

Ε

Ι

ΦΕΚ

Παραπομπή - Περιγραφή

ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ - ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

Παλαιολόγος (Κ.Δ./Περίστερακη/21)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΠΡΟΣ ΧΡΗΣΙΝ

ΤΩΝ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΔΙΑ ΤΑΣ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ
ΤΩΝ ΑΝΩΤΑΤΩΝ ΣΧΟΛΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ
ΤΩΝ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΑΞΕΩΝ ΤΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ
ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ

ΕΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟΝ ΥΠΟ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΩΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΟΝ
ΒΙΒΛΙΟΝ ΔΙΑ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΩΤΕΡΩΝ ΤΑΞΕΩΝ
ΤΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΜΕΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΕΩΣ

ΜΕΤΑ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

ΚΑΙΣΑΡΟΣ Δ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ

Τακτικού Καθηγητού τῆς Φυσικῆς
εἰς τὸ Πανεπιστήμιον Ἀθηνῶν

ΤΟΜΟΣ II

Ο Π Τ Ι Κ Η
ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ ΕΠΗΥΣΗΜΕΝΗ

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ

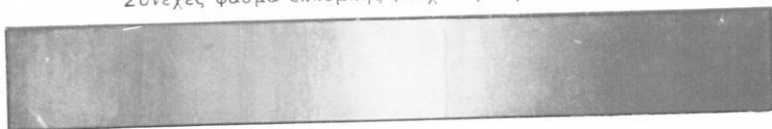
ΡΟΥΖΒΕΛΤ 56 - ΑΘΗΝΑΙ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

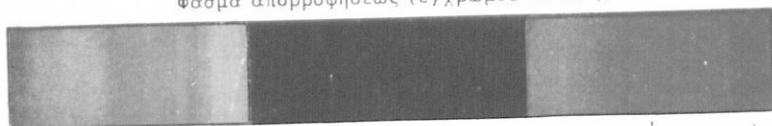
ΤΟΜΟΣ ΙΙ

ΠΙΝΑΞ ΦΑΣΜΑΤΩΝ

Συνεχές φάσμα έκπομπής (λυχνίας πυρακτώσεως)



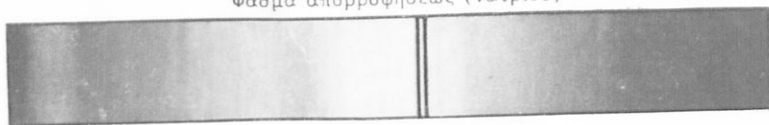
Φάσμα απορρόφησης (έγχρωμου πλακός)



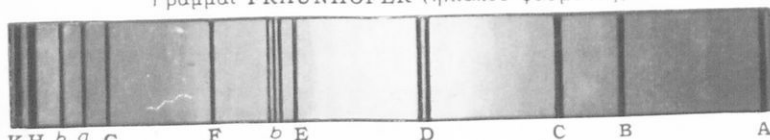
Φάσμα έκπομπής γραμμών (υδραργύρου)



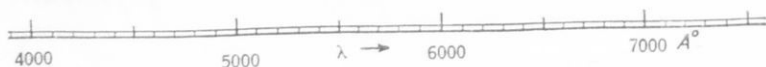
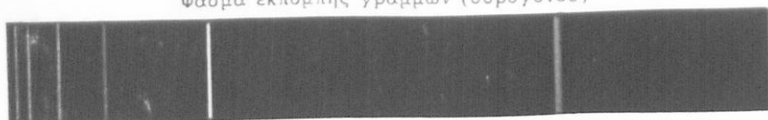
Φάσμα απορρόφησης (νατρίου)



Γραμμές FRAUNHOFER (ήλιακού φάσματος)



Φάσμα έκπομπής γραμμών (υδρογόνου)



Παιδαγωγός (Σ.Σ.) Περιφέρειας / ΣΤ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Πρὸς χρῆσιν
τῶν ὑποψηφίων διὰ τὰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις τῶν Ἀνωτάτων
Σχολῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῶν ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων
Μέσης Ἐκπαιδεύσεως

Ὑπὸ

Κ. Δ. ΠΑΛΑΙΟΛΟΓΟΥ

Καθηγητοῦ τῆς Φυσικῆς τοῦ Ε.Μ.
Πολυτεχνείου καὶ Σχολῆς Ἰκάρων.

κα

Σ. Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

Ἐπιμελητοῦ Ἐργαστηρίου Φυσι-
κῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν.

Ἐγκειναιόμενον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας ὡς βοηθητικὸν βιβλίον
διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων
Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

ΤΟΜΟΣ II

Ὀπτική • Μαγνητισμός
Ἡλεκτρισμός

ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ ΕΠΗΥΞΗΜΕΝΗ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟΝ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟΝ
ΧΑΡΙΔΗΜΟΥ Ι. ΠΑΠΑΔΗΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ
56 ΟΔΟΣ ΡΟΥΣΣΕΑΤ 56 (ΠΡΩΗΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ) ΑΘΗΝΑΙ
1950

1134 54

002
κλκ
ετ3
280

Ἀπαγορεύεται ἡ ἀνατύπωσις τοῦ παρόντος συγγράμματος,
ἐν ὅλῳ ἢ ἐν μέρει, ἄνευ ἐγγράφου ἀδείας τῶν συγγραφέων.

COPYRIGHT BY C. PALAIOLOGOS AND S. PERISTERAKIS

Τέποις *Ελληνικῆς *Εκδοτικῆς *Εταιρείας Α.Ε., — Ἀθῆναι, ὁδὸς Παλαδαιμαντοπούλου 44.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οἱ συγγραφεῖς τοῦ ἀνὰ χεῖρας βιβλίου μὲ παρεκάλεσαν νὰ προλογίσω τὸ ἔργον των. Θὰ ἐπωφεληθῶ τῆς εὐκαιρίας διὰ νὰ διατυπώσω ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης τὰ πορίσματα μακρῶν συζητήσεών μου μὲ Ἑκπαιδευτικούς, ἐπὶ τοῦ περιεχομένου καὶ τῆς ἐκτάσεως τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ ἔχῃ ἐν διδασκτικὸν βιβλίον Φυσικῆς κατάλληλον διὰ τοὺς μαθητὰς τῆς παρ' ἡμῶν Μέσης Ἑκπαιδεύσεως. Ἰσως αἱ ἀπάνσεις μου αὗται, λαμβανόμεναι ἐπ' ὅσιν ὑπὸ τῶν ἐνδιαφερομένων, συντελέσουν εἰς τὸ νὰ κατορθώσωμεν νὰ ἔχωμεν εἰς τὸ μέλλον διδασκτικὰ βιβλία Φυσικῆς τὰ ὁποῖα νὰ ἐκπληροῦν τὸν προορισμὸν των, ἥτοι νὰ μᾶς παρέχουν τὴν ἐξήγησιν ὅλων τῶν φυσικῶν φαινομένων τὰ ὁποῖα παρατηροῦμεν εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον, ὥς καὶ τὴν ἐξήγησιν τῆς λειτουργίας τῶν τεχνικῶν συσκευῶν τὰς ὁποίας ἕκαστος ἐξ ἡμῶν μεταχειρίζεται.

Μὲ τὴν ἀλματώδη ἐξέλιξιν τῶν τεχνικῶν ἐπιστημῶν, ἀπὸ μακροῦ ἤδη κατεδείχθη ὅτι ἡ διδασκαλία τῆς Φυσικῆς θὰ πρέπει νὰ λάβῃ τὴν ἀρμοζούσαν σημασίαν εἰς τὴν Ἑκπαίδευσιν καὶ νὰ θεωρηθῇ ὄχι μόνον ὥς ἐν τῶν πρωτευόντων μαθημάτων ἀλλὰ νὰ αὐξηθῶν σημαντικῶς καὶ αἱ ὥραι διδασκαλίας αὐτῆς, νὰ διδάσκειται δὲ εἰς κύκλον περισοτέρων ἐτῶν.

Πράγματι, αἱ σημεριναὶ μεγάλα ἀνακαλύψεις καὶ αἱ καταπληκτικαὶ κατὰ κτήσεις εἰς τὸ πεδίον τῆς ἐφαρμογῆς τῆς Φυσικῆς, ὥς τὰ ἀεροπλάνα, αἱ πολυποικίλοι ἐφαρμογαὶ τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ εἰς τὴν καθημερινὴν οἰκιακὴν ζωὴν, ἡ Ραδιοφωνία καὶ ἐν γένει ἡ Τηλεπικοινωνία, ὥς καὶ ὁ νεώτερος κλάδος τῆς Φυσικῆς — ἡ Ἀτομικὴ καὶ Πυρηνικὴ Φυσικὴ —, ἀγνοοῦνται ἢ σχεδὸν ἀγνοοῦνται εἰς τὰ διδασκτικὰ βιβλία, καθ' ἣν στιγμὴν δι' αὐτῶν ἐπηρεάζεται ὁ βίος ἀκόμη καὶ εἰς τὰ μικρότερα χωρία τῆς Ἑλλάδος. Κρυφῶς θὰ πρέπει νὰ ἀναφέρονται καὶ νὰ περιγράφονται οἱ θεμελιώδεις νόμοι καὶ αἱ ἐφαρμογαὶ τὰς ὁποίας συναντᾷ ὁ ἄνθρωπος εἰς τὴν καθημερινὴν του ζωὴν καὶ αἱ ὁποιαί, ὥς γνωστόν, διεγείρουν πάντοτε τὸ ἐνδιαφέρον τῶν μαθητῶν.

Ἐν τοιοῦτον πρόγραμμα, ἐφαρμοζόμενον κατὰ τὴν σύνταξιν ἐνὸς διδασκτικοῦ βιβλίου, θὰ ἐπέφερον ἀσφαλῶς αὐξησιν τῆς ὕλης καὶ τοῦ ὄγκου τούτου, καὶ θὰ ἐκινδύνευσεν νὰ τὸ καταισθήσῃ πρακτικῶς ἀνεφάρμοστον εἰς τὴν διδασκαλίαν τοῦ μαθήματος τῆς Φυσικῆς. Λιὰ τοῦτο ὁ συγγραφεὺς πρέπει μετὰ τοῦ αὐτοῦ θάρρους, μεθ' οὗ ἐπεκτείνει τὴν ὕλην εἰς τὰ σύγχρονα θέματα, νὰ περιορίζῃ καὶ νὰ περικόπη τὰς πεπαλαιωμένας πλέον περιγραφὰς ὁργάνων καὶ τὰ ἐξεζητημένα φαινόμενα, ἐφ' ὅσον δὲν συντελοῦν ταῦτα εἰς τὴν ἐξήγησιν θεμελιωδῶν νόμων τῆς Φυσικῆς. Οὕτω, αἱ διεξοδικαὶ περιγραφαὶ λ. χ. τῶν ἡλεκτροστατικῶν μηχανῶν, ὥς ἡ τοῦ Ramsden καὶ ἡ τοῦ Wimshurst θὰ πρέπει νὰ ἐκλείψουν ἢ νὰ περιορισθῶν εἰς τὸ ἐλάχιστον. Ἡ στήλη τοῦ Volta, τὸ ἀστατικὸν γαλβανόμετρον, ὁ δακτύ-

λιος τοῦ *Gramme*, τὸ ἡλεκτροικὸν φῶν, τὸ μικρόφωνον μὲ ραβδίον ἀνθρακος, ὁ συνοχεὺς τοῦ *Branly* κλπ. μόνον εἰς μουσεῖα ἀνευρίσκονται σήμερον.

Εἰς σημαντικὸς παράγον διὰ τὴν καλὴν κατανόησιν τοῦ κειμένου τῆς Φυσικῆς εἶναι ἀσφαλὲς τὰ ἀκριβῆ καὶ παραστατικὰ σχήματα καὶ αἱ φωτογραφίαι. Δὲν ἐπιτρέπεται πλεον εἰς τὸ μέλλον οἱ μαθηταί, λαμβάνοντες ἀνὰ χεῖρας βιβλίον ἐκδοθὲν κατὰ τὰ μέσα τοῦ 20οῦ αἰῶνος, νὰ εὐρίσκουν κακότεχνα σχέδια καὶ φωτογραφίας τὰ ὅποια περιείχοντο καὶ εἰς βιβλία τῶν μέσων τοῦ 19ου αἰῶνος. Τέλος, ἐπειδὴ ἡ Φυσικὴ δὲν εἶναι περιγραφικὸν μάθημα ἀλλὰ μία « μετρώσα ἐπιστήμη », θὰ πρέπει πρὸς κατανόησιν τῆς ἡ διδασκαλίᾳ νὰ συνοδεύεται ὑπὸ καταλλήλων προβλημάτων, ἡ ἐπίλυσις τῶν ὁποίων θὰ καθιστῇ εἰς πολὺ μεγαλύτερον βαθμὸν κατανοητὴν τὴν θεωρίαν ὑπὸ τῶν μαθητῶν.

Λιξεῖλλον ἐν χειρογράφῳ τὸ ἀνὰ χεῖρας ἔργον **Στοιχεῖα Φυσικῆς** καὶ τὸ ἐφυλλομέτρον μετὰ τὴν ἔκδοσιν, διαπιστώνω δὲ μετὰ χαρᾶς ὅτι ἡ ἐν αὐτῷ περιεχομένη ὕλη ἐκπληροῦ τὰ προαναφερθέντα. Οἱ συγγραφεῖς προσορίζουν τοῦτο διὰ τοὺς ἀποφοίτους τῶν Γυμνασίων οἱ ὅποιοι προτίθενται νὰ προσέλθουν εἰς εἰσαγωγικὰς ἐξετάσεις εἰς τὰς παρ' ἡμῶν Ἀνωτάτας Σχολὰς καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Γυμνασίων καὶ Ἀκείων. Τὰ ἐξεταζόμενα θέματα εἰς τὰς εἰσιτηρίους ἐξετάσεις, εἰς πολλὰς Σχολὰς, εἶναι ἀνώτερα τῆς ὕλης τῆς περιεχομένης εἰς βιβλία τύπου κλασσικοῦ Γυμνασίου, καὶ τοῦτο ἐπέβαλεν εἰς τοὺς συγγραφεῖς νὰ ἐπεκταθῶσιν εἰς τὴν ὕλην. Ἐν τοῖσι φρονῶ ὅτι τὸ βιβλίον τοῦτο θὰ ἰδύνατο νὰ χρησιμοποιηθῇ ἐπωφελέστατα καὶ εἰς τὰ Σχολεῖα τῆς Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

Οἱ συγγραφεῖς κατένειμαν τὴν ὕλην εἰς τρία μέρη. Οὕτω, ἡ ἐκτίπωσις διὰ μεγάλων στοιχείων δηλοῖ τὸ μέρος ὅπου ἐκτίθενται αἱ ἀρχαὶ καὶ αἱ βάσεις τῆς Φυσικῆς, γνώσεις αἱ ὅποιαι θὰ ἰδύνατο νὰ θεωρηθῶν ἀπαραίτητοι διὰ κάθε μαθητὴν καὶ μέλλοντα ἀκαδημαϊκὸν πολίτην, καὶ συνεπῶς ὕλην ἡ ὁποία θὰ ἐδιδάσκετο καὶ εἰς τὰ κλασσικὰ Γυμνάσια. Διὰ μικροτέρων στοιχείων χαρακτηρίζονται τὰ μέρη ἐκεῖνα ὅπου περιγράφονται οὐσικεῖναι, δίδονται περισσότεραι ἐπεξηγήσεις διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ κειμένου ὥς καὶ αἱ ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαὶ τῶν τύπων, αἱ ἀποδείξεις αὐτῶν, ὁπολογισμοὶ καὶ διάφορα ζητήματα καὶ προβλήματα, ὥστε νὰ ἐμπεδοῦνται ἡ γνώσις αὐτῶν. Τέλος τὰ δι' ἀστερίσκον ἀναφερόμενα μέρη προσορίζονται κυρίως διὰ τοὺς ὑποψηφίους Ἀνωτάτων Σχολῶν, συμφώνως πρὸς τὰ ἀναλυτικὰ προγράμματα τῶν ἐξετάσεων.

Θεορῶ εὐχάριστον καθήκον νὰ διατυπώσω τὴν γνώμην ὅτι τὸ βιβλίον αὐτὸ ἀποτελεῖ σταθμὸν εἰς τὰ διδασκτικὰ βιβλία τῆς Μέσης Ἐκπαιδεύσεως, καὶ εὐχομαι νὰ ἀποτελέσῃ ἀξιωματικὸν παράδειγμα δι' ἐκείνους οἱ ὅποιοι ἔταξαν ὥς ἔργον αὐτῶν τὴν ἐξυπηρέτησιν τῆς μαθητικῆς νεολαίας καὶ τὴν ἐξέψωσιν τῆς μαθήσεως παρ' ἡμῶν.

Ἡ ἐπιμέλεια τῆς ἐν γένει ἐκδόσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἐφάμιλλος τῶν καλυτέρων ξένων βιβλίων, μαρτυρεῖ διὰ τὸ ἐπιτελεσθὲν ἄριστον ἔργον τῶν συγγραφέων.

ΚΑΙΣΑΡ Α. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

Τὸ βιβλίον τοῦτο, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει τὴν ἀνάπτυξιν τῆς Ὀπτικῆς, τοῦ Μαγνητισμοῦ, τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ καὶ στοιχείων ἐκ τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς, ἀποτελεῖ τὸ συμπλήρωμα τοῦ πρό τιнос κυκλοφορήσαντος βιβλίου ἡμῶν ὑπὸ τὸν τίτλον **Στοιχεῖα Φυσικῆς**, τὸ ὁποῖον περιελάμβανε τὴν ἀνάπτυξιν τῆς Μηχανικῆς, Ἀκουστικῆς καὶ Θερμότητος. Οὕτω, διὰ τῆς ἐκδόσεως καὶ τοῦ ἀνὰ χεῖρας βιβλίου ὁλοκληροῦται ὁ κύκλος τῶν στοιχειωδῶν μαθημάτων τῆς Φυσικῆς.

Κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν καὶ κατὰ τὰς τῆς ὕλης ἐπεκράτησαν αἱ αὐταὶ ἀκριβῶς σκέψεις αἱ ὁποῖαι ἐκτίθενται καὶ εἰς τὸν πρόλογον τοῦ πρώτου βιβλίου, διὰ τὸ ὁποῖον, ἐὰν λάβῃ τις ὑπ' ὄψιν τὰς διαφορὰς δημοσιευθείσας κριτικὰς ὑπὸ τῶν δυναμένων παρ' ἡμῖν νὰ ἔχουν ἔγκυρον γνώμην διὰ τὴν στοιχειώδη διδασκαλίαν τῆς Φυσικῆς, ὥς καὶ τὴν ἀπόφασιν τοῦ Ἀνωτάτου Ἐκπαιδευτικοῦ Συμβουλίου τοῦ Ὑπουργείου τῆς Παιδείας, συνιστῶντος ἐνθέρμως τὸ βιβλίον πρὸς χρῆσιν τῶν μαθητῶν τῶν δύο ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων τῆς Μέσης Ἐκπαιδεύσεως καὶ ὥς ἀπαραίτητον βοήθημα διὰ τοὺς καθηγητὰς τῆς Φυσικῆς τῶν Γυμνασίων, προκύπτει ἀναμφισβητήτως τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ βιβλίον ἔτυχε γενικῆς ἐπιδοκιμασίας, τοῦτο δὲ ἀποτελεῖ δι' ἡμᾶς ἀνυπολόγιστον ἀξίαν ἡθικὴν ἱκανοποίησιν.

Ὅσον ἀφορᾷ τὸ ἀνὰ χεῖρας βιβλίον ἔχομεν νὰ προσθέσωμεν τὰ ἑξῆς: Εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς Ὀπτικῆς καὶ τοῦ Μαγνητισμοῦ ἐπεδιώξαμεν κυρίως μεγάλην σαφήνειαν, καὶ μεγίστην προσοχὴν ἐδόθη εἰς τὴν ἐπιλογὴν τῶν σχημάτων, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διευκολύνωμεν ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον τὸν σπουδαστὴν εἰς τὴν κατανόησιν τῆς ὕλης τοῦ βιβλίου, τοῦτο δὲ ἐπιτυγχάνεται πρὸς τοῦτοις καὶ διὰ πολλῶν ἀριθμητικῶν ἐφαρμογῶν ἐντὸς τοῦ κειμένου, διὰ τῶν ὁποίων ὑποδεικνύομεν εἰς τὸν σπουδαστὴν τὴν πρακτικὴν χρησιμοποίησιν τῶν διαφορῶν τύπων τῶν ὁποίους συναντᾷ ἐντὸς τοῦ κειμένου. Προκειμένου περὶ τῶν φασμάτων, ἡ παρόθεσις τοῦ ἐνδεχόμενου πίνακος νομίζομεν ὅτι διευκολύνει κατὰ πολὺ τὴν κατανόησιν τοῦ μέρους τούτου τῆς Ὀπτικῆς.

Ἰδιάζουσιν προσοχὴν ἐδώσαμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ, λόγῳ τῆς καταπληκτικῆς διαδόσεως τὴν ὁποίαν ἔχει λάβει οὗτος κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη. Ἀντὶ νὰ ἀκολουθήσωμεν τὴν παλαιὰν συνήθειαν τῆς ὑποδιαίρεσεως τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ εἰς Στατικὸν καὶ Δυναμικόν, ἡ ὁποία σήμερον δὲν δικαιολογεῖται, εἰσερχόμεθα εὐθὺς ἀμέσως, μετὰ προηγουμένην σύντομον ἔκθεσιν προεισαγωγικῶν τιμῶν γνώσεων, εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, διότι τοῦτο φρονούμεν ὅτι διεγείρει οὐσιαστικῶς τὸ ἐνδιαφέρον τοῦ ἀναγνώστου. Ἀκολουθῶς ἐκθέτομεν ὁρισμένα στοιχεῖα ἐκ τῆς Θεωρίας τοῦ Ἠλεκτρικοῦ Πεδίου, τὴν ὁποίαν ὁ ἀναγνώστης θὰ δυνηθῇ νὰ παρακολουθήσῃ μὲ μεγαλυτέραν ἄνεσιν λόγῳ τῶν γνώσεων τὰς ὁποίας θὰ ἔχῃ ἤδη ἀποκτήσει ἐκ τῆς Σπουδῆς τοῦ Ἠλεκτρικοῦ Ρεύματος.

Ἐκ τοῦ Ἠλεκτρομαγνητισμοῦ καὶ τῆς Ἠλεκτρομαγνητικῆς Ἐπαγωγῆς ἐκδέ-
τομεν τὰ μέρη ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα ἐθεωρήσαμεν ἀπαραίτητα διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ
τρόπου τῆς λειτουργίας τῶν ἠλεκτρικῶν μηχανῶν καὶ κινήσεων. Ἐπίσης ἐθεω-
ρήσαμεν σκόπιμον νὰ ἐκθέσωμεν, ἐκτενέστερον ἁπλως, τὰ Ἐναλλασσόμενα Ρεύματα,
λόγῳ τῆς μεγίστης διαδόσεως τὴν ὁποίαν ἔλαβον κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὸν
ἠλεκτροφωτισμὸν, τὰς οἰκιακὰς χρήσεις καὶ τὴν βιομηχανίαν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Εἰς
τὸ τέλος τοῦ περὶ Ἠλεκτρισμοῦ μέρους ἐξετάζομεν, εἰς ἰδιαίτερα κεφάλαια, τὰς
Ἠλεκτρικὰς Ταλαντώσεις, τὰ Ἠλεκτρομαγνητικὰ Κύματα, τὴν Ἠλεκτρικὴν Τηλεπι-
κοινωνίαν, ἐνσύρματον καὶ ἀσύρματον, τὴν Τηλεφωτογραφίαν καὶ τὴν Τηλεόρασιν.

Αἱ αὐτοὶ οὖν μέρη, ἀλλὰ καὶ ὅλως νεωτεριστικόν, τοῦ βιβλίου εἶναι ἡ συ-
στηματικὴ ἀνάπτυξις ὁρισμένων κεφαλαίων ἐκ τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς, μὲ ὁσην
βεβαίως ἔκτασιν ἐπιτρέπεται εἰς στοιχειώδεις βιβλίον Φυσικῆς.

Ἡ ὅλη ὕλη συμπληροῦται διὰ πληθύνος ζητημάτων καὶ προβλημάτων, κατα-
νεμημένων εἰς τὰ διάφορα κεφάλαια τοῦ βιβλίου.

Τοιοῦτον εἶναι τὸ περιεχόμενον τοῦ ἀνὰ χεῖρας βιβλίου, τὸ ὁποῖον μετὰ τοῦ
πρό τινος ἤδη κυκλοφορήσαντος περιλαμβάνει ἅπασαν τὴν ὕλην τῆς Φυσικῆς, ὑπὸ
τὴν σύγχρονον ἀνάπτυξιν αὐτῆς καὶ ἐν στοιχειώδει ἐκθέσει.

Ἐκπληροῦντες εὐχάριστον καθήκον, ἐκφράζομεν τὰς εὐχαριστίας ἡμῶν πρὸς
τὸν Τακτικὸν Καθηγητὴν τῆς Φυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν κ. Κ α ἱ -
σ α ρ α Ἀ λ ε ξ ὀ π ο υ λ ο ν, ὁ ὁποῖος εἶχε τὴν εὐγενῆ καλωσύνην νὰ διεξέλθῃ τὸ
χειρογράφων καὶ νὰ ὑποδείξῃ ὁρισμένας τροποποιήσεις διὰ τὴν καλυτέραν δια-
τύπωσιν διαφόρων θεμάτων. Εὐχαριστοῦμεν ἐπίσης τὸν Ἐκτακτὸν Καθηγητὴν τῆς
Φυσικῆς κ. Θ. Κ ο ν ρ ι ο υ μ τ ι ζ ἔ λ η ν, ὁ ὁποῖος ἀπεδέχθη λίαν εὐγενῶς νὰ διε-
ξέλθῃ τὸ μέρος τοῦ χειρογράφου τὸ ἀναφερόμενον εἰς τὴν συγκρότησιν τῆς ὕλης,
ὡς καὶ τὸν Φυσικὸν κ. Ἀ. Θ ο ο δ ο σ ῖ ο ν, ὁ ὁποῖος μᾶς ἐβοήθησε διὰ πολυτίμων
κριτικῶν παρατηρήσεων.

Ἀθῆναι, Αὐγούστος 1948.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΗΣ ΔΕΥΤΕΡΑΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ

Ἡ ἐντὸς βραχυτάτου χρονικοῦ διαστήματος — ὀλιγώτερον τοῦ ἔτους — ἐξάν-
τησις καὶ τοῦ δευτέρου τόμου τῶν **Στοιχειῶν Φυσικῆς**, ἡ ἀπόφασίς τοῦ Ἀνω-
τάτου Συμβουλίου Ἐκπαιδεύσεως τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας, διὰ τῆς ὁποίας ἐγκρί-
νεται τὸ βιβλίον ὡς βοηθητικὸν διὰ τὰς τελευταίας τάξεις τῶν Σχολείων Μέσης
Ἐκπαιδεύσεως καὶ συνιστάται τοῦτο πρὸς τοὺς καθηγητὰς τῶν Φυσικῶν, αἱ εὐμε-
νεῖς κριτικαὶ αἱ ὁποῖαι ἐδημοσιεύθησαν διὰ τὸ βιβλίον τοῦτο, καὶ τέλος ἡ σωρεία
τῶν ἐπιστολῶν τὰς ὁποίας ἐλάβομεν, τόσον ἀπὸ τοὺς ἀξιοτίμους συναδέλφους καθη-
γητὰς τῶν Φυσικῶν εἰς τὴν Μέσῃ Ἐκπαίδευσιν ὅσον καὶ ἀπὸ μαθητὰς διαφόρων

Σχολείων, αποτελοῦν ἀναμφισβήτητον ἀπόδειξιν τῆς ἐξαιρετικῆς ὑποδοχῆς τῆς ὁποίας ἔτιχεν καὶ ὁ δεύτερος τόμος τῶν «Στοιχείων Φυσικῆς» τόσοον ὑπὸ τῶν καθηγητῶν τῆς Μέσης Ἐκπαιδεύσεως ὅσον καὶ ὑπὸ τῆς μαθητικῆς νεολαίας, ποῦγμα τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ δι' ἡμᾶς τοὺς συγγραφεῖς ἀνυπολόγιστον ἀληθῶς ἀξίας ἡθικὴν ἱκανοποίησιν.

Ἡ δευτέρα ἔκδοσις τοῦ τόμου τούτου τῶν **Στοιχείων Φυσικῆς** δὲν διαφέρει οὐσιωδῶς τῆς πρώτης, διότι καὶ εἰς ταύτην ἐτηρήθησαν αἱ αὐταὶ ἀρχαὶ αἱ ὁποῖαι ἐκτίθενται εἰς τὸν προηγούμενον πρόλογον. Ἐγένοντο ὅμως πολλαὶ τροποποιήσεις ὀφειλόμεναι ἄλλαι μὲν εἰς τὴν κτηθεῖσαν πεῖραν, ἄλλαι δὲ εἰς ὑποδείξεις συναδέλφων, πρὸς τοὺς ὁποίους ἐκφράζομεν καὶ ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης τὰς θερμὰς ἡμῶν εὐχαριστίας διὰ τὸ εὐγενὲς αὐτῶν ἐνδιαφέρον.

Εἶναι ἀναμφισβήτητον ὅτι ἡ ὕλη τοῦ βιβλίου ὑπερβαίνει τὰ ὅρια τὰ προβλεπόμενα διὰ τὴν διδασκαλίαν ὕλην εἰς τὴν τελευταίαν τάξιν τῶν Γυμνασίων, τοῦτο ὅμως ἐγένετο διότι κατὰ τὴν συγγραφὴν τοῦ βιβλίου ἀπεβλέψαμεν εἰς τὴν ἐξύψωσιν τοῦ ἐπιπέδου τῆς διδασκαλίας τῆς Φυσικῆς εἰς τὴν Μέσῃν Ἐκπαίδευσιν. Ἐχομεν δὲ τὴν γνώμην ὅτι καὶ οἱ παρ' ἡμῖν ἀρμόδιοι Ἐκπαιδευτικοὶ θὰ συμφωνοῦν πρὸς τὴν ἄποψιν ταύτην ὥς καὶ ἐπὶ τοῦ ὅτι τὸ μάθημα τῆς Φυσικῆς, κατόπιν τῆς καταληκτικῆς ἀναπτύξεως αὐτῆς κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη καὶ τῆς μεγάλης ἐπιδράσεώς της εἰς ὅλας τὰς ἐκδηλώσεις τῆς ζωῆς μας, πρέπει νὰ καταστῇ *πρωτεύου* μάθημα καὶ νὰ διατεθοῦν περισσότεραι ὥραι διδασκαλίας δι' αὐτό.

Ἐπὶ τοῦ παρόντος ὅμως οἱ κ. κ. συνάδελφοι δύνανται νὰ περιορίσουν τὴν διδασκαλίαν αὐτῶν εἰς τὰ σπουδαιότερα καὶ μᾶλλον ἐνδιαφέροντα μέρη τοῦ ἰσχύοντος προγράμματος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀπομένῃ εἰς αὐτοὺς χρόνος νὰ ἀναπτύσσουν καὶ ὥρισμα μέρη ἐκ τῆς Νεωτέρας Φυσικῆς, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς τὸ τέλος τοῦ βιβλίου, δεδομένου ὅτι ἡ γνώσις τῶν στοιχείων τούτων εἶναι ἀπαραίτητος ὁμηγερον διὰ πάντα ἐγκυκλοπαιδικῶς μορφωμένον ἄνθρωπον.

Τοὺς συντελέσαντας εἰς τὴν κατὰ τὸ δυνατόν ἀριωτέραν ἐμφάνισιν τοῦ βιβλίου κ. Ἰ. Μ. Σκαζίκηρ, ὁ ὁποῖος διευθύνει τὴν **Ἑλληνικὴν Ἐκδοτικὴν Ἑταιρείαν**, κ. Κ. Κεφάλαν, διευθυντὴν τῆς **Ἀθηναϊκῆς Χαρτοποιίας**, καὶ τὸν καλλιτέχνην σχεδιαστὴν κ. Γεωργίου Πικρόν, ὁ ὁποῖος ἐξετέλεσε τὰ σχέδια τῆς δευτέρας ἐκδόσεως τοῦ βιβλίου, εὐχαριστοῦμεν καὶ ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης. Ἐπίσης ἐκφράζομεν τὰς εὐχαριστίας μας εἰς τὸν κ. Γ. Καλογερόπουλον, διὰ τὴν ἐπιμέλειαν τῶν δοκιμίων.

Θέλομεν νὰ ἐλπίζωμεν ὅτι καὶ ἡ ἔκδοσις αὕτη τοῦ δευτέρου τόμου τῶν **Στοιχείων Φυσικῆς** θὰ τύχῃ τῆς αὐτῆς εὐμενοῦς ὑποδοχῆς τῆς ὁποίας ἔτιχε καὶ ἡ πρώτη ἔκδοσις.

Ἀθῆναι, Ἰανουάριος 1950.

ΠΙΝΑΞ ΤΩΝ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ. ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ. ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Γεωμετρική Όπτική σ. 1.—Φωτεινὰ πηγὰι σ. 1.—Έτερόφωτα σώματα σ. 2.—Διαφανή, ἡμιδιαφανή καὶ ἀδιαφανή σώματα σ. 2.—Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός σ. 2.—Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός σ. 3.—Σκοτεινὸς θάλαμος σ. 3.—Φωτεινὸν σημεῖον. Δέσμαι φωτεινῶν ἀκτίνων σ. 4.—Σκιὰ· Παρασκιὰ σ. 5.—Έκλείψεις Σελήνης καὶ Ἡλίου σ. 6.—Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός σ. 7.

Ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Διάχυτος ἀνάκλασις σ. 8.—Κανονικὴ ἀνάκλασις σ. 9.—Νόμοι ἀνακλάσεως σ. 9.—Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως σ. 10.

Κάτοπτρον σ. 10.—Ἐπίπεδα κάτοπτρα σ. 11.—Ἀπεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπίπεδου κατόπτρου σ. 12.—Παράλλαξις σ. 13.—Παράλληλα κάτοπτρα σ. 14.—Κάτοπτρα ὑπὸ γωνίαν σ. 14.—Σφαιρικὰ κάτοπτρα σ. 15.—Σπουδὴ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου σ. 15.—Ἰδιότης κυρίου ἄξονος σ. 16.—Συζυγῇ σημεία σ. 17.—Γεωμετρικὴ κατασκευὴ πραγματικοῦ εἰδώλου σ. 18.—Θεωρία τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων σ. 18.—Γεωμετρικὴ κατασκευὴ φανταστικοῦ εἰδώλου σ. 20.—Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον σ. 21.—Γεωμετρικὴ κατασκευὴ εἰδώλου ἀντικειμένου σ. 22.—Ἀνασφαλαίωσις σ. 22.—Ζητήματα σ. 24.—Προβλήματα σ. 25.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΠΡΙΣΜΑΤΑ

Γενικά σ. 26.—Νόμοι διαθλάσεως σ. 26.—Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως σ. 27.—Μεταβολαὶ τοῦ δείκτου διαθλάσεως σ. 27.—Ὀλικὴ ἀνάκλασις. Ὅρικὴ γωνία σ. 29.—Ἐφαρμογαὶ τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως σ. 31.—Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις σ. 31.—Ἀντικατοπτρισμὸς σ. 32.—Φαινόμενη ἀνύψωσις ἀντικειμένου σ. 33.—Διάθλασις διὰ πλακῶν μὲν παραλλήλων ἐδρας σ. 34.—Ἀπόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως σ. 35.

Ὅπτικὸν πρίσμα σ. 36.—Σπουδὴ τῆς διαθλάσεως διὰ πρίσματος σ. 37.—Ἐξισώσεις τοῦ πρίσματος σ. 37.—Τύπος ὀξέων πρισμάτων σ. 37.—Νόμοι τοῦ πρίσματος σ. 38.—Σχηματισμὸς εἰδώλων ὑπὸ πρίσματος σ. 40.—Ζητήματα σ. 41.—Προβλήματα σ. 41.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

ΦΑΚΟΙ

Σφαιρικοί φακοί σ. 43.—Κύριος ἄξων. Ὀπτικόν κέντρον. Δευτερεύων ἄξων σ. 45.—Κυρία ἐστία. Ἐστιακή ἀπόστασις σ. 45.—Ἐστιακὸν ἐπίπεδον σ. 46.—Συζυγῆ σημεῖα σ. 46.—Γεωμετρικὴ κατασκευὴ εἰδώλου ἀντικειμένου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ σ. 47.—Γεωμετρικὴ κατασκευὴ εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ σ. 49.—Τύποι τῶν φακῶν σ. 49.—Ἴσχύς φακοῦ σ. 52.—Σύστημα φακῶν σ. 52.—Ἐλαττώματα τῶν φακῶν σ. 52.—Ζητήματα σ. 55.—Προβλήματα σ. 55.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος σ. 56.—Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός σ. 59.—Μίξις χρωμάτων σ. 59.—Χρῶμα σωματίων σ. 59.—Ὅρατον φάσμα σ. 60.—Εἶδη φασμάτων ἐκπομπῆς σ. 60.—Φάσμα ἀπορροφῆσεως σ. 62.—Γραμμαὶ Fraunhofer σ. 63.—Ἀντιστροφή τῶν βαρδύσεων σ. 64.—Ὀυράνιον τῶν σ. 65.—Φθορισμὸς καὶ φωσφορισμὸς σ. 65.

Φασματοσκοπία. Γενικά σ. 66.—Φασματοσκόπιον σ. 66.—Φασματοσκόπιον σταθερὰς ἐκπομπῆς σ. 67.—Φασματοσκόπιον εὐθυσκοπίας σ. 68.—Μονοχρωμάτωρ σ. 69.—Φασματογράφος σ. 69.—Ζητήματα σ. 70.—Προβλήματα σ. 71.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε'

ΟΠΤΙΚΑ ὈΡΓΑΝΑ

Μεγεθυντικὸς φακὸς ἢ ἀπλοῦν μικροσκόπιον σ. 72.—Σύνθετον μικροσκόπιον σ. 74.—Μεγέθυνσις μικροσκοπίου σ. 74.—Φαινόμενον μέγεθος ἀντικειμένου. Γωνία ὁράσεως σ. 75.—Τηλεσκοπία σ. 77.—Ἀστρονομικὸν διαθλαστικὸν τηλεσκόπιον σ. 77.—Μεγέθυνσις τηλεσκοπίου σ. 78.—Διόπτρα τῶν ἐργείων σ. 80.—Πρισματικὴ διόπτρα σ. 81.—Διόπτρα Γαλιλαίου σ. 82.—Ἀστρονομικὸν ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον σ. 83.—Περисκόπιον σ. 84.—Προβολεὺς σ. 85.—Κινηματογράφος σ. 86.—Ζητήματα σ. 87.—Προβλήματα σ. 88.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ. ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

Φωτομετρία σ. 89.—Ἐντασις φωτεινῆς πηγῆς σ. 89.—Φωτεινὴ ροὴ σ. 89.—Φωτισμὸς σ. 90.—Νόμοι τῆς φωτομετρίας σ. 91.—Μέτρησις τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν σ. 92.—Φωτόμετρον Rumford σ. 93.—Φωτόμετρον Bunsen σ. 93.—Φωτόμετρον Lummer-Brodhun σ. 94.

Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ μέθοδοι μετρήσεως αὐτῆς. Ἀστρονομικὴ μέθοδος Roemer σ. 94.—Μέθοδος Fizeau σ. 95.—Μέθοδος Foucault σ. 96.—Ζητήματα σ. 96.—Προβλήματα σ. 97.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ'

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

Ὀφθαλμὸς σ. 98.—Προσαρμογὴ σ. 100.—Ἐλαττώματα ὁράσεως σ. 101.—Πρεσβυωπία σ. 102.—Ὀπτικαὶ ἀπάται σ. 103.—Διαχωριστικὴ ἰκανότης τοῦ ὀφθαλμοῦ σ. 104.—Φωτογραφία σ. 104.—Φωτογραφικὸς φακὸς σ. 105.—Ταχύτης φωτογραφικοῦ φακοῦ σ. 106.—Φωτογραφικαὶ πλάκες καὶ φιλμ σ. 106.—Φωτογράφησις ἀντικειμένου σ. 106.—Ζητήματα σ. 108.—Προβλήματα σ. 108.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

ΦΥΣΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

Προεισαγωγικαὶ γνώσεις σ. 109.—Θεωρίαι καὶ ὑποθέσεις ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός σ. 110.—Περίθλασις καὶ συμβολὴ τοῦ φωτός. Συμβολὴ φωτεινῶν κυμάτων σ. 111.—Πείραμα Young σ. 112.—Κάτοπτρα Fresnel σ. 114.—Διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός. Διπλοθλαστικὸς κρύσταλλος σ. 115.—Ὀπτικὸς ἀξων σ. 116.—Σπουδὴ μονάζοντος κρυστάλλου σ. 116.—Συνήθης καὶ ἑκτακτὸς ἀκτὴς σ. 117.—Πόλωσις τοῦ φωτός. Γενικά σ. 117.—Πόλωσις ἐκ διπλῆς διαθλάσεως σ. 117.—Ἐπίπεδα πόλωσεως σ. 118.—Πόλωσις ἐξ ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως σ. 120.—Πόλωται καὶ ἀναλύται σ. 121.—Πρίσμα Nicol σ. 121.—Πλακίδια τουρμαλίνου σ. 122.—Πόλωτικὸν σῶμα (Polaroid) σ. 122.—Ζητήματα σ. 123.—Προβλήματα σ. 123.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ.
ΓΗΙΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Γενικά σ. 124.—Τεχνητοὶ μαγνήται σ. 124.—Πόλοι μαγνήτου σ. 126.—Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων σ. 126.—Μαγνήταις ἐξ ἐπιδράσεως σ. 127.—Μοριακοὶ μαγνήται σ. 128.—Διατήρησις μαγνητῶν σ. 130.—Στοιχειώδης τρόπος μαγνητίσεως σ. 130.—Σπουδὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Ποσότης μαγνητισμοῦ σ. 131.—Νόμος τοῦ Coulomb σ. 131.—Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ σ. 132.—Μαγνητικὸν πεδίου σ. 132.—Μαγνητικαὶ γραμμαὶ σ. 134.—Μαγνητικὸν φάσμα σ. 134.—Μαγνητικὴ ροή. Πυκνότης μαγνητικῶν γραμμῶν σ. 135.—Χρῆσις τῶν μονίμων μαγνητῶν σ. 136.

Γήινος μαγνητισμός. Γήινον μαγνητικὸν πεδίου σ. 136.—Μαγνητικὸς καὶ Γεωγραφικὸς μεσημβρινός σ. 137.—Μαγνητικὴ ἀπόκλισις σ. 138.—Μαγνητικὴ ἔγκλισις σ. 138.—Γήινον πεδίου, ὀρίζοντιὰ καὶ κατακόρυφος συνιστώσα σ. 139.—Ναυτικὴ πυξὶς σ. 139.—Ζητήματα σ. 140.—Προβλήματα σ. 141.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ

ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι'

ΣΠΟΥΔΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

✓ Προεισαγωγικαὶ γνώσεις σ. 142.—Καλοὶ καὶ κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ σ. 144.—✓ Ἠλεκτρικὸν φορτίον σ. 145.—Φύσις τοῦ ἡλεκτρισμοῦ σ. 145.—✓ Ἐρμηνεία τῆς θετικῆς καὶ ἀρνητικῆς φορτίσεως σ. 146.—✓ Σπουδὴ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. σ. 147.—✓ Ἠλεκτρικὴ τάσις

σ. 147.—Βολτόμετρα σ. 149.—Πηγαι ηλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 149.—Πόλοι ηλεκτρικῆς πηγῆς σ. 150.—Φορὰ τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 151.—Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα σ. 152.—Ἐντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 153.—Ἀμπερόμετρα σ. 154.—Ἀποτελέσματα τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 155.—Νόμος τοῦ Ohm σ. 157.—Σπουδὴ τῆς ηλεκτρικῆς ἀντιστάσεως ἀγωγοῦ σ. 158.—Ἀγωγιότης καὶ εἰδικὴ ἀγωγιμότης σ. 160.—Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας σ. 161.—Πτώσις τάσεως σ. 162.—Νόμος τοῦ Ohm εἰς πλῆρες κύκλωμα σ. 163.—Βραχυκύκλωμα. Ἀσφάλεια σ. 165.—Κανόνες τοῦ Kirchhoff σ. 166.—Σύνδεσις ἀντιστάσεων σ. 167.—Κιβώτια ἀντιστάσεων σ. 168.—Ρυθμιζόμεναι ἀντιστάσεις σ. 168.—Ρυθμιστὴς δυναμικοῦ (Ποτενσιόμετρον) σ. 169.—Γέφυρα τοῦ Wheatstone σ. 172.—Μέτρησις ἀντιστάσεως διὰ βολτομέτρου καὶ ἀμπερομέτρου σ. 173.—Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ἡλεκτρικὴ ἰσχὺς. Νόμος τοῦ Joule σ. 174.—Μονάδες τῆς ηλεκτρικῆς ἰσχύος καὶ ηλεκτρικῆς ἐνεργείας σ. 176.—Ἐφαρμογαὶ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος σ. 178.—Ἀνακεφαλαίωσις τῶν ὁρισμῶν τῶν ἄλλων ἐν χρήσει ηλεκτρικῶν μονάδων σ. 180.—Ζητήματα σ. 181.—Προβλήματα σ. 182.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'

ΗΛΕΚΤΡΟΥΛΥΣΙΣ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ. ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

Ἡλεκτρόλυσις σ. 183.—Νόμοι τῆς ηλεκτρολύσεως σ. 185.—Ὑπόθεσις Helmholtz σ. 188.—Μηχανισμὸς τῆς ηλεκτρολυτικῆς ἀγωγιμότητος σ. 188.—Ἐφαρμογαὶ τῆς ηλεκτρολύσεως σ. 190.—Βιομηχανικὴ παρασκευὴ διαφόρων προϊόντων σ. 192.

Ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα. Βασικὸν πείραμα σ. 192.—Ἡλεκτρικὸν στοιχείον σ. 193.—Διάφοροι τύποι ἡλεκτρικῶν στοιχείων σ. 194.—Στοιχείον Leclanché σ. 194.—Στοιχείον Daniell σ. 196.—Σύνδεσις στοιχείων σ. 196.—Συσσωρευταὶ διὰ μολύβδου σ. 200.—Συσσωρευτὴς Edison σ. 202.—Χαρακτηριστικὰ μεγέθη συσσωρευτῶν σ. 202.—Σύνδεσις συσσωρευτῶν σ. 202.

Θερμοηλεκτρισμός. Βασικὸν πείραμα σ. 202.—Θερμοηλεκτρικὸν στοιχείον σ. 203.—Ζητήματα σ. 203.—Προβλήματα σ. 204.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ'

ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Νόμος τοῦ Coulomb σ. 205.—Ἡλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων σ. 205.—Ἐξίσωσις διαστάσεων ηλεκτρικοῦ φορτίου σ. 206.—Ἡλεκτρικὸν πεδίου σ. 206.—Ἐντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου σ. 207.—Διεύθυνσις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου σ. 207.—Δυναμικαὶ γραμμαὶ ηλεκτρικοῦ πεδίου σ. 208.—Ὁμογενὲς πεδίου σ. 208.—Πυκνότης ηλεκτρικῶν γραμμῶν σ. 208.—Δυναμικὸν σ. 209.—Ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ μονὰς δυναμικοῦ σ. 210.—Δυναμικὸν εἰς σημείον πεδίου δημιουργούμενον ὑπὸ σημειώδους ηλεκτρικοῦ φορτίου σ. 211.—Δυναμικὸν ἀγωγοῦ φορτισμένου καὶ ἰσοδυναμικὰ ἐπιφανείας σ. 211.—Διαφορὰ δυναμικοῦ καὶ ἔντασις πεδίου σ. 212.—Ἡλεκτροσκοπίον σ. 213.—Ἡλέκτριαις ἐξ ἐπιδράσεως σ. 214.—Φόρτιαις ηλεκτροσκοπίου σ. 215.—Πειραματικὴ ἔρευνα τῆς διανομῆς τοῦ φορτίου. Πυκνότης φορτίου σ. 216.—Χωρητικότης σ. 217.—Ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ μονάδες χωρητικότητος σ. 218.—Ὑπολογισμός τῆς χωρητικότητος σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ σ. 218.—Πυκνωτὴς σ. 219.—Ἐπίπεδος πυκνωτὴς σ. 219.—Χωρητικότης πυκνωτοῦ σ. 219.—Σύνδεσις πυκνωτῶν σ. 220.—Διηλεκτρικὴ σταθερὰ σ. 221.—Διάφοροι τύποι πυκνωτῶν σ. 221.—Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ σ. 223.—Ἡλεκτροστατικὰ μηχαναὶ σ. 224.—Ζητήματα σ. 225.—Προβλήματα σ. 226.

Φυσική ἀκτινεργία. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις σ. 347.—Σπουδὴ τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων σ. 348.—Πειραματικὸς διαχωρισμὸς τῶν τριῶν εἰδῶν ἀκτίνων σ. 349.—Βιολογικαὶ ἐπιδράσεις τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων σ. 349.—'Ακτινεργοὶ μετατροπαὶ σ. 349.—Διάρκεια ζωῆς τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων σ. 350.—'Ενέργεια ἐκλυομένη κατὰ τὰς ἀκτινεργοὺς μετατροπὰς σ. 350.—Τεχνητὴ 'Ακτινεργία σ. 351.—Σύνθεσις τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος σ. 351.—'Ισότοπα στοιχεῖα σ. 352.—Πόζιτρονιον σ. 353.—Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις τῶν ἀτόμων σ. 353.—Σχάσις τοῦ πυρῆνος. 'Ατομικὴ βόμβα σ. 354.—Μονὰς ἐνεργείας σ. 354.—'Ενέργεια καὶ ἔλη σ. 354.—Κοσμικαὶ ἀκτίνες σ. 355.—Μεσόνιον σ. 355.—Ζητήματα σ. 356.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑΙ ΔΙΑΣΗΜΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΩΝ

- JOSEF FRAUNHOFER (1787-1826) σελ. 56.
 ROBERT WILHELM BUNSEN (1811-1899) σελ. 58.
 GUSTAV KIRCHHOFF (1824-1887) σελ. 64.
 CHRISTIAN HUYGENS (1629-1695) σελ. 109.
 THOMAS YOUNG (1773-1829) σελ. 112.
 CHARLES AUGUSTIN COULOMB (1736-1806) σελ. 131.
 KARL FRIEDRICH GAUSS (1777-1855) σελ. 133.
 ANDRÉ MARIE AMPÈRE (1775-1836) σελ. 153.
 GEORG SIMON OHM (1787-1850) σελ. 157.
 JAMES WATT (1736-1819) σελ. 176.
 THOMAS ALVA EDISON (1847-1931) σελ. 179.
 SVANTE ARRHENIUS (1859-1927) σελ. 188.
 ALESSANDRO VOLTA (1745-1827) σελ. 194.
 MICHAEL FARADAY (1791-1867) σελ. 213.
 HANS CHRISTIAN ØERSTED (1777-1851) σελ. 227.
 ROBERT A. MILLIKAN (1868-) σελ. 293.
 WILHELM CONRAD RÖNTGEN (1845-1923) σελ. 301.
 JAMES C. MAXWELL (1831-1879) σελ. 315.
 HEINRICH HERTZ (1857-1894) σελ. 316.
 NIELS BOHR (1885-) σελ. 345.
 MARIE SKŁODOWSKA CURIE (1867-1934) σελ. 348.
 LORD RUTHERFORD (1871-1937) σελ. 350.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

ΟΠΤΙΚΗ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Α'

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ. ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ. ΚΑΤΟΠΤΡΑ

Ἡ **Ὀπτική** ἀσχολεῖται ἐιδικῶς εἰς τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τοῦ **φωτός**, ἥτοι, ὑπὸ τὸν στενότερον ὁρισμὸν τῆς ἐννοίας **φῶς**, τοῦ αἰτίου ἐκείνου τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως.

1. **Γεωμετρικὴ Ὀπτική.** Ἡ Γεωμετρικὴ Ὀπτικὴ ἀναπτύσσεται χωρὶς νὰ θέτῃ οὐδεμίαν ὑπόθεσιν ὡς βάσιν διὰ τὴν φύσιν τοῦ φωτός, ἀλλὰ θεμελιούται ἐπὶ τῆς ἐννοίας τῆς **φωτεινῆς ἀκτίνος**, ἢ ἄλλως, τῆς **εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός**.

2. **Φωτεινὰ πηγὰί.** Πᾶν σῶμα τὸ ὁποῖον ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτίνας, ἢ ἄλλως, **φῶς**, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς **φωτεινὴ πηγὴ**. Ἐν τούτοις, ἐπεκράτησε νὰ καλοῦμεν φωτεινὰς πηγὰς τὰ σώματα ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα ἐκπέμπουν ἀφ' ἑαυτῶν φῶς, ὡς εἶναι π.χ. ὁ ἥλιος, οἱ ἀπλανεῖς ἀστέρες καὶ αἱ διαφόρων τύπων λυχνίαι (σχ. 1). Αἱ τελευταῖαι ὅμως αὗται ἀποτελοῦν **τεχνητὰς πηγὰς φωτός**, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸν ἥλιον καὶ τοὺς ἀπλανεῖς ἀστέρας, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν **φυσικὰς πηγὰς φωτός**. Τὰς τοιαύτας πηγὰς καλοῦμεν **πολλάκις καὶ αὐτόφωτα** σώματα.

Εἰς τὰς πλείστας τῶν περιπτώσεων, ἡ ἐκπομπὴ φωτός ὑπὸ φωτεινῆς πηγῆς ὀφείλεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν αὐτῆς. Οὕτω, τὰ στερεὰ σώματα ἀρχίζουν νὰ ἐκπέμπουν φῶς ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῶν φθάσῃ τοὺς 550 - 600 °C, ἀλλὰ τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν εἶναι ἀσθενὲς καὶ χρώματος ζεφυροῦ. Ἐὰν ὅμως ἡ θερμοκρασία αὐξάνεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, ἐπέρχεται στιγμή καθ' ἣν τὸ σῶμα φωτοβολεῖ ἐντόνως, τὸ δὲ χρῶμα τοῦ ἐκπεπομένου φωτός μεταβάλλεται εἰς λευκόν.

Ἐκτὸς ὅμως τῆς θερμοκρασίας, ὑπάρχουν καὶ ἄλλα αἷτια τὰ ὁποῖα διεγείρουν



Σχ. 1. Ἡ ἡλεκτρικὴ λυχνία φωτισμοῦ εἶναι τεχνητὴ πηγὴ φωτός, ἐνῷ τὸ βιβλίον ἀνακλᾷ τὸ φῶς τῆς λυχνίας.

τὴν ἐκπομπὴν τοῦ φωτός, ὡς π.χ. αἱ ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις διὰ μέσου ἡραιωμένων ἀερίων, ὁ φωσφορισμός, ὁ φθορισμός, αἱ χημικαὶ δράσεις κ.τ.λ. Ἐν πάσῃ περιπτώσει, τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αἱ διάφοροι φωτεινὰ πηγὰ εἶναι ἀνεξάρτητον ἀπὸ τοῦ τρόπου τῆς διεγέρσεως αὐτῶν, εἶναι δηλαδὴ τῆς αὐτῆς πάντοτε φύσεως καὶ ἀκολουθεῖ πάντοτε τοὺς αὐτοὺς γενικοὺς νόμους.

3. Ἐτερόφωτα σώματα. Γνωρίζομεν, ἐξ ἄλλου, ὅτι ἡ Σελήνη ἐκπέμπει φωτεινὰς ἀκτῖνας ἢ φῶς. Ἐν τούτοις, τὸ φῶς τοῦτο δὲν προέρχεται ἀπ' εὐθείας ἐκ τῆς Σελήνης, ἀλλ' εἶναι ἡλιακὸν φῶς τὸ ὁποῖον, προσπίπτον ἐπὶ τῆς Σελήνης, ἐπανεκπέμπεται ἐν μέρει ὑπ' αὐτῆς καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, οὕτω δὲ αὕτη παρέχει εἰς ἡμᾶς τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἀποτελεῖ αὐτόφωτον σῶμα, ἢ ἄλλως, φωτεινὴν πηγὴν. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τοὺς πλανήτας. Οἱ πλανῆται καὶ ἡ Σελήνη καλοῦνται, ὡς ἐκ τούτου, σώματα **ἐτερόφωτα**, διότι καθίστανται φωτεινὰ σώματα μόνον ὅταν φωτίζωνται ὑπὸ τοῦ Ἡλίου.

Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται καὶ ἐπὶ ἄλλων σκοτεινῶν σωμάτων. Οὕτω, πάντα τὰ ἀντικείμενα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἐν δωματίῳ ἀποτελοῦν σκοτεινὰ σώματα, διότι καθίστανται φωτεινὰ μόνον ὅταν φωτίζονται ὑπὸ τοῦ ἡλιακοῦ φωτός ἢ ὑπὸ ἄλλης φωτεινῆς πηγῆς, π.χ. ἡλεκτρικῆς λυχνίας.

4. Διαφανῆ, ἡμιδιαφανῆ καὶ ἀδιαφανῆ σώματα. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον τὸ φῶς νὰ διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν, ἀλλ' εἰς τρόπον ὥστε νὰ δυνάμεθα νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν εὐκρινῶς τὰ διάφορα ἀντικείμενα, καλοῦνται **διαφανῆ** σώματα. Τοιοῦτο σῶμα εἶναι π.χ. ἡ συνήθης ὕαλος τῶν παραθύρων, ἡ ὁποία διαπερᾶται ἐξ ἴσου ὑπὸ τοῦ φωτός ὅλων τῶν χρωμάτων. Τοῦναντίον, ἔγχρωμοι ὕαλοι, ὡς θὰ ἴδωμεν λεπτομερέστερον εἰς ἄλλην θέσιν, διαπερῶνται μόνον ὑπὸ φωτός ὀρισμένον χρώματος, μὲ τὸ ὁποῖον φαίνονται χρωσμέναι.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν μὲν τὸ φῶς νὰ διέρχεται διὰ μέσου αὐτῶν, δὲν ἐπιτρέπουν ὅμως νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῶν τὰ διάφορα ἀντικείμενα, καλοῦνται **ἡμιδιαφανῆ** σώματα. Τοιοῦτο π.χ. σῶμα εἶναι ἡ γαλακτοχρῶς ὕαλος τῶν παραθύρων, διὰ μέσου τῆς ὁποίας τὸ ἡλιακὸν φῶς διέρχεται καὶ φωτίζει τὸ δωμάτιον, εἶναι ὅμως ἀδύνατον νὰ διακρίνωμεν διὰ μέσου αὐτῆς τὰ ἔξω τοῦωματίου εὐρυσκόμμενα ἀντικείμενα.

Τέλος, τὰ σώματα τὰ ὁποῖα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διόδον τοῦ φωτός διὰ μέσου αὐτῶν καλοῦνται **ἀδιαφανῆ** σώματα, ὡς π.χ. τὸ ξύλον, τὰ μέταλλα ὑπὸ σημαντικὸν πάχος κ.τ.λ.

Ἡ διάκρισις τῶν σωμάτων εἰς διαφανῆ καὶ ἀδιαφανῆ δὲν εἶναι σαφῆς. Πράγματι, τὸ ὕδωρ ὑπὸ λεπτὸν στρώμα εἶναι διαφανές, ἐνῶ ὑπὸ στρώμα μεγάλου πάχους εἶναι ἀδιαφανές. Ἐξ ἄλλου, τὰ μέταλλα ὑπὸ σημαντικὸν πάχος εἶναι ἀδιαφανῆ σώματα, ἐνῶ π.χ. φύλλον λεπτότατον χρυσοῦ ἀποτελεῖ σῶμα ἡμιδιαφανές.

5. Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτός. Εἰς τὴν ἀντίληψιν τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός, καὶ ἐπομένως εἰς τὴν παραδοχὴν τῆς ὑπάρξεως φωτεινῆς ἀκτίνος, ἀγόμεθα ἐκ τοῦ ἀκολουθοῦντος βασικοῦ πειράματος:

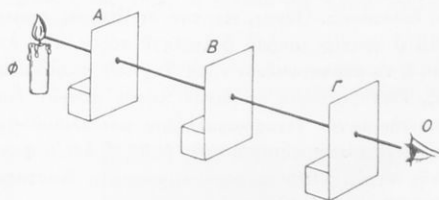
Ἐάν εἰς σκοτεινὸν θάλαμον ἀφήσωμεν, διὰ μέσου μικρῆς ὀπῆς, νὰ εἰσχωρήσῃ δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων, τότε τὰ μόρια τοῦ κονιορτοῦ, τὰ αἰωρούμενα ἐντὸς τοῦ θαλάμου καὶ εὗρισκόμενα εἰς τὸν δρόμον τῆς δέσμης καθίστανται φωτεινά, οὕτω δὲ δεικνύουν τὴν διαδρομὴν τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων, ἡ ὁποία βλέπομεν ὅτι εἶναι εὐθύγραμμος. Αἱ ἀκτίνες, ἐξ ἄλλου, προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ ἔναντι τῆς ὀπῆς τοῦ θαλάμου τοίχου, σχηματίζουν ἐπ' αὐτοῦ μικρὰν φωτεινὴν κηλίδα. Ἐάν ὅμως ἔλαττοῦμεν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον τὸ εὖρος τῆς ὀπῆς, διὰ τῆς ὁποίας εἰσχωροῦν αἱ ἀκτίνες εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον, παρατηροῦμεν ὅτι ἔλαττοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον τὸ εὖρος τοῦ εἰδώλου, οὕτω δὲ ἀγόμεθα εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι διὰ συνεχοῦς μειώσεως τοῦ εὗρους τῆς ὀπῆς εἰσόδου, θὰ κατορθώσωμεν ν' ἀπομονώσωμεν μίαν φωτεινὴν ἀκτίναν.

Ἡ ἀντίληψις αὕτη, ἡ ὁποία ἐπεκράτησεν ἀρχικῶς, ἀπεδείχθη βραδύτερον διὰ τοῦ πειράματος ὅτι δὲν εἶναι ἀληθής. Ἐν τούτοις, μολοντὶ σήμερον γνωρίζομεν ὅτι ἡ φωτεινὴ ἀκτίς εἶναι ἀνύπαρκτος, καὶ ἐπομένως, ἡ ἔννοια τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος εἶναι ἄνευ σημασίας, ἐν τούτοις ἐξακολουθοῦμεν νὰ διατηροῦμεν αὐτὴν εἰς τὴν στοιχειώδη σπουδὴν τῆς Ὀπτικῆς, διότι ἡ παραδοχὴ αὕτη διευκολύνει τὰ μέγιστα τὴν σπουδὴν τῶν διαφόρων στοιχειωδῶν ὀπτικῶν φαινομένων, ὡς π.χ. τῶν φαινομένων ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως τοῦ φωτός, τῆς συμπεριφορᾶς τῶν κατόπτρων, τῶν πρισμάτων καὶ τῶν φακῶν, χωρὶς νὰ καταλήγῃ εἰς συμπεράσματα μὴ ἐπαληθευόμενα ὑπὸ τοῦ πειράματος.

Υπάρχουν ὅμως καὶ ἄλλα φαινόμενα τὰ ὁποία δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐξηγηθῶν διὰ τῆς παραδοχῆς τῆς ἔννοιαις τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, καὶ διὰ τῶν ὁποίων δεικνύεται μάλιστα ὅτι αὕτη δὲν ὑφίσταται ὑπὸ τὴν σημασίαν τὴν ὁποίαν ἀποδίδει εἰς αὐτὴν ἡ Γεωμετρικὴ Ὀπτικὴ. Τὰ φαινόμενα ταῦτα, ὡς π.χ. τῆς *συμβολῆς τοῦ φωτός*, *πολῶσεως τοῦ φωτός* καὶ ἄλλα, ἀποτελοῦν ἀντικείμενον τῆς *Φυσικῆς Ὀπτικῆς*, τῆς ὁποίας ὁρισμένα κεφάλαια θὰ ἐξετάσωμεν εἰς ἄλλην θέσιν.

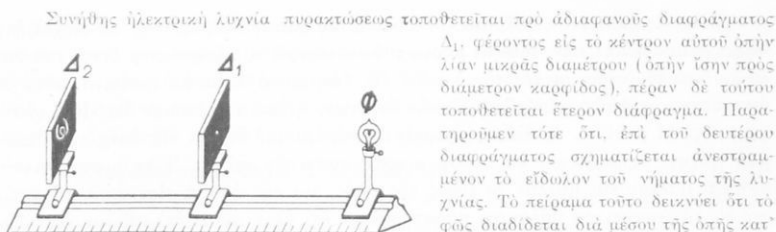
6. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Πειραματικῶς δεικνύομεν τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός διὰ τῆς ἀκολουθοῦντος διατάξεως: Φωτεινὴ

πηγὴ μικρῶν διαστάσεων, π.χ. φλόξ κηρίου, τίθεται εἰς σημεῖον Φ (σχ. 2) καὶ ἀμέσως πρὸ αὐτῆς τοποθετεῖται σκιερὸν διάφραγμα Α, φέρον εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ μικρὰν ὀπὴν. Πέραν τοῦ διαφράγματος τούτου τοποθετοῦνται δύο ἕτερα ὅμοια διαφράγματα Β καὶ Γ, ἕκαστον τῶν ὁποίων φέρει εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ μικρὰν ὀπὴν. Ἐάν τὰ δύο ταῦτα διαφράγματα διατεθοῦν κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ὁ ὀφθαλμὸς, ὅταν τοποθετῆται εἰς Ο νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς τὴν φωτεινὴν πηγὴν, τότε ἡ παρατήρησις δεικνύει ὅτι ἡ εὐθεῖα ΦΟ ἢ συνδέουσα τὴν φωτεινὴν πηγὴν πρὸς τὸν ὀφθαλμὸν διέρχεται διὰ τῶν ὀπῶν τῶν διαφραγμάτων Α, Β καὶ Γ. Ἐκ τούτου δεικνύεται ὅτι τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Φ φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν Ο διαδιδόμενον κατ' εὐθεῖαν γραμμὴν.



Σχ. 2. Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

7. Σκοτεινὸς θάλαμος. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ *σκοτεινοῦ θαλάμου*. Ἡ συσκευή αὕτη δεικνύεται στοιχειωδῶς διὰ τῆς ἐν σχήματι 3 πειραματικῆς διατάξεως:



Σχ. 3. Το είδωλον του νήματος της λυχνίας Φ σχηματίζεται επί του διαφράγματος Δ_2 , μέσω της όπτης του διαφράγματος Δ_1 , ανεστραμμένον, λόγω της ευθυγράμμου διαδόσεως του φωτός.

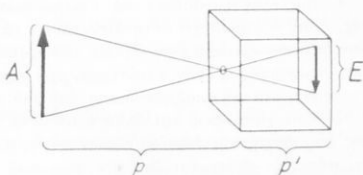
ροντος εις τὸ κέντρον τῆς προσθίας ἑδρας μικρὰν ὀπὴν, ἐνῶ ἡ ἀντικειμένη πρὸς τὴν ὀπὴν ἑδρα ἀντικαθίσταται ὑπὸ ἡμιδιαφανοῦς γαλακτοχρόου ὕαλου, ἐπὶ τῆς ὁποίας ἀπεικονίζονται τὰ πρὸ τῆς ὀπῆς ἀντικείμενα. Ἡ λειτουργία τοῦ θαλάμου ἐξηγείται ὡς ἑξῆς: Ἐκαστον σημείον τῆς ἡμιδιαφανοῦς ὕαλου δέχεται διὰ μέσου τῆς ὀπῆς φῶς, μόνον ἐξ ὁρισμένης περιοχῆς τοῦ φωτοβόλου βέλους. Οὕτως ἐξηγείται ὁ σχηματισμὸς τοῦ ἀνεστραμμένου ειδώλου.

8. Φωτεινὸν σημεῖον. Δέσμαι φωτεινῶν ἀκτίνων. Ὅταν ἡ πηγὴ ἔχῃ πολὺ μικρὰς διαστάσεις, λέγομεν ὅτι αὐτὴ ἀποτελεῖ **φωτεινὸν σημεῖον**. Ἡ ἔννοια τοῦ φωτεινοῦ σημείου εἶναι ἐντελὼς θεωρητικὴ, διότι, ὅσονδήποτε μικρὰ καὶ ἂν εἶναι ἡ φωτεινὴ πηγὴ, πάντως αὕτη ἔχει διαστάσεις. Οὕτως, εἰς τὴν πράξιν, ὡς φωτεινὸν σημεῖον δύναται νὰ θεωρηθῇ ὁ κρατὴρ μικροῦ βολταϊκοῦ τόξου, τοῦ ὁποίου αἱ διαστάσεις εἶναι 1-3 mm, ἢ τὸ πυρακτωμένον νῆμα λυχνιῶν πυρακτώσεως, εἰδικῆς κατασκευῆς. Συνήθως, ἐπιτυγχάνομεν φωτεινὴν πηγὴν μικρῶν διαστάσεων, ἐὰν ἐγκλείσωμεν τὴν φωτεινὴν πηγὴν ἐντὸς καταλλήλου μεταλλικοῦ θαλαμίσκου καὶ ἀφήσωμεν εἰς ἐν τῶν τοιχωμάτων αὐτοῦ μικρὰν ὀπὴν, ἢ ὁποία φωτίζεται ἐκ τῶν ἑσῶ διὰ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ὅταν ἡ πηγὴ παρουσιάζῃ διαστάσεις, δεχόμεθα ὅτι αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ πολλῶν φωτεινῶν σημείων.

Φωτεινὸν σημεῖον δεχόμεθα ὅτι ἐκπέμπει ἀκτίνες καθ' ὅλας τὰς διευθύνσεις, αἱ ὁποῖαι εἰς τὸ αὐτὸ ὁμοιογενὲς μέσον εἶναι εὐθεῖαι γραμμαί.

Ἐὰν θεωρήσωμεν ὁρισμένην κωνικὴν περιοχὴν τοῦ χώρου (σχ. 5, α) ἔχουσιν κορυφὴν τὸ φωτεινὸν σημεῖον Ο καὶ ἄνοιγμα 2α, τότε ὅλαι αἱ ἀκτίνες αἱ περιεχόμεναι εἰς τὸν γῶρον τοῦτον ἀποτελοῦν **δέσμην φωτεινῶν ἀκτίνων**, ἢ, ὡς ἀπλῶς λέγομεν, **φωτεινὴν δέσμην**. Αἱ περιορίζουσαι τὴν δέσμην ἀκτίνες ΟΑ καὶ ΟΒ (καθὼς καὶ αἱ κείμεναι ἐπὶ τῆς παραπλεύρου ἐπιφανείας τοῦ κώνου) καλοῦνται **ὄρια καὶ ἀκτίνες**, ἐνῶ ἡ ἀκτὶς ΟΓ καλεῖται **ἄξων τῆς δέσμης**, καὶ ἡ γωνία 2α

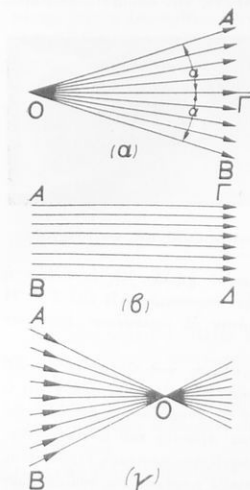
Ἡ εἰς τὸ σχ. 4 εἰκονιζομένη διάταξις δεικνύει τὴν πρακτικὴν πραγματοποίησιν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ σκοτεινοῦ κιβωτίου φέροντος εἰς τὸ κέντρον τῆς προσθίας ᑦδρας μικρὰν ὀπὴν, ἐνῶ ἡ ἀντικειμένη πρὸς τὴν ὀπὴν



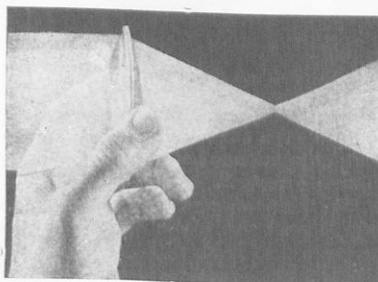
Σχ. 4. Α ἀποτελεῖ τὸ ἀντικείμενον, Ε τὸ εἶδωλον, ὁ λόγος δὲ $E:A = p':p$ παρᾶσκει τὴν κλίμακα ἀπεικονίσεως ἢ μεγέθυνσιν.

των δύο όριζων ακτίνων αποτελεί τὸ **ἄνοιγμα** τῆς δέσμης. Μία φωτεινὴ δέσμη δύναται νὰ εἶναι κωνικὴ (ἀποκλίνουσα ἢ συγκλίνουσα, σχ. 5, α καὶ 5, γ) ἢ παράλληλος (σχ. 5, β). Ὅταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον εὐρίσκεται εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν, αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες τῆς δέσμης δύναται νὰ θεωρηθοῦν ὡς παράλληλοι.

Φωτεινὸν σημεῖον, φωτεινὴ δέσμη καὶ ἀκτὶς φωτός, ἀποτελοῦν ἐννοίας θεωρητικὰς, αἱ ὁποῖαι εἰς τὴν πραγματικότητα δὲν ὑφίστανται, ἀποτελοῦν ὁμῶς σπουδαιότητας



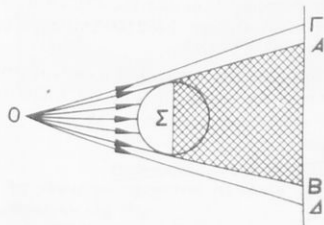
Σχ. 5. Εἶδη φωτεινῶν δεσμῶν.



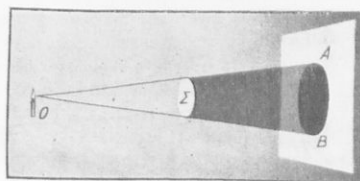
Σχ. 6. Ἡ παράλληλος δέσμη φωτὸς μετατρέπεται διὰ φακοῦ εἰς συγκλίνουσαν καὶ ἀποκλίνουσαν.

βοηθητικὰς ἐννοίας διὰ τὴν γεωμετρικὴν κατασκευὴν ὡς καὶ τὴν μαθηματικὴν ἔρευναν διαφόρων ὁπτικῶν προβλημάτων. Γεωμετρικῶς παριστώμεν φωτεινὴν δέσμην εἴτε διὰ τῶν ὁριζῶν ἀκτίνων αὐτῆς εἴτε διὰ τοῦ ἄξονος αὐτῆς. Τὸ σχ. 6 δεικνύει τὸν τρόπον σχηματισμοῦ συγκλινούσης καὶ ἀποκλινούσης δέσμης φωτός.

9. Σκιά - Παρασκιά. Ἐπειδὴ αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες διαδίδονται εἰς τὸ αὐτὸ μέσον πάντοτε εὐθύγραμμως, εἶναι φανερόν ὅτι ἂν εἰς τὴν πορείαν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων τῶν



Σχ. 7. Σκιά AB σκοτεινῆς σφαίρας Σ.

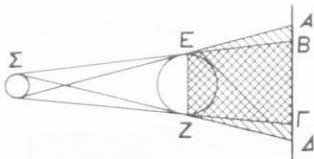


Σχ. 8. Φωτογραφία τοῦ φαινομένου σκιάς.

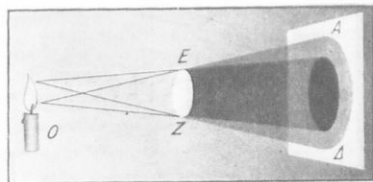
ἐξλεπτομένον ὑπὸ φωτεινῆς πηγῆς περιεμβληθῇ ἀδιαφανὲς σῶμα, θὰ σχηματισθῇ ὅπισθεν αὐτοῦ περιοχὴ ἐντὸς τῆς ὁποίας δὲν θὰ εἰσχωρῇ φῶς, ὁ χῶρος δὲ οὗτος ἀποτελεῖ τὴν **σκιάν**.

Ὅταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ O (σχ. 7) ἀποτελῇ φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιά AB τοῦ σκιεροῦ

σώματος Σ , ή σχηματιζομένη επί διαφράγματος κεκλιμένου ὀπισθεν αὐτοῦ, χωρίζεται σαφῶς ἀπὸ τοῦ ὑπολοίπου φωτεινοῦ χώρου $\Lambda\Gamma$ καὶ $\beta\Delta$. Ὅταν ὁμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ Σ (σχ. 9) δὲν ἀποτελῇ φωτεινὸν σημεῖον, ἀλλὰ ἔχει διαστάσεις, εἶναι ὁμως μικροτέρα τοῦ σκιεροῦ σώματος $\epsilon\zeta$. ἔχομεν, ἐκτὸς τῆς κυρίως σκιάς, καὶ τὴν **παρασκιάν**, εἰς τὴν ὁποίαν ὁ φωτισμὸς



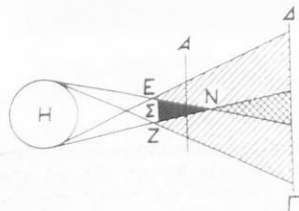
Σχ. 9. Σκιά καὶ παρασκιά.



Σχ. 10. Φωτογραφία τοῦ φαινομένου.

αὐξάνεται βαθμιαίως ἀπὸ τῆς σκιάς μεχρι τοῦ τελείως φωτεινοῦ χώρου. Ὡς ἐκ τούτου ἡ σκιά $\beta\Gamma$ δὲν ἔχει σαφῆ ὅρια, ἔνεκα τῆς περιβαλλούσης αὐτὴν παρασκιάς $\Lambda\beta$ καὶ $\Gamma\Delta$. Ἡ παρασκιά σχηματίζεται διότι ἡ περιοχὴ αὐτῆς δέχεται φῶς μόνον ἐξ ὀρισμένων περιοχῶν τῆς φωτεινῆς πηγῆς Σ .

Ἐάν ἡ φωτεινὴ πηγὴ H (σχ. 11) ἔχῃ διαστάσεις μεγαλυτέρας τοῦ ἀντικειμένου $\epsilon\zeta$ (σκιερὸς δίσκος), τότε ἡ μόνη περιοχὴ τοῦ χώρου εἰς τὴν ὁποίαν δὲν εἰσχωρεῖ φῶς εἶναι ὁ κῶνος $\epsilon\eta\zeta$ ἔχων βάσιν τὸ ἀντικείμενον, ἐφ' ὅσον δὲ τὸ διάφραγμα Λ τίθεται πλησίον τοῦ ἀντικειμένου, τότε ἐπ' αὐτοῦ θὰ σχηματίζεται κεντρικὴ μικρὰ σκιά περιβαλλομένη ὑπὸ σχετικῶς μεγάλῃς παρασκιᾶς. Ἐάν ὁμως τὸ διάφραγμα τεθῇ εἰς $\Lambda\Gamma$ μακρὰν ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, σχηματίζεται μόνον διάχυτος σκιά χωρὶς νὰ ἀναφαίνεται κεντρικὴ σκιά.

Σχ. 11. Ἡ φωτεινὴ πηγὴ H εἶναι μεγαλυτέρα τοῦ σκιεροῦ δίσκου $\epsilon\zeta$.

Ἡ σκιά Σ περιστρέφεται περὶ τὴν $\Gamma\eta$, ἡ δὲ μέση ἀπόστασις αὐτῆς ἀπὸ τῆς $\Gamma\eta$ εἶναι περίπου 384 000 km. Ἐξ ἄλλου, ἡ διάμετρος τοῦ Ἡλίου εἶναι περίπου 1 392 000 km, τῆς $\Gamma\eta$ περίπου 12 800 km καὶ τῆς Σελήνης 3 200 km.

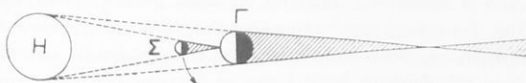
Ἐάν κατὰ τὴν διάρκειαν πανσελήνου ἡ Σελήνη, ὁ Ἡλιος καὶ ἡ $\Gamma\eta$ εὐρίσκονται ἐπ' εὐθείας, τότε ἡ Σελήνη εὐρίσκεται ὁλόκληρος ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς $\Gamma\eta$ καὶ λαμβάνει

Σχ. 12. Ἐκλειψις Σελήνης γίνεται ὅταν αὐτὴ εἰσχωρῇ ἐντὸς τοῦ σκιεροῦ κῶνου τῆς $\Gamma\eta$.

χώραν **ὀλικὴ ἔκλειψις**, ἡ ὁποία διαρκεῖ ἐπὶ χρονικὸν διάστημα ἴσον πρὸς ἐκεῖνο πού χρειάζεται ἡ Σελήνη διὰ νὰ διέλθῃ διὰ τῆς σκιάς τῆς $\Gamma\eta$. Ἐάν ὁμως τὰ κέντρα τῶν τριῶν

οὐρανίων σωμάτων δὲν εὐρίσκονται ἐπ' εὐθείας, τότε ἡ Σελήνη δύναται νὰ εὐρίσκεται ἐν μέρει ἐντὸς τῆς σκιάς τῆς Γῆς καὶ ἐν μέρει ἐκτὸς αὐτῆς, καὶ ἐπομένως ὁ δίσκος τῆς Σελήνης, ὁρώμενος ἐκ τῆς Γῆς, φαίνεται ἐν μέρει σκοτεινός, ὅποτε λαμβάνει χώραν **μερικὴ ἔκλειψις**. Ὅταν ἡ Σελήνη εὐρίσκεται ἔξω τοῦ κώνου τῆς σκιάς τῆς Γῆς, ἀλλ' ἐντὸς τῆς παρασκιάς, τότε ἡ λαμπρότης αὐτῆς ἐλαττοῦται οὐσιωδῶς. Λόγω τῆς κλίσεως τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἡ τροχιά τῆς Σελήνης ἐν σχέσει πρὸς τὴν τροχιάν τῆς Γῆς, τὰ κέντρα αὐτῶν δὲν εὐρίσκονται εἰς ἐκάστην πανσέληνον ἐπ' εὐθείας, καὶ ἔνεκα τοῦ λόγου τούτου δὲν παρατηρεῖται ἔκλειψις Σελήνης καθ' ἑκάστην μῆνα.

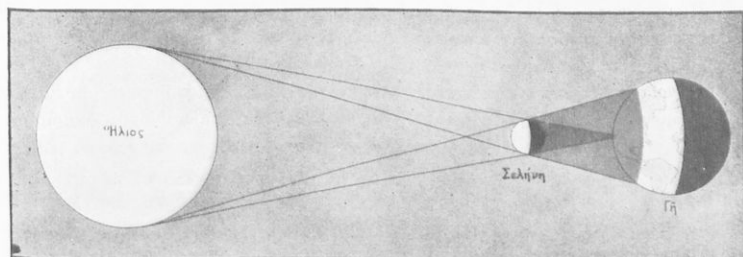
Ἡλιακαὶ ἔκλειψεις. Αὗται λαμβάνουν χώραν ὅταν ἡ Σελήνη παραντίθεται μεταξὺ Γῆς καὶ Ἡλίου, ὅποτε αὐτὴ ἀποφράσσει μέρος τοῦ ἡλιακοῦ φωτός, παρατηροῦνται δὲ κατὰ τὴν περίοδον νέας Σελήνης. Εἰς τὸ σχ. 13 δεικνύονται αἱ σχετικαὶ θέσεις Ἡλίου, Γῆς καὶ Σελήνης ἵνα συμβῇ ὀλικὴ ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου. Λόγω ὅμως τῆς μικρότητος τῆς σκιάς τῆς Σελήνης, ἐπὶ τῆς Γῆς σχηματίζεται κυκλικὴ σκιά διαμέτρου ὀλίγου χιλιομέτρων, καὶ μόνον



Σχ. 13. Ἐκλειψις Ἡλίου συμβαίνει ὅταν ἡ κορυφὴ τοῦ σκιαροῦ κώνου τῆς Σελήνης Σ, φωτισομένης ἐκ τοῦ Ἡλίου Η, πίπτῃ ἐπὶ τῆς Γῆς Γ.

ἡ περιοχὴ αὐτὴ τῆς Γῆς εὐρίσκεται εἰς σκότος, μόνον δὲ οἱ κάτοικοι τῆς περιοχῆς ταύτης βλέπουν **ὀλικὴν ἔκλειψιν**, διότι δὲν εἰσχωροῦν ἡλιακαὶ ἀκτίνες ἐντὸς τοῦ σκιαροῦ κώνου τῆς Σελήνης.

Ἐξ ἄλλου, παρατηρητὰ εὐρισκόμενοι ἐντὸς τῆς παρασκιάς δέχονται φῶς εἴτε ἐκ τοῦ ἄνω μέρους τοῦ Ἡλίου, εἴτε ἐκ τοῦ κάτω μέρους, καὶ ὡς ἐκ τούτου δι' αὐτοὺς προσιπτει **μερικὴ ἔκλειψις**. Ἐξὼ τῆς παρασκιάς, ἅπαν τοὶ ἡλιακὸν φῶς προσπίπτει ἐπὶ τῆς Γῆς. Ἐκ



Σχ. 14. Ἡ ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου δὲν εἶναι ποτὲ δυνατόν νὰ εἶναι ὀλικὴ δι' ὅλους τοὺς τόπους τῆς Γῆς

τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ὀλικὴ ἔκλειψις Ἡλίου λαμβάνει χώραν μόνον διὰ μίαν μικρὰν περιοχὴν τῆς Γῆς.

Εἰς τὸ σχ. 14 δεικνύεται σαφῶς ὅτι ἡ ἔκλειψις τοῦ Ἡλίου εἶναι ὀλικὴ διὰ μικρὰν μόνον περιοχὴν τῆς Γῆς.

11. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός. Ἐκ μετρήσεων, τὰς ὁποίας θέλομεν σπουδάσει εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. Κεφάλαιον ΣΤ'), κατεδείχθη ὅτι τὸ φῶς δὲν δια-

δίδεται άκαριαίως, δηλαδή υπό άπειρον ταχύτητα, αλλά υπό ταχύτητα πεπερασμένην.

Πρός τούτους, τὸ φῶς, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸν ἥχον, διαδίδεται καὶ διὰ τοῦ κενοῦ χώρου, ἄλλως θὰ ἦτο ἀδύνατον νὰ γίνῃ νοητὸν πῶς διαδίδεται τὸ φῶς ἀπὸ τῶν μεμακρυσμένων ἀπλανῶν ἀστέρων, ἐφ' ὅσον εἰς τὸν ὑπερπλανητικὸν χώρον, ὁ ὁποῖος διαχωρίζει τοὺς ἀπλανεῖς ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, δεχόμεθα ὅτι δὲν ὑφίσταται συνήθης ὕλη. Οὕτω, διὰ τὸν κενὸν χώρον, ἡ ταχύτης c διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι :

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

Εἰς τὸν ἀέρα, ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός ἐλάχιστα διαφέρει τῆς τοῦ κενοῦ χώρου, οὕτω δὲ πρακτικῶς δεχόμεθα ὅτι εἶναι ἡ αὐτή. Ἐντὸς ὅμως τοῦ ὕδατος ἢ τῆς ὑάλου, ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι μικροτέρα ἢ εἰς τὸν ἀέρα.

Ἡ ὡς ἂν ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι πρῶγματι καταπληκτικοῦ μεγέθους. Οὕτω, τὸ φῶς δύναται ἐντὸς 1 sec νὰ διανύσῃ 7,5 φορὰς τὴν περίμετρον τῆς Γῆς. Ἐξ ἄλλου, τὸ φῶς τῆς Σελήνης, διὰ νὰ φθάσῃ μέχρι τῆς Γῆς χρειάζεται 1 sec. Ἔνεκα τοῦ λόγου τούτου οἱ ἀστρονόμοι, πρὸς καθορισμὸν τῆς ἀποστάσεως τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων ἀπὸ τῆς Γῆς καὶ πρὸς ἀποφυγὴν μεγάλων ἀριθμῶν, καθιέρωσαν ὡς μονάδα μήκους τὸ $\epsilon\tau\omicron\varsigma$ φωτός, τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἀπόστασιν τὴν ὁποίαν διανύει τὸ φῶς εἰς ἓν ἔτος ($1 \text{ ἔτος φωτός} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$). Οὕτω, ἐπειδὴ τὸ φῶς τοῦ ἀστέρος α τοῦ ἀστερισμοῦ τοῦ Κενταύρου διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὴν Γῆν χρειάζεται 4,5 ἔτη, λέγομεν ὅτι ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τῆς Γῆς εἶναι ἴση πρὸς 4,5 ἔτη φωτός.

Παραδέχονται δὲ οἱ ἀστρονόμοι ὅτι ὑφίστανται εἰς τὸ σύμπαν ἀπλανεῖς ἀστέρες εἰς τοιαύτην ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς Γῆς, ὥστε τὸ φῶς αὐτῶν, διὰ νὰ φθάσῃ μέχρι ἡμῶν, χρειάζεται πολλὰ ἑκατομμύρια ἐτῶν φωτός.

Λόγω τῆς καταπληκτικῶς μεγάλης ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν, διὰ τὰς συνήθεις ἐπιγείους ἀποστάσεις, ὅτι τοῦτο διαδίδεται ἀκαριαίως.

ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

12. Διάχυτος ἀνάκλασις. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι δυνάμεθα νὰ βλέπωμεν περίξ ἡμῶν τὰ διάφορα ἐντὸς δωματίου ἀντικείμενα, ὅταν αἱ ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα ταῦτα προερχόμεναι ἀκτίνες εἰσχωροῦν εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας. Αἱ ἐπιφάνειαι ὅμως τῶν μεγάλων ἀντικειμένων ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ εἶναι τραχεῖαι, καὶ τὸ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτον φῶς ἐκπέμπεται ἐκ νέου ὑπ' αὐτῶν ὅλως ἀκανονιστως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλοῦμεν **διάχυτον ἀνάκλασιν**, ἢ ἀπλῶς **διάχυσιν** τοῦ φωτός. Πράγματι, ἐὰν εἰς σκοτεινὸν θάλαμον δεχθῶμεν δέσμην ἡλιακῶν ἀκτίνων, αἷτινες εἰσχωροῦν διὰ μικρᾶς ὀπῆς, ἐπὶ φύλλου λευκοῦ χάρτου, παρουσιάζοντος ὅμως τραχεῖαν ἐπιφάνειαν, ὡς π.χ. εἶναι τὸ στυπόχαρτον ἢ ὁ εἰδικὸς χάρτης ζωγραφικῆς, βλέπομεν ὅτι ὅλος ὁ θάλαμος φωτίζεται λόγω διαχύτου ἀνακλάσεως (σχ. 15).

Διὰ διαχύτου ἡλιακοῦ φωτός φωτίζονται ἐν καιρῷ ἡμέρας τὰ δωματῖα οἰκῶν,

και διά διαχύσεως τοῦ φωτός καθίσταται ὁρατὴ ἡ πορεία φωτεινῆς δέσμης εἰς σκοτεινὸν θάλαμον, τῆς διαχύσεως προκαλουμένης ὑπὸ τῶν μορίων τοῦ κοινοῦ τοῦ τῶν αἰωρουμένων εἰς τὴν περιοχὴν διὰ τῆς ὁποίας διέρχεται ἡ φωτεινὴ δέσμη. Ἐπίσης, κατὰ τὸν τεχνητὸν φωτισμὸν αἱ λυχνίαι τοποθετοῦνται πλησίον τῆς ὁροφῆς τῶν αἰθουσῶν καὶ ἐφοδιάζονται κάτωθεν ὑπὸ σκιερῶν ἀνακλαστήρων (ἀμπαζούρ). Οὕτω τὸ φῶς ἀνακλᾶται πρὸς τὰ ἄνω, ἤτοι πρὸς τὴν ὁροφὴν καὶ ἀκολουθῶς ἐκ τῆς ὁροφῆς διαχέεται εἰς τὴν αἶθουσαν ἢ ὁποία τοιοῦτοτρόπως φωτίζεται ὁμοιομόρφως. Ἐνεκα τοῦ λόγου τούτου, τὸσον ἡ ὁροφή, ὅσον καὶ οἱ τοῖχοι χρωματίζονται κατὰ προτίμησιν λευκοί, διότι διαχέουν μέγα ποσοστὸν, περίπου 84 %, τοῦ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτοντος φωτός, ἐνῶ σκοτεινοῦ χρώματος τοῖχοι, π.χ. σκοτεινῶς φαιοῦ, διαχέουν μόλις 16 % τοῦ ἐπ' αὐτῶν προσπίπτοντος φωτός.



