ἡ ἀπόκλισις τοῦ δείκτου παρέχει, ἐνώπιον κλίμακος, βαθμολογημένης εἰς βόλτ, τὴν ζητουμένην τιμὴν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

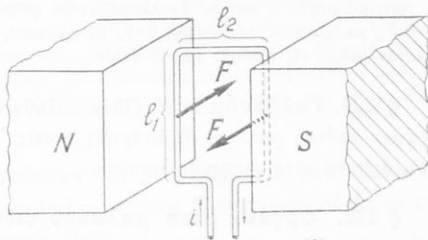
Κατ' ἀνάλογον τρόπον μετρεῖται καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους ἐνὸς συσσωρευτοῦ (σχ. 270, *II*).

Ἡ κατασκευὴ τῶν βολτομέτρων εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν κατασκευὴν τῶν ἄμπερομέτρων, ἀλλ' ἀντιθέτως πρὸς αὐτά, τὰ βολτόμετρα ἔχουν μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν. Καὶ τοῦτο, διότι, κατὰ τὴν μέτρησιν, πρέπει τὸ ρεῦμα i_v , τὸ ὁποῖον διέρχεται δι' αὐτῶν, νὰ εἶναι ὅσον τὸ δυνατὸν ἀσθενέστερον, διότι, ἄλλως, αὐξάνεται πολὺ τὸ ρεῦμα i , τὸ ὁποῖον παρέχει ἡ ἡλεκτρικὴ πηγὴ.

Μιλιβολτόμετρα. Εἶναι βολτόμετρα, τῶν ὁποίων ἡ κλίμαξ εἶναι βαθμολογημένη εἰς *μιλιβόλτ* ($1 mV = 10^{-3} V$).

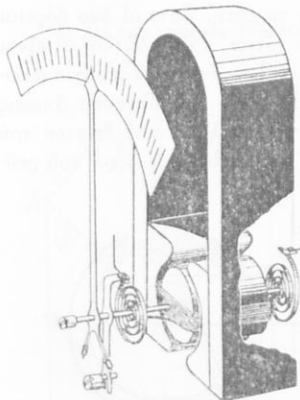
Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν μερικοὺς ἐκ τῶν συνηθεστέρων τύπων ἄμπερομέτρων καὶ βολτομέτρων.

§ 228. Όργανα μετά κινητοῦ πλαισίου. Ἡ ἀρχὴ τῶν ὁργάνων τοῦ τύπου τούτου εἶναι ἡ ἐξῆς: Μεταξὺ τῶν πόλων N, S ἐνὸς μονίμου μαγνήτου (σχ. 271) εὐρίσκειται ὀρθογώνιον πλαίσιον μετὰ τὸ ἐπίπεδόν του παράλληλον πρὸς τὰς δυναμικὰς γραμμὰς. Ἐὰν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάζωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, ἐντάσεως i , θὰ ἐξασκηθῇ ἐπ' αὐτοῦ τὸ ζεύγος τῶν δυνάμεων κατὰ Laplace F, F (βλ. § 206), τὸ ὁποῖον τείνει νὰ περιστρέψῃ τὸ πλαίσιον. Ἡ γωνία, κατὰ τὴν ὁποίαν στρέφεται τὸ πλαίσιον, εὐρίσκεται ὅτι εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ διαρρέοντος αὐτὸ ρεύματος. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τούτου, ἀκριβῶς, στηρίζεται ἡ λειτουργία τῶν ὁργάνων (ἀμπερομέτρων ἢ βολτομέτρων) μετά κινητοῦ πλαισίου.



Σχ. 271. Όργανον μετά κινητοῦ πλαισίου (ἀρχή).

Ἐν ἀμπερομέτρων μετά κινητοῦ πλαισίου παριστᾷ τὸ σχῆμα 272: Ἐντὸς τοῦ διακένου τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μονίμου μαγνήτου στηρίζεται, καταλλήλως, ὀρθογώνιον πλαίσιον μετὰ πολλὰς σπειρας, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα. Σπειροειδῆ ἐλατήρια, προσηρμοσμένα ἐπὶ τοῦ πλαισίου,



Σχ. 272. Ἀμπερόμετρον μετά κινητοῦ πλαισίου ἐν τομῇ.

συγκρατοῦν αὐτὸ ἐλαστικῶς εἰς ὀρισμένην θέσιν ἰσορροπίας. Δείκτης, φερόμενος ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ πλαισίου, δεικνύει, ἐνώπιον κλίμακος, τὴν ἐκάστοτε ἔντασιν τοῦ ρεύματος. Ὅταν διὰ τοῦ πλαισίου τοῦ ὁργάνου διέλθῃ ρεῖμα, τὸ πλαίσιον στρέφεται, ὅποτε τὰ ἐλατήρια παραμορφώνονται καὶ τείνουν νὰ στρέψουν τὸ πλαίσιον ἀντιθέτως. Ὡς ἐκ τούτου, τὸ πλαίσιον θὰ ἰσορροπηθῇ εἰς ἐκείνην τὴν θέσιν, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ ροπὴ τοῦ ζεύγους τῶν ἐκ τοῦ ρεύματος προκαλουμένων δυνάμεων κατὰ Laplace θ' ἀντισταθμίζεται ὑπὸ τῆς ροπῆς, τῆς ἀναπτυσσομένης ἐκ τῆς ἐλαστικῆς παραμορφώσεως τῶν ἐλατηρίων.

Εἶναι φανερόν ὅτι, ἐὰν τὸ πλαίσιον τοῦ περιγραφέντος ὁργάνου κατασκευασθῇ μετὰ γάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν

καὶ ἡ κλίμαξ αὐτοῦ βαθμολογηθῇ εἰς βόλτ, θὰ προκύψῃ τὸ «βολτόμετρον μετά κινητοῦ πλαισίου».

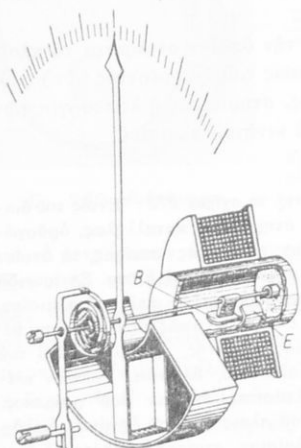
Τὰ περιγραφέντα ὄργανα μετά κινητοῦ πλαισίου δὲν εἶναι δυνατόν νὰ χρησιμοποιηθῶν διὰ μετρήσεις εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῖμα, καθ' ὅσον ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀλλαγὴν εἰς τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ πλαισίου καί, ὥς ἐκ τούτου, τὸ πλαίσιον, λόγῳ τῆς ἀδρανείας του, ἀδυνατεῖ νὰ παρακολουθῇ τὰς

ἐναλλαγὰς τοῦ ρεύματος καὶ παραμένει ἀκίνητον εἰς τὴν θέσιν τοῦ μηδενός.

Σημείωσις. Εἶδομεν ὅτι τὰ ὄργανα μετὰ στρεφομένου πλαισίου δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν μόνον διὰ συνεχὲς ρεῦμα. Ἐν τούτοις, τὰ ὄργανα ταῦτα δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ δι' ἐναλασσόμενον ρεῦμα, ἀρκεῖ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν των νὰ συνδεθῇ κατ'ἀλλήλους ἀνορθωτής, δηλ., ἓν ὄργανον, τὸ ὁποῖον μετατρέπει τὸ ἐναλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχὲς (βλ. § 289).

§ 229. Γαλβανόμετρα. Οὕτω καλοῦνται ὄργανα, διὰ τῶν ὁποίων μετροῦμεν ἀσθενῆ ρεύματα ἢ ἀσθενεῖς τάσεις. Τὰ ὄργανα ταῦτα εἶναι, συνήθως, ὄργανα μετὰ κινητοῦ πλαισίου.

§ 230. Ὅργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου. Εἰς τὰ ὄργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 273), ὑπάρχουν ἐντὸς πηνίου δύο τεμάχια *B*, *E* ἐκ

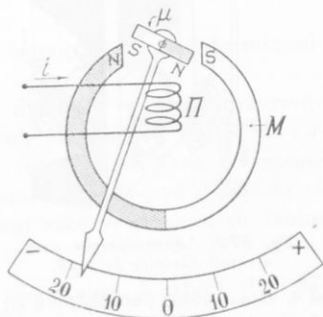


Σχ. 273. Ὅργανον μετὰ μαλακοῦ σιδήρου ἐν τομῇ.

μαλακός, ἀλλάσσουν ταυτοχρόνως καὶ οἱ δύο πόλοι, οὕτως ὥστε θὰ ὑπάρχῃ πάντοτε ἄπωσις. Συνεπῶς, τὰ ὄργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ διὰ μετρήσεις εἰς ἐναλασσόμενον ρεῦμα. Τὰ ὄργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου, ὥς ἐκ τῆς ἀπλῆς κατασκευῆς των, εἶναι εὐθηνά.

§ 231. Ἀμπερόμετρον μετὰ στρεφόμενου μαγνήτου. Ἀπλὸς τύπος ἀμπερομέτρου εἶναι καὶ ὁ χρησιμοποιούμενος εἰς τὰ αὐτοκίνητα διὰ νὰ δεικνύῃ τὴν ἔντασιν

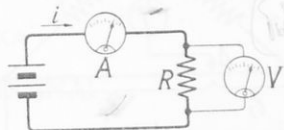
μαλακοῦ σιδήρου, ἰδιάζοντος σχήματος-π.χ., κυκλικοῦ τομέως. Ἐκ τούτων τὸ μὲν εἶναι ἀκίνητον, τὸ δὲ στρεπτόν περὶ ἄξονα, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι στερεωμένος καὶ ὁ δείκτης τοῦ ὁργάνου. Τὸ πρὸς μέτρησιν ρεῦμα, διαρρέον τὸ πηνίον, δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδῖον, ὥς ἐκ τοῦ ὁποίου τὰ δύο σιδηρὰ τεμάχια μαγνητίζονται. Ἡ μαγνήτισις τῶν δύο τεμαχίων εἶναι τοιαύτη, ὥστε οἱ δύο βόρειοι καὶ οἱ δύο νότιοι πόλοι αὐτῶν νὰ εἶναι ἀπέναντι ἀλλήλων, ὁπότε τὰ τεμάχια ἀπωθοῦνται. Ἡ οὕτω προκύπτουσα ἄπωσις προκαλεῖ τὴν ἀπόκλισιν τοῦ δείκτη τοῦ ὁργάνου. Ἐὰν ἀλλάξῃ ἡ φορὰ τοῦ ρεύ-



Σχ. 274. Ἀμπερόμετρον μετὰ στρεφόμενου μαγνήτου (ἀρχή).

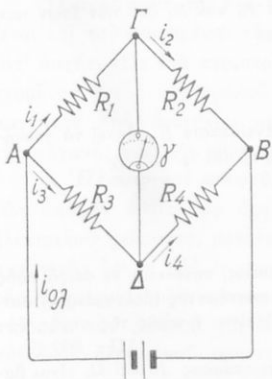
τοῦ ρεύματος (ὄχι μὲ ἀκρίβειαν), κυρίως δὲ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος. Ἀποτελεῖται ἐκ μικροῦ μονίμου μαγνήτου μ (σχ. 274), ὁ ὁποῖος εἶναι στρεπτός περὶ ἄξονα καὶ εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ δικτύου δευτέρου (πεταλοειδοῦς) μονίμου μαγνήτου M . Πλησίον τοῦ στρεπτοῦ μαγνήτου ὑπάρχει τὸ πηνίον Π , τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ τοῦ πρὸς μέτρησην ρεύματος. Ὁ μαγνήτης M κρατεῖ τὸ στρεπτὸν σύστημα εἰς τὴν θέσιν τοῦ μηδενός. Ὅταν τὸ πηνίον διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐξασκεῖται ἐπὶ τοῦ κινητοῦ μαγνήτου μ ζεύγος δυνάμεων, τείνουν νὰ καταστήσῃ αὐτὸν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πηνίου. Ἐάν ἀλλάξῃ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος, ἀλλάσσει καὶ ἡ φορὰ τοῦ ζεύγους.

§ 232. Μέτρησης ἀντιστάσεων. α) **Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ Ohm.** Διὰ πρόχειρον μέτρησιν μιᾶς ἀντιστάσεως R συνδεδόμεν αὐτὴν μὲ τοὺς πόλους ἡλεκτρικῆς πηγῆς, παρεμβάλλοντες εἰς τὸ κύκλωμα καὶ τὸ ἀμπερόμετρον A (σχ. 275). Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως συνδεδόμεν τὸ βολτόμετρον V . Τὸ ἀμπερόμετρον θὰ μᾶς δώσῃ τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὴν ἀντίστασιν, ἐνῶ τὸ βολτόμετρον θὰ μᾶς δώσῃ τὴν τάσιν U εἰς τὰ ἄκρα τῆς. Ἐάν τὴν ἔντασιν ἐκφράσωμεν εἰς ἀμπέρ καὶ τὴν τάσιν εἰς βόλτ, τὸ πηλίκον U/i θὰ μᾶς δώσῃ τὴν ζητουμένην ἀντίστασιν εἰς $\Omega\mu$.



Σχ. 275. Μέτρησης ἀντιστάσεως διὰ βολτομέτρον καὶ ἀμπερομέτρον.

β) **Διὰ τῆς γέφυρας Wheatstone (Οὐίτστων).** Διὰ μετρήσεις μεγαλυτέρας ἀκριβείας χρησιμοποιεῖται ἡ *γέφυρα* Wheatstone. Αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ τεσσάρων ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3, R_4 , αἱ ὁποῖαι συνδέονται, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 276. Δύο ἀπέναντι κορυφᾶς A, B συνδέομεν μὲ ἡλεκτρικὴν τινὰ πηγὴν, ἐνῶ τὰς ἄλλας δύο Γ, Δ συνδέομεν μὲ τὰ ἄκρα τοῦ γαλβανόμετρον γ . Τὸ ρεῖμα $i_{ολ}$ διχάζεται εἰς τὸν κόμβον A καὶ μέρος αὐτοῦ (i_1) διαρρέει τὸν ἕνα κλάδον, τὸ δὲ υπόλοιπον (i_3) τὸν ἄλλον. Ἐάν αἱ τιμαὶ τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων εἶναι οἰαδιδήποτε, τότε μεταξὺ τῶν σημείων Γ καὶ Δ θὰ ὑπάρχῃ διαφορὰ δυναμικοῦ καί, ὥς ἐκ τούτου, διὰ τοῦ γαλβανόμετρον θὰ διέρχεται ρεῖμα. Δυναμέθα, ὁμως, διὰ μεταβολῆς μιᾶς τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ τῶν σημείων Γ καὶ Δ νὰ γίνῃ ἴση πρὸς μηδέν, ὅποτε τὸ γαλβανόμετρον δὲν θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἰσχύει—ὅπως



Σχ. 276. Γέφυρα Wheatstone.

ἀποδεικνύεται κατωτέρω—ἡ σχέσις

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}.$$

Ἐάν, λοιπόν, ἐκ τῶν τεσσάρων ἀντιστάσεων εἶναι γνωσταὶ αἱ τρεῖς, προκύπτει, διὰ τοῦ ἄνω τύπου, ἡ τετάρτη.

Ἀπόδειξις. Ἐφαρμόζοντες τὸν 1ον κανόνα τοῦ Kirchhoff εἰς τοὺς κόμβους Γ καὶ Δ, ὅταν τὸ γαλβανόμετρον δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, λαμβάνομεν

$$i_1 = i_2 \quad (1) \quad \text{καὶ} \quad i_3 = i_4. \quad (2)$$

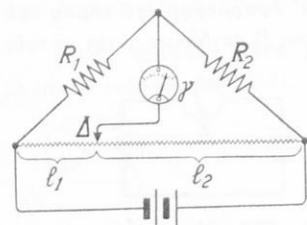
Δι' ἐφαρμογῆς τοῦ δευτέρου κανόνος τοῦ Kirchhoff εἰς τὰ κλειστά κυκλώματα ΑΓΔ καὶ ΓΒΔ, λαμβάνομεν τὰς σχέσεις

$$i_1 \cdot R_1 - i_3 \cdot R_3 = 0 \quad (3) \quad \text{καὶ} \quad i_2 \cdot R_2 - i_4 \cdot R_4 = 0. \quad (4)$$

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων (1), (2), (3) καὶ (4) λαμβάνομεν, τελικῶς, τὴν ζητουμένην σχέσιν.

Γέφυρα μετὰ χορδῆς. Εἰς τὴν γέφυραν ταύτην (σχ. 277) δύο ἐκ τῶν ἀντιστάσεων (R_3, R_4) ἀντικαθίστανται ὑφ' ἐνὸς σύρματος (χορδῆς), ἐπὶ τοῦ ὁποίου δύναται νὰ μετακινήται ὁ δρομέυς Δ, δηλ., μία μεταλλικὴ κινητὴ ἐπαφή. Ἐάν μετακινήσωμεν τὸν δρομέα εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε διὰ τοῦ γαλβανόμετρον νὰ μὴ διέρχεται ρεῦμα, θὰ ἰσχύῃ ἡ γνωστὴ σχέση

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (5)$$



Σχ. 277. Γέφυρα μετὰ χορδῆς.

ἔνθα R_3 καὶ R_4 εἶναι αἱ ἀντιστάσεις τῶν τμημάτων l_1 καὶ l_2 τῆς χορδῆς. Αἱ δύο αὗται ἀντιστάσεις R_3 καὶ R_4 δύναται νὰ ὑπολογισθοῦν ἐκ τῶν τύπων

$$R_3 = \rho \cdot \frac{l_1}{S} \quad (6) \quad \text{καὶ} \quad R_4 = \rho \cdot \frac{l_2}{S} \quad (7)$$

ἔνθα ρ εἶναι ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ὕλικου τοῦ σύρματος καὶ S τὸ ἐμβαδὸν τῆς διατομῆς του. Ἀντικαθιστώντες εἰς τὸν τύπον (5) τὰ R_3 καὶ R_4 διὰ τῶν ἴσων των, τὰ ὁποῖα λαμβάνομεν ἐκ τῶν τύπων (6) καὶ (7), ἔχομεν

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}.$$

Ἐκ τῆς ἐξισώσεως ταύτης εὐρίσκομεν τὴν ἄγνωστον ἀντίστασιν R_1 , ἀρκεῖ νὰ γνωρίζωμεν τὴν ἀντίστασιν R_2 καὶ νὰ μετρήσωμεν τὰ μήκη l_1 καὶ l_2 .

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Β'

- 1) Ἀμπερόμετρον, ἀμελητέας ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως, συνδέεται ἐν σειρᾷ πρὸς ἀντίστασιν $10\,000 \, \Omega$, τὰ δὲ ἄκρα τοῦ προκύπτοντος συστήματος (βολτομέτρον) συνδέονται πρὸς τοὺς πόλους ἡλεκτρικῆς πηγῆς. Ποία θὰ εἶναι ἡ τάσις τῆς πηγῆς, ἐάν τὸ ὄργανον δεικνύῃ $20 \, \text{mA}$; (ΑΠ: $200 \, \text{V}$)
- 2) Ἡ κλίμαξ ἐνὸς βολτομέτρον, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $10\,000 \, \Omega$, εἶναι βαθμολογημένη ἀπὸ $0 \div 300 \, \text{V}$. Ποία θὰ εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος, ὅταν τὸ ὄργανον συνδεθῇ μὲ τάσιν $220 \, \text{V}$; (ΑΠ: $22 \, \text{mA}$)
- 3) Ἡ κλίμαξ ἐνὸς ἀμπερομέτρον, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $1 \, \Omega$, εἶναι βαθμολογημένη ἀπὸ $0 \div 1 \, \text{A}$. Ποία ἀντίστασις πρέπει νὰ συνδεθῇ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ ὁργάνου, ὥστε νὰ δύναται τοῦτο νὰ μετρῇ ἐντάσεις ρεύματος ἀπὸ $1 - 10 \, \text{A}$; (ΑΠ: $0,11 \, \Omega$)
- 4) Ἡ κλίμαξ ἐνὸς βολτομέτρον, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως $1000 \, \Omega$, εἶναι βαθμο-

λογημένη ἀπὸ $0 \div 15 \text{ V}$. Ποία ἀντίστασις πρέπει νὰ συνδεθῇ ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ ὄργανον τοῦτο ὥστε νὰ δύναται νὰ μετρῇ τάσεις ἀπὸ $0 \div 150 \text{ V}$; (ΑΠ: 9000Ω)

5) Ἡ κλίμαξ ἐνὸς γαλβανομέτρου, ἐσωτερικῆς ἀντίστασεως 100Ω , εἶναι βαθμολογημένη ἀπὸ $0 \div 100 \mu\text{A}$ ($1 \mu\text{A} = 1 \text{ μικροαμπέρε} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ A}$). Ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ ὀργάνου διὰ μιᾶς ἀντιστάσεως 11Ω (ὁπότε ἔχομεν δύο ἀντιστάσεις ἐν παραλλήλῳ), ποία εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ μετρούμενου ρεύματος, ὅταν ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου φθάσῃ εἰς τὸ ἄκρον τῆς κλίμακος; (ΑΠ: $1 \cdot 10^{-3} \text{ A}$)

6) Βολτόμετρον, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 2000Ω , μετρῇ μεγίστην τάσιν 30 V . Ἐὰν ἡ ἐσωτερικὴ του ἀντίστασις αὐξηθῇ κατὰ 8000Ω , ποία θὰ εἶναι ἡ μεγίστη τάσις, τὴν ὁποίαν τοῦτο δύναται νὰ μετρήσῃ; (ΑΠ: 150 V)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΑ΄

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

§ 233. Γενικά περί ηλεκτρικῶν γεννητριῶν καὶ ηλεκτρικῶν κινητήρων. α) *Ἡλεκτρικαὶ γεννήτριαι*. Αὗται εἶναι ηλεκτρικαὶ μηχαναί, αἱ ὁποῖαι, ὅταν τεθοῦν εἰς περιστροφικὴν κίνησιν δι' ἄλλης μηχανῆς (π.χ., δι' ὑδροστροβίλου, ἀτμομηχανῆς, ἀτμοστροβίλου κ.λ.), ἀναπτύσσουν ἡλεκτρογενετικὴν δύναμιν εἰς τοὺς πόλους των καὶ εἶναι ἱκαναὶ νὰ παράγουν ἰσχυρὰ ηλεκτρικὰ ρεύματα, ὅπως τὰ ἀπαιτούμενα εἰς τὴν βιομηχανίαν καὶ τὰς πρακτικὰς, ἐν γένει, χρήσεις.

Ἡ παραγωγή τῆς ἡλεκτρογενετικῆς δυνάμεως εἰς τὰς γεννητριάς στηρίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς. Τοῦτο εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτευχθῇ, κατ' ἀρχήν, εἴτε διὰ περιστροφῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ εἰς σχῆμα πλαισίου, εὐρισκομένου ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 256), εἴτε διὰ περιστροφῆς ἐνὸς μαγνήτου πρὸ ἀκίνητου πηνίου (σχ. 254). Τὸ περιστρεφόμενον σύστημα τῆς μηχανῆς καλεῖται *ρῶτωρ*, τὸ δὲ ἀκίνητον *στάτωρ*.

β) *Ἡλεκτρικοὶ κινητήρες (moteurs)*. Οὗτοι εἶναι ηλεκτρικαὶ μηχαναί, τῶν ὁποίων ὁ στάτωρ ἀρχίζει νὰ περιστρέφεται, ὅταν τροφοδοτηθοῦν δι' ηλεκτρικοῦ ρεύματος, μετατρέπουσαι, οὕτω, τὴν ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὸν ἔργον. Ἡ λειτουργία, δηλαδή, τῶν κινητήρων εἶναι ἀντίστροφος τῆς λειτουργίας τῶν γεννητριῶν. Πράγματι, ἔάν, ἀντὶ νὰ θέσωμεν εἰς περιστροφὴν τὸν ρῶτωρα τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 256, τροφοδοτήσωμεν αὐτὸν δι' ηλεκτρικοῦ ρεύματος, οὗτος θ' ἀρχίσῃ νὰ περιστρέφεται. Ἡ περιστροφή αὕτη προέρχεται ἐκ ζεύγους δυνάμεων κατὰ Laplace, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται ἐπὶ τῶν συρμάτων τοῦ πλαισίου (βλ. καὶ σχ. 271). Ἐπειδὴ ἡ δύναμις κατὰ Laplace εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἔπεται ὅτι καὶ ἡ ροπὴ τοῦ ζεύγους θὰ εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Συνεπῶς, ἔάν θέλωμεν νὰ ἔχομεν κινητήρα μεγάλης ἰσχύος, πρέπει οὗτος νὰ διαρρέεται ὑπὸ ἰσχυροῦ ρεύματος - ὅπως, ἄλλωστε, συνάγεται καὶ ἐκ τοῦ ἀξιώματος διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.

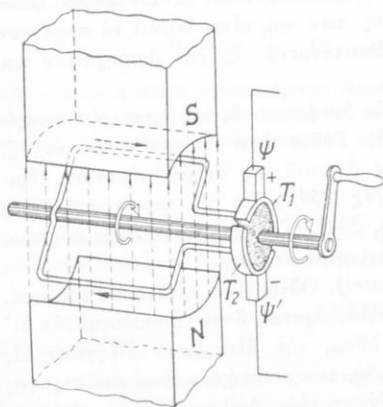
Εἰς τὰ κατωτέρω περιγράφονται, λεπτομερέστερον, αἱ γεννήτριαι καὶ οἱ κινητήρες.

Συντελεστὴς ἀποδόσεως. Γενικῶς, *συντελεστὴς ἀποδόσεως* ἡ μιᾷ οἰασδὴποτε μηχανῇ καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς ἰσχύος, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ ἐν λόγῳ μηχανή, διὰ τῆς ἰσχύος, τὴν ὁποίαν, προσφέρομεν εἰς αὐτήν. Προκειμένου, π.χ., περὶ ἡλεκτρικοῦ κινητήρος, συντελεστὴν ἀποδόσεως ἡ θὰ καλέσωμεν τὸ πηλίκον

$$\eta = \frac{\text{μηχανικὴ ἰσχύς, παρεχομένη ὑπὸ τοῦ κινητήρος}}{\text{καταναλισκομένη ἡλεκτρικὴ ἰσχύς}}.$$

Ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τοῦ κινητήρος, ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως κυμαίνεται μεταξὺ $0,50 \div 0,95$ (*).

§ 234. Γεννήτριαι καὶ κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος. α) *Γεννήτριαι.* Εἰς τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 256 τὰ ἄκρα τοῦ πλαισίου καταλήγουν εἰς δύο δακτυλίους, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐφάπτονται δύο τεμάχια ἐξ ἀνθρακος, τὰ ὁποῖα καλοῦνται *ψήκτρα*. Ἡ διὰ τῶν ψήκτρων αὐτῶν λαμβανομένη τάσις εἶναι, ὡς γνωστόν, ἐναλλασσομένη. Ἄν, ὁμως, ἀντὶ τῶν δύο δακτυλίων χρησιμοποιηθῇ μόνον εἰς, ἀλλ' ὑποδιηρημένος εἰς δύο μονωμένους ἀπ' ἀλλήλων τομεῖς T_1, T_2 (συλλέκτης - σχ. 278), τότε



Σχ. 278. Γεννήτρια παραγωγῆς συνεχοῦς ρεύματος (ἀρχή).

θὰ ἐμφανίζεται εἰς τὰς ψήκτρας ΗΕΔ τῆς αὐτῆς πάντοτε φορᾶς. Ὅντως ἔστω ὅτι, κατὰ τινα στιγμήν, ὁ εἰς τομεῖς (T_1) εἶναι θετικὸς, ὁ δὲ ἄλλος (T_2) ἀρνητικὸς, ὁπότε καὶ ἡ ἄνω ψήκτρα Ψ θὰ εἶναι θετική, ἡ δὲ κάτω Ψ' ἀρνητική. Ὅταν τὸ πλῆσιον στραφῇ κατὰ 180° , ὁ πρῶτος τομεῖς T_1 θὰ ἔχῃ ἀλλάξει σημεῖον (θὰ ἔχῃ γίνει, δηλ., ἀρνητικὸς), θὰ ἔχῃ, ὁμως, στραφῇ καὶ θὰ εὐρίσκεται κάτω, ἐφαπτόμενος, τώρα, τῆς κάτω ψήκτρας Ψ' . Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἡ ψήκτρα αὕτη θὰ διατηρηθῇ διαρκῶς ἀρνητική. Ἀντιστοίχως, ἡ ἄνω ψήκτρα Ψ θὰ διατηρηθῇ διαρκῶς θετική.

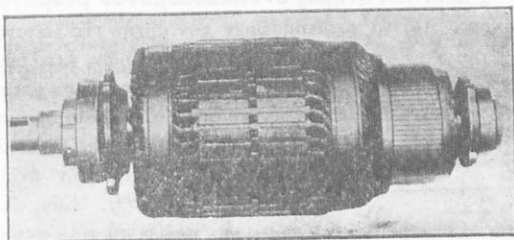
Διὰ νὰ εἶναι ἡ ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ ὅσον τὸ δυνατόν σταθερωτέρα, χρησιμοποιοῦνται, ἀντὶ ενός, περισσότερα πλαίσια, τὰ ὁποῖα καταλή-

(*) Ὁ ἀριθμὸς $0,95$ γράφεται καὶ $\frac{95}{100}$. Εἰς τὴν καθημερινὴν ζωὴν τοῦτο γρά-

φεται καὶ 95% .

β) *Κινητήρες*. 'Εάν συνδέσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 278 μὲ πηγὴν συνεχοῦς τάσεως, τὸ πλαίσιον θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, λόγῳ δὲ τῶν ἐπ' αὐτοῦ ἀναπτυσσομένων δυνάμεων κατὰ Laplace, θ' ἀρχίσῃ νὰ περιστρέφεται. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ μηχανὴ καλεῖται *κινητὴρ συνεχοῦς ρεύματος*.

'Εφαρμογὴν τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος ἔχομεν εἰς τοὺς ηλεκτρικοὺς τροchioδρόμους, τὰ ηλεκτροκίνητα αὐτοκίνητα κ.λ. Εἰς τοὺς τροchioδρόμους ἡ τάσις, ἡ ἀναγκαία διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν κινητήρων (*), λαμβάνεται μεταξὺ τοῦ ἑναερίου ἀγωγοῦ καὶ τῶν σιδηροτροχιῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι προσγειωμέναι. Εἰς τὰ ηλεκτροκίνητα αὐτοκίνητα (trolley - bus) ἀπαιτοῦνται δύο ἑναεριοὶ ἀγωγοὶ—ἐναντὶ τοῦ ἑνὸς τῶν τροchioδρόμων—καθόσον ἐλλείπουν αἱ σιδηροτροχιαί.

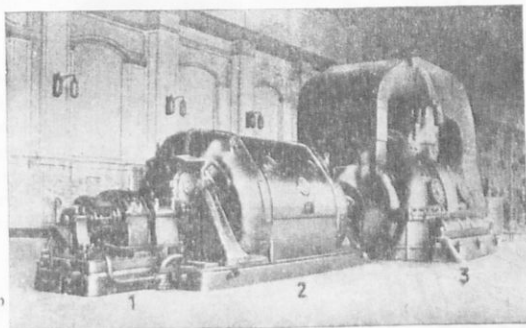


Σχ. 279. Πῶτωρ γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος. Δεξιὰ διακρίνονται οἱ τομεῖς τοῦ συλλέκτου, εἰς τὸ μέσον δὲ ἐντομαί εἰς τὸν σιδηροὺν πυρήνα, ἐντὸς τῶν ὁποίων εἶναι στερεωμένοι οἱ εἰς σχῆμα πλαισίου ἀγωγοὶ τοῦ πῶτωρος.

§ 235. Γεννήτριαι ἐναλλασσομένου ρεύματος. 'Εκ τῶν διαφόρων γεννητριῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος θὰ περιγράψωμεν μόνον τὰς εὐρύτερον χρησιμοποιουμένας *τριφασικὰς γεννητρίας*. Τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῶν ἐγνωρίσαμεν, ἤδη, εἰς τὴν § 225 - σχ. 264: Κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ μαγνήτου, ἐπάγονται εἰς τὰ τρία πηνία τρεῖς ΗΕΔ, αἱ ὁποῖαι

ἀποτελοῦν τριφασικὴν τάσιν. Εἰς τὴν πραγματικότητά, ὁ περιστρεφόμενος μόνιμος μαγνήτης (πῶτωρ) ἀντικαθίσταται ὑπὸ ηλεκτρομαγνήτου.

Τὸ σχῆμα 280 παριστᾷ μεγάλην τριφασικὴν γεννήτριαν (2), περιστρεφομένην δι' αὐτοστροβίλου (3).



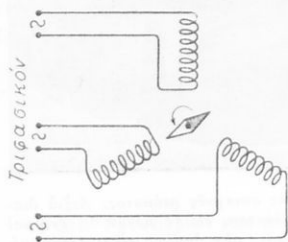
Σχ. 280. Ἡ τριφασικὴ γεννήτρια (2) τίθεται εἰς περιστροφὴν διὰ τοῦ αὐτοστροβίλου (3).

* Ἀριστερά, διακρίνεται μικρὰ γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος (1), ἡ ὁποία πα-

(*) Ἡ τάσις αὕτη εἶναι ἴση πρὸς 500 V.

ρέχει τὸ ἀπαραίτητον συνεχὲς ρεῦμα διὰ τὴν τροφοδότησιν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου τοῦ ρώτορος τῆς τριφασικῆς γεννητρίδας.

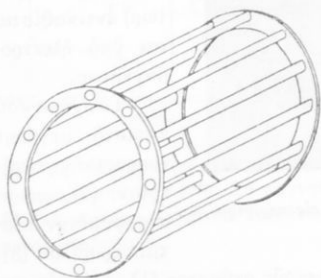
§ 236. Κινητήρες ἐναλλασσομένου ρεύματος. α) *Τριφασικοὶ κινητήρες.* Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῶν τριφασικῶν



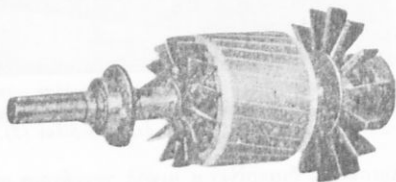
Σχ. 281. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ τριφασικοῦ κινητήρος.

ἔν στρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον· δηλ., μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου ἡ διεύθυνσις τῆς ἐντάσεως δὲν διατηρεῖται σταθερά, ἀλλὰ περιστρέφεται. Ὡς ἐκ τούτου, ἡ μαγνητικὴ βελόνη, τείνουσα νὰ προσανατολισθῇ πρὸς τὴν ἐκάστοτε διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικῶν πεδίου, τίθεται εἰς περιστροφήν. Τὸ ἄνω πείραμα μᾶς παρέχει τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῶν τριφασικῶν κινητήρων.

Εἰς τὴν πραγματικότητα, ὁ ρώτωρ τοῦ κινητήρος ἀποτελεῖται ἐξ ἀριθμοῦ τινος χαλκίνων ράβδων, βριχυκυκλωμένων μεταξύ των εἰς τὰ ἄκρα διὰ δύο χαλκίνων στεφανῶν (σχ. 282). Τὸ σύστημα τοῦτο καλεῖται *κλωβός*. Ὅταν ὁ κινητὴρ τροφοδοτηθῇ διὰ τριφασικοῦ ρεύματος, ἀνα-



Σχ. 282. Ἀρχὴ τῆς κατασκευῆς τοῦ κλωβοῦ.



Σχ. 283. Τριφασικὸς κινητὴρ με κλωβόν. Ἄνω στάτωρ, κάτω ρώτωρ.

πτύσσονται ἐντὸς τῶν ράβδων τοῦ κλωβοῦ ἐπαγωγικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ὡς εὐρί-

σκόμμενα ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ σχηματιζομένου ὑπὸ τῶν τριῶν πηνίων, ὑφίστανται δυνάμεις κατὰ Laplace. Αἱ δυνάμεις αὗται, ἀκριβῶς, εἶναι ἐκεῖναι, αἱ ὁποῖαι θέτουν εἰς περιστροφὴν τὸν ρώτορα. Τὸ σχῆμα 283 παριστᾷ τὸν στάτορα (ἄνω) καὶ τὸν ρώτορα (κάτω) τριφασικοῦ κινητήρος μὲ κλωβόν.

β) *Μονοφασικοὶ κινητήρες*. Οἱ κινητήρες οὗτοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς διαφόρους οἰκιακὰς χρήσεις. Ἐκ τῶν διαφόρων τύπων μονοφασικῶν κινητήρων θὰ περιγραφῶμεν τοὺς *μονοφασικοὺς κινητήρας μὲ συλλέκτην*. Οὗτοι εἶναι ἀναλόγου κατασκευῆς πρὸς τοὺς κινητήρας συνεχοῦς ρεύματος (§ 234), μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ὁ σιδηροῦς πυρὴν τοῦ ηλεκτρομαγνήτου τῶν δὲν εἶναι δόλωσμος, ἀλλ' ἔχει ὑποδιατεθειθῇ εἰς φύλλα, διὰ τὴν ἀποφυγὴν ἰσχυρῶν ρευμάτων Foucault. Οἱ κινητήρες οὗτοι εἶναι οἱ μᾶλλον ἐν χρήσει κινητήρες οἰκιακῆς χρήσεως (π.χ., εἰς ἀνεμιστήρας, εἰς ἀναρροφητήρας σκόνης κ.λ.), ἔχουν δὲ τὸ πλεονέκτημα ὅτι δύνανται νὰ λειτουργήσουν καὶ μὲ συνεχῆς ρεῦμα.

§ 237. Γενικαί παρατηρήσεις ἐπὶ τῶν ηλεκτρικῶν γεννητριῶν καὶ κινητήρων. Ὅταν μία γεννήτρια λειτουργῇ, ἀλλ' οἱ πόλοι αὐτῆς δὲν εἶναι συνδεδεμένοι μὲ ἐξωτερικὸν κύκλωμα — ὁπότε αὕτη δὲν παρέχει ρεῦμα — λέγομεν ὅτι *λειτουργεῖ ἐν κενῷ*, ἐνῷ ὅταν αὕτη παρέχῃ ρεῦμα εἰς ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὁμιλοῦμεν περὶ *λειτουργίας ὑπὸ φορτίου*. Εἰς τὴν δευτέραν περίπτωσιν ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια παράγεται δαπάναις τοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον παρέχει ἡ μηχανή, ἡ κινουσα τὴν γεννήτριαν.

Ἀνάλογα ἰσχύουν καὶ διὰ τοὺς κινητήρας: Οἱ ηλεκτρικοὶ κινητήρες χρησιμοποιοῦνται διὰ νὰ θέτουν εἰς κίνησιν ἄλλας μηχανάς, μετὰ τῶν ὁποίων εἶναι συνδεδεμένοι καταλλήλως. Ὅταν, λοιπόν, εἰς κινητὴρ θέτῃ εἰς κίνησιν ἄλλην μηχανήν, λέγομεν ὅτι *λειτουργεῖ ὑπὸ φορτίου*, ἐνῷ, ὅταν περιστρέφεται ἐλευθέρως, χωρὶς δηλ., νὰ κινήῃ ἄλλην μηχανήν, λέγομεν ὅτι *λειτουργεῖ ἐν κενῷ*.

Κατὰ τὴν ἐκκίνησιν ἐνὸς κινητήρος, ἡ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος (*ρεῦμα ἐκκινήσεως*) λαμβάνει μεγάλην τιμὴν. Αὕτη δύναται νὰ γίνῃ πολλαπλασία τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος κανονικῆς λειτουργίας. Εἰς τοὺς μεγάλους κινητήρας τὸ ἰσχυρὸν ρεῦμα ἐκκινήσεως θὰ ἠδύνατο νὰ προκαλέσῃ ἀνωμαλίαν καὶ διὰ τοῦτο παρεντίθεται ἐν σειρᾷ πρὸς τὸν ρώτορα μία μεταβλητὴ ἀντίστασις — ἡ *ἀντίστασις ἐκκινήσεως* — ἡ ὁποία τίθεται ἐκτὸς κυκλώματος, εὐθὺς ὡς ὁ κινητὴρ ἀρχίσει νὰ περιστρέφεται ταχέως.

Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα τῶν ηλεκτρικῶν μηχανῶν. Πᾶσα ηλεκτρικὴ μηχανή χαρακτηρίζεται ἐξ ὀρισμένων στοιχείων, τὰ ὁποῖα ἀναγράφονται, συνήθως, ἐπὶ εἰδί. κῆς πινακίδος, εὐρίσκομένης ἐπὶ τῆς μηχανῆς καὶ τὰ ὁποῖα εἶναι: α) ἡ τάσις, τὴν ὁποίαν παρέχει ἡ γεννήτρια ἢ ἡ τάσις, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ τὴν κανονικὴν λειτουργίαν τοῦ κινητήρος (π.χ., συνεχῆς 110 V, ἐναλλασσομένη 220 V κ.λ.). β) Ἡ μεγίστη μόνιμος ἰσχύς, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ παράσῃ ἡ γεννήτρια ἢ τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ὁ κινητὴρ (π.χ., γεννήτρια 500 kW, κινητὴρ 2 HP κ.λ.). γ) Ὁ ἀριθμὸς στροφῶν ἀνὰ πρῶτον λεπτὸν κ.λ.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορίαι Α'

(Συντελεστὴς ἀποδόσεως διὰ τὰς ἀσκήσεις τῆς κατηγορίας Α' 100 %).

1) Ἐπὶ πινακίδος, προσηρμοσμένης ἐπὶ ηλεκτρικῆς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, ἀναγράφονται αἱ ἐνδείξεις 45 kW, 110 V. Ποία εἶναι ἡ μεγίστη ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὴν ὁποίαν δύναται αὕτη νὰ παράσῃ, χωρὶς νὰ υπερθερμανθῇ;

(ΑΠ: 45,4 A)

2) Κινητὴρ συνεχοῦς ρεύματος, συνδεδεμένος πρὸς τάσιν 110 V, κινεῖ ἄλευρό-

μυλόν. Δι' ἀμπερομέτρου εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸν κινητήρα, εἶναι ἴση πρὸς 20 A. Πόσῃ ἡλεκτρικῇ ἐνέργειᾳ (εἰς kWh) θὰ καταναλώσῃ ὁ κινητὴρ οὗτος ἐντὸς 8 ὥρων ; (ΑΠ: 17,6 kWh)

3) Διὰ τὴν ἄρδευσιν ἀγροκλήματος ἀπαιτοῦνται 15000 m³ ὕδατος μηνιαίως. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιεῖται ἡλεκτροκίνητος ἀντλία, τάσεως λειτουργίας 220 V, ἡ ὁποία, λειτουργοῦσα ἐπὶ 16 ὥρας ἡμερησίως, ἀντλεῖ τὸ ὕδωρ ἐκ φρέατος, βάθους 25 m. Ζητεῖται α) ἡ ἡλεκτρικὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν θὰ καταναλίσκῃ ὁ κινητὴρ (ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι τὸσον ὁ κινητὴρ, ὅσον καὶ ἡ ἀντλία λειτουργοῦν ἄνευ ἀπωλειῶν ἐνέργειας) καὶ β) ἡ μηνιαία δαπάνη διὰ τὴν ἄρδευσιν, δεδομένου ὅτι τὸ 1 kWh τιμᾶται 1,5 δραχμάς. (ΑΠ: α) 2,13 kW, β) 1535 δρχ.)

Κατηγορία Β'

1) Ποία θὰ εἶναι ἡ ἡλεκτρικὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν θὰ καταναλώσῃ ὁ κινητὴρ τῆς 3ης ἀσκήσεως τῆς κατηγορίας Α' καὶ ποία ἡ μηνιαία δαπάνη, ὅταν ὁ συντελεστής ἀποδόσεως τοῦ κινητήρος εἶναι 0,9, τῆς δὲ ἀντλίας 0,6 ; (ΑΠ: 3,94 kW, 2837 δρχ.)

2) Ἡλεκτρικὸς κινητὴρ καταναλίσκει ἡλεκτρικὴν ἰσχύν 2,2 kW καὶ παράγει μηχανικὴν ἰσχύν 2,2 HP. Ποῖος ὁ συντελεστής ἀποδόσεως τοῦ κινητήρος ; (1 HP = 746 W). (ΑΠ: 74,6%)

3) Πόση μηχανικὴ ἰσχύς πρέπει νὰ παρέχεται εἰς ἡλεκτρικὴν γεννήτριαν, διὰ νὰ δίδῃ ρεῦμα, ἐντάσεως 500 A, ὑπὸ τάσιν 220 V, ὅταν ὁ συντελεστής ἀποδόσεως αὐτῆς εἶναι 80% ; (ΑΠ: 137,5 kW)

4) Ἐὰν ἡ γεννήτρια τῆς προηγουμένης ἀσκήσεως κινῆται ὑπὸ ὕδροστροβίλου, συντελεστοῦ ἀποδόσεως 80%, καὶ ἐκμεταλλευομένου ὕδατόπτεωσιν 80 m, ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διὰ τοῦ ὕδροστροβίλου διερχομένη ἀνά sec ποσότης ὕδατος. (ΑΠ: 0,219 m³ ἀνά sec)

5) Κινητὴρ ἐναλλασσομένου ρεύματος κινεῖ γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος. Ἐὰν ἡ ἀποδιδομένη ὑπὸ τῆς γεννήτριας ἰσχύς εἶναι 1,5 kW, ποία θὰ εἶναι ἡ ἰσχύς, ἡ καταναλισκομένη ὑπὸ τοῦ κινητήρος ; (Συντελεστής ἀποδόσεως ἐκάστης μηχανῆς 85%). (ΑΠ: 2,076 kW)

6) Μονοφασικὸς κινητὴρ, τροφοδοτούμενος διὰ τάσεως 220 V, διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, ἐνεργοῦ ἐντάσεως 4,5 A. Ὁ συντελεστής ἰσχύος (συν φ) τοῦ κινητήρος εἶναι 0,85, ἡ δὲ μηχανικὴ ἰσχύς, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει οὗτος, 1 HP. Ποῖος ὁ συντελεστής ἀποδόσεως τοῦ κινητήρος ; (1 HP = 746 W) (ΑΠ: 88,6%)

7) Ἡ τάσις λειτουργίας ἐνὸς κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος εἶναι 110 V. Ἐὰν ὁ συντελεστής ἀποδόσεως εἶναι 80%, ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸν κινητήρα, ὅταν οὗτος κινῇ ἄλλην μηχανήν, ἀπαιτοῦσαν διὰ τὴν κίνησίν τῆς ἰσχύν 2 HP ; (1 HP = 746 W) (ΑΠ: 16,9 A)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΒ'

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

§ 238. Ἔργαστasia ἡλεκτροπαραγωγῆς καὶ ἡλεκτρικὰ δίκτυα.

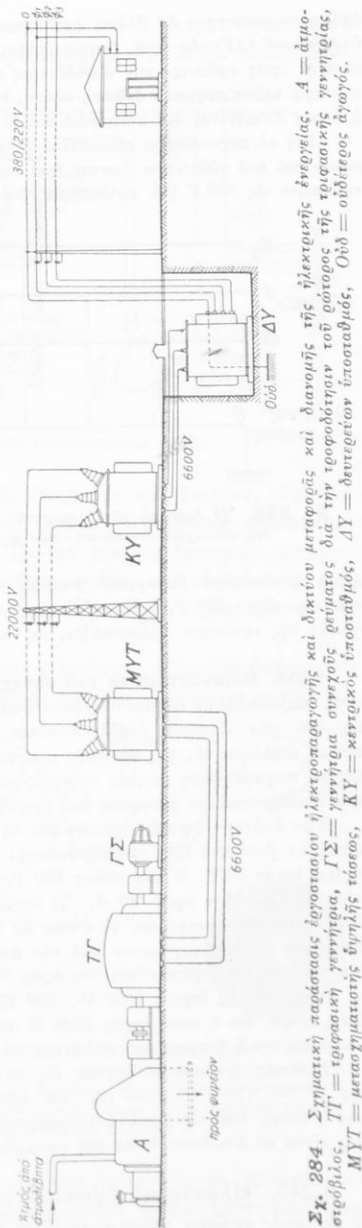
Εἰς τὰ ἐργαστasia παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μετατρέπεται θερμικὴ ἢ ὑδραυλικὴ ἐνέργεια εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Σήμερον, ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια

γεια παρέχεται εις τὴν κατανάλωσιν, σχεδὸν ἀποκλειστικῶς, ὑπὸ μορφὴν τριφασικοῦ ρεύματος.

Κατωτέρω περιγράφεται **θερμικὸν ἔργοστάσιον ηλεκτροπαραγωγῆς**, δηλ., ἔργοστάσιον, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια παράγεται διὰ καύσεως ἀνθράκων (λιγνίτου, ἀνθρακίτου κ.λ.) ἢ ἀκαθάρου πετρελαίου.

Ὁ ἐντὸς λεβήτων παραγόμενος ἀτμός θέτει εἰς κίνησιν τὸν ἀτμοστροβίλον *A* (σχ. 284 καὶ σχ. 280), ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ ὁποίου εἶναι συνδεδεμένη ἡ τριφασικὴ γεννήτρια *ΤΓ* καὶ ἡ γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος *ΓΣ*, ἡ ὁποία παρέχει τὸ ἀπαραίτητον συνεχές ρεῦμα διὰ τὴν τροφοδοτήσιν τοῦ ηλεκτρομαγνήτου τοῦ ρώτορος τῆς τριφασικῆς γεννητρίδας.

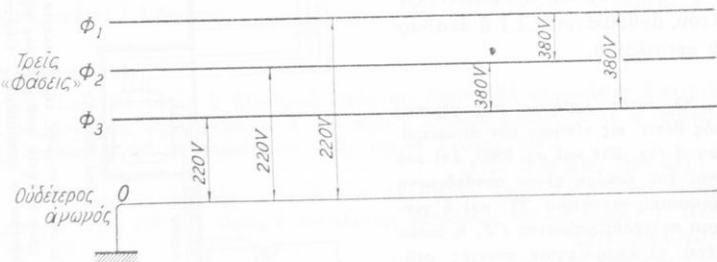
Ἡ μεταφορὰ τῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς τὸν τόπον κατανάλωσος γίνεται ὑπὸ ὑψηλῶν τάσεων. Τοῦτο ἐπιβάλλεται διὰ νὰ ἐξοικονομηταί χαλκός, καθόσον, διὰ δεδομένην ἰσχύν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τούς (χαλκίνοὺς) ἀγωγούς μεταφορᾶς, εἶναι (κατὰ τὸν τύπον $N = U_{\epsilon\sigma} \cdot i_{\epsilon\sigma}$) τόσον μικροτέρα, ὅσον ἡ τάσις εἶναι μεγαλύτερα καὶ, ἐπομένως, δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν σύρματα μικρᾶς διατομῆς. Διὰ νὰ ἐπιτευχθοῦν μεγάλαι τάσεις, ἡ ὑπὸ τῆς τριφασικῆς γεννητρίδας παραγομένη τάσις φέρεται, διὰ τριῶν συρμάτων, εἰς τὸ πρωτεύον ἑνὸς (τριφασικοῦ) μετασχηματιστοῦ ὑψηλῆς τάσεως (*ΜΥΤ*), τοῦ ὁποίου τὸ δευτερεῖον ἔχει μεγαλύτερον ἀριθμὸν σπειρῶν καὶ συνδέεται μὲ τὰ τρία σύρματα τῆς «γραμμῆς ὑψηλῆς τάσεως». Ἡ γραμμὴ αὕτη μεταφέρει τὴν ἐνέργειαν εἰς τὰ κέντρα κατανάλωσος, εἰς τὰ ὁποῖα συνδέεται μὲ τὸ πρωτεύον ἑνὸς μετασχηματιστοῦ, ἐνδοσκομένου ἐντὸς κεντρικοῦ ὑποσταθμοῦ (*ΚΥ*), ὁ ὁποῖος ὑποβιβάζει τὴν ὑψηλὴν τάσιν εἰς ἐνδιάμεσόν τινα τιμὴν. Ἐν συνεχείᾳ, ἡ τάσις αὕτη ὑποβιβάζεται



Σχ. 284. Σχηματικὴ παράστασις ἔργοστασίου ηλεκτροπαραγωγῆς καὶ δικτύου μεταφορᾶς καὶ διανομῆς τῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας. *A* = ἀτμοστροβίλος, *ΤΓ* = τριφασικὴ γεννήτρια, *ΓΣ* = γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος διὰ τὴν τροφοδοτήσιν τοῦ ρώτορος τῆς τριφασικῆς γεννητρίδας, *ΜΥΤ* = μετασχηματιστὴς ἐνδιάμεσος, *ΚΥ* = κεντρικὸς ὑποσταθμὸς, *ΔΥ* = δευτερεῖον ὑποσταθμοῦ, *Οὐδ* = οὐδέτερος ἀγωγός.

ακόμη περισσότερο δι' άλλου μετασχηματιστού, εύρισκομένου ἐντὸς δευτερεύοντος ὑποσταθμοῦ (ΔY), ἐκ τοῦ δευτερεύοντος τοῦ ὁποῖου ἐκκινοῦν τέσσαρα σύρματα - ἤτοι αἱ τρεῖς «φάσεις» καὶ ὁ οὐδέτερος ἄγωγός, ὁ ὁποῖος εἶναι προσγειωμένος. Τὰ τέσσαρα ταῦτα σύρματα δίδουν, πλέον, τὴν τάσιν εἰς τοὺς διαφόρους καταναλωτὰς, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ φωτισμὸν καὶ κίνησιν.

Εἰς τὰ περισσότερα εὐρωπαϊκὰ δίκτυα ἡ τάσις μεταξὺ μιᾶς οἰασθήποτε «φάσεως» καὶ τοῦ οὐδέτερου ἄγωγου ἔχει καθορισθῇ εἰς 220 V, καὶ ἡ τάσις μεταξὺ δύο «φάσεων» εἰς 380 V (βλ. καὶ σχῆμα 285). Ἡ συχνότης ἔχει καθορισθῇ εἰς 50 c/sec.



Σχ. 285. Ἡ διανομὴ τῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας εἰς τὰ τριφασικά δίκτυα γίνεται διὰ τεσσάρων συρμάτων - τῶν τριῶν «φάσεων» καὶ τοῦ οὐδέτερου.

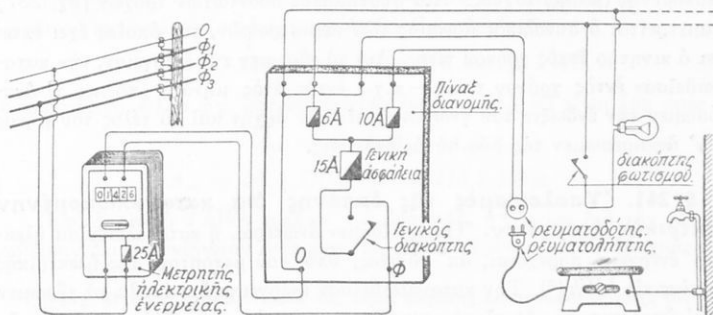
Ἀφοῦ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τοῦ οὐδέτερου ἄγωγου καὶ τοῦ ἄγωγου μιᾶς «φάσεως» εἶναι 220 V, ὁ δὲ οὐδέτερος ἄγωγός εἶναι προσγειωμένος, ἐπεταὶ ὅτι ὁ ἄγωγός τῆς «φάσεως» παρουσιάζει, ὡς πρὸς τὴν Γῆν, διαφορὰν δυναμικοῦ 220 V.

§ 239. Μειονεκτήματα τοῦ συνεχοῦς ρεύματος. Τὰ δίκτυα συνεχοῦς ρεύματος παρουσιάζουν ὀρισμένα μειονεκτήματα, ἔνεκα τῶν ὁποίων ἐκτοπίζονται συνεχῶς ὑπὸ τῶν δικτύων ἐναλλασσομένου ρεύματος. Τὸ κύριον μειονέκτημα εἶναι αἱ μεγάλα ἀπώλεια εἰς τὰς γραμμὰς μεταφορᾶς, δεδομένου ὅτι δὲν δυνάμεθα, πρακτικῶς, νὰ παραγάγωμεν ὑψηλὰς συνεχεῖς τάσεις, ἐνῶ τοῦτο εἶναι δυνατόν εἰς τὰ δίκτυα ἐναλλασσομένου ρεύματος διὰ χρησιμοποίησιν μετασχηματιστῶν.

Τὴν ἀνάγκην ὑψηλῶν τάσεων διὰ τὴν μεταφορὰν τῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας κατανοοῦμεν διὰ τοῦ ἐξῆς παραδείγματος: Θεωρήσωμεν ὅτι μία ηλεκτρικὴ γεννήτρια παρέχει ἰσχὴν 1000 W ὑπὸ τάσιν 100 V. Ἐκ τούτου ἐπεταὶ ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος θὰ εἶναι ἴση πρὸς 10 A. Ἡ ἰσχύς αὕτη μεταφέρεται εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως διὰ δύο συρμάτων, τὰ ὁποῖα ἂς ὑποθέσωμεν ὅτι ἔχουν ἀντίστασιν 2 Ω. Τὸ ρεῦμα τῶν 10 A, διερχόμενον διὰ τῶν ἄγωγων αὐτῶν, τοὺς θερμαίνει, ἡ δὲ προκαλουμένη ἀπώλεια ἰσχύος εἶναι ἴση πρὸς $N = i^2 \cdot R = 10^2 \cdot 2 = 200$ W. Παρατηροῦμεν ὅτι, ἐκ τῆς ὁλικῆς ἰσχύος 1000 W, 200 W ἀποτελοῦν ἀπώλειαν ἐντὸς τῆς γραμμῆς. Ἐστὼ, τώρα, ὅτι ἡ αὕτη ἰσχύς 1000 W παρὰγεται ὑπὸ τάσιν 1000 V. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ παρέχῃ ἡ γεννήτρια, θὰ εἶναι 1 A. Συνεπῶς, ἡ ἀπώλεια ἰσχύος εἰς τὰ σύρματα μεταφορᾶς θὰ εἶναι, τώρα, ἴση πρὸς $N' = i'^2 \cdot R = 1^2 \cdot 2 = 2$ W. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ τάσις, ὑπὸ τὴν ὁποίαν μεταφέρεται ὀρισμένη ηλεκτρικὴ ἰσχύς, τόσον μικρότεραι εἶναι αἱ ἀπώλεια ἐντὸς τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

§ 240. Ἡλεκτρικὴ ἐγκατάστασις οἰκιῶν. Διὰ τὸν φωτισμὸν καὶ τὰς οἰκιακὰς χρήσεις χρησιμοποιεῖται ἡ ἐνεργὸς τάσις 220 V, ἡ ὁποία λαμ-

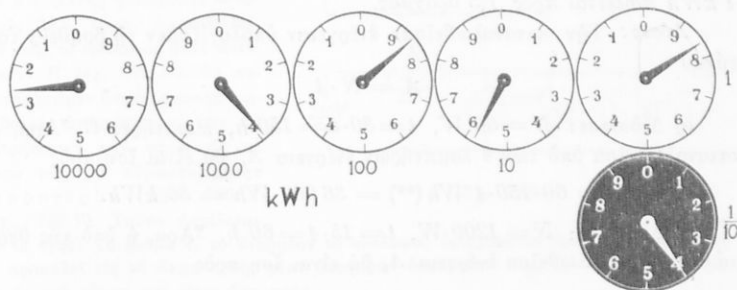
βάνεται μεταξύ μιᾶς ἐκ τῶν τριῶν «φάσεων» καὶ τοῦ οὐδέτερου ἀγωγοῦ. Οἱ δύο ἀγωγοὶ (π.χ., ἡ «φάσις» Φ_2 καὶ ὁ οὐδέτερος O -σχ. 286), εἰσέρχονται



Σχ. 286. Διάγραμμα ἡλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως οἰκίας.

πρῶτον εἰς τὸν μετρητὴν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας καί, ἐκεῖθεν, φέρονται εἰς τὸν πίνακα διανομῆς, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ὁ «γενικὸς διακόπτης» τῆς ἐγκαταστάσεως καὶ αἱ ἀσφάλειαι. Ἐκ τοῦ πίνακος διανομῆς τροφοδοτοῦνται, ἐν συνεχείᾳ, οἱ ἡλεκτρικοὶ λαμπτήρες, καθὼς καὶ οἱ διάφοροι ρευματοδοταὶ (πρίζαι). Εἰς τὸ κύκλωμα ἐκάστου λαμπτήρος παρεμβάλλεται καὶ διακόπτης (διακόπτης φωτισμοῦ).

Ὁ μετρητὴς τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας ἢ γνόμων, ὁ ὁποῖος ὑπάρχει εἰς πᾶσαν παροχὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ὄργανον, τὸ ὁποῖον μετρεῖ (εἰς



Σχ. 287. Ἡ ἔνδειξις τοῦ γνόμωνος εἶναι 23858,4 kWh. Διότι, ἀφοῦ ὁ δείκτης τοῦ πρώτου δίσκου εὐρίσκεται μεταξύ τοῦ 2 καὶ 3, τὸ πρῶτον ψηφίον εἶναι 2. Τὸ δεύτερον ψηφίον εἶναι 3 (ἀφοῦ ὁ δείκτης τοῦ δευτέρου δίσκου εὐρίσκεται μεταξύ 3 καὶ 4), τὸ τρίτον ψηφίον εἶναι 8, τὸ τέταρτον ψηφίον εἶναι 5, τὸ πέμπτον ψηφίον εἶναι 8, τὸ δὲ δεκαδικὸν ψηφίον εἶναι ἀκριβῶς 4.

kWh) τὴν συνολικὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἔχουν καταναλώσει αἱ διάφοροι ἡλεκτρικαὶ συσκευαί, ἐντὸς ὁρισμένου χρόνου (συνήθως ἐντὸς

ένος μηνός). Ο γνώμων αποτελείται, κατ' αρχήν, εκ μικροῦ ηλεκτρικοῦ κινητήρος, τοῦ ὁποίου ἡ γωνιακὴ ταχύτης εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐκάστοτε καταναλισκομένης (μέσης) ἰσχύος. Διὰ συστήματος ὁδοντωτῶν τροχῶν (σχ. 287) καταμετρεῖται ὁ συνολικὸς ἀριθμὸς τῶν περιστροφῶν, τὰς ὁποίας ἔχει ἔκτελέσει ὁ κινητὴρ ἐντὸς χρόνου τινος. Διὰ νὰ εὐρωμεν τὴν ἐνέργειαν, τὴν καταναλωθεῖσαν ἐντὸς χρόνου τινος — π.χ., ἐντὸς ἑνὸς μηνός — πρέπει ν' ἀναγνώσωμεν τὴν ἔνδειξιν τοῦ γνόμονος εἰς τὴν ἀρχὴν καὶ τὸ τέλος τοῦ μηνός καὶ ν' ἀφαιρέσωμεν τὰς δύο αὐτὰς ἐνδείξεις.

§ 241. Ὑπολογισμὸς τῆς δαπάνης διὰ καταναλισκομένην ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ὅπως εἶδομεν ἄνωτέρω, ἡ καταναλωθεῖσα ηλεκτρικὴ ἐνέργεια παρέχεται, ἀπ' εὐθείας, ὑπὸ τοῦ μετρητοῦ τῆς ηλεκτρικῆς ἐνέργειας εἰς kWh (*). Τὴν καταναλωθεῖσαν ἐνέργειαν δυνάμεθα νὰ εὐρωμεν καὶ δι' ὑπολογισμοῦ, ἀρκεῖ νὰ γνωρίζωμεν τὴν ἰσχὺν ἐκάστης συσκευῆς καὶ τὸν χρόνον, κατὰ τὸν ὁποῖον αὕτη ἐλειτουργήσεν. Ἐκ τῆς οὕτω προκύπτουσας ἐνέργειας δυνάμεθα νὰ εὐρωμεν τὴν ἀντίστοιχον χρηματικὴν δαπάνην, ἐὰν γνωρίζωμεν τὴν τιμὴν, μὲ τὴν ὁποίαν αἱ Ἡλεκτρικαὶ Ἑταιρεῖαι πωλοῦν τὸ κιλοβατῶριον.

Παράδειγμα: Ἐστω ὅτι α) ἐπὶ 30 ἡμέρας καὶ ἐπὶ 5 ὥρας ἡμερησίως ἐλειτουργήσεν 4 λαμπτήρες πυρακτώσεως, ἰσχύος 60 W ἕκαστος. β) Ἐπὶ 15 ἡμέρας καὶ ἐπὶ 4 ὥρας ἡμερησίως ἐλειτουργήσεν μία ηλεκτρικὴ θερμάστρα, ἰσχύος 1200 W καὶ γ) ὅτι ἐπὶ 30 ἡμέρας καὶ ἐπὶ 6 ὥρας ἡμερησίως ἐλειτουργήσεν ἓν ραδιόφωνον, ἰσχύος 40 W. Ζητεῖται ἡ συνολικὴ καταναλωθεῖσα ἐνέργεια καὶ ἡ δαπάνη διὰ τὴν λειτουργίαν των, ἂν τὸ 1 kWh πωλεῖται πρὸς 1,5 δραχμάς.

Λύσις: Τὴν καταναλωθεῖσαν ἐνέργειαν ὑπολογίζομεν τῇ βοηθείᾳ τοῦ τύπου

$$A = N \cdot t.$$

α) Δίδονται: $N = 60 \text{ W}$, $t = 30 \cdot 5 = 150 \text{ h}$, λαμπτήρες 4. Ἄρα, ἡ καταναλωθεῖσα ὑπὸ τῶν 4 λαμπτήρων ἐνέργεια A_1 θὰ εἶναι ἴση πρὸς

$$A_1 = 60 \cdot 150 \cdot 4 \text{ Wh (**) } = 36\,000 \text{ Wh} = 36 \text{ kWh}.$$

β) Δίδονται: $N = 1200 \text{ W}$, $t = 15 \cdot 4 = 60 \text{ h}$. Ἄρα, ἡ ὑπὸ τῆς θερμάστρας καταναλωθεῖσα ἐνέργεια A_2 θὰ εἶναι ἴση πρὸς

(*) Μεγάλῃ σύγχυσις γίνεται εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον κατὰ τὴν χρῆσιν τῶν μονάδων κιλοβάτ (kW) καὶ κιλοβατῶριον (kWh), λόγῳ ἀγνοίας τῆς διαφορᾶς μεταξὺ ἰσχύος καὶ ἐνέργειας. Οὕτω, πολὺ συχνὰ ἀκούει τις ὅτι «ἡ κατανάλωσις τοῦ παρελθόντος μηνός ἀνῆλθε, π.χ., εἰς 70 κιλοβάτ», ἐνῶ εἶναι προφανές ὅτι πρόκειται περὶ 70 κιλοβατῶριον.

(**) Ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία παράγεται ὑπὸ μηχανῆς, ἰσχύος 1 W, λειτουργοῦσης ἐπὶ μίαν ὥραν, ὀνομάζεται 1 βατῶριον (1 Wh) καὶ ἰσοῦται πρὸς τὸ χιλιοστὸν τοῦ κιλοβατῶριον.

$$A_2 = 1200 \cdot 60 \text{ Wh} = 72\,000 \text{ Wh} = 72 \text{ kWh.}$$

γ) Δίδονται: $N = 40 \text{ W}$, $t = 30 \cdot 6 = 180 \text{ h}$. Άρα, η υπό του ραδιοφώνου καταναλωθείσα ενέργεια A_3 θά είναι ἴση πρὸς

$$A_3 = 40 \cdot 180 \text{ Wh} = 7200 \text{ Wh} = 7,2 \text{ kWh.}$$

Επομένως, η ὅλικὸς καταναλωθείσα ἐνέργεια $A_{ολ}$ θά εἶναι ἴση πρὸς

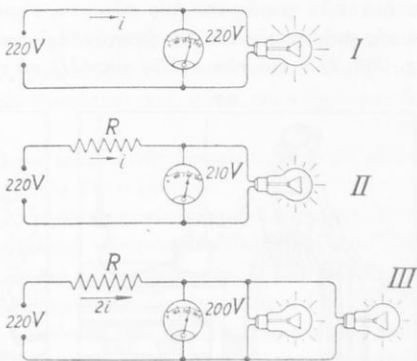
$$A_{ολ} = A_1 + A_2 + A_3$$

ἢ
$$A_{ολ} = 36 + 72 + 7,2 = 115,2 \text{ kWh.}$$

Εφ' ὅσον τὸ 1 kWh τιμᾶται $1,5$ δραχμάς, ἡ δαπάνη διὰ τὴν καταναλωθείσαν ὀλικὴν ἐνέργειαν ἀνέρχεται εἰς $115,2 \cdot 1,5 = 172,80$ δραχμάς.

§ 242. Πτώσις τάσεως. Κατὰ τὰς ὥρας μεγάλης καταναλώσεως (π.χ., τὰς πρώτας ἐσπερινὰς ὥρας) παρατηρεῖται ὅτι οἱ λαμπτήρες φωτισμοῦ φωτίζουν ἀσθενέστερον. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἡ τάσις τοῦ δικτύου δὲν εἶναι, πλέον, ἡ κανονικὴ (π.χ., 220 V), ἀλλὰ μικροτέρα (π.χ., 200 V). Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς ἐλαττώσεως τῆς τάσεως κατὰ τὴν ὑπερφόρτισιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ δικτύου καλεῖται **πτῶσις τάσεως** καὶ ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς:

Θεωρήσωμεν κύκλωμα, εἰς τὸ ὁποῖον ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, τάσεως λειτουργίας, π.χ., 220 V , τροφοδοτεῖται ὑπὸ ἡλεκτρικῆς πηγῆς, ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως $E = 220 \text{ V}$ (σχ. 288, I). Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτήρος ἐπικρατεῖ, ἀκριβῶς, ἡ τάσις 220 V καὶ ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ κανονικῶς. Ἄν, τώρα, παρεμβάλωμεν εἰς τὸ κύκλωμα μίαν ἀντίστασιν R (σχ. 288, II), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ἀσθενέστερον, ἐὰν δὲ μετρήσωμεν τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα του, θὰ εὗρωμεν αὐτὴν μικροτέραν τῶν 220 V (π.χ., 210 V). Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Τὸ ρεῦμα i , τὸ διαρρέον τὸ κύκλωμα, διερχόμενον διὰ τῆς ἀντιστάσεως R , προκαλεῖ εἰς τὰ ἄκρα αὐτῆς μίαν διαφορὰν δυναμικοῦ U_R , ἢ ὁποία ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ νόμου τοῦ *Ohm* ἴση πρὸς



Σχ. 288.

$$U_R = i \cdot R. \quad (1)$$

Συνεπῶς, ἀφοῦ ἡ πηγὴ δίδει τάσιν E , πρέπει ἡ τάσις U_A εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτήρος νὰ εἶναι μικροτέρα τῆς τάσεως E κατὰ U_R , ἥτοι

$$U_A = E - i \cdot R. \quad (2)$$

Ἐστὼ, τώρα, ὅτι, παρὰ λήλως πρὸς τὸν πρῶτον λαμπτήρα, συνδέομεν καὶ δεύτερον (σχ. 288, III). Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος, τώρα, τὴν ἀντίστασιν R , θ' αὐξηθῇ (περίπτωσις συνδέσεως δύο ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ)

όποτε, κατά τὸν τύπον (1), θ' αὐξηθῇ καὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R , μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐλαττωθῇ, ἀκόμη περισσότερον, ἡ τάσις U_A (π.χ. 200 V) ὅπως δεικνύει καὶ ὁ τύπος (2). Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι ὅσον περισσότερους λαμπτήρας συνδέομεν, τόσον θὰ ἐλαττωταὶ ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῶν λαμπτήρων καὶ, ἐπομένως, οὗτοι θὰ φωτίζον ἀσθενέστερον. Μὲ ἄλλας λέξεις: "Ὅσον αὐξάνεται τὸ φορτίον εἰς τὸ κύκλωμα (δηλ., ἡ ἔντασις τοῦ διαρρέοντος αὐτὸ ρεύματος), τόσον θὰ ἐλαττωταὶ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῶν λαμπτήρων.

Εἰς τὰ ηλεκτρικὰ δίκτυα τὸν ρόλον τῆς ἀντιστάσεως R παίζει ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν διανομῆς. Αὕτη εἶναι μὲν μικρά, δὲν δύναται, ὁμως, νὰ γίνῃ μηδέν, διὰ τοῦτο θὰ ὑπάρχῃ πάντοτε πτώσις τάσεως, ἡ ὁποία (ὅπως εἶδομεν καὶ ἀνωτέρω) θὰ γίνεται ἰδιαιτέρως αἰσθητὴ κατὰ τὰς ὥρας μεγάλης φορτίσεως τοῦ δικτύου.

§ 243. Κίνδυνοι ἐκ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ὁλονὲν ἐπεκτείνουμένη χρῆσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς περισσότερας περιοχὰς τῆς χώρας καὶ ὁ ἀδικαιολογήτως μέγας ἀριθμὸς δυστυχημάτων ἐξ ηλεκτροπληξίας ἐπιβάλλουν νὰ τονισθοῦν ἰδιαιτέρως οἱ κίνδυνοι, τοὺς ὁποίους διατρέχει τις, ὅταν χειρίζεται οἰανδήποτε ηλεκτρικὴν συσκευὴν καὶ τὰ μέτρα προφυλάξεως, τὰ ὁποῖα πρέπει νὰ λαμβάνῃ.

Διὰ νὰ διέλθῃ ηλεκτρικὸν ρεῖμα διὰ τοῦ σώματος, ἢ πρέπει νὰ ἐγγίσῃ τις διὰ τῶν χειρῶν του δύο σύρματα, εὗρισκόμενα ὑπὸ τάσιν, ἢ νὰ ἐγγίσῃ διὰ τῆς μιᾶς χειρὸς τὸν ἓνα ἀγωγόν, ἐνῶ ταυτοχρόνως διὰ τῆς ἄλλης χειρὸς (σχ. 289, I) ἢ διὰ τῶν ποδῶν του (II) νὰ εἶναι προσγεωμένους. Ἡ ἔντασις



I



II

Σχ. 289.

τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποῖον θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ σώματος, ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ νόμου τοῦ Ohm, ἀρκεῖ νὰ εἶναι γνωστὴ ἡ τάσις τῶν δύο σημείων, μὲ τὰ ὁποῖα εὗρισκόμεθα εἰς ἐπαφὴν, καθὼς καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ σώματος. Ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος εἶναι, σχετικῶς, μικρά (*), προέρχεται

(*) 2000 ἕως 20 000 Ω.

δέ, κυρίως, ἐκ τῆς ἀντιστάσεως, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἡ ἐπιδερμὶς. Αἱ μικρότεροι τιμαὶ τῆς ἀντιστάσεως ἐμφανίζονται, ὅταν ἡ ἐπιδερμὶς εἶναι ὑγρὰ καὶ ἡ ἐπιφάνεια ἐπαφῆς μεγάλη. Διὰ τοῦτο ἰδιαίτερος ἐπικίνδυνος εἶναι ἡ λαβὴ δι' ὅλης τῆς παλάμης. Ἐπίσης, ἡλαττωμένη εἶναι ἡ ἀντίστασις, ὅταν τὸ ἔδαφος εἶναι ὑγρὸν ἢ ὅταν ἰστάμεθα ἐπ' αὐτοῦ μὲ γυμνοὺς πόδας. Οὕτω, ὅταν εὗρεθῇ τις ἐντὸς λουτροῦ, δύναται νὰ ὑποστῇ θανατηφόρον πλῆγμα μὲ τάσιν 40 V μόνον.

Ἐν γένει, ὁ κίνδυνος ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ ἀνθρώπινον σῶμα καὶ ἐκ τοῦ εἶδους τοῦ ρεύματος (συνεχὲς ἢ ἐναλλασσόμενον) (*).

Ἐπειδὴ ὅλα, σχεδόν, τὰ ἡλεκτρικὰ δίκτυα εἶναι δίκτυα ἐναλλασσομένης τάσεως, πρέπει νὰ ἐπιστήσωμεν ἰδιαίτερος τὴν προσοχήν μας ἐπὶ τῶν ἑξῆς :

1) Κατ' ἀρχήν, δὲν πρέπει νὰ ἐπεμβαίνωμεν εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν ἐγκατάστασιν τῆς οἰκίας μας διὰ νὰ ἐπισκευάσωμεν μίαν βλάβην, ἐφ' ὅσον δὲν εἴμεθα εἰδικοί πρὸς τοῦτο. Ἡ ἐργασία αὕτη πρέπει νὰ γίνῃ ὑπὸ εἰδικοῦ τεχνίτου ἀρκεῖ, λοιπόν, νὰ τὸν καλέσωμεν. Ἐάν, παρὰ ταῦτα, θέλωμεν νὰ ὑποκαταστήσωμεν τὸν εἰδικὸν τεχνίτην, πρέπει, ἀπαραιτήτως, νὰ διακόψωμεν τὴν παροχήν, ἀνοίγοντες τὸν γενικὸν διακόπτην, τὸν εὕρισκόμενον ἐπὶ τοῦ πίνακος διανομῆς, καὶ **ἀφαιροῦντες ἐξ αὐτοῦ τὴν γενικὴν ἀσφάλειαν**. Ἡ ἀσφάλεια πρέπει ν' ἀφαιρεθῇ, διότι εἶναι δυνατόν ἄλλος τις ἐν τῷ μεταξὺ νὰ κλείσῃ, ἐκ νέου, τὸν διακόπτην καί, οὕτω, νὰ εὗρεθῶμεν ὑπὸ τάσιν.

2) Ἡ ἀντικατάστασις ἔστω καὶ μιᾶς κοινῆς ἀσφαλείας ὑπὸ μὴ εἰδικοῦ καὶ ἀπροσέκτου πιθανὸν νὰ γίνῃ αἰτία δυστυχήματος.

3) Ἐφ' ὅσον ἡ ἡλεκτρικὴ ἐγκατάστασις εὕσκεται ὑπὸ τάσιν, ἀπαγορεύεται νὰ ἐγγίζωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ρευματοδοτῶν (πρίζαι). Ἰδιαίτερος μέγας εἶναι ὁ κίνδυνος, ἐάν, διὰ τῶν ποδῶν μας ἢ τῶν χειρῶν μας, εὕρισκώμεθα εἰς ἐπαφὴν μὲ καλῶς προσγειωμένα ἀντικείμενα (π.χ., καλοριφέρ, σωληνας ὑδρεύσεως, ὑγρὸν δάπεδον κ.λ.). Εἰς τὰς περιπτώσεις ταύτας ἀκόμη καὶ ἡ ἀπλὴ ἀντικατάστασις κατεστραμμένου λαμπτήρος φωτισμοῦ ἐπιβάλλεται νὰ γίνεται μόνον, ἀφοῦ προηγουμένως διακοπῇ ἡ τάσις διὰ τοῦ γενικοῦ διακόπτου.

4) Τὰ καλώδια τροφοδοτήσεως τῶν διαφόρων ἡλεκτρικῶν συσκευῶν (ἡλεκτρικὸν σίδηρον, φορητοὶ ἡλεκτρικοὶ λαμπτήρες φωτισμοῦ, ἡλεκτρικαὶ θερμάστραι, ραδιόφωνα κ.λ.) πρέπει νὰ εὕρισκωνται εἰς ἀπολύτως καλὴν κατάστασιν. Καταστροφή τῆς μονώσεως εἰς ἓν καὶ μόνον σημεῖον ἐπιβάλλει τὴν

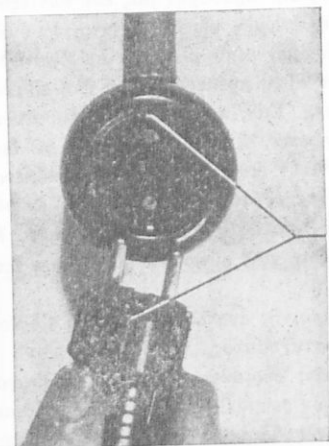
(*) Τὸ συνεχὲς ρεῦμα γίνεται αἰσθητὸν εἰς τὸν ἄνθρωπον, ὅταν ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ σώματος του, ὑπερβαίῃ τὰ 5 mA, περίπου, ἐνῶ ρεύματα, ἐντάσεως 50 mA, δυνατόν νὰ εἶναι θανατηφόρα.

Εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα οἰκιακῆς καὶ βιομηχανικῆς χρήσεως ὁ κίνδυνος εἶναι ἀκόμη μεγαλύτερος, λόγῳ τῶν βλαβῶν, αἱ ὁποῖαι ἐπέρχονται εἰς τὸ νευρικὸν σύστημα.

ἄμεσον ἀντικατάστασιν τοῦ καλωδίου. Διότι, ἐὰν κατὰ τύχην ἐγγίσωμεν διὰ τῆς χειρὸς μας τὸν ἀγωγὸν εἰς τὸ σημεῖον τῆς κατεστραμμένης μονώσεως, ἐνῶ ταυτοχρόνως πατῶμεν, π.χ., μὲ γυμνοὺς πόδας ἐπὶ τοῦ ἐδάφους (σχ. 289, II), θὰ εὗρεθῶμεν ὑπὸ τὴν τάσιν τοῦ δικτύου μὲ ἀποτέλεσμα ἠλεκτροπληξίαν. Ἐπίσης, εἶναι δυνατόν τὸ ἐφθαρμένον σημεῖον τοῦ καλωδίου νὰ θέσῃ ὑπὸ τάσιν τὸ μεταλλικὸν περίβλημα τῆς συσκευῆς (θερμάστραι κ.λ.).

5) Ἐὰν μία ἠλεκτρικὴ συσκευή μᾶς «κτυπᾷ», ὅταν ἐρχώμεθα εἰς ἐπαφήν μὲ αὐτήν, πρέπει νὰ τὴν δώσωμεν πρὸς ἐπισκευήν, διότι ἡ μόνωσις εἰς ἐν σημεῖον τοῦ ἐσωτερικοῦ της ἔχει φθαρῇ.

Προσγείωσις. Ἡ καλλιτέρα προστασία εἰς ὅλας αὐτὰς τὰς περιπτώσεις τῶν βλαβῶν τῶν ἠλεκτρικῶν συσκευῶν ἐπιτυγχάνεται διὰ *προσγειώσεως* τῶν



Προσ-
γειώσεις

Σχ. 290.

ἐξωτερικῶν μεταλλίνων τμημάτων τῆς συσκευῆς μὲ τὰ ὁποῖα, τυχόν, θὰ ἔλθωμεν εἰς ἐπαφήν. Πρὸς τοῦτο πρέπει τὰ ἐξωτερικὰ μέταλλα τοιχώματα νὰ ἔχουν συνδεθῇ μόνιμως μὲ τὴν «γῆν», π.χ., μὲ τὸ δίκτυον ὑδρεύσεως. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται δι' ἐιδικῶν «τριπολικῶν» ρευματοδοτῶν καὶ ρευματοληπτῶν (σχ. 290), οἱ ὁποῖοι φέρουν τρεῖς ἀκροδέκτας - δύο συνήθεις, συνδεομένους μὲ τὸ δίκτυον καὶ τρίτον, πλευρικῶς τοποθετημένον, ὁ ὁποῖος συνδέεται μὲ τὴν «γῆν». Χρῆσις τοιούτων ρευματοδοτῶν καὶ ρευματοληπτῶν γίνεται, ὑποχρεωτικῶς, εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς κουζίνας, τὰ ἠλεκτρικὰ ψυγεῖα κ.λ., δύναται δὲ

νὰ ἐπεκταθῇ καὶ εἰς οἵανδήποτε ἄλλην ἠλεκτρικὴν συσκευήν. Ἐὰν εἰς μίαν «προσγειωμένην» συσκευήν ἐπέλθῃ βλάβη τῆς μονώσεως καὶ τὸ ἐξωτερικὸν περίβλημα εὗρεθῇ ὑπὸ τάσιν, τότε, λόγῳ τῆς προσγειώσεως, προκαλεῖται βραχυκύκλωμα, μὲ ἀποτέλεσμα τῆξιν τῆς ἀσφαλείας καὶ διακοπὴν τοῦ κυκλώματος. Οὕτω, ἀφ' ἑνὸς μὲν προειδοποιούμεθα διὰ τὴν βλάβην τῆς μονώσεως, ἐνῶ, ταυτοχρόνως, ἀποφεύγομεν καὶ τὸν κίνδυνον ἠλεκτροπληξίας. Πάντως, ἐὰν ἄτομόν τι ὑποστῇ ἠλεκτροπληξίαν, τὸ πρῶτον, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ χάμωμεν, εἶναι **νὰ διακόψωμεν τὴν τάσιν, εἴτε ἀφαιροῦντες τὸν σχετικὸν ρευματολήπτην ἐκ τοῦ ρευματοδότου, εἴτε ἀνοίγοντες τὸν γενικὸν διακόπτην τῆς ἐγκαταστάσεως.** Οὕτως ἀπομονώνομεν τὸ ἠλεκτρόπληκτον ἄτομον ἐκ τοῦ δικτύου· ἐνῶ, ἐὰν σπεύσωμεν, χωρὶς καμμίαν προφύλαξιν, ν' ἀπομακρύνωμεν αὐτὸ ἀπλῶς διὰ τῶν χειρῶν μας, εἶναι σχεδὸν βέβαιον ὅτι

θά υποστώμεν καὶ ἡμεῖς τὴν τύχην του, ἀφοῦ, τώρα, διὰ τῆς ἐπαφῆς, εὐρισκόμεθα ὑπὸ τάσιν. Ἐάν δὲν κατορθώσωμεν νὰ εὕρωμεν τὸν γενικὸν διακόπτην, δυνάμεθα ν' ἀπομονώσωμεν τὸ ἠλεκτροπληκτον ἄτομον, εἴτε ἔλκοντες αὐτὸ ἐκ τῶν ἐνδυμάτων του—ἐφ' ὅσον ταῦτα εἶναι ξηρὰ—προσέχοντες νὰ μὴ ἔλθωμεν εἰς ἐπαφὴν μὲ γυμνόν τι μέλος τοῦ σώματός του (χειρας, πόδας κ.λ.), εἴτε χρησιμοποιούντες ξύλινόν τι ἀντικείμενον ἢ ἄλλο μονωτικὸν ἀντικείμενον. Μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν ἐκ τῆς ἐπικινδύνου ἐπαφῆς, πρέπει **ἀμέσως** ν' ἀρχίσωμεν τεχνητὴν ἀναπνοὴν εἰς τὸν παθόντα ἠλεκτροπληξίαν, ἐνῶ φροντίζομεν, ταυτοχρόνως, νὰ κληθῇ ἱατρός. **Ἡ ἄμεσος ἐναρξίς τῆς τεχνητῆς ἀναπνοῆς εἶναι οὐσιώδης διὰ τὴν διάσωσιν τοῦ πληγέντος.** Ἡ τεχνητὴ ἀναπνοὴ πρέπει νὰ παραταθῇ ἐπὶ πολλὰς ὥρας, ἐνῶ ταυτοχρόνως πρέπει νὰ ληφθῇ πρόνοια ὥστε ὁ ἠλεκτροπληκτος νὰ διατηρῇται θερμὸς (κάλυψις διὰ κουβερτῶν, χοῦσις θερμοφόρων κ.λ.). Ἡ τεχνητὴ ἀναπνοὴ δὲν πρέπει νὰ θεωρῇται ματαίᾳ πρὸ τῆς ἐμφανίσεως νεκρικῶν κηλίδων.

Ἐκ τῶν λεχθέντων ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι πᾶσα τάσις, ὑπερβαίνουσα τὰ 40 V , δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἐπικίνδυνος. Τοῦτο, ὅμως, ἰσχύει ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ἡ πηγὴ εἶναι ἱκανὴ νὰ δώσῃ ρεύματα ἐπικινδύνου ἐντάσεως. Οὕτω, ἐνῶ ἡ τάσις, ἡ παραγομένη εἰς τὸ δευτερεῖον μικροῦ πηνίου Ruhmkorff (ἢ εἰς τὸ σύστημα ἀναφλέξεως τῶν κινητήρων τῶν αὐτοκινήτων), εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη (μερικαὶ χιλιάδες βόλτ), ἐν τούτοις εἶναι ἀκίνδυνος, διότι ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ πηγὴ αὕτη δὲν εἶναι ἱκανὴ νὰ δώσῃ ρεύματα μεγάλης ἐντάσεως, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὁ χρόνος διαρκείας τοῦ ρεύματος εἶναι πολὺ μικρὸς.

Ὅσον ἀφορᾷ τὰ ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος, ταῦτα εἶναι ἀκίνδυνα διὰ τὸν ἄνθρωπον, ἔστω καὶ ὑπὸ μεγάλην τάσιν, καθόσον διέρχονται κυρίως διὰ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δέρματος. Διὰ τοῦτο τοιαῦτα ὑψίσυνα ρεύματα χρησιμοποιοῦνται, εἰς ὥρισμένας περιπτώσεις, διὰ τὴν δημιουργίαν ὑψηλῆς θερμοκρασίας πρὸς νέκρωσιν ἢ ἀπανθράκωσιν τῶν ἰστῶν τμήματός τινος τοῦ σώματος τοῦ ἀνθρώπου διὰ θεραπευτικούς σκοπούς.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Καταρράκτης, ὕψους $20,5\text{ m}$, ἀποδίδει 126 m^3 ὕδατος ἀνὰ λεπτόν. Ζητεῖται α) τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ὁ καταρράκτης ἐντὸς μιᾶς ὥρας καὶ β) ἡ ἰσχύς τοῦ ὑδροστροβίλου, τὸν ὁποῖον οὗτος δύναται νὰ θέσῃ εἰς λειτουργίαν. Συντελεστὴς ἀποδόσεως 90% . (Ἡ ἰσχὺς νὰ ἐκφρασθῇ εἰς HP καὶ kW).

(ΑΠ: α) $1,55 \cdot 10^8\text{ kg}^*\cdot\text{m}$ β) $509,8\text{ HP}$, $380,3\text{ kW}$)

2) Ἐάν ὁ ἄνω ὑδροστροβίλος κινῇ γεννήτριαν, τῆς ὁποίας ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως εἶναι 90% , ποία θὰ εἶναι ἡ ἰσχὺς, τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐξ αὐτῆς; (ΑΠ: $342,3\text{ kW}$)

3) Γεννήτρια ἐναλλασσομένου ρεύματος παράγει ἰσχύν 2000 kW , ἡ δὲ τάσις ἀνυψοῦται μὲ τὴν βοήθειαν μετασχηματιστοῦ α) εἰς $10\,000\text{ V}$ καὶ β) εἰς $100\,000\text{ V}$. Ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν μεταφορᾶς εἰς ἑκάστην περίπτωσιν,

ἐὰν ἡ ἀπώλεια, λόγῳ θερμάνσεως τούτων, δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνει τὰ 10 % τῆς ὑπὸ τῆς γεννητριάς παρεχομένης ἰσχύος; (Συντελεστὴς ἀποδόσεως μετασχηματιστοῦ 100 %). (ΑΠ: 5 Ω, 500 Ω)

4) Ἡλεκτρικὴ γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος ἔχει ΗΕΔ 125 V καὶ ἀμελητέαν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν. Ἡ ὑπ' αὐτῆς παραγομένη ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μεταφέρεται μὲ τὴν βοήθειαν δύο ἀγωγῶν, ὁλικῆς ἀντιστάσεως 0,2 Ω. Ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ 1) ποία θὰ εἶναι ἡ τάσις εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως, ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς τοὺς ἀγωγοὺς εἶναι α) 0 A, β) 50 A καὶ γ) 100 A καὶ 2) ποία θὰ εἶναι ἡ πῦσις τάσεως εἰς ἐκάστην περίπτωσιν. (ΑΠ: 1) 125 V, 115 V, 105 V 2) 0 V, 10 V, 20 V)

Κατηγορίᾳ Β'

1) Ἡλεκτρικὴ γεννήτρια παρέχει ἰσχὺν 5000 kW ὑπὸ τάσιν 10 000 V. Ἡ παραγομένη ἰσχὺς μεταφέρεται εἰς ἀπόστασιν 20 km, τῇ βοηθείᾳ δύο χαλκίνων συρμάτων, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει διάμετρον 20 mm. Ἐὰν ἡ αὐτὴ ἰσχύς παραχθῇ ὑπὸ τάσιν 50 000 V, ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ α) ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ διάμετρος τῶν συρμάτων, ὥστε ἡ ἀπώλεια ἰσχύος ἐντὸς αὐτῶν νὰ παραμῇ καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἡ αὐτή. β) Ποία ἡ προκύπτουσα οἰκονομία εἰς χαλκόν, λόγῳ τῆς ἀλλαγῆς τῆς διαμέτρου τῶν συρμάτων καὶ 3) ποία ἡ διαφορὰ κόστους τῶν χαλκίνων συρμάτων. Δίδονται: εἰδικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ = 8,9 gr/cm³, εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ = 1,7 · 10⁻⁶ Ω · cm καὶ ἀξία τοῦ χαλκοῦ 40 δραχμαὶ/kg^r. (ΑΠ: α) 4 mm, β) 107,3 τόνοι, γ) 4 292 000 δραχμαὶ)

2) Γεννήτρια ἐναλλασσομένου ρεύματος κινεῖται ὑπὸ ὑδροστροβίλου, εἰς τὸν ὁποῖον προσφέρονται 15 m³ ὕδατος ἀνὰ λεπτὸν καὶ ἀπὸ ὕψους 200 m. Ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως τῆς γεννητριάς καὶ τοῦ ὑδροστροβίλου εἶναι 70 %, ἡ δὲ παραγομένη τάσις ἀνυψώνεται διὰ μετασχηματιστοῦ ὑψηλῆς τάσεως, τοῦ ὁποῖου ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως εἶναι 95 %. Ποίαν ἰσχὺν δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐκ τοῦ δευτερεύοντος ἑνὸς ὁμοίου μετασχηματιστοῦ, τοποθετημένου εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως, ἐὰν ἡ ἀπώλεια ἰσχύος εἰς τὴν γραμμὴν μεταφορᾶς ἀνέρχεται εἰς 10 % τῆς ὑπὸ τοῦ πρώτου μετασχηματιστοῦ παρεχομένης; (ΑΠ: 278,8 kW)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΓ'

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΣΤΕΡΕΩΝ

§ 244. Ἐλευθέρα ἠλεκτρόνια καὶ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντὸς τῶν μετάλλων. Εἶδομεν εἰς τὰ προηγούμενα ὅτι, διὰ νὰ διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δι' ἀγωγοῦ τινος (π.χ., διὰ χαλκίνου σύρματος), πρέπει νὰ συνδέσωμεν τὰ ἄκρα του μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς. Ἡ ἐξήγησις τῆς διόδου ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν ἔχει ὡς ἐξῆς: Ὅπως εἶδομεν καὶ εἰς τὴν § 184, ἐντὸς τῶν μετάλλων ὑπάρχουν ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, δηλ., ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα δὲν περιφέρονται περὶ τοὺς πυρῆνας τῶν ἀτόμων, ἀλλ' ἔχουν ἐκφύγει τῆς ἑλξεως τῶν πυρῆνων καὶ κινεῖται ἐλευθέρως ἐντὸς τῶν μετάλλων. Ἄν προσδώσωμεν εἰς ὅλα αὐτὰ τὰ ἠλεκτρόνια μίαν κίνησιν πρὸς ὠρισμένην φορὰν, ὁ ἀγωγὸς θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν, ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ μὲ

τοὺς πόλους μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς, ὁπότε εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ἀγωγοῦ δημιουργεῖται ἠλεκτρικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ἐξασκεῖ ἐφ' ἐκάστου ἐλευθέρου ἠλεκτρονίου—λόγῳ τοῦ ὅτι τοῦτο εἶναι φορτισμένον—μίαν δύναμιν. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως ταύτης τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια κινοῦνται καί, οὕτω, δημιουργεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ (*).

Ἐπειδὴ ἡ συμβατικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν ὠρίσθη ὥς ἡ φορὰ κινήσεως τῶν φορτίων ἐκ τοῦ θετικοῦ ἄκρου πρὸς τὸ ἀρνητικόν, ἐνῶ τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, ὡς ἀρνητικῶς φορτισμένα, κινοῦνται ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ ἄκρου πρὸς τὸ θετικόν, ἔπεται ὅτι ἡ συμβατικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος εἶναι ἀντίθετος τῆς φορᾶς τῆς κινήσεως τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἐντὸς τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν.

Τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, κινούμενα ἐντὸς τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν, συγκρούονται μὲ τὰ ἀκίνητα ἄτομα καί, ὥς ἐκ τούτου, ὑφίστανται μίαν δύναμιν «τριβῆς». Ἡ τριβὴ αὕτη παράγει, κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἠλεκτρονίων, ἔργον, τὸ ὁποῖον μετατρέπεται τελικῶς εἰς θερμότητα. Ἡ θερμότης, ἀκριβῶς, αὕτη εἶναι ἐκείνη, τὴν ὁποίαν ἐκαλέσαμεν *θερμότητα Joule* (§ 161).

Διὰ τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν καὶ τὸν λόγον, διὰ τὸν ὁποῖον δὲν διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τῶν μονωτῶν: Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὴν ἔλλειψιν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἐντὸς αὐτῶν.

§ 245. Ήμιαγωγοί. Εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον εἶδομεν ὅτι ἡ ἀγωγιμότης τῶν μετὰλλων ὀφείλεται εἰς τὴν κίνησιν μεγάλου ἀριθμοῦ ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων. Εἰς τοὺς μονωτάς, ἀντιθέτως, ἔλλείπουν τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια καὶ διὰ τοῦτο ἀκριβῶς οὗτοι δὲν ἄγουν τὸν ἠλεκτρισμόν. Ὑπάρχει, ὅμως, καὶ τρίτη κατηγορία ὕλικῶν—οἱ *ἡμιαγωγοί*—ὅπως εἶναι τὸ γερμάνιον, τὸ πυρίτιον κ.λ., εἰς τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν μὲν ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια, ἀλλὰ πολὺ ὀλίγα. Εἰς τοὺς ἡμιαγωγούς, κατὰ τὴν δημιουργίαν ἐνὸς ἐλευθέρου ἠλεκτρονίου παραμένει εἰς τὸ ἄτομον μία κενὴ θέσις, ἡ ὁποία καλεῖται «ὀπή». Ἐπειδὴ τὰ ἄτομα τῶν ἡμιαγωγῶν εἶναι ἀρχικῶς οὐδέτερα, ἔπεται ὅτι εἰς τὸ σημεῖον μιᾶς ὀπῆς θὰ ἔλλειπει ἀρνητικὸν φορτίον καί, συνεπῶς, ἡ ὀπή θὰ παρουσιάζεται θετικῶς φορτισμένη (*θετικὴ ὀπή*).

Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς ραβδίου ἐξ ἡμιαγωγοῦ ἐφαρμόσωμεν μίαν τάσιν, θὰ σχηματισθῇ ἐντὸς αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν πεδίον, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ὁποίου τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια καὶ αἱ θετικαὶ ὀπαὶ θ' ἀρχίσουν νὰ κινοῦνται κατ' ἀντιθέτους φορᾶς (**). Συνεπῶς, ἡ ἀγωγιμότης τῶν ἡμιαγωγῶν

(*) Σημειωτέον ὅτι ἡ ταχύτης τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων ἐντὸς τῶν μετάλλων εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δὲν πρέπει νὰ συγχέεται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

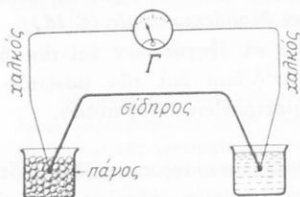
(**) Ἡ κίνησις μιᾶς ὀπῆς δύνανται νὰ παραβληθῇ πρὸς τὸ ἐξῆς φαινόμενον: Θεωρήσωμεν μίαν σειρὰν κατελιγμένων καθισμάτων. Ἐὰν εἰς καθήμενος ἄνθρωπος ἐγκαταλείψῃ τὴν θέσιν του, θὰ ἔχωμεν ἄφ' ἐνὸς μὲν ἓνα κινούμενον ἄνθρωπον (ἐλεύθερον ἠλεκτρόνιον), ἄφ' ἐτέρου δὲ μίαν κενὴν θέσιν (ὀπή). Ἐάν, τώρα, ἡ κενωθεῖσα θέσις καταληφθῇ ὑπὸ τοῦ παρακαθήμενου, ἡ κενὴ θέσις θὰ μετατεθῇ κατὰ μίαν

ὀφείλεται καὶ εἰς ἐλεύθερα ἠλεκτρονία καὶ εἰς θετικὰς ὁπὰς.

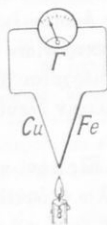
Συμφώνως πρὸς τὸν περιγραφέντα τρόπον τῆς δημιουργίας τῶν θετικῶν ὁπῶν καὶ τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων, θὰ ἔπρεπε νὰ ᾖ ὁ ἀριθμὸς τῶν θετικῶν ὁπῶν νὰ εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων. Διὰ χημικῆς, ὅμως, προσθήκης ξένων ἀτόμων (*) εἰς τοὺς ἡμιαγωγοὺς ἐπιτυγχάνεται, ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως, νὰ εἶναι μεγαλύτερος εἴτε ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων, ὅποτε οἱ ἡμιαγωγοὶ καλοῦνται **ἡμιαγωγοὶ τύπου n** (ἐκ τοῦ negativ=ἀρνητικός), εἴτε ὁ ἀριθμὸς τῶν θετικῶν ὁπῶν, ὅποτε οἱ ἡμιαγωγοὶ καλοῦνται **ἡμιαγωγοὶ τύπου p** (ἐκ τοῦ positiv=θετικός).

Οἱ ἡμιαγωγοὶ χρησιμοποιοῦνται σήμερον εὐρέως διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν **ξηρῶν ἀπορθωτῶν** (§ 289) καὶ τῶν **κρυσταλλοτριόδων** (transistor, § 291).

§ 246. Θερμοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Λαμβάνομεν δύο σύρματα ἐκ διαφόρων μετάλλων (π.χ., τὸ ἓν ἐκ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο ἐκ σιδήρου)



I



II

Σχ. 291. Θερμοστοιχεῖα.

καί, ἀφοῦ συνδέσωμεν τὰ ἄκρα τῶν, παρεμβάλλομεν εἰς τὸ ἓν τῶν συρμάτων ἐν γαλβανόμετρον Γ (σχ. 291, I). Ἐάν, ἀκολούθως, βυθίσωμεν τὴν μίαν ἐπαφὴν ἐντὸς πάγου καὶ τὴν ἄλλην ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος — ἐάν, δηλ., αἱ δύο ἐπαφαὶ εὐρίσκονται εἰς

διαφόρους θερμοκρασίας — θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἀπόδειξις ὅτι εἰς τὰ ἄκρα τῶν δύο συρμάτων ἐνεφανίσθη μία ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται ἩΕΔ εἰς σύστημα δύο διαφόρων μετάλλων ἐν ἐπαφῇ, ὅταν αἱ δύο ἐπαφαὶ εὐρίσκονται εἰς διαφόρους θερμοκρασίας, καλεῖται **θερμοηλεκτρικὸν φαινόμενον**, ἢ δὲ κατ' αὐτὸ ἀναπτυσσομένη ἩΕΔ καλεῖται **θερμοηλεκτρικὴ τάσις**. Τὸ σύστημα τῶν δύο ἐν ἐπαφῇ διαφόρων μετάλλων καλεῖται **θερμοστοιχεῖον**.

Ἡ θερμοηλεκτρικὴ τάσις E_{θ} εὐρίσκεται ὅτι εἶναι ἀνάλογος τῆς διαφορᾶς $\Delta\theta$ τῆς θερμοκρασίας μεταξὺ τῶν δύο ἐπαφῶν τοῦ θερμοστοιχείου. Ἦτοι εἶναι

$$E_{\theta} = C \cdot \Delta\theta. \quad (1)$$

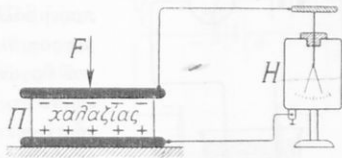
Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας C καλεῖται **συντελεστὴς θερμοηλεκτρικῆς τάσεως** καὶ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τῶν δύο μετάλλων.

θέσιν. Ἐάν τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται συνεχῶς, ἡ κενὴ θέσις (ὁπή) θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ κινῆται.

(*) Ἰνδίου, ἀρσενικόν κ.λ.

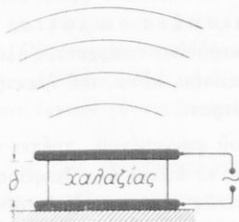
Τὰ θερμοστοιχεῖα χρησιμοποιοῦνται, κυρίως, ὡς θερμομέτρα (θερμοηλεκτρικά θερμομέτρα ἢ πυρόμετρα). Ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ θερμοστοιχείου ἐκ δύο διαφόρων μετάλλων (*), τοῦ ὁποίου τὰ ἄκρα εἶναι συνδεδεμένα εἰς ἓν μιλιοβόλτομετρον (σχ. 291, II), βαθμολογημένον ἀπ' εὐθείας εἰς βαθμοὺς Κελσίου (ἢ Fahrenheit). Τὸ ἄλλο σημεῖον ἐπαφῆς εὐρίσκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος· ἀντὶ νὰ εὐρίσκεται εἰς θερμοκρασίαν 0°C , ὅπως εἰς τὸ σχῆμα 291, I. Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς θερμοκρασίας, π.χ., ἐνὸς κλιβάνου, φέρεται ἐντὸς αὐτοῦ ἡ κοινὴ ἐπαφὴ καὶ ἀναγινώσκεται ἡ θερμοκρασία ἐπὶ τῆς κλίμακος τοῦ ὄργάνου.

§ 247. Πιεζοηλεκτρικόν φαινόμενον. Λαμβάνομεν πλακίδιον Π ἐκ χαλαζίου (**), τὸ ὁποῖον τοποθετοῦμεν μεταξὺ δύο μεταλλικῶν πλακῶν, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 292. Ἀκολούθως, συνδέομεν τὰς δύο πλάκας μὲ τὸ ἡλεκτροσκόπιον H καὶ πιέζομεν τὸν κρύσταλλον διὰ τῆς δυνάμεως F . Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἡλεκτροσκόπιον δεικνύει μίαν ἔνδειξιν, ἀποδείξεις ὅτι ἐπὶ τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ πλακιδίου ἐνεφανίσθησαν ἡλεκτρικὰ φορτία. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον ἐμφανίζονται ἡλεκτρικὰ φορτία εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ὠρισμένων κρυστάλλων, ὅταν πιεσθῶν, καλεῖται **πιεζοηλεκτρικόν φαινόμενον**. Ὅπως εὐρίσκεται, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ ἐξασκουμένη πίεσις, τόσον περισσότερα εἶναι καὶ τὰ ἐμφανιζόμενα φορτία καί, συνεπῶς, τόσον μεγαλύτερα καὶ ἡ ἀναπτυσσομένη τάσις εἰς τὰς δύο πλάκας. Τὴν ἰδιότητα ταύτην ἐκμεταλλευσόμεθα πρὸς κατασκευὴν ὠρισμένου τύπου *μικροφῶνων*, διὰ τὴν μέτρησιν τῆς πίεσεως τῆς ἀναπτυσσομένης εἰς πολὺν μικρὰ χρονικὰ διαστήματα (π.χ., τῆς πίεσεως εἰς τὸ ἑσωτερικὸν πυροβόλων κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκρήξεως) κ.λ.



Σχ. 292. Κατὰ τὴν πίεσιν τοῦ κρυστάλλου τοῦ χαλαζίου, τὸ ἡλεκτροσκόπιον δεικνύει ἀπόκλισιν.

Ἡλεκτροστατόν. Ἐάν, ἀντὶ νὰ πιέσωμεν τὸν κρύσταλλον τοῦ σχήματος 292, ἐφαρμόσωμεν εἰς τὰς δύο πλάκας συνεχῆ τάσιν, τότε, ἀναλόγως τῆς πολικότητος τῶν δύο πλακῶν, τὸ πάχος τοῦ πλακιδίου ἑλαττοῦται ἢ αὐξάνεται. Συνεπῶς, ἂν ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις εἶναι ἐναλλασσομένη (σχ. 293), τὸ πλακίδιον θὰ συστέλλεται καὶ θὰ διαστελλεται περιοδικῶς καί, οὕτω, θὰ ἐκτελῇ ἐξηναγκασμένην ταλάντωσιν. Τὸ πλάτος τῆς ταλάντωσεως ταύτης γίνεται μέγιστον εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συντονισμοῦ, ὅταν, δηλ., ἡ συχνότης τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως εἶναι ἴση πρὸς τὴν ἰδιοσυχνότητα τοῦ πλακιδίου. Ἡ ἰδιοσυχνότης τοῦ πλακιδίου, δύναται, ἀναλόγως τοῦ πάχους αὐτοῦ, νὰ φθάσῃ μέχρι καὶ τῆς περιοχῆς τῶν ραδιοφωνικῶν συχνοτήτων. Πλακίδια τοιοῦτου χαλαζίου χρησι-



Σχ. 293. Ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ πάχος δ τοῦ πλακιδίου τοῦ χαλαζίου ἢ αὐξάνεται ἢ ἑλαττοῦται.

μοποιοῦνται διὰ τὴν παραγωγὴν τῶν *ὑπερήχων* (***) κ.λ.

(*) Χαλκός - κωνσταντίνη ἢ σίδηρος - κωνσταντίνη διὰ θερμοκρασίας μέχρι 500°C , λευκόχρυσος - κοράμ λευκοχρύσου καὶ ροδίου διὰ θερμοκρασίας μέχρι 1600°C κ.λ.

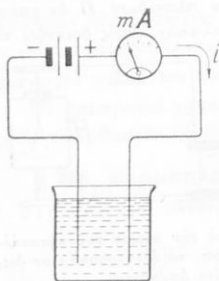
(**) Τὸ πλακίδιον τοῦτο πρέπει νὰ ἔχῃ κοπὴ ἐκ τοῦ κρυστάλλου τοῦ χαλαζίου καθ' ὠρισμένας κρυσταλλογραφικὰς διευθύνσεις.

(***) Βλ. τόμος Α', § 207.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΔ'

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΥΓΡΩΝ

§ 248. 'Ηλεκτρολύται. Ἐντὸς ποτηρίου θέτομεν ἄπεσταγμένον ὕδωρ καὶ ἐντὸς αὐτοῦ ἐμβαπτιζόμεν δύο ὅμοια σύρματα (ἠλεκτροδία).



Σχ. 294. Ὅταν ἐντὸς τοῦ ὕδατος διαλύσωμεν χλωριούχον νάτριον ἢ θειϊκὸν ὀξύ, τὸ μιλιαμπερόμετρον δεικνύει μίαν ἔνδειξιν.

Ἀκολουθῶς, συνδέομεν τὰ δύο σύρματα μετὰ τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς τάσεως, παρεμβάλλοντες εἰς τὸ κύκλωμα καὶ τὸ μιλιαμπερόμετρον mA (σχ. 294). Θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι διὰ τοῦ ὄργανου δὲν διέρχεται ρεῦμα. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ἐντὸς τοῦ ὕδατος δὲν ὑπάρχουν ἠλεκτρικῶς φορτισμένα σωμάτια (διότι τὰ μόρια τοῦ ὕδατος εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα) καί, ὥς γνωστόν, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὀφείλεται εἰς κίνησιν ἠλεκτρικῶν φορτίων. Ἐάν, ἀκολουθῶς, διαλύσωμεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος χλωριούχον νάτριον (κοινὸν μαγειρικὸν ἅλας), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, τώρα, διὰ τοῦ ὄργανου διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ αὐτὸ θὰ παρατηρήσωμεν, ἐάν, ἀντὶ χλωριούχου νατρίου, ρίψωμεν ἐντὸς τοῦ ὕδατος μερικὰς σταγόνας θειϊκοῦ ὀξέος.

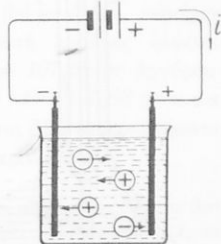
Διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν τὸ περιγραφέν φαινόμενον, πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι, διὰ τῆς προσθήκης τοῦ χλωριούχου νατρίου ἢ τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ἐνεφανίσθησαν ἠλεκτρικῶς φορτισμένα σωμάτια, τὰ ὅποια, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων ὑπάρχοντος ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἀρχίζουσιν νὰ κινοῦνται, δημιουργουμένου, οὕτω, τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον δεικνύει τὸ μιλιαμπερόμετρον.

Ἵοντα. Διὰ νὰ συνεχίσωμεν τὴν ἐξέτασιν τοῦ φαινομένου, πρέπει νὰ γνωρίσωμεν τί εἶναι τὰ Ἵοντα: Ὅπως, γνωρίζομεν, τὰ ἅτομα τῶν διαφόρων στοιχείων, ὑπὸ συνθήκας συνθήκας, εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα. Καὶ τοῦτο διότι ἕκαστον ἅτομον ἔχει τόσα ἠλεκτρόνια, ὥστε τὸ (ἄρνητικὸν) φορτίον αὐτῶν νὰ ἐξουδετερώσῃ τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος. Ἐάν, ὅμως, διὰ τινος τρόπου, τὸ ἅτομον χάσῃ ἓν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια, θὰ παύσῃ, πλέον, νὰ εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον καὶ θὰ παρουσιάσῃ θετικῶς φορτισμένον. Λέγομεν ὅτι, τώρα, τὸ ἅτομον ἔχει μετατραπῇ εἰς **θετικὸν ἶόν**. Ἀντιθέτως, ἐάν εἰς οὐδέτερον ἅτομον προστεθῇ ἓν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια, θὰ μετατραπῇ εἰς **ἀρνητικὸν ἶόν**. Ἀρα, **Ἵοντα** θὰ καλέσωμεν ἅτομα (ἢ καὶ συμπλέγματα ἀτόμων) μετὰ περίσσειμα ἢ ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων. Οὕτω, τὸ θειϊκὸν ὀξύ ἀποτελεῖται ἐξ οὐδετέρων μορίων H_2SO_4 . Τοῦτο, διαλυόμενον ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ὑφίσταται **ἠλεκτρολυτικὴν διάσπασιν**, δηλ., τὰ μόρια τοῦ θειϊκοῦ ὀξέος διασπῶνται, αὐτομάτως, εἰς Ἵοντα H^+ καὶ

SO_4^{--} . Τὸ ἀνάλογον συμβαίνει καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ χλωριούχου νατρίου, τὸ ὁποῖον, διαλυόμενον ἐντὸς τοῦ ὕδατος, διασπᾶται, αὐτομάτως, εἰς ἰόντα Na^+ καὶ Cl^- . Τὴν θεωρίαν τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διασπάσεως διετύπωσεν ὁ Arrhenius (Ἀρένιους).

Υγρὰ, τὰ ὁποῖα περιέχουν ἰόντα, καλοῦνται **ἠλεκτρολύται**. Ήλεκτρολύται εἶναι τὰ διαλύματα ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, τὰ τήγματα ἀλάτων καὶ βάσεων κ. λ.

Διὰ τῆς θεωρίας τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διασπάσεως δυνάμεθα, ἤδη, νὰ ἐξηγήσωμεν τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος διὰ τινος ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὡς ἑξῆς: Ὅταν ἐφαρμόζωμεν τάσιν εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια τῆς συσκευῆς τοῦ σχήματος 295, δημιουργοῦμεν ἐντὸς τοῦ διαλύματος ἠλεκτρικὸν πεδίον. Τὸ ἠλεκτρικὸν τοῦτο πεδίον ἐξασκεῖ μίαν δύναμιν ἐφ' ἐκάστου θετικοῦ καὶ ἀρνητικοῦ ἰόντος καὶ ἀναγκάζει αὐτὰ νὰ κινηθοῦν. Καὶ τὰ μὲν θετικὰ ἰόντα κινοῦνται πρὸς τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον — τὴν **κάθοδον** (*) — τὰ δὲ ἀρνητικὰ πρὸς τὸ θετικὸν — τὴν **ἀνοδον** (**). Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων, τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 295 θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (**).



Σχ. 295. Κίνησις τῶν ἰόντων τοῦ ἠλεκτρολύτου ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ἐνταῦθα ὅτι ἡ διάσπασις εἰς ἰόντα συμβαίνει κατὰ τὴν διάλυσιν τῶν ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων ἐντὸς τοῦ ὕδατος καὶ δὲν ἔχει καμμίαν σχέσιν μὲ τὴν δίοδον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ὡς συμπέρασμα ὅλων τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ ἀγωγιμότης τῶν ἠλεκτρολυτῶν—δηλ., ἡ δίοδος ρεύματος δι' αὐτῶν—οφείλεται εἰς τὴν κίνησιν ἰόντων (θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν).

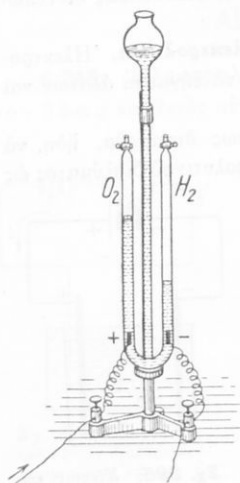
§ 249. Ήλεκτρόλυσις. Κατὰ τὴν δίοδον τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ τινος ἠλεκτρολύτου προκαλεῖται χημικὴ ἀποσύνθεσις αὐτοῦ, ἡ ὁποία καλεῖται **ἠλεκτρόλυσις**. Αἱ συσκευαί, διὰ τῶν ὁποίων προκαλοῦμεν ἠλεκτρολύσιν, καλοῦνται **βολτάμετρα**. Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια, εἰς τὰ ὁποῖα ἢ ἀπλῶς ἀποτίθενται ἢ προκαλοῦν ἄλλας χημικὰς ἀντιδράσεις. Τοῦτο ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἰόντος καὶ

(*) **Κάθοδος** καλεῖται τὸ ἠλεκτρόδιον, τὸ συνδεδεμένον πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς.

(**) **Ἀνοδος** καλεῖται τὸ ἠλεκτρόδιον, τὸ συνδεδεμένον πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς.

(***) Τὰ θετικὰ ἰόντα καλοῦνται καὶ **κατιόντα**, διότι φέρονται πρὸς τὴν κάθοδον, ἐνῶ τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα καλοῦνται **ἀνιόντα**, διότι φέρονται πρὸς τὴν ἀνοδον.

τῆς φύσεως τοῦ μετάλλου τῶν ηλεκτροδίων. Οὕτω, ἐὰν ηλεκτρολύσωμεν ὑδατικὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4) ἐντὸς βολταμέτρου, τὸ ὁποῖον ἔχει



Σχ. 296. Βολτάμετρον διὰ τὴν ηλεκτρόλυσιν διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

ηλεκτρόδια ἐκ λευκοχρόσου (σχ. 296), θὰ ἐμφανισθῇ ἀέριον ὑδρογόνον εἰς τὴν κάθodon καὶ ἀέριον ὀξυγόνον εἰς τὴν ἀνodon καί, μάλιστα, ὁ ὄγκος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι διπλάσιος τοῦ ὄγκου τοῦ ὀξυγόνου. Ἐπίσης, ἐὰν ηλεκτρολύσωμεν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) ἐντὸς βολταμέτρου μὲ ηλεκτρόδια ἐκ χαλκοῦ, εἰς μὲν τὴν κάθodon ἀποτίθεται χαλκός (ἐπομένως, ἡ μάζα τῆς διαρκῶς αὐξάνεται), ἐνῶ ἡ ἀνodos διαρκῶς φθείρεται (ἐπομένως, ἡ μάζα τῆς διαρκῶς ἐλαττοῦται).

Ὁρισμοί. Διὰ τὴν κατανόησιν τῶν ἐπομένων, θὰ χρειασθοῦν οἱ ὁρισμοὶ φυσικῶν τινῶν μεγεθῶν.

α) **Ἀτομικὸν βάρος** A ἐνὸς στοιχείου καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς μάζης ἐνὸς ατόμου τοῦ στοιχείου τούτου διὰ τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου (ἢ, ἀκριβέστερον, τοῦ $\frac{1}{16}$ τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὀξυγόνου) (*). Οὕτω, π.χ., τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶναι

63,54. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ μάζα τοῦ ατόμου τοῦ χαλκοῦ εἶναι 63,54 φορές μεγαλύτερα τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου.

β) **Σθένος** n ἐνὸς ἰόντος εἶναι εἰς ἀκέραιος ἀριθμὸς, ὁ ὁποῖος μᾶς πληροφορεῖ πόσα ηλεκτρόνια ἐξεδιόχθησαν ἐξ ἐνὸς οὐδετέρου ατόμου ἢ πόσα ηλεκτρόνια προσετέθησαν εἰς αὐτὸ διὰ νὰ σχηματισθῇ τὸ ἰόν. Οὕτω, ἐὰν ἐξ ἐνὸς ατόμου χαλκοῦ ἐκδιωχθοῦν δύο ηλεκτρόνια, θὰ προκύψῃ ἓν θετικὸν ἰὸν χαλκοῦ Cu^{++} , μὲ σθένος $n=2$ (δισθενὲς ἰόν). Ὀμοίως, ἐὰν εἰς ἓν ἄτομον χλωρίου προστεθῇ ἓν ηλεκτρόνιον, θὰ προκύψῃ ἓν ἀρνητικὸν ἰὸν χλωρίου Cl^{-} , μὲ σθένος $n=1$ (μονοσθενὲς ἰόν).

γ) **Γραμμοῖσodύναμον** ἐνὸς ἰόντος καλεῖται ἡ ποσότης ἐκεῖνη τῶν ἰόντων, ἡ ὁποία ἔχει μᾶζαν τόσων γραμμαρίων, ὅσον εἶναι τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους τοῦ ἰόντος διὰ τοῦ σθένους αὐτοῦ. Οὕτω, τὸ γραμμοῖσodύναμον τοῦ δισθενοῦς ἰόντος τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἴσον πρὸς $63,54 : 2 = 31,77 \text{ gr}$. Τὸ γραμμοῖσodύναμον τοῦ ὑδρογόνου ἰσοῦται πρὸς $1,008 : 1 = 1,008 \text{ gr}$ κ.λ.

§ 250. Νόμος τοῦ Faraday (Φαρανταῖϋ). Ὁ Faraday συνήγαγε,

(*) Τὸ ἀτομικὸν βάρος, παρὰ τὴν παραπειστικὴν ὀνομασίαν του, δὲν εἶναι βάρος, δηλ., δύναμις, ἀλλ' ἀριθμὸς.

διὰ πειραμάτων, τὸν ἐξῆς νόμον τῆς ἠλεκτρολύσεως: «Ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἐκλυθῇ, δι' ἠλεκτρολύσεως, ἓν γραμμοῖσοδύναμον οἷον δὴ ποτε ἰόντος, εἶναι σταθερὰ καὶ ἴση πρὸς 96 500 Cb». Ἡ σταθερὰ αὕτη ποσότης καλεῖται **σταθερὰ τοῦ Faraday** καὶ συμβολίζεται διὰ τοῦ γράμματος F . Ὅτοι εἶναι

$F = 96\,500 \text{ Cb/γραμμοῖσοδύναμον}$	Σταθερὰ τοῦ Faraday
---	---------------------

Οὕτω, ἐὰν διὰ βολταμέτρου, περιέχοντος διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ, διέλθῃ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἴση πρὸς 96 500 Cb, θὰ ἐναποτεθοῦν ἐπὶ τῆς καθόδου 63,54 : 2 = 31,77 gr χαλκοῦ. Ὁμοίως, ἐὰν διὰ βολταμέτρου, περιέχοντος διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3), διέλθῃ ἡ αὕτη ποσότης ἠλεκτρισμοῦ (96 500 Cb), θὰ ἐναποτεθοῦν ἐπὶ τῆς καθόδου 107,88 gr ἀργύρου· διότι τὸ γραμμοῖσοδύναμον τοῦ ἀργύρου εἶναι 107,88 : 1 = 107,88 gr κ.ο.κ.

Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ νόμου τοῦ Faraday λύνονται ὅλα τὰ προβλήματα, τὰ ὁποία παρουσιάζονται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ἐφαρμογή. Διὰ βολταμέτρου χαλκοῦ (δηλ., βολταμέτρου, περιέχοντος διάλυμα θειϊκοῦ χαλκοῦ καὶ ἠλεκτρόδια ἐκ χαλκοῦ) διέρχεται ρεύμα, σταθερᾶς ἐντάσεως 300 mA, ἐπὶ χρόνον 50 min. Ζητεῖται νὰ εὗρεθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ἡ ὁποία θὰ ἐναποτεθῇ ἐπὶ τῆς καθόδου.

Λύσις. Ἐὰν καλέσωμεν i τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ t τὸν χρόνον τῆς ἠλεκτρολύσεως, τὸ φορτίον q , τὸ ὁποῖον διῆλθε διὰ τοῦ βολταμέτρου, εὐρίσκεται, ἐκ τοῦ ὀρισμοῦ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος $i = q/t$, ἴσον πρὸς

$$q = i \cdot t.$$

Δίδονται: $i = 300 \text{ mA} = 0,3 \text{ A}$ καὶ $t = 50 \text{ min} = 50 \cdot 60 = 3000 \text{ sec}$. Ἐπομένως, κατὰ τὸν ἄνω τύπον, τὸ φορτίον q εἶναι ἴσον πρὸς

$$q = 0,3 \cdot 3000 \text{ A} \cdot \text{sec} = 900 \text{ Cb}.$$

Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἴσον πρὸς 63,54 (βλ. πίνακα Περιοδικοῦ Συστήματος εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου), τὸ δὲ σθένος ἴσον πρὸς 2. Ἀρα, τὸ γραμμοῖσοδύναμον τοῦ χαλκοῦ θὰ εἶναι ἴσον πρὸς

$$\frac{63,54}{2} = 31,77 \text{ gr}.$$

Ἡδὴ, σκεπτόμεθα ὡς ἐξῆς: Κατὰ τὸν νόμον τοῦ Faraday, φορτίον 96 500 Cb, διερχόμενον διὰ τοῦ βολταμέτρου, ἐναποθέτει ἐπὶ τῆς καθόδου χαλκόν, μάζης ἴσης πρὸς τὸ γραμμοῖσοδύναμον τοῦ χαλκοῦ, δηλ., 31,77 gr. Ἐπομένως, τὸ φορτίον $q = 900 \text{ Cb}$, τὸ ὁποῖον διῆλθε κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν διὰ τοῦ βολταμέτρου, πρέπει νὰ ἐναποθέσῃ μᾶζαν χαλκοῦ, ἡ ὁποία εὐρίσκεται διὰ τῆς μεθόδου τῶν τριῶν:

$$\frac{96\,500 \text{ Cb}}{900 \text{ Cb}} \quad \text{δίδουν} \quad \frac{31,77 \text{ gr}}{x};$$

$$\text{ἥτοι} \quad x = \frac{31,77 \cdot 900}{96\,500} \frac{\text{gr} \cdot \text{Cb}}{\text{Cb}} = \frac{31,77 \cdot 9}{965} \text{ gr} = \frac{285,93}{965} \text{ gr}$$

$$\text{ἥ} \quad x = 0,296 \text{ gr} \simeq 0,3 \text{ gr}.$$

Παρατηρήσεις ἐπὶ τοῦ νόμου τοῦ Faraday. Ὁ νόμος τοῦ Faraday, ὁ ὁποῖος εὐρέθῃ πειραματικῶς, διευκρινήθη ὑπ' αὐτοῦ ὑπὸ τὴν μορφήν

$$m = a \cdot q \quad \eta \quad m = a \cdot i \cdot t$$

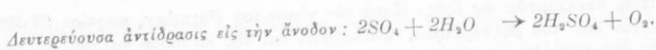
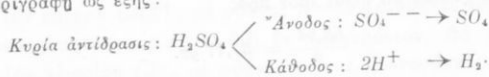
ἐνθα m εἶναι ἡ μᾶζα, ἡ ἀποτετιμένη ὑπὸ τοῦ φορτίου q , a μία σταθερά, καλουμένη *ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον*, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ t ὁ χρόνος τῆς ἡλεκτρολύσεως. Ἡ σταθερά a παριστᾷ τὴν μᾶζαν, τὴν ἐκλυομένην ἀνά μονάδα ποσότητος ἡλεκτρισμοῦ, ἡ δὲ τιμὴ τῆς, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἰόντος, λαμβάνεται ἐκ πινάκων, ἄνευ τῶν ὁποίων ἡ λύσις τῶν διαφόρων προβλημάτων τῆς ἡλεκτρολύσεως καθίσταται ἀδύνατος. Σήμερον, ὁμοῦ, ὁ νόμος τοῦ Faraday πρέπει νὰ διατυπώται ὑπὸ τὴν νέαν του μορφήν, ἀφ' ἐνὸς μὲν διότι ἡ μορφή αὕτη ἀποδεικνύεται θεωρητικῶς, ἀφ' ἑτέρου δὲ διότι εἶναι γενικωτάτη, ὥς μὴ περιέχουσα σταθεράς, ἐξαρτωμένας ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἰόντος.

Ὅσον ἀφορᾷ τὸν ὅρον «χημικὸν ἰσοδύναμον», ὁ ὁποῖος πολλάκις ἀναφέρεται εἰς τὰ προβλήματα τῆς ἡλεκτρολύσεως, περὶ αὐτοῦ οὐδεμία συζήτησις πρέπει νὰ γίνῃ, καθ' ὅσον πρόκειται περὶ ἐννοίας, δυναμένης νὰ παραλειφθῇ ἐντελῶς.

§ 251. Χημικαὶ δράσεις κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν. Εἴπομεν ἀνωτέρω ὅτι, κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν, τὰ ἰόντα, καταφθάνοντα εἰς τὰ δύο ἡλεκτρόδια, ἐκφορτίζονται. Ἡ περαιτέρω πορεία τοῦ φαινομένου ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἶδους τῶν ἰόντων καὶ ἐκ τοῦ εἶδους τῶν ἡλεκτροδίων. Κατωτέρω ἐξετάζονται λεπτομερέστερον αἱ ἀνωτέρω περιγραφεῖσαι περιπτώσεις ἡλεκτρολύσεως:

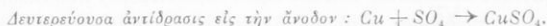
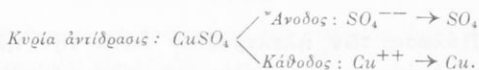
α) *Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος H_2SO_4 μὲ ἡλεκτρόδια ἐκ λευκοχρόσου.* Κατὰ τὴν διάλυσιν τοῦ θειικοῦ ὀξέος ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τὰ μόρια τοῦ H_2SO_4 διασπῶνται εἰς ἰόντα H^+ καὶ ἰόντα SO_4^{--} . Ὅταν εἰς τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου ἐφαρμόσωμεν συνεχῆ τάσιν, τὰ ἰόντα τοῦ ὕδρογόνου H^+ κινοῦνται πρὸς τὴν κάθodon, ὅταν δὲ ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν μὲ αὐτὴν, λαμβάνουν ἀνὰ ἓν ἡλεκτρόνιον καί, οὕτω, σχηματίζουν οὐδέτερα ἄτομα ὕδρογόνου. Τὰ ἄτομα ταῦτα ἐνοῦνται, ἀκολούθως, πρὸς μόρια ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται ὥς ἀέριον. Ἀφ' ἑτέρου, τὸ ἰὸν SO_4^{--} , καταφθάνον εἰς τὴν ἀνοδον, ἀποδίδει εἰς αὐτὴν δύο ἡλεκτρόνια καὶ ἐκφορτίζεται. Οὕτω, σχηματίζεται ἡ ρίζα SO_4 , ἡ ὁποία ἀντιδρᾷ μετὰ τοῦ ὕδατος καὶ παρέχει θειικὸν ὀξύ ἀφ' ἐνὸς καὶ ὀξυγόνον ἀφ' ἑτέρου. Τὸ ὀξυγόνον ἐκλύεται ὥς δευτερεύον προϊόν ὑπὸ μορφήν φουσαλλίδων.

Κατὰ ταῦτα, ἡ ὅλη πορεία τῆς ἡλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος δύναται νὰ περιγραφῇ ὥς ἑξῆς:

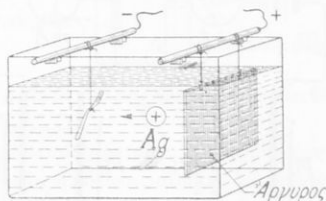


β) *Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος $CuSO_4$ μὲ ἡλεκτρόδια ἐκ χαλκοῦ.* Κατὰ τὴν διάλυσιν τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ ἐντὸς τοῦ ὕδατος, τὰ μόρια τοῦ $CuSO_4$ διασπῶνται εἰς θετικά ἰόντα χαλκοῦ Cu^{++} καὶ εἰς ἀρνητικά ἰόντα SO_4^{--} . Κατὰ τὴν ἡλεκτρόλυσιν, τὰ ἰόντα Cu^{++} φέρονται πρὸς τὴν κάθodon, ὅταν δὲ φθάσουν ἐπ' αὐτῆς λαμβάνουν δύο ἡλεκτρόνια καί, οὕτω, σχηματίζουν οὐδέτερα ἄτομα χαλκοῦ, τὰ ὁποῖα ἐπικαθίζονται ἐπὶ τῆς καθόδου. Ἀφ' ἑτέρου, τὰ ἰόντα SO_4^{--} , καταφθάνοντα εἰς τὴν ἀνοδον, ἐκφορτίζονται ἐπ' αὐτῆς καὶ σχηματίζουν τὴν ρίζαν SO_4 , ἡ ὁποία προσβάλλει τὸ ἡλεκτρόδιον τῆς ἀνόδου (δηλ., ἀποσπᾷ ἐξ αὐτῆς ἓν ἄτομον χαλκοῦ) καὶ σχηματίζει θειικὸν χαλκόν.

Κατὰ ταῦτα, ἡ ὅλη πορεία τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος τοῦ θειικοῦ χαλκοῦ δύναται νὰ περιγραφῇ ὡς ἑξῆς :



§ 252. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως. Μεγάλης σπουδαιότητος ἐφαρμογὴν εὐρίσκει ἡ ἠλεκτρολύσις εἰς τὴν **ἐπιμετάλλωσιν**. Οὕτω καλεῖται ἡ δι' ἠλεκτρολύσεως προστασία ὠρισμένων μεταλλῶν, εὐκόλως ὀξειδουμένων, δι' ἐπικάλυψιν αὐτῶν δι' ἄλλων μετάλλων, π.χ., διὰ νικελίου (ἐπινικέλωσις), ἀργύρου (ἐπαργύρωσις), χρυσοῦ (ἐπιχρυσωσις) κ.λ. Οὕτω, π.χ., διὰ τὴν ἐπαργύρωσιν χρησιμοποιεῖται ὡς ἠλεκτρολύτης ὑδατικὸν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου (AgNO_3), ὡς κάθοδος τὸ πρὸς ἐπαργύρωσιν ἀντικείμενον καὶ ὡς ἄνοδος πλάξ ἐξ ἀργύρου (σχ. 297).



Σχ. 297. Συσκευή ἐπαργύρωσεως.

Εἰς τὴν **γαλβανοπλαστικὴν**, ἀφ' ἑτέρου, ἐκμεταλλευνόμεθα τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως διὰ νὰ παράγωμεν χάλκινα ἐκμαγεία διαφόρων ἀντικειμένων, π.χ., τῆς ὄψεως ἐνὸς νομίσματος κ.λ. Πρὸς τοῦτο διὰ γουταπέρκης (*) λαμβάνεται τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς ὄψεως τοῦ νομίσματος. Ἀκολουθῶς, ἡ γουταπέρκα καλύπτεται διὰ στρώματος γραφίτου, ἵνα καταστῇ ἀγώγιμος καί, ἐν συνεχείᾳ, ὑφίσταται ἐπιχάλωσιν· χρησιμοποιεῖται, δηλ., ὡς κάθοδος εἰς λουτρὸν θειικοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον ὡς ἄνοδος χρησιμοποιεῖται πλάξ ἐκ χαλκοῦ. Ὄταν ἐπὶ τῆς γουταπέρκης σχηματισθῇ στρώμα χαλκοῦ, ἀρκετοῦ πάχους, διακόπτεται ἡ ἠλεκτρολύσις καὶ ἡ γουταπέρκα ἐμβαπτίζεται ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος, ὅποτε τήκεται καὶ ἀποχωρίζεται τοῦ στρώματος τοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι, τώρα, ἀποτυπωμένη ἡ θετικὴ ὄψις τοῦ νομίσματος.

Δι' ἠλεκτρολύσεως λαμβάνονται διάφορα μέταλλα ὑπὸ λίαν καθαρὰν μορφήν. Οὕτω, ὁ χαλκὸς μεγάλης καθαρότητος (**ἠλεκτρολυτικὸς χαλκὸς**) λαμβάνεται δι' ἠλεκτρολύσεως: Τὸ λουτρὸν τῆς ἠλεκτρολύσεως ἀποτελεῖται ἐκ διαλύματος CuSO_4 , ἡ κάθοδος ἐκ πλακὸς καθαροῦ χαλκοῦ, ἡ δὲ ἄνοδος ἐκ πλακὸς ἀκαθάρτου χαλκοῦ. Κατὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς καθόδου καθαρὸς χαλκός, ἐνῶ αἱ ἀρνητικαὶ ρίζαι SO_4^{--} , ἀποθέτουναι τὸ φορτίον των εἰς τὴν ἄνοδον, προσβάλλουν τὸν ἀκάθαρτον χαλκὸν καὶ σχηματίζουν, ἐκ νέου, CuSO_4 .

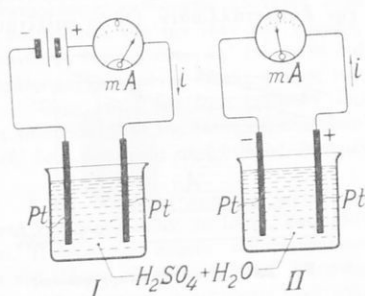
* Ἡ αὕτῃ μέθοδος χρησιμοποιεῖται καὶ διὰ τὴν κάθαρσιν τοῦ ἀργύρου,

(*) Ἡ γουταπέρκα εἶναι ἀπεξηραμένος ὁπὸς ὠρισμένων τροπικῶν δένδρων.

τοῦ νικελίου κ.λ. Ἐπίσης, δι' ἠλεκτρολύσεως λαμβάνεται τὸ ἀργίλιον ἐκ τοῦ ὀξειδίου Al_2O_3 κ.λ.

§ 253. Πόλωση τῶν ἠλεκτροδίων κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν.

Ἐντὸς ὕδατικοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος ἐμβαπτίζομεν δύο ἐλάσματα ἐκ λευκοχρόσου καὶ συνδέομεν αὐτὰ δι' ἠλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς τάσεως, παρεμβάλλοντες εἰς τὸ κύκλωμα καὶ τὸ μιλιαμπερόμετρον mA (σχ. 298, I). Τὸ



Σχ. 298. (I). Διὰ διοχετεύσεως ρεύματος, τῇ βοηθίᾳ ἐξωτερικῆς πηγῆς, ἐπέρχεται πόλωση τῶν ἠλεκτροδίων τοῦ λευκοχρόσου. (II). Τὸ ρεῦμα i εἶναι ἀποτείλεσμα τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἔχει δὲ φοράν, ἀντίθετον τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον προεκάλεσε τὴν πόλωσιν.

ἐκ τούτου, καλεῖται **ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις**. Ἐάν, τώρα, ἀφαιρέσωμεν τὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν καὶ κλείσωμεν τὸ κύκλωμα (II), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ μιλιαμπερόμετρον δεικνύει ἀπόκλινσιν, ἀντίθετον τῆς προηγούμενης. Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι ἡ συσκευὴ ἠλεκτρολύσεως κατέστη πηγὴ ΗΕΔ, ἀντιρρόπου πρὸς τὴν προκαλέσασαν τὴν ἠλεκτρόλυσιν.