Σχ. 15. Διάχυτος ἀνάκλασις.

13. Κανονικὴ ἀνάκλασις. Ἐάν τὴν διὰ τῆς ὁπῆς τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου

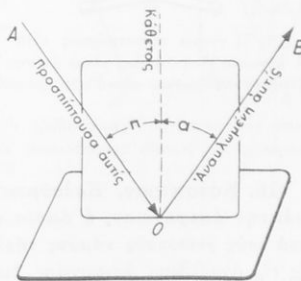
διερχομένην δέσμην ἡλιακῶν ἀκτίνων δεχθῶμεν ἐπὶ λείας καὶ στιλπνῆς ἐπιφανείας, π.χ. ἐστιλβωμένης ἐπιπέδου μεταλλικῆς πλακῆς, τὸ φῶς ἐπανεκπέμπεται μόνον καθ' ὠρισμένην διεύθυνσιν, οὕτω δὲ ὁ θάλαμος δὲν φωτίζεται, ὥς εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν· μάλιστα δέ, ἐάν δεχθῶμεν τὸ ἐπὶ τῆς πλακῆς ἀνακλασθὲν φῶς εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, νομίζομεν ὅτι τοῦτο προέρχεται ἐκ μεμακρυσμένου τινος



Σχ. 16. Κανονικὴ ἀνάκλασις.

ἀντικειμένου. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν **κανονικὴν ἀνάκλασιν** ἢ, ἀπλῶς, **ἀνάκλασιν** τοῦ φωτός (σχ. 16).

14. Νόμοι ἀνακλάσεως. Εἰς τὸ σχ. 17, ἡ ΑΟ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἐπὶ τῆς λείας καὶ στιλπνῆς ἐπιπέδου πλακῆς προσπίπτοντος φωτός, ἐνῶ ἡ ΟΒ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν καθ' ἣν τοῦτο ἀνακλᾶται. Ἐφ' ὅσον εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν δεχόμεθα τὴν ὑπαρξίν ἀκτίνος φωτός, ἡ ΑΟ καλεῖται **προσπίπτουσα ἀκτίς**, ἡ δὲ ΟΒ **ἀνακλωμένη ἀκτίς**. Ἡ γωνία π, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ προσπίπτουσα ἀκτίς ΑΟ μετὰ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως Ο, καλεῖται **γωνία προσπίπτσεως**, ἡ δὲ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς ΟΒ μετὰ τῆς αὐτῆς καθέτου, καλεῖται **γωνία ἀνακλάσεως**. Τὸ ἐπίπεδον, τὸ ὁποῖον ὁρίζουν ἡ ΑΟ καὶ ἡ κάθετος εἰς τὸ Ο ἐπὶ



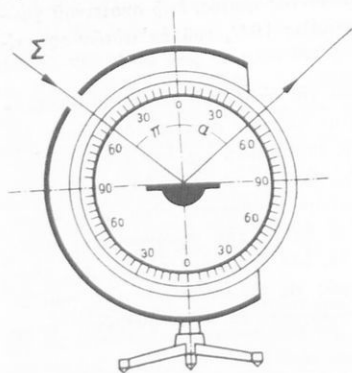
Σχ. 17. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν, καλεῖται **ἐπίπεδον προσπίπτουσας**. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ὁρισμῶν δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦντας νόμους, τοὺς ὁποίους ἀκολουθεῖ τὸ φαινόμενον τῆς κανονικῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

1. Ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτὶς κεῖνται ἐν τῷ ἐπίπεδῳ τῆς προσπίπτουσας, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ἀνακλῶσαν ἐπιφάνειαν.

2. Ἡ γωνία προσπίπτουσας εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ἐὰν φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτῃ καθέτως ($\alpha = 0$), θὰ ἀνακλᾷται ἐπίσης καθέτως ($\alpha = 0$).

Πειραματικῶς ἐξ ἄλλου δεικνύεται ὅτι ἐὰν ἡ ἀκτὶς BO (σχ. 17) ἀποτελῇ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα εἰς τὸ σημεῖον O, τότε ἡ ἀντίστοιχος πρὸς αὐτὴν ἀνακλωμένη ἀκτὶς θὰ εἶναι ἡ OA' τοῦτο ἀποτελεῖ θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Γεωμετρικῆς Ὀπτικῆς, ἡ ὁποία καλεῖται **ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός**.



Σχ. 18. Ἡ γωνία προσπίπτουσας εἶναι 50° καὶ ἡ γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἐπίσης 50° , κεῖνται δὲ αἱ ἀκτίνες εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον.

κτισιν τοῦ φωτεινοῦ ἴχνους αὐτῆς, συνάγεται ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἀνακλάσεως, βλέπομεν ὅτι αὗται εἶναι ἴσαι. μετρήσεως τῶν γωνιῶν προσπίπτουσας καὶ ἀνακλάσεως, βλέπομεν ὅτι αὗται εἶναι ἴσαι.

15. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως. Εἰς τὸ σχ. 18 δεικνύεται λίαν ἀπλὴ συσκευή, διὰ τῆς ὁποίας εἶναι δυνατόν ν' ἀποδείξῃτοὶ οἱ νόμοι τῆς ἀνακλάσεως ἱκανοποιητικῶς. Διὰ τῆς ὁπῆς ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ φωτεινὴ ἀκτὶς Σ, τῆς ὁποίας ἡ τροχιά ἐμφαίνεται ἀπὸ τὸ φωτεινὸν ἴχνος τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐπὶ λευκοῦ καταχορῶφου δίσκου, φέροντος ὑποδιαίρεσεις εἰς μοίρας κατὰ τὴν περιφέρειαν αὐτοῦ. Ἡ ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ μικροῦ ἐπίπεδου κατόπτρου, ὁπότε παρέχει ἀνακλωμένην, τῆς ὁποίας τὸ φωτεινὸν ἴχνος σχηματίζεται ἐπίσης ἐπὶ τοῦ δίσκου. Ἐπειδὴ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα δυνάμεθα νὰ δεχθῶμεν μόνον ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς τεθῇ εἰς τὴν προέ-

16. Κάτοπτρον. Καλοῦμεν ἐν τῇ Φυσικῇ **κάτοπτρον** πᾶσαν **λείαν καὶ σιελπνὴν ἐπιφάνειαν**, ἡ ὁποία ἀνακλᾷ τὸ φῶς τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς κατὰ τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός. Ἀναλόγως τῆς μορφῆς τῆς ἀνακλώσεως ἐπιφανείας, διακρίνομεν τὰ κάτοπτρα εἰς διαφόρους τύπους. Οὕτω, ἐὰν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος, τὸ κάτοπτρον καλεῖται **ἐπίπεδον κάτοπτρον**. Ἐπὶ παραδείγματι, πλᾶξ ἐξ ἄργιῦον ἐστὶλβωμένη κατὰ τὴν μίαν ἐπιφάνειαν ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κάτοπτρον, ὁμοίως ἡ ἑλευθέρα ἐπιφάνεια ὕδραργύρου εὗρισκομένου ἐν ἡρεμίᾳ ἐντὸς λεκάνης, ἡ ἡρεμοῦν ὕδωρ (σχ. 19) ἀποτελεῖ ἐπίσης ἐπίπεδον κάτοπτρον.

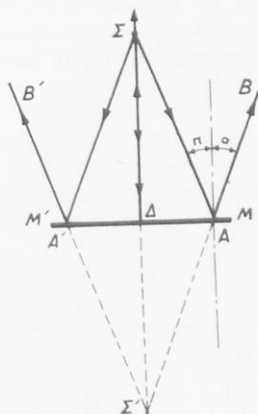
Τὰ συνήθη ἐν χρῆσει ἐπίπεδα κάτοπτρα ἀποτελοῦνται ἐξ ὑαλίνης πλακὸς με

παράλληλους ἔδρους, τῆς ὁποίας ἡ ὀπισθία ἐπιφάνεια καλύπτεται δι' αἰμαλάματος ὕδραργύρου. Προκειμένου περὶ κατόπτρων ὀπτικῶν ὀργάνων (π.χ. τηλεσκοπίων) κατασκευάζομεν ταῦτα εἴτε ἐξ ἐπιπέδου ὑαλίνης πλακός, τῆς ὁποίας ἡ προσθία ἐπιφάνεια ἐπαργυροῦται, εἴτε διὰ στιλβώσεως ἐπιπέδου μεταλλικῆς ἐπιφανείας. Ἐὰν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια τοῦ κατόπτρου δὲν εἴναι ἐπίπεδος ἀλλὰ σφαιρική, κυλινδρική, κωνική, παραβολική, τὸ κατόπτρον καλεῖται, ἀντιστοίχως, **σφαιρικόν, κυλινδρικόν, κωνικόν, παραβολικόν**. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν κατόπτρων θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων καὶ σφαιρικῶν κατόπτρων.



Σχ. 19. Τὸ ἡρεμὸν ὕδωρ ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κατόπτρον.

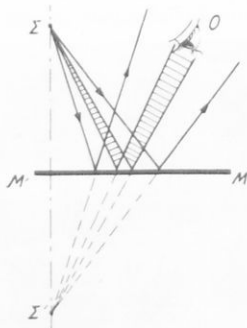
17. Ἐπίπεδα κατόπτρα. Ἐστω $M'M$ ἐπίπεδον κατόπτρον ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει φωτεινὴ ἀκτὶς ΣA , προερχομένη ἐκ φωτεινοῦ σημείου Σ (σχ. 20). Ἡ ἀντιστοίχος ἀνακλωμένη ἀκτὶς εἶναι ἡ AB , καὶ θὰ εἴναι $\pi = \alpha$. Ἐὰν φέρωμεν τὴν κάθετον $\Sigma\Delta$ ἐπὶ τῶν MM' καὶ προεκτείνωμεν αὐτὴν κάτωθεν τῆς MM' , προεκτείνωμεν δὲ καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτὶνα BA , τότε αὗται συναντῶνται εἰς τὸ σημεῖον Σ' . Τὰ τρίγωνα $\Sigma\Delta A$ καὶ $\Sigma'\Delta A$ εἶναι ἴσα· ἐπομένως, $\Sigma\Delta = \Sigma'\Delta$. Ἐπειδὴ ὁμοίως ἡ τελευταία ἰσότης ἰσχύει οἰαδήποτε καὶ ἂν εἴναι ἡ γωνία π , ὥς π.χ. διὰ τὴν ἀκτὶνα $B'A$, συνάγομεν ὅτι ὅλαι αἱ ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τοῦ φωτεινοῦ σημείου Σ καὶ προσπίπτουσιν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου $M'M$ φαίνονται, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῶν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, ὥς προερχόμεναι ἐκ τοῦ σημείου Σ' , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ εἰδωλὸν τοῦ φωτεινοῦ σημείου Σ .



Σχ. 20. Ἐπειδὴ $\pi = \alpha$ καὶ γων $\Sigma\Delta A = \gamma\omega\nu B\Delta M$. Ἀλλὰ γων $B\Delta M = \gamma\omega\nu \Delta\Delta\Sigma'$, ὅθεν γων $\Sigma\Delta A = \gamma\omega\nu \Delta\Delta\Sigma'$. Τὰ ὀρθογώνια τρίγωνα $\Sigma\Delta A$ καὶ $\Delta\Delta\Sigma'$ εἶναι ἴσα, ὅθεν $\Sigma\Delta = \Sigma'\Delta$.

Τοῦτο συμβαίνει διότι ὁ ὀφθαλμός, ἐκ φυσιολογικῆς κατασκευῆς, νομίζει ὅτι τὸ φωτοβόλον σῶμα εὑρίσκεται εἰς τὴν προέκτασιν τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν τῶν προσο-

φθαλμίων ακτίνων, δηλ. πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ακτίνων αἱ ὁποῖαι εἰσχωροῦν εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Ἐάν τοποθετήσωμεν τοῦτον εἰς τὴν περιοχὴν τῶν ἀνακλωμένων ακτίνων,



Σχ. 21. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου.

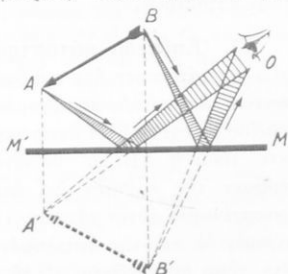
νομίζομεν ὅτι τὸ φωτοβόλον σημεῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ Σ' συμμετρικὸν τοῦ Σ ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον Μ'Μ. Τὸ Σ' καλεῖται **φανταστικὸν εἶδωλον**, διότι σχηματίζεται ὄχι ὑπὸ πραγματικῶν ακτίνων, ἀλλὰ ὑπὸ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν.

Τὸ σχ. 21 δεικνύει τὴν ἀνάκλασιν φωτεινῶν ακτίνων προερχομένων ἐκ τοῦ φωτοβόλου σημείου Σ, ὅταν αἱ ακτίνες προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου, ὁπότε, συμφώνως πρὸς τὴν προηγουμένην γεωμετρικὴν κατασκευὴν, ἐάν ὁ ὀφθαλμὸς τεθῇ εἰς Ο, θὰ νομίζῃ ὅτι τὸ φωτοβόλον σημεῖον εὐρίσκεται εἰς Σ', τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ Σ.

18. Ἀπεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου. Τὸ σχ. 22 δεικνύει τὴν γεωμετρικὴν κατασκευὴν τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου.

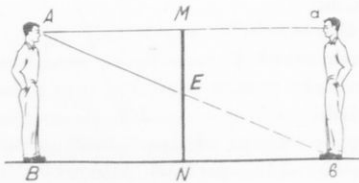
Ἐκ τοῦ σχήματος δεικνύεται ὅτι τὸ εἶδωλον ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον εἶναι πλευρικῶς ἀνεστραμμένον, δηλ. μὴ ἐφαρμόσιμον, διότι τὸ ἀριστερὸν ἀπεικονίζεται ὡς δεξιὸν καὶ τὰνὰ-παλιν.

Τὸ εἶδωλον Α' Β' σχηματίζεται εὐκόλως, ἐάν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι τὸ εἶδωλον οἰονδήποτε σημείου τοῦ ἀντικειμένου ΑΒ πρέπει νὰ εἶναι συμμετρικὸν ὡς πρὸς αὐτό, ἐν σχέσει πρὸς τὸ κατόπτρον.



Σχ. 22. Σχηματισμὸς εἰδώλου.

Ἐφαρμογαί. α) *Νὰ καθορισθῇ τὸ ἐλάχιστον*



Σχ. 23. Τὸ ἐλάχιστον μῆκος τοῦ κατόπτρου συμπίπτει περίπου πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ ὕψους τοῦ ἀνθρώπου.

τὸ μῆκος ΜΕ, τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον περίπου πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ ἀναστήματος τοῦ ἀνθρώπου.

μῆκος κατόπτρου ἵνα ἄνθρωπος τις βλέπῃ πλήρως τὸ εἶδωλον αὐτοῦ.

Ἐστω ὅτι εἰς ΑΒ εὐρίσκεται ὁ ἄνθρωπος, ΜΝ παριστᾷ τὸ ἐπίπεδον κατόπτρου καὶ αβ τὸ πλήρες εἶδωλον τοῦ ἀνθρώπου (σχ. 23). Εἶναι προδήλον ὅτι ὁ ἄνθρωπος βλέπει εἰς τὸ εἶδωλον τοὺς πόδας αὐτοῦ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ΑΕβ, χωρὶς νὰ χρησιμοποιοῦ οἰονδήποτε μέρος τοῦ κατόπτρου ΜΝ εὐρισκόμενον κάτωθεν τοῦ Ε. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι τὸ ἐλάχιστον μῆκος τοῦ κατόπτρου συμπίπτει πρὸς τὸ ἥμισυ τοῦ ἀναστήματος τοῦ ἀνθρώπου.

β) *Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τοῦ εἰδώλου ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτωπτρον, ὅταν τὸ ἀντικείμενον μετατοπίζεται ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτωπτρον.*

Ἐπειδὴ τὸ εἶδωλον πρέπει νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται καὶ τὸ ἀντικείμενον, εἶναι φανερόν ὅτι ἐὰν τὸ ἀντικείμενον μετατοπίζεται ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτωπτρον με' ὀρισμένην ταχύτητα, καὶ τὸ εἶδωλον θὰ μετατοπίζεται ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτωπτρον με' τὴν αὐτὴν ταχύτητα, κατ' ἀντίθετον ὁμοῦ διεύθυνσιν.

γ) *Νὰ καθορισθῇ ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τοῦ εἰδώλου, ὅταν τὸ κάτωπτρον μετατοπίζεται ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον.*

Ἐστω ὅτι Μ παριστᾷ τὸ ἐπίπεδον κάτωπτρον καὶ Α τὸ ἀντικείμενον· τότε τὸ εἶδωλον αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτωπτρον θὰ εἶναι τὸ Ε, εἶναι δὲ $AI = EI$ (σχ. 24).

Φαντασθῶμεν ἥδη ὅτι τὸ κάτωπτρον Μ μετατοπίζεται παραλλήλως πρὸς ἑαυτὸ, ὑπὸ ὀρισμένην ταχύτητα, καὶ ὅτι μετὰ παρέλευσιν χρονικοῦ τινος διαστήματος λαμβάνει τὴν θέσιν Μ', ἐνῷ τὸ ἀντικείμενον Α παραμένει εἰς τὴν θέσιν του. Τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου Α νυν πρὸς τὸ κάτωπτρον, εὐρισκόμενον εἰς τὴν νέαν του θέσιν, εἶναι προδήλως τὸ Ε', εἶναι δὲ πάλιν $AI' = E'I'$. Ἦτοι, κατὰ τὸ αὐτὸ χρονικὸν διάστημα τὸ εἶδωλον θὰ μετατεθῇ εἰς Ε', εἶναι δὲ $AI = EI$. Ἐκ τῶν δύο τούτων σχέσεων, δι' ἀφαιρέσεως αὐτῶν κατὰ μέλη εὐρισκόμεν: $AI - AI' = EI - EI'$ (1).

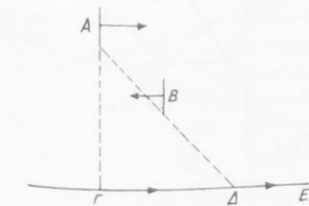
Ἀλλὰ $EI = EE' + EI'$ καὶ $EI' = EI + I'E$ ἐὰν δὲ τὰς τιμὰς τῶν EI καὶ EI' θέσωμεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1) λαμβάνομεν: $I'E = EE' - I'E$, ἔξ ἧς προκύπτει:

$$EE' = 2 I'E,$$

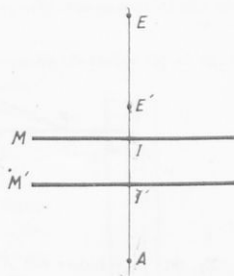
ἢτοι, τὸ ὑπὸ τοῦ εἰδώλου εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον διανυόμενον διάστημα εἶναι διπλάσιον τοῦ διανυομένου ὑπὸ τοῦ κατόπτρου, με' ἄλλους λόγους, ἡ ταχύτης μετατοπίσεως τοῦ ἀντικειμένου εἶναι διπλασία τῆς τοῦ κατόπτρου.

19*. **Παράλλαξις.** Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ἀπὸ σιδηροδρόμου ἢ ἄλλον ὀχήματος ἐν κινήσει εὐρισκόμενον, βλέπομεν ὅτι τὰ μὲν μακροχρόνια ἀντικείμενα κινούνται βραδύως κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ σιδηροδρόμου, ἐνῷ τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα πλησίον τοῦ σιδηροδρόμου, π.χ. δένδρα, τηλεγραφικοὶ στύλοι, κινούνται κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν.

Ἐστω ἥδη ὅτι Α παριστᾷ μακροχρόνιον ἀντικείμενον, π.χ. καπνοδόχον ἐργοστασίου, καὶ Β ἕτερον εὐρισκόμενον πλησιέστερον πρὸς τὴν σιδηροτροχίαν τοῦ σιδηροδρόμου, καὶ ὅτι ΓΔΕ παριστᾷ τὴν σιδηροτροχίαν, τοῦ σιδηροδρόμου κινουμένου κατὰ τὴν φορὰν τῶν βελῶν (σχ. 25). Ὅταν παρατηροῦμεν ἐκ τῆς θέσεως Γ, τὸ ἀντικείμενον Α φαίνεται κινούμενον κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ βέλους, ἢτοι κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν πρὸς τὴν τοῦ σιδηροδρόμου, καὶ ὅτι κεῖται πρὸς τ' ἀριστερὰ τοῦ Β, ἐνῷ τὸ Β φαίνεται κινούμενον κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν πρὸς τὴν τοῦ σιδηροδρόμου. Ἐάν παρατηροῦμεν ἐκ τῆς θέσεως Δ, τὰ Α καὶ Β φαίνονται ὡς εὐρισκόμενα ἐπὶ τῆς αὐτῆς γραμμῆς συμπίπτοντα, καὶ ἐὰν τὸ Α εἶναι ὑψηλότερον τοῦ Β, τὸ Α φαίνεται ὡς προέκτασις τοῦ Β. Τέλος, ἐάν παρατηροῦμεν ἐκ τῆς θέσεως Ε, τὸ Α φαίνεται κείμενον πρὸς τὰ δεξιὰ τοῦ Β. Διὰ νὰ φαίνωνται ὁμοῦ τὰ ἀντικείμενα Α καὶ Β πάντοτε ὡς συμπί-



Σχ 25. Διὰ τὸ φαινόμενον παραλλάξεως.



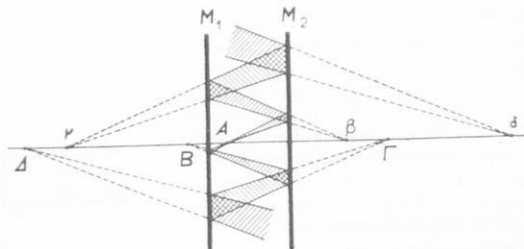
Σχ. 24. Κίνησις ἀντικειμένου καὶ κατόπτρου.

πιοντα, ήτοι τὸ ἐν νὰ εἶναι προέκτασις τοῦ ἄλλου, πρέπει νὰ εὐρίσκωνται σχεδὸν εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν.

Ἡ ὥς ἄνω σχετικὴ μετατόπισις τοῦ Α καὶ Β, ὅταν παρατηροῦνται ἀπὸ διαφόρων διευθύνσεων, καλεῖται **παράλλαξις**, καὶ εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς εὐθιγροάμιον διαδόσεως τοῦ φωτός.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἀντιλαμβάνομεθα κατὰ τὴν παρατήρησιν ὀπτικῶν ὀργάνων (σταυρονημάτων διοπτρῶν), εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ ὄργανα μετρήσεων, ὅταν ἡ παρατήρησις διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ τῶν δεικτῶν τοῦ ὀργάνου γίνεται ἐκ διαφόρων διευθύνσεων, κλπ.

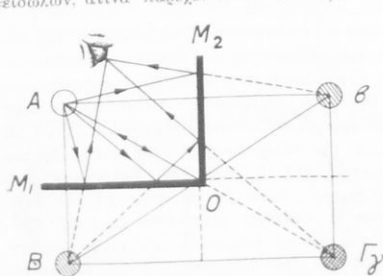
20*. Παράλληλα κάτοπτρα. Ἐστωσαν δύο ἐπίπεδα καὶ παράλληλα κάτοπτρα M_1M_2 (σχ. 26). Εὐκόλως δεικνύεται διὰ τῆς ἐν τῷ σχήματι παριστοιμένης γεωμετρικῆς κατασκευῆς



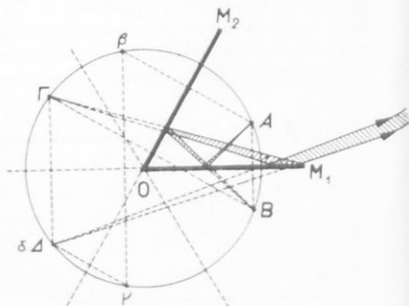
Σχ. 26. Τὸ εἶδωλον τοῦ Α σχηματίζεται εἰς τὸ β, ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτοπτρον M_2 . Τὸ β, ἐπέχον θέσιν ἀντικείμενου, σχηματίζει τὸ εἶδωλον αὐτοῦ εἰς τὸ γ, ἐν σχέσει πρὸς τὸ κάτοπτρον M_1 κ.ο.κ.

ὅτι σχηματίζεται, δι' ἐν ἀντικείμενον Α, διπλῇ σειρᾷ εἰδῶλων ὀφειλομένη εἰς τὰς διαδοχικὰς ἀνακλάσεις τῶν ἀκτίνων ἐπὶ τῶν δύο κατόπτρων, εἰς ἐκάστην τῶν ὁποίων ὁ ἀριθμὸς τῶν εἰδῶλων θεωρητικῶς δύναται νὰ εἶναι ἀπειρος.

21*. Κάτοπτρα ὑπὸ γωνίαν. Εἰς τὸ σχῆμα 27 δεικνύεται ἡ γεωμετρικὴ κατασκευὴ τῶν εἰδῶλων, ἅτινα παρέχει δι' ἐν ἀντικείμενον σύστημα δύο ἐπιπέδων κατόπτρων M_1 καὶ M_2



Σχ. 27. Τὸ σύστημα τῶν κατόπτρων παρέχει τρία εἶδωλα τοῦ ἀντικείμενου Α, τὰ ὅποια βλέπει ὁ ὀφθαλμὸς ὅταν τοποθετηθῇ εἰς τὴν κατάλληλον θέσιν.



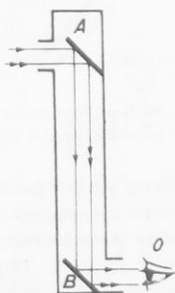
Σχ. 28. Πολλαπλὰ εἶδωλα μὲ σύστημα δύο κατόπτρων ὑπὸ γωνίαν 60° .

τὰ ὅποια διατίθενται οὕτως ὥστε νὰ σχηματίζουν γωνίαν 90° , ὅπότε προκύπτουν τρία εἶδωλα, ἅτινα, μετὰ τοῦ ἀντικείμενου, κατέχουν τὰς τέσσαρας κορυφὰς ὀρθογώνιου. Διὰ γωνίαν 60° ,

τά είδωλα είναι πέντε (σχ. 28), διὰ γωνίαν 45° τὰ είδωλα είναι ἑπτὰ, ἥτοι ὁ ἀριθμὸς τῶν είδώλων βαίνει αὐξανόμενος, ἐφ' ὅσον ἡ γωνία τῶν κατόπτρων ἐλαττωταί. Γενικῶς, ὁ ἀριθμὸς τῶν είδώλων καθορίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $N = 360/\theta$, ὅπου θ ἡ γωνία τῶν κατόπτρων. Ἐάν ὁ N εἶναι ἀξέριμος καὶ ἄρτιος, ὁ ἀριθμὸς τῶν είδώλων εἶναι $N - 1$, ἐάν ὅμως ὁ N εἶναι περιττός, τότε ὁ ἀριθμὸς τῶν είδώλων ἰσοῦται πρὸς N , ἥτοι ὁ ἀριθμὸς τῶν είδώλων εἶναι πάντοτε περιττός ἀριθμὸς, κεῖνται δὲ ταῦτα εἰς συμμετρικὰς θέσεις, ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον, ἐπὶ περιμετρίας κύκλου ἐχούσης κέντρον τὴν τομὴν τῶν κατόπτρων καὶ ἀκτὶνα τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τῆς τομῆς. Πολλὰ ἐπίπεδα κατόπτρα, τοποθετούμενα ἐπὶ τῶν τοίχων πολυγωνικῆς αἰθούσης, παρέχουν πολλαπλὰ είδωλα τῶν ἀντικειμένων τῆς αἰθούσης καὶ δημιουργοῦν οὕτως ὥραιας ὀπτικὰς ἀπάτας ἢ ἐντυπώσεις.

* **Πρακτικαὶ ἐφαρμογαί.** Ἐκτὸς τῆς συνήθους εὐρυτάτης χρησιμοποιοῦσεως τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων εἰς τὸν καθ' ἡμέραν βίον, λίαν συνήθεις πρακτικαὶ ἐφαρμογαὶ αὐτῶν εἶναι αἱ ἀκόλουθοι:

α) **Περισκόπιον.** Τὸ περισκόπιον δεικνύεται ὑπὸ στοιχειώδη διάταξιν εἰς τὸ σχ. 29. Πραγματοποιεῖται ὑπὸ δύο ἐπιπέδων κατόπτρων στερεωμένων ἐπὶ ῥάβδου ὑπὸ γωνίαν 45° . Ἡ συσκευή τοποθετεῖται εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἄνω κατόπτρον A νὰ εὐρίσκηται ἀνωθεν τοῦ κοινῆς λήματος, ὥστε νὰ δέχεται φῶς ἐκ τῶν ἀντικειμένων τὰ ὅποια θέλομεν νὰ ἴδωμεν· τοῦτο, ἀνακλόμενον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου A , προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου B ἐκ τοῦ ὁποίου, διὰ δευτέρας ἀνακλάσεως, εἰσχωρεῖ τέλος εἰς τὸν ὀφθαλμὸν καὶ οὕτω βλέπομεν τ' ἀντικείμενα. Τοιαῦτα ἀπλὰ περισκόπια χρησιμοποιοῦνται κατὰ τὰς παρελάσεις ἢ ἄλλας τελετὰς ὑπὸ τοῦ πλήθους, πρὸς παρακολούθησιν αὐτῶν.



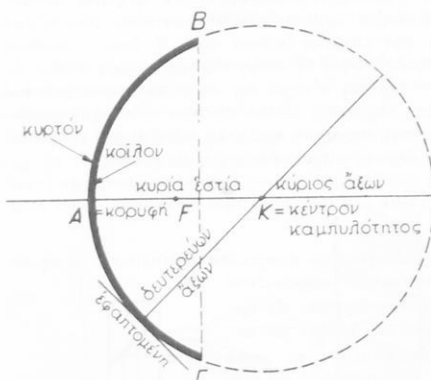
Σχ. 29. Ἀπλοὺν περισκόπιον διὰ κατόπτρων.

β) **Εἰδωλοσκόπιον (Kaleidoskop).** Τὸ ὄργανον τοῦτο στηρίζεται εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ ἐπιπέδων κατόπτρων σχηματίζοντων γωνίαν. Διὰ τῆς συσκευῆς ταύτης ἐπιτυγχάνομεν, διὰ τῆς πολλαπλῆς ἀνακλάσεως, τὴν ἀνάπτυξιν πολλῶν κεντροσυμμετρικῶν είδώλων, τὰ ὅποια προκαλοῦν ὅλως περιέργους ἐντυπώσεις.

22. Σφαιρικὰ κατόπτρα. Ὡς ἀνωτέρω εἶδομεν, ὅταν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια κατόπτρου εἶναι σφαιρική, τότε τὸ κατόπτρον καλεῖται **σφαιρικόν**. Ἐάν ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κοίλη, τὸ κατόπτρον καλεῖται **κοῖλον**, ἐάν δὲ ἡ ἀνακλῶσα ἐπιφάνεια εἶναι κυρτή, τότε τὸ κατόπτρον καλεῖται **κυρτόν**. Γενικῶς, ἡ στοιχειώδης θεωρία τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων ἀναπτύσσεται διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὸ σφαιρικόν κατόπτρον ἀποτελεῖται ἐκ συνόλου πολλῶν στοιχειωδῶν ἐπιπέδων κατόπτρων, εἰς ἕκαστον δὲ σημεῖον τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ θεωροῦμεν ὅτι τὸ στοιχειώδες ἐπίπεδον κατόπτρον συμπίπτει πρὸς τὸ ἐφαπτόμενον ἐπίπεδον τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον.

23. Σπουδὴ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἐστω κατακόρυφος τομὴ ΒΑΓ (σχ. 30) κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Τὸ σημεῖον A καλεῖται **κορυφὴ** τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ γωνία ΒΚΓ, μετρούμενη εἰς μοίρας, ἢ τὸ μήκος τῆς χορδῆς $B\Gamma = \alpha$, μετροῦμενον εἰς ἑκατοστόμετρα, παρέχει τὸ **ἀνοιγμα** τοῦ κατόπτρου. Ἡ ΑΚ ἀποτελεῖ τὴν ἀκτὶνα τῆς σφαίρας εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κατόπτρον, καλεῖται δὲ

ἀκτίς καμπυλότητος αὐτοῦ καὶ παριστᾶται διὰ R, ἐνῷ τὸ σημεῖον K καλεῖται **κέντρον καμπυλότητος** τοῦ κατόπτρου. Ἡ εὐθεῖα ἡ διερχομένη διὰ τῆς κορυφῆς



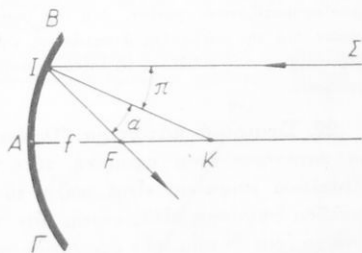
Σχ. 30. Κατακόρυφος τομή BΑΓ κατόπτρου, μετά τῶν χαρακτηριστικῶν σημείων καὶ μεγεθῶν αὐτοῦ.

κάθετος εἰς τὸ σημεῖον I ὡς ἀκτίς τοῦ κατόπτρου, ἐπομένως, ἡ γωνία ΣΙΚ = π παριστᾷ τὴν **γωνίαν προσπίπτειν**, ἐνῷ ἡ γωνία KIF = α θὰ παριστᾷ τὴν **γωνίαν ἀνακλάσεως**. Ἐπειδὴ ἡ γωνία AKI ἰσοῦται μὲ τὴν γωνίαν KIS, ἔπεται ὅτι τὸ τρίγωνον IFK, ὡς ἔχον τὰς παρὰ τὴν βάσιν γωνίας ἴσας, εἶναι ἰσοσκελές, καὶ ἐπομένως $FK = FI$. Ἐάν ὅμως δεχθῶμεν ὅτι τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου BΚΓ δὲν ὑπερβαίνει τὰς 2° ἕως 3°, τότε ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῆς FI καὶ AF θὰ εἶναι πολὺ μικρά, ὥστε νὰ δυνάμεθα ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος νὰ θεωρήσωμεν τὸ σημεῖον F, τὸ ὁποῖον καλεῖται **κυρία ἐστία** τοῦ κατόπτρου, ὅτι εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως AK. Ἐάν καλέσωμεν **ἐστιακὴν ἀπόστασιν** f τὸ μήκος AF, καὶ R τὴν ἀκτίνα καμπυλότητος, ἔχομεν τὴν πρώτην ἐξίσωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων:

$$f = \frac{R}{2} \quad (1)$$

ἦτοι, ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι τὸ ἕμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος. Ἐπειδὴ δὲ τὴν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ΣI ἐλάβομεν ὁλως τυχαίως, θὰ ἰσχύη τὸ

24. Ἰδιότης κυρίου ἀξονος. Ἐάν φωτεινὴ ἀκτίς ΣI (σχ. 31) προσπέσῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, αὕτη, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς, θὰ διέλθῃ διὰ τινος σημείου F, κειμένου εἰς τὸ μέσον περιέπου τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος AK. Πράγματι, ἂν φέρωμεν τὴν ἀκτίνα τοῦ κατόπτρου KI, αὕτη εἶναι



Σχ. 31. Ἡ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου προσπίπτουσα ἀκτίς, διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν διὰ τῆς κυρίας ἐστίας.

αὐτὸ καὶ διὰ πᾶσαν ἄλλην ἀκτῖνα προσπίπτουσιν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Οὕτω συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: **Ἐὰν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου προσπίτῃ δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, αἱ ἀκτῖνες αὐταὶ, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των ἐπὶ τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, θὰ διέλθουν πᾶσαι διὰ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ.** Ἡ ἀνωτέρω πρότασις ἰσχύει ἐφ' ὅσον τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρόν, ἥτοι δὲν ὑπερβαίνει τὰς 2^ο ἕως 3^ο.

25. Συζυγῇ σημεία. Ἐστω ὅτι ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ὑφίσταται φωτοβόλον ἀντικείμενον O (σχ. 32), ἔστω δὲ ὅτι φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου εἰς τὸ σημεῖον I , ὁπότε ἡ γωνία OIK θὰ παρίστανται τὴν γωνίαν προσπτώσεως.

Ἡ εἰς I προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλάται, σχηματίζουσα γωνίαν ἴσην πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως, καὶ συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα εἰς τὸ σημεῖον O' , τὸ ὁποῖον καλούμεν εἰδῶλον τοῦ φωτεινοῦ σημείου O . Ἐὰν ἤδη θεωρήσωμεν καὶ τὴν ἀκτῖνα OA , αὕτη, ἐπεὶ προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου, θὰ ἀνακλασθῇ κατὰ τὴν AO , καὶ ἐπομένως, ἐφ' ὅσον τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρόν, ἡ δέσμη τῶν ἀκτίνων, ἡ περιεχομένη ἐντὸς τῆς κωνικῆς περιοχῆς IOA , ἡ ὁποία εἶναι ἀποκλίνουσα, παρέχει, ὡς ἀνακλωμένην δέσμην, μίαν δέσμην κειμένην εἰς τὴν κωνικὴν περιοχὴν $IO'A$, συγκλίνουσαν πρὸς τὸ σημεῖον O' .

Ἐὰν θέσωμεν $OA = p$, $O'A = p'$, τότε θὰ εἶναι:

$$\boxed{\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}} \quad (1)$$

ἥτοι:

$$\boxed{\frac{1}{\text{ἀπόστασις ἀντικείμενου}} + \frac{1}{\text{ἀπόστασις εἰδῶλου}} = \frac{1}{\text{ἐστιακὴ ἀπόστασις}}}$$

Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν σχέσιν (1) τῆς § 24 θὰ ἔχωμεν:

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

Ἐπεὶ τὸ εἰδῶλον O' πραγματοποιεῖται ἐκ τῆς συγκεντρώσεως ἡ τομῆς ἐν αὐτῷ πραγματικῶν ἀκτίνων, καλεῖται **πραγματικὸν εἰδῶλον**, καὶ διὰ τοιοῦτο εἰδῶλον

ισχύουν οί άνωτέρω τύποι. Πολλάκις, τὰ σημεῖα Ο καὶ Ο' καλοῦνται **συζυγῇ σημεῖα** καί, ἐάν Ο παριστᾷ φωτοβόλον ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον αὐτοῦ σχηματίζεται εἰς Ο', ἐνῶ, ἐάν εἰς Ο' εὐρίσκεται τὸ φωτοβόλον σημεῖον, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον αὐτοῦ σχηματίζεται εἰς Ο.

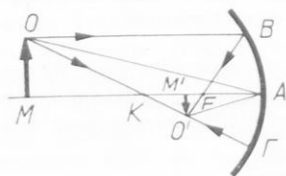
26. Εὐρεσις τοῦ τύπου. Ἐπειδὴ ἡ ΙΚ (σχ. 32) εἶναι διχοτόμος τῆς γωνίας εἰς Ι, ἐκ τοῦ τριγώνου ΟΙΟ' θὰ ἔχομεν: $ΙΟ:ΙΟ'=ΟΚ:Ο'Κ$. Ἐπειδὴ ὁμοῦ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι λίαν μικρὸν, δυνάμεθα, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ θέσωμεν $ΟΙ=ΟΑ$ καὶ $Ο'Ι=Ο'Α$, ὁπότε προκύπτει: $ΟΑ:Ο'Α=ΟΚ:Ο'Κ$. Λαμβανομένου δὲ ἐπ' ὅτιν $ΟΑ=p$, $Ο'Α=p'$, $ΟΚ=p-2f$ καὶ $Ο'Κ=2f-p'$ προκύπτει:

$$\frac{p}{p'} = \frac{p-2f}{2f-p'}$$

Δι' ἀπαλοιφῆς τῶν παρονομαστῶν, ἡ ἀνωτέρω σχέσης γράφεται: $p(2f-p')=p'(p-2f)$. Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως, μετὰ τὴν ἐκτέλεσιν τῶν πράξεων, εὐρίσκομεν: $p'f+pf=pp'$ καὶ διὰ διαιρέσεως ἀμφοτέρων τῶν μελῶν διὰ τῆς παραστάσεως $pp'f$ λαμβάνομεν:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

27. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ πραγματικοῦ εἰδώλου. Θεωρήσωμεν ὅτι πρὸ κοίλου κατόπτρου, παρουσιάζοντος μικρὸν ἄνοιγμα, τοποθετοῦμεν, καθέτως πρὸς τὸν κύριον αὐτοῦ ἄξονα, φωτεινὸν βέλος ΜΟ (σχ. 33). Ὅπως σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον αὐτοῦ, χρησιμοποιοῦμεν δύο βοηθητικὰς ἀκτῖνας, μίαν ἐκφεύγουσαν



Σχ. 33. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ πραγματικοῦ εἰδώλου ἐπὶ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

ἐκ τῆς κορυφῆς Ο τοῦ βέλους καὶ προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου εἰς Β, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, καὶ ἑτέραν προσερχομένην ἐκ τοῦ αὐτοῦ σημείου Ο, ἀλλὰ διερχομένην διὰ τοῦ κέντρου καμπυλότητος Κ. Εἶναι φανερόν, συμφώνως πρὸς τὰ ἄνωτέρω, ὅτι, ἐπειδὴ ἡ πρώτη ἀκτίς προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μετὰ τὴν ἀνάκλασιν αὐτῆς θὰ διέλθῃ ἐκ τῆς κυρίας ἐστίας F, ἐνῶ ἡ δευτέρα OF, ἐπειδὴ συμπίπτει πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καθέτως

καὶ ἀνακλᾶται κατὰ τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν. Ἐπομένως, τὸ εἶδωλον Ο' τοῦ σημείου Ο τοῦ ἀντικείμενου θὰ κεῖται εἰς τὸ κοινὸν σημεῖον τομῆς τῶν δύο τούτων ἀκτίων. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι πολὺ μικρὸν, ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ κάτοπτρον καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ θὰ εἶναι ἐπίσης κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, ἥτοι τὸ εἶδωλον τοῦ ΜΟ εἶναι τὸ Μ'Ο', ἀνεστραμμένον καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ. Συμφώνως δὲ πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τῶν ἀκτίνων (§ 14), ἐάν τὸ Μ'Ο' παριστᾷ τὸ ἀντικείμενον, τὸ εἶδωλον αὐτοῦ θὰ σχηματίζεται εἰς ΜΟ.

28. Θεωρία τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Ὁ λόγος τοῦ μεγέθους τοῦ εἰδώλου πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικείμενου καλεῖται **πλευρική ἢ γραμμικὴ μεγέ-**

θυνσεις (M). Ἐκ τῶν ὀρθογωνίων τριγώνων OAM καὶ O'AM' (σχ. 34), τὰ ὁποῖα εἶναι ὅμοια, ἔχομεν M'O' : MO = AM' : AM, ἔαν δὲ θέσωμεν O'M' = E, OM = A, AM = p καὶ AM' = p', ἔχομεν τὴν σχέσιν :

$$M = \frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad (1)$$

ἥτοι :

$$\text{μεγέθυνσις} = \frac{\text{μέγεθος εἰδώλου}}{\text{μέγεθος ἀντικειμένου}} = \frac{\text{ἀπόστασις εἰδώλου}}{\text{ἀπόστασις ἀντικειμένου}}$$

Ἐξ ἄλλου, ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων O'KM' καὶ OKM (σχ. 33) εὐρίσκομεν :

$$O'M' : OM = M'K : KM,$$

λαμβανομένου δὲ ὑπ' ὅψιν ὅτι KM = p - 2f καὶ KM' = 2f - p', θὰ ἔχομεν :

$$\frac{E}{A} = \frac{2f - p'}{p - 2f}$$

Ἐξ ἄλλου εἶναι :

$$\frac{E}{A} = \frac{p'}{p}, \quad \text{ἐπομένως :}$$

$$\frac{p'}{p} = \frac{2f - p'}{p - 2f}$$

ἐκ τῆς ὁποίας, δι' ἀπλοῦ με-
τασχηματισμοῦ (βλ. § 26),
προκύπτει :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

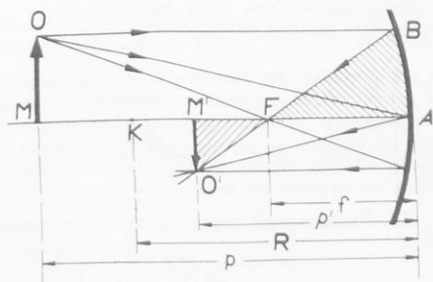
Διερεύνησις. Δι' ἐπιλύσεως τοῦ τύπου τούτου ὡς πρὸς p', λαμβάνομεν :

$$p' = \frac{pf}{p - f} = \frac{f}{1 - f/p}$$

Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν τοῦ κέντρου καμπυλότητος, ἥτοι $p > 2f$ ἢ $p > R$, τότε ἐκ τοῦ ἀνωτέρου τύπου συνάγεται ὅτι $f < p' < R$, ἥτοι τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικὸν καὶ σχηματίζεται μετὰ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ κυρίως ἐστίας, ἐνῶ ἐκ τοῦ τύπου (1) δεικνύεται ὅτι, ἐπειδὴ $p' < p$, τὸ εἶδωλον θὰ εἶναι μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.

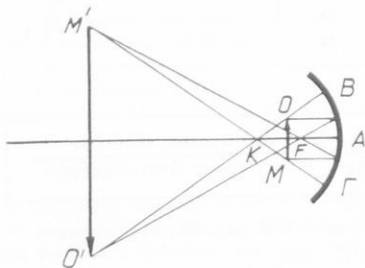
Ἐάν $p = 2f = R$, τότε θὰ εἶναι καὶ $p' = 2f = R$, ἥτοι ἐάν τὸ ἀντικείμενον τίθεται εἰς ἀπόστασιν ἴσην πρὸς τὴν ἀκτίνα καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου, δηλ. τοποθετεῖται εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος αὐτοῦ, τὸ εἶδωλον αὐτοῦ εἶναι ἐπίσης πραγματικὸν καὶ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν ἴσην πρὸς $2f = R$ ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, ἐνῶ ἐκ τοῦ τύπου (1), ἐπειδὴ $p = p'$, συνάγομεν ὅτι τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου εἶναι ἴσον πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.

Ἐάν $f < p < 2f$, ὡς δεικνύεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρου τύπου, εἶναι $p' > 2f$, ἥτοι τὸ εἶδωλον

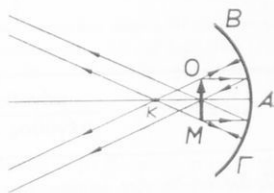


Σχ. 34. Διάγραμμα διὰ τὴν εὑρεσιν τῶν ἐξισώσεων
κοίλου κατόπτρου.

είναι πραγματικών και σχηματίζεται (σχ. 35) πέραν του κέντρου καμπυλότητας του κατόπτρου. Έξ' άλλου, επί τη βάσει του τύπου (1) επειδή $p' > p$, το μέγεθος του ειδώλου είναι μεγαλύτερον του μεγέθους του αντικειμένου. Εάν $p = f$, δηλαδή το αντικείμενον τίθεται εις την έστιαν του κατόπτρου, τότε ως δεικνύεται εκ του τύπου είναι $p' = \infty$, ήτοι εις την περίπτω-



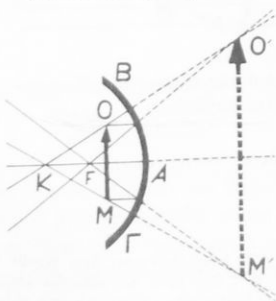
Σχ. 35. "Όταν το αντικείμενον εφίσταται μεταξύ κυρίας έστιας και κέντρου καμπυλότητας, το είδωλον σχηματίζεται πέραν του κέντρου καμπυλότητας μεγαλύτερον και άντεστραμμένον.



Σχ. 36. "Όταν το αντικείμενον εφίσταται επί της κυρίας έστιας, είδωλον δέν υφίσταται, διότι τούτο σχηματίζεται εις τόν άπειρον.

σιν ταύτην είδωλον δέν υφίσταται, διότι τούτο εξαφανίζεται εις τόν άπειρον (σχ. 36). Τέλος εάν $p = \infty$, ήτοι το αντικείμενον εφίσταται εις άπειρον απόστασιν από του κατόπτρου, ο τύπος παρέχει $p' = f$, ήτοι το είδωλον πάλιν σχηματίζεται εις την κυρίαν έστιαν του κατόπτρου και ανάγεται ως εμφαίνεται εκ του τύπου (1) εις φωτεινόν σημείον. Τα άνωτέρω δεικνύονται εύκόλως και διά γεωμετρικών κατασκευών, αί όποίαι δύνανται νά έκτελεσθούν εύκόλως επί τη βάσει των έκτιθέμενων εις την § 27.

29. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού ειδώλου. "Εστω φωτοβόλον



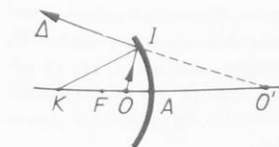
Σχ. 37. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού ειδώλου.

αντικείμενον, π.χ. φωτοβόλον βέλος ΜΟ (σχ. 37), εύρισκόμενον μεταξύ κυρίας έστιας και κατόπτρου και καθέτως πρὸς τὸν κύριον άξονα. Εάν φέρωμεν πάλιν τὰς δύο βοηθητικάς άκτίνας, ήτοι την παράλληλην πρὸς τὸν κύριον άξονα, ήτις ανακλωμένη διέρχεται διά της κυρίας έστιας, και την άκτίνα κατά τὸν δευτερεύοντα άξονα, ήτις ανακλάται πάλιν κατά την ίδίαν διεύθυνσιν, βλέπομεν ότι αί δύο ανακλώμεναι άκτίνες δέν συναντῶνται, ένῶ συναντῶνται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου αί γεωμετρικάί προεκβολαί αὐτῶν.

Οὕτω, τὸ είδωλον τοῦ φωτεινοῦ βέλους είναι τὸ Μ'Ο' ὀρθὸν και φανταστικόν.

30. Σχηματισμός φανταστικού ειδώλου σημείου. Θεωρήσωμεν ὅτι φωτοβόλον αντικείμενον Ο εφίσταται επί του κυρίου άξονος σφαιρικοῦ κατόπτρου, αλλά μεταξύ της κορυφῆς αὐτοῦ Α και της κυρίας έστιας F (σχ. 38). Εάν θεω-

φώσωμεν φωτεινήν ἀκτῖνα OI , ἵνα σχηματίσωμεν τὴν ἀνακλωμένην αὐτῆς, πρέπει νὰ φέρωμεν τὴν IK καὶ ἀκολουθῶς νὰ σχηματίσωμεν τὴν γωνίαν KIA ἴσην πρὸς τὴν γωνίαν προσπτώσεως KIO , ὁπότε ἡ ἀκτὶς IA θὰ παρέχῃ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα. Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος ἐμφαίνεται, ἡ ἀκτὶς IA δὲν συναντᾷ τὸν ἄξονα, συναντᾷ ὅμως τοῦτον ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ αὐτῆς εἰς τὸ σημεῖον O' . Τὸ σημεῖον O' , τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ σημεῖον συναντήσεως ὅλων τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων τῶν περιεχομένων ἐντὸς τοῦ κώνου IOA , καλεῖται **φανταστικὸν εἶδωλον** τοῦ φωτεινοῦ σημείου O , διότι



Σχ. 38. Διὰ τὴν ἐξηγήσιν τοῦ σχηματισμοῦ φανταστικοῦ συζυγοῦς σημείου.

σχηματίζεται ὅχι ἐκ τῶν πραγματικῶν ἀκτίνων, ἀλλὰ ἐκ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν, ἀποτελεῖ δὲ τὸ συζυγὲς σημεῖον τοῦ O . Ὡς ἐκ τοῦ

σχήματος ἐμφαίνεται, ἡ IK εἶναι ἡ διχοτόμος τῆς γωνίας ΔIO , ἡ ὁποία εἶναι ἔξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου OIO' , καὶ συμφώνως πρὸς γνωστὸν γεωμετρικὸν θεώρημα, θὰ ἰσχύῃ πάλιν ἡ σχέσις $O'I : OI = O'K : OK$. Ἐπειδὴ τὸ κάτοπτρον παρουσιάζει μικρὸν ἄνοιγμα, δυνάμεθα νὰ θέσωμεν $O'I = O'A$ καὶ $OI = OA$, ὁπότε ἡ σχέσις γράφεται :

$$O'A : OA = O'K : OK \quad (1)$$

Ἐὰν δὲ πάλιν θέσωμεν $OA = p$ καὶ $O'A = p'$, τότε θὰ εἶναι $OK = 2f - p$ καὶ $O'K = p' + 2f$. Δι' ἀντικαταστάσεως δὲ τῶν ἀνωτέρω τιμῶν εἰς τὸν τύπον (1) προκύπτει :

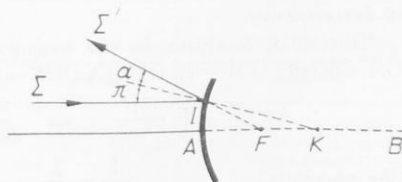
$$\frac{p'}{p} = \frac{p' + 2f}{2f - p}$$

ἐκ τοῦ ὁποίου δι' ἀπλοῦ μετασχηματισμοῦ (βλ. § 26), προκύπτει :

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

31. Κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον. Ἐστω κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον (σχ. 39) καὶ AB ὁ κύριος ἄξων αὐτοῦ. Ἐὰν θεωρήσωμεν τὴν ἀκτῖνα SI προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ κατόπτρου παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ὑπὸ γωνίαν π , ἵνα

εὗρωμεν τὴν ἀνακλωμένην ἀκτῖνα, ἀρκεῖ νὰ φέρωμεν εἰς I τὴν ἀκτῖνα IS' σχηματίζουσαν γωνίαν ἀνακλάσεως α ἴσην πρὸς τὴν π . Ἡ ἀκτὶς αὕτη δὲν συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα, ἡ γεωμετρικὴ ὅμως αὐτῆς προεκβολὴ συναντᾷ αὐτὸν εἰς τὸ σημεῖον F , τὸ ὁποῖον, ὡς εὐκόλως δεικνύεται, καλεῖται πάλιν εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμ-

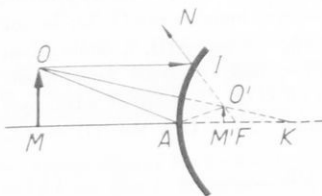


Σχ. 39. Ἡ κυρία ἐστία εἰς τὴν περίπτωσιν κυρτοῦ κατόπτρου εἶναι φανταστικὴ.

Ἡ ἀκτὶς αὕτη δὲν συναντᾷ τὸν κύριον ἄξονα, ἡ γεωμετρικὴ ὅμως αὐτῆς προεκβολὴ συναντᾷ αὐτὸν εἰς τὸ σημεῖον F , τὸ ὁποῖον, ὡς εὐκόλως δεικνύεται, καλεῖται πάλιν εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμ-

πυλότητας ΑΚ. Ἐὰν θεωρήσωμεν οἰανδήποτε ἄλλην ἀκτῖνα παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δυνάμεθα καθ' ὅμοιον τρόπον νὰ δείξωμεν, ὅτι ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ σημείου F. Ἐκ τούτου προκύπτει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: **Ἐὰν ἐπὶ τοῦ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου προσπίπτῃ δέσμη ἀκτίνων παράλληλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, αἱ γεωμετρικαὶ προεκβολαὶ τῶν ἀνακλωμένων ἀκτίνων διέρχονται διὰ κοινοῦ σημείου F, τὸ ὁποῖον καλεῖται πάλιν κυρία ἑστία τοῦ κατόπτρου, καὶ κείται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος αὐτοῦ ΑΚ.** Ἐπειδὴ ἡ ἑστία εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν σχηματίζεται ὄχι ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων, ἀλλὰ ἐκ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν, καλεῖται **φανταστικὴ ἑστία**.

32. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ εἰδώλου ἀντικειμένου. Ἐστω κυρτὸν κάτοπτρον (σχ. 40) καὶ ὅτι καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ τοποθετοῦμεν φω-



Σχ. 40. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ φανταστοῦ εἰδώλου ἀντικειμένου OM ὑπὸ κυρτοῦ κατόπτρου.

τοβόλον ἀντικείμενον OM. Ὅπως σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον αὐτοῦ, φέρομεν ἐκ τοῦ O τὴν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτῖνα OI, ὁπότε, ὡς γνωρίζομεν, ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ τῆς ἀνακλωμένης ἀκτίνος IN θὰ διέλθῃ διὰ τῆς κυρίας ἑστίας F. Ἐὰν δὲ ἐνώσωμεν τὸ K μὲ τὸ O, τότε, ἐπειδὴ ἡ KO εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ κάτοπτρον, ἀκτὶς προερχομένη ἐκ τοῦ O καὶ προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου κατὰ τὴν OK ἀνακλάται κατὰ τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν, καὶ ἡ γεωμετρικὴ αὐτῆς προεκβολὴ τέμνει τὴν προεκβολὴν τῆς προηγούμενης ἀκτίνος εἰς τὸ σημεῖον O'. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἀντικείμενον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτοῦ O'M' θὰ εἶναι ἐπίσης κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα, καὶ φανταστικόν, διότι δὲν σχηματίζεται ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων, ἀλλὰ ὑπὸ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν. Ἐκ τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: **Τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον παρέχει κυρτὸν σφαιρικὸν κάτοπτρον εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.**

Ὡς εὐκόλως δεικνύεται ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων AOM, AO'M' καὶ KO'M', KOM, ἂν τεθῇ O'M' = E, OM = A, AM' = p', AM = p καὶ AF = f, ἔχομεν:

$$\frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad \text{καὶ} \quad \frac{2f - p'}{2f + p} = \frac{E}{A}$$

ἐξ ὧν προκύπτει:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{1}{f}$$

33. Ἀνακεφαλαίωσις. 1) Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι τὰ κοίλα σφαιρικὰ κάτοπτρα παρέχουν εἶδωλα, εἴτε πραγματικά, εἴτε φανταστικά, ἐνῶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα παρέχουν μόνον φανταστικά εἶδωλα.

2) Οί γενικοί τύποι όλων τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἶναι :

$$f = \frac{R}{2}, \quad M = \frac{E}{A} = \frac{p'}{p}, \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}.$$

3) Προκειμένου περὶ φανταστικῶν εἰδώλων καὶ φανταστικῆς ἐστίας, τὰ ἀντίστοιχα μεγέθη θὰ λαμβάνονται μὲ ἀρνητικὸν σημεῖον.

34. Γενικὸς πίναξ τῆς θέσεως, τοῦ εἴδους καὶ τῆς μεγεθύνσεως τοῦ εἰδώλου διὰ τὰς διαφόρους θέσεις ἀντικειμένου διὰ κοῖλον καὶ κυρτὸν κάτοπτρον.

Εἶδος κατόπτρου	Θέσις ἀντικειμένου	Εἶδος εἰδώλου	Θέσις εἰδώλου	Μεγέθυσις
Κοῖλον	Μεταξὺ κατόπτρου καὶ ἐστίας.	Φανταστικόν. Ὅρθόν.	Ὁπίσθεν τοῦ κατόπτρου.	Μεγαλύτερα τῆς μονάδος. Εἶδωλον μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.
	Εἰς τὴν ἐστίαν.	Πραγματικόν. Ἀνεστραμμένον.	Εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν.	Ἀπειρος.
	Μεταξὺ ἐστίας καὶ κέντρου καμπυλότητος.	Πραγματικόν. Ἀνεστραμμένον.	Μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ ἀπείρου.	Μεγαλύτερα τῆς μονάδος. Εἶδωλον μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.
	Εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος.	Πραγματικόν. Ἀνεστραμμένον.	Εἰς τὸ κέντρον καμπυλότητος.	Ίση πρὸς τὴν μονάδα. Μέγεθος εἰδώλου ἴσον πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.
	Μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ ἀπείρου.	Πραγματικόν. Ἀνεστραμμένον.	Μεταξὺ κέντρου καμπυλότητος καὶ ἐστίας.	Μικροτέρα τῆς μονάδος. Εἶδωλον μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.
	Εἰς ἄπειρον.	Πραγματικόν. Ἀνεστραμμένον.	Ἐπὶ τῆς ἐστίας ἢ τοῦ ἐστιακοῦ ἐπιπέδου.	Μικροτέρα τῆς μονάδος. Εἶδωλον μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.
Κυρτὸν	Ὅπουδήποτε.	Φανταστικόν. Ὅρθόν.	Μεταξὺ ἐστίας καὶ κατόπτρου.	Μικροτέρα τῆς μονάδος. Εἶδωλον μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα : Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἐστιακῆς ἀποστάσεως 8 cm πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀντικείμενον, ἵνα σχηματισθῇ πραγματικὸν εἶδωλον αὐτοῦ, τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι δύο φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.

Ἐκ τοῦ τύπου τῆς μεγεθύνσεως ἔχομεν:

$$M = \frac{E}{A} = \frac{p'}{p} = 2 \text{ καὶ } p' = 2 p.$$

Ἐξ ἄλλου, ἐκ τοῦ τύπου $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$ θέτοντες $p' = 2 p$ καὶ $f = 8 \text{ cm}$ εὐρίσκουμεν $\frac{1}{2p} + \frac{1}{p} = \frac{1}{8}$ καὶ $p = 12 \text{ cm}$, ἦτοι, τὸ ἀντικείμενον πρέπει νὰ τοποθετηθῇ εἰς ἀπόστασιν 12 cm ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, ὅποτε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον θὰ σχηματισθῇ εἰς ἀπόστασιν 24 cm ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, καθ' ὅσον θὰ εἶναι δύο φορές μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον.

2) Τὸ αὐτὸ πρόβλημα νὰ λυθῇ διὰ τὴν περίπτωσιν φανταστικοῦ εἰδώλου.

Ἐκ τοῦ τύπου $M = \frac{E}{A} = \frac{p'}{p} = 2$, εὐρίσκουμεν: $p' = 2 p$. Ἐκ δὲ τοῦ τύπου $\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$, θέτοντες $p' = 2 p$ καὶ $f = 8 \text{ cm}$ εὐρίσκουμεν: $p = 4 \text{ cm}$.

3) Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνος καμπυλότητος 6 cm . Νὰ καθορισθῇ τὸ εἶδος τοῦ εἰδώλου καὶ ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ κατόπτρου.

Ἐφ' ὅσον τὸ κατόπτρον εἶναι κυρτὸν, γνωρίζουμεν ὅτι τὸ εἶδωλον θὰ εἶναι φανταστικόν, διότι τὸ κυρτὸν κατόπτρον παρέχει μόνον φανταστικὸν εἶδωλον.

Ἐκ τοῦ τύπου τῶν κυρτῶν σφαιρικῶν κατόπτρων: $\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = -\frac{1}{f}$ ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $f = R/2$, ὅπου R ἡ ἀκτίς καμπυλότητος, θὰ ἔχομεν: $1/10 - 1/p' = -1/3$, ἐκ τῆς σχέσεως δὲ ταύτης εὐρίσκουμεν $p' = 2,3 \text{ cm}$.

4) Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἑστιακῆς ἀποστάσεως 3 cm . Ζητεῖται τὸ εἶδος τοῦ εἰδώλου καὶ ἡ θέσις αὐτοῦ.

Ἐπειδὴ τὸ ἀντικείμενον τοποθετεῖται μεταξὺ κυρίας ἑστίας καὶ κατόπτρου, τὸ εἶδωλον θὰ εἶναι φανταστικόν, ἐπομένως διὰ νὰ εὕρωμεν τὴν θέσιν αὐτοῦ ἀρκεῖ νὰ ἐφαρμόσωμεν τὸν τύπον $\frac{1}{p} - \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$, ὁ ὁποῖος ἰσχύει διὰ κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων καὶ διὰ φανταστικῶν εἰδωλῶν.

Ἐν τούτοις ὁμως, τὸ πρόβλημα δύναται νὰ λυθῇ καὶ δι' ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου: $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$. Ἐὰν θέσωμεν $p = 1 \text{ cm}$ καὶ $f = 3 \text{ cm}$, εὐρίσκουμεν: $1/1 + 1/p' = 1/3$, ὅτε εὐρίσκουμεν: $p' = -1,5 \text{ cm}$, ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ δὲ σημείου συναγόμενον ὅτι τὸ εἶδωλον δὲν εἶναι πραγματικόν, ἀλλὰ φανταστικόν.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Ποῖον τὸ ἀντικείμενον σπουδῆς τῆς Ὀπτικῆς καὶ πῶς αὕτη ὑποδιαιρεῖται.

Ποῖα ἡ διάκρισις μεταξὺ Γεωμετρικῆς καὶ Φυσικῆς Ὀπτικῆς.

Περιγράψατε διάφορα αὐτόφωτα καὶ ἑτερόφωτα σώματα.

Ποῖα ἡ διαφορὰ μεταξὺ διαφανῶν, ἡμιδιαφανῶν καὶ ἀδιαφανῶν σωμάτων. Ἀναφέρατε διάφορα σώματα ἀνήκοντα εἰς τὰς ἀνωτέρω κατηγορίας.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου φωτεινῶν σημείων καὶ φωτεινῇ δέσει, καὶ πόσα εἶδη φωτεινῶν δεσμῶν διακρίνομεν.

Πῶς πραγματοποιοῦνται αἱ ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης καὶ διὰ ποῖον λόγον αἱ ὀλίζαι ἐκλείψεις τῆς Σελήνης εἶναι συχνότεραι ἀπὸ τὰς τοῦ Ἡλίου.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς ἀνακλάσεως καὶ τοὺς νόμους αὐτῆς.

Εἰς τί συνίσταται ἡ ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.

Λύσατε τὸν ὁρισμὸν τοῦ κατόπτρου καὶ πόσα εἶδη κατόπτρων διακρίνομεν.

Κατασκευάσατε γεωμετρικῶς τὸ εἶδωλον: α) σημείου, β) ἀντιχειμένου, ἐν σχέσει πρὸς ἐπίπεδον κατόπτρον. Τί συμπέρασμα συνάγετε ἐκ τῆς γεωμετρικῆς ταύτης κατασκευῆς.

Ποῖα τὰ χαρακτηριστικὰ μεγέθη κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου καὶ τί καλοῦμεν κύριον ἄξονα καὶ δευτερεύοντα ἄξονα, καὶ ποῖαι αἱ ιδιότητες αὐτῶν.

Ποῖαι αἱ ἐξισώσεις τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

Ποῖα ἡ διάκρισις μεταξὺ πραγματικοῦ καὶ φανταστικοῦ εἰδώλου, καὶ πότε κοῖλον κατόπτρον παρέχει πραγματικὸν καὶ πότε φανταστικὸν εἶδωλον.

Εἰς ποίας περιπτώσεις εἰς κοῖλον κατόπτρον, τὸ εἶδωλον εἶναι μεγαλύτερον καὶ ἀντραμμένον, μικρότερον καὶ ἀντραμμένον, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντιχειμένου.

Ποῖα ἡ διάκρισις μεταξὺ κοίλου καὶ κυρτοῦ κατόπτρου, καὶ ποῖα ἡ διαφορὰ τῆς ὀπτικῆς ἀπεικρίσεως διὰ τῶν κατόπτρων τούτων.

Ποῖαι αἱ ἐξισώσεις τῶν κυρτῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Β'. Προβλήματα.

1. Νὰ προσδιορισθῇ ἡ θέσις καὶ τὸ μέγεθος ἀντιχειμένου, τοῦ εἰδώλου ἴππου 1 cm. εὐρισκόμενον εἰς ἀποστάσεις 6 cm καὶ 12 cm ἀπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνος καμπυλότητος 16 cm.

2. Νὰ εὐρεθοῦν αἱ θέσεις τῶν εἰδώλων τῶν σχηματιζομένων ὑπὸ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνος 30 cm, ὅταν τὸ ἀντιχειμὸν εὐρίσκεται εἰς ἀποστάσεις 10 cm, 20 cm καὶ 30 cm, ἀπὸ τοῦ κατόπτρου.

3. Φλὸξ κηρίου ὕψους 3 cm εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἀπὸ διαφράγματος. Εἰς ποῖαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ διαφράγματος πρέπει νὰ τοποθετηθῇ κοῖλον σφαιρικὸν κατόπτρον, εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίξῃ, ἐπὶ τοῦ διαφράγματος εἶδωλον τῆς φλογός, ὕψους 9 cm. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀκτίς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου.

4. Πόση εἶναι ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἰς τὸ ὅποιον, ὅταν τοποθετήσωμεν ἀντιχειμὸν εἰς ἀπόστασιν 50 cm ἀπ' αὐτοῦ, τὸ εἶδωλον νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν.

5. Ἀντιχειμὸν ὕψους 4 cm εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπὸ κυρτοῦ κατόπτρου ἀκτίνος καμπυλότητος 10 cm. Εἰς ποῖαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κατόπτρου θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ ποῖον θὰ εἶναι τὸ ὕψος του.

6. Ἀκτίς φωτός προσπίπτει καθέτως ἐπὶ ἐπίπεδον κατόπτρον. Ἐάν τὸ κατόπτρον στρέφεται κατὰ γωνίαν 60°, κατὰ ποῖαν γωνίαν θὰ περιστραφῇ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς.

7. Φωτεινὸν ἀντιχειμὸν εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ κυρτοῦ κατόπτρου καὶ παρέχει φανταστικὸν εἶδωλον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπ' αὐτοῦ. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου.

8. Ποῖον τὸ μέγεθος τοῦ ἀντιχειμένου καὶ ἡ ἀπόστασις αὐτοῦ ἀπὸ κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου, ὅταν τὸ ἀντιχειμὸν ἔχῃ μέγεθος 14 cm, εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ ἀκτίς τούτου εἶναι 50 cm.

9. Ποῦ σχηματίζεται τὸ εἶδωλον ἀντιχειμένου ὕψους 1 cm, ὅταν τίθεται εἰς ἀπόστασιν 6 cm ἀπὸ κυρτοῦ κατόπτρου ἀκτίνος καμπυλότητος 6 cm. Πόση ἡ μεγέθυνσις αὐτοῦ.

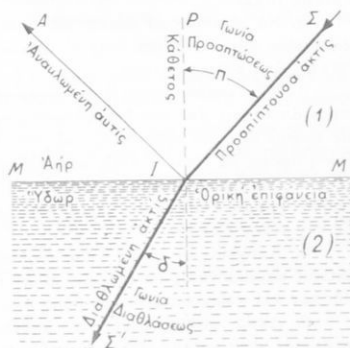
10. Νὰ καθορισθῇ γραφικῶς, διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας τριῶν ἀκτίνων, ἡ θέσις, ἡ μεγέθυνσις καὶ τὸ εἶδος τοῦ εἰδώλου, τὸ ὅποιον παρέχει κοῖλον σφαιρικὸν κατόπτρον ἐστιακῆς ἀποστάσεως 2 cm, ὅταν τὸ ἀντιχειμὸν, πραγματοποιούμενον ὑπὸ μικροῦ φωτεινοῦ βέλους ὕψους 5 mm, καθέτω ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἀπὸ τοῦ κατόπτρου. Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς γραφικῆς κατασκευῆς νὰ συγκριθῇ πρὸς τὸ ἀποτέλεσμα τὸ εὐρισκόμενον λογιστικῶς, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν τύπων τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Β'

ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΠΡΙΣΜΑΤΑ

35. "Όταν δέσμη φωτεινῶν (ἡμονοχρόων) ἀκτίνων προσπίπτῃ πλάγιως ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὀρικῆς ἐπιφανείας τῆς διαχωρίζουσας δύο διάφορα μέσα, π.χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἓν μέρος τοῦ φωτός ὑφίσταται ἀνάκλινσιν, ἐνῶ ἕτερον μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον μέσον, αἱ φωτεινὰ ὅμως ἀκτίνες δὲν ἀκολουθοῦν ἐντὸς τοῦ δευτέρου μέσου τὴν ἰδίαν διεύθυνσιν, ἀλλὰ πλησιάζουν ἢ ἀπομακρύνονται ἀπὸ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ὀρικὴν ἐπιφάνειαν εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως. Τὸ δεύτερον τοῦτο φαινόμενον καλεῖται **διάθλασις τοῦ φωτός**.

36. **Νόμοι διαθλάσεως.** Ἐστω ὅτι φωτεινὴ ἀκτίς ΣΙ (σχ. 41) προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὀρικῆς ἐπιφανείας ΜΜ τῆς διαχωρίζουσας δύο διάφορα μέσα (1) καὶ (2). Ἡ ἀκτίς ΣΙ, εἰσχωροῦσα εἰς τὸ μέσον (2), δὲν ἀκολουθεῖ τὴν ἰδίαν αὐτῆς διεύθυνσιν, ἀλλ' ἐκτρέπεται ἐξ αὐτῆς πλησιάζουσα ἢ ἀπομακρυνομένη τῆς καθέτου. Εἰς περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἀκτίς ΙΣ' κείται πλησιέστερον ἐπὶ τῆς καθέτου ἢ ἡ ἀκτίς ΣΙ, τὸ μέσον (2) λέγεται **διαθλαστικώτερον** τοῦ (1) ἢ **ὀπτικῶς πυκνότερον** αὐτοῦ. Ἐάν, τοῦναντίον, ἡ ΙΣ' ἀπομακρύνεται περισσότερο τῆς καθέτου ἢ ἡ ΣΙ, τότε τὸ μέσον (2) εἶναι **ὀπτικῶς ἀραιότερον** τοῦ μέσου (1). Ἡ πρώτη περίπτωση παρατηρεῖται ὅταν π.χ. τὸ φῶς μεταβαίνῃ ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ, ἐνῶ ἡ δευτέρα ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνῃ ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα.



Σχ. 41. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός.

Λέον νὰ τονισθῇ ὅτι ἡ ὀπτικὴ πυκνότης οὐδεμίαν ἔχει σχέσιν μὲ τὴν ὑλικὴν ἢ μηχανικὴν πυκνότητα. Οὕτω, ἐνῶ ἡ ἀλκοόλη ἔχει πυκνότητα μικροτέραν τῆς τοῦ ὕδατος, εἶναι θλαστικώτερα καὶ ἐπομένως ὀπτικῶς πυκνότερα αὐτοῦ.

Ἡ ἀκτίς ΣΙ ἀποτελεῖ τὴν **προσπίπτουσαν ἀκτίνα**, ἡ δὲ γωνία αὐτῆς μετὰ τῆς καθέτου ΡΙ ἐπὶ τὴν ΜΜ ἀποτελεῖ τὴν **γωνίαν προσπτώσεως**. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὀριζόμενον ὑπὸ τῆς προσπίπτουσας ἀκτίνος ΣΙ καὶ τῆς καθέτου ἐπὶ τὴν ὀρικὴν ἐπιφάνειαν ΡΙ ἀποτελεῖ τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως. Ἡ ἀκτίς ΙΣ' καλεῖται **ἀκτίς διαθλωμένη**, ἡ δὲ γωνία δ, τὴν ὁποίαν σχηματίζει μετὰ τῆς καθέτου εἰς Ι, καλεῖται **γωνία διαθλάσεως**. Τὸ φαινόμενον τῆς διαθλάσεως ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς νόμους:

1. Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς κεῖνται ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τῆς προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν ὀρικὴν ἐπιφάνειαν.

2. Ὁ λόγος τοῦ ἡμιτόνου τῆς γωνίας προσπτώσεως πρὸς τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας διαθλάσεως εἶναι ἀριθμὸς σταθερὸς.

Ἐὰν δηλ. μεταβληθῇ ἡ γωνία προσπτώσεως (π), τότε μεταβάλλεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως (δ), ὥστε ὁ λόγος τῶν ἡμιτόνων τῶν γωνιῶν τούτων νὰ διατηρῇ τὴν αὐτὴν τιμὴν. Ἡ σταθερὰ αὕτη τιμὴ καλεῖται **δείκτης διαθλάσεως** (n) τοῦ μέσου (2) ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέσον (1) καὶ ἀποτελεῖ ἀδιάστατον μέγεθος.

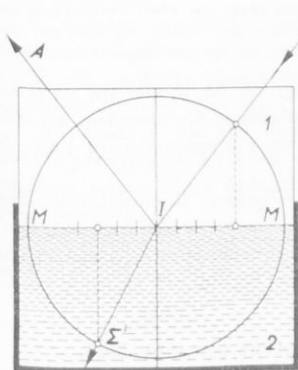
Ἀναλυτικῶς, ὁ δεῦτερος νόμος τῆς διαθλάσεως ἐκφράζεται ὡς ἑξῆς:

$$\text{δείκτης διαθλάσεως} = \frac{\text{ἡμίτονον γωνίας προσπτώσεως}}{\text{ἡμίτονον γωνίας διαθλάσεως}} \quad n = \frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu\delta} \quad (1)$$

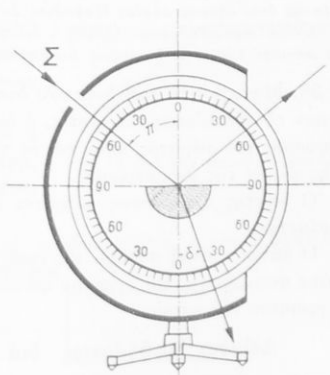
Ἐξ ἄλλου ὁ δείκτης διαθλάσεως π.χ. τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα, ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸν ἀέρα, διὰ τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ ὕδωρ. Οὕτω ἐὰν καλέσωμεν διὰ n_{av} τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα θὰ εἶναι:

$$n_{av} = \frac{\text{ταχύτης φωτὸς εἰς τὸν ἀέρα}}{\text{ταχύτης φωτὸς εἰς τὸ ὕδωρ}}$$

$$n_{av} = \frac{c_a}{c_v}$$



Σχ. 42. Στοιχειώδης διάταξις διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς. (Συσκευὴ Πτολεμαίου)



Σχ. 43. Ἡ μέτρησις τῶν γωνιῶν π καὶ δ δύναται νὰ γίνῃ ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ βαθμολογημένου κύκλου εἰς μοίρας, καὶ διὰ περιστροφῆς αὐτοῦ δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν τοὺς νόμους, ὑπὸ διαφόρους γωνίας προσπτώσεως.

37. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς διαθλάσεως. Αἱ συσκευαὶ αἱ εἰκονιζόμεναι ὑπὸ τῶν σχ. 42 καὶ 43 χρησιμεύουν διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτὸς.

Εἰς δίσκον μεταλλικόν, χρωματισμένον κατὰ τὴν προσθίαν ἐπιφάνειαν διὰ χρώματος λευκοῦ, γράφομεν, μὲ κέντρον τὸ I καὶ ἀκτίνα τὴν IM, περιφέρειαν κύκλου, ἐνῷ κατὰ τὴν διάμετρον MM χαράσσομεν ἴσας ὑποδιαίρεσεις. Ὁ δίσκος ἀκολούθως βυθίζεται κατακορυφῶς ἐντὸς υἰαλίνης λεκάνης περιεχοῦσης ὕδατος, οὕτως ὥστε ἡ MM νὰ παρέχῃ τὴν ὀριζήν ἐπιφάνειαν (σχ. 42).

Ἐκ καταλλήλου φωτεινῆς πηγῆς Σ ἀφίνομεν νὰ προσπέσῃ εἰς I ἀκτὶς φωτεινὴ, τῆς ὁποίας τὸ ἀνακλόμενον τμήμα ἀφίηται τὸ ἴχνος αὐτῆς ΣΙ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ δίσκου, ὅτε παρατηροῦμεν ὅτι καὶ ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀφίηται τὸ ἴχνος αὐτῆς ΙΣ' ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἐπιφανείας, ἐξ οὗ συνάγομεν ὅτι ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ διαθλωμένη κεῖνται εἰς τὸ αὐτὸ ἐπίπεδον. Δυνάμεθα δὲ εὐχερῶς νὰ παρακολουθήσωμεν τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων ἐντὸς τοῦ ὕδατος ἐὰν χρῶματίσωμεν αὐτὸ ἐλαφρῶς δι' ἐωσίνης.

Ἐὰν δὲ ἐκ τῶν σημείων ὅπου αἱ ἀκτίνες συναντοῦν τὴν περιφέρειαν τοῦ κύκλου, φέρωμεν τὰς καθέτους ἐπὶ τὴν MM καὶ μετρήσωμεν τὰς ἀποστάσεις τῶν ποδῶν αὐτῶν ἀπὸ τοῦ σημείου I, εὐρίσκομεν ὅτι ὁ λόγος αὐτῶν, διὰ διαφόρους τιμὰς τῆς γωνίας π καὶ τὰς ἀντιστοιχούσας πρὸς αὐτὴν τιμὰς τῆς γωνίας δ, παραμένει σταθερός, καὶ ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τοῦ παρέχει τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Ἡ τιμὴ τοῦ n παραμένει ἀμετάβλητος, μεταβαλλομένης τῆς γωνίας προσπτώσεως.

Ἡ συσκευή (σχ. 43) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν προηγουμένην, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ὡς δεύτερον μέσον χρησιμοποιεῖ ὕαλος ὑπὸ μορφὴν ἡμικυκλικῆς πλακὸς ἀρκετοῦ πάχους.

Οὕτως εἰς τὸ σχῆμα 43, $\pi = 50^\circ$ καὶ $\delta = 20^\circ$, ἄρα $n = \frac{\eta\mu 50^\circ}{\eta\mu 20^\circ} = \frac{0,77}{0,34} = 1,7$ ὁ δείκτης

διαθλάσεως τοῦ ὑλικοῦ τοῦ προσηρμοσμένου εἰς τὴν συσκευήν. Ἐν γένει, ἡ συσκευή αὕτη παρέχει, ὡς ἐκ τῆς κατασκευῆς αὐτῆς, μεγαλυτέραν ἀκριβείαν εἰς τὰς πειραματικὰς ἔρευνας.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω πειραματικῆς ἔρευνῆς τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως προκύπτει ὅτι : *ὁ δείκτης διαθλάσεως οὐσίας ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως αὐτῆς καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπτώσεως*. Οὕτως ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι πάντοτε 1,33, ἐνῷ ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι 1,5.

38. Μεταβολαὶ τοῦ δείκτου διαθλάσεως. Ὡς θὰ ἴδωμεν καὶ εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός, ὁ δείκτης διαθλάσεως δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς φύσεως τοῦ σώματος, ἀλλὰ καὶ ἐκ τοῦ χρώματος τοῦ προσπίπτοντος φωτός, ὡς ἐπίσης καὶ ἐκ τῆς θερμοκρασίας.

Ὁ δείκτης διαθλάσεως μετρᾶται δι' ἐιδικῶν ὀργάνων ἅτινα καλοῦνται **διαθλασίμετρα**.

Ὁ κάτωθι πίναξ παρέχει τὰς τιμὰς τοῦ δείκτου διαθλάσεως διὰ συνήθη τινὰ σώματα φωτιζόμενα διὰ κιτρίνου φωτός, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν φασματικὴν γραμμὴν τοῦ νατρίου.

Δείκται διαθλάσεως διὰ τὴν κιτρίνην γραμμὴν (Na).

Ἀήρ	1,0002918	Καναδικὸν βάλσαμον	1,54
Αἰθυλικὴ ἀλκοόλη	1,362	Κεδρέλαιον	1,51
Αἰθυλικὸς αἰθήρ	1,354	Πυριτύλαος	1,64
Γλυκερίνη	1,471	Πυριτύλαος (βαρεῖα)	1,92
Διθειάνθραξ	1,632	Στεφανύλαος	1,52
Διοξείδιον τοῦ ἀνθρακός	1,000334	Ὕδιον	1,333

39. Όλική ανάκλασις. Όρική γωνία. Όταν τὸ φῶς προσπίπτῃ πλαγίως ἐπὶ τῆς ὀρικῆς ἐπιφανείας δύο διαφόρων μέσων καὶ μεταβαίῃ ἐκ τινος μέσου εἰς ἕτερον ὀπτικῶς ἀραιότερον, π.χ. ὅταν τὸ φῶς μεταβαίῃ ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν

ἀέρα, γνωρίζομεν ὅτι ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου, ὥς τοῦτο δεῖκνύται εἰς τὸ σχ. 44, διὰ τὴν ἀκτὶνα (1).

Αὐξανομένης τῆς γωνίας προσπτώσεως π αὐξάνεται καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως δ, ἡ ὁποία πάντοτε παραμένει μεγαλύτερα τῆς γωνίας προσπτώσεως, δι' ὁρισμένην δὲ γωνίαν προσπτώσεως π' ἡ γωνία διαθλάσεως δ' καθίσταται 90°, ὥς τοῦτο συμβαίνει μὲ τὴν ἀκτὶνα (2), ἡ ὁποία ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα ψαύουσα τὴν ἐπιφάνειαν. Ἐὰν ἡ γωνία προσπτώσεως αὐξηθῇ πέραν τῆς τιμῆς π', τότε δὲν

ὕφίσταται πλέον διαθλωμένη ἀκτὶς, ἀλλ' αὕτη ὑφίσταται πλήρη ἡ ὀλικὴν ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ὀρικῆς ἐπιφανείας καὶ ἐπιστρέφει εἰς τὸ ὀπτικῶς πυκνότερον μέσον. Προκειμένου ὅμως περὶ τῆς ἀκτίνος (1), μέρος μόνον τοῦ φωτὸς ὑφίσταται ἀνάκλασιν ἐπὶ τῆς ὀρικῆς ἐπιφανείας.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον καλεῖται **ὀλικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς** καὶ παρατηρεῖται μόνον ὅταν τὸ φῶς μεταβαίῃ πλαγίως ἐκ τινος μέσου πρὸς ἕτερον ὀπτικῶς ἀραιότερον.

Ἡ γωνία π' διὰ τὴν ὁποίαν, ὅταν ἡ γωνία προσπτώσεως καταστῇ μεγαλύτερα, λαμβάνει χώραν ὀλικὴ ἀνάκλασις καλεῖται ὀρικὴ γωνία (λ).

Ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὸ σχῆμα 45 καὶ καλέσωμεν διὰ π τὸν δείκτην διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὥς πρὸς τὸν ἀέρα προκύπτει:

$$\frac{\eta_{\mu 90^\circ}}{\eta_{\mu \lambda}} = \frac{1}{\eta_{\mu \lambda}} = n \quad \text{καὶ}$$

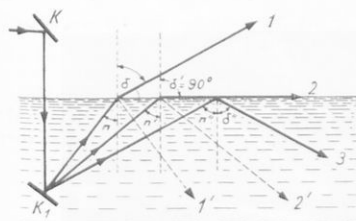
$$\eta_{\mu \lambda} = \frac{1}{n}$$

ἥτοι, τὸ **ἡμίτονον τῆς ὀρικῆς γωνίας τοῦ ὕδατος ὥς πρὸς τὸν ἀέρα ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀντίστροφον τοῦ δείκτου διαθλάσεως.**

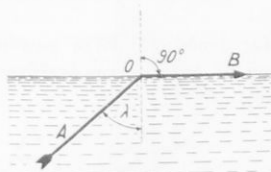
Οὕτω διὰ τὸ ὕδωρ ἡ ὀρικὴ γωνία ὥς πρὸς τὸν ἀέρα, ἐὰν ληφθῇ $n = 1,33$, εὐρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$\eta_{\mu \lambda} = \frac{1}{1,33} = 0,75 \quad \text{καὶ} \quad \lambda = 48^\circ 35'.$$

Τὰ ἀνωτέρω ἰσχύουν γενικῶς διὰ δύο οἰαδήποτε μέσα (2) καὶ (1) ἐκ τῶν



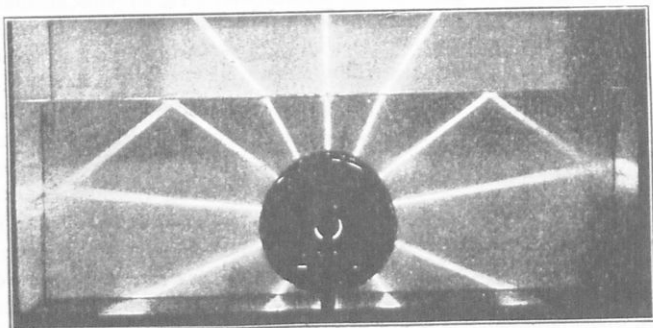
Σχ. 44. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὀλικῆς ἀνάκλασεως.



Σχ. 45. Διὰ τὴν σπουδὴν ὀρικῆς γωνίας.

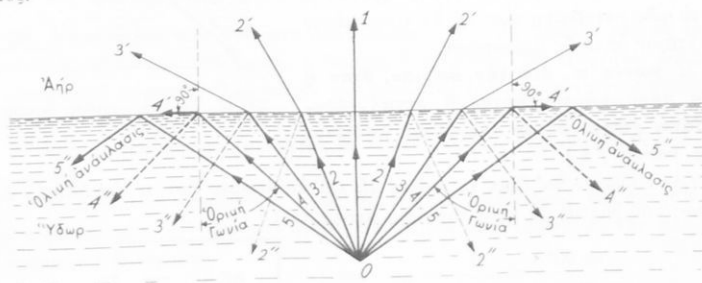
ὁποῖον τὸ (1) εἶναι ὁπτικῶς ἀραιότερον τοῦ (2) καὶ τὸ φῶς μεταβαίνει ἐκ τοῦ μέσου (2) εἰς τὸ (1), ὁπότε ἡ ὁριζή γωνία τοῦ μέσου (2) ἐν σχέσει πρὸς τὸ (1) θὰ παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $n_{12} = 1/n_{21}$.

Τὸ κάτωθι παρατιθέμενον σχῆμα 46 δεικνύει πειραματικὴν διάταξιν διὰ τῆς



Σχ. 46. Διάθλασις καὶ ὀλικὴ ἀνάκλασις ἐντὸς δοχείου ὕδατος. Ἡ φωτεινὴ πηγὴ εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὕδατος καὶ παρέχει δεσμὰς ὑπὸ διαφόρους γωνίας προοπτικῶς.

ὁποίας ἀποδεικνύομεν τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός, τὸ δὲ σχῆμα 47 δεικνύει τὴν ἐπεξήγησιν τῆς πειραματικῆς διατάξεως τῆς πορείας τοῦ φωτός.



Σχ. 47. Παραστατικὸν διάγραμμα διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς συσκευῆς τοῦ σχήματος 46.

Τὸ σχῆμα 48 δεικνύει λίαν διδακτικὸν πείραμα τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Ἐπὶ ποτηρίου προσκολλῶμεν εἰς τὸν πυθμένα αὐτοῦ ἀντικείμενον, π.χ. μεταλλικὸν νόμισμα, καὶ ἀκολουθῶς θέτομεν ὕδωρ. Ἐὰν παρατηροῦμεν ἐκ τῶν πλαγίων καὶ πρὸς τὰ ἄνω, εἶναι ἀδύνατον νὰ ἴδωμεν τὸ νόμισμα. Ἐὰν ὅμως κλίνωμεν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον τὸ ποτήριον, βλέπομεν ὅτι ἐπέρχεται στιγμὴ κατὰ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ νόμισμα λόγῳ ὀλικῆς ἀνακλάσεως ἐπὶ τῆς ὁριζῆς ἐπιφανείας ὕδατος καὶ ἀέρος.

Ἀριθμητικά παραδείγματα: 1) Πόση ἡ γωνία διαθλάσεως δ ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς γωνίαν προσπτώσεως 45° , όταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἐκ τῆς ὑάλου εἰς τὸ ὕδωρ.

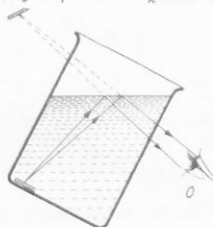
$$\text{Ἐκ τοῦ τύπου } \frac{\eta\mu \pi}{\eta\mu \delta} = n, \text{ εὐρίσκομεν } \eta\mu \delta = \frac{\eta\mu \pi}{n}.$$

Ἐπειδὴ $\pi = 45^\circ$ καὶ $\eta\mu \pi = 0,707$, ἐνῶ $n = 1,33$ εὐρίσκομεν $\eta\mu \delta = \frac{0,707}{1,33} = 0,531$ καὶ $\delta = 32^\circ$.