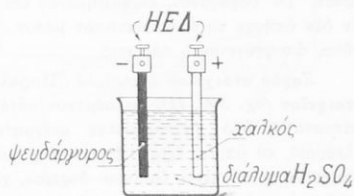
Μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου τὸ λεπτότατον στρώμα τῶν ἀερίων ἐξαφανίζεται καὶ ἡ ἔνδειξις τοῦ μιλιαμπερομέτρου μηδενίζεται.

§ 254. Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα. Ἐντὸς δοχείου, περιέχοντος ἕνα ἠλεκτρολύτην, π.χ., διάλυμα H_2SO_4 , ἐμβαπτίζομεν δύο ἠλεκτρόδια, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν ἀποτελεῖται ἐκ ψευδαργύρου, τὸ δὲ ἄλλο ἐκ χαλκοῦ (σχ. 299). Τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι τὰ δύο ἠλεκτρόδια φορτίζονται ἠλεκτρικῶς (ὁ μὲν χαλκὸς θετικῶς, ὁ δὲ ψευδάργυρος ἀρνητικῶς), ὁπότε μεταξὺ τῶν ἐμφανίζεται ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Τὸ σύστημα τῶν δύο αὐτῶν μετάλλων καὶ τοῦ ἠλεκτρολύτου καλεῖται **ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον**.

Ἐάν συνδέσωμεν τοὺς δύο πόλους ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου, ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως E , διὰ τινος ἀντιστάσεως R , θὰ διέλθῃ δι' αὐτῆς ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις θὰ εἶναι, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm, ἴση πρὸς

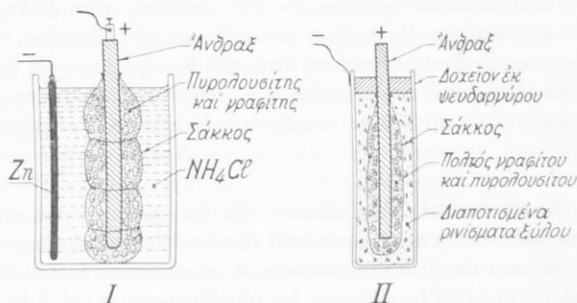
$$i = \frac{E}{R + R_{eo}}$$

ἐνθα R_{eo} εἶναι ἡ **ἐσωτερικὴ ἀντίστασις** τοῦ στοιχείου, δηλ., ἡ ἀντίστασις, τὴν ὁποίαν παρουσιάζει εἰς τὴν διόδον τοῦ ρεύματος αὐτὸ τοῦτο τὸ στοιχεῖον. Ἐὰν τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν στοιχεῖον ἀφήσωμεν ἐν λειτουργίᾳ ἐπὶ τινα χρόνον, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ ΗΕΔ αὐτοῦ βαθμυδὸν ἐλαττοῦται. Ἡ ἐλάττωσις αὕτη προκαλεῖται, κυρίως, ὑπὸ τῆς ἀντηλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, τῆς ὀφειλομένης εἰς τὴν πόλωσιν τῶν ἡλεκτροδίων. Ἐπομένως, τὸ στοιχεῖον τοῦτο δὲν εἶναι, πρακτικῶς, χρησιμοποιήσιμον. Διὰ τοῦτο χρησιμοποιοῦνται ἡλεκτρικά στοιχεῖα, εἰς τὰ ὁποῖα ἡ πόλωσις αἰρεται διὰ καταλήλων χημικῶν οὐσιῶν (ἀντιπολωτικά μέσα).



Σχ. 299. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον (ἀρχή).

Ἐκ τῶν διαφόρων τύπων ἡλεκτρικῶν στοιχείων θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν περιγραφὴν τοῦ εὐρύτερον χρησιμοποιουμένου **στοιχείου Leclanché** (Λεκλανσέ) (*). Τὸ στοιχεῖον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ὑαλίνου δοχείου (σχ. 300, I), ἐντὸς τοῦ ὁποίου τίθεται διάλυμα χλωριούχου ἀμμωνίου (NH_4Cl), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸν ἡλεκτρολύτην.



Σχ. 300. Στοιχεῖον Leclanché (I). Ξηρὸν στοιχεῖον (II).

Τὸ θετικὸν ἡλεκτρόδιον ἀποτελεῖ συμπαγὴς ράβδος ἐξ ἄνθρακος, περιβαλλομένη ὑπὸ μείγματος κόκκων γραφίτου καὶ πυρολουσίτου (MnO_2), τὸ ὁποῖον φέρεται ἐντὸς πορώδους δοχείου (**). Ὁ πυρολουσίτης ἀποτελεῖ τὸ ἀντιπολωτικὸν μέσον. Τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον ἀποτελεῖ ράβδος ἐφυδραργυρωμένου ψευδαργύρου. Ἡ ΗΕΔ τοῦ

(*) Τὰ ἡλεκτρικά στοιχεῖα Daniell, Bunsen κ.λ. δὲν χρησιμοποιοῦνται πλέον καὶ διὰ τοῦτο δὲν περιγράφονται.

(**) Εἰς τὸ σχῆμα 300, I τὸ πορώδες δοχεῖον ἔχει ἀντικατασταθῇ διὰ σάκκου ἐκ πορώδους ὑφάσματος.

στοιχείου τούτου εἶναι, περίπου, 1,5 V. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ στοιχείου (ὅταν, δηλ., τοῦτο παρέχῃ ρεῦμα), τὰ ἰόντα τοῦ χλωρίου (Cl^-), ἐκφορτιζόμενα ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου, ἀντιδρῶν μετ' αὐτοῦ καὶ σχηματίζουν χλωριούχον ψευδάργυρον. Ἀφ' ἐτέρου, εἰς τὸν θετικὸν πόλον τὸν NH_4^+ , ἐκφορτιζόμενον ἐπ' αὐτοῦ, μετατρέπεται, εἰς τὴν ρίζαν NH_3 , ἡ ὁποία εἶναι ἀσταθής καὶ διασπᾶται εἰς ἀμμωνίαν καὶ ὕδρον. Τὸ ὕδρογόνον, ἐπικαθήμενον ἐπὶ τοῦ ἀνθρακος, θὰ ἐπέφερε πόλωσιν αὐτοῦ, ἂν δὲν ὑπῆρχε τὸ ἀντιπολωτικὸν μέσον. Ἡδη, ὅμως, ὁξειδουταὶ ὑπὸ τοῦ MnO_2 καί, οὕτω, ἀποφεύγεται ἡ πόλωσις.

Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché. Παράλλαγή τοῦ στοιχείου τούτου εἶναι τὸ **ξηρὸν στοιχεῖον** (σχ. 300, II), καλούμενον οὕτω, διότι ὁ ὑγρὸς ἠλεκτρολύτης ἔχει ἀντικατασταθῇ ὑπὸ παχυρρεύστου μείγματος, ἀποτελουμένου ἐκ περιονιδίων ξύλου (ἢ ἀλεύρου), τὰ ὁποῖα ἔχουν ἐμποτισθῇ διὰ διαλύματος χλωριούχου ἀμμωνίου. Εἰς τὸ στοιχεῖον τοῦτο, ἀντὶ ὑαλίνου δοχείου, χρησιμοποιεῖται δοχεῖον ἐκ ψευδαργύρου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ ταυτοχρόνως καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Τὸ πορῶδες δοχεῖον ἀντικαθίσταται ὑπὸ σάκκου ἐξ ὑφάσματος, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει πολτὸς γραφίτου καὶ πυρολουσίτου. Τὸ ἐκ ψευδαργύρου δοχεῖον φράσσεται εἰς τὸ ἀνοικτὸν τοῦ ἄκρον διὰ πίσεως.

Τὰ ξηρὰ στοιχεῖα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν φανῶν τῆς τσέπης, εἰς ὠρισμένους τύπους ραδιοφώνων, εἰς συσκευὰς βαρυκοῦας κ.λ.

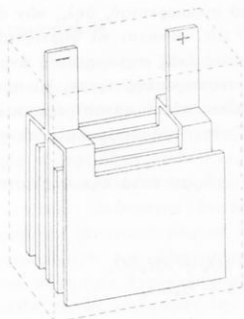
Προέλευσις τῆς ἐνεργείας τῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων. Εἶδομεν ἀνωτέρω ὅτι, ἐὰν οἱ πόλοι ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ στοιχείου συνδεθῶν διὰ μιᾶς ἀντιστάσεως, διέρχεται δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ ἠλεκτρόλυσιν. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐπέρχονται χημικαὶ ἀντιδράσεις, λόγῳ τῶν ὁποίων καταναλίσκεται ποσότης ἐκ τοῦ μετάλλου τῶν ἠλεκτροδίων. Οὕτω, τὸ ἐκ ψευδαργύρου ἠλεκτρόδιον μετατρέπεται, σὺν τῷ χρόνῳ, εἰς ἄλλας. Ἡ ἐνέργεια, τοῦ ψευδαργύρου, τὸ ὁποῖον διαλύεται ἐντὸς τοῦ ἠλεκτρολύτου. Ἡ ἐνέργεια, ἀκριβῶς, ἡ ἐλευθερουμένη κατὰ τὴν χημικὴν ταύτην ἀντίδρασιν, μετατρέπεται εἰς τὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν παρέχει τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον, ὅταν λειτουργῇ.

§ 255. Συσσωρευταί. Τὴν πόλωσιν τῶν ἠλεκτροδίων κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν ἐκμεταλλευνόμεθα πρὸς κατασκευὴν τῶν *συσσωρευτῶν* (κ. μπαταρίας).

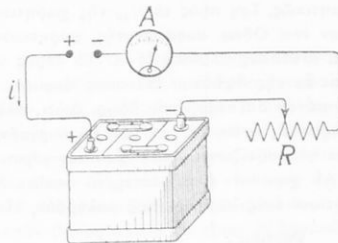
Εἰς τὸ πείραμα τῆς § 253 ἡ πόλωσις, ἡ προερχομένη ἐκ τοῦ στρώματος τῶν ἀερίων, τὰ ὁποῖα ἐπικάθηνται ἐπὶ τῶν ἠλεκτροδίων καὶ ἡ ἐκ ταύτης προκαλουμένη ἀντηλεκτρεγερτικὴ δύναμις διατηρεῖται ἐπὶ μικρὸν χρόνον. Διὰ τὴν παραγωγὴν διατηρησίμου πολώσεως — ἱκανῆς, δηλ., νὰ παρέχῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπὶ μακρὸν — ἀπαιτεῖται ριζικὴ μεταβολὴ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται εἰς τοὺς *συσσωρευτάς*. Ἐξ αὐτῶν περιγράφομεν τοὺς πλέον διαδεδομένους· τοὺς *συσσωρευτάς μολύβδου*.

Ὁ *συσσωρευτὴς μολύβδου* (σχ. 301), ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ δοχείου ἐξ ὑάλου ἢ ἔβονίτου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ὑπάρχει ὕδατικὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος καὶ δύο πλάκες ἐκ μολύβδου. Αἱ δύο πλάκες, ἐμβαπτιζόμεναι ἐντὸς τοῦ διαλύματος, προσβάλλονται ὑπὸ τοῦ θειικοῦ ὀξέος καὶ καλύπτονται ὑπὸ στρώματος θειικοῦ μολύβδου. Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν οὐδεμία

διαφορά δυναμικοῦ παρατηρεῖται, ἀφοῦ αὐταὶ ἀποτελοῦνται ἐκ τοῦ αὐτοῦ ὑλικοῦ. Ἐάν, ὅμως, συνδέσωμεν αὐτὰς πρὸς πηγὴν συνεχοῦς τάσεως (σχ. 302)



Σχ. 301. Συσσωρευτὴς μολύβδου (ἀρχή).



Σχ. 302. Φόρτισις συσσωρευτοῦ. Ὁ θετικὸς πόλος τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς (π.χ. 20 V ἢ 110 V) συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ (6 V) καὶ ὁ ἀρνητικὸς μὲ τὸν ἀρνητικόν.

—ὁπότε ὁ συσσωρευτὴς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος—γίνεται ἡλεκτρόλυσις καὶ λαμβάνουν χώραν ὠρισμένοι χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα νὰ μετατρέψουν τὴν μὲν ἀνοδὸν εἰς διοξειδίου τοῦ μολύβδου (PbO_2), τὴν δὲ κάθόδον εἰς μόλυβδον (Pb). Τώρα, λέγομεν ὅτι ὁ συσσωρευτὴς ἐφορτίσθη. Ὅταν συντελεσθῇ ἡ φόρτισις, ὁ συσσωρευτὴς εἶναι, πλέον, ἱκανὸς νὰ δώσῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπὶ πολὺν χρόνον, ἀρκεῖ οἱ πόλοι του νὰ συνδεθοῦν διὰ μιᾶς ἀντιστάσεως. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν ὅτι ὁ συσσωρευτὴς ἐκφορτίζεται. Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν λαμβάνουν χώραν ὠρισμένοι χημικαὶ ἀντιδράσεις, λόγῳ τῶν ὁποίων τὰ ἡλεκτρόδια μετατρέπονται, ἐκ νέου, εἰς θετικὸν μόλυβδον. Ἀφοῦ, λοιπόν, τώρα τὰ δύο ἡλεκτρόδια τοῦ συσσωρευτοῦ ἐπανῆλθον εἰς τὴν ἀρχικὴν τῶν κατὰστασιν, δυνάμεθα νὰ φορτίσωμεν αὐτὸν ἐκ νέου, κατόπιν νὰ τὸν ἐκφορτίσωμεν κ.ο.κ.

Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα (διὰ τὸν φωτισμὸν καὶ τὴν ἐκκίνησιν αὐτῶν), εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ τὴν κίνησιν τῶν ὑπὸ τὸ ὕδωρ, διὰ τὴν τροφοδότησιν ὠρισμένου τύπου ραδιοφῶνων κ.λ.

Ἡ ΗΕΔ ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου εἶναι, περίπου, 2 V ἀνά στοιχεῖον. Οἱ βιομηχανικῶς κατασκευιζόμενοι συσσωρευταὶ μολύβδου ἔχουν ἡλεκτρόδια ἐκ μολυβδίνου δικτυωτοῦ, τοῦ ὁποίου τὰ διάκενα ἔχουν πληρωθῇ διὰ σπογγώδους μολύβδου (ἀρνητικὸς πόλος) καὶ διὰ φαινοχρόων ὀξειδίων μολύβδου (θετικὸς πόλος).

Χαρακτηριστικὸν στοιχεῖον ἑνὸς συσσωρευτοῦ εἶναι καὶ ἡ «χωρητικότητα» αὐτοῦ, δηλ., ἡ ὅλη ποσότης ἡλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποῖαν οὕτως δύναται νὰ μᾶς δώσῃ ἐκφορτιζόμενος (*). Αὕτη μετρεῖται εἰς ἄμπερώρια (Ah) (**). Οὕτω λέγομεν, π.χ., «συσ-

(*) Ἡ «χωρητικότητα» τῶν συσσωρευτῶν δὲν πρέπει νὰ συγχέεται μὲ τὴν χωρητικότητα τῶν πυκνωτῶν, ἡ ὁποία εἶναι διάφορον μέγεθος καὶ μετρεῖται εἰς Farad.

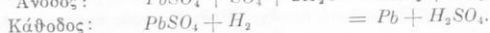
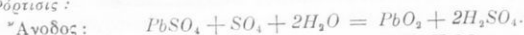
(**) $1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 1 \frac{\text{Cb}}{\text{sec}} \cdot 3600 \text{ sec} = 3600 \text{ Cb}$.

σφωρευτής αυτοκινήτου 160 άμπερρών. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ὁ συσσωρευτής οὗτος δύναται νά παρέχῃ ρεύμα, ἐντάσεως, π.χ., 10 A ἐπὶ 16 ὥρας ἢ 5 A ἐπὶ 32 ὥρας κ.λ.

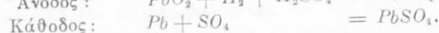
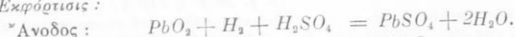
Ἡ ἔντασις τοῦ κανονικοῦ ρεύματος φορτίσεως, εἰς ἀμπέρ μετρουμένη, εἶναι, ἀριθμητικῶς, ἴση πρὸς τὸ $\frac{1}{10}$ τῆς χωρητικότητος τοῦ συσσωρευτοῦ, δηλ., τῶν ἀμπερρών του. Οὕτω, συσσωρευτής, χωρητικότητος 160 Ah, δύναται νά φορτίζεται μὲ ρεύμα, ἐντάσεως τὸ πολὺ 16 A. Τὸ πέρασ τῆς φορτίσεως ἑνὸς συσσωρευτοῦ ἀναγνωρίζεται ἐκ τῆς ἀφθόνου ἐκλύσεως ἀερίων. Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς πρέπει νά προστίθεται μόνον ἀπεσταγμένον ὕδωρ, διότι, ἄλλως, οἱ πλάκες αὐτοῦ καταστρέφονται. Οἱ συσσωρευταί, ἔστω καὶ ἂν δὲν λειτουργοῦν, ἐκφορτίζονται βραδέως καί, συνεπῶς, πρέπει νά φορτίζονται καθ' ἕκαστον μῆνα.

Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι λαμβάνουν χώραν κατὰ τὴν φόρτισιν καὶ ἐκφόρτισιν ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου, εἶναι αἱ ἑξῆς:

Φόρτισις:

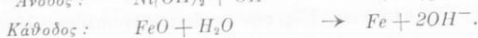
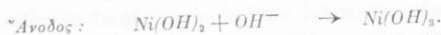


*Εκφόρτισις:



Ἀλκαλικοὶ συσσωρευταί. Εἰς τοὺς συσσωρευτὰς τοῦ τύπου τούτου ἡ ἀνοδος ἀποτελεῖται ἐξ ὑδροξειδίου τοῦ νικελίου, $Ni(OH)_2$, ἡ κάθοδος ἐξ ὀξειδίου τοῦ σιδήρου (FeO), ὁ δὲ ἠλεκτρολύτης εἶναι διάλυμα καυστικοῦ καλίου (KOH), πυκνότητος 1,2 gr/cm³ (24° Baumé).

Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς φορτίσεως, τὰ ἠλεκτρόδια μετατρέπονται εἰς $Ni(OH)_3$ καὶ Fe , συμφώνως πρὸς τὰς κάτωθι ἀντιδράσεις:



Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν αἱ ἀντιδράσεις λαμβάνουν χώραν ἀντιθέτως.

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἀλκαλικοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι, περίπου, 1,4 V ἀνά στοιχεῖον.

Οἱ ἀλκαλικοὶ συσσωρευταί ἔχουν τὸ πλεονέκτημα μεγάλης μηχανικῆς ἀντοχῆς καὶ μεγαλυτέρας διάρκειας ζωῆς ἔναντι τῶν συσσωρευτῶν μολύβδου, δὲν καταστρέφονται δέ, ὅταν παραμείνουν ἀφόρτιστοι ἐπὶ μακρόν, ἐνῶ οἱ συσσωρευταί μολύβδου καταστρέφονται.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Κατὰ τὴν ἐπαργύρωσιν ἑνὸς ἀντικειμένου δι' ἠλεκτρολύσεως διέρχεται διὰ τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ἠλεκτρικὸν φορτίον 1000 Cb. Ποία ἡ μᾶζα τοῦ ἐναποτεθέντος ἀργύρου; (ΑΠ: 1,118 gr)

2) Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον ἀπαιτεῖται, ἵνα ἐναποτεθῇ ἐπὶ τῆς καθόδου βολταμέτρου θεϊκοῦ χαλκοῦ μᾶζα χαλκοῦ, ἴση πρὸς 3,2 gr; (ΑΠ: 9,72·10³ Cb)

3) Ρεύμα, ἐντάσεως 0,7 A, διέρχεται διὰ βολταμέτρου θεϊκοῦ χαλκοῦ. Πόσος χαλγὸς θά ἐναποτεθῇ μετὰ παρέλευσιν χρόνου 20 min; (ΑΠ: 277 mgr)

4) Διὰ βολταμέτρου ἀργύρου (ὕδατικὸν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου καὶ ἠλεκτρόδια ἐξ ἀργύρου) διέρχεται ρεύμα σταθερᾶς ἐντάσεως, ἐπὶ χρόνον 25 min. Ἡ κάθοδος, συγυζομένη πρὸς τῆς ἠλεκτρολύσεως, ἔχει βάρος 110,5 gr*, μετὰ δὲ τὸ τέλος τοῦ πειράματος ἔχει βάρος 110,9 gr*. Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος; (ΑΠ: 238 mA)

5) Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον, διερχόμενον διὰ βολταμέτρου ἀργύρου ἐπὶ χρονικὸν διάστημα 1 sec , ἐναποθέτει ἐπὶ τῆς καθόδου $1,118 \text{ mgr}$ ἀργύρου; (ΑΠ: 1 A)

Κατηγορία Β'

(Ὑπόμνησις: Συμφώνως πρὸς τὴν § 233 τοῦ Α' τόμου «1 γραμμομόριον οἷου-δήποτε ἀερίου, εὐρισκόμενον ὑπὸ κανονικᾶς συνθήκας — δηλ., ὑπὸ θερμοκρασίαν 0°C καὶ πίεσιν 760 Torr — καταλαμβάνει ὄγκον, ἴσον πρὸς $22,4 \text{ λίτρα}$ ». Ἐφ' ὅσον τοῦτο μᾶς εἶναι γνωστόν, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μᾶζαν δεδομένου ὄγκου ἀερίου, χωρὶς νὰ χρειάζωνται πίνακες, οἱ ὁποῖοι παρέχουν τὴν πυκνότητα τῶν ἀερίων).

Παράδειγμα: Πόση εἶναι ἡ μᾶζα ἐνὸς λίτρου ὑδρογόνου ὑπὸ κανονικᾶς συνθήκας;

Λύσις: Δεδομένου ὅτι τὸ μόριον τοῦ ὑδρογόνου (H_2) ἀποτελεῖται ἐκ 2 ἀτόμων ὑδρογόνου (ἀτομικοῦ βάρους 1), τὸ μοριακὸν βάρος αὐτοῦ θὰ εἶναι 2. Συνεπῶς, τὸ 1 γραμμομόριον τοῦ ὑδρογόνου ἔχει μᾶζαν 2 gr . Ὑπὸ κανονικᾶς συνθήκας, ἡ ποσότης αὕτη ἔχει ὄγκον (συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω) ἴσον πρὸς $22,4 \text{ λίτρα}$. Ἦδη, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μᾶζαν τοῦ 1 λίτρου ὑδρογόνου ὑπὸ κανονικᾶς συνθήκας διὰ τῆς μεθόδου τῶν τριῶν:

$$\begin{array}{rcl} 22,4 \text{ λίτρα ὑδρογόνου ἔχουν μᾶζαν } & 2 \text{ gr} \\ 1 \text{ λίτρον} & > & x; \end{array}$$

1) Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ γίνη μία ἡλεκτρολύσις μὲ ρεῦμα, ἐντάσεως 5 A , διὰ νὰ λάβωμεν 1 λίτρον ὑδρογόνου ὑπὸ κανονικᾶς συνθήκας;

(ΑΠ: Ὑπολογίζομεν, κατὰ σειρὰν, α) τὴν μᾶζαν τοῦ παραγομένου ὑδρογόνου, β) τὸν ἀριθμὸν τῶν ἀντιστοίχων γραμμοῖσδυνάμων καὶ γ) τὸ διὰ τὴν ἔκλυσιν τῶν γραμμοῖσδυνάμων αὐτῶν ἀπαιτηθὲν φορτίον, ὅποτε ὁ χρόνος τῆς ἡλεκτρολύσεως προκύπτει ἴσος πρὸς $28,7 \text{ min}$)

2) Νὰ λυθῇ ἡ ἀνωτέρω ἄσκηση εἰς τὴν περίπτωσιν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ 1 λίτρον ὑδρογόνου θὰ παραχθῇ ὑπὸ θερμοκρασίαν 20°C . (ΑΠ: $26,7 \text{ min}$)

3) Ἡλεκτρολύοντες ἐπὶ 3 min ὕδατικὸν διάλυμα θειϊκοῦ ὀξέος ἐντὸς βολταμέτρου μὲ ἡλεκτρόδια ἐκ λευκοχρύσου, λαμβάνομεν ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ σωλῆνος, μείγμα ὀξυγόνου καὶ ὑδρογόνου (κροτοῦν ἀέριον), τοῦ ὁποίου ὁ ὄγκος, ὑπὸ κανονικᾶς συνθήκας, εἶναι ἴσος πρὸς 180 cm^3 . Ποία ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος κατὰ τὴν ἡλεκτρολύσιν;

(ΑΠ: Τὰ δύο τρίτα τοῦ ὄγκου τοῦ κροτοῦντος ἀερίου ἀποτελοῦνται ἐξ ὑδρογόνου. Γνωρίζοντες, λοιπόν, τὸν ὄγκον τοῦ παραχθέντος ὑδρογόνου καὶ ἀκολουθοῦντες τὴν σειρὰν τῶν συλλογισμῶν τῆς ἀσκήσεως (1), εὐρίσκομεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, ἴσην πρὸς $5,74 \text{ A}$. Τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα θὰ προκύψῃ, ἐὰν γίνη ὁ ὑπολογισμὸς ἐκ τοῦ ὄγκου τοῦ παραχθέντος ὀξυγόνου, ἀρκεῖ νὰ ληφθῇ ὑπ' ὄψιν διὰ ὁ ὄγκος αὐτοῦ εἶναι ἴσος πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ ὄγκου τοῦ ὑδρογόνου, τὸ δὲ σθένος τοῦ ἴσον πρὸς 2).

4) Ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διέλθῃ ρεῦμα, ἐντάσεως 500 A , διὰ λουτροῦ παραγωγῆς ἡλεκτρολυτικοῦ χαλκοῦ, ἵνα λάβωμεν τὸν ἀπαιτούμενον χαλκὸν πρὸς κατασκευὴν καλωδίου, μήκους 1 km καὶ διαμέτρου $1,63 \text{ mm}$; (Πυκνότης χαλκοῦ $= 8,9 \text{ gr} \cdot \text{cm}^{-3}$) (ΑΠ: $31,3 \text{ ὥραι}$)

5) Ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐμβαδὸν 30 cm^2 , πρόκειται νὰ ἐπικαλυφθῇ ἡλεκτρολυτικῶς διὰ στρώματος ἀργύρου, πάχους $0,3 \text{ mm}$, ἐντὸς 5 ὥρων . Ποία ἡ ἀπαιτούμενη ἔντασις τοῦ ρεύματος; (Πυκνότης ἀργύρου $= 10,5 \text{ gr/cm}^3$).

(ΑΠ: $0,47 \text{ A}$)

6) Βολταμέτρον θειϊκοῦ χαλκοῦ συνδέεται ἐν σειρᾷ μὲ συσσωρευτὴν καὶ ἀντίστασιν 2Ω . Γίνεται ἡλεκτρολύσις μὲ σταθεράν ἔντασιν ρεύματος ἐπὶ χρόνον 30 min . Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως εὐρίσκεται ἴση πρὸς $3,7 \text{ V}$. Ζη-

τείνεται νὰ εὐρεθῇ ἡ μάζα τοῦ ἐπὶ τῆς καθόδου ἐναποτεθέντος χαλκοῦ.

(ΑΠ : 1,1 gr)

7) Διὰ τὴν τροφοδότησιν λαμπτήρος μοτοσυκλέτας, τάσεως λειτουργίας 4,5 V καὶ ἰσχύος 32 W, διατίθενται τρεῖς ἡλεκτρικαὶ πηγαὶ μεγάλης, σχετικῶς, ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως καί, συγκεκριμένως, τρεῖς ξηραὶ στήλαι (φανοῦ τοῦ πηκτοῦ), ἐκάστη τῶν ὁποίων ἔχει ΗΕΔ 4,5 V καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 1 Ω. Ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ λαμπτήρος, ὅταν οὗτος τροφοδοτηθῇ α) ἀπὸ μίαν μόνον στήλην β) ἀπὸ τὰς τρεῖς στήλας, συνδεδεμέναις ἐν σειρᾷ καὶ γ) ἀπὸ τὰς τρεῖς στήλας, συνδεδεμέναις ἐν παραλλήλῳ.

(ΑΠ: α) 2,76 A β) 3,72 A γ) 4,66 A)

8) Δύο συσσωρευταί, ἀμελητέας ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως, ἔχουν ἕκαστος ΗΕΔ 12 V καὶ χωρητικότητα 150 Ah, πρόκειται δέ, συνδεόμενοι ἐν σειρᾷ, νὰ φορτισθοῦν ὑπὸ γεννητρίως συνεχοῦς ρεύματος 110 V καὶ ἀμελητέας ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως. Ζητεῖται νὰ ὑπολογισθοῦν α) ἡ ἀντίστασις, ἡ ὁποία πρέπει νὰ παρεντεθῇ εἰς τὸ κύκλωμα, ἵνα ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος φορτίσεως λάβῃ τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην τιμὴν β) Ὁ ἀριθμὸς τῶν λαμπτήρων πυρακτώσεως, ἰσχύος 300 W καὶ τάσεως λειτουργίας 110 V, οἱ ὅποιοι, συνδεόμενοι μεταξὺ τῶν ἐν παραλλήλῳ, δύνανται ν' ἀντικαταστήσουν τὴν ἀντίστασιν ταύτην καὶ γ) ὁ χρόνος φορτίσεως.

Σημείωσις. Κατὰ τὴν ἐφαρμογὴν τοῦ νόμου τοῦ Ohm εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, πρέπει νὰ ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι ἡ ἀντὶλεκτρεγγετική δύναμις τῶν δύο συσσωρευτῶν ἔχει ἀντίθετον φορᾶν πρὸς τὴν ΗΕΔ τῆς πηγῆς φορτίσεως τῶν 110 V.

(ΑΠ : α) 5,73 Ω β) 7 λαμπτήρες γ) 10 ὥραι)

9) Συσσωρευτής, ΗΕΔ 6 V καὶ χωρητικότητος 80 Ah, τροφοδοτεῖ λαμπτήρα πυρακτώσεως ἰσχύος 32 W καὶ τάσεως λειτουργίας 6 V. Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἐκφορτισθῇ ὁ συσσωρευτής ;

(ΑΠ : Μετὰ 15 ὥρας)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΕ'

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΑΕΡΙΩΝ

§ 256. Γενικά. Τὰ αέρια, εἰς τὴν φυσικὴν τῶν κατὰστασιν, ἀποτελοῦνται ἐξ ἡλεκτρικῶς οὐδετέρων μορίων (ἢ ἀτόμων) καί, ὥς ἐκ τούτου, δὲν ἄγουν τὸν ἡλεκτρισμόν. Διὰ νὰ καταστοῦν, λοιπόν, ἀγώγιμα, πρέπει νὰ εὐρεθοῦν ἐντὸς αὐτῶν φορεῖς ἡλεκτρισμοῦ, δηλ., φορτισμένα σωματίδια. Οἱ φορεῖς οὗτοι δυνατὸν νὰ προέλθουν εἴτε δι' ἐπιδράσεως ἐξωτερικῶν αἰτίων, ὅποτε ἡ ἀγωγιμότης καλεῖται *μὴ αὐτοτελής*, εἴτε ἀνεξαρτήτως ἐξωτερικῶν αἰτίων, ὅποτε οἱ φορεῖς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ παράγονται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου τῆς ἀγωγιμότητος. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἀγωγιμότης καλεῖται *αὐτοτελής*. Πάντως, ἀνεξαρτήτως τοῦ εἴδους τῆς ἀγωγιμότητος, οἱ φορεῖς οὗτοι εἶναι ἰόντα (θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ) καὶ ἡλεκτρόνια.

§ 257. Ἵονισμός. Πρὶν ἢ ἐξετάσωμεν τὰ δύο εἶδη τῆς ἀγωγιμότητος τῶν αερίων, ὑπενθυμίζομεν πῶς παράγονται τὰ ἰόντα: Ἐὰν ἐξ ἐνὸς οὐδετέ-

ρου ατόμου (ἢ μορίου) ἐκδιωχθῇ ἐν ἠλεκτρονίον, τὸ ἀπομένον εἶναι ἐν θετικὸν ἰὸν ατόμου (ἢ μορίου). Ἐνίοτε, τὸ ἀποσπασθὲν ἠλεκτρονίον προσκολληᾶται εἰς ἄλλο οὐδέτερον ἄτομον (ἢ μόριον), ὅποτε παράγεται ἐν ἀρνητικὸν ἰὸν ατόμου (ἢ μορίου). Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς παραγωγῆς ἰόντων ἐξ οὐδετέρων ατόμων (ἢ μορίων) καλεῖται **ιονισμός**. Διὰ τὰ προκληθῇ ἰονισμός, πέπει νὰ προσφερῇ ἐνέργεια εἰς τὸ ἄτομον (ἢ μόριον), διὰ τὰ δυνηθῇ τὸ ἠλεκτρονίον νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν ἑλξιν τοῦ πυρῆνος καὶ ν' ἀπομακρυνθῇ αὐτοῦ. Τὴν ἐνέργειαν ταύτην δυνάμεθα νὰ προσφέρωμεν εἰς τὸ ἄτομον εἴτε διὰ κρούσεως αὐτοῦ μὲ ἄλλο σωματίον μεγάλης ταχύτητος (ὅποτε ὁ ἰονισμὸς καλεῖται **ιονισμὸς κρούσεως**), εἴτε ὑπὸ μορφὴν ἀκτινοβολίας, δηλ., τὸ ἄτομον ν' ἀπορροφήσῃ τὴν ἐνέργειαν προσπιπτούσης ἐπ' αὐτοῦ ἀκτινοβολίας (ὅποτε ὁ ἰονισμὸς καλεῖται **ιονισμὸς δι' ἀπορροφήσεως ἀκτινοβολίας**).

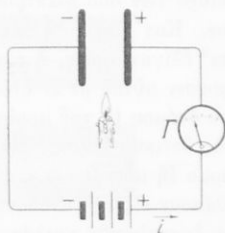
Κατωτέρω θὰ ἐξετάσωμεν, λεπτομερέστερον, τὰ δύο ταῦτα εἶδη τῆς ἀγωγυμότητος τῶν ἀερίων.

§ 258. Μὴ αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης. Λαμβάνομεν δύο μεταλλικὰς πλάκας, τὰς ὁποίας συνδέομεν μὲ τοὺς πόλους ἠλεκτρικῆς πηγῆς, ἐνῶ εἰς τὸ κύκλωμα παρεμβάλλομεν καὶ τὸ γαλβανόμετρον Γ (σχ. 303). Διὰ τοῦ γαλβανόμετρον δὲν διέρχεται ρεῦμα, ἀφοῦ εἰς τὸν χῶρον μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν ὑπάρχουν οὐδέτερα μόρια ἀέρος. Ἐάν, τώρα, εἰς τὸν χῶρον αὐτὸν πλησιάζωμεν τὴν φλόγα ἑνὸς λύχνου ἢ ἐνὸς κηρίου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει ἀπόκλισιν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Τὰ μόρια τοῦ ἀερίου τῆς φλογός, λόγῳ τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας, κινεῖνται μὲ μεγάλας ταχύτητας. Κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ταύτην, συγκρούονται πρὸς ἄλλα μόρια τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα καὶ ἰονίζουν (ιονισμὸς κρούσεως). Τὰ προκύπτοντα ἰόντα καὶ ἠλεκτρόνια, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν ἐπικρατοῦντος ἠλεκτρικοῦ πεδίου, κινεῖνται, μὲ ἀποτέλεσμα τὸ κύκλωμα νὰ διαρρέεται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (*).

Τὸν ἰονισμὸν τῶν μορίων τοῦ ἀέρος δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν καὶ δι' ἀκτίνων *Roentgen* (§ 317) ἢ δι' ὑπεριωδῶν ἀκτίνων (ιονισμὸς δι' ἀπορροφήσεως ἀκτινοβολίας) καθὼς καὶ διὰ ραδιενεργῶν οὐσιῶν (§ 325).

Καὶ εἰς τὰς τρεῖς ἄνω περιπτώσεις πρόκειται περὶ μὴ αὐτοτελοῦς ἀγωγιμότητος, διότι τὰ ἰόντα παράγονται ὑπὸ ἐξωτερικῶν αἰτίων.

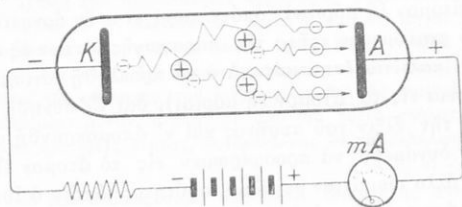
§ 259. Αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης. Ἐστω σωλὴν ὑάλινος, περιέχων ἐν



Σχ. 303. Ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία τῆς φλογός προκαλεῖ ἰονισμὸν τοῦ ἀέρος.

(*) Ὑποθυμίζομεν ὅτι ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖται, ὅταν κινεῖνται ἠλεκτρικά φορτία, ἀνεξαρτήτως τοῦ ἂν ταῦτα κινεῖνται ἐντὸς στερεῶν, ὑγρῶν ἢ ἀερίων.

ἀέριον καὶ φέρων εἰς τὰ ἄκρα του συντεταγμένα δύο ἠλεκτροδία K, A (σχ. 304). Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ταῦτα ἠλεκτροδία μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ἠλεκ-



Σχ. 304. Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὰ ἠλεκτρόνια κινουῦνται καὶ ἰονίζουν τὰ ἄτομα τοῦ ἀερίου.

τρικῆς πηγῆς, παρεμβάλλοντες εἰς τὸ κύκλωμα καὶ τὸ μιλιαμπερόμετρον mA , θὰ παρατηρήσωμεν, (ἐὰν ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις εἴναι, σχετικῶς, ὑψηλὴ - μερικαὶ χιλιάδες βόλτ), ὅτι διὰ τοῦ μιλιαμπερομέτρου διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐνῶ, ταυτο-

χρόνως, ὁλόκληρος ὁ σωλὴν φωτοβολεῖ. Ἡ δίοδος αὕτη τοῦ ρεύματος σημαίνει ὅτι, ἐντὸς τοῦ ἀερίου, ὑπάρχουν φορτισμένα σωμάτια (ἰόντα καὶ ἠλεκτρόνια). Τὰ φορτισμένα ταῦτα σωμάτια παράγονται κατὰ τὸν ἐξῆς μηχανισμόν: Δεχόμεθα ὅτι ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχει ἓν ἠλεκτρόνιον (*). Τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦτο ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τοῦ ἐπικρατοῦντος μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων, ἀρχίζει νὰ κινῆται, φερόμενον πρὸς τὴν ἄνοδον. Κατ' ἀρχάς, ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρονίου γίνεται μὲ μικρὰν ταχύτητα, μετ' ὀλίγον, ὅμως, ἡ ταχύτης ἔχει γίνει τόσον μεγάλη, ὥστε, κατὰ τὴν σύγκρουσιν αὐτοῦ μὲ ἓν οὐδέτερον ἄτομον (ἢ μόριον), νὰ προκαλεῖται ἰονισμὸς τοῦ ατόμου (ἢ τοῦ μορίου), παραγομένου, οὕτω, ἐνὸς ἀκόμη ἠλεκτρονίου καὶ ἐνὸς θετικοῦ ἰόντος. Ἐν συνεχείᾳ, τὰ δύο ἠλεκτρόνια ἰονίζουν δύο ἄλλα ἄτομα (ἢ μόρια) κ.ο.κ. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, μέχρις ὅτου τὰ ἠλεκτρόνια φθάσουν εἰς τὴν ἄνοδον, εἰς τὴν ὁποίαν καὶ εἰσέρχονται, τὸ φαινόμενον θὰ ἔχῃ ἐπαναληφθῇ πολλάκις. Ἡ ἀγωγιμότης αὕτη εἶναι, προφανῶς, αὐτοτελής, καθ' ὅσον, ἐν προκειμένῳ, οὐδὲν ἑξωτερικὸν αἷτιον συμβάλλει εἰς τὴν παραγωγὴν τῶν ἰόντων, τὰ ὁποῖα παράγονται αὐτοτελῶς ἐντὸς τοῦ ἀερίου.

Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον ἐπικρατεῖ μεταξὺ καθόδου· ἀνόδου, τὰ παραγόμενα θετικὰ ἰόντα κινουῦνται πρὸς τὴν κάθόδον, ὅταν δὲ φθάσουν εἰς αὐτὴν παραλαμβάνουν τὰ ἐλλείποντα ἠλεκτρόνια καὶ καθίστανται, ἐκ νέου, οὐδέτερα ἄτομα (ἢ μόρια).

§ 260. Μορφαὶ αὐτοτελῶν ἐκκενώσεων. Κατὰ τὴν αὐτοτελῆ ἀγωγιμότητα ἡ δίοδος τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ ἀερίου συνοδεύεται, συνήθως, ὑπὸ ἐκπομπῆς φωτός, ὁπότε ὁμιλοῦμεν περὶ *ἠλεκτρικῆς ἐκκενώσεως*.

Αἱ σπουδαιότεραι μορφαὶ αὐτοτελοῦς ἐκκενώσεως εἶναι ὁ *σπινθῆρ*, ἡ *ἐκκένωσις αἴγλης* καὶ ἡ *ἐκκένωσις τόξου*.

Ὁ *σπινθῆρ* παράγεται ἐντὸς ἀερίων συνήθους πίεσεως (ἀτμοσφαιρι-

(*) Ἡ παρουσία ἐνὸς ἠλεκτρονίου ἐντὸς τοῦ σωλῆνος δικαιολογεῖται κατὰ πολλοὺς τρόπους.

κῆς), ὅταν ἡ τάσις μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων γίνῃ ἀρκετὰ μεγάλη (*). Κατὰ τὴν ἔκρηξιν τοῦ σπινθῆρος, τὰ ἰόντα καὶ τὰ ἡλεκτρόνια κινουῦνται ἐντὸς ὁχετοῦ, καθωρισμένων, σχετικῶς, διαστάσεων.

Ἐὰν ἐλαττώσωμεν τὴν πίεσιν (π.χ., εἰς τὰ 10 Torr), ὁ ὁχετὸς διαπλάτνεται καὶ καταλαμβάνει ὅλον τὸν χώρον τοῦ σωλῆνος, τοῦ περιέχοντός τὸ ἀέριον, ὁπότε ἡ ἐκκένωσις καλεῖται **ἐκκένωσις αἴγλης**.

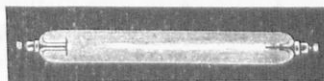
Ἡ τρίτη μορφή τῆς αὐτοτελοῦς ἐκκενώσεως — τὸ **τόξον** — χαρακτηρίζεται ἐκ τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας τῶν ἡλεκτροδίων (ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰς δύο προηγουμένας περιπτώσεις, εἰς τὰς ὁποίας τὰ ἡλεκτρόδια εὐρίσκονται εἰς συνήθη θερμοκρασίαν) καὶ τῆς σχετικῶς μεγάλης ἐντάσεως τοῦ ρεύματος (π.χ. 10 A).

§ 261. Ἐκκένωσις αἴγλης - Καθοδικαὶ ἀκτῖνες - Διαυλικάι ἀκτῖνες.

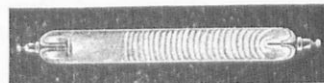
Τὴν (αὐτοτελεῖ) ἐκκένωσιν αἴγλης παρακολουθοῦμεν, συνήθως, διὰ τῆς ἐξῆς διατάξεως (σχ. 305): Σωλὴν ὑάλινος φέρει εἰς τὰ ἄκρα του δύο ἡλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα συνδέονται μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς μερικῶν χιλιάδων βόλτ (π.χ., μὲ τὸ δευτερεῦον ἑνὸς πηνίου Ruhmkorff). Ὁ σωλὴν περιέχει ἀέρα ὑπὸ ἀτμοσφαιρικῇ πίεσιν. Ἄν, δι' ἀντλίας, ἀρχίσωμεν νὰ ἐλαττώνωμεν τὴν πίεσιν τοῦ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἀέρος, τότε, ἀπὸ τινος τιμῆς τῆς πίεσεως, θὰ παρατηρήσωμεν φωτεινὴν ἡλεκτρικὴν ἐκκένωσιν ὑπὸ μορφὴν φωτεινῶν νημάτων, συνδεόντων τὰ δύο ἡλεκτρόδια (σχ. 305, ἄνω). Ἄν ἡ πίεσις ἐλαττωθῇ ἀκόμη περισσότερον (**), τὰ φωτεινὰ νήματα διαπλάτνονται καὶ σχηματίζουν φωτεινὴν στήλην, ἡ ὁποία καταλαμβάνει ὁλόκληρον τὸν σωλῆνα. Ὅταν, τέλος, ἡ πίε-



$p=40 \text{ Torr}$



$p=10 \text{ Torr}$



$p=1 \text{ Torr}$



$p=0,5 \text{ Torr}$



$p=0,02 \text{ Torr}$

Σχ. 305. Διάφοροι μορφαὶ τῆς ἐκκενώσεως αἴγλης ἐντὸς ἀέρος ὑπὸ διαφόρους πίεσεις.

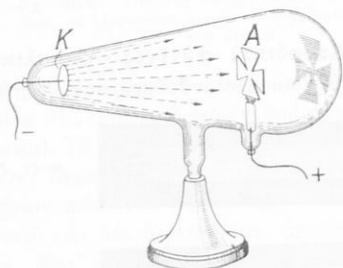
(*) Εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα ἀπαιτεῖται τάσις 30 kV, περίπου, διὰ νὰ ἐκρηγῇ σπινθὴρ μεταξὺ δύο ἡλεκτροδίων, εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν 1 cm.

(**) Π.χ., εἰς τὰ 10 Torr.

σις γίνη πολὺ μικρὰ (*), ἡ φωτεινὴ στήλη ἐξαφανίζεται, ἐνῶ τὸ ἀπέναντι τῆς καθόδου τοίχωμα τοῦ σωλῆνος φθορίζει ἐντόνως, ἐκπέμπον πρᾶσινωπὸν φῶς. Ὅπως εὐρίσκεται, ὁ φθορισμὸς οὗτος προέρχεται ἐκ συγκρούσεως ταχέως κινουμένων ἠλεκτρονίων μετὰ τῆς ὑάλου. Τὰ ταχέως κινούμενα ταῦτα ἠλεκτρόνια ἀποτελοῦν τὰς **καθοδικὰς ἀκτῖνας** (**).

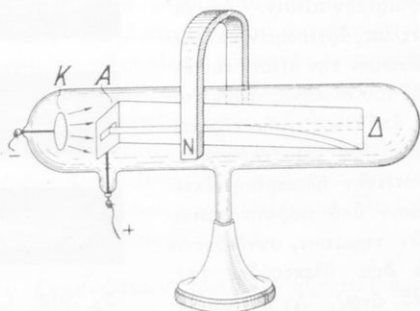
Καθοδικαὶ ἀκτῖνες. Ὅπως εἶπομεν ἂνωτέρω, αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες εἶναι ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα παράγονται ἐντὸς τῆς αὐτοτελοῦς ἐκκενώσεως καὶ κινοῦνται ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἄνοδον. Διὰ τὴν καλλιτέραν μελέτην τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, ἀπομονώνομεν αὐτὰς ἐκ τῆς ὑπολοίπου ἐκκενώσεως ὡς ἑξῆς: Χρησιμοποιοῦμεν σωλῆνα μὲ ἄνοδον, φέρουσαν ὁπὴν εἰς τὸ κέντρον, ὁπότε τὰ δι' αὐτῆς διερχόμενα ἠλεκτρόνια κινοῦνται πλεονεῦθον γράμμως καὶ ἰσοταχῶς, ἐφ' ὅσον ἐπ' αὐτῶν οὐδεμία ἐξασκεῖται δύναμις.

Ἡ εὐθύγραμμος αὕτη κίνησις τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα συνιστοῦν τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας, ἀποδεικνύεται ἐκ τῆς σκιᾶς, τῆς σχηματιζομένης ἐπὶ τοῦ τοιχώματος τοῦ σωλῆνος τοῦ σχήματος 306, ὅταν εἰς τὸν δρόμον τῶν κινουμένων ἠλεκτρονίων παρεντεθῇ ἓν ἐμπόδιον· π.χ., μετάλλινος σταυρός.



Σχ. 306. Σωλὴν διὰ τὴν ἐπίδειξιν τῆς εὐθύγραμμου κινήσεως τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.

Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες — ὡς κινούμενα ἠλεκτρόνια — ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Τοῦτο δυνάμεθα νὰ ἐπιδειξώμεν διὰ τῆς συσκευῆς, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 307: Ὁ σωλὴν φέρει εἰς τὸ ἐσωτερικόν του τὸ φθορίζον διάφραγμα Δ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου, προσπίπτουσα ἡ δέσμη τῶν ἠλεκτρονίων, προκαλεῖ φωτεινὴν εὐθεῖαν γραμμὴν. Ἐάν, τώρα, ἄνωθεν τοῦ σωλῆνος φέρωμεν πεταλοειδῆ μαγνήτην, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ φωτεινὴ



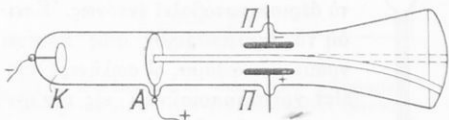
Σχ. 307. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐκτρέπει τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας.

(*) 0,02 Torr.

(**) Ἡ ὀνομασία δὲν εἶναι ἐπιτυχής, καθόσον ἡ «ἀκτίς» εἶναι συνδεδεμένη μὲ τὴν ἔννοιαν τῆς ἀκτινοβολίας, ἐνῶ, ἐν προκειμένῳ, δὲν πρόκειται περὶ ἀκτινοβολίας, ἀλλὰ περὶ κινουμένων ἠλεκτρονίων.

γραμμή καμπυλοῦται. "Αν αντίστρέψωμεν τοὺς πόλους, ἀντιστρέφεται καὶ ἡ ἐκτροπή. Ἡ ἐκτροπή τῆς δέσμης τῶν ἡλεκτρονίων ὀφείλεται εἰς δυνάμεις κατὰ Laplace, αἱ ὁποῖαι ἐξασκοῦνται ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ τῶν κινουμένων ἡλεκτρονίων (§ 208).

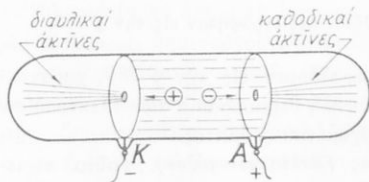
Αἱ καθοδικαὶ άκτίνες ἐκτρέπονται καὶ ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἀφοῦ πρόκειται περὶ σωματίων (ἡλεκτρονίων), τὰ ὁποῖα φέρουν φορτίον. Τοῦτο δεικνύμεν διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ σχήματος 308: Ἐντὸς τοῦ σωλήνος ὑπάρχει ζευγὸς μεταλλίνων πλακῶν Π, Π, αἱ ὁποῖαι, ὅταν συνδεθοῦν μὲ τοὺς πόλους ἡλεκτρικῆς πηγῆς, δημιουργοῦν εἰς τὸν μεταξὺ αὐτῶν χωρὸν ἡλεκτρικὸν πεδίον.



Σχ. 308. Τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν προκαλεῖ ἀπόκλισιν τῶν καθοδικῶν άκτίνων.

"Αν διεγείρωμεν τὸν σωλήνα, ἐνῶ ἀκόμη δὲν ἔχομεν ἐφαρμόσει τὴν τάσιν εἰς τὰς δύο πλάκας, παρατηροῦμεν εἰς τὸ κέντρον τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος μίαν φωτεινὴν κηλίδα, ὀφειλομένην εἰς τὰ ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτοντα ἡλεκτρόνια. Ἐάν, ἀκολούθως, ἐφαρμόσωμεν τάσιν εἰς τὰς δύο πλάκας, ἡ τροχιά τῶν ἡλεκτρονίων ἀλλάσσει καί, ὥς ἐκ τούτου, ἡ φωτεινὴ κηλὶς μετακινεῖται πρὸς τὰ κάτω ἢ πρὸς τὰ ἄνω, ἀναλόγως τῆς πολικότητος τῶν δύο πλακῶν, δηλ., ἀναλόγως τῆς φορᾶς τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Διαυλικάί άκτίνες. Κατὰ τὴν αὐτοτελῆ ἀγωγιμότητα ἐμφανίζονται, ὡς γνωστόν, ἐκτὸς τῶν ἡλεκτρονίων καὶ θετικὰ ἰόντα τοῦ αερίου, κινούμενα ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον.



Σχ. 309. Συσκευή διὰ τὴν παραγωγὴν διαυλικῶν καὶ καθοδικῶν άκτίνων.

Κατὰ ταῦτα, αἱ διαυλικάί άκτίνες εἶναι κινούμενα θετικὰ ἰόντα τῶν μορίων (καὶ ἀτόμων) τοῦ ἐντὸς τοῦ σωλήνος περιεχομένου αερίου. Αἱ διαυλικάί άκτίνες, ὡς ἀποτελοῦμεναι ἐκ κινουμένων φορτισμένων σωματίων, ἐκτρέπονται (ὅπως καὶ αἱ καθοδικαὶ άκτίνες) διὰ μαγνητικοῦ ἢ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

§ 262. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἐκκενώσεως αίγλης. 1) **Σωλήνες Geissler (Γκάϊσλερ).** Οὗτοι εἶναι ὑάλινοι σωλήνες, περιέχοντες αέριον ὑπὸ μι-

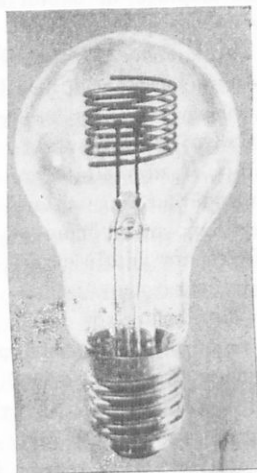
(*) Καὶ ὁ ὅρος οὗτος — ὅπως αἱ καθοδικαὶ άκτίνες — τείνει νὰ παρασύρῃ τὸν ἀναγνώστην εἰς τὸ νὰ νομίσῃ ὅτι πρόκειται περὶ άκτίνων (άκτινοβολίας), ἐνῶ πρόκειται περὶ κινουμένων θετικῶν ἰόντων.

κράν πίεσιν (*), φέρουν δὲ συντετηγμένα εἰς τὰ ἄκρα των δύο ἡλεκτροδία (σχ. 310). Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἡλεκτροδία ταῦτα μὲ τάσιν μερικῶν χιλιά-



σχ. 310.

δων βόλτ (π.χ., μὲ τὸ δευτερεῦον ἑνὸς πηνίου Ruhmkorff ἢ τὸ δευτερεῦον καταλλήλου μετασχηματιστοῦ), διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τοῦ σωλήνος, ἐνῶ ταυτοχρόνως τὸ αέριον φωτοβολεῖ ἐντόνως. Ἐπειδὴ τὸ ἐκπεμπόμενον φῶς παρέχει γραμμικὸν φάσμα, οἱ σωλήνες Geissler χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν φασματοσκοπίαν διὰ τὴν φασματοσκοπικὴν ἐξέτασιν τῶν αερίων (§ 91) κ.λ.



σχ. 311. Λαμπτήρ αἴγλης.

2) **Λαμπτήρες αἴγλης.** Οἱ κατσκευάζονται εἰς σχῆμα συνήθων λαμπτήρων φωτισμοῦ (σχ. 311), ἔχουν δὲ πληρωθῇ διὰ διαφόρων εὐγενῶν αερίων ὑπὸ μικρὰν πίεσιν. Τὰ ἡλεκτροδία ἀποτελοῦνται ἐκ δύο συρμάτων εἰς σχῆμα σωληνοειδῶν ἢ σχῆμα σταυροῦ κ.λ., τὰ ὅποια εὐρίσκονται πλησίον ἀλλήλων, χωρὶς, ὅμως νὰ ἐφάπτωνται. Λόγω τῆς μικρᾶς καταναλώσεως (περίπου 1 W), οἱ λαμπτήρες αἴγλης χρησιμοποιοῦνται ὡς λυχνίαι ἐνδεικτικαὶ τῆς λειτουργίας ἡλεκτρικῶν συσκευῶν (π.χ., εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς κουζίνας), δι' ἀσθενῆ φωτισμὸν κατὰ τὴν νύκτα κ.λ.

3) **Σωλήνες φωτεινῶν διαφημίσεων.** Οὗτοι περιεγράφησαν εἰς τὴν § 108.

§ 263. Ἐκκένωσις τόξου. Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν § 260, χαρακτηριστικὸν τῆς ἐκκένωσης τόξου εἶναι ἡ ὑψηλὴ θερμοκρασία τῶν ἡλεκτροδίων καὶ ἡ σχετικῶς μεγάλῃ ἔντασις τοῦ διερχομένου ρεύματος.

Ἐφαρμογαί. α) **Τόξον ἀνθρακός (βολταϊκὸν τόξον).** Τοῦτο περιεγράφει, ἤδη, εἰς τὴν § 106 περὶ φωτεινῶν πηγῶν.

β) **Λυχνία ἀτμῶν ὑδραργύρου.** Περιεγράφει εἰς τὴν παράγραφον 97.

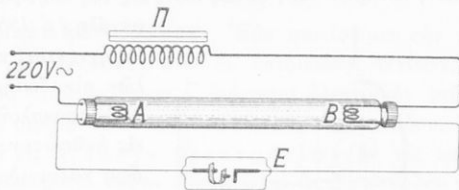
γ) **Λαμπτήρες φθορισμοῦ.** Περιεγράφησαν εἰς τὴν § 100. Κατωτέρω θὰ περιγράψωμεν τὸν τρόπον ἡλεκτρικῆς τροφοδοσίας ἑνὸς λαμπτήρος φθορισμοῦ, λειτουργοῦντος εἰς ἐναλλασσομένην τάσιν (σχ. 312): Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχουν δύο σύρματα Α, Β, τὰ ὅποια, θερμαινόμενα δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐκπέμπουν ἡλεκτρόνια (**). Ἐν σειρᾷ πρὸς τὰ δύο σύρματα συνδέεται ἓν πηνίον Π καὶ ὁ ἐκκινητὴς (starter) Ε. Οὗτος εἶναι μικρὸς λαμπτήρ αἴγλης μὲ δύο ἡλεκτροδία, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν, εἰς σχῆμα U, ἀποτελεῖται ἐκ διμεταλλικοῦ ἐλάσματος (***). Ὅταν ὁ λαμπτήρ

(*) 0,1 ἕως 1 Torr.

(**) Βλ. κατωτέρω θερμοκὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων, § 270.

(***) Βλ. τόμος Α', § 220.

φθορισμοῦ συνδεθῇ εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν δίκτυον, δὲν διέρχεται, ἀρχικῶς, δι' αὐτοῦ ρεῦμα, ἐπειδὴ ἡ θερμοκρασία του εἶναι χαμηλή. Λόγω, ὅμως, τῆς μικρᾶς ἀποστάσεως μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ ἑκκινήτου, ἡ τάσις εἶναι ἐπαρκὴς διὰ ν' ἀρχίσῃ ἐντὸς αὐτοῦ ἑκκενώσεις αἰγλῆς. Οὕτω, ὁ ἑκκινήτης διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, τὸ ὁποῖον θερμαίνει τὸ διμεταλλικὸν ἔλασμα. Τὸ ἔλασμα τοῦτο, θερμαινόμενον, παραμορφοῦται καὶ βραχυκυκλῶναι τὸ διάκνον, ὁπότε ἡ ἑκκενώσις αἰγλῆς διακόπτεται. Εὐθὺς ἀμέσως ἀρχίζει νὰ διέρχεται ἰσχυρὸν ρεῦμα διὰ τοῦ ἑκκινήτου, τὸ ὁποῖον, διερχόμενον καὶ διὰ τῶν συρμάτων *A*, *B*, τὰ θερμαίνει, ἐνῶ συγχρόνως ἐξατμίζει τὸν ὑδράργυρον, ὁ ὁποῖος ὑπάρχει ἐντὸς τοῦ λαμπτήρος. Ἐν τῷ μεταξύ, λόγῳ τῆς διακοπῆς τῆς ἑκκενώσεως αἰγλῆς, τὸ διμεταλλικὸν ἔλασμα ψύχεται καὶ διακόπτει τὸ κύκλωμα. Ἐκ τῆς διακοπῆς ταύτης ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτήρος, λόγῳ τῆς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου *Π*, τάσις, μεγαλυτέρα τῆς τάσεως τοῦ δικτύου, ἡ ὁποία καὶ προκαλεῖ τὴν ἑναρξιν τῆς ἑκκενώσεως διὰ τῶν ἀτμῶν τοῦ ὑδραργύρου.



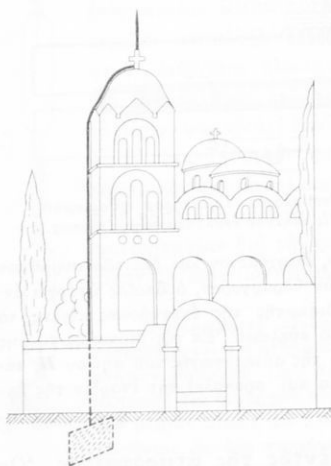
Σχ. 312. Συνδεσμολογία λαμπτήρος φθορισμοῦ διὰ λειτουργίαν εἰς δίκτυον ἐναλλασσομένης τάσεως.

§ 264. Ήλεκτρικαί ἑκκενώσεις ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας. Ὡς γνωστὸν, τὰ νέφη ἀποτελοῦνται ἐκ σιαγονιδίων ὕδατος, τὰ ὁποῖα, ὅπως εὐρίσκεται, εἶναι ἡλεκτρικῶς φορτισμένα καί, μάλιστα, εἰς ἄλλας περιοχὰς τῶν θετικῶς καὶ εἰς ἄλλας ἀρνητικῶς. Ὄταν γίνῃ ἡλεκτρικὴ ἑκκενώσις μεταξὺ περιοχῶν νεφῶν ἀντιθέτου φορτίου, δημιουργεῖται ἡ **ἀστραπή**.

Τὰ φορτία, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς περιοχὰς τοῦ νέφους, ἐστραμμένα πρὸς τὸ ἕδαφος, δημιουργοῦν, ἐξ ἐπιδράσεως, ἐπὶ τοῦ ἕδαφους ἴσα καὶ ἀντίθετα φορτία, οὕτω δὲ μεταξὺ νέφους καὶ ἕδαφους σχηματίζεται ἰσχυρὸν ἡλεκτρικὸν πεδίον. Ὄταν ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου τούτου ὑπερβῇ ὥρισμένην τιμὴν, δημιουργεῖται ἡλεκτρικὴ ἑκκενώσις μεταξὺ νέφους καὶ ἕδαφους, ἡ ὁποία καλεῖται **κεραυνός**.

★★★ § 265. Τὸ γήινον ἡλεκτρικὸν πεδίον. Ἐκτὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τοῦ σχηματιζομένου μεταξὺ νεφῶν καὶ Γῆς, ἡ Γῆ περιβάλλεται καί, ἐν αἰθρίᾳ, ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τοῦ ὁποῖου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι κατακόρυφοι καὶ ἔχουν φορὰν ἐκ τῶν ἄνω πρὸς τὰ κάτω. Τοῦτο ἐξηγεῖται ἐκ τοῦ ὅτι ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει περίσσεια θετικῶν φορτίων, ἐπὶ δὲ τοῦ ἕδαφους ἀρνητικῶν. Ἀποτέλεσμα τοῦ γήινου ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι ὁ σχηματισμὸς ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ἐνὸς διαρκoῦς κατακόρυφου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ρεῦμα τοῦτο θὰ ἐξουδετέρωνε τὰ φορτία, τὰ παράγοντα τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον, ἐὰν δὲν ὑπῆρχον ἄλλα αἰτία, τὰ ὁποῖα νὰ παράγουν, διαρκῶς, νέα θετικὰ φορτία καί, ἀντιστοίχως, ἀρνητικὰ ἐπὶ τῆς Γῆς. Ὡς τοιοῦτο αἷτιον συνεχoῦς παραγωγῆς φορτίων θεωροῦνται αἱ καταιγίδες, διότι, κατ' αὐτάς, φέρονται διὰ τῶν κεραυνῶν ἀρνητικὰ φορτία εἰς τὸ ἕδαφος καί, ἀντιστοίχως, εἰς τὰ ἄνωτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας μένουν ἐλεύθερα θετικὰ φορτία. Ἄν καὶ τοῦτο ἀποτελεῖ μίαν ἐξήγησιν τῆς διατηρήσεως τοῦ γήινου ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐν τούτοις, ἱκανοποιητικὴ ἐξήγησις τῆς παραγωγῆς του δὲν ὑπάρχει.

§ 266. **Ἀλεξικέραυνα.** Τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον, τὸ σχηματιζόμενον μεταξὺ νεφῶν καὶ ἐδάφους, παραμορφοῦται ἐκ τῆς παρουσίας προεξοχῶν, κτιρίων, δένδρων κ.λ., οὕτως ὥστε εἰς τὰς κορυφὰς ἢ ἔντασις αὐτοῦ νὰ εἶναι



Σχ. 313. Ἀλεξικέραυνον.

μεγάλῃ (§ 186). Διὰ τοῦτο οἱ κεραυνοὶ ἐκρήγνυνται, κατὰ προτίμησιν, ἐπὶ ὑψηλῶν οἰκοδομημάτων, ὑψηλῶν δένδρων κ.λ., προκαλοῦντες συχνὰ δυστυχήματα εἰς ἀνθρώπους καὶ ζῶα, τὰ ὁποῖα, ἐν ὥρᾳ καταιγίδος, καταφεύγουν κάτωθεν δένδρων διὰ νὰ προστατευθοῦν ἐκ τῆς βροχῆς.

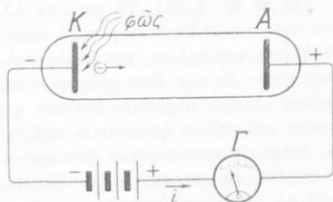
Διὰ τὴν προστασίαν ὑψηλῶν κτιρίων ἐκ τῶν κεραυνῶν χρησιμοποιοῦνται τὰ **ἀλεξικέραυνα** (σχ. 313), τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται, κατ' ἀρχήν, ἐκ μεταλλίνου ὀβελοῦ, συνδεδεμένου διὰ παχέος χαλκί-νου ἀγωγοῦ μὲ τὴν γῆν. Ἡ προσγείω-σις αὕτη ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταλλί-νου σώματος, μεγάλης ἐπιφανείας, π.χ., χαλκίνου φύλλου, τοποθετημένου βα-θέως ἐντὸς τῆς γῆς. Ὅταν λίπτη κεραυ-

νὸς ἐπὶ τοῦ ἀλεξικεραύνου, τὸ ρεῦμα διοχετεύεται δι' αὐτοῦ πρὸς τὴν γῆν, προστατευόμενον, οὕτω, τοῦ κτιρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΣ'

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΝ ΤΩ ΚΕΝΩ

§ 267. **Γενικά.** Θεωρήσωμεν ἀερόκενον ὑάλινον σωλῆνα, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ὑπάρχουν συντετηγμένα δύο ἠλεκτρόδια K , A (σχ. 314). Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια ταῦτα μὲ τοὺς πόλους μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς τάσεως, ἀφοῦ παρεμβάλομεν καὶ τὸ γαλβανόμετρον Γ εἰς τὸ κύκλωμα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου δὲν διέρχεται ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπως ἄλλως τε καὶ ἀνεμνετο, ἀφοῦ εἰς τὸ κενὸν δὲν ὑπάρχουν φορεῖς ἠλεκτρισμοῦ. Εἶναι, λοιπόν, φανερόν ὅτι, διὰ νὰ διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ τοῦ κενοῦ, πρέπει, κατὰ τινα



Σχ. 314. Τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει ἀπόκλισιν, μόνον διὰν φωτισθῇ ἡ κάθοδος K .

τρόπον, νὰ ὑπάρξουν ἐντὸς αὐτοῦ φορεῖς ἡλεκτρισμοῦ. Οἱ φορεῖς οὗτοι εἶναι ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατόν νὰ ἐξαχθοῦν ἐκ τινος μετάλλου κατὰ τὰς κατωτέρω περιγραφομένας μεθόδους.

§ 268. Φωτοηλεκτρικόν φαινόμενον. Ἐὰν φωτίσωμεν τὴν κάθοδον K τοῦ σωλῆνος τοῦ σχήματος 314 δι' ὑπεριώδων ἀκτίνων, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι διὰ τοῦ γαλβανομέτρου Γ διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα τοῦτο, τὸ ὁποῖον διαρκεῖ ὅσον καὶ ὁ φωτισμὸς τῆς καθόδου, ἔχει φορὰν, ἥ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς κίνησιν ἡλεκτρονίων ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἀνόδον. Τὰ ἡλεκτρόνια ταῦτα ἀποσπῶνται ἐκ τῆς καθόδου ὑπὸ τοῦ προσπίπτοντος ἐπ' αὐτῆς φωτός. Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς ἐξαγωγῆς ἡλεκτρονίων ἐκ τῶν μετάλλων τῇ ἐπιδράσει τοῦ φωτός καλεῖται **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**.

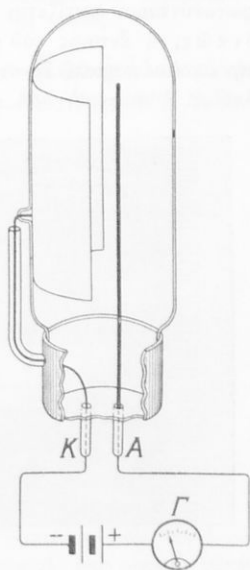
Πειραματικῶς εὐρίσκονται οἱ ἑξῆς νόμοι τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου: 1) Ἡ ἔντασις τοῦ διὰ τοῦ σωλῆνος διερχομένου ρεύματος εἶναι ἀνάλογος τῆς φωτεινῆς ροῆς, ἥ ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τῆς καθόδου. Ἐάν, δηλ., προσπέσῃ περισσότερον φῶς ἐπὶ τῆς καθόδου, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐξερχομένων ἡλεκτρονίων θ' αὐξηθῇ.

2) Ἡ ταχύτης τῶν ἐξερχομένων ἡλεκτρονίων ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ μήκους κύματος τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπὶ τῆς καθόδου.

3) Τὰ ἡλεκτρόνια δὲν δύναται νὰ ἐξεέλθουν ἐκ τῆς καθόδου, ὅταν τὸ μῆκος κύματος τοῦ προσπίπτοντος φωτός γίνῃ μεγαλύτερον ὁρισμένου ὁρίου.