2) Πόση ἡ ὀρικὴ γωνία, όταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἐκ τῆς στεφαννάλου εἰς τὸν ἀέρα, καὶ όταν ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς στεφαννάλου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι 1,52.

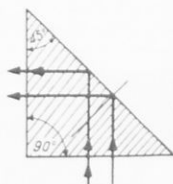
Ἐκ τοῦ τύπου $\eta\mu \lambda = 1/n$ εὐρίσκομεν:

$$\eta\mu \lambda = \frac{1}{1,52} = 0,658 \text{ καὶ } \lambda = 41^\circ.$$

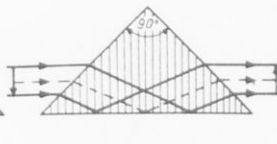


Σχ. 48. Πείραμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

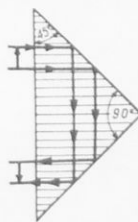
40. Ἐφαρμογαὶ τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ λειτουργία διαφόρων διατάξεων, ὡς τοῦ πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως (σχ. 49), τοῦ πρίσματος Amici (σχ. 50), τοῦ ἀνορθωτικοῦ πρίσματος (σχ. 51) καὶ τοῦ περισκοπίου (βλ. κεφ. Ε', Ὀπτικά Ὕργανα).



Σχ. 49.



Σχ. 50.



Σχ. 51.

Σχ. 49. Πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Αἱ ἀκτίνες, προσπίπτουσαι ἐπὶ τῆς ὑποτείνουσῃς ἑδρας ὑπὸ γωνίαν μεγαλύτεραν τῆς ὀρικῆς, δὲν δύνανται νὰ ἐξέλθουν εἰς τὸν ἀέρα, ἀλλὰ ἐκτίθενται ὀλικῇ ἀνάκλασιν, οὕτω δὲ ἐπέρχεται μεταβολὴ τῆς διευθύνσεως τῶν ἀκτίνων κατὰ 90° .

Σχ. 50. Ἀνορθωτικὸν πρίσμα Amici. Μὲ δύο διαθλάσεις καὶ μίαν ὀλικὴν ἀνάκλασιν, προκαλεῖται ἀντιστροφή τοῦ εἰδώλου.

Σχ. 51. Πρίσμα μὲ δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις. Μεταβολὴ τῆς πορείας τῆς δέσμης κατὰ 180° .

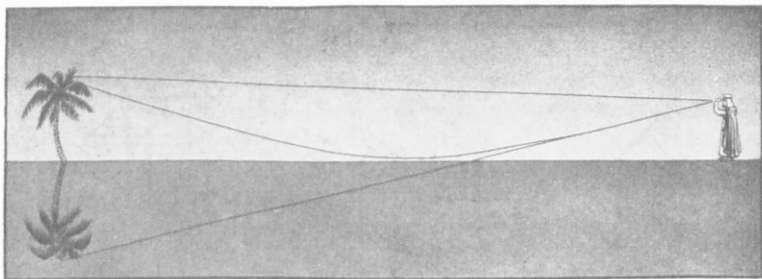
41. Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις. Ὅταν φωτεινὴ ἀκτίς, π.χ. ἡ προερχομένη ἐκ τινος ἀστέρος, εἰσχωρῇ ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας ὀδεύουσα εἰς στρώματα τῶν ὁποίων ἡ ὀπτικὴ πυκνότης αὐξάνεται συνεχῶς, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀκτίς δὲν παραμένει εὐθεῖα, ἀλλὰ καμπυλοῦται (σχ. 52), καί, ἐπομένως, ἐὰν ἡ ἀκτίς αὕτη εἰσχωρῇ εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, ἐπειδὴ ἐκ φυσιολογικῆς κατασκευῆς τοῦ ὀφθαλμοῦ νομίζομεν ὅτι τὸ φῶς προέρχεται ἐκ τῆς διευθύνσεως τοῦ προσοφθαλμοῦ τμήμα-



Σχ. 52. Λόγω οπτικής άνομοιογενείας της ατμοσφαιρας, ένθ' ό Ήλιος εύρίσκεται είς θέσιν H, φαίνεται είς θέσιν H' ύψηλοτέραν της πραγματικής.

εύρισκόμενος πλησίον του έδάφους νά είναι όπτικώς άραιότερος, δηλ. θερμότερος του ύπερκειμένου στρώματος άέρος, αί συνθήκαι δέ αύται πραγματοποιούνται είς περιοχάς όπου τό έδαφος θερμαίνεται έντόνως υπό των ήλιακών ακτίνων.

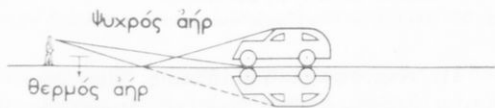
Είς την περίπτωσιν ταύτην τό φώς τό προερχόμενον από τό ύψηλότερον ση-



Σχ. 53. Ό παρατηρητής ύφίσταται αύταπάτην, διότι νομίζει ότι τό είδωλον του φοινικο-δένδρου προέρχεται έκ κατοπτρισμού αυτού επί επιφανείας ύδατος.

μεϊον άντικειμένου, π.χ. δένδρου, φθάνει είς τόν όφθαλμόν του παρατηρητού έκ δύο δρόμων, ως δεικνύεται είς τό σχήμα 53, ούτω δέ ό παρατηρητής άφ' ένός μόν βλέπει τό άντικείμενον είς την πραγματικήν του θέσιν ως έχει, άφ' έτέρου δέ άνεστραμμένον, ως έάν μεταξύ παρατηρητού και άντικειμένου ύπήρχε επί-πεδον κάτοπτρον.

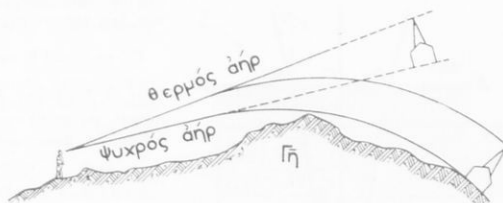
Είς τό σχήμα 54 δει-κνύεται άνάλογον φαινόμενον άντικατοπτρισμού, όταν ό πλησίον πρός τό έδαφος



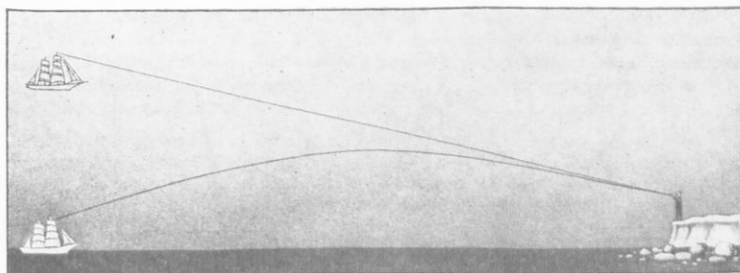
Σχ. 54. Λόγω άντικατοπτρισμού τό αυτοκίνητον φαίνεται άνεστραμμένον.

ἄηρ εἶναι θερμότερος καὶ ἐπομένως ὀπτικῶς ἀραιότερος τοῦ ὑπερκείμενου στρώματος ἁέρος. Τοῦτο συνήθως παρατηρεῖται εἰς ἀσφαλτοστρωμένους ἐπιμήκεις αὐτοκινητοδρόμους.

Εἰς τὸ σχῆμα 55 ὁ πλησίον πρὸς τὸ ἔδαφος ἄηρ εἶναι ψυχρότερος καὶ ἐπομένως ὀπτικῶς πυκνότερος ἢ εἰς τὰ ὑπερκείμενα στρώματα. Ὕνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου ἀντικείμενα εὐρισκόμενα πράγματι κάτωθεν τοῦ ὁρίζοντος τοῦ παρατηρητοῦ, φαίνονται εἰς αὐτὸν ὡς εὐρισκόμενα ἄνωθεν τοῦ ὁρίζοντος. Ἀνάλογον φαινόμενον δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 56.



Σχ. 55. Λόγῳ ὀπτικῆς ἀνομοιογενείας τοῦ ὑπερκείμενου στρώματος ἀέρος, ὁ οἰκίσκος φαίνεται ἰσχυρότερον τοῦ ἔδαφους.



Σχ. 56. Φαινόμενον ἀντιζαταπτηρισμοῦ.

43. Φαινόμενη ἀνύψωσις ἀντικείμενου. Ἐστω $A'A$ ἐπίπεδος ὀριζή ἐπιφάνεια χωρίζουσα δύο διάφορα μέσα, π.χ. ἀέρα καὶ ὕδωρ (σχ. 57). Ἐάν δεχθῶμεν ὅτι εἰς Z ἐντὸς τοῦ ὕδατος εὐρίσκεται φωτοβόλον σημεῖον τοῦ ὁποῖον ἡ ἀπόστασις ἀπὸ τῆς ὀριζῆς ἐπιφανείας $A'A$ εἶναι $I'Z$, τότε τὸ φωτοβόλον σημεῖον, ὅταν παρατηρηθῇ ἀπὸ τὸ ἔτερον μέρος, δηλ. ἀπὸ τοῦ ἀέρος, δὲν φαίνεται εἰς Z , ἀλλ' εἰς E , ἥτοι ὑψίσταται φαινόμενην ἀνύψωσιν, διότι $IE < I'Z$.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Ἡ ἀκτίς ZI' ὡς προσπίπτουσα καθέτως ἐπὶ τὴν ὀριζήν ἐπιφάνειαν $A'A$ ἐξέρχεται ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὸν ἀέρα χωρὶς νὰ ὑποστῇ ἐκτροπὴν, ἐνῷ αἱ ἀκτίνες ZB καὶ ZB' προσπίπτουσαι ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν θ ἐπὶ τῆς ὀριζῆς ἐπιφανείας $A'A$ ἐξέρχονται εἰς τὸν ἀέρα σχηματίζουσαι πρὸς τὴν κάθετον ἐπὶ τῆς ὀριζῆς ἐπιφανείας εἰς τὰ σημεῖα προσπτώσεως B καὶ B' τὴν γωνίαν $\theta' > \theta$, διότι τὸ ὕδωρ ἀποτελεῖ σῶμα ὀπτικῶς πυκνότερον ἢ ὁ ἀήρ. Ἐάν ἤδη προεκτείνωμεν τὰς ἐξερχομένας ἀκτίνας εἰς τὸν ἀέρα ἐντὸς τοῦ ὕδατος, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 57, δι' ἐστιγμένης γραμμῆς, αὗται συναντιῶνται εἰς τὸ σημεῖον E , καὶ ἐάν ὁ ὀφθαλμὸς τοποθετηθῇ κατὰ τοιοῦτον τρόπον εἰς τὸν ἀέρα, ὥστε αἱ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες νὰ εἰσχωροῦν εἰς αὐτόν, θὰ βλέπῃ ὅτι τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς E καὶ ὄχι εἰς Z .

Ἐκ τοῦ σχήματος εὐρίσκουμεν εὐκόλως, ἐκ τοῦ τριγώνου ΓΖΒ, ὅτι $\Gamma B = \Gamma Z \cdot \epsilon\phi \theta$, καὶ ἐκ τοῦ τριγώνου ΓΒΕ ὅτι $\Gamma B = \Gamma E \cdot \epsilon\phi \theta'$. Ἐκ τῶν δύο τούτων σχέσεων προκύπτει:

$$\Gamma Z \epsilon\phi \theta = \Gamma E \epsilon\phi \theta' \quad \text{καὶ} \quad \Gamma E = \Gamma Z \cdot \frac{\epsilon\phi \theta}{\epsilon\phi \theta'}$$

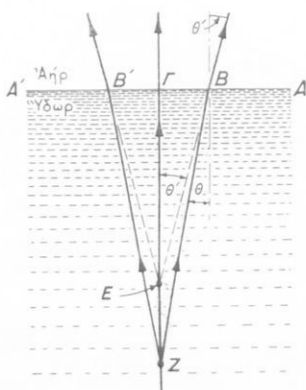
Ἐάν δὲ δεχθῶμεν ὅτι αἱ γωνίαι θ καὶ θ' εἶναι μικραὶ, ὥς τοῦτο συμβαίνει κατὰ τὴν παρατήρησιν, δυνάμεθα, ἀνεὺ αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ γράψωμεν:

$$\frac{\epsilon\phi \theta}{\epsilon\phi \theta'} = \frac{\eta\mu \theta}{\eta\mu \theta'} = \frac{1}{n}, \quad \text{ὅπου } n \text{ ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα.}$$

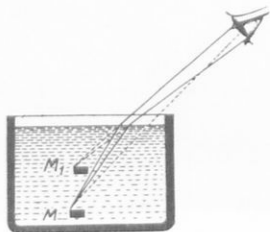
Οὕτω ἔχομεν: $\Gamma E = \Gamma Z \cdot \frac{\epsilon\phi \theta}{\epsilon\phi \theta'} = \frac{\Gamma Z}{n}$, καὶ ἡ φαινόμενη ἀνύψωσις ΕΖ ὑπολογίζεται ἐκ τῆς σχέσεως:

$$EZ = \Gamma Z - \Gamma E = \Gamma Z - \frac{\Gamma Z}{n} = \Gamma Z \left(1 - \frac{1}{n}\right).$$

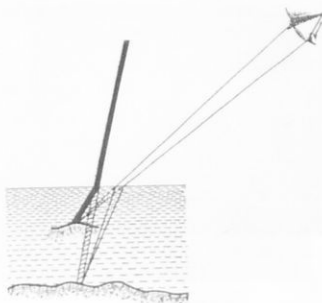
Τὰ σχήματα 58 καὶ 59 δεικνύουν ἀνάλογα πρὸς τὸ προηγούμενον φαινόμενα.



Σχ. 57. Τὸ σημεῖον Ζ, λόγφ διαθλάσεως, εὐρίσκεται φαινομένην ἀνύψωσιν μέχρι Ε.



Σχ. 58. Φαινόμενη ἀνύψωσις ἀντιγεμμένου Μ, εὐρισκόμενου ἐντὸς δοχείου, ὅταν ῥίψωμεν ὕδωρ ἐντὸς αὐτοῦ.



Σχ. 59. Λόγφ τῆς φαινομένης ἀνύψωσης, αἰβάδος βυθιζομένη ἐν μέρει εἰς τὸ ὕδωρ φαίνεται ὡς τεθλασμένη.

44*. Διαθλασις διὰ πλακῶν μὲ παραλλήλους ἑδρας. Ἐστω πλάξ μετὰ παραλλήλων ἑδρῶν (σχ. 60), ἐκ τίνος μεσον, π.χ. ὕαλου, πάχους d , περιωριζομένη καὶ ἀπὸ τὰ δύο μέρη ὑπὸ ἑτέρου διαφόρου μέσου, π.χ. ἀέρος. Ἐπειδὴ ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕαλου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι 1,5, εἶναι φανερόν ὅτι ἡ ὕαλος ἀποτελεῖ μέσον ὀπτικῶς πυκνότερον τοῦ ἀέρος.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι πλάγιως προσπίπτει ἐπὶ τῆς πλακῆς ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως π ἡ ἀκτὶς ΣΙ. Ἀττὴ εἰσχωροῦσα ἐντὸς τῆς ὕαλου θὰ σχηματίζῃ γωνίαν διαθλάσεως δ μικροτέραν τῆς γωνίας προσπτώσεως, ἥτοι θὰ πλησιάσῃ πρὸς τὴν κάθετον. Ὅταν ὁμως ἡ διαθλωμένη ἀκτὶς ΙΓ' φθάσῃ εἰς τὸ σημεῖον Γ', ἐπειδὴ ἐξέρχεται ἐκ τῆς ὕαλου εἰς τὸν ἀέρα, ἥτοι εἰς μέσον ὀπτικῶς ἀραιότερον, εἶναι φανερόν ὅτι θὰ ἀκολουθήσῃ τὴν πορείαν Γ'Σ', σχηματίζουσα πρὸς τὴν κάθετον Γ' τὴν γωνίαν π , καὶ ἐπομένως ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς Γ'Σ' θὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ΣΙ.

Οὕτω παρατηροῦμεν ὅτι, ἡ διάθλασις τῆς ἀκτίνος ΣΙ διὰ μέσου τῆς ὑαλίνης πλακῶς δὲν προκαλεῖ γωνιακὴν μετατόπισιν τῆς ἀκτίνος, ἀλλὰ μόνον παράλληλον μετατόπισιν αὐτῆς.

45*. Ἀπόλυτος καὶ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως. Ὡς ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως οὐσίας τινός (1), καλοῦμεν τὸν δείκτην διαθλάσεως αὐτῆς ὡς πρὸς τὸν κενὸν ὡρόν, καὶ παριστῶμεν αὐτὸν διὰ n_1 .

Ὁ δείκτης διαθλάσεως οὐσίας τινός (2) ὡς πρὸς ἑτέραν οὐσίαν (1), δηλαδὴ ὅταν τὸ φῶς μεταβαίνει ἐκ τῆς οὐσίας (1) εἰς τὴν (2), καλεῖται *σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως* τῆς οὐσίας (2) ὡς πρὸς τὴν (1) καὶ θὰ παριστᾶται διὰ n_{12} . Τοῦναντίον, ἐὰν τὸ φῶς μεταβαίνει ἐκ τῆς οὐσίας (2) εἰς τὴν (1) ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως τῆς οὐσίας (1) ὡς πρὸς τὴν (2) θὰ παριστᾶται ὑπὸ τοῦ τύπου n_{21} , εἶναι δὲ:

$$n_{21} = 1/n_{12}$$

Ὁ ἀπόλυτος καὶ ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως συνδέονται διὰ τῆς ἀκολουθοῦντος προτάσεως: Ὁ ἀπόλυτος δείκτης διαθλάσεως μέσου τινός (2) ἰσοῦται πρὸς τὸν σχετικὸν δείκτην διαθλάσεως αὐτοῦ ὡς πρὸς ἕτερον μέσον (1), ἐπὶ τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως τοῦ μέσου (1), ἥτοι:

$$n_2 = n_{12} \cdot n_1.$$

*Ἐστὼ ὅτι τὰ μέσα (1) καὶ (2) πραγματοποιοῦνται ὑπὸ δύο πλακῶν μὲ παράλληλους ἑδρας καὶ ὅτι περὶ αὐτῶν ὑφίσταται κενόν. (σχ. 61). Ἡ ἀκτὶς ΣΙ εἰσχωροῦσα ἐκ τοῦ κενοῦ εἰς τὸ μέσον (1) καὶ ἀκολουθοῦσα εἰς τὸ (2) ὑφίσταται διαδοχικὰς διαθλάσεις καὶ ἐξερχεται ἐκ νέου εἰς τὸ κενὸν ὁδεύουσα παράλληλος πρὸς τὴν ΣΙ.

Συμφωνῶς πρὸς τὸν δεύτερον νόμον τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός θὰ ἔχωμεν:

$$n_1 = \frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu\delta}, \quad n_{12} = \frac{\eta\mu\delta}{\eta\mu\delta'}, \quad \frac{1}{n_2} = \frac{\eta\mu\delta'}{\eta\mu\pi}.$$

Ἐκ τῶν σχέσεων τούτων εὐρίσκομεν εὐκόλως, διὰ πολλὰ πλάσιασμοῦ τῶν δύο πρώτων κατὰ μέλη:

$$n_1 \cdot n_{12} = \frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu\delta'}$$

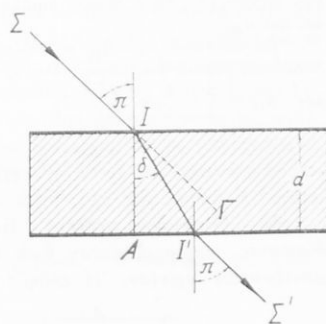
καὶ διὰ συγκρίσεως τοῦ ἐξαγομένου τούτου πρὸς τὴν τρίτην τῶν ἀνω σχέσεων εὐρίσκομεν ὅτι:

$$n_2 = n_{12} \cdot n_1$$

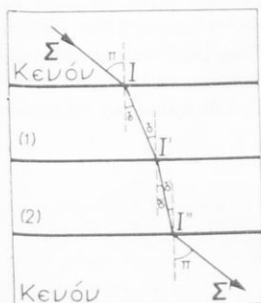
Σχ. 61. Ἐὰν τὸ φῶς διαθλάται διὰ συστήματος παραλλήλων πλακῶν, ἐφ' ὅσον αἱ πλάκες εὐρίσκονται εἰς τὸ αὐτὸ μέσον, ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς εἶναι παράλληλος πρὸς τὴν προσπίπτουσαν.

Ἐὰν τὸ μέσον (1) εἶναι ἀήρ, τότε $n_1 = 1,000129$ καὶ λόγῳ τῆς σμικρότητος τοῦ ἀπολύτου δείκτην διαθλάσεως τοῦ ἀέρος δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ἀνεῖς αἰσθητοῦ σφάλματος $n_2 = n_{12}$, δηλαδὴ: ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως οὐσίας τινός ὡς πρὸς τὸν ἀέρα συμπίπτει αἰσθητῶς πρὸς τὸν ἀπόλυτον δείκτην διαθλάσεως αὐτῆς.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα: Ὁ ἀπόλυτος δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος εἶναι $4/3$, καὶ ὁ ἀπόλυτος δείκτης διαθλάσεως τῆς ὑάλου $3/2$. Νὰ εὐρεθῇ ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὴν ὑάλον.



Σχ. 60. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως διὰ πλάκας μὲ παράλληλους ἑδρας.

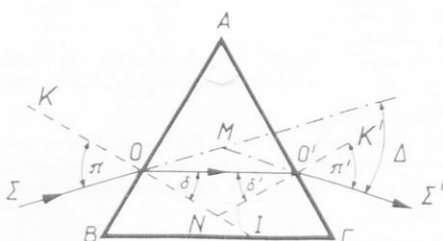


Ἔστω ὅτι χαρακτηρίζομεν τὸ μέσον ὕδωρ διὰ τοῦ δείκτου (2) καὶ τὸ μέσον ἕαλος διὰ τοῦ δείκτου (1), ὅτε ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὴν ἕαλον θὰ συμβολίζε-
ται διὰ n_{12} .

Ἐκ τοῦ τύπου $n_2 = n_{12} \cdot n_1$ εὐρίσκομεν: $n_{12} = n_2/n_1$, ὅπου n_2 καὶ n_1 ἀποτελοῦν τοὺς ἀπολύτους δείκτας διαθλάσεως ὕδατος καὶ ἕαλου. Θέτοντες $n_2 = 4/3$ καὶ $n_1 = 3/2$ εὐρίσκο-
μεν: $n_{12} = \frac{3}{2} : \frac{4}{3} = \frac{9}{8}$.

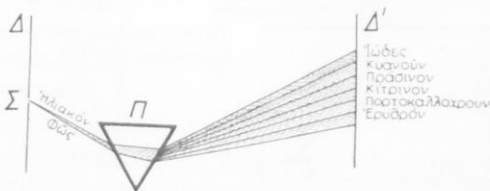
ΠΡΙΣΜΑΤΑ

46. Ὀπτικὸν πρίσμα. Καλοῦμεν εἰς τὴν Ὀπτικὴν πρίσμα μέσον διαφανές, περιοριζόμενον ὑπὸ δύο ὀρθῶν ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν, σχηματίζουσῶν γωνίαν. Ἡ εὐθεῖα γραμμὴ, καθ' ἣν τέμνονται αἱ δύο ἐπιπεδοὶ



Σχ. 62. Διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ ὀπτικοῦ πρίσματος.

ἐπὶ τὸ πολὺ τρίγωνον (σχ. 62). Ἡ ἔδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος ἢ ἀντικειμένη πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτοῦ καλεῖται **βάσις** τοῦ πρίσματος. Γνωρίζομεν ὅτι, ἐὰν εἰς σκοτεινὸν θάλαμον ἀφήσωμεν νὰ εἰσέλθῃ δέσμη ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ δεχθῶμεν αὐτὴν ἐπὶ ὀπτικοῦ πρίσματος, ἢ φωτεινὴ δέσμη, ἐξερχομένη ἐκ τοῦ πρίσματος, ὅχι μόνον ἐκτρέπεται τῆς ἀρχικῆς αὐτῆς διευθύνσεως πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος, ἀλλὰ ἐὰν δεχθῶμεν τὸ ἐξερχόμενον ἐκ τοῦ πρίσματος φῶς ἐπὶ διαφράγματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἐπ' αὐτοῦ δὲν σχηματίζεται ἀπλὴ λευκὴ φωτεινὴ κηλὶς, ἀλλὰ φωτεινὴ ταινία ἐγχρωμος (σχ. 63). Τὸ δεύτερον τοῦτο φαινόμενον, τὸ ὁποῖον ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ ἡλιακὸν φῶς δὲν εἶναι ἀπλὸν ἀλλὰ σύνθετον καὶ ἀποτελεῖται ἐξ ἐτέρων ἀπλῶν ἀκτινοβολιῶν διαφόρων χρωμάτων, δὲν θέλομεν λάβει ὑπ' ὄψιν κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς διαθλάσεως διὰ μέσου πρίσματος, ἀλλὰ θέλομεν ἐξετάσει εἰδικώτερον τοῦτο εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. Κεφάλαιον Δ').



Σχ. 63. Αἱ ἐπὶ τοῦ πρίσματος Π προσπίπτουσαι ἀκτίνες ὑφίστανται ἀφ' ἐνὸς ἐκτροπῆν καὶ ἀφ' ἑτέρου ἀνάλυσιν.

47. Σπουδή της διαθλάσεως διὰ πρίσματος. Θεωρήσωμεν ὅτι ἐπὶ τῆς κυρίας τομῆς ΒΑΓ πρίσματος (σχ. 62) προσπίπτει μονόχρους φωτεινὴ ἀκτίς ΣΟ ἐπὶ τῆς ἑδρας ΑΒ, ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως π . Ἡ ἀκτίς αὕτη, εἰσχωροῦσα εἰς τὸ πρίσμα, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, σχηματίζουσα τὴν γωνίαν διαθλάσεως δ , καὶ ἀκολουθῶς, ὁδεύουσα ἐντὸς τοῦ πρίσματος, προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἐτέρας ἑδρας ΑΓ, ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως δ' , ἐξερχομένη δὲ εἰς τὸν ἀέρα ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου, σχηματίζουσα πρὸς αὐτὴν γωνίαν π' . Οὕτω ἡ ἐξερχομένη ἐκ τοῦ πρίσματος ἀκτίς Ο'Σ' βλέπομεν ὅτι πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν ΒΓ αὐτοῦ καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς τῆς διευθύνσεως, καθοριζομένην ὑπὸ τῆς γωνίας Δ (γωνία ἐκτροπῆς).

48. Ἐξισώσεις τοῦ πρίσματος. Ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ δευτέρου νόμου τῆς διαθλάσεως θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{\eta\mu\pi}{\eta\mu\delta} = n$$

$$(1) \quad \text{καὶ}$$

$$\frac{\eta\mu\pi'}{\eta\mu\delta'} = n$$

$$(2)$$

ὅπου n ὁ σχετικὸς δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ πρίσματος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα. Ἐξ ἄλλου, ἡ γωνία INK' (σχ. 62) καὶ ἡ διαθλαστικὴ γωνία Α τοῦ πρίσματος εἶναι ἴσαι, ὡς ἔχουσαι τὰς πλευράς των καθέτους καί, ἐπειδὴ ἡ INK' ἀποτελεῖ ἐξωτερικὴν γωνίαν τοῦ τριγώνου ΟΝΟ', θὰ ἰσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν δύο ἐντὸς καὶ ἀπέναντι, ἥτοι:

$$A = \delta + \delta'$$

$$(3)$$

Ἐξ ἄλλου, ἡ γωνία ἐκτροπῆς Δ , εἶναι ἐξωτερικὴ γωνία τοῦ τριγώνου ΜΟΟ', ἐπομένως θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν δύο ἐντὸς καὶ ἀπέναντι γωνιῶν αὐτοῦ, αἱ ὁποῖαι εἶναι ἀντιστοίχως $(\pi - \delta)$ καὶ $(\pi' - \delta')$, ἥτοι θὰ εἶναι: $\Delta = (\pi - \delta) + (\pi' - \delta') = (\pi + \pi') - (\delta + \delta')$, ἔχοντες δὲ ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν ἐξίσωσιν (3) εὐρίσκομεν:

$$\Delta = \pi + \pi' - A$$

$$(4)$$

Αἱ σχέσεις (1), (2), (3), (4) ἀποτελοῦν τὰς ἐξισώσεις τοῦ πρίσματος.

49. Τύπος ὀξέων πρισμάτων. Ἐὰν ἡ γωνία Α εἶναι πολὺ ὀξεῖα (2° ἕως 3°) καὶ ἡ γωνία προσπτώσεως π μικρά, δυνάμεθα, ἀνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ ἀντικαταστήσωμεν εἰς τοὺς τύπους (1) καὶ (2) § 48 τὰ ἡμίτονα διὰ τῶν τόξων, ὁπότε θὰ ἔχωμεν $\pi = n \cdot \delta$ καὶ $\pi' = n \cdot \delta'$ καὶ $\pi + \pi' = n(\delta + \delta') = n \cdot A$, ἐὰν δὲ τὴν τιμὴν ταύτην ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὸν προηγούμενον τύπον (4) ἔχομεν:

$$\Delta = A(n - 1)$$

Ὁ τύπος οὗτος εἶναι γνωστὸς ὡς τύπος τῶν ὀξέων πρισμάτων. Ἡ ἐκτροπὴ ἀκτίνος, διερχομένης διὰ πρίσματος, ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος καὶ ἐκ τοῦ δείκτου διαθλάσεως, αὐξάνεται δὲ αὐξανόμενον τῶν δύο τούτων μεγεθῶν ὑπὸ τὴν αὐτὴν γωνίαν προσπτώσεως.

50. Νόμοι τοῦ πρίσματος. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω τύπων προκύπτουν οἱ ἀκόλουθοι νόμοι τοῦ πρίσματος:

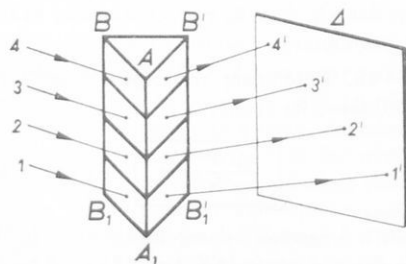
1. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς Δ αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ πρίσματος. Ὁ νόμος οὗτος ἐπαληθεύεται πειραματικῶς διὰ τοῦ πολυπρίσματος. Τὸ πολυπρίσμα (σχ. 64) ἀποτελεῖται ἐκ σειρᾶς πρισματίων αὐτῆς διαθλαστικῆς γωνίας, ἀλλ' ἐκ διαφόρων οὐσιῶν καὶ διατεταγμένων, ὥς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, κατὰ τρόπον, ὥστε αἱ ἀχμαὶ αὐτῶν νὰ κεῖνται ἐπ' εὐθείας.



Σχ. 64. Πολυπρίσμα.

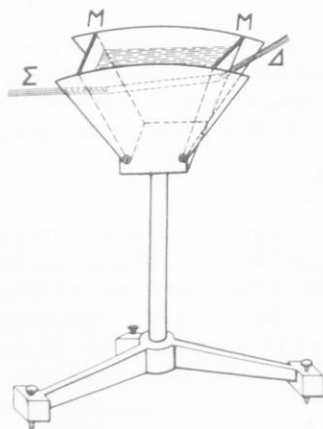
Ἐὰν ἀφήσωμεν νὰ προσέσῃ ἐπὶ τοῦ πολυπρίσματος δέσμη φωτός ἀποτελουμένη ἐκ παραλλήλων ἀκτίνων καὶ δεχθῶμεν τὰς ἐξερχομένης ἀκτίνας ἐπὶ

διαφράγματος Δ (σχ. 65), βλέπομεν



Σχ. 65. Αἱ ἐκτροπαὶ τῶν ἀκτίνων 1, 2, 3, 4, ἐξαερόνται ἀπὸ τὴν ὅλην τὴν διαφόρων πρισματίων.

ὅτι τὰ διάφορα πρίσματα προκαλοῦν διάφορον ἐκτροπὴν, ἥ ὅποια αὐξάνεται μετὰ τοῦ δείκτου διαθλάσεως.



Σχ. 66. Συσκευή διὰ τὴν ἀπόδειξιν τοῦ δευτέρου νόμου τῶν πρισμάτων.

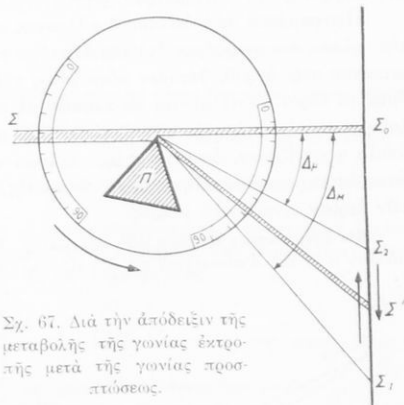
λοῦ τῆς δέσμης ἐπὶ τοῦ διαφράγματος καὶ μάλιστα ὅτι ἡ ἐκτροπὴ αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος.

2. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐξάνεται μετὰ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος. Πειραματικῶς, ὁ νόμος οὗτος ἀποδεικνύεται διὰ τῆς συσκευῆς τοῦ σχήματος 66, ἡ ὅποια ἀποτελεῖται ἐκ δοχείου πρισματικού τοῦ ὁποίου αἱ δύο ἀντίστοιχοι πλάγαι ἔδραι M καὶ M' ἀποτελοῦνται ἀπὸ πλάκας ὑαλίνας, τοποθετημένas κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε διὰ καταλλήλου μετακινήσεως αὐτῶν νὰ αὐξάνεται ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρισματικού δοχείου. Ἐὰν ἀφήσωμεν δέσμη φωτός Σ νὰ προσέσῃ ἐπὶ τῆς μίας ἑδρας καὶ δεχθῶμεν τὴν ἐξερχομένην δέσμη Δ ἐπὶ πετάσματος, παρατηροῦμεν πρᾶγματι ὅτι μεταβαλλομένης τῆς διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος μεταβάλλεται καὶ ἡ θέσις τοῦ εἰδῶ-

3. Ἡ γωνία ἐκτροπῆς Δ μεταβάλλεται μετὰ τῆς γωνίας προσπίπτουσας.

Ἐπὶ τοῦ πρίσματος Π ἀφ' ἡμῶν νὰ προσέσῃ δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων Σ , εἰς τρόπον ὥστε μικρὸν μὲν μέρος αὐτῶν νὰ μὴ διέρχεται διὰ τοῦ πρίσματος, ὁπότε αὕτη σχηματίζει ἐπὶ διαφράγματος τὸ εἶδωλον Σ_0 , τὸ ὁποῖον χρησιμεύει ὡς ἀρχὴ διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς ἐκτροπῆς τῆς δέσμης, ἐνῶ τὸ ἕτερον μέρος τῆς δέσμης Σ , διερχόμενον διὰ τοῦ πρίσματος, ὑφίσταται ἐκτροπὴν καὶ σχηματίζει ἐπὶ τοῦ διαφράγματος τὸ εἶδωλον Σ' (σχ. 67).

Ἐάν ἤδη περιστρέψωμεν τὸ πρίσμα Π περὶ τοῦ ἀξονά του, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐλαττωταὶ ἡ γωνία τῆς προσπίπτουσας, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ εἶδωλον Σ' πλησιάζει πρὸς τὸ Σ_0 , ἐξ οὗ συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἐκτροπὴ ἐλαττωταί. Τοῦτο ὅμως συμβαίνει μέχρις ὁριστῆς τινός θέσεως Σ_2 τοῦ εἰδώλου Σ' , ὁπότε, ἐάν νῦν προσπίπτουσας, τὸ εἶδωλον Σ' , τὸ



Σχ. 67. Διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς μεταβολῆς τῆς γωνίας ἐκτροπῆς μετὰ τῆς γωνίας προσπίπτουσας.

ἐξακολουθήσωμεν νὰ ἐλαττώνωμεν τὴν γωνίαν ἣδη εὐρίσκεται εἰς Σ_2 , δὲν πλησιάζει πλέον πρὸς τὸ Σ_0 , ἀλλὰ τοὐναντίον ἀπομακρύνεται αὐτοῦ. Ἡ ἐλάχιστη γωνία ἐκτροπῆς πραγματοποιεῖται ὅταν $\pi = \pi'$ καὶ $\delta = \delta'$ (σχ. 68), ὅτε λέγομεν ὅτι ἡ ἀκτὶς διέρχεται συμμετρικῶς διὰ τοῦ πρίσματος. Ἡ θέσις τοῦ πρίσματος ἐν σχέσει πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἀκτῖνα καλεῖται **θέσις ἐλαχίστης ἐκτροπῆς**, ἢ **Νευτώνειος θέσις** τοῦ πρίσματος.

Ἐκ τῶν ἐξισώσεων τοῦ πρίσματος (§ 48), ἐφ' ὅσον τοῦτο ἔχει τοιαύτην θέσιν ὥστε νὰ

πραγματοποιῇται ἡ ἐλάχιστη ἐκτροπὴ, ἐάν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τότε ὅτι $\pi = \pi'$ καὶ $\delta = \delta'$, προκύπτει :

$$A = 2\delta \text{ καὶ } \delta = \frac{A}{2}, \text{ ἐπίσης } \Delta = 2\pi - A \text{ καὶ } \pi = \frac{A + \Delta}{2}$$

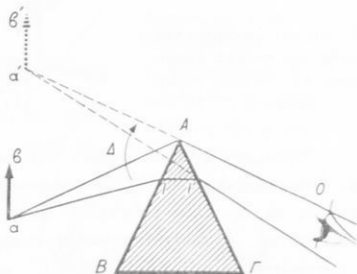
Ἐάν δὲ τὰς τιμὰς τῶν π καὶ δ θέσωμεν εἰς τὴν ἐξίσωσιν (1) τῆς § 48, προκύπτει :

$$n = \frac{\eta \mu \frac{A + \Delta}{2}}{\eta \mu \frac{A}{2}} \quad (1)$$

Ο τύπος ούτος επιτρέπει τον προσδιορισμόν του δείκτου διαθλάσεως της ουσίας εκ της οποίας αποτελείται το πρίσμα, διά μετρήσεως της διαθλαστικής γωνίας και της γωνίας ελαχίστης έκτροπής, ή μέτρησις δὲ αὕτη δύναται νὰ γίνη μετ' ἀκριβείας διὰ γωνιομέτρου.

Προκειμένου περί δείκτου διαθλάσεως στερεᾶς ουσίας, κατασκευάζομεν ἐξ αὐτῆς πρίσμα καὶ μετροῦμεν διὰ τῆς ἀνωτέρω μεθόδου τὸν δείκτην διαθλάσεως. Προκειμένου περί ὕγρου, θέτομεν αὐτὸ ἐντὸς κοίλων ὑαλίνων πρισμαίων, τῶν ὁποίων ὅμως αἱ ἑδραι ἀποτελοῦνται ἐκ πλακῶν μετ' ἀλλήλους ἑδρας, διὰ νὰ μὴ προκαλοῦν γωνιακὴν ἐκτροπὴν τῶν ἀκτίνων. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὰ ἀέρια, διὰ τὰ ὁποῖα φροντίζομεν, ὥστε τὸ κοῖλον πρίσμα νὰ ἔχη μεγάλην διαθλαστικὴν γωνίαν, ὅπως ἐπιτύχωμεν μεγάλην γωνίαν ἐκτροπῆς, δεδομένου ὅτι ὁ δείκτης διαθλάσεως τῶν ἀερίων εἶναι πολὺ μικρὸς.

51. Σχηματισμὸς εἰδῶλου ὑπὸ πρίσματος. Τὸ σχ. 69 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδῶλου α' β' τοῦ ἀντικειμένου αβ. Τὸ εἶδῶλον



Σχ. 69. Σχηματισμὸς εἰδῶλου ὑπὸ πρίσματος.

Τὸ σχ. 69 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν τοῦ σχηματίζεται, ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι ἀκτίς, ἐξ οἰουδήποτε σημείου τοῦ ἀντικειμένου, προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ πρίσματος, ἐξέρχεται ἐξ αὐτοῦ ὀφισταμένη, λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς διαθλάσεως, ἐκτροπῆς πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι τὸ εἶδῶλον τοῦ ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον παρέχει τὸ πρίσμα, εἶναι φανταστικόν, τοῦτο ὁμως εἶναι ἀσαφές.

Δυνάμεθα διὰ τοῦ πρίσματος νὰ ἐπιτύχωμεν σαφεῖς εἰδῶλα ὅταν πληροῦνται αἱ ἀκόλουθοι συνθήκαι: Αἱ ἐξ ἐκάστου σημείου τοῦ ἀντικειμένου προερχόμεναι ἀκτίνες ν' ἀποτελοῦν δέσμην στενὴν προσπίπτουσαν εἰς περιοχὴν τοῦ πρίσματος γειτνιάζουσαν πρὸς τὴν ἀκμὴν αὐτῶν, τὸ δὲ

πρίσμα νὰ εὐρίσκηται εἰς τὴν θέσιν ἐλαχίστης ἐκτροπῆς διὰ τὴν μέσσην ἀκτίνα τῆς δέσμης.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1) *Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία ἐλαχίστης ἐκτροπῆς διὰ πρίσμα εἰς τὸ ὁποῖον $A = 60^\circ$ καὶ $n = 1,5$.* Οὕτω εὐρίσκομεν:

$$n \cdot \eta \mu \frac{A}{2} = 1,5 \cdot \eta \mu \frac{60}{2} = 1,5 \cdot \eta \mu 30^\circ = 0,75, \quad \eta \mu \frac{A + \Delta_{\epsilon\lambda}}{2} = 0,75.$$

Ἐκ τῶν πινάκων εὐρίσκομεν ὅτι $\eta \mu 48^\circ 36' = 0,75$. Ἐπομένως:

$$\eta \mu \frac{A + \Delta_{\epsilon\lambda}}{2} = \eta \mu 48^\circ 36' \quad \text{καὶ} \quad \frac{A + \Delta_{\epsilon\lambda}}{2} = 48^\circ 36'$$

$$\eta \quad A + \Delta_{\epsilon\lambda} = 97^\circ 12' \quad \text{ἐπομένως} \quad \Delta_{\epsilon\lambda} = 97^\circ 12' - 60^\circ = 37^\circ 12'.$$

2) *Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ δείκτης διαθλάσεως πρίσματος, ὅταν ἡ διαθλαστικὴ γωνία αὐτοῦ εἶναι 60° , ἡ δὲ γωνία ἐλαχίστης ἐκτροπῆς εἶναι $38^\circ 30'$.*

Ἐκ τοῦ τύπου (1) τῆς § 50 εὐρίσκομεν:

$$n = \frac{\eta \mu \frac{60^\circ + 38^\circ 30'}{2}}{\eta \mu \frac{60^\circ}{2}} = \frac{\eta \mu 49^\circ 15'}{\eta \mu 30^\circ}$$

Ἐκ τῶν πινάκων εὐρίσκομεν ὅτι: $\eta \mu 49^\circ 15' = 0,7575$, $\eta \mu 30^\circ = 0,5$, ἐπομένως:

$$n = \frac{0,7575}{0,5} = 1,515.$$

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Εἰς τί συνίσταται ἡ διάθλασις τοῦ φωτός καὶ ποίους νόμους ἀκολουθεῖ τὸ φαινόμενον τοῦτο.

Ποία ἡ σημασία τοῦ δείκτου διαθλάσεως καὶ πότε ἐν μέσον θεωρεῖται ὀπτικῶς πυκνότερον ἑνὸς ἄλλου.

Πῶς ἐξηγεῖται ἡ φαινομένη ἀνύψωσις τοῦ πυθμένος τῆς θαλάσσης εἰς τὴν περιοχὴν παραλίας.

Ποία ἡ διάκρισις μεταξὺ ἀπολύτου καὶ σχετικοῦ δείκτου διαθλάσεως καὶ πῶς συνδέονται οὗτοι.

Ἐξηγήσατε διὰ ποῖον λόγον νόμισμα τὸ ὁποῖον εὕρισκεται εἰς τὸν πυθμένα δοχείου εἰς θέσιν τοιαύτην ὥστε ἡ πλευρὰ τοῦ δοχείου νὰ μὴ ἐπιτρέπῃ τὴν παρατήρησιν αὐτοῦ (σχ. 58) καθίσταται ὁρατὸν, ὅταν θεωρῶμεν εἰς τὴν λεκανὴν ὕδωρ.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ὀριζὴ γωνία.

Πότε λαμβάνει χώραν ὀλικὴ ἀνάκλασις.

Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὀριζῆς ἐπιφανείας δύο μέσων. Πότε ἡ ἀνάκλασις αὐτῆς εἶναι πλήρης.

Ποίας ἐφαρμογὰς ἔχει τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

Ὅταν δέσμη φωτός μεταβαίνει ἐκ τοῦ ὕδατος εἰς τὴν πυριτυάλου, πλησιάζει ἢ ἀπομακρύνεται τῆς καθέτου εἰς τὸ σημεῖον τῆς προσπτώσεως :

Ἐὰν ἄνθρωπος εὕρισκεται ἄνωθεν τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης καὶ ἰχθὺς παρατηρεῖ αὐτὸν διὰ μέσου τοῦ ὕδατος, θὰ βλέπῃ οὗτος τὸν ἄνθρωπον εὕρισκόμενον εἰς μικρότερον ἢ μεγαλύτεραν ἀπόστασιν ἀπὸ ἐκείνης εἰς τὴν ὁποίαν πραγματικῶς εὕρισκεται :

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἀτμοσφαιρικῆς διάθλασις καὶ ποίας ἐφαρμογὰς ἔχει αὕτη εἰς τὴν Ἀστρονομίαν.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἀντικατοπτρισμός καὶ πῶς ἐξηγεῖται τὸ φαινόμενον τοῦτο.

Δώσατε τὸν ὁρισμὸν ὀπτικοῦ πρίσματος καὶ περιγράψατε τὴν πορείαν ἀκτίνος διὰ μέσου πρίσματος.

Τί ὑφίσταται δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων ὅταν διέρχεται διὰ μέσου πρίσματος.

Ποιοὶ οἱ νόμοι τοῦ πρίσματος.

Ποία αἱ ἐξισώσεις τοῦ πρίσματος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἐλαχίστη ἐκτροπὴ.

Τί καλοῦμεν ὁξὺ πρίσμα καὶ ποία ἡ ἐξίσωσις αὐτοῦ.

Β'. Προβλήματα.

1. Ἡ γωνία προσπτώσεως φωτεινῆς ἀκτίνος, ἡ ὁποία μεταβαίνει ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς τὸ ὕδωρ, εἶναι 40° καὶ ἡ γωνία διαθλάσεως 29° . Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ δείκτης διαθλάσεως.

2. Ἀκτὶς προσπίπτει ἐκ τοῦ ἀέρος ἐπὶ πλακὸς ἐκ πυριτυάλου, ὑπὸ γωνίαν 45° . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία ἐκτροπῆς αὐτῆς ἐντὸς τῆς πυριτυάλου.

3. Φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτει ἐκ τοῦ ἀέρος ἐπὶ ὁμαλῆς πλακός, ὑπὸ γωνίαν 60° . Ποία θὰ εἶναι ἡ γωνία διαθλάσεως.

4. Ὁ δείκτης διαθλάσεως ὁρισμένου εἴδους ὕαλου, ὡς πρὸς τὸν ἀέρα, εἶναι 1,71. Πόση ἡ ταχύτης τοῦ φωτός ἐντὸς τῆς ὕαλου.

5. Φωτεινή ακτίς προσπίπτει υπό γωνίαν 30° επί υαλίνης πλακός δ. διαθλάσεως $3/2$ καί εισχωρεί άζολούθως εις στρώμα πάγου δ. διαθλάσεως $4/3$. Νά υπολογισθῇ τὸ ἡμίτονον τῆς γωνίας τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ ακτίς μετὰ τῆς καθέτου ἐντὸς τοῦ πάγου.

6. Νόμισμα εἶναι τοποθετημένον κάτωθεν υαλίνης ἐπιπέδου πλακός πάχους 2 cm . Ἐάν ὁ δ. διαθλάσεως εἶναι $1,5$ εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἄνω ἐπιφανείας θά φαίνεται τὸ νόμισμα, ὅταν παρατηροῦμεν κατακορύφως ἐκ τῶν ἄνω.

7. Δοχεῖον βάθους $3,5\text{ m}$ περιέχει ὕγρὸν, ὁρώμενον δὲ ἐκ τῶν ἄνω κατακορύφως φαίνεται ἔχον βάθος $2,55\text{ m}$. Πόσος ὁ δ. διαθλάσεως τοῦ ὕγρου.

8. Νά υπολογισθῇ ἡ ὁριζική γωνία διὰ τὴν πυριτυάλον.

9. Πόση ἡ γωνία ἐλαχίστης ἐκτροπῆς διὰ τὸ ἐρυθρὸν φῶς, διὰ πρίσμα διαθλαστικῆς γωνίας $59^\circ 30'$ καὶ δ. διαθλάσεως $1,43$.

10. Ἐάν ἡ γωνία ἐλαχίστης ἐκτροπῆς δέσμης κυτρίνου χρώματος, διερχομένης διὰ πρίσματος διαθλαστικῆς γωνίας 60° , εἶναι $38^\circ 30'$, πόσος ὁ δ. διαθλάσεως τῆς ὑάλου.

11. Ἡ ταχύτης διαδόσεως φωτὸς πράσινου χρώματος εἰς τὸν κενὸν ὥρον (ἢ εἰς τὸν ἀέρα) εἶναι $3 \cdot 10^{10}\text{ cm/sec}$. Πόση ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτὸς εἰς τὸ ὕδωρ καὶ τὴν ὑάλον, ὅταν οἱ ἀντίστοιχοι δ. διαθλάσεως ὕδατος καὶ ὑάλου εἶναι $1,333$ καὶ $1,5$.

12. Ἀντιζείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τῆς κάτω ἐπιφανείας πλακός με παραλλήλους ἑδρας πάχους $2,1\text{ cm}$ καὶ δ. διαθλάσεως $1,40$. Ἐάν τὸ ἀντιζείμενον παρατηρηθῇ καθέτως, ἀπὸ τῆς ἄνω ἐπιφανείας τῆς πλακός, εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἄνω ἐπιφανείας τῆς πλακός θά φαίνεται αὐτό.

13. Μικρὰ φωτεινὴ λυχνία πυρακτώσεως, ἀποτελοῦσα φωτεινὸν σημεῖον, εὐρίσκεται εἰς τὸν πυθμένα δοχείου πλήρους ὕδατος, βάθους 64 cm . Ζητεῖται πόση εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ κύκλου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὕδατος, ὁ ὁποῖος περιορίζει τὴν ἐξερχομένην εἰς τὸν ἀέρα κοινικὴν δέσμην.

14. Ὁ δ. διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὸν ἀέρα εἶναι $1,33$ καὶ τῆς στεφανυάλου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα $1,5$. Ποῖος ὁ δ. διαθλάσεως τοῦ ὕδατος ὡς πρὸς τὴν στεφανυάλον.

15. Φωτεινὴ ακτίς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ πρίσματος ἐκ χαλαζίου δ. διαθλάσεως $1,5446$ καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν $22^\circ 40'$. Ζητεῖται ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος.

16. Ἡ διαθλαστικὴ γωνία ὑαλίνου πρίσματος δ. διαθλάσεως $1,5$ εἶναι 45° . Ἐάν ἐπὶ τοῦ πρίσματος προσπίτῃ ακτίς ὑπὸ γωνίαν $\pi = 20^\circ 30'$, ζητεῖται ἡ γωνία π' ὑπὸ τὴν ὁποίαν ἐξέρχεται ἐκ τοῦ πρίσματος ἡ ακτίς, ὡς καὶ ἡ ἐκτροπὴ τῆς.

17. Πρίσμα ἐκ στεφανυάλου ἔχει διαθλαστικὴν γωνίαν 30° , καὶ ἐπ' αὐτοῦ προσπίπτει καθέτως φωτεινὴ ακτίς. Νά καθορισθῇ ἡ ἐκτροπὴ τῆς ακτίνος διὰ τοῦ πρίσματος.

18. Φωτεινὴ ακτίς προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας πρίσματος ἐκ στεφανυάλου, γωνίας 60° . Νά υπολογισθῇ ἡ ἐκτροπὴ τῆς ακτίνος.

19. Φωτεινὴ ακτίς εισχωρεῖ ἐκ τοῦ ἀέρος εἰς διθειοχον ἄνθρακα. Ἐάν ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι 45° , ὁ δὲ δ. διαθλάσεως $1,63$, πόση θά εἶναι ἡ ἐκτροπὴ τῆς ακτίνος ἐντὸς τοῦ ἑντέρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Γ'

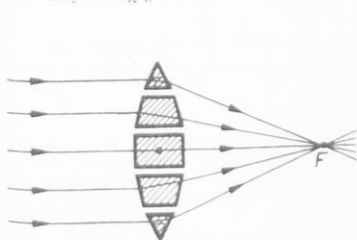
ΦΑΚΟΙ

52. **Σφαιρικοί φακοί.** Κατά την σπουδήν γενικῶς τῶν φακῶν, θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὴν σπουδὴν τῶν σφαιρικῶν φακῶν, καὶ μάλιστα θὰ θεωρήσωμεν ὅτι τὸ πάχος αὐτῶν εἶναι πολὺ μικρὸν.

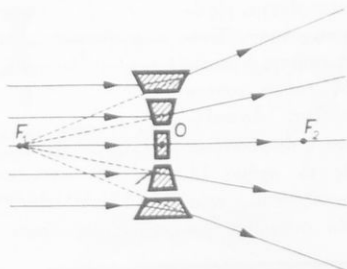
Καλοῦμεν ἐν γένει σφαιρικὸν φακὸν μέσον τι διαφανὲς τὸ ὁποῖον περιεσφαιρῶνται ὑπὸ σφαιρικῶν ἢ σφαιρικῶν καὶ ἐπιπέδων ἐπιφανειῶν.

Συνήθως οἱ φακοὶ κατασκευάζονται ἐξ ὕαλου. Ἡ σπουδὴ τοῦ τρόπου τῆς συμπεριφορᾶς ἀκτίνων διερχομένων διὰ φακοῦ γίνεται εὐκόλως, ἐὰν θεωρήσωμεν ὅτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἐκ συνδυασμοῦ πρισμάτων τῶν ὁποίων ἡ διαθλαστικὴ γωνία μεταβάλλεται, ἀξανομένη ἀπὸ τοῦ μέσου πρὸς τὰ ἄκρα τοῦ φακοῦ.

Εἰς τὰ σχήματα 70 καὶ 71 δεικνύεται κατὰ τίνα τρόπον δυνάμεθα νὰ φαντα-



Σχ. 70. Σύνθεσις ἀμφικίττου φακοῦ ἐκ πολλῶν πρισμάτων διαφόρου διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 71. Σύνθεσις ἀμφικίττου φακοῦ ἐκ πολλῶν πρισμάτων διαφόρου διαθλαστικῆς γωνίας.

σθῶμεν φακὸν ἀποτελούμενον διὰ τοῦ καταλλήλου συνδυασμοῦ πολλῶν πρισμάτων, ἐχόντων διαθλαστικὴν γωνίαν μεταβλητὴν ἀπὸ πρίσματος εἰς πρίσμα.

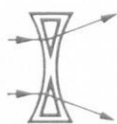
Οὕτω, ἐὰν π.χ. λάβωμεν δύο πρίσματα ὅμοια καὶ τὰ συγκολήσωμεν διὰ τῶν βάσεων αὐτῶν, φαντασθῶμεν δὲ ὅτι ἐπὶ τῶν πρισμάτων προσπίπτουν δύο ἀκτίνες, αὗται, μετὰ τὴν διόδον αὐτῶν διὰ τοῦ συστήματος, θὰ ἐκτραποῦν πρὸς τὴν κοινὴν βάσιν τῶν πρισμάτων καὶ οὕτω θὰ προκίψουν δύο ἀκτίνες συγκλίνουσαι πρὸς ἓν σημεῖον.

Ἐὰν θεωρήσωμεν ἀκολουθῶς σφαιρικὸν φακὸν (σχ. 72), ὁ ὁποῖος νὰ εἶναι παχὺς εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτὸς εἰς τὰ ἄκρα, καὶ ἀφήσωμεν ἐπ' αὐτοῦ νὰ προσπέσῃ

δέσμη ακτίνων αποκλινουσών, παρατηρούμεν ὅτι ἡ δέσμη αὕτη μεταβάλλεται εἰς



Σχ. 72.



Σχ. 73.

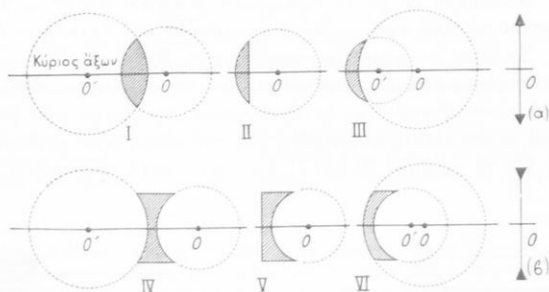
Παραστατικά διαγράμματα γενέσεως φακῶν διὰ πρίσματος. Σχ. 72 ἀμφικύρτου.

Σχ. 73 ἀμφικοίλου.

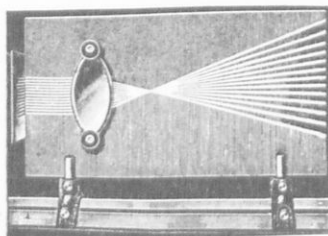
αὐτῶν, καὶ αἱ παράλληλοι ἀκτίνες θὰ μετατραποῦν εἰς αποκλινούσας. Κατ' ἀνάλογον τρόπον, ἐάν εἰς σφαιρικόν φακόν, ὁ ὁποῖος εἶναι λεπτός εἰς τὸ μέσον καὶ παχύ-

τερος κατὰ τὰ ἄκρα, ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ακτίνων (σχ. 73), παρατηρούμεν ὅτι ἡ παράλληλος δέσμη τῶν ακτίνων μετατρέπεται εἰς ἀποκλινούσαν. Ἐνεκα τούτου, ὁ φακὸς τοῦ τύπου τούτου καλεῖται **ἀποκλίνων** ἢ **ἀμφικοίλος**.

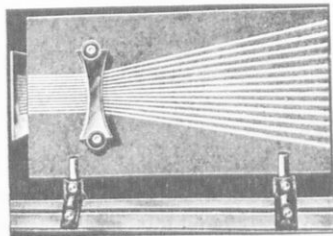
Εἰς τὸ σχῆμα 74 εἰκονίζονται τρία εἴδη συγκλινόντων φακῶν καὶ ἕτερα τρία ἀποκλινόντων φακῶν.



Σχ. 74. Εἶδη συγκλινόντων φακῶν: I ἀμφικύρτος, II ἐπιτεδόκυρτος, III συγκλινὸν μηνίσκος. Εἶδη ἀποκλινόντων φακῶν: IV ἀμφικοίλος, V ἐπιτεδοκοίλος, VI ἀποκλινὸν μηνίσκος. Τὰ (α) καὶ (β) παριστοῦν συμβολικῶς τοὺς ἀντιστοιχοῦς φακοὺς.



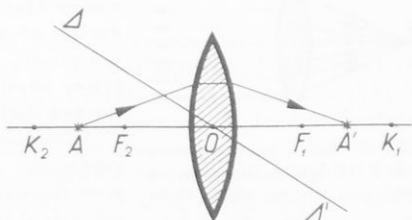
Σχ. 75. Πορεία παραλλήλων ακτίνων εἰς συγκλινόντα φακόν.



Σχ. 76. Πορεία παραλλήλων ακτίνων εἰς ἀποκλινόντα φακόν.

Εἰς τὰ σχήματα 75 καὶ 76 δεικνύεται ἡ πορεία τῆς φωτεινῆς δέσμης παραλλήλων ακτίνων, ὅταν διέρχεται διὰ συγκλινόντος καὶ δι' ἀποκλινόντος φακοῦ.

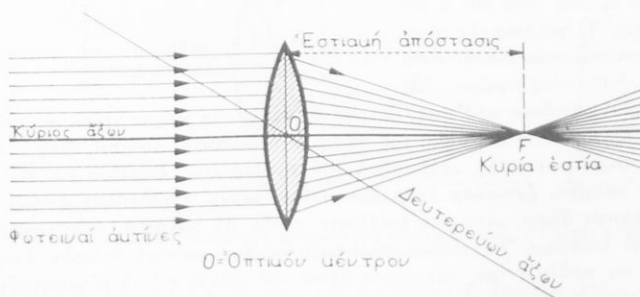
53. Κύριος άξων. Όπτικόν κέντρον. Δευτερεύων άξων. Έστω συγκλίνων φακός άμφικυρτός (σχ. 77), του όποιου τó πάχος θεωρούμεν άμελητέον. Τó σημείον K_1 παριστά τó κέντρον καμπυλότητος τής μιás τών σφαιρικών έπιφανειών του φακού, τó δέ K_2 τó κέντρον καμπυλότητος τής έτέρας τών έπιφανειών αυτού. Η ευθεία $K_2 K_1$ καλεΐται **κύριος άξων** του φακού, τó δέ σημείον O εις τó όποιον συναντá ο κύριος άξων τόν φακόν καλεΐται **όπτικόν κέντρον** του φακού.



Σχ. 77. Διά τήν σπουδήν συγκλίνοντος φακού.
Σχηματισμός συζυγών σημείων.

Προκειμένου περί φακών μικρού πάχους, τά τμήματα OK_1 και OK_2 είναι ίσα, άνευ αισθητού σφάλματος, πρòς τás **άκτινας καμπυλότητος** τών δύο σφαιρικών έπιφανειών του φακού. Η $\Delta O \Delta'$, ή όποία διέρχεται μόνον διά του όπτικού κέντρου του φακού, καλεΐται **δευτερεύων άξων** του φακού και παρουσιάζει, ώς και ο κύριος άξων, τήν ιδιότητα ότι φωτεινή άκτίς, προσπίπτουσα κατά τόν δευτερευόντα άξωνα, έξέρχεται εκ του φακού χωρίς νά ύποστῇ διάθλασιν.

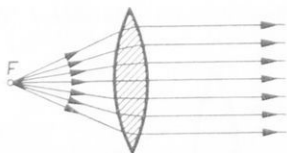
54. Κυρία έστία. Έστιακή άπόστασις. Θεωρήσωμεν συγκλίνοντα φακόν και φαντασθώμεν ότι φωτεινή άκτίς (σχ. 78) προσπίπτει παραλλήλως πρòς τόν κύ-



Σχ. 78. Διά τόν καθορισμόν τών διαφόρων χαρακτηριστικών γραμμών και μεγεθών συγκλίνοντος φακού.

ριον άξωνα του φακού. Αυτή, μετά τήν διάθλασιν αυτής διά του φακού, θά διέλθῃ δι' ένός σημείου F του κυρίου άξονος. Εάν θεωρήσωμεν και άλλην άκτίνα παράλληλον πρòς τόν κύριον άξωνα, αυτή, μετά τήν διάθλασιν αυτής διά του φακού, θά διέλθῃ επίσης διά του σημείου F , καθώς και πάσα άλλη άκτίς παράλληλος πρòς τόν κύριον άξωνα. Τó σημείον τούτο καλεΐται **κυρία έστία** του φακού.

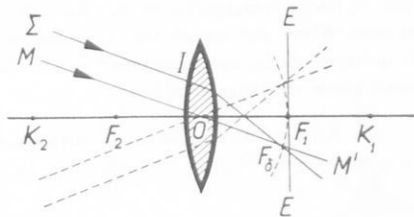
Οὕτω συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: Ἐὰν δέσμη παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων προσπίπτῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα συγκλίνοντος φακοῦ, πᾶσαι αἱ ἀκτίνες αὐτῆς, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῶν διὰ τοῦ φακοῦ, συγκεντρικῶνται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν αὐτοῦ. Ἡ ἀπόστασις $OF = f$ καλεῖται ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.



Σχ. 79. Ἐὰν ἡ πηγὴ εὐρίσκεται εἰς F , αἱ ἀκτίνες ἐξέρχονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τῶν ἀκτίνων (§ 14), ἐὰν φωτοβόλον σημείου εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς κυρίας ἑστίας F τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἐξ αὐτοῦ προσπίπτουσαι ἐπὶ τοῦ φακοῦ ἀκτίνες μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῶν ἐξέρχονται παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ (σχ. 79).

55. Ἑστιακὸν ἐπίπεδον. Ἐὰν φαντασθῶμεν ἀκτίνας προσπιπτούσας παραλλήλως πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, ὥς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 80, πάλιν αὗται, μετὰ τὴν διάθλασιν, συναντοῦν τοὺς ἀντιστοίχους δευτερεύοντα ἄξονα εἰς ὁρισμένα σημεία τὰ ὁποῖα, πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τῆς κυρίας ἑστίας, καλοῦνται **δευτερεύουσαι ἑστίαι**, ὥς ἡ F_2 , ἀπέχουσαι ἀπὸ τοῦ ὀπτικῶν κέντρου ἐξ ἴσου ὅσον καὶ ἡ κυρία ἑστία. Ὁ γεωμετρικὸς τόπος τῶν δευτερευουσῶν ἑστιῶν εἶναι τμήμα ἐπιφανείας σφαίρας. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως καθ' ἣν αἱ ἀκτίνες παρουσιάζουν μικρὰν κλίσιν ὡς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, τὸ τμήμα τοῦτο τῆς σφαιρικῆς ἐπιφανείας δύναται, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ ταυτισθῇ πρὸς τμήμα τοῦ ἐφαπτομένου ἐπιπέδου EE εἰς F_1 , τὸ ὅποιον καλεῖται **ἑστιακὸν ἐπίπεδον**. Οὕτω, δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῆς, θὰ διέλθῃ δι' ἐνὸς σημείου τοῦ ἑστιακοῦ ἐπιπέδου. Ἐκ τούτου συνάγομεν ὅτι, ἐὰν φωτεινὴ ἐπίπεδος ἐπιφάνεια διατίθεται καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ φακοῦ, καὶ τὸ εἶδωλον αὐτῆς θὰ εἶναι ἐπίσης κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ.



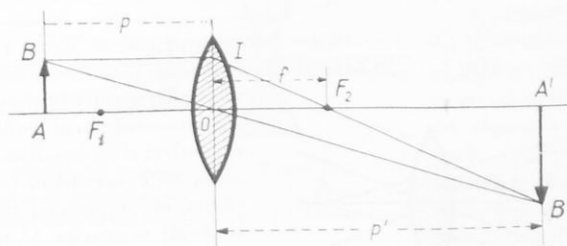
Σχ. 80. Διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ ἑστιακοῦ ἐπιπέδου φακοῦ.

56. Συζυγῇ σημεία. Θεωρήσωμεν φωτοβόλον σημεῖον ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος τοῦ φακοῦ, εὐρισκόμενον εἰς A , καὶ τυχούσαν φωτεινὴν ἀκτίνα ἐξ αὐτοῦ προσπίπτουσαν ἐπὶ τοῦ φακοῦ (σχ. 77). Αὕτη, μετὰ τὴν διάθλασιν τῆς διὰ τοῦ φακοῦ, θὰ διέλθῃ διὰ τινος σημείου A' τοῦ κυρίου ἄξονος, ὁπότε λέγομεν ὅτι τὸ σημεῖον A' ἀποτελεῖ τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ σημείου A . Ἐὰν δὲ τὸ φωτοβόλον σημεῖον ὑποτεθῇ εἰς A' , τὸ εἶδωλον αὐτοῦ θὰ σχηματισθῇ εἰς A (ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός, βλ. § 14). Ὡς ἐκ τούτου, τὰ σημεία A καὶ A' καλοῦνται **συ-**

Ξυγή σημεία τοῦ φακοῦ, ἤτοι, συζυγῇ σημεία εἶναι ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ἐξῆς ἀντιστοιχίαν, ὅτι δηλ. ὅταν τὸ ἓνα γίνεται πηγὴ, τὸ ἄλλο εἶναι εἰδῶλον καὶ ἀντιστρόφως.

57. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ εἰδῶλου ἀντικειμένου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ. Ἐστω συγκλίνων φακὸς καὶ ὅτι, πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ F_1 , κείται φωτεινὸν βέλος AB , τοποθετούμενον καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (σχ. 81). Πρὸς σχηματισμὸν τοῦ εἰδῶλου αὐτοῦ, θεωροῦμεν τὰς ἀκολουθοῦσας βοηθητικὰς ἀκτίνες. 1^{ον}) Τὴν ἐκ τοῦ B παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ἡ ὁποία μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῆς, γνωρίζομεν ὅτι θὰ διέλθῃ διὰ τῆς κυρίας ἐστίας F_2 . 2^{ον}) Ἀκτὶνα προσπίπτουσαν κατὰ τὸν δευτερεύοντα ἄξονα BO , ὅτε αὕτη (συμφώνως πρὸς τὴν § 53) θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ φακοῦ χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν. Τὸ εἰδῶλον ὅθεν τοῦ B πρέπει νὰ κεῖται ἐπὶ τῶν δύο ἀνωτέρω διαθλωμένων ἀκτίνων, καὶ ὥς ἐκ τούτου θὰ συμπίπτῃ πρὸς τὸ κοινὸν σημεῖον τομῆς αὐτῶν. Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου τὸ φωτεινὸν ἀντικείμενον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν κύριον ἄξονα, καὶ τὸ εἰδῶλον αὐτοῦ $A'B'$ θὰ εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω γεωμετρικῆς κατασκευῆς προκύπτει ὅτι, ὅταν τὸ ἀντικείμενον κεῖται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας τοῦ φακοῦ, τὸ εἰδῶλον σχηματίζεται ὑπ' αὐτῶν τούτων τῶν διαθλωμένων διὰ τοῦ φακοῦ ἀκτίνων, καὶ ἐπομένως εἶναι **πραγματικὸν καὶ ἀνεστραμμένον**. Διὰ τῆς ἀνωτέρω ἀπλῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς δεικνύεται εὐκόλως (σχ. 81) ὅτι, ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον κεῖται πέραν τῆς κυρίας

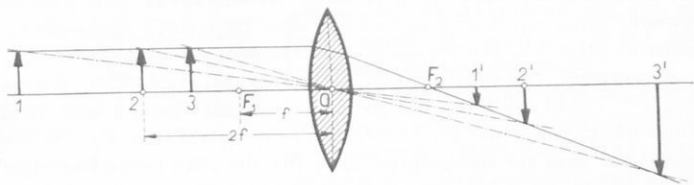


Σχ. 81. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ πραγματικοῦ εἰδῶλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

ἐστίας, ἀλλ' εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλύτερον αὐτοῦ καὶ σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου O , μεγαλυτέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως.

Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται τοῦ φακοῦ, τὸ εἰδῶλον πλησιάζει πρὸς τὸν φακὸν (σχ. 82), ἀλλὰ τὸ μέγεθος αὐτοῦ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ἐλαττοῦται, ὅταν δὲ τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς ἀπόστασιν ἴσην πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τότε τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον σχηματίζεται εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, τὸ δὲ μέγεθος αὐτοῦ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.

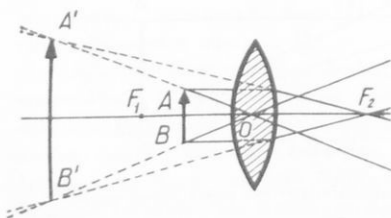
Ἐάν ἡδὴ τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ μεγαλυτέραν τοῦ διπλασίου τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον σχηματίζεται, πάντοτε, εἰς σημεῖον κείμενον εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ μεγαλυτέραν τῆς ἐστιακῆς



Σχ. 82. Γεωμετρικὴ σπουδὴ διαφόρων περιπτώσεων σχηματισμοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου. Τὰ εἴδωλα 1', 2', 3' ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς θέσεις τοῦ ἀντικειμένου 1, 2, 3.

ἀποστάσεως καὶ μικροτέραν τοῦ διπλασίου αὐτῆς. Ἐφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον ἀπομακρύνεται ἔτι περισσότερο, τὸ πραγματικὸν εἶδωλον πλησιάζει ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν, ὅταν δὲ τὸ ἀντικείμενον τεθῇ εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ, εἶδωλον δὲν ὑφίσταται, διότι τοῦτο ἀνάγεται εἰς φωτεινὸν σημεῖον κείμενον εἰς τὴν ἐστίαν τοῦ φακοῦ. Ἐάν ἐξ ἄλλου τὸ ἀντικείμενον τοποθετηθῇ ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, πάλιν εἶδωλον δὲν ὑφίσταται, διότι τοῦτο ἐξαφανίζεται εἰς τὸ ἄπειρον.

Φαντασθῶμεν ἡδὴ ὅτι τὸ πραγματικὸν ἀντικείμενον τίθεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ φακοῦ (σχ. 83). Ἐάν πάλιν χρησιμοποιήσωμεν τὰς δύο βοηθητικὰς ἀκτί-

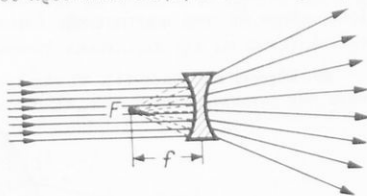


Σχ. 83. AB παριστᾷ ἀντικείμενον μεταξύ κυρίας ἐστίας καὶ φακοῦ, A'B' φανταστικὸν εἶδωλον, ὀρθὸν καὶ μεγαλυτέρον τοῦ ἀντικειμένου.

νας, παρατηροῦμεν ἕκ τῆς γεωμετρικῆς κατασκευῆς ὅτι αἱ δύο διαθλώμεναι ἀκτίνες εἶναι ἀποκλίνουσαι, ἐπομένως δὲν συναντῶνται, ἐνῶ συναντῶνται αἱ γεωμετρικαὶ προεκβολαὶ αὐτῶν εἰς τὸ σημεῖον A', τὸ ὅποion εἶναι τὸ εἶδωλον τοῦ A. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει ἂν φέρωμεν τὰς βοηθητικὰς ἀκτίνες ἐκ τοῦ B, ὁπότε εὐρίσκομεν ὡς εἶδωλον τὸ B', ὁπότε εὐρίσκομεν ὡς εἶδωλον A'B' τοῦ ἀντικειμένου AB.

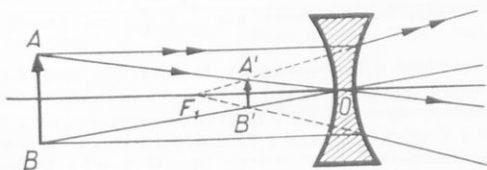
δὲν σχηματίζεται ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων, ἀλλ' ὑπὸ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν, τὸ εἶδωλον τοῦτο εἶναι **φανταστικόν**, ὀρθὸν καὶ μεγαλυτέρον τοῦ ἀντικειμένου. Ἐκ τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: **Συγκλίνων φακὸς παρέχει εἶδωλον πραγματικόν, ὅταν τὸ ἀντικείμενον κεῖται πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ, ἐνῶ παρέχει εἶδωλον φανταστικόν ὅταν τὸ ἀντικείμενον κεῖται μεταξύ κυρίας ἐστίας καὶ φακοῦ.**

58. Γεωμετρική κατασκευή εἰδώλου ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ. Ἐστω ἀποκλίνων φακὸς (σχ. 84), ἐπὶ τοῦ ὁποίου προσπίπτει δέσμη ἀκτίνων παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ δέσμη αὕτη, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῆς διὰ τοῦ φακοῦ, μετατρέπεται εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμη ἀκτίνων, τῶν ὁποίων αἱ γεωμετρικαὶ προεκβολαὶ συναντῶνται εἰς τὸ σημεῖον F . Τὸ σημεῖον τοῦτο ἀποτελεῖ τὴν **κυρίαν ἑστίαν** τοῦ φακοῦ, ἡ ὁποία εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν εἶναι **φανταστική**, ὥς σχηματιζομένη οὐχὶ ὑπὸ πραγματικῶν ἀκτίνων, ἀλλὰ ὑπὸ τῶν γεωμετρικῶν προεκβολῶν αὐτῶν. Ἐάν ὁμως φωτεινὴ ἀκτὶς προσπέσῃ κατὰ τὴν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ φακοῦ χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν.



Σχ. 84. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τῆς φανταστικῆς κυρίας ἐστίας ἀποκλίνοντος φακοῦ.

Θεωρήσωμεν ἤδη ὅτι πρὸ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ τοποθετοῦμεν φωτοβόλον ἀντικείμενον AB (σχ. 85). Πρὸς σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου αὐτοῦ, θεωροῦμεν πάλιν τὰς δύο βοηθητικὰς ἀκτίνας, τὴν παράλληλον ἐξ A πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὁπότε ἡ γεωμετρικὴ προεκβολὴ τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος θὰ διέλθῃ διὰ τῆς κυρίας ἐστίας F_1 , καὶ τὴν ἀκτὶνα AO , ἡ ὁποία, ὥς συμπίπτουσα πρὸς δευτερεύοντα ἄξονα, θὰ



Σχ. 85. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ εἰδώλου $A'B'$ ἀντικειμένου AB , ὑπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ. Τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.

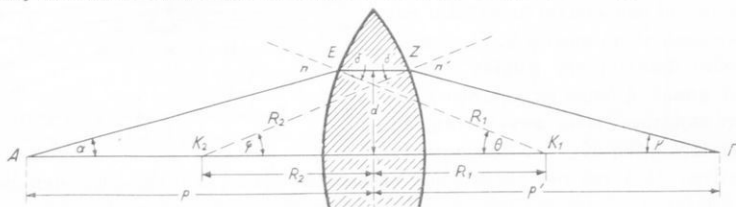
διέλθῃ διὰ τοῦ φακοῦ χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν. Ἐπομένως, τὸ εἶδωλον τοῦ A θὰ εὐρίσκειται εἰς τὸ σημεῖον A' . Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον καὶ τὸ εἶδωλον τοῦ B θὰ εὐρίσκειται εἰς B' , συνεπῶς, τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου AB εἶναι τὸ $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ. Εὐκόλως δὲ δεικνύεται διὰ τῆς ἀνωτέρω γεωμετρικῆς κατασκευῆς ὅτι, εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ, τὸ εἶδωλον εἶναι πάντοτε φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μικρότερον τοῦ πραγματικοῦ.

59. Τύποι τῶν φακῶν. Ἐκ τῆς θεωρίας τῶν φακῶν, δεικνύεται ὅτι ἐάν καλέσωμεν f τὴν κυρίαν ἑστιακὴν ἀπόστασιν, R_1 καὶ R_2 τὰς ἀκτίνας καμπυλότητος τοῦ φακοῦ, p' καὶ p τὰς ἀντιστοίχους ἀποστάσεις εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ φακοῦ, E καὶ A τὰ ἀντίστοιχα μεγέθη εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου καὶ n τὸν δείκτην διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ φακοῦ ὥς πρὸς τὸν ἀέρα, μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω μεγεθῶν ὑφίστανται αἱ ἀκόλουθοι σχέσεις:

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right] \quad (1) \quad \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (2) \quad M = \frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad (3)$$

Αί ανωτέρω σχέσεις καλούνται τύποι των φακών. Εις τὸν τύπον (2), ἐφ' ὅσον πρόκειται περὶ φανταστικοῦ εἰδώλου, πρέπει ἀντὶ $+1/p'$, νὰ γραφῇ $-1/p'$. Προκειμένου δὲ περὶ φανταστικῆς ἐστίας, ἀντὶ $1/f$, νὰ γραφῇ $-1/f$. Αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος, εἰς τὴν περίπτωσιν ἀποκλίνοντος φακοῦ, θεωροῦνται ὡς ἀρνητικά.

60. Εὗρεσις τοῦ τύπου (1). Ὁ τύπος (1) τῶν φακῶν, ὁ ὁποῖος καλεῖται πολλὰκις καὶ **τύπος τῶν κατασκευαστῶν φακῶν**, εὐρίσκεται ὡς ἑξῆς: Θεωρήσωμεν τὸ σχῆμα 86 καὶ τὴν



Σχ. 86. Διὰ τὴν εὗρεσιν τοῦ τύπου τῶν φακῶν.

ἀκτὶνα ΑΕΖΓ' διερχομένην διὰ τοῦ φακοῦ. Τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ εἶναι τὰ K₁ καὶ K₂, αἱ δὲ ἀκτίνες καμπυλότητος αὐτοῦ ἀντιστοίχως R₁ καὶ R₂. Ἐκ τοῦ δευτέρου νόμου τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός, ἔχομεν:

$$n = \frac{\eta \mu \pi}{\eta \mu \delta} = \frac{\eta \mu \pi'}{\eta \mu \delta'}$$

ὅπου n ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ φακοῦ. Ἐπειδὴ ὁμοῦς αἱ γωνίαι π, δ, π' καὶ δ' εἶναι μικραὶ, δυνάμεθα, ἂν αἰσθητοῦ σφάλματος, νὰ γράψωμεν: $n = \frac{\pi}{\delta} = \frac{\pi'}{\delta'}$ καὶ ἐπομένως: $\pi = n \cdot \delta$ καὶ $\pi' = n \cdot \delta'$.

Ἐκ τῶν σχέσεων τούτων εὐρίσκομεν $\pi + \pi' = n(\delta + \delta')$. Ἡ γωνία ὁμοῦς π, ὡς ἐκτὸς γωνία τοῦ τριγώνου ΑΕΚ₁, θὰ πληροῖ τὴν σχέσιν $\pi = \alpha + \theta$. Ὁμοίως ἡ γωνία π', ὡς ἐκτὸς γωνία τοῦ τριγώνου K₂ΖΓ', θὰ πληροῖ τὴν σχέσιν: $\pi' = \varphi + \gamma$. Ἐπομένως: $\pi + \pi' = \alpha + \theta + \varphi + \gamma$.

Ἐξ ἄλλου εἶναι $\delta + \delta' = \varphi + \theta$ καὶ $\pi + \pi' = n(\varphi + \theta)$ ἢ $n(\varphi + \theta) = \alpha + \theta + \varphi + \gamma$.

Ἐκ τῆς τελευταίας ταύτης σχέσεως, λαμβάνομεν: $\alpha + \gamma = (n - 1)(\varphi + \theta)$. Ὡς ὁμοῦς εὐκόλως ἐκ τοῦ σχήματος δεῖκνύται:

$$\epsilon \varphi \alpha = \frac{d}{p}, \quad \epsilon \varphi \varphi = \frac{d}{R_2}, \quad \epsilon \varphi \gamma = \frac{d}{p'}, \quad \epsilon \varphi \theta = \frac{d}{R_1}.$$

Ἐπειδὴ ὁμοῦς αἱ γωνίαι α, φ, γ, θ εἶναι μικραὶ, δυνάμεθα νὰ γράψωμεν, ἂν αἰσθητοῦ σφάλματος:

$$\alpha = \frac{d}{p}, \quad \varphi = \frac{d}{R_2}, \quad \gamma = \frac{d}{p'}, \quad \theta = \frac{d}{R_1}.$$

Ἐάν τὰς τιμὰς ταύτας ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὴν προηγουμένην ἐξίσωσιν, εὐρίσκομεν:

$$\frac{d}{p} + \frac{d}{p'} = (n - 1) \left(\frac{d}{R_1} + \frac{d}{R_2} \right)$$

καὶ διαιροῦντες ἀμφότερα τὰ μέλη διὰ d, ἔχομεν:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right].$$

Ἐξ ἄλλου γνωρίζομεν, ὡς τοῦτο δεικνύεται καὶ κατωτέρω, ὅτι: $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ ὅθεν θὰ ἔχομεν:

$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} = (n - 1) \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right]$	Ἐξίσωσις φακῶν
---	-----------------------

61. Εὑρεσις τῶν τύπων (2) καὶ (3). Θεωρήσωμεν ὅτι πρὸ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 81), τοποθετοῦμεν φωτοβόλον ἀντικείμενον ΑΒ. Ὡς γνωστόν, τὸ εἰδῶλον αὐτοῦ θὰ εἶναι τὸ Α'Β'. Καλοῦμεν $OA = p$ καὶ $OA' = p'$, $AB = A$ καὶ $A'B' = E$, ὁπότε ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων OAB καὶ $A'OB'$, θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{E}{A} = \frac{p'}{p}$$

Ὁμοίως, ἐκ τῶν ὁμοίων τριγώνων IOF_2 καὶ $A'F_2B'$ εὐρίσκομεν, λαμβανομένου ὅτι ὅτι $IO = BA = A$:

$$\frac{E}{A} = \frac{p' - f}{f}$$

$$\text{Ἐξ ἄλλου εἶναι:} \quad \frac{E}{A} = \frac{p'}{p} \quad \text{ἐπομένως:} \quad \frac{p'}{p} = \frac{p' - f}{f}$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης εὐρίσκομεν: $fp' = (p' - f)p$ ἢ $p'f + pf = pp'$ καὶ διαιροῦντες διὰ $pp'f$ ἀμφότερα τὰ μέλη λαμβάνομεν:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

Ἡ διερεύνησις τοῦ τύπου τῶν φακῶν γίνεται καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ εἰς τὰ κάτοπτρα, δι' ἐπιλύσεως δηλαδὴ τῶν τύπων τῶν φακῶν ὡς πρὸς p' . Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς διερευνήσεως ταύτης προκύπτει ὁ παρατιθέμενος πίναξ.

Γενικὸς πίναξ παρέχων τὴν θέσιν, τὸ εἶδος καὶ τὴν μεγέθυνσιν τοῦ εἰδῶλου, διὰ τὰς διαφόρους θέσεις τοῦ ἀντικειμένου, διὰ συγκλίνοντα καὶ ἀποκλίνοντα φακόν.

Τύπος φακοῦ	Θέσις ἀντικειμένου	Θέσις εἰδῶλου	Εἶδος εἰδῶλου	Μεγέθυνσις
Συγκλίνων	Μεταξὺ $2f$ καὶ ∞	Μεταξὺ f καὶ $2f$	Πραγματικὸν καὶ ἀνστραμμένον	Μικροτέρα τῆς μονάδος. Εἰδῶλον μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.
	$2f$	$2f$	Πραγματικὸν καὶ ἀνστραμμένον	Ἰση πρὸς τὴν μονάδα. Εἰδῶλον ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον.
	Μεταξὺ f καὶ $2f$	Μεταξὺ ∞ καὶ $2f$	Πραγματικὸν καὶ ἀνστραμμένον	Μεγαλύτερα τῆς μονάδος. Εἰδῶλον μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.
	Μεταξὺ f καὶ 0	Μεταξὺ ∞ καὶ 0	Φανταστικόν, ὀρθόν	Μεγαλύτερα τῆς μονάδος. Εἰδῶλον μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου.
Ἀποκλίνων	Μεταξὺ 0 καὶ ∞	Μεταξὺ 0 καὶ f	Φανταστικόν, ὀρθόν	Μικροτέρα τῆς μονάδος. Εἰδῶλον μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου.

Παράδειγμα. Πρὸ συγκλίνοντος φακοῦ ἑστιακῆς ἀποστάσεως 30 cm τοποθετοῦμεν εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ βέλος φωτεινὸν ὕψους 5 cm. Ζητεῖται εἰς ποίαν θέσιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ θὰ σχηματισθῇ τὸ εἰδῶλον καὶ πόση ἡ μεγέθυνσις αὐτοῦ.

Τὸ πρόβλημα τοῦτο δυνάμεθα νὰ λύσωμεν κατὰ δύο τρόπους: α) Ἐφαρμόζομεν τὸν γενικὸν τύπον (2) καὶ θέτομεν $p = 15$ cm καὶ $f = 30$ cm, ὁπότε, δι' ἐπιλύσεως τοῦ τύπου ὡς πρὸς p' , εὐρίσκομεν: $p' = -30$ cm, ἐξ οὗ συνάγομεν ὅτι, ἐπειδὴ τὸ p' εἶναι ἀρνητικόν, τὸ εἰδῶλον θὰ εἶναι φανταστικόν. Ἡ μεγέθυνσις αὐτοῦ θὰ εἶναι $E/A = p'/p = 30/15 = 2$, ἤτοι τὸ εἰδῶλον θὰ εἶναι βέλος μήκους 10 cm.

β) 'Εφ' ὅσον τὸ ἀντικείμενον κείται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ φακοῦ, τὸ εἰδὼλον θὰ εἶναι φανταστικόν, ὅθεν πρέπει νὰ ἰσχύῃ ὁ τύπος $1/p - 1/p' = 1/f$. Θετόντες $p = 15$ cm καὶ $f = 30$ cm, εὐρίσκωμεν ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἀπὸ τοῦ φακοῦ θὰ εἶναι $p' = 30$ cm.

62. Ἰσχύς φακοῦ. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις φακοῦ ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὸν μέγεθος αὐτοῦ, πολλῶς ὁμῶς, ἀντὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, θεωροῦμεν τὴν ἀντίστροφον τιμὴν αὐτῆς, καλούμεν δὲ τὸ μέγεθος τοῦτο *διαθλαστικὴν δύναμιν* ἢ *ισχὺν* τοῦ φακοῦ, ἥτοι:

$$\text{ισχύς φακοῦ} = \frac{1}{\text{ἐστιακὴ ἀπόστασις εἰς μέτρα}}$$

Οὕτως, ἐὰν καλέσωμεν f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν, καὶ P τὴν ἰσχύν, ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ αὐτῆς εἶναι:

$$P = \frac{1}{f \text{ (m)}} \quad \eta \quad P = \frac{100}{f \text{ (cm)}}$$

Διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἰσχύος τῶν φακῶν, ὡς μονὰς χρησιμοποιεῖται ἡ *διοπτρία*. Λέγομεν οὕτω ὅτι *φακὸς ἔχει ἰσχὺν μιᾶς διοπτρίας, ὅταν ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ ἰσοῦται πρὸς ἓν μέτρον*. Οὕτω, ἐπὶ παραδείγματι, ἵνα εὐρωμεν τὴν ἰσχὺν φακοῦ ἔχοντος ἐστιακὴν ἀπόστασιν 25 cm, ἐκφράζομεν τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν εἰς μέτρα, ἥτοι 0,25 m, ὁπότε ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ εἶναι $1/0,25 = 4$ διοπτρίαι.

63. Σύστημα φακῶν. Καλούμεν σύστημα φακῶν τὸ σύνολον πολλῶν φακῶν συνδυαζομένων κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ κύριοι ἄξονες αὐτῶν νὰ κείνται ἐπ' εὐθείας. Προεξιμένον περὶ συστήματος φακῶν ὅ ὅποιοι ἐφάπτονται ἀλλήλων, ἰσχύει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: *Ἡ ἰσχὺς συστήματος φακῶν ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἰσχύων τῶν ἀποτελούντων τὸ σύστημα φακῶν*. Συνήθως, εἰς τὴν περιπτώσιν ταύτην θεωροῦμεν τὰς ἐστιακὰς ἀποστάσεις τῶν συγκλινόντων φακῶν ὡς θετικὰς καὶ τὰς τῶν ἀποκλινόντων ὡς ἀρνητικὰς. Ἡ ἄνω πρότασις περιλαμβάνεται εἰς τὴν ἐξίσωσιν:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \dots = \sum \frac{1}{f_n}$$

Οὕτω, ἐπὶ παραδείγματι, ἐὰν ἔχωμεν σύστημα ἐκ δύο φακῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἰς νὰ εἶναι συγκλινόν, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, καὶ ὁ ἄλλος ἀποκλινόν, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 20 cm, ἡ ἰσχὺς τοῦ συστήματος θὰ εἶναι:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{0,50} - \frac{1}{0,20} = -3 \text{ διοπτρίαι,}$$

ἡ ἰσχὺς δηλαδὴ τοῦ συστήματος εἶναι -3 διοπτρίαι, καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ $f = -1/3$ m ἢ $-33,3$ cm, ἥτοι τὸ σύστημα ἰσοδυναμεῖ πρὸς ἀποκλινόντα φακὸν τοῦ ὁποίου ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι 33,3 cm.