Ἡ ἐξήγησις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου γίνεται τῇ βοήθειᾳ τῆς θεωρίας τῶν κβάντων, ἥ ὁποία περιγράφεται κατωτέρω εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Ἀτομικῆς Φυσικῆς.

§ 269. Φωτοκύτταρα. Ἐφαρμογὴν τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου ἔχομεν εἰς τὰ φωτοκύτταρα. Ἐν **φωτοκύτταρον** (σχ. 315) ἀποτελεῖται ἐξ ἀεροκένου ὑαλίνου δοχείου (*), τὸ ὁποῖον εἰς τμῆμα τῆς ἐσωτερικῆς του ἐπιφανείας φέρει ἐπίστρωμα ἐκ μετάλλου τινὸς τῶν ἀλκαλίων (π.χ., κασίου). Τὸ μέταλλον τοῦτο ἐκλέγεται, διότι δεικνύει φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ὅχι μόνον ὅταν φωτισθῇ μὲ ὑπεριώδες φῶς, ἀλλ' ἀκόμη καὶ μὲ ὁρατόν. Τὸ ἡλεκ-

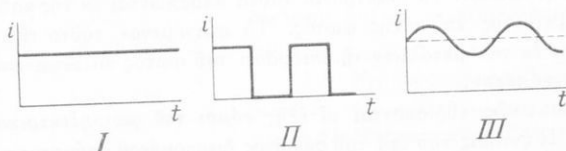


Σχ. 315. Φωτοκύτταρον καὶ συνδεσμολογία αὐτοῦ.

(*) Ὑπάρχουν καὶ φωτοκύτταρα, τὰ ὁποῖα περιέχουν ἀέριον.

τρόδιον τοῦτο (K) εἶναι ἡ καθόδος τοῦ φωτοκυττάρου. Ἡ ἄνοδος (A) ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλίνου ἡλεκτροδίου· εἰς τὸ σχῆμα 315 ἔξ ἐνθυγράμμου σύρματος.

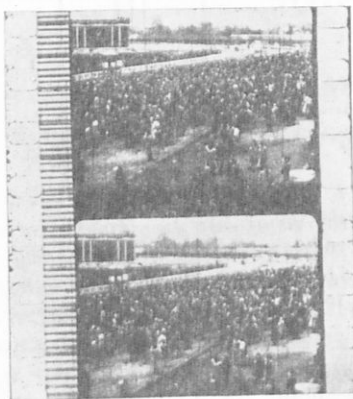
Ἐὰν φωτίσωμεν τὸ φωτοκύτταρον, ἐξέρχονται ἐκ τῆς καθόδου ἡλεκτρόνια, τόσον περισσότερα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ φωτεινὴ ροή. Συνεπῶς καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ φωτοκυττάρου, θὰ εἶναι ἀνάλογος τῆς φωτεινῆς ροῆς. Οὕτω, ἐὰν ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου προσπίπτῃ σταθερὰ φωτεινὴ ροή, ἡ ἔντασις i τοῦ διαρρέοντος αὐτὸ ρεύματος θὰ εἶναι σταθερὰ (σχ. 316, I). Ἐὰν ἡ φωτεινὴ αὕτη ροὴ αὐξηθῇ, θ' αὐ-



Σχ. 316. Μορφή τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ φωτοκύτταρον, διὰν ἡ φωτεινὴ ροὴ εἶναι σταθερὰ (I), διὰν διακόπτεται περιοδικῶς (II) καὶ διὰν μεταβάλλεται περιοδικῶς περὶ μέσην τινὰ τιμὴν (III).

ξηθῇ ἀντιστοίχως καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ φωτοκυττάρου. Ἐὰν τὸ φωτοκύτταρον φωτίζεται διὰ φωτός, τὸ ὁποῖον διακόπτεται περιοδικῶς, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος θὰ μεταβάλλεται, θὰ ἔχῃ δὲ τὴν μορφήν, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 316, II. Εἰς τὰς περιπτώσεις ἐκεῖνας, εἰς τὰς ὁποίας ἡ φωτεινὴ ροὴ μεταβάλλεται περιοδικῶς περὶ μέσην τινὰ τιμὴν, ἡ

ἔντασις τοῦ ρεύματος τοῦ φωτοκυττάρου θὰ μεταβάλλεται συμφώνως πρὸς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 316, III. Εἶναι φανερόν ὅτι τὸ ρεῦμα, μεταβαλλόμενον ἐκατέρωθεν τῆς μέσης τιμῆς, δὲν δύναται νὰ λάβῃ ἀρνητικὰς τιμὰς, καθόσον ἡλεκτρόνια μόνον ἐκ τῆς καθόδου δύναται νὰ ἐκπέμψωνται.

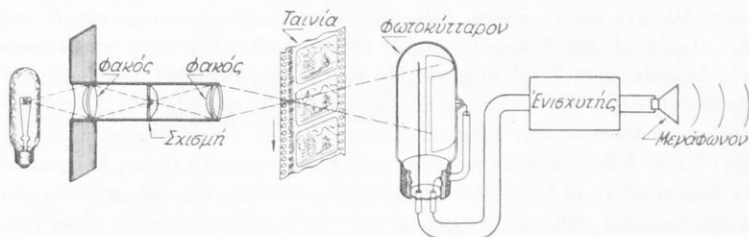


Σχ. 317. Τμήμα κινηματογραφικῆς ταινίας. Ἡ ἐγγραφή τῶν ἡχων ἔχει γίνει εἰς τὴν διὰ βέλους ὑποδεικνυμένην ζώνην.

κινηματογραφικῆς ταινίας, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἔχουν ἐγγραφή οἱ ἡχοι, φωτίζεται

Σπουδαίαν ἐφαρμογὴν τῶν φωτοκυττάρων εὐρίσχομεν εἰς τὸν *δμιλοῦντα κινηματογράφον*. Ἐπὶ τῆς κινηματογραφικῆς ταινίας καὶ κατὰ μῆκος αὐτῆς ἔχει γίνει, ὀπτικῶς, ἡ ἐγγραφή τῶν ἡχων (*φωνοληψία*) ὑπὸ μορφήν, π.χ., ζώνης μεταβλητῆς ἀμαυρώσεως (σχ. 317). Διὰ τὴν ἀναπαράστασιν οἱ ἡχοι χρησιμοποιεῖται τὸ ἔξης σύστημα (σχ. 318): Ἡ περιοχὴ τῆς

διὰ φωτεινῆς πηγῆς, σταθερᾶς ἰσχύος, τὸ δὲ διερχόμενον δι' αὐτῆς φῶς προσπίπτει ἐπὶ φωτοκυττάρου. Τὸ φῶς, τὸ προσπίπτον ἐπὶ τῆς ταινίας, ὑφίσταται ἐντὸς

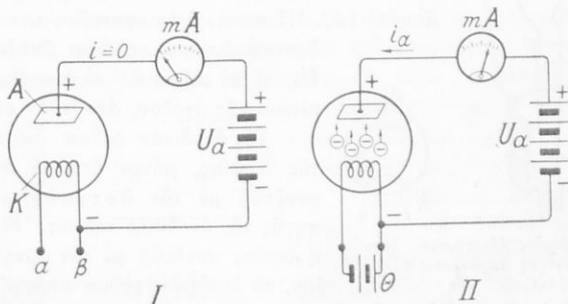


Σχ. 318. Διάταξις ἀναπαραγωγῆς τῶν ἤχων εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον (ἀρχή).

αὐτῆς ἀπορρόφησιν, ἐξαρτωμένην ἐκ τῆς ἀμυρώσεως. Συνεπῶς, ὅταν ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται, θὰ προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου φῶς μεταβαλλομένης ἐντάσεως, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ ηλεκτρικὸν ρεῦμα μεταβαλλόμενον. Ἐὰν ἐπὶ τῆς ταινίας ἔχῃ ἐγγραφή εἰς ἀπλοῦς ἤχος, τὸ διὰ τοῦ φωτοκυττάρου διερχόμενον ρεῦμα θὰ ἔχῃ τὴν μορφήν, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 316, III, ἐνῶ, ἐὰν ὁ ἤχος εἴναι σύνθετος, ἢ καμπύλη, ἢ παριστῶσα τὴν μορφήν τοῦ ρεύματος, θὰ εἶναι μὲν περιοδική, ὅχι, ὅμως, ἡμιτονοειδής.

Ἐπειδὴ τὸ μεταβαλλόμενον ρεῦμα τοῦ φωτοκυττάρου εἶναι ἀσθενές, ἐνισχύεται δι' ἐνισχυτοῦ (βλ. κατωτέρω, § 288), ἐν συνεχείᾳ δὲ διαρρέει τὸ μεγάφωνον, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει τὸν ἤχον, ὁ ὁποῖος ἔχει ἐγγραφή ἐπὶ τῆς ταινίας.

§ 270. Θερμική έκπομπή ηλεκτρονίων - Δίοδος ηλεκτρονική λυχνία. Θεωρήσωμεν ἀερόκενον ὑάλινον σωλήνα (σχ. 319, I), ἐντὸς



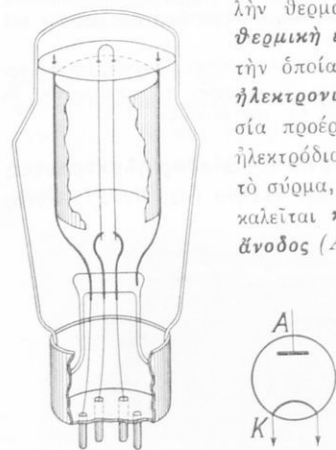
Σχ. 319. Τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα i_a διέρχεται διὰ τῆς λυχνίας (II), μόνον ὅταν ἡ κάθοδος K εἴναι θερμή.

τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται ἐν σύρμα K , καταλήγον ἐξωτερικῶς εἰς δύο ἀκροδέκτας α, β , ἀπέναντι δὲ αὐτοῦ δεύτερον ηλεκτροδίου A ὑπὸ μορφήν πλακός, καταλήγον ἐξωτερικῶς, ὁμοίως, εἰς ἓνα ἀκροδέκτην. Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ηλεκτρόδια A καὶ K μετὰ τοὺς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 319, I (δηλ., τὸ A μετὰ τὸν θετικὸν πόλον καὶ τὸ K μετὰ τὸν

ἀρνητικόν), παρεμβάλλοντες εἰς τὸ κύκλωμα καὶ ἐν μιλιαμπερόμετρον (mA), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι διὰ τοῦ ὄργανου δὲν διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπως, ἄλλωστε καὶ ἀνεμένετο, δεδομένου ὅτι μεταξὺ τοῦ σύρματος K καὶ τῆς πλακῶς A δὲν ὑπάρχουν φορεῖς ἡλεκτρισμοῦ. Ἄν, τώρα, συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας α, β τοῦ σύρματος μὲ τοὺς πόλους δευτέρας ἡλεκτρικῆς πηγῆς Θ (σχ. 319, II), τὸ σύρμα πυρακτοῦται, ἐνῶ, ταυτοχρόνως, τὸ μιλιαμπερόμετρον δεικνύει μίαν ἐνδειξιν. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ σύρματος K εἴναι χαμηλὴ (ὅταν, δηλ., τοῦτο δὲν θερμαίνεται), τὰ ἐντὸς αὐτοῦ εὗρισκόμενα ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια ἀδυνατοῦν νὰ ἐξέλθουν καί, συνεπῶς, τὸ ρεῦμα διὰ τοῦ μιλιαμπερομέτρου εἶναι ἴσον πρὸς μηδέν. Ὅταν, ὅμως, θερμάνωμεν τὸ σύρμα (ὁπότε ἡ θερμοκρασία του θ' αὐξηθῇ), ἀρχίζει ἀφθονος ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἡλεκτρονίων. Τὰ ἡλεκτρόνια ταῦτα, ἐλκόμενα ὑπὸ τῆς θετικῆς πλακῶς A , κινοῦνται πρὸς αὐτήν, εἰς τὴν ὁποίαν καὶ εἰσέρχονται. Ἡ κίνησις, ἀκριβῶς, αὕτη τῶν ἡλεκτρονίων δημιουργεῖ τὸ διὰ τοῦ μιλιαμπερομέτρου παρατηρούμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Τὸ φαινόμενον, κατὰ τὸ ὅποιον ἐν μέταλλον, θερμαινόμενον εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἐκπέμπει ἡλεκτρόνια, καλεῖται **θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων**, ἡ δὲ λυχνία, εἰς τὴν ὁποίαν παρατηρήσαμεν τοῦτο, καλεῖται **δίοδος ἡλεκτρονικὴ λυχνία** (βλ. καὶ σχ. 320). Ἡ ὀνομασία προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι ἡ λυχνία αὕτη φέρει δύο ἡλεκτροδία - τὸ σύρμα καὶ τὴν πλάκα (*). Ἐξ αὐτῶν τὸ σύρμα, τὸ ὁποῖον εἶναι ἡ πηγὴ τῶν ἡλεκτρονίων, καλεῖται **κάθοδος** (K), τὸ δὲ δεύτερον ἡλεκτροδίου **ἀνοδος** (A). Ἡ τάσις, ἡ ἐπικρατοῦσα μεταξὺ καθόδου καὶ ἀνόδου, καλεῖται **ἀνοδικὴ τάσις** U_a , τὸ δὲ ρεῦμα i_a , τὸ διαρρέον τὸ κύκλωμα τῆς ἀνόδου, **ἀνοδικὸν ρεῦμα**.

Τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα διέρχεται διὰ τῆς λυχνίας, μόνον ὅταν ἡ ἀνοδος ἔχῃ συνδεθῇ μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς τῆς ἀνοδικῆς τάσεως. Ἐάν, ὅμως, ἡ ἀνοδος συνδεθῇ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον, τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα μηδενίζεται, κα-



Σχ. 320. Δίοδος ἡλεκτρονικὴ λυχνία καὶ συμβολικὴ παράστασις αὐτῆς.

θόσον τὰ ὑπὸ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἡλεκτρόνια ἀπωθοῦνται ὑπὸ τοῦ ἤδη ἀρνητικῶς φορτισμένου ἡλεκτροδίου A .

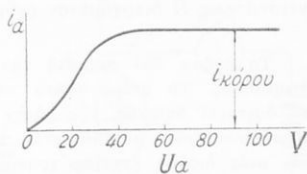
§ 271. Σχέσις ἀνοδικοῦ ρεύματος καὶ ἀνοδικῆς τάσεως. Ἡ σχέσις μεταξὺ τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος i_a καὶ τῆς ἀνοδικῆς τάσεως U_a (ὅταν ἡ θερμοκρασία τῆς

(*) Εἰς τὴν πραγματικότητα ἡ πλάξ ἔχει ἀντικατασταθῇ ὑπὸ κυλινδρικοῦ ἡλεκτροδίου, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν κάθοδον (βλ. σχ. 320).

καθόδου διατηρεῖται σταθερά) παρίσταται γραφικῶς ὑπὸ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 321: Παρατηροῦμεν ὅτι, διὰ μικρὰς τιμὰς τῆς ἀνοδικῆς τάσεως, τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἀνοδικὴ τάσις. Πέραν, ὁμως, μιᾶς ὁρισμένης τιμῆς τῆς ἀνοδικῆς τάσεως (π.χ., 50 V), τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα δὲν αὐξάνεται, πλέον, ἀλλὰ διατηρεῖται σταθερόν. Τὸ σταθερὸν τοῦτο ρεῦμα καλεῖται **ρεῦμα κόρου** $i_{\text{κορ.}}$.

Ἡ μορφή τῆς καμπύλης τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 321 ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς:

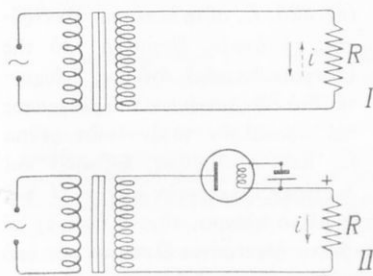
Ὅταν ἡ ἀνοδικὴ τάσις εἶναι μικρά, τὰ ἐκ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια ἔλκονται ἀσθενῶς ὑπὸ τῆς ἀνόδου, μὲ ἀποτέλεσμα πολλὰ ἐξ αὐτῶν νὰ μὴ δύνανται νὰ φθάσουν εἰς τὴν ἀνοδὸν καί, ὡς ἐκ τούτου, τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα εἶναι ἀσθενές. Αὐξανομένης τῆς ἀνοδικῆς τάσεως, φθάνουν εἰς τὴν ἀνοδὸν περισσότερα ἠλεκτρόνια, ὁπότε αὐξάνεται, ἀντιστοίχως, καὶ τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα. Ὅταν, τέλος, ἡ τάσις γίνῃ ἀρκετὰ μεγάλη (π.χ., 50 V), ἡ ἑλξις εἶναι τὸσον ἰσχυρά, ὥστε ὅλα τὰ ἐκ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια φθάνουν εἰς τὴν ἀνοδὸν. Περαιτέρω αὐξησης τῆς ἀνοδικῆς τάσεως οὐδεμίαν, προφανῶς, αὐξησην τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος θὰ ἐπιφέρει, καθόσον δὲν εἶναι δυνατόν νὰ καταφθάνουν εἰς τὴν ἀνοδὸν περισσότερα ἠλεκτρόνια, ἀπὸ ὅσα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῆς καθόδου.



Σχ. 321. Σχέσις ἀνοδικοῦ ρεύματος καὶ ἀνοδικῆς τάσεως εἰς τὴν δίοδον ἠλεκτρονικὴν λυχνίαν.

§ 272. 'Ανορθώσεις τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις — π.χ., διὰ τὴν φόρτισιν τῶν συσσωρευτῶν, δι' ἠλεκτρολύσεις κ.λ. — ἀπαιτεῖται συνεχὴς τάσις, ἐνῶ ὑπάρχει μόνον δίκτυον ἐναλλασσομένης τάσεως. Εἰς τὰς περιπτώσεις ταύτας χρησιμοποιοῦνται οἱ **ἀνορθωταί**, οἱ ὁποῖοι εἶναι συσκευαί, μετατρέπονσαι τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές. Ὡς ἀνορθωτὴς δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ ἡ δίοδος λυχνία, διότι, ὡς εἶδομεν, αὕτη ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ ἐπιτρέπῃ εἰς τὰ ἐκ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια νὰ κινοῦνται μόνον κατὰ μίαν φοράν, δηλ., ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἀνοδὸν.

Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς λειτουργίας τῆς δίοδου λυχνίας ὡς ἀνορθωτοῦ παρακολουθοῦμεν τὸ σχῆμα 322: Εἰς τὸ δευτερεῖον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχομεν συνδέσει τὴν ἀντίστασιν R (I), ὁπότε, κατὰ τὰ γνωστά, αὕτη θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐάν, ὁμως, παρεμβάλωμεν εἰς τὸ κύκλωμα μίαν δίοδον λυχνίαν, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 322, II, τὰ ἐκ



Σχ. 322. (I). Ἡ ἀντίστασις R διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. (II). Τὸ ρεῦμα i εἰς τὴν ἀντίστασιν R ἔχει διαρκῶς τὴν αὐτὴν φοράν.

τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια θὰ κινοῦνται πρὸς τὴν ἀνοδὸν μόνον

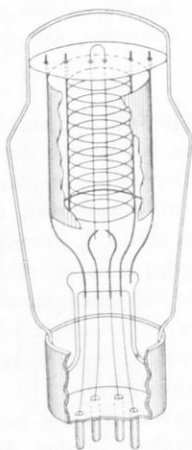
κατὰ τὴν ἡμιπερίοδον, κατὰ τὴν ὁποίαν αὕτη θὰ εἶναι θετική, ἐνῶ κατὰ τὴν ἄλλην ἡμιπερίοδον ἡ κίνησις αὐτῶν θ' ἀνακόπτεται. Οὕτω, τὸ διὰ τῆς ἀντιστάσεως R διερχόμενον ρεύμα i θὰ ἔχῃ, διαρκῶς, τὴν αὐτὴν φοράν.

Τὸ σχῆμα 323 παριστᾷ τὴν μορφήν τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου διὰ τῆς ἀντιστάσεως. Τὸ ρεύμα τοῦτο καλεῖται *ἡμιανορθωμένον*, ὅπως δὲ παρατηροῦμεν, διατηρεῖ διαρκῶς τὴν αὐτὴν φοράν, ἡ ἔντασίς του, ὅμως, μεταβάλλεται πολὺ. Ἐάν, ἀντὶ μιᾶς διόδου λυχνίας, χρησιμοποιηθοῦν δύο καί, ἐπὶ πλέον, κατάλληλον *φίλτρον* (δηλ., σύστημα δύο πυκνωτῶν καὶ ἐνὸς πηνίου), αἱ διακυμάνσεις τοῦ ἀνορθωμένου ρεύματος γίνονται τόσο μικραῖ, ὥστε νὰ μὴ εἶναι πλέον ἐνοχλητικαί, τὸ δὲ ρεύμα δύναται νὰ θεωρηθῇ, πρακτικῶς, ὡς συνεχές ρεύμα.



Σχ. 323. Ἡμιανορθωμένον ρεύμα.

§ 273. Τρίοδος ἡλεκτρονικὴ λυχνία. Ἐν μεταξὺ τῆς καθόδου καὶ τῆς ἀνόδου μιᾶς διόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας παρεμβάλλομεν τρίτον ἡλεκτρόδιον, τὸ ὁποῖον καλεῖται *πλέγμα* Π (σχ. 324), λαμβάνομεν τὴν *τρίοδον ἡλεκτρονικὴν λυχνίαν*. Τὸ πλέγμα ἀποτελεῖται ἐκ λεπτοῦ σύρματος, τὸ ὁποῖον εἶναι περιελιγμένον συνήθως εἰς σχῆμα ἑλικοειδοῦς ἑλατηρίου καὶ περιβάλλει τὴν κάθοδον κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὰ ἐκ ταύτης πρὸς τὴν ἀνόδον κινούμενα ἡλεκτρόνια νὰ διέρχωνται διὰ μέσου τῶν μεταξὺ τῶν σπειρῶν διακένων.



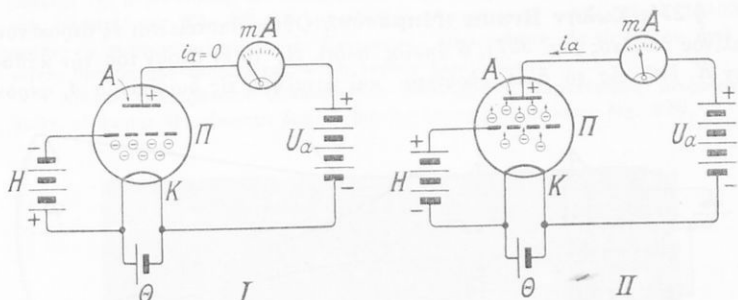
Σχ. 324. Τρίοδος ἡλεκτρονικὴ λυχνία καὶ συμβολικὴ παράστασις αὐτῆς.



Λειτουργία τῆς τριόδου. Ἐν θερμάνωμεν τὴν κάθοδον μιᾶς τριόδου λυχνίας, τῇ βοηθείᾳ τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς Θ (σχ. 325, I), αὕτη ἐκπέμπει ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα, ἐλκόμενα ὑπὸ τῆς (πάντοτε θετικῆς) ἀνόδου, διέρχονται διὰ τῶν διακένων τοῦ πλέγματος καὶ προκαλοῦν τὸ ἀνοδικὸν ρεύμα i_a . Ἐάν, ἀκολουθῶς, λάβωμεν καὶ δευτέραν ἡλεκτρικὴν πηγήν H καὶ

συνδέσωμεν τὸν ἀρνητικὸν πόλον αὐτῆς μὲ τὸ πλέγμα, τὸν δὲ θετικὸν μὲ τὴν κάθοδον, τὰ ὑπὸ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἡλεκτρόνια ἔλκονται μὲν ὑπὸ τῆς θετικῆς ἀνόδου, ἀπωθοῦνται, ὅμως, ὑπὸ τοῦ ἀρνητικοῦ πλέγματος. Ἐάν, μάλιστα, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, τὴν ὁποίαν ἔχομεν ἐφαρμόσει μεταξὺ πλέγματος-καθόδου (καὶ τὴν ὁποίαν καλοῦμεν *τάσιν πλέγματος* U_g), εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη, ἡ ἀπόσις εἶναι τόσο ἰσχυρά, ὥστε, παρὰ τὴν ἔλξιν τῆς (θετικῆς) ἀνόδου, οὐδὲν ἡλεκτρόνιον διέρχεται διὰ μέσου τοῦ πλέγματος, μὲ ἀποτέλεσμα τὸ ἀνοδικὸν ρεύμα νὰ μηδενισθῇ (I). Ἐάν, ἀκολουθῶς, ἐλαττώ-

σωμεν τὴν (ἀρνητικὴν) τάσιν τοῦ πλέγματος, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐμφανίζεται ἀσθενὲς ἀνοδικὸν ρεῦμα καὶ τοῦτο διότι ἡ ἄπωσις, τὴν ὁποίαν ὑφί-

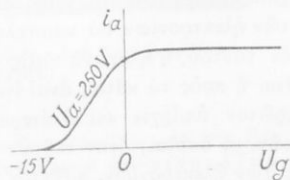


Σχ. 325. Τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα διέρχεται (II), μόνον ὅταν τὸ πλέγμα ἀφῇναι τὰ ἐκ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια νὰ διέλθουν διὰ μέσου αὐτοῦ.

στανται τώρα τὰ ἠλεκτρόνια, εἶναι μικροτέρα, μὲ ἀποτέλεσμα μερικὰ ἐξ αὐτῶν νὰ κατορθώνουν νὰ διέρχωνται διὰ τοῦ πλέγματος καὶ νὰ φθάνουν εἰς τὴν ἄνοδον. Ἀκολουθῶς, ἀντιστρέφουμε τοὺς πόλους τῆς πηγῆς H (ὁπότε ὁ θετικὸς πόλος αὐτῆς συνδέεται μὲ τὸ πλέγμα, ὁ δὲ ἀρνητικὸς μὲ τὴν κάθοδον - σχ. 325, II), ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα αὐξάνεται πολὺ. Καὶ τοῦτο, διότι, τώρα, τὸ πλέγμα ὄχι μόνον δὲν ἀπωθεῖ τὰ ἠλεκτρόνια, ἀλλὰ, λόγῳ τοῦ ὅτι εἶναι θετικόν, ἔλκει αὐτά, ὑποβοηθοῦν, οὕτω, τὴν δρασίν τῆς ἄνοδου. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι διὰ μεταβολῆς τῆς τάσεως τοῦ πλέγματος εἶναι δυνατὸν νὰ ρυθμίζεται τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα τῆς λυχνίας. Τοῦτο, ἀκριβῶς, δίδει εἰς τὴν τρίοδον λυχνίαν σπουδαιοτάτην ἰδιότητα, τὴν ὁποίαν ἐκμεταλλευσόμεθα εἰς πολλὰς περιπτώσεις (βλ. κατωτέρω §§ 278 καὶ 288).

Χαρακτηριστικὴ καμπύλη τῆς τριόδου λυχνίας. Τὴν σχέσιν μεταξὺ τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος i_a τῆς τριόδου λυχνίας καὶ τῆς τάσεως τοῦ πλέγματος U_g , παριστᾷ τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 326. Τὸ διάγραμμα τοῦτο καλεῖται **χαρακτηριστικὴ καμπύλη τῆς τριόδου λυχνίας** καὶ ἐπιτρέπει νὰ εὐρίσκωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, ἀρκεῖ νὰ γνωρίζωμεν τὴν τάσιν τοῦ πλέγματος, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι ἡ ἀνοδικὴ τάσις ἔχει ὠρισμένην καὶ σταθεράν τινα τιμὴν (π.χ., 250 V).

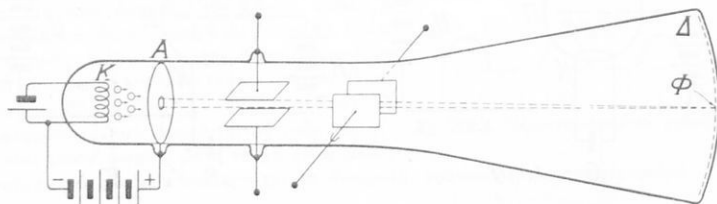
Ἐκ τοῦ σχήματος 326 προκύπτει ὅτι, ὅταν τὸ δυναμικὸν τοῦ πλέγματος εἶναι κατὰ 15 V ἀρνητικώτερον τοῦ δυναμικοῦ τῆς καθόδου (τάσις πλέγματος -15 V), τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα εἶναι ἴσον πρὸς μηδέν, ἐνῶ, ὅταν τὸ πλέγμα ἔχῃ τὸ αὐτὸ δυναμικόν, ὅπως ἡ κάθοδος (τάσις πλέγματος ἴση πρὸς μηδέν), τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἔχει λάβει σχεδὸν τὴν τιμὴν τοῦ ρεύματος κόρου. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι, διὰ ρυθμίσεως τῆς τά-



Σχ. 326. Χαρακτηριστικὴ καμπύλη τῆς τριόδου λυχνίας.

σεως τοῦ πλέγματος μεταξὺ — 15 V καὶ μηδὲν βόλτ, τὸ ἀνοδικὸν ρεῖμα ρυθμίζεται μεταξὺ τῆς τιμῆς μηδὲν καὶ τῆς τιμῆς τοῦ ρεύματος κόρου.

§ 274. Σωλὴν Braun (Μπράουν). Οὗτος ἀποτελεῖται ἐξ ἀεροκένου ὑαλίνου σωλῆνος (σχ. 327), ὁ ὁποῖος φέρει εἰς τὸ ἓν ἄκρον του τὴν κάθοδον K , ἐνῶ εἰς τὸ ἄλλο εὐρύνεται καὶ καταλήγει εἰς διάφραγμα Δ , φέρον



Σχ. 327. Σωλὴν Braun (ἀρχή).

ἐσωτερικῶς ἐπίχρισμα ἐκ φθοριζούσης οὐσίας. Εἰς ἀπόστασίν τινα ἐκ τῆς καθόδου ὑπάρχει ἡ ἄνοδος A εἰς σχῆμα κυλίνδρου ἢ δίσκου, ὁ ὁποῖος φέρει μικρὰν ὀπὴν εἰς τὸ κέντρον. Ἡ ἄνοδος συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς τάσεως, μερικῶν ἑκατοντάδων βόλτ, τῆς ὁποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται μὲ τὴν κάθοδον.

Ἐὰν θερμάνωμεν τὴν κάθοδον, τὰ ἐξ αὐτῆς ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρόνια ἔλκονται καὶ κινοῦνται πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅσα δὲ ἐξ αὐτῶν διέλθουν διὰ τῆς ὀπῆς ἐξακολουθοῦν κινούμενα εὐθυγράμμως καὶ ἰσοταχῶς (ἀφοῦ, πλέον, οὐδεμία δύναμις ἐξασκεῖται ἐπ' αὐτῶν) καὶ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ φθοριζόντος διαφράγματος, ἐπὶ τοῦ ὁποίου προκαλοῦν μίαν φωτεινὴν κηλίδα Φ .

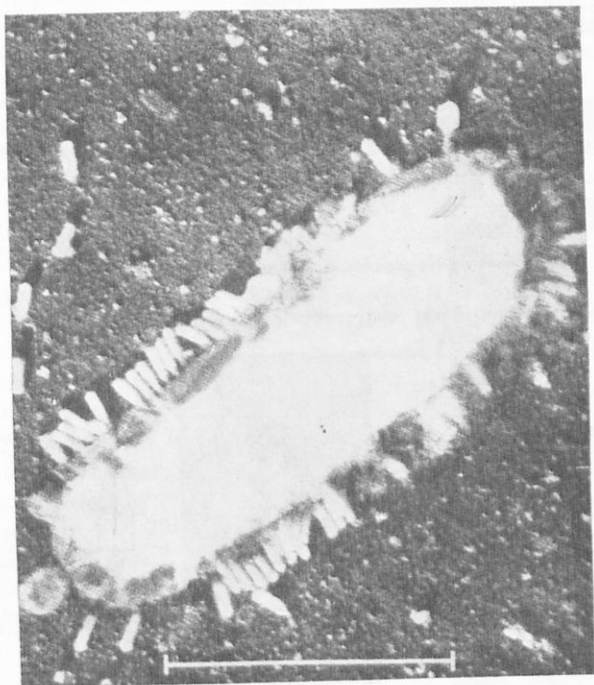
Μετὰ τὴν ἄνοδον ὑπάρχει ἓν ζεύγος παραλλήλων ὀριζοντιῶν μεταλλίνων πλακῶν, μεταξὺ τῶν ὁποίων διέρχεται ἡ δέσμη τῶν κινουμένων ἠλεκτρονίων. Ὅταν ἐπὶ τῶν δύο πλακῶν ἐφαρμοσθῇ συνεχῆς τάσις, θὰ σχηματισθῇ μεταξὺ αὐτῶν ἠλεκτρικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον θὰ ἐξασκήσῃ ἐφ' ἑκάστου διερχομένου ἠλεκτρονίου μίαν δύναμιν. Λόγῳ τῆς δυνάμεως ταύτης, ἡ τροχιά τῶν ἠλεκτρονίων θὰ καμπυλωθῇ πρὸς τὸ μέρος τῆς θετικῆς πλακὸς καί, ὥς ἐκ τούτου, ἡ φωτεινὴ κηλὶς θὰ μετακινήθῃ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος πρὸς τὰ ἄνω ἢ πρὸς τὰ κάτω, ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Μετὰ τὸ πρῶτον ὑπάρχει καὶ δεύτερον ζεύγος κατακόρυφων μεταλλίνων πλακῶν, αἱ ὁποῖαι, ὅταν τεθοῦν ὑπὸ τάσιν, προκαλοῦν ἀπόκλισιν τῆς δέσμης τῶν ἠλεκτρονίων, κάθεται ἐπὶ τὴν πρῶτην· δηλ., ὀριζοντιᾶν.

Ὁ σωλὴν Braun ἀποτελεῖ βασικὸν ὄργανον τῶν συσκευῶν τηλεοράσεως (§ 298), τοῦ ραντάρ (§ 297) καθὼς καὶ πολλῶν ἄλλων συσκευῶν.

★ § 275. Ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον. Εἰς τὴν § 66 εἶδομεν ὅτι εἰς τὸ σύννηθες μικροσκόπιον, λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς περιθλάσεως τοῦ φωτός, ἔν φωτει-

νὸν σημεῖον δὲν ἀπεικονίζεται ὡς σημεῖον, ἀλλ' ὡς μικρὰ κηλὶς, μὲ ἀποτελεσμα μεγεθύνσεις, μεγαλύτεραι τῶν 1000, νὰ μὴ ἔχουν πρακτικὴν σημασίαν, καθόσον, αὐξανομένης τῆς μεγεθύνσεως, δὲν διακρίνονται περισσότεραι λεπτομέρειαι τοῦ ἐξεταζομένου ἀντικειμένου. Ἐὰν θέλωμεν μεγαλύτεραν μεγέθυνσιν — π.χ., μέχρι 100 000 — πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸ *ἠλεκτρονικὸν μικροσκόπιον*, εἰς τὸ ὁποῖον, ἀντὶ φωτεινῆς δέσμης, χρησιμοποιεῖται δέσμη ταχέων ἠλεκτρονίων.

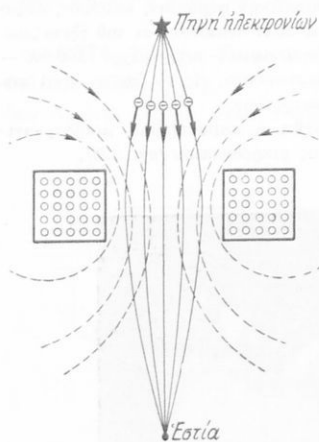
Διὰ τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου ἐπετεύχθη ἡ παρατήρησις μικροοργανισμῶν, οἱ ὅποιοι δὲν γίνονται ὄρατοὶ διὰ συνήθους μικροσκοπίου (σχ. 328).



Σχ. 328. Βακτηρίδιον, προσβαλλόμενον ὑπὸ βακτηριοφάγων.
(Μεγέθυνσις 44 000).

Ἡ λειτουργία τοῦ ἠλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἑξῆς ἀρχῆς: Ὅπως γνωρίζομεν (§ 208), τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐξασκεῖ ἐπὶ κινουμένων ἠλεκτρονίων μίαν δύναμιν κατὰ Laplace, ἡ ὁποία μεταβάλλει τὴν τροχίαν των. Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἠλεκτρόνια, ἐκκινουόμενα ἐξ ἑνὸς σημείου (σχ. 329) καὶ ἀποτελοῦντα ἀποκλίνουσαν δέσμην, ὅταν διέλθουν διὰ τοῦ ἀνομοιογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐνὸς πηνίου, μικροῦ μήκους, συγχεντροῦνται εἰς ἓν καὶ τὸ αὐτὸ σημεῖον (ἐστία). Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι, ὅπως μὲ ἓνα φακὸν ἐπιτυγχάνεται ἡ εἰς ἓν σημεῖον συγκέν-

τρωςις ὅλων τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἐκκινοῦν ἀπὸ ἓν ἄλλο, οὕτω καὶ διὰ



Σχ. 329. Μαγνητικός φακός (ἀρχή).

καταλλήλου ἀνομοιογενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου ἐπιτυγχάνεται ἡ εἰς ἓν σημεῖον συγκέντρωσις ὅλων τῶν ηλεκτρονίων, τῶν ἐκκινούντων ἀπὸ ἓν ἄλλο σημεῖον (μαγνητικός φακός). Τὸ αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται, ἂν, ἀντὶ μαγνητικοῦ πεδίου, χρησιμοποιήσωμεν ἡλεκτρικὸν πεδὶον καταλλήλου μορφῆς, ὅποτε τὸ σύστημα καλεῖται *ἡλεκτρικός φακός*.

Ἡ λειτουργία τοῦ ηλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου παρουσιάζει πολλὰς ἀναλογίας μὲ τὴν λειτουργίαν μιᾶς μικροφωτογραφικῆς διατάξεως (σχ. 330). Τὰ ἐκ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ηλεκτρόνια, ἀφοῦ ἐπιταχυνθῶν ὑπὸ τῆς ἀνόδου, φέρονται, τῇ βοήθειᾳ ἐνὸς «συναγωγοῦ φακοῦ» ἐπὶ τοῦ πρὸς παρατήρησιν μικροσκοπικοῦ ἀντικειμένου. Δεύτερος φακός — ὁ ἀντικειμενικός — σχηματίζει ἐν εἰδῶλον ὑπὸ μεγέθυνσιν, τὸ ὁποῖον, ἐν συνεχείᾳ, προβάλλεται διὰ τοῦ «φακοῦ προβολῆς» ἐπὶ φθο-

ρίζοντος διαφράγματος ἢ τῆς φωτογραφικῆς πλάκας.

Πηγή ηλεκτρονίων
(κάθodos)

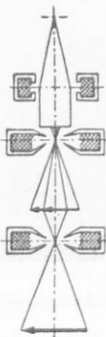
Συναγωγὸς φακός

Ἀντικείμενον
Ἀντικειμενικός
φακός

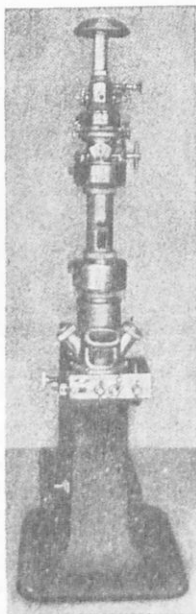
Ἐνδιάμεσον
εἰδῶλον

Φακὸς προβολῆς

Τελικὸν εἰδῶλον
(φθορίζον
διάφραγμα)



Σχηματικὴ παράστασις ἡλεκτρονικοῦ μικροσκοπίου μὲ μαγνητικούς φακοὺς.



Σχ. 330.



Προβλεὺς
φωτισμοῦ

Συναγωγὸς φακός

Ἀντικείμενον
Ἀντικειμενικός
φακός

Ἐνδιάμεσον
εἰδῶλον

Φακὸς προβολῆς

Τελικὸν εἰδῶλον
(φωτογραφικὴ
πλάξ)

Σχηματικὴ παράστασις διατάξεως μικροφωτογραφίας.

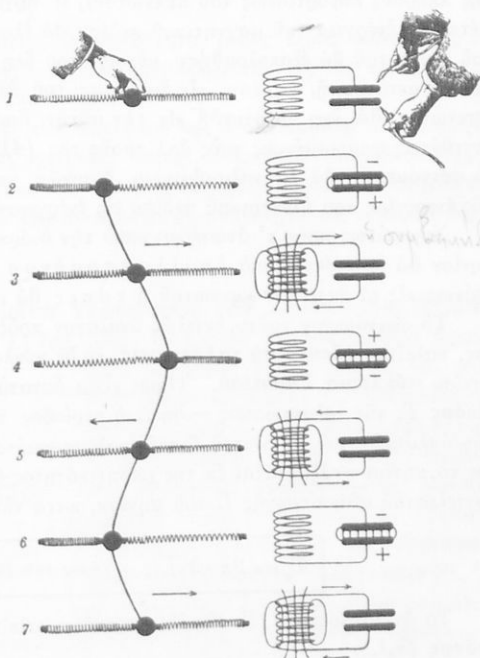
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΖ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

§ 276. Ἐλευθέρα ταλάντωσις κυκλώματος Thomson (Τόμσον).

Ὑπενθυμίζομεν τὴν ταλάντωσιν, τὴν ὁποίαν ἐκτελεῖ μία σφαῖρα, συγκρατουμένη μεταξὺ δύο ἐλατηρίων (σχ. 331, ἀριστερά): Εἰς τὴν θέσιν 1 ἡ σφαῖρα ἰσορροπεῖ. Διὰ ν' ἀπομακρύνωμεν αὐτὴν ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας (2), πρέπει νὰ καταναλώσωμεν ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ὑπὸ μορφὴν δυναμικῆς ἐνεργείας εἰς τὰ παραμορφωμένα ἐλατήρια. Ἄν, ἀκολούθως, ἀφήσωμεν ἑλευθέραν τὴν σφαῖραν, θὰ ἐκτελέσῃ, ὥς γνωστόν (*), ἡμιτονοειδῆ ταλάντωσιν, μετατρεπομένης, περιοδικῶς, τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τῶν ἐλατηρίων εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν τῆς σφαίρας.

Ἐντελῶς ἀνάλογον φαινόμενον, κατὰ τὸ ὁποῖον μετατρέπεται, περιοδικῶς, ἐνέργεια μιᾶς μορφῆς εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς, ἔχομεν εἰς τὸ ἐξῆς πείραμα: Θεωρήσωμεν ἡλεκτρικὸν κύκλωμα, ἀποτελούμενον ἐξ ἑνὸς πυκνωτοῦ καὶ ἑνὸς πηνίου (σχ. 331, 1, δεξιά). Ἐὰν φορτίσωμεν τὸν πυκνωτὴν (ἐγγίζοντες, π.χ., ἐπ' ὀλίγον τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ διὰ δύο ἀγωγῶν, εὐρισκομένων ὑπὸ συνεχῆ τάσιν), θὰ σχηματισθῇ εἰς τὸν μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν χώρον ἡλεκτρικὸν πεδίον (2). Ἐπειδὴ, ὁμως, οἱ ὀπλισμοὶ εἶναι συνδεδεμένοι μεταξὺ των



Σχ. 331. Ἀναλογία μεταξὺ μηχανικῆς καὶ ἡλεκτρικῆς ταλάντωσεως.

(*) Βλ. Τόμος Α', § 94.

μέσῳ τοῦ πηνίου, ὃ πυκνωτὴς θ' ἀρχίσῃ νὰ ἐκφορτίζεται, ὁπότε τὸ πηνίον θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον θὰ σχηματίσῃ ἐντὸς τοῦ πηνίου μαγνητικὸν πεδίου (3). Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκφορτίσεως τοῦ πυκνωτοῦ, ἡ ἐνέργεια αὐτοῦ — δηλ., ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου (*) — θὰ ἐλαττοῦται, ἐνῶ, ἀντιστοίχως, θ' αὐξάνεται ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (**). Τὸ ρεῦμα, λόγῳ τῆς ἀδρανεΐας του, θὰ ἐξακολουθήσῃ νὰ ρέῃ εἰς τὸ πηνίον καὶ μετὰ τὴν πλήρη ἐκφόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ, ὁπότε οὗτος θ' ἀρχίσῃ νὰ φορτίζεται μετὰ ἀντίθετον πολικότητα (ὁ ὀπισμὸς, δηλ., ὁ ὀπίσθεν, ἢ το ἀρχικῶς ἀρνητικὸς, θὰ γίνῃ, τώρα, θετικὸς). Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου (ἡ ὁποία ἦτο μηδὲν κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς πλήρους ἐκφορτίσεως τοῦ πυκνωτοῦ), θ' ἀρχίσῃ ν' αὐξάνεται, ἐνῶ, ἀντιθέτως, ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου θὰ ἐλαττοῦται. Οὕτω, ἡ φόρτισις τοῦ πυκνωτοῦ θὰ ἐξακολουθήσῃ, μέχρις ὅτου ὅλη ἡ ἐνέργεια τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μετατραπῇ, ἐκ νέου, εἰς ἐνέργειαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ὁπότε ὁ πυκνωτὴς θὰ ἔχῃ φορτισθῇ εἰς τὴν αὐτὴν, ὅπως ἀρχικῶς, τάσιν, ἀλλὰ μετὰ ἀντιθέτως φορτισμένους τοὺς ὀπισμοὺς του (4). Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, τὸ φαινόμενον θὰ ἐπαναλαμβάνεται διαρκῶς, μετατρέπομένης, περιοδικῶς, τῆς ἐνεργείας τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου.

Συμφώνως πρὸς τ' ἀνωτέρω, κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ φαινομένου, τὸ πηνίον θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐνῶ, ταυτοχρόνως, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτοῦ ἡ τάσις θὰ εἶναι ἐναλλασσομένη.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο, ἐντελῶς ἀνάλογον πρὸς τὴν ταλάντωσιν τῆς σφαίρας, καλεῖται *ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις*, τὸ δὲ κύκλωμα τοῦ πυκνωτοῦ καὶ τοῦ πηνίου *κύκλωμα Thomson*. Ὅπως εἶναι δυνατόν ν' ἀποδειχθῇ, ἡ *ιδιοπερίοδος* T_0 τῆς ταλαντώσεως — δηλ., ἡ περίοδος τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως τῶν ὀπισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ἢ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον — ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς χωρητικότητος C τοῦ πυκνωτοῦ καὶ ἐκ τοῦ συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς L τοῦ πηνίου, κατὰ τὸν τύπον

$$T_0 = 2\pi \cdot \sqrt{LC} \quad \text{Τύπος τοῦ Thomson} \quad (1)$$

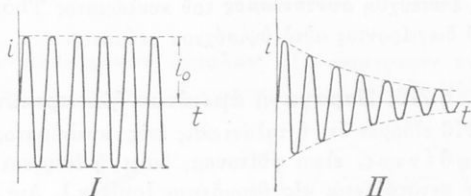
Τὸ ἀντίστροφον $1/T_0$ τῆς ιδιοπεριόδου καλεῖται, ὡς γνωστόν, *ιδιοσυχνότης* (ν_0).

Ἡ περιγραφῆσα ταλάντωσις τοῦ κυκλώματος Thomson παρίσταται γραφικῶς ὑπὸ τοῦ διαγράμματος I τοῦ σχήματος 332. Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὸ πλάτος i_0 τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον, διατηρεῖται σταθερόν, ὁπότε ἡ ταλάντωσις καλεῖται *ἀμείωτος* (ἢ *συντηρουμένη*). Διὰ νὰ συμβαίῃ τοῦτο, πρέπει, προφανῶς, ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου νὰ μετατρέπεται ἐξ ὀλοκλήρου εἰς

(*) Βλ. § 195.

(**) Βλ. § 215.

ἐνέργειαν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου - ὅπως ἀκριβῶς θὰ συνέβαιναν εἰς ἓν ἐκ-
κρεμές, ἀπληλαγμένον τριβῶν. Ἡ ταλάντωση τοῦ κυκλώματος Thomson θὰ
ἦτο ἀμείωτος, ἐφ' ὅσον
τὸ πηνίον δὲν θὰ εἶχεν
ἀντίστασιν. Εἰς τὴν
πραγματικότητα ὅμως,
ἐπειδὴ τὸ πηνίον ἔχει
ἀντίστασιν, ἡ ταλάντω-
σις εἶναι **φθίνουσα**
(σχ. 332, II), καθόσον
μέρος τῆς ἐνεργείας τῆς
ταλαντώσεως μετατρέ-

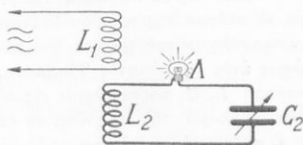


Σχ. 332. Ἀμείωτος ταλάντωση (I) καὶ φθίνουσα τα-
λάντωση (II) ἐνὸς κυκλώματος Thomson.

πεται, ἐντὸς τῆς ἀντιστάσεως, εἰς θερμότητα Joule. Πρὸς τούτοις, ὡς θὰ
ἴδωμεν κατωτέρω, μέρος τῆς ἐνεργείας ἀκτινοβολεῖται εἰς τὸν περίεξ χώρον,
ὑπὸ μορφήν **ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων**.

Ἐὰν ἡ χωρητικότης C τοῦ πυκνωτοῦ καὶ ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς
 L τοῦ πηνίου ἔχουν μικράς, σχετικῶς, τιμὰς, τότε, κατὰ τὸν τύπον (I), ἡ
ἰδιοπερίοδος τῆς ταλαντώσεως θὰ εἶναι πολὺ μικρά, ὁπότε τὸ διερχόμενον
διὰ τοῦ πηνίου ρεῦμα θὰ ἔχῃ πολὺ μεγάλην συχνότητα καὶ καλεῖται **ὑψί-
συχνον ρεῦμα**.

§ 277. Ἐξηναγκασμένη ταλάντωση τοῦ κυκλώματος Thomson. Θεωρήσωμεν πηνίον L_1 (σχ. 333), τὸ ὁποῖον διαρρέεται ὑπὸ ὑψι-
σύνχρον ρεύματος, συχνότητος ν , καὶ πλη-



Σχ. 333. Ὅταν ἐπιτευχθῇ συντο-
νισμός, ὁ λαμπτήρ A φωτοβολεῖ
ἐντόνως.

τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα Thomson, εἶναι ἴση μὲ τὴν συχνότητα ν
τοῦ ὑψισύχρον ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ πηνίον L_1 . Τὸ πλάτος τῆς τα-
λαντώσεως (δηλ., τὸ πλάτος τοῦ διὰ τοῦ κυκλώματος Thomson διερχομένου
ρεύματος) θὰ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἰδιοσυχνότητος ν_0 τοῦ κυκλώματος Thomson,
τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ μεταβάλωμεν, π.χ., διὰ τοῦ μεταβλητοῦ πυκνωτοῦ
 C_2 . Τὴν μεγίστην τιμὴν θὰ λάβῃ τὸ πλάτος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος
(ὅπως διαπιστοῦμεν ἐκ τοῦ λαμπτήρος A , ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ ἐντόνως),

καὶ πλη-
σίον αὐτοῦ τὸ πηνίον L_2 τοῦ κυκλώμα-
τος Thomson L_2, C_2 . Ἐντὸς τοῦ πηνίου
 L_2 θ' ἀναπτυχθῇ, λόγῳ τοῦ φαινομένου
τῆς ἐπαγωγῆς, ἐναλλασσομένη ἡλεκτρο-
γερτικὴ δύναμις, συνεπῶς τὸ κύκλωμα
Thomson θὰ ἐκτελῇ, τώρα, **ἐξηναγκα-
σμένην ἡλεκτρικὴν ταλάντωσην** (*). Ἡ
συχνότης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος,

(*) Βλ. καὶ Τόμος Α', § 106.

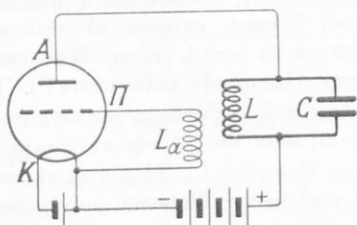
ὅταν ἡ ἰδιοσυχνότης τοῦ κυκλώματος Thomson γίνη, ἀκριβῶς, ἴση μὲ τὴν συχνότητα ν τοῦ ὑψισύχνου ρεύματος. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν ὅτι ἐπετεύχθη **συντονισμός** τοῦ κυκλώματος Thomson πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ διεγείροντος αὐτὸ ὑψισύχνου ρεύματος.

§ 278. Παραγωγή ἀμειώτων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Εἰς τὴν § 276 εἶδομεν ὅτι ἡ ταλάντωσις ἑνὸς κυκλώματος Thomson, ἅπαξ διεγερθέντος, εἶναι φθίνουσα, διότι ἡ ἐνέργεια τῆς ταλαντώσεως βαθμηδὸν μετατρέπεται εἰς θερμότητα Joule κ.λ. Διὰ νὰ διατηρῇ, λοιπόν, ἡ ταλάντωσις τὸ πλάτος τῆς σταθερὸν (διὰ νὰ καταστῇ, δηλ., ἀμείωτος), πρέπει νὰ προσφέρεται εἰς τὸ κύκλωμα ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία χάνεται.

Ἀνάλογον, ἀκριβῶς, συμβαίνει καὶ μὲ τὴν διατήρησιν τοῦ πλάτους τῆς ταλαντώσεως ἑνὸς ἔκκρεμοῦς: Εἰς τὰ *ὥρολόγια* δι' ἔκκρεμοῦς ἡ ἐνέργεια, ἡ ἀπαιτούμενη διὰ τὴν διατήρησιν σταθεροῦ τοῦ πλάτους τῆς ταλαντώσεως τοῦ ἔκκρεμοῦς, προσφέρεται ἐκ τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν περι-κλείει ἐν συσπειρωμένον ἐλατήριο. Διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ, ἡ ἐνέργεια αὕτη προσφέρεται εἰς τὸ ἔκκρεμὸς εἰς ὥρισμένην χρονικὴν στιγμήν καὶ εἰς ποσότητα τόσην, ὥστε, ἀκριβῶς, ἀπαιτεῖται διὰ νὰ διατηρῇται τὸ πλάτος τὸν σταθερὸν (ἀμείωτος ταλάντωσις).

Κατ' ἀνάλογον τρόπον παράγονται ἀμειῶτοι ταλαντώσεις εἰς ἓν κύκλωμα Thomson, τῇ βοηθείᾳ τριόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας. Τοιαύτη, ἀκριβῶς, περιπτώσις παρουσιάζεται εἰς τοὺς *ραδιοφωνικοὺς πομπῶς* (§ 295).

Διὰ νὰ παραγάγωμεν ἀμειῶτων ἡλεκτρικὴν ταλάντωσιν εἰς ἓν κύκλωμα Thomson, ἐκμεταλλεύομεθα τὴν ἰδιότητα, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ πλέγμα τῆς τριόδου λυχνίας νὰ ρυθμίζῃ τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα (βλ. § 273). Διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ τρόπου, διὰ τοῦ ὁποίου ἡ τριόδος καθιστᾷ ἀμειῶτους τὰς ταλαντώσεις ἑνὸς κυκλώματος Thomson, παρακολουθοῦμεν τὸ σχῆμα 334: Τὸ κύκλωμα Thomson L, C παρεντίθεται εἰς τὸ ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ



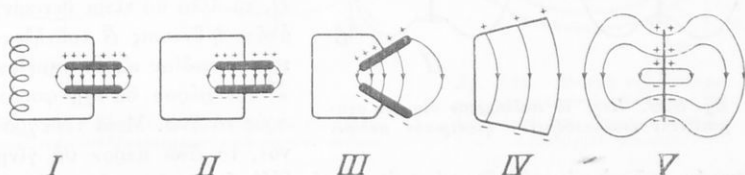
Σχ. 334. Διάταξις παραγωγῆς ἀμειῶτων ταλαντώσεων δι' ἀναδράσεως (ἀρχή).

ἀνοδικὸν κύκλωμα τῆς λυχνίας, τὸ δὲ πηνίον L συζευγνύεται ἐπαγωγικῶς μὲ τὸ πηνίον L_a , τὸ ὁποῖον καλεῖται *πηνίον ἀναδράσεως*. Τὸ ἐν ἄκρον τοῦ πηνίου τούτου συνδέεται μὲ τὸ πλέγμα Π , τὸ δὲ ἄλλο μὲ τὴν κάθοδον K . Μόλις ἐφαρμόσωμεν τὴν ἀνοδικὴν τάσιν, τὰ ἐκ τῆς καθόδου ἐκπεμπόμενα ἡλεκτρόνια κινοῦνται πρὸς τὴν ἀνοδὸν, εἰσέρχονται εἰς αὐτὴν καί, φθάνοντα εἰς τὸν πυκνωτὴν C , τὸν φορτίζουν, ὅποτε ἀρχίζει ἡ ταλάντωσις τοῦ κυκλώματος Thomson. Ἡ ταλάντωσις αὕτη θὰ ἦτο

φθίνουσα, ἄνευ τοῦ *συστήματος ἀναδράσεως*, τὸ ὁποῖον δοῦν ὡς ἐξῆς: "Ὅταν τὸ κύκλωμα Thomson πάλλεται, τὸ πηνίον L διαρρέεται, ὡς γνωστόν, ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Συνεπῶς, λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς ἐπαγωγῆς, θ' ἀναπτύσσεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ἀναδράσεως μία ἐναλλασσομένη «τάσις πλέγματος». Ἡ τάσις αὕτη

ἐνισχύει τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα τὴν κατάλληλον στιγμήν, ὥστε ἡ λόγῳ διαφόρων αἰτίων ἀπωλεσθεῖσα ἐνέργεια τῆς ταλάντωσως ν' ἀναπληρώνεται, ὁπότε, πλέον, ἡ ταλάντωσις θὰ ἐξακολουθῇ ἀμείωτος.

§ 279. Παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον. Τὸ περιγραφὲν κύκλωμα Thomson ἀποτελεῖται ἐκ πηνίου καὶ πυκνωτοῦ (σχ. 335, I). Ἐάν



Σχ. 335. Βαθμιαία μετάβασις ἀπὸ τὸ κύκλωμα Thomson (I) εἰς τὸ παλλόμενον δίπολον (V).

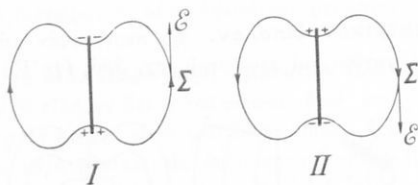
τὸ πηνίον ἀντικατασταθῇ δι' ἐνὸς ἀπλοῦ σύρματος (II), τὸ κύκλωμα δὲν μεταβάλλει ἰδιότητάς· ἡ μόνη ἀλλαγὴ, ἡ ὁποία θὰ προκύψῃ, θὰ εἶναι ἡ αὔξησις τῆς ἰδιοσυχνότητος τοῦ κυκλώματος, διότι ὁ ἀπλοῦς ἀγωγὸς ἔχει μικρὸν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς, ἔναντι τοῦ πηνίου. Ἐάν, τώρα, ἀπομακρύνωμεν τοὺς ὀπλισμοὺς τοῦ πυκνωτοῦ (III) καί, ταυτοχρόνως, ἐλαττώνωμεν τὸ ἔμβαδὸν αὐτῶν, θὰ καταλήξωμεν εἰς τὴν μορφήν IV, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν ὑπάρχει, πλέον, πυκνωτής. Τὴν ἀκροτάτην μορφήν τοῦ κυκλώματος Thomson ἀποτελεῖ ἓν εὐθὺ σύρμα (V). Ἡ χωρητικότης καὶ ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ σύρματος τούτου εἶναι πολὺ μικραὶ καί, συνεπῶς, ἡ ἰδιοσυχνότης του θὰ εἶναι πολὺ μεγάλη. Τὸ σύρμα τοῦτο ἀποτελεῖ καὶ αὐτὸ ἓν κύκλωμα Thomson, δύναται, συνεπῶς, νὰ ἐκτελέσῃ ηλεκτρικὴν ταλάντωσιν, ἀρκεῖ νὰ διεγερθῇ καταλλήλως. Κατὰ τὴν ταλάντωσιν ταύτην τὸ σύρμα θὰ διαρρέεται ὑπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος, συνεπῶς, ὅταν τὸ ἓν ἄκρον του εἶναι θετικόν, τὸ ἄλλο θὰ εἶναι ἀρνητικόν καὶ ἀντιστρόφως. Ἐπειδὴ εἰς τὸν ηλεκτρικὸν σύστημα δύο ἴσων καὶ ἑτερωνύμων ηλεκτρικῶν φορτίων καλεῖται «*ηλεκτρικὸν δίπολον*», εἰς δὲ τὸ ἀνωτέρω κύκλωμα εἶδομεν ὅτι εἰς τὰ δύο ἄκρα του ἐμφανίζονται, περιοδικῶς, ἴσα, ἀλλ' ἑτερόνυμα φορτία, διὰ τοῦτο τὸ κύκλωμα τοῦτο ἐπεκράτησε νὰ λέγεται **παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον** (διότι εἶναι ηλεκτρικὸν δίπολον, τὸ ὁποῖον πάλλεται).

Παλλόμενα ηλεκτρικὰ δίπολα εἶναι, ἀκριβῶς, αἱ κεραταὶ τῶν ραδιοφωνικῶν πομπῶν (βλ. § 295).

§ 280. Πεδία, σχηματιζόμενα περὶ παλλόμενον δίπολον. Εἰς τὴν παράγραφον ταύτην θὰ ἐξετάσωμεν τὰ πεδία, τὰ ὁποῖα σχηματίζονται περὶ ἓν παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον.

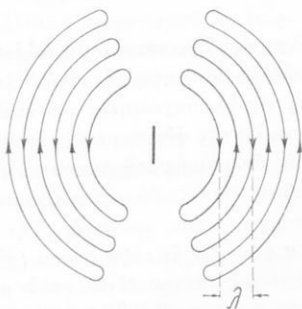
α) **Ἡλεκτρικὸν πεδίον.** Ἐφ' ὅσον εἰς τὰ ἄκρα τοῦ παλλομένου διπό-

λου παρουσιάζεται μία ἐναλλασσόμενη τάσις, ἔπεται ὅτι θὰ σχηματίζεται περίξ αὐτοῦ ἐν ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν πεδίον. Πρά-



Σχ. 336. Περί τὸ παλλόμενον δίπολον σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν πεδίον.

γματι, εἰς δεδομένην χρονικὴν στιγμὴν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ ἐν ἄκρον τοῦ διπόλου εἶναι ἀρνητικόν (σχ. 336, I), τὸ ἄλλο θὰ εἶναι θετικόν, ὁπότε ἡ ἔντασις $\mathcal{E}$ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐν σημεῖον Σ τοῦ χώρου θὰ ἔχῃ φορὰν πρὸς τὰ ἄνω. Μετὰ τινα χρόνον, τὸ ἄνω ἄκρον θὰ γίνῃ θετικόν, ἐνῶ τὸ κάτω θὰ ἔχῃ γίνῃ ἀρνητικόν (II), ὁπότε ἡ φορὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Σ θὰ ἔχῃ ἀλλάξει. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ἐφ' ὅσον τὸ δίπολον πάλαιται, ἡ ἔντασις $\mathcal{E}$ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Σ (ὅπως καὶ εἰς οἰονδήποτε ἄλλο σημεῖον περὶ τὸ δίπολον) θὰ μεταβάλλεται περιοδικῶς - τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον, δηλ., θὰ εἶναι ἐναλλασσόμενον. Τὴν μορφὴν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου τούτου, κατὰ τινα χρονικὴν στιγμὴν, παριστᾷ τὸ σχῆμα 337.



Σχ. 337. Μορφή τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, κατὰ τινα στιγμὴν, εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ διπόλου.

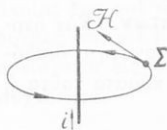
Ὅπως μία διαταραχὴ, προκαλουμένη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἡρεμοῦντος ὕδατος, διαδίδεται ἀπὸ σημείου εἰς σημεῖον καὶ πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις ὑπὸ μορφὴν κύματος, οὕτω καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον ἡλεκ-

τρικὸν πεδίον, τὸ σχηματιζόμενον περὶ τὸ παλλόμενον δίπολον, διαδίδεται, ἀπὸ σημείου εἰς σημεῖον καὶ πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, ὑπὸ μορφὴν κύματος καὶ μὲ ὁρισμένην ταχύτητα, ἴσην, ὥς ἀποδεικνύεται, μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός. Τὸ κύμα τοῦτο καλεῖται **ἡλεκτρικὸν κύμα**.

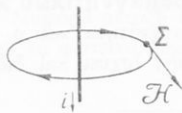
Κατὰ ταῦτα, τὸ παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον ἐκπέμπει εἰς τὸν ὅλον ἡλεκτρικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

β) **Μαγνητικὸν πεδίον.** Ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸν δίπολον πάλλεται, διαφύεται ὑπὸ ἐναλλασσόμενον ρεύματος, συνεπῶς θὰ σχηματίζῃ περίξ αὐτοῦ ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίον, τοῦ ὁποίου αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι, ὥς γνωστόν, περιφέρειαι κύκλων, κάθετοι ἐπὶ τὴν διευθύνσιν τοῦ διπόλου. Πράγματι, εἰς δεδομένην χρονικὴν στιγμὴν, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ ρεῦμα ἐντὸς τοῦ διπόλου θὰ ἔχῃ φορὰν πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 338, I), ἡ ἔντασις $\mathcal{H}$ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον τι Σ θὰ ἔχῃ ὁρισμένην

φοράν. Μετά τινα χρόνον, ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ διπόλου θ' ἀλλάξῃ (II), ὅποτε θ' ἀλλάξῃ, ἀντιστοίχως, καὶ ἡ φορὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητι-

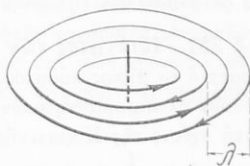


I



II

Σχ. 338. Περί τὸ παλλόμενον δίπολον σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίου.

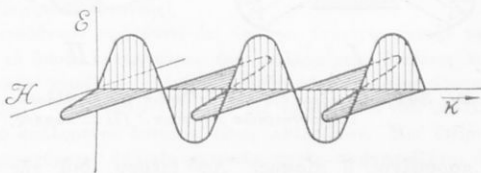


Σχ. 339. Μορφή τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, κατὰ τινα στιγμήν, περί τὸ παλλόμενον δίπολον.

κοῦ πεδίου εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον Σ. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ἐφ' ὅσον τὸ δίπολον πάλλεται, ἡ ἐνταση τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ σημεῖον Σ (ὅπως καὶ εἰς οἰονδήποτε ἄλλο σημεῖον τοῦ χώρου περὶ τὸ δίπολον) θὰ μεταβάλλεται περιοδικῶς· τὸ μαγνητικὸν πεδίου, δηλαδή, θὰ εἶναι ἐναλλασσόμενον. Τὴν μορφήν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου τούτου, κατὰ τινα χρονικὴν στιγμήν, παριστᾷ τὸ σχῆμα 339. Ὅπως τὸ ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν πεδίου, οὕτω καὶ τὸ ἐναλλασσόμενον μαγνητικὸν πεδίου, τὸ σχηματιζόμενον περὶ τὸ παλλόμενον δίπολον, διαδίδεται ἀπὸ σημείου εἰς σημεῖον καὶ πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις ὑπὸ μορφὴν κύματος καὶ μὲ ὥρισμένην ταχύτητα, ἴσην πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός. Τὸ κύμα τοῦτο καλεῖται **μαγνητικὸν κύμα**.

Κατὰ ταῦτα, τὸ παλλόμενον ἠλεκτρικὸν δίπολον ἐκπέμπει εἰς τὸν χώρον μαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Ἡλεκτρομαγνητικὸν κύμα. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτουν τὰ ἐξῆς: Ὅταν ἐν ἠλεκτρικὸν δίπολον πάλλεται, ἐκπέμπει, ταυτοχρόνως, δύο κύματα, ἓν ἠλεκτρικὸν καὶ ἓν μαγνητικόν, τὰ ὁποῖα διαδίδονται μὲ τὴν αὐτὴν ταχύτητα — τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός — εἶναι ἀλληλένδετα, δηλ., δὲν δύναται νὰ ὑπάρξῃ τὸ ἓν χωρὶς τοῦ ἄλλο, τὰ δὲ ἀνίσματα τῆς ἐντάσεως τῶν δύο πεδίων πάλλονται εἰς ἐπίπεδα, κάθετα μεταξύ των (σχ. 340). Τὰ δύο ταῦτα κύματα καλοῦνται, ἐν βραχυλογίᾳ, **ἠλεκτρομαγνητικὸν κύμα**.



Σχ. 340. Τὰ ἐπίπεδα τοῦ ἠλεκτρικοῦ κύματος καὶ τοῦ μαγνητικοῦ κύματος εἶναι κάθετα μεταξύ των.

Συνεπῶς, ὅταν ἐν ἠλεκτρικὸν δίπολον πάλλεται, ἐκπέμπει εἰς τὸν χώρον ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται μὲ τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα προεῖπεν ὁ Maxwell (Μάξουελ), ἐρευνήσας τὸ θέμα θεωρητικῶς, ἐνῶ πρῶτος ὁ Hertz (Χέρτς) κατώρθωσε ν' ἀποδείξῃ πειραματικῶς τὴν ὑπαρξιν αὐτῶν.

§ 281. Ἰδιότητες τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ἐὰν ὀνομάσωμεν λ τὸ μῆκος κύματος, ν τὴν συχνότητα καὶ c τὴν ταχύτητα διαδόσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ἰσχύει καὶ διὰ τὰ κύματα ταῦτα ἡ γνωστὴ σχέση τῆς Κυματικῆς

$$\lambda \cdot \nu = c$$

ἡ ὁποία, ὥς γνωστόν, ἰσχύει δι' οἰονδήποτε εἶδος κυμάτων.