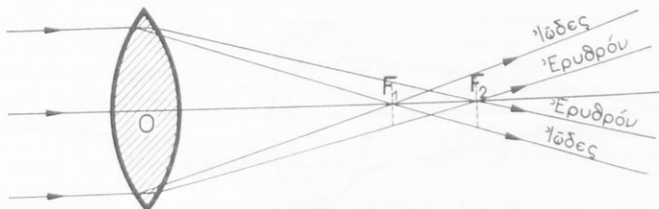
64. Ἐλαττώματα τῶν φακῶν. Οἱ φακοὶ παρουσιάζουν ἐλαττώματα (ἢ σφάλματα), κατὰ τὴν ἀπεικόνισιν ἀντικειμένων ἢ τὴν παρατήρησιν αὐτῶν διὰ μέσου αὐτῶν. Τὰ μᾶλλον συνήθη ἐκ τῶν ἐλαττωμάτων τούτων εἶναι τὰ ἀκόλουθα:

- 1) ἔκτροπὴ χρωματικῇ, 2) ἔκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος.

Ἐκ τῶν ἐλαττωμάτων τούτων τὸ συχνότερον παρατηρούμενον, κατὰ τὴν συνήθη χρῆσιν συγκλινόντος ἰδίως φακοῦ δι' ἀνάγνωσιν, εἶναι ἡ χρωματικὴ

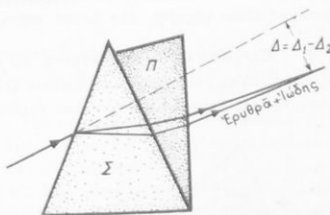
έκτροπή, λόγω της οποίας, όταν προσπαθούμε να αναγνώσουμε έντυπον φύλλον χάρτου δι' ισχυρώς συγκλίνοντος φακού, τὰ τυπογραφικὰ στοιχεῖα φαίνονται κατὰ τὴν περίμετρον αὐτῶν ἑγχρωμα.

Α'. Χρωματικὴ ἐκτροπή. Ὡς εἶδομεν εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ πρίσματος (§ 46), τοῦτο δὲν προκαλεῖ μόνον διάθλασιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ἀλλὰ καὶ ἀνάλυσιν ἢ διασκεδασμὸν τοῦ φωτὸς αὐτῶν. Τὸ αὐτὸ πρέπει νὰ συμβαίνει καὶ εἰς τοὺς φακοὺς, οἱ ὅποιοι, ὡς εἶδομεν, θεωροῦνται ὡς ἀποτελούμενοι ἀπὸ συνδυασμῶν πρισμάτων μεταβλητῆς διαθλαστικῆς γωνίας. Ὡς ὁμως θέλομεν γνωρίσει, ὁ δείκτης διαθλάσεως τῆς ὕλης τοῦ φακοῦ εἶναι διάφορος διὰ



Σχ. 87. Διάγραμμα ἐπεξηγηματικὸν τῆς χρωματικῆς ἐκτροπῆς.

τὰ διάφορα χρώματα καὶ ἔχει ἐλαχίστην μὲν τιμὴν διὰ τὸ ἐρυθρὸν, μεγίστην δὲ διὰ τὸ ἰώδες. Συνεπεία τούτου, ὅταν ἐπὶ φακοῦ προσπίπτουν παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίνες λευκοῦ φωτός, ἡ ἐστία τῶν ἰωδῶν ἀκτίνων, ἐπειδὴ αὐταὶ διαθλῶνται ἐντονώτερον διὰ τοῦ φακοῦ, σχηματίζεται εἰς σημεῖον κείμενον πλησιέστερον πρὸς τὸν φακόν, ἐνῷ αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες, ὡς διαθλῶμεναι ὀλιγώτερον τῶν ἰωδῶν, συγκεντρῶνται εἰς ἐστίαν ἢ ὅποια κεῖται εἰς μεγαλύτεραν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ. Ὅψι, ἐάν ἐπὶ φακοῦ ἀπηλαγμένον σφάλματος ἐκ σφαιρικότητος, προσπίπτῃ δέσμη ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, παραλλήλων πρὸς τὸν κύριον ἄξονα αὐτοῦ, τότε θὰ προζήσουν δύο ἄκραι ἐστίαι F_1 καὶ F_2 (σχ. 87), ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία F_1 θὰ ἀντιστοιχῇ πρὸς τὰς ἰώδεις ἀκτίνας καὶ ἡ ἄλλη F_2 πρὸς τὰς ἐρυθράς, ἐνῷ αἱ ἐστίαι τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων σχηματίζονται μεταξὺ τῶν F_1 καὶ F_2 .



Σχ. 88. Πραγματοποιήσις ἀχρωματικοῦ πρίσματος (Σ ἐκ στεφανύλου, Π ἐκ πυριτυάλου).

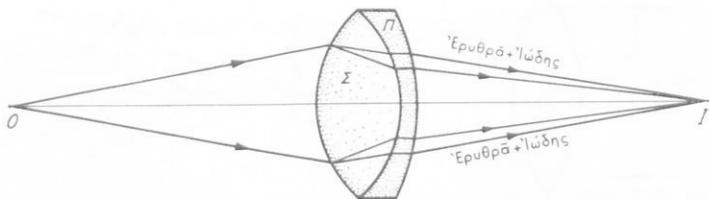
Ἀποτέλεσμα τοῦ σφάλματος τούτου εἶναι ὅτι τὰ εἰδωλα τῶν ἀντικειμένων δὲν εἶναι σαφεῖ, ἀλλὰ ἱριδίζοντα. Τὸ σφάλμα τοῦτο δύναται νὰ διορθωθῇ, ὅποτε οἱ διορθωμένοι φακοὶ καλοῦνται **ἀχρωματικοί**.

Ἡ διόρθωσις τοῦ ἀνωτέρου σφάλματος καὶ ἡ πραγματοποιήσις ἀχρωματικῶν φακῶν στηρίζεται ἐπὶ τῆς ἀκολουθοῦσας ἀρχῆς: Ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός (βλ. § 80), ὁ διασκεδασμὸς τὸν ὅποιον προκαλεῖ πρίσμα ἀπὸ πυριτυάλου¹ εἶναι δι-

1. Αἱ ἱαλοὶ πυριτυάλος καὶ στεφανύalos δὲν ἀποτελοῦν συνήθεις ὅλους, ἀλλ' εἰδικούς τύπους ὀπτικῶν ὅλων χρησιμοποιουμένων εἰς τὴν κατασκευὴν φακῶν, πρισμάτων καὶ ὀπτικῶν ὀργάνων ἀκριβεῖας. Κατασκευάζονται δὲ διὰ τῆς ἀναμίξεως, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, τῶν ἀκολουθῶν σωματινῶν: πυριτίου (SiO_2), καλίου (K_2O), νατρίου (Na_2O), ἀσβεστίου (CaO), μολύβδου (PbO), βορίου (B_2O_3), βαρίου (BaO), ψευδαργύρου (ZnO).

πλάσιος του διασκεδασμού τόν όποϊον προκαλεί πρίσμα από στεφανύαλον τής αὐτῆς διαθλαστικῆς γωνίας, καί έπομένως, διά νά επιτύχωμεν τόν αὐτόν διασκεδασμόν, πρέπει τό πρίσμα πυριτυάλου νά ἔχη διαθλαστικὴν γωνίαν ἴσην πρὸς τό ἥμισυ τῆς διαθλαστικῆς γωνίας πρίσματος στεφανύαλου. Διά συνδυασμοῦ ὄθεν δύο τοιούτων πρισμάτων ἐκ πυριτυάλου καί στεφανύαλου, ὡς δεικνύεται εἰς τό σχῆμα 88, αἶρεται τελείως ὁ διασκεδασμός, παραμένει ὁμῶς ἔκτροπὴ τῶν ἀκτίνων Δ, ἴση πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν ἔκτροπῶν Δ₁ καί Δ₂ τῶν δύο πρισμάτων.

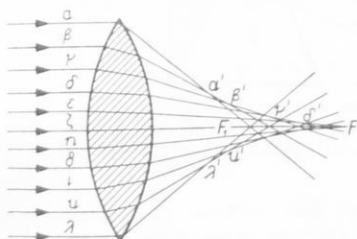
Στηρίζόμενοι ἐπὶ τῆς ἀρχῆς ταύτης δυνάμεθα νά κατασκευάσωμεν ἀχρωματικὸν φακόν διά συνδυασμοῦ δύο φακῶν, ἐνὸς συγκλίνοντος ἀπὸ στεφανύαλου καί ἑτέρου ἀποκλίνοντος



Σχ. 89. Πραγματοποιήσις ἀχρωματικοῦ φακοῦ. Αἱ ἔκτροπαὶ αἱ προκαλούμεναι ὑπὸ τῶν φακῶν Σ καί Π, διά συνδυασμοῦ τούτων ἐξουδετεροῦνται, ὥστε αἱ ἔρυθραι καί ἰώδεις ἀκτίνες νά παρέχουν κοινὴν ἐστίαν.

ἀπὸ πυριτυάλου, καταλλήλως ὑπολογιστέμων, ὡς δεικνύεται εἰς τό σχῆμα 89, τοῦ όποϊοῦ ἡ κατανόησις εἶναι εὐχερής, ἐάν τοῦτο συγκριθῇ πρὸς τό σχῆμα 88.

Β'. Ἐκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος. Τό σφάλμα τοῦτο προέρχεται ἐκ τοῦ ὅτι αἱ ἀκτίνες αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τῶν περιφερειακῶν ζωνῶν τοῦ φακοῦ, μετὰ τὴν διάθλασιν αὐτῶν, συγκεντροῦνται εἰς διάφορον ἐστίαν ἀπὸ ἐκείνην εἰς τὴν ὁποίαν συγκεντρῶνται αἱ ἀκτίνες αἱ



Σχ. 90. Αἱ περισσότερον ἀπέχουσαι ἀκτίνες α, β, γ, λ, σχηματίζουν τὴν ἐστίαν τῶν πλησιέστερον πρὸς τὸν φακόν, ἢ αἱ κεντρικαὶ ἀκτίνες ε, ζ, η, θ.

εἰς τό σημεῖον F₁ τοποθετήσωμεν διάφραγμα κάθετον ἐπὶ τὸν ἄξονα, τότε σχηματίζεται ἐπ' αὐτοῦ μικρὸς φωτεινὸς κύκλος ὁρισμένης ἀκτίνος, ἡ ὁποία παρέχει τὴν κυρίαν ἐγκαρσίαν ἔκτροπὴν ἐκ σφαιρικότητος.

προσπίπτουσαι ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν ζωνῶν τοῦ φακοῦ, ὡς δεικνύεται εἰς τό σχῆμα 90. Πράγματι, αἱ ἐπὶ τῶν ἐξωτερικῶν ζωνῶν τοῦ φακοῦ προσπίπτουσαι ἀκτίνες ὑφίστανται μεγαλύτεραν διάθλασιν, διότι ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος, τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὰς περιοχὰς ταύτας τοῦ φακοῦ, εἶναι μεγαλύτερα, ἐνῶ αἱ ἀκτίνες, αἱ προσπίπτουσαι ἐπὶ τῶν ἐσωτερικῶν ζωνῶν τοῦ φακοῦ, ὑφίστανται μικροτέραν διάθλασιν, λόγῳ τοῦ ὅτι ἡ διαθλαστικὴ γωνία τοῦ πρίσματος τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὰς περιοχὰς ταύτας εἶναι μικροτέρα. Γενικῶς δὲ αἱ διαθλώμεναι ἀκτίνες σχηματίζουν κοινὰς ἐπιφανείας τῶν ὁποίων αἱ χορφαὶ κείνται μεταξὺ τῶν F καί F₁ (σχ. 90). Ἡ ἀπόστασις FF₁ καλεῖται **κυρία διάμηκς ἐκτροπὴ ἐκ σφαιρικότητος**, καί ἂν

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Τί καλούμεν φακούς και πόσα είδη φακών διακρίνομεν.

Πότε ο φακός λέγεται συγκλίνων και πότε αποκλίνων, και πώς εξηγοῦμεν τὴν σύγκλινσιν και τὴν ἀποκλίσιν τῶν ἀκτίνων ὑπὸ τῶν φακῶν τούτων. Τί καλούμεν ὀπτικὸν κέντρον, κύριον ἄξονα και δευτερεύοντα ἄξονα φακοῦ.

Τί καλούμεν κυρίαν ἐστίαν και ἑστιακὴν ἀπόστασιν εἰς περίπτωσιν συγκλίνοντος φακοῦ και ποῖαν ιδιότητα παρουσιάζει ὁ δευτερεύων ἄξων τοῦ φακοῦ.

Νὰ κατασκευασθῇ γεωμετρικῶς τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, και νὰ εὗρεθῇ εἰς ποίας περιπτώσεις τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικὸν και μεγαλύτερον ἢ μικρότερον τοῦ ἀντικειμένου, πότε δὲ τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν.

Νὰ δειχθῇ ὅτι ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις ἀποκλίνοντος φακοῦ εἶναι φανταστικὴ και ὅτι οὗτος παρέχει πάντοτε φανταστικά εἶδωλα. Κατὰ τί διαφέρουν αἱ ἐξισώσεις συγκλίνοντος φακοῦ ἀπὸ τὰς ἐξισώσεις ἀποκλίνοντος.

Τί καλούμεν ἰσχύν φακοῦ και διὰ ποίας μονάδος μετράται αὐτή.

Τί καλούμεν σύστημα φακῶν και ποῖα θεμελιώδης πρότασις ἰσχύει διὰ τοῦτο.

Ποῖα τὰ κυριώτερα ἐλαττώματα τῶν φακῶν.

Β'. Προβλήματα.

1. Φακὸς συγκλίνων ἀποτελεῖται ἀπὸ στεφανύalon, τῆς ὁποίας ὁ δείκτης διαθλάσεως εἶναι 1,5, αἱ ἀκτίνες καμπυλότητος αὐτοῦ εἶναι $R_1 = 30$ cm και $R_2 = 20$ cm. Πόση ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις και ἡ ἰσχὺς τοῦ.

2. Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 156 cm ἀπὸ φακοῦ και σχηματίζει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον αὐτοῦ εἰς ἀπόστασιν 4 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ. Πόση εἶναι ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ και ποῖος ὁ λόγος ἀντικειμένου πρὸς εἶδωλον.

3. Ἀντικείμενον ὕψους 4 mm τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ φακοῦ συγκλίνοντος, ἑστιακῆς ἀποστάσεως 12,5 cm. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου και τὸ μέγεθος αὐτοῦ.

4. Εἰς ἀπόστασιν 100 cm ἀπὸ φακοῦ ἰσχύος — 3 διοπτριῶν, τοποθετεῖται ἀντικείμενον ὕψους 6 cm. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου και τὸ μέγεθος αὐτοῦ.

* 5. Συγκλίνων φακὸς σχηματίζει ἐπὶ διαφράγματος, ἀπέχοντος ἀπ' αὐτοῦ κατὰ 1,5 m, εἶδωλον τὸ ὁποῖον εἶναι 8 φορές μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς ποῖαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ εὐρίσκεται τὸ ἀντικείμενον και πόση ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ.

6. Νὰ εὗρεθῇ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις ἐπιτεδοκοῦλου φακοῦ, τοῦ ὁποίου ἡ ἀκτὺς καμπυλότητος τῆς κοίλης ἐπιφανείας εἶναι 10 cm και ὁ δ. διαθλάσεως εἶναι 1,5.

7. Φωτογραφικὸς φακὸς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν 15 cm, και πρὸ αὐτοῦ τοποθετεῖται ἀντικείμενον εἰς ἀπόστασιν 180 cm. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς ποῖαν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον.

8. Ὁ φακὸς προβολέως ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν 17,5 cm, ἡ δὲ φωτεινὴ πηγὴ εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 2,5 cm πέραν τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Νὰ ὑπολογισθῇ: α) ποῦ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ τὸ διάφραγμα προβολῆς και β) πόση θὰ εἶναι ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις.

9. Τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου εὐρισκομένου εἰς ἀπόστασιν 24 cm ἀπὸ ἀμφικοῦλου θαλίνου φακοῦ, ὁρώμενον διὰ μέσον τούτου, φαίνεται εἰς ἀπόστασιν 6 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ. Ποῖα ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ και νὰ κατασκευασθῇ τὸ διάγραμμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Δ'

ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

65. Ἀνάλυσις τοῦ φωτός διὰ πρίσματος. Εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ πρίσματος, εἶδομεν ὅτι ὅταν δέσμη ἀκτίνων λευκοῦ φωτός προσπίπτῃ ἐπὶ τοῦ πρίσματος, αὕτη δὲν ὑφίσταται μόνον, λόγῳ διαθλάσεως, ἐκτροπὴν πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος, ἀλλὰ ταυτοχρόνως τὸ φῶς ὑφίσταται καὶ ἀνάλυσιν. Οὕτω, ἐὰν ἐπὶ



JOSEF FRAUNHOFER (1787-1826)

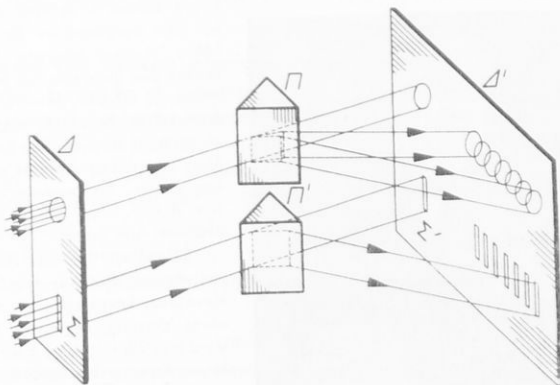
Σημαίνων Ὀπτικός. Ἀπὸ τοῦ 1823 καθηγητὴς εἰς Μόναχον. Κατέστη ὀνομαστός διὰ τῆς ἀνακαλύψεως τῶν φασματικῶν γραμμῶν, ἐκ τῶν ἐργασιῶν αὐτοῦ ἐπὶ τῆς περιθλάσεως τοῦ φωτός καὶ διὰ τὰς τελειοποιήσεις τὰς ὁποίας ἐπέφερεν εἰς τὰς διόπτρας.

Π', παρατηροῦμεν ὅτι αἱ ἀκτίνες ἐξέρχονται ἐκ τοῦ πρίσματος, ὑφιστάμεναι ἀπλῶς ἐκτροπὴν, χωρὶς νὰ παρατηρῆται πλεόν ἀνάλυσις αὐτῶν (σχ. 92). Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὰς ἀκτίνες τῶν ὑπολοίπων χρωμάτων. Ἡ ἔγχρωμος φωτεινὴ ταινία, ἢ ὁποία σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος, καλεῖται *ὄρατὸν φάσμα*, αἱ δὲ διαφόρου χρώματος ἀκτινοβολαί, ἐκ τῶν ὁποίων συντίθεται τὸ λευκὸν φῶς, καλοῦνται *ἀπλὰ ἀκτινοβολαί*, διότι δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἀναλυθοῦν εἰς ἄλλας

πρίσματος ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, τῆς ὁποίας τὸ εὖρος περιορίζεται ὑπὸ λεπτῆς παραλλήλου πρὸς τὴν ἀκμὴν τοῦ πρίσματος σχισμῆς, αὕτη, ὅταν διέλθῃ διὰ τοῦ πρίσματος, παρέχει ὡς εἶδωλον ἐπὶ διαφράγματος φωτεινὴν ἔγχρωμον ταινίαν, ἢ ὁποία ἀποτελεῖται, κατὰ σειράν, ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα: *ερυθρόν, πορτοκαλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἰώδες*. Ἡ διαδοχὴ τῶν χρωμάτων εἶναι συνεχῆς, χωρὶς οὐδεμίαν νὰ παρατηρῆται διάλειψις. Τοῦτο, πράγματι, προκειμένου περὶ ἡλιακῶν ἀκτίνων, δὲν παρατηρεῖται, ὡς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω, ἀλλὰ δυνάμεθα νὰ τὸ ἐπιτύχωμεν ἐὰν πρὸς φωτισμὸν τῆς σχισμῆς χρησιμοποιήσωμεν ὡς πηγὴν ἡλεκτρικὸν λαμπτήρα.

Ἐάν, τῇ βοηθείᾳ σκιεροῦ διαφράγματος παρουσιάζοντες λεπτὴν σχισμὴν, ἀπομονώσωμεν ὅλας τὰς ἀκτίνες πλὴν ἑνὸς χρώματος, π.χ. τοῦ ἰώδους, καὶ διαβιβάζωμεν αὐτὰς δι' ἑτέρου πρίσματος

ἀπλουστεράς. Ἐὰν πρὸ τοῦ φάσματος λευκοῦ φωτός, τοῦ σχηματιζομένου ἐπὶ διαφράγματος, μετακινήσωμεν φύλλον χάρτου ἔντυπον, παρατηροῦμεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, μόνον ὅταν τοῦτο εὐρίσκεται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κιτρινοπρασίνου, διότι εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην συγκεντρῶνται ἡ μεγαλύτερα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Τοῦναντίον, εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἐρυθροῦ καὶ εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἰώδους, μετὰ δυσκολίας δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν τὸ ἔντυπον.



Σχ. 91. Ἀνάλυσις δέσμης λευκοῦ φωτός, ὑπὸ πρίσματος, εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἡ δέσμη περιορίζεται ὑπὸ κυκλικῆς ὀπῆς ἢ ὑπὸ ὀρθογωνίου σχίσματος.

Ἐξ ἄλλου, ἐὰν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος μετακινήσωμεν εὐαίσθητον θερμομετρικὴν διάταξιν, αὕτη δεικνύει τὴν ὑψηλότεραν θερμοκρασίαν εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ἐὰν δὲ δεχθῶμεν τὸ φάσμα ἐπὶ συνήθους φωτογραφικῆς πλακῶς καὶ ἐμφανίσωμεν ἀκολουθῶς τὴν πλάκα, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη προσβάλλεται ἔντονώτερον εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἰώδους καὶ οὐδόλως εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἐρυθροῦ, ἐνῶ ἡ προσβολὴ τῆς πλάκῶς βαίνει βαθμηδὸν ἐλαττωμένη ἐκ τῆς περιοχῆς τοῦ ἰώδους πρὸς τὴν περιοχὴν τοῦ ἐρυθροῦ. Ἐνεκα ἀκριβῶς τοῦ λόγου τούτου, εἰς τὰ φωτογραφικὰ ἐργαστήρια, κατὰ τὴν κατεργασίαν τῶν φωτογραφικῶν πλακῶν, χρησιμοποιοῦν ἐρυθρὸν φωτισμόν.



Σχ. 92. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος λευκοῦ φωτός εἶναι ἀπλᾶ.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγομεν ὅτι αἱ ἀκτίνες, αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ἰώδους φάσματος, χαρακτηρίζονται ὑπὸ ἐντονωτέρας χημικῆς ἐπενεργείας.

66. Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός. Τὸ φῶς εἰς τὸν κενόν

χῶρον, διαδίδεται μετὰ τῆς αὐτῆς ταχύτητος, ἀνεξαρτήτως τοῦ χρώματος αὐτοῦ. Ὅταν ὁμως τὸ φῶς διαδίδεται διὰ μέσον τῆς ὕλης, ἡ ταχύτης αὐτοῦ ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ χρώματος, καὶ μάλιστα αὕτη ἐλαττοῦται συνεχῶς ἐκ τοῦ ἐρυθροῦ πρὸς τὸ ἰώδες. Ἔνεκα τοῦ λόγου τούτου, ὁ δείκτης διαθλάσεως, αὐξάνεται ἐφ' ὅσον προχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἐρυθροῦ πρὸς τὸ ἰώδες. Ἄμεσος συνέπεια τούτου εἶναι ὅτι, ὅταν λευκὸν φῶς διέρχεται διὰ μέσου πρίσματος, ἐπειδὴ τοῦτο, ὡς εἶδομεν, δὲν εἶναι ἀπλοῦν φῶς, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἐξ κυρίων ἀπλῶν χρωμάτων, αἱ ἐρυθραὶ ἀκτίνες θὰ ἐκτρέπονται ὀλιγότερον ὁλῶν τῶν ἄλλων ὑπὸ τοῦ πρίσματος, ἐνῶ αἱ ἰώδεις ἀκτίνες θὰ ἐκτρέπονται περισσότερον ὁλῶν τῶν ἄλλων, οὕτω δὲ τὸ πρίσμα προκαλεῖ τὴν ἀνάλυσιν τοῦ φωτός.



ROBERT WILHELM BUNSEN
(1811 - 1899)

Γερμανὸς Χημικὸς, ὀνομαστὸς διὰ πολλὰς ἐφευρέσεις ἐν τῇ Φυσικῇ (λὺ-
χος **Bunsen**, στοιχείον **Bunsen**, θερ-
μιδόμετρον **Bunsen**). Κατέστη ὁμοῦς
ὀνομαστὸς, κυρίως διότι ἐν συνεργασίᾳ
μετὰ τοῦ Kirchhoff ἀποτελεῖ τὸν θεμε-
λιωτὴν τῆς φασματοσκοπικῆς ἀναλύσεως.

τοῦ, ἀντιστοιχεῖ συχνότης $375 \cdot 10^{12}$ κύκλοι κατὰ sec, ἐνῶ διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν τοῦ ἰώδους
χρώματος ἡ συχνότης εἶναι ἀκόμη μεγαλυτέρα, ἤτοι $750 \cdot 10^{12}$ κύκλοι κατὰ sec.

Ὁ κατωθί πίναξ δεικνύει τὴν συσχέτισιν χρώματος μήκους κύματος καὶ συχνότητος
τῶν διαφόρων ἀκτινοβολιῶν τοῦ ὁρατοῦ φωτός.

Πίναξ συσχέτισεως χρώματος, μήκους κύματος καὶ συχνότητος ὁρατοῦ φωτός.

Χρῶμα	Μήκος κύματος εἰς Å	Συχνότης εἰς sec ⁻¹
Ἐρυθρὸν	7700 — 6400	390 — 470 × 10 ¹²
Πορτοκαλλόχρουν	6400 — 5900	470 — 510 × 10 ¹²
Κίτρινον	5900 — 5500	510 — 550 × 10 ¹²
Πράσινον	5500 — 4900	550 — 610 × 10 ¹²
Κυανοῦν	4900 — 4500	610 — 670 × 10 ¹²
Ἰώδες	4500 — 4000	670 — 750 × 10 ¹²

Κατὰ τὴν ὑπὸ τῶν Huygens - Fresnel δια-
τυπωθεῖσαν **θεωρίαν τῶν κυμάτων**, ἡ ὁποία
ἐξετάζεται λεπτομερῶς εἰς τὸ κεφάλαιον τῆς Φυ-
σικῆς Ὀπτικῆς, δεχόμεθα ὅτι τὸ φῶς ἀποτελεῖ
κυματικὸν φαινόμενον, δηλαδή διαδί-
δεται, ὅπως καὶ ὁ ἥχος, διὰ κυμάτων. Ἡ ταχύ-
της διαδόσεως τῶν φωτεινῶν κυμάτων εἰς τὸν κε-
νὸν χῶρον ἀνέρχεται εἰς $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. Ὅπως
δὲ διὰ τὸν ἥχον εἶδομεν ὅτι ἰσχύει ἡ θεμελιώ-
δης σχέσις:

$$c = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T}$$

ὅπου λ τὸ μήκος τοῦ ἡχητικοῦ κύματος, c ἡ τα-
χύτης διαδόσεως τοῦ ἡχου, ν ἡ συχνότης καὶ
 T ἡ περίοδος, ὁμοίως ἰσχύει ἡ αὕτη σχέσις καὶ
διὰ τὸ φῶς.

Ὅπως δὲ εἰς τὸν ἥχον εἶδομεν ὅτι ἡ συχνό-
της ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὸ ὕψος τοῦ ἡχου, οὕτω καὶ
εἰς τὸ φῶς ἡ συχνότης ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὸ χρῶμα.

Οὕτω, διὰ τὴν ἀκτινοβολίαν τοῦ ἐρυθροῦ χρώμα-

Προκειμένου περί τοῦ μήκους κύματος φωτεινῶν κυμάτων, τοῦτο ἐκφράζεται εἰς μ (micron), ὅπου $1 \mu = 10^{-3} \text{ mm}$. Τελευταίως ὁμως γίνεται χρῆσις τῆς μονάδος Ångström (Å), ὅπου $1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm}$. Οὕτω, λέγομεν ὅτι τὸ μήκος κύματος ἐρυθρᾶς ἀκτινοβολίας εἶναι $0,77 \mu$ ἢ 7700 Å .

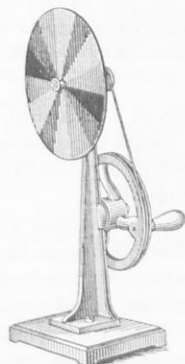
67. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἐὰν ἀναμίξωμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασχηματίσωμεν πάλιν τὸ λευκὸν φῶς. Ἡ ἀνάμιξις τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος δύναται νὰ γίνῃ κατὰ ποικίλους τρόπους. Οὕτω, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τοῦτο, ἐὰν περιστρέψωμεν λίαν ταχέως τὸ πρίσμα ἐκατέρωθεν τῆς ἀκμῆς αὐτοῦ κατὰ λίαν μικρὰν γωνίαν. Πράγματι, εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην τὰ διάφορα χρώματα τοῦ φάσματος σχηματίζονται συνεχῶς εἰς διαφόρους θέσεις τοῦ διαφράγματος, καὶ ἡ ἀνάμιξις αὐτῶν γίνεται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν λόγφ τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως, περὶ τῆς ὁποίας θὰ πραγματευθῶμεν εἰς ἄλλην θέσιν, οὕτω δέ, ἀντὶ νὰ βλέπωμεν ἑγχρωμον ταινίαν, παρατηροῦμεν ταινίαν λευκὴν.

68. Μίξις χρωμάτων. Τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, τὰ ὁποία καλοῦνται εἰδικώτερον *καθαρὰ φασματικά χρώματα*, εἶναι, ὡς ἀνωτέρω εἶδομεν, ἀπλὰ χρώματα, διότι δὲν εἶναι δυνατόν ν' ἀναλυθῶν εἰς ἄλλα ἀπλούστερα, διαφέρουν δὲ ταῦτα οὐσιωδῶς τῶν χρωμάτων τὰ ὁποία δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν τεχνητῶς.

Δύο φασματικά χρώματα, τὰ ὁποία μιγνυόμενα παρέχουν λευκὸν φῶς, καλοῦνται *συμπληρωματικά χρώματα*, τοιαῦτα δὲ εἶναι οἱ ἀκόλουθοι συνδυασμοί: ἐρυθρὸν καὶ πράσινον, κυανὸν καὶ πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον καὶ ἰώδες.

Ἐξ ἄλλου, ἐὰν μὲ τὴν βοήθειαν μικρᾶς σχισμῆς ἀπομονώσωμεν ἐκ τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός στενήν περιοχὴν αὐτοῦ, ἢ ὑπόλοιπος περιοχὴ, μιγνυομένη, παρέχει χρῶμα ἐκ μίξεως τὸ ὁποῖον εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ χρώματος τῆς ἀπομονωθείσης περιοχῆς.

Δυνάμεθα ἀφ' ἑτέρου, διὰ τοῦ πειράματος, νὰ δειξώμεν ὅτι τὰ τεχνητὰ χρώματα δὲν συμπίπτουν τελείως πρὸς τὰ φασματικά χρώματα, διότι, ἐὰν ἀναμίξωμεν τεχνητὰ χρώματα ὑπὸ τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν ὑπὸ τὴν ὁποίαν ἐυρίσκονται τὰ φασματικά χρώματα εἰς τὸ λευκὸν φῶς, δὲν παράγεται καθαρὸν λευκὸν φῶς, ὡς π.χ. τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ δίσκου τοῦ Νεύτωνος (σχ. 93).



Σχ. 93. Ἡ ἀνάμιξις τῶν χρωμάτων γίνεται διὰ περιστροφῆς τοῦ δίσκου.

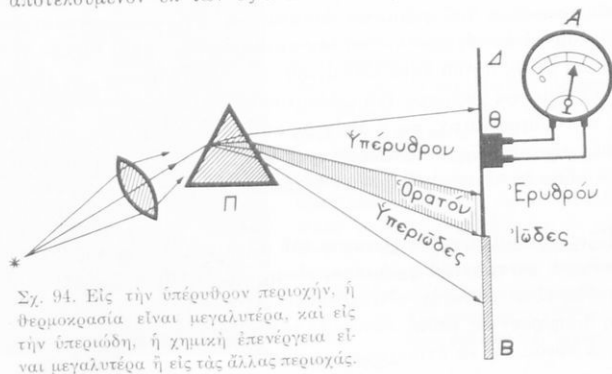
69. Χρῶμα σωμάτων. Οὕτω καλοῦμεν τὸ χρῶμα ὑπὸ τὸ ὁποῖον φαίνεται τὸ σῶμα ὅταν φωτίζεται ὑπὸ λευκοῦ φωτός, ὡς εἶναι τὸ ἡλιακὸν φῶς.

Σῶμα φωτιζόμενον ὑπὸ λευκοῦ φωτός φαίνεται ἑγχρωμον, ὅταν τοῦτο ἀνακλᾷ ὀρισμένα μόνον χρώματα ἐκ τοῦ λευκοῦ φωτός, ἐνῶ ἀπορροφᾷ ὅλα τὰ ἄλλα. Σῶμα τὸ ὁποῖον ἀπορροφᾷ κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἥττον ὅλα τὰ χρώματα τοῦ λευκοῦ φωτός, φαίνεται ἔχον χρῶμα σκοτεινὸς φαιὸν μέχρι μέλανος (μαύρου).

Ἐὰν φωτίζωμεν σῶμα μὲ ἑγχρωμον φῶς, τοῦτο ἐπανεκτέμπει ἐκλεκτικῶς μόνον ὀρι-

σμένα χρώματα τοῦ προσπίπτοντος φωτός. Οὕτω π.χ. ἐρυθρὸς χάρτης, φωτιζόμενος ὑπὸ ἐρυθροῦ φωτός, φαίνεται ἐρυθρὸς, ἐνῶ φωτιζόμενος διὰ πρασίνου χρώματος φαίνεται μέλας, διότι ἀπορροφᾷ τὰς πρασινὰς ἀκτίνας. Φλόξ νατρίου ἐκπέμπει κίτρινον φῶς, ἐπομένως τὰ σώματα φωτιζόμενα διὰ τοιοῦτου φωτός ἀποβάλλουν τὸ χρῶμα των καὶ φαίνονται μαύρα ἢ σκουρινωδῶς κίτρινιστά.

70. Ὁρατὸν φάσμα. Τὸ προηγουμένως ἐξετασθὲν φάσμα τοῦ λευκοῦ φωτός, τὸ ἀποτελούμενον ἐκ τῶν ἐξ ἀπλῶν ἀκτινοβολιῶν, καλεῖται **ὁρατὸν φάσμα**,



Σχ. 94. Εἰς τὴν ὑπέρυθρον περιοχὴν, ἡ θερμοκρασία εἶναι μεγαλύτερα, καὶ εἰς τὴν ὑπεριώδη, ἡ χημικὴ ἐπενέργεια εἶναι μεγαλύτερα ἢ εἰς τὰς ἄλλας περιοχάς.

διότι αἱ ἀκτινοβολίαι αὗται διεγείρουν τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως. Ἐν τούτοις, τὸ φάσμα ἐπεκτείνεται καὶ πέραν τῆς ὁρατῆς περιοχῆς, καὶ ἡ μὲν πέραν τοῦ ἐρυθροῦ περιοχὴ καλεῖται **ὑπέρυθρος** (ἡ ὑπερέρυθρος), ἡ δὲ πέραν τοῦ ιώδους **ὑπεριώδης**.

Ἡ ὑπέρυθρος περιοχὴ ἐξερευνᾶται κυρίως δι' εὐπαθῶν θερμομετρικῶν διατάξεων. Πράγματι, ἐὰν εἰς τὴν ὑπέρυθρον περιοχὴν, εἰς τὴν ὁποίαν δὲν ἀντιλαμβάνομεθα φῶς, τοποθετήσωμεν εὐαίσθητον θερμομετρικὴν διάταξιν Θ (σχ. 94) παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη δεικνύει ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, καὶ μάλιστα μεγαλύτεραν ἐκείνης τῆς ἐρυθρᾶς περιοχῆς τοῦ ὁρατοῦ φάσματος. Ἐπίσης, ἐὰν εἰς τὴν μὴ ὁρατὴν ὑπεριώδη περιοχὴν τοῦ φάσματος τοποθετήσωμεν φωτογραφικὴν πλάκα, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη προσβάλλεται. Ὁμοίως, ἐὰν εἰς τὴν ὑπεριώδη περιοχὴν τοποθετήσωμεν ὑαλίνην πλάκα χρωματισμένην δι' οὐρανίου ἢ δι' ἄλλης φθοριζούσης οὐσίας, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη φθορίζει.

71. Εἶδη φασμάτων ἐκπομπῆς. Τὰ φάσματα τὰ ὁποῖα παρέχουν τὰ διάφορα φωτοβολοῦντα σώματα καλοῦνται **φάσματα ἐκπομπῆς**, διακρίνονται δὲ εἰς τρεῖς κατηγορίας: 1) **φάσμα συνεχές**, 2) **φάσμα γραμμῶν ἢ ραβδώσεων**, 3) **φάσμα ταινιῶν**.

1) **Συνεχὲς φάσμα** παρέχουν τὰ ὑγρὰ καὶ στερεὰ σώματα, ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐτῶν λάβῃ τὴν κατάλληλον τιμὴν. Οὕτω, ὅταν ἡ θερμοκρασία στερεοῦ σώματος εἶναι χαμηλὴ, εἰς τρόπον ὥστε τὸ σῶμα νὰ φαίνεται μόνον ἐρυθρωπόν, ἐμφανίζεται εἰς τὸ φάσμα μόνον ἡ ἐρυθρὰ ἀκτινοβολία. Ἐφ' ὅσον ὁμως αὐξάν-

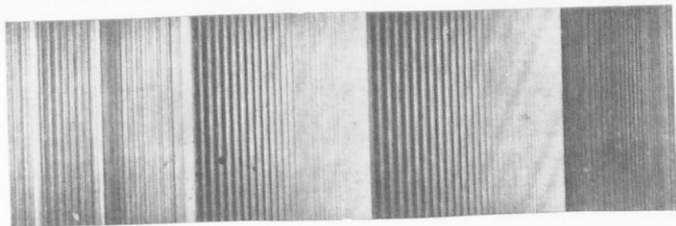
νομεν ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον τὴν θερμοκρασίαν τοῦ σώματος, ἀρχίζουσιν νὰ ἀναφαινῶνται καὶ αἱ ἄλλαι ἀκτινοβολίαι κατὰ τὴν ἐν τῷ φάσματι ὑφισταμένην σειρὰν διαδοχῆς, καὶ μόνον ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ σώματος λάβῃ τιμὴν τοιαύτην, ὥστε τοῦτο νὰ καταστῇ λευκόπυρον, βλέπομεν νὰ ἀναφαίνεται τὸ πληρὲς φάσμα. Τυπικὸν φάσμα συνεχὲς δεικνύεται εἰς τὸν ἔγχρωμον πίνακα (φάσμα 1ον), τὸ ὁποῖον παρέχει τὸ φῶς λαμπτήρος, ἀναλυόμενον διὰ πρίσματος.

2) **Φάσμα φωτεινῶν γραμμῶν.** Φάσμα τοῦ τύπου τούτου παρέχουν τὰ ἀέρια ὑπὸ ἠλαττωμένην πίεσιν κατὰ τὰς ἡλεκτρικὰς ἔκκενώσεις διὰ μέσου αὐτῶν, ὡς καὶ οἱ ἀτμοὶ εἰς ὑψηλὴν θερμοκρασίαν. Οὕτω, ἔαν εἰς σωλῆνα ὑάλινον (σχ. 95) ἐγκλείσωμεν ὑδρογόνον ὑπὸ ἠλαττωμένην πίεσιν, καὶ τῇ βοήθειᾳ δύο ἡλεκτροδίων συντετηγμένων εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος διαβιβάσωμεν ρεῖμα ὑπὸ ὑψηλὴν τάσιν, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἀέριον φωτοβολεῖ. Ἐάν δὲ τὸ φῶς τοῦτο διαβιβάσωμεν διὰ πρίσματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ προκύπτον φάσμα δὲν εἶναι συνεχές, ἀλλὰ ἀποτελεῖται ἐκ σειρᾶς μεμονωμένων φωτεινῶν γραμμῶν, ὡς π.χ. δεικνύεται εἰς τὸν ἔγχρωμον πίνακα φασμάτων (φάσμα 2ον), εἰς τὴν περιήλωσιν τοῦ στοιχείου τούτου. Ἀνάλογα φάσματα παρέχουν καὶ ἄλλα ἀέρια, π.χ. ἀτμοὶ ὑδραργύρου (φάσμα 3ον). Ἐάν ἐξ ἄλλου εἰς φλόγα λύχνου Bunsen εἰσαγάγωμεν ποσότητα μαγειρικοῦ ἁλάτος, τοῦτο ἐξαερούται, συνεπιέει δὲ τούτου ἡ φλόξ τοῦ λύχνου χρωματίζεται ζωηρῶς κιτρίνη, ἔαν δὲ τὸ φῶς τοῦτο διαβιβάσωμεν διὰ πρίσματος, παρατηροῦμεν ὅτι παρέχει φάσμα χαρακτηριζόμενον ὑπὸ μιᾶς ραβδώσεως κιτρίνης, τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ χαρακτηριστικὸν φάσμα τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸν πίνακα φασμάτων. Τὸ αὐτὸ ἐπιτυγχάνομεν ἔαν ἀντὶ χλωριούχου νατρίου εἰσαγάγωμεν μικρὰν ποσότητα μεταλλικοῦ νατρίου.



Σχ. 95.
Φασματοσκοπικὸς σωλὴν
Geissler.

3) **Φάσμα ταινιῶν.** Φάσμα τοῦ τύπου τούτου παρέχουν ὠρισμένα ἀέρια ἢ ἀτμοὶ (π.χ. χλωρίου) καὶ χαρακτηρίζεται ὑπὸ ὁμάδων γραμμῶν λίαν πλησίων πρὸς ἀλλήλας κειμένων,



Σχ. 96. Φάσμα ταινιῶν τοῦ ἀζώτου.

ἐνθ' αἱ διάφοροι ὁμάδες ἀπομακρύνονται σημαντικῶς ἀπ' ἀλλήλων. Τυπικὸν φάσμα ταινιῶν δεικνύει τὸ σχῆμα 96, ἀναφερόμενον εἰς τὸ μοριακὸν φάσμα τοῦ ἀζώτου.

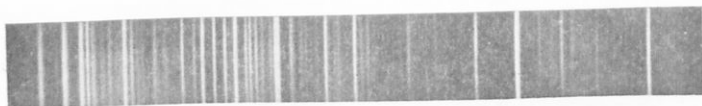
Ὁ κατωτέρω πίναξ παρέχει τὰ μήκη κύματος τῶν πλέον ἐντόνων φωτεινῶν γραμμῶν διαφόρων οὐσιῶν.

Μήκη κύματος χαρακτηριστικῶν τινῶν γραμμῶν φασμάτων εἰς $\text{\AA}$.

Υδρογόνον (H)	Υδράργυρος (Hg)	Λίθιον (Li)	Νέον (Ne)
6 562,8	5 790,7	6 707,8	6 402,2
4 861,3	5 769,6	6 103,5	5 881,9
4 340,5	5 460,7	6 602,0	5 852,5
4 101,7	4 358,3		
	4 046,6	Νάτριον (Na)	Θάλλιον (Tl)
Ήλιον (He)	3 650,1	5 895,9	5 350,5
7 065,2		5,890,0	
6 678,1	Κάλιον (K)		Ψευδάργυρος (Zn)
5 875,6	7 699,0	Κάδμιον (Cd)	6 362,3
4 921,9	7 664,9	6 438,5	4 810,5
4 471,5	6 939,0	5 085,8	4 722,2
4 026,2	6 911,3	4 799,9	4 680,1
3 888,6	4 047,2	4 678,1	3 345,0
	4 044,1		3 072,1
			5 035,8

72. Φάσμα ἀπορροφήσεως. Ἐκτὸς τῶν ἄνω τύπων φασμάτων, διακρίνομεν καὶ τὸ **φάσμα ἀπορροφήσεως**, τὸ ὁποῖον προκύπτει ὅταν μεταξὺ τοῦ πρίσματος καὶ τῆς πηγῆς λευκοῦ φωτὸς παρεμβάλωμεν οὐσίαν διαφανῆ.

Οὕτω, ἐὰν μεταξὺ λευκοῦ φωτὸς καὶ πρίσματος παρεμβάλωμεν ἔγχρωμον ἐρυθρὰν ὑαλίνην πλάκα καὶ δεχθῶμεν τὸ φάσμα ἐπὶ διαφράγματος ἐκ λευκοῦ χάρτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἐκ τοῦ συνεχοῦς φάσματος παραινέει περίπου μόνον ἡ ἐρυθρὰ περιοχὴ, ἐνῶ ἡ ὑπόλοιπος ἐξαφανίζεται. Τὸ φαινόμενον τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γε-



Σχ. 97. Ἄνω, φάσμα ἐκπομπῆς καλίου. Κάτω, φάσμα ἀπορροφήσεως νατρίου. Ἡ διακρινομένη λευκὴ περιοχὴ εἶναι ἡ ἀπορροφηθεῖσα. Θετικαὶ φωτογραφίαι.

γονὸς ὅτι ἡ ἐρυθρὰ πλάξ ἀπορροφᾷ σχεδὸν ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός, ἐξαιρέσει μόνον τῶν ἐρυθρῶν, αἱ ὁποῖαι διέρχονται διὰ τοῦ πρίσματος καὶ παρέχουν φάσμα, τὸ ὁποῖον καλοῦμεν **φάσμα ἀπορροφήσεως**. Τοῦτο δεικνύεται σαφῶς εἰς τὸν ἔγχρωμον πίνακα φασμάτων (2ον φάσμα), ὅπου εἰκονίζεται τυπικόν

φάσμα απορροφίσεως, και όπου, δια παρεμβολής έγχρώμου υάλου, απορροφήθη δλόκληρος ή περιοχή του πορτοκαλοχρόου και κιτρίνου χρώματος ως και μέρος του πρασίνου.

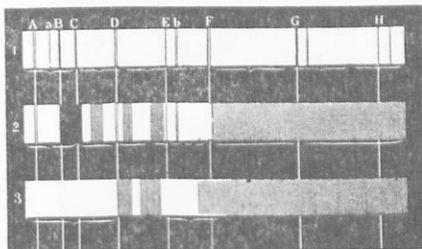
Το σχ. 97 δεικνύει τυπικώς φωτογραφίας φασμάτων έκπομπής και απορροφίσεως.

Πολλά διαφανείς ουσίαι, παρεμβαλλόμεναι μεταξύ λευκού φωτός και πρίσματος, παρέχουν χαρακτηριστικά φάσματα απορροφίσεως, ως ή χλωροφύλλη, το αίμα κ.τ.λ., δια των οποίων δυνάμεθα μάλιστα ν' ανιχνεύσωμεν αὐτάς. Εἰς τὸ σχ. 98 τὰ φάσματα (2) και (3) δεικνύουν, ἀντιστοίχως, φάσματα απορροφίσεως διαλύματος χλωροφύλλης και αἵματος.

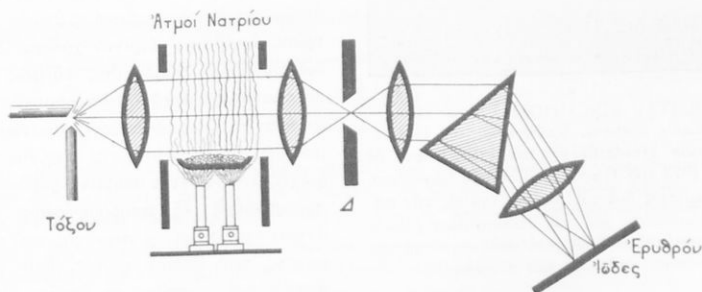
Αἱ περιοχαὶ απορροφίσεως εἶναι, διὰ τὰ στερεὰ και ὑγρά σώματα, ἀρκετοῦ εὗρους, ἐνῶ διὰ τὰ ἀέρια εἶναι λεπταὶ γραμμαῖ. Οὐσίαι, αἱ ὁποῖαι δὲν προκαλοῦν ἀπορρόφησιν διὰ τὸ ὁρατὸν φάσμα ἢ ἔχουν λίαν στενὰς περιοχὰς ἀπορροφίσεως, εἶναι διαφανεῖς ως ή ὑάλος.

73. Γραμμαὶ Fraunhofer.

Τὸ φάσμα τοῦ ἡλιακοῦ φωτός δὲν εἶναι τελείως συνεχές, ἀλλὰ διακόπτεται ὑπὸ λεπτῶν σκοτεινῶν γραμμῶν ἢ ραβδώσεων, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **γραμμαὶ Fraunhofer**, αἱ ἐντονώτεραι δὲ τούτων χαρακτηρίζονται διὰ τῶν γραμμάτων Α, Β, C, D, Ε, F, G, H (σχ. ἐγχρώμου πίνακος, και σχ. 98,1). Αἱ γραμμαὶ αὗται ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὀρισμένων ἀκτινο-



Σχ. 98. Φάσματα ἀπορροφίσεως: 1) Ραβδώσεις Fraunhofer τοῦ ἡλιακοῦ φάσματος. 2) Φάσμα ἀπορροφίσεως χλωροφύλλης. 3) Φάσμα ἀπορροφίσεως αἵματος.



Σχ. 99. Πειραματικὴ διάταξις τῆς ἀντιστροφῆς τῶν ραβδώσεων.

βολιῶν ἐκ τοῦ φωτός τοῦ ἐκπεπομένου ἐκ τῆς διαπύρου ἐπιφανείας τοῦ ἡλιακοῦ πυρήνος (**φωτόσφαιρα**), ὑπὸ τῆς ἀτμοσφαίρας τοῦ Ἡλίου (**χρωμόσφαιρα**), ἐνῶ

μερικαὶ ἐξ αὐτῶν ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν ὑπὸ τῆς γήινης ἀτμοσφαίρας (**τελουρικαὶ γραμμαὶ**). Τὸ ἥλιακὸν ὄθεν φάσμα μὲ τὰς γραμμὰς Fraunhofer ἀποτελεῖ τὸ φάσμα ἀπορροφίσεως τῶν ἐν τῇ χρωμοσφαίρᾳ περιεχομένων ἀερίων. Ἐκ τῆς θέσεως δὲ τῶν σκοτεινῶν ραβδώσεων εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα, συνάγεται ἡ ὑπαρξὶς πολλῶν ἐκ τῶν γνωστῶν χημικῶν στοιχείων εἰς τὴν χρωμόσφαιραν. Πλήρες ἥλιακὸν φάσμα μετὰ τῶν ραβδώσεων Fraunhofer δεικνύεται εἰς τὸν ἔγχρωμον πίνακα φασμάτων (φάσμα 5ον).

74. Ἀντιστροφὴ τῶν ραβδώσεων. Ἡ ἐξήγησις τῆς γενέσεως τῶν γραμμῶν Fraunhofer εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα ἐγένετο ὑπὸ τοῦ Kirchhoff, ὁ ὁποῖος ἀπέδειξεν ὅτι αὐτὰ ὀφείλονται εἰς ἀπορρόφησιν τοῦ φωτός ὑπὸ ἀτμῶν ψυχροτέρων, εὐρισκομένων εἰς τὴν ἀτμοσφαίραν τοῦ Ἡλίου, καὶ διέτύπωσε τὴν ἀρχὴν ὅτι: **ἀτμός ἢ ἀέριον ἀπορροφᾷ ἐντονώτερον τὸ φῶς τοῦ αὐτοῦ χρώματος ἢ τοῦ αὐτοῦ μήκους κύματος, τὸ ὅποιον ὁ ἀτμός οὗτος ἐκπέμπει**.



GUSTAV KIRCHHOFF (1824-1887)

Γερμανὸς Φυσικός. Καθηγητὴς τοῦ Πανεπιστημίου Heidelberg (1854-1875), ἀπὸ δὲ τοῦ 1875 τοῦ Πανεπιστημίου τοῦ Βερολίνου. Ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρευνάς του εἰς τὴν φασματοσκοπίαν, ἐπὶ τοῦ Ἠλεκτρισμοῦ (νόμοι τοῦ Kirchhoff) ὥς καὶ ἐπὶ τῆς θερμοκῆς ἀκτινοβολίας τῶν σωμάτων.

ψυχρότεροι ἀπὸ τὸ βολταϊκὸν τόξον. Τοῦτο δεικνύεται σαφῶς εἰς τὸν ἔγχρωμον πίνακα φασμάτων (4η εἰκὼν).

Τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν φαινόμενον καλεῖται εἰδικώτερον **ἀντιστροφὴ τῶν ραβδώσεων**.

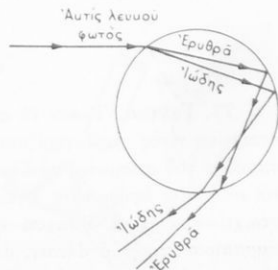
Ἡ ὥς ἄνω ἀρχὴ κατεδείχθη πειραματικῶς ὡς ἀκολουθῶς: Μεταξὺ τῆς φωτεινῆς πηγῆς λευκοῦ φωτός, π. χ. βολταϊκοῦ τόξου καὶ πρίσματος, τοποθετεῖται λύχνος Bunsen (σ. 99), εἰς τὸν ὅποιον εἰσάγομεν καταλλήλως τεμάχιον μεταλλικοῦ νατρίου, τὸ ὅποιον οὕτω ἐξαερούται εἰς τὴν φλόγα, ἡ ὁποία, ὥς ἐκ τῆς παρουσίας ἀτμῶν νατρίου, λαμβάνει κίτρινον χρῶμα. Ἐὰν διαβιάσωμεν ἀκολουθῶς τὸ φῶς διὰ πρίσματος καὶ δεχθῶμεν τὸ προκύπτον φάσμα ἐπὶ διαφράγματος, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν θέσιν τῆς κίτρινης περιοχῆς ἀναφαίνεται σκοτεινὴ ράβδωσις, προερχομένη ἐξ ἀπορροφίσεως τῆς ἀντιστοίχου κίτρινης περιοχῆς τοῦ φάσματος τοῦ λευκοῦ φωτός, ὑπὸ τῶν ἀτμῶν τοῦ νατρίου, οἱ ὁποῖοι εἶναι

75. Ουράνιον τόξον. Τοῦτο ἀποτελεῖ ὀπτικὸν φαινόμενον, ὀφειλόμενον εἰς τὴν ἀνάλησιν καὶ ὀλικὴν ἀνάλασιν τῶν ἡλιακῶν ἀκτίνων ἐπὶ μικρῶν σφαιρικῶν σταγονιδίων ὕδατος, τὰ ὅποια αἰωροῦνται εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν ἐν καιρῷ βροχῆς ἢ ὀμίχλης.

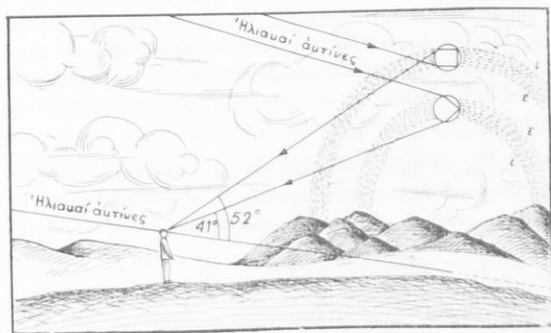
Εἰς τὸ σχῆμα 100 δεικνύεται παραστατικῶς πῶς ἀκτὶς λευκοῦ φωτός, προσπίπτουσα ἐπὶ σταγονιδίου ὕδατος, ἀναλύεται καὶ ἀνακλᾶται ὀλικῶς ἐντὸς τῆς σταγόνος καὶ ἀκολουθῶς ἐξέρχεται ἀναλελυμένη ἐκ τοῦ σταγονιδίου.

Τὸ οὐράνιον τόξον (σχ. 101) βλέπει ὁ παρατηρητής ἐπὶ τῆς Γῆς, ὅταν ὁ ἥλιος εὐρίσκεται κατὰ 41° ὑπεράνω τοῦ ὀρίζοντος, σχηματίζεται δὲ τὸ τόξον πάντοτε πρὸς τὸ μέρος ἐκεῖνο τοῦ παρατηρητοῦ πρὸς τὸ ὁποῖον σχηματίζεται καὶ ἡ σκιά του.

Πολλὰκις, ἐκτὸς τοῦ ἐνὸς οὐρανίου τόξου, παρατηρεῖται καὶ ἕτερον ἐκ τούτων, τὸ κατώτερον καλεῖται **πρώτης τάξεως** καὶ τὸ ἀνώτερον **δευτέρας τάξεως**, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ τάξις διαδοχῆς τῶν χρωμάτων εἶναι ἀντίστροφος ἢ εἰς τὸ πρῶτον. Ἡ πλήρης ἐξηγησις τῆς γενέσεως τοῦ οὐρανίου τόξου ἐξέρχεται τοῦ πλαισίου τοῦ βιβλίου τούτου.



Σχ. 100. Διάθλασις ἀκτίνος φωτός διὰ μιᾶς σταγόνος ὕδατος.



Σχ. 101. Σχηματικὴ διάταξις γενέσεως οὐρανίου τόξου πρώτης καὶ δευτέρας τάξεως.

76. Φθορισμὸς καὶ φωσφορισμὸς. Φθορισμόν καλοῦμεν τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον οὐσία ἀπορροφᾷ ἀκτινοβολίας, ἢ ἄλλως, φῶς, τὸ ὁποῖον ὁμως ἐπανεκπέμπει ἀμέσως, ἀλλ' ὑπὸ μῆκος κύματος μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀρχικῶς ἀπορροφηθείσης ἀκτινοβολίας. Συνήθως, ὁ ὅρος φθορισμὸς ἀναφέρεται εἰς τὴν ἀόρατον ὑπεριώδη ἀκτινοβολίαν, ἢ ὁποία, ἀπορροφωμένη ὑπὸ οὐ-

σίας φθοριζούσης, ἐπανεκπέμπεται ὑπ' αὐτῆς, ἀλλ' ὑπὸ μῆκος κύματος μεγαλύτερον, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν ὁρατὴν περιοχὴν τοῦ φάσματος. Αἱ συνήθεις φθορίζουσαι λυχνίαι εἶναι λυχνίαι δι' αἰθρῶν ὑδραργύρου ὑπὸ χαμηλῇ πίεσιν, οἱ ὁποῖοι ἐν διαπύρῳ καταστάσει παρέρχουν φῶς πλουσιώτατον εἰς ὑπεριώδεις ἀκτίνας (μῆκος κύματος $2537 \text{ \AA}$). Ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ σωλῆνος τῆς λυχνίας περικαλύπτεται ὑπὸ φθοριζούσης οὐσίας, ἢ ὁποία, ἀπορροφῶσα τὸ ἀόρατον ὑπεριώδες φῶς, ἐπανεκπέμπει τοῦτο ὡς ὁρατὸν φῶς.

Ὑπάρχουν ὁμως καὶ ὀρισμέναι οὐσίαι, τῶν ὁποίων τὰ μόρια διαταράσσονται πόσον πολὺ ἐκ τῆς ἀπορροφωμένης φωτεινῆς ἐνεργείας, ὥστε ταῦτα δὲν δύνανται νὰ ἐπανεέλθουν ἀμέσως εἰς τὴν ἀρχικὴν τὴν κατὰστασιν ἰσορροπίας, οὕτω δὲ τὰ σώματα ταῦτα ἐξακολουθοῦν νὰ ἐκπέμπουν φῶς καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς διεγερθείσης αὐτὰ πηγῆς. Τὸ φαινόμενον τοῦτο, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ παρατεταμένον φθορισμόν, καλεῖται **φωσφορισμὸς**. Οὕτω,

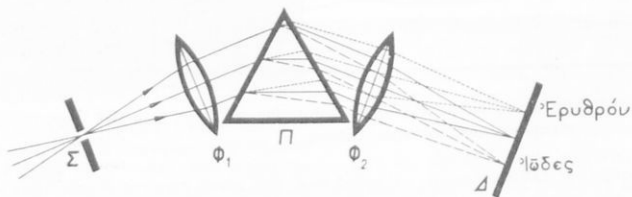
τὸ θειοῦχον βάριον καὶ τὸ θειοῦχον ἀσβέστιον δεικνύουν ἔντονον φωσφορισμόν, τὰ σώματα δὲ ταῦτα, ἐκτιθέμενα εἰς τὸ ἡλιακὸν φῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἡμέρας, διεγείρονται τόσον ἔντονως, ὥστε νὰ ἐκπέμπουν εἰς τὸ σκότος φῶς ἐπὶ πολλὰς ὥρας.

ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

77. Γενικά. Τόσον τὸ φάσμα ἐκπομπῆς, ὅσον καὶ τὸ φάσμα ἀπορροφῆσεως στοιχείου τινὸς χαρακτηρίζουν τὸ στοιχεῖον τοῦτο, καὶ ἐπομένως δυνάμεθα ἐκ τῆς σπουδῆς τοῦ φάσματος νὰ ἀποδείξωμεν τὴν ὑπαρξίν τοῦ στοιχείου τούτου. Οἱ πρῶτοι οἱ ὅποιοι ἐφήρμοσαν τὴν σπουδὴν τῶν φασμάτων πρὸς ἀνίχνευσιν χημικῶν στοιχείων εἶναι οἱ Bunsen καὶ Kirchhoff (1859), οἱ ὅποιοι διεμόρφωσαν τὴν φασματοσκοπικὴν ἀνάλυσιν, σπουδαιότατον βοηθητικὸν μέσον διὰ τὴν Χημείαν. Μεγίστης ἐπίσης σημασίας εἶναι ἡ φασματοσκοπικὴ ἀνάλυσις εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων, διὰ τῆς ὁποίας κατεδείχθη ὅτι ἐπ' αὐτῶν ὑφίστανται ὅλα τὰ στοιχεῖα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἐπὶ τῆς Γῆς. Ἐπίσης, ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν φασμάτων τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων, προέκυψαν σπουδαῖα συμπεράσματα ἐπὶ τῆς καταστάσεως, τῆς ἱστορίας καὶ τῆς ἐξελίξεως αὐτῶν.

Ὁ κλάδος ὁ ὁποῖος ἀσχολεῖται μὲ τὴν συστηματικὴν σπουδὴν τῶν φασμάτων καλεῖται **φασματοσκοπία**, τὰ δὲ ὄργανα τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον καλοῦνται **φασματοσκόπια** ἢ **φασματόμετρα**. Ἐὰν δὲ πρὸς τούτοις τὸ ὄργανον φέρῃ διάταξιν, ἡ ὁποία χρησιμεύει καὶ διὰ τὴν φωτογράφησιν τοῦ φάσματος, καλεῖται **φασματογράφος**.

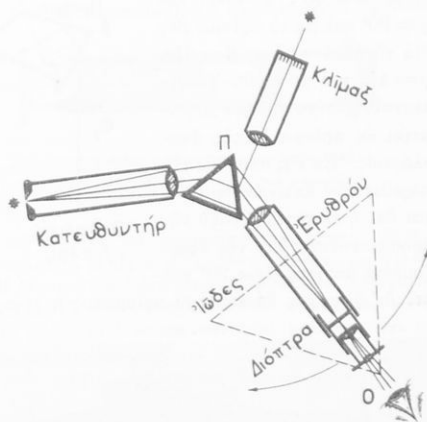
78. Φασματοσκόπιον. Εἰς τὸ σχῆμα 102 δεικνύεται στοιχειώδης διάταξις φασματοσκοπίου. Τὸ φῶς εἰσχωρεῖ διὰ στενῆς σχισμῆς Σ, εὐρισκομένης εἰς τὸ ἑστιακὸν ἐπίπεδον συγκλίνοντος φακοῦ Φ₁, ὁπότε αἱ ἐκ τοῦ φακοῦ ἐξερχόμεναι ἀκτί-



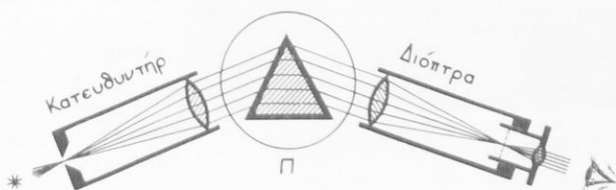
Σχ. 102. Ἀρχὴ τῆς πραγματοποιήσεως φασματοσκοπίου.

νες ἀποτελοῦν δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων. Ἡ σχισμὴ καὶ ὁ φακὸς τοποθετοῦνται εἰς τὰ ἄκρα μεταλλικοῦ σωλῆνος, ὁ ὁποῖος καλεῖται **κατευθυντήρ** (βλ. σχ. 103). Ἡ ἐκ τοῦ φακοῦ ἐξερχομένη δέσμη ἀκτίνων προσπίπτει ἐπὶ πρίσματος Π, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὸν διασκεδασμὸν τοῦ φωτός, ὅτε αἱ ἐξερχόμεναι ἐξ αὐτοῦ ἐγχρωμοὶ ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ ἐτέρου συγκεντρωτικοῦ φακοῦ Φ₂, ὁ ὁποῖος παρέχει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς σχισμῆς δι' ἐκάστην ἀκτινοβολίαν, οὗτω δὲ ἐπὶ τοῦ δια-

φράγματος Δ σχηματίζεται τὸ συνεχὲς φάσμα, ἐφ' ὅσον πρόκειται περὶ λευκοῦ φωτὸς (σχ. 102). Δυνάμεθα ἐξ ἄλλου, ἀντὶ νὰ δεχθῶμεν τὸ φάσμα ἐπὶ διαφράγματος, νὰ παρατηρήσωμεν αὐτὸ διὰ μεγεθυντικοῦ φακοῦ, ὁπότε τὸ σύστημα τοῦ συγκεντρωτικοῦ καὶ μεγεθυντικοῦ φακοῦ, οἱ ὅποιοι τοποθετοῦνται εἰς τὰ ἄκρα ἐτέρου σωλήνος, ἀποτελεῖ διόπτραν παρατηρήσεως. Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι τὰ κύρια μέρη τοῦ φασματοσκοπίου εἶναι ὁ **κατευθυντήρ**, τὸ **πρίσμα** καὶ ἡ **διόπτρα** παρατηρήσεως. Τὸ φασματοσκόπιον συμπληροῦται καὶ διὰ τρίτου σωλήνος, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ ἐμπρόσθιον μέρος αὐτοῦ φέρει συγκλίνοντα φακόν, εἰς δὲ τὸ ὀπίσθιον διαφανὴ κλίμακα, ἡ ὁποία εὐρίσκεται ἀκριβῶς εἰς τὸ ἐστιακὸν ἐπίπεδον τοῦ φακοῦ τούτου (σχ. 103). Ἡ διαφανὴς κλίμαξ φωτίζεται καταλλήλως, καί, ἐξ ἀνακλάσεως, ἐπὶ τῆς μιᾶς ἑδρας τοῦ πρίσματος σχηματίζεται εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδίον τῆς διόπτρας πραγματικὸν εἶδωλον αὐτῆς, τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται



Σχ. 103. Ἀναλυτικὸν διάγραμμα φασματοσκοπίου μετὰ κλίμακος βαθμολογίας.

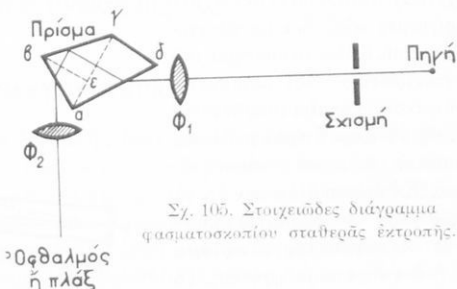


Σχ. 104. Στοιχειώδες ἀναλυτικὸν διάγραμμα φασματοσκοπίου.

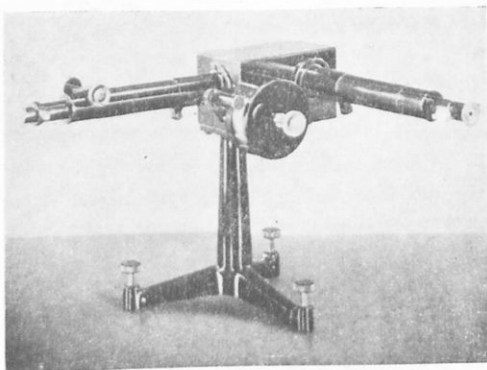
συγχρόνως μετὰ τοῦ φάσματος, διὰ μέσου τοῦ προσοφθαλμίου συστήματος τῆς διόπτρας. Μὲ τὴν βοήθειαν τῆς κλίμακος, δυνάμεθα νὰ βαθμολογήσωμεν τὸ φασματοσκόπιον εἰς μῆκη κύματος. Τὸ σχῆμα 104 δεικνύει τὰ κύρια μέρη φασματοσκοπίου.

79. Φασματοσκόπιον σταθερᾶς ἐκτροπῆς. Τὸ φασματοσκόπιον τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ πρίσματος (σχ. 105) τὸ ὁποῖον ἔχει ὑποστῇ τοιαύτην κατεργασίαν, ὥστε αἱ γωνίαι του νὰ ἔχουν τὰς ἀκολουθούσας τιμὰς: $\alpha = 90^\circ$, $\beta = 75^\circ$, $\gamma = 135^\circ$, $\delta = 60^\circ$. Ἡ ἐπενέργεια τοιοῦτου πρίσματος δύναται νὰ κατανοηθῇ ἐὰν φέρωμεν τὴν γραμμὴν $αγ$ καὶ τὴν κάθετον $ἐπ'$ αὐτὴν $βε$ ἐκ τῆς κορυφῆς β , ὁπότε τὸ πρίσμα

υποδιαιρείται εἰς τρία πρίσματα, τὸ αβγ, διὰ τὸ ὁποῖον εἶναι $\alpha=60^\circ$, $\beta=30^\circ$ καὶ $\epsilon=90^\circ$, τὸ αγδ διὰ τὸ ὁποῖον εἶναι $\alpha=30^\circ$, $\delta=60^\circ$ καὶ $\gamma=90^\circ$ καὶ εἰς τὸ πρίσμα βεγ διὰ τὸ ὁποῖον εἶναι $\beta=45^\circ$, $\gamma=45^\circ$ καὶ $\epsilon=90^\circ$. Τὸ τελευταῖον τοῦτο πρίσμα χρησιμεύει ὡς πρίσμα ὀλικῆς ἀνακλάσεως. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς πορείας τῶν ἀκτίνων δεικνύεται ὅτι ἡ ἐκτροπὴ μεταξὺ τῆς προσπιπτούσης καὶ τῆς ἐξερχομένης ἀκτίνος εἶναι 90° καὶ ὅτι δι' ὅλας τὰς θέσεις τοῦ πρίσματος ἡ κεντρικὴ ἀκτὶς τῆς ἐξερχομένης δέσμης ἔχει τὴν ἐλαχίστην ἐκτροπήν.



Σχ. 105. Στοιχειώδες διάγραμμα φασματοσκοπίου σταθερᾶς ἐκτροπῆς.

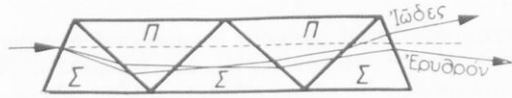


Σχ. 106. Φασματοσκόπιον ἀκριβείας, σταθερᾶς ἐκτροπῆς.

80. Φασματοσκόπιον εὐθυσκοπίας. Ἐάν τρία πρίσματα, δύο ἐκ στεφανυαίου καὶ τὸ ἄλλο ἐκ πυριτυαίου, τοποθετηθῶν πλησίον ἀλλήλων (σχ. 107), εἶναι δυνατόν, διὰ



Σχ. 107. Πρίσμα εὐθυσκοπίας διὰ τριῶν πρισμάτων (Amici).



Σχ. 108. Πρίσμα εὐθυσκοπίας διὰ πέντε πρισμάτων.

καταλλήλῳ ἐξολῆς τῶν διαθλαστικῶν γωνιῶν, νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὰς ὑπὸ τῶν πρισμάτων προκαλουμένης ἐκτροπὰς τῶν ἀκτίνων. Ἐπειδὴ ὁμοῦ ὁ διασπασμὸς τῆς πυριτυαίου εἶναι διπλάσιος τῆς στεφανυαίου, οὗτος θὰ ἐξακολουθῇ νὰ ὑφίσταται, οὕτω δὲ τὸ κεντρι-

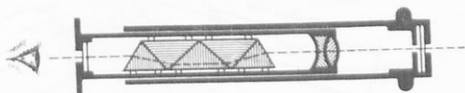
ζόν μέρος του φάσματος φωτεινής δέσμης, π.χ. τὸ κίτρινον, ἐξέρχεται πρακτικῶς κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν τὴν ὁποίαν εἶχεν ὅταν εἰσῆλθε διὰ τοῦ πρίσματος.

Εἰς τὸ σχῆμα 108 δεικνύεται πρίσμα εὐθυσκοπίας, ἀποτελούμενον ἐκ συνδυασμοῦ πέντε πρισμάτων (τριῶν ἐκ στεφανυάλου καὶ δύο ἐκ πυριτυάλου). Τὰ φασματοσκόπια τὰ ὁποῖα

χρησιμοποιοῦν διὰ τὸν διασκεδασμὸν τοῦ φωτὸς τοιοῦτον πρίσμα καλοῦνται **φασματοσκόπια εὐθυσκοπίας**.

Τὸ σχῆμα 109 δεικνύει μικρὸν φασματοσκόπιον εὐθυσκοπίας, εἰς τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται πέντε πρίσματα, τρία ἀπὸ στεφανυάλου καὶ δύο ἀπὸ πυριτυάλου.

Εἰς τὸ πρὸς τὰ δεξιὰ μέρος τοῦ σωλήνος τοῦ φασματοσκοπίου ὑπάρχει σχισμὴ διὰ τῆς ὁποίας εἰσέρχεται τὸ φῶς τὸ ὁποῖον, τῇ βοηθείᾳ συγκλίνοντος συστήματος φακῶν, μετατρέπεται εἰς παρὰλληλον δέσμην. Ἡ δέσμη αὕτη διέρχεται ἀκολούθως διὰ τοῦ πρίσματος εὐθυσκοπίας καὶ ἀκολούθως, ἐξερχομένη ἐξ αὐτοῦ, εἰσχωρεῖ ἐκ τοῦ ἐτέρου ἄκρου τοῦ σωλήνος εἰς τὸν ὀφθαλμὸν. Ὁ εἰς τὸν σωλήνα, ὁ ὁποῖος φέρει τὰ πρίσματα καὶ τὸν φακόν, δύναται νὰ ὀλισθαίνει ἐντὸς τοῦ σωλήνος τοῦ φέροντος τὴν σχισμὴν, οὕτω δὲ δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν θέσιν τοῦ φακοῦ, ὥστε αἱ ἐξερχόμεναι ἐξ αὐτοῦ ἀκτίνες νὰ ἀποτελοῦν παρὰλληλον δέσμην.

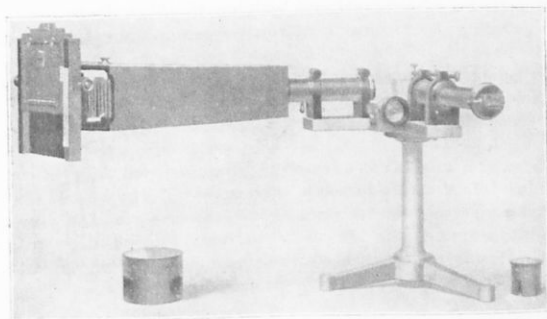


Σχ. 109. Στοιχειώδες φασματοσκόπιον εὐθυσκοπίας μετὰ πέντε πρισμάτων, φακοῦ καὶ σχισμῆς.

81. Μονοχρωμάτωρ. Οὗτω καλεῖται συσκευή ἡ ὁποία παρέχει ἀκτινοβολίαν ὀρισμένου μήκους κύματος, πρὸς σπουδὴν τῆς ὀπτικῆς συμπεριφορᾶς τῶν σωμάτων. Ἡ ἀρχὴ τῆς συσκευῆς ταύτης στηρίζεται ἐπὶ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 92, ὅπου εἰς τὴν πορείαν τῆς ἀναλυθείσης δέσμης λευκοῦ φωτὸς ὑπὸ πρίσματος, παρεμβάλλομεν διάφραγμα μετὰ λεπτῆς σχισμῆς, διὰ τοῦ ὁποῖου ἀφίνομεν νὰ διέλθῃ φῶς ὀρισμένου μόνον χρώματος.

82. Φασματογράφος. Εἰς πολλὰς περιπτώσεις ἡ σπουδὴ τῶν φασμάτων γίνεται διὰ φωτογραφίσεως αὐτῶν, ὃ δὲ φασματογράφος ἀποτελεῖ ὄργανον εἰδικῶς διασκευασμένον ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνεται φωτογράφησις τοῦ φάσματος.

Τὰ τρία κύρια μέρη τοῦ φασματογράφου εἶναι ὁ κατευθυντήρ, τὸ πρίσμα καὶ ἡ φωτογραφικὴ διάταξις, ἡ ὁποία ἀντικαθιστᾷ τὴν διό-

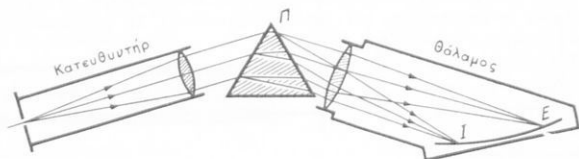


Σχ. 110. Φασματογράφος. Ὁ φωτογραφικὸς θάλαμος εἶναι προσηρμοσμένος εἰς φασματοσκόπιον σταθερᾶς ἐκτροπῆς.

πτραν παρατηρήσεως (σχ. 110).

Εἰς τὸ σχῆμα 111 δεικνύεται κατὰ τίνα τρόπον φασματομέτρον σταθερᾶς ἐκτροπῆς μετασχηματίζεται εἰς φασματογράφον, ὅπου εἰς τὴν θέσιν τοῦ προσοφθαλ-

μίον τῆς διόπτρας παρατηρήσεως προσαρμόζεται καταλλήλως φωτογραφικὴ διάταξις, ἐπιτρέπουσα τὴν ἀπεικόνισιν τοῦ φάσματος ἐπὶ φωτογραφικῆς πλακός.



Σχ. 111. Στοιχειώδες διάγραμμα φασματογράφου δεικνύον τὴν πορείαν φωτεινῆς δέσμης.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός.

Πῶς ἐξηγεῖται τὸ φαινόμενον τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός.

Κατὰ τί διαφέρουν, ἀπὸ ἀπόψεως Φυσικῆς, τὸ ἐρυθρὸν καὶ ἰώδες φῶς.

Πῶς δυνάμεθα ἐκ τῶν ἀπλῶν χρωμάτων τοῦ λευκοῦ φωτός νὰ ἀναπαράγωμεν λευκὸν φῶς.

Πότε δύο χρώματα καλοῦνται συμπληρωματικά, καὶ τί γνωρίζετε ἐν γένει περὶ τῆς μίξεως τῶν χρωμάτων.

Ποῖον χρῶμα προκύπτει ἐκ τῆς ἀναμίξεως φασματικῶν χρωμάτων κίτρινου καὶ κίτρινου.

Νὰ ἐξηγηθῇ διὰ ποῖον λόγον, ὅταν βλέπωμεν λυχνίαν ἐξ ἀνακλάσεως ἀπὸ ἐρυθρᾶς ὑαλίνης πλακός, αὕτη φαίνεται λευκὴ καὶ διατὶ, ὅταν βλέπωμεν τὴν λυχνίαν διὰ μέσον τῆς ὑάλου, φαίνεται ἐρυθρά.

Τί ὀνομάζομεν χρῶμα σκοτεινοῦ σώματος καὶ ποῦ ὀφείλεται τὸ χρῶμα αὐτοῦ.

Πῶς φαίνεται σῶμα ἐρυθροῦ χρώματος ὅταν φωτίζεται ὑπὸ καθαροῦ κίτρινου φωτός. Δώσατε τὴν ἐξήγησιν.

Διὰ ποῖον λόγον σῶμα χρώματος καθαρῶς κίτρινου φαίνεται μέλαν, ὅταν παρατηροῦμεν τοῦτο διὰ μέσον ὑαλίνης πλακός καθαρῶς ἐρυθροῦ χρώματος.

Πότε σῶμα διαπύρρον ἐκπέμπει μόνον ἐρυθρὰς ἀκτίνας καὶ πότε σῶμα διάπυρρον παρέρχει πλήρες φάσμα.

Τὰ μέλανα σώματα, ὡς π. χ. ἡ αἰθάλη, ἀπορροφοῦν ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας: Ἐξηγήσατε τὸν λόγον διὰ τὸν ὁποῖον βλέπωμεν τὰ ἡθαιώμενα σώματα.

Διὰ ποῖον λόγον τὸ πρόσωπον ἀνθρώπου φαίνεται ὀγκρὸν ὅταν φωτίζεται ὑπὸ φλογὸς νατρίου παρεχούσης χρῶμα κίτρινον.

Νὰ ἐξηγηθῇ διὰ ποῖον λόγον ἐγχρωμα ἀντιζέμενα φαίνονται ἔχοντα διάφορον χρῶμα, ὅταν φωτίζονται μὲ ἡλεκτρικὴν λυχνίαν παρέχουσαν κίτρινον φῶς, ἢ λυχνίαν ἀτμῶν ὀδραγγύου ἢ μὲ λευκὸν φῶς.

Ποῖα ἡ διάκρισις μεταξὺ ὀρατοῦ, ὑπερύθρου καὶ ὑπεριώδους φάσματος.

Ποῖα τὰ κυριώτερα εἶδη φασμάτων.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου φασματοσκοπία.

Περιγράψατε σύνθετες φασματοσκοπίων.

Ἐξηγήσατε τὴν γένεσιν τῶν γραμμῶν Fraunhofer εἰς τὸ ἥλιακὸν φάσμα.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ἀντιστροφή τῶν ραβδώσεων καὶ πῶς πραγματοποιεῖται πειραματικῶς αὕτη.

Τί χαλοῦνται φάσματα ἐκπομπῆς καὶ τί ἀπορροφήσεις;

Κατὰ ποῖον τρόπον δυνάμεθα νὰ πιστοποιήσωμεν τὴν παρουσίαν τοῦ στοιχείου νατρίου ἐντὸς οὐσίας τινὸς διὰ τῆς χρήσεως φασματοσκοπίου.

Διὰ ποῖων μονάδων μετροῦμεν συνήθως τὰ μήκη κύματος τῶν φασματικῶν γραμμῶν.

Εἰς ποῖαν περιοχὴν μηχῶν κύματος περιλαμβάνεται τὸ ὁρατὸν φάσμα.

Πῶς γίνεται ἀντιληπτὴ διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἡ ὑπεριώδης περιοχὴ τοῦ φάσματος.

Πῶς πρέπει νὰ διεγερθῇ ἓν ἀέριον ὅπως παρατηρηθῇ τὸ φάσμα αὐτοῦ.

Τί εἶδους φάσματα παρέχουν τὰ διάλυτα στερεά, ὑγρά καὶ ἀέρια σώματα.

Τί εἶδους φάσμα παρέχει τὸ ἥλιακόν φῶς καὶ διατὶ.

Τί εἶδους φάσμα παρέχει φωτοβολῶν ἡλεκτρικὸς λαμπτήρ, βόλταϊζόν τόξον.

Διὰ ποῖον λόγον τὸ ἐρυθρὸν φῶς ἐκτρέπεται ὀλιγότερον τοῦ ἰώδους.

Εἰς ποῖαν περιοχὴν τὸ ὁρατὸν φάσμα εἶναι φωτεινότερον.

Ἀπὸ τί ἀποτελεῖται ὁ κατενθυντὴρ ἐνός φασματογράφου. Σχεδιάσατε τὴν πορείαν τῶν ἀκτίνων ἐντός αὐτοῦ.

Β'. Προβλήματα.

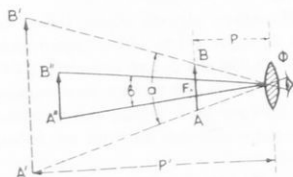
1. Μία ἐκ τῶν πράσινων γραμμῶν τοῦ φάσματος ὕδραργύρου ἔχει μ. κύματος 0,00005461 cm. Νὰ ἐκφρασθῇ τὸ μήκος κύματος εἰς μ, mm καὶ Å. Πόση εἶναι ἡ συχνότης τῆς ἀκτινοβολίας ἣτις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἀναφερθεῖσαν γραμμὴν.
2. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec εἰς τὸν ἀέρα. Πόση θὰ εἶναι ἡ διαφορὰ ταχύτητος ἐντός τῆς πυριτυάλου διὰ τὸ ἐρυθρὸν καὶ τὸ ἰώδες χρῶμα, γνωστοῦ ὄντος ὅτι οἱ δ. διαθλάσεως εἶναι: διὰ τὸ ἐρυθρὸν $n = 1,638$ καὶ διὰ τὸ ἰώδες $n = 1,705$.
3. Ἀκτὶς λευκοῦ φωτός προσπίπτει ἐπὶ πλάκῃ ἐκ πυριτυάλου ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 45° . Γνωστοῦ ὄντος ὅτι οἱ δεικται διαθλάσεως διὰ τὸ ἐρυθρὸν καὶ ἰώδες εἶναι ἀντιστοίχως 1,638 καὶ 1,705, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ ἐρυθραὶ καὶ ἰώδεις ἀκτίνες ἐντός τῆς πυριτυάλου.
4. Ἐπιτεδόκυρτος φακὸς ἐκ πυριτυάλου ἔχει ἀκτὶνα 20 cm. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διαφορά τῶν ἐστιακῶν ἀποστάσεων τοῦ φακοῦ διὰ τὸ ἐρυθρὸν καὶ ἰώδες.
5. Εἰς ὅξυ πρίσμα διαθλαστικῆς γωνίας 12° καὶ ἀποτελούμενον ἐκ στεφανύλου, προσπίπτει δέσμη λευκοῦ φωτός· τὸ φάσμα προβάλλεται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ τοῦ πρίσματος. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς cm τὸ εὖρος τοῦ φάσματος (δ. διαθλάσεως στεφανύλου δι' ἐρυθρὸν $n_e = 1,511$, δι' ἰώδες $n_i = 1,539$).
6. Ἀκτὶς λευκοῦ φωτός προσπίπτει ἐπὶ ὑαλίνῃς πλάκῃς ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 40° . Ἐάν ὁ δείκτης διαθλάσεως διὰ τὴν γραμμὴν F εἶναι $n_F = 1,675$ καὶ διὰ τὴν γραμμὴν C $n_C = 1,638$, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ γωνία μεταξὺ τῶν διαθλωμένων ἀκτίνων C (ἐρυθρᾶς) καὶ F (ἰώδους).
7. Ἐάν ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα εἶναι $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ διαφορά ταχυτήτων διαδόσεως τοῦ φωτός ἐντός τῆς ὑάλου διὰ τὰς γραμμὰς C καὶ F, γνωστοῦ ὄντος ὅτι $n_C = 1,511$ καὶ $n_F = 1,528$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ε΄

ΟΠΤΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ

Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων καταλέγονται: ὁ *μεγεθυντικός φακός* ἢ *ἀπλοῦν μικροσκόπιον*, τὸ *σύνθετον μικροσκόπιον*, τὸ *ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον*, τὸ *γῆινον τηλεσκόπιον*, αἱ *πρισματικαὶ διόπτραι*, ἢ *διόπτρα Γαλιλαίου*, τὸ *περισκόπιον* καὶ ὁ *προβολεὺς*. Γενικῶς δὲ ὅλα τὰ ὄργανα τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦν κάτωπιν, φακοὺς καὶ πρίσματα ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων.

83. Μεγεθυντικός φακός ἢ ἀπλοῦν μικροσκόπιον. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ συγκλίνοντος φακοῦ μικρᾶς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, εἰς τὸν ὅποιον τὸ παρατηρούμενον ἀντικείμενον τίθεται μετὰξὺ κυρίας ἐστίας F καὶ φακοῦ. Τὸ εἶδωλον,



Σχ. 112. Σχηματισμός εἰδώλου μεγεθυντικοῦ φακοῦ.

ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 112, εἶναι φανταστικόν, ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ πραγματικοῦ, παρατηρεῖται δὲ διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ, τιθεμένου πλησιέστατα πρὸς τὸν φακόν, διότι τότε μόνον ὅλαι αἱ ἀκτῖνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τοῦ εἰδώλου εἰσχωροῦν εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Διὰ μετατοπίσεως δὲ τοῦ ἀντικειμένου ἐπιτυγχάνομεν τὴν σαφήνειαν τοῦ εἰδώλου, σχηματιζομένου εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως, τὴν ὁποίαν δεχόμεθα ἴσην πρὸς 25 cm.

Ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ ὁρίζεται ὡς ὁ λόγος τῆς γωνίας ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον διὰ μέσου τοῦ φακοῦ πρὸς τὴν γωνίαν ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, εὐρισκόμενον εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως.

Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος 112 δεικνύεται, διὰ νὰ καθορίσωμεν τὴν μεγέθυνσιν M τοῦ φακοῦ πρέπει νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν γωνίαν α ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ εἶδωλον A'B' τοῦ ἀντικειμένου AB διὰ τοῦ φακοῦ, πρὸς τὴν γωνίαν β ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον AB, διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, εὐρισκόμενον ὁμῶς εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως, ἥτοι:

$$M = \frac{\alpha}{\beta} \quad (1)$$

Ἡ μεγέθυνσις αὕτη καλεῖται *γωνιακὴ μεγέθυνσις*, πρὸς ἀντιδιαστολὴν ἀπὸ τῆς *πλευρικῆς* ἢ *γραμμικῆς μεγεθύνσεως* (βλ. § 28).

Ἡ γωνία ὅμως α , ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ εἶδωλον $A'B'$ εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν p' , εἶναι ἴση πρὸς τὴν γωνίαν ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ ἀντικείμενον AB διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν p . Ἐπειδὴ ὅμως ἡ γωνία α εἶναι πολὺ μικρά, ὥστε νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὴν ἐφαπτομένην τῆς, θὰ ἔχωμεν:

$$\epsilon\varphi \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2} = \frac{l}{2p} \quad (2)$$

ὅπου l τὸ μῆκος τοῦ ἀντικειμένου. Ὁμοίως διὰ τὴν γωνίαν β θὰ ἔχωμεν:

$$\epsilon\varphi \frac{\beta}{2} = \frac{\beta}{2} = \frac{l}{2\Delta} \quad (3)$$

καὶ διὰ διαιρέσεως τῶν (2) καὶ (3) κατὰ μέλη εὐρίσκομεν:

$$M = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\Delta}{p} \quad \Delta = \text{ελάχιστη απόσταση ὀφθαλμοῦ} \quad 25 \text{ cm} \quad (4)$$

Ἐφ' ὅσον ὅμως ἡ ἀπόστασις p τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τοῦ φακοῦ εἶναι περίπου ἴση πρὸς τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν f , τὸ εἶδωλον αὐτοῦ, τότε, θὰ σχηματίζεται εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν, αἱ δὲ ἀκτῖνες αἱ εἰσχωροῦσαι εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ἀπὸ ἕκαστον σημείου τοῦ ἀντικειμένου θὰ εἶναι παράλληλοι. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ὁ ὀφθαλμὸς καταβάλλει ἐλαχίστην προσπάθειαν προσαρμογῆς, ἡ δὲ μεγέθυνσις παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$M = \frac{\Delta}{f} \quad (5)$$

Ἐὰν ὅμως τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται ὀλίγον πρὸ τῆς κυρίας ἑστίας, ἦτοι πλησίον στερον πρὸς τὸν φακόν, ὁπότε $p < f$, εἰς τρόπον ὥστε τὸ εἶδωλον νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως, τότε διὰ τὴν μεγέθυνσιν δὲν ἰσχύει ὁ τύπος (5).

Ἐκ τοῦ τύπου τῶν συγκλινόντων φακῶν διὰ φανταστικὸν εἶδωλον λαμβάνομεν:

$$\frac{1}{p} - \frac{1}{\Delta} = \frac{1}{f} \quad \text{καὶ} \quad \frac{\Delta}{p} = \Delta \left[\frac{1}{\Delta} + \frac{1}{f} \right]$$

καὶ ἐκ τῆς (4)

$$M = \frac{\Delta}{p} = 1 + \frac{\Delta}{f} \quad (6)$$

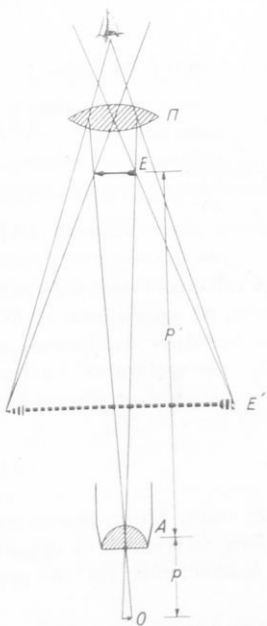
ἡ μεγέθυνσις αὕτη εἶναι ὀλίγον μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν παρεχομένην ὑπὸ τοῦ τύπου (5).

Εἰς τὰς ἀνωτέρω περιπτώσεις ὑποτίθεται ὅτι ὁ ὀφθαλμὸς εὐρίσκεται πολὺ πλησίον πρὸς τὸν φακόν. Ἐὰν ὅμως ὁ ὀφθαλμὸς δὲν εὐρίσκεται πλησίον πρὸς τὸν φακόν, ὥς τοῦτο συμβαίνει κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν αὐτοῦ ὡς μεγεθυντικοῦ φακοῦ ἢ φακοῦ ἀναγνώσεως, τότε ὁ ὑπολογισμὸς τῆς μεγεθύνσεως καθίσταται πολὺ πλοκαῖος. Δεικνύεται δὲ ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἐπιτυγχάνομεν τὴν καλυτέραν μεγέθυνσιν, ὅταν ὁ φακὸς τοποθετεῖται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ ὀφθαλμοῦ καὶ ἐντύπου.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόση ἡ μεγέθυνσις ἡ προκαλουμένη ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ ἐστιακῆς ἀποστάσεως 2,5 cm.

Ἐκ τοῦ τύπου τῆς μεγέθυνσεως $M = 1 + \Delta/f$ εὐρίσκομεν, θέτοντες $\Delta = 25$ cm καὶ $f = 2,5$ cm, ὅτι $M = 1 + 25/2,5 = 11$.

Ἡ ὡς ἄνω μεγέθυνσις ἰσχύει ὅταν τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως. Ἐάν ὁμως τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὸ ἄπειρον, τότε ἰσχύει ὁ τύπος: $M = \Delta/f = 25/2,5 = 10$, ἥτοι ἡ μεγίστη μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ πραγματοποιεῖται ὅταν τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως.



Σχ. 113. Διαγράμμα συνθέτου μικροσκοπίου.

84. Σύνθετον μικροσκόπιον. Διὰ μεγάλας μεγεθύνσεις χρησιμοποιούμεν τὸ σύνθετον μικροσκόπιον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐξ ἑνὸς λίαν συγκλίνοντος φακοῦ Α, ὁ ὁποῖος καλεῖται **ἀντικειμενικός** (ἢ ἀντοφθάλμιος), καὶ ἑτέρου συγκλίνοντος φακοῦ Β, εὐρίσκομένου εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πρώτου, ὁ ὁποῖος καλεῖται **προσοφθάλμιος** (σχ. 113).

Τὸ πρὸς μεγέθυνσιν ἀντικείμενον Ο τοποθετεῖται πρὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ Α εἰς τρόπον ὥστε ὁ φακὸς οὗτος νὰ σχηματίζῃ πραγματικὸν καὶ λίαν μεγεθυμένον εἶδωλον Ε, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ καὶ τῆς κυρίας αὐτοῦ ἐστίας. Τὸ πραγματικὸν τοῦτο εἶδωλον Ε παρατηροῦμεν διὰ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ Β, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ ὡς μεγεθυντικὸς φακὸς καὶ παρέχει τὸ τελικὸν φανταστικὸν εἶδωλον Ε', τὸ ὁποῖον ἔχει μεγάλως μεγεθυνθῇ.

85. Μεγέθυνσις μικροσκοπίου. Ἡ μεγέθυνσις $M_{ολ}$ ἡ προκαλουμένη ὑπὸ τοῦ συνδυασμοῦ τῶν δύο φακῶν, τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ τοῦ προσοφθαλμίου, παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$M_{ολ} = M_a \cdot M_p$$

ὅπου M_a παριστᾷ τὴν πλευρικὴν μεγέθυνσιν τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ καὶ M_p τὴν γωνιακὴν μεγέθυνσιν τοῦ προσοφθαλμίου. Εἶναι ὁμως:

$$M_a = \frac{p'}{p} = \frac{p'}{f_a}$$

διότι ἡ ἀπόστασις p ἐλάχιστα διαφέρει ἀπὸ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν f_a τοῦ ἀντικειμενικοῦ, δεδομένου ὅτι τὸ πρὸς παρατήρησιν ἀντικείμενον τίθεται πολὺ πλησίον πρὸς τὴν ἐστίαν τοῦ φακοῦ τούτου.

Ἐξ ἄλλου, $M_{\pi} = 1 + \frac{25}{f_{\pi}}$ ἢ κατὰ προσέγγισιν $M_{\pi} = \frac{25}{f_{\pi}}$. Ἐπομένως:

$$M_{ολ} = \frac{p'}{f_a} \cdot \frac{25}{f_{\pi}}.$$

Συνήθως, ἡ ἀπόστασις p' ἐλάχιστα διαφέρει ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν l τῶν δύο φακῶν τοῦ μικροσκοπίου, ὅτε δυνάμεθα νὰ γράψωμεν:

$$M_{ολ} = \frac{25 \cdot l}{f_a \cdot f_{\pi}}.$$

Οἱ κατασκευασταὶ τῶν μικροσκοπίων παρέχουν τὰς μεγεθύνσεις M_a καὶ M_{π} εἰς τρόπον ὥστε νὰ δυνάμεθα, ἐκ τῶν μεγεθύνσεων τῶν χρησιμοποιουμένων ἐκάστοτε φακῶν, νὰ καθορίζωμεν τὴν συνολικὴν μεγέθυνσιν τοῦ μικροσκοπίου.

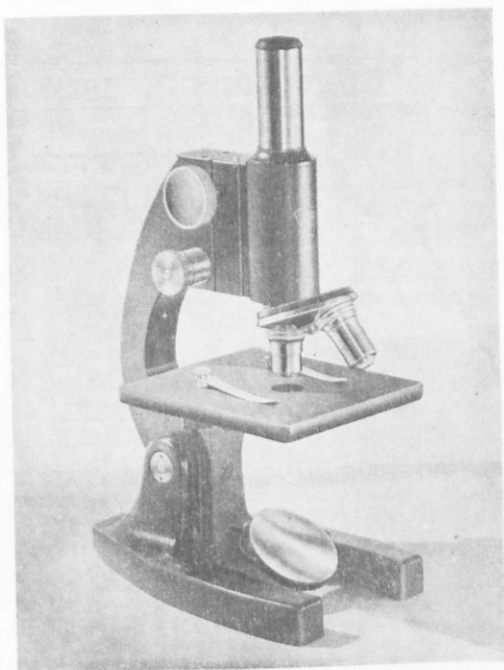
Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ μικροσκοπίου εἶναι 0,5 cm, ἡ δὲ ἀπόστασις μεταξὺ ἀντικειμενικοῦ καὶ προσοφθαλμίου ἰσοῦται πρὸς 20 cm, ἐνῶ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ προσοφθαλμίου εἶναι 1 cm. Πόση ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

Ἐκ τοῦ τύπου:

$$M_{ολ} = \frac{25 \cdot l}{f_a \cdot f_{\pi}}, \quad \text{θέτοντες}$$

$l = 20 \text{ cm}, \quad f_a = 0,5 \text{ cm} \quad \text{καὶ}$
 $f_{\pi} = 1 \text{ cm}, \quad \text{εὐρίσκωμεν:}$

$$M_{ολ} = \frac{25 \cdot 20}{0,5 \cdot 1} = 1000$$



Σχ. 114. Φωτογραφία συνθέντου μικροσκοπίου.

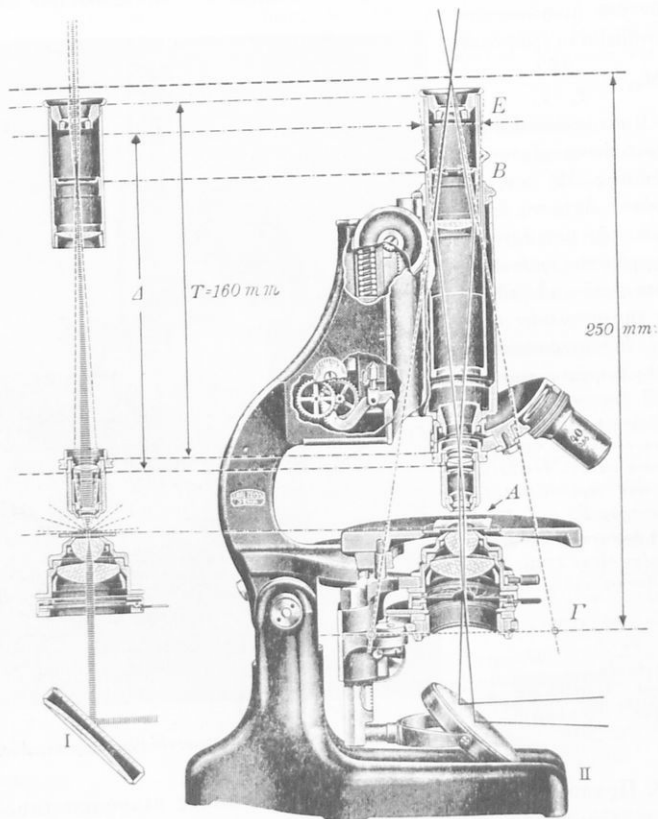
86. Προσοφθάλμιος καὶ ἀντικειμενικὸς φακὸς μικροσκοπίου. Τόσον ὁ προσοφθάλμιος ὅσον καὶ ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς συνθέντου μικροσκοπίου δὲν εἶναι ἀπλοὶ φακοί, ἀλλὰ τοῦναντίον ἀποτελοῦν συστήματα δύο ἢ καὶ περισσοτέρων φακῶν, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἡ ἄρσις τῶν διαφόρων ἐλαττωμάτων τῶν φακῶν, ἀφ' ἑτέρου δὲ ἡ συγκέντρωσις φωτός, οὕτως ὥστε νὰ εἶναι εὐκρινῶς ὁρατὸν τὸ παρατηρούμενον μικροσκοπικὸν ἀντικείμενον.

87. Φαινόμενον μέγεθος ἀντικειμένου. Γωνία δράσεως. Καλοῦμεν *φαινόμενον μέγεθος* ἢ *φαινομένην διάμετρον* ἀντικείμενον, εὐρισκομένον εἰς ὁρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, τὴν γωνίαν $\theta = \angle AOB$ (σχ. 116) ἢ ὁποία σχηματίζεται ἐπὶ τῶν ἀκτίνων OA καὶ OB ,

τῶν ἀγομένων ἐκ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ ὀφθαλμοῦ πρὸς τὰ ἄκρα A καὶ B τοῦ ἀντικειμένου.
Ἡ γωνία αὕτη καλεῖται καὶ **γωνία ὁράσεως**.

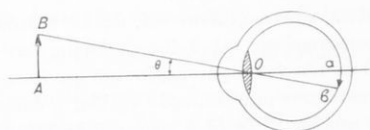
Ἐκ τοῦ σχήματος προκύπτει εὐκόλως ὅτι $\epsilon\phi \theta = AB/OA$ ἢ, ἐπειδὴ ἡ γωνία αὕτη εἶναι πολὺ μικρά, εἶναι $\theta = AB/OA$, ὅπου ἡ γωνία θ ἐκφράζεται εἰς ἀκτίνια.

Ἐκ τοῦ ἀνωτέρου τύπου, προκύπτει ὅτι ἡ γωνία ὁράσεως θ καὶ ἐπομένως τὸ φαινόμε-

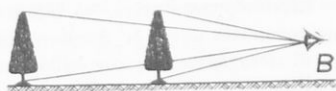


Σχ. 115. Συγκρότησις συνθέτου μικροσκοπίου. Εἰς τὸ σχῆμα I δεῖνται ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἐνὸς σημείου τοῦ ἀντικειμένου, γεμμένου κατὰ τὸν ἄξονα. Εἰς τὸ σχῆμα II δεῖνται ἡ πορεία τῶν ἀκτίνων δι' ὅλην τὴν ἔκτασιν τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου. A ἀντιζεῖμενον, E ἐπίπεδον εἰς τὸ ὁποῖον σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ὑπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φατοῦ, Γ ἐπίπεδον προβολῆς τοῦ εἰδώλου τοῦ ἀντικειμένου διὰ τοῦ μικροσκοπίου εἰς τὴν ἀπόστασιν τῆς εὐκρινούς ὁράσεως, 250 mm. B θέσις τοῦ ἐνδιαμέσου πραγματικοῦ εἰδώλου ἐντὸς τῆς προσοφθαλμίου σχισμῆς. Δ παριστᾷ τὸ ὀπτικὸν μῆκος αὐτοῦ.

νον μέγεθος ἀντικειμένου διὰ τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν αὐξάνεται ἀναλόγως πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου. Ἐνῶ διὰ τὸ αὐτὸ ἀντικείμενον τὸ φαινόμενον μέγεθος αὐξάνεται ἀντιστρόφως ἀναλόγως τῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ. Οὕτω εἰς τὸ σχῆμα 117 τὸ δένδρον φαίνεται



Σχ. 116. Φαινόμενον μέγεθος ἀντικειμένου.



Σχ. 117. Ἡ γωνία ὁράσεως τοῦ δένδρου εἶναι μεγαλύτερα ὅταν τοῦτο εὐρίσκεται πλησιέστερον πρὸς τὸν ὀφθαλμόν Β.

μεγαλύτερον ὅταν εὐρίσκεται πλησιέστερον πρὸς τὸν ὀφθαλμόν, διότι τότε ἡ γωνία ὁράσεως εἶναι μεγαλύτερα. Ἐπειδὴ δὲ ὁ ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς μικροτέραν ἀπόστασιν τῶν 25 cm, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν ἐλάχιστην ἀπόστασιν τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως, τὸ φαινόμενον μέγεθος ἀντικειμένου ἔχει τὴν μεγίστην τιμὴν, ὅταν τοῦτο εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ.

88. Τηλεσκόπια. Τὰ ὄργανα ταῦτα χρησιμεύουν διὰ τὴν παρατήρησιν τῶν μεμακρυσμένων ἐν γένει ἀντικειμένων, κυρίως δὲ ὁ ὅρος **τηλεσκόπιον** χρησιμοποιεῖται προκειμένου περὶ ὀργάνων προοριζομένων διὰ τὴν παρατήρησιν οὐρανίων σωμάτων· ταῦτα καλοῦνται πολλάκις καὶ **ἀστρονομικὰ τηλεσκόπια**, καὶ διαιροῦνται εἰς **διαθλαστικὰ** καὶ **ἀνακλαστικά**.



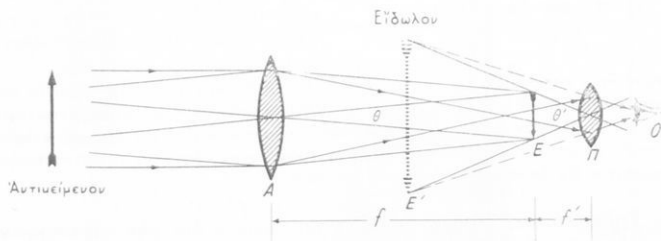
Εἰς τὰς ἄλλας περιπτώσεις χρησιμοποιήσεως τοῦ τηλεσκοπίου χαρακτηρίζεται τοῦτο κατ' ἄλλον τρόπον ὡς π.χ. **διόπτρα**, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται εἰς ὄργανα φυσικῆς (γωνιόμετρα, φασματοσκόπια), **διόπτρα ἐπιγείων**, **διόπτρα Γαλιλαίου** ἢ **θεάτρων**, **πρισματική διόπτρα** κ.λ.π.

Σχ. 118. Ὁ Γαλιλαῖος παρατηρῶν μὲ τὸ τηλεσκόπιον.

89. Ἀστρονομικὸν διαθλαστικὸν τηλεσκόπιον. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ τηλεσκοπικοῦ σωλήνος, εἰς τὸ ἐν ἄκρον τοῦ ὁποίου τοποθετεῖται ὁ ἀντικειμενικὸς φακός, ὁ ὁποῖος εἶναι συγκλίνων φακός μεγάλης διαμέτρου καὶ μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως, ἐνῶ εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ τοποθετεῖται ὁ προσοφθαλμικὸς φακός, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ εἶναι εἴτε ἀπλοῦς συγκλίνων φακός ἢ σύστημα φακῶν. Τὸ μήκος τοῦ σωλήνος ἐκλέγεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον Ε τοῦ μεμακρυσμένου ἀντικειμένου (τοῦ εἰκονιζομένου ὑπὸ τοῦ βέλους), τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ ἀντικειμενικὸς φακός Α νὰ σχηματίζεται μεταξὺ τοῦ προσοφθαλμοῦ φακοῦ Β καὶ τῆς κυρίας ἐστίας αὐτοῦ. Οὕτω

ὁ προσοφθάλμιος χρησιμεύει ὡς μεγεθυντικός φακὸς παρατηρήσεως τοῦ πραγματικοῦ εἰδώλου τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ ἀντικειμενικός φακός, τὸ δὲ τελικῶς παρατηρούμενον εἶδωλον εἶναι τὸ φανταστικὸν εἶδωλον Ε' (σχ. 119).

Εἰς τὸ ὄργανον τοῦτο, τὸ εἶδωλον εἶναι ἀνεστραμμένον καί, ὡς ἐκ τούτου, χρησιμοποιεῖται μόνον δι' ἀστερονομικὰς παρατηρήσεις. Αἱ διάφοροι δέσμαι ἀκτίνων, αἱ εἰσερχόμεναι εἰς τὸν ὀφθαλμὸν Ο ἐκ τῶν διαφόρων μερῶν τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου, συγκεντρροῦνται ὅλα καὶ σχηματίζουν μίαν λαμπρὰν κηλῖδα, ἡ ὁποία καλεῖται *κόρη ἐξόδου* ἢ *προσοφθάλμιος κύκλος*. Ἐὰν δὲ ἡ κόρη τοῦ ὀφθαλμοῦ



Σχ. 119. Πορεία τῶν ἀκτίνων δι' ἀστερονομικοῦ τηλεσκοπίου.

τοῦ παρατηρητοῦ τοποθετηθῇ εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο, τότε οὗτος βλέπει ταυτοχρόνως ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου καὶ τὸ πεδίον ὁράσεως εἶναι εὐρύ, περιοριζόμενον μόνον ὑπὸ τοῦ μεγέθους τοῦ ἀντοφθαλμοῦ φακοῦ.

Ὅταν τὸ ἀντικείμενον, παρατηρούμενον διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ, ἔχῃ αἰσθητὴν φαινομένην διάμετρον, ὡς π. χ. ὁ ἥλιος, ἡ Σελήνη, οἱ πλανῆται, τὸ τηλεσκόπιον προκαλεῖ μεγέθυνσιν τοῦ ἀντικειμένου, δηλαδὴ ἡ φαινομένη διάμετρος αὐτοῦ μεγεθύνεται καὶ οὕτω δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν λεπτομερείας τοῦ σώματος τὰς ὁποίας δὲν δυνάμεθα νὰ ἴδωμεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Ὅταν ὅμως ἡ φαινομένη διάμετρος τοῦ παρατηρουμένου διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ ἀντικειμένου εἶναι ἐξόχως μικρά, ὡς π. χ. προκειμένου περὶ ἀπλανῶν ἀστέρων, τὸ τηλεσκόπιον δὲν προκαλεῖ μεγέθυνσιν, ἤτοι τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον σχηματίζεται μέσῳ τοῦ τηλεσκοπίου ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ φωτεινὸν σημεῖον, ἀλλ' ὁ ὀφθαλμὸς δέχεται πολὺ περισσότερον φῶς, καὶ διὰ τὸν λόγον τοῦτον δυνάμεθα διὰ τοῦ τηλεσκοπίου νὰ παρατηρήσωμεν ἀπλανεῖς, οἱ ὁποῖοι δὲν εἶναι ὁρατοὶ διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου τὰ οὐράνια σώματα (ἐξαιρέσει τοῦ ἥλιου καὶ τῆς Σελήνης) ἐκπέμπουν ἀμυδρὸν φῶς, ὁ ἀντικειμενικός φακὸς πρέπει νὰ ἔχῃ μεγάλην διάμετρον, διὰ νὰ συλλέγῃ ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον ἐκ τοῦ ἐκπεμπομένου ὑπὸ τοῦ σώματος φωτός.

90. Μεγέθυνσις τηλεσκοπίου. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ τηλεσκοπίου ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῆς γωνίας θ' ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τὸ εἶδωλον διὰ τοῦ τηλεσκοπίου πρὸς τὴν γωνίαν θ ὑπὸ τὴν ὁποίαν βλέπομεν τοῦτο διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ. Ἐὰν δὲ δεχθῶμεν ὅτι κατὰ μεγάλην προσέγγισιν ἡ κυρία

ἔστια τοῦ ἀντικειμενικοῦ συμπίπτει πρὸς τὴν κυρίαν ἔστιαν τοῦ προσοφθαλμοῦ, καὶ καλέσωμεν διὰ l τὸ μῆκος τοῦ σωλήνος τοῦ τηλεσκοπίου, τότε θὰ ἔχωμεν : $l=f+f'$, ἥτοι **τὸ μῆκος τοῦ τηλεσκοπικοῦ σωλήνος ἰσοῦται περίπου πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἑστιακῶν ἀποστάσεων f τοῦ ἀντικειμενικοῦ καὶ f' τοῦ προσοφθαλμοῦ.**

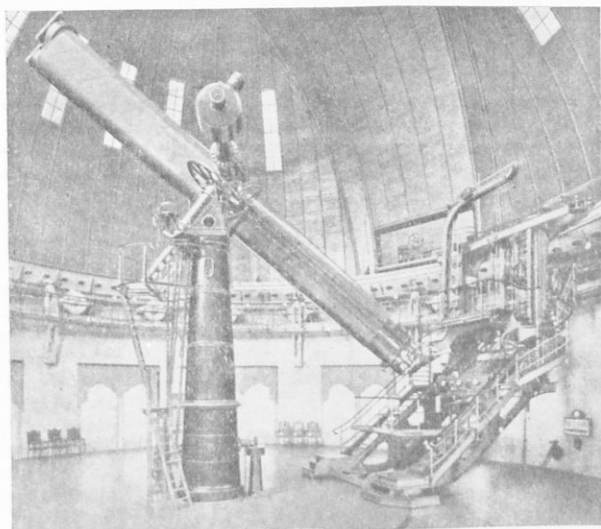
Ἐπὶ τῇ βιάσει τῶν ἀνωτέρω ἔχομεν : $\epsilon\phi \vartheta' = \frac{E}{f'}$ καὶ $\epsilon\phi \vartheta = \frac{E}{f}$.

Ἐπειδὴ δὲ αἱ γωνίαι ϑ καὶ ϑ' εἶναι μικραί, δυνάμεθα νὰ γράψωμεν, ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος, $\vartheta' = E/f'$ καὶ $\vartheta = E/f$, καὶ ἐπομένως διὰ τὴν μεγέθυνσιν τοῦ τηλεσκοπίου θὰ ἔχωμεν :

$$M = \frac{\vartheta'}{\vartheta} = \frac{f}{f'}$$

ἥτοι, ἡ **μεγέθυνσις τοῦ τηλεσκοπίου καθορίζεται ἐκ τοῦ πηλίκου τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμενικοῦ, διὰ τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ προσοφθαλμοῦ.**

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν μεγάλην μεγέθυνσιν, πρέπει



Σχ. 120. Γενική ὄψις τοῦ ἀστρονομικοῦ τηλεσκοπίου τοῦ Potsdam
μὲ ἀντικειμενικὸν φακὸν διαμέτρου 80 cm.

ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ νὰ εἶναι ὅσον τὸ δυνατόν μεγαλυτέρα καὶ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ προσοφθαλμοῦ, ὅσον τὸ δυνατόν μικροτέρα. Ἐπειδὴ δέ, ὡς

εἶδομεν, τὸ μῆκος τοῦ σωλῆνος τοῦ τηλεσκοπίου ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἑστιακῶν ἀποστάσεων τῶν δύο φακῶν αὐτοῦ, ἐξηγεῖται ὁ λόγος διὰ τὸν ὅποιον τὰ τηλεσκόπια μεγάλης μεγεθύνσεως ἔχουν τηλεσκοπικὸν σωλῆνα μεγάλου μήκους.

Τὸ μεγαλύτερον διαθλαστικὸν τηλεσκόπιον τὸ ὅποιον ὑπάρχει σήμερον εἶναι τὸ τοῦ ἀστεροσκοπείου Yerkes εἰς Arizona τῆς Ἀμερικῆς, τοῦ ὁποῦν ὁ ἀντικειμενικὸς ἔχει διάμετρον 100 cm καὶ ἑστιακὴν ἀπόστασιν 18,9 cm. Τὸ σχῆμα 120 παριστᾷ ἐν ἑκ τῶν μεγαλυτέρων ἀστρονομικῶν τηλεσκοπίων.

Ὁ ὥς ἄνω τύπος μεγεθύνσεως ἰσχύει μόνον ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, ἤτοι ἀνωτέραν κατὰ 15 ἕως 20 φορές ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν μεταξὺ ἀντικειμενικοῦ καὶ προσοφθαλμοῦ.

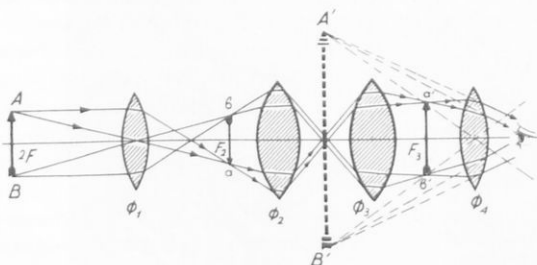
Προκειμένου περὶ διοπτρῶν, ὡς π. χ. διοπτρῶν ἀναγνώσεως κλιμάκων εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν ὀλίγων μέτρων ἀπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ, τότε ἡ μεγέθυνσις τῆς διόπτρας ὀρίζεται ὡς τὸ γινόμενον τῆς πλευρικῆς μεγεθύνσεως τοῦ ἀντικειμενικοῦ ἐπὶ τὴν γωνιακὴν μεγέθυνσιν τοῦ προσοφθαλμοῦ.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι $F = 150$ cm ἡ δὲ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ προσοφθαλμοῦ $f = 2$ cm. Νὰ καθορισθῇ ἡ μεγέθυνσις τοῦ τηλεσκοπίου.

Ἐφαρμόζοντες τὸν τύπον τῆς μεγεθύνσεως τηλεσκοπίου εὐρίσκομεν:

$$M = \frac{F}{f} = \frac{150}{2} = 75$$

91. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων. Ἡ διόπτρα τῶν ἐπιγείων ἀποτελεῖται ἐκ τεσσάρων φακῶν ἐκ τῶν ὁποίων οἱ δύο μεσαῖοι Φ_2 καὶ Φ_3 χρησιμεύουν διὰ τὴν ἀνορθωσιν τοῦ εἰδῶλου, τὸ ὅποιον παρέχει



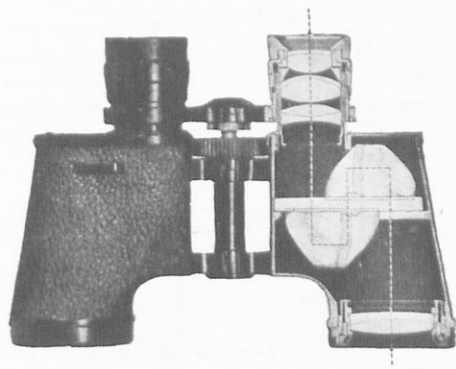
Σχ. 121. Διόπτρα τῶν ἐπιγείων, διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται ἀνορθωσις τοῦ ἀνεστρωμένου εἰδῶλου, τὸ ὅποιον παρέχει ἀστρονομικὴ διόπτρα.

ὁποῖον εἶναι ὀρθόν. Πράγματι, εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, αἱ ἐκ τοῦ α προερχόμεναι καὶ ἐπὶ τοῦ φακοῦ Φ_2 προσπίπτουσιν ἀκτῖνες, ἐξέρχονται ἐκ τοῦ φακοῦ τούτου ὡς παράλληλοι ἀκτῖνες, καὶ προσπίπτουσιν ἀκολουθῶς ἐπὶ τοῦ φακοῦ Φ_3 ἐξέρχονται ἐξ αὐτοῦ καὶ συγκεντρώνονται εἰς τὸ σημεῖον α' τοῦ ἑστιακοῦ τοῦ ἐπιπέδου. Αἱ ἐκ τοῦ β προερχόμεναι ἀκτῖνες τέμνονται διὰ τὸν αὐτὸν λόγον εἰς τὸ σημεῖον β' τοῦ ἑστιακοῦ ἐπιπέδου τοῦ φακοῦ Φ_3 καὶ οὕτω εἰς ἀπόστασιν F_3 ἀπὸ τοῦ φακοῦ Φ_3 σχηματίζεται τὸ ἀνορθωμένον πραγματικὸν εἶδῶλον α'β'. Ὅταν παρατηροῦμεν τὸ εἶδῶλον διὰ τοῦ προσοφθαλμοῦ, λειτουργ

ἔχῃ τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὸ εἶδῶλον αβ τοῦ ἀντικειμένου AB τὸ ὁποῖον παρέχει ὁ ἀντικειμενικὸς νὰ σχηματίζεται εἰς τὴν κυρίαν ἑστίαν αὐτοῦ F_2 , τότε, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, εἰς τὴν ἑστίαν F_3 τοῦ φακοῦ Φ_3 σχηματίζεται τὸ εἶδῶλον α'β' τὸ

γούντος ὡς μεγεθυντικοῦ φακοῦ, βλέπομεν τὸ τελικὸν φανταστικὸν εἶδωλον $A'B'$, τὸ ὁποῖον εἶναι ὀρθὸν καὶ μεγαλύτερον τοῦ ἀντικειμένου AB .

Θὰ ἠδυνάμεθα νὰ πραγματοποιήσωμεν διόπτραν τῶν ἐπιγείων διὰ τῆς χρησιμοποίησεως ἑνὸς μόνον ἐνδιαμέσου συγκλίνοντος φακοῦ, ὃ ὁποῖος νὰ τοποθετῆται εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ab ἴσην πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμενικοῦ, ὁπότε εἰς ἴσην ἀπόστασιν ἐκ τοῦ φακοῦ ἀπὸ τοῦ ἑτέρου μέρους θὰ ἐσχηματίζετο εἶδωλον $a'b'$ τοῦ ἀντικειμένου ab , ἰσομέγεθες, πραγματικὸν καὶ ἀνορθωμένον, ἀλλὰ ὃ συνδιασμός οὗτος δὲν χρησιμοποιεῖται διότι αὐξάνει τὸ μῆκος τοῦ σωλήνος τῆς διόπτρας.

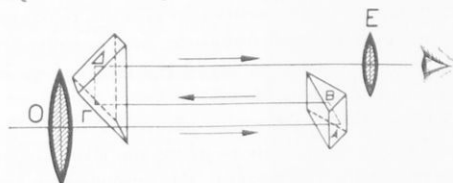


Σχ. 122. Γενικὴ ὄψις πρισματικῆς διόπτρας.

Ἡ διόπτρα τῶν ἐπιγείων δὲν χρησιμοποιεῖται σήμερον, διότι παρέχει εἶδωλα ἀμυδρά, καθότι τὰ παρατηρούμενα ἀντικείμενα ἐκπέμπουν ἀμυδρὸν φῶς, οἱ δὲ χρησιμοποιούμενοι φακοὶ προκαλοῦν

σημαντικὴν διασποράν τοῦ φωτός. Ὡς ἐκ τούτου, ἡ διόπτρα τῶν ἐπιγείων ἀντικατεστάθη ὑπὸ τῆς διόπτρας Γαλιλαίου.

92. Πρισματικὴ διόπτρα. Ἡ διόπτρα τῶν ἐπιγείων, διὰ τῆς χρησιμοποίησεως πρισμάτων δύναται νὰ τροποποιηθῇ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ ἐπιτρέπη μεγάλῃν μεγέθυνσιν, οἰκονομίαν χώρου καὶ εὐρύτητα ὀπτικοῦ πεδίου. Τοιαῦτα διόπτραι εἶναι αἱ στρατιωτικαὶ (σχ. 122). Εἰς τὴν διόπτραν τοῦ τύπου τούτου ἡ δέσμη



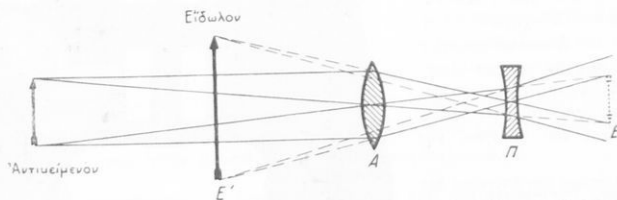
Σχ. 123. Διάταξις διόπτρας μετὰ δύο πρισμάτων προκαλούντων ἀνόρθωσιν τοῦ εἰδώλου.

τοῦ φωτός εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ἀντικειμενικὸν καὶ προσπίπτει ἐπὶ ὑαλίνων πρισμάτων καί, μετὰ δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις εἰς A καὶ B (σχ. 123), ἀλλάσσει τὴν πορείαν αὐτῆς καὶ ὁδεύει κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν, ὅτε προσπίπτει ἐπὶ δευτέρου ὀρθογωνίου πρίσματος, διατεταγμένου κατ' ὀρθ-

θὴν γωνίαν ἐν σχέσει πρὸς τὸ πρῶτον, ὅτε πάλιν, διὰ δύο διαδοχικῶν ἀνακλάσεων εἰς Γ καὶ Δ , ἀλλάσσει ἐκ νέου πορείαν καὶ τέλος εἰσχωρεῖ εἰς τὸν προσοφθάλμιον καὶ ἀκολουθῶς εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Αἱ ἀνακλάσεις ἐπὶ τῶν δύο πρισμάτων ἐπιφέρουν τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ εἰδώλου καὶ οὗτ' ἀπαιτεῖται ἢ χρησιμοποίησις ἀνορθωτικοῦ φακοῦ, ὡς εἰς τὴν προηγουμένως περιγραφείσαν περίπτωσιν, διότι τὸ ἐν πρίσμα ἐναλλάσσει τὰς δύο πλευρὰς τοῦ εἰδώλου, ἐνφ' ὃ ἄλλο προκαλεῖ τὴν ἀνόρθωσιν αὐτοῦ καὶ ἐπαναφέρει αὐτὸ τελικῶς εἰς τὴν φυσικὴν του θέσιν. Ἐξ ἄλλου,

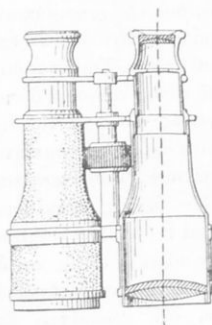
λόγῳ τῆς μειώσεως τῆς διαδρομῆς τῶν ἀκτίνων ἀπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ μέχρι τοῦ προσοφθαλμίου, ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ δύναται νὰ ἐκλεγῇ τρεῖς φορὰς μεγαλυτέρα ἢ εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, τοῦτο δὲ συντελεῖ εἰς τὴν αὐξήσιν τῆς μεγεθύνσεως.

93. Διόπτρα Γαλιλαίου. Εἰς τὴν διόπτραν τοῦ Γαλιλαίου, ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς Α εἶναι συγκλίνων ὥς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀστρονομικῆς διόπτρας, ἀλλ' ὥς προσοφθάλμιος χρησιμοποιεῖται ἀποκλίνων φακὸς Β. Ὁ φακὸς οὗτος τοποθε-



Σχ. 124. Διάγραμμα τῆς πορείας τῶν ἀκτίνων εἰς διόπτραν Γαλιλαίου.

τεῖται εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε αἱ ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ νὰ συναντοῦν αὐτὸν πρὶν σχηματίσουν τὸ πραγματικὸν εἶδωλον εἰς Ε τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 124). Ἐάν δὲ ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ καὶ τοῦ εἰδώλου Ε εἶναι ὀλίγον μεγαλυτέρα τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως ἢ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ, τότε αἱ ἀκτίνες, αἱ ὁποῖαι πλησιάζουν



Σχ. 125. Γενικὴ ὄψις διόπτρας Γαλιλαίου.

τὰ ἄκρα τοῦ εἰδώλου Ε, ἐκτρέπονται ὑπὸ τοῦ προσοφθαλμίου φακοῦ καὶ ἀποκλίνουν κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥς ἐάν προήρχοντο ἀπὸ τὸ φανταστικὸν εἶδωλον. Οὕτω σχηματίζεται μεγεθυσμένον φανταστικὸν εἶδωλον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παρατηρήσῃ ὁ ὀφθαλμὸς, ὅταν τοποθετηθῇ εἰς θέσιν τοιαύτην, ὥστε νὰ δεχθῇ τὴν ἐξερχομένην ἐκ τοῦ ἀποκλίνοντος φακοῦ δέσμη.

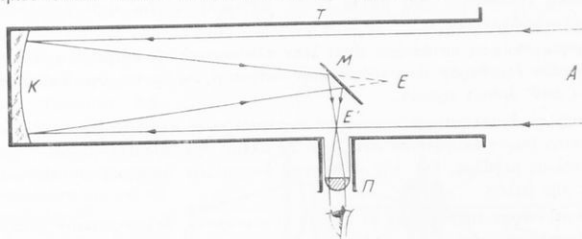
Ὁ τύπος οὗτος τηλεσκοπίου πλεονεκτεῖ τῶν ἄλλων διοπτρῶν τηλεσκοπίων, διότι τὸ μῆκος του εἶναι μικρὸν καὶ παρέχει εἶδωλα ἀνορθωμένα. Ἐάν συνδυάσωμεν δύο τοιαύτας διόπτρας εἰς ζεύγος πραγματοποιοῦμεν τὴν **διόπτραν θεάτρου** (σχ. 125).

Ἡ διόπτρα Γαλιλαίου παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα ὅτι ἡ μεγέθυνσις αὐτῆς εἶναι μικρὰ καὶ τὸ ὀπτικὸν πεδίου της μικρὸν, ὥς ἐκ τούτου δὲ χρησιμοποιεῖται ὥς ἐπὶ τὸ πολὺ μόνον ὡς διόπτρα θεάτρου.

Εἰς τὴν διόπτραν Γαλιλαίου ἡ μεγέθυνσις ἰσοῦται, ὥς καὶ εἰς τὸ τηλεσκόπιον, μὲ τὸν λόγον τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ ἀντικειμενικοῦ πρὸς τὴν ἑστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ προσοφθαλμίου, ἐνῶ τὸ μῆκος αὐτῆς ἰσοῦται πρὸς τὴν διαφορὰν τῶν δύο ἑστιακῶν ἀποστάσεων. Ἐάν τέλος ἡ διόπτρα κατασκευάζεται εἰς τρόπον ὥστε νὰ

πραγματοποιῇ μεγέθυνσιν ἴσην πρὸς 3, ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο φακῶν ἰσοῦται πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως τοῦ προσοφθαλμοῦ.

Τὸ τηλεσκόπιον τοῦτο κατασκευάσθη τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ Γαλιλαίου. Διὰ



Σχ. 126. Πορεία τῶν ἀκτίνων εἰς κατοπτρικὸν τηλεσκόπιον (Νεύτωνος).

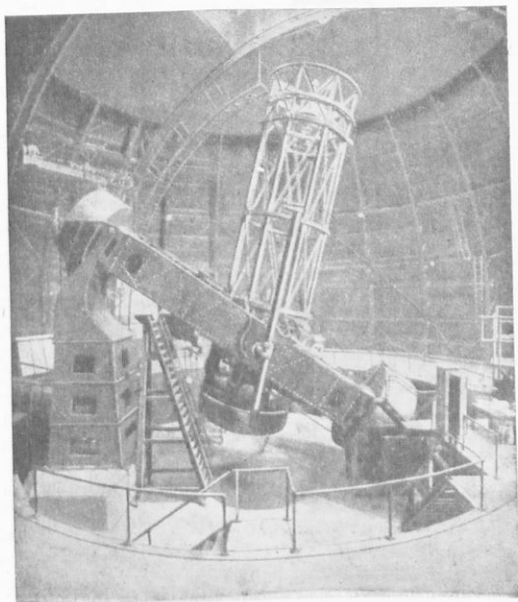
τοιούτου δὲ τηλεσκοπίου, τοῦ ὁποῦν ἡ μεγέθυνσις ἦτο 30, ὁ Γαλιλαῖος ἐπετέλεσε σπουδαιότητας ἀστρονομικὰς ἀνακαλύψεις, μεταξὺ τῶν ὁποίων σπουδαιότεραι εἶναι ἡ ἀνακάλυψις τῶν δορυφόρων τοῦ Διὸς, τῶν φάσεων τῆς Ἀφροδίτης καὶ τῶν ὁρέων τῆς Σελήνης.

94. Ἀστρονομικὸν ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον.

Τὰ τηλεσκόπια ταῦτα ἀντεκατέστησαν σήμερον τὰ διαθλαστικὰ τηλεσκόπια, διότι ἡ κατασκευὴ φακῶν διαμέτρου ἀνωτέρας τῶν 100 cm προσκρούει εἰς ἀνυπερβλήτους τεχνικὰς δυσχερείας, οὕτω δὲ πρὸς ἐπιτυχίαν τηλεσκοπίων μεγαλυτέρας μεγεθύνσεως τῶν διαθλαστικῶν εἰσῆχθησαν τὰ ἀνακλαστικὰ τηλεσκόπια.

Εἰς τὰ τηλεσκόπια ταῦτα, ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς ἀντικαθίσταται ὑπὸ κοίλου σφαιρικοῦ ἢ παραβολικοῦ κατόπτρου K μεγάλης ἐστιακῆς ἀποστάσεως. Ἡ διάταξις τοιούτου τηλεσκοπίου, ὡς τοῦτο ἐχρησιμοποιήθη ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος, δεῖκνυται εἰς σχῆμα 126.

Ἡ ἐκ τοῦ ὑπὸ παρατήρησιν ἀντικειμένου προερχομένη δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, εὗρισκομένων εἰς μεγάλην



Σχ. 127. Μέγα ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον ἐγκατεστημένον εἰς τὸ ὄρος Wilson.

ἀπόστασιν, προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου Κ καὶ ἀνακλινόμενη ἐπ' αὐτοῦ, προσπίπτει ἀκόλουθως ἐπὶ ἐπιπέδου κατόπτρου Μ, καὶ δι' ἀνακλάσεως ἐπ' αὐτοῦ σχηματίζει ἐστίαν εἰς Ε, τὸ δὲ εἶδωλον Ε' παρατηροῦμεν πλάγιως, τῇ βοηθείᾳ προσοφθαλμίου φακοῦ Π. Εἰς ἄλλα τηλεσκόπια τοῦ αὐτοῦ τύπου χρησιμοποιοῦνται ἀντὶ ἐπιπέδου κατόπτρου πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.

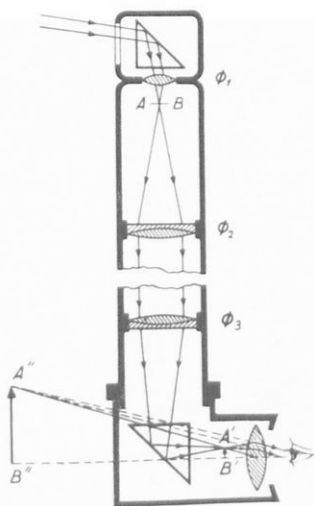
Ἡ χρησιμοποιούμενη κατόπτρου εἶναι λίαν πλεονεκτιχὴ εἰς τὰ μεγάλα τηλεσκόπια, διότι παρέχει εἶδωλον ἐλεύθερον ἀπὸ χρωματικῆν ἐκτροπὴν, ὥς ἐκ τοῦ ὅτι ὅλα τὰ μῆκη κύματος ἀνακλῶνται καθ' ὅμοιον τρόπον.

Ἐπίσης, τὸ ἀνακλαστικὸν κατόπτρου παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι ἔχομεν νὰ κατεργασθῶμεν μίαν μόνον ἐπιφάνειαν ἀντὶ δύο. Ἐξ ἄλλου, ἡ κατασκευὴ μεγάλων φακῶν παρουσιάζει δυσκολίας μεγάλας, διὰ τὴν ἀποφυγὴν ἀνωμαλιῶν ὀφειλομένων εἰς μεταβολὰς τῆς πυκνότητος τῆς ὑάλου.

Τὸ μεγαλύτερον τηλεσκόπιον τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖ ἀντικειμενικὸν φακὸν διαμέτρου 1 m εἶναι ἐγκατεστημένον εἰς τὸ ἐν Yerkes Ἀστεροσκοπεῖον εἰς William Bay Wisconsin.

Τὸ μεγαλύτερον ἀνακλαστικὸν τηλεσκόπιον τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖ κατόπτρου διαμέτρου 2,5 m (σχ. 127) εἶναι ἐγκατεστημένον εἰς τὸ Ἀστεροσκοπεῖον τοῦ ὄρους Wilson, πλησίον τῆς Pasadena (Καλιφορνία). Τελευταίως ἔχει ἐγκατασταθῇ ἐπὶ τοῦ ὄρους Palomar

ἔτι μεγαλύτερον τηλεσκόπιον, τοῦ ὁποῖου τὸ κατόπτρον ἔχει διάμετρον 5 m. Τὸ κατόπτρον αὐτὸ ἀποτελεῖται ἐξ ὑάλου Pyrex, καθότι παρουσιάζει λίαν μικρὸν συντελεστὴν θερμικῆς διαστολῆς. Ὁ χαλαζίας ἐθεωρήθη ἀρχικῶς ὡς τὸ καταλληλότερον ὑλικόν, ἀλλὰ εἶναι δύσκολον νὰ ἐξευρεθῇ εἰς τοιοῦτον μέγεθος. Τὸ κολλοσιαῖον τοῦτο κατόπτρου ἔχει ἐμβαδὸν 600 000 φορὰς μεγαλύτερον τοῦ ἐμβαδου τῆς κόρης τοῦ ὀφθαλμοῦ, πρὸς περισυλλογὴν φωτός. Τὸ κατόπτρον ἔχει βάρος 20 τόννων, τὸ δὲ συνολικὸν βάρος τοῦ ὅλου τηλεσκοπίου ὑπολογίζεται εἰς 2 000 τόννους.



Σχ. 128. Πορεία ἀκτίνων διὰ περισκοπίου.

τροῦνται ἀκόλουθως εἰς τὴν ἐστίαν τοῦ φακοῦ Φ₁, ὁ ὁποῖος παρέχει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον ΑΒ, τὸ ὁποῖον ἀπέχει ἀπὸ τοῦ φακοῦ Φ₂, ὅσον ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ.

Αἱ ἐκ τοῦ φακοῦ Φ₂ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες εἶναι παράλληλοι καὶ προσπίπτουσιν ἐπὶ τοῦ φακοῦ Φ₃ ἐξέρχονται ἐξ αὐτοῦ ὡς συγκλίνουσα δέσμη ἀκτίνων, ἡ ὁποία πάλιν προσπίπτει ἐπὶ τοῦ κάτω πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως, ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ τέλος παρέχει

95. Περισκόπιον. Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων, καταλέγεται καὶ τὸ **περισκόπιον**, τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται ὑπὸ τῶν ἐν καταδύσει ὑποβρυχίων πρὸς ἐξερεύνησιν τοῦ ὀρίζοντος. Τὸ περισκόπιον ἀποτελεῖ συνδυασμὸν πρισμάτων ὀλικῆς ἀνακλάσεως, ἡ δὲ λειτουργία αὐτοῦ κατανοεῖται εὐκόλως ἐκ τοῦ σχ. 128. Τὸ ἄνωθεν κείμενον μέρος τοῦ σωλήνος τῆς συσκευῆς εὐρίσκεται ἐκτὸς τῆς ἐπιφανείας τῆς θαλάσσης, ἐνῶ τὸ κάτω εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ ὑποβρυχίου, ὁ δὲ ὅλος σωλὴν τοῦ περισκοπίου ἔχει τηλεσκοπικὴν διάταξιν, ὥστε τὸ μῆκος αὐτοῦ νὰ μεταβάλλεται κατὰ βούλησιν.

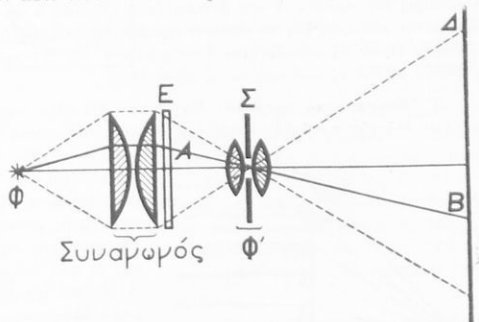
Αἱ ἐκ τοῦ μεμακρυσμένου ἀντικειμένου παρὰλληλοι ἀκτίνες ἀνακλῶνται ὀλικῶς ὑπὸ τοῦ ἄνωτέρου πρίσματος ὀλικῆς ἀνακλάσεως καὶ συγκεν-

τό πραγματικόν εἶδωλον $A'B'$ τὸ ὁποῖον παρατηρούμενον διὰ τοῦ προσοφθαλμίου συστήματος φαίνεται ὡς φανταστικόν εἶδωλον εἰς $A''B''$.

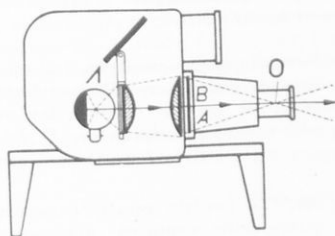
96. Προβολεύς. Ὁ προβολεύς, ἢ ἄλλως συσκευή προβολῆς εἰκόνων, χρησιμεύει ὡς σχηματίζουмен ἰσχυρῶς μεγεθυμένον καὶ ἔντονον φωτεινὸν πραγματικὸν εἶδωλον ἀντιγεμμένου ἐπὶ διαφράγματος, εἰς τρόπον ὥστε τοῦτο νὰ εἶναι ὄρατον εἰς ὅλας τὰς λεπτομερείας αὐτοῦ ἀπὸ μεγάλης ἀποστάσεως καὶ ὑπὸ πολλῶν συγχρόνων παρατηρητῶν. Τοιαύτην διάταξιν προβολῆς εἰκόνων χρησιμοποιοῦμεν κατὰ τὰς διαφόρους διαλέξεις εἰς μεγάλους χώρους, εἰς τὴν διδασκαλίαν, ὡς καὶ εἰς τοὺς κινηματογράφους.

Κατὰ ἓνα τρόπον προβολῆς, τὸ ἀντικείμενον εἶναι ζωγραφισμένον, ὑπὸ μικρᾶς διαστάσεως, ἐπὶ ὕαλου ἢ ἄλλης διαφανοῦς οὐσίας, ὅτε ἡ προβολὴ γίνεται διὰ τοῦ διερχομένου φωτός, ὁπότε λέγεται **διασκοπικὴ**. Εἰς ἄλλας ὁμως περιπτώσεις, δυνάμεθα νὰ προβάλωμεν ἀπ' εὐθείας εἰκόνας ἀπὸ βιβλίον πρὸς τοῦτο ἀρχεὶ ἀπλῶς νὰ φωτίσωμεν αὐτὰς ἰσχυρῶς, ὅτε διὰ τὴν προβολὴν χρησιμοποιεῖται τὸ ἀνακλῶμενον φῶς. Τὸ εἶδος τοῦτο τῆς προβολῆς καλεῖται **ἐπισκοπικὴ προβολή**.

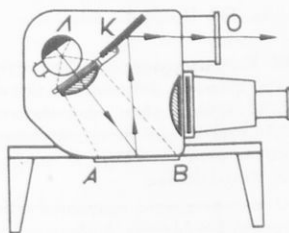
Α' Διασκοπικὴ προβολή. Ὁ προβολεύς, εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς διασκοπικῆς προβολῆς, ἀποτελεῖται ἐκ τῶν ἀκολούθων μερῶν: α) Ἐκ τῆς **φωτεινῆς πηγῆς** Φ , ἡ ὁποία εἶναι



Σχ. 129. Γραμμικὴ πορεία ἀκτίνων εἰς διασκοπικὴν προβολήν.



Σχ. 130. Διασκοπικὴ προβολή.



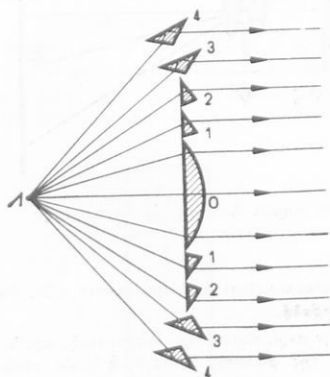
Σχ. 131. Ἐπισκοπικὴ προβολή.

συνήθως εἴτε βολταϊκὸν τόξον εἴτε, κατὰ προτίμησιν, λυχνία πυρακτώσεως εἰδικοῦ τύπου, μεγάλης φωτιστικῆς ἐντάσεως. β) Ἐκ τοῦ **συναγωγοῦ**, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἰσομεγέθων, ἐπιτεδοκυρτῶν φακῶν, διατασσομένων ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 129, καὶ ὅστις χρησιμεύει διὰ νὰ συγκεντρώσῃ ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον φῶς ἐπὶ τῆς ὑπὸ προβολὴν διαφανοῦς εἰκόνας E , ἡ ὁποία τίθεται ἀμέσως μετὰ τὸν συναγωγόν. γ) Ἐκ τοῦ **φακοῦ προβολῆς** ἢ ἀντιγεμμένου φακοῦ, ὁ ὁποῖος συνήθως ἀποτελεῖται ἐκ συστήματος δύο φακῶν συγκλινόντων, μετὰ τὸν ὁποῖον παρεντίθεται διάφραγμα Σ , καταλλήλου ἀνοίγματος, εἰς τρόπον

ὥστε νὰ παρεμποδίσωμεν τὰς περιφερειακάς ἀκτίνες, καὶ διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου νὰ χρησιμοποιηθοῦν μόνον κεντρικαὶ ἀκτίνες, ἀποφευγόμενης οὕτω τῆς διαστρόφης τοῦ εἰδώλου λόγῳ ἐκτροπῆς ἐκ σφαιρικότητος. δ) Ἐκ τοῦ διαφράγματος προβολῆς Δ (ὀθόνη) ἐπὶ τοῦ ὁποίου ὁ φακὸς προβολῆς παρέχει τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τῆς εἰκόνας.

Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος δεικνύεται, τὸ σημεῖον Β τοῦ εἰδώλου ἐπὶ τοῦ διαφράγματος ἀντιστοιχεῖ εἰς σημεῖον Α τοῦ ἀντικειμένου. Ἐπειδὴ ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς παρέχει ἀνεστραμμένον εἶδωλον, ἵνα τὸ εἶδωλον προβάλλεται εἰς τὸ διάφραγμα ὀρθόν, πρέπει ἡ ὑπὸ προβολὴν εἰκὼν νὰ τοποθετῇται ἀνεστραμμένη εἰς τὸν προβολέα. Τὸ σχῆμα 130 δεικνύει προβολέα μὲ διάταξιν διασκοπιτικῆς προβολῆς.

Β' **Ἐπισκοπικὴ προβολή.** Κατὰ τὴν διάταξιν ταύτην, κατὰ τὴν ὁποίαν χρησιμοποιούμεν διὰ τὴν προβολὴν ἀνακλῶμενον φῶς, ἡ συσκευή συγκροτεῖται ἐκ τῶν ἀκολουθῶν μερῶν: α) Ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Λ ἡ ὁποία



Σχ. 132. Προβολεὺς φάρου.

πάνιν εἶναι εἴτε βολταϊκὸν τόξον, εἴτε λυχνία πυρακτώσεως, μεγάλης φωτιστικῆς ἐντάσεως. β) Ὡς συναγωγὸς χρησιμεύει φακὸς τιθέμενος πλησίον τῆς φωτεινῆς πηγῆς, διὰ τοῦ ὁποίου συγκεντρῶνται τὸ φῶς ἐπὶ τοῦ πρὸς προβολὴν ἀντικειμένου. Αἱ ἐκ τοῦ ἰσχυρῶς φωτιζομένου ἀντικειμένου ΑΒ (σχ. 131) προερχόμεναι ἀκτίνες προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ ἐπιπέδου κατόπτρου Κ, καὶ ἀνακλῶμεναι ἐπ' αὐτοῦ, εἰσχωροῦν εἰς τὸν φακὸν προβολῆς Ο, διὰ τοῦ ὁποίου προβάλλομεν τὴν εἰκόνα ἐπὶ τοῦ διαφράγματος προβολῆς. Συνήθως, αἱ δύο συσκευαί, ἐπισκόπιον καὶ διασκοπίον, συντίθενται εἰς μίαν, ὅτε τὸ ὄργανον προβολῆς καλεῖται **ἐπιδιασκοπίον**.

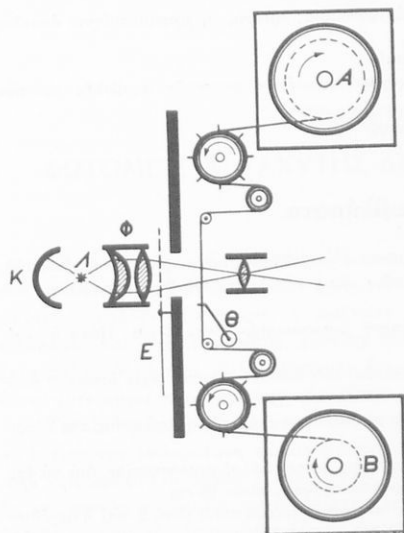
97. **Προβολεὺς φάρων.** Οὗτος πραγματοποιεῖται διὰ συνδυασμὸν φακῶν καὶ πρισμάτων, ἐκ δὲ τοῦ σχήματος 132 κατανοεῖται σαφῶς ἡ πορεία τὴν ὁποίαν ἀκολουθοῦν αἱ ἀκτίνες αἱ προερχόμεναι ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς Λ.

98. **Κινηματογράφος.** Ἡ λειτουργία τοῦ κινηματογράφου στηρίζεται ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς φωτεινῆς ἐντύπωσης. Οὕτω, ἐάν ἐπὶ διαφράγματος προβάλλωμεν διαδοχικῶς εἰκόνας, οὕτως ὥστε αὐταὶ νὰ διαδέχονται ἀλλήλας εἰς χρονικὴν διάστημα ἴσον περίπου πρὸς 1/16 sec, ἔχομεν συνεχῆ ἐντύπωσιν, χωρὶς ν' ἀντιλαμβανόμεθα ὅτι ἡ μία εἰκὼν προβάλλεται μετὰ τὴν ἄλλην, λόγῳ τῆς διαρκείας τῆς φωτεινῆς ἐντύπωσης, ἡ ὁποία ὡς γνωστὸν εἶναι 1/10 sec.

Ὁ κινηματογράφος πραγματοποιεῖται ὡς ἑξῆς: Τῇ βοηθεῖα καταλλήλου φωτογραφικῆς μηχανῆς, λαμβάνομεν διαδοχικὴν σειράν φωτογραφῶν κινουμένων ἀντικειμένων ἐπὶ φωτογραφικοῦ φιλμ, κινουμένου ἐν τῷ θαλάμῳ φωτογραφικῆς μηχανῆς ὑπὸ κατάλληλον ταχύτητα.

Αἱ διαστάσεις τοῦ φιλμ ποικίλλουν ἀναλόγως τοῦ προορισμοῦ τοῦ κινηματογράφου, διὰ συνήθεις δὲ ἑρασιτεχνικοὺς ἢ στοιχειώδους διδασκαλίας κινηματογράφους τοῦτο ἔχει μήκος 300 περίπου μέτρων καὶ πλάτος περίπου 16 mm ἢ 35 mm. Τὸ φιλμ, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὴν λήψιν φωτογραφῶν ἀντικειμένων ἐν κινήσει, εἶναι περιτυλιγμένον ἐπὶ κυκλικοῦ τυμπάνου καὶ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς λήψεως τῶν φωτογραφῶν ἐκτυλίσσεται διὰ κατάλληλου μηχανισμοῦ καὶ ἀκολουθῶς περιτυλίσσεται ἐκ νέου ἐπὶ ὁμοίον τυμπάνον. Μετὰ τὴν λήψιν τῶν φωτογραφῶν ὑποβάλλομεν τὸ φιλμ εἰς ἐπεξεργασίαν, καθ' ὅμοιον τρόπον ὅπως καὶ ὅταν πρόκειται περὶ συνήθων φωτογραφικῶν φιλμ. Ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ τούτου φιλμ, δυνάμεθα

νά αναπαράγουμεν σειράν αντίτυπων θετικών διαφανών φιλμ, καταλλήλων πρὸς προβολήν, τὰ ὅποια φέρονται εἰς τὸ ἐμπόριον περιτυλιγμένα ἐπὶ καταλλήλων τυμπάνων.



Σχ. 133. Διάταξις κινηματογραφικῆς ταινίας μετὰ τοῦ συστήματος προβολῆς. Α τύμπανον ἐκτυλίξεως τῆς ταινίας ἢ ὁποῖα, διερχομένη διὰ μέσου οδηγοῦ συστήματος ἐξ ὀδοντωτῶν τροχῶν καὶ τροχαλιῶν, τυλίσσεται ἐκ νέου εἰς Β. Λ φωτεινὴ πηγὴ, Κ κάτοπτρον ἀνακλαστικόν, Φ συναγωγὸς, Ε περιστρεφόμενον διάφραγμα μετὰ σχισμῶν, Θ σύστημα πρὸς στιγμὴν ἀκίνητοποιήσεως τῆς ταινίας.

ταὶ ἐπὶ ἄλλου τυμπάνου καὶ οὕτω αὕτη διαφυλάσσεται δι' ἄλλην προβολήν (σχ. 133).

Κατὰ τὴν κινηματογραφικὴν λήψιν διὰ τοῦ ἐπὶ τούτῳ μηχανισμοῦ, τὸ περιστροφικὸν διάφραγμα κινεῖται, οὕτως ὥστε τοῦτο νὰ ἀνοίγῃ καὶ νὰ κλείῃ περίπου 16 φορές κατὰ δευτερόλεπτον. Τὸ φιλμ μετατοπίζεται κατὰ ἓν πεδίων, ἐφ' ὅσον τὸ διάφραγμα εἶναι κλειστόν, ἀλλὰ παραμένει ἀκίνητον καθ' ὃν χρόνον τὸ διάφραγμα παραμένει ἀνοικτόν. Ἡ ἐκτύλιξις τοῦ φιλμ γίνεται ὑπὸ ταχύτητα τοιαύτην, ὥστε διὰ τοῦ φωτογραφικοῦ φακοῦ νὰ διέρχεται 1 μέτρον τοῦ φιλμ εἰς 1 sec. Ἐν φιλμ μήκους 300 m περιέχει περίπου 16 000 εἰκόνας.

Ἡ κινηματογραφικὴ προβολὴ συνίσταται εἰς τὴν διαδοχικὴν προβολήν, τῇ βοηθεῖα καταλλήλου προβολέως, ἐπὶ διαφράγματος (ὀθόνης) τῶν θετικῶν εἰκόνων τῶν ἀποτυπωμένων ἐπὶ τοῦ θετικοῦ φιλμ. Οὕτω, τὸ ἐπὶ τοῦ τυμπάνου περιτυλιγμένον θετικὸν φιλμ τοποθετεῖται εἰς τὴν κατάλληλον θέσιν τῆς συσκευῆς προβολῆς καί, ἀκολουθῶς, διερχόμενον διὰ τοῦ καταλλήλου μηχανισμοῦ ἐκτυλίξεως, ἐκτυλίσσεται καὶ διέρχεται διὰ καταλλήλου θυρίδος μέσῳ τῆς ὁποίας προβάλλεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος. Τέλος, τὸ διερχόμενον διὰ τῆς θυρίδος προβολῆς μέρος τῆς ταινίας περιτυλίσσε-

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Τί καλοῦμεν ὀπτικά ὄργανα καὶ ποῖα τὰ κυριώτερα τούτων.

Περιγράψατε τὸ ἀπλοῦν μικροσκόπιον καὶ πῶς καθορίζεται ἡ μεγέθυνσις αὐτοῦ.

Ποῖα τὰ κύρια μέρη συνθέτου μικροσκοπίου.

Πῶς καθορίζεται ἡ μεγέθυνσις συνθέτου μικροσκοπίου.

Ποῖα τὰ κύρια μέρη τηλεσκοπίου καὶ πόσων εἰδῶν τηλεσκόπια διακρίνομεν.

Ποῖα ἡ διαφορὰ μεταξὺ τηλεσκοπίου καὶ διόπτρας ἐπιγείων.

Ποῖα ἡ διαφορὰ μεταξὺ μικροσκοπίου καὶ τηλεσκοπίου.

Πῶς πραγματοποιοῦνται αἱ πρισματικαὶ διόπτραι καὶ ποῖα τὰ πλεονεκτήματα αὐτῶν.

Πώς πραγματοποιείται ἡ διόπτρα Γαλιλαίου καὶ εἰς ποίας περιπτώσεις ἐνδείκνυται ἡ χρησιμοποίησις αὐτῆς.

Διὰ ποῖον λόγον προτιμᾶται εἰς τὰς ἀστρονομικὰς ἐρεῦνας ἡ χρησιμοποίησις ἀνακλαστικῶν τηλεσκοπίων.

Περιγράψατε τὴν λειτουργίαν περισκοπίου.

Περιγράψατε τὰ διάφορα εἶδη τῶν χρησιμοποιουμένων συσκευῶν προβολῆς καὶ τῶν μερῶν ἐκ τῶν ὁποίων αὐταὶ ἀποτελοῦνται.

Πώς πραγματοποιεῖται ὁ κινηματογράφος.

Β'. Προβλήματα.

1. Ἡ πλευρική μεγέθυνσις τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ συνθέτου μικροσκοπίου εἶναι 160, καὶ ἡ γωνιακὴ μεγέθυνσις τοῦ προσοφθαλμίου εἶναι 4. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

2. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου εἶναι 3 cm. Πόση ἡ μεγέθυνσις αὐτοῦ.

3. Ποία ἡ μεγέθυνσις ἀπλοῦ μικροσκοπίου τοῦ ὁποίου ὁ φακὸς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν 10 cm.

✓ 4. Ποία ἡ μεγέθυνσις τοῦ αὐτοῦ μικροσκοπίου, ὅταν ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως λαμβάνεται ἴση πρὸς 30 cm.

✓ 5. Πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις φακοῦ ἀπλοῦ μικροσκοπίου, διὰ νὰ ἔχῃ μεγέθυνσιν 4, ἐφ' ὅσον ἡ ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως εἶναι 25 cm.

6. Εἰς σύνθετον μικροσκοπίον, ἡ μεγέθυνσις τοῦ ἀντικειμενικοῦ εἶναι 9 καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ προσοφθαλμίου 3. Ποία ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

7. Ἡ μεγέθυνσις τοῦ ἀντικειμενικοῦ φακοῦ μικροσκοπίου εἶναι 100, ἐνῶ ἡ τοῦ προσοφθαλμίου 6. Πόση ἡ μεγέθυνσις τοῦ μικροσκοπίου.

✓ 8. Εἰς τηλεσκοπίον, ὁ ἀντικειμενικὸς φακὸς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν 1 m καὶ ὁ προσοφθαλμὸς ἑστιακὴν ἀπόστασιν 2 cm. Ποία ἡ μεγέθυνσις τοῦ τηλεσκοπίου.

9. Ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ τηλεσκοπίου εἶναι 50 cm. Ζητοῦνται : α) Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ τούτου πρέπει νὰ τοποθετηθῇ προσοφθαλμὸς ἑστιακῆς ἀποστάσεως 3 cm, ἐφ' ὅσον πρόκειται νὰ παρατηρήσωμεν εὐκρινῶς ἀντικείμενον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 250 cm ἀπὸ τοῦ ἀντικειμενικοῦ. β) Ποία ἡ μεγέθυνσις εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην.

10. Τῇ βοηθείᾳ προβολέως θέλομεν νὰ προβάλωμεν εἰκόνα διαστάσεων $7,5 \times 10$ cm, εἰς τρόπον ὥστε ἐπὶ τοῦ διαφράγματος προβολῆς νὰ σχηματισθῇ εἰδωλον 90×120 cm. Ὁ φακὸς προβολῆς ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν 25 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ προβολῆς ἀπὸ τοῦ διαφράγματος, καὶ ἡ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ προβολῆς ἀπὸ τοῦ ἀντικειμένου.

11. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μεγέθυνσις τηλεσκοπίου τοῦ ὁποίου ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ ἀντικειμενικοῦ εἶναι 0,90 m καὶ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ προσοφθαλμίου 4,5 cm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΣΤ'

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ. ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

99. Εισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἡ φωτομετρία ὡς ἀντικείμενον σπουδῆς ἔχει τὸν καθορισμὸν τῆς ἐντάσεως τῶν φωτεινῶν πηγῶν ὡς καὶ τοῦ φωτισμοῦ τὸν ὁποῖον αὐταὶ προκαλοῦν. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν παρατηροῦμεν διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ καὶ ὑπὸ τὰς αὐτὰς πάντοτε συνθήκας δύο γειτονικάς, ὁμοίας φύσεως ἐπιφανείας, δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν ὅτι αὐταὶ δέχονται τὸν αὐτὸν φωτισμόν, διότι τότε αὐταὶ παρουσιάζουν τὴν αὐτὴν φωτεινότητα ἢ λαμπρότητα.

Τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως ἔχει, ἐκ φυσιολογικῆς κατασκευῆς, τὴν ἱκανότητα νὰ ἐκτιμᾷ τὴν λαμπρότητα σώματος αὐτοφώτου ἢ ἑτεροφώτου. Προκειμένου ὁμως περὶ ἑτεροφώτου σώματος, ἡ φωτεινότης ἢ λαμπρότης αὐτοῦ δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον τοῦτο δέχεται ἐκ μέρους τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ὡς καὶ ἐκ τῆς θέσεως τοῦ ὀφθαλμοῦ.

100. Ἑντάσις φωτεινῆς πηγῆς. Αἱ διάφοροι ἐν χρήσει φωτειναὶ πηγαὶ χαρακτηρίζονται ὑπὸ τῆς φωτεινῆς αὐτῶν ἐντάσεως, ἡ ὁποία εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς καθορίζεται εἰς **κη-
ρία**. Ἡ μονὰς ἐντάσεως κηρίου ὀρίζεται διαφοροτρό-
πως εἰς τὰ διάφορα κράτη, καὶ ὡς ἐκ τούτου, πρὸς ἀπο-
φυγὴν συγχύσεως, καθιερώθη τὸ **διεθνὲς κηρίον**. Διὰ
τὴν σύγκρισιν τῶν διαφόρων λυχνιῶν κατασκευάζονται
σήμερον εἰδικαὶ **πρότυποι ἠλεκτρικαὶ λυχνίαι** γνω-
στῆς ἐντάσεως, αἱ ὁποῖαι φυλάσσονται εἰς εἰδικὰ πρό-
τυπα φωτομετρικὰ ἐργαστήρια.

Τὸ διεθνὲς κηρίον εἰσῆχθη εἰς Ἀμερικὴν, Ἀγγλίαν καὶ
Γαλλίαν. Ἐν Γερμανίᾳ ὡς νομοθετικὴ μονὰς φωτεινῆς ἐντά-
σεως χρησιμοποιεῖται τὸ **κηρίον Hefner (HK)**, πραγματο-
ποιούμενον ὑπὸ λυχνίας διὰ θρυαλλίδος (σχ. 134) χρησιμο-
ποιούσης ὡς καύσιμον ὕλην ὀξικὸν ἀμύδιον καὶ λειτουργοῦσης
ὑπὸ ὀρισμένους κανόνας, εἶναι δὲ :

1 HK = 0,9 διεθνὺς κηρίον.

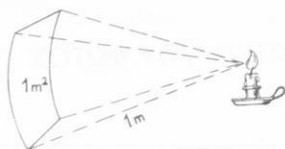
101. Φωτεινὴ ροή. Τὸ φῶς ἀποτελεῖ μίαν ἐκ τῶν
μορφῶν τῆς ἐνεργείας, ὅπως π.χ. ἡ θερμικὴ ἐνέργεια, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια κ.τ.λ.
ἀποτελοῦν μορφὰς τῆς ἐνεργείας. Ὅταν μία φωτεινὴ πηγὴ ἀκτινοβολῇ, αὕτη ἐκπέμ-



Σχ. 134. Λυχνία Hefner -
Alteneck. Ἡ διάμετρος
θρυαλλίδος εἶναι 8 mm καὶ
τὸ ὕψος τῆς φλογὸς 40 mm.
Σκόπευσις διὰ διώπτρας Δ.

πει εις τὴν μονάδα τοῦ χρόνου ὠρισμένον ποσὸν ἐνεργείας, τοῦ ὁποίου ὅμως ἐν μικρὸν μόνον μέρος δύναται νὰ διεγείρῃ τὸν ὀφθαλμὸν καὶ τὸ ὅποιον καλούμεν **φωτεινὴν ροήν**.

Θεωρήσωμεν ἤδη εἰς τὸ κέντρον σφαίρας ἀκτίνος 1 m φωτεινὴν πηγὴν πολὺ μικρὴν διαστάσεων (φωτεινὸν σημεῖον), ἐντάσεως ἑνὸς κηρίου, ἡ ὁποία ἐκπέμπει



Σχ. 135. Τμήμα σφαιρικῆς ἐπιφανείας ἐμβαδοῦ 1 m^2 δεχόμενον φωτισμὸν 1 Lumen.

ὁμοιομόρφως φῶς κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις (σχ. 135). Ἡ φωτεινὴ ροή, δηλ. ἡ ἐνέργεια ἡ διερχομένη ἀνὰ πᾶν δευτερόλεπτον δι' ἐπιφανείας σφαίρας ἐχούσης ἐμβαδὸν 1 m^2 , λαμβάνεται ὡς μονὰς φωτεινῆς ροῆς καὶ καλεῖται **Lumen** (Lm), ἥτοι, **φωτεινὴ ροὴ 1 Lumen εἶναι ἡ φωτεινὴ ροὴ ἡ παρεχομένη ὑπὸ πηγῆς ἐντάσεως 1 κηρίου καὶ ἡ ὁποία διέρχεται δι' ἐπιφανείας 1 m^2 ἐξ ἀποστάσεως 1 m, ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσης τῶν ἀκτίνων**.

Ἐπειδὴ δι' ἐπιφανείας $S = 1 \text{ m}^2$ σφαίρας ἀκτίνος $r = 1 \text{ m}$, ὅταν εἰς τὸ κέντρον αὐτῆς ὑπάρχῃ πηγὴ ἐντάσεως 1 HK, ἡ ροὴ εἶναι 1 Lm, ἡ δὲ ἐπιφάνεια τῆς ἀνωτέρω σφαίρας εἶναι $4\pi \cdot 1^2 = 4\pi \text{ m}^2$ ἔπεται ὅτι ἡ συνολικὴ φωτεινὴ ροὴ εἶναι 4 π Lumen.

Ἐὰν ἤδη εἰς τὸ κέντρον τῆς σφαίρας τοποθετήσωμεν φωτεινὴν πηγὴν ἐντάσεως I , τότε ἡ ὁλικὴ φωτεινὴ ροὴ θὰ εἶναι προφανῶς:

$$\Phi = 4\pi \cdot I$$

Ἡ φωτεινὴ ροή, ἡ ὁποία ὡς εἶδομεν εἶναι ἐνέργεια εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἥτοι ἰσχύς, θὰ ἔπρεπε νὰ ἐκφράζεται εἰς Watt. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἐντίπωσις τὴν ὁποίαν προκαλεῖ τὸ φῶς τὸ ἐκπεμπόμενον ὑπὸ φωτεινῆς πηγῆς ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τοῦ χρώματος, καθιερώθη ὅπως ἡ φωτεινὴ ροή, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸ μέρος τῆς ἐκπεμπομένης ἰσχύος ἡ ὁποία διεγείρει τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως, μὴ ἐκφράζεται εἰς Watt, ἀλλ' εἰς Lumen. Οὕτω ἐὰν φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπῃ ἐν μόνον μῆκος κύματος φωτὸς (μονοχρωματικὴ πηγὴ), π.χ. κίτρινον (μ. κ. $5980 \text{ \AA}$) εἰς 1 Watt ἐκπεμπομένης ἰσχύος θ' ἀντιστοιχῇ φωτεινὴ ροὴ 695 Lm.

102. Φωτισμός. Ἐὰν ἐκ πηγῆς 1 κηρίου προσπίτῃ φωτεινὴ ροὴ 1 Lumen, καθέτως ἐξ ἀποστάσεως 1 m ἐπὶ ἐπιφανείας 1 m^2 , τότε αὕτη προκαλεῖ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς φωτισμὸν ἴσον πρὸς 1 Lm/m^2 , ὁ φωτισμὸς δὲ οὗτος καλεῖται **Lux**, ἥτοι:

$$\text{φωτισμὸς} = \frac{\text{φωτεινὴ ροὴ}}{\text{ἐπιφάνεια}}$$

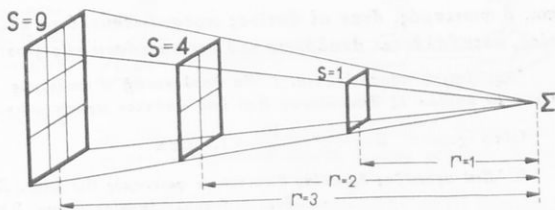
$$1 \text{ Lux} = \frac{1 \text{ Lumen}}{1 \text{ m}^2}$$

Οὕτω ὁ ἀναγκαῖον φωτισμὸς διὰ διαφόρους χώρους εἶναι: διὰ κατοικίας, μαγειρεῖα 50-60 Lux, διὰ λειτουργικὰ ἐργαστήρια 60-90 Lux, διὰ ραφεῖα, τυπογραφεῖα 90-250 Lux, διὰ γραφεῖα, βιβλιοθήκας, ἀναγνωστήρια 80-120 Lux κ.λ.π.

Ὁ φωτισμὸς ἐν καιρῷ ἡμέρας εἶναι εἰς τὴν ὑπαίθριον 20 000 Lux, ἐντὸς δὲ δοματίου 1000 Lux. Ὁ φωτισμὸς πανσέληνον 0.2 Lux, ἐνθ' ἄσתר πρῶτον μεγέθους προκαλεῖ φωτισμὸν 10^{-6} Lux.

103. Νόμοι τῆς φωτομετρίας. 1. Νόμος τῆς ἀποστάσεως. Ὁ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον προκαλεῖ σημειώδης (μικρῶν διαστάσεων) φωτεινὴ πηγὴ ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων ἐπὶ διαφόρων ἐπιφανειῶν, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως τῶν ἐπιφανειῶν τούτων ἀπὸ τῆς φωτεινῆς πηγῆς.

Οὕτω, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 136, ἐὰν ἡ φωτεινὴ πηγὴ Σ ἔχη ἔντασιν 1 κηρίου, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας $S = 1 \text{ m}^2$ εὐρισκομένης εἰς ἀπόστασιν $r = 1 \text{ m}$ ἀπὸ τῆς πηγῆς, προσπίπτει φωτεινὴ ροὴ 1 Lm, ἡ ὁποία προκαλεῖ φωτισμὸν 1 Lux. Ἡ αὐτὴ ὅμως φωτεινὴ ροὴ προσπίπτει εἰς ἀπόστασιν $r = 2 \text{ m}$ ἐπὶ ἐπιφανείας 4 m^2

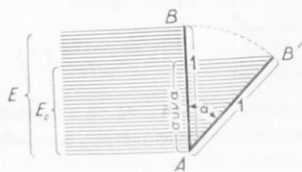


Σχ. 136. Εἰς ἀπόστασιν $r = 1$, ἡ ποσότης φωτὸς ἀντιστοιχεῖ ἐπὶ ἐπιφανείας $S = 1$, εἰς ἀπόστασιν $r = 2$ ἡ αὐτὴ ποσότης φωτὸς ἀντιστοιχεῖ εἰς ἐπιφάνειαν $S = 4$, ἥτοι ὁ φωτισμὸς ἐλαττοῦται εἰς τὸ $1/4$ κ.ο.κ.

καὶ ἐπομένως προκαλεῖ φωτισμὸν $1/2^2$ Lux, ἐνῶ εἰς ἀπόστασιν $r = 3 \text{ m}$ ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ προσπίπτει ἐπὶ ἐπιφανείας 9 m^2 καὶ προκαλεῖ φωτισμὸν $1/3^2$ Lux, καὶ γενικῶς εἰς ἀπόστασιν r μέτρων ἡ αὐτὴ φωτεινὴ ροὴ θὰ προσπίπτῃ ἐπὶ ἐπιφανείας $r^2 \text{ m}^2$ καὶ θὰ προκαλῇ φωτισμὸν $1/r^2$, ἥτοι ὁ φωτισμὸς ἐλαττοῦται ἀντιστρόφως ἀναλόγως πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἐὰν πηγὴ ἐντάσεως I κηρίων εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν r μέτρων ἀπὸ ἐπιφανείας, ὁ φωτισμὸς εἰς Lux τὸν ὁποῖον αὕτη προκαλεῖ ἐπὶ τῆς θεωρουμένης ἐπιφανείας ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων εἶναι :

$$E = \frac{I}{r^2}$$

2. Μεταβολὴ τοῦ φωτισμοῦ μετὰ τῆς γωνίας κλίσεως τῶν ἀκτίνων. Νόμος τοῦ συνημιτόνου.



Σχ. 137. Ἐπεξήγησις τοῦ νόμου τοῦ συνημιτόνου.

Ὄταν αἱ ἀκτίνες δὲν προσπίπτουν καθέτως ἐπὶ τὴν φωτιζομένην ἐπιφάνειαν, τότε ὁ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον προκαλεῖ ἡ φωτεινὴ πηγὴ εἶναι μικρότερος ἢ ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν.

Ἐστω ὅτι $AB = 1 \text{ m}^2$ (σχ. 137) παριστᾷ ἐπιφάνειαν ἐπὶ τῆς ὁποίας αἱ ἀκτίνες, προσπίπτουσαι καθέτως, προκαλοῦν φωτισμὸν E . Ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια αὕτη περιστραφῇ περὶ τὸ σημεῖον A κατὰ τὴν γωνίαν α , ὥστε νὰ λάβῃ τὴν θέσιν AB' , τότε αὕτη δέχεται μέρος τῆς φωτεινῆς ροῆς, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὸν αὐ-

τὸν φωτισμὸν ἐπὶ τμήματος ἐπιφανείας τῆς AB, ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὴν καθετον προβολὴν τῆς AB' ἐπὶ τῆς AB καὶ τὸ ὅποιον εἶναι ἴσον πρὸς $1 \text{ m}^2 \cdot \text{συν} \alpha$, ἐπομένως καὶ ὁ φωτισμὸς τῆς AB', ἂν καλέσωμεν αὐτὸν E_0 , θὰ παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

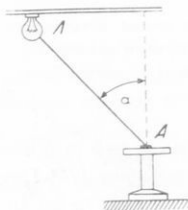
$$E_0 = E \cdot \text{συν} \alpha$$

ἦτοι, ὁ φωτισμὸς, διὰν αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ κλίσιν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας, μεταβάλλεται ἀναλόγως τοῦ συνημιτόνου τῆς γωνίας κλίσεως.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ φωτισμὸς τὸν ὅποιον προκαλεῖται λυχνία 10 κηρίων ἐξ ἀποστάσεως 3 m ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν.

$$\text{Οὕτω ἔχομεν: } E = \frac{I}{r^2} = \frac{10}{9} = 1,1 \text{ Lux}$$

2. Ἐπὶ τραπέζης ἐργασίας ἀπαιτεῖται φωτισμὸς 60 Lux. Ζητεῖται πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἔντασις λυχνίας ὕψους 2 m ἵνα αὕτη προκαλῇ τὸν φωτισμὸν τοῦτον.



$$\text{Ἐκ τοῦ τύπου } E = \frac{I}{r^2} \text{ λαμβάνομεν: } I = E \cdot r^2$$

$$\text{ἦτοι: } I = 60 \cdot 4 = 240 \text{ κηρία.}$$

3. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ φωτισμὸς τὸν ὅποιον θὰ προκαλῇ ἡ ἀνωτέρω λυχνία, διὰν αἱ ἀκτῖνες προσπίπτουν ὑπὸ γωνίαν $\alpha = 60^\circ$ ἐπὶ τῆς τραπέζης ἐξ ἀποστάσεως 2 m. (σχ. 138).

Σχ. 138. Πρόσπτωσης φωτός ἐπὶ τραπέζης ὑπὸ γωνίαν α .

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ συνημιτόνου λαμβάνομεν:

$$E_0 = E \cdot \text{συν} 60^\circ = 60 \cdot \text{συν} 60^\circ = 60 \cdot 0,5 = 30 \text{ Lux.}$$

104. Μέτρησης τῆς ἐντάσεως φωτεινῶν πηγῶν. Θεωρήσωμεν ὅτι δύο φωτεινὰ πηγὰ ἐντάσεων I_1 καὶ I_2 φωτίζουν ἐξ ἀποστάσεων r_1 καὶ r_2 δεδομένην ἐπιφάνειαν. Οἱ φωτισμοὶ τοὺς ὁποίους ἐκάστη τούτων προκαλεῖ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας εἶναι:

$$E_1 = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad E_2 = \frac{I_2}{r_2^2}$$

Ἐὰν δὲ δεχθῶμεν ὅτι οἱ φωτισμοὶ εἶναι ἴσοι, ἦτοι: $E_1 = E_2$ θὰ ἔχομεν:

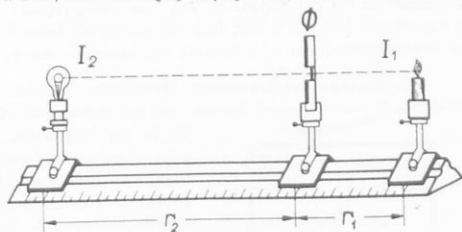
$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \eta \quad \boxed{I_1 : I_2 = r_1^2 : r_2^2} \quad (1)$$

ἦτοι, αἱ ἐντάσεις δύο φωτεινῶν πηγῶν ἔχουν πρὸς ἀλλήλας ὡς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων αὐτῶν ἀπὸ δύο παρακειμένων ἐπιφανειῶν ἐπὶ τῶν ὁποίων προκαλοῦν τὸν αὐτὸν φωτισμὸν.

Ὁ ἀνωτέρω νόμος, ὁ ὁποῖος καλεῖται καὶ νόμος τῶν ἴσων φωτισμῶν, ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς τεχνικῆς τῆς φωτομετρίας.

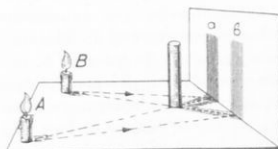
Ἐὰν ἐν τῷ τύπῳ (1) ἡ ἔντασις I_1 τῆς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς εἶναι γνωστή, τότε διὰ μέτρησιν τῶν ἀποστάσεων r_1 καὶ r_2 δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν ἐκ τοῦ τύπου,

τὴν ἔντασιν I_2 τῆς ἐτέρας τῶν φωτεινῶν πηγῶν. Ἡ πρὸς τοῦτο χρησιμοποιουμένη διάταξις εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 139, ὅπου αἱ πρὸς σύγκρισιν φωτειναὶ πηγαὶ ἐντάσεων I_1 καὶ I_2 τοποθετοῦνται ἐπὶ καταλλήλου **φωτομετρικῆς τραπέζης**. Μεταξὺ αὐτῶν τοποθετεῖται φωτόμετρον Φ , τὸ ὁποῖον μετατοπίζεται δεξιὰ ἢ ἀριστερά, μέχρις ὅτου ἐξακριβώσωμεν τὴν ἰσότητα φωτισμοῦ, ὅτε μετροῦμεν τὰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 .

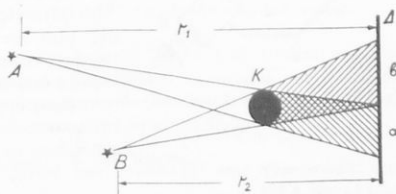


Σχ. 139. Διάταξις φωτομετρικῆς τραπέζης. Φ θέσις φωτόμετρον, I_1 πρότυπος λυχνία, I_2 πρὸς μέτρησιν λυχνία.

105. Φωτόμετρον Rumford. Ἀπλουστάτου τύπου φωτόμετρον διὰ τὴν σύγκρισιν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀποτελεῖ τὸ φωτόμετρον διὰ σκιάς τοῦ Rumford. Σκιερὸν ἀντικείμενον (π.χ. μολυβδοκόνδυλον) τοποθετεῖται κατακόρυφος μεταξύ τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν καὶ ὀπίσθεν αὐτοῦ τίθεται ἡμι-



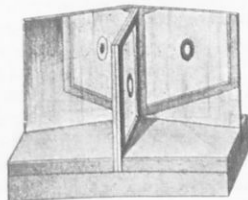
Σχ. 140. Φωτόμετρον Rumford.



Σχ. 141. Γραμμικὴ πορεία φωτός εἰς φωτόμετρον Rumford.

διαφανὲς διάφραγμα (σχ. 140), εἰς τοιαύτην ὁμως ἀπόστασιν, ὥστε αἱ σκιαὶ α καὶ β νὰ εὗρισκονται πολὺ πλησίον ἀλλήλων. Ἡ σύγκρισις γίνεται διὰ μεταβολῆς τῶν ἀποστάσεων r_1 καὶ r_2 , μέχρις ὅτου αἱ δύο σκιαὶ ἀποκτήσουν τὴν ἰδίαν ἔντασιν ἢ τόνον (σχ. 141).

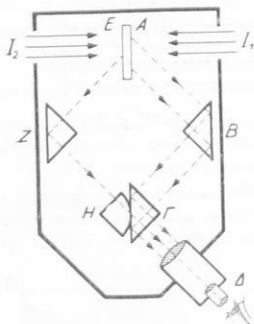
106. Φωτόμετρον Bunsen. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ λευκοῦ διαφράγματος, π.χ. ἐκ λευκοῦ χάρτου, φέροντος εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ κυκλικὴν κηλίδα ἐκ λιπαρᾶς οὐσίας. Ὄταν τοιαύτη λιπαρὰ κηλὶς φωτίζεται ἀπὸ τῆς μιᾶς πλευρᾶς, τότε αὕτη, παρατηρουμένη ἀπὸ τοῦ μέρους τῆς φωτεινῆς πηγῆς, φαίνεται σκοτεινὴ ἐπὶ φωτεινῆς βάσεως, ἐνῶ παρατηρουμένη ἀπὸ τῆς ἐτέρας πλευρᾶς φαίνεται φωτεινὴ ἐπὶ σκοτεινῆς βάσεως. Ἐάν ἤδη τοποθετήσωμεν τὸ διάφραγμα μεταξύ δύο φωτεινῶν πηγῶν, εἰς τρόπον ὥστε ἡ κηλὶς νὰ διαπεράται καθέτως ὑπὸ τῆς εὐθείας τῆς ἐνούσης τὰς δύο πηγᾶς, καὶ εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε ὁ φωτισμὸς τῶν δύο ἐπιφανειῶν τοῦ διαφράγματος νὰ εἶναι ὁ αὐτός, τότε ἡ λιπαρὰ κηλὶς ἐξαφανίζεται σχεδὸν τελείως. Διὰ τὴν εὐχέρειαν τῆς παρατηρήσεως, τοποθετοῦμεν μεταξύ τοῦ διαφράγματος καὶ ὑπὸ τὴν κατάλληλον κλίσιν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτυγχάνεται ἡ ταυτόχρονη παρατήρησις ἀμφοτέρων τῶν πλευρῶν



Σχ. 142. Φωτόμετρον Bunsen.

της φωτεινής κηλίδος (σχ. 142). Ἐπειδὴ ἡ κηλὶς δὲν ἐξαφανίζεται ποτὲ τελείως, μετατοπίζομεν τὰς πηγὰς εἴτε τὸ διάφραγμα, μέχρις ὅτου ἐπιτύχωμεν ὥστε αἱ δύο πλευραὶ αὐτῆς νὰ φαίνωνται ὅτι φωτίζονται ἐξ ἴσου, ὅτε ὑπολογίζομεν τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς ἐκ τοῦ τύπου (1) τῆς § 104, ὅπου r_1 καὶ r_2 αἱ ἀποστάσεις τῶν δύο φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τοῦ διαφράγματος καὶ I_1 ἡ ἔντασις τῆς προτύπου πηγῆς.