Ἡ ταχύτης διαδόσεως c τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, διαδιδόμενων εἰς τὸ κενόν, εὐρίσκεται ἴση πρὸς

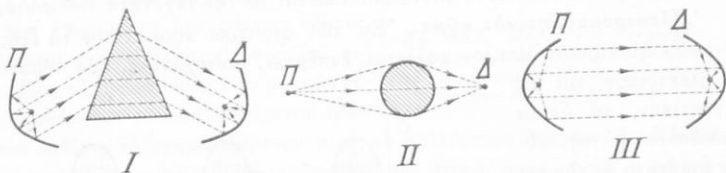
$$c = 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$$

ἢ

$$c = 3 \cdot 10^{10} \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$$

ἴση, δηλ., πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτὸς εἰς τὸ κενόν.

Ἐντὸς ἄλλων ὕλικῶν ἡ ταχύτης τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων εἶναι μικροτέρα, ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει καὶ μὲ τὰ φωτεινὰ κύματα, ὅταν διαδίδωνται ἐντὸς ὕλικῶν, τὰ ὁποῖα ἔχουν δείκτην διαθλάσεως, μεγαλύτερον τῆς μονάδος (π.χ., ἐντὸς τῆς ὑάλου). Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν **διάθλασιν** τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὸ σχῆμα 341, I παριστᾷ διατάξιν διὰ τὴν ἐπίδειξιν τῆς διαθλάσεως διὰ πρίσματος



Σχ. 341. Διατάξεις διὰ τὴν ἐπίδειξιν τῆς διαθλάσεως καὶ ἀνακλάσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. (Π = πομπός, Δ = δέκτης).

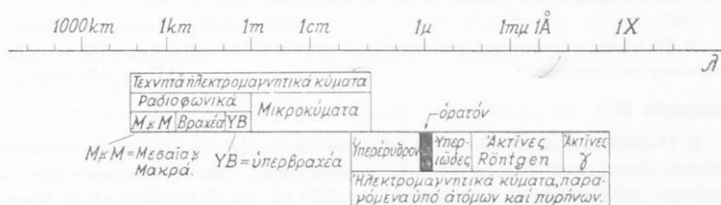
ἐκ παραφίνης ἢ πίσσης. Ἀφ' ἑτέρου, διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 341, II δεικνύεται ἡ συγκέντρωσις τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων εἰς ἓν σημεῖον (ἐστία) διὰ «φακοῦ» ἐκ τινος διηλεκτρικοῦ (π.χ., φιάλης, ἡ ὁποία περιέχει πετρέλαιον).

Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα παρουσιάζουν καὶ τὸ φαινόμενον τῆς **ἀνακλάσεως**, ὅταν προσπίπτουν ἐπὶ μεταλλίνων ἐπιφανειῶν. Τοῦτο δεικνύμεν πειραματικῶς διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 341, III, εἰς τὴν ὁποίαν, διὰ παραβολικοῦ μεταλλικοῦ κατόπτρου, συγκεντρώνομεν εἰς παράλληλον δέσμην τὰ ὑπὸ παλλομένου διπόλου ἐκπεμπόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

§ 282. Σχέσις μεταξύ των διαφόρων ειδών των ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὰ ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ παλλομένου διπόλου, ἔχουν ὡς εἶδομεν, ὅλας τὰς ἰδιότητες, τὰς ὁποίας ἔχει καὶ τὸ φῶς (διαδίδονται μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος, ἀνακλῶνται, διαθλῶνται κ.λ.). Ἡ διαφορὰ μεταξύ τοῦ φωτός καὶ τῶν κυμάτων αὐτῶν συνίσταται εἰς τὸ ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα ἔχουν, ἀσυγκρίτως, μεγαλυτέραν συχνότητα.

Τοιαύτης συχνότητος ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα δὲν δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν διὰ παλλομένου διπόλου, παρὰ μόνον δι' ατόμων (ἢ μορίων), τὰ ὁποῖα διεγείρομεν καταλλήλως (βλ. Κεφάλαιον Ἀτομικῆς Φυσικῆς).

Τὸ σχῆμα 342 παριστᾷ τὰς περιοχὰς τῶν μηκῶν κύματος, αἱ ὁποῖαι ἀνήκουν εἰς τὰ διάφορα ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα: Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὰ τεχνητὰ ἡλεκ-



Σχ. 342. Τὸ συνολικὸν ἡλεκτρομαγνητικὸν φάσμα.

τρομαγνητικὰ κύματα, τὰ παραγόμενα ὑπὸ παλλομένων διπόλων — δηλ., δι' «ἡλεκτρονικῶν μεθόδων» — ἀνήκουν τὰ ραδιοφωνικὰ κύματα (μακρὰ, μεσαία, βραχέα, ὑπερβραχέα καὶ μικροκύματα). Τ' ἀντίστοιχα μῆκη κύματος φαίνονται ἐπὶ τῆς κλίμακος. Ἐν συνεχείᾳ πρὸς τὰ μικροκύματα διακρίνομεν τὰ ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ παραγόμενα ὑπὸ ατόμων καὶ πυρηνῶν. Οὕτω, διακρίνομεν τὰς ὑπερενέρχους ἀκτίνες, τὸ ὁρατὸν φῶς καὶ τὰς ὑπεριώδεις ἀκτίνες. Ἀκολουθοῦν αἱ ἀκτίνες Roentgen καὶ ταῦτα αἱ ἀκτίνες γ, αἱ ὁποῖαι ἐκπέμπονται ὑπὸ τῶν πυρηνῶν ὠρισμένων ατόμων (βλ. Κεφάλαιον Πυρηνικῆς Φυσικῆς).

Ἐκ τῶν μέχρι τοῦδε ἐκτεθέντων προκύπτει ὅτι ὑπάρχει ταυτότης μεταξύ τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ παλλομένων διπόλων καὶ τῶν φωτεινῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Πάντως, μεταξύ αὐτῶν παρουσιάζονται καὶ ὠρισμέναι διαφοραί, αἱ ἐξῆς: Ὅπως παρατηροῦμεν εἰς τὰ σχήματα 336 καὶ 338 τὸ κύμα, τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπὸ παλλομένου διπόλου, εἶναι πολωμένον. Ἀφ' ἑτέρου, γνωρίζομεν ὅτι τὸ φῶς, τὸ προερχόμενον ἐκ μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, παρουσιάζεται ὡς μὴ πολωμένον. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Μία φωτεινὴ πηγὴ δὲν εἶναι ἐνιαία, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν μεγάλου ἀριθμοῦ στοιχειῶδων φωτεινῶν πηγῶν, δηλ., ἐκ τῶν φωτοβολούντων ατόμων (βλ. § 310). Ἐκάστη τῶν στοιχειῶδων αὐτῶν πηγῶν ἐκπέμπει μὲν ἓν στοιχειῶδες κύμα, τὸ ὁποῖον εἶναι πολωμένον, ἀλλὰ τὸ ἐπίπεδον πολώσεως αὐτοῦ ἔχει τυχαίαν διεύθυνσιν, οὕτως ὥστε μία ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός, λόγῳ τῆς συμμετρικῆς περὶ αὐτὴν κατανομῆς τῶν ἐπιπέδων πολώσεως τῶν στοιχειῶδων κυμάτων, νὰ μὴ παροισιάζῃ, ἐν τῷ συνόλῳ, κατ'ἐν χαρακτηριστικὸν ἐπίπεδον, δηλ., νὰ μὴ εἶναι πολωμένη.

Ἀνάλογος διαφορὰ παρουσιάζεται καὶ εἰς τὰ φαινόμενα συμβολῆς: Τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ προερχόμενα ἐκ δύο διπόλων τῆς αὐτῆς συχνό-

τητος, δίδουν φαινόμενα συμβολής, ἐνῶ αὐτὸ δὲν συμβαίνει εἰς τὰ κύματα, τὰ προερχόμενα ἐκ δύο φωτεινῶν πηγῶν τῆς αὐτῆς συχνότητος, ὅπως λεπτομερῶς ἐγνωρίσαμεν εἰς τὴν § 112. Τὸ αἷτιον εἶναι τὸ αὐτὸ μὲ τὸ αἷτιον τῆς προηγουμένης περιπτώσεως: Διὰ τὰ παρατηρηθῶν φαινόμενα συμβολῆς, πρέπει αἱ συμβάλλουσαι φωτειναὶ δέσμαι νὰ εἶναι σύμφωνοι, δηλ., νὰ προέρχωνται ἐκ δύο συμφωνῶν πηγῶν· πηγῶν, δηλ., καθ' ὅλα ὁμοίων. Τοῦτο, ὅμως, εἶναι ἀδύνατον, λόγῳ τοῦ μεγάλου πλήθους τῶν στοιχειωδῶν πηγῶν, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν ἐκάστην τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορία Α'

1) Νὰ ὑπολογισθῇ α) ἡ ἰδιοσυχνότης ἐνὸς κυκλώματος Thomson, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖται ἐκ πυκνωτοῦ, χωρητικότητος 100 pF καὶ πηνίου, συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς $7 \cdot 10^{-6}\text{ H}$ καὶ β) τὸ μῆκος κύματος τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ κύματος, τὸ ὅποιον θὰ ἐξεπέμπετο ὑπ' αὐτοῦ. ($1\text{ pF} = \text{πικοφαράντι} = 10^{-12}\text{ F}$).

(ΑΠ: α) $6 \cdot 10^6\text{ c/sec}$, β) 50 m)

2) Τὸ μῆκος κύματος τοῦ ραδιοφωνικοῦ σταθμοῦ Ἀθηνῶν εἶναι 412 m . Ποία ἡ συχνότης τοῦ σταθμοῦ;

(ΑΠ: 728 kc/sec)

Κατηγορία Β'

1) Παραλλήλως πρὸς τὸν (σταθερὸν) πυκνωτὴν ἐνὸς κυκλώματος Thomson συνδέεται ἕτερος πυκνωτής, μεταβλητῆς χωρητικότητος. Ἐὰν ρυθμίσωμεν τὴν χωρητικότητα τοῦ μεταβλητοῦ πυκνωτοῦ α) εἰς 3000 pF καὶ β) εἰς 6000 pF , ἡ ἰδιοσυχνότης τοῦ κυκλώματος λαμβάνει, ἀντιστοίχως, τὰς τιμὰς 590 c/sec καὶ 500 c/sec . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ σταθεροῦ πυκνωτοῦ καὶ ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου.

(ΑΠ: 4645 pF , $9,53\text{ H}$)

2) Τὸ κύκλωμα Thomson ἐνὸς ραδιοφώνου ἀποτελεῖται ἐκ πηνίου, συντελεστοῦ αὐτεπαγωγῆς 200 μH καὶ πυκνωτοῦ, μεταβλητῆς χωρητικότητος. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μεγίστη καὶ ἡ ἐλαχίστη τιμὴ τῆς χωρητικότητος τοῦ ἐν λόγῳ πυκνωτοῦ, ἵνα τὸ κύκλωμα τοῦτο συντονίζεται εἰς ὅλην τὴν περιοχὴν τῶν μεσαίων κυμάτων (μῆκος κύματος ἀπὸ 200 m ἕως 600 m).

(ΑΠ: $56,3\text{ μF}$, 500 μF)

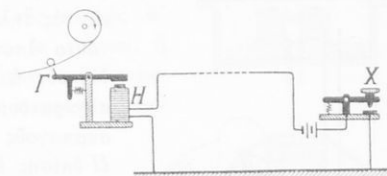
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΗ'

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

Εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο ἐξετάζονται τὰ ὄργανα καὶ οἱ τρόποι μεταδόσεως σημάτων ἢ τῆς φωνῆς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ἡ *τηλεπικοινωνία* διαιρεῖται εἰς τὴν *ἐνσύρματον τηλεπικοινωνίαν*, ὅταν ὁ πομπὸς συνδέεται μὲ τὸν δέκτην διὰ συρμάτων καὶ τὴν *ἀσύρματον τηλεπικοινωνίαν*, ὅταν ἡ σύνδεσις πομποῦ καὶ δέκτου δὲν γίνεται διὰ συρμάτων, ἀλλὰ δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.

§ 283. Τηλέγραφος. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ πομποῦ, τῆς τηλεγραφικῆς γραμμῆς καὶ τοῦ δέκτου. Ὁ πομπὸς ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ χειριστηρίου X (σχ. 343) καὶ μιᾶς ἡλεκτρικῆς πηγῆς. Διὰ τοῦ χειριστηρίου διακόπτομεν

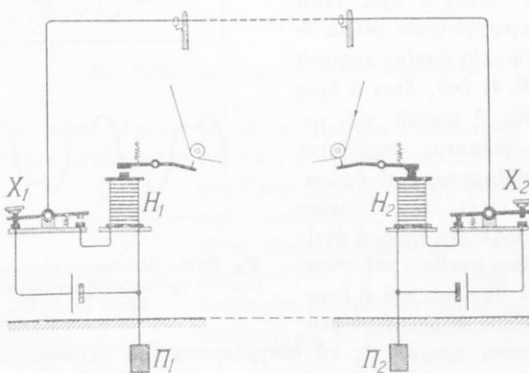
καὶ ἀποκαθιστῶμεν τὸ κύκλωμα τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου H τοῦ δέκτον, ὅπως σαφῶς προκύπτει ἐκ τοῦ σχήματος: "Ὅταν πιέξωμεν τὸν μοχλὸν τοῦ χειριστηρίου πρὸς τὰ κάτω, τὸ κύκλωμα κλείεται, ὅποτε διέρχεται ρεῦμα διὰ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου, ὃ ὁποῖος καὶ ἔλκει τὸν ὀπλισμόν. Ἡ κίνησις αὕτη τοῦ ὀπλισμοῦ ἀννιψώνει τὴν γραφίδα Γ , ἥ ὁποία χαράσσει ἐπὶ χαρτίνης ταινίας, κινουμένης ἐνώπιον αὐτῆς, ἐν σῆμα (στιγμὴν ἡ γραμμὴν, ἀναλόγως τῆς διαρκείας τοῦ χειρισμοῦ). Αἱ στιγμαὶ καὶ αἱ γραμμαὶ (βραχεῖαι καὶ μακραὶ γραμμαὶ) ἀποτελοῦν τὸ μορσικὸν ἀλφάβητον, τῇ βοήθειᾳ τοῦ ὁποίου ἀποστέλλονται τὰ τηλεγραφήματα. Οὕτω, π.χ., εἶναι $\alpha = \cdot -$, $\beta = \dots$ κ.λ.



Σχ. 343. Ἀρχὴ τοῦ ἐνσυρμάτου τηλεγράφου.

Ἡ τηλεγραφικὴ γραμμὴ ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ δύο συρμάτων. Συνήθως, ὅμως, τὸ ἐν σύρμα ἀντικαθίσταται ὑπὸ τῆς Γ ἦς. Πρὸς τοῦτο, τὸ ἐν ἄκρον τοῦ πηνίου τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου καὶ τὸ ἐν τοῦ χειριστηρίου συνδέονται διὰ συρμάτων, τὰ ὁποῖα θάπτονται ἐντὸς τοῦ ἐδάφους (βλ. σχ. 343).

Τὸ σχῆμα 344 παριστᾷ διατάξιν ἀμφιπλεύρου ἀνταποκρίσεως.



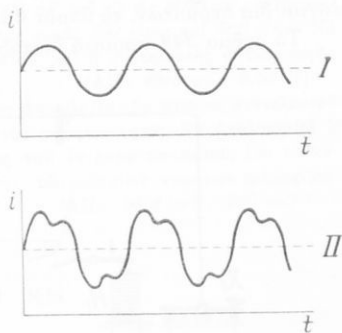
Σχ. 344. Τηλέγραφος ἀμφιπλεύρου ἀνταποκρίσεως. Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην, τὸ χειριστήριον X_1 πιέζεται, ἥ δὲ γραφὶς τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου H_2 χαράσσει γραμμὴν ἐπὶ τῆς κινουμένης ταινίας. (Π_1 καὶ Π_2 = μεταλλικοὶ πλάκες ἐντὸς τοῦ ἐδάφους).

§ 284. Μικρόφωνον. Διὰ τοῦ ὀργάνου τούτου μετατρέπομεν τοὺς ἤχους (δηλ., τὰς περιοδικὰς μεταβολὰς τῆς πιέσεως τοῦ ἀέρος) εἰς περιοδικὰς μεταβολὰς τῆς ἐντάσεως ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Μικροφώνων υπάρχουν διάφοροι τύποι, ἐκ τῶν ὁποίων περιγράφομεν τὸ **μικρόφωνον με κόκκους ἄνθρακος** (σχ. 345), τὸ χρησιμοποιούμενον εἰς τὰς τηλεφωνικὰς συσκευάς. Τὸ μικρόφωνον τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ κάψαν ἐκ μονωτικοῦ ὑλικοῦ, ἣ ὁποία περιέχει κόκκους ἄνθρακος, συγκρατούμενους μεταξὺ ἐνὸς ὑποδοχέως Y ἐκ συμπαγοῦς ἄνθρακος καὶ μιᾶς λεπτῆς πλακὸς Π ἐπίσης ἐξ ἄνθρακος. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸ μικρόφωνον με πηγὴν συνεχοῦς τάσεως, θὰ διέρχεται δι' αὐτοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις θὰ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς ἀντιστάσεως, τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν οἱ κόκκοι τοῦ ἄνθρακος. Πᾶσα μεταβολὴ τῆς πιέσεως, ἣ ὁποία ἐξασκείται ἐπὶ τῆς πλακὸς, προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς ἀντιστάσεως καί, συνεπῶς, μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

Σχ. 345. Μικρόφωνον με κόκκους ἄνθρακος.

Ὅταν ὁμιλῶμεν πρὸ τοῦ μικροφώνου, ἡ πλᾶξ αὐτοῦ πάλλεται καί, οὕτω, προκαλοῦνται μεταβολαὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος (μικροφωνικὸν ρεῦμα), αἱ ὁποῖαι ἔχουν τὴν αὐτὴν, ἀκριβῶς, συχνότητα, τὴν ὁποίαν ἔχει καὶ ὁ ἦχος, ὁ προσπίπτων ἐπὶ τοῦ μικροφώνου. Ὅταν ὁ ἦχος εἶναι ἀπλοῦς, τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα ἔχει τὴν μορφήν, τὴν ὁποίαν παριστᾷ τὸ σχῆμα 346, *I*, ἐνῶ, ὅταν ὁ ἦχος εἶναι σύνθετος, ἡ μορφή τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος ἀποδίδεται ὑπὸ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 346, *II*. Ὅταν ἐπὶ τοῦ μικροφώνου δὲν προσπίπτῃ ἦχος, ἡ ἀντίστασις του εἶναι σταθερὰ καί, συνεπῶς, σταθερὰ θὰ εἶναι καὶ ἡ ἔντασις τοῦ δι' αὐτοῦ διερχομένου ρεύματος (ἑστιγμένη γραμμὴ εἰς τὰ διαγράμματα τοῦ σχήματος 346).



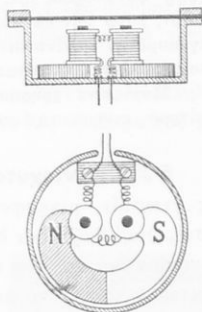
Σχ. 346. Μικροφωνικὸν ρεῦμα, παραγόμενον ὑφ' ἀπλοῦ ἤχου (*I*) καὶ ὑπὸ συνθέτου ἤχου (*II*).

§ 285. Ἀκουστικόν. Τὸ **ἀκουστικόν** ἀποτελεῖται ἐκ μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου N, S (σχ. 347), τοῦ ὁποίου τὰ σκέλη περιβάλλονται ὑπὸ δύο πηνίων. Πρὸ τῶν πόλων τοῦ μαγνήτου καὶ εἰς μικρὰν ἀπ' αὐτῶν ἀπόστασιν εὐρίσκεται λεπτὴ πλᾶξ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ἣ ὁποία ἔλκεται μονίμως, χωρὶς, ὅμως, νὰ ἐφάπτεται αὐτῶν. Ἐὰν διὰ τῶν πηνίων διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τότε, ἀναλόγως τῆς φορᾶς του, τὸ ὑπ' αὐτοῦ παραγόμενον μαγνητικὸν πεδίον ἐνισχύει ἢ ἐξασθενεῖ τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ μονίμου

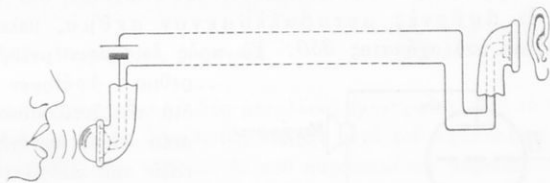
μαγνήτου, ὁπότε, ἀντιστοίχως, αὐξάνεται ἢ ἐλαττοῦται ἡ ἑλξις τῆς πλακός. Ἐπομένως, ἐὰν διὰ τοῦ ἀκουστικοῦ διέλθῃ ἑναλ-
λασσομένον ρεῦμα, ἡ ἑλξις τῆς πλακός θ' αὐτομελῶνεται περιοδικῶς καί, ὥς ἐκ τούτου, ἡ
πλάξ θὰ πᾶλλεται, παραγομένου ἤχου, τοῦ ὁποίου
ἡ συχνότης θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ
ἐναλλασσομένου ρεύματος.

§ 286. Τηλέφωνον. Διὰ τὴν ἐνσύρμα-
τον μεταβίβασιν τῆς φωνῆς ἀπαιτοῦνται, κατ' ἀρ-
χὴν, ἐν μικρόφωνον, μία ἡλεκτρικὴ πηγὴ συνεχοῦς
τάσεως, ἐν ἀκουστικὸν καὶ δύο ἄγωγοι συνδέσεως
(σχ. 348).

Διὰ μίαν τηλεφωνικὴν συνδιάλεξιν ἀπαιτεῖται
ὅπως ἕκαστος ἐκ τῶν συνδιαλεγομένων διαθέτῃ ἀνὰ ἓν μικρόφωνον καὶ ἐν
ἀκουστικόν. Ἐνεκα τούτου, ἀπαιτοῦνται τέσσαρες, ἐν ὄλῳ, ἄγωγοί. Τὸ

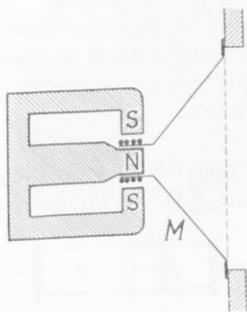


Σχ. 347. Ἀκουστικόν.



Σχ. 348. Ἀρχὴ τῆς ἐνσυρμάτου τηλεφωνίας.

μειονέκτημα τοῦτο αἴρεται εἰς τὰς συγχρόνους τηλεφωνικὰς ἐγκαταστάσεις
διὰ καταλλήλου συνδεσμολογίας, διὰ τῆς ὁποίας ὁ ἀριθμὸς τῶν ἄγωγων πε-
ριορίζεται εἰς δύο. Διὰ τῆς συνδεσμολογίας ταύ-
της, κατορθοῦται, ἐπὶ πλέον, ὅπως μὴ ἀπαι-
τῆται ἰδιαιτέρα ἡλεκτρικὴ πηγὴ δι' ἕκαστον
συνδρομητήν, ἀλλ' αἱ συσκευαὶ ὅλων τῶν συν-
δρομητῶν τροφοδοτοῦνται ἐκ μιᾶς πηγῆς, εὐρι-
σκομένης εἰς τὸ τηλεφωνικὸν κέντρον.



Σχ. 349. Ἡλεκτροδυναμικὸν
μεγάφωνον.

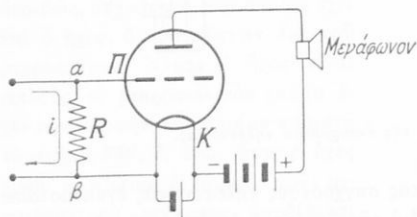
§ 287. Μεγάφωνον. Διὰ τῶν μεγαφώνων
(ὅπως καὶ διὰ τῶν ἀκουστικῶν) μετατρέπονται μικρο-
φωνικὰ ρεύματα εἰς ἤχους, μεγάλης, ὁμως, ἐντάσεως.
Μεγαφώνων ὑπάρχουν διάφοροι τύποι, ἐκ τῶν ὁ-
ποίων ὁ συνηθέστερον χρησιμοποιούμενος εἶναι τὸ
ἡλεκτροδυναμικὸν **μεγάφωνον** (σχ. 349). Ἐν τοιοῦ-
το μεγάφωνον ἀποτελεῖται ἐξ ἰσχυροῦ μαγνήτου
(συνήθως μονίμου), ἐντὸς τοῦ διακένου τοῦ ὁποίου
δύναται νὰ κινῆται ἐλευθέρως ἐλαφρὸν πηνίον ἐξ ὀλίγων σπειρῶν, ἐπὶ τοῦ ὁποίου

είναι προσηρμοσμένη ή κωνική μεμβράνη M . Το μικροφωνικόν ρεύμα, αφού ἐνισχυθῇ καταλλήλως (βλ. κατωτέρω, § 288), διαβιβάζεται διὰ τοῦ κινητοῦ πηνίου, τὸ ὅποιον, λόγῳ τῶν ἐπ' αὐτοῦ ἐξασκουμένων δυνάμεων κατὰ Laplace, τίθεται εἰς ἐξηναγκασμένην ταλάντωσιν. Ἡ ταλάντωσις αὕτη μεταδίδεται καὶ εἰς τὴν μεμβράνην, ἢ ὁποία πάλλεται καὶ ἀναπαράγει τὸν ἦχον.

Μεγάφωνα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ ραδιόφωνα, εἰς τὰς αἰθούσας διαλέξεων, θεάτρων, κινηματογράφων κ.λ.

§ 288. Ἐνισχυταί. Ὅταν ὁμιλῶμεν ἐνώπιον μικροφώνου, παράγονται, ὡς γνωστόν, μικροφωνικὰ ρεύματα, τὰ ὁποῖα, ὅμως, εἶναι τόσον ἀσθενῆ, ὥστε, διαβιβαζόμενα διὰ μεγαφώνου, δὲν δύνανται νὰ θέσουν αὐτὸ εἰς λειτουργίαν διὰ νὰ γίνῃ ἀκουστός ὁ ὁμιλῶν πρὸ τοῦ μικροφώνου. Εἰς τὴν περίπτωσηιν ταύτην τὸ μικροφωνικόν ρεύμα πρέπει νὰ ἐνισχυθῇ. Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦνται συσκευαί, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **ἐνισχυταί**. Ἡ λειτουργία τῶν ἐνισχυτῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ πλέγμα τῆς τριόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας νὰ μεταβάλλῃ τὸ ἀνοδικόν ρεύμα, ὅταν μεταβάλλεται ἡ τάσις αὐτοῦ (§ 273).

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐνισχυτοῦ, διὰ τοῦ ὁποίου ἐνισχύομεν ἓν ἀσθενές μεταβαλλόμενον ρεύμα, μελετῶμεν τὴν συνδεσμολογίαν τοῦ σχήματος 350: Τὸ πρὸς ἐνίσχυσιν μεταβαλλόμενον ρεύμα i ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ διὰ τῆς ἀντιστάσεως R , ἣ ὁποία εἶναι συνδεδεμένη μετὰ τοῦ πλέγματος Π καὶ τῆς καθόδου K τῆς τριόδου λυχνίας, ὁπότε εἰς τὰ ἄκρα a, b ἐμφανίζεται, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm, μία μεταβαλλομένη τάσις. Ἡ τάσις αὕτη, ὡς ἐφαρμοζομένη

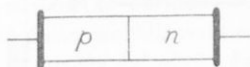


Σχ. 350. Ἐνισχυτὴς ἀσθενῶν ρευμάτων (ἀρχή).

μετὰ τοῦ πλέγματος καὶ τῆς καθόδου, προκαλεῖ μεταβολὰς τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, αἱ ὁποῖαι, ὅπως ἀποδεικνύεται, εἶναι πολὺ μεγαλύτεραι τῶν ἀντιστοίχων μεταβολῶν τοῦ πρὸς ἐνίσχυσιν ρεύματος.

§ 289. Ξηροὶ ἀνορθωταί. Εἰς τὴν § 272 εἶδομεν ὅτι διὰ τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος χρησιμοποιεῖται ἡ δίοδος ἠλεκτρονικῆς λυχνία. Κατὰ τὰ τελευταῖα, ὅμως, ἔτι ἤρχισαν χρησιμοποιούμενοι, διὰ τὸν αὐτὸν σκοπὸν, οἱ **ξηροὶ ἀνορθωταί**.

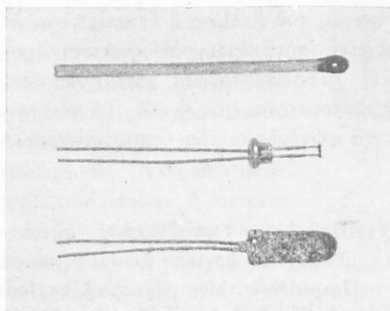
Ὁ **ξηρὸς ἀνορθωτὴς** εἶναι κρύσταλλος ἐκ πυριτίου, ὑπὸ μορφὴν ραβδίου (σχ. 351), ὁ ὁποῖος κατὰ τὸ ἓμισυ ἔχει ἀγωγιμότητα τύπου p καὶ κατὰ τὸ ἕτερον ἓμισυ ἀγωγιμότητα τύπου n (§ 245). Ὅπως



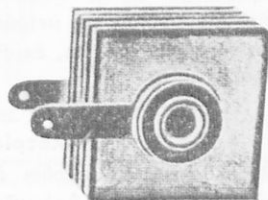
Σχ. 351. Ξηρὸς ἀνορθωτὴς (ἀρχή).

ευρέθη, ή άγωγιμότης του ραβδίου τούτου είναι μικρά κατά την μίαν φοράν καί μεγάλη κατά την άλλην-ιδιότης ανάλογος με την τής διόδου ηλεκτρονικής λυχνίας. Άρα, έν τοιοῦτο ραβδίον πυριτίου δύναται νά χρησιμοποιηθῇ ως άνορθωτής.

Τό σχῆμα 352 (μέσον) παριστᾷ μικρόν ξηρόν άνορθωτήν, κατάλληλον διά διαφόρους ηλεκτρονικάς συσκευάς, ραδιόφωνα κ.λ. Είς τὰ άκρα του ρα-



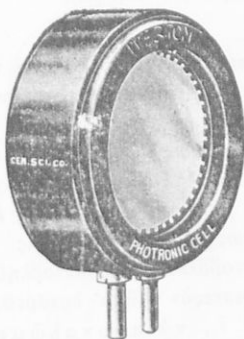
Σχ. 352. Μικρός ξηρός άνορθωτής.



Σχ. 353. Ξηρός άνορθωτής διά βιομηχανικάς χρήσεις.

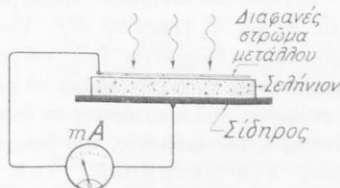
βδίου είναι συντετηγμένα τὰ δύο μεταλλικά ηλεκτροδία. Είς τὸ αὐτὸ σχῆμα κάτω ἀποδίδεται ξηρός άνορθωτής πλήρης μετὰ του προστατευτικοῦ καλύμματος. Τὸ μέγεθός του κρίνεται ἐκ του παρακειμένου πυρείου.

Όταν ή πρὸς άνόρθωσιν τάσις είναι μεγάλη, χρησιμοποιοῦνται πολλοὶ άνορθωταί, οἱ ὅποιοι συνδέονται έν σειρᾷ. Τοιαύτην διάταξιν παριστᾷ τὸ σχῆμα 353. Ἡ διάταξις αὕτη είναι ἐφωδιασμένη διά μεγάλων ψυκτικῶν ἐπιφανειῶν.



Σχ. 354. Φωτοστοιχείον καί συνδεσμολογία αὐτοῦ (δεξιᾷ).

§ 290. Φωτοστοιχειά. Όπως εἶδομεν εἰς τὴν § 269, τὰ φωτοκύτταρα, ὅταν φωτισθοῦν, διαρρέονται ὑπὸ ηλεκτρικοῦ ρεύματος,

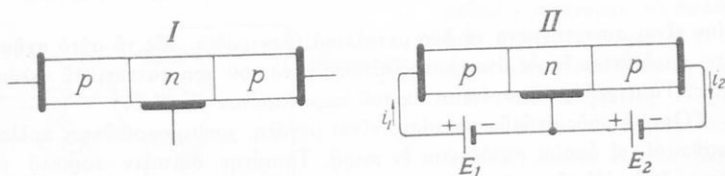


του ὁποίου ή έντασις είναι ανάλογος τής φωτεινῆς ροῆς. Ἀνάλογον ιδιότητα παρουσιάζουν καί τὰ φωτοστοιχειά, τὰ ὅποια ἀποτελοῦνται ἐξ ἡμια-

γωγῶν καὶ δὲν χρειάζονται διὰ τὴν λειτουργίαν των βοηθητικὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν, καθ' ὅσον, ὅταν φωτισθοῦν, δημιουργοῦν ἀφ' ἑαυτῶν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν.

Τὸ **φωτοστοιχείον** (σχ. 354) ἀποτελεῖται ἐκ δίσκου ἐκ σιδήρου, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου εὐρίσκεται στρώμα ἐκ σεληνίου καὶ ἐπ' αὐτοῦ λεπτότατον στρώμα ἐξ ἀργύρου, διαπερατὸν ὑπὸ τοῦ φωτός. Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ἑξωτερικὰ ἠλεκτρόδια διὰ μιλιαμερομέτρου καὶ φωτίσωμεν τὸ φωτοστοιχείον, θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ὁργάνου ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ ἔντασις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἐπὶ τοῦ φωτοστοιχείου προσπίπτουσαν φωτεινὴν ροήν. Λόγω, ἀκριβῶς, τῆς ιδιότητος ταύτης, τὰ φωτοστοιχεῖα χρησιμοποιοῦνται ὡς *φωτόμετρα* εἰς τὰς μετρήσεις τῆς φωτομετρίας (βλ. § 80). Τὰ φωτοστοιχεῖα χρησιμοποιοῦνται, ἐπίσης, εἰς τὰ φωτόμετρα τῶν φωτογράφων (σχ. 93) κ.λ.

§ 291. Κρυσταλλοτρίοδος (Transistor - τρανζίστορ). Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη αἱ τρίοδοι ἠλεκτρονικαὶ λυχνίαι ἤρχισαν ἐκτοπιζόμεναι εἰς πολλὰς περιπτώσεις ὑπὸ τῶν *κρυσταλλοτρίοδων*. Μία *κρυσταλλοτρίοδος* ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ ραβδίου ἐκ γερμανίου (σχ. 355, I), τὸ ὁποῖον

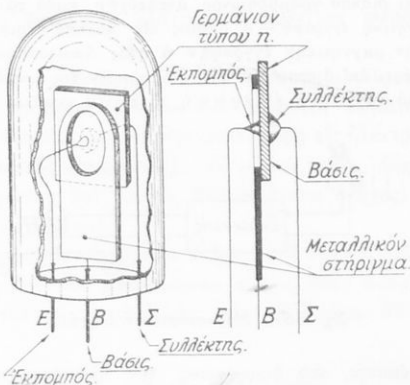


Σχ. 355. (I) Κρυσταλλοτρίοδος (ἀρχή) καὶ συνδεσμολογία αὐτῆς (II).

εἰς τὰ ἄκρα του παρουσιάζει ἀγωγιμότητα τύπου *p* (§ 245), εἰς δὲ τὸ μέσον ἀγωγιμότητα τύπου *n*. Εἰς ἕκαστον τῶν τριῶν τμημάτων εἶναι συντετηγμένον ἀνὰ ἓν ἠλεκτρόδιον.

Μεταξὺ τοῦ κεντρικοῦ τμήματος καὶ τῶν δύο ἄκρων ἐφαρμόζονται αἱ τάσεις E_1 καὶ E_2 (σχ. 355, II). Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς τάσεως E_1 , τὸ ἀριστερὸν τμήμα διαρρέεται ὑπὸ τοῦ ρεύματος i_1 . Ἀντιστοίχως, ἡ τάσις E_2 δημιουργεῖ εἰς τὸ δεξιὸν τμήμα τὸ ρεῦμα i_2 . Ὅπως εὐρέθη, ἡ ἔντασις i_2 τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ δεξιὸν τμήμα, μεταβάλλεται, ἐὰν μεταβληθῇ ἡ ἔντασις i_1 τοῦ ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸ ἀριστερὸν τμήμα· δυνάμεθα, λοιπόν, διὰ μεταβολῆς τοῦ ρεύματος i_1 , νὰ προκαλῶμεν μεταβολὰς τοῦ ρεύματος i_2 . Κατὰ ταῦτα, αἱ κρυσταλλοτρίοδοι ἔχουν ιδιότητας, παρεμφερεῖς πρὸς τὰς ιδιότητας τῶν τριόδων ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν καὶ, συνεπῶς, δύνανται ν' ἀντικαταστήσουν ταύτας κατὰ τὴν κατασκευὴν τῶν ἐνισχυτῶν.

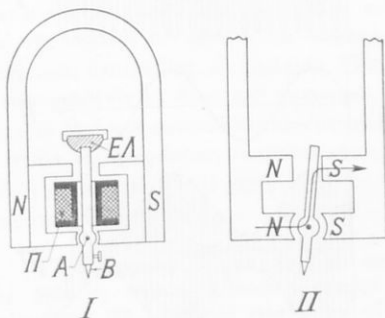
Αί κρυσταλλοτρίοδοι πλεονεκτοῦν ἔναντι τῶν συνήθων τριόδων ἡλεκτρονικῶν λυχνιῶν, ἃς ἐνὸς μὲν διότι ἔχουν πολὺ μικροτέρας διαστάσεις (σχ. 355α), ἃς ἐτέρου δὲ διότι στεροῦνται θερμαινομένης καθόδου, τῆς ὁποίας, ὡς γνωστόν, ἡ θερμανσις ἀπαιτεῖ κατανάλων σημαντικῆς ἰσχύος. Λόγῳ τῶν πλεονεκτημάτων τούτων, αἱ κρυσταλλοτρίοδοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν ραδιοφῶνων μικροῦ μεγέθους, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία ἀπαιτεῖ ἀμελητέαν ἰσχύν. Προβλέπεται ὅτι, σὺν τῷ χρόνῳ, ἡ χρῆσις τῶν κρυσταλλοτρίодων θὰ γενικευθῇ, ἐκτοπίζουσα τὰς τριόδους λυχνίας τόσοις εἰς τὰ ραδιόφωνα, ὅσον καὶ εἰς ἄλλας ἡλεκτρονικὰς διατάξεις.



Σχ. 355α. Κρυσταλλοτρίοδος. (Πραγματικαὶ διαστάσεις: ὕψος 20 mm, διάμετρος 5 mm).

§ 292. 'Αναπαραγωγὸς ήχων (pick-up, πικάπ). Διὰ τὴν ἀναπαραγῶμεν δι' ἡλεκτρικῆς ὁδοῦ, τοὺς ήχους, οἱ ὁποῖοι ἔχουν ἐγγραφή ἐπὶ δίσκου γραμμοφῶνου, χρησιμοποιοῦμεν τὸν ἀναπαραγωγὸν ήχων (κ. πικάπ). Τὸ πικάπ ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ μετατρέπῃ τὰς ταλαντώσεις τῆς βελόνης εἰς ἀντίστοιχα ἡλεκτρικὰ ρεύματα. Τὰ ρεύματα ταῦτα, ἀφοῦ ἐνισχυθοῦν διὰ καταλλήλου ἐνισχυτοῦ, θέτουν εἰς λειτουργίαν ἔν μεγάλων καὶ, οὕτως, ἀποδίδονται οἱ ἐπὶ τοῦ δίσκου ἐγγεγραμμένοι ήχοι.

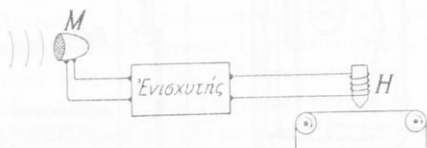
Ἐκ τῶν διαφόρων τύπων ἀναπαραγωγῶν ήχων περιγράφομεν τὸν ἡλεκτρομαγνητικὸν ἀναπαραγωγὸν (σχ. 356, I): Οὗτος ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου N, S , εἰς τὸ διάκενον τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται ὀπλισμὸς ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος εἶναι στρεπτός περὶ τὸν ἄξονα A καὶ φέρει εἰς τὸ ἄκρον τὴν βελόνην B . Ὁ ὀπλισμὸς οὗτος περιβάλλεται ὑπὸ τοῦ πηνίου Π , κρατεῖται δέ, ἐλαστικῶς, εἰς ὠρισμένην θέσιν διὰ τεμαχίου ἐξ ἐλαστικοῦ $ΕΛ$. Ἀναλόγως τῆς θέσεως τοῦ ὀπλισμοῦ (Π), μεταβάλλεται καὶ ἡ δι' αὐτοῦ διερχομένη μαγνητικὴ ροή. Συνεπῶς, ὅταν τὸ πικάπ τεθῇ ἐπὶ τοῦ περιστρεφομένου δίσκου τοῦ γραμμοφῶνου, αἱ ταλαντώσεις τῆς βελόνης θὰ μετακινῶν τὸν ὀπλισμὸν, ὅποτε, θὰ μεταβάλλε-



Σχ. 356. Ἡλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγός.

ται καὶ ἡ μαγνητικὴ ροή, ἡ διερχομένη διὰ τοῦ πηνίου, με ἀποτέλεσμα νὰ ἐμφανίζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου μία ἐναλλασσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ αὕτη δύναμις ἐνισχύεται διὰ καταλλήλου ἐνισχυτοῦ καὶ θέτει εἰς λειτουργίαν τὸ megάφωνον.

§ 293. Μαγνητόφωνον. Ἐκτὸς τοῦ γνωστοῦ τρόπου τῆς ἐγγραφῆς τῶν ἤχων ἐπὶ δίσκου γραμμωφώνου, ἀνεπτύχθη, κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη, νέος τρόπος — ἡ *μαγνητικὴ ἐγγραφή* — ὁ ὁποῖος εἰς πολλὰς περιπτώσεις πλεονεκεῖ τοῦ πρώτου. Κατὰ τὴν μαγνητικὴν ἐγγραφὴν ὁ ἤχος ἀποτυπώσεται ἐπὶ ταινίας ἐκ κυτταρίνης, ἡ ὁποία φέρει ἐπ' ἀμφοτέρων τῶν ἐπιφανειῶν τῆς λεπτὸν στρώμα, περιέχον κόκκους σιδήρου. Διὰ τὰ γίνῃ ἡ ἐγγραφή, ἡ ταινία κινεῖται ὁμαλῶς πρὸ τοῦ πόλου ἐνδὸς ἡλεκτρο-



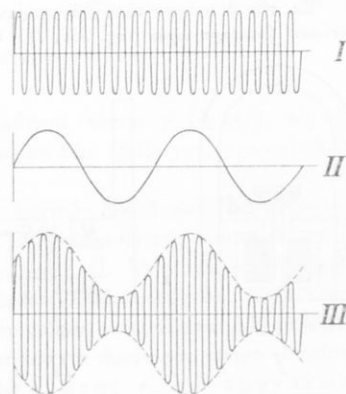
Σχ. 357. Μαγνητόφωνον (ἀρχή).

μαγνήτου H (σχ. 357), ὁ ὁποῖος διεγείρεται ὑπὸ τοῦ (ἐνισχυμέ-
νου) μικροφωνικοῦ ρεύματος, τοῦ προκαλουμένου ὑπὸ τοῦ μικρο-
φώνου M , ἐνώπιον τοῦ ὁποῖου ὁμιλοῦμεν. Κατ' αὐτὸν τὸν τρό-
πον ἡ ταινία μαγνητίζεται, ἡ
μαγνήτισις δὲ εἰς ἕκαστον ση-
μεῖον αὐτῆς θὰ ἐξαρτᾶται ἐκ
τῆς ἐντάσεως τοῦ (μικροφωνικοῦ)

ρεύματος, τοῦ διαρρέοντος τὸν ἡλεκτρομαγνητίν. Διὰ τὸ ἀναπαράχθῃ ὁ
οὕτως ἐγγραφείς ἤχος, ἡ ταινία ἐκτυλίσσεται ἐντὸς τοῦ διακένου ἐνὸς σιδηροῦ πυρῆ-
νος, περιβαλλομένου ὑπὸ πηνίου, ὁπότε, λόγῳ μεταβολῆς τῆς μαγνήτισσας, ἐμφανί-
ζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πηνίου μία ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἡ ἡλεκτρογενετική αὕτη δύνα-
μις, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ διὰ καταλλήλου ἐνισχυτοῦ, θέτει εἰς λειτουργίαν ἕν μεγάλφωνον
καί, οὕτως, ἀναπαράγεται ὁ ἤχος, ὁ ὁποῖος ἔχει ἐγγραφῇ ἐπὶ τῆς ταινίας.

§ 294. Γενικαὶ ἀρχαὶ τῆς ἀσυρμάτου τηλεπικοινωνίας. Ἡ ἀσύρ-
ματος τηλεπικοινωνία χρησιμοποιεῖ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα πρὸς με-
ταβίβασιν σημάτων ἢ τῆς φωνῆς καὶ τῆς μουσικῆς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις.
Πρὸς τοῦτο ἀπαιτεῖται ἀφ' ἐνὸς μὲν εἰς *πομπός*, ὁ ὁποῖος ἐκπέμπει τὰ ση-
ματα τῇ βοηθείᾳ τῶν ἡλεκτρομαγνη-
τικῶν κυμάτων, ἀφ' ἑτέρου δὲ εἰς
δέκτης, ὁ ὁποῖος δέχεται αὐτὰ καὶ
τὰ καθιστᾷ ἐκ νέου ἀκουστά.

Ὁ πρὸς ἐκπομπὴν ἤχος (σχ. 358, II), προσπίπτων ἐπὶ τοῦ μι-
κροφώνου, προκαλεῖ, ὥς γνωστόν, μικροφωνικὸν ρεῦμα, τῆς αὐτῆς ἀ-
κριβῶς μορφῆς. Τὸ ρεῦμα τοῦτο ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ πομποῦ καταλλήλως
καὶ τὸν ἐπηρεάζει κατὰ τοιοῦτον
τρόπον, ὥστε τὰ ὑπ' αὐτοῦ ἐκπεμ-
πόμενα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα
νὰ μὴ ἔχουν σταθερὸν πλάτος (I),
ἀλλὰ τὸ πλάτος αὐτῶν νὰ μεταβάλλ-
εται περιοδικῶς (III). Τὸ κύμα
τοῦτο τοῦ μεταβλητοῦ πλάτους κα-
λεῖται *διαμορφωμένον κύμα* καὶ ἐκπέμπεται ὑπὸ τοῦ πομποῦ μόνον,

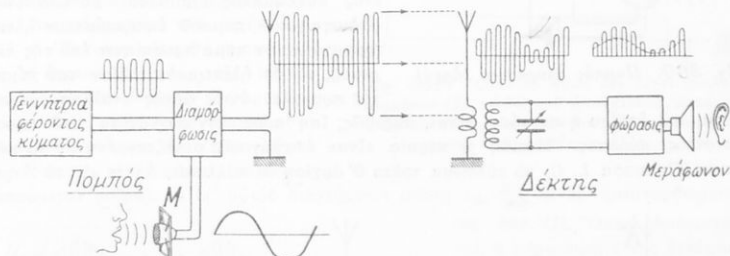


Σχ. 358. (I). Φέρον κύμα. (II). Ἦχος πρὸς ἐκπομπήν. (III). Διαμορφωμένον κύμα.

ὅταν ἐπὶ τοῦ μικροφώνου προσπίπτῃ ὁ πρὸς ἐκπομπὴν ἦχος. Ἐνῶ, ὅταν πρὸ τοῦ μικροφώνου δὲν παράγεται ἦχος, τὸ ὑπὸ τοῦ πομποῦ ἐκπεμπόμενον κῆμα ἔχει σταθερὸν πλάτος καὶ καλεῖται **φέρον κῆμα** (1).

Τὰ ὑπὸ τοῦ πομποῦ ἐκπεμπόμενα ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα διεγείρουν τὸν δέκτην, ὁ ὁποῖος κατορθώνει νὰ διαχωρίσῃ ἐκ τοῦ φέροντος κύματος τὴν ταλάντωσιν, ἣ ὅποια τὸ διεμόρφωσε καὶ νὰ τὴν μετατρέψῃ εἰς ηλεκτρικὸν ρεῖμα τῆς αὐτῆς, ἀκριβῶς, μορφῆς (**φώρασις**). Τὸ ρεῖμα τοῦτο, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ, διαβιβάζεται διὰ μεγάφωνον καί, οὕτω, ἀναπαράγεται ὁ ἦχος, ὁ ὁποῖος διήγειρε τὸ μικρόφωνον τοῦ πομποῦ.

Τὰ διάφορα στάδια, διὰ τῶν ὁποίων διέρχεται ὁ ἦχος ἀπὸ τῆς στιγμῆς, κατὰ τὴν ὁποίαν θὰ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ μικροφώνου, μέχρις ὅτου ἀναπαράχῃ εἰς τὸ μεγάφωνον, παρίστανται, συμβολικῶς, εἰς τὸ σχῆμα 359:



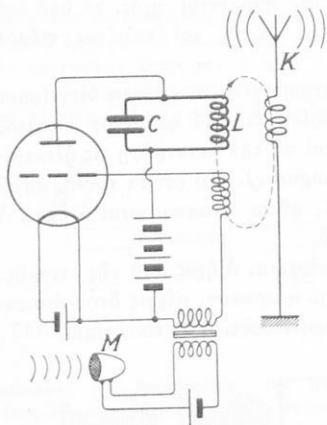
Σχ. 359. Συμβολικὴ παράστασις τῆς δι' ἀσυρμάτων διαδόσεως τῶν ἡχων.

Παρατηροῦμεν ὅτι τὸ διαμορφωμένον κῆμα παράγεται δι' ἐπιδράσεως τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος ἐπὶ τοῦ φέροντος κύματος. Τὸ κῆμα τοῦτο ἐκπέμπεται εἰς τὸν ὡρὸν ὑπὸ τῆς κεραίας τοῦ πομποῦ. Ἐν συνεχείᾳ, προσπίπτει ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου καὶ διεγείρει αὐτὴν εἰς ταλαντώσεις. Ἡ κεραία διεγείρει, ἀκολούθως, τὸ κύκλωμα Thomson τοῦ δέκτου, ἣ δὲ τάσις, ἣ ἀναπτυσσομένη εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτοῦ, ἔχει τὴν αὐτὴν μορφήν, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ ὑπὸ τοῦ πομποῦ ἐκπεμπόμενον διαμορφωμένον κῆμα. Ἡ τάσις αὕτη, κατόπιν τῆς φώρασεως, λαμβάνει τὴν μορφήν, τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ μικροφωνικὸν ρεῖμα καί, ἐν συνεχείᾳ, διεγείρει τὸ μεγάφωνον, τὸ ὁποῖον καὶ ἀναπαράγει τὸν ἦχον.

§ 295. Πομπές. Κύριον μέρος τοῦ πομποῦ εἶναι ἓν κύκλωμα Thomson L, C (σχ. 360), τὸ ὁποῖον, τῇ βοηθείᾳ τριόδου ηλεκτρονικῆς λυχνίας, ἐκτελεῖ ἀμειώτους ταλαντώσεις (βλ. § 278). Αἱ ταλαντώσεις αὗται διεγείρουν ἓν παλλόμενον ηλεκτρικὸν δίπολον — τὴν **κεραίαν** K τοῦ πομποῦ — τὸ ὁποῖον καὶ ἐκπέμπει εἰς τὸν ὡρὸν ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα μεγάλης συχνότητος (*), ἴσης, ἀκριβῶς, πρὸς τὴν ἰδιοσυ-

(*) Ἡ συχνότης, π.χ., τοῦ ραδιοφωνικοῦ σταθμοῦ Ἀθηνῶν εἶναι 728 kc/sec.

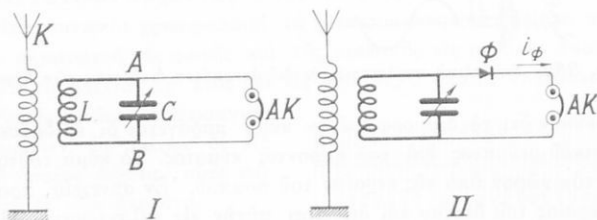
χνότητα του κυκλώματος Thomson. Το κύμα αυτό έχει σταθερόν πλάτος και είναι, ακριβώς, το φέρον κύμα του πομπού. Διά να μεταδώσωμεν, τώρα, ένα ήχον διά του πομπού, επιδρώμεν ἐπ' αὐτοῦ καταλλήλως διά του μικροφωνικοῦ ρεύματος τοῦ μικροφώνου M , ὁπότε τὸ πλάτος τοῦ ἐκπεμπόμενου κύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς· τὸ κύμα, δηλαδή, είναι, τώρα, διαμορφωμένον.



Σχ. 360. Πομπὸς ἀσφραγίστων (ἀρχή).

ρεύμα, τοῦ ὁποίου ἡ συχνότης εἶναι, ἀκριβῶς, ἴση πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ προσπίπτοντος κύματος. Ἐπειδὴ ἡ κεραία εἶναι ἐπαγωγικῶς συνεξευγμένη μετὰ τὸ κύκλωμα Thomson L, C , τὸ κύκλωμα τοῦτο θ' ἀρχίσῃ νὰ πάλαιται, ὁπότε εἰς τὰ ἄκρα

§ 296. Δέκτης με κρυσταλλικὸν φωρατὴν (**). Τὸ σχῆμα 361 παριστᾷ τὸν ἀπλούστερον ραδιοφωνικὸν δέκτην. Ἀριστερά παρατηροῦμεν τὴν κεραίαν K τοῦ δέκτου, ἡ ὁποία εἶναι, κατ' ἀρχήν, ἐν σύρμα συνεξευγμένον ἐπαγωγικῶς μετὰ τὸ πηνίον L ἐνὸς κυκλώματος Thomson. Τὸ ὑπό τινος ραδιοφωνικοῦ πομποῦ ἐκπεμπόμενον ἡλεκτρομαγνητικὸν κύμα προσπίπτει ἐπὶ τῆς κεραίας, τὸ δὲ ἡλεκτρικὸν πεδίου τοῦ κύματος προκαλεῖ ἐντὸς αὐτῆς ἐναλλασσόμενον



Σχ. 361. Διὰ νὰ γίνῃ ἀκουστός ὁ ἦχος πρέπει νὰ χρησιμοποιηθῇ ὁ φωρατὴς Φ .

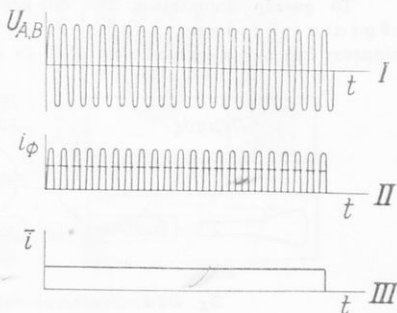
A, B τοῦ πυκνωτοῦ θὰ ἐμφανισθῇ μία ἐναλλασσόμενη τάσις τῆς αὐτῆς συχνότητος. Διὰ τοῦ μεταβλητοῦ πυκνωτοῦ C συντονίζομεν τὸ κύκλωμα L, C τοῦ δέκτου, δηλ., ἐπιτυγχάνομεν ὥστε ἡ ἰδιοσυχνότης τοῦ κυκλώματος τούτου νὰ γίνῃ ἴση πρὸς τὴν συχνότητα τοῦ πομποῦ· ὁπότε, ὡς γνωστόν, τὸ πλάτος τῆς τάσεως εἰς τὰ σημεία A, B γίνεται μέγιστον. Ἐάν, τώρα, εἰς τὰ σημεία ταῦτα A, B συνδέσωμεν τὰ ἀκουστικὰ AK , θὰ διαρρέωνται μὲν ὑπὸ ἐναλλασσόμενου ρεύματος, ἀλλὰ δὲν θὰ παραχθῇ ἦχος, διότι ἡ ἀδράνεια τῆς πλακὸς τῶν ἀκουστικῶν δὲν τῆς ἐπιτρέπει νὰ ταλαντοῦται μετὰ τόσοσιν μεγάλην συχνότητα, ὡς ἐκ τούτου παραμένει ἀκίνητος καὶ, συνεπῶς, δὲν παράγει ἦχον. Διὰ νὰ λειτουργήσουν, λοιπόν, τ' ἀκουστικὰ, πρέπει νὰ

(**) Ἡ κατανόησις τῆς λειτουργίας τοῦ ραδιοφώνου μετὰ ἡλεκτρονικὰς λυχνίας παρουσιάζει σημαντικὰς δυσχερείας καὶ ἐκφεύγει τοῦ πλαισίου τοῦ ἀνά χειρὸς βιβλίου.

διαχωρίσωμεν ἐκ τοῦ διαμορφωμένου κύματος, τὸ ἀρχικὸν σῆμα, διὰ τοῦ ὁποίου ἐγένεν ἡ διαμόρφωσις. Ὁ διαχωρισμὸς οὗτος — ὁ ὁποῖος, ὡς εἶδομεν καὶ ἀνωτέρω, καλεῖται *φώρασις* — ἐπιτυγχάνεται, ἐὰν μεταξὺ τοῦ κυκλώματος Thomson καὶ τῶν ἀκουστικῶν παρεμβάλωμεν τὸν *φωρατὴν* Φ (σχ. 361, II) — δηλ., ξηρὸν ἀνορθωτήν, ὁ ὁποῖος ἀνορθώνει τὸ ρεῦμα, τὸ διερχόμενον διὰ τῶν ἀκουστικῶν.

Διὰ τὸ κατανοήσωμεν τὸ φαινόμενον τῆς φώρασεως, θὰ ἐξετάσωμεν τὰς ἐξῆς περιπτώσεις: α) ὅταν τὸ προσπίπτον ἐπὶ τῆς κεφαλῆς κύμα δὲν εἶναι διαμορφωμένον καὶ β) ὅταν τὸ κύμα εἶναι διαμορφωμένον.

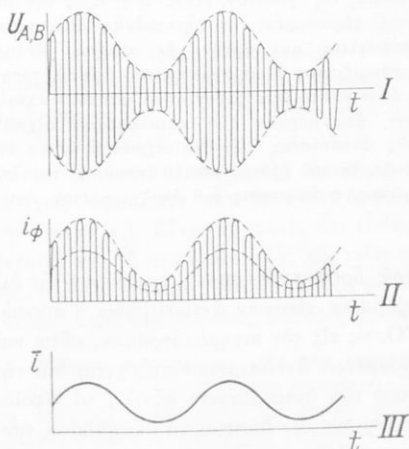
α) Ὅταν τὸ προσπίπτον κύμα δὲν εἶναι διαμορφωμένον, ἡ ταλάντωσις τοῦ κυκλώματος Thomson διατηρεῖ — ὅπως καὶ ἀνωτέρω εἴπομεν — σταθερὸν πλάτος καὶ ἡ τάσις $U_{A,B}$ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτοῦ θὰ παρίσταται γραφικῶς ὑπὸ τοῦ διαγράμματος τοῦ σχήματος 362, I. Ἡ τάσις αὕτη θὰ προεκάλεῖ εἰς τ ἀκουσικὰ ρεῦμα τῆς αὐτῆς μορφῆς, ἂν δὲν ὑπῆρχεν ὁ φωρατὴς. Λόγῳ, ὅμως, τῆς παρενθέσεως τοῦ φωρατοῦ (ὁ ὁποῖος, ὡς εἴπομεν, ἔχει τὴν ἰδιότητα ν' ἀνορθώῃ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα), τὸ δι' αὐτοῦ διερχόμενον ρεῦμα i_ϕ θὰ εἶναι ἡμιανορθωμένον



Σχ. 362. Ὅταν τὸ κύμα δὲν εἶναι διαμορφωμένον (I), τὸ διὰ τοῦ ἀκουστικοῦ, μετὰ τὴν φώρασιν (II), διερχόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι σταθερὸν (III).

ἡμιανορθωμένον (σχ. 362, II). Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ μέση τιμὴ $\bar{i}$ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τούτου εἶναι σταθερά (III), συνεπῶς, διὰ τῶν ἀκουστικῶν θὰ διέρχεται ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως καί, ὡς ἐκ τούτου, ἡ πλάξ δὲν θὰ πάλεται καὶ οὐδεὶς ἤχος θὰ παράγεται. Συμπέρασμα: Τὰ μὴ διαμορφωμένα κύματα δὲν παράγουν ἤχον.

β) Ἐὰν τὸ προσπίπτον κύμα εἶναι διαμορφωμένον (σχ. 363, I), τὸ ρεῦμα i_ϕ , τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ φωρατοῦ, θὰ εἶναι μὲν ἡμιανορθωμένον, ἀλλὰ δὲν θὰ ἔχῃ σταθερὸν πλάτος (II). Ὡς ἐκ τούτου, ἡ μέση τιμὴ $\bar{i}$ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τούτου δὲν θὰ εἶναι σταθερά, ἀλλὰ θὰ μεταβάλλεται (III), ὅπως δὲ παρατηροῦμεν, ἔχει τὴν αὐτήν, ἀκριβῶς, μορφήν, τὴν ὅτιαν ἔχει τὸ μικροφωνικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διεμόρφωσε τὸ φέρον κύμα. Τὸ ρεῦμα τοῦτο, διερχό-



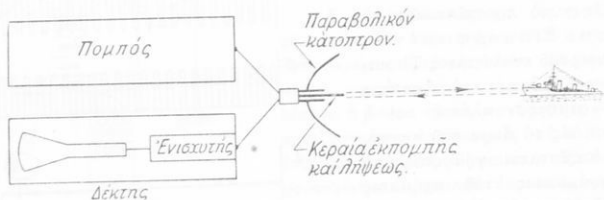
Σχ. 363. Ὅταν τὸ κύμα εἶναι διαμορφωμένον (I), τὸ διὰ τοῦ ἀκουστικοῦ, μετὰ τὴν φώρασιν (II), διερχόμενον ρεῦμα ἔχει τὴν μορφήν τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος (III).

μικροφωνικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διεμόρφωσε τὸ φέρον κύμα. Τὸ ρεῦμα τοῦτο, διερχό-

μενον διὰ τῶν ἀκουστικῶν, ἀναπαράγει τὸν ἦχον, διὰ τοῦ ὁποίου εἶχε διαμορφωθῇ τὸ φέρον κύμα,

§ 297. **Ραδιοεντοπιστὴς (Radar - ραντάρ).** Εἶναι συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας δυνάμεθα, τῇ βοηθείᾳ ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων (*), νὰ ἐντοπισώμεν καί, εἰς ὠριμένες περιπτώσεις, νὰ παρατηρήσωμεν διάφορα ἀντικείμενα.

Τὸ ραντάρ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο μέρη - τὸν πομπὸν καὶ τὸν δέκτην. Διὰ τὴν εὐρεσιν τῆς ἀποστάσεως, εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται ἓν ἀντικείμενον, ἐκπέμπεται ὑπὸ τοῦ πομποῦ (σχ. 364) ἓν σῆμα βραχείας διαρκείας, τὸ ὁποῖον,



Σχ. 364. Συμβολικὴ παράστασις τοῦ ραντάρ.

ἀφοῦ ἀνακλασθῇ ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου, τοῦ ὁποίου τὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πομποῦ πρόκειται νὰ μετρήσωμεν, ἐπιστρέφει καὶ προσπίπτει ἐπὶ τοῦ δέκτη. Μετροῦντες τὸν χρόνον, τὸν παρερχόμενον ἀπὸ τῆς ἐκπομπῆς τοῦ σήματος μέχρι τῆς στιγμῆς τῆς ἐπιστροφῆς τῶν ἀνακλασθέντων κυμάτων καὶ γνωρίζοντες τὴν ταχύτητα διαδόσεως αὐτῶν (ἡ ὁποία, ὡς γνωστὸν, εἶναι ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός), εὐρίσκομεν τὴν ζητούμενην ἀπόστασιν.

Σχ. 365. Ἡ πρώτη αἰχμὴ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ ἐκπεμπόμενον κύμα καὶ ἡ δευτέρα εἰς τὸ ἐπιστρέφον.

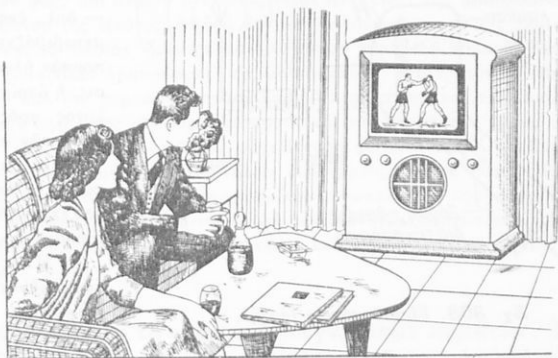


Ὁ δέκτης ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ σωλῆνος Braun (§ 274), ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοῦ ὁποίου, τόσον τὸ ἐκπεμπόμενον, ὅσον καὶ τὸ ἐπιστρέφον σῆμα ἀφήνουν καταλήλως τὰ ἴχνη των, ὑπὸ μορφὴν δύο κατακορύφων αἰχμῶν (σχ. 365). Ἐκ τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο αἰχμῶν (ἡ ὁποία θὰ ἐξαρτᾶται, προφανῶς, ἐκ τοῦ χρόνου μεταξὺ ἐκπομπῆς καὶ λήψεως), παρέχεται, ἀπ' εὐθείας, ἐπὶ κλίμακος, ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀναζητουμένου ἀντικειμένου.

§ 298. **Τηλεόρασις.** Διὰ τοῦ ὅρου **τηλεόρασις** ἐννοοῦμεν τὴν δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μεταβίβασιν εἰκόνων ἀντικειμένων ἢ προσώπων, εὐρισκομένων ἐν κινήσει. Ὅπως εἰς τὸν κινηματογράφον, οὕτω καὶ εἰς τὴν τηλεόρασιν ἡ ἐντύπωσις κινουμένων ἀντικειμένων παρέχεται διὰ τῆς ταχείας διαδοχῆς πολλῶν ἀπεικονίσεων τῶν ἀντικειμένων αὐτῶν, αἱ ὁποῖαι ἐλάχιστα διαφέρουν μεταξὺ των. Ὁ πομπὸς δὲν δύναται νὰ μεταβιβάσῃ ταυτοχρόνως ὅλην τὴν εἰκόνα, ἀλλὰ μεταβιβάζει μικρὰ τμήματα ταύτης, τὸ ἐν κατόπιν τοῦ ἄλλου, δι' ὠρισμένου συστήματος «ἀναλύσεως» τῆς εἰκόνης,

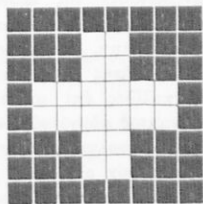
(*) Τὰ χρησιμοποιούμενα εἰς τὸ ραντάρ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἔχουν πολὺ μικρὸν μῆκος κύματος (μικρότερον τοῦ 1 m) καὶ καλοῦνται **μικροκύματα** (βλ. § 301).

ἐνῶ ὁ δέκτης (σχ. 366) ἀνασυνθέτει τὰ τμήματα εἰς ἓν σύνολον, ὅμοιον, ἀκριβῶς, πρὸς τὸ ἀρχικόν.



Σχ. 366. Δέκτης τηλεόρασις.

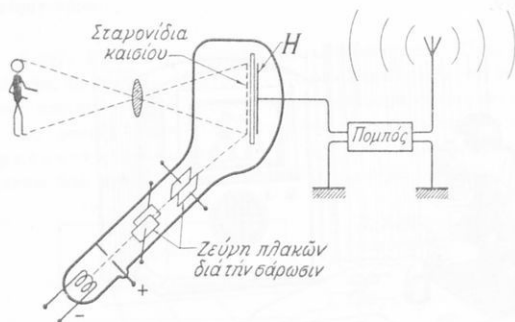
Διὰ νὰ κατανοήσωμεν τὴν βασικὴν ἰδέαν τῆς ἀναλύσεως τῆς εἰκόνος, ἄς ἐξετάσωμεν τὸ ἑξῆς παράδειγμα: Ὑποθέσωμεν ὅτι ἔχομεν ἓν ἀπλοῦν μωσαϊκόν, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ λευκῶν καὶ μελανῶν πλακῶν καὶ τὸ ὁποῖον παριστᾷ, π.χ., ἓνα σταυρὸν (σχ. 367), θέλομεν δὲ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ αὐτὸ μωσαϊκόν εἰς ἄλλην πόλιν δι' ὁδηγιῶν, αἱ ὁποῖαι θὰ δοθοῦν τηλεφωνικῶς. Πρὸς τοῦτο ἡ ἐργασία θὰ γίνῃ ὡς ἑξῆς: Συμφωνοῦμεν ν' ἀρχίσῃ ἡ κατασκευὴ ἐκ τῆς ἂνω ἀριστερᾶς γωνίας. Αἱ ὁδηγίαι θὰ ἔχουν ὡς ἑξῆς: Πρώτῃ σειρᾷ, πρώτη πλάξ μαύρη. Δευτέρᾳ πλάξ μαύρη κ.ο.κ. μέχρι τῆς ὁγδόης, ὁπότε θὰ ἔχῃ κατασκευασθῇ ἡ πρώτη λωρίδα. Ἐν συνεχείᾳ ἀρχίζομεν τὴν δευτέραν λωρίδα, κατόπιν τὴν τρίτην κ.λ. Εἶναι προφανές ὅτι εὐθὺς ὡς τοποθετηθῇ καὶ ἡ τελευταία πλάξ τῆς τελευταίας λωρίδος, ἡ εἰκὼν θὰ εἶναι, ἐντελῶς, ὁμοία μὲ τὴν πρωτότυπον. Ἀνάλογος, ἀκριβῶς, μέθοδος χρησιμοποιεῖται καὶ εἰς τὴν τηλεόρασιν.



Σχ. 367. Ἀνάλυσις εἰκόνος (ἀρχή).