107. Φωτόμετρον Lummer - Brodhun. Αἱ φωτειναὶ πηγαὶ I_2 καὶ I_1 φωτίζουν τὰς δύο ὕψεις E καὶ A μικροῦ λευκοῦ καὶ μὴ ἀνακλαστικοῦ (matt) διαφράγματος (σχ. 143).



Σχ. 143. Φωτόμετρον Lummer - Brodhun.

Τὸ ἐκ τῆς ἐπιφανείας E τοῦ διαφράγματος προσερχόμενον φῶς, μέσῳ τοῦ πρίσματος Z διέρχεται καθέτως διὰ τῆς ἑδρας τοῦ πρίσματος H , ὅτε μέσῳ τῆς καταλλήλως κατεργασμένης ἑδρας αὐτοῦ καὶ τοῦ πρίσματος Γ εἰσχωρεῖ εἰς τὴν διόπτραν Δ . Ἐξ ἄλλου, τὸ ἐκ τῆς ἐπιφανείας A τοῦ διαφράγματος ἐκπορευόμενον φῶς μέσῳ τοῦ πρίσματος B προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τῆς ἑδρας τοῦ πρίσματος Γ καὶ ὑφίσταται ὀκλίαν ἀνάκλασιν ἐπὶ τοῦ μέρους τῆς ὑποτείνουσας ἑδρας αὐτοῦ, ἡ ὁποία εὐρίσκεται πρὸς τὴν κατεργασμένην περιοχὴν τῆς ὑποτείνουσας τοῦ πρίσματος H καὶ ἀκολούθως εἰσχωρεῖ διὰ τῆς διόπτρας Δ , ὅπου προσαρμόζεται ὁ ὀφθαλμὸς.

Οὕτω εἰς τὸ ὀπτικὸν πεδίον διακρίνομεν δύο περιοχάς, μίαν κεντρικὴν ἢ ὁποία δεικνύει τὴν λαμπρότητα τῆς ἐπιφανείας E τοῦ διαφράγματος, ἐνθ' ἡ ὑπόλοιπος περιοχὴ δεικνύει τὴν λαμπρότητα τῆς ἐπιφανείας A .

Πρὸς σύγκρισιν τῶν φωτεινῶν πηγῶν μετακινούμεν τὴν μίαν τούτων μέχρις ὅτου αἱ δύο περιοχαὶ τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου νὰ φαίνωνται εἰς τὸν ὀφθαλμὸν ἐξ ἴσου λαμ-

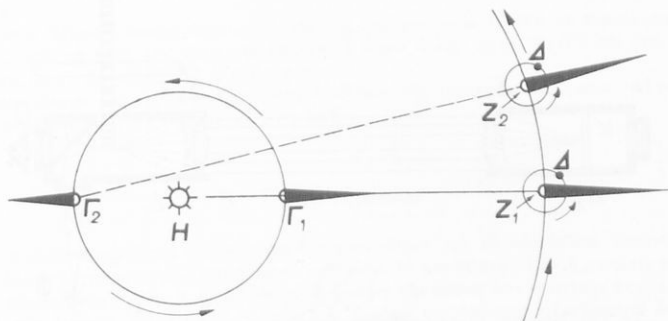
πραὶ (φωτειναί)· τότε ὑφίσταται καὶ ἰσότης φωτισμοῦ καὶ θὰ ἰσχύῃ ἡ γνωστὴ σχέσις (1) τῆς § 104.

ΤΑΧΥΤΗΣ ΔΙΑΔΟΣΕΩΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΩΣ ΑΥΤΗΣ

108. Ἀστρονομικὴ μέθοδος Roemer. Ἡ πρώτη ἐπιτυχὴς μέθοδος μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός ἐγένετο ὑπὸ τοῦ Δανοῦ Ἀστρονόμου Roemer (1675). Ὡς γνωστόν ὁ πλανήτης Ζεὺς δὲν ἔχει μόνον ἓνα δορυφόρον ὡς ἡ $\Gamma\eta$ (τὴν Σελήνην), ἀλλ' ἐνδεκα τοιοῦτους οἱ ὁποῖοι περιφέρονται περὶ τὸν πλανήτην Δία ὡς ἡ Σελήνη περὶ τὴν $\Gamma\eta$. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἐπίπεδον τῆς τροχιάς τῶν δορυφόρων περὶ τὸν Δία συμπίπτει πρὸς τὸ ἐπίπεδον τῆς τροχιάς τῆς $\Gamma\eta$ καὶ τοῦ Διὸς περὶ τὸν ἥλιον, ἕκαστος τῶν δορυφόρων ὑφίσταται ἐκλείφιν, ὁσάκις διέρχεται διὰ τῆς σκιάς τοῦ Διὸς καὶ ἡ ὁποία πραγματοποιεῖται ἀπαξ καθ' ἑκάστην περιτροπὴν τῶν δορυφόρων περὶ τὸν Δία.

Θεωρήσωμεν τὸ σχῆμα 144, ὅπου H παριστᾷ τὸν ἥλιον, Γ_1 καὶ Z_1 τὰς θέσεις $\Gamma\eta$ καὶ Διὸς καὶ Γ_2 καὶ Z_2 τὰς θέσεις αὐτῶν μετὰ πάροδον 6 μηνῶν. Συμφώνως πρὸς τὰς παρατηρήσεις τοῦ Roemer ὁ ὁποῖος καθώριζε τὴν περίοδον τῆς ἐκλείψεως τοῦ πρώτου δορυφόρου διὰ προσδιορισμοῦ τοῦ χρόνου τῆς ἐκάστοτε ἐξόδου αὐτοῦ ἐκ τῆς σκιάς τοῦ πλανήτου εὗρε ὅτι ἡ περίοδος τῶν ἐκλείψεων, ἥτοι ὁ χρόνος μεταξὺ δύο διαδοχικῶν ἐκλείψεων, εἶναι περίπου 42,5 ὥραι ὅταν ἡ $\Gamma\eta$ εὐρίσκεται εἰς τὴν πλησιέστεραν θέσιν πρὸς τὸν πλανήτην Z_1 . Ἀκολούθως ὁ Roemer εὗρε διὰ τῆς παρατηρήσεως ὅτι τὸ ἀνωτέρω χρονικὸν διάστημα βαίνει αὐξανόμενον ἐν' ὅσον ἡ $\Gamma\eta$ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τοῦ πλανήτου καὶ μάλιστα εὗρε ὅτι, μετὰ ἕξ μηνῶν, ὅτε ἡ $\Gamma\eta$ εὐρίσκεται εἰς Γ_2 καὶ ὁ Ζεὺς εἰς Z_2 , τὸ ἀνωτέρω χρονικὸν διάστημα εἶναι μεγαλύτερον κατὰ 16 min καὶ 32 sec ἢ ὅταν ἡ $\Gamma\eta$ καὶ ὁ Ζεὺς εὐρίσκονται εἰς τὰς θέσεις Γ_1 καὶ Z_1 .

Ὁ Roemer ἀπέδωσε τὴν διαφορὰν ταύτην εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ὑπὸ πεπερασμένην ταχύτητα καὶ ὅτι ὅταν ἡ Γῆ εὐρίσκεται εἰς Γ_2 καὶ ὁ Ζεὺς εἰς Z_2 τὸ φῶς ἔχει νὰ διανύσῃ ἐπὶ πλέον τὴν ἀπόστασιν $\Gamma_2 Z_2 - \Gamma_1 Z_1$. Ἡ ἀπόστασις ὁμῶς αὕτη ἄνευ αἰσθητοῦ σφάλματος ἰσοῦται πρὸς τὴν διάμετρον τῆς τροχιάς τῆς Γῆς περὶ τὸν ἥλιον.



Σχ. 144. Μέθοδος Roemer μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.

Ἐὰν λάβωμεν ὡς μέσθν ἀπόστασιν τῆς Γῆς ἀπὸ τὸν ἥλιον $1,49 \cdot 10^8$ km, συνάγομεν ὅτι τὸ φῶς διὰ νὰ διανύσῃ ἀπόστασιν ἴσην πρὸς $2,98 \cdot 10^8$ km χρειάζεται χρόνον 16 min καὶ 32 sec, ἐπομένως ἐκ τῶν στοιχείων τούτων δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός c , ἡ ὁποία εὐρίσκεται κατὰ μέσον ὅρον ἴση πρὸς :

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

Ἐν συνεχείᾳ ἀναγράφομεν ἐν συντόμῳ τὰς κυριωτέρας τῶν νεωτέρων μεθόδων μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.

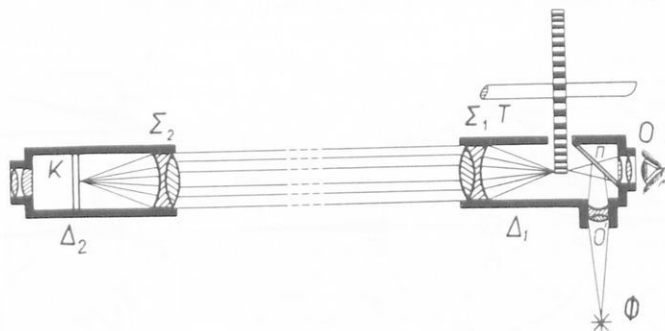
✓ **109. Μέθοδος Fizeau.** Αὕτη ἀποτελεῖ τὴν πρώτην ἐργαστηριακὴν μέθοδον μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός, πραγματοποιηθεῖσαν ὑπὸ τοῦ Fizeau κατὰ τὸ ἔτος 1849.

Τὸ φῶς φωτεινῆς πηγῆς Φ (σχ. 145) συγκεντρῶνται τῇ βοηθειᾷ φακοῦ O' καὶ προσπίπτει ἐπὶ ἡμιανακλαστικῷ κατόπτρῳ Π , εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐστία νὰ σχηματίζεται εἰς τὸ ἐπίπεδον ὁδοντωτοῦ τροχοῦ φέροντος 720 ὀδόντας. Τὸ φῶς, διερχόμενον διὰ τοῦ μεταξὺ δύο ὀδόντων τοῦ τροχοῦ διακένον, μετατρέπεται τῇ βοηθειᾷ τοῦ συστήματος φακῶν Σ_1 εἰς παραλλήλων δέσμην, ἡ ὁποία ὀδεύουσα εἰς τὸν χώρον προσπίπτει ἐπὶ δευτέρου συστήματος φακῶν Σ_2 , εὐρισκομένου εἰς ἀπόστασιν 8633 m ἀπὸ τοῦ Σ_1 καὶ συγκεντρῶνται ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K τιθεμένου εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ συστήματος Σ_2 . Τὸ κατόπτρον K ρυθμίζεται οὕτως ὥστε νὰ ἀνακλᾷ τὸ φῶς κατὰ τρόπον ὥστε νὰ ἐπιστρέψῃ διὰ τῆς ἰδίας τροχιάς, εἰς τρόπον ὥστε διερχόμενον διὰ μέσου τῶν φακῶν Σ_2 καὶ Σ_1 καθὼς καὶ διὰ μέσου τοῦ διακένου τοῦ τροχοῦ, νὰ προσπέσῃ ἐπὶ τοῦ κατόπτρου Π . Ἐπειδὴ δὲ τὸ κατόπτρον τοῦτο εἶναι ἡμιανακλαστικόν, δηλαδὴ ἀποτελεῖται ἐξ ὑάλου καὶ ἐπιτρέπει τὴν διόδον ἐξ αὐτοῦ μέρους τὸν προσπίπτοντος φωτός, παρατηρητῆς τοποθετούμενος ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου τούτου εἰς O θὰ δέχεται φῶς.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι θέτομεν τὸν ὁδοντωτὸν τροχὸν εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Τότε ὁ ὀφθαλμὸς θὰ δέχεται φωτεινὰς ἐκλάμψεις, αἱ ὁποῖαι προκύπτουν μόνον ὁσάκις τὸ φῶς ἐκ τοῦ κατόπτρου Π , διερχόμενον διὰ τῶν διακένων τοῦ τροχοῦ καὶ ἀνακλῶμενον ἐπὶ τοῦ κατόπτρου K , εἰσχωρεῖ ἀκόλουθως εἰς τὸν ὀφθαλμὸν εἰς O . Λόγῳ τῆς μεγάλης ὁμῶς συχνῆς

τητος διαδόσεως τῶν φωτεινῶν ἐκλάμψεων, ὁ ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ ἀντλήσῃ αὐτὰς ὡς διακρίτους, ἀλλ' ἀντλαμβάνεται τὸ μέσον ἀποτελεσμα αὐτῶν.

Ἐάν ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ αὐξηθῇ σημαντικῶς, ὁ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον



Σχ. 145. Μέθοδος Fizeau μετρήσεως τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.

δέχεται ὁ παρατηρητὴς ἐλαττοῦται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, μέχρις ἐλαχίστης τιμῆς, ἐάν δὲ ἀπὸ τῆς στιγμῆς ταύτης διπλασιάσωμεν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς, ὁ φωτισμὸς, τὸν ὁποῖον ἀντλαμβάνεται ὁ παρατηρητὴς, διέρχεται διὰ μεγίστης τιμῆς.

Εἶναι ὅμως φανερόν ὅτι τὸ ἐλάχιστον τοῦ φωτισμοῦ θὰ τὸ ἀντλαμβάνεται ὁ παρατηρητὴς, ὅταν τὸ φῶς τὸ ὁποῖον διέρχεται διὰ τινος διακένου τοῦ τροχοῦ ἐπιστρέφῃ ἐκ τοῦ κατόπτρου K, ἀκριβῶς κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν καθ' ἣν παρεμβάλλεται ὁ ἀμέσως ἐπο-
μενος ὁδὸς τοῦ τροχοῦ. Ἡ συνθήκη δέ, ἵνα τοῦτο συμβαίῃ, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς ἐξισώσεως :

$$\frac{2l}{c} = \frac{1}{2nN}$$

ὅπου l ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τροχοῦ καὶ κατόπτρου K, c ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός καὶ ἐπομένως $2/c$ ὁ χρόνος ὁ ἀπαιτούμενος ἵνα ἐν διάκεινον τοῦ τροχοῦ ἀντικατασταθῇ ὑπὸ τοῦ ἀμέσως ἐπομένου ὁδόντος. Ὁ αὐτὸς χρόνος, ἐάν N ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν κατὰ sec τοῦ τροχοῦ καὶ n ὁ ἀριθμὸς τῶν ὁδόντων, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $1/2nN$. Ἐκ τῆς ἄνω σχέσεως, ὑπολογίζομεν εὐκόλως τὴν ταχύτητα c διαδόσεως τοῦ φωτός.

110*. Μέθοδος Foucault. Ὁ Foucault ἐτροποποίησε τὴν μέθοδον τοῦ Fizeau, ἀντικαταστήσας τὸν ὁδοντωτὸν τροχὸν διὰ περιστρέψαν κατόπτρου, ἐκτελούντος 800 στροφὰς κατὰ δευτερόλεπτον, οὗτω δὲ κατόρθωσε νὰ σμικρύνῃ τὴν ἀπόστασιν εἰς 4,12 m. Ἡ μέτρησις αὕτη τοῦ Foucault, λόφῃ τῆς σμικρότητος τῆς ἀποστάσεως l δὲν ἦτο ἀκριβής, ἐν τούτοις ὅμως ἐπέτυχεν οὕτως διὰ τῆς μεθόδου του νὰ μετρήσῃ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ ὕδωρ, τὴν ὁποίαν εἶρε ὅτι εἶναι μικροτέρα τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸν ἀέρα.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Εἰς τί ἀσχολεῖται ἡ φωτομετρία.

Ποῖα τὰ κυριώτερα φωτομετρικὰ μεγέθη καὶ ποῖαι αἱ μονάδες αὐτῶν.

Διευκρινίσατε τὰ μεγέθη ἔντασις φωτεινῆς πηγῆς καὶ φωτισμὸς καὶ καθορίσατε τὰς μονάδας αὐτῶν.

Ποιοι οί νόμοι ἐπὶ τῶν ὁποίων βασίζεται ἡ φωτομετρία.

Κατὰ ποίους τρόπους ἐπιτυγχάνεται ἡ αὐξήσις τοῦ φωτισμοῦ τὸν ὁποῖον δέχεται τράπεζα ἐργασίας.

Ποία τὰ κυριώτερα εἶδη φωτομέτρων καὶ ποία ἡ ἀρχὴ ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ὁποίας λειτουργοῦν.

Ἐάν ὁ ἥλιος ὁ ὁποῖος ἀπέχει ἀπὸ τῆς Γῆς περίπου κατὰ 150 000 000 km πλησιάσῃ τὴν Γῆν, ὥστε νὰ λάβῃ τὴν θέσιν τῆς Σελήνης, ἡ ὁποία ἀπέχει κατὰ 384 000 km ἀπὸ τῆς Γῆς, κατὰ πόσον θὰ αὐξηθῇ τὸ ἥλιακὸν φῶς;

Περιγράψατε τὰς μεθόδους μετρήσεως διαδόσεως τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός: α) κατὰ τὴν μέθοδον Roemer, β) Fizeau, γ) Foucault.

Β'. Προβλήματα.

1. Δύο φωτεινὰ πηγὰ συγκρίνονται διὰ φωτομέτρου καὶ αἱ εὐρεθεῖσαι ἀποστάσεις αὐτῶν, ὅταν πραγματοποιητῇ ἰσότης φωτισμοῦ, εἶναι 15 καὶ 30 cm. Ἐάν ἡ μικροτέρας ἐντάσεως φωτεινὴ πηγὴ εἶναι 5 κηρίων, πόση ἡ ἐντασις τῆς ἐτέρας τῶν φωτεινῶν πηγῶν, ἐάν δὲ πρὸ τῆς λυχνίας τῆς ἐχούσης μεγαλυτέραν ἐντασιν τοποθετήσωμεν ἡμιδιαφανὴ ὕαλον ἀπορροφῶσαν 25% τοῦ φωτός, ποία πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἀπόστασις αὐτῆς ἀπὸ τοῦ φωτομέτρου, ἵνα προκαλῇ τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ὡς καὶ προηγουμένως.

2. Δύο φωτεινὰ πηγὰ ἐντάσεων 1 καὶ 4 κηρίων εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 1 m ἀπ' ἀλλήλων. Ζητεῖται εἰς ποίαν ἀπόστασιν δέον νὰ τοποθετηθῇ διάφραγμα καθέτως ἐπὶ τὴν ἐνοῦσαν τὰς δύο πηγὰς εὐθείαν, ἵνα τοῦτο δέχεται τὸν αὐτὸν φωτισμὸν.

3. Λυχνία ἡλεκτρικὴ 16 κηρίων εὐρίσκεται εἰς ὕψος 1 m ἀπὸ τραπέζης. Εἰς πόσον ὕψος πρέπει νὰ τοποθετηθῇ λυχνία 50 κηρίων διὰ νὰ προκαλῇ διπλάσιον φωτισμὸν.

4. Φωτεινὴ πηγὴ διὰ κάθετον πρόσπτωσιν προκαλεῖ ἐπὶ ἐπιφανείας ἀπεχούσης κατὰ 2 m φωτισμὸν 40 Lux. Ἐάν αὕτη πρέπει νὰ προκαλῇ τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐπὶ ἐπιφανείας ἀπεχούσης κατὰ 3 m καὶ ὑπὸ πρόσπτωσιν 60°, πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἐντασις τῆς λυχνίας εἰς ἀμφοτέρας τὰς περιπτώσεις.

5. Πρότυπον κηρίον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ διαφράγματος, ὃ δὲ φωτισμὸς τὸν ὁποῖον προκαλεῖ εἶναι ἴσος πρὸς τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον προκαλεῖ φωτεινὴ πηγὴ ἀγνώστου ἐντάσεως ἀπὸ ἀποστάσεως 40 cm. Πόση ἡ φωτεινὴ ἐντασις τῆς πηγῆς.

6. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν πρέπει νὰ τοποθετηθῇ λυχνία ἐντάσεως 60 κηρίων διὰ νὰ προκαλέσῃ φωτισμὸν 1,2 Lux.

7. Ἐάν δεχθῶμεν ὅτι ἡ πανσέληνος προκαλεῖ ἐπὶ ἐπιφανείας χάρτου φωτισμὸν $4 \cdot 10^{-8}$ Lux, εἰς πόσην ἀπόστασιν πρέπει νὰ τεθῇ λυχνία ἐντάσεως 1 κηρίου διὰ νὰ προκαλῇ τὸν αὐτὸν φωτισμὸν ἐπὶ τοῦ λευκοῦ χάρτου.

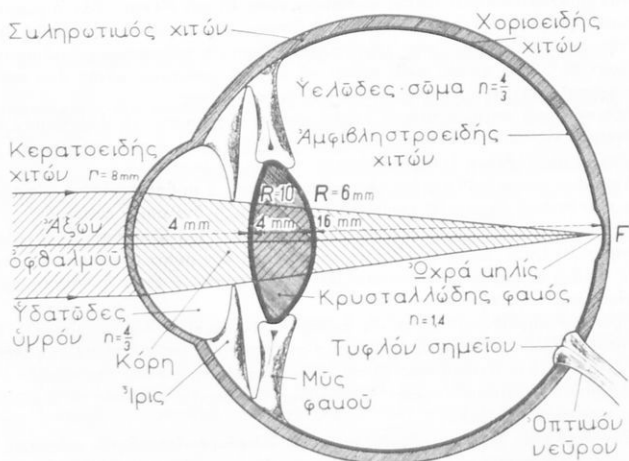
8. Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἶναι 297 600 km/sec, εἰς δὲ τὴν διάταξιν τοῦ Fizeau χρησιμοποιεῖται κάτοπτρον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 32 km ἀπὸ τοῦ ὁδοντωτοῦ τροχοῦ, ὃ δὲ τροχὸς ἔχει 300 ὀδόντας. Πόσος πρέπει νὰ εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν τοῦ τροχοῦ κατὰ δευτερόλεπτον, διὰ νὰ ἀντιλαμβάνεται ὁ παρατηρητὴς φῶς μεγίστης ἐντάσεως.

9. Πόσα λυχνία φωτεινῆς ἐντάσεως 125 κηρίων πρέπει νὰ τοποθετηθοῦν εἰς ὕψος 2 m ἀπὸ τραπέζης, διὰ νὰ προκαλοῦν φωτισμὸν 500 Lux.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ζ΄

ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

111. Ὁφθαλμός. Τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως εἶναι ὁ ὀφθαλμός. Τὸ ὄργανον τοῦτο τὸ ἐτοποθέτησεν ἡ φύσις ἐντὸς εἰδικῆς κοιλότητος τοῦ κρανίου, ἣ ὅποια καλεῖται **κόγχη**. Ἐκ τῆς ἀνατομικῆς ἐρεῦνης τοῦ ὀφθαλμοῦ κατεδείχθη ὅτι οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ τοῦ **βολβοῦ**, ὁ ὅποιος ἀποτελεῖ εἶδος σκοτεινοῦ θαλάμου, ἔχοντος σχῆμα σφαιρικόν, πεπλατυσμένον κατὰ τὸ πρόσθιον μέρος (σχ. 146). Ὁ



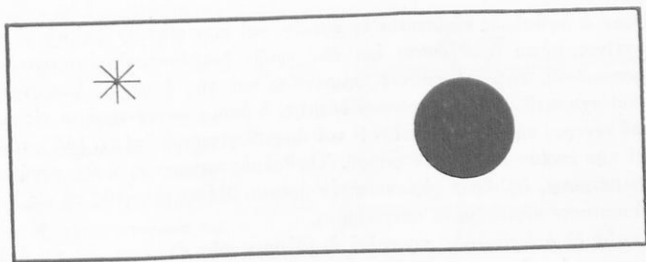
Σχ. 146. Τομή βολβοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ μετὰ τῶν διαφόρων μερῶν ἐκ τῶν ὁποίων οὗτος ἀποτελεῖται.

βολβὸς εἶναι ἐφωδιασμένος διὰ συστήματος ἐπέχοντος τὴν θέσιν ὀπτικοῦ ὀργάνου καὶ ἀποτελουμένου ἐκ διαφόρων διαθλαστικῶν οὐσιῶν. Ὁ βολβὸς συγκρατεῖται ἐπὶ τῆς κόγχης τοῦ κρανίου ὑπὸ ἑξ ἑν ὅλῳ μυῶν καὶ κατὰ τρόπον τοιοῦτον, ὥστε νὰ δύναται νὰ στρέφεται κατὰ πάσας τὰς διευθύνσεις.

Ἐξωτερικῶς, ὁ βολβὸς συγκρατεῖται ὑπὸ εἰδικῶν χιτῶνων, ὁ ὅποιος καλεῖται **σκληρωτικὸς χιτῶν**, καὶ εἶναι λίαν στερεὸς καὶ ἀνθεκτικὸς, χρησιμεύων διὰ τὴν προφύλαξιν τοῦ ὀφθαλμοῦ ἀπὸ βλαβῶν. Ὁ σκληρωτικὸς χιτῶν εἶναι λευκὸς καὶ ἀδιαφανὴς πρὸς τὸ ὀπίσθεν μέρος αὐτοῦ, ἐνῶ εἰς τὸ πρόσθιον μέρος καθίσταται διαφανής. Τὸ διαφανὲς τοῦτο τμήμα καλεῖται, εἰδικώτερον, **κερατοειδής χιτῶν**

(cornea). Ἐσωτερικῶς, ὁ σκληρωτικὸς χιτὼν περικαλύπτεται ὑπὸ λεπτοῦ στρώματος σκοτεινοῦ χρώματος, τὸ ὁποῖον καλεῖται **χοριοειδὴς χιτὼν**, ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἐξαπλοῦνται τὰ αἱμοφόρα ἀγγεῖα τοῦ ὀφθαλμοῦ, καὶ χρησιμεύει, πρὸς τούτοις, πρὸς προφύλαξιν τοῦ ἐσωτερικοῦ μέρους τοῦ ὀφθαλμοῦ ἀπὸ τοῦ διασπειρομένου φωτός.

Εἰς τὸ πρόσθιον μέρος, ὁ χοριοειδὴς χιτὼν ἀπολήγει εἰς διάφραγμα κυκλικόν, τὸ ὁποῖον καλεῖται **Ἴρις**. Τὸ ἀνωτέρω διάφραγμα εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ φέρει ὀπὴν, καλουμένην **κόρην**, διὰ τῆς ὁποίας εἰσχωρεῖ τὸ φῶς ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ. Τὸ εὖρος τῆς κόρης, διὰ καταλλήλων εἰδικῶν μυῶν τῆς ἱριδος, δύναται νὰ αὐξάνεται καὶ νὰ ἐλαττοῦται, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ρυθμίζεται ἡ ποσότης τοῦ φωτός ἡ εἰσχωρουῦσα ἐκάστοτε εἰς τὸν ὀφθαλμόν. Εἰς τὸ ὀπίσθιον μέρος, ὁ χοριοειδὴς χιτὼν περικαλύπτεται ὑπὸ ἑτέρου χιτὼνος, τοῦ **ἀμφιβληστροειδοῦς**, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐξαπλοῦνται αἱ διακλαδώσεις τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου, τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ εἰς τὸν ὀφθαλμόν ἐκ τοῦ ὀπισθίου μέρους αὐτοῦ. Ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἀποτελεῖται ἐκ μικροσκοπικῶν **ραβδίων** καὶ **κωνίων** (ἢ **κόνων**), καὶ συμπεριφέρεται κατ' ἀνάλογον περίπου τρόπον πρὸς εὐαίσθητον φωτογραφικὴν πλάκα εἰς τὸν θάλαμον φωτογραφικῆς μηχανῆς.



Σχ. 147. Ἀναζήτησις τοῦ τυφλοῦ σημείου.

Ἡ ἀκριβῶς πρὸς τὴν κόρην τοῦ ὀφθαλμοῦ ἀντικειμένη θέσις τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς περιέχει τὰ περισσότερα ραβδία καὶ κωνία, ὥς ἐκ τούτου δὲ τὸ μέρος τοῦτο ἀποτελεῖ τὸ εὐπαθέστερον μέρος τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, καὶ παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέραν διαχωριστικὴν ἱκανότητα, ἐνῷ ἡ ἑρὶς τῆς θέσεως ταύτης περιοχὴ ἐκλήθη, λόγῳ τοῦ χρώματος αὐτῆς, **ὠχρὰ κηλὶς**.

Εἰς τὴν περιοχὴν καθ' ἣν τὸ ὀπτικὸν νεῦρον εἰσχωρεῖ ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ, ἐπειδὴ εἰς αὐτὴν δὲν ὑφίστανται διακλαδώσεις τοῦ ὀπτικοῦ νεύρου, αὕτη παραμένει ἀπαθὴς εἰς τὸ φῶς, ὥς ἐκ τούτου δὲ ἐκλήθη **τυφλὸν σημείον**. Τὴν ὑπαρξιν τοῦ τυφλοῦ σημείου δυνάμεθα ν' ἀναγνωρίσωμεν διὰ τοῦ ἀκολουθῶντος πειράματος. Παρατηροῦμεν διὰ τοῦ δεξιοῦ ὀφθαλμοῦ προσεκτικῶς τὸν ἀστερίσκον (σχ. 147), τοῦ ἀριστεροῦ ὀφθαλμοῦ διατηρουμένου κλειστοῦ καὶ τῆς εἰκόνης τιθεμένης εἰς ἀπόστασιν περίπου 20 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, ὅποτε ὁ πρὸς τὰ δεξιὰ μελανὸς κύκλος ἐξαφανίζεται, διότι σχηματίζεται τὸ εἶδωλόν του ἀκριβῶς εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ τυφλοῦ σημείου. Ἐν τούτοις, ἡ ὑπαρξὶς τοῦ τυφλοῦ σημείου δὲν διαταράσσει τὴν

δρασι, διότι πάντοτε ἡ παρατήρησις γίνεται ταυτοχρόνως διὰ τῶν δύο ὀφθαλμῶν.

Ἀκριβῶς ὕψισθεν τῆς Ἰριδος, κεῖται ὁ **κρυσταλλῶδης φακός**, ὁ ὁποῖος εἶναι διαφανὲς κερατοειδὲς σῶμα, ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὁποῖου αὐξάνεται ἐκ τῶν ἔσω πρὸς τὰ ἔξω, ἡ δὲ μέση τιμὴ τοῦ δείκτου διαθλάσεως ἀνέρχεται εἰς 1,42. Τὸ σχῆμα τοῦ κρυσταλλῶδους φακοῦ εἶναι περίπου ἑλλειψοειδὲς ἐκ περιστροφῆς, καὶ ἡ ἑσωτερικὴ ἐπιφάνειά του παρουσιάζει μεγαλύτεραν καμπυλότητα ἢ ἡ ἐξωτερικὴ.

Ὁ φακὸς ὑποδιαιρεῖ τὸν θάλαμον τοῦ ὀφθαλμοῦ εἰς δύο μέρη διαφόρου μεγέθους. Τὸν ἐξωτερικὸν θάλαμον, ὁ ὁποῖος μεταξὺ τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος καὶ τοῦ φακοῦ εἶναι πλήρης ἀχρόου καὶ διαφανοῦς ὑγροῦ, τοῦ **ὕδατος ὑγροῦ**, τοῦ ὁποῖου ὁ δείκτης διαθλάσεως συμπίπτει πρὸς τὸν τοῦ ὕδατος. Ὁ ὀπίσθιος χῶρος τοῦ θαλάμου τοῦ ὀφθαλμοῦ, ὁ μεταξὺ φακοῦ καὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος, εἶναι πλήρης πηκτωματώδους διαφανοῦς ὑγροῦ, καλουμένου **ὕελδος** σώματος, ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ὁποῖου συμπίπτει ἐπίσης πρὸς τὸν τοῦ ὕδατος. Ἡ εὐθεΐα, ἡ ἐνοῦσα τὸ κέντρον τῆς κόρης ἢ τὴν κορυφὴν τοῦ κερατοειδοῦς χιτῶνος μὲ τὸ κέντρον τῆς ἀπέναντι αὐτῆς περιοχῆς τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, καλεῖται **ἄξων** τοῦ φακοῦ καὶ εἶναι κάθετος ἐπὶ ὅλων τῶν διαθλαστικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ ὀφθαλμοῦ.

Ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς εὐρίσκεται ἐν ἡρεμίᾳ καὶ προσπίπτουν ἐπ' αὐτοῦ παράλληλοι ἀκτῖνες, αὗται διαθλῶνται ἐπὶ τῶν τριῶν διαθλαστικῶν ἐπιφανειῶν, ἥτοι τοῦ κερατοειδοῦς, τῆς ἐμπροσθίας ἐπιφανείας καὶ τῆς ὀπισθίας ἐπιφανείας τοῦ φακοῦ καὶ σχηματίζουν συγκλίνουσαν δέσμην, ἡ ὁποία συγκεντρῶται εἰς τὸ ἀπέναντι τοῦ κέντρου τῆς κόρης σημεῖον F τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 146), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ φακοῦ. Ὁφθαλμὸς κανονικὸς, ἢ ὡς συνήθως λέγομεν **ἐμμέτρων**, ἐφ' ὅσον εὐρίσκεται ἐν ἡρεμίᾳ, βλέπει εὐκρινῶς τὰ εἰς λίαν μεγάλην ἀπόστασιν εὐρισκόμενα ἀντικείμενα.

Ἐπειδὴ δὲ ὁ ὀφθαλμὸς προκαλεῖ διάθλασιν τῶν ἀκτίνων, ὡς καὶ ὁ ἀπλοῦς συγκλίνων φακός, εἶναι φανερόν ὅτι τὸ εἶδωλον ἀντικειμένου θὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς ἀνέστραμμένον. Ἐν τούτοις, δὲν ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν ταύτην διότι, δι' αὐτομάτου ἐγκεφαλικῆς διεργασίας, ἔχομεν τὴν αἴσθησιν τοῦ ὀρθοῦ.

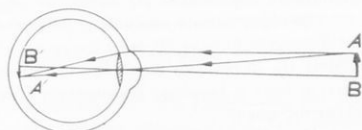
Ἐν γένει, ὁ ἀμφιβληστροειδὴς χιτὼν ἀποτελεῖται ὑπὸ ἐξόχως ὀργανωμένης μεμβράνης, ἐχούσης χροῶμα μέλαν, ἐπὶ τῆς ὁποίας ὑφίστανται μικροσκοπικὰ σωματῖα, τὰ κωνία καὶ τὰ ραβδία, καὶ ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀπολὴγουν τὰ ἄκρα τῶν νηματῶν τῶν διακλαδώσεων τοῦ ὀπτικού νεύρου.

112. Προσαρμογή. Ὅταν οἱ μῦες τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ εὐρίσκωνται ἐν ἀναπαύσει, εἶδομεν ὅτι τὰ εἶδωλα μεμακρυσμένων ἀντικειμένων σχηματίζονται σαφεῖ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ κανονικοῦ ὀφθαλμοῦ. Ὅταν ὅμως πρόκειται περὶ ἀντικειμένων εὐρισκομένων πλησίον τοῦ ὀφθαλμοῦ, τότε διὰ νὰ σχηματισθῶν σαφεῖ τὰ εἶδωλα ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, πρέπει νὰ μεταβληθῇ καταλλήλως ἡ καμπυλότης τοῦ φακοῦ, ἡ ἐργασία δὲ αὕτη γίνεται αὐτομάτως ὑπὸ τῶν μυῶν τοῦ φακοῦ, καὶ καλεῖται **προσαρμογή**. Διὰ κανονικὸν ὀφθαλμόν, ἡ ἐλαχίστη ἀπόστασις διὰ τῆς ὁποίας ἐπιτυγχάνεται εὐκρινὴς ὄρασις εἶναι περίπου 25 cm. Εἰς τὴν ἀπόστασιν δὲ ταύτην ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ πρέπει νὰ τεθῇ

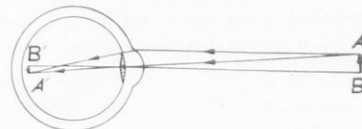
σελὶς βιβλίου ἵνα ἀναγινώσκωμεν ἀκόπως, ὥς ἐκ τούτου δὲ ἡ ἀπόστασις αὐτῇ ἐκλήθη **ἐλαχίστη ἀπόστασις τῆς εὐκρινοῦς ὁράσεως**. Εἰς ὀλίγον μικροτέραν ἀπόστασιν τῶν 25 cm, δυνάμεθα ἐπίσης ν' ἀναγνώσωμεν εὐκρινῶς, ἀλλ' οἱ μῦες τοῦ ὀφθαλμοῦ ὑφίστανται κόπωσιν.

113. Ἐλαττώματα ὁράσεως. Τόσον τὸ μέγεθος τοῦ βολβοῦ, ὅσον καὶ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ δὲν ἔχουν πάντοτε τὰς διαστάσεις ἐκεῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν εἰς τὸν κανονικὸν ὀφθαλμόν, ἢ ἄλλως, τὸν ἐμμέτρωπα. Ἐάν π.χ. ὁ φακὸς εἶναι πολὺ κυρτός, δηλαδὴ πολὺ συγκλίνων, τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$ μεμακρυσμένου ἀντικειμένου AB δὲν σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς, ὥς συμβαίνει εἰς τὸν ἐμμέτρωπα ὀφθαλμόν (σχ. 148), ἀλλὰ ὀλίγον πρὸ αὐτοῦ (σχ. 149), ὥς ἐκ τούτου δὲ τὸ ἐπὶ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς σχηματιζόμενον εἶδωλον εἶναι ἀσαφὲς καὶ συγκεχυμένον. Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο καλεῖται **μυωπία** καὶ ὁ ὀφθαλμὸς μύωψ, καὶ διορθώνεται δι' ἀποκλίνοντος φακοῦ τιθεμένου πρὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ (σχ. 150). Ὁ μύωψ δύναται νὰ βλέπῃ ἄνευ τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ μόνον τὰ λίαν ἐγγὺς πρὸς τὸν ὀφθαλμόν εὐρυσκόμενα ἀντικείμενα. Ἀντιθέτως, ἐάν ὁ φακὸς ἔχῃ μεγαλυτέραν ἔστιακὴν ἀπόστασιν τῆς κανονικῆς, τότε τὸ πραγματικὸν εἶδωλον $A'B'$ μεμακρυσμένου ἀντικειμένου AB , σχηματίζεται ὀπισθεν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς (σχ. 151). Τὸ ἐλάττωμα τοῦτο καλεῖται **ὑπερμετρωπία** καὶ ὁ ὀφθαλμὸς ὑπερμέτρωψ, διορθοῦται δὲ διὰ συγκλίνοντος φακοῦ (σχ. 152). Ἀνατομικῶς, ὥς ἐπὶ τὸ πλεῖστον, τὰ ἐλαττώματα ταῦτα τοῦ ὀφθαλμοῦ δὲν ὀφείλονται εἰς ἀνωμαλίαν τῆς ἔστιακῆς ἀποστάσεως ἢ τῆς διαθλαστικῆς δυνάμεως τοῦ φακοῦ, ἀλλὰ εἰς διάφορον σχηματισμὸν τοῦ βολβοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ, ὁ ὁποῖος εἰς

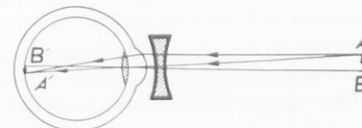
Σχ. 148.



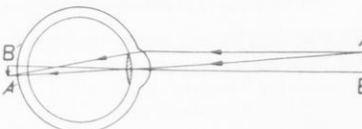
Σχ. 149.



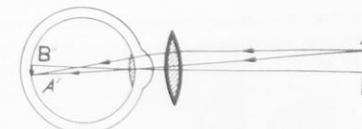
Σχ. 150.



Σχ. 151.



Σχ. 152.



Σχ. 148. Κανονικὸς ὀφθαλμὸς. Σχ. 149. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς. Σχ. 150. Διόρθωσις μυωπικοῦ ὀφθαλμοῦ. Σχ. 151. Ὑπερμετρωπικὸς ὀφθαλμὸς. Σχ. 152. Διόρθωσις ὑπερμετρωπικοῦ ὀφθαλμοῦ.

τὸν ὑπερμέτρωπα ἔχει μικρότερον βάθος καὶ εἰς τὸν μύωπα μεγαλύτερον τοῦ κανονικοῦ.

114. Πρεσβυωπία. Ἡ ἰκανότης προσαρμογῆς τοῦ ὀφθαλμοῦ μεταβάλλεται μετὰ τῆς ἡλικίας τοῦ ἀτόμου. Οὕτω πρόσωπον νεαρᾶς ἡλικίας (14 ἐτῶν) δύναται νὰ μεταβάλῃ διὰ προσαρμογῆς τὴν σφαιρικότητα τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ του εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ νὰ αὐξηθῇ κατὰ 14 διοπτρίας, οὕτω δὲ τὸ ἄτομον δύναται νὰ διακρίνῃ ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν μέχρις 7 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ.

Τὸ εὖρος τοῦτο προσαρμογῆς τοῦ ὀφθαλμοῦ ἐλαττοῦται αὐξανομένης τῆς ἡλικίας. Οὕτω δι' ἄνθρωπον ἡλικίας 30 ἐτῶν ἀνέρχεται εἰς 7 διοπτρίας, ἡ δὲ ἐλαχίστη ἀπόστασις ὁράσεως φθάνει εἰς 15 cm, ἐνῶ εἰς ἄνθρωπον 60 ἐτῶν ἀνέρχεται μόλις εἰς 1 διοπτρίαν καὶ εἰς ἡλικίαν 70 ἐτῶν ἡ ἰκανότης προσαρμογῆς ἐξαφανίζεται. Τὸ σφάλμα τοῦτο διορθοῦται διὰ συγκλίνοντος φακοῦ.

Ἀπὸ ἡλικίας 50 ἐτῶν καὶ ἡ μεγίστη ἀπόστασις ὁράσεως ἐλαττοῦται ἀπὸ τοῦ ἀπειροῦ αὐξανομένης τῆς ἡλικίας καὶ ὅταν εἰς βαθὺ γῆρας ἡ ἰκανότης προσαρμογῆς ἐκλείνῃ τελείως, ἡ μεγίστη ἀπόστασις ὁράσεως συμπίπτει πρὸς τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν ὁράσεως, ἡ ὁποία ἀνέρχεται εἰς 40 cm. Ἐνεκα τοῦ λόγου τούτου πρέπει διὰ τὰ πλησίον ἀντικείμενα κάτω τῶν 40 cm νὰ χρησιμοποιεῖται διορθωτικὸς φακὸς συγκλίνων, διὰ δὲ τὰ μακροκείμενα διορθωτικὸς φακὸς ἀποκλίνων.

Τελευταίως κατασκευάζονται διὰ τὸν ἀνωτέρω σκοπὸν ὀμματοῦλεια, τῶν ὁποίων ὁ φακὸς κατὰ τὸ ἥμισυ εἶναι συγκλίνων καὶ κατὰ τὸ ἕτερον ἥμισυ ἀποκλίνων.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. 1. *Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ βλέπῃ ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς μεγαλύτεραν ἀπόστασιν ἀπὸ 6 cm. Ζητεῖται νὰ προσδιορισθῇ τὸ εἶδος τοῦ φακοῦ ποῦ πρέπει νὰ χρησιμοποιηθῇ καὶ ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ εἰς διοπτρίας.*

Τὸ ἐλάττωμα τῆς μυωπίας διορθοῦται δι' ἀποκλίνοντος φακοῦ. Ἐφ' ὅσον ὁ ὀφθαλμὸς δὲν φέρει διορθωτικὸν φακὸν θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις: $\frac{1}{6} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$.

Ἐάν ὁ ὀφθαλμὸς εἶναι ἐφωδιασμένος μὲ φακὸν ἐστιακῆς ἀποστάσεως x θὰ εἶναι:

$$\frac{1}{24} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} + \frac{1}{x}$$

διότι τότε ὁ φακὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως f , μετὰ τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ, ἐστιακῆς ἀποστάσεως x , ἀποτελεῖ σύστημα φακῶν, ἐνῶ p' ἀποτελεῖ τὴν ἀπόστασιν τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἀπὸ τοῦ ἀμφιβλητροειδοῦς. Δι' ἀφαιρέσεως τῶν δύο τούτων ἑξισώσεων κατὰ μέλη προκύπτει:

$$\frac{1}{6} - \frac{1}{24} = -\frac{1}{x} \quad \text{καὶ } x = -8 \text{ cm.}$$

Οὕτω, ἐπειδὴ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εὐρίσκεται ἀρνητική, ἡ ἐστία του εἶναι φανταστική, ἐπομένως ὁ φακὸς εἶναι ἀποκλίνων.

Ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ εἰς διοπτρίας εὐρίσκεται ἐκ τῆς σχέσεως: $P = -\frac{1}{0,08} = -12,5$ διοπτρίαι.

2. *Ὑπερμετρωπικὸς ὀφθαλμὸς δὲν δύναται νὰ διακρίνῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα τὰ ὁποῖα κεῖνται πλησιέστερον ἀπὸ 90 cm. Ζητεῖται τὸ εἶδος τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ καὶ ἡ ἰσχὺς του ἵνα βλέπῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπ' αὐτοῦ.*

Γνωρίζομεν ἤδη ὅτι ἡ ὑπερμετρωπία διορθοῦται διὰ συγκλίνοντος φακοῦ. Διὰ τὸν ὀφθαλμὸν ἄνευ διορθωτικοῦ φακοῦ θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις: $\frac{1}{90} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$.

Διὰ τὸ σύστημα φακοῦ ὁφθαλμοῦ καὶ διορθωτικοῦ φακοῦ θὰ ἰσχύῃ ἡ σχέσις:

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} + \frac{1}{x}$$

ὅπου x ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ. Δι' ἀφαιρέσεως κατὰ μέλη τῶν δύο ἀνωτέρω ἐξισώσεων εὐρίσκωμεν:

$$\frac{1}{25} - \frac{1}{90} = \frac{1}{x} \quad \text{καὶ} \quad x = 35,1 \text{ cm.}$$

Ἐπειδὴ ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις εὐρίσκεται θετικὴ, ἡ ἑστία εἶναι πραγματικὴ καὶ ὁ φακὸς συγχλινών. Ἡ ἰσχὺς τοῦ φακοῦ εἶναι: $P = \frac{1}{0,351} = 2,85 \text{ διοπτρίαι.}$

115. Ὀπτικάι ἀπάται. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τῆς διαθλάσεως καὶ τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως, ἐξητάσαμεν διαφόρους περιπτώσεις ὀπτικῶν ἀπατῶν, ὡς π.χ. ὅταν εὐθεῖα ράβδος ἡ ὁποία εἶναι βυθισμένη ἐν μέρει εἰς ὕδωρ, φαίνεται ὡς τεθλασμένη (σχ. 59). Ἐπίσης ἐξητάσαμεν τοιαύτας ὀπτικὰς ἀπάτας καὶ εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν, ὡς π.χ. τὴν ἀνύψωσιν τοῦ Ἥλιου ὑπὲρ τὸν ὀρίζοντα καὶ τὴν ἀνύψωσιν ἀντικειμένων ὑπὲρ τὸν ὀρίζοντα παρατηρητοῦ (σχ. 52 ἕως 56). Ὅλα τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἀποτελοῦν ὀπτικὰς ἀπάτας, τῶν ὁποίων τὸ αἷτιον εὐρίσκεται ἔξω τοῦ ὁφθαλμοῦ τοῦ παρατηρητοῦ.



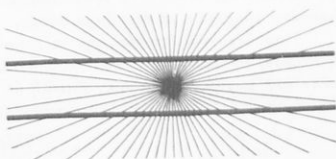
Σχ. 153.

Σχ. 153. Ἐκ τῶν δύο ταινιῶν, μολονότι αὔται εἶναι ἴσαι, ἡ κάτω φαίνεται μεγαλύτερα.



Σχ. 154.

Σχ. 154. Αἱ δύο εὐθεῖαι ἔχουν τὸ αὐτὸ μῆκος.

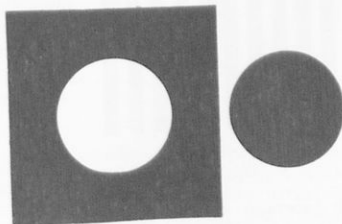


Σχ. 155. Αἱ δύο εὐθεῖαι εἶναι πράγματι παράλληλοι, διὰ τῆς προσθήκης ὁμως τῶν ἀκτινωτῶν γραμμῶν φαίνονται ὡς μὴ παράλληλοι.

Εἰς τὰ σχ. 153 ἕως 156 δεικνύονται διάφοροι ὀπτικάι ἀπάται. Πᾶσαι αἱ ἀνωτέρω ὀπτικάι ἀπάται ἐξηγοῦνται ἐκ τοῦ τρόπου κατὰ τὸν ὁποῖον ὁ ὁφθαλμὸς ἐξετάζει τὰ θεωρούμενα ἀντικείμενα, ὁ ὁποῖος συνίσταται εἰς τὸ νὰ βλέπῃ διαδοχικῶς καὶ μὲ μεγάλην ταχύτητα τὰς διαφόρους περιοχὰς τοῦ ἐξεταζομένου ἀντικειμένου.

Ἐκτὸς ὁμως τῶν ἀνωτέρω ὀπτικῶν ἀπατῶν, ὑφίστανται καὶ ἄλλαι, ὀφειλόμεναι εἰς φυσιολογικὰ καὶ ψυχολογικὰ αἷτια, τοιαῦται δὲ εἶναι ἐπὶ παραδείγματι τὰ φαινόμενα ἀντιθέσεως καὶ ἐπεκτάσεως τῶν εἰδώλων κ.ἄ. Οὕτω, ὅταν ἀντικείμενον φωτεινὸν τοποθετῇται ἐπὶ σκοτεινῆς βάσεως, φαίνεται εἰς ἡμᾶς φωτεινότερον ἢ ἐάν τοποθετηθῇ ἐπὶ φωτεινῆς βάσεως.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται, διότι ὁ ἀμφιβληστροειδὴς εἶναι εὐπαθέστερος ὅταν παρατηρῇ σκοτεινὴν ἐπιφάνειαν ἢ ὅταν παρατηρῇ φωτεινὴν τοιαύτην, τοῦτο ὀφειλόμενον



Σχ. 156. Ὁ λευκὸς δίσκος φαίνεται μεγαλύτερος τοῦ μελανοῦ, μολονότι αἱ διαμέτροι αὐτῶν εἶναι ἴσαι.

εις τὸ γεγονός, ὅτι, ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς παρατηρῇ φωτεινὴν ἐπιφάνειαν, ὁ ἀμφιβληστροειδὴς ὑφίσταται κόπωση.

Εἰς τὴν αὐτὴν αἰτίαν δέον ν' ἀποδοθῶν καὶ τὰ φαινόμενα τῆς χρωματικῆς ἀντιθέσεως. Οὕτω, τεμάχιον χάρτου φαιὸν χρώματος, τιθέμενον ἐπὶ βάσεως ἐρυθρῶν χρώματος, φαίνεται πρασινοπὸν, ἐνθ' φαίνεται ἐρυθρῶπὸν ὅταν τίθεται ἐπὶ πρασίνῃς βάσεως.

Ὅταν, ἐξ ἄλλου, παρατηροῦμεν φωτεινὸν ἀντικείμενον, τοῦ ὀφθαλμοῦ ὅμως μὴ εὐρισκόμενον ἐν τελείᾳ προσαρμογῇ, ἔχομεν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι τοῦτο εἶναι μεγαλύτερον ἰσομέγεθους σκοτεινοῦ ἀντικειμένου.

Ἡ ὥς ἄνω ἐντύπωσις σχηματίζεται ἀπὸ ἡμᾶς, διότι ἕκαστον σημεῖον τοῦ φωτεινοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται εἰς τὸν ἀμφιβληστροειδῆ ὡς μικρὸς κύκλος, οὗτος δὲ ἐπεκτείνεται τὰ ὅρια τοῦ ἀντικειμένου. Κατὰ συνέπειαν, ὅταν ἡ Σελήνη εὐρίσκεται εἰς φάσιν μηνίσκου ὁ φωτεινὸς μηνίσκος φαίνεται ὅτι ἀνήκει εἰς κύκλον μεγαλύτερον τοῦ κύκλου εἰς τὸν ὁποῖον ἀνήκει τὸ ὑπόλοιπον μέρος τῆς Σελήνης. Ἐπίσης τὸ πυρακτωμένον νῆμα λυχνίας φαίνεται εἰς ἡμᾶς πολὺ παχύτερον παρ' ὅσον πραγματικῶς εἶναι. Ἀνάλογον φαινόμενον δεῖκνυται τὸ σχ. 156.

Εἰς ὅλα τὰ φαινόμενα τῆς ἀντιθέσεως, μεγάλην σημασίαν ἔχει καὶ ὁ ψυχολογικὸς παρὰ γων, διότι ὅταν δι' ἄμεσον παρατηρήσεως θέλωμεν νὰ ἐκτιμήσωμεν μικρὰς διαφορὰς, νομίζομεν ὅτι αὗται εἶναι μεγαλύτεραι.

116. Διαχωριστικὴ ἱκανότης τοῦ ὀφθαλμοῦ. Οὕτω καλοῦμεν τὴν ἐλαχίστην τιμὴν τῆς φαινομένης διαμέτρου γραμμικῆς διαστάσεως, (π.χ. μικρᾶς εὐθείας), ἣνα ὁ ὀφθαλμὸς διακρίνῃ ἐκρινῶς τὰ δύο ἄκρα αὐτῆς.

Παραδέχοντα ὅτι δύο σημεῖα Α καὶ Β (βλ. σχ. 117) δύνανται νὰ διακριθῶν ὑπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, ἐφ' ὅσον τὰ εἰδῶλα αὐτῶν α καὶ β δὲν σχηματίζονται ἐπὶ δύο συνεχόμενων στοιχείων τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς. Ἐπειδὴ δὲ ὁ ὀφθαλμὸς ἀποτελεῖται ἐκ κυττάρων τῶν ὁποίων ἡ διάμετρος εἶναι 0,005 mm ἡ δὲ ἀπόστασις $O\alpha = 15\text{ mm}$, ἡ μικρότερος τιμὴ τῆς γωνίας θ εἶναι:

$$\theta = \frac{0,005}{15} = \frac{1}{3000} \text{ ἀκτίνια}$$

ἢ περίπου 1 πρῶτον λεπτὸν τῆς μοίρας.

Ἡ διαχωριστικὴ ἱκανότης ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μορφῆς τοῦ ἀντικειμένου, αὐξάνει δὲ μετὰ τοῦ φωτισμοῦ μέχρι μεγίστης τινὸς τιμῆς καὶ ἐλαττοῦται ἐκ νέου, ὅταν ὁ φωτισμὸς καταστῇ πολὺ ἐντονος.

Συνήθως ἡ διαχωριστικὴ ἱκανότης μετράται τῇ βοήθειᾳ **στοχάστρων** (σχ. 157) ἀποτελουμένων ἐκ διαδοχικῶν ταινιῶν χρώματος μαύρου καὶ λευκοῦ τοῦ αὐτοῦ εὗρους d . Ἐάν, παρατηροῦντες τὸ στόχαστρον διὰ τοῦ ὀφθαλμοῦ, ἀπομακρυνόμεθα ἀπ' αὐτοῦ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, φθάνομεν εἰς ἀπόστασιν τινα l , ὅπου τὸ στόχαστρον δεῖκνυται ὁμοίωμορον χρωματισμὸν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι:

$$\theta = \frac{d}{l} \quad \text{καὶ} \quad d = l \cdot \theta.$$



Σχ. 157. Στόχαστρον.

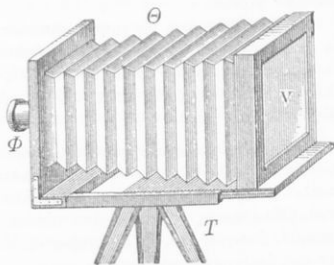
Ἐάν λάβωμεν ὡς ὅριον διαχωριστικῆς ἱκανότητος τοῦ ὀφθαλμοῦ $1/3000$ ἀκτίνια, τότε, δι' ἀντικείμενον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἐλαχίστην ἀπόστασιν δύο σημείων αὐτοῦ τὰ ὅποια δύναται ὁ ὀφθαλμὸς νὰ βλέπῃ ξεχωρισμένα. Πράγματι εἶναι: $d = 20/3000 = 1/150\text{ cm}$.

117. Φωτογραφία. Ἡ φωτογραφία ἀποτελεῖ τὴν τέχνην διὰ τῆς ὁποίας, διὰ χρησιμοποίησιν τῆς εὐαισθησίας διαφόρων φωτοπαθῶν οὐσιῶν εἰς τὸ λευκὸν φῶς ἢ εἰς τὰ διάφορα ἀπλὰ χρώματα, ἐπιτυγχάνομεν τὴν ἀπεικόνισιν, ἐπὶ καταλλήλῳ φωτοπαθοῦς χάρτου, τοπίων, φυσιογνωμιῶν κ.τ.λ., ὑπὸ φωτισμὸν ἡλιακοῦ ἢ ἄλλου τεχνητοῦ λευκοῦ φωτός. Ἡ φωτογραφία

χρησιμοποιεί πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐκ σκοτεινοῦ θαλάμου, εἰς τὸ πρόσθιον μέρος τοῦ ὁποίου τοποθετεῖται συγκλίνων φακὸς ἢ συγκλίνων σύστημα φακῶν.

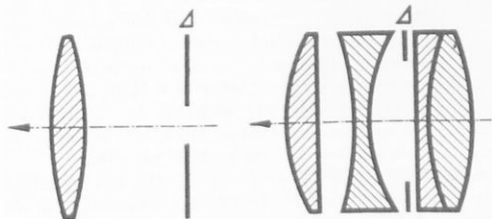
Εἰς τὴν ἀντικειμένην πρὸς τὸν φωτογραφικὸν φακὸν ἔδραν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου, ὑφίσταται γαλακτόχρους ὑαλινὴ πλάξ, ἐπὶ τῆς ὁποίας σχηματίζεται τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου τοῦ ὁποῖον παρέχει ὁ φωτογραφικὸς φακός.

Ἐπειδὴ τὰ φωτογραφούμενα ἀντικείμενα εὐρίσκονται εἰς διαφόρους ἀποστάσεις ἀπὸ τοῦ φωτογραφικοῦ φακοῦ, ἡ φωτογραφικὴ μηχανὴ κατασκευάζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ μεταβολὴ τῆς ἀποστάσεως φωτογραφικοῦ φακοῦ καὶ πλάξος, διὰ σχετικῆς μετατοπίσεως αὐτῶν. Εἰς τὸ σχῆμα 158 δεικνύεται φωτογραφικὴ μηχανὴ συνήθους τύπου, εἰς τὴν ὁποίαν φαίνεται ἡ θέσις τοῦ φωτογραφικοῦ φακοῦ, ὁ φωτογραφικὸς θάλαμος καὶ ἡ θέσις ὅπου τοποθετεῖται ἡ γαλακτόχρους πλάξ ἢ ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.



Σχ. 158. Διάταξις φωτογραφικῆς μηχανῆς. Φ θέσις φακοῦ, Θ πτυχωτὸς θάλαμος, V θέσις φωτογραφικῆς πλάξος, T τρίπους στηρίξεως.

118. Φωτογραφικὸς φακός. Τὸ οὐσιωδέστερον μέρος τῆς φωτογραφικῆς μηχανῆς εἶναι ὁ φακὸς αὐτῆς, ὅσον δὲ τελειότερος εἶναι ὁ φακός, δηλ. ὅσον περισσότερον εἶναι ἀπηλλογμένος ἀπὸ τὰ ἐλαττώματα τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν οἱ φακοί, καὶ ὅσον μεγαλυτέραν ἰκανό-



Σχ. 159. Ἀπλοῦς φωτογραφικὸς φακὸς μετὰ διαφράγματος Δ.

Σχ. 160. Φωτογραφικὸς φακὸς τύπου Tessar μετὰ διαφράγματος Δ.



Σχ. 161. Διάφραγμα φωτογραφικῆς μηχανῆς (Ἰρις). Διὰ καταλλήλου μετακινήσεως τοῦ μοχλοῦ Μ αὐξάνομεν ἢ ἐλαττοῦμεν τὸ εὖρος τοῦ διαφράγματος.

τητα περισυλλογῆς φωτὸς παρουσιάζει, δηλ. ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ φαινόμενη αὐτοῦ, τόσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀξία τῆς μηχανῆς. Γενικῶς, εἰς τὰς καλὰς φωτογραφικὰς μηχανάς, ὁ φωτογραφικὸς φακὸς εἶναι σύστημα συγκλίνων ἐκ δύο ἢ περισσότερων φακῶν.

Τὸ σχῆμα 159 δεικνύει τὸν φωτογραφικὸν φακὸν συνήθους φωτογραφικῆς μηχανῆς, ἀποτελούμενον ἐξ ἐνὸς μόνον φακοῦ, καὶ ἐν τῇ ὁποίᾳ τὸ διάφραγμα, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει πρὸς περιορισμὸν τοῦ φωτός, τοποθετεῖται πρὸ τοῦ φακοῦ, ἐνῶ εἰς τὸ σχῆμα 160 δεικνύεται φωτογραφικὸς φακὸς ἀκριβεῖας, ἀποτελούμενος ἐκ συστήματος τεσσάρων φακῶν, τοῦ διαφράγματος τοποθετημένου

ἐντός τοῦ συστήματος. Ἐκτός τῶν ἀνωτέρω, ὑπάρχουν καὶ πολυάριθμοι ἄλλοι τύποι φωτογραφικῶν φακῶν.

Τὰ διαφράγματα τὰ χρησιμοποιούμενα εἰς τοὺς φωτογραφικοὺς φακοὺς ἀποτελοῦνται εἴτε ἐκ μεταλλικῶν δίσκων, εἰς τοὺς ὁποίους ὑπάρχουν πολλαὶ ὅπαι διαφόρον διαμέτρων, εἴτε ἔχουν τὴν μορφήν τῆς ἱριδὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ, ὅποτε διὰ καταλλήλου μηχανισμοῦ μεταβάλλεται ἡ διάμετρος τῆς ὀπῆς τοῦ διαφράγματος, ἡ ὁποία παρέχει καὶ τὸ ἀνοίγμα τοῦ διαφράγματος (σχ. 161).

119*. Ταχύτης φωτογραφικοῦ φακοῦ. Ὁ λόγος μεταξύ τῆς διαμέτρου φακοῦ καὶ τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως αὐτοῦ καλεῖται *σχετικὸν ἀνοίγμα* τοῦ φακοῦ, καὶ τὸ μέγεθος τοῦτο ἀποτελεῖ μείρον τῆς ἱκανότητος περισύλλογης φωτὸς τοῦ φακοῦ ἢ ἄλλως τῆς φωτεινότητος αὐτοῦ. Οὕτω φακὸς ἑστιακῆς ἀποστάσεως 40 cm καὶ διαμέτρου 10 cm ἔχει σχετικὸν ἀριθμητικὸν ἀνοίγμα 1/4, τὸ ἀντίστροφον δὲ τοῦ λόγου τούτου, ἥτοι ὁ 4 παριστᾷ τὴν διάμετρον τοῦ ἀνοίγματος τοῦ φακοῦ.

Συνήθως τὰ ὀπτικά ὄργανα καὶ οἱ φωτογραφικοὶ φακοὶ ἀπὸ ἀπόψεως φωτεινότητος αὐτῶν χαρακτηρίζονται ἐκ μεγέθους τὸ ὁποῖον ἔχει σύμβολον f /ἀριθμός, τὸ δὲ μέγεθος τοῦτο καθορίζεται ἐκ τοῦ πληκίου τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως διὰ τῆς διαμέτρου τοῦ ἀνοίγματος τοῦ φακοῦ.

Ἡ σταθερὰ τοῦ φακοῦ, f /ἀριθμός, καθορίζει τὴν *ταχύτητα τοῦ φακοῦ*, δηλ. τὴν ἱκανότητα περισύλλογης ὑπ' αὐτοῦ φωτός. Ὅσον ἡ σταθερὰ f /ἀριθμός εἶναι μικρότερα, τόσον ὁ φακὸς χαρακτηρίζεται ὡς ταχύτερος. Οὕτω φακὸς ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὑπὸ σταθερᾶς f /1.5 ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν ἡ ὁποία εἶναι 1.5 φορές μεγαλύτερα τῆς διαμέτρου αὐτοῦ καὶ ἀποτελεῖ φακὸν πολὺ ταχὺν καὶ ἐπομένως μεγάλης ἀξίας, ἐνῷ φακὸς f /11 ἔχει ἑστιακὴν ἀπόστασιν 11 φορές μεγαλύτεραν τῆς ἑστιακῆς ἀποστάσεως, εἶναι δὲ ὁ φακὸς οὗτος μικρὰς ταχύτητος καὶ ἐπομένως ὄχι μεγάλης ἀξίας.

120.* Φωτογραφικαὶ πλάκες καὶ φιλμ: α) *Πλάκες.* Αὗται εἶναι ὑάλινοι πλάκες, τῶν ὁποίων ἡ μία ἐπιφάνεια, ἡ ὁποία ἐκτίθεται εἰς τὸ φῶς, περικαλύπτεται ὑπὸ γαλακτώματος σχηματιζομένου ὑπὸ βρωμιούχου ἀργύρου καὶ ζελατίνης, καὶ καλοῦνται συνήθως *πλάκες*. Αἱ πλάκες αὗται δὲν προσβάλλονται ὑπὸ τοῦ ἐρυθροῦ φωτός, ὡς ἐκ τούτου δὲ ἡ κατεργασία τῶν πλακῶν τούτων γίνεται εἰς σκοτεινὸν θάλαμον φωτιζόμενον ὑπὸ ἐρυθρῶν ἀκτίνων.

Αἱ συνήθεις πλάκες δὲν ἐπηρεάζονται ἐξ ἴσου ὑπὸ τῶν φωτεινῶν ἀκτινοβολιῶν τοῦ λευκοῦ φωτός, ἀλλὰ προσβάλλονται περισσότερο ὑπὸ τῆς κυανοῦς καὶ ἰώδους περιοχῆς τοῦ φάσματος, ὀλιγώτερον δὲ ὑπὸ τῶν ἄλλων καὶ οὐδόπως ὑπὸ τῆς ἐρυθρᾶς περιοχῆς.

Τοῦτο ὅμως ἀποτελεῖ μειονέκτημα, ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἀπόδοσιν τῆς ἀξίας τῶν χρωμάτων εἰς τὸ εἶδωλον, αἰρεται δὲ διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως πλακῶν εἰδικῆς κατασκευῆς, εἰς τὰς ὁποίας τὸ γαλάκτωμα αὐτῶν ἐμποτίζεται διὰ καταλλήλων χρωστικῶν οὐσιῶν. Οὕτω προέκυψαν αἱ *δερθοχρωματικαὶ* πλάκες, αἱ ὁποιαὶ εἶναι εὐπαθεῖς δι' ὅλας τὰς περιοχάς, πλην τῆς ἐρυθρᾶς καὶ πορτοκαλλοχρόου, ὡς καὶ αἱ *πανχρωματικαὶ* πλάκες, αἱ ὁποιαὶ εἶναι εὐπαθεῖς εἰς ὅλας τὰς ἀκτινοβολίας τοῦ λευκοῦ φωτός.

β) *Φιλμ.* Τὰ φωτογραφικὰ φιλμ κατασκευάζονται καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς καὶ αἱ πλάκες, μετὰ τὴν διαφοράν ὅτι τὸ φωτοπαθὲς γαλάκτωμα τίθεται ἐπὶ φύλλον *celluloid*.

121.* Φωτογράφησις ἀντικειμένου. Τὸ πρὸς φωτογράφησιν ἀντικείμενον φροντίζομεν νὰ ἔχη τοιαύτην θέσιν, ἐν σχέσει πρὸς τὰς ἡλιακὰς ἀκτίνας ἢ τὸ τεχνητὸν φῶς, ὥστε νὰ φωτίζεται ὁμοιόμορφως, καὶ ἀπολούθως, τῇ βοηθητικῇ τοῦ φωτογραφικοῦ φακοῦ τῆς μηχανῆς, σχηματίζομεν εὐκρινὲς τὸ πραγματικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου ἐπὶ τῆς γαλακτοχρῶου πλάκας. Ἀπολούθως κλειόμεν τὸν φακὸν διὰ καταλλήλου διαφράγματος τοποθετουμένου ἔμπροσθεν αὐτοῦ, καὶ εἰς τὴν θέσιν τῆς γαλακτοχρόου πλάκας τοποθετοῦμεν θήκην (*chassi*), περιέχουσαν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα. Μετὰ τοῦτο, ἀφαιροῦμεν τὸ ἔμπροσθεν ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πλάκας ὑπάρχον διαφράγμα καὶ, ἐλευθεροῦντες τὸν φακὸν ἀπὸ τοῦ καλύμματος, ἀφήνομεν ἐπὶ τινα χρόνον τὰς φωτεινὰς ἀκτίνας νὰ ἐπιδράσιν ἐπὶ τῆς πλάκας. Τέλος προσ-

αριμώμεν ἐκ νέου τὸ διάφραγμα ἐπὶ τοῦ φακοῦ, τοποθετοῦμεν πάλιν τὸ διάφραγμα ἐπὶ τῆς πλακὸς καὶ μεταφέρομεν τὴν θήκην εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον πρὸς περαιτέρω κατεργασίαν. Ὁ χρόνος ἐκθέσεως τῆς πλακὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ τύπου τοῦ φωτογραφικοῦ φακοῦ, τῆς ποσότητος τοῦ φωτός καὶ ἐκ τῆς εὐαισθησίας τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς, ἀναλόγως δὲ τοῦ χρόνου ἐκθέσεως ἢ φωτογραφίσης καλεῖται *διαρκείας* (*pose*) ἢ *στιγμιαία* (*instantané*). Σήμερον, οἱ φωτογραφικοὶ φακοὶ καὶ οἱ φωτογραφικοὶ μηχανισμοὶ ἔχουν τελειοποιηθῇ, ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνωμεν φωτογράφησιν μὲ ἐκθέσεις διαρκείας μέχρι 1/1000 sec.

122*. Κατεργασία τῆς πλακός. Ἡ φωτοπαθὴς ἐπιφάνεια τῆς πλακός, λόγῳ τῆς ἐκθέσεως αὐτῆς, προσεβλήθη κατὰ τὰ διάφορα μέρη αὐτῆς, ἀλλ' ὅταν ἐξαχθῇ ἐκ τῆς θήκης εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον δὲν δεικνύει οὐδὲν ἴχνος προσβολῆς.

Πρὸς *ἐλεγχον* τῆς προσβολῆς βυθίζομεν τὴν πλάκα ἐντὸς λουτροῦ, ἀποτελουμένου ἐκ διαλυμάτων σομμάτων λίαν ἀναγωγίων, τὰ πλεῖστα τῶν ὁποίων ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν φαινολῶν καὶ τῶν παραγῶγων αὐτῶν, προστιθέμενον καὶ θειώδους νατρίου ἢ ἀνθρακικοῦ ἀλκαλίου. Τοιαῦτα διαλύματα ἐμφανίσεως εὐρίσκονται καὶ ἔτοιμα εἰς τὸ ἐμπόριον.

Ἡ ὥς ἄνω κατεργασία τῆς πλακός καλεῖται *ἐμφάνσεις*, καὶ κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτῆς ὅλα τὰ μέρη τῆς φωτοπαθοῦς οὐσίας τῆς πλακός, τὰ ὅποια προσεβλήθησαν ὑπὸ τοῦ φωτός, — ἀντιστοιχοῦν δὲ ταῦτα εἰς τὰ φωτεινὰ μέρη τοῦ ἀντικειμένου, — ὑπέστησαν ἀλλοίωσιν ἢ ὅποια συνίσταται εἰς τὴν ἀναγωγὴν τοῦ ἀργύρου. Οὕτω, διὰ τῆς ἐπιδράσεως τοῦ ὑγροῦ ἐμφανίσεως εἰς τὰς προσβληθείσας περιοχὰς τῆς πλακός, ἀποτίθεται μέλαν στρώμα ἐξ ἀργύρου, τὸ λεπτοτάτῳ διαμερισμῷ, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀδιαφανές. Τὸ οὕτω προκύπτον ἐπὶ τῆς πλακός εἶδωλον καλεῖται *ἀρνητικὸν εἶδωλον*, ὅταν δὲ τοῦτο καταστῇ ἀρκετὰ ἔντονον, ἀπομακρύνομεν τὴν πλάκα ἀπὸ τοῦ λουτροῦ ἐμφανίσεως καὶ θέτομεν αὐτὴν ἐντὸς ἑτέρας λεκάνης φερούσης καθαρὸν ὕδωρ.



Σχ. 162.

Ἀρνητικὴ φωτογραφία.



Σχ. 163.

Θετικὴ φωτογραφία.

Μετά τοῦτο, ἐξακολουθεῖ ἑτέρα κατεργασία τῆς πλακός, ἡ *στερέωσις*, ἢ ὅποια σκοπὸν ἔχει ν' ἀπαλλάξῃ τὴν φωτογραφικὴν πλάκα ἀπὸ τοῦ ὑπολοίπου φωτοπαθοῦς στρώματος, τὸ ὁποῖον δὲν προσεβλήθη ὑπὸ τοῦ φωτός. Πρὸς τοῦτο, ἡ πλάξ μεταφέρεται εἰς ἕτερον λουτρόν, περιέχον ὑδατὶκὸν διάλυμα ὑποθειώδους νατρίου 20% περίπου, καὶ ἀφήνεται ἐντὸς αὐτοῦ, μέχρις ὅτου ὅλη ἡ γαλακτοφόρος ὀψις αὐτῆς ἐξαφανισθῇ. Ἀκολουθοῦς ἡ πλάξ ὑποβάλλεται εἰς πλύνειν διὰ καθαροῦ ὕδατος καὶ τέλος ξηραίνεται εἰς τὸν ἀέρα.

123. Ἀποτύπωσις. Τὸ ἀρνητικὸν εἶδωλον τῆς φωτογραφικῆς πλακός (σχ. 162) παρουσιάζει τὰς λευκὰς περιοχὰς τοῦ ἀντικειμένου μελαίνας, ἐνῶ εἶναι διαφανὲς εἰς τὰς περιοχὰς αἱ ὁποῖαι ἀντιστοιχοῦν πρὸς τὰς μελαίνας περιοχὰς τοῦ ἀντικειμένου, μεταξὺ δὲ τῶν δύο τούτων περιοχῶν ὑφίστανται αἱ διάφοροι ἄλλαι διαβαθμίσεις φωτεινότητος τοῦ ἀντικειμένου.

Ἡ πλάξ ἢ φέρουσα τὸ ἀρνητικὸν εἶδωλον τίθεται ἐπὶ φωτογραφικοῦ χαρτον, ὃ ὁποῖος

είναι φύλλον χάρτου, ή μία επιφάνεια του οποίου έχει καλυφθῇ ὑπὸ τῆς αὐτῆς περίπου φωτοπαθοῦς οὐσίας ὥς καὶ ἡ φωτογραφικὴ πλάξ, καὶ ἐκτίθεται εἰς τὰς ἡλιακὰς ἀκτίνας.

Τὸ φύλλον τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου στερεοῦται μετὰ τῆς πλακὸς ἐντὸς καταλλήλου θήκης, εἰς τρόπον ὥστε ἡ φωτοπαθὴς ἐπιφάνεια τοῦ χάρτου νὰ εὐρίσκεται ἐπὶ τοῦ προσβληθέντος στρώματος. Εὐκόλως κατανοεῖται ὅτι ἐπὶ τοῦ φωτογραφικοῦ χάρτου, μετὰ τὴν ἐμφάνισιν καὶ στερέωσιν αὐτοῦ, θὰ σχηματισθῇ τὸ *θετικὸν* εἶδωλον (σχ. 163).

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Ἀπὸ ποῖα μέρη συνίσταται ὁ ὀφθαλμὸς. Κατασκευάσατε διάγραμμα τούτου.

Πότε ὁ ὀφθαλμὸς λέγεται μυωπικὸς, ποῦ ὀφείλεται τὸ ἐλάττωμα τοῦτο, καὶ πῶς διορθοῦται.

Πότε ὁ ὀφθαλμὸς λέγεται ὑπερμετρωπικὸς, ποῦ ὀφείλεται τὸ ἐλάττωμα τοῦτο, καὶ πῶς διορθοῦται.

Πότε ὁ ὀφθαλμὸς λέγεται πρεσβυωπικὸς. Ποῦ ὀφείλεται τὸ ἐλάττωμα τοῦτο, καὶ πῶς διορθοῦται.

Διὰ ποῖον λόγον εἰς τὰς φωτογραφικὰς μηχανὰς χρησιμοποιοῦμεν συνθέτους φακοὺς καὶ διαφράγματα.

Περιγράψατε τὰ μέρη ἐξ ὧν ἀποτελεῖται φωτογραφικὴ μηχανή.

Πῶς γίνεται ἡ λήψις φωτογραφίας, ἡ ἐμφάνισις τῆς πλακὸς καὶ ἡ ἀποτύπωσις τῆς φωτογραφίας ἐπὶ χάρτου.

Β'. Προβλήματα.

1. Ὁφθαλμὸς παρουσιάζει ἐλαχίστην ἀπόστασιν εὐκρινοῦς ὁράσεως 25 cm. Ἐάν πρὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ τοποθετηθῇ φακὸς συγκλίνων, ἑστιακῆς ἀποστάσεως 10 cm καὶ εἰς ἀπόστασιν 6 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ, εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ φακοῦ πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἔντυπον ἵνα ὁ ὀφθαλμὸς βλέπῃ τοῦτο εὐκρινῶς.

2. Ἡ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ τοῦ ὀφθαλμοῦ ἀπὸ τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς εἶναι 2,5 cm. Πόση ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις αὐτοῦ, ὅταν προσαρμώζεται ὥστε νὰ βλέπῃ ἀντικείμενον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν α) 20 cm, καὶ β) 200 cm ἀπὸ τοῦ φακοῦ.

3. Πρόσωπον ἀναγινώσκει ἀπὸ ἀποστάσεως 25 cm *εφ'* ὅσον φορεῖ ὀμματουῖα ἀπὸ συγκλίνοντας φακοὺς, ἑστιακῆς ἀποστάσεως 30 cm. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν δέον νὰ τοποθετηθῇ τὸ ἔντυπον, ἵνα τὸ αὐτὸ πρόσωπον ἀναγινώσκει εὐκρινῶς διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ.

4. Μυωπικὸς ὀφθαλμὸς βλέπει εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν πρὸ πολλοῦ 90 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ. Ζητεῖται, πόση πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἑστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ τὸν ὁποῖον πρέπει νὰ χρησιμοποιήσῃ, διὰ νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα μεμακρυσμένα.

*Ἀνθρωπὸς τις φέρει διορθωτικοὺς φακοὺς ἰσχύος -2 διοπτριῶν, καὶ βλέπει εὐκρινῶς ἔντυπον εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπὸ τοῦ ὀφθαλμοῦ. Εἰς πόσην ἀπόστασιν πρέπει νὰ τοποθετηθῇ τὸ ἔντυπον, ἵνα βλέπῃ τοῦτο εὐκρινῶς διὰ γυμνοῦ ὀφθαλμοῦ.

6. Ἀνθρωπὸς τις βλέπει εὐκρινῶς τὰ ἀντικείμενα τὰ εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 70 cm. Τί εἶδους διορθωτικοὺς φακοὺς πρέπει νὰ χρησιμοποιήσῃ διὰ νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 70 cm. Τί εἶδους διορθωτικοὺς φακοὺς πρέπει νὰ χρησιμοποιήσῃ, διὰ νὰ βλέπῃ εὐκρινῶς ἀντικείμενα εὐρισκόμενα εἰς ἀπόστασιν 25 cm. Πόση ἡ ἰσχύς τοῦ διορθωτικοῦ φακοῦ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Η'

ΦΥΣΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗ

124. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἡ Φυσικὴ Ὀπτικὴ ἀποτελεῖ τὸν ἕτερον κλάδον τῆς Ὀπτικῆς, ὃ ὁποῖος ἐξετάζει ὀπτικὰ φαινόμενα τῶν ὁποίων ἡ μελέτη ἀπαιτεῖ περισσότερας γνώσεις ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τοῦ φωτός.

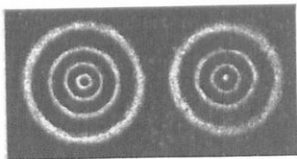
Εἰς τὴν Γεωμετρικὴν Ὀπτικὴν ὡς εἶδομεν (§ 5), ἀρκεῖ ἡ παραδοχὴ τῆς ὑπάρξεως τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, ἢ ἄλλως, τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. Διὰ τῆς ἐννοίας τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, εἶδομεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἐξηγητήσωμεν πλείστα ἐκ τῶν στοιχειωδῶν ὀπτικῶν φαινομένων, ὡς π.χ. τὴν ἀνάκλασιν καὶ διάθλασιν τοῦ φωτός, καὶ πρὸς τούτοις νὰ σπουδάσωμεν τὰ κάτοπτρα, τοὺς φακούς, τὸ πρῖσμα ὡς καὶ τὰ ὀπτικὰ ὄργανα, μὲ ἱκανοποιητικὴν ἀκρίβειαν διὰ τὰς συνήθεις πρακτικὰς ἐφαρμογὰς.

Μὲ τὴν ἐξέλιξιν ὅμως τῆς Ὀπτικῆς, κατεδείχθη ὅτι ἡ παραδοχὴ τῆς ὑπάρξεως τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος δὲν ἀνταποκρίνεται πρὸς τὴν πραγματικότητα, ὡς τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἀκολουθοῦντος πειράματος. Ἀπὸ ὁπῆς, μικρᾶς διαμέτρου, ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ δέσμη ἀκτίνων, προερχομένων ἐκ φωτεινῆς πηγῆς πολὺ μικρῶν διαστάσεων. Ἐάν εἰς τὸν δρόμον αὐτῆς, καὶ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως, τοποθετήσωμεν διάφραγμα, παρατηροῦμεν ὅτι σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος μικρὸς φωτεινὸς κύκλος. Ὄταν σμικρύνωμεν τὴν διάμετρον τῆς ὁπῆς, παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὸν αὐτὸν λόγον σμικρύνεται καὶ ἡ διάμετρος τοῦ ἐπὶ τοῦ διαφράγματος φωτεινοῦ κύκλου, οὕτω δὲ ἀγόμεθα, κατ' ἐπέκτασιν, εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι διὰ τῆς ἐπ' ἀπειρον σμικρύνσεως τῆς διαμέτρου τῆς ὁπῆς, θὰ ἦτο δυνατόν νὰ ἀπομονώσωμεν μίαν φωτεινὴν ἀκτῖνα. Ἐν τούτοις, τὸ συμπέρασμα τοῦτο εὐρίσκεται εἰς ἄκραν ἀντίφασιν πρὸς τὸ πείραμα. Διότι ἐάν, διὰ σημειώδους



CHRISTIAN HUYGENS (1629 - 1695)
Ὁλλανδὸς Μαθηματικὸς, Φυσικὸς καὶ Ἀστρονόμος. Θεμελιωτὴς τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων. Ἀνεκάλυψε τὸ ὥρολογιακὸν ἔγκρεμς.

φωτεινῆς πηγῆς, φωτίζωμεν μικρὸν διάφραγμα, τὸ ὁποῖον νὰ φέρῃ εἰς τὸ μέσον αὐτοῦ μικρὰν ὀπὴν τοῦ αὐτοῦ μεγέθους πρὸς τὴν ὀπὴν λεπτῆς βελόνης, παρατη-



Σχ. 164. Ὅταν ἡ ὀπὴ τοῦ διαφράγματος εἶναι μικρά, ἀντὶ μιᾶς φωτεινῆς κηλίδος ἐμφανίζεται σύστημα συγκεντρικῶν δακτυλίων, ἐναλλάξ φωτεινῶν καὶ σκοτεινῶν, μὲ κέντρον εἴτε φωτεινὸν εἴτε σκοτεινόν.

διαδόσεως τοῦ φωτός, ἥτοι ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἐννοίας τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος, θὰ ἔπρεπε νὰ παρατηρηθῇ σκότος. Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ὀφείλεται εἰς τὴν **περίθλασιν τοῦ φωτός**.

125*. Θεωρίαι καὶ ὑποθέσεις ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός. Κατὰ διαφόρους ἐποχάς, ἐπρωτάθησαν διάφοροι ὑποθέσεις καὶ θεωρίαι ἐπὶ τῆς φύσεως τοῦ φωτός, ἐν τοῖσις ὅμως μέχρι σήμερον οὐδεμία ἐκ τῶν προταθεισῶν θεωριῶν δύναται νὰ ἐξηγήσῃ ἱκανοποιητικῶς ὅλα τὰ ὀπτικά φαινόμενα.

1) **Θεωρία τοῦ Νεύτωνος.** Ἡ θεωρία αὕτη ἡ ὁποία διευορκώθη ὑπὸ τοῦ Νεύτωνος (1669) βασιζέται ἐπὶ τῆς ὑποθέσεως ὅτι τὰ φωτοβόλα σώματα ἐκπέμπουν πρὸς ὅλας τὰς κατευθύνσεις ἄβαρὴ φωτεινὰ σώματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται μετὰ τῆς ταχύτητος τοῦ φωτός, προσπίπτοντα δὲ ἐπὶ τῶν σκοτεινῶν σωμάτων καθιστοῦν ταῦτα φωτεινά, καὶ ἐπαυγέμονται ὑπ' αὐτῶν εἰσχωρόντα δὲ εἰς τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως διεγείρουν τὸ αἶσθημα τοῦ φωτός. Ἡ θεωρία αὕτη τοῦ Νεύτωνος καλεῖται **θεωρία τῆς ἐκπομπῆς**.

2) **Θεωρία τοῦ Huygens.** Κατὰ τὴν ὑπὸ τοῦ Huygens (1677) καὶ ἀκολούθως ὑπὸ τοῦ Fresnel συμπληρωθεῖσαν **θεωρίαν τῶν κυμάτων** δεχόμεθα ὅτι τὸ φῶς εἶναι κυματικὸν φαινόμενον, δηλαδὴ τοῦτο διαδίδεται, ὅπως καὶ ὁ ἥχος, διὰ κυμάτων.

Ἀναφορικῶς πρὸς τὸν τρόπον κατὰ τὸν ὁποῖον γεννῶνται τὰ φωτεινὰ κύματα, ἡ Φυσικὴ δὲν εἶναι μέχρι σήμερον εἰς θέσιν νὰ καθορίσῃ ἀκριβῶς τὸν μηχανισμόν τῆς γενέσεως τῶν κυμάτων τούτων. Οὕτω ἐνθ', προκειμένου περὶ τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, γνωρίζομεν ὅτι ταῦτα διαδίδονται μόνον δι' ὑλικῶν μέσων, — τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν ἀπ' ἐνὸς πικρότητα καὶ ἀπ' ἑτέρου ἑλαστικότητα — καὶ ὅτι ὁ ἥχος δὲν διαδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ χώρου, ἀντιθέτως ἀπὸ παλαιᾶς ἐποχῆς γνωρίζομεν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ τοῦ κενοῦ χώρου, ἢ ὡς ἄλλως λέγομεν διὰ τοῦ **κενοῦ**, διότι διαφοροτρόπως δὲν θὰ ἦτο δυνατόν νὰ ἐξηγηθῇ πῶς φθάνει τὸ φῶς εἰς τὴν Γῆν ἀπὸ οὐράνια σώματα εὐρισκόμενα εἰς τὸν ὑπερπλανητικὸν χῶρον, ὃ ὁποῖος ἀποτελεῖ κενὸν χῶρον.

Τοῦτο ἄγει εἰς σοβαρὰν δυσχέρειαν, διότι δὲν εἶναι δυνατόν νὰ σχηματίσωμεν μηχανικὴν εἰκόνα τῆς διαδόσεως τοῦ φωτός διὰ κυμάτων, ὡς εἰς τὴν περιέπαιον τῆς διαδόσεως τοῦ ἤχου, δεδομένου ὅτι δὲν εἶναι νοητὴ ἡ ἀντίληψις τῆς γενέσεως κύματος μηχανικοῦ εἰς τὸν κενὸν χῶρον.

Ἐνεκα τοῦ λόγου τούτου, εἰς τὴν ἐποχὴν τῆς διαμορφώσεως τῆς θεωρίας τῶν κυμάτων, ὁ Huygens ἠναγκάσθη νὰ δεχθῇ τὴν ὑπαρξιν ἰδιάζοντος μέσου, ἐντός τοῦ ὁποῖου

δημιουργούνται τὰ φωτεινά κύματα, καὶ τὸ ὁποῖον παρουσιάζει ἐλαστικότητα καὶ πυκνότητα, ἀλλ' ὅτι ἡ ἔξη τοῦ μέσου τοῦτου εἶναι ὅλως διάφορος ἀπὸ τὰς συνήθεις γνωστὰς μορφὰς τῆς ἔλης. Τὸ ὑποθετικὸν τοῦτο μέσον ἐκλήθη ὑπὸ τοῦ Huygens **φωτοφόρος αἰθήρ**.

Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ αἰθέρος, ὁ Huygens καὶ ὁ Fresnel κατόρθωσαν νὰ ἀναπτύξουν τὴν Ἀνωτέραν ἢ Κυματικὴν Ὀπτικὴν, διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὰ φωτοβόλα σώματα δημιουργοῦν κύματα ἐντὸς τοῦ αἰθέρος, ἐντελὼς καθ' ὅμοιον τρόπον, ὡς τὰ ἡχογόνα σώματα δημιουργοῦν ἡχητικά κύματα εἰς τὸν ἀέρα, καὶ ὅτι τὰ φωτεινά κύματα διαδίδονται εἰς τὸν αἰθέρα μετὰ ταχύτητος ἴσης πρὸς $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec.

Πρὸς τοῦτους, συμφώνως πρὸς τὴν θεωρίαν τῶν κυμάνσεων, τὰ φωτεινά κύματα εἶναι ἐγκύματα, δηλαδή τὰ ὑποθετικά σωμάτια ἢ μόρια τοῦ αἰθέρος ἐκτελοῦν ταλαντώσεις (κραδασμοὺς) αἱ ὁποῖαι εἶναι κἀθετοὶ πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως.

Ἀναφορικῶς πρὸς τὸν αἰθέρα, ὁ Huygens δέχεται ὅτι εὐρίσκεται πανταχοῦ ἐν τῇ Φύσει, τόσον ἐντὸς τοῦ ὑπερπλανητικοῦ χώρου, ὅσον καὶ μεταξὺ τῶν διακένων, τὰ ὁποῖα ὑφίστανται μεταξὺ τῶν μορίων καὶ ἀτόμων τῶν σωμάτων.

Ὅσον ἀφορᾷ τὴν γένεσιν τῶν φωτεινῶν κυμάτων ἐντὸς τοῦ αἰθέρος, ὁ Huygens δέχεται ὅτι εἰς τὰ φωτοβόλα σώματα ὑπάρχουν ὠρισμένα κέντρα αὐτῶν, τὰ ὁποῖα ταλαντεύονται, αἱ δὲ ταλαντώσεις ἢ κραδασμοὶ αὐτῶν ἀποτελοῦν κέντρα δημιουργίας περιοδικῶν διαταρᾶσεων εἰς τὸν αἰθέρα, αἱ ὁποῖαι δεχόμεθα ὅτι εἶναι ἀρμονικά κύματα καὶ διαδίδονται ἐν αὐτῷ ὑπὸ ταχύτητι ὡς εἶδομεν $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec. Ἡ εἰσαγωγή τῆς ἐννοίας τοῦ αἰθέρος ἐδημιούργησε τελευταιῶς πολλὰς δυσχερείας εἰς τοὺς φυσικοὺς, ἔνεκα δὲ τοῦ λόγου τοῦτου ἡ νεώτερα Φυσικὴ τείνει νὰ ἀπαλλαγῇ ἀπὸ τῆς ἐννοίας αὐτῆς.

Ἀλλὰ καὶ ἡ θεωρία τῶν κυμάνσεων προσέκρουσε, μὲ τὴν ἀπόδοσιν τοῦ χρόνου, εἰς δυσχερείας, ὡς ἐκ τοῦτου δὲ διεμορφώθησαν ἑτέραί θεωρίαι περὶ φωτός, ὡς ἡ **ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ Maxwell** καὶ ἡ **θεωρία τῶν κβάντα**, διαμορφωθείσα ὑπὸ τοῦ Planck, ἡ ἀνάπτυξις ὅμως αὐτῶν εἶναι ἔξω τοῦ σκοποῦ τοῦ βιβλίου τοῦτου.

Κατὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ κεφαλαίου τῆς Φυσικῆς Ὀπτικῆς θὰ διατηρήσωμεν τὴν ἐννοιαν τοῦ αἰθέρος, διότι ἡ παραδοχὴ αὐτῆς διευκολύνει τὴν στοιχειώδη ἀνάπτυξιν τῶν φαινομένων τὰ ὁποῖα ἐξετάζει ἡ Φυσικὴ Ὀπτικὴ.

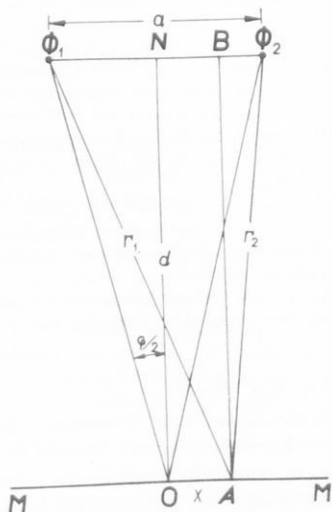
ΠΕΡΙΘΛΑΣΙΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

126. Συμβολὴ φωτεινῶν κυμάτων. Εἰς τὴν Ἀκουστικὴν ἐγνωρίσαμεν ἥδη τὴν συμβολὴν γενικῶς, καὶ διὴ τὴν συμβολὴν τῶν ἡχητικῶν κυμάτων. Ἐπειδὴ δὲ ἡ συμβολὴ παρατηρεῖται γενικῶς εἰς τὴν περιπτῶσιν κυματικῶν φαινομένων πάσης φύσεως, ἔπεται ὅτι καὶ τὸ φῶς ὡς τοιοῦτον πρέπει νὰ μᾶς δίδῃ φαινόμενα συμβολῆς. Δηλαδή πρέπει, ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας, ὅταν εἰς φῶς προστίθεται φῶς, νὰ προκύπτῃ σκότος.

Πράγματι, θεωρήσωμεν ὅτι εἰς Φ_1 καὶ Φ_2 ὑφίστανται δύο φωτειναὶ πηγαισύνφοι, δηλαδή τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ φάσεως (σχ. 165). Αἱ φωτειναὶ αὗται πηγαὶ ἀποτελοῦν κέντρα παραγωγῆς κυμάτων, τὰ ὁποῖα διαδίδονται καθ' ἀπάσας τὰς διευθύνσεις. Ἐὰν ἦδῃ εἰς MM' ὑφίσταται διάφραγμα καὶ θεωρήσωμεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ σημεῖον O, καίμενον ἐπὶ τῆς καθέτου ON ἐπὶ τὸ μέσον τῆς $\Phi_1\Phi_2$, τότε ἐπειδὴ αἱ ἀποστάσεις Φ_1O καὶ Φ_2O εἶναι ἴσαι, αἱ κυματικαὶ διαταρᾶξεις αἱ προερχόμεναι ἀπὸ τῶν Φ_1 καὶ Φ_2 διὰ νὰ φθάσουν εἰς O διανύουν ἴσους δρόμους, ἥτοι δὲν παρουσιάζουν διαφορὰν πορείας, οὕτω δὲ φθάνουν εἰς O ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, καὶ ἐπομένως ἐνισχύονται. Ἐὰν δὲ ἦδῃ θεωρήσωμεν τὸ σημεῖον A, τότε ἐπειδὴ αἱ ἀποστάσεις Φ_1A καὶ Φ_2A δὲν εἶναι ἴσαι, αἱ δὲ κυματικαὶ διαταρᾶξεις, αἱ προερχόμεναι ἐκ τῶν Φ_1 καὶ Φ_2 , διὰ νὰ φθάσουν εἰς A ἔχουν νὰ διανύσουν ἀνί-

σους δρόμους, ἥτοι παρουσιάζουν διαφορὰν πορείας καὶ ἐπομένως θὰ φθάσουν εἰς Α ὑπὸ διαφορὰν φάσεως ἐξαρτωμένην ἐκ τῆς διαφορᾶς πορείας.

Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συμβολῆς τῶν δύο κυματικῶν διαταράξεων εἰς τὸ σημεῖον Α θὰ εἶναι ἐνίσχυσις μὲν αὐτῶν, ὅταν ἡ διαφορὰ πορείας $r_1 - r_2$ ἰσοῦται πρὸς ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος, ὅτε τὰ κύματα συμβάλλουν ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, ἐνῶ θὰ εἶναι ἀπόσβεσις αὐτῶν, ὅταν ἡ διαφορὰ πορείας ἰσοῦται πρὸς περιττὸν ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος, ὅτε τὰ κύματα συμβάλλουν ὑπὸ ἀντίθεσιν φάσεως. Τὰ ἀνωτέρω θεωρητικὰ συμπεράσματα διὰ τὰ φωτεινὰ κύματα, ἔτυχον πειραματικῆς ἐπαληθεύσεως, τοῦτο δὲ συνετέλεσε εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων, ἢ ἄλλως, ὅτι ἀποτελεῖ κυματικὸν φαινόμενον.



Σχ. 165. Διὰ τὴν θεωρητικὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς συμβολῆς. Εἰς τὸ σημεῖον Α, ἀναλόγως τῆς διαφορᾶς πορείας τῶν συμβαλλουσῶν ἀκτίνων, παρατηρεῖται φῶς ἢ σκότος.



THOMAS YOUNG (1773 - 1829)

Ἀγγλὸς φιλόσοφος καὶ ἱατρός. Ἦσχυ-
λῆθη εἰς πειράματα ἐπὶ τῆς συμβολῆς
καὶ περιθλάσεως τοῦ φωτός, καὶ εἶναι
εἰς ἐκ τῶν πρώτων ὁ ὁποῖος ἀνεγνώρισε
ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια.

127. Πείραμα Young. Ὁ Young, διὰ τοῦ ἀκολούθου ἀπλουστάτου πειράματος, κατόρθωσε νὰ ἐπιτύχῃ συγχρόνως φωτεινὰς πηγὰς καὶ ν' ἀποδείξῃ πειραματικῶς τὸσον τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς, ὅσον καὶ ἕτερον φαινόμενον, τὸ τῆς περιθλάσεως τοῦ φωτός. Πρὸς κατανόησιν τῆς πειραματικῆς διατάξεως τοῦ Young, θὰ ἐξετάσωμεν ἀρχικῶς τὴν περίπτωσιν ὑδατίνων κυμάτων.

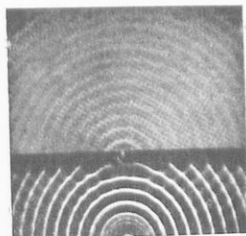
Θεωρήσωμεν ὅτι ἐντὸς δοχείου περικλυμένου ὕδατος τοποθετοῦμεν, καθέτως ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειάν του καὶ εἰς τὸ μέσον αὐτῆς, διάφραγμα φέρον κατακορύφους εἰς τὸ μέσον αὐτοῦ, λεπτὴν σχισμὴν (σχ. 166). Ἐάν εἰς τινα περιοχὴν πρὸ τοῦ διαφράγματος, διαταράζωμεν τὸ ὕδρον, παρατηρούμεν ὅτι ἐκ τῆς περιοχῆς τῆς διαταράξεως, διαδίδονται κύματα ὑπὸ μορφῇν συγκεντρικῶν κύκλων, τῶν ὁποίων κέντρον εἶναι τὸ σημεῖον διαταράξεως. Ὅπισθεν ὁμοῦ τοῦ

διαφράγματος παρατηρούμεν ὅτι διαδίδονται ἐπίσης κύματα, κέντρον ὁμῶς αὐτῶν δὲν εἶναι πλέον τὸ ἀρχικὸν σημεῖον τῆς διαταράξεως, ἀλλὰ ἡ σχισμὴ, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἔχωμεν διατάραξιν καὶ εἰς περιοχὰς ὅπου δὲν ἔπρεπε νὰ ἐμφανίζεται τοιαύτη, συμφῶνως πρὸς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

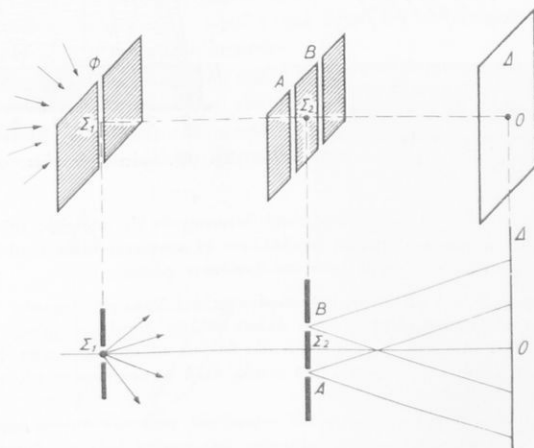
Τὸ φαινόμενον τοῦτο, τὸ ὁποῖον καλεῖται *περιθλάσεις* τῶν κυμάτων, ἐφῆρμοσεν ὁ Young εἰς τὴν πειραματικὴν διάταξιν αὐτοῦ, ἡ ὁποία δεικνύεται εἰς σχῆμα 167.

Τῇ βοηθείᾳ φωτεινῆς πηγῆς Φ , φωτίζομεν στενὴν σχισμὴν Σ_1 εὐρισκομένην ἐπὶ διαφράγματος, καὶ εἰς ἀπόστασιν τινὰ ἀπ' αὐτῆς τοποθετοῦμεν ἕτερον διάφραγμα Σ_2 περικείμενον δύο πλησίον ἀλλήλων κειμένας σχισμάς, παραλλήλους μεταξὺ τῶν καὶ πρὸς τὴν σχισμὴν Σ_1 . Ἐκάστη τῶν σχισμῶν τοῦ διαφράγματος Σ_2 ἀποτελεῖ φωτεινὴν πηγὴν, οὗτω δὲ αἱ δύο σχισμαὶ Σ_2 δύνανται νὰ θεωρηθῶν ὡς κέντρα σύμφωνα φωτεινῶν διαταράξεων, αἱ ὁποῖαι διαδίδονται ταυτοχρόνως εἰς τὸν πέραν τῶν δύο σχισμῶν χώρον.

Τὰ δύο ταῦτα συστήματα φωτεινῶν κυμάτων εἶναι ἐπιδεκτικὰ συμβολῆς, τὸ δὲ ἀποτέλεσμα τῆς συμβολῆς δεικνύεται διὰ γεωμετρικῆς κατασκευῆς (σχ. 168), διὰ συγκεντρικῶν κύκλων μὲ παχείαν καὶ αὐτὴν γραμμὴν, καὶ ὅπου Α καὶ Β ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς δύο σχισμάς Σ_2 . Εἰς τὰ



Σχ. 166. Ὡς κέντρον ἐκπομπῆς τῶν κυμάτων, ὅπισθεν τοῦ σκιαροῦ διαφράγματος, θεωρεῖται ἡ εἰς αὐτὸ ὑπάρχουσα μικρὰ ὀπή.

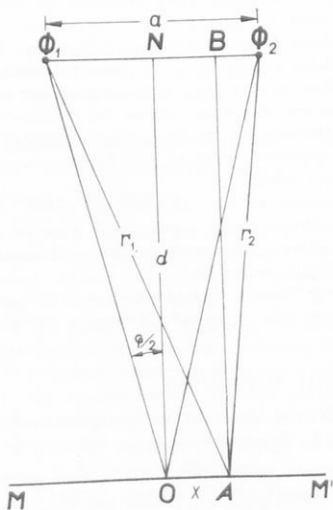


Σχ. 167. Πειραματικὴ διάταξις Young παρατηρήσεως φαινομένου περιθλάσεως.

σημεῖα τομῆς δύο ὁμοειδῶν κύκλων, τὰ κύματα συμβάλλουν ὑπὸ συμφωνίαν φάσεως, καὶ ἐπομένως ἐνισχύονται, ὁ δὲ γεωμετρικὸς τόπος τῶν σημείων τούτων εἰζονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 168 δι' ἀκτίνων μὲ παχείαν γραμμὴν. Εἰς τὰ σημεῖα ὅπου τέμνονται δύο ἀνομοειδεῖς κύκλοι, τὰ κύματα συμβάλλουν ὑπὸ ἀντίθεσιν φάσεως, καὶ παρατηρεῖται ἐξασθένησις

σους δρόμους, ἤτοι παρουσιάζουν διαφορὰν πορείας καὶ ἐπομένως θὰ φθάσουν εἰς Α ὑπὸ διαφορὰν φάσεως ἐξαρτωμένην ἐκ τῆς διαφορᾶς πορείας.

Τὸ ἀποτέλεσμα τῆς συμβολῆς τῶν δύο κυματικῶν διαταράξεων εἰς τὸ σημεῖον Α θὰ εἶναι ἐνίσχυσις μὲν αὐτῶν, ὅταν ἡ διαφορὰ πορείας $r_1 - r_2$ ἰσοῦται πρὸς ἄρτιον ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος, ὅτε τὰ κύματα συμβάλλουν ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, ἐνῷ θὰ εἶναι ἀπόσβεσις αὐτῶν, ὅταν ἡ διαφορὰ πορείας ἰσοῦται πρὸς περιττὸν ἀριθμὸν ἡμιμηκῶν κύματος, ὅτε τὰ κύματα συμβάλλουν ὑπὸ ἀντίθεσιν φάσεως. Τὰ ἀνωτέρω θεωρητικὰ συμπεράσματα διὰ τὰ φωτεινὰ κύματα, ἔτυχον πειραματικῆς ἐπαληθεύσεως, τοῦτο δὲ συνετέλεσε εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων, ἢ ἄλλως, ὅτι ἀποτελεῖ κυματικὸν φαινόμενον.



Σχ. 165. Διὰ τὴν θεωρητικὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς συμβολῆς. Εἰς τὸ σημεῖον Α, ἀναλόγως τῆς διαφορᾶς πορείας τῶν συμβαλλουσῶν ἀκτίνων, παρατηρεῖται φῶς ἢ σκότος.



THOMAS YOUNG (1773-1829)

Ἕλλητος φιλόσοφος καὶ ἱατρός. Ἐσχολήθη εἰς πειράματα ἐπὶ τῆς συμβολῆς καὶ περιθλάσεως τοῦ φωτός, καὶ εἶναι εἰς ἐκ τῶν πρώτων ὁ ὁποῖος ἀνεγνώρισε ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια.

127. Πείραμα Young. Ὁ Young, διὰ τοῦ ἀκολούθου ἀπλουστάτου πειράματος, κατώρθωσε νὰ ἐπιτύχῃ συγχρόνους φωτεινὰς πηγὰς καὶ ν' ἀποδείξῃ πειραματικῶς τὸσον τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς, ὅσον καὶ ἕτερον φαινόμενον, τὸ τῆς περιθλάσεως τοῦ φωτός. Πρὸς κατανόησιν τῆς πειραματικῆς διατάξεως τοῦ Young, θὰ ἐξετάσωμεν ἀρχικῶς τὴν περίπτωσιν ὑδατίνων κυμάτων.

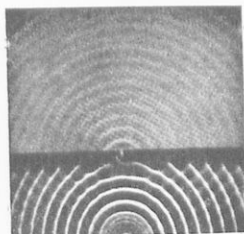
Θεωρήσωμεν ὅτι ἐντὸς δοχείου περιέχοντος ὕδωρ τοποθετοῦμεν, καθέτως ἐπὶ τὴν ἐπιφάνειάν του καὶ εἰς τὸ μέσον αὐτῆς, διάφραγμα φέρον κατακορύφως εἰς τὸ μέσον αὐτοῦ, λεπτήν σχισμὴν (σχ. 166). Ἐὰν εἰς τινὰ περιοχὴν πρὸ τοῦ διαφράγματος, διαταράζωμεν τὸ ὕδρον, παρατηροῦμεν ὅτι ἐκ τῆς περιοχῆς τῆς διαταράξεως, διαδίδονται κύματα ὑπὸ μορφὴν συγκεντρωτικῶν κύκλων, τῶν ὁποίων κέντρον εἶναι τὸ σημεῖον διαταράξεως. Ὅπισθεν ὁμως τοῦ

διαφράγματος παρατηρούμεν ότι διαδίδονται επίσης κύματα, κέντρον όμως αὐτῶν δὲν εἶναι πλέον τὸ ἀρχικὸν σημεῖον τῆς διαταράξεως, ἀλλὰ ἡ σχισμὴ, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἔχωμεν διατάραξιν καὶ εἰς περιοχὰς ὅπου δὲν ἔπρεπε νὰ ἐμφανίζεται τοιαύτη, συμφώνως πρὸς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

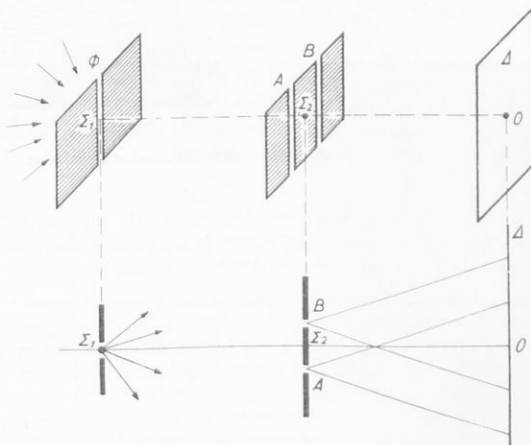
Τὸ φαινόμενον τοῦτο, τὸ ὁποῖον καλεῖται *περιθλάσεις* τῶν κυμάτων, ἐφήρμοσεν ὁ Young εἰς τὴν πειραματικὴν διάταξιν αὐτοῦ, ἡ ὁποία δεικνύεται εἰς σχῆμα 167.

Τῇ βοηθείᾳ φωτεινῆς πηγῆς Φ , φωτίζομεν στενὴν σχισμὴν Σ_1 εὐρισκομένην ἐπὶ διαφράγματος, καὶ εἰς ἀπόστασιν τινὰ ἀπ' αὐτῆς τοποθετοῦμεν ἕτερον διάφραγμα Σ_2 περριέχον δύο πλησίον ἀλλήλων κεκλιμένους σχισμάς, παραλλήλους μεταξὺ τῶν καὶ πρὸς τὴν σχισμὴν Σ_1 . Ἐκάστη τῶν σχισμῶν τοῦ διαφράγματος Σ_2 ἀποτελεῖ φωτεινὴν πηγὴν, οὔτω δὲ αἱ δύο σχισμαὶ Σ_2 δύνανται νὰ θεωρηθῶν ὡς κέντρα σύμφωνα φωτεινῶν διαταράξεων, αἱ ὁποῖαι διαδίδονται ταυτοχρόνως εἰς τὸν πέραν τῶν δύο σχισμῶν χώρον.

Τὰ δύο ταῦτα συστήματα φωτεινῶν κυμάτων εἶναι ἐπιδεκτικὰ συμβολῆς, τὸ δὲ ἀποτέλεσμα τῆς συμβολῆς δεικνύεται διὰ γεωμετρικῆς κατασκευῆς (σχ. 168), διὰ συγκεντρικῶν κύκλων μὲ παχεῖαν καὶ μὲ ἐστιγμένην γραμμὴν, καὶ ὅπου A καὶ B ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς δύο σχισμάς Σ_2 . Εἰς τὰ



Σχ. 166. Ὡς κέντρον ἐκπομπῆς τῶν κυμάτων, ὁρισθεν τοῦ σκευροῦ διαφράγματος, θεωρεῖται ἡ εἰς αὐτὸ ὑπάρχουσα μικρὰ ὀπή.

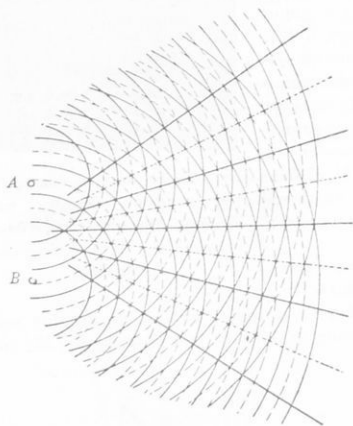


Σχ. 167. Πειραματικὴ διάταξις Young παρατηρήσεως φαινομένων περιθλάσεως.

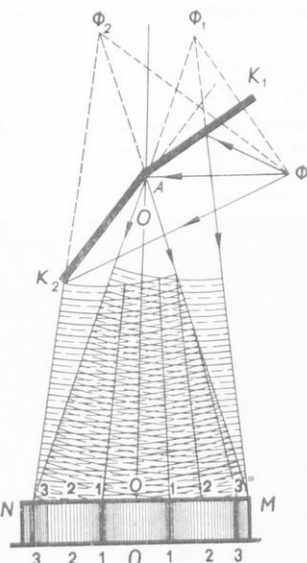
σημεῖα τομῆς δύο ὁμοειδῶν κύκλων, τὰ κύματα συμβάλλουν ὑπὸ συμφωνίαν φάσεως, καὶ ἐπομένως ἐνισχύονται, ὁ δὲ γεωμετρικὸς τόπος τῶν σημείων τούτων εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 168 δι' ἀκτίνων μὲ παχεῖαν γραμμὴν. Εἰς τὰ σημεῖα ὅπου τέμνονται δύο ἀνομοειδεῖς κύκλοι, τὰ κύματα συμβάλλουν ὑπὸ ἀντίθεσιν φάσεως, καὶ παρατηρεῖται ἐξασθένησις

αυτών. Ὁ γεωμετρικὸς τόπος τῶν σημείων τούτων εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα τοῦτο δι' ἀκτίνων μὲ ἐστιγμένην γραμμὴν.

Ἐάν ὅθεν εἰς Ο τοποθετήσωμεν διάφραγμα Δ θὰ βλέπομεν **χρυσοὺς ἐναλλάξ φωτει-**



Σχ. 168. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ ἀποτελέσματος συμβολῆς. Αἱ πλήρεις ἀκτινῶται γραμμαὶ δεικνύουν τὴν περιοχὴν συμβολῆς ἐντὸς τῶν ὁποίων παρατηροῦνται μέγιστα διαταράξεις, αἱ δὲ δι' ἐστιγμένης, περιοχὴν ἐλαχίστης διαταράξεως.



Σχ. 169. Διάταξις κατόπτρων Fresnel.

νοὺς καὶ σκοτεινοὺς, ὅπου οἱ φωτεινοὶ χρυσοὶ ἀντιστοιχοῦν εἰς περιοχὰς τοῦ διαφράγματος εἰς τὰς ὁποίας τὰ φωτεινὰ κύματα συμβάλλουν ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, οἱ δὲ σκοτεινοὶ εἰς περιοχὰς ὅπου τὰ κύματα συμβάλλουν ὑπὸ ἀντίθεσιν φάσεως.

128. Κάτοπτρα Fresnel. Ἐκτὸς τοῦ πειράματος τοῦ Young, δυνάμεθα νὰ δεῖξωμεν τὸ φαινόμενον συμβολῆς τοῦ φωτός καὶ δι' ἄλλων πολλῶν διατάξεων μεταξὺ τῶν ὁποίων θὰ περιγράψωμεν τὰ κάτοπτρα Fresnel, διὰ τῶν ὁποίων μάλιστα δυνάμεθα ὅχι μόνον νὰ δεῖξωμεν τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς τοῦ φωτός, ἀλλὰ νὰ μετρήσωμεν καὶ τὸ μήκος τοῦ φωτεινοῦ κύματος.

Ὁ Fresnel, πρὸς πραγματοποίησιν δύο συμφώνων φωτεινῶν πηγῶν, ἐχρησιμοποίησε μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα ὑπὸ γωνίαν ἐλάχιστα διαφέρουσιν τῶν 180° . Τὰ δύο κάτοπτρα παρέχουν τότε δύο φανταστικὰ εἰδῶλα τῆς πηγῆς, τὰ ὁποία δύνανται νὰ ἐξομοιωθοῦν πρὸς δύο σύμφωνα φωτεινὰ κέντρα, καὶ οὕτω διὰ τῆς ἄνω διατάξεως ὁ Fresnel, κατόρθωσε νὰ πραγματοποιήσῃ φαινόμενα συμβολῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 169 δεικνύεται ἡ διάταξις τῶν κατόπτρων Fresnel ὅπου K_1 καὶ K_2 ἀποτελοῦν δύο ἐπίπεδα κάτοπτρα, Φ σημειώδη φωτεινὴν πηγὴν, καὶ Φ_1, Φ_2 τὰ εἰδῶλα τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἐξ ὧν τὸ μὲν Φ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸ κάτοπτρον K_1 τὸ δὲ Φ_2 εἰς τὸ K_2 . Ἡ περιοχὴ NOM παριστὰ τὴν περιοχὴν ὅπου παρατηρεῖται συμβολὴ τῶν κυμάτων, ἐάν δὲ εἰς

NM τοποθετηθῇ διάφραγμα, ἐπ' αὐτοῦ σχηματίζονται χροσσοὶ ἐκ συμβολῆς, ἐν ἀλλὰς φωτεινοὶ καὶ σκοτεινοὶ (σχ. 170). Συνήθως οἱ χροσσοὶ παρατηροῦνται τῇ βοηθείᾳ μεγεθυντικοῦ φακοῦ, τιθεμένου εἰς τὴν περιοχὴν NM.

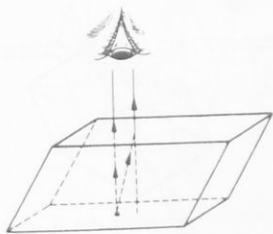
Εἰς τὴν περίπτωσιν λευκοῦ φωτός, ἐπειδὴ τοῦτο περιέχει φῶς διαφόρων χρωμάτων, καὶ ἐπομένως διαφόρων μήκους κύματος, οἱ φωτεινοὶ χροσσοὶ ἐμφανίζονται ἑγχρωμοί, διότι ἡ ἀπόστασις δύο διαδοχικῶν χροσσῶν τοῦ αὐτοῦ χρώματος εἶναι ἀνάλογος τοῦ μήκους κύματος.

Ἡ κεντρικὴ περιοχὴ τοῦ διαφράγματος NM εἶναι πάντοτε φωτεινὴ, καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν λευκοῦ φωτός εἶναι λευκὴ. Διότι αἱ ἐκ τῶν κέντρων Φ_1 καὶ Φ_2 προερχόμεναι ἀκτῖνες, αἱ συμβάλλουσαι εἰς O, διανύουν ἀκριβῶς τὸν ἴδιον δρόμον, καὶ ἡ διαφορά φάσεως ὡς καὶ ἡ ἐξ αὐτῆς προερχομένη διαφορά φάσεως, εἶναι μηδέν. Ἐάν ἀποφράξωμεν τὸ ἐν τῶν κατόπτρων, τὸ διάφραγμα φαίνεται ὁμοιομόρφως φωτιζόμενον.

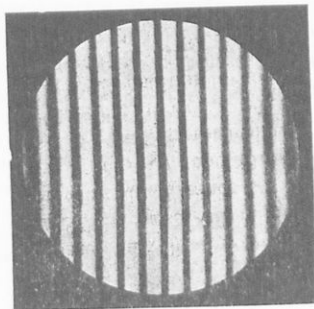
ΔΙΠΛΗ ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

129. Διπλοθλαστικοὶ κρύσταλλοι.

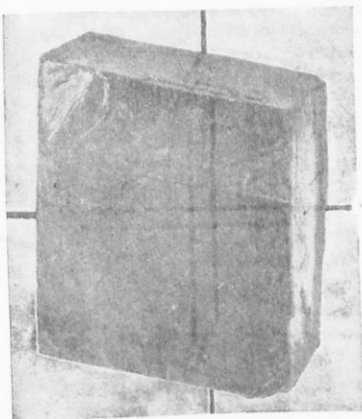
Θεωρήσωμεν ὅτι ἐπὶ ἐπιφανείας χάρτου σχηματίζομεν διὰ μελάνης μικρὰν κηλίδα καὶ ἔστω ὅτι παρατηροῦμεν αὐτὴν διὰ μέσου ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 171, ὅτε ἀντὶ μιᾶς κηλίδος βλέπομεν δύο. Τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διπλὴ διάθλασις τοῦ φωτός**, διότι, ἀντὶ μιᾶς διαθλωμένης ἀκτίνος,



Σχ. 171. Ἐπὶ τεμαχίῳ χάρτου ὑπάρχει μελάνη κηλὶς. Ἐάν ἀνωθεν αὐτῆς τοποθετηθῇ διπλοθλαστικὴ κρύσταλλος, ἀντὶ μιᾶς κηλίδος βλέπομεν δύο.



Σχ. 170. Ὅψεις τοῦ ὀπτικοῦ πεδίου, εἰς διόπτραν παρατηρήσεως, τῶν ἐκ συμβολῆς χροσσῶν. Ἀνάλογοι χροσσοὶ παρατηροῦνται καὶ εἰς τὴν διάταξιν τοῦ πειράματος Young.



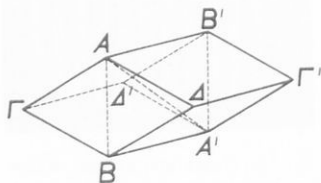
Σχ. 172. Διὰ μέσου τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου ὁ σταυρὸς φαίνεται διπλοῦς.

ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου, προκύπτουν δύο διαθλώμεναι ἀκτῖνες, ὁ δὲ κρύσταλλος τῆς ἰσλανδικῆς κρυστάλλου καλεῖται ὡς ἐκ τούτου **διπλοθλαστικός**. Ὅμοιος, ὅταν

παρατηροῦμεν σταυρὸν διὰ μέσου ισλανδικῆς κρυστάλλου, οὗτος φαίνεται διπλοῦς (σχ. 172).

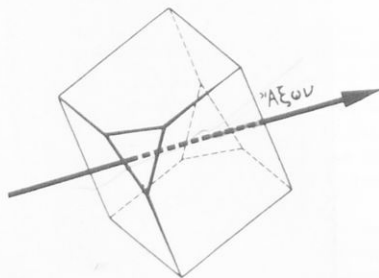
Ἐν γένει τὸ φαινόμενον τῆς διπλῆς διαθλάσεως παρουσιάζουν ὅλα τὰ διαφανῆ κρυστάλλινά σώματα, ἐξαιρέσει μόνον ἐκείνων τὰ ὁποῖα κρυσταλλοῦνται εἰς τὸ κυβικὸν σύστημα καθὼς καὶ τὰ ἄμορφα σώματα, (π. γ. ἡ ὕαλος), εἰς τὰ ὁποῖα ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας παρατηρεῖται μόνον ἀπλὴ διάθλασις.

130. Ὀπτικὸς ἄξων. Εἰς ὅλα ἐν γένει τὰ διπλοθλαστικά σώματα ὑπάρχουν μία ἢ δύο διευθύνσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἐὰν προσέσῃ παραλλήλως φωτεινὴ τις ἀκτίς, δὲν ἀναλύεται εἰς δύο ἀκτίνας, ἀλλὰ ὑφίσταται μία μόνον διαθλωμένη ἀκτίς. Αἱ διευθύνσεις αὗται καλοῦνται **ὀπτικοὶ ἄξονες**. Ἐφ' ὅσον δὲ ὁ κρυστάλλος ἔχει μόνον ἓνα τοιοῦτον ἄξονα καλεῖται **μονάξων**, ἐὰν δύο καλεῖται **διάξων**.

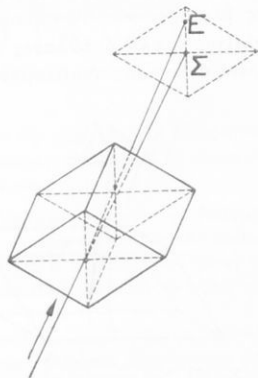


Σχ. 173. Ρομβόεδρον ισλανδικῆς κρυστάλλου. $AB'A'B$ κυρία τομὴ τοῦ κρυστάλλου, AA' ὀπτικὸς ἄξων.

Πάν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος, ἢ παραλλήλῳ πρὸς αὐτόν, καλεῖται **κυρία τομὴ** τοῦ κρυστάλλου. Ἐὰν ἡ κυρία τομὴ εἶναι κάθετος ἐπὶ ἑδραν φυσικῇ ἢ τεχνητῇ τοῦ κρυστάλλου, τότε καλεῖται **κυρία τομὴ τοῦ κρυστάλλου ὡς πρὸς τὴν ἑδραν ταύτην**. Προκειμένου περὶ τῆς ισλανδικῆς κρυστάλλου, τὸ ἐπίπεδον τὸ περιέχον τὰς δύο μικρὰς διαγωνίους AB καὶ $A'B'$ (σχ. 173)



Σχ. 174. Ὄταν ἀκτίς προσπίπτῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δὲν ὑφίσταται διπλὴν διάθλασιν.



Σχ. 175. Διπλὴ διάθλασις ἀκτίνος διὰ ρομβόεδρου ισλανδικῆς κρυστάλλου. Σ συνήθης, Ε ἑκτακτος ἀκτίς.

τῶν ἑδρῶν $ΑΓΒΔΑ$ καὶ $ΑΓ'Β'ΔΑ'$ ἀποτελεῖ κυρίαν τομὴν ὡς πρὸς τὰς ἑδρας ταύτας τοῦ ρομβοέδρου.

132. Συνήθης και ἑκτακτος ἀκτίς. Ὅταν φωτεινὴ ἀκτίς προσπίπτῃ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος ἐπὶ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ἐξέρχεται ἐξ αὐτῆς χωρὶς νὰ ὑποστῇ διπλὴν διάθλασιν (σχ. 174). Ἐάν ὁμως ἡ διεύθυνσις τῆς ἀκτίνος δὲν συμπίπτῃ πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὀπτικοῦ ἄξονος, τότε ἀντὶ μιᾶς προσκύπτουν δύο διαθλώμεναι ἀκτίνες καί, ἐάν εἰς τὴν ἔξοδον τῶν ἀκτίνων ἐκ τοῦ κρυστάλλου τοποθετήσωμεν διάφραγμα (σχ. 175), θὰ σχηματισθοῦν δύο εἰδῶλα Ε καὶ Σ.

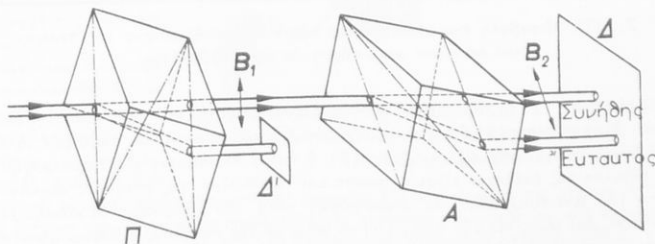
Ἡ μία τῶν διαθλωμένων ἀκτίνων καλεῖται *συνήθης* ἢ *τακτικὴ*, εἰς αὐτὴν δὲ ὀφείλεται τὸ εἶδωλον Σ, καὶ ἀκολουθεῖ τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός, ἐνῷ ἡ ἄλλη, ἡ ὁποία δὲν ἀκολουθεῖ ἐν γένει τοὺς νόμους τῆς διαθλάσεως τοῦ φωτός, καλεῖται *ἑκτακτος*, καὶ εἰς αὐτὴν ὀφείλεται τὸ εἶδωλον Ε.

Πράγματι, ἐάν περιστρέφωμεν τὰ ρομβόεδρα περὶ τὴν κάθετον ἐπὶ τὴν ἑδραν προσπτώσεως, εἰς τρόπον ὥστε ἡ γωνία προσπτώσεως νὰ παραμῇ ἀμετάβλητος, παρατηροῦμεν ὅτι, ἐνῷ τὸ εἶδωλον Σ παραμένει ἀκίνητον, τὸ εἶδωλον Ε περιστρέφεται περὶ τὸ πρῶτον, καὶ ἐπομένως ἡ ἑκτακτος ἀκτίς δὲν παραμένει ἐν τῇ ἐπιπέδῳ προσπτώσεως.

ΠΟΛΩΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

133. Γενικά. Ἐν τοῖς προηγουμένοις, εἶδομεν ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται διὰ κυμάτων, διότι δι' αὐτῶν πραγματοποιοῦνται φαινόμενα συμβολῆς. Γεννάται ὁμως ἤδη τὸ ἐρώτημα, τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια ἢ διαμήκη; Δηλαδή, τὰ σωματῖα τοῦ αἰθέρος πάλλονται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τῶν κυμάτων ἢ κατὰ τὴν εὐθείαν τῆς διαδόσεως αὐτῶν; Ἐκ διαφόρων πειραματικῶν ἐρευνῶν, κατεδείχθη ὅτι τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ὄντως *ἐγκάρσια*.

134. Πόλωσης ἐκ διπλῆς διαθλάσεως. Ἀφήνομεν δέσμην λευκοῦ φωτός νὰ προσπέσῃ ἐπὶ ρομβοέδρου Π (σχ. 176) ἐξ ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ἐπὶ τυχούσης κυρίας τομῆς αὐτοῦ,



Σχ. 176. Ἡ μία δέσμη τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων, ἡ B_1 , προσπίπτουσα ἐπὶ δευτέρου κρυστάλλου, παρέχει ἐπίσης δύο διαθλωμένας ἀκτίνες, τὴν συνήθη καὶ τὴν ἑκτακτον ἀκτίνα.

ὅτε θὰ προκύψουν δύο διαθλώμεναι ἀκτίνες, τῶν ὁποίων τὰ φωτεινὰ εἰδῶλα ἐπὶ τοῦ διαφράγματος οὐδεμίαν μεταβολὴν φωτεινότητος δεικνύουν, ὅταν περιστρέφωμεν τὸ ρομβόεδρον Π.

Ἦδη ἀποκόπτομεν τὴν μίαν τῶν ἀκτίνων, π.χ. τὴν ἑκτακτον, διὰ παρεμβολῆς τοῦ διαφράγματος Δ', καὶ αφήνομεν τὴν B_1 νὰ προσπέσῃ ἐπὶ δευτέρου ρομβοέδρου ἰσλανδικῆς κρυστάλλου, ὅτε θὰ προκύψουν πάλιν δύο ἀκτίνες, ἡ B_2 ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν συνήθη καὶ ἡ ἄλλη, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν ἑκτακτον. Ἐάν ὁμως περιστρέφωμεν τὸ δεύτερον ρομβόεδρον περὶ ἄξονα, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην ἡ φωτεινότης τῶν εἰδῶλων δὲν

παραμένει ἡ αὐτή, ἀλλ' ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σχετικοῦ προσανατολισμοῦ τῶν κυρίων τομῶν τῶν δύο ρομβοέδρων.

Ἐάν ρυθμίσωμεν τὸ δεύτερον ρομβοέδρον Α εἰς θέσιν τοιαύτην, ὥστε τὸ ἐν τῶν εἰδώλων, π. χ. τῆς ἐκτάκτου, νὰ ἐξαφανισθῇ, ὅτε τὸ ἔτερον, τὸ ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν συνήθη, δεικνύει τὴν μεγίστην φωτεινότητα, — τοῦτο δὲ συμβαίνει ὅταν αἱ κύριαι τομαὶ τῶν ρομβοέδρων εἶναι παραλλήλοι, — καὶ ἀρχίσωμεν ἀκολουθῶς νὰ περιστρέφωμεν ἀπὸ τῆς θέσεως ταύτης τὸ δεύτερον ρομβοέδρον, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς φαινόμενα.

Ἡ φωτεινότης τοῦ φωτεινοῦ εἰδώλου τῆς συνήθους ἀρχίζει νὰ ἐλαττωταὶ βαθμυδόν, ἐνῶ ταυτοχρόνως ἀναφαίνεται καὶ τὸ δεύτερον εἶδωλον τῆς ἐκτάκτου ἀκτίνος, τοῦ ὁποίου ὅμως ἡ φωτεινότης αὐξάνεται βαθμυδόν, καὶ εἰς ὠρισμένην θέσιν τοῦ δευτέρου ρομβοέδρου ἡ φωτεινότης τῶν δύο εἰδώλων καθίσταται ἡ αὐτή. Ἐξακολουθοῦντες τὴν περιστροφὴν τοῦ δευτέρου ρομβοέδρου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φωτεινότης τοῦ ἐνός εἰδώλου, τῆς συνήθους, ἐλαττωταί, ἐνῶ τοῦ ἄλλου αὐξάνεται καὶ ὅτι, δι' ὠρισμένην θέσιν τοῦ δευτέρου ρομβοέδρου, τὸ ἐν τῶν εἰδώλων, τῆς συνήθους, ἐξαφανίζεται, ἐνῶ τὸ ἔτερον δεικνύει μεγίστην φωτεινότητα. Ἐάν ἐξακολουθήσωμεν νὰ περιστρέφωμεν τὸ δεύτερον ρομβοέδρον, βλέπομεν ὅτι διερχόμεθα πάλιν δι' ὁμοίον φάσεων τῶν εἰδώλων.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν περιστρέφωμεν τὸ δεύτερον ρομβοέδρον, τὸ ἐν τῶν εἰδώλων παραμένει στάσιμον ἐνῶ τὸ δεύτερον μετατοπίζεται περὶ τὸ πρῶτον, καὶ τὸ μὲν στάσιμον εἶδωλον ἀνήκει εἰς τὴν συνήθη ἀκτίνα, τὸ δὲ μετατοπιζόμενον εἰς τὴν ἐκτακτον. Αἱ φάσεις αὗται, ὅσον ἀφορᾷ τὴν φωτεινότητα τῶν εἰδώλων, δεικνύονται εἰς τὸ σχῆμα 177.

Εἶδωλα								
	1	2	3	4	5	6	7	8
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°

Σχ. 177. Μεταβολὴ τῆς φωτεινότητος τῶν εἰδώλων ἀναλόγως τῆς θέσεως τοῦ δευτέρου ρομβοέδρου ὡς πρὸς τὸ πρῶτον.

Εἰς τὴν θέσιν (1) τὸ εἶδωλον τῆς συνήθους εἶναι φωτεινὸν καὶ τὸ εἶδωλον τῆς ἐκτάκτου σκοτεινόν. Εἰς τὴν θέσιν (2), ὅπου τὸ ρομβοέδρον Α ἐστράφη κατὰ 45°, ἀμφοτέρω τὰ εἶδωλα εἶναι ἐξ ἴσου φωτεινά, ἐνῶ εἰς τὴν θέσιν (3), ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς περιστροφὴν κατὰ 90°, τὸ εἶδωλον τῆς ἐκτάκτου εἶναι φωτεινόν καὶ τὸ εἶδωλον τῆς συνήθους σκοτεινόν. Εἰς τὴν θέσιν (4), ἀντιστοιχοῦσαν εἰς περιστροφὴν κατὰ 135°, ἀμφοτέρω τὰ εἶδωλα εἶναι ἐξ ἴσου φωτεινά, καὶ τέλος εἰς τὴν θέσιν (5) τὸ εἶδωλον τῆς συνήθους φαίνεται φωτεινόν καὶ τῆς ἐκτάκτου σκοτεινόν. Ἐάν ἐξακολουθοῦμεν περιστρέφοντες τὸ δεύτερον ρομβοέδρον, θὰ συναντήσωμεν πάλιν τὰς ἰδίας φάσεις.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου δεικνύεται ὅτι ἡ φωτεινὴ ἀκτὶς B_1 , ἡ ἐξερχομένη ἐκ τοῦ πρῶτου ρομβοέδρου, δὲν δεικνύει τὰς αὐτὰς ἰδιότητας πρὸς τὴν προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτοῦ ἀκτίνα, ἡ ὁποία πρὸς διάκρισιν καλεῖται **ἀκτὶς φθοικοῦ φωτός** ἢ **φθοικὴ ἀκτὶς**, ἐνῶ ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς ἐκ τοῦ πρῶτου ρομβοέδρου καλεῖται **ἀκτὶς πεπολωμένου φωτός** ἢ **πεπολωμένη ἀκτὶς**, τὸ δὲ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **πόλωσης τοῦ φωτός**.

135. **Ἐπίπεδα πόλωσης.** Ἡ συνήθης ἀκτὶς ἡ ἐξερχομένη ἐκ τοῦ πρῶτου ρομβοέδρου εἶναι πεπολωμένη, ὁρίζομεν δὲ ὡς ἐπίπεδον πόλωσης αὐτῆς, τὸ ἐπίπεδον ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον περιέχει τὴν ἀκτίνα καὶ ἐν τῷ ὁμοίῳ πρέπει νὰ τεθῇ ἡ κυρία τομὴ τοῦ δευτέρου ρομβοέ-

δρου, ἵνα ἡ φωτεινότης τοῦ συνήθους εἰδώλου ἔχῃ τὴν μεγίστην τιμὴν. Οὕτω βλέπομεν ὅτι τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τῆς συνήθους ἀκτίνος εἶναι ἡ κυρία τομὴ τοῦ πρώτου ρομβοέδρου.

Ἐάν τὸ αὐτὸ πείραμα ἐκτελέσωμεν δι' ἀποκοπῆς τῆς συνήθους ἀκτίνος, εὐρίσκομεν καθ' ὅμοιον τρόπον ὅτι τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τῆς ἐκτάκτου εἶναι κάθετον ἐπὶ τὴν κυρίαν τομὴν.

136. Μηχανικὸν ἀνάλογον. Πρὸς ἐξήγησιν τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως τοῦ φωτός, θὰ στηριχθῶμεν εἰς τὸ κάτωθι μηχανικὸν ἀνάλογον:

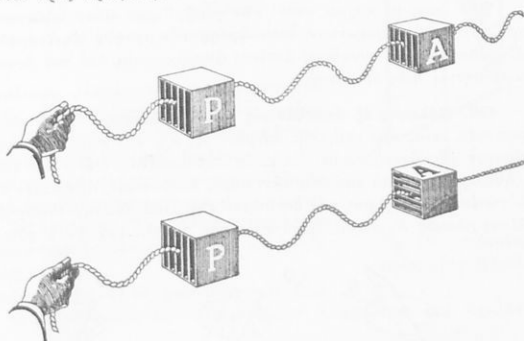
Φαντασθῶμεν ὅτι ἐξαναγκάζομεν σχοινίον νὰ πᾶλλεται ἐγκαρσίως, ὅτε κατὰ μῆκος αὐτοῦ διαδίδεται κύμα ἐγκάρσιον. Εἶναι φανερόν ὅτι τὰ σωματῖα τὰ ἀποτελοῦντα τὸ σχοινίον πᾶλλονται καθέτως πρὸς αὐτό, ἐν τούτοις καθέτως πρὸς τὸ σχοινίον οὐδεμία διεύθυνσις κινήσεως παρουσιάζει ἰδιαιτέραν προτίμησιν, καὶ ἐπομένως τὰ σωματῖα τοῦ σχοινίου δύναται νὰ πᾶλλονται καθέτως μὲν πρὸς τὸ σχοινίον, τῆς διευθύνσεως ὅμως τῆς κινήσεως αὐτῶν δυναμένης συνεχῶς νὰ μεταβάλλεται.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι περιζυλίστομεν τὸ σχοινίον ἐντὸς καταλλήλου σχισμῆς, ἀποτελουμένης ἐκ δύο παραλλήλων στερεῶν τοιχωμάτων (σχ. 178), εὐρισκομένων εἰς μικρὰν ἀπ' ἀλλήλων ἀπόστασιν. Εἶναι φανερόν ὅτι, εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν, τὰ διάφορα τμήματα τοῦ σχοινίου δὲν δύναται νὰ κινῶνται καθ' οἰανδήποτε διεύθυνσιν καθέτως πρὸς τὸ σχοινίον, ἀλλὰ προσανατολίζονται πρὸς ὠρισμένην διεύθυνσιν κάθετον ἐπὶ τὸ σχοινίον, καθοριζομένην ὑπὸ τοῦ ἐπίπεδου τῆς σχισμῆς. Ἐάν ἤδη εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς πρώτης σχισμῆς τοποθετήσωμεν ἑτέραν ὁμοίαν, ὥς δευκνύεται εἰς τὸ σχῆμα 178 ἄνω, ἡ κίνησις τῶν τμημάτων τοῦ σχοινίου γίνεται ἀκωλύτως, καὶ τὸ κύμα διαδίδεται οὕτω πέραν τῆς δευτέρας σχισμῆς.

Ἐάν ὅμως ἡ δευτέρα σχισμὴ διατεθῇ ὥς εἰς τὸ σχῆμα 178 κάτω, ἡ κίνησις τῶν τμημάτων τοῦ σχοινίου ἀνακόπτεται, οὕτω δὲ παύει ἡ διάδοσις τοῦ κύματος πέραν τῆς δευτέρας σχισμῆς. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν, ἡ πρώτη σχισμὴ ἐπέφερε ὠρισμένον προσανατολισμὸν τῆς κινήσεως τῶν σωματίων τοῦ σχοινίου, καὶ λέγομεν τότε ὅτι ἐπέφερεν πόλωσιν τοῦ θεωρουμένου κύματος ἢ ἀκτίνος, ἡ δὲ ἐκ τῆς πρώτης σχισμῆς ἐξερχομένη ἀκτὶς ἡ κύμα εἶναι πεπολωμένη, τοῦτο δὲ ἐξακριβοῦμεν διὰ περιστροφῆς τῆς δευτέρας σχισμῆς.

Ἐάν ἤδη ἐκτελέσωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ διαμήκεις κροδασμούς, δηλαδὴ διεγείροντες ράβδον στερεάν, π. χ. ἐξ ὑάλου, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ παραχθῶν διαμήκεις κροδασμοὶ εἰς αὐτὴν (διὰ προστριβῆς τῆς ὑάλου) τότε ὁ προσανατολισμὸς τῆς δευτέρας σχισμῆς οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἔχει ἐπὶ τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν ὅτι μόνον μὲ ἐγκαρσίους κροδασμούς παρατηροῦνται φαινόμενα πολώσεως.

137. Ἐφαρμογὴ τοῦ μηχανικοῦ ἀναλόγου εἰς τὸ πεπολωμένον φῶς. Ἀκριβῶς ἀνάλογον φαινόμενον συμβαίνει καὶ εἰς φωτεινὴν ἀκτῖνα, ἐάν στηριχθῶμεν εἰς τὴν ἀντίληψιν ὅτι οἱ κροδασμοὶ τῶν αἰθερίων σωματίων εἶναι μηχανικῆς φύσεως, δηλαδὴ ὀφείλονται εἰς



Σχ. 178. Ὅταν αἱ δύο σχισμαὶ P καὶ A εἶναι παράλληλοι, τὸ κύμα διαδίδεται καὶ πέραν τοῦ A, ἐνῷ ἀνακόπτεται ὅταν αἱ σχισμαὶ εἶναι κάθετοι.

τὴν ἐλαστικότητα καὶ πυκνότητα τοῦ αἰθέρος, ὥς τοῦτο ἐδέχετο ὁ Huygens, καὶ πρὸς τοὺς τοῖς ὅτι τὰ αἰθέρια ἢ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἐγκάρσια.

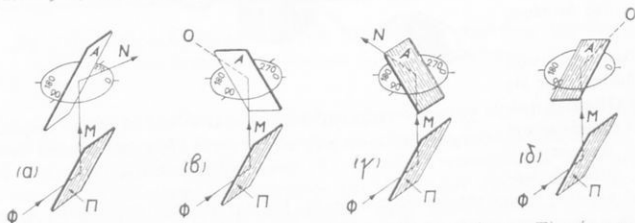
Οὕτω, εἰς τὴν φωτεινὴν ἀκτῖνα, ἡ ὁποία προσπίπτει ἐπὶ τοῦ ρομβοέδρου Π (σχ. 176), αἱ παλμικαὶ κινήσεις τῶν σωματιδίων τοῦ αἰθέρος, ἢ ἄλλως οἱ κραδασμοὶ αὐτῶν, γίνονται καθέτως πρὸς τὴν ἀκτῖνα, δηλαδή, καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς διαδόσεως τοῦ κύματος, δι' οὐδεμίαν ὁμως διεύθυνσιν καθέτως πρὸς τὴν ἀκτῖνα ὑφίσταται ἰδιαιτέρα προτίμησης, οὕτω δὲ τὰ σωματίδια τοῦ αἰθέρος δύνανται νὰ πάλλωνται κατὰ διαφόρους διευθύνσεις, καθεύτως ὁμως πάντοτε πρὸς τὴν ἀκτῖνα. Τοιούτου εἶδους ἀκτὶς καλεῖται **ἀκτὶς φυσικοῦ φωτός**.

Ἡ ἐκ τοῦ ρομβοέδρου ὁμως Π ἐξερχομένη ἀκτὶς δὲν ἀποτελεῖ ἀκτῖνα φυσικοῦ φωτός, τοῦτο δὲ πράγματι τὸ ἐξακριβώνομεν διὰ περιστροφῆς τοῦ δευτέρου ρομβοέδρου Α.

Οὕτω, ἐξ ἀναλογίας πρὸς τὸ ἀνωτέρω μηχανικὸν φαινόμενον, πρέπει νὰ δεχθῶμεν ὅτι ἡ ἐκ τοῦ ρομβοέδρου Π ἐξερχομένη συνήθης ἀκτὶς εἶναι πεπολωμένη, τὸ δὲ ἐπίπεδον κραδασμῶν αὐτῆς, τὸ ὁποῖον θεωρεῖται κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον πολώσεως, θὰ εἶναι ἐπίσης κάθετον καὶ ἐπὶ τὴν θεωρουμένην κυρίαν τομὴν τοῦ ρομβοέδρου. Ἐφ' ὅσον δὲ αἱ κύριαι τομαί, ἥτοι τὰ ἐπίπεδα πολώσεως τῶν δύο ρομβοέδρων εἶναι παράλληλα, ὅτε θὰ εἶναι παράλληλα καὶ τὰ ἀντίστοιχα ἐπίπεδα κραδασμῶν, τότε οἱ φωτεινοὶ κραδασμοὶ τῆς συνήθους ἀκτίνος δύνανται νὰ διέλθουν καὶ διὰ τοῦ δευτέρου ρομβοέδρου Α, ὅτε παρατηρεῖται φῶς καὶ πέραν αὐτοῦ.

Ἐάν ὁμως αἱ κύριαι τομαί τῶν ρομβοέδρων εἶναι κάθετοι, ὅτε καὶ τὰ ἐπίπεδα κραδασμῶν τῶν δύο πρισμάτων, ὅσον ἀφορᾷ τὴν συνήθη ἀκτῖνα, εἶναι κάθετα, τότε οἱ φωτεινοὶ κραδασμοὶ τῆς συνήθους ἀκτίνος ἀνακλύπτονται ὑπὸ τοῦ δευτέρου ρομβοέδρου καὶ οὕτω δὲν ἐξέρχεται φῶς ἐξ αὐτοῦ.

138. Πόλωσις ἐξ ἀνακλάσεως καὶ διαθλάσεως. Ὅταν φωτεινὴ ἀκτὶς προσπίπτῃ ἐπὶ διαφανοῦς, λεῖας καὶ στιλπνῆς ἐπιφανείας, π.χ. ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὑαλίνης πλακῶς, τὸ ἀνακλόμενον φῶς ἀνευρίσκεται ὅτι εἶναι πεπολωμένον. Οὕτω ἐάν ἐπὶ ἐπιτεδῶν ὑαλίνης πλακῶς Π, ἡ θαλωμένης κατὰ τὴν ὀπισθίαν αὐτῆς ἐπιφάνειαν, ἀφήσωμεν νὰ προσπέσῃ φωτεινὴ δέσμη ὑπὸ γωνίαν 57° περίπου, καὶ δεχθῶμεν τὴν ἀνακλωμένην ταύτην δέσμη ἐπὶ δευτέρας ὁμοίας ὑαλίνης πλακῶς Α, παραλλήλου πρὸς τὴν πρώτην (σχ. 179), τότε ἡ ἐπὶ τῆς δευτέρας ταύ-



Σχ. 179. Διάταξις διὰ τὴν ἀπόδειξιν τῆς πολώσεως ἐξ ἀνακλάσεως. Τὸ κάτοπτρον Π χρησιμεύει ὡς πολωτῆς, τὸ δὲ Α ὡς ἀναλύτης, εἰς τὰς θέσεις (α) καὶ (γ) προκύπτει ἐνίσχυσις τοῦ φωτός.

τῆς πλακῶς ἀνακλωμένη δέσμη σχηματίζει ἐπὶ διαφράγματος φωτεινὸν εἶδωλον. Ἐάν ὁμως περιστρέψωμεν τὴν δευτέραν πλάκα περὶ τὸν ἄξονα Μ, εἰς τρόπον ὥστε ἡ γωνία προσπτώσεως ἐπὶ τῆς πλακῶς Α νὰ παραμείνῃ ἀμετάβλητος, τότε βλέπομεν ὅτι ἡ ἐξ αὐτῆς ἀνακλωμένη ἀκτὶς διαγράφει κοινὴν ἐπιφάνειαν ἀνοίγματος 57° ἐν σχέσει πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ σημερινὸν προσπτώσεως, καὶ ἐτοιμὸς τὸ φωτεινὸν ἐξ ἀνακλάσεως ἐπὶ τῆς πλακῶς Α εἶδωλον μετατοπίζεται, ἐνῶ ταυτόχρονος ἡ λαμπρότης αὐτοῦ μεταβάλλεται. Ἡ λαμπρότης τοῦ εἰδώλου εἶναι μεγίστη εἰς τὴν θέσιν (α) καὶ (γ), ὅπου αἱ δύο πλάκες εἶναι παράλληλοι, εἴτε ἡ πλάξ Α ἔχει περιστροφῇ κατὰ 180° ἐν σχέσει πρὸς τὴν Π. Ἐάν ὁμως ἡ πλάξ Α ἔχῃ

τοιούτην θέσιν, ὥστε νὰ σχηματίξῃ γωνίαν 90° ἢ 270° ἐν σχέσει πρὸς τὴν πλάκα Π, τότε τὸ εἶδολον ἐξαφανίζεται.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω, προκύπτει ὅτι ἡ ὑπὸ γωνίαν προσπτώσεως 57° ἀνακλωμένη δέσμη ἐπὶ τῆς πλακῶς Π, εἶναι δέσμη πεπολωμένου φωτός, τὸ δὲ ἐπίπεδον πολώσεως αὐτῆς εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως, τὸ ὅποιον συμπίπτει πρὸς τὸ ἐπίπεδον κρυσταλλῶν τῆς ἀκτίνος. Ἡ γωνία προσπτώσεως τῶν 57° διὰ τὴν ὁποίαν παρατηρεῖται εἰς τὴν ὑάλον πόλωσιν τῆς ἀνακλωμένης δέσμης καλεῖται **γωνία πολώσεως**.

Πόλωσιν τοῦ φωτός δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν καὶ ἐκ διαθλάσεως. Οὕτω ἐὰν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπὶ ὑαλίνῃς πλακῶς μὴ ἡθαλωμένης κατὰ τὴν ὀπισθίαν ἐπιφάνειαν, γνωρίζομεν ὅτι μέρος τοῦ φωτός ἀνακλάται, ἐὰν δὲ ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι 57° ἡ ἀνακλωμένη δέσμη εἶναι πεπολωμένη. Ἐξ ἄλλου, γνωρίζομεν ὅτι μέρος τοῦ προσπίπτοντος φωτός διαθλάται διὰ μέσου τῆς ὑαλίνης πλακῶς, ἀλλὰ καὶ ἡ διαθλωμένη δέσμη εὐρίσκεται πεπολωμένη. Ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται ὅτι τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τῆς διαθλωμένης ἀκτίνος εἶναι κάθετον πρὸς τὸ ἐπίπεδον πολώσεως τῆς ἀνακλωμένης.

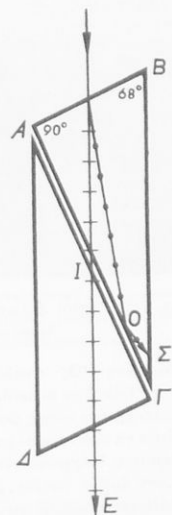
Ὅλα ἐν γένει τὰ σώματα δύνανται νὰ προκαλέσουν πόλωσιν τοῦ φωτός ἐξ ἀνακλάσεως, ἡ δὲ γωνία πολώσεως ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ σώματος.

139. Πολωταὶ καὶ ἀναλύται. Πᾶσα συσκευή χρησιμεύουσα ὥπως μετατρέπῃ φυσικὸν φῶς εἰς πεπολωμένον, καλεῖται **πολωτής**, ἐνῷ πᾶσα συσκευή ἡ ὁποία χρησιμεύει διὰ τὴν ἐξακριβωσιν, ἐὰν φωτεινὴ ἀκτὶς εἶναι πεπολωμένη, καλεῖται **ἀναλύτης**.

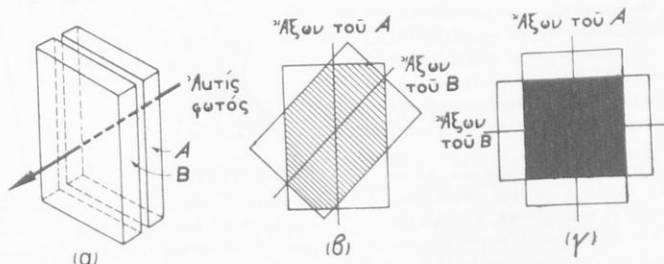
Τόσον ὁ πολωτὴς ὅσον καὶ ὁ ἀναλύτης δύνανται κάλλιστα ν' ἀντιστραφεῖν, δηλαδὴ νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν ἀναλύτην ὡς πολωτὴν καὶ τὸν πολωτὴν ὡς ἀναλύτην. Ἐν τοιούτοις, ἐτεκράτησε νὰ χαρακτηρίζωμεν τὰς δύο συσκευὰς διαφοροτρόπως, ἀναλόγως τοῦ σκοποῦ χρησιμοποίησεως αὐτῶν.

Οὕτω, εἰς τὴν διάταξιν (σχ. 176) τὸ ρομβόεδρον Π ἀποτελεῖ τὸν πολωτὴν, ἐνῷ τὸ ὅμοιον πρὸς αὐτὸ ρομβόεδρον Α ἀποτελεῖ τὸν ἀναλύτην.

140. Πρίσμα Nicol. Τοῦτο ἀποτελεῖ λίαν συνήθη πολωτὴν καὶ πραγματοποιεῖται ἀπὸ ισλανδικὴν κρύσταλλον, τετμημένην καὶ κατεργασμένην, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 180.

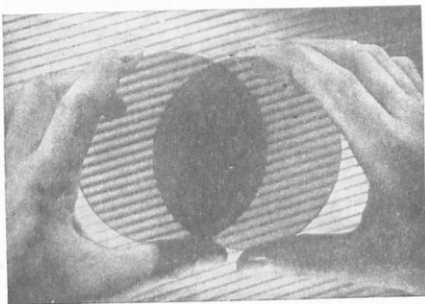


Σχ. 180. Διάταξις πρίσματος Nicol.



Σχ. 181. Πλακίδια τουμαλίνου. (α) Οἱ ἄξονες εἶναι παράλληλοι, ὅτε τὸ φῶς διέρχεται πλήρως. (β) Οἱ ἄξονες εἶναι κάθετοι καὶ τὸ φῶς ἀποσβέννεται τελείως. (γ) Ἐνδιάμεσος θέσις, ὅτε τὸ φῶς διέρχεται μερικῶς.

τά δὲ δύο τμήματα αὐτῆς συγκολλῶνται εἰς ἓν, τῇ βοήθειᾳ στρώματος канаδικοῦ βαλσάμου. Ὁ πολωτὴς οὗτος παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν παρέχει δύο ἀκτίνες ἀλλὰ μόνον μίαν, ἥτοι τὴν ἔκτακτον ἀκτὶνα Ε, ἐνθ' ἡ συνήθης ἀκτὶς Σ ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν καὶ ἐκτρέπεται πρὸς τὰ πλάγια. Τὸ πρίσμα Nicol δύναται νὰ χρησιμεύσῃ καὶ ὡς ἀναλύτης.



Σχ. 182. Δίσκοι πολωτικοῦ σώματος (Polaroid) διασταυρούμενοι.

πολωμένη. Ὡς ἀναλύτης δύναται νὰ χρησιμεύσῃ δεύτερον ὅμοιον πλακίδιον.

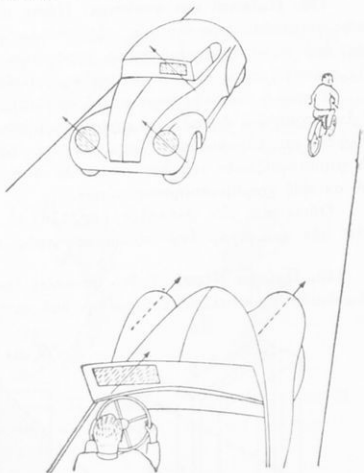
Ἐάν δύο πλακίδια τουρμαλίνου εἶναι διατεταγμένα οὕτως ὥστε οἱ ὀπτικοὶ ἄξονες αὐτῶν νὰ εἶναι παράλληλοι, τότε διὰ τοῦ συστήματος διέρχεται φῶς, ἐάν ὁμως σχηματίζουσιν ὀρθὴν γωνίαν, δὲν δύναται διὰ τοῦ συστήματος τοῦτου νὰ διέλθῃ φῶς.

142*. Πολωτικὸν σῶμα (Polaroid).

Τὸ σῶμα τοῦτο ἀποτελεῖ οὐσίαν τεχνητῶς παρασκευαζομένην πρὸς πραγματοποιήσιν πεπολωμένου φωτός (σχ. 182). Ἡ οὐσία αὕτη, ἡ ὁποία εἰσέχθη ἤδη εἰς τὸ ἐμπόριον, ἐφευρέθη ὑπὸ τοῦ Ε. Α. Land εἰς Βοστώνην, καὶ φαίνεται ὅτι εἰς τὴν πρᾶξιν θὰ ἀντικαταστήσῃ τὸ πρίσμα Nicol εἰς πολλὰς ἐκ τῶν ἐφαρμογῶν του, καὶ θὰ διανοιῇ εὐρὺ πεδίον ἄλλων πρακτικῶν ἐφαρμογῶν τοῦ πεπολωμένου φωτός, λόγῳ τοῦ ὅτι εἶναι πολὺ ὀλιγώτερον δαπανηρὰ τοῦ πρίσματος Nicol καὶ διότι δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἐξ αὐτῆς πολωτὰς μεγάλου σχήματος.

Τὸ πολωτικὸν τοῦτο σῶμα ἀποτελεῖται ἀπὸ φίλμ ἐξ ὀξειδῆς νιταρίνης ὁμοίας πρὸς τὸ cellophane, ἡ ὁποία ἐμποτίζεται ὑπὸ πολὺν μικρῶν, συνθετικῶς παρασκευαζομένων, διχροϊκῶν κρυσταλλῶν. Διὰ καταλλήλων ἐκτάσεως τοῦ φίλμ τοῦτου κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκευῆς του τὰ κρυστάλλια ἐν αὐτῷ διατίθενται κατὰ τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ εἶναι

141. Πλακίδια τουρμαλίνου. Ὁ τουρμαλίνης ἀποτελεῖ μονάξονα διπλοθλαστικὸν κρυσταλλὸν πολυπλόκου χημικῆς συνθέσεως. Ἐάν σχηματίσωμεν πλακίδιον μετὰ παραλλήλους ἐδρας πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ κρυστάλλου καὶ ἀφήσωμεν ἐπ' αὐτοῦ νὰ προσπέσῃ φωτεινὴ ἀκτὶς καθέτως, τότε ἐκ τοῦ πλακιδίου, μολόνον τοῦτο εἶναι διπλοθλαστικόν, δὲν ἐξέρχονται δύο ἀκτίνες, ἀλλὰ μόνον μία, ἡ ἔκτακτος, διότι ἡ συνήθης ἀπορροφᾶται ὑπὸ τοῦ πλακιδίου (σχ. 181)· τὸ φαινόμενον τοῦτο καλεῖται **διερχοσμός**. Ἡ ἐξερχομένη ἀκτὶς εἶναι πε-



Σχ. 183. Ὁ ὁδηγός, ἐνθ' βλέπει ὅλα τὰ φωτιζόμενα ἀντικείμενα (λόγῳ διαχύτου ἀνακλάσεως), δὲν βλέπει τὸ φῶς τῶν φάρων τοῦ ἀντιθέτως ἐρχομένου αυτοκινήτου, διότι οἱ δύο πολωτικοὶ δίσκοι εἶναι διεσταυρούμενοι.

διεῦθυνσιν ὥστε οἱ ἄξονες αὐτῶν νὰ εἶναι

όλοι όμοιομόρφως προσανατολισμένοι. Ός και εις την περίπτωσιν τοῦ τουρμαλίνου, ἕκαστον κρυστάλλιον ἀφήνει νά διέλθῃ δι' αὐτοῦ μία μόνον δέσμη πεπολωμένον ἀκτίνων, τῆς ἐτέρας ἀπορροφωμένης ἐντὸς τοῦ κρυστάλλου.

Τοιαῦτα πολωτικά σώματα χρησιμοποιοῦνται σήμερον εἰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, ὡς π.χ. εἰς τὴν ἐξουδετέρωσιν τῆς θαμβώσεως τὴν ὁποίαν προκαλοῦν οἱ φάροι τῶν αὐτοκινήτων.

Πρὸς ἐξουδετέρωσιν τῆς θαμβώσεως τὴν ὁποίαν προκαλοῦν οἱ φάροι αὐτοκινήτου εἰς τὸν ὁδηγὸν ἐτέρου αὐτοκινήτου ὁδεύοντος κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν, ἐφοδιάζουσιν τὸσον τοὺς φάρους ὅσον καὶ τὴν ὑαλίνην πλάκα, διὰ μέσου τῆς ὁποίας βλέπουν οἱ ὁδηγοί, διὰ στρώματος πολωτικοῦ σώματος τοῦ ὁποίου οἱ ἄξονες σχηματίζουν γωνίαν 45° ὡς πρὸς ὁριζόντιον ἐπίπεδον (σ. 183). Ἐάν ἡ γωνία αὕτη εἶναι ἡ ἴδια δι' ὅλα τὰ αὐτοκίνητα καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φορὰν, τότε οἱ ἄξονες τῶν δύο πολωτικῶν στρωμάτων δύο αὐτοκινήτων τὰ ὅποια ὁδεύουν κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν καὶ πλησιάζουσιν πρὸς ἀλλήλα θὰ σχηματίζουν γωνίαν 90° καὶ ἐπομένως τὸ πολωτικὸν στρώμα τὸ ἐπὶ τῆς ὑαλίνης πλακὸς τοῦ ἐνὸς αὐτοκινήτου δὲν ἀφήνει νά διέλθῃ τὸ φῶς τῶν φάρων τοῦ ἐτέρου αὐτοκινήτου, οὗτω δὲ ἀποφεύγεται ἡ θάμβωσις, ἐνῶ ἕκαστος ὁδηγὸς βλέπει διὰ μέσου τῆς ὑαλίνης πλακὸς τὸν φωτιζόμενον ὑπὸ τῶν ἰδίων του φάρων δρόμον.

Ἐξ ἄλλου, δίσκοι ἐκ τῆς πολωτικῆς οὐσίας δύνανται νά χρησιμεύσουν ὡς πολῶται καὶ ἀναλύται διὰ τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τῆς πολώσεως, ἀντικαθιστῶντες τὰ πρίσματα Nicol καὶ τὰ πλακίδια τουρμαλίνου. Δύο δὲ δίσκοι ἐκ τῆς πολωτικῆς οὐσίας, τοποθετημένοι ὡς καὶ τὰ πλακίδια τουρμαλίνου, δύνανται νά ἀποτελέσουν *πολωσισκοπῖον*.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ τῆς Γεωμετρικῆς ὀπτικῆς καὶ τῆς Φυσικῆς ἢ Ἀνωτέρας ὀπτικῆς. Ποῖαι αἱ θεωρίαι ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τοῦ φωτός.

Διὰ ποίων πειραμάτων δεικνύομεν τὴν περίθλασιν τοῦ φωτός.

Διὰ ποίων πειραμάτων δεικνύομεν τὸ φαινόμενον τῆς συμβολῆς τοῦ φωτός.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου διπλῇ διάθλασις τοῦ φωτός. Ποῖα σώματα εἶναι διπλοθλαστικά.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὁρῶν ὀπτικῶς ἄξον καὶ κυρία τομὴ.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου πόλωσις τοῦ φωτός. Πότε μία ἀκτὺς λέγεται ὅτι εἶναι φυσικοῦ φωτός, καὶ πότε αὕτη λέγεται πεπολωμένη.

Πῶς ἐξ ἀκτίνων φυσικοῦ φωτός δυνάμεθα νά παραγάγωμεν ἀκτὶνα πεπολωμένην.

Πῶς ἐξακριβοῦνται ὅτι ἀκτὺς φωτός εἶναι πεπολωμένη.

Πῶς πραγματοποιεῖται πρίσμα Nicol καὶ ποῖαν ιδιότητα παρουσιάζει τοῦτο.

Ποῖαν ιδιότητα παρουσιάζουσιν τὰ πλακίδια τουρμαλίνου.

Β'. Προβλήματα.

1. Τὸ μήκος κύματος ἐρυθροῦ φωτός εἶναι $0,8 \mu$. Ἐάν ἡ ταχύτης διαδόσεως εἶναι εἰς τὸ κενὸν $3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$, πόση ἡ συχνότης κινήσεως τῶν φωτεινῶν κέντρων τῶν ἐκπεμπόντων ἐρυθρὸν φῶς.

2. Τὸ μήκος κύματος ἰώδους ἀκτινοβολίας εἶναι $0,4 \mu$. Ἐάν ἡ ταχύτης διαδόσεως εἰς τὸ κενὸν εἶναι $3 \cdot 10^{10} \text{ cm/sec}$, πόση ἡ συχνότης κινήσεως τῶν φωτεινῶν κέντρων.

3. Ἀκτὺς ἐρυθροῦ φωτός μήκους κύματος εἰς τὸν ἀέρα 6563 Å εἰσχωρεῖ ἐντὸς πυριτυάλου. Πόση ἡ συχνότης τῶν κυμάτων, ἡ ταχύτης διαδόσεως ἐντὸς τῆς πυριτυάλου, καὶ τὸ μήκος κύματος (δείξιτις διαθλάσεως δι' ἐρυθρὸν φῶς τῆς πυριτυάλου ὡς πρὸς τὸν ἀέρα 1,6224).

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

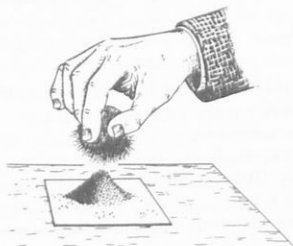
ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Θ'

ΣΠΟΥΔΗ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΩΝ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ. ΓΗΪΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΠΡΟΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑΙ ΓΝΩΣΕΙΣ

143. Γενικά. Αί πρώται γνώσεις ἐπὶ τοῦ μαγνητισμοῦ ἀνάγονται εἰς τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2500 περίπου ἐτῶν, ὅτε παρατηρήθη ὅτι ὠρισμένον ὄρυκτον τοῦ σιδήρου ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη τεμάχια σιδήρου, ὃχι ὅμως καὶ τεμάχια ξύλου ἢ χαλκοῦ. Τὸ ὄρυκτον τοῦτο εἶναι ἀνώτερον ὀξείδιον τοῦ σιδήρου, ἔχον τὴν σύνθεσιν Fe_3O_4 , ἐπεὶ δὲ εὐρίσκεται ἐν ἀφθονίᾳ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς πόλεως Μαγνησίας τῆς Μικρᾶς Ἀσίας, ἐδόθη εἰς αὐτὸ τὸ ὄνομα **μαγνητὺς λίθος**. Σήμερον τὸ ὄρυκτον τοῦτο εἶναι γνωστὸν ὑπὸ τὸ ὄνομα **μαγνητίτης** ἢ **φυσικὸς μαγνήτης** (σχ. 184). Ἐκτὸς τῆς Μαγνησίας, ὁ μαγνητίτης ἀνευρίσκεται καὶ εἰς ἄλλους τόπους, ὡς εἰς τὴν Ἀμερικὴν, τὴν Νορβηγίαν καὶ τὴν Σουηδίαν. Ὁ σίδηρος δὲν εἶναι τὸ μόνον σῶμα τὸ ὁποῖον ἔλκει ὁ μαγνήτης, ἀλλὰ ὑπάρ-



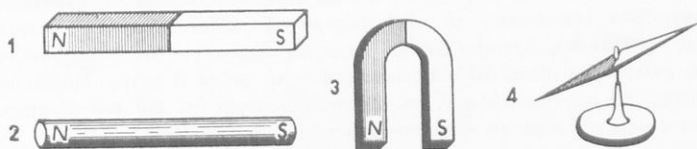
Σχ. 184. Φυσικὸς μαγνήτης
ἔλκων ρινίσματα σιδήρου.

χουν καὶ ἄλλα, ὡς π.χ. τὸ κοβάλτιον καὶ τὸ νικέλιον, τὰ ὁποῖα ὡς ἐκ τούτου καλοῦνται **μαγνητικὰ σώματα**.

Εἰς τὴν Φυσικὴν, **μαγνητισμὸν** καλοῦμεν ἀφ' ἐνὸς μὲν τὴν ιδιότητα τοῦ φυσικοῦ μαγνήτου νὰ ἔλκη τεμάχια σιδήρου, ἀφ' ἑτέρου δὲ τὸ κεφάλαιον τῆς Φυσικῆς τὸ ὁποῖον ἀσχολεῖται μὲ τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τοῦ μαγνητισμοῦ. Αἱ ἐφαρμογαὶ τοῦ μαγνητισμοῦ, ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς τὰ εἰδικὰ κεφάλαια, εἶναι ἀφθονοὶ καὶ μεγίστης σπουδαιότητος.

144. Τεχνητοὶ μαγνήται. Τὴν ιδιότητα τοῦ μαγνητισμοῦ, τὴν ὁποίαν παρ-
ρουσιάζει ὁ φυσικὸς μαγνήτης, δυνάμεθα νὰ τὴν μεταδώσωμεν τεχνητῶς εἰς τεμάχιον χάλυβος. Οὕτω, ἐάν μικρὰ χαλυβδίνη βελόνη προστριβῇ ἐπὶ φυσικοῦ μαγνήτου,

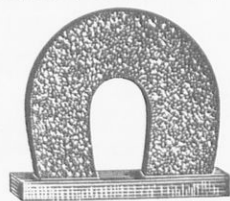
παρατηρούμεν ὅτι αὕτη καθίσταται μαγνήτης. Ἐν γένει δὲ καλοῦμεν σήμερον **τεχνητοὺς μαγνήτας** τεμάχια χάλυβος εἰς τὰ ὁποῖα ἔχομεν μεταδόση τεχνητῶς



Σχ. 185. Διάφοροι τύποι τεχνητῶν μαγνητῶν. 1, 2 μαγνητικά ράβδοι, 3 πεταλοειδής, 4 μαγνητικὴ βελόνη.

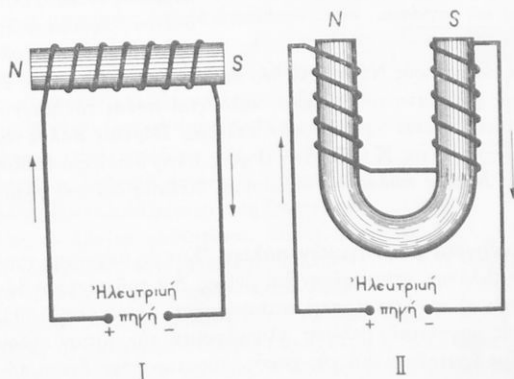
τὴν ιδιότητα τοῦ μαγνητισμοῦ. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδομεν συνήθως μίαν τῶν εἰς τὸ σχῆμα 185 εἰκονιζομένων μορφῶν.

Σήμερον, ἀντὶ χάλυβος, πρὸς κατασκευὴν μονίμων μαγνητῶν, χρησιμοποιοῦν ἄλλα εἰδικὰ κράματα ὡς π. χ. τὸ κράμα **Almico** ἀποτελούμενον ἐξ ἀργιλίου, νικελίου, κοβαλτίου καὶ σιδήρου. Τὸ σχῆμα 186 δεικνύει μόνιμον μαγνήτην ἀπὸ Almico ἢ δὲ **φέρουσα δύναμις** (δηλ. ἡ ἐλκτικὴ ἱκανότης) εἰς αὐτὸν εἶναι τὸσον μεγάλη ὥστε τοιοῦτος μαγνήτης ὁ ὁποῖος ζυγίζει π.χ. μόλις 22 gr δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρος 1300 gr*.



Σχ. 186. Μαγνήτης Almico ἔλκων τεμάχιον μετάλλου.

Οἱ τεχνητοὶ μαγνήται εἶναι μόνιμοι μαγνήται, δυνάμεθα ὁμῶς νὰ πραγματοποιήσωμεν καὶ παροδικοὺς μαγνήτας. Οὕτω,



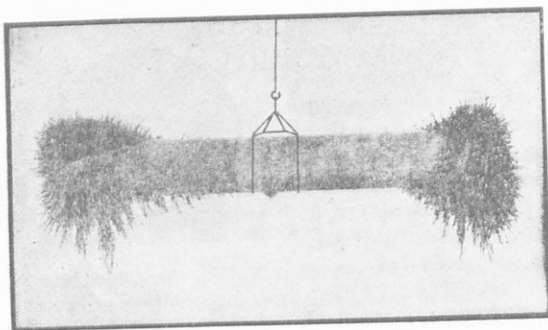
Σχ. 187. Πραγματοποιήσις ἡλεκτρομαγνήτου. I Ραβδόμορφος, II Πεταλοειδής.

ἐὰν λάβωμεν ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (ἢ χάλυβος) καὶ περιτυλίξωμεν περὶ αὐτὴν μεμονωμένον ἄγωγόν σύρμα (π. χ. σύρμα κωδῶνων), εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματισθοῦν ὀλίγαι σπείραι, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 187, καὶ συνδέσωμεν τὰ ἅκρα τῆς περιελίξεως πρὸς τοὺς πόλους ἡλεκτρικῆς στήλης, τότε παρατηροῦμεν ὅτι, λόγῳ τῆς διόδου τοῦ ρεύματος,

ὁ μαλακὸς σίδηρος μαγνητίζεται καὶ δύναται ἐπομένως νὰ ἔλκῃ τεμάχια σιδή-

ρου. Ἐὰν ὅμως διακόψωμεν τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος, ὁ μαλακὸς σιδήρεος ἀποβάλλει σχεδὸν ὅλον τὸν μαγνητισμόν του. Ὁ μαγνήτης οὗτος δὲν ἀποτελεῖ μόνιμον, ἀλλὰ παροδικὸν μαγνήτην, ὁ ὁποῖος συνηθέστερον καλεῖται **ἡλεκτρομαγνήτης**. Ἐὰν ἐκτελέσωμεν τὸ αὐτὸ πείραμα μὲ ράβδον χαλυβδίνην, παρατηροῦμεν ὅτι ὅταν διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ σύρματος ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μαγνητίζεται καὶ ἡ χαλυβδίνη ράβδος, ἀλλ' ἔὰν διακόψωμεν τὸ ρεῦμα ὁ χάλυψ ἐξακολουθεῖ νὰ διατηρῇ τὸν μαγνητισμόν του, καὶ ἐπομένως βλέπομεν ὅτι διὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος κατωρθώσαμεν νὰ κατασκευάσωμεν μόνιμον μαγνήτην.

145. Πόλοι μαγνήτου. Ἐὰν ἐξαρθήσωμεν μαγνητισμένην χαλυβδίνην ράβδον, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 188, βυθίσωμεν δὲ αὐτὴν εἰς σωρὸν ρινισμάτων,

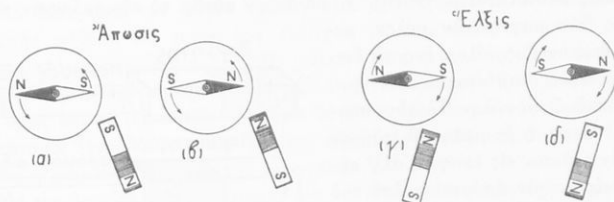


Σχ. 188. Πειραματικὴ διάταξις δεικνύουσα τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτου.

ὥστε νὰ καλυφθῇ τελείως, καὶ ἀκολουθῶς ἀνασύρωμεν αὐτὴν ἐκ νέου, βλέπομεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου προσκολλῶνται ἐν ἀφθονίᾳ μόνον εἰς τὰς κατὰ τὰ ἄκρα τῆς ράβδου περιοχάς. Ἐκτὸς ὅμως τοῦ φαινομένου τούτου, παρατηροῦμεν, πρὸς τούτους, ὅτι ἡ μαγνητισμένη ράβδος λαμβάνει ἐντελῶς ὠρισμένον προσανατολισμόν, ὁ ὁποῖος συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν ἐκ Βορρᾶ πρὸς Νότον. Αἱ δύο περιοχαί, εἰς τὰς ὁποίας ἐν ἀφθονίᾳ προσκολλῶνται τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, καλοῦνται **πόλοι** τοῦ μαγνήτου, καὶ ὁ πόλος ὁ ὁποῖος διευθύνεται πρὸς Βορρᾶν καλεῖται **Βόρειος πόλος** καὶ σημειοῦται διεθνῶς διὰ τοῦ γράμματος **N** (Nord = Βορρᾶς), ἐνῶ ὁ πόλος ὁ ὁποῖος δεικνύει τὸν Νότον καλεῖται **Νότιος πόλος** καὶ σημειοῦται διεθνῶς διὰ τοῦ γράμματος **S** (Sud = Νότος).

146. Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων. Ἐὰν ὡς μαγνήτην χρησιμοποιήσωμεν μαγνητικὴν βελόνην, στηριγμένην ἐπὶ ἀκίδος διὰ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς, εἰς τρόπον ὥστε νὰ στρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα (σχ. 189), καὶ εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον ἑτέρου μαγνήτου, τὸν ὁποῖον κρατοῦμεν διὰ τῆς χειρὸς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ πόλος οὗτος ἀπωθεῖ τὸν δμώνυμον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Τὸ αὐτὸ ἐπίσης παρατηροῦμεν ἔὰν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἐὰν ὅμως εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν βόρειον τοῦ μαγνήτου, παρατηροῦμεν ἕλξιν, τὸ αὐτὸ δὲ

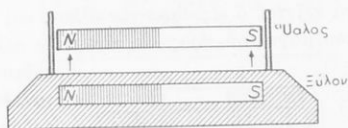
συμβαίνει ἂν εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης πλησιάσωμεν τὸν



Σχ. 189. Ἀπωσις ὁμοῦνύμων πόλων (α), (β). Ἑλξις ἑτεροῦνύμων πόλων (γ), (δ).

νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: **Ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται, ἐνῶ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἑλκονται.**

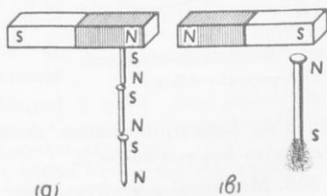
Λίαν διδακτικὸν πείραμα διὰ τὰς ἀμοιβαίας ἐπενεργείας μαγνητικῶν πόλων δεικνύει τὸ σχῆμα 190, ὅπου ὁ ἀνώτερος μαγνήτης δύναται νὰ παραμένῃ μετέωρος εἰς τὸν ἀέρα, ὡς ἐκ τῆς ἀπωστικῆς ἐπενεργείας τοῦ κατωτέρου ἀκίνητου μαγνήτου.



Σχ. 190. Αἰωρούμενος μαγνήτης.

147. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Ὅταν τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τίθεται εἰς ἐπαφὴν ἢ πλησίον τοῦ πόλου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ σίδηρος καθίσταται μαγνήτης, ἂν δὲ ἀπομακρύνωμεν

τὸν μαγνήτην, ὁ σίδηρος χάνει σχεδὸν ὅλον τὸν μαγνητισμὸν του. Οὕτω, ἂν εἰς τὸν πόλον μαγνήτου θέσωμεν εἰς ἐπαφὴν ἢ πλησιάσωμεν καρφίον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο συγκρατεῖται ὑπὸ τοῦ μαγνήτου, καὶ ταυτοχρόνως δύναται νὰ συγκρατήσῃ ἕτερον καρφίον, τὸ ὁποῖον καθίσταται, ἐπίσης, τέλειος μαγνήτης, δυνάμενον ἐπίσης νὰ συγκρατήσῃ καὶ ἕτερον καρφίον κ.ο.κ. Τοιού-



Σχ. 191. (α) Μαγνήτισις ἐξ ἐπαφῆς. (β) Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως.

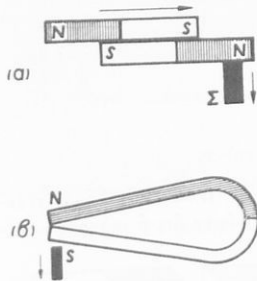
τοῦτρόπως δυνάμεθα, κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον, νὰ ἐξαρτήσωμεν πολλὰ καρφία καὶ νὰ σχηματίσωμεν ἄλυσον (σχ. 191, α). Ἐὰν ὁμως ὁ μαγνήτης ἀπομακρυνθῇ ἀπὸ τοῦ κορυφαίου καρφίου, ἡ ἄλυσος τῶν καρφίων διαλύεται ἀπ' ἑαυτῆς.

Ἐφ' ὅσον ὁ μαλακὸς σίδηρος δὲν μαγνητίζεται δι' ἐπαφῆς, ἀλλὰ διὰ προσεγγίσεως αὐτοῦ πρὸς μαγνήτην (σχ. 191, β), λέγομεν ὅτι μαγνητίζεται ἐξ **ἐπιδράσεως** ἢ ἐξ **ἐπαγωγῆς**.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ἂν μαγνητισμένην ράβδον NS

θέσωμεν εἰς ἐπαφὴν πρὸς ράβδον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 192), ἡ δευτέρα αὕτη ράβδος καθίσταται μαγνήτης, τὸ δὲ ἄκρον αὐτῆς, τὸ εὐρισκόμενον εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸν μαγνητικὸν πόλον, καθίσταται ἐτερόνυμος πόλος, ἐνῶ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτῆς καθίσταται ὁμώνυμος πρὸς τὸν ἐπιδρώντα πόλον. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ ὅταν ἡ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ράβδος δὲν τίθεται εἰς ἐπαφὴν, ἀλλ' εὐρίσκεται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ ἐνὸς πόλου τοῦ μαγνήτου.

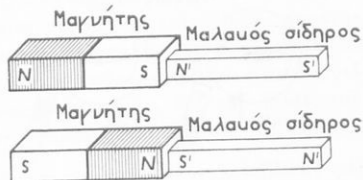
Ἐὰν τοποθετήσωμεν δύο ὁμοίας μαγνητικὰς ράβδους κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ ἐτερόνυμοι πόλοι αὐτῶν νὰ κεῖνται ὁ εἰς παρὰ τὸν ἄλλον, καὶ πλησιάσωμεν τὸ ἐν ἄκρον τοῦ διδύμου τοῦ



Σχ. 193. Ἀμοιβαία ἐξουδετέρωσις μαγνητικῶν πόλων.

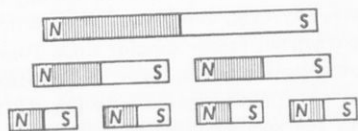
Ν καὶ Σ εἰς ἐπαφὴν, ἀποσπᾶται τὸ τεμάχιον σιδήρου τὸ ὁποῖον προηγουμένως συνεκράτειτο ὑπὸ τοῦ πόλου Σ.

148. Μοριακοὶ μαγνήται. Ἐὰν λάβωμεν ἐπιμήκη χαλυβδίνην ράβδον καὶ μαγνητίσωμεν αὐτήν, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὰ ἄκρα αὐτῆς ἐμφανίζονται δύο ἐτερόνυμοι πόλοι. Ἐὰν θραύσωμεν τὴν ράβδον εἰς τὸ μέσον καὶ ἀποχωρίσωμεν τὰ δύο τεμάχια, τότε δὲν ἀπομονοῦται εἰς μόνον πόλος εἰς ἕκαστον τῶν τεμαχίων, ἀλλὰ, τοὐναντίον, παρατηροῦμεν ὅτι ἕκαστον τῶν τεμαχίων ἐμφανίζεται ὡς τέλειος μαγνήτης μὲ δύο ἐτερόνυμους πόλους (σχ. 194).