Πομπὸς τηλεόρασις. Ἐκ τῶν διαφόρων συστημάτων ἐκπομπῆς ἀναφέρομεν τὸ εἰκονοσκόπιον τοῦ Zworykin (Ζβορύκιν). Τοῦτο εἶναι, κατ' ἀρχὴν, σωλὴν Braun (σχ. 368), εἰς τὸ ἐσωτερικόν τοῦ ὁποίου ὑπάρχει λεπτὴ μονωτικὴ πλάξ, ἐπὶ τῆς ἔμπροσθεν ἐπιφανείας τῆς ὁποίας εὐρίσκεται κατανεμημένος μέγας ἀριθμὸς σταγονιδίων ἐκ τοῦ μετάλλου καισίου καὶ ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀπεικονίζεται, διὰ φακοῦ, ὁλόκληρον τὸ πρὸς ἐκπομπὴν ἀντικείμενον. Ἐκαστον σταγονίδιον ἀποτελεῖ μικρὸν φωτοκύτταρον, τὸ ὁποῖον, ὅταν φωτίζεται, ἐκπέμπει ἤλεκτρόνια καί, οὕτω, φορτίζεται ἤλεκτρικῶς μὲ φορτίον, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀνάλογον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτοντος φωτός. Ἡ ἄλλη ἐπιφάνεια τῆς μονωτικῆς πλακὸς καλύπτεται δι' ἐνὸς ἤλεκτροδίου II, τὸ ὁποῖον, οὕτω, ἀποτελεῖ μὲ ἕκαστον ἐκ τῶν σταγονιδίων μικροσκοπι-

κόν πυκνωτήν. Τὸ ἡλεκτρόδιον τοῦτο εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν πομπόν. Ἐὰν ἔν

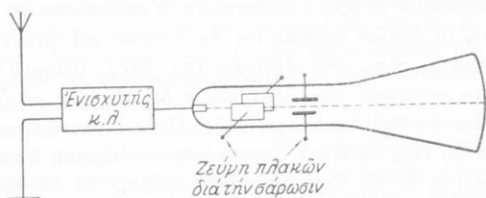


Σχ. 368. Εἰκονοσκόπιον (ἀρχή).

λεκτρονίων, ἡ ὁποία, διὰ καταλλήλου συστήματος, κινεῖται οὕτως ὥστε νὰ διερευνᾷ, διαδοχικῶς, ὅλην τὴν εἰκόνα (ἀνάλυσις τῆς εἰκόνης).

Δέκτης τηλεοράσεως. Οὗτος ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ σωλήνος Braun (σχ. 369), ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τοῦ ὁποίου ἐμφανίζεται ἡ ὑπὸ τοῦ πομποῦ

ἐκπεμφθεῖσα εἰκὼν. Τὰ ἐπὶ τῆς κεραίας τοῦ δέκτου προσπίπτοντα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ρυθμίζουν τὴν ἔντασιν τῆς δέσμης τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ σωλήνος Braun, οὕτως ὥστε ἡ λαμπρότης τῆς φωτεινῆς κηλίδος ἐπὶ τοῦ διαφράγματος αὐτοῦ νὰ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον

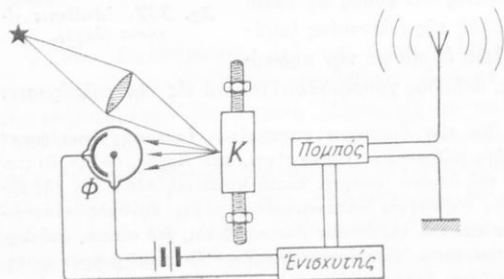


Σχ. 369. Δέκτης τηλεοράσεως (ἀρχή).

μεγαλύτερον εἶναι τὸ πλάτος τοῦ κύματος.

Διὰ τὴν πιστὴν ἀπόδοσιν τῆς εἰκόνης, πρέπει ἡ σάρωσις εἰς τὸν δέκτην νὰ γί-

νεται ἐν ἀπολύτῳ συγχρονισμῷ μὲ τὴν σάρωσιν εἰς τὸν πομπόν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ καταλλήλου ἡλεκτρονικῆς διατάξεως.



Σχ. 370. Πομπὸς τηλεφωτογραφίας (ἀρχή).

τογραφία προσαρμόζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἐνὸς κυλίνδρου *K* (σχ. 370), ὁ ὁποῖος

§ 299. Τηλεφωτογραφία. Διὰ τοῦ ὅρου τούτου ἐννοοῦμεν τὴν δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων μετάδοσιν εἰκόνων, ἀποτυπωμένων ἐπὶ φωτογραφίας.

Διὰ τὴν ἐκπομπὴν τῆς εἰκόνης, ἡ φω-

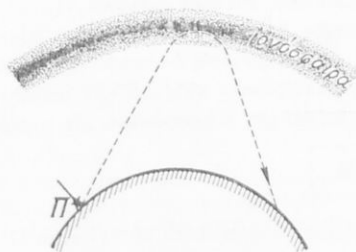
περιστρέφεται ὁμαλῶς, ἐνῶ, ταυτοχρόνως, προσωθείται βραδέως. Ἡ φωτογραφία φωτίζεται διὰ συγκλινούσης φωτεινῆς δέσμης, ἡ ὁποία ἀνακλᾶται ἐπὶ τῆς εἰκόνης. Τὸ ἀνακλῶμενον φῶς, τοῦ ὁποίου ἡ ἔντασις εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀμαυρώσεως τοῦ φωτιζομένου σημείου τῆς εἰκόνης, ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου Ψ καὶ δημιουργεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, τὸ ὁποῖον διαμορφώνει τὸ φέρον κύμα τοῦ πομποῦ. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, αἱ μεταβολαὶ ἀμαυρώσεως τῆς φωτογραφίας μετατρέπονται εἰς μεταβολὰς πλάτους τοῦ ὑπὸ τοῦ πομποῦ ἐκπεμπομένου ἡλεκτρομαγνητικοῦ κύματος.

Διὰ τὴν λήψιν τῆς εἰκόνης, προσαρμόζεται ἐπὶ ὁμοίῳ κυλίνδρῳ φωτογραφικὴ ταινία, ἐπὶ τῆς ὁποίας προσπίπτει συγκλινούσα φωτεινὴ δέσμη. Ἡ ἔντασις τῆς δέσμης ταύτης ρυθμίζεται, διὰ καταλλήλου συστήματος, οὕτως ὥστε, ἀναλόγως τοῦ πλάτους τοῦ προσπίπτοντος διαμορφωμένου κύματος, νὰ προκαλεῖται ἀντίστοιχος ἀμαυρώσις τῆς φωτογραφικῆς ταινίας. Διὰ τὴν πιστὴν μετάδοσιν τῆς εἰκόνης, πρέπει ἡ κίνησις τῶν δύο κυλίνδρων τοῦ πομποῦ καὶ τοῦ δέκτου νὰ γίνεται ἐν ἀπολύτῳ συγχρονισμῷ.

§ 300. Διάδοσις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπει ὁ πομπὸς Π (σχ. 371), δὲν διαδίδονται εὐθυγράμμως, ἀλλ' ἀκολουθοῦν τὴν καμπυλότητα τῆς Γῆς καί, οὕτω, φθάνουν εἰς τὸν δέκτην Δ . Τὰ κύματα ταῦτα, τὰ διαδιδόμενα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, καλοῦνται **κύματα ἐπιφανείας**. Ὅσον τὸ κύμα ἐπιφανείας ἀπομακρύνεται τοῦ πομποῦ, τόσον ἡ ἔντασις του ἐλαττωταί, ὥστε, εἰς πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις, νὰ ἔχη ἐξασθενήσει ἔντελως. Ἡ ραδιοφωνικὴ ἐπικοινωνία γίνεται ὄχι μόνον διὰ τῶν κυμάτων ἐπιφανείας, ἀλλὰ καὶ διὰ τῶν **κυμάτων χώρου**. Τὰ κύματα ταῦτα ἀποτελοῦνται ἐκ τῆς πρὸς τὰ ἄνω ἐκπεμπομένης ἀκτινοβολίας, ἡ ὁποία, ἀφοῦ φθάσῃ εἰς ὕψος, περίπου, 100 km, ἀνακλᾶται ἐφ' ἐνὸς ἀγωγίμου στρώματος τῆς ἀτμοσφαίρας, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ιονόσφαιρα** (σχ. 372). Ἡ ὀνομασία προέρχεται ἐκ τοῦ μεγάλου πλῆθους τῶν ιόντων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐντὸς αὐτῆς. Ὁ ιονισμὸς οὗτος προκαλεῖται ὑπὸ τῆς υπεριώδους ἀκτινοβολίας καὶ τῶν ἡλεκτρονίων, τῶν ἐκπεπομένων ὑπὸ τοῦ Ἠλίου. Τὰ κύματα χώρου, ἀνακλῶμενα ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας, ἐπιστρέφουν πρὸς τὸ ἔδαφος καὶ φθά-



Σχ. 371. Διάδοσις ἡλεκτρομαγνητικοῦ κύματος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς.



Σχ. 372. Ἀνάκλασις τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπὶ τῆς ιονοσφαίρας.

νουν εἰς πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις, χωρὶς ἡ ἔντασις των νὰ ἔχη ἐλαττωθῇ

τόσον, ὅσον ἢ τῶν κυμάτων ἐπιφανείας. Διὰ κυμάτων χώρου διαδίδονται, κυρίως, τὰ βραχέα ραδιοφωνικὰ κύματα (μῆκος κύματος 10 ἕως 200 m).

§ 301. Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, χρησιμοποιούμενα εἰς τὴν τηλεπικοινωνίαν. Ἡ τηλεπικοινωνία χρησιμοποιεῖ τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ παλλομένων ἠλεκτρικῶν διπόλων (κεραῖαι), διεγερτομένων καταλλήλως, ὑπὸ τῶν πομπῶν (*). Τὰ κύματα ταῦτα, ἀναλόγως τοῦ μήκους κύματος, ὑποδιαιροῦνται εἰς τὰς ἑξῆς κατηγορίας:

1) *Μακρὰ κύματα* ($\lambda > 600$ m). Ἡ ἀπορρόφησης τῶν κυμάτων αὐτῶν εἶναι τόσον μικρά, ὥστε νὰ δύνανται νὰ διαδίδονται εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν.

2) *Μεσαῖα κύματα* ($\lambda = 600$ m $\div$ 200 m). Τὰ κύματα ταῦτα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν, κυρίως διὰ τὴν μετάδοσιν τῶν ραδιοφωνικῶν προγραμμάτων εἰς μικράς, σχετικῶς, ἀποστάσεις, π.χ., ἐντὸς μιᾶς ἐπικρατείας.

3) *Βραχέα κύματα* ($\lambda = 200$ m $\div$ 10 m). Εἰς τὰ βραχέα κύματα, τὰ κύματα ἐπιφανείας ἀπορροφῶνται ἰσχυρῶς, ὥστε οὐδεμίαν πρακτικὴν σημασίαν νὰ ἔχουν. Ἀντιθέτως, τὰ κύματα χώρου διαδίδονται, σχεδόν, ἀνευ ἀπορροφῆσεως, διότι ὑφιστάμενα διαδοχικὰς ἀνακλάσεις ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας, δὲν ἐξέρχονται εἰς τὸν ἔξω χῶρον. Οὕτω, τὰ βραχέα κύματα διαδίδονται εἰς πολὺ μεγάλας ἀποστάσεις. Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ραδιοφωνίαν διὰ προγράμματα, προοριζόμενα, κυρίως, δι' ἄλλας ἡπείρους.

4) *Ὑπερβραχέα κύματα* ($\lambda < 10$ m). Τὰ κύματα ταῦτα δὲν ἀνακλῶνται ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας καί, συνεπῶς, ἡ διάδοσις αὐτῶν γίνεται, ἀποκλειστικῶς, διὰ κυμάτων ἐπιφανείας. Τὰ ὑπερβραχέα κύματα διαδίδονται, σχεδόν, εὐθυγράμμως, ὁμοιάζουν, λοιπόν, ὡς πρὸς τοῦτο μὲ τὰ φωτεινὰ κύματα. Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν τηλεόρασιν.

5) *Μικροκύματα* ($\lambda = 1$ m $\div$ 0,1 cm). Διαδίδονται εὐθυγράμμως, ὅπως καὶ τὸ φῶς. Κύματα τοιαύτης συχνότητος χρησιμοποιοῦνται ἐν Ἑλλάδι διὰ τὴν τηλεφωνικὴν σύνδεσιν μεταξὺ τῶν κυριωτέρων πόλεων. Ἐπειδὴ τὰ μικροκύματα διαδίδονται εὐθυγράμμως, παρεμβάλλονται, ἀναγκαστικῶς, ἐνδιάμεσοι σταθμοὶ ἀναμεταδόσεως· συνήθως ἐπὶ τῶν κορυφῶν ὄρεων. Τὰ μικροκύματα χρησιμοποιοῦνται, ἐπίσης, εἰς τὸ ραντάρ (§ 297).

(*) Τὰ κύματα ταῦτα καλοῦνται, ἐνίοτε, καὶ *ἐρροιστὰ κύματα* (ἐκ τοῦ ὀνόματος τοῦ Hertz). Τὸ ὄνομα τοῦ Hertz φέρει καὶ ὁρισμένου τύπου κεραία, ἡ ὁποία καλεῖται *κεραία* ἢ *δίπολος* τοῦ Hertz καὶ ὄχι *διεγέρτης* τοῦ Hertz, ὅπως, κακῶς, ἀναφέρεται εἰς τινὰ βιβλία.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟΝ

ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Ι. ΑΤΟΜΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΚΘ'

ΦΩΤΟΝΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΑ

§ 302. **Θεωρία τῶν κβάντων.** Ὅλα τὰ μέχρι τοῦδε περιγραφέντα φαινόμενα εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Ὀπτικῆς ἐξηγοῦνται διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ μορφὴν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ἐν τούτοις, διὰ νὰ ἐξηγήσωμεν ὠρισμένα ἄλλα φαινόμενα — ὅπως τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον (βλ. κατωτέρω) κ.λ. — πρέπει νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι ἡ ὑπὸ μορφὴν ἀκτινοβολίας ἐκπεμπομένη ἐνέργεια δὲν διαδίδεται κατὰ συνεχῆ τρόπον, ἀλλὰ κατὰ διακεκριμένα στοιχειώδη ποσὰ ἐνεργείας, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **κβάντα φωτός** (*) ἢ **φωτόνια**. Συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν ταύτην — ἡ ὁποία καλεῖται **θεωρία τῶν κβάντων** —, ἡ ἐνέργεια μιᾶς φωτεινῆς δέσμης διαδίδεται ὑπὸ μορφὴν μεγάλου ἀριθμοῦ «βλημάτων ἐνεργείας» — τῶν φωτονίων — ἕκαστον τῶν ὁποίων περιέχει ὠρισμένην ἐνέργειαν. Ἐπομένως, ἡ ὀλικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία διαδίδεται ὑπὸ τῆς δέσμης, θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἐνεργειῶν ὅλων τῶν φωτονίων, τῶν ἀποτελούντων ταύτην. Ἡ ταχύτης, μὲ τὴν ὁποίαν κινοῦνται τὰ φωτόνια, εἶναι, ἀκριβῶς, ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα τοῦ φωτός.

Ἡ ἐνέργεια ἑκάστου φωτονίου ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς συχνότητος τῆς ἀκτινοβολίας· ὅσον μεγαλυτέρα ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας, τόσον μεγαλυτέραν ἐνέργειαν ἔχουν τὰ φωτόνια αὐτῆς. Κατὰ τὸν Planck (Πλάνκ), ὁ ὁποῖος διέτύπωσε τὴν θεωρίαν τῶν κβάντων, ἡ ἐνέργεια E ἐνὸς φωτονίου εἶναι ἀνάλογος τῆς συχνότητος ν τῆς ἀκτινοβολίας. Ὅτοι εἶναι

$$E = h \cdot \nu \quad (1)$$

Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας h καλεῖται **σταθερὰ δράσεως τοῦ Planck** (**).

Κατὰ τὸν τύπον (1), μία μονοχρωματικὴ δέσμη φωτός, συχνότητος ν ,

(*) Ἐκ τοῦ λατινικοῦ quantum (ποσότης).

(**) Ἡ τιμὴ τῆς σταθερᾶς ταύτης εἶναι ἴση πρὸς $6,6 \cdot 10^{-27}$ erg·sec.

πρέπει να θεωρηθεί ως αποτελούμενη εκ μεγάλου αριθμού φωτονίων, εκαστον των οποίων έχει ενέργειαν, ίσην πρὸς $h \cdot \nu$. Μία φωτεινὴ πηγὴ, δηλαδή, πρέπει να θεωρηθεί ὅτι εκπέμπει μέγαν ἀριθμὸν φωτονίων. Ἐὰν αὐξηθῇ ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς τῆς πηγῆς (χωρὶς να μεταβληθῇ ἡ συχνότης), ἡ ἐνέργεια ἐνὸς ἐκάστου φωτονίου δὲν μεταβάλλεται, ἀλλ', ἀπλῶς, αὐξάνεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀνά μονάδα χρόνου ἐκπεμπομένων φωτονίων.

Ἡ ἐξίσωσις (1) ἐξηγεῖ πολλὰ φαινόμενα, τὰ ὅποια περιεγράφησαν εἰς τὰς §§ 91, 97, 98. Οὕτω, αἱ ἰώδεις ἀκτίνες προκαλοῦν ὠρισμένας χημικὰς ἀντιδράσεις, τὰς ὁποίας δὲν κατορθώνουν να προκαλέσουν αἱ ἐρυθραί. Παράδειγμα ἔχομεν τὴν ἀμαύρωσιν τῶν φωτογραφικῶν πλακῶν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὰ φωτόνια τῆς ἰώδους ἀκτινοβολίας ἔχουν μεγάλην ἐνέργειαν (διότι ἔχουν μεγάλην συχνότητα), ἡ ὁποία εἶναι ἐπαρκὴς διὰ να προκαλῇ ἡ ἀντίδρασις, ἐνῶ ἡ ἐνέργεια τῶν φωτονίων τῶν ἐρυθρῶν ἀκτίνων (λόγω τῆς μικροτέρας συχνότητος αὐτῶν) εἶναι ἀνεπαρκὴς πρὸς τοῦτο.

§ 303. Ἐξήγησις τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου. Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, τὸ ὁποῖον περιεγράψαμεν εἰς τὴν § 268 καὶ τὸ ὁποῖον συνίσταται εἰς τὴν ἐκπομπὴν ἠλεκτρονίων ἐκ τῶν μετάλλων, ὅταν ἐπ' αὐτῶν προσπίπτῃ φῶς, ἐξηγεῖται, διὰ τῆς θεωρίας τῶν κβάντων, ὡς ἐξῆς: Διὰ να ἐξέλθῃ ἐν ἠλεκτρονίον ἐκ τοῦ μετάλλου, πρέπει να ὑπερβικήσῃ τὰς ἐλκτικὰς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι τὸ συγκρατοῦν· χρειάζεται, δηλ., διὰ τὴν ἀπόσπασίν του ὠρισμένη ἐνέργεια. Τὴν ἐνέργειαν ταύτην, ἀκριβῶς, προσδίδει εἰς τὸ ἠλεκτρονίον $E \cdot \nu$ ἐκ τῶν φωτονίων. Εἶναι φανερὸν ὅτι, ἐὰν ἡ συχνότης ν τῆς προσπιπτούσης ἀκτινοβολίας εἶναι μικρὰ (π.χ., ὅταν φωτίζωμεν τὸ μέταλλον μὲ ὑπερέρυθρον φῶς) καὶ ἡ ἐνέργεια $h \cdot \nu$ τοῦ ἀντιστοίχου φωτονίου θὰ εἶναι μικρὰ καὶ τὸ ἠλεκτρονίον δὲν δύναται να ἐξέλθῃ ἐκ τοῦ μετάλλου. Ἐάν, ὅμως, αὐξηθῇ ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας, τότε, ἀπὸ τινος ὠρισμένης τιμῆς τῆς συχνότητος καὶ πέραν, ἡ ἐνέργεια τοῦ φωτονίου εἶναι ἐπαρκὴς διὰ να ἐξαχθῇ τὸ ἠλεκτρονίον.

Ἐπειδὴ $E \cdot \nu$ φωτόνιον ἐξάγει ἐκ τοῦ μετάλλου $E \cdot \nu$ ἠλεκτρονίον, διὰ τοῦτο ὅσον περισσότερα φωτόνια προσπίπτουν ἐπὶ τῆς καθόδου ἐνὸς φωτοκυττάρου (δηλ., ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ φωτεινὴ ροή), τόσον μεγαλύτερος θὰ εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐξερχομένων ἠλεκτρονίων καί, συνεπῶς, τόσον μεγαλύτερον τὸ ρεῦμα τοῦ φωτοκυττάρου (βλ. § 269).

§ 304. Διττὴ ὑπόστασις τῆς ἀκτινοβολίας. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τοῦ φωτοηλεκτρικοῦ φαινομένου (καθὼς καὶ πολλῶν ἄλλων) παρεδέχθημεν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ μορφὴν φωτονίων, ἐνῶ διὰ τὰ φαινόμενα τῆς Κυματικῆς Ὀπτικῆς ἐπιβάλλουν τὴν παραδοχὴν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ μορφὴν κυμάτων. Τὸ ἐκ πρώτης ὄψεως παράλογον τοῦτο αἶτημα τῆς δυνατότητος τῆς ἐκάστοτε ἐκλογῆς μεταξὺ τῆς μίας ἢ τῆς ἄλλης ἐξηγήσεως, ἀναλόγως τοῦ θεωρουμένου φαινομένου, ἐξέλιπεν, ἀφ' ὅτου ἀπεδείχθη, θεωρητικῶς, ὅτι τὸ φῶς ἔχει ταυτοχρόνως καὶ ἰδιότηας κυμάνσεως καὶ ἰδιότηας φωτονίων, ἐκ τῶν ὁποίων, ἀναλόγως τῆς περιπτώσεως, αἱ μὲν ἢ αἱ δὲ

εἶναι μᾶλλον ἐμφανεῖς. Οὕτω, εἰς τὰς μικρὰς συχνότητας (ραδιοφωνικὰ κύματα) ὑπεριοχούουν αἱ νυματικαὶ ιδιότητες, ἐνῶ εἰς τὰς μεγάλας συχνότητας, δηλ., εἰς τὸ φῶς, ἀναλόγως τοῦ πειράματος, ἄλλοτε ἐμφανίζονται αἱ μὲν καὶ ἄλλοτε αἱ δέ. Τέλος, εἰς τὰς πολλὰ ὑψηλὰ συχνότητας (ἀκτίνες Roentgen, ἀκτίνες γ) ἡ ἀκτινοβολία παρ-
ρουσιάζεται, σχεδὸν ἀποκλειστικῶς, ὑπὸ μορφῆν φωτονίων.

§ 305. Ἄτομα καὶ δομὴ αὐτῶν. Πρῶτος ὁ Δημόκριτος διετύπωσε τὴν ὑπόθεσιν ὅτι ἡ ὕλη δὲν εἶναι ἐπ' ἄπειρον διαιρετὴ, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἐκ μικροτάτων τεμαχιδίων, τὰ ὁποῖα ἐκλήθησαν **ἄτομα**. Ἡ ἅποψις αὕτη τοῦ Δημοκρίτου δὲν ἐστηρίζετο ἐπὶ παρατηρήσεων ἢ πειραματικῶν δεδομένων, ἀλλὰ προῆλθεν ἐκ φιλοσοφικῶν, μόνον, συλλογισμῶν.

Κατὰ τὸν παρελθόντα αἰῶνα ὁ Dalton (Ντάλτων) διὰ τὴν ἐξηγήσιν τοῦς νόμους τῆς Χημείας καί, γενικῶς, τὴν συμπεριφορὰν τῶν σωμάτων κατὰ τὰς διαφόρους χημικὰς ἀντιδράσεις, διετύπωσε τὴν ἀτομικὴν θεωρίαν, παραδεχθεὶς ὅτι ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἐξ ατόμων, ἢ ὑπαρξίς τῶν ὁποίων ἐπεβ-
βαιώθη ἐκ μεταγενεστέρων πειραμάτων. Παρὰ τὴν ὀνομασίαν τῶν, τὰ ἄτομα δὲν εἶναι ἄτμητα, ἀλλ' ἀποτελοῦνται, κατὰ τὸν Rutherford (Ράδερχορντ), ἐξ ἐνὸς κεντρικοῦ πυρῆνος, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφεται ὠρισμένος ἀριθμὸς ἠλεκτρονίων. Ὁ πυρὴν φέρει θετικὸν φορτίον καί, συνεπῶς, κατὰ τὸν νόμον τοῦ Coulomb, ἔλκει τὰ περιφερόμενα ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα, ὥς γνω-
στόν, φέρουν ἀρνητικὸν φορτίον. Ἡ ἑλκτικὴ αὕτη δύναμις εἶναι ἀναγκαία, διὰ τὴν δύνανται τὰ ἠλεκτρόνια νὰ κινοῦνται ἐπὶ τῶν τροχιῶν τῶν, ὅπως, ἀκριβῶς, ἀναγκαία εἶναι καὶ ἡ ἑλκτικὴ δύναμις τοῦ Ἡλίου ἐπὶ τῶν πλανη-
τῶν (δύναμις παγκοσμίας ἑλξεως), διὰ τὴν δύνανται οὗτοι νὰ κινοῦνται ἐπὶ τῶν τροχιῶν τῶν.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων, τῶν περιφερομένων περὶ τὸν πυρῆνα, ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ εἶδους τοῦ στοιχείου καὶ εἶναι χαρακτηριστικὸς αὐτοῦ. Οὕτω, περὶ τὸν πυρῆνα τοῦ ἀπλουστέρου ὕλων τῶν ατόμων — τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου (H) — περιφέρεται ἓν μόνον ἠλεκτρόνιον. Περὶ τὸν πυρῆνα τοῦ ατόμου τοῦ ἡλίου (He) περιφέρονται δύο ἠλεκτρόνια κ.ο.κ., μέχρι τοῦ ατόμου τοῦ οὐρανίου, εἰς τὸ ὁποῖον ὑπάρχουν 92 ἠλεκτρόνια.

Ἐπειδὴ, ὑπὸ συνήθεις συνθήκας, ὅλα τὰ ἄτομα εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέ-
τερα, θὰ πρέπει τὸ ἀρνητικὸν φορτίον ὅλων ὁμοῦ τῶν ἠλεκτρονίων νὰ εἶναι ἴσον καὶ ἀντίθετον μὲ τὸ (θετικὸν) φορτίον τοῦ πυρῆνος. Κατὰ ταῦτα, ἀφοῦ εἰς τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου ὑπάρχουν 92 ἠλεκτρόνια, ἕκαστον τῶν ὁποίων φέρει τὸ φορτίον — e (στοιχειῶδες ἠλεκτρικὸν φορτίον), πρέπει τὸ φορτίον τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου νὰ εἶναι ἴσον πρὸς $+92 \cdot e$. Ὁ ἀριθμὸς 92 καλεῖται **ἀτομικὸς ἀριθμὸς** τοῦ οὐρανίου.

Ἄρα, **ἀτομικὸς ἀριθμὸς** ἐνὸς στοιχείου εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν περιφερο-
μένων περὶ τὸν πυρῆνα ἠλεκτρονίων. Ταυτοχρόνως, ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς παρέχει καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν (θετικῶν) στοιχειωδῶν φορτίων τοῦ πυρῆνος.

Οὕτω, π.χ., ὁ χαλκὸς ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 29. Τοῦτο δηλοῖ δύο τινά:

α) Περί τὸν πυρῆνα τοῦ ατόμου τοῦ χαλκοῦ περιφέρονται 29 ἠλεκτρόνια (*) καὶ β) τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον τοῦ πυρῆνος τοῦ ατόμου τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἴσον πρὸς $+29 \cdot e$.

§ 306. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου - Θεωρία τοῦ Bohr (Μπόρ).

Ἐκ τῆς ἐξετάσεως τῶν φασμάτων τῶν διαφόρων στοιχείων εἶχε διαπιστωθῇ ὅτι τὸ φάσμα ἐκάστου στοιχείου ἀποτελεῖται ἐξ ὠρισμένων φασματικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι χαρακτηριστικαὶ τοῦ ἐκπέμποντος αὐτᾶς στοιχείου. Οὕτω, π.χ., εἶχεν εὐρεθῇ ὅτι τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἐξ ὠρισμένων φασματικῶν γραμμῶν μὲ ὠρισμένας συχνότητας $\nu, \nu', \nu'' \dots$ Συνεπῶς, κατὰ τὴν θεωρίαν τῶν κβάντων, ὅταν ἀέριον ὑδρογόνον, εὐρισκόμενον, π.χ., ἐντὸς σωλῆνος Geissler, ἐκπέμπῃ φῶς, τὰ ἅτομα αὐτοῦ ἐκπέμπουν φωτόνια ὠρισμένων ἐνεργειῶν $h\nu, h\nu', h\nu'' \dots$

Διὰ τὴν ἐξήγησιν, ἀκριβῶς, τοῦ φαινομένου τούτου ὁ Bohr διετύπωσε τὴν ἐξῆς θεωρίαν: «Τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου δύναται νὰ περιφέρεται μόνον ἐφ' ὠρισμένων τροχιῶν». Διὰ τὴν ἀπλούστευσιν τῶν συλλογισμῶν, τὰς τροχιάς ταύτας θεωροῦμεν κυκλικὰς. Ἐξ ὧν αὐτῶν τῶν ἐπιτρεπομένων κυκλικῶν τροχιῶν, ἡ πλησιεστέρα πρὸς τὸν πυρῆνα καλεῖται **θεμελιώδης τροχιά**. Τὸ ἠλεκτρόνιον, κινούμενον ἐπὶ τῆς τροχιάς του, ἔχει ἀφ' ἑνὸς μὲν κινητικὴν ἐνέργειαν (ἐφ' ὅσον ἔχει ταχύτητα), ἀφ' ἑτέρου δὲ δυναμικὴν ἐνέργειαν (ἐφ' ὅσον ἔλκεται ὑπὸ τοῦ πυρῆνος). Τὸ ἄθροισμα τῶν δύο αὐτῶν ἐνεργειῶν (κινητικῆς καὶ δυναμικῆς) καλοῦμεν **ὀλικὴν ἐνέργειαν** τοῦ ἠλεκτρονίου. Τὴν ἐλαχίστην ὀλικὴν ἐνέργειαν ἔχει τὸ ἠλεκτρόνιον, ὅταν κινῆται ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιάς. Ὅσον αὐξάνεται ἡ ἀκτίς τῆς τροχιάς, τόσον αὐξάνεται καὶ ἡ ἐνέργεια αὕτη. Εἰς τὴν συνήθη κατάστασιν τοῦ ατόμου, τὸ ἠλεκτρόνιον κινεῖται μονίμως ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιάς, ἔχει συνεπῶς, τὴν ἐλαχίστην ὀλικὴν ἐνέργειαν.

§ 307. Διέγερσις καὶ ἀκτινοβολία τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου.

Ὅπως εἶδομεν, τὸ ἠλεκτρόνιον τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου περιφέρεται μονίμως ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιάς του. Ἡ κίνησις τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ τῆς τροχιάς ταύτης εἶναι εὐσταθής, διότι, ὡς εἴπομεν καὶ ἀνωτέρω, ἐπ' αὐτῆς τὸ ἠλεκτρόνιον ἔχει τὴν ἐλαχίστην ὀλικὴν ἐνέργειαν E_1 (**). Ἐάν, τώρα, εἰς

(*) Τοῦτο ἰσχύει προκειμένου περὶ οὐδετέρων ατόμων χαλκοῦ. Εἰς τὸ μονοθενές (θετικὸν) ἰὸν τοῦ χαλκοῦ περιφέρονται περὶ τὸν πυρῆνα 28 ἠλεκτρόνια, καθόσον ἐν τῶν ἠλεκτρονίων ἔχει ἐκδιωχθῇ ἐκ τοῦ ατόμου. Περί τὸν πυρῆνα τοῦ διοθενούς ἰόντος τοῦ χαλκοῦ περιφέρονται 27 ἠλεκτρόνια κ.ο.κ. Εἶναι φανερόν ὅτι καὶ εἰς τὰς τρεῖς περιπτώσεις ὁ πυρῆν εἶναι ὁ αὐτός.

(**) Εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Μηχανικῆς (Τόμος Α', § 68) εἶδομεν ὅτι, ἐὰν ἀφήσωμεν μίαν σφαῖραν ἐντὸς κοιλώματος, αὕτη τελικῶς ἰσορροπεῖ, ὅταν καταλάβῃ τὸ χαμηλότερον δυνατόν σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ δυναμικὴ τῆς ἐνέργειας λαμβάνει τὴν ἐλαχίστην τιμὴν, ἐν συγκρίσει πρὸς ὅλας τὰς ἄλλας δυνατὰς θέσεις. Εἰς τὴν θέσιν

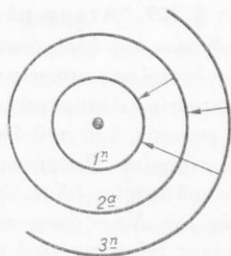
ἐν τοιοῦτῳ ἄτομον προσδοκῇ ἐπαρκὴς ἐνέργεια, εἶναι δυνατόν τὸ ἠλεκτρόνιον νὰ ἐγκαταλείψῃ τὴν θεμελιώδη τροχίαν καὶ ν' ἀρχίσῃ περιφερόμενον ἐπὶ τροχιάς μεγαλυτέρας ἀκτίνος καί, συνεπῶς, μεγαλυτέρας ἐνεργείας E_2 . Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διέγερσις** τοῦ ἀτόμου. Ἡ περιφορὰ τοῦ ἠλεκτρονίου ἐπὶ τῆς νέας ταύτης τροχιάς δὲν εἶναι εὐσταθής, διότι ἡ ἐνέργεια E_2 εἶναι μεγαλυτέρα τῆς ἐνεργείας E_1 καί, ὥς ἐκ τούτου, τὸ ἠλεκτρόνιον, μετὰ βραχύτατον χρόνον, ἐπανέρχεται, ἐκ νέου, εἰς τὴν θεμελιώδη τροχίαν. Κατὰ τὴν πτώσιν ταύτην τοῦ ἠλεκτρονίου ἐλευθεροῦται ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται ὑπὸ μορφήν ἠλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας, δηλ., ὑπὸ μορφήν ἐνὸς φωτονίου. Ἡ ἐνέργεια $h \cdot \nu$ τοῦ φωτονίου τούτου εἶναι, προφανῶς, ἴση πρὸς τὴν διαφορὰν $E_2 - E_1$ τῶν δύο ἐνεργειῶν. Ὅτιοι εἶναι

$$h \cdot \nu = E_2 - E_1$$

Ἐάν, κατὰ τὴν διέγερσιν, τὸ ἠλεκτρόνιον μετατεθῇ εἰς τροχίαν ἀκόμη μεγαλυτέρας ἀκτίνος (π.χ., εἰς τὴν τρίτην τροχίαν τοῦ σχήματος 373) καί, συνεπῶς, ἀκόμη μεγαλυτέρας ἐνεργείας, ἡ ἐπάνοδος του εἰς τὴν θεμελιώδη τροχίαν (1) δύναται νὰ γίνῃ κατὰ διαφόρους τρόπους. Οὕτω, τὸ ἠλεκτρόνιον δύναται νὰ μεταπηδήσῃ, κατ' ἀρχάς, ἐκ τῆς 3ης τροχιάς εἰς τὴν δευτέραν καί, ἐν συνεχείᾳ, εἰς τὴν πρώτην (δηλ. εἰς τὴν θεμελιώδη). Ἡ δύναται νὰ μεταπηδήσῃ ἀπ' εὐθείας ἐκ τῆς τρίτης εἰς τὴν πρώτην. Παρατηροῦμεν, λοιπόν, ὅτι τὰ διηγερόμενα ἅτομα τοῦ ὑδρογόνου θὰ ἐκπέμπουν φωτόνια, τῶν ὁποίων αἱ συχνότητες ὑπολογίζονται ἐκ τῶν διαφορῶν ἐνεργείας $E_3 - E_2$, $E_3 - E_1$, $E_2 - E_1$, ..., κατὰ τὰς σχέσεις

$$\nu = \frac{E_3 - E_2}{h} \quad \nu' = \frac{E_3 - E_1}{h} \quad \nu'' = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

Ἐπειδὴ αἱ ἐνέργειαι E_1 , E_2 , E_3 ... ἔχουν ἐντελῶς καθορισμένas τιμὰς, ἔπεται ὅτι καὶ τὰ ἐκπεμπόμενα φωτόνια θὰ ἔχουν, ἐντελῶς, ὁρισμένas συχνότητας ν , ν' , ν'' ..., τὸ φάσμα δηλ., τοῦ ὑδρογόνου πρέπει νὰ εἶναι γραμμικόν.

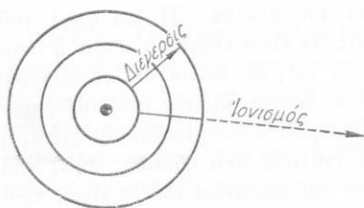


Σχ. 373. Εἰς ἕκαστον ἄλλα τοῦ ἠλεκτρονίου ἀντιστοιχεῖ ἕκπομπὴ ἐνὸς φωτονίου.

Τὸ φάσμα τοῦ ὑδρογόνου λαμβάνομεν, ἐὰν διαβιβάζωμεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διὰ σωλῆνος Geissler (§ 91), περιέχοντος ὑδρογόνον: Ὡς γνωστόν, κατὰ τὴν δίοδον ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ τοῦ ὑδρογόνου δημιουργοῦνται κινούμενα ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποία, συγκρούμενα μετὰ τῶν ἀτόμων τοῦ ὑδρογόνου, προσδίδουν εἰς αὐτὰ ἐνέργειαν καὶ τὰ διεγείρουν. Ἐν συνεχείᾳ, τὰ διεγερμένα ἅτομα ἐπανέρχονται εἰς τὴν συνήθη αὐτῶν κατάστασιν (δηλ., τὴν μὴ διεγερμένην), ὑπὸ ταυτόχρονον ἕκπομπὴν φωτός.

ταύτην ἡ ἰσορροπία τῆς σφαίρας εἶναι εὐσταθής. Τοῦτο ἀποτελεῖ εἰδικὴν περίπτωσιν γενικοῦ κανόνος τῆς Μηχανικῆς, συμφώνως πρὸς τὸν ὅποιον ἡ θέσις τῆς ἐλαχίστης δυναμικῆς ἐνεργείας εἶναι καὶ θέσις εὐσταθοῦς ἰσορροπίας.

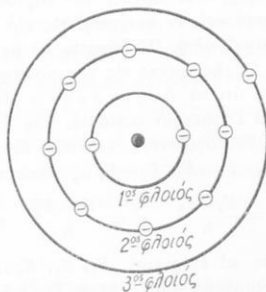
§ 308. Ίονισμός του ατόμου του υδρογόνου. Όταν η ενέργεια, η προσφερομένη εις τὸ ἄτομον τοῦ υδρογόνου, εἶναι πολὺ μεγάλη, δυνατόν τὸ ἠλεκτρόνιον ν' ἀπομακρυνθῇ τόσον πολὺ τοῦ πυρήνος, ὥστε οὗτος οὐδεμίαν ἐλκτικὴν δύναμιν νὰ ἐξασκῇ, πλέον, ἐπ' αὐτοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην, τὸ ἠλεκτρόνιον ἀπομακρύνεται ὁριστικῶς τοῦ ατόμου. Τὸ ἐναπομένον μέρος τοῦ ατόμου δὲν εἶναι, πλέον, ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἀλλὰ—λόγω τῆς ἐκδιώξεως τοῦ ἠλεκτρονίου—εἶναι θετικῶς φορτισμένον καὶ καλεῖται *ἰόν*. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον ἓν ἄτομον υδρογόνου χωρίζεται εἰς ἓν θετικὸν ἰόν καὶ ἓν ἠλεκτρόνιον, καλεῖται *ἰονισμός* τοῦ ατόμου τοῦ υδρογόνου.



Σχ. 374.

σμένον καὶ καλεῖται *ἰόν*. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, κατὰ τὸ ὁποῖον ἓν ἄτομον υδρογόνου χωρίζεται εἰς ἓν θετικὸν ἰόν καὶ ἓν ἠλεκτρόνιον, καλεῖται *ἰονισμός* τοῦ ατόμου τοῦ υδρογόνου.

§ 309. Ἄτομα μὲ πολλὰ ἠλεκτρόνια. Εἰς τ' ἀνωτέρω ἐξητάσαμεν τὸ ἄτομον τοῦ υδρογόνου, δηλαδή ἄτομον μὲ ἓν ἠλεκτρόνιον. Εἰς τὰ ἄτομα τῶν ὑπολοίπων στοιχείων ὁ ἀριθμὸς τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι μεγαλύτερος, δίδεται δέ, ὡς γνωστόν, ὑπὸ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ τοῦ στοιχείου. Θεωρήσωμεν, π.χ., τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου (*Na*). Ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ *Na*—ὅπως προκύπτει ἐκ τοῦ πίνακος τοῦ περιοδικοῦ συστήματος, τοῦ εὑρισκομένου εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου—εἶναι 11. Τοῦτο σημαίνει ὅτι περὶ τὸν πυρῆνα τοῦ ατόμου τοῦ *Na* περιφέρονται 11 ἠλεκτρόνια. Ὅλα αὐτὰ τὰ ἠλεκτρόνια δὲν χωροῦν διὰ νὰ κινουῦνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς τροχίᾳ καί, ὡς ἐκ τούτου, ἀναγκάζονται νὰ κατανεμηθοῦν εἰς τροχιάς διαφόρων ἀκτίνων (σχ. 375) (*). Ὅσα ἠλεκτρόνια κινουῦνται ἐπὶ τροχιῶν τῆς αὐτῆς ἀκτίνας, λέγομεν ὅτι ἀνήκουν εἰς τὸν αὐτὸν *φλοιόν*.



Σχ. 375. Κατανομή τῶν ἠλεκτρονίων τοῦ ατόμου τοῦ νατρίου εἰς τοὺς διαφόρους φλοιούς.

Τὰ ἠλεκτρόνια ἑνὸς ατόμου τείνουν, πάντοτε, νὰ ἔχουν ὅσον τὸ δυνατόν μικρότεραν ἐνέργειαν καί, συνεπῶς, τείνουν νὰ καταλάβουν τὰς τροχιάς μικροτέρας ἀκτί-
νος. Θὰ πρέπει, λοιπόν, νὰ κατανεμηθοῦν κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε νὰ συμπληρωθῇ πρῶτον ὁ ἐσώτατος φλοιός, κατόπιν ὁ δεύτερος, ἔν συνεχείᾳ ὁ τρίτος κ.ο.κ. ἐπ' ὅσον βεβαίως, ἀπομένουν ἀκόμη διαθέσιμα ἠλεκτρόνια. Οὕτω, εἰς τὴν περί-

(*) Τοῦτο ἐπιβάλλεται ἐκ τῆς καλουμένης *ἀπαγορευτικῆς ἀρχῆς* τοῦ *Pauli* (Πιάουλι).

πτωσιν τοῦ ατόμου τοῦ Na, εἰς τὸν ἐσώτατον φλοῖον ὑπάρχουν δύο ηλεκτρόνια (σχ. 375), εἰς τὸν ἀμέσως ἐπόμενον ὀκτὼ καὶ τὸ ἐναπομένον ἐνδέκατον, ὑποχρεωτικῶς, εὐρίσκεται εἰς τὸν τρίτον φλοῖον.

§ 310. Διέγερσις ατόμου με πολλά ηλεκτρόνια. Ὅπως διεγείρεται τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου (τὸ ὁποῖον ἔχει ἓν ηλεκτρόνιον), οὕτω δύνανται νὰ διεγερθοῦν καὶ τὰ ἄτομα με περισσότερα ηλεκτρόνια. Κατὰ τὴν διέγερσιν ἑνὸς τοιοῦτου ατόμου, ἐν τῶν ηλεκτρονίων ἐκδιώκεται ἐκ τῆς τροχιάς, εἰς τὴν ὁποίαν περιφέρεται μονίμως καὶ μεταπηδᾷ εἰς ἄλλην τροχίαν, μεγαλυτέρας ἐνεργείας. Ἡ ἐν συνεχείᾳ ἐπάνοδος τοῦ ηλεκτρονίου εἰς τροχίαν μικροτέρας ἐνεργείας συνοδεύεται (ὥπως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ὑδρογόνου) ὑπὸ ἐκπομπῆς ἑνὸς φωτονίου.

Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον παράγονται τὰ φάσματα τῶν αἰσθάνων τῶν διαφόρων μετάλλων, π.χ., τῶν αἰσθάνων τοῦ ὑδρογόνου, τῶν αἰσθάνων τοῦ νατρίου, τὰ φάσματα τῶν διαφόρων αερίων (ὀξυγόνον, ἥλιον, ἀργόν...), ὅταν διεγείρονται ἐντὸς σωλῆνων Geissler κ.λ.

§ 311. Μᾶζα τῶν ατόμων καὶ ἀτομικὸν βάρος. Ἐφ' ὅσον ἐν ἄτομον ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ πυρήνος καὶ ἐξ ηλεκτρονίων, εἶναι προφανὲς ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ θὰ εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἄθροισμα τῆς μάζης τοῦ πυρήνος καὶ τῆς μάζης τῶν ηλεκτρονίων του. Ὅπως εὐρίσκεται, ἡ μᾶζα τοῦ ατόμου ἀποτελεῖται, κυρίως, ἐκ τῆς μάζης τοῦ πυρήνος, καθ' ὅσον ἡ μᾶζα τῶν ηλεκτρονίων εἶναι, σημαντικῶς, μικροτέρα τῆς μάζης αὐτοῦ. Οὕτω, ἡ μᾶζα τοῦ ἑνὸς (καὶ μόνου) ηλεκτρονίου τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου εἶναι 2000, περίπου, φορὰς μικροτέρα τῆς μάζης τοῦ πυρήνος του, συνεπῶς, συγκρινομένη πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ πυρήνος, δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀμελητέα.

Ἀτομικὸν βάρος. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις ἀπαιτεῖται νὰ γνωρίζωμεν πόσας φορὰς μεγαλυτέρα εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ ατόμου ἑνὸς στοιχείου, ἐν συγκρίσει πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου. Εἰς τὰς περιπτώσεις ταύτας πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ στοιχείου, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὡς ἑξῆς: **Ἀτομικὸν βάρος** ἑνὸς στοιχείου καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς μάζης ἑνὸς ατόμου τοῦ στοιχείου τούτου διὰ τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου (*). Οὕτω, π.χ., τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶναι 63,54. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ μᾶζα ἑνὸς ατόμου χαλκοῦ εἶναι 63,54 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου.

§ 312. Περιδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων. Ὅπως διδάσκει ἡ Χημεία, τὰ στοιχεῖα, τ' ἀπαντῶντα εἰς τὴν φύσιν, εἶναι 92 τὸν ἀριθμὸν, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ὑδρογόνον ἔχει τὸν μικρότερον ἀτομικὸν ἀριθμὸν (1) καὶ τὸ οὐράνιον τὸν μεγαλύ-

(*) Ὁ ἄνω ὀρισμὸς ἰσχύει μόνον κατὰ προσέγγισιν. Ἀκριβέστερον, τὸ ἀτομικὸν βάρος ὀρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τῆς μάζης τοῦ ἐν λόγῳ ατόμου διὰ τοῦ $\frac{1}{16}$ τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὀξυγόνου.

τερον (92). Ἐὰν ὅλα τὰ στοιχεῖα ταῦτα ἀναγράψωμεν εἰς πίνακα κατ' αὖξοντα ἄτομικὸν ἀριθμόν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι παρουσιάζονται περιοδικῶς στοιχεῖα ἔχοντα τὰς αὐτὰς χημικὰς ιδιότητες. Οὕτω, πᾶν εὐγενὲς ἀέριον (ἥλιον ${}^2\text{He}$, νέον ${}^{10}\text{Ne}$, ἀργὸν ${}^{18}\text{Ar}$ κ.λ.) ἀκολουθεῖται ὑφ' ἐνὸς μετάλλου τῶν ἀλκαλίων· λίθιον ${}^3\text{Li}$, νάτριον ${}^{11}\text{Na}$, κάλιον ${}^{19}\text{K}$ κ.λ.

ΠΙΝΑΞ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ
ΚΑΤ' ΑΥΞΟΝΤΑ ΑΤΟΜΙΚΟΝ
ΑΡΙΘΜΟΝ

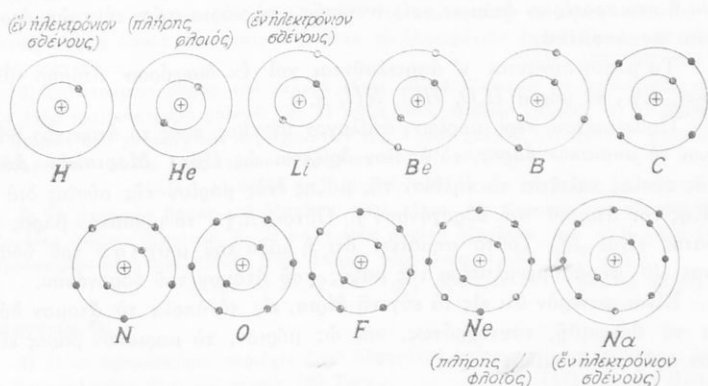
Ἀτομικὸς ἀριθμὸς	Στοιχεῖον
1	H
2	He (εὐγενὲς ἀέριον)
3	Li (ἀλκαλι)
4	Be
5	B
6	C
7	N
8	O
9	F
10	Ne (εὐγενὲς ἀέριον)
11	Na (ἀλκαλι)
12	Mg
13	Al
14	Si
15	P
16	S
17	Cl
18	Ar (εὐγενὲς ἀέριον)
19	K (ἀλκαλι)
....	
....	

λίῳν ὀφείλονται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἐξώτατος φλοιὸς τῶν ἀτόμων τῶν περιέχει ἓν μόνον ἠλεκτρόνιον, τὸ καλούμενον **ἠλεκτρόνιον σθένους**. Τὰ ἄτομα τῶν εὐγενῶν ἀερίων ὡς ἔχοντα ἀτομικὸν ἀριθμὸν κατὰ μονάδα μικρότερον τῶν ἀτόμων τῶν μετάλλων τῶν ἀλκαλίων—θὰ εὕρωμεν ἄτομον μὲ ἓν ἠλεκτρόνιον σθένους καί, συνεπῶς, ἔχουν ὅλους τοὺς φλοιοὺς τῶν συμπληρωμένους. Εἰς τὴν ἔλλειψιν, ἀκριβῶς, ἠλεκτρονίων σθένους ὀφείλεται καὶ ἡ χημικὴ ἀδράνεια αὐτῶν.

Ἡ περιοδικότης τῶν χημικῶν ιδιοτήτων εἶναι ἀναγκαῖον ἐπακόλουθον τοῦ τρόπου κατὰ τὸν ὁποῖον συμπληροῦνται οἱ φλοιοί, ὁ εἰς κατόπιν τοῦ ἄλλου: "Οἷαν μελετῶμεν, διαδοχικῶς, τὰ διάφορα στοιχεῖα—ἀρχόμενοι, π.χ., ἀπὸ ἑν μετάλλου τῶν ἀλκαλίων—θὰ εὕρωμεν ἄτομον μὲ ἓν ἠλεκτρόνιον σθένους (π.χ., τὸ λίθιον—Li—σχ. 376), ἓν συνεχεῖς ἄτομον μὲ δύο ἠλεκτρόνια σθένους (βηρύλλιον—Be—), κατόπιν ἄτομον μὲ τρία ἠλεκτρόνια σθένους (βόριον—B—) κ.ο.κ., μέχρις ὅτου φθάσωμεν εἰς ἄτομον (φθόριον—F—), εἰς τὸ ὁποῖον ἐλλείπει ἓν ἠλεκτρόνιον διὰ νὰ συμπληρωθῇ ὁ ἐξώτατος φλοιὸς (*). Ἀμέσως κατόπιν ἀκολουθεῖ ἄτομον μὲ συμπληρωμένον καὶ τὸν ἐξώτατον φλοιὸν (νέον—Ne—), τὸ δὲ ἐπόμενο (νάτριον—Na—) θὰ ἔχῃ ἓν νέον ἓν ἠλεκτρόνιον σθένους—βεβαίως εἰς τὸν ἐπόμενον φλοιὸν—ἐμφανί-

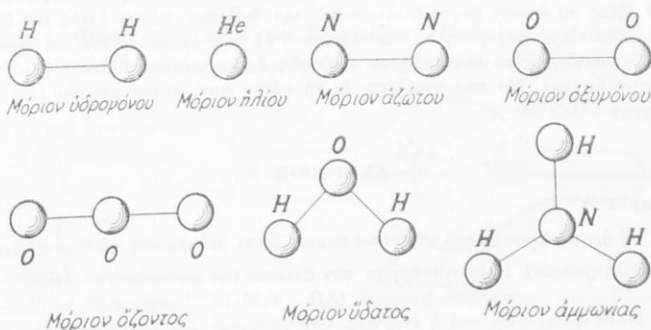
(*) Διὰ τὴν συμπλήρωσιν τοῦ φλοιοῦ τούτου ἀπαιτοῦνται 8 ἠλεκτρόνια.

ζομένου, οὕτως, ἐκ νέου, ἐνδὸς στοιχείου, ἔχοντος χαρακτηριστικὰς ιδιότητες μετάλλου τῶν ἀλκαλίων.



Σχ. 376. Συμπλήρωσις τῶν φλοιῶν κατὰ τὴν προοδευτικὴν αὐξήσιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἡλεκτρονίων. Ὁ πρῶτος φλοιὸς συμπληροῦται διὰ 2 ἡλεκτρονίων, ὁ δὲ δεύτερος διὰ 8 ἡλεκτρονίων.

§ 313. Μόρια - Μοριακὸν βάρος. Ὄταν δύο ἄτομα — π.χ., δύο ἄτομα ὑδρογόνου — πλησιάσουν, ἐμφανίζονται μεταξύ των ἑλκτικαὶ δυνάμεις, με ἀποτέλεσμα τὰ ἄτομα ταῦτα νὰ συγκρατηθοῦν μονίμως. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει, ὅταν συναντηθοῦν δύο ἄτομα ἀζώτου, ὀξυγόνου κ.λ. Τὰ οὕτω δημιουργούμενα μόνιμα συγκροτήματα ἀτόμων καλοῦνται **μόρια** (σχ. 377).



Σχ. 377. Σχηματικὴ παράστασις διαφόρων μορίων.

Τὰ μόρια τοῦ ὑδρογόνου, τοῦ ὀξυγόνου, τοῦ ἀζώτου κ.λ. ἀποτελοῦνται ἐκ δύο ἀτόμων καὶ καλοῦνται **διατομικὰ μόρια**. Τὸ ὀξυγόνο εἶναι δυνατόν, ὑπὸ εἰδικὰς συνθήκας, νὰ σχηματίσῃ καὶ **τριατομικὰ μόρια** — τὰ μόρια τοῦ ὄζοντος — ἕκαστον τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν μορίων ὀξυγόνου.

νου. Ειδικώς εις τὰ εὐγενῆ ἄερια ($He, Ne, A...$), λόγῳ ἑλλείψεως παντὸς χημικοῦ δεσμοῦ μεταξὺ τῶν ἀτόμων των, δὲν σχηματίζονται συγκροτήματα δύο ἢ περισσοτέρων ἀτόμων καί, συνεπῶς, τὰ μόρια τῶν εὐγενῶν ἀερίων εἶναι **μονατομικά**.

Τὰ μόρια δύνανται ν' ἀποτελοῦνται καὶ ἐκ διαφόρων ἀτόμων ὥπως εἶναι, π.χ., τὰ μόρια H_2O, HCl, NH_3 κ.λ.

Προκειμένου περὶ μορίων, ἀνάλογον μέγεθος πρὸς τὸ ἀτομικὸν βάρος εἶναι τὸ **μοριακὸν βάρος**, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ὡς ἑξῆς: **Μοριακὸν βάρος** μιᾶς οὐσίας καλεῖται τὸ πηλίκον τῆς μάζης ἐνὸς μορίου τῆς οὐσίας διὰ τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου (*). Οὕτω, π.χ., τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ ὕδατος εἶναι 18. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ μάζα τοῦ μορίου τοῦ ὕδατος εἶναι 18 φορὰς μεγαλυτέρα τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου.

Εἶναι φανερόν ὅτι εἰς τὰ εὐγενῆ ἄερια, εἰς τὰ ὁποῖα τὸ ἄτομον δύναται νὰ θεωρηθῇ, ταυτοχρόνως, καὶ ὡς μόριον, τὸ μοριακὸν βάρος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀτομικὸν βάρος.

§ 314. Ἴονισμὸς τῶν μορίων. Ἴονισμὸς δὲν παρουσιάζεται μόνον εἰς τὰ άτομα, ἀλλὰ καὶ εἰς τὰ μόρια. Οὕτω, ἐὰν ἐκ τοῦ μορίου τοῦ ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἀτόμων ὕδρογόνου (δηλ., δύο πυρήνων ὕδρογόνου καὶ δύο ἡλεκτρονίων) ἐκδιωχθῇ τὸ ἐν τῶν ἡλεκτρονίων, τὸ ὑπόλοιπον, τὸ ὁποῖον ἀπομένει, εἶναι θετικῶς φορτισμένον καὶ καλεῖται (θετικὸν) *ἰὸν* τοῦ μορίου τοῦ ὕδρογόνου. Κατ' ἀνάλογον τρόπον δημιουργοῦνται ἰόντα μορίων ὀξυγόνου, ὅταν ἐκ τοῦ μορίου O_2 ἐκδιωχθῇ ἓν ἡλεκτρόνιον κ.λ. Τοιοῦτου εἶδους ἰόντα δημιουργοῦνται, π.χ., ἐντὸς θαλάμου *ιονισμοῦ* (§ 330), ὅταν δι' αὐτοῦ διέλθουν ἰονίζοντα σωμάτια ἢ ἀκτῖνες Roentgen ἢ ἀκτῖνες γ κ.λ.

Ὡς ἰονισμένον μόριον δύναται νὰ θεωρηθῇ καὶ τὸ ἰὸν SO_4^{--} τῆς ρίζης τοῦ θειικοῦ ὀξέος, τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται κατὰ τὴν διάλυσιν αὐτοῦ ἐντὸς τοῦ ὕδατος. Τὸ ἰὸν τοῦτο εἶναι συγκρότημα, ἀποτελούμενον ἐξ ἐνὸς ἀτόμου θείου καὶ τεσσάρων ἀτόμων ὀξυγόνου, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχουν προστεθῇ 2 ἡλεκτρόνια. Εἰδικῶς ἡ ρίζα SO_4 εἶναι ἀσταθὴς καὶ δὲν παρουσιάζεται ἐν τῇ φύσει παρὰ μόνον ὑπὸ τὴν ἰονισμένην τῆς μορφῆς SO_4^{--} .

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορίαι Α'

- 1) Ἡ ὁρατὴ περιοχὴ τοῦ φάσματος περιορίζεται μεταξὺ τῶν $4000 \overset{\circ}{\text{\AA}}$ (ἰώδες) καὶ τῶν $7700 \overset{\circ}{\text{\AA}}$ (ἐρυθρόν). Ποία ἡ ἐνέργεια τῶν ἀντιστοιχῶν φωτονίων; ($1 \overset{\circ}{\text{\AA}} = 10^{-8} \text{ cm}$).
(AII: $4,95 \cdot 10^{-13} \text{ erg}$, $2,57 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$)
- 2) Ποία ἡ συχνότης καὶ ἡ ἐνέργεια τῶν φωτονίων τοῦ κίτρινου φωτὸς τοῦ νατρίου, τὸ ὁποῖον ἔχει μῆκος κύματος $5893 \overset{\circ}{\text{\AA}}$; ($1 \overset{\circ}{\text{\AA}} = 10^{-8} \text{ cm}$).
(AII: $5,09 \cdot 10^{14} \text{ sec}^{-1}$, $3,36 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$)

(*) Ὁ ἄνω ὀρισμὸς ἰσχύει μόνον κατὰ προσέγγισιν. Ἀκριβέστερον, τὸ μοριακὸν βάρος ὀρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τῆς μάζης τοῦ ἐν λόγῳ μορίου πρὸς τὸ $1/16$ τῆς μάζης τοῦ ἀτόμου τοῦ ὀξυγόνου.

3) Κατὰ τὴν διέγερσιν ἑνὸς ἀτόμου νατρίου τὸ ἐξώτατον ἠλεκτρόνιον μεταφέρεται ἐκ τῆς θεμελιώδους τροχιάς εἰς ἄλλην τροχίαν, εἰς τὴν ὅποιαν ἡ ἐνέργεια αὐτοῦ εἶναι κατὰ $3,36 \cdot 10^{-12} \text{ erg}$ μεγαλυτέρα τῆς ἐνεργείας, τὴν ὅποιαν ἔχει τοῦτο, ὅταν κινῆται ἐπὶ τῆς θεμελιώδους τροχιάς. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας, ἡ ὁποία θὰ ἐκπεμφθῇ, ὅταν τὸ ἠλεκτρόνιον ἐπανέλθῃ εἰς τὴν θεμελιώδη τροχίαν. (ΑΠ: $5893 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$)

4) Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ εἶναι 63,54. Ζητεῖται νὰ ὑπολογισθῇ α) ἡ μᾶζα ἑνὸς γραμμοατόμου χαλκοῦ. β) Ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου χαλκοῦ. γ) Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀτόμων τοῦ χαλκοῦ, τῶν περιεχομένων εἰς 1 cm^3 χαλκοῦ. (Πυκνότης χαλκοῦ = $8,9 \text{ gr/cm}^3$. Μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὕδρογόνου = $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$).

(ΑΠ: α) 63,54 gr, β) $106,1 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$, γ) $8,388 \cdot 10^{23}$ ἄτομα)

5) Τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ ὀξυγόνου (O_2) εἶναι 16. Ζητεῖται νὰ εὐρεθῇ α) ἡ μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὀξυγόνου. β) Ἡ μᾶζα ἑνὸς μορίου ὀξυγόνου καὶ γ) ἡ μᾶζα ἑνὸς γραμμομορίου ὀξυγόνου. (Μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὕδρογόνου = $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$).

(ΑΠ: α) $26,72 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$, β) $53,44 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$, γ) 32 gr)

Κατηγορίᾳ Β'

1) Πόσα γραμμομόρια περιέχει 1 m^3 ὕδρογόνου ὑπὸ κανονικᾶς συνθήκας, δηλ., ὑπὸ θερμοκρασίαν 0° C καὶ πίεσιν 760 Torr; (ΑΠ: 44,64 Mol)

2) Νὰ εὐρεθῇ α) ἡ μᾶζα 1 m^3 ὀξυγόνου (O_2) ὑπὸ κανονικᾶς συνθήκας. β) Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐντὸς αὐτοῦ περιεχομένων ἀτόμων ὀξυγόνου καὶ γ) ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐντὸς αὐτοῦ περιεχομένων μορίων ὀξυγόνου. (Ἀτομικὸν βάρος ὀξυγόνου = 16, μᾶζα ἑνὸς ἀτόμου ὕδρογόνου = $1,67 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$).

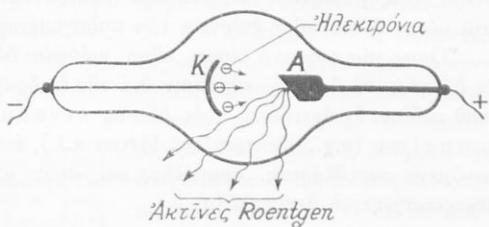
(ΑΠ: α) 1428 gr, β) $5,34 \cdot 10^{25}$ ἄτομα, γ) $2,67 \cdot 10^{25}$ μόρια)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Λ'

AKTINES ROENTGEN

§ 315. Φύσις τῶν ἀκτίνων Roentgen (Ραϊντγκεν). Λαμβάνομεν

ὕαλινον σωλῆνα, περιέχοντα ἀέριον ὑπὸ μικρὰν πίεσιν (*) καὶ φέροντα δύο ἠλεκτρόδια K καὶ A (σχ. 378) καὶ συνδεδεμένον αὐτὰ μὲ τὰς ἑνὸς μερικῶν δεκάδων χιλιάδων βόλτ (π.χ., μὲ τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος ἑνὸς πηνίου Ruhmkorff). Ἐάν, ἀκολούθως, πλησιάζωμεν εἰς τὸν σωλῆνα ἓν φθοριζόν διάφραγμα (**), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ διάφραγμα τοῦτο φθορίζει. Ἐπίσης, ἔάν



Σχ. 378. Σωλὴν ἀκτίνων Roentgen παλαιὸν τύπον.

(*) Περίπου 10^{-8} Torr.

(**) Τὰ φθορίζοντα διαφράγματα ἀποτελοῦνται συνήθως ἐκ χάρτου, ὁ ὁποῖος φέρει ἐπίχρισμα ἐκ φθορίζοντος ὕλικου.

πλησίον τοῦ σωλῆνος φέρωμεν μίαν φωτογραφικὴν πλάκα, προστατευμένην ἔναντι τοῦ φωτὸς διὰ μέλανος περιτυλίγματος, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ἡ πλάξ αὕτη ἀμαυροῦται. Ὁμοίως, παρατηρεῖται ὅτι φορτισμένον ἤλεκτρο-σκόπιον, εὐρισκόμενον πλησίον τοῦ σωλῆνος τούτου, ἐκφορτίζεται ταχέως.

Τ' ἀνωτέρω φαινόμενα, τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται καὶ ὅταν ὁ σωλῆνος ἔχη καλυφθῇ δι' ἀδιαφανοῦς μέλανος χάρτου ἢ μέλανος ὑφάσματος, ὀφείλονται εἰς μίαν ἀόρατον ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία ἐκπέμπεται ἐκ τοῦ σωλῆνος καὶ ἡ ὁποία εἶναι ἱκανὴ νὰ διαπεράσῃ τὸ ὕφασμα ἢ τὸν χάρτην. Ἡ ἀόρατος αὕτη ἀκτινοβολία, ἡ ὁποία ἀνεκαλύφθη ὑπὸ τοῦ Roentgen, καλεῖται *ἀκτίνες Roentgen* ἢ *ἀκτίνες X*.

Ὅπως εὐρέθη, αἱ ἀκτίνες Roentgen εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ὅπως τὸ φῶς, ἀλλὰ τὸ μῆκος κύματος αὐτῶν εἶναι πολὺ μικρότερον (*).

Ἡ παραγωγὴ τῶν ἀκτίνων Roentgen ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Κατὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῆς τάσεως εἰς τὸν σωλῆνα τοῦ σχήματος 378 δημιουργεῖται αὐτοτελὴς ἐκκένωσις ἐντὸς τοῦ περιεχομένου ἀερίου, κατὰ τὴν ὁποίαν, ὥς γνωστὸν (§ 261) παράγονται ἠλεκτρόνια (καθοδικαὶ ἀκτίνες). Τὰ ἠλεκτρόνια ταῦτα, λόγῳ τῆς μεγάλης τάσεως, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων, ἀποκτοῦν μεγάλην ταχύτητα καὶ προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἠλεκτροδίου Α (τὸ ὁποῖον καλεῖται ἀνοδος). Κατὰ τὴν πρόσκρουσιν τῶν ταχέων αὐτῶν ἠλεκτρονίων ἐπὶ τῆς ἀνόδου, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν περισσοτέρων ἐξ αὐτῶν μετατρέπεται εἰς θερμότητα, ἡ ὁποία καὶ θερμαίνει τὴν ἀνοδον. Μερικά, ὅμως, ἐκ τῶν ἠλεκτρονίων μετατρέπουν τὴν ἐνέργειάν των εἰς (ἀόρατον) ἠλεκτρομαγνητικὴν ἀκτινοβολίαν, ἡ ὁποία, εἶναι ἀκριβῶς, αἱ ἀκτίνες Roentgen.

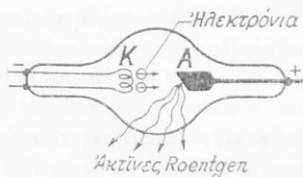
Ἐπειδὴ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν ἠλεκτρονίων, τὰ ὁποῖα προκαλοῦν τὴν ἀκτινοβολίαν Roentgen, εἶναι πολὺ μεγάλη, ἔπεται ὅτι μεγάλη θὰ εἶναι καὶ ἡ ἐνέργεια ($h \cdot \nu$) τῶν ἀντιστοίχων φωτονίων. Ὅπως εὐρίσκεται, ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τῶν ἠλεκτρονίων, τόσον μεγαλύτερα εἶναι, κατὰ μέσον ὅρον, καὶ ἡ ἐνέργεια τῶν παραγομένων φωτονίων.

Ὅπως μία φωτεινὴ δέσμη, οὕτω καὶ μία δέσμη ἀκτίνων Roentgen δὲν δύναται νὰ ὑποστῇ κύρτωσιν διὰ τῆς ἐπιδράσεως ἠλεκτρικοῦ ἢ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐν ἀντιθέσει πρὸς δέσμας κινουμένων φορτισμένων σωματίων (π.χ., ἠλεκτρονίων, ἰόντων κ.λ.), ἐνῶ δύναται νὰ παρουσιάσῃ φαινόμενα περιθλάσεως, συμβολῆς, πολώσεως κ.λ., ὅπως καὶ οἰαδήποτε ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία.

§ 316. Σωλῆνες ἀκτίνων Roentgen. Σήμερον πρὸς παραγωγὴν ἀκτίνων Roentgen δὲν χρησιμοποιοῦνται οἱ ἀνωτέρω περιγραφέντες σωλῆ-

(*) Τὸ μῆκος κύματος τῶν ἀκτίνων Roentgen εἶναι 10 000, περίπου, φορές μικρότερον τοῦ μήκους κύματος τοῦ ὁρατοῦ φωτὸς (βλ. καὶ § 282).

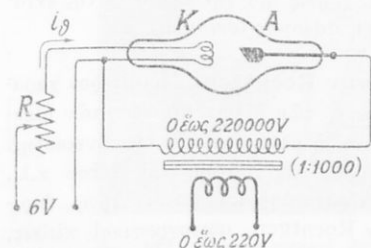
νες, οί οποίοι περιέχουν άέριον υπό μικράν πίεσιν (*), αλλά σωλήνες άλλου τύπου (**), εκ τών οποίων έχει αφαιρεθῇ πλήρως ό άήρ. Οί σωλήνες ούτοι (σχ. 379) (οί οποίοι, ως είπομεν, είναι σωλήνες ύψηλοῦ κενού) φέρουν δύο ηλεκτρόδια, τήν **κάθοδον** *K* καί τήν **άνοδον** *A* (ή **αντικάθοδον**). Ἡ κάθοδος είναι έν σύρμα, τό όποϊον θερμαίνεται δι' ηλεκτρικοῦ ρεύματος, όπότε, κατά τά γνωστά (§ 270), εκπέμπει ηλεκτρόνια. Ἡ άνοδος αποτελείται εκ δυστήκτου μετάλλου καί εὐρίσκεται άπέναντι τῆς καθόδου. Ἐάν μεταξύ τῆς άνόδου καί τῆς καθόδου εφαρμόσωμεν συνεχῇ τάσιν, άρκετά ύψηλὴν (50 ἕως 200 kV) καί κατά τοιοῦτον τρόπον ὥστε ἡ άνοδος νά είναι θετική, ἡ δέ κάθοδος άρνητική, τά εκ τῆς καθόδου έκπεμπόμενα ηλεκτρόνια ἔλκονται υπό τῆς (θετικής) άνόδου καί ἐπιταχύνονται, μέχρις ότου δέ φθάσουν εἰς τήν άνοδον ἔχουν άποκτήσει, λόγω τῆς ύψηλῆς τάσεως, τόσον μεγάλην ταχύτητα, ὥστε, προσπίπτοντα ἐπ' αὐτῆς, νά προκαλοῦν έκπομπήν ακτίνων Roentgen.



Σχ. 379. Σωλήν ακτίνων Roentgen με θερμαινόμενην κάθοδον.

Ἐπειδή, ὅπως καί άνωτέρω είπομεν, ἡ κινητική ἐνέργεια τών περισσοτέρων ηλεκτρονίων μετατρέπεται, κατά τήν πρόσκρουσίν των ἐπὶ τῆς άνόδου, εἰς θερμότητα, λαμβάνεται πρόνοια διὰ τήν καλήν ψύξιν αὐτῆς· π.χ., διὰ κυκλοφοροῦντος ὕδατος. Εἰς τόν τύπον, τόν ἀπεικονιζόμενον εἰς τό σχῆμα 379, δέν ὑπάρχει ἰδιώτερον σύστημα ψύξεως, ἡ δέ θερμότης ἀπάγεται δι' ἀκτινοβολίας. Εἰς τόν τύπον αὐτόν ἡ άνοδος θερμαίνεται εἰς ύψηλὴν θερμοκρασίαν, δι' αὐτόν δέ, ἀκριβῶς, τόν λόγον ἀποτελεῖται εκ δυστήκτου μετάλλου.

Εἰς τό σχῆμα 380 ἡ θέρμανσις τῆς καθόδου ἐπιτυγχάνεται διὰ συνδέσεως τών δύο ἄκρων τοῦ θερμαινόμενου σύρματος μετ' ηλεκτρικὴν πηγὴν 6 V. Διὰ τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως *R* ρυθμίζεται τό ρεῦμα θερμάνσεως i_{θ} , τό όποϊον ρυθμίζει τήν θερμοκρασίαν τῆς καθόδου καί, συνεπῶς, τόν ἀριθμὸν τών



Σχ. 380. Συνδεσμολογία σωλήνος ακτίνων Roentgen. Τό πρωτεύον τοῦ μετασχηματιστοῦ ὑψηλῆς τάσεως τροφοδοτεῖται δι' ἐναλλασσομένης τάσεως, τήν όποίαν δυνάμεθα νά μεταβάλλωμεν κατά βούλησιν ἀπὸ 0 ἕως 220V.

ἐξ αὐτῆς έκπεμπομένων ηλεκτρονίων. Διὰ τήν ἐπιτάχυνσιν τών ηλεκτρονίων,

(*) Οί σωλήνες οὔτοι καλοῦνται **ιοντικοὶ σωλήνες ακτίνων Roentgen**, χρησιμοποιοῦνται δέ, πλέον, μόνον εἰς τά σχολεῖα διὰ πειράματα ἐπιδείξεως.

(**) Οί σωλήνες οὔτοι καλοῦνται καί **σωλήνες Coolidge (Κούλιτζ)**.

ἡ ἄνοδος καὶ ἡ κάθοδος συνδέονται μὲ τὸ δευτερεῦον ἐνὸς μετασχηματιστοῦ ὑψηλῆς τάσεως. Ἡ τάσις τοῦ δευτερεύοντος (ὕψηλὴ τάσις) δύναται νὰ ρυθμίζεται διὰ ρυθμίσεως τῆς τάσεως, διὰ τῆς ὁποίας τροφοδοτεῖται τὸ πρῶτον. Ἐπειδὴ ἡ ὑψηλὴ τάσις εἶναι ἐναλλασσομένη, εἶναι προφανές ὅτι αἱ ἀκτίνες Roentgen θὰ παράγονται μόνον κατὰ τὴν μίαν ἡμιπερίοδον· ἐκείνην, δηλ., κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἄνοδος εἶναι θετική ὡς πρὸς τὴν κάθοδον.

§ 317. Ἰδιότητες τῶν ἀκτίνων Roentgen. Ὅπως εἶδομεν ἂνω-τέρως, αἱ ἀκτίνες Roentgen εἶναι ἠλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ὅπως τὸ φῶς, ἀλλ' ἔχουν μῆκος κύματος πολὺ μικρότερον καί, ὡς ἐκ τούτου, δὲν εἶναι ὁρατὰ διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ. Δι' αὐτόν, ἀκριβῶς τὸν λόγον τὰς ἀκτίνες Roentgen μόνον ἐμμέσως δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν, ἐκμεταλλευόμενοι τὰ διάφορα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα αὐταὶ προκαλοῦν. Οὕτω, ὡς εἶδομεν καὶ εἰς τὴν § 315, αἱ ἀκτίνες Roentgen, προσπίπτουσαι ἐπὶ φωτογραφικῶν πλακῶν, ἀμαυρῶνουν αὐτάς, ὅπως καὶ τὸ φῶς. Ἀφ' ἐτέρου, προκαλοῦν φθορισμὸν (*) ὠρισμένων ὑλικῶν, ὅταν προσπίπτουν ἐπ' αὐτῶν, ὁπότε τὰ ὑλικά ταῦτα καθίστανται πηγὰ δευτερογενοῦς ἀκτινοβολίας, ἡ ὁποία εἶναι ὁρατή.

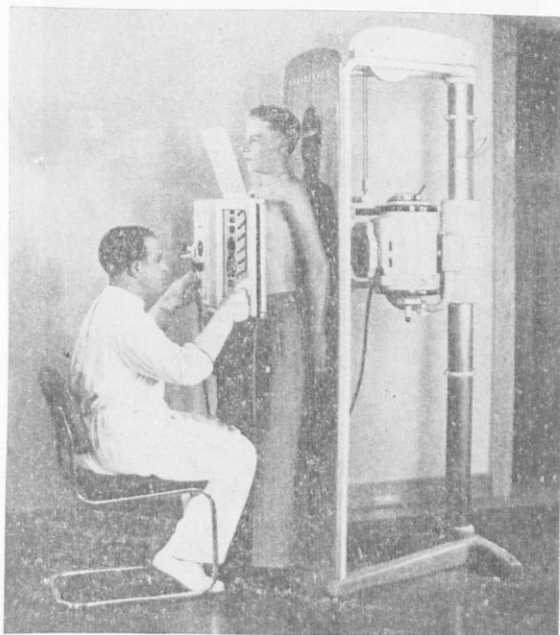
Ἐτερον ἀποτέλεσμα τῶν ἀκτίνων Roentgen εἶναι ὁ Ἴονισμός, τὸν ὁποῖον προκαλοῦν εἰς τὰ ἀέρια, ὅταν διέρχωνται δι' αὐτῶν. Λόγω, ἀκριβῶς, τοῦ Ἴονισμοῦ, τὸν ὁποῖον προκαλοῦν αἱ ἀκτίνες Roentgen, ὅταν διέρχωνται διὰ τοῦ αἰμοσφαιρικοῦ ἀέρος, ἐν φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται ταχύτατα, ἐὰν φέρωμεν αὐτὸ ἐντὸς μιᾶς δέσμης ἀκτίνων Roentgen. Τῆς ἰδιότητος ταύτης γίνεται, μάλιστα, χρῆσις διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐντάσεως τῶν ἀκτίνων Roentgen (βλ. § 330, *θάλαμος Ἴονισμοῦ*).

§ 318. Ἀπορρόφσεις τῶν ἀκτίνων Roentgen. Ἰδιαιτέρον χαρακτηριστικὸν τῶν ἀκτίνων Roentgen, ἔναντι τῶν ἄλλων μορφῶν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων (φῶς κ.λ.), εἶναι ἡ μεγάλη αὐτῶν διεισδυτικότης. Οὕτω, αἱ ἀκτίνες Roentgen διέρχονται διὰ τοῦ χάρτου, τοῦ ξύλου κ.λ., δηλ., δι' ὑλικῶν, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀδιαπέρατα ὑπὸ τοῦ φωτός. Λόγω, ἀκριβῶς, τῆς ἰδιότητος ταύτης τῶν ἀκτίνων Roentgen, φωτογραφικαὶ πλάκες, προστατευμέναι ἔναντι τοῦ φωτός τῆς ἡμέρας διὰ μέλανος χάρτου, προσβάλλονται, ὅταν εὐρεθοῦν ἐντὸς δέσμης ἀκτίνων Roentgen. Αἱ ἀκτίνες Roentgen διέρχονται ὅχι μόνον διὰ τοῦ χάρτου, τοῦ ξύλου κ.λ., ἀλλ' ἀκόμη καὶ διὰ τῶν μετάλλων. Βεβαίως, ἡ ἀπορρόφσις ἐντὸς αὐτῶν εἶναι σημαντικὴ καί, ὡς ἐκ τούτου, δὲν δύναται νὰ διέλθουν παρὰ μόνον διὰ στρώματος, πάχους μερικῶν χλιοστομέτρων (ἢ ἑκατοστομέτρων). Ἰδιαιτέρως μεγάλην ἀπορρόφησιν ὑφίστανται αἱ ἀκτίνες Roentgen, ὅταν διέρχωνται διὰ στρωμάτων, αποτελουμένων ἐξ ὑλικῶν, μεγάλου ατομικοῦ ἀριθμοῦ, π.χ., μολύ-

(*) Βλ. § 100.

βδου. Οὕτω, στρώμα ἐκ μολύβδου, πάχους μερικῶν χιλιοστομέτρων, εἶναι ἀρκετὸν διὰ νὰ προκαλέσῃ πλήρη, σχεδόν, ἀπορρόφσιν αὐτῶν. Δι' αὐτόν, ἀκριβῶς, τὸν λόγον, τὰ διαφράγματα, τὰ ὅποια πρέπει νὰ εἶναι ἀδιαπέρατα ὑπὸ τῶν ἀκτίνων Roentgen, κατασκευάζονται ἐκ φύλλων μολύβδου.

Τὴν διαφορὰν, ἡ ὁποία παρουσιάζεται εἰς τὴν ἀπορρόφσιν, ἀναλόγως τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ τοῦ ἀπορροφῶντος ὕλικου, ἐκμεταλλεύομεθα εἰς τὴν ἀκτινοδιαγνωστικὴν: Ἐὰν μεταξὺ τῆς πηγῆς τῶν ἀκτίνων Roentgen καὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος (ἢ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς) παρεμβάλωμεν μέρος τι τοῦ ἀνθρωπίνου σώματος (σχ. 381), τὰ ὁστᾶ, ἐπειδὴ περιέχουν



Σχ. 381. Πλήρης συσκευή ἀκτινοσκόπησης. Ἐντὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἐμφανίζεται, ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος, ἡ σκιά τῶν ὁστέων καὶ τῆς καρδίας.

στοιχεῖα μεγάλου ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ (π.χ., ἀσβέστιον, φωσφόρον), ἀπορροφοῦν τὰς ἀκτίνας ἰσχυρότερον, παρὰ αἱ σάρκες, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦνται ἐξ ὕλικων μικροῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ (π.χ., ἀνθρακος, ὕδρογόνου κ.λ.) καὶ, ὡς ἐκ τούτου, ἡ σκιά των φαίνεται ἐντονωτέρα τῆς σκιάς τοῦ ὑπολοίπου μέλους. Ἐὰν εἰς τὴν θέσιν τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος τεθῇ φωτογραφικὴ πλάξ, θὰ λάβωμεν ἐπ' αὐτῆς τὴν ἀντίστοιχον φωτογραφίαν (ἀκτινογραφία). Οὕτω, ἀκριβῶς, ἔχει ληφθῇ καὶ ἡ φωτογραφία τοῦ σχήματος 382.

Ἡ ἀπορρόφησης τῶν ἀκτίνων Roentgen ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ μήκους κύματος αὐτῶν. Οὕτω, ἀκτινοβολία Roentgen, μικροῦ μήκους κύματος,



Σχ. 382. Ἀκτινογραφία χειρὸς.

ἀπορροφεῖται ὀλιγώτερον ἀπὸ ἀκτινοβολίαν μεγαλυτέρου μήκους κύματος. Δι' αὐτόν, ἀκριβῶς, τὸν λόγον ἐπεκράτησε νὰ λέγωνται **σκληραὶ** ἀκτίνες Roentgen αἱ ἀκτίνες μικροῦ μήκους κύματος, καθόσον εἶναι πολὺ διεισδυτικαί, λόγῳ τῆς μικρᾶς ἀπορροφήσεως, τὴν ὁποίαν ὑφίστανται. Ἐν ἀντιθέσει πρὸς αὐτάς, αἱ ἀκτίνες μεγαλυτέρου μήκους κύματος ἀπορροφῶνται πολὺ —εἶναι, συνεπῶς, ὀλιγώτερον διεισδυτικαί—καλοῦνται δὲ **μαλακαὶ** ἀκτίνες Roentgen.

§ 319. Βιολογικὴ δράσις τῶν ἀκτίνων Roentgen. Αἱ ἀκτίνες Roentgen ἔχουν ἔντονα βιολογικὰ ἀποτελέσματα. Οὕτω, προσβάλλουσαι τὰ κύτταρα, τὰ καταστρέφουν, προκαλοῦσαι δυσίατα ἐγκαύματα καὶ διαφόρους ἄλλας βαρεῖας βλάβας τοῦ ὁργανισμοῦ. Ἐπειδὴ εὐρέθῃ ὅτι αἱ ἀκτίνες Roentgen καταστρέφουν τὰ ἀνώμαλα κύτταρα ταχύτερον τῶν ὑγιῶν, διὰ τοῦτο

χρησιμοποιοῦνται διὰ θεραπευτικούς σκοποὺς (*ἄκτινοθεραπεία*), π.χ., διὰ τὴν θεραπείαν καρκίνου, δερματικῶν παθήσεων κ.λ.

Εἰς πολλὰς περιπτώσεις, εἰς τὰς ὁποίας πρέπει αἱ ἄκτινες Roentgen νὰ διεισδύσουν βαθέως ἐντὸς τοῦ σώματος, χρησιμοποιοῦνται πολὺ σκληραὶ ἄκτινες. Αὗται λαμβάνονται ἐκ σωλήνων ἁκτίνων Roentgen, οἱ ὁποῖοι τροφοδοτοῦνται μὲ πολὺ ὑψηλὰς τάσεις, αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ φθάσουν εἰς ἄρχετὰς ἑκατοντάδας χιλιάδων βόλτ.

Ἡ ἔντονος βιολογικὴ δράσις τῶν ἁκτίνων Roentgen περικλείει σοβαροὺς κινδύνους διὰ τοὺς ἄνευ προφυλάξεων ἀσχολουμένους μὲ αὐτὰς καὶ διὰ τοῦτο ἐπιβάλλεται μεγάλη προσοχὴ κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν αὐτῶν.

II. ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΛΑ'

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΥΡΗΝΟΣ

§ 320. Πρωτόνια καὶ νετρόνια. Ἐπειδὴ (ὥς θὰ ἴδωμεν ἀμέσως κατωτέρω) εἰς τὴν δομὴν τῶν διαφόρων πυρηνῶν λαμβάνουν μέρος δύο σωματῖα — τὸ *πρωτόνιον* καὶ τὸ *νετρόνιον* — διὰ τοῦτο, πρὶν προχωρήσωμεν εἰς τὴν περιγραφὴν τοῦ πυρήνος, θὰ περιγράψωμεν πρῶτον τὰ δύο ταῦτα σωματῖα.

α) *Πρωτόνιον*. Ὅπως γνωρίζομεν, τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ πυρήνος καὶ ἐξ ἑνὸς ἡλεκτρονίου. Ἐάν, συνεπῶς, ἰονίσωμεν τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου (ἐάν, δηλ., ἐκδιώξωμεν τὸ ἡλεκτρόνιον), θ' ἀπομείνῃ ὁ πυρὴν αὐτοῦ, ὁ ὁποῖος καλεῖται *πρωτόνιον*. Τὸ φορτίον τοῦ πρωτονίου εἶναι ἴσον καὶ ἀντίθετον πρὸς τὸ φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου, ἥτοι ἴσον πρὸς $+1 \cdot e$. Ἡ μᾶζα τοῦ πρωτονίου εἶναι, περίπου, ἴση πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου, δεδομένου ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ περιφερομένου ἡλεκτρονίου εἶναι πολὺ μικροτέρα τῆς μᾶζης τοῦ πυρήνος.

β) *Νετρόνιον* (ἐκ τῆς λατινικῆς λέξεως *neutron* = οὐδέτερον). Τὸ νετρόνιον εἶναι σωματίον, τὸ ὁποῖον ἔχει μᾶζαν, ἴσην, περίπου, πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου, ἀλλὰ δὲν φέρει ἡλεκτρικὸν φορτίον, ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομά του. Τὰ νετρόνια δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διατηρηθοῦν ἐλευθέρᾳ ἐν τῇ φύσει, ἐμφανιζόμενα μόνον εἰς ὥρισμένας *πυρηνικὰς ἀντιδράσεις* (βλ. κατωτέρω § 338).

§ 321. Δομὴ τοῦ πυρήνος. Οἱ πυρῆνες τῶν ατόμων τῶν διαφόρων στοιχείων ἀποτελοῦνται ἐξ ὥρισμένου ἀριθμοῦ *πρωτονίων* καὶ ὥρισμένου ἀριθμοῦ *νεutronίων* (σχ. 383). Ὁ ἀριθμὸς τῶν *πρωτονίων* εἶναι ἴσος πρὸς τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν *Z* τοῦ πυρήνος· καὶ τοῦτο διότι ὁ πυρὴν

φέρει φορτίον, ίσον προς $+Z \cdot e$, έκαστον δὲ πρωτόνιον φέρει φορτίον, ίσον προς $+1 \cdot e$, ἐνὼ τὰ νετρόνια εἶναι ἡλεκτρικῶς οὐδέτερα. Τὸν ἀριθμὸν τῶν νετρονίων, θὰ ὑπολογίσωμεν εἰς τὴν ἐπομένην παράγραφον.



Σχ. 383. Ὁ πυρὴν ἀποτελεῖται ἐκ πρωτονίων καὶ νετρονίων.

Ὁ πυρὴν τοῦ ἐπομένου στοιχείου τοῦ περιοδικοῦ συστήματος—τοῦ ἡλίου (*He*)—ἀποτελεῖται ἐκ δύο πρωτονίων καὶ δύο νετρονίων. Ἐπομένως, ὁ πυρὴν οὗτος θὰ ἔχῃ φορτίον, ίσον προς $+2 \cdot e$ (ἀτομικὸς ἀριθμὸς 2) καὶ μάζαν, τετραπλασίαν τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου (ἀτομικὸν βάρος, περίπου, 4) - δεδομένου ὅτι τὸ νετρόνιον ἔχει μάζαν, περίπου, ἴσην προς τὴν μάζαν τοῦ πρωτονίου.

Τοὺς πυρῆνας τῶν διαφόρων χημικῶν στοιχείων συμβολίζομεν διὰ τοῦ συνήθους χημικοῦ συμβόλου, εἰς τὸ ὁποῖον προσθέτομεν δύο δείκτας. Οὗτω, π.χ., ὁ πυρὴν τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου συμβολίζεται διὰ τοῦ συμβόλου



Ἐκ τῶν δεικτῶν αὐτῶν ὁ κάτω δίδει τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ὁ δὲ ἄνω τὸ ἀτομικὸν βάρος κατὰ προσέγγισιν καί, συγκεκριμένως, τὸν πλησιέστερον προς αὐτὸ ἀκέραιον ἀριθμὸν (βλ. ἐπομένην παράγραφον, *μαζικὸς ἀριθμὸς*).

Ἀντιστοίχως, ὁ πυρὴν τοῦ ἡλίου συμβολίζεται διὰ τοῦ συμβόλου



εἰς τὸ ὁποῖον ὁ κάτω δείκτης (2) δίδει τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν ($Z=2$) καὶ ὁ ἄνω (4) δίδει τὸ ἀτομικὸν βάρος κατὰ προσέγγισιν (**), δηλ., τὸν *μαζικὸν ἀριθμὸν*.

§ 322. *Μαζικὸς ἀριθμὸς*. Ὑπολογισμὸς τοῦ ἀριθμοῦ τῶν νετρονίων. Εἰς τὴν Πυρηνικὴν Φυσικὴν, ἀντὶ τοῦ ατομικοῦ, βάρους χρησιμοποιοῦμεν, συνήθως, τὸν *μαζικὸν ἀριθμὸν*, ὁ ὁποῖος ὀρίζεται ὡς ἑξῆς: *Μαζικὸς ἀριθμὸς* M ἐνὸς πυρήνος καλεῖται ὁ πλησιέστερος προς τὸ ἀτομικὸν τοῦ βάρους ἀκέραιος ἀριθμὸς. Οὕτω, π.χ., ὁ *μαζικὸς ἀριθμὸς* τοῦ ὕδρογόνου εἶναι 1, τοῦ ἡλίου 4, τοῦ νατρίου 23 κ.λ.

Ἐάν, λοιπόν, εἰς πυρὴν περιέχῃ Z πρωτόνια καὶ N νετρόνια, ὁ *μαζικὸς ἀριθμὸς* M αὐτοῦ θὰ εἶναι ἴσος προς

(*) Ἡ ἀκριβὴς τιμὴ τοῦ ατομικοῦ βάρους τοῦ ὕδρογόνου εἶναι 1,008.

(**) Ἡ ἀκριβὴς τιμὴ τοῦ ατομικοῦ βάρους τοῦ ἡλίου εἶναι 4,003.

$$M = Z + N \quad (1)$$

δεδομένου, ὅτι τὸσον τὸ πρωτόνιον, ὅσον καὶ τὸ νετρόνιον ἔχουν μαζικὸν ἀριθμὸν, ἴσον πρὸς τὴν μονάδα.

Τῇ βοηθείᾳ τοῦ τύπου (1) δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸν ἀριθμὸν N τῶν νετρονίων ἐνὸς πυρήνας, ὅταν δίδονται ὁ μαζικὸς ἀριθμὸς M καὶ ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς Z . Οὕτω, π.χ., τὸ νάτριον ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 11 ($Z = 11$) καὶ μαζικὸν ἀριθμὸν 23 ($M = 23$). Συνεπῶς, ὁ πυρὴν αὐτοῦ περιέχει $23 - 11 = 12$ νετρόνια. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων τοῦ πυρήνος τοῦ νατρίου εἶναι 11· ἀφοῦ ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς τοῦ νατρίου εἶναι 11.

§ 323. Ίσότοπα. Ἀφοῦ, κατὰ τ' ἀνωτέρω, τὸ ἀτομικὸν βάρος εἶναι ἴσον, κατὰ προσέγγισιν, πρὸς τὸ ἄθροισμα τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πρωτονίων καὶ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν νετρονίων τοῦ πυρήνος, θὰ ἔπρεπε νὰ εἶναι, κατὰ προσέγγισιν, ἀκέραιος ἀριθμὸς. Τὸ αἷτημα τοῦτο ἐκπληροῦται εἰς πολλὰς περιπτώσεις, ὅπως εἰς τὸ ἀναφερθὲν παράδειγμα τοῦ νατρίου. Πολλὰ, ὅμως, τῶν στοιχείων ἔχουν ἀτομικὸν βάρος, τὸ ὁποῖον ἀπέχει πολὺ ἀπὸ ἀκέραιον ἀριθμὸν. Οὕτω, τὸ χλώριον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 35,5. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ ἑξῆς: Πειραματικῶς εὗρέθη ὅτι τὸ κοινὸν χλώριον ἀποτελεῖται ἐκ μείγματος δύο εἰδῶν χλωρίου. Ἐξ αὐτῶν τὸ πρῶτον ἔχει ἀτομικὸν βάρος, περίπου, 35, τὸ δὲ δευτέρον ἀτομικὸν βάρος, περίπου, 37. Ἡ ἀναλογία τῶν δύο αὐτῶν εἰδῶν εἶναι τοιαύτη ὥστε, κατὰ μέσον ὄρον, τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χλωρίου νὰ προκύπτῃ ἴσον πρὸς 35,5. Τὰ δύο ταῦτα εἶδη χλωρίου (${}_{17}\text{Cl}^{35}$, ${}_{17}\text{Cl}^{37}$) καλοῦμεν *ισότοπα* τοῦ χλωρίου.

Ίσότοπα, λοιπόν, καλοῦνται στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ἀλλὰ διάφορον ἀτομικὸν βάρος.

Μεῖγμα ἰσοτόπων εἶναι καὶ τὸ κοινὸν ὕδρογονον. Καθὼς εὗρέθη, τὸ ἐν τῇ φύσει ἐμφανιζόμενον ὕδρογονον ἀποτελεῖται, κυρίως, ἐκ τοῦ συνήθους ὕδρογονου (${}^1\text{H}$), περιέχει, ὅμως, εἰς πολὺ μικρὸν ποσοστὸν (1:5000) ἐν βαρύτερον ἰσότοπον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν βάρος, περίπου, 2 καὶ συμβολίζεται διὰ τοῦ συμβόλου ${}^2\text{H}$ ἢ ${}^2\text{D}$. Τὸ βαρύτερον τοῦτο ἰσότοπον τοῦ ὕδρογονου καλεῖται *δευτέριον* ἢ *βαρὺ ὕδρογονον*. Ἐν τρίτον ἰσότοπον τοῦ ὕδρογονου εἶναι τὸ *τρίτιον*, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν βάρος, περίπου, 3 καὶ συμβολίζεται διὰ τοῦ συμβόλου ${}^3\text{H}$ ἢ ${}^3\text{T}$.

Ἰδιαιτέρως ἐνδιαφέρουν τὰ ἰσότοπα τοῦ οὐρανίου: Τὸ ἐν τῇ φύσει ἀπαντὸν οὐράνιον ἔχει ἀτομικὸν βάρος περίπου 238, ἐν τούτοις, ὡς εὗρέθη, δὲν ἀποτελεῖται, ἀποκλειστικῶς, ἐξ οὐρανίου ${}^{238}\text{U}$, ἀλλὰ περιέχει, εἰς πολὺ μικρὸν ποσοστὸν, ἐν ελαφρότερον ἰσότοπον με ἀτομικὸν βάρος 235, τὸ ${}^{235}\text{U}$. Τὸ τελευταῖον τοῦτο ἰσότοπον ἀπεδείχθη ὡς μεγάλης σημασίας διὰ τὴν ἐκμετάλλευσιν τῆς ἀτομικῆς ἐνεργείας (βλ. κατωτέρω § 338).

Ἐφ' ὅσον τὰ ἄτομα τῶν ἰσοτόπων ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ἔχουν καὶ τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν ἡλεκτρονίων· συνεπῶς, τὰ ἰσότοπα ἔχουν καὶ τὰς αὐτὰς χημικὰς ἰδιότητας καί, ὡς ἐκ τούτου, δὲν εἶναι δυνατὸς ὁ διαχωρισμὸς τῶν διὰ χημικῶν μεθόδων. Ἐπίσης, ἐπειδὴ τὰ ἰσότοπα ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, οἱ πυρήνες

των ἔχουν τὸν αὐτὸν ἀριθμὸν πρωτονίων· ἐπειδὴ δὲ ἔχουν διάφορον ἀτομικὸν βάρος θὰ ἔχουν καὶ διάφορον ἀριθμὸν νετρονίων. Οὕτω, ὁ πυρὴν τοῦ δευτερίου ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς πρωτονίου καὶ ἐνὸς νετρονίου, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸν πυρῆνα τοῦ συνήθους ὕδρογόνου, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται μόνον ἐξ ἐνὸς πρωτονίου. Ἀντιστοιχῶς, ὁ πυρὴν τοῦ τριτίου θ' ἀποτελεῖται ἐξ ἐνὸς πρωτονίου καὶ δύο νετρονίων.

★ § 324. Βαρὺ ὕδωρ. Τὸ σύνθετος ὕδωρ ἀποτελεῖται, ὥς γνωστὸν, ἐξ ὕδρογόνου καὶ ὀξυγόνου. Ἐάν, ὁμῶς, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος (H_2O) περιέχῃ, ἀντὶ τοῦ κοινοῦ (ἐλαφροῦ) ὕδρογόνου, τὸ ἰσότοπον αὐτοῦ, τὸ βαρὺ ὕδρογόνον D (δευτέριον), καλεῖται βαρὺ ὕδωρ (D_2O). Τὸ βαρὺ ὕδωρ ἔχει μοριακὸν βάρος 20 (ἀντὶ 18 τοῦ κοινοῦ ὕδατος), αἱ δὲ ιδιότητες αὐτοῦ εἶναι διάφοροι τῶν ιδιοτήτων τοῦ κοινοῦ ὕδατος. Οὕτω, ἡ πυκνότης του εἶναι $1,104 \text{ gr/cm}^3$ (εἰς $+4^\circ C$), τὸ σημεῖον πήξεως $3,8^\circ C$ καὶ τὸ σημεῖον ζέσεως $101,4^\circ C$ (ὑπὸ πίεσιν 760 Torr). Τὸ βαρὺ ὕδωρ λαμβάνεται δι' ἡλεκτρολύσεως τοῦ κοινοῦ ὕδατος, διότι, ὥς εὐρέθη, τὰ ὑπολείμματα τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι ἐμπλουτισμένα εἰς βαρὺ ὕδωρ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΛΒ'

ΑΣΤΑΘΕΙΣ ΠΥΡΗΝΕΣ

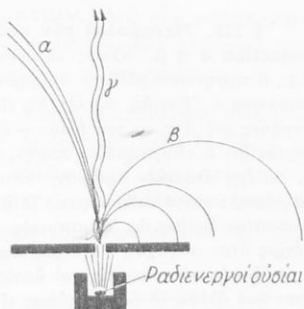
§ 325. Ραδιενέργεια. Πρῶτος ὁ Becquerel (Μπεκερέλ) παρατήρησεν ὅτι ὀρυκτά, περιέχοντα οὐράνιον, ἐξέπεμπον ἀκτινοβολίαν, ἣτις προεκάλει ἀμαύρωσιν τῆς φωτογραφικῆς πλακός, ὅπως ἀκριβῶς καὶ αἱ ἀκτίνες Roentgen. Ταντοχρόνως, εἰς τὸ περιβάλλον τοιούτων πετρωμάτων παρατηρεῖτο ἰονισμὸς τοῦ ἀέρος, μὲ ἀποτέλεσμα φορτισμένα ἡλεκτροσκόπια, φερόμενα πλησίον αὐτῶν, νὰ ἐκφορτίζωνται. Ἐν συνεχείᾳ, τὸ ζεῦγος Curie (Κιουρί) κατάρθωσε ν' ἀπομονώσῃ ἓν νέον στοιχεῖον, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει τὰς αὐτὰς ιδιότητας, ὅπως τὸ οὐράνιον, ἀλλὰ πολὺ ἐντονωτέρας. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο ἐκάλεσε *ράδιον*, τὸ φαινόμενον *ραδιενέργειαν*, τὰ δὲ ἀντίστοιχα στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τὸ φαινόμενον τοῦτο, *ραδιενεργὰ στοιχεῖα*. Σήμερον εἶναι γνωστὰ καὶ ἄλλα ραδιενεργὰ στοιχεῖα (θόριον, ἀκτίνιον), τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὅλα περὶ τὸ τέλος τοῦ περιοδικοῦ συστήματος.

Ἡ ραδιενέργεια τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων ὀφείλεται εἰς τὴν ἀστάθειαν τῶν πυρηνῶν των, οἱ ὁποῖοι διασπῶνται αὐτομάτως καὶ ἐκπέμπουν θραύσματα, τὰ ὁποῖα κινούνται μὲ μεγάλην ταχύτητα. Ὅπως εὐρέθη διὰ διαφόρων πειραμάτων, τὰ θραύσματα ταῦτα εἶναι δύο εἰδῶν καὶ καλοῦνται *σωμάτια α* καὶ *σωμάτια β* (*).

(*) Τὰ σωμάτια ταῦτα καλοῦνται καὶ *ἀκτίνες α* καὶ *ἀκτίνες β*. Ἡ ὀνομασία αὕτη εἶναι ἀνεπιτυχής, καθόσον δὲν πρόκειται περὶ ἀκτίνων, ἀλλὰ περὶ κινουμένων σωμάτων.

Ἐκ τῶν διαφόρων ραδιενεργῶν πυρηνῶν, ἄλλοι (ὅπως οἱ πυρῆνες τοῦ οὐρανίου, ραδίου) ἐκπέμπουν σωματῖα α , ἐνῶ ἄλλοι (ὅπως τοῦ ἀκτινίου) ἐκπέμπουν σωματῖα β .

§ 326. Φύσις τῶν σωματίων α καὶ β . Διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς φύσεως τῶν σωματίων α καὶ β ἐκτελοῦμεν τὸ ἐξῆς πείραμα: Λαμβάνομεν ποσότητα διαφόρων ραδιενεργῶν οὐσιῶν καὶ τοποθετοῦμεν ἐνώπιον αὐτῆς διάφραγμα ἐκ μολύβδου, φέρον ὀπὴν (σχ. 384). Οὕτω, καθορίζεται μία λεπτὴ δέσμη, ἡ ὁποία, ἐν συνεχείᾳ, διέρχεται δι' ἐνὸς μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ ὁποίου ἡ διεύθυνσις τῆς ἐντάσεως εἶναι κάθετος ἐπὶ τὴν δέσμη. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ δέσμη τῶν σωματίων ἀναλύεται εἰς δύο. Ἡ μία ἐξ αὐτῶν ἐκτρέπεται ἀσθενῶς ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ κατὰ φορὰν, ἀντιστοιχοῦσαν εἰς κινούμενα σωματῖα, θητικῶς φορτισμένα (σωματῖα α). Ἡ ἄλλη ἐκτρέπεται ἰσχυρῶς καὶ κατ' ἀντίθετον φορὰν, συνεπῶς ἀποτελεῖται ἐκ κινουμένων σωματίων, ἀρνητικῶς φορτισμένων (σωματῖα β).



Σχ. 384. Ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τὰ σωματῖα α ἐκτρέπονται ἀντιθέτως ἀπὸ τὰ σωματῖα β , ἐνῶ αἱ ἀκτίνες γ οὐδὲν ὀλίγον ἐπηρεάζονται. (Τὸ μαγνητικὸν πεδίου θεωρεῖται κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῆς σελίδος).

Ἀνάλογος ἀνάλυσις τῆς δέσμης παρουσιάζεται, ὅταν αὕτη διέλθῃ δι' ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Διὰ τοιούτων πειραμάτων εὗρέθη ὅτι τὰ σωματῖα α εἶναι τὰ αὐτὰ σωματῖα, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τοὺς πυρῆνας τοῦ ατόμου τοῦ ἡλίου. Ἐπομένως, κατὰ τὴν § 321, ἕκαστον σωματῖον α θ' ἀποτελεῖται ἐκ 2 πρωτονίων καὶ 2 νετρονίων καὶ θὰ συμβολίζεται διὰ τοῦ συμβόλου He^4 .

Ἀνάλογοι μετρήσεις ἀπέδειξαν ὅτι τὰ σωματῖα β εἶναι ἡλεκτρόνια. Ἐπειδὴ τὸ ἡλεκτρόνιον ἔχει φορτίον, ἴσον πρὸς $-1 \cdot e$ καὶ μάζαν ἀμελητέαν (2000, περίπου, φορὰς μικροτέραν τῆς μάζης τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογόνου), τὰ σωματῖα β συμβολίζονται διὰ τοῦ συμβόλου $-1e^0$.

§ 327. Ἀκτίνες γ . Ὁρισμένοι ραδιενεργοὶ πυρῆνες ἐκπέμπουν, πλὴν τῶν σωματίων α ἢ β , καὶ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Τὰ κύματα ταῦτα ἔχουν μῆκος κύματος, μικρότερον τοῦ μήκους κύματος τῶν σκληροτέρων ἀκτίνων Roentgen καὶ καλοῦνται **ἀκτίνες γ** . Αἱ ἀκτίνες αὗται — ὅπως καὶ αἱ ἀκτίνες Roentgen —, διερχόμεναι διὰ τῶν ἀερίων, προκαλοῦν ἰονισμόν αὐτῶν. Ὅπως ὑποδεικνύεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα 384, αἱ ἀκτίνες γ δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐκτραποῦν ὑπὸ μαγνητικοῦ (ἢ ἡλεκτρικοῦ) πε-

δίου, καθόσον δὲν πρόκειται περὶ φορτισμένων σωματίων, ἀλλὰ περὶ ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας.

Αἱ ἀκτίνες γ , λόγῳ τοῦ μικροῦ μήκους κύματος αὐτῶν, εἶναι περισσότερον διεισδυτικαὶ καὶ τῶν σκληροτέρων ἀκτίνων Roentgen, διαπερῶσαι στρώματα μολύβδου, πάχους ἄρκετῶν ἑκατοστομέτρων. Αἱ ἀκτίνες γ χρησιμοποιοῦνται, ὅπως καὶ αἱ ἀκτίνες Roentgen, δι' ἀκτινοθεραπείαν.

§ 328. Μεταβολαὶ τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων κατὰ τὴν ἐκπομπὴν ἐνὸς σωματίου α ἢ β . Ὅπως εἶπομεν ἀνωτέρω, ὠρισμένοι ραδιενεργοὶ πυρήνες (ὅπως, π.χ., ὁ πυρὴν τοῦ ραδίου) διασπῶνται αὐτομάτως, ὑπὸ ταυτόχρονον ἐκπομπὴν ἐνὸς σωματίου α . Ἐπειδὴ, ὡς ἐλέχθη εἰς προηγουμένην παράγραφον, τὰ σωματῖα α εἶναι πυρήνες τοῦ ατόμου τοῦ ἡλίου — ἔχουν, δηλ., φορτίον $+2 \cdot e$ καὶ ἀτομικὸν βάρος 4 — ἔπεται ὅτι ὁ «θυγατρικὸς» πυρὴν, ὁ ἐναπομένειν μετὰ τὴν ἐκπομπὴν ἐνὸς σωματίου α , θὰ ἔχῃ ἀτομικὸν ἀριθμὸν, κατὰ 2 μικρότερον τοῦ «μητρικοῦ», ἀτομικὸν δὲ βάρος κατὰ 4 μικρότερον. Ὁ θυγατρικὸς οὗτος πυρὴν δὲν εἶναι σταθερὸς, ἀλλὰ διασπᾶται ὁμοίως ὡς ὁ μητρικὸς καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται διαδοχικῶς, μέχρις ὅτου παραγθῇ σταθερὸς πυρὴν (πυρὴν μολύβδου).

Ἐκτὸς τῶν πυρήνων, οἱ ὅποιοι, ὅταν διασπῶνται, ἐκπέμπουν σωματῖα α , ὑπάρχουν καὶ ἄλλοι, οἱ ὅποιοι (ὅπως εἶδομεν καὶ ἀνωτέρω), διασπῶμενοι, ἐκπέμπουν σωματῖα β . Ἐπειδὴ τὸ σωματῖον β ἔχει φορτίον $-1 \cdot e$, ἡ δὲ μᾶζα του δύναται νὰ θεωρηθῇ ἀμελητέα, ἔπεται ὅτι ὁ δι' ἐκπομπῆς ἐνὸς σωματίου β παραγόμενος «θυγατρικὸς» πυρὴν θὰ ἔχῃ ἀτομικὸν ἀριθμὸν κατὰ ἓνα μεγαλύτερον τοῦ «μητρικοῦ», ἐνῶ τὸ ἀτομικὸν του βάρος θὰ παραμείνῃ, πρακτικῶς, ἀμετάβλητον.

Εἰς πολλὰς διασπάσεις ἡ ἐκπομπὴ τῶν σωματίων β συνοδεύεται καὶ ὑπὸ ἐκπομπῆς ἀκτίνων γ .

Ἡ ἐκπομπὴ τῶν σωματίων α καὶ β ὑπὸ τῶν ραδιενεργῶν πυρήνων δύναται νὰ ἐξηγηθῇ ὡς ἑξῆς: Ἐκ τοῦ συνόλου τῶν πρωτονίων καὶ τῶν νετρονίων τοῦ ραδιενεργοῦ πυρήνους, δύο πρωτόνια καὶ δύο νετρόνια σχηματίζουν ἓν συσσωμάτωμα (δηλ., ἓν σωματῖον α), τὸ ὁποῖον ἐκδιώκεται ἐκ τοῦ πυρήνους μετὰ μεγάλης ταχύτητος. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἐκπομπὴν τοῦ σωματίου β (τὸ ὁποῖον, ὡς γνωστόν, εἶναι ἓν ἡλεκτρόνιον), εὐρέθη ὅτι τοῦτο δὲν προϋπῆρχεν ἐνὶ τῷ πυρὴν, (ὁ ὁποῖος, ὡς ἐλέχθη, ἀποτελεῖται μόνον ἐκ πρωτονίων καὶ νετρονίων), ἀλλὰ παράγεται κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς του, διὰ μετατροπῆς ἐνὸς νετρονίου εἰς ἓν πρωτόνιον καὶ εἰς ἓν ἡλεκτρόνιον — ὅπως δεικνύει καὶ ἡ συμβολικὴ παράστασις



Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ κάτω δείκτης (0) τοῦ ἀριστεροῦ μέλους τῆς παραστάσεως ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν κάτω δεικτῶν (+1) καὶ (−1) τοῦ δεξιῶν μέλους. Τοῦτο δηλοῖ τὸ ἀμετάβλητον τοῦ ὁλικοῦ φορτίου. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ εἰς τοὺς ἄνω δείκτας, τὸ ὁποῖον δηλοῖ τὸ ἀμετάβλητον τῆς ὁλικῆς μᾶζης.

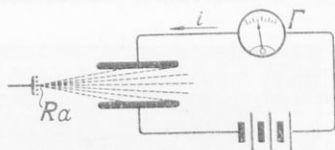
★ § 329. Αἱ τρεῖς ραδιενεργοὶ οἰκογένειαι (τρεῖς σειραὶ ραδιενεργῶν στοιχείων). Ὅπως εὐρέθη, ὅταν ὁ πυρὴν τοῦ οὐρανίου 238 διασπᾶται, δὲν δίδει πυρῆνα σταθερόν, ἀλλ' ἀσταθῆ, ὁ ὁποῖος, ἐπίσης, διασπᾶται κ.ο.κ. Ἐν τῶν προϊόντων τῶν διαδοχικῶν διασπάσεων εἶναι καὶ τὸ ράδιον. Ἀλλὰ καὶ τὸ ράδιον, ὡς γνωστόν, εἶναι ραδιενεργὸν καὶ διασπᾶται, ἐν συνεχείᾳ, εἰς ἄλλο ἀσταθὲς στοιχεῖον. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, γίνεται σειρά διαδοχικῶν διασπάσεων, ἡ ὁποία παύει, ὅταν καταλήξῃ εἰς σταθερόν πυρῆνα, ὁ ὁποῖος εἶναι ἓν ἰσότοπον τοῦ μολύβδου. Τὸ σύνολον

των στοιχείων, των προερχομένων εκ της διασπάσεως του ουρανίου, αποτελεί την *οικογένειαν ουρανίου-ραδίου*.

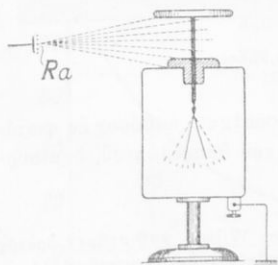
Τὰ υπόλοιπα φυσικῶς ραδιενεργὰ στοιχεῖα κατατάσσονται εἰς δύο, ἀκόμη, οἰκογενείας—τὴν *οἰκογένειαν τοῦ Ἀκτινίου* καὶ τὴν *οἰκογένειαν τοῦ Θωρίου*—προερχονται δὲ ἐκ διασπάσεως τοῦ Ἀκτινουρανίου (*AcU*) καὶ τοῦ Θωρίου (*Th*). Καὶ εἰς τὰς οἰκογενείας ταύτας τὸ τελικὸν προϊόν των διασπάσεων εἶναι ἐν σταθερὸν ἰσότοπον τοῦ μολύβδου, ὅπως καὶ εἰς τὴν οἰκογένειαν ουρανίου-ραδίου.

§ 330. Μέθοδοι παρατηρήσεως σωματίων. Διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν σωματίων, τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῶν ραδιενεργῶν πυρηνῶν, χρησιμοποιούνται εἰδικὰ ὄργανα, μερικὰ τῶν ὁποίων καὶ περιγράφομεν.

α) **Θάλαμος Ιονισμού.** Ὡς γνωστόν, δέσμη κινουμένων σωματίων (π.χ., σωματίων α ἢ β), διερχομένη δι' ἐνὸς αἰρίου, προκαλεῖ ἰονισμόν αὐτοῦ, λόγῳ τῶν συγκρούσεων τῶν σωματίων αὐτῶν μετὰ τῶν ατόμων τοῦ αἰρίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐκμεταλλευσόμεθα εἰς τὸν **θάλαμον ἰονισμού** (σχ. 385) διὰ νὰ διαπιστώσωμεν τὴν παρουσίαν τοιαύτων σωματίων: Πρὸς τοῦτο συνδέομεν τοὺς ὀπλισμοὺς ἐνὸς πυκνωτοῦ μὲ τοὺς πόλους ἡλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς τάσεως, παρεμβάλλοντες εἰς τὸ κύκλωμα καὶ τὸ γαλβανόμετρον Γ . Τὸ γαλβανόμετρον οὐδὲν ρεῦμα θὰ δεικνύῃ. Ἐάν, τώρα, διὰ τοῦ αἵρος, τοῦ εὐρισκομένου μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν, διέλθουν σωματῖα, θὰ τὸν ἰονίσουν καὶ τὸ γαλβανόμετρον θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος (μὴ αὐτοτελὲς ἀγωγιμότης, § 258). Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τούτου θὰ εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον μεγαλύτερος θὰ εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἰονιζόντων σωματίων. Διὰ τοῦ θαλάμου ἰονισμού, λοιπόν, δυνάμεθα νὰ κρίνωμεν περὶ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν διερχομένων σωματίων.



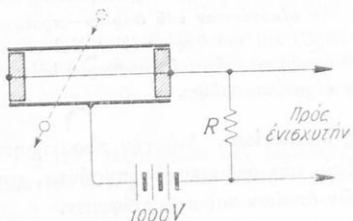
Σχ. 385. Θάλαμος ἰονισμού (ἀρχή).



Σχ. 386. Τὰ σωματῖα ἰονίζουν τὸν αἶρα καὶ προκαλοῦν ἐκφόρτισιν τοῦ ἡλεκτροσκοπίου.

Ἐάν τὰ ἰονίζοντα σωματῖα εἶναι ὀλίγα, τὸ ρεῦμα εἶναι τόσον ἀσθενές, ὥστε δὲν δύναται νὰ μετρηθῇ διὰ γαλβανομέτρου. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ ὑπαρξὶς τῶν σωματίων δύναται νὰ πιστοποιηθῇ ἐκ τῆς ἐκφορτίσεως φορτισμένου ἡλεκτροσκοπίου (σχ. 386): Τὰ δημιουργούμενα εἰς τὸ περιβάλλον τοῦ ἡλεκτροσκοπίου ἰόντα καθιστοῦν τὸν αἶρα ἀγώγιμον (ὅπως καὶ εἰς τὸν θάλαμον ἰονισμού) καὶ τὸ ἡλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται. Ὁ θάλαμος ἰονισμού χρησιμοποιεῖται καὶ διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐντάσεως τῆς ἀκτινοβολίας Roentgen καὶ τῆς ἀκτινοβολίας γ , καθόσον, ὡς ἐλέχθη εἰς προηγουμένας παραγράφους, καὶ αἱ ἀκτινοβολαὶ αὗται προκαλοῦν ἰονισμόν τοῦ αἵρος.

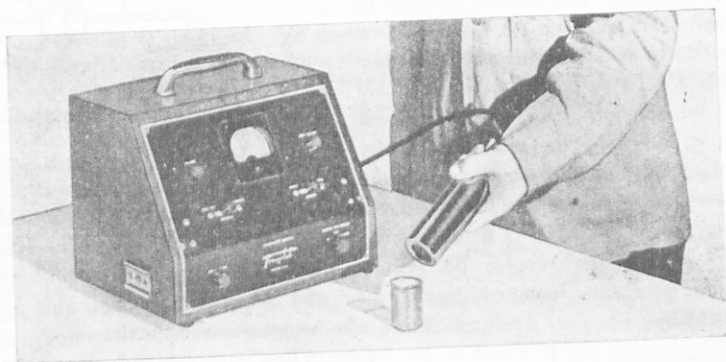
β) **Ἀπαριθμητής Geiger (Γκάϊγκερ)**. Ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐκ μεταλλίνου σωλῆνος (σχ. 387), ὁ ὁποῖος φέρει, κατὰ μήκος τοῦ ἄξονός του, λεπτὸν σύρμα καὶ περιέχει ἀέριον ὑπὸ μικρὰν πίεσιν. Μεταξὺ τοῦ σωλῆνος καὶ τοῦ σύρματος ἐφαρμόζεται ἠλεκτρικὴ τάσις, ὀλίγον μικρότερα τῆς ἀπαιτούμενης διὰ νὰ ἐκσπάσῃ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Ἐάν, τώρα, διὰ τοῦ σωλῆνος διέλθῃ ἓν σωματίον, θὰ δημιουργηθῇ ἀριθμὸς τις ἰόντων, με ἀποτέλεσμα ν' ἀρχίσῃ ἠλεκτρικὴ ἐκκένωσις. Τὸ



Σχ. 387. Ἀπαριθμητής Geiger (ἀρχή).

ἐκ τῆς ἠλεκτρικῆς ἐκκένωσης προκαλούμενον ρεῖμα, ἀφοῦ ἐνισχυθῇ διὰ κατὰλλήλου ἐνισχυτοῦ, διαβιβάζεται διὰ μεγαφώνου καί, οὕτω, ὡσάκις διὰ τοῦ ἀπαριθμητοῦ διέρχεται ἓν σωματίον, ἀκούομεν ἓνα κρότον.

Ὁ ἀπαριθμητής Geiger δύναται νὰ μετρήσῃ, ἐκτὸς τῶν ἰονιζόντων



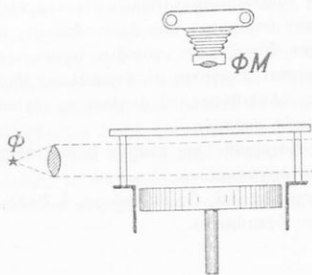
Σχ. 388. Πλήρης διάταξις ἀπαριθμήσεως.

σωματίων, καὶ τὰς ἀκτίνες γ καὶ τὰς ἀκτίνες Roentgen, καθόσον ἓν φωτόνιον τῶν ἀκτινοβολιῶν αὐτῶν, διερχόμενον διὰ τοῦ ἀπαριθμητοῦ, δημιουργεῖ ἀριθμὸν τινα ἰόντων.

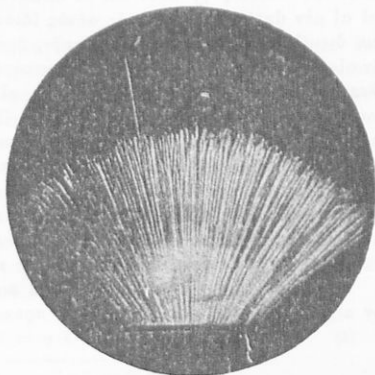
γ) **Θάλαμος Wilson (Οὐΐλσον)**. Διὰ τοῦ θαλάμου Wilson, καθιστῶμεν ὁρατὰς τὰς τροχιὰς ἐνὸς ἐκάστου σωματίου. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ κλειστοῦ θαλάμου (σχ. 389), φέροντος ὑάλινον παράθυρον διὰ τὴν παρατήρησιν καὶ περιέχοντος ἀέρα καὶ κεκορεσμένους ὑδρατμούς. Δι' ἀποτόμου ἐκτινώσεως (*), ἡ θερμοκρασία τοῦ αέ-

(*) Εἰς τὴν συσκευὴν τοῦ σχήματος 389 ἡ ἐκτίνωσις ἐπιτυγχάνεται διὰ κινήσεως τοῦ ἐμβόλου.

ρος τοῦ ἑθαλάμου κατέρχεται, ὁπότε οἱ ὑδρατμοὶ ὑγροποιῶνται καὶ σχηματίζουν μικρὰ σταγονίδια. Ἐάν ἐντὸς τοῦ θαλάμου ὑπάρχουν ἰόντα, τὰ σταγονίδια σχηματίζονται κατὰ προτίμησιν ἐπ' αὐ-



Σχ. 389. Θάλαμος Wilson (ἀσχή).
Φ = διάταξις φωτισμοῦ ΦM = φω-
τογραφικὴ μηχανή.

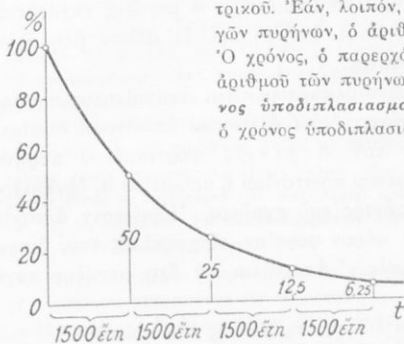


Σχ. 390. Φωτογραφία τῶν τροχιῶν σω-
ματίων α ἐντὸς θαλάμου Wilson.

τῶν. Συνεπῶς, ἐάν κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκτονώσεως διέλθῃ διὰ τοῦ θαλάμου ἓν σωματίον, θὰ σχηματισθοῦν, κατὰ μῆκος τῆς διαδρομῆς του, ἰόντα καὶ ἐπ' αὐτῶν θὰ γίνῃ ἡ ὑγροποίησις, ὁπότε θὰ ἐμφανισθῇ μία γραμμὴ ἐντὸς τοῦ θαλάμου, δεικνύουσα τὴν τροχίαν, τὴν ὁποίαν διέγραψε τὸ σωματίον.

Εἰς τὸ σχῆμα 390 φαίνονται αἱ τροχиаί σωματίων α, τὰ ὁποῖα διήλθον διὰ θαλάμου Wilson, ἐκάστη τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ἐκ μεγάλου ἀριθμοῦ σταγονιδίων.

§ 331. Νόμος τῶν ραδιενεργῶν μετατροπῶν. Ὅπως εἶπομεν ἀνωτέρω, κατὰ τὴν διάσπασιν ἑνὸς ραδιενεργοῦ πυρήντος ἐκπέμπεται ἓν θραῦσμα καὶ ἀπομένει ὁ θυγατρικὸς πυρῆν, ὁ ὁποῖος εἶναι διάφορος τοῦ μητρικοῦ. Ἐάν, λοιπόν, θεωρήσωμεν ἀριθμὸν τινα ραδιενεργῶν πυρήνων, ὁ ἀριθμὸς οὗτος, σὺν τῷ χρόνῳ, ἐλαττωταί. Ὁ χρόνος, ὁ παρερχόμενος μέχρις οὗτου, ἐκ τοῦ ἀρχικοῦ ἀριθμοῦ τῶν πυρήνων, ἀπομένει τὸ ἥμισυ, καλεῖται **χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ**. Οὕτω, ὅταν λέγωμεν, π.χ., ὅτι ὁ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ τοῦ ραδίου εἶναι 1500 ἔτη, ἐννοοῦμεν ὅτι, μετὰ πάροδον 1500 ἐτῶν, θὰ ἔχῃ ἀπομένει τὸ ἥμισυ τῆς ποσότητος τοῦ ραδίου, τὴν ὁποίαν ἔχομεν σήμερον. Μετὰ ἄλλα 1500 ἔτη, θὰ ἔχῃ ἀπομείνει τὸ ἥμισυ τοῦ ἡμίσεος—δηλ., τὸ $\frac{1}{4}$ —κ.ο.κ. (**Νόμος τῶν ραδιενεργῶν μετατροπῶν**). Τὸν νόμον αὐτὸν παριστᾷ γραφικῶς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 391.



Σχ. 391.

εἶναι χαρακτηριστικὸς δι' ἕκαστον ραδιενεργὸν στοιχεῖον καὶ δὲν δύναται νὰ ἐπηρρασθῇ δι' ἐξωτερικῶν ἐπιδράσεων (θερμοκρασία, μαγνητικὸν πεδίου κ.λ.).

§ 332. Βιολογική δράσις τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων. Τόσον αἱ ἀκτίνες γ, ὅσον καὶ τὰ σωματία β ἀσκοῦν ἐντόνους βιολογικὰς δράσεις. Καὶ αἱ μὲν ἀκτίνες γ ἔχουν τὰς αὐτὰς ιδιότητες, ὅπως αἱ σκληραὶ ἀκτίνες Roentgen, διεισδύουν, δηλ., ἐντὸς τῶν ἰσίων, δυνάμεναι νὰ προκαλέσουν βαρεῖας βλάβας· τῶν αἰμοποιητικῶν ὀργάνων καὶ τῶν κυττάρων τοῦ αἵματος (λευκαμία). Ἐτερον ἀποτέλεσμα τῆς ἐπιδράσεως τῶν ἀκτίνων γ εἶναι ἡ ἐμφάνισις μεταβολῶν εἰς τοὺς κληρονομικὰς καταθέσεις (δηλ., μεταλλάξεων): Ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ἀκτινοβολιῶν, τὰ εἰς τὰ χρωματοσώματα τοῦ πυρήνος τῶν κυττάρων ἐδραζόμενα γονίδια ὑφίστανται ἀποτόμους μεταβολάς, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ παράγονται ἀπόγονοι μὲ ἀνωμάλους ιδιότηας, αἱ ὁποῖαι καὶ μεταδίδονται κληρονομικῶς. Ἀντιθέτως, αἱ ἀκτίνες γ, εἰς κατὰλληλον δόσιν, χρησιμοποιοῦνται διὰ θεραπευτικῶν σκοποῦς.

Τὰ σωματία β, ὡς εὐκόλως ἀπορροφώμενα, εἰσχωροῦν εἰς μικρὸν βάθος ἐντὸς τῶν ἰσίων, προκαλοῦντα, ὡσαύτως, βλάβας εἰς τὸν ὀργανισμόν.

Τὰ σωματία α, τέλος, ἀπορροφῶνται πολὺ ἱσχυρῶς καὶ, ὡς ἐκ τούτου, ἡ δράσις τῶν περιορίζεται ἐπὶ τῆς ἐπιδερμίδος, προκαλοῦσα ἐγκαύματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΛΓ'

ΤΕΧΝΗΤΗ ΔΙΑΣΠΑΣΙΣ ΤΩΝ ΠΥΡΗΝΩΝ

§ 333. Πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις. Ὅπως εἶδομεν ἀνωτέρω, οἱ πυρῆνες τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων διασπῶνται αὐτομάτως, ἐπειδὴ, ἐκ κατασκευῆς, εἶναι ἀσταθεῖς. Ἐν τούτοις, εἶναι δυνατόν νὰ ἐπιτύχωμεν διάσπασιν καὶ τῶν σταθερῶν ἀδόμη πυρήνων, ἀρκεῖ νὰ βομβαρδίσωμεν αὐτοὺς διὰ κινουμένων σωματίων, μεγάλης ταχύτητος. Οὕτω, π.χ., ἐὰν σωματίον α μεγάλης ταχύτητος προσέσῃ ἐπὶ πυρήνος ἁξώτου, ὁ πυρὴν οὗτος διασπᾶται καὶ ἐκπέμπει ἓν πρωτόνιον, ἐνῶ ὁ ἀπομένων πυρὴν εἶναι πυρὴν ὀξυγόνου (*).

Ἐκτὸς τῶν ἀναφερθέντων βλημάτων (σωματίων α μεγάλης ταχύτητος), ἡ τεχνητὴ διάσπασις τῶν πυρήνων εἶναι δυνατὴ καὶ δι' ἄλλων βλημάτων, π.χ., διὰ πρωτονίων μεγάλης ταχύτητος.

Ἡ μεγάλη ταχύτης τῶν ἀνωτέρω βλημάτων εἶναι ἀπαραίτητος προϋπόθεσις διὰ τὴν διάσπασιν ἐνὸς πυρήνος, διότι, ἄλλως, αἱ ἀπωστικαὶ δυνάμεις Coulomb, αἱ ἐξασκούμεναι μεταξὺ τοῦ θετικῶς φορτισμένου πυρήνος καὶ τοῦ ἐπίσης θετικῶς φορτισμένου πρωτονίου ἢ σωματίου α, δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διεισδυσιν τοῦ βλήματος ἐντὸς τοῦ πυρήνος. Ἐξαιρέσειν ἀποτελεῖ τὸ νετρόνιον, διότι τοῦτο, ὡς μὴ φέρον φορτίον, εἰσχωρεῖ εἰς τοὺς διαφόρους πυρήνας καὶ τοὺς διασπᾷ, χωρὶς ν' ἀπαιτῆται νὰ ἔχῃ μεγάλην ταχύ-

(*) Ἡ διάσπασις αὕτη παρίσταται διὰ τῆς συμβολικῆς παραστάσεως



Παρατηροῦμεν οἷα ὁ παραγόμενος πυρὴν τοῦ ὀξυγόνου δὲν εἶναι ὁ πυρὴν τοῦ κοινοῦ ὀξυγόνου (τὸ ὁποῖον ἔχει ἀτομικὸν βάρος 16), ἀλλ' ἄλλος, σπανιότερος, ἰσότοπος αὐτοῦ, ὁ ὁποῖος ἔχει ἀτομικὸν βάρος 17.

τητα. Παράδειγμα τοιούτων διασπάσεων διὰ νετρονίων θά γνωρίσωμεν κατὰ τὴν *σχάσιν* τοῦ οὐρανίου (§ 338).

§ 334. Διατάξεις επιταχύνσεως βλημάτων. Ὅπως εἶπομεν ἀνωτέρω, διὰ τὴν διάσπασιν τῶν πυρηνῶν ἀπαιτοῦνται βλήματα μεγάλης ταχύτητος. Ὡς τοιαῦτα δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν, π.χ., τὰ σωματία α , τὰ ὁποῖα ἐκπέμπονται ὑπὸ τῶν ραδιενεργῶν πυρηνῶν. Ἐκτὸς αὐτῶν, ὅμως, πολλάκις ἀπαιτοῦνται βλήματα ἄλλου εἶδους, π.χ., πρωτόνια. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὴν ἀναγκαίαν μεγάλην ταχύτητα προσδίδομεν εἰς τὰ σωματία, δι' ἐπιταχύνσεως αὐτῶν ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἓν σωματίον, φορτισμένον μὲ φορτίον q , ὅταν ἐπιταχύνεται ἐντὸς ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ συλλογισμοῦ ὅτι ἡ κινητικὴ ἐνέργεια $m \cdot v^2/2$, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησε τὸ σωματίον, ὅταν ἐκινήθη μεταξὺ δύο σημείων, τὰ ὁποῖα ἔχουν διαφορὰν δυναμικοῦ U , θά εἶναι ἴση μὲ τὸ ἔργον $q \cdot U$, τὸ ὁποῖον παρήχθη ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου (βλ. § 180). Ἦτοι, θά εἶναι

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = q \cdot U. \quad (1)$$

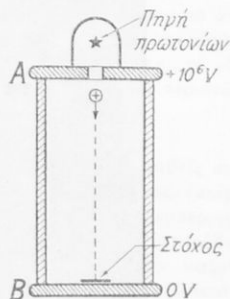
Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ *κινητικὴ ἐνέργεια* τοῦ σωματίου εἶναι ἀνάλογος τῆς τάσεως.

Κατ' ἀρχήν, λοιπόν, μία διάταξις επιταχύνσεως θ' ἀποτελεῖται ἐκ τῆς πηγῆς τῶν φορτισμένων σωματίων (σωλὴν διανυστικῶν ἀκτίνων, περιέχων ὑδρογόνον ἢ δευτέριον ἢ ἥλιον κ.λ.) καὶ ἐξ αερόκενου δοχείου, ἐντὸς τοῦ ὁποίου τὰ σωματία ταῦτα θά ἐπιταχύνωνται (*σχ. 392*). Εἰς τὰ δύο ἡλεκτροδία A, B ἐφαρμόζεται ὑψηλὴ τάσις, ἡ ὁποία ἐπιταχύνει τὰ σωματία (π.χ., πρωτόνια) καὶ δίδει εἰς αὐτὰ κινητικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία ὑπολογίζεται διὰ τοῦ τύπου (1). Τὰ σωματία ταῦτα προσβάλλουν τὸν ἀπέναντι εὐρισκόμενον στόχον καὶ διασποῦν τοὺς πυρήνες τοῦ ὕλικου, ἐκ τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖται οὗτος.

Εἰς τὰς πυρηνικὰς διασπάσεις ἐπιδιώκεται ὥπως τὰ βλήματα ἔχουν ὅσον τὸ δυνατόν μεγαλυτέραν ἐνέργειαν. Τοῦτο σημαίνει ὅτι ἡ τάσις, ἡ ὁποία θά ἐπιταχύνῃ τὰ σωματία, πρέπει νὰ εἶναι ὅσον τὸ δυνατόν μεγαλυτέρα. Ἐπειδὴ, ὅμως, ἡ τάσις αὕτη δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ, διὰ τεχνικοὺς λόγους, τὸ 1 ἢ 2 ἑκατομμύρια βόλτε, κατασκευάσθησαν εἰδικὰ ἐπιταχυντικὰ μηχανήματα, μὲ τὴν βοήθειαν τῶν ὁποίων δίδονται, δι' ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐπανειλημμέναι ὠθήσεις εἰς τὰ σωματία, ὅποτε αἱ ἀπαραίτητοι τάσεις εἶναι μικρότεροι. Παράδειγμα τοιαύτης διατάξεως εἶναι τὸ *κύκλωτρον* (βλ. κατωτέρω) καὶ ἄλλα μηχανήματα, διὰ τῶν ὁποίων δίδεται εἰς τὰ σωματία, δι' ἐπανειλημμένων ὠθήσεων, κινητικὴ ἐνέργεια, ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὰς δισεκατομμυρίων βόλτε.

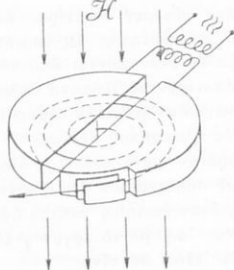
Κύκλωτρον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἡλεκτροδίων εἰς σχῆμα κόλλου κυλινδρικοῦ τυμπάνου, τετημημένον εἰς τὸ μέσον (*σχ. 393* καὶ *σχ. 394*). Εἰς τὰ δύο ἡλεκτροδία ἐφαρμόζεται ἐναλλασσομένη τάσις, ὅποτε εἰς τὸ μεταξὺ αὐτῶν διάκενον σχηματίζεται ἐναλλασσόμενον ἡλεκτρικὸν πεδίου. Ἡ συσκευή εἶναι αερόκενος καὶ εὐρίσκεται μεταξὺ τῶν πόλων μεγάλου ἡλεκτρομαγνήτου. Εἰς τὸ κέντρον τοῦ ζεύγους τῶν ἡλεκτροδίων τοποθετεῖται ἡ πηγή, ἡ παρέχουσα τὰ φορτισμένα σωματία (πρωτόνια κ.λ.), τὰ ὁποῖα πρόκειται νὰ ἐπιταχυνθοῦν.

Ἡ λειτουργία τοῦ κυκλότρον ἔχει ὡς ἑξῆς: Τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίου ἐξασκεῖ ἐπὶ



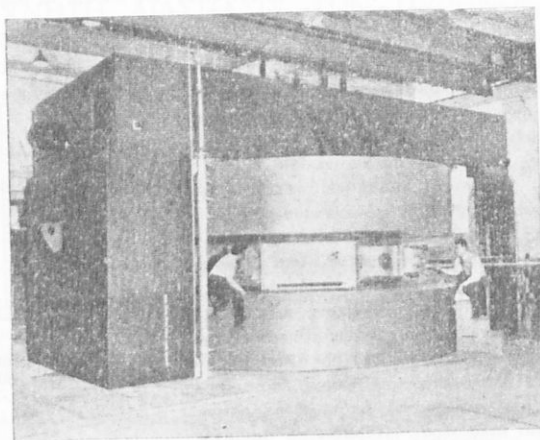
Σχ. 392. Διάταξις επιταχύνσεως πρωτονίων. Μεταξὺ τῶν δύο μεταλλικῶν πλακῶν A, B ἔχει ἐφαρμοσθῇ τάσις 10^6 V.

τῶν φορτισμένων σωμάτων μίαν δύναμιν, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς ὁποίας ταῦτα κινούνται πρὸς τὸ ἐν ἡλεκτροδίδιον, εἰς τὸ ὁποῖον καὶ εἰσέρχονται. Εἰς τὸ ἐσωτερικόν,



Σχ. 393. Κύκλωτρον (ἀρχή).

ὅμως, τῶν ἡλεκτροδιδίων δὲν ὑπάρχει ἡλεκτρικὸν πεδίον (βλ. ἀρχὴν τοῦ κλωβοῦ τοῦ Faraday, § 187) καί, ὡς ἐκ τούτου, τὰ σωμάτια θὰ ἐκινουῦντο εὐθυγράμμως, ἐὰν δὲν ὑπῆρχε τὸ μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὅμως, ἐξισοκεῖ ἐπὶ τῶν κινουμένων σωμάτων δυνάμεις κατὰ Laplace, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν ὁποίων τὰ σωμάτια ταῦτα διαγράφουν κυκλικὴν τροχίαν καὶ ἐξέρχονται ἐκ τοῦ ἡλεκτροδίου, ὅποτε εὐρίσκονται, ἐκ νέου, ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ διακένου. Ἐν τῷ μεταξὺ, ὅμως, λόγφ τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως, ἔχει ἀλλάξει ἡ πολικότης τῶν δύο ἡλεκτροδιδίων κατὰ τρόπον ὥστε τὰ σωμάτια νὰ ἐπιταχύνωνται ἐκ νέου, ἐλκόμενα ὑπὸ τοῦ ἄλλου ἡλεκτροδίου. Καθ' ἑκάστην, λοιπόν, μετάβασιν τῶν σωμάτων ἐκ τοῦ ἑνὸς ἡλεκτροδίου εἰς τὸ ἄλλο, ἡ ταχύτης αὐτῶν αὐξάνεται συνεχῶς. Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ ἀκτίς τῶν κυκλικῶν τροχιῶν, τὰς ὁποίας διαγράφουν τὰ σωμάτια, αὐξάνεται αὐξανομένης τῆς ταχύτητος. Ὅταν ἡ ἀκτίς αὕτη γίνῃ ἴση πρὸς τὴν ἀκτίνα τῶν ἡλεκτροδιδίων, τὰ σωμάτια



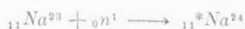
Σχ. 394. Κύκλωτρον.

ἐλκονται δι' εἰδικοῦ ἡλεκτροδίου καί, ἐξερχόμενα διὰ τινος λεπτοῦ παραθύρου, προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ στόχου, τοῦ ὁποίου τοὺς πυρῆνας πρόκειται νὰ διασπᾶσμεν.

§ 335. Τεχνητὴ ραδιενέργεια. Εἰς ὥρισμένες πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, ὡς προϊόντα τῆς διασπάσεως παράγονται πυρῆνες, οἱ ὁποῖοι δὲν εἶναι σταθεροί, ἀλλὰ διασπῶνται μετὰ τὴν ἀπόδοσιν τοῦ χρόνου, ἀκριβῶς ὅπως οἱ φυσικοὶ ραδιενεργοὶ πυρῆνες. Στοιχεῖα μετὰ τοιούτου εἶδους πυρῆνας δὲν ἀπαντοῦν εἰς τὴν φύσιν, ἐπειδὴ δὲ παράγονται τεχνητῶς, καλοῦνται

τεχνητὰ ραδιενεργὰ στοιχεῖα. Τὰ ἀσταθῆ ταῦτα στοιχεῖα καλοῦνται καὶ **ραδιενεργὰ ἰσότοπα**(*), διότι εἶναι ἰσότοπα σταθερῶν στοιχείων, τὰ ὅποια ὑπάρχουν εἰς τὴν φύσιν, ἔχουν τὰς ἰδίας μὲ ἐκείνας χημικὰς ἰδιότητας, διαφέρουν, ὅμως, αὐτῶν κατὰ τὴν ἰδιότητα νὰ εἶναι ἀσταθῆ.

Παράδειγμα κατασκευῆς τεχνητοῦ ραδιενεργοῦ στοιχείου εἶναι τὸ ἑξῆς: Ἐάν βομβαρδίσωμεν νάτριον μὲ νετρόνια, τότε, κατὰ τὴν συμβολικὴν παράστασιν



παράγεται ἓν νέον στοιχεῖον, τὸ ${}_{11}^*\text{Na}^{24}$, τὸ ὁποῖον καλεῖται **ραδιενεργὸν νάτριον** καὶ εἶναι ἓν μὴ ὑπάρχον εἰς τὴν φύσιν ἰσότοπον τοῦ συνήθους νατρίου (${}_{11}\text{Na}^{23}$). Τὸ ραδιενεργὸν νάτριον εἶναι ἀσταθὲς καὶ διασπάζεται ὑπο ἐκπομπὴν ἑνὸς σωματίου β, μετατρέπόμενον εἰς ἓν σταθερὸν ἰσότοπον τοῦ μαγνησίου, κατὰ τὴν συμβολικὴν παράστασιν



Ἐκτὸς τοῦ ραδιενεργοῦ νατρίου δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν πλείστα ὅσα ραδιενεργὰ ἰσότοπα, π.χ., ραδιενεργὸν ἄνθρακα, ραδιενεργὸν φώσφορον, ραδιενεργὸν ἰώδιον κ.λ.

Ἐπειδὴ τὰ ραδιενεργὰ ἰσότοπα, διασπώμενα, ἐκπέμπουν διάφορα σωματῖα (σωματῖα β κ.λ.), εἶναι πολὺ εὐκόλῳ ν' ἀνιχνευθοῦν μὲ ἓνα ἀπαριθμητὴν Geiger. Τὸ φαινόμενον τοῦτο μᾶς ἐπιτρέπει, π.χ., νὰ μελετήσωμεν, τῇ βοηθείᾳ ραδιενεργοῦ ἀνθρακος, τὴν δρασὶν διαφόρων φαρμάκων, νὰ παρακολουθησώμεν τὴν πορείαν αὐτῶν ἐντὸς τοῦ ὁργανισμοῦ κ.λ. Ἀφ' ἑτέρου, ὥρισμένα ραδιενεργὰ ἰσότοπα (π.χ., τὸ ραδιενεργὸν κοβάλτιον) ἐκπέμπουν ἀκτίνες γ καί, οὕτω, δύνανται εἰς πολλὰς περιπτώσεις, ν' ἀντικαταστήσουν τὰς ἀκτίνες Roentgen ἢ καὶ τὸ ράδιον.

★ § 336. Ποζιτρόνιον. Εἰς τὴν § 325 εἶδομεν ὅτι ὥρισμένοι ἀσταθεῖς πυρῆνες, ὅπως οἱ πυρῆνες τοῦ οὐρανίου, ραδίου, κ.λ., διασπώμενοι αὐτομάτως, ἐκπέμπουν σωματῖα (σωματῖα α, σωματῖα β) καθὼς καὶ ἀκτίνες γ. Τὴν αὐτὴν συμπεριφορὰν παρουσιάζουν καὶ τὰ ραδιενεργὰ ἰσότοπα (§ 335). Ὅπως, ὅμως παρατηρήθη, ὥρισμένα ἐξ αὐτῶν ἐκπέμπουν σωματῖα β, τὰ ὅποια ἔχουν τὴν αὐτὴν μὲν μᾶζαν, ὅπως καὶ τὰ συνήθη σωματῖα β, ἀλλὰ φορτίον ἀντιθέτου σημείου, δηλ., θετικόν. Πρόκειται, λοιπόν, περὶ θετικῶν ἡλεκτρονίων τὰ ὅποια καλοῦνται **ποζιτρόνια**(**) καὶ συμβολίζονται διὰ τοῦ συμβόλου ${}_{+1}e^0$. Διὰ τὴν ἐκπομπὴν τοῦ θετικοῦ σωματίου β (δηλ., τοῦ ποζιτρονίου) δύνανται νὰ λεχθοῦν ὅσα ἐλέγχθησαν διὰ τὴν ἐκπομπὴν τῶν (συνήθων) σωματίων β (§ 328): Τὰ ποζιτρόνια δὲν προϋπάρχουν ἐντὸς τῶν πυρήνων, ἀλλὰ παράγονται κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἐκπομπῆς τῶν, διὰ μετατροπῆς ἑνὸς πρωτονίου εἰς ἓν νετρόνιον καὶ ἓν ποζιτρόνιον, κατὰ τὴν συμβολικὴν παράστασιν



Ἐκ τῆς μετατροπῆς ταύτης ἐλαττοῦται ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων τοῦ πυρήνος κατὰ 1, ἐνῶ, ἀντιστοίχως, αὐξάνεται ὁ ἀριθμὸς τῶν νετρονίων κατὰ 1. Συνεπῶς, ὅταν οἱ πυρῆνες ἑνὸς ραδιενεργοῦ ἰσοτόπου, διασπώμενοι, ἐκπέμπουν ἓν ποζιτρόνιον, οἱ δημιουργούμενοι θυγατρικοὶ πυρῆνες θὰ ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν κατὰ 1 μικρότερον.

(*) Πολλάκις καλοῦνται καὶ **ραδιοϊσότοπα**. Ὁ ὅρος, ὅμως, οὗτος τείνει νὰ παρῶσθῃ τὸν ἀναγνώστην εἰς τὸ νὰ νομίσῃ ὅτι πρόκειται περὶ ἰσοτόπων τοῦ ραδίου.

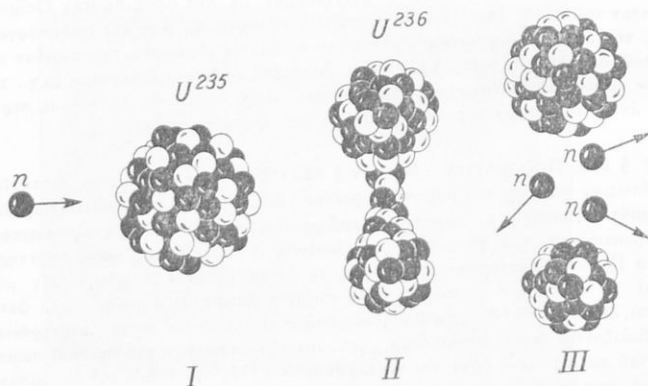
(**) Ἐκ τοῦ λατινικοῦ positivus = θετικός.

τερον τοῦ μητρικοῦ, ἐνῶ τὸ ἀτομικὸν βάρος αὐτῶν παραμένει, πρακτικῶς, ἀμετάβλητον.

★ § 337. **Δίδυμος γένεσις.** Ποζιτρόνια παράγονται ὄχι μόνον κατὰ τὴν διάσπασιν ὠρισμένων ραδιενεργῶν ἰσοτόπων, ἀλλὰ καὶ ὅταν φωτόνια, μεγάλης ἐνεργείας ($h\nu$), διέρχονται διὰ τῆς ὕλης. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὸ φωτόνιον ἐξαφανίζεται καί, ἀντ' αὐτοῦ, ἐμφανίζονται δύο σωματίδια· ἓν ἠλεκτρόνιον καὶ ἓν ποζιτρόνιον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **δίδυμος γένεσις**. Κατὰ τὸν τύπον $E = m \cdot c^2$, ἡ παραγωγή μᾶξης εἶναι δυνατή, μόνον ἐὰν ἐξαφανισθῇ ἐνέργεια. Ἐν προκειμένῳ τὴν ἐνέργειαν ταύτην παρέχει τὸ ἐξαφανιζόμενον φωτόνιον. Ὅπως εὐρίσκεται (καὶ ὅπως ἀνεμένετο), τὸ ἄθροισμα τῶν μαζῶν τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ τοῦ ποζιτρονίου εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἐξαφανισθέντος φωτονίου.

Κατὰ τὴν δίδυμον γένεσιν, λοιπόν, μετατρέπεται ἐνέργεια εἰς ὕλην.

§ 338. **Σχάσις τῶν πυρήνων.** Ὅπως εἶδομεν εἰς προηγουμένην παράγραφον, τὸ στοιχεῖον οὐράνιον ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἰσοτόπων, τοῦ ἰσοτόπου ${}_{92}U^{238}$ καὶ τοῦ ἰσοτόπου ${}_{92}U^{235}$. Ἐξ αὐτῶν, τὸ δεύτερον, δηλ., τὸ U^{235} , παρουσιάζει μίαν σπουδαιοτάτην ιδιότητα: Ἐὰν βομβαρδισθῇ μὲ νετρόνια (σχ. 395, I), ἐν τῶν νετρονίων ἐνσωματωῦται εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ U^{235} ,



Σχ. 395. Τρεῖς διαδοχικαὶ φάσεις τῆς σχάσεως τοῦ πυρήνος τοῦ U^{235} .

ὁπότε σχηματίζεται εἰς νέος ἰσότοπος πυρῆν (U^{236}), ὁ ὁποῖος εἶναι ἀσταθής (II). Ὁ ἀσταθὴς οὗτος πυρῆν διασπᾶται, ἐν συνεχείᾳ, εἰς δύο θραύσματα (III), ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει μᾶζαν, περίπου, ἴσην πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς μᾶξης τοῦ πυρήνος τοῦ U^{235} , ἐνῶ, ταυτοχρόνως, παράγονται καὶ μερικά δευτερογενῆ νετρόνια. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **σχάσις**. Τὰ προϊόντα τῆς σχάσεως ἐκτινάσσονται μετὰ μεγάλης ταχύτητος, ἔχουν, συνεπῶς, μεγάλην κινητικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὕτη, ἡ ὁποία μετατρέπεται τελικῶς εἰς θερμότητα, καλεῖται **ἀτομικὴ ἐνέργεια**.

Ἡ προέλευσις τῆς ἀτομικῆς ἐνεργείας ὀφείλεται εἰς μετατροπὴν μάζης εἰς ἐνέργειαν, συμφώνως πρὸς ἓν πόρισμα τῆς θεωρίας τῆς Σχετικότητος, τὸ ὁποῖον λέγει ὅτι «ἡ ἐνέργεια E καὶ ἡ μάζα m εἶναι μεγέθη ἰσότιμα», συνδεόμενα διὰ τῆς σχέσεως

$$E = m \cdot c^2 \quad (1)$$

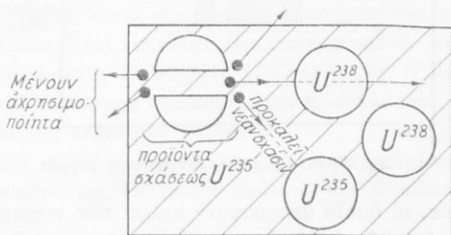
ἐνθα c εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ φωτός. Συμφώνως, λοιπόν, πρὸς τὸ πόρισμα τοῦτο, εἶναι δυνατόν νὰ ἐξαφανισθῇ μάζα ἐκ τοῦ κόσμου, ὁπότε, ἀντ' αὐτῆς, θὰ ἐμφανισθῇ ἰσοδύναμον ποσὸν ἐνεργείας. Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (1) θέσωμεν $m = 1 \text{ gr}$ καὶ $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$, θὰ λάβωμεν διὰ τὴν ἀντίστοιχον ἐνέργειαν E τὴν τιμὴν

$$E = 9 \cdot 10^{20} \text{ erg} = 25 \cdot 10^6 \text{ kWh.}$$

Ἐπομένως, ἐὰν 1 γραμμάριον ὕλης μετατραπῇ, ἐξ ὁλοκλήρου, εἰς ἐνέργειαν θ' ἀποδώσῃ τὸ τεράστιον ποσὸν ἐνεργείας τῶν 25 ἑκατομμυρίων κιλοβατωρίων! (*)

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς σχάσεως τοῦ U^{235} ἡ μάζα τῶν προϊόντων τῆς σχάσεως (σχ. 395, III) εἶναι μικροτέρα τῆς μάζης πρὸ τῆς σχάσεως (I). Ἡ διαφορὰ, ἀκριβῶς, αὕτη τῆς μάζης μετατρέπεται εἰς ἐνέργειαν, ἡ ὁποία καὶ ἐμφανίζεται ὑπὸ μορφήν κινητικῆς ἐνεργείας τῶν θραυσμάτων.

§ 339. 'Αλυσιδωταί ἀντιδράσεις. Εἶδομεν ἀνωτέρω ὅτι, κατὰ τὴν σχάσιν τοῦ πυρῆνος τοῦ U^{235} , παράγονται δευτερογενῶς καὶ μερικὰ νετρόνια. Ἐὰν ἡ ποσότης τοῦ U^{235} εἶναι μικρά, τὰ νετρόνια ταῦτα διασπείρονται εἰς τὸ περιβάλλον, πρὶν νὰ συναντήσουν ἄλλους πυρῆνας U^{235} καί, ὡς ἐκ τούτου, τὸ φαινόμενον τῆς σχάσεως δὲν συνεχίζεται. Ἐάν, ὅμως, ἡ ποσότης τοῦ U^{235} εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη — ὥς ἢ μεγαλύτερα τῆς καλουμένης **κρισίμου ποσότητος** — τὰ δευτερογενῆ νετρόνια ἔχουν μεγάλην πιθανότητα νὰ συναντήσουν ἄλλους πυρῆνας U^{235} , πρὶν νὰ διαφύγουν εἰς τὸ περιβάλλον. Συνεπῶς, ἐὰν ἓν τουλάχιστον τῶν νετρονίων, τῶν παραγομένων καθ' ἑκάστην σχάσιν, ἐνσωματωθῇ εἰς ἓνα πυρῆνα U^{235} καὶ προκαλῇ νέαν σχάσιν, ἡ



Σχ. 396. 'Αλυσιδωτὴ ἀντίδρασις ἐντὸς τοῦ φνοικοῦ μείγματος τῶν ἰσοτόπων τοῦ ουρανίου.

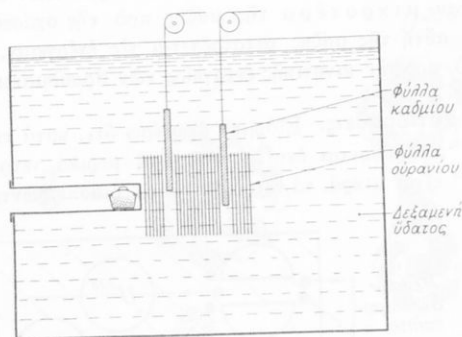
(*) Διὰ νὰ σχηματίσωμεν μίαν ἰδέαν τῆς τεραστίας αὐτῆς ἐνεργείας, ἀναφέρομεν ὅτι αὕτη ἐπαρκεῖ διὰ τὴν τροφοδότησιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ δικτύου Ἀθηνῶν. Πειραιῶς ἐπὶ ἓν, περίπου, δεκαπενθήμερον.

ἀντίδρασις θὰ ἐξακολουθῇ, χωρὶς ν' ἀπαιτῆται συνεχὴς βομβαρδισμὸς διὰ νετρονίων ἐκ τῶν ἔξω. Αἱ τοιαῦται αὐτοσυντήρητοι πυρηνικαὶ ἀντιδράσεις καλοῦνται *ἀλυσιδωταὶ ἀντιδράσεις*. Ὅταν ἀρχίσῃ μία ἀλυσιδωτὴ ἀντίδρασις, συνεχίζεται μὲ γεωμετρικῶς αὐξανομένην ταχύτητα, διὰ νὰ καταλήξῃ τελικῶς εἰς ἔκρηξιν.

Τὴν ἐκρηκτικὴν ἀντίδρασιν δυνάμεθα νὰ μετατρέψωμεν εἰς *ἐλεγχομένην*, ἀρκεῖ, διὰ καταλλήλων ὑλικῶν (π.χ., καδμίου), ν' ἀπορροφῆται ὀρισμένος ἀριθμὸς ἐκ τῶν καθ' ἑκάστην σχάσιν παραγομένων νετρονίων, ὥστε ὁ ἀνὰ μονάδα χρόνου ἀριθμὸς τῶν σχάσεων νὰ διατηρῆται σταθερὸς.

Ἡ κατὰ τὰς ἀλυσιδωτὰς ἀντιδράσεις προκύπτουσα (ἀτομικὴ) ἐνέργεια χρησιμοποιεῖται εἰς τοὺς κατωτέρω περιγραφομένους *ἀτομικοὺς ἀντιδραστήρας* καὶ τὴν *ἀτομικὴν βόμβαν*.

§ 340. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ. Εἶδομεν ἀνωτέρω ὅτι ἡ ἀλυσιδωτὴ ἀντίδρασις, ὅταν ἐλέγχεται καταλλήλως, προχωρεῖ μὲ μικρὰν ταχύτητα, ὅποτε δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν παραγωγὴν ἐνεργείας δι' εἰρηνικοὺς σκοποὺς. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ τῶν *ἀτομικῶν ἀντιδραστήρων*. Ὁ *ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ* (σχ. 397) ἀποτελεῖται, κατ' ἀρχήν, ἐξ ὑλικοῦ, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ ὑποστῇ σχάσιν (π.χ., οὐράνιον 235) καὶ τοῦ ὁποῖου ἡ ποσότης εἶναι μεγαλυτέρα τῆς χρυσίμου ποσότητος. Διὰ νὰ μὴ ἐπέλθῃ ἔκρηξις, δι' ἀκαριαίας σχάσεως τῆς ὅλης ποσότητος τοῦ οὐρανίου, παρεμβάλλονται ἐντὸς αὐτῆς φύλλα καδ-



Σχ. 397. Ἀτομικὸς ἀντιδραστήρ (ἀρχή).

μίου, τὰ ὁποῖα ἀπορροφοῦν πολλὰ τῶν νετρονίων καί, οὕτω, ρυθμίζεται ἡ ταχύτης τῆς ἀντιδράσεως.

Ἡ συσκευὴ πρέπει νὰ περιβάλλεται διὰ θώρακος διὰ τὴν προστασίαν τῶν χειριζομένων τὸν ἀντιδραστήρα ἐκ τῆς ἐκπεμπομένης ἀκτινοβολίας γ, τῶν νετρονίων κ.λ. Εἰς τὸν ἀπλούστερον τύπον ἀντιδραστήρος ἡ θωράκισις ἐπιτυγχάνεται δι' ἐμβαπίσεως τῆς συσκευῆς ἐντὸς δεξαμενῆς ὕδατος. Τὸ ὕδωρ τοῦτο, ἐκτὸς τῆς θωρακίσεως, ἀπάγει καὶ τὴν θερμότητα, ἡ ὁποία παράγεται κατὰ τὴν σχάσιν τοῦ οὐρανίου 235.

Εἰς τοὺς *ἀντιδραστήρας παραγωγῆς ἐνεργείας* ἡ ταχύτης τῆς ἀντιδράσεως ρυθμίζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ ἀντίδρασις νὰ προχωρῇ ταχέως καί, συνεπῶς, ἡ ἀνὰ μονάδα χρόνου παραγομένη θερμότης νὰ εἶναι

μεγάλη. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ θερμότης προκαλεῖ βρασμὸν τοῦ ὕδατος καὶ παραγωγὴν ἀτμοῦ. Ὁ ἀτμὸς οὗτος θέτει εἰς κίνησιν ἓνα ἀτμοστροβίλον, ὁ ὁποῖος, ἐν συνεχείᾳ, κινεῖ ἠλεκτρικὴν γεννήτριαν, μετατρεπομένης, οὕτω, τῆς ἀτομικῆς ἐνεργείας εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Οἱ ἀτομικοὶ ἀντιδραστῆρες χρησιμοποιοῦνται καὶ διὰ τὴν παρασκευὴν τῶν ραδιενεργῶν ἰσοτόπων. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται, ἐὰν εἰσαχθοῦν ἐντὸς αὐτῶν τὰ κατάλληλα χημικὰ στοιχεῖα· εἰς τὸ σχῆμα 397 ἐντὸς τοῦ σωλήνος, ἀριστερά. Τὰ στοιχεῖα ταῦτα, προσβαλλόμενα ὑπὸ τῶν νετρονίων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς μεγάλον ἀριθμὸν εἰς τὸ κέντρον τοῦ ἀντιδραστήρος, μετατρέπονται εἰς ραδιενεργὰ ἰσότοπα.

§ 341. 'Ατομικὴ βόμβα. Εἰς τὴν ἀτομικὴν βόμβαν ἡ ταχύτης τῆς ἀντιδράσεως δὲν ρυθμίζεται — ὅπως εἰς τοὺς ἀντιδραστήρας — καί, συνεπῶς, ἡ ποσότης τοῦ σχασίμου ὕλικου ὑφίσταται ἀκαριαίαν σχάσιν. Διὰ νὰ μὴ προκαλῆται πρόωρος ἔκρηξις τῆς βόμβας, πρέπει τὸ σχασίμον ὕλικόν αὐτῆς (π.χ., U^{235}) νὰ φέρεται εἰς δύο τεμάχια, ἕκαστον τῶν ὁποίων νὰ εἶναι μικρότερον τῆς κρίσιμου ποσότητος, ἢ ὀλική, ὅμως, ποσότης νὰ εἶναι μεγαλύτερα τῆς κρίσιμου. Ἐάν, τώρα, παρουσιά μιᾶς πηγῆς νετρονίων, τὰ δύο ταῦτα τεμάχια ἔλθουν εἰς ἐπαφὴν (δὴ τότε θ' ἀποτελέσουν ποσότητα, μεγαλύτεραν τῆς κρίσιμου), θὰ ἐπακολουθήσῃ ἀκαριαία ἄλυσιδωτὴ ἀντίδρασις, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἔκρηξιν τῆς βόμβας.

Ἡ καταστρεπτικὴ δρᾶσις τῆς ἀτομικῆς βόμβας εἶναι σύνθετος. Κατὰ τὴν ἔκρηξιν ἐκλύεται τόσον μεγάλη ἐνέργεια, ὥστε παράγονται λίαν ὑψηλαὶ θερμοκρασίαι (εἰς τὸ κέντρον τῆς ἐκρήξεως ὑπολογίζεται ὅτι ἡ θερμοκρασία φθάνει πολλὰ ἑκατομύρια βαθμῶν). Κατὰ τὴν ἔκρηξιν δημιουργοῦνται καὶ μεγάλαι πιέσεις (πολλῶν χιλιάδων ἢ καὶ ἑκατομμυρίων ἀτμοσφαιρῶν), ἐνῶ, ταυτοχρόνως, παράγεται καὶ ἐντονωτάτη ἀκτινοβολία γ. Κατὰ ταῦτα, ἡ δρᾶσις τῆς ἀτομικῆς βόμβας ἐπὶ τοῦ ἀνθρώπου προκαλεῖ, κυρίως, ἐγκαύματα ἐκ τῆς ἐντόνου θερμικῆς ἀκτινοβολίας, κλονισμόν ἐκ τοῦ κύματος πίεσεως καὶ λευχαιμίαν ἐκ τῆς ἀκτινοβολίας γ. Ἀφ' ἑτέρου, τὰ προϊόντα τῆς σχάσεως εἶναι ραδιενεργά, καθιστῶντα ἀδύνατον, ἐπὶ πολὺν χρόνον, τὴν διαβίωσιν πλησίον τοῦ τόπου τῆς ἐκρήξεως.

§ 342. Σύντηξις. Κατὰ τὰς πυρηνικὰς ἀντιδράσεις, τὰς περιγραφείσας εἰς τὴν § 333, ἐν σωματίον μεγάλῃ ταχύτητι δύναται, εἰσδίδον ἐντὸς ἐνὸς πυρήνος, νὰ προκαλέσῃ διάσπασιν αὐτοῦ. Ἐάν τὸ σωματίον τοῦτο εἶναι πρωτόνιον, συγκρουσθῇ δὲ μὲ ἄλλο πρωτόνιον, εἶναι δυνατόν τὰ δύο ταῦτα πρωτόνια νὰ συσσωματωθοῦν καὶ νὰ δημιουργήσουν νέον σωματίον, διπλασίας μάζης (σύντηξις). Ἐάν τοῦτο ἐπαναληφθῇ δύο, ἀκόμη, φορὰς, θὰ προκύψῃ εἰς πυρὴν ἡλίου (${}_2He^4$), ἐνῶ, ταυτοχρόνως, θὰ δημιουργηθοῦν δύο ποζιτρόνια, κατὰ τὴν ἐξίσωσιν

$$4\,{}_1H^1 = {}_2He^4 + 2\,{}_{+1}e^0. \quad (1)$$

Παρατηροῦμεν ὅτι, κατὰ τὴν σύντηξιν τεσσάρων πρωτονίων, παρήχθησαν εἰς πυρὴν ἡλίου καὶ 2 ποζιτρόνια. Ἐάν συγκρίνωμεν τὴν μάζαν τῶν 4 πρωτονίων, πρὸς

τὸ ἄθροισμα τῆς μάζης τοῦ πυρηνοῦ τοῦ ἡλίου καὶ τῆς μάζης τῶν δύο ποζιτρονίων, θὰ εἴδωμεν, ὅτι ἡ συνολικὴ μᾶζα τῶν σωματίων τοῦ δεξιοῦ μέλους τῆς ἐξίσωσως (1) εἶναι μικροτέρα τῆς μάζης τῶν τεσσάρων πρωτονίων. Ἡ διαφορὰ αὕτη τῶν μαζῶν μετετρέπη, κατὰ τὴν ἐξίσωσιν $E = m \cdot c^2$, εἰς ἐνέργειαν.

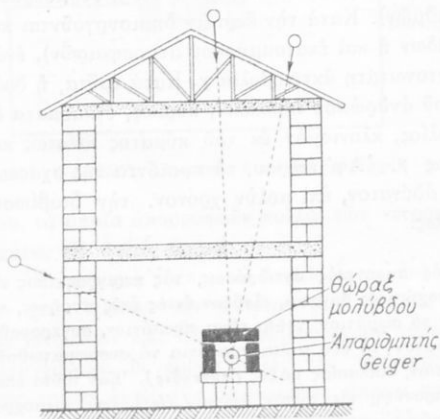
Κατὰ τὴν σύντηξιν, λοιπόν, τῶν πυρηνῶν τοῦ ὕδρογονοῦ ἐλευθεροῦται ἐνέργεια.

Εἶναι προφανές ὅτι, διὰ νὰ ἐπέλθῃ σύντηξις, πρέπει αἱ ταχύτητες τῶν πρωτονίων νὰ εἶναι πολὺ μεγάλαι, συνεπῶς ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδρογονοῦ πρέπει νὰ εἶναι πολὺ ὑψηλὴ. Δι' αὐτόν, ἀκριβῶς, τὸν λόγον αἱ σύντηξεις καλοῦνται καὶ *θερμοπυρηνικαὶ ἀντιδράσεις*.

Παράδειγμα θερμοπυρηνικῆς ἀντιδράσεως εἶναι καὶ ἡ σύντηξις πυρηνῶν δευτερίου καὶ τριτίου πρὸς ἄλλους βαρυτέρους, ἡ λαμβάνουσα χώραν εἰς τὴν *βόμβαν ὕδρογονοῦ*, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ ἀπαιτουμένη ὑψηλὴ θερμοκρασία προκαλεῖται δι' ἐκρήξεως συνήθους ἀτομικῆς βόμβας, περιλαμβανομένης ἐντὸς τῆς πρώτης.

§ 343. Προέλευσις τῆς ἡλιακῆς ἐνεργείας καὶ τῆς ἐνεργείας τῶν ἀστέρων. Εἰς τὸν ἥλιον καὶ τοὺς ἀπλανεῖς ἀστέρας, λόγῳ τῆς ἐπικρατοῦσης εἰς τὸ ἐσωτερικόν των ὑψηλῆς θερμοκρασίας, λαμβάνει χώραν σύντηξις ὕδρογονοῦ, κατὰ τὴν ὁποίαν παράγεται ἥλιον καὶ σημαντικὸν ποσὸν θερμότητος, με ἀποτέλεσμα νὰ ἐλαττωταὶ τὸ ὕδρογόνον καὶ ν' αὐξάνεται, ἀντιστοίχως, τὸ ἥλιον. Ἐπειδὴ κατὰ τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἡ ἐνέργεια, ἡ ἐκλυομένη κατὰ τὴν σύντηξιν τοῦ ὕδρογονοῦ πρὸς ἥλιον, παράγεται εἰς βάρος τῆς μάζης, δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν ὅτι εἰς τοὺς ἀστέρας ἔχομεν μετατροπὴν τῆς μάζης εἰς ἐνέργειαν. Οὕτω, ὑπολογίζεται ὅτι, ἀνά δευτερόλεπτον, μετατρέπονται εἰς ἐνέργειαν 4,5 ἑκατομύρια τόννοι ἐκ τῆς μάζης τοῦ ἥλιου.

§ 344. Κοσμικὴ ἀκτινοβολία. Ἐὰν ἔνα ἀπαριθμητὴν Geiger, τὸν ὁποῖον ἔχομεν συνδέσει, μέσῳ ἐνισχυτοῦ, με μεγάφωνον, προστατεύσωμεν ἐπιμελῶς ἐκ τῆς



Σχ. 393.

ἐπιδράσεως οἰασθῇποτε ἐκ τῶν γνωστῶν ἀκτινοβολιῶν ἢ σωματίων (δηλ., ἐκ τῆς ἐπιδράσεως ραδιενεργῶν οὐσιῶν κ.λ.), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι οὗτος ἐξακολουθεῖ νὰ δίδῃ κρούσεις εἰς τὸ μεγάφωνον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο δὲν ἀνακόπτεται, ἔστω καὶ ἂν περιβάλωμεν τὸν ἀπαριθμητὴν διὰ παχυτάτου θώρακος ἐκ μολύβδου (σχ. 398). Εἶναι, λοιπόν, προφανές ὅτι τὸ αἷτιον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἀπαριθμητοῦ, θ' ἀποτελεῖται ἐκ λιαν διεσδυτικῆς ἀκτινοβολίας, τῆς ὁποίας ἡ προέλευσις πρέπει, ὡς εὐρέθη, ν' ἀναζητηθῇ ἔξω τῆς Γῆς. Ἡ ἀκτινοβολία αὕτη ἐκλήθη *κοσμικὴ ἀκτινοβολία* (ἡ *κοσμικαὶ ἀκτίνες*).

Φύσις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων. Ἡ πρωτογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία ἀποτελεῖται

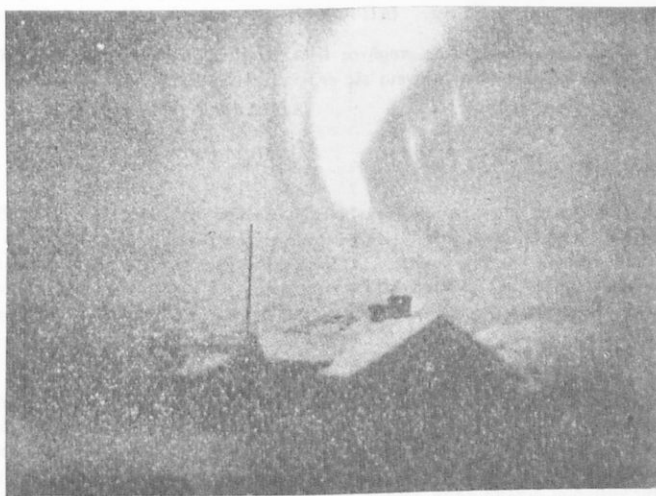
ἐκ πρωτονίων καὶ διαφόρων πυρηνῶν μεγαλύτερου ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ. Τὰ πρωτόνια καὶ οἱ πυρῆνες οὗτοι, εἰσερχόμενοι ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας μὲ πολὺ μεγάλην κινητικὴν ἐνέργειαν, συγκρούονται μετὰ τῶν μορίων τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν διασπάσεις. Οὕτω, εἰς τὰ κατώτερα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας ὑπάρχει ἡ *δευτερογενὴς κοσμικὴ ἀκτινοβολία*, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐξ ἡλεκτρονίων, ποζιτρονίων, πρωτονίων, νετρονίων καὶ φωτονίων.

Ἐντὸς τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας παρατηροῦνται καὶ σωμάτια, τῶν ὁποίων ἡ μᾶζα ἔχει τιμὴν μεταξὺ τῆς μάζης τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τῆς μάζης τοῦ πρωτονίου. Τὰ σωμάτια ταῦτα ἐκλήθησαν *μεσόνια* (διότι ἡ μᾶζα τῶν ἔχει ἐνδιάμεσον τιμὴν μεταξὺ τῆς μάζης τοῦ ἡλεκτρονίου καὶ τῆς μάζης τοῦ πρωτονίου). Παρατηρήθησαν καὶ οὐδέτερα καὶ φορτισμένα μεσόνια (θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ), εἶναι δέ, ὅλα, γενικῶς, βαρυχύβια.

★ *Ἔντασις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.* Ἐκ τῶν διαφορῶν μετρήσεων εὐρέθη ὅτι εἰς τὸ ὕψος τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης διέρχεται δι' ὀριζοντίου ἐπιφανείας, ἐμβαδοῦ 1 cm^2 , ἓν, περίπου, σωμάτιον κοσμικῶν ἀκτίνων ἀνὰ *sec*. Αἱ μετρήσεις ἔδειξαν, ἐπίσης, ὅτι ἡ τιμὴ αὕτη ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ γεωγραφικοῦ πλάτους καὶ εἶναι μεγαλυτέρα εἰς τοὺς πόλους, παρὰ εἰς τὸν ἰσημερινόν.

Ἐπίσης, εὐρέθη ὅτι ἡ έντασις τῆς κοσμικῆς ἀκτινοβολίας ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ ὕψους, αὐξανομένη μετ' αὐτοῦ.

§ 345. Ἀγωγιμότης τῆς ἀτμοσφαιρας. Ὁ ἀτμοσφαιρικός ἀήρ παρουσιάζει ἀγωγιμότητα καὶ ὅταν ἀκόμη δὲν ὑπάρχῃ ἐμφανὲς ἰονίζον αἴτιον (§ 258). Ἡ ἀγωγιμότης αὕτη εἶναι, σχετικῶς, ἀσθενὴς καὶ πιστοποιεῖται διὰ τῆς ἐκφορτίσεως φορ-



Σχ. 399. Πολικὸν σέλας.

τισμένου ἡλεκτροσκοπίου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο τῆς ἀγωγιμότητος προέρχεται ἐκ τοῦ ἰονισμοῦ τοῦ ἀέρος, ὁ ὁποῖος προκαλεῖται ἐκ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων. Ὅπως εὐρέθη, ἡ ἀγωγιμότης ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὕψους καὶ τοῦτο διότι, αὐξανομένου τοῦ

ὑψους, αὐξάνεται καὶ ἡ ἔντασις τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων. Εἰς ὕψος ἄνω τῶν 100 km παρουσιάζεται πρόσθετον αἷτιον ἰονισμόν: Ὁ ἥλιος ἐκπέμπει περιώδεις ἀκτίνας καὶ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἰονίζουν τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα καὶ δημιουργοῦν ἔν σιρῶμα, πολὺ ἀγώγιμον, τὸ ὁποῖον καλεῖται *ιονόσφαιρα*.

Ἐνίοτε, ὅταν εὐρισκώμεθα ὑπεράνω τῆς ξηρᾶς, ἡ ἀγωγιμότης τῶν στρωμάτων τοῦ ἀέρος, τῶν πλησίον τοῦ ἐδάφους, παρουσιάζεται ὑψηλὴ. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς ἰονισμόν, ὁ ὁποῖος προκαλεῖται ὑπὸ τῶν ἀκτινοβολιῶν τῶν ραδιενεργῶν στοιχείων.

§ 346. Πολικὸν σέλας. Τὸ *πολικὸν σέλας* εἶναι ὀπτικὸν φαινόμενον, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται εἰς τοὺς περὶ τοὺς πόλους τόπους. Τοῦτο παρουσιάζεται ὡς μέγα φωτεινὸν τόξον (σχ. 399), ὀφείλεται δὲ εἰς τὴν *διέγερσιν* τῶν ἀτόμων καὶ μορίων τοῦ ἀέρος, ἡ ὁποία προκαλεῖται ὑπὸ βραδέων ἠλεκτρονίων, ἐκπεμπομένων ὑπὸ τοῦ Ἥλιου. Τὰ ἠλεκτρόνια ταῦτα, πλησιάζοντα πρὸς τὴν Γῆν, ὑφίστανται ἀπόκλισιν ἐκ τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ διαδρομὴ τῶν ἐντὸς τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι τοιαύτη ὥστε νὰ συγκεντρώνωνται περὶ τοὺς πόλους. Ὅσα ἐκ τῶν ἠλεκτρονίων αὐτῶν κατορθώσουν νὰ φθάσουν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας τῆς Γῆς εἶναι ἐκεῖνα, ἀκριβῶς, τὰ ὁποῖα διεγείρουν τὰ ἄτομα καὶ τὰ μόρια τοῦ ἀέρος καὶ προκαλοῦν τὸ *πολικὸν σέλας*.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Κατηγορίᾳ Α'

1) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἰσοδυναμεῖ πρὸς τὴν μᾶζαν 1 gr α) εἰς *erg*, β) εἰς *kWh* καὶ γ) εἰς *cal*. (ΑΠ: $9 \cdot 10^{20}$ *erg*, $25 \cdot 10^6$ *kWh*, $2,1 \cdot 10^{13}$ *cal*)

2) Κατὰ τὴν σχάσιν ἑνὸς πυρήνος U^{235} ἐξαφανίζεται, περίπου, $1\frac{1}{100}$ τῆς μάζης του. Ποία ἡ ἐκλυομένη ἐνέργεια εἰς *erg* καὶ *cal*; (Μᾶζα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου = $1,67 \cdot 10^{-24}$ gr). (ΑΠ: $353,2 \cdot 10^{-6}$ *erg*, $84 \cdot 10^{-13}$ *cal*)

Κατηγορίᾳ Β'

1) Ἡ τάσις, ἡ ὁποία ἐφαρμόζεται μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου μιᾶς διόδου ἠλεκτρονικῆς λυχνίας, εἶναι 100 V. Ζητοῦνται: α) ἡ ταχύτης, μὲ τὴν ὁποίαν ἔν ἠλεκτρόνιον προσφύκει ἐπὶ τῆς ἀνόδου, ἐάν κατὰ τὴν ἐξαγωγήν του ἐκ τῆς καθόδου εἶχε ταχύτητα μηδὲν καὶ β) πόσα ἠλεκτρόνια πρέπει νὰ προσπέσουν ἐπὶ τῆς ἀνόδου, ἵνα, κατὰ τὴν κρούσιν, παραχθῇ θερμότης, ἴση πρὸς 1 *cal*. (Μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου = $9,1 \cdot 10^{-28}$ gr) (ΑΠ: α) 5930 km/sec, β) $2,6 \cdot 10^{17}$ ἠλεκτρόνια)

2) Σωλὴν διαυλικῶν ἀκτίνων περιέχει ὕδρογόνον, μεταξὺ δὲ ἀνόδου καὶ καθόδου ἐφαρμόζεται τάσις 2500 V. Ζητοῦνται: α) ἡ ταχύτης, τὴν ὁποίαν θὰ ἔχῃ ἔν πρωτόνιον (πυρὴν ὕδρογόνου), ὅταν διέλθῃ διὰ τῆς ὁπῆς τῆς καθόδου, ἐάν δεχθῶμεν ὅτι ἡ ταχύτης αὐτοῦ πλησίον τῆς ἀνόδου ἦτο μηδὲν καὶ β) κατὰ πόσον πρέπει ν' αὐξηθῇ ἡ ἀνοδικὴ τάσις, ἵνα ἡ ταχύτης τοῦ πρωτονίου κατὰ τὴν διόδον διὰ τῆς ὁπῆς τῆς καθόδου διπλασιασθῇ. (Μᾶζα τοῦ πρωτονίου = $1,67 \cdot 10^{-24}$ gr) (ΑΠ: α) 692 km/sec, β) νὰ τετραπλασιασθῇ)

3) Τὸ ἠλεκτρονικὸν βόλτ (1 eV) εἶναι ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ ἔν ἠλεκτρόνιον, ὅταν κινήθῃ μεταξὺ δύο σημείων, τὰ ὁποῖα ἔχουν διαφορὰν δυναμικοῦ 1 V. Πρὸς πόσα ἠλεκτρονικὰ βόλτ ἰσοῦται α) 1 *erg* καὶ β) 1 *cal*;

(ΑΠ: α) $62,5 \cdot 10^{10}$ eV, β) $2,6 \cdot 10^{13}$ eV)

4) Ἡ κινητική ἐνέργεια ἑνὸς σωματίου α , τὸ ὁποῖον ἐκπέμπεται ὑπὸ τινος ραδιενεργοῦ πυρῆνος, εἶναι ἴση πρὸς $10,5 \text{ MeV}$. Ποία ἡ ταχύτης τοῦ σωματίου; ($1 \text{ MeV} = 1 \text{ μεγαλεκτρονικὸν βόλτ} = 10^6 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ Joule}$. Μᾶζα τοῦ ἀτόμου τοῦ ἡλίου $= 6,7 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$). (ΑΠ: $22\,400 \text{ km/sec}$)

5) Πρωτόνιον, τὸ ὁποῖον ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἡρεμίας, ἐπιταχύνεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου καὶ διανύει ἀπόστασιν μεταξὺ δύο σημείων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν διαφορὰν δυναμικοῦ $1 \cdot 10^6 \text{ V}$. Ποία θὰ εἶναι ἡ κινητική ἐνέργεια τοῦ πρωτονίου (εἰς erg καὶ εἰς eV) εἰς τὸ τέλος τῆς διαδρομῆς καὶ ποία ἡ ταχύτης του;

(ΑΠ: $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ erg}$, 10^6 eV , $13\,800 \text{ km/sec}$)

6) Πόση μᾶζα ἰσοδυναμεῖ πρὸς ἐνέργειαν α) 1 eV καὶ β) $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$;

(ΑΠ: α) $1,77 \cdot 10^{-33} \text{ gr}$ β) $1,09 \cdot 10^{-13} \text{ gr}$)

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΝ ΣΥΝΘΗΜΑ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ (1960)

Ο Μ Α Σ										
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	O		
1 H 1,008								2 He 4,003		
2 Li 6,94	4 Be 9,01	5 B 10,82	6 C 12,01	7 N 14,0	8 O 16,00	9 F 19,00		10 Ne 20,18		
3 Na 22,997	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,46		18 A 39,94		
4 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,90	23 V 50,95	24 Cr 52,01	25 Mn 54,93	26 Fe 55,85	27 Co 58,91	28 Ni 58,69	
29 Cu 63,54	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,60	33 As 74,91	34 Se 78,96	35 Br 79,92				36 Kr 83,80
37 Rb 85,48	38 Sr 87,63	39 Y 88,92	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc 98,91	44 Ru 101,7	45 Rh 102,91	46 Pd 106,7	
47 Ag 107,88	48 Cd 112,41	49 In 114,76	50 Sn 118,70	51 Sb 121,76	52 Te 127,61	53 I 126,91				54 Xe 131,3
55 Cs 132,91	56 Ba 137,36	57 έως 71 Σπάνια γαιαί (*)	72 Hf 178,6	73 Ta 180,88	74 W 183,92	75 Re 186,31	76 Os 190,2	77 Ir 193,1	78 Pt 195,23	
79 Au 197,2	80 Hg 200,61	81 Tl 204,39	82 Pb 207,21	83 Bi 209,00	84 Po 210	85 At 210				86 Rn 222
87 Fr 223	88 Ra 226,05	89 Ac 227	90 Th 232,12	91 Pa 231	92 U 238,07					

57 La 138,92	58 Ce 140,13	59 Pr 140,92	60 Nd 144,27	61 Pm 145	62 Sm 150,43	63 Eu 152,0	64 Gd 156,9
65 Tb 159,2	66 Dy 162,46	67 Ho 164,94	68 Er 167,2	69 Tm 169,4	70 Yb 173,04	71 Lu 175	

(*) Σπάνια γαιαί :

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

▲

Ἀδιαφανὲς σῶμα . . .	2
ἀκουστικόν . . .	278
ἀκτίνες α . . .	312
— β . . .	312
— γ . . .	313
— Roentgen . . .	303
ἀκτίς καμπυλότητος 10, 29	
ἀλεξικέραυνον . . .	256
ἀλλοιότης συσσωρευμένης	246
ἄλυσιωτῆ ἀντίδρασις	324
Ampère . . .	135
ἀμπερόμετρον . . .	211, 213
— μετὰ κινήτου	
πλαισίου . . .	213
— στρεφομένου	
μαγνήτου . . .	214
ἀμπερόριον . . .	245
ἀνάγκαις . . .	25
ἀνάλυσις τοῦ φωτός . . .	70
ἀναλύτης . . .	102
ἀναπαραγωγὸς ἤχου . . .	283
ἀνιόν . . .	237
ἀνοδικὴ τάσις . . .	260
ἀνοδικὸν ῥεύμα . . .	260
ἀνοιγμα κατόπτρου . . .	10
ἀνομοιογενὲς ἡλεκτρι-	
κὸν πεδίου . . .	164
— μαγνητικὸν πε-	
δίον . . .	113
ἀνορθωτής . . .	261
ἀντιηλεκτρογενετική δύ-	
ναμις . . .	242
ἀντιδραστήρ παραγω-	
γῆς ἐνέργειας . . .	324
ἀντιστοιχητισμὸς . . .	39
ἀντίστασις . . .	138
ἀνώμαλος ἀνάγκαις . . .	6
ἀπαριθμητὴς Geiger . . .	314
ἀπόδοσις φωτεινῆς πη-	
γῆς . . .	90
ἀποκλίνων φακὸς . . .	29
ἀπόκλισις . . .	121
ἀπόλυτος δείκτης δια-	
θλάσεως . . .	22
ὄρχη τῆς ἀντιστροφῆς	
πορείας τοῦ φωτός . . .	9
ἀστιγματικὴ ἐκτροπὴ . . .	18
ἀστιγματισμὸς . . .	39, 46
ἀστραπὴ . . .	255
ἀστρονομικὴ δίοπτρα . . .	53
ἀσύμφορον πηγαί . . .	97
ἀσφάλεια . . .	146, 154
ἀτμοσφαιρικὴ διάθλα-	
σις . . .	39
ἀτομικὴ βόμβα . . .	324

B

ατομική ενέργεια . . . 322
 ατομικόν βάρος . 238, 299
 ατομικός αντίδραστήρ 324
 — άριθμός . . . 295
 άτομον 295
 αύτεπαγωγή 194
 αὐτόματος ασφάλεια . 156
 αὐτοτελής άγωγιμότης 248, 249
 αὐτοφωτον σῶμα . . .
 άχρωστικός φακός . . 39

Β

Βάλαμον του Καναδά 105
 βαρὺ ὕδρογόνον . . . 311
 — ὕδωρ 312
 βάρ 143
 βατώριον 226
 Biot - Savart —, νόμος 182
 βόλτ 137, 167
 βολταϊκόν τόξον . . . 89
 βαλτάμετρον 237
 βολτόμετρον . . . 212, 213
 — μετὰ κινητοῦ πλαισίου 213
 — ὕδρογόνον . . . 326
 βόρειος πόλος μαγνήτου 109
 — ποσότης μαγνητισμοῦ 112
 Bohr - θεωρία 296
 Braun - σωλήν . . . 264
 βραχεία κύματα . . . 292
 βραχυκύκλωμα . . . 153
 Wilson - θάλαμος . . 316

Γ

Γαλβανόμετρον . . . 214
 γαλβανοπλάστιχί . . 211
 Gauss (μονάδες) . . 117
 Geiger - άπαριθμητής 316
 Geissler - σωλήν . . 253
 γεννήτρια συνεχούς ρεύματος 218
 — van de Graaf 178
 γέφυρα Wheatstone . 215
 γήϊνον μαγν. πεδίου . 120
 γνώμον 225
 γραμμή πίστωσης . . 123
 γραμμικόν φάσμα . . 77
 γραμμοίσοδύναμον . 238
 γωνία άνακλάσεως . . 5
 — άποκλίσεως . . 121
 — διαθλάσεως . . 21
 — έγκλίσεως . . 121

△

γωνία έκτροπης	26
— ελάχιστης έκτρο- πής	27
— όλικής πολώ- σεως	103
— όράσεως	44
— προσπτώσεως	5
Δ	
Δείκτης διαθλάσεως	21
δευτερεύονα έστια	11
δευτερεύον άξων φα- κού	30
δευτερίον	311
διάθλασις	21
διακόπτης	156
διακριτική ικανότης	52
διαμορφωθέν κώμα	284
διασκόπιον	59
διατομικόν μόριον	301
διαυλικά άκτίνες	253
διαφανές σώμα	2
διαφορά δυναμικού	136, 166
— <u>δύναμεις</u> του φωτός	84
— <u>έιδυμος γένεσις</u>	322
— <u>διεγερσις</u> (άτόμου)	296
— <u>ηλεκτρική σταθερά</u>	175
— <u>διόδος ηλεκτρονική</u> — <u>λυχνία</u>	260
— <u>διότροπα Γαλλιαίου</u>	54
— <u>των έπιγειων</u>	56
— <u>διοπτρία</u>	37
— <u>διπλή διάθλασις</u>	104
— <u>διπλοθλαστικόν ύλικόν</u>	104
— <u>δίσκος του Νεύτωνος</u>	71
— <u>διχοεικόξ κρύσταλλος</u>	105
— <u>δισοεισμός</u>	105
— <u>δυναμική γραμμή</u>	165
— <u>δυναμικόν</u>	166
— <u>δύναμις κατά Laplace</u>	188
Ε	
— <u>Έγκλισις</u>	121
— <u>είδη της αντίστασις</u>	140
— <u>είδωλον</u>	3
— <u>εικονοσκόπιον</u>	289
— <u>έκκένωσις αήλης</u>	251
— <u>τόξον</u>	254
— <u>έκλειψις</u>	3
— <u>έκτακτος άκτίς</u>	104
— <u>έλεύτερον ηλεκτρόνιον</u>	169
— <u>έναλλασσόμενη τάσις</u>	200
— <u>έναλλασσόμενον ρεύ- μα</u>	200, 203

ἐνέργεια ἡλεκτρικοῦ πεδίου	177
ἐνεργὸς ἔντασις	203
— τῆς	203
ἐνισχυτής	280
ἐντασις ἡλεκτρικοῦ πεδίου	164
— — ρεύματος	135
— τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου	112
ἐξηνακασμένη ἡλεκτρικὴ ταλάντωσις	269
ἐπαγωγή	192
ἐπαγωγικὸν πηνίον Ruhmkorff	196
— ρεῖμα	192
ἐπιδιασκόπιον	60
ἐπιμετάλλωσις	241
ἐπίπεδον ἀνοκλάσεως	5
— διαθλάσεως	21
— κάτοπτρον	6
— πολώσεως	101
ἐπισκόπιον	59
ἐστιακὴ ἀπόστασις κατόπτρου	10
— — φακοῦ	31, 35
— γραμμῇ	18
ἐστιακὸν ἐπίπεδον	11
ἐσοπερικτὴ ἀντίστασις ἡλεκτρικῆς πηγῆς	146
— — στοιχείου	243
ἐσπερόφωνον σῶμα	1
εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός	4

H

Ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις	146
— — ἐξ ἐπαγωγῆς	192
ἡλεκτρικὸς γεννήτριας	217
— ἐκκένωσις	250
— θωρακισίς	171
— πηγῇ	131
— ταλάντωσις	268
ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμὸς	124
— ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος	143
— κύκλωμα	153
— κύμα	272
— πεδίου	164
— ρεῖμα	130
— στοιχείον	242
— — Leclanché	243
— φορτίον	125
ἡλεκτρικὸς κινητήρ	217
— κώδων	187
— φακὸς	266
ἡλεκτρικὸς ἐξ ἐπιδράσεως	169
ἡλεκτροδυναμικὸν μέγανον	279
ἡλεκτρόλυσις	237

ἡλεκτρολύτης	236
ἡλεκτρολυτικὴ διάσπασις	237
ἡλεκτρολυτικὸς πυκνωτής	177
ἡλεκτρομαγνήτης	109, 186
ἡλεκτρομαγνητικὴ μονάς ἐντάσεως ἡλεκτρικοῦ πεδίου	117
— — — ρεύματος	183
— — — μαγνητικῆς οἰκῆς	117
— — — ποσότητος	116
— — — φορτίου	183
ἡλεκτρομαγνητικὸν κύμα	273
ἡλεκτρομαγνητικὸς ἀναπαραγωγὸς	283
ἡλεκτροόμετρον	170
ἡλεκτρονικὸν βόλτ	328
— — μικροσκόπιον	264
ἡλεκτροόνιον	127
— σθένους	300
ἡλεκτροσκόπιον	128
ἡλεκτροστατικὴ γεννήτρια van de Graaf	178
— — μονάς ἐντάσεως ἡλεκτρικοῦ πεδίου	165
— — — τάσεως	166
— — — φορτίου	126
— — — χωρητικότητος	172
ἡλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων	126
ἡλεκτροσυστολή	235
ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον	238
ἡλιακὸν φάσμα	80
ἡμιαγωγὸς	233
— τύπου n	234
— — p	234
ἡμιανορθωμένον ρεῖμα	262
ἡμιδιαφανὲς σῶμα	2
ἡμιτονοειδὲς τάσις	200

Θ

Θάλαμος ἰονισμού	315
— — Wilson	316
θεμελιώδης τροχιά	296
θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων	260
θεομικὸν ἐρροστάσιον ἡλεκτροπαραγωγῆς	223
θερμικὸς συντελεστής ἀντίστασεως	157
θερμοηλεκτρικὴ τάσις	234
θερμοηλεκτρικὸν φαινόμενον	234
θερμοπυρηνικὴ ἀντίδρασις	326

θερμοστοιχείον	234
θερμότης Joule	142
θέσις ἐλαχίστης ἐκτροπῆς	27
θετικὴ ὁπὴ	233
θεωρία τοῦ Bohr	296
— τῶν κβάντων	293
θλαστικὴ γωνία	26

I

Ἰὼν	236
ἰονισμὸς	248
— δι' ἀπορροφίσεως ἀκτινοβολίας	249
— — κρούσεως	249
ἰονόσφαιρα	291, 328
ἰονικὸς σωλὴν	305
Joule - θερμότης	142
— (μονάς)	144
— νόμος	142
ἰσότοπον	311
ἰσχύς μικροσκοπίου	52
— — φακοῦ	36

K

Καθοδικαὶ ἀκτίνες	252
κακὸς ἀγωγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ	128
καλὸς ἀγωγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ	128
κανόνες τοῦ Kirchhoff	148
κανὼν τοῦ Ienz	193
κατιόν	237
κατόπτρικὸν τηλεσκόπιον	56
κάτοπτρον	5
κβάντον φωτός	293
κέντρον καμπυλότητος	10
κεραυνὸς	255
κιλοβάτ	144
κιλοβατώριον	144
κιλοβόλτ	137
κιλόωμ	139
κινηματογράφος	60
κινητὴρ συνεχοῦς ρεύματος	219
Kirchhoff - κανόνες	148
— — νόμος	80
κλωθεὶς (κινητήρος)	220
— — Faraday	174
κοῖλον κάτοπτρον	9, 10
κορυφὴ κατόπτρου	10
Coolidge - σωλὴν	305
κοσμικαὶ ἀκτίνες	326
κοσμικὴ ἀκτινοβολία	326
Coulomb (μονάς)	127
κρίσιμος ποσότης	323
κρυσταλλοτρόπος	282
κυκλικὴ συχνότης	202
κύκλωτρον	319

κύκλωμα Thomson . . .	268
κύμα ἐπιφανείας . . .	291
— γώρου	291
κυρία ἔστια κατόπτρου 10	
— φακοῦ . . . 30, 35	
— τομῇ πρίσματος 26	
κύριος ἄξων κατόπτρου 10	
— φακοῦ	29
κυρτὸν κατόπτρου . . .	9, 16

Α

Διαμπτὴρ αἴγλης . . .	251
— πυρακτώσεως . . .	88
— φθορισμοῦ . . . 85, 254	
Laplace - νόμος . . .	188
Leclanché - στοιχείον 243	
Lenz - κανὼν	191
λευκὸν σῶμα	87
λόγος μετασχηματισμοῦ 206	
λουγδονικὴ λάμνηος . 176	
Lumen	64
Lumen/m ² = 1 Lux . . .	64
Lux	64
λυχνία βενζίνης	89
— ἀτμῶν ὑδραργύρου	83

Μ

Μαγνητικὴ διαπερατότης	186
— δυναμικὴ γράμμη	113
— ἐπαγωγή	186
— πυξίς	122
— ροή	116
μαγνητικοὶ πόλοι . . .	121
μαγνητικὸν κύμα . . .	273
— πεδίον	111
μαγνητικὸς μεσημβρινός	122
— φακός	266
μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως	110
μαγνήτις	108
μαγνήτοφωνον	284
μαζικός ἀριθμὸς . . .	310
μακρὰ κύματα	292
μαλακαὶ ἀκτίνες . . .	
Roentgen	308
Maxwell (μονάς) . . .	117
μεγάλοι	137
μεγάφωνον	279
μεγέθυνσις	15
— μικροσκοπίου . . .	50
— ὀπτικοῦ ὀργάνου 47	
— φακοῦ 34, 36	
μεγεθυντικὸς φακός . 47	
μεγκώμ	139
megohm	139
μέθοδος Fizeau . . .	91

μέθοδος Roemer . . .	91
μέλαν σῶμα	87
μεσεία κύματα . . .	292
μεσόνιον	327
μεταβλητὸς πυκνωτὴς 176	
μετοσχηματιστὴς . . .	205
μετείκασμα	60
μετρητὴς τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας	225
μὴ αὐτοτελὴς ἀγωγιμότης 248, 249	
— πολωμένον κύμα 101	
μηχανικὸν ἰσοδύναμον τοῦ φωτός . . .	91
μικροσκόπ	195
μικροκύματα	292
μικρομικροσφαρὰντ . . .	172
μικροσκοπίον	49
—, ἡλεκτρονικὸν . . .	264
μικροσφαρὰντ	172
μικρόφωνον	277
μικροφωτογραφία . . .	53
μυλιομπέρ	136
μυλιανοῦ	195
μυλιβολτ	137
μονατομικὸν μόριον . 302	
μόνιμος μαγνήτης . . .	108
μόνοφασικὸς κινητὴρ 221	
μονόχρουν φῶς	71
μουσῆς	128
μοριακὸν βάρος	302
μόριον	301
μυωπία	46

Ν

Ναυτικὴ πυξίς	122
νεὸν κηρίον	62
νετρονιον	309
νόμοι διαθλάσεως . . .	21
— φωτομετρίας . . .	65
νόμος Biot-Savart . . .	182
— τοῦ Coulomb 112, 126	
τῆς ἐπαγωγῆς . . .	192
τοῦ Faraday	238
— τῆς ἡλεκτρολύσεως 239	
— τοῦ Joule	142
— τοῦ Laplace . . .	187
— τοῦ Kirchhoff . . .	80
— τοῦ Ohm	137
— ραδιοενεργῶν μετατροπῶν	317
— τοῦ Rayleigh . . .	84
— τοῦ Stokes	86
νότιος πόλος μαγνήτου 109	
— ποσότης μαγνητισμοῦ	112

Ξ

Ξηρὸν στοιχεῖον . . .	244
ξηρὸς ἀνορθωτὴς . .	280

Ο

Oersted - πείραμα . .	181
ὀλικὴ ἀνάκλισις . . .	24
— ἀντίστασις	151
ὀμίλων κινηματογράφος	258
ὁμογενὲς ἡλεκτρικὸν πεδίον	164
— μαγνητικὸν πεδίον	113
ὀπλισμὸς μαγνήτου . .	110
ὀπτικὸν κέντρον . . .	30
ὀπτικὸς ἀνισότροπον ὕλικὸν	104
— ἐνεργὸν ὕλικὸν 107	
ὀρική γῆνις	24
οὐδέτερος ἀγωγὸς . . .	209
οὐράνιον τόξον	73
ὀφθαλμὸς	43
Ohm (μονάς ἀντίστασεως)	139
Ohm - νόμος	137

Π

Παλλόμενον ἡλεκτρικὸν δίπολον	271
παραβολικὸν κατόπτρον 19	
παρασπία	3
πείραμα τοῦ Young . .	96
— Oersted	181
περίθλασις	94
περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων	299
περισκόπιον	57
πηγίον ἀναδράσεως . .	270
πιοζηλεκτρικὸν φαινόμενον	235
πικοσφαρὰντ	172
πλέγμα (τριόδου) . . .	262
ποζιτρόνιον	321
Polaroid	105
πολικὸν σέλας	328
πόλοι ἡλεκτρικῆς πηγῆς 132	
πολύπρισμα	28
πολωμένη ἀκτίς	103
πολωμένον κύμα . . .	101
πόλωσις	101
— ἡλεκτροδίων . . .	242
πολωτὴς	102
πομπὸς (ραδιοφωνικὸς) 285	
ποσότης μαγνητισμοῦ . 111	
πρακτικὴ μονάς ἡλεκτρικοῦ φορτίου . . .	127
πρακτικὸν σύστημα μονάδων	127
πρεσβυωπία	45
πρίσμα	25
— ἀναστροφῆς	28
— Nicol	105
— ὀλικῆς ἀνακλίσεως	28

πρισματική διόπτρα	55
προβολεὺς	59
προσγειώσεις	230
πρότυπος ἀντίστασις	159
πρωτόνιον	309
πίτῳσι τάσεως	227
πυκνότης	172
πυξίς ἐγκλίσεως	122

P

Ραδιενέργεια	312
ραδιενεργὸν ἰσότοπον	321
— στοιχείον	312
ραδιοεντοπιστής	288
ραδιοϊσότοπον	321
ραντάρ	288
ρεῦμα ἐκκινήσεως	221
— κόρου	261
ρεύματα Foucault	193
ρυθμιστική ἀντίστασις 141	
Ruhmkorff - ἐπαγωγί- κον πηνίον	196
ρώτωρ	217

Σ

Σθένος	238
σκιά	3
σκληραὶ ἀκτίνες Roen- tgen	308
σκοτεινὸς θάλαμος	3
σπινθήρ	250
σταθερά δράσεως τοῦ Planck	293
— τοῦ Faraday	239
στάτωρ	217
στερακτίνιον	63
στερεὰ γωνία	63
στερεοσκοπικὴ δράσις	46
στοιχειώδεις μαγνῆται 118	
στοιχειώδεις ἡλεκτρικὸν φορτίον	127
Stokes - νόμος	86
στρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον	220
στροφή τοῦ ἐπιπέδου πολώσεως	107
συγκλίτων φακὸς	29
συλλέκτης	218
συμβολή	95
συμπληρωματικὸν χρω- μα	72
σύμφωνοι πηγαι	97
συνεχὲς φάσμα	77
σύνθετον χρῶμα	72
συντελεστὴς ἀποδόσεως 218	
— αὐτεπαγωγῆς	194
— θερμοηλεκτρικῆς τάσεως	235
— ἰσχύος	205
σύντηξις	325
συντονισμός	270

συσσωρευτής	244
σύστημα ἀναδράσεως	270
σφαιρική ἐκτροπή	18
σφαιρικὸν κάτοπτρον	9
σφαιρόμετρον τῶν ὀπτι- κῶν	37
σφάλμα ἐκ σφαιρικότη- τος	38
σχάσις	322
σχετικὸν ἄνοιγμα	58
σχετικὸς δείκτης δια- θλάσεως	22
σολὴν Braun	264
— Geissler	253
— Coolidge	305
— φωτεινῶν διαφη- μίσεων	91
σοληνοειδὲς	184
σωμάτιον α	312
— β	312

T

Τακτικὴ ἀκτίς	104
τάσις (ἡλεκτρική)	136
— πλέγματος	262
τεχνητὸν ραδιενεργὸν στοιχείον	321
τηλέγραφος	276
τηλεδράσις	288
τηλεσκόπιον	53
τηλέφωνον	279
τηλεφωτογραφία	290
τόξον	251
τρανζίστορ	282
τριοδικὸν ἡλεκτρονικὴ λυ- χνία	262
τρίτιον	311
τριφασικὴ γεννήτρια	219
τριφασικὸν ρεῦμα	207
τριφασικὸς κινητήρ	220
τυπὸς τῶν κατασκευα- στῶν τῶν φακῶν	31
Thomson - κύκλωμα	268

Y

Υπεραγωγμότης	159
ὑπεραγωγός	159
ὑπερβραχέα κύματα	292
ὑπερρευθεὺς ἀκτινοβο- λία	83
ὑπεριώδεις ἀκτίνες	82
ὑπερμετροπία	45

Φ

Φακὸς	29
φανταστικὸν εἶδωλον	7
Farad	172
Faraday - νόμος	238

Faraday - σταθερά	239
φάσμα	70
— ἀπορροφησεως	78
— ἐκπομπῆς	77
φασματογράφος	75
φασματοσκοπία	74
φασματοσκοπικὴ ἀνά- λυσις	81
φασματοσκόπιον	74
— σταθερὰς ἐκτρο- πῆς	75
φέρον κύμα	285
φθορισμός	85
φλοιὸς	298
Foucault - ρεύματα	193
φυσικὸν φῶς	103
φυσικὸς μαγνήτης	108
φώρασις	285, 287
φωρατής	287
φῶς	1
φωσφορισμός	86
φωταύγεια	86
φωτεινὴ δέσμη	2
— ἰσχύς	62
— ροή	62
φωτισμός	64
φωτοβολίς Auer	90
φωτογραφικὸς θάλαμος	58
φωτοηλεκτρικὸν φαινό- μενον	257
φωτοκύτταρον	257
φωτομετρία	62
φωτομετρικὸν ἰσοδύνα- μον τοῦ φωτός	91
φωτόμετρον	65
— Bunsen	68
φωτόνιον	293
φωτοστοιχείον	281
φωτόσφαιρα	80

X

Χαρακτηριστικὴ καμ- πύλη τῆς τριόδου	263
χαρακτηριστικὸν ἐπί- πεδον	102
Henry	195
χημифωταύγεια	86
χρόνος ὑποδιπλασια- σμοῦ	317
χρωματικὸν σφάλμα	38
χρωμόσφαιρα	81
χωρητικότης	172, 173
— συσσωρευτοῦ	245

Ψ

Ψῆφται	218
------------------	-----

Ω

*Ωμ	139
---------------	-----

ΕΞΕΔΟΘΗΣΑΝ ΥΠΟ ΤΩΝ ΙΔΙΩΝ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΕΝ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΙ ΜΕΤΑ ΤΟΥ Κ. Δ. ΤΣΑΚΑΡΙΣΙΑΝΟΥ

ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ

ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ - ΘΕΡΜΟΤΗΣ

ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ

ΟΠΤΙΚΗ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ
ΑΤΟΜΙΚΗ ΚΑΙ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Εἰς τὰ βιβλία τῶν «Ἀσκήσεων» ἀφ' ἐνὸς μὲν λύονται
ὅλαι αἱ ἀσκήσεις, αἱ περιεχόμεναι εἰς τοὺς δύο τόμους τῶν
«Στοιχείων Φυσικῆς», ἀφ' ἑτέρου δὲ περιλαμβάνον-
ται καὶ ἀσκήσεις ἄλλοι μετὰ τῆς ἀπαντήσεως.

A handwritten signature or set of initials in dark ink, consisting of several fluid, connected strokes.



Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