Σχ. 192. Τὸ ἄκρον ράβδου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, τιθέμενον εἰς ἐπαφὴν πρὸς μαγνητικὸν πόλον, γίνεται ἐτερόνυμος πόλος.

τοῦτο δὲν ἐξασκεῖ οὐδεμίαν, ἢ ὅπως ἀνεπαίσθητον, ἐνέργειαν ἐπ' αὐτῆς. Τοῦτο δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 193 (α), ὅπου ἡ κάτω μαγνητικὴ ράβδος ἔχει τὸ τεμάχιον σιδήρου Σ. Ἐὰν ὁμοίως ἀνωθεν αὐτῆς τοποθετήσωμεν ἐτέραν μαγνητικὴν ράβδον καὶ μετατοπίσωμεν αὐτήν κατὰ τὴν φορὰν τοῦ βέλους, ὥστε ὁ νότιος πόλος αὐτῆς Σ νὰ ἔλθῃ ἀνωθεν τοῦ βορείου πόλου Ν τῆς κάτω μαγνητικῆς ράβδου, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ τεμάχιον σιδήρου καταπίπτει, διότι ἡ ἐπενέργεια τοῦ βορείου πόλου τῆς κάτω ράβδου ἐξουδετερώθη διὰ τῆς ἐπενεργείας τοῦ νοτίου πόλου τῆς ἄνω μαγνητικῆς ράβδου. Τὸ αὐτὸ δεικνύεται μὲ τὸν εὐκαμπτον πεταλοειδῆ μαγνήτην (σχ. 193, β) ὅπου, ὅταν φέρωμεν τοὺς δύο πόλους



Σχ. 194. Ἐκαστον προκύπτειν τεμάχιον μετὰ τὴν θραύσιν μαγνήτου εἶναι τέλειος μαγνήτης.

Ἐὰν θραύσωμεν ἕκαστον τῶν δύο τεμα-

χίων εις δύο μέρη, καὶ πάλιν ἕκαστον τῶν προκυπτόντων τεμαχίων εἶναι τέλειος μαγνήτης. Ἐὰν κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἐξακολουθοῦμεν νὰ ὑποδιαιρούμεν τὴν μαγνητικὴν ράβδον εἰς μικρότερα τεμάχια, πάντοτε ἀνευρίσκομεν ὅτι ἕκαστον τῶν προκυπτόντων τεμαχίων ἀποτελεῖ τέλειον μαγνήτην. Ἐφ' ὅσον ὅμως διὰ τῆς μηχανικῆς ταύτης ὑποδιαιρέσεως τῆς ράβδου θὰ φθάσωμεν εἰς τὸ μόριον αὐτῆς, τὸ ὁποῖον ὅμως ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω θὰ εἶναι τέλειος μαγνήτης, προκύπτει ὅτι ὁ μαγνητισμὸς εἶναι ἰδιότης τῶν μορίων τῶν μαγνητικῶν σωμάτων, οὕτω δὲ διεμορφώθη ἡ **μοριακὴ θεωρία** τοῦ μαγνητισμοῦ.

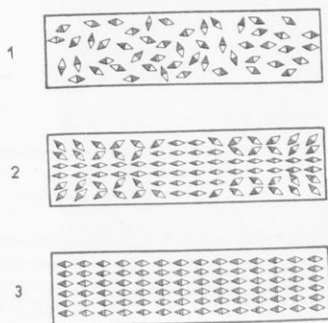
Κατὰ τὴν θεωρίαν ταύτην δεχόμεθα ὅτι τὰ μόρια τῶν μαγνητικῶν σωμάτων εἶναι τέλειοι μικροσκοπικοὶ μαγνήται, ἀσχέτως ἂν τὸ σῶμα ὡς σύνολον δὲν παρουσιάζει μαγνητισμὸν, τοὺς ὁποίους καλοῦμεν συνήθως **μοριακοὺς μαγνήτας**, καὶ οἱ ὁποῖοι, ὅταν τὸ σῶμα δὲν εἶναι μαγνητισμὸν, εἶναι ἀτάκτως προσανατολισμένοι ἐντὸς τοῦ σώματος, εἰς τρόπον ὥστε οἱ πόλοι τῶν μοριακῶν μαγνητῶν νὰ ἐξουδετεροῦνται κατὰ μέσον ὅρον ἀμοιβαίως, ὡς τοῦτο δεικνύεται εἰς ράβδον μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 195). Ἐὰν ὅμως εἰς τὴν σιδηρᾶν ράβδον πλησιάσωμεν τὸν ἓνα τῶν πόλων μαγνήτου, π.χ. τὸν βόρειον, παρατηροῦμεν ὅτι ὅλοι οἱ μοριακοὶ μαγνήται προσανατολίζονται κατὰ κανονικοὺς στίχους. Οὕτω, οἱ πόλοι τῶν ἐνδιαμέσων μοριακῶν μαγνητῶν ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως, εἰς τὰ ἄκρα δὲ τῆς ράβδου ὑφίστανται εἰς τὸ ἓν μὲν βόρειοι πόλοι μοριακῶν μαγνητῶν, εἰς τὸ ἕτερον δὲ νότιοι, οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς μαγνητισθείσης ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ράβδου. Οὕτω, βλέπομεν ὅτι ἡ μοριακὴ θεωρία τοῦ μαγνητισμοῦ προβλέπει διὰ ποῖον λόγον ἡ μαγνητικὴ ἰδιότης μαγνητισμένης ράβδου ἐκδηλοῦται μόνον κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῆς, ὡς καὶ διὰ ποῖον λόγον ὁ εἰς τὸν πόλον εἶναι νότιος καὶ ὁ ἕτερος βόρειος.

Ἐφ' ὅσον ὁ προσανατολισμὸς τῶν μοριακῶν μαγνητῶν δὲν εἶναι τέλειος, ἀλλὰ μερικὸς, τότε καὶ ἡ ράβδος εἶναι μερικῶς μαγνητισμένη, ἔάν δὲ ὅλοι οἱ μοριακοὶ μαγνήται ἔχουν ὑποστῇ τὸν ἀνωτέρω προσανατολισμὸν, λέγομεν ὅτι ἡ ράβδος εὐρίσκεται εἰς τὴν κατάστασιν τοῦ **μαγνητικοῦ κόρου**.

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, τότε ἡ ράβδος ἀπομαγνητίζεται σχεδὸν τελείως, δηλ. οἱ μοριακοὶ μαγνήται χάνουν ἀμέσως τὸν προσανατολισμὸν τὸν.

Ἐὰν ὅμως ἀντὶ ράβδου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου χρησιμοποιοῦσθωμεν ράβδον ἐκ χάλυβος, αὕτη διὰ τῆς προσεγγίσεως τοῦ μαγνήτου μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως, ἀλλὰ διατηρεῖ τὸν μαγνητισμὸν τῆς καὶ μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τοῦ μαγνήτου.

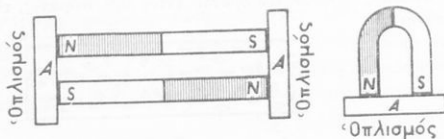
Ἡ διάφορος αὕτη συμπεριφορὰ μαλακοῦ σιδήρου καὶ χάλυβος ἐξηγεῖται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς θεωρίας τῶν μοριακῶν μαγνητῶν, ὡς ἑξῆς: Εἰς τὸν μαλακὸν σίδηρον, οἱ μοριακοὶ μαγνήται συνέχονται μεταξύ τῶν πολὺν χαλαρῶς, εἰς τρόπον ὥστε εὐκόλως δυνάμεθα νὰ προσανατολίσωμεν αὐτοὺς καὶ ἐπομένως νὰ μαγνητίσωμεν τὸν σίδηρον. Λόγῳ ὅμως τῆς μικρᾶς συνοχῆς τῶν μοριακῶν μαγνητῶν, ἀρκεῖ ἐλαφροτάτη διατάραξις τῆς σιδηρᾶς ράβδου, ὅπως οὗτοι ἀπολέσουν τὸν προσανατολισμὸν τὸν, οὕτω δὲ βλέπομεν ὅτι μόλις ἀπομακρύνωμεν τὸν μαγνήτην, λόγῳ τῆς διαταράξεως τῆς προκαλουμένης ἐπὶ τῆς σιδηρᾶς ράβδου ἐκ τῆς μετακινήσεως αὐτῆς, ἐπέρχεται κατὰστροφή τοῦ προσανατολισμοῦ τῶν μοριακῶν μαγνητῶν καὶ ἀπομαγνήτισις τοῦ σιδήρου. Προκειμένου ὅμως περὶ τοῦ χάλυβος, οἱ μοριακοὶ μαγνήται συνέ-



Σχ. 195. 1 Μοριακοὶ μαγνήται ἀτάκτως προσανατολισμένοι, 2 μερικῶς, καὶ 3 τελείως προσανατολισμένοι.

χονται μεταξύ των ἐντόνων, καὶ ὡς ἐκ τούτου ἐπιτυγχάνεται δυσκολότερον ὁ προσανατολισμὸς αὐτῶν, ἤτοι δυσκολότερον μαγνητίζεται ὁ χάλυψ. Ὅταν ὁμοῦς οὗτος μαγνητισθῇ, διατηρεῖ τὸν μαγνητισμὸν του, καὶ ἀπαιτεῖται μεγάλη προσπάθεια πρὸς ἀπομαγνήτισιν αὐτοῦ. Πράγματι, παρατηροῦμεν ὅτι δι' ἐντόνου σφυροκοπήσεως μαγνητικῆς τινος ράβδου, αὐτὴ χάνει μέρος τοῦ μαγνητισμοῦ της, ἐὰν δὲ θέλωμεν νὰ ἀπομαγνητισθῇ τελείως ταύτην, ἀρκεῖ νὰ τὴν θερμάνωμεν μέχρις ἐντόνου ἐρυθροκυρτώσεως, ὅτε, ὅταν ἡ ράβδος ψυχθῇ, βλέπομεν ὅτι ἀπέβαλε τὸν μαγνητισμὸν της. Πράγματι, διὰ τῆς θερμάνσεως καθιστῶμεν ζωηρότερον τὴν κίνησιν τῶν μορίων, καὶ ἐπομένως τῶν μοριακῶν μαγνητῶν, ἡ ὁποία ὑφίστατο προγενεστέρως ἐντὸς τῆς μάζης αὐτῶν, ὡς δὲ ἐκ τῆς ζωηρότητος τῶν κινήσεων τούτων τῶν μοριακῶν μαγνητῶν ἐπέρχεται καταστροφή τοῦ προσανατολισμοῦ αὐτῶν.

149. Διατήρησις μαγνητῶν. Διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ἐξαφάνισις τῶν μαγνητικῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα



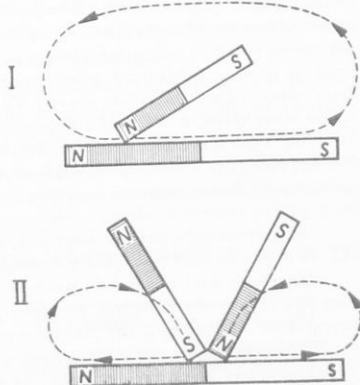
Σχ. 196. Οἱ μαγνήται διατηροῦν τὸν μαγνητισμὸν των διὰ τῆς τοποθετήσεως εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν ὀπλισμῶν (Α) ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

μαλακοῦ σιδήρου (Α, Α) τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ὀπλισμοί**. Διὰ τῆς τοποθετήσεως τῶν ὀπλισμῶν ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, δημιουργοῦνται πόλοι καὶ ἐξ ἐπιδράσεως ἐπὶ τῶν ὀπλισμῶν, οἱ ὁποῖοι ἔλκουν τοὺς ἐλευθέρους πόλους τῶν μοριακῶν μαγνητῶν, καὶ οὕτω συντελοῦν εἰς τὴν διατήρησιν τοῦ προσανατολισμοῦ αὐτῶν, καὶ ἐπομένως τοῦ μαγνητισμοῦ τῶν μαγνητικῶν ράβδων.

150. Στοιχειώδης τρόπος μαγνητίσεως. α) **Μαγνήσεις δι' ἀπλῆς ἐπαφῆς.** Κατὰ τὴν μέθοδον ταύτην ἡ πρὸς μαγνήτισιν χαλυβδίνη ράβδος τίθεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς μαγνητισμένην ράβδον, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 197, I. Ἀκολουθῶς μετακινούμεν πολλάκις τὴν μαγνητικὴν ράβδον, ὡς δεικνύεται διὰ τῆς ἐστιγμένης γραμμῆς, οὕτω δὲ ἡ χαλυβδίνη ράβδος καθίσταται μαγνήτης.

β) **Μαγνήσεις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς.**

Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν δύο μονίμους μαγνήτας, τοὺς ὁποίους τοποθετοῦμεν ἐπὶ τῆς ὑπὸ μαγνήτισιν ράβδου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 197, II, καὶ ἀκολουθῶς μετατοπίζομεν τοὺς μαγνήτας πολλάκις, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα δι' ἐστιγμένης γραμμῆς.



Σχ. 197. Τρόποι μαγνήσεως χαλυβδίνης ράβδου.

γ) **Μαγνητίσις δι' ηλεκτρικοῦ ρεύματος.** Δυνάμεθα ἐπίσης νὰ μαγνητίσωμεν χαλυβδίνην ράβδον δι' ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ὡς περιγράφεται προηγουμένως εἰς § 144.

ΣΠΟΥΔΗ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

151. Ποσότης μαγνητισμοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς μαγνητικῆς ράβδου, εἶδομεν, προηγουμένως, ὅτι ἡ μαγνητικὴ ἱκανότης αὐτῆς ἐκδηλοῦται μετὰ τῆς μεγαλυτέρας ἐντάσεως εἰς τὰς δύο κατὰ τὰ ἄκρα αὐτῆς περιοχάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **πόλοι τοῦ μαγνήτου**, ἐνῶ εἰς τὴν ὑπόλοιπον περιοχὴν τῆς ράβδου δὲν ἐκδηλοῦται μαγνητικὴ ιδιότης αὐτῆς, λέγομεν δὲ ὅτι αὕτη ἀποτελεῖ τὴν **οὐδετέραν περιοχὴν** τοῦ μαγνήτου. Διὰ τὴν ἐξηγησίαν τῶν μαγνητικῶν φαινομένων δεχόμεθα, ὅτι εἰς τὴν περιοχὴν τῶν πόλων ὑφίσταται ὥρισμένη **ποσότης μαγνητισμοῦ (μαγνητικῆ μαζα)**, καὶ ἐπειδὴ διακρίνομεν δύο εἰδῶν πόλους, — βόρειον καὶ νότιον, — διακρίνομεν ἐπίσης βόρειαν καὶ νοτίαν ποσότητα μαγνητισμοῦ.

Χαρακτηριστικὸν γνώρισμα τῶν μαγνητικῶν πόλων καὶ ἐπομένως τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, εἶναι ὅτι εἶναι ἀδύνατον νὰ ἔχωμεν ἓνα βόρειον ἢ ἓνα νότιον μαγνητικὸν πόλον μεμονωμένον, ἀλλὰ πάντοτε βόρειος καὶ νότιος μαγνητικὸς πόλος ἐμφανίζονται ταυτοχρόνως, δύο δὲ ἐτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι, εὐρισκόμενοι εἰς ἀπόστασιν ἀπ' ἀλλήλων, λέγομεν ὅτι ἀποτελοῦν **μαγνητικὸν δίπολον**. Στοιχειώδεις μαγνητικὸν δίπολον ἀποτελεῖ π.χ. μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη. Δύο πόλοι ὁμόνυμοι εἶδομεν ὅτι ἀπωθοῦνται, ἐνῶ δύο ἐτερόνυμοι πόλοι ἔλκονται. Δύο δὲ πόλοι λέγομεν ὅτι ἔχουν τὴν αὐτὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, ὅταν ἐπενεργοῦν ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως καὶ ἕκαστος χωριστὰ ἐπὶ ἐτέρου μαγνητ. πόλου μετὰ τῆς αὐτῆς δυνάμεως.

Εἰς μαγνητικὸς πόλος λέγομεν ὅτι ἔχει διπλασίαν, τριπλασίαν κ.ο.κ. ποσότητα μαγνητισμοῦ ἀπὸ ἑτέρον πόλον, ὅταν, ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως, ἡ δύναμις μὲ τὴν ὁποίαν ἐπενεργεῖ ὁ πρῶτος ἐπὶ ἐτέρου τρίτου πόλου εἶναι διπλασία, τριπλασία κ.ο.κ. τῆς δυνάμεως τοῦ δευτέρου.

152. Νόμος τοῦ **Coulomb**. Ὁ νόμος οὗτος ἐκφράζει τὴν δύναμιν μετὰ τῆς ὁποίας ἐπενεργοῦν ἀμοιβαίως δύο μαγνητικοὶ πόλοι, καὶ διατυπῶνται ὡς ἑξῆς: **Ἡ δύναμις, ἡ ἀσκουμένη ἀμοιβαίως μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων, εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου τῶν ποσοτήτων μαγνητισμοῦ, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.**

Ὁ νόμος οὗτος διατυπῶνται ἀναλυτικῶς ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

ὅπου m_1 καὶ m_2 αἱ μαγνητικαὶ ποσότητες τῶν πόλων, r ἡ ἀπόστασις αὐτῶν, καὶ k συντελεστὴς ὅστις, διὰ τὸν κενὸν χώρον, ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῶν μονάδων.



CHARLES AUGUSTIN COULOMB
(1736 - 1806)

Γάλλος Μηχανικός. Ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεῖνας αὐτοῦ ἐπὶ τοῦ ηλεκτρισμοῦ καὶ τοῦ μαγνητισμοῦ.

153. Μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ. Εἰς τὸ σύστημα CGS ἔχομεν ὀρίσει ὡς μονάδα μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον (cm) καὶ ὡς μονάδα δυνάμεως τὴν δύναν (Dyn), δὲν ἔχομεν ὁμῶς ὀρίσει τὴν μονάδα τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ. Οὕτω ἔχομεν τὴν εὐχέρειαν νὰ ὀρίσωμεν τὴν μονάδα ποσότητος μαγνητισμοῦ κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ κατασταθῇ $k=1$, καὶ νὰ ἀπαλλάξωμεν τὸν τύπον (1) τῆς § 152, ἀπὸ τοῦ συντελεστοῦ τούτου.

Πρὸς τοῦτο ὀρίζομεν τὴν μονάδα τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον: **Πόλος μαγνητικὸς ἔχει ποσότητα μαγνητισμοῦ ἴσην πρὸς τὴν μονάδα, διὰν, εὐρισκόμενος εἰς ἀπόστασιν 1 cm ἀπὸ ἄλλου πόλου ἴσης ποσότητος μαγνητισμοῦ, ἐπενεργῇ ἐπ' αὐτοῦ μὲ δύναμιν 1 Dyn.**

Οὕτω ὁ τύπος (1), ἐὰν ληφθῇ πρὸς τούτοις $m_1=m_2$, δύναται νὰ γραφῇ:

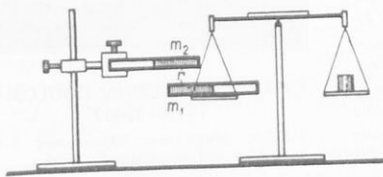
$$F = \frac{m^2}{r^2}$$

Ἐκ τῆς σχέσεως ταύτης εὐρίσκομεν $m = F^{\frac{1}{2}} \cdot r$, ἐκ τῆς ὁποίας προκύπτει ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων $[m] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1} \right]$ διὰ τὴν ποσότητα μαγνητισμοῦ, ὡς καὶ ἡ μονὰς αὐτῆς:

$$m = g r^{\frac{1}{2}} \cdot cm^{\frac{3}{2}} \cdot sec^{-1}.$$

Ἡ ὡς ἄνω ὀρισθεῖσα μονὰς ποσότητος μαγνητισμοῦ ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τοῦ συστήματος μαγνητικῶν μονάδων CGS.

Πειραματικῶς, ὁ ἀνωτέρω νόμος ἀποδεικνύεται διὰ τῆς ἐν σχήματι 198 εἰκονιζομένης



Σχ. 198. Συσκευή διὰ τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ νόμου τοῦ Coulomb.

συσκευῆς. Ἐπὶ τοῦ ἐνὸς τῶν δίσκων ζυγοῦ, τοποθετοῦμεν μαγνητικὴν ράβδον καὶ ἰσορροποῦμεν αὐτὴν δι' ἀντιβάρου τιθεμένου ἐπὶ τοῦ ἐτέρου τῶν δίσκων τοῦ ζυγοῦ. Ἀνοίξομεν τὸν πόλον τῆς ράβδου πλησιάζομεν τὸν ὁμώνυμον πόλον ἐτέρας ὁμοίας μαγνητικῆς ράβδου, στηριζομένης μονίμως ἐπὶ στηρίγματος, ὅτε ἡ ἰσορροπία τοῦ ζυγοῦ καταστρέφεται, λόγῳ ἀπόσεως τῶν δύο πόλων, ἐπαναφέροντες δὲ τὸν ζυγὸν εἰς τὴν ὀριζόντιαν θέσιν διὰ προσθήκης σταθμῶν ἐπὶ τοῦ ἐτέρου τῶν δίσκων. Ἐκτελοῦντες τὸ

πείραμα εἰς διαφόρους ἀποστάσεις τῶν δύο πόλων, τὰς ὁποίας καθορίζομεν ἐκ τῶν προτέρων, δυνάμεθα νὰ ἐπαληθεύσωμεν τὸν νόμον τοῦ Coulomb.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόση εἶναι ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται βόρειος μαγνητικὸς πόλος ποσότητος 1 CGS, εὐρισκόμενος εἰς τὸν ἀέρα εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ βορείου πόλου ποσότητος 100 CGS.

Ἐκ τοῦ τύπου: $F = \frac{m_1 m_2}{r^2}$, θέτοντες $m_1=1$, $m_2=100$ CGS καὶ $r=10$ cm, εὐρί-

σκομεν:

$$F = \frac{1 \cdot 100}{10^2} = 1 \text{ Dyn.}$$

154. Μαγνητικὸν πεδίου. Καλεῖται μαγνητικὸν πεδίου περὶ ὅλην τὴν ἐκτεταμένην ὥστε νὰ περιέχῃ τὴν ἐνέργειαν αὐτῆς τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως. ὁ μαγνητικὸς πόλος, οὗτος ὑφίσταται τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως.

155. Ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου. Καλοῦμεν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὴν

σημείον της περιοχής αυτού την δύναμιν την άσκουμένην επί βορείου μαγνητικού πόλου, φέροντος την μονάδα της ποσότητος μαγνητισμού, τεθέντος εις τὸ θεωρούμενον σημείον τοῦ πεδίου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ έντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἀποτελεῖ ἀντιστοιχικὸν μέγεθος, δηλαδή, διὰ νὰ ὁρισθῇ αὐτή, πρέπει νὰ δοθοῦν ἡ ἀριθμητικὴ τιμή, ἡ μονὰς μετρήσεως καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ.

Ἡ διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τι σημείον αὐτοῦ εἶναι ἡ διεύθυνσις κατὰ τὴν ὁποίαν τείνει νὰ κινηθῇ ἐλεύθερος βόρειος μαγνητικὸς πόλος, ὅταν οὗτος τίθεται εἰς τὸ θεωρούμενον σημείον. Οὕτω, ἐάν $\mathcal{H}$ παριστᾷ τὴν έντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τι σημείον αὐτοῦ, καὶ ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸ αὐτὸ σημείον τοποθετοῦμεν βόρειον πόλον τοῦ ὁποίου ἡ μαγνητικὴ ποσότης νὰ εἶναι m μονάδων, τότε ἡ δύναμις $\mathcal{F}$, τὴν ὁποίαν θὰ ὑφίσταται ὁ πόλος οὗτος, παρέχεται ὑπὸ τῆς ἀντιστοιχικῆς σχέσεως:

$$\mathcal{F} = m \mathcal{H}$$

Ἐάν ἀντὶ βορείου πόλου τοποθετοῦμεν εἰς τὸ αὐτὸ σημείον νότιον πόλον, τῆς αὐτῆς ὁμοῦ μαγνητικῆς ποσότητος, τότε ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν οὗτος θὰ ὑφίσταται θὰ εἶναι ἴση, ἀλλ' ἀντιθέτου διευθύνσεως ἢ εἰς τὴν προηγούμενην περίπτωσιν.

Ἐκ τῆς ἀντιστοιχικῆς ἐξισώσεως προκύπτει ἡ ἀλγεβρικὴ $\mathcal{F} = m\mathcal{H}$, ἔκ τῆς ὁποίας

$$\text{συνάγομεν ὅτι: } \mathcal{H} = \frac{\mathcal{F}}{m}$$

ἦτοι:

$\text{έντασις μαγν. πεδίου} = \frac{\text{δύναμις}}{\text{ποσότης μαγνητισμοῦ.}}$
--

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω ἐξισώσεως δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὴν ἐξίσωσιν διαστάσεων ὥς καὶ τὴν μονάδα τῆς έντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ μαγνητικὸν σύστημα CGS. Πράγματι, ἐκ τῆς ἀνωτέρω ἐξισώσεως εὐρίσκομεν:

$$\mathcal{H} = \frac{\mathcal{F}}{m} = \left[\frac{\text{MLT}^{-2}}{\text{M}^{\frac{1}{2}} \text{L}^{\frac{3}{2}} \text{T}^{-1}} \right] = \left[\text{M}^{\frac{1}{2}} \text{L}^{-\frac{1}{2}} \text{T}^{-1} \right] \text{ καὶ ὡς μονάς: } \mathcal{H} = \text{gr}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \cdot \text{sec}^{-1}$$

Ἡ μονὰς αὕτη καλεῖται **Gauss**. Ἀντὶ ὁμοῦ τῆς ὀνομασίας ταύτης, ὑπὸ τινον χρησιμοποιεῖται, κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη, καὶ ἡ ὀνομασία **Oersted**.

Λέγομεν ὅτι εἰς τι σημείον τοῦ πεδίου ἡ έντασις αὐτοῦ ἰσοῦται πρὸς 1 Gauss, ὅταν ἐάν τεθῇ εἰς τὸ σημείον τοῦτο ἡ μονὰς τῆς ποσότητος μαγνητισμοῦ, ἡ ἐπ' αὐτῆς άσκουμένη δύναμις ἰσοῦται πρὸς 1 Dyn.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόση εἶναι ἡ έντασις μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀπόστασιν 12 cm ἀπὸ βορείου πόλου ποσότητος μαγνητισμοῦ 6 CGS.

Πρὸς λύσιν τοῦ προβλήματος ἀρκεῖ νὰ φαντασθῶμεν εἰς ἀπόστασιν 12 cm ἀπὸ τοῦ



KARL FRIEDRICH GAUSS (1777 - 1855)
Γερμανὸς Μαθηματικὸς, Ἀστρονόμος καὶ Φυσικὸς. Ὀνομαστὸς διὰ τὰς ἐρεῦνας αὐτοῦ εἰς τὰ μαθηματικά καὶ διὰ τὴν συμβολὴν αὐτοῦ εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ γήινου μαγνητισμοῦ. Ἠσχολήθη ἐπίσης ἐπιτυχῶς καὶ εἰς ἐρεῦνας ἐπὶ τῆς ὀπτικής.

πόλου ποσότητος 6 CGS ἕτερον μαγνητικὸν πόλον ποσότητος 1 CGS, καὶ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἐπ' αὐτοῦ ἀσχομένην δύναμιν, ὅτε θὰ ἔχωμεν :

$$H = \frac{1 \cdot 6}{12^2} = 0,06 \text{ Gauss}$$

155. Μαγνητικά γραμμáι. Καλοῦμεν δυναμικὰς γραμμὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἡ ἐπὶ τὸ ἀπλούστερον, μαγνητικὰς γραμμὰς, νοητὰς γραμμὰς αἱ ὁποῖαι χαρακτηρίζονται ὑπὸ τῶν ἀκολούθων ἰδιοτήτων :

α) Εἰς ἕκαστον σημεῖον δεικνύουν τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου. Μὲ ἄλλους λόγους ἡ διεύθυνσις τοῦ πεδίου εἰς ἕκαστον σημεῖον αὐτοῦ συμπίπτει πρὸς τὴν ἐφαπτομένην τῆς μαγνητικῆς γραμμῆς εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον.

β) Αἱ μαγνητικαὶ γραμμαι οὔτε ἀρχίζουσιν οὔτε καταλήγουσιν εἰς ἐλεύθερον χώρον, ἀλλ' ἐξέρχονται πάντοτε εἰς τὸν ἐλεύθερον χώρον ἀπὸ τοῦ βορείου πόλου μαγνήτου καὶ εἰσέρχονται ἀπὸ τοῦ νοτίου πόλου, δεχόμεθα δὲ ὅτι ἐντὸς τοῦ μαγνήτου συνεχίζονται ἐκ τοῦ νοτίου πόλου πρὸς τὸν βορείον.

Ἐν ἄλλοις λόγοις, αἱ μαγνητικαὶ γραμμαι δεχόμεθα ὅτι δὲν ἔχουν οὔτε ἀρχὴν οὔτε τέλος, ἀλλ' ἀποτελοῦν κλειστὰς γραμμὰς.

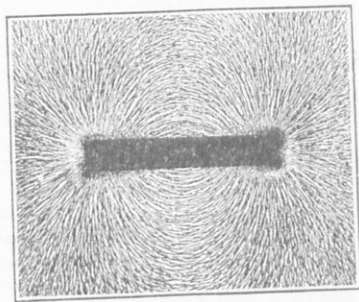
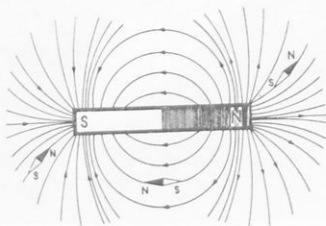
Τὴν διαμόρφωσιν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν μαγνητικοῦ πεδίου, δημιουργουμένου ὑπὸ μαγνητικῆς ράβδου εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος, δυνάμεθα νὰ δείξωμεν μὲ τὴν

Σχ. 199. Γραφικὴ παράστασις μαγνητικοῦ πεδίου διὰ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν.

βοήθειαν μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης, περιανομένης πέριξ τῆς ράβδου, ὅτε ὁ ἄξων αὐτῆς προσανατολίζεται εἰς ἕκαστον σημεῖον κατὰ τὴν ἀντίστοιχον μαγνητικὴν γραμμὴν, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 199.

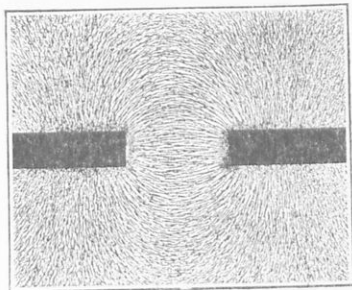
156. Μαγνητικὸν φάσμα. Δυνάμεθα νὰ αἰσθητοποιήσωμεν τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον. Τοποθετοῦμεν ἐπὶ τοῦ μαγνήτου τεμάχιον σκληροῦ χαρτονίου καὶ διασκορπίζομεν ἐπὶ τούτου ρινίσματα σιδήρου. Ἐὰν ἀναταράξωμεν ὀλίγον τὰ ρινίσματα, δι' ἐλαφρῶν π.χ. κτυπημάτων διὰ τοῦ δακτύλου ἐπὶ τοῦ χαρτονίου, τότε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα διατάσσονται εἰς σχηματισμὸν δεικνύμενον ὑπὸ τοῦ σχήματος 200, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ μαγνητικὸν φάσμα.

Ἡ διάταξις τῶν ρινισμάτων, κατὰ τὸν ὑπὸ τοῦ σχήματος 200 ὑποδεικνυόμενον σχηματισμὸν, ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς : Ἐκαστον τῶν ρινισμάτων τοῦ σιδήρου μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως καὶ συμπεριφέ-

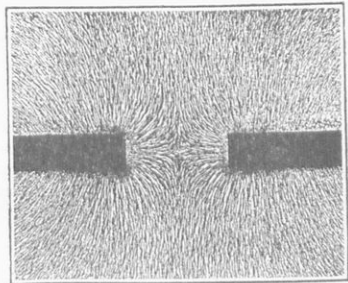


Σχ. 200. Μαγνητικὸν φάσμα εὐθέως μαγνήτου.

ρεται ως μικροτάτη μαγνητική βελόνη, ούτω δὲ προσανατολίζεται ως προηγουμένως ἐλέγχθη. Ἐπειδὴ ὅμως τὰ ρινίσματα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ μαγνητισθοῦν, εἰμὴ μόνον ὅταν εὐρίσκονται εἰς ἰσχυρὸν μαγνητικὸν πεδίου, παρουσιάζουν δὲ ἐξ ἄλλου πολὺ μικροτέραν εὐκνησίαν ἀπὸ μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὁποία εἶναι ἐξηρημένη, ὥστε νὰ περιστρέφεται περὶ ἄξονα, ἡ μέθοδος αὕτη δὲν δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν σπουδὴν ἀσθενοῦς μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὰ σχήματα 201, 202, δεικνύονται τύποι μαγνητικῶν φασμάτων εἰς διαφόρους περιπτώσεις.



Σχ. 201. Μαγνητικὸν φάσμα δύο ἑτερονόμων πόλων.



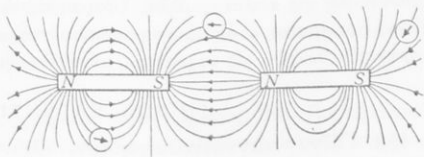
Σχ. 202. Μαγνητικὸν φάσμα δύο ὁμωνύμων πόλων.

Ἐξ ὅλων τῶν μαγνητικῶν πεδίων ἀπλούστερον εἶναι τὸ **ὁμογενές** ἢ ὁμοιόμορφον μαγνητικὸν πεδίου, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις αὐτοῦ ἔχει εἰς ὅλα αὐτοῦ τὰ σημεῖα τὴν αὐτὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν. Τὸ φάσμα τοιούτου πεδίου, τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖται μεταξὺ δύο ἑτερονόμων πόλων, δεικνύεται εἰς σχ. 204, α, καὶ αἱ μαγνητικαὶ αὐτοῦ γραμμαὶ εἶναι εὐθεῖαι παράλληλοι καὶ ἴσον ἀπέχουσαι μεταξὺ τῶν.

157. Μαγνητικὴ ροή. Πυκνότης μαγνητικῶν γραμμῶν. Ἐάν ἐξετάσωμεν ὅλας τὰς ἀνωτέρω περιπτώσεις μαγνητικῶν φασμάτων, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἶναι πυκνότεραι εἰς τὰς πλησίον τῶν πόλων περιοχάς, εἰς τὰς ὁποίας ὁμως καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἔχει σχετικῶς τὴν μεγαλύτεραν τιμὴν ἢ εἰς τὰς ἄλλας. Ἐπομένως, διὰ χαράξεως τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἐξετάσεως τῆς προκύπτουσας εἰκόνης, δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὰς περιοχὰς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅπου τοῦτο ἔχει σχετικῶς μεγαλύτεραν ἔντασιν.

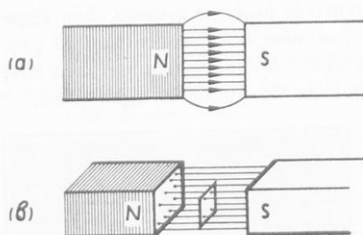
Ἐάν ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 204, β) φαντασθῶμεν ἐπιφάνειαν ἢ ὁποία νὰ διατερεῖται καθέτως ὑπὸ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, καλοῦμεν **μαγνητικὴν ροὴν Φ** τὸ σύνολον τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι διέρχονται καθέτως διὰ μέσου τῆς ἐπιφανείας ταύτης.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι ἐν μαγνητικῶν πεδίων εἶναι εἰς τινὰ περιοχὴν τόσον



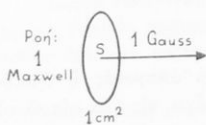
Σ. 203. Γραφικὴ παράστασις μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργημένου ὑπὸ δύο μαγνητικῶν ράβδων.

ισχυρότερον, ὅσον μεγαλύτερος ἀριθμὸς μαγνητικῶν γραμμῶν διέρχεται καθέτως δι' ἐπιφανείας ἐσχόσης ἐμβαδὸν 1 cm^2 , ὁ ἀριθμὸς δὲ οὗτος ἐκφράζει τὴν **πυκνότητα** τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν καὶ ἐπομένως, ἐκ τῆς πυκνότητος τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν ἰδέαν τοῦ μεγέθους τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.



Σχ. 204. Γραφικὴ παράστασις ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου (α). Ὁ ἀριθμὸς τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ὁ διερχόμενος διὰ τῆς ὀρθογωνίου ἐπιφανείας (β), ἀποτελεῖ τὴν μαγνητικὴν ροήν.

νεῖων δύο πόλων μήκους 120 mm , εὗρους 80 mm , ὅταν ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι ἴση πρὸς $17\,500 \text{ Gauss}$.



Σχ. 205. Καθορισμὸς μονάδος Maxwell.

Ἡ ἐπιφάνεια τῶν πόλων εἰς cm^2 εὐρίσκεται ἐκ τοῦ τύπου $S = 12 \times 8 = 96 \text{ cm}^2$, ἡ δὲ μαγνητικὴ ροὴ ἐκ τῆς σχέσεως $\Phi = 96 \times 17\,500 = 1\,680\,000$ μαγνητικαὶ γραμμαὶ (Maxwell) (σχ. 205).

2. Ἡ μαγνητικὴ ροή, ἐντὸς ὁμοιομόρφου πεδίου ἐγκαρσίας τομῆς 16 cm^2 , εἶναι $168\,000$ μαγνητικαὶ γραμμαὶ (Maxwell). Πόση ἡ ἐντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

$$H = \frac{168\,000}{16} = 10\,500 \text{ Gauss}.$$

158. Χρῆσις τῶν μονίμων μαγνητῶν. Ἐκτὸς τῆς χρησιμοποιοῦσας τῆς μαγνητικῆς βελόνης διὰ τὴν κατασκευὴν πυξίδων, οἱ μόνιμοι μαγνήται χρησιμοποιοῦνται καὶ εἰς πλείστας ἄλλας ἐφαρμογὰς, ὡς π.χ. εἰς τὰς μαγνητοηλεκτρικὰς μηχανὰς (magneto), αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς αὐτοκίνητα, εἰς τὴν κατασκευὴν τηλεφωνικῶν δεκτῶν, εἰς ταχύμετρα, μεγάφωνα μόνιμου μαγνήτου κ.λ.

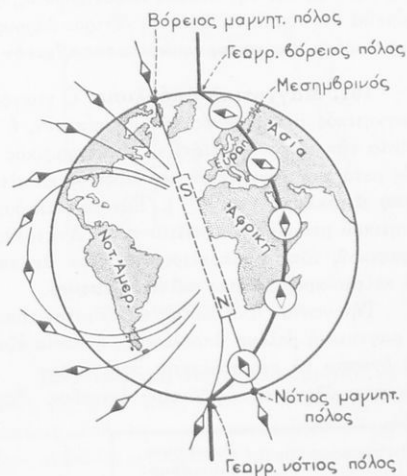
ΓΗΪΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

159. Γήϊνον μαγνητικὸν πεδίου. Ὄταν ἐξαρτῶμεν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη προσανατολίζεται καθ' ὀρισμένην διεύθυνσιν. Τὸ γεγονός τοῦτο δεικνύει ὅτι πλησίον τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ἢ, γενικώτερον, ὁ περὶ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς ὅλος ἀποτελεῖ μαγνητικὸν πεδίου, τὸ ὅποῖον καλεῖται **γῆϊνον μαγνητικὸν πεδίου**, ἡ δὲ Γῆ δύναται νὰ ἐξομωθῇ πρὸς πελώριον μαγνήτην. Τὸ πεδίου τοῦτο εἶναι λίαν ἀσθενές, ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ ἐξερευνηθῇ διὰ μαγνητικοῦ φάσματος μὲ τὴν βοήθειαν ρινομάτων σιδήρου, δύναται ὅμως νὰ ἐξερευνηθῇ τῇ βοηθείᾳ μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης

ἢ πυξίδος (σχ. 206). Οὕτω, ἐὰν θελήσωμεν νὰ χαράξωμεν τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς μὲ τὴν βοήθειαν μικρῶς μαγνητικῆς βελόνης, βλέπομεν ὅτι αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἶναι εὐθελεῖα παράλληλοι, δηλ. εἰς τὸν περιορισμένον χώρον ὅπου ἐκτελοῦμεν τὸ πείραμα τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον εἶναι ὁμοιόμορφον καὶ ἐπομένως ἔχει τὴν αὐτὴν διεύθυνσιν καὶ ἔντασιν εἰς τὴν θεωρουμένην περιοχὴν.

Πράγματι ὁμως, τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον, ἐν τῷ συνόλῳ του ἐξεταζόμενον, δὲν εἶναι ὁμοιόμορφον, ἀλλὰ δύναται νὰ ἐξομοιωθῇ πρὸς τὸ μαγνητικὸν πεδίον τὸ πραγματοποιούμενον ὑπὸ παμμεγίστου ραβδόμορφου εὐθέος μαγνήτου, παρουσιάζοντος δύο πόλους, ἓνα βόρειον καὶ ἓνα νότιον.

Ὁ εἰς τῶν μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ βορείου γεωγραφικοῦ πόλου αὐτῆς, ἥτοι εἰς πλάτος 71° βόρειον καὶ μήκος 96° δυτικὸν περίπου, ἥτοι εἰς τὸ βόρειον μέρος τοῦ Καναδᾶ, ἐνθ' ὃ ἕτερος μαγνητικὸς πόλος αὐτῆς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ νοτίου γεωγραφικοῦ πόλου, ἥτοι εἰς πλάτος $72^\circ 30'$ νότιον καὶ μήκος 156° ἀνατολικὸν περίπου, ἥτοι εἰς τὴν Γῆν τῆς Βικτωρίας, ἐπομένως βλέπομεν ὅτι οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς δὲν συμπίπτουν πρὸς τοὺς γεωγραφικοὺς πόλους αὐτῆς, τοὺς καθοριζομένους ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς περιστροφῆς τῆς Γῆς. Πρὸς τοῦτοις, ἡ θέσις τῶν μαγνητικῶν πόλων τῆς Γῆς δὲν παραμένει ἐν τῷ χρόνῳ ἀμετάβλητος. Ὁ βόρειος πόλος τῆς Γῆς θεωρουμένης ὡς μαγνήτου δὲν κεῖται πρὸς τὸ μέρος τοῦ βορείου γεωγραφικοῦ πόλου, ἀλλὰ πρὸς τὸν νότιον γεωγραφικὸν πόλον.



Σχ. 206. Ἐξομοίωσις τῆς Γῆς πρὸς ραβδόμορφον μαγνήτην. Οἱ ἄξονες τῶν μικρῶν μαγνητικῶν βελονῶν δεικνύουν τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς.

160. Μαγνητικὸς καὶ Γεωγραφικὸς μεσημβρινός. Ἐὰν ἐξαρτήσωμεν μαγνητικὴν βελόνην ἐκ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς διὰ νήματος, ὥστε νὰ παρουσιάζῃ διττὴν εὐκίνησιν (σχ. 209), δηλ. νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται ταυτοχρόνως περὶ ὁριζόντιον καὶ περὶ κατακόρυφον ἄξονα, τότε αὕτη, τοποθετουμένη εἰς οἰανδήποτε περιοχὴν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου, θὰ προσανατολίζεταί κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ὁ ἄξων αὐτῆς νὰ δεικνύῃ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὴν θεωρουμένην θέσιν.

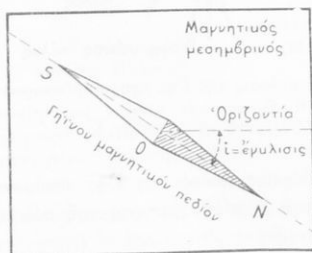
Πᾶν ἐπίπεδον διερχόμενον διὰ τῆς μακρᾶς διαγωνίου τῆς ἀνωτέρω μαγνητικῆς βελόνης, εὐρισχομένης ἐν ἰσορροπίᾳ, καὶ τοῦ κέντρου τῆς Γῆς καλεῖται **μα-**

γνητικὸς μεσημβρινός (σχ. 207) τῆς περιοχῆς ὅπου εὐρίσκεται ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Αὕτη, εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας αὐτῆς δὲν δεικνύει οὔτε τὸν ἀληθῆ γεωγραφικὸν βορρᾶν, οὔτε διατίθεται ὀριζοντίως, ἀλλ' εἰς μὲν τὸ βόρειον ἡμισφαίριον ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης κεῖται ὑπὸ τὸν ὀρίζοντα, ἐνῶ εἰς τὸ νότιον ἡμισφαίριον συμβαίνει τὸ ἀντίθετον.

Ἐξ ἄλλου, τὸ ἐπίπεδον τὸ διερχόμενον διὰ τοῦ ἄξονος τῆς Γῆς καὶ τῆς θέσεως παρατηρήσεως, ἡ ὁποία δεχόμεθα ὅτι συμπίπτει πρὸς τὸ κέντρον βάρους τῆς βελόνης, παρέχει τὸν **γεωγραφικὸν μεσημβρινόν** τοῦ τύπου.

161. Μαγνητικὴ ἀπόκλισις. Ὁ γεωγραφικὸς καὶ μαγνητικὸς μεσημβρινὸς δὲν συμπίπτουν, ἡ δὲ δίεδρος γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει ὁ γεωγραφικὸς μεσημβρινὸς μετὰ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καλεῖται **μαγνητικὴ ἀπόκλισις** (σχ. 207). Ἐάν τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ κεῖται πρὸς Ἀνατολὰς τοῦ γεωγραφικοῦ, τότε ἡ ἀπόκλισις καλεῖται **ἀνατολική**, ἐάν δὲ κεῖται πρὸς Δυσμὰς καλεῖται **δυτικὴ**.

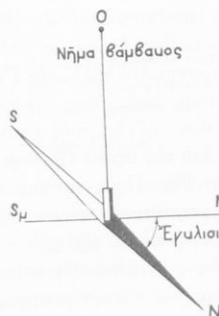
Τὴν γωνίαν ἀποκλίσεως εἰς ἕκαστον τόπον παρέχει ἡ μαγνητικὴ βελὸνῃ ἀποκλίσεως, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα εἰς ὀριζόντιον ἐπίπεδον.



Σχ. 208. Ἐπεξήγησις τῆς μαγνητικῆς ἐγκλίσεως.



Σχ. 207. Ἐπεξήγησις τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως



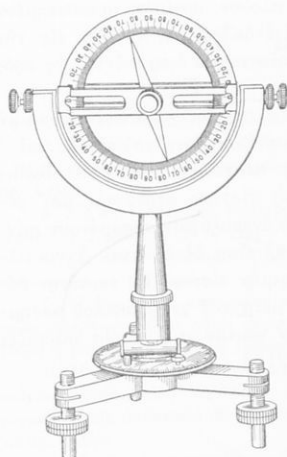
Σχ. 209. Μαγνητικὴ βελὸνῃ ἐγκλίσεως.

162. Μαγνητικὴ ἐγκλισις. Ἡ γωνία τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ διεύθυνσις τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου μετὰ τοῦ ὀριζοντος καλεῖται **μαγνητικὴ ἐγκλισις** (σχ. 208) καὶ παρέχεται αὕτη ὑπὸ τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐγκλίσεως, ἥτοι βελόνης ἐξηρημένης κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα ἐν κατακορύφῳ ἐπιπέδῳ (σχ. 209).

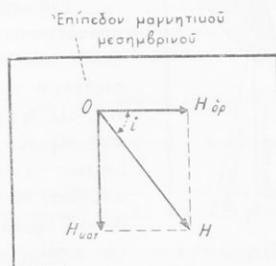
Ἡ συσκευή τοῦ σχήματος 210 δύναται νὰ χρησιμεύσῃ εἴτε ὡς μαγνητικὴ βελὸνῃ ἀποκλίσεως, εἴτε ὡς μαγνητικὴ βελὸνῃ ἐγκλίσεως.

163. Γήινον πεδίον, ὀριζόντια καὶ κατακόρυφος συνιστώσα. Ἡ ἔντασις τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου H δύναται νὰ ἀναλυθῇ ἐν τῷ ἐπιπέδῳ τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ εἰς δύο συνιστώσας, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία εἶναι ὀριζόντια καὶ καλεῖται ὀριζόντιος συνιστώσα ($H_{\theta\theta}$) καὶ ἡ ἄλλη κατακόρυφος ἢ ὁποία καλεῖται κατακόρυφος συνιστώσα ($H_{κατ}$). Ὡς ἐκ τοῦ σχήματος 211 εὐκόλως δεικνύεται, ἐάν i ἡ μαγνητικὴ ἔγκλισις, ἔχομεν :

$$H_{\theta\theta} = H \sin i \quad \text{καὶ} \quad H_{κατ} = H \cos i$$



Σχ. 210. Μαγνητικὴ βελὸν ἔγκλισεως μετατρεπομένη εἰς βελὸν ἀποκλίσεως, διὰ στροφῆς τοῦ κυκλικοῦ δίσκου περὶ τὴν ὀριζόντιαν διάμετρον κατὰ 90° .



Σχ. 211. Αἱ δύο συνιστώσαι τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

164. Ναυτικὴ πυξίς. Σπουδαιοτάτη ἐφαρμογὴ τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἡ χρησιμοποίησις αὐτῆς πρὸς πραγματοποιήσιν τῶν πυνθίδων, αἱ ὁποῖαι χρησιμεύουν διὰ τὸν προσανατολισμὸν πεζοπόρων, ἀεροπόρων καὶ ναυτιλλομένων.

Ἐκ τῶν πυξίδων τούτων, περιγράφομεν τὴν **ναυτικὴν πυξίδα**, ὅλαι δὲ αἱ ἄλλαι ἐν χρήσει μαγνητικαὶ πυξίδες ἀποτελοῦν μικρὰν παραλλαγὴν αὐτῆς.

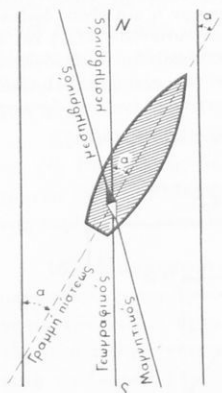
Ἡ ναυτικὴ πυξίς ἀποτελεῖται ἐκ τῆς θήκης, ἥτοι μεταλλικοῦ ἐκ χαλκοῦ δοχείου, τὸ ὁποῖον ἐξαρτάται διὰ συστήματος Cardan, ὥστε νὰ διατηρῇ πάντοτε ὀριζόντιαν θέσιν, ἀνεξαρτήτως τοῦ κλυδωνισμοῦ τοῦ πλοίου, ἐνῶ κατὰ τὸν πυθμένα αὐτῆς ἐρματίζεται καταλλήλως, πρὸς καλυτέραν ἐξασφάλισιν τῆς κατακόρυφου διατάξεως αὐτῆς (σχ. 212).

Ἀπὸ τοῦ κέντρου τῆς βάσεως τῆς θήκης, ἐκφεύγει κατακόρυφος ἄξων, ὅστις πρὸς τὰ ἄνω ἀπολήγει εἰς ἀκίδα ἀπὸ σκληρὸν μέταλλον, ἐπὶ τοῦ ὁποίου τοποθετεῖται, στηριζομένη διὰ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς, ἡ μαγνητικὴ βελὸν (ἢ σύστημα πολλῶν μικρῶν μαγνητῶν), ἡ ὁποία εἶναι προσηρμοσμένη κατὰ διάμετρον τοῦ κυ-



Σχ. 212. Ναυτικὴ πυξίς. Δεικνύεται ἡ ἐξάρτησις Cardan.

κλικού άνεμολογίου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἡ ναυτική πυξίς χρησιμοποιεῖ μαγνητικὴν βελόνην ἀποκλίσεως.



Σχ. 213. Πορεία πλοίου.

Ἡ θήκη κλείεται ἀεροστεγῶς διὰ διαφανοῦς πλάκῃς καὶ εἶναι ἐπὶ τῶν πλοίων μονίμως τοποθετημένη ἐπὶ τῆς πυξιδοθήκης. Αἱ ἐνδείξεις τῆς πυξίδος εἰς τὴν περιπτώσιν ναυτικῶν ὕπολογισμῶν διορθοῦνται ὡς πρὸς τὴν ἀπόκλινσιν.

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται γραμμὴ συμπίπτουσα πρὸς τὸν διαμήκη ἄξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποία καλεῖται *γραμμὴ πίστεως*. Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται καὶ ἡ γραμμὴ πίστεως στρέφεται μετ' αὐτοῦ, ἀλλ' ἡ βελὼν καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν, οὕτω δὲ δύναται ὁ ναυτιλόμενος νὰ φέρῃ τὴν γραμμὴν πίστεως εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε νὰ σχηματίζῃ μετὰ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ προκαθορισθεῖσαν γωνίαν α ἡ ὁποία ρυθμίζει τὴν πορείαν αὐτοῦ (σχ. 213).

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων μαγνητισμός, φυσικὸς μαγνήτης, τεχνητὸς μαγνήτης καὶ μαγνητικὰ σώματα.

Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ χάλυβος καὶ μαλακοῦ σιδήρου, ἀπὸ ἀπόψεως μαγνητισμοῦ.

Πῶς δυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν μαγνήτην.

Ποῖαι αἱ κυριώτεραι μορφαὶ τῶν μαγνητῶν καὶ ἐκ ποίων λόγων διακρίνομεν εἰς μαγνήτην πόλους.

Πῶς προσανατολίζεται μαγνητικὴ βελὼν ἐπὶ τῆς Γῆς.

Τί γνωρίζετε ἐπὶ τῆς ἀμοιβαίας ἐπενεργείας μαγνητικῶν πόλων.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου μαγνήτις ἐξ ἐπιδράσεως.

Πῶς ἀγόμεθα εἰς τὴν παραδοχὴν τῶν μοριακῶν μαγνητῶν.

Περιγράψατε τὴν μοριακὴν θεωρίαν τῶν μαγνητῶν καὶ ἐξηγήσατε ἐπὶ τῇ βάσει αὐτῆς τὴν διάφορον συμπεριφορὰν μαλακοῦ σιδήρου καὶ χάλυβος.

Ποῖος νόμος διέπει τὰς μαγνητικὰς ἐπενεργείας τῶν μαγνητικῶν πόλων.

Πῶς δημιουργεῖται τὸ μαγνητικὸν σύστημα μονάδων CGS.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων μαγνητικὸν πεδίου, ἔντασις μαγνητικοῦ πεδίου.

Τί εἶδους μέγεθος εἶναι τὸ μαγνητικὸν πεδίου. Ποία ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ μονάς αὐτοῦ.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου μαγνητικαὶ γραμμαι, ποίας ιδιότητας παρουσιάζουν καὶ ποίαν σημασίαν ἔχουν εἰς τὴν σπουδὴν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

Πότε τὸ μαγνητικὸν πεδίου καλεῖται ὁμομόρφον καὶ πῶς τοῦτο παριστάται γραφικῶς.

Ἀναφέρατε περιπτώσεις ὁμομορφῶν μαγνητικῶν πεδίων.

Εἰς ποίας πρακτικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιοῦνται οἱ μαγνήται.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου γήινον μαγνητικὸν πεδίου καὶ ἐκ ποίων λόγων δεχόμεθα τὴν

ὑπαρξιν αὐτοῦ. Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων μαγνητικοὶ πόλοι τῆς Γῆς, μαγνητικὸς μεσημβρινός.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων μαγνητικῇ ἀπόκλισις, μαγνητικῇ ἔγκλισις.

Εἰς τί χρησιμεύει ἡ ναυτικὴ πυξίς καὶ πῶς αὕτη πραγματοποιεῖται.

Β'. Προβλήματα.

1. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι ποσοτήτων 40 καὶ 15, εἰς μονάδας CGS, εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 5 cm εἰς τὸν ἀέρα. Νὰ εὐρεθῇ ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη ἀπωστική δύναμις.

2. Πόση εἶναι ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται βόρειος μαγνητικὸς πόλος ποσότητος 1 CGS, εὐρισκόμενος εἰς τὸν ἀέρα, εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ βορείου πόλου ποσότητος 100 CGS.

3. Νὰ συγκριθοῦν αἱ δυνάμεις μεταξὺ δύο μαγνητικῶν πόλων, εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν α) 2 cm, καὶ β) 10 cm.

4. Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη μεταξὺ δύο πόλων ποσότητος 200 CGS εἶναι ἴση πρὸς 10^4 Dyn.

5. Ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη μεταξὺ δύο βορείων μαγνητικῶν πόλων τῆς αὐτῆς μαγνητικῆς ποσότητος, ὅταν οὗτοι εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 5 cm εἰς τὸν ἀέρα, εἶναι 64 Dyn. Πόση ἡ μαγνητικὴ ποσότης ἐκάστου πόλου.

6. Ἡ ἀσκουμένη δύναμις μεταξὺ ἐνὸς βορείου πόλου μαγνητικῆς ποσότητος 16 CGS, καὶ ἐνὸς νοτίου πόλου ἀγνώστου μαγνητικῆς ποσότητος, εἶναι 3,2 Dyn, ὅταν οἱ πόλοι εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπ' ἀλλήλων εἰς τὸν ἀέρα. Πόση ἡ μαγνητικὴ ποσότης τοῦ νοτίου πόλου.

7. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι ποσοτήτων 20 καὶ 30 CGS ἀπωθοῦνται ἀμοιβαίως εἰς τὸν ἀέρα μὲ δύναμιν 24 Dyn. Πόση ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις.

8. Δύο βόρειοι μαγνητικοὶ πόλοι τῆς αὐτῆς μαγνητικῆς ποσότητος ἀπωθοῦνται μὲ δύναμιν 64 Dyn ὅταν εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 8 cm. Πόση ἡ μαγνητικὴ ποσότης ἐκάστου πόλου.

9. Δύο πόλοι, ὁ εἰς νότιος καὶ ὁ ἄλλος βόρειος, εὐρισκόμενοι εἰς ἀπόστασιν 12 cm, ἐλκονται μὲ δύναμιν 60 Dyn. Πόση εἶναι ἡ ἐλκτικὴ δύναμις, ὅταν οἱ πόλοι εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 8 cm.

10. Ἡ ἐλκτικὴ δύναμις μεταξὺ ἐνὸς βορείου καὶ ἐνὸς νοτίου πόλου, εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν 25 cm, εἶναι 80 Dyn. Κατὰ πόσον δέον νὰ αὐξηθῇ ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐλκτικὴ δύναμις νὰ ἐλαττωθῇ εἰς τὸ ἡμισιν τῆς ἀρχικῆς.

11. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημείον εὐρισκόμενον εἰς τὸ ἡμισιν τῆς ἀποστάσεως δύο πόλων, ἐνὸς βορείου ποσότητος 50 CGS καὶ ἐνὸς νοτίου μαγνητικῆς ποσότητος 40 CGS. Ἡ ἀπόστασις τῶν πόλων εἶναι 10 cm.

12. Τρεῖς βόρειοι πόλοι μαγνητικῆς ποσότητος 20 CGS τοποθετοῦνται εἰς τὰς τρεῖς τῶν κορυφῶν τετραγώνου, πλευρᾶς 10 cm. Ζητοῦνται α) ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὴν τετάρτην κορυφήν, καὶ β) εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου.

13. Ἡ ἔντασις τοῦ ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου μεταξὺ τῶν πόλων ἡλεκτρομαγνήτου εἶναι 25 000 Gauss. α) Πόση εἶναι ἡ μαγνητικὴ ροὴ διὰ μέσου ἐπιφανείας 100 cm² εἰς μαγνητικὰς γραμμὰς, καὶ β) πόση ἡ πυκνότης τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟΝ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι΄

ΣΠΟΥΔΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

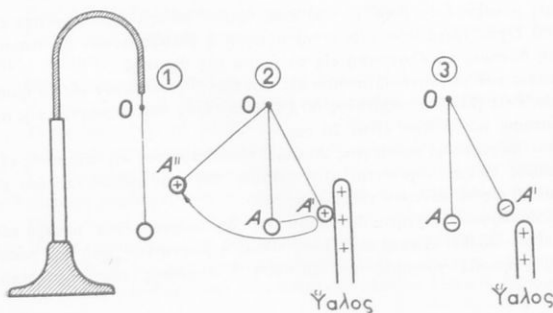
ΠΡΟΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑΙ ΓΝΩΣΕΙΣ

165. Ὁ ὅρος ἡλεκτρισμός ὀφείλεται εἰς τὸ πρῶτον ἱστορικὸν πείραμα τὸ ὁποῖον ἐξετέλεσεν ὁ Ἕλλην σοφὸς τῆς ἀρχαιότητος Θαλῆς ὁ Μιλήσιος (600 π. Χ.) ὁ ὁποῖος παρατήρησε ὅτι τὸ ἡλεκτρον, τριβόμενον διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, ἀποκτᾷ τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ ἐλαφρὰ σωμάτια (π.χ. τεμάχια χάρτου). Τὸ ἱστορικὸν τοῦτο πείραμα, τὸ ὁποῖον ἐμελετήθη συστηματικῶς εἰς τοὺς μεταγενεστέρους χρόνους, ἀπετέλεσε τὴν βάσιν διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ μεγάλου κλάδου τῆς Φυσικῆς, ὁ ὁποῖος καλεῖται σήμερον **ἡλεκτρισμός**, καὶ τοῦ ὁποῖου αἱ ἐφαρμογαὶ συνετέλεσαν τὰ μέγιστα εἰς τὴν ἐξύψωσιν τοῦ βιοτικοῦ καὶ πνευματικοῦ ἐπιπέδου τῆς ἀνθρωπότητος.

Ἐκ τῶν πρώτων ἔρευνῶν ἐπὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ κατεδείχθη ὅτι ὑφίστανται δύο εἶδη ἡλεκτρισμοῦ: ὁ **θετικὸς ἡλεκτρισμός**, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς

ύαλου διὰ τριβῆς διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, καὶ ὁ **ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμός**, ὁ ὁποῖος ἀναπτύσσεται ἐπὶ τοῦ ἔβονιτου, ἐπίσης διὰ τριβῆς.

Τοῦτο δυνάμεθα νὰ δείξωμεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 214 εἰκονιζομένης συσκευῆς, ἣ ὁποία καλεῖται **ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμὸς** καὶ ἀποτελεῖται ἐκ μικροῦ σφαι-



Σχ. 214. Ἡλεκτρικὸν ἔκκρεμὸς (1), ἀποσις ὁμωνύμων (2), καὶ ἑλξίς ἐτερονύμων ἡλεκτρισμῶν (3).

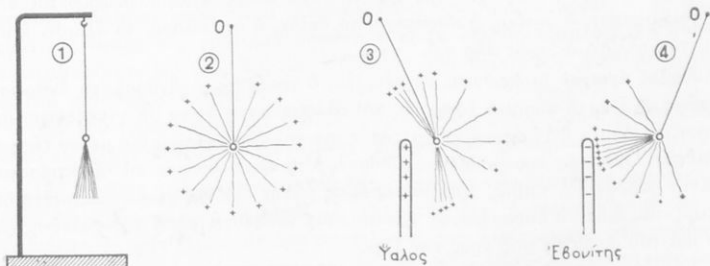
ρίου ἀπὸ ἐλαφρὸν ξύλον, ὡς π.χ. ἐντεριῶν ἄκτέας (ψύχα κουφοξυλιάς), ἐξηρητημένον διὰ νήματος ἀπὸ ὑαλίνου μονωτικοῦ στελέχους (σχ. 214, [1]). Ἐὰν πλησιάσωμεν

πρὸς τὸ σφαιρίον Α ἠλεκτρισμένην **υἰαλίνην ράβδον**, αὕτη ἔλκει τὸ σφαιρίον, τὸ ὅποιον ὅταν ἔλθῃ εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὴν ράβδον ἠλεκτρίζεται ὁμοσήμως πρὸς αὐτήν, ὅτε ἀκολουθῶς ἡ υἰαλίνη ράβδος ἀπωθεῖ τὸ σφαιρίον. Ἄν ὅμως εἰς τὸ ἴδιον σφαιρίον πλησιάζωμεν ἠλεκτρισμένην **ράβδον ἐξ ἐβονίτου**, βλέπομεν ὅτι αὕτη τοῦναντίον ἔλκει τὸ σφαιρίον. Ἐπίσης ἐὰν εἰς ἐκκρεμῆς ἔχωμεν ἠλεκτρίσει τὸ σφαιρίον ἀρνητικῶς δι' ἐπαφῆς αὐτοῦ πρὸς ράβδον ἐβονίτου ἠλεκτρισμένην, καὶ πλησιάζωμεν ἀκολουθῶς πρὸς αὐτὸ ἠλεκτρισμένην υἰαλίνην ράβδον, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη ἔλκει τὸ σφαιρίον. Ἐὰν τὰ αὐτὰ πειράματα ἐκτελέσωμεν καὶ δι' ἄλλων σωμάτων, τὰ ὅποια δύνανται νὰ ἠλεκτρισθοῦν διὰ τριβῆς, — ὥς τὸ ἠλεκτρον, ἰσπανικὸς κηρὸς (κοινῶς βουλοκέρι), ρητίνη, κ.λ.π. — βλέπομεν ὅτι ταῦτα συμπεριφέρονται εἴτε ὥς ἡ υἰαλος, εἴτε ὥς ὁ ἐβονίτης.

Τὰς ἀμοιβαίας ἐπενεργείας μεταξὺ ἠλεκτρισμένων σωμάτων δυνάμεθα νὰ δειξώμεν καὶ διὰ τῆς ἀκολουθοῦσης πειραματικῆς διατάξεως: Ράβδος ἐκ ξηροῦ ξύλου στηρίζεται διὰ τοῦ κέντρου βάρους αὐτῆς, ὥστε νὰ στρέφεται περὶ ἄξονα (σχ. 215). Ἐὰν πρὸς αὐτήν πλησιάζωμεν ράβδον ἠλεκτρισμένην, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη λόγῳ τῆς ἀναπτυσσομένης ἑλξεως ἡ ἀπώσεως στρέφεται περὶ τὸν ἄξονά της.



Σχ. 215. Ἡ ξυλίνη ράβδος περιστρέφεται διὰ προσεγγίσεως τῆς ἠλεκτρισμένης υἰαλίνης ράβδου.



Σχ. 216. Θύσανος ἀφόρτιστος (1). Θύσανος φορτισμένος (2). Ἐπίδρασις υἰαλίνης ράβδου καὶ ἐβονίτου ἐπὶ τοῦ φορτισμένου θυσάνου (3) καὶ (4).

Λίαν διδακτικὸν εἶναι τὸ πείραμα τὸ πραγματοποιούμενον διὰ τοῦ εἰς τὸ σχῆμα 216 εἰκονιζομένου ἠλεκτρικοῦ ἐκκρεμοῦς, εἰς τὸ ὅποιον τὸ ἐξ ἐντεριῶν ἁκτέας σφαιρίον ἀντικαθίσταται ὑπὸ θυσάνου ἐξ ἐλαφρῶν μεταλλικῶν νημάτων. Ἐφ' ὅσον τὰ νήματα τοῦ θυσάνου δὲν εἶναι ἠλεκτρισμένα, ταῦτα ἰσορροποῦν ὥς δεικνύεται εἰς θέσιν (1). Ἐὰν ὅμως τὰ νήματα ἠλεκτρισθοῦν ὁμωνύμως, π.χ. θετικῶς, λαμβάνουν τὴν εἰς (2) διάταξιν, λόγῳ τῆς ἀμοιβαίας ἀπώσεως αὐτῶν. Ἐὰν ἤδη πλησιάζωμεν

ράβδον ηλεκτρισμένην θετικῶς, τὰ νήματα λαμβάνουν τὴν διάταξιν (3), ἐὰν δὲ πλησιάζωμεν ράβδον ἐβρονίτου ηλεκτρισμένην ἀρνητικῶς, τὰ νήματα λαμβάνουν τὴν διάταξιν (4). Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραμάτων προκύπτουν αἱ ἀκόλουθοι προτάσεις :

α) **Ὑφίστανται δύο εἴδη ηλεκτρισμοῦ.**

β) **Ὁμόνυμοι ηλεκτρισμοὶ ἀπωθοῦνται καὶ ἐτερόνυμοι ἔλκονται.**

166. Καλοὶ καὶ κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ηλεκτρισμοῦ. Ἐκ τοῦ πειράματος κατεδείχθη ὅτι ὅλα τὰ σώματα δύνανται νὰ ηλεκτρισθοῦν διὰ τριβῆς, καὶ ἄλλα μὲν τούτων ηλεκτρίζονται θετικῶς, ἄλλα δὲ ἀρνητικῶς. Ἐὰν ηλεκτρίσωμεν ὑαλίνην ράβδον διὰ τριβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ηλεκτρισμὸς ἐντοπίζεται μόνον εἰς τὴν τριβεῖσαν περιοχὴν. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὸν ἐβρονίτην, τὸ ἤλεκτρον, τὸν ἰσπανικὸν κηρὸν κλπ. Ἐὰν ὅμως, κρατοῦντες μεταλλίνην ράβδον, π. χ. ἐκ χαλκοῦ, διὰ τῆς χειρὸς μας, ἐπιδιώξωμεν νὰ ηλεκτρίσωμεν αὐτὴν διὰ τριβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο καθίσταται ἀδύνατον. Ἐὰν ἐν τούτοις προσαρμόσωμεν τὴν μεταλλίνην ράβδον ἐπὶ ὑαλίνης λαβῆς καὶ κρατοῦμεν αὐτὴν διὰ μέσου τῆς λαβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι αὕτη δύναται νὰ ηλεκτρισθῇ διὰ τριβῆς καὶ μάλιστα ὅχι μόνον εἰς τὴν περιοχὴν τῆς τριβῆς, ἀλλὰ καθ' ὅλην τὴν ἔκτασιν αὐτῆς. Ἡ διάφορος αὕτη συμπεριφορὰ τῶν σωμάτων, κατὰ τὴν ἡλεκτρικὴν διὰ τριβῆς, ἡγαγεν εἰς τὴν διάκρισιν αὐτῶν εἰς **καλοὺς ἀγωγούς** καὶ **κακοὺς ἀγωγούς** τοῦ ηλεκτρισμοῦ.

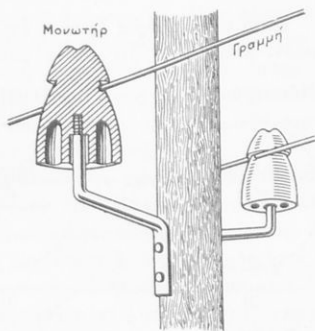
Κακοὶ ἀγωγοὶ εἶναι ἡ ὕλη καὶ τὰ ὁμοίως πρὸς αὐτὴν συμπεριφερόμενα σώματα, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν ἰδιότητα νὰ μὴ ἐπιτρέπουν τὴν μετατόπισιν τοῦ ηλεκτρισμοῦ διὰ μέσου τοῦ σώματος αὐτῶν. Ἐνεκα δὲ ἀκριβῶς τοῦ λόγου τούτου, εἰς τοὺς κακοὺς ἀγωγούς, ὡσάκις ηλεκτρίζωμεν αὐτοὺς διὰ τριβῆς, ὁ ηλεκτρισμὸς ἐντοπίζεται μόνον εἰς τὴν περιοχὴν τῆς τριβῆς. Οὕτω κακοὶ ἀγωγοὶ θεωροῦνται ἐπίσης, τὸ ἤλεκτρον, ἡ ρητίνη, ἡ παραφίνη, τὸ θεῖον, ἡ πορσελάνη, τὸ ἔλαιον, ἡ μέταξα, τὸ μαλλίον, ὁ ξηρὸς ἀήρ κ.ἄ.

Καλοὶ ἀγωγοὶ θεωροῦνται τὰ μέταλλα, ὁ γραφίτης, ὁ ἀνθραξ, τὸ ἀνθρώπινον σῶμα, ἡ Γῆ, τὸ πόσιμον ὕδωρ, ὡς καὶ ἄλλα σώματα ἅτινα θὰ γνωρίσωμεν ἀργότερον, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν τὴν μετατόπισιν τοῦ ηλεκτρισμοῦ διὰ μέσου τῆς μάξις αὐτῶν. Οὕτω, ὡς προηγουμένως εἶδομεν, ὅταν ἐπιδιώκωμεν νὰ ηλεκτρίσωμεν χαλκίνην ράβδον διὰ τριβῆς, κρατοῦντες ὅμως αὐτὴν διὰ τῆς χειρὸς μας, αὕτη δὲν ηλεκτρίζεται, διότι ὁ παραγόμενος ηλεκτρισμὸς διαφεύγει μέσῳ τῆς χαλκίνης ράβδου καὶ τοῦ σώματός μας πρὸς τὴν Γῆν.

Ἐὰν ὅμως στηρίζωμεν τὴν χαλκίνην ράβδον ἐπὶ ὑαλίνης λαβῆς, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ αὕτη δύναται νὰ ηλεκτρισθῇ διὰ τριβῆς καὶ μάλιστα ὅτι ὁ ηλεκτρισμὸς δὲν ἐντοπίζεται ἐπὶ τῆς περιοχῆς τῆς τριβῆς, ἀλλὰ διαχέεται ἐφ' ὅλης τῆς ράβδου καὶ συγκρατεῖται ἐπ' αὐτῆς, λόγῳ τῆς παρεμβολῆς μεταξὺ τῆς χειρὸς μας καὶ τῆς ράβδου τῆς ὑαλίνης λαβῆς, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ κακὸν ἀγωγὸν καὶ δὲν ἐπιτρέπει τὴν διαφυγὴν τοῦ ηλεκτρισμοῦ πρὸς τὴν Γῆν. Ἐὰν ὅμως διὰ τοῦ δακτύλου τῆς ἄλλης χειρὸς ἐγγίσωμεν τὴν ράβδον εἰς τι σημεῖον, αὕτη ἀποβάλλει ἀμέσως ὅλον τὸν ηλεκτρισμόν της. Ἡ διάκρισις αὕτη μεταξὺ τῶν καλῶν καὶ κακῶν ἀγωγῶν δέον νὰ μὴ θεωρηθῇ ὡς ἀπόλυτος, διότι σῶμα, ὡς π. χ. τὸ ξύλον, τὸ ὁποῖον ὑπὸ ὥρισμένης

συνθήκας θεωρείται κακὸς ἀγωγός, δύναται ὑπὸ ἄλλας συνθήκας νὰ εἶναι καλὸς ἀγωγός.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι καλοὶ ἀγωγοὶ χρησιμοποιοῦνται ἐν τῇ πράξει διὰ τὴν διοχέτευσιν τοῦ ηλεκτρισμοῦ. Οὕτω, χρησιμοποιοῦμεν σύρματα ἐκ χαλκοῦ διὰ τὴν διοχέτευσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκ τοῦ ἐργοστασίου παραγωγῆς εἰς τὴν κατανάλωσιν. Ἐπίσης τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι κακοὶ ἀγωγοί, χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν **μονωτήρων**. Οὕτω, π.χ., οἱ ἀγωγοὶ μεταβιβάσεως τῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας ὥς καὶ οἱ ἀγωγοὶ τῶν τηλεγραφικῶν καὶ τηλεφωνικῶν γραμμῶν στηρίζονται ἐπὶ τῶν τηλεγραφικῶν στύλων μέσῳ μονωτήρων πορσελάνης ἢ ὑάλου οἱ ὁποῖοι εἶναι κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ηλεκτρισμοῦ (σχ. 217). Ἔνεκα τοῦ λόγου τούτου, οἱ κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ηλεκτρισμοῦ καλοῦνται **μονωτικὰ σώματα**, ἐνίοτε δὲ καλοῦνται καὶ **διηλεκτρικά**.



Σχ. 217. Τὰ σύρματα τῆς γραμμῆς εἰς τὰ σημεία στηρίξεως αὐτῶν εἶναι μονωμένα διὰ μονωτήρων ἐκ πορσελάνης

167. Ἡλεκτρικὸν φορτίον. Ὄταν σῶμα τι εἶναι ηλεκτρισμένον, λέγομεν ὅτι τοῦτο φέρει **ηλεκτρικὸν φορτίον**. Ἀντὶ τοῦ ὅρου ηλεκτρικὸν φορτίον, χρησιμοποιεῖται ἐπίσης ὁ ὅρος **ποσότης ηλεκτρισμοῦ**. Πρὸς καθορισμὸν τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου, τὸ ὁποῖον φέρει σῶμα ηλεκτρισμένον, ὠρίσθη ἰδίᾳ μονάς, ἡ δὲ εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς χρησιμοποιουμένη τοιαύτη ἐκλήθη **Coulomb** (*Κουλόμπ*) καὶ συμβολίζεται ὡς **Cb**, ἐνῶ ὡς σύμβολον τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου χρησιμοποιεῖται συνήθως τὸ γράμμα **q**.

Ἐπὶ τοῦ τρόπου κατὰ τὸν ὁποῖον καθορίζεται ἡ μονάς Coulomb θὰ ἐπανέλθωμεν εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. Κεφάλαιον: Θεωρία τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου).

168. Φύσις τοῦ ηλεκτρισμοῦ. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν νεωτέρων ἐρευνῶν, προκύπτει ὅτι ὁ ηλεκτρισμὸς ἀποτελεῖ ἰδιότητα τῆς ὕλης ἢ συστατικὸν αὐτῆς, διότι κατεδείχθη ὅτι πᾶν ὕλικὸν αἰτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ ηλεκτρισμένα στοιχειώδη συστατικά. Μάλιστα, συμφώνως πρὸς τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις, ὁ ηλεκτρισμὸς ἀποτελεῖται ὡς καὶ ἡ συνήθης ὕλη ἀπὸ στοιχειώδη ποσὰ ηλεκτρισμοῦ, τὰ ὁποῖα ἐκλήθησαν **ηλεκτρόνια**.

Τὸ φορτίον τοῦ ηλεκτρονίου (**e**) εἶναι ἀρνητικόν, καὶ εἶναι τὸ ἐλάχιστον δυνάτον φορτίον ηλεκτρισμοῦ, διότι μικρότερον αὐτοῦ δὲν παρατηρήθη μέχρι σήμερον, οἷονδήποτε δὲ ἄλλο φορτίον εἶναι ἀκέραιον πολλαπλασίον τοῦ φορτίου **e** τοῦ ηλεκτρονίου. Ἐκ μετρήσεων εὐρέθη ὅτι τὸ φορτίον τοῦ ηλεκτρονίου, τὸ ὁποῖον καλεῖται καὶ **στοιχειῶδες φορτίον**, εἶναι :

$$\text{φορτίον ηλεκτρονίου (e)} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

Εἰς τὸ ἠλεκτρόνιον, ἐκτὸς τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου ἀποδίδομεν καὶ **μᾶζαν**.
Εἶναι δέ:

$$\text{μᾶζα ἠλεκτρονίου (m)} = 0,91 \cdot 10^{-27} \text{ gr.}$$

Κατὰ τὰς νεωτέρας ἐρεῦνας ἐπὶ τοῦ τρόπου καθ' ὃν συγκροτεῖται τὸ ὑλικὸν ἄτομον, κατεδείχθη ὅτι τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ἑνα **πυρήνα**, ὁ ὁποῖος φέ-



(α)



(β)

Σχ. 218. Σχηματική παράστασις ἀτόμου ὕδρογονου (α), καὶ ἡλίου (β).

τοῦ πυρήνος. Εἰς τὸν θετικὸν πυρήνα τοῦ ἀτόμου συγκεντρῶνται καὶ ὅλη σχεδὸν ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου. Τὸ σχῆμα 218 δεικνύει ὑποδείγματα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογονου (α) καὶ τοῦ ἀτόμου τοῦ ἡλίου (β).

169. Ἑρμηνεία τῆς θετικῆς καὶ ἀρνητικῆς φορτίσεως. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω δεδομένων ἐξηγουμέν σήμερον τὴν θετικὴν ἢ ἀρνητικὴν ἠλεκτρισιν (φόρτισιν) τῶν σωμάτων ὡς ἑξῆς: **Σῶμα τι θεωρεῖται θετικῶς ἠλεκτρισμένον, διὰν ἀπὸ τὰ ἅτομα αὐτοῦ ἔχουν ἀφαιρεθῇ ἠλεκτρόνια, ἥτοι ἔχει ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων, ἐνῶ ἐμφανίζεται ὡς ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον διὰν εἰς αὐτὸ ἔχουν προστεθῇ ἠλεκτρόνια, ἥτοι διὰν ἔχη περίσσειαν ἠλεκτρονίων.**

Οὕτω, διὰν τρίβωμεν ὑαλινὴν ράβδον διὰ μαλλίνου ὑφάσματος, ἡ ὑαλὸς ἠλεκτρίζεται θετικῶς, ἐνῶ τὸ μαλλινὸν ὑφασμα ἀρνητικῶς. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω ἐκτιθεμένων ἀντιλήψεων, τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι, λόγῳ τῆς τριβῆς, τῆς στενῆς δηλαδὴ ἐπαφῆς τῶν διαφόρων μερῶν ὑαλοῦ καὶ ὑφάσματος, ἀφαιρῶνται ἐκ τῆς ὑαλοῦ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται ἐπὶ τοῦ μαλλίνου ὑφάσματος, οὕτω δὲ ἡ ὑαλὸς, ὡς ἔχουσα ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων, ἐμφανίζεται θετικῶς ἠλεκτρισμένη, ἐνῶ τὸ μαλλινὸν ὑφασμα, ὡς ἔχον περίσσειαν ἠλεκτρονίων, ἐμφανίζεται ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον.

Ἐπίσης, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω, δυνάμεθα νὰ ἐξηγήσωμεν τὴν συμπεριφορὰν τῶν καλῶν καὶ κακῶν ἀγωγῶν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Οὕτω, εἰς τοὺς καλοὺς ἀγωγοὺς τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὑπάρχει ἡ εὐχέρεια τῆς κινήσεως ἐντὸς αὐτῶν ὠρισμένων ἠλεκτρονίων, καλουμένων **ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων**, διὰν ὑφίστανται αἱ κατάλληλοι πρὸς τοῦτο συνθῆκαι, ἐνῶ εἰς τοὺς κακοὺς ἀγωγοὺς δὲν ὑφίσταται ἡ δυνατότης αὕτη.

ΣΠΟΥΔΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

170. 'Ηλεκτρικὸν ρεῦμα. Ὅλοι σήμερον γνωρίζομεν τὴν σπουδαιότητα τὴν ὁποίαν ἔχει ὁ ἠλεκτρισμὸς εἰς τὰς βιοτικές μας ἀνάγκας. Αἱ λέξεις *ἠλεκτρικὸν ρεῦμα*, *τάσις*, *κιλόβάτ* κ.τ.λ. εἶναι σήμερον κοινοτάτης χρήσεως, ὅλοι δὲ ἐν γένει οἱ πολιτισμένοι ἄνθρωποι ἔχουν κατὰ τὸ μᾶλλον ἢ ἥττον γνώσεις ὅσον ἀφορᾷ τὰ ἠλεκτρικὰ φαινόμενα καὶ τὰς ἠλεκτρικὰς ἐννοίας, χωρὶς ὅμως νὰ ἔχουν ὅλοι σαφῆ ἀντίληψιν τὸσον τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων, ὅσον καὶ τῆς σημασίας τῶν σχετικῶν ἐννοιῶν, τὴν ὁποίαν παρέχει μόνον ἡ μελέτη τῆς Φυσικῆς.

**Ὅσάκις κατὰ μῆκος ἀγωγοῦ σύρματος λαμβάνει χώραν, λόγφ οἰασθή-
ποτε αἰτίας, μετατόπισις ἠλεκτρονίων, λέγομεν διὸ ὁ ἀγωγὸς οὗτος διαρρέε-
ται ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.** Τὴν μετατόπισιν ταύτην τῶν ἠλεκτρονίων δὲν δυνάμεθα νὰ τὴν ἀντιληφθῶμεν ἀμέσως διὰ τῶν αἰσθήσεων ἡμῶν, δυνάμεθα ὅμως νὰ ἀντιληφθῶμεν αὐτὴν ἐμμέσως ἐκ τῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι ἐὰν συνδέσωμεν τὸν ρευματολήπτην (bouchon) ἠλεκτρικῆς θερμάστρας πρὸς ἓνα ρευματοδότην (πρίζαν) δωματίου, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ πηγὴν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀντιλαμβανόμεθα ὅτι ἡ θερμάστρα θερμαίνει τὸ δωμάτιον.

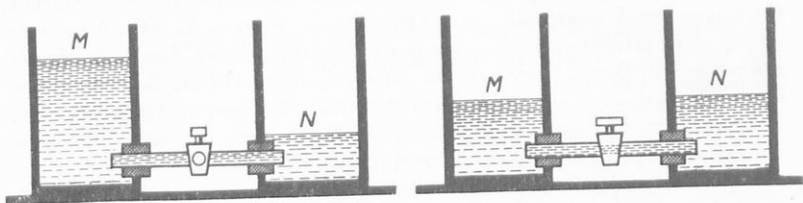
Ὅμοιως, ἐὰν συνδέσωμεν τὸν ρευματολήπτην λυχνίας ἠλεκτρικῆς πρὸς τὸν ρευματοδότην, βλέπομεν ὅτι αὕτη φωτοβολεῖ. Ἐπίσης, ἐὰν συνδέσωμεν τὸν ρευματολήπτην ραδιοφώνου πρὸς τὸν ρευματοδότην, ἀντιλαμβανόμεθα ὅτι τὸ ραδιόφωνον ἀρχίζει νὰ λειτουργῇ. Ὅλα τ' ἀνωτέρω παραδείγματα ἀποτελοῦν περιπτώσεις καθ' ἃς ἀντιλαμβανόμεθα ἐμμέσως τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

171. Ἡλεκτρικὴ τάσις. Πρὸς τὴν ἐννοιαν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἀναποσπάτως συνδεδεμένη ἡ ἐννοια τῆς **διαφορᾶς δυναμικοῦ** ἢ τῆς **ἠλεκτρικῆς τάσεως** ἢ ἀπλούστερον τῆς **τάσεως**. Οὕτω, ὁσάκις πρόκειται νὰ προμηθευθῶμεν ἠλεκτρικὴν λυχνίαν πρὸς φωτισμόν, ὁ προμηθευτὴς μᾶς ἐρωτᾷ πόση εἶναι ἡ τάσις τοῦ δικτύου ὅπου πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθῇ ἡ λυχνία. Ἐὰν δὲ πρόκειται περὶ τοῦ δικτύου ρεύματος τῶν Ἀθηνῶν, λέγομεν ὅτι ἡ τάσις εἶναι 220 Volt. Ὅμοιως, ὅταν πρόκειται νὰ προμηθευθῶμεν ραδιόφωνον, πάλιν ὁ προμηθευτὴς μᾶς ἐρωτᾷ διὰ ποίαν τάσιν προορίζεται, ἐὰν δὲ πρόκειται νὰ χρησιμοποιηθῇ τοῦτο, π.χ., ἐντὸς τῶν Ἀθηνῶν, λέγομεν ὅτι τοῦτο προορίζεται διὰ 220 Volt ἢ ἐὰν πρόκειται δι' ἄλλην πόλιν λέγομεν π.χ. 110 Volt, ὁ δὲ προμηθευτὴς ρυθμίζει τὸ ραδιόφωνον ἀναλόγως τῆς ἀντιστοίχου τάσεως.

Ἡδὴ γεννᾶται τὸ ἐρώτημα: τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἠλεκτρικὴ τάσις. Ἡ ἀπάντησις εἰς τὸ ἐρώτημα τοῦτο, προκειμένου περὶ στοιχειώδους διδασκαλίας τῆς Φυσικῆς, δὲν εἶναι εὐκόλος, ἔνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου, πρὸς διευκρίνισιν τῆς ἐννοίας ταύτης, θὰ περιγράψωμεν ἐν ἀπλοῦν μηχανικὸν παράδειγμα, στηριζόμενοι δὲ ἐπ' αὐτοῦ θὰ προσπαθίσωμεν νὰ διευκρινίσωμεν ἀκολούθως τὴν ἐννοιαν τῆς ἠλεκτρικῆς τάσεως.

Θεωρήσωμεν τὸ σχῆμα 219 τὸ ὁποῖον παριστᾷ δύο ὑαλίνους κυλίνδρους Μ καὶ Ν οἱ ὁποῖοι συγκοινωνοῦν κατὰ τὸν πυθμένα διὰ σωλήνος δυναμένου νὰ κλείεται

διὰ στρόφιγγος. Ἐστω δὲ ὅτι, ἐν ἀρχῇ, διατηροῦντες τὴν στρόφιγγα κλειστήν, χύνομεν εἰς τοὺς δύο κύλινδρους ὕδωρ, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια αὐτοῦ νὰ μὴ εὐρίσκεται εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος, ἀλλὰ εἰς τὸν ἀριστερὸν κύλινδρον νὰ εὐρίσκε-



Σχ. 219. Μηχανικὸν ἀνάλογον πρὸς κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

ται εἰς μεγαλύτερον ὕψος ἢ εἰς τὸν δεξιόν. Ἐνεκα τοῦ λόγου τούτου, ὡς γνωρίζομεν ἐκ τῆς ὑδροστατικῆς, ἡ πίεσις πρὸς τ' ἀριστερὰ τῆς στρόφιγγος θὰ εἶναι μεγαλύτερα ἢ πρὸς τὰ δεξιὰ αὐτῆς, καὶ ἐπομένως εἰς τὴν περιοχὴν τῆς στρόφιγγος θὰ ὑφίσταται διαφορὰ πίεσεως. Ἐὰν ἤδη ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα, εἰς τρόπον ὥστε οἱ δύο κύλινδροι ν' ἀποτελέσουν σύστημα δύο συγκοινωνούντων δοχείων (σχ. 219), τότε, λόγῳ τῆς ὑφισταμένης διαφορᾶς πίεσεως, θὰ δημιουργηθῇ ροὴ ὕδατος ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ, ἡ ὁποία θὰ διαρκέσῃ μέχρις ὅτου ἐπέλθῃ ἕξισις τῶν πιέσεων.



Σχ. 220. Μηχανικὸν ἀνάλογον πρὸς κατανόησιν τῆς γενέσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐὰν ὁμως, ὡς δεικνύεται ἐκ τοῦ σχήματος 220, διὰ καταλλήλου ἀντλίας ἀπορροφᾶται ἐκ τοῦ δεξιοῦ κύλινδρου ἡ ἀπαιτούμενη ποσότης ὕδατος καὶ ἐπαναφέρεται εἰς τὸν πρὸς τὰ ἀριστερὰ κύλινδρον διὰ καταλλήλου ὑδαταγωγῆς σωλήνος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ διατηρῇται διαρκῶς σταθερὰ διαφορὰ πίεσεως, τότε θὰ παράγεται διαρκὲς ροὴ ὕδατος διὰ μέσου τοῦ σωλήνος AB.

Τὸ ἀντίστοιχον πρὸς τὸ μηχανικὸν μέγεθος **πίεσις** εἶναι, εἰς τὸν ἡλεκτρισμὸν, τὸ ἡλεκτρικὸν μέγεθος **δυναμικόν**. Ὅπως δὲ διὰ νὰ παραχθῇ ροὴ ὕδατος κατὰ μήκος ὑδαταγωγῆς σωλήνος, πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ ὑπάρχῃ μεταξὺ τῶν ἄκρων αὐτοῦ διαφορὰ πίεσεως, οὕτω καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, **διὰ νὰ παραχθῇ ἡ-**

λεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ μήκος ἀγωγῆς σύρματος, πρέπει ἀπαραιτήτως μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ ἀγωγῆς σύρματος νὰ ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ.

Εἰς τὴν πρᾶξιν, συνήθως, ἀντὶ τοῦ ὅρου διαφορὰ δυναμικοῦ χρῆσι-

μποιοῦν τοὺς ὅρους *ἡλεκτρικὴ τάσις* ἢ *τάσις*, καὶ ἐπομένως λέγομεν ὅτι διὰ τὰ παραχθῇ εἰς ἄγωγόν σύρμα ἡλεκτρικὸν ρεῦμα πρέπει μεταξὺ τῶν ἄκρων αὐτοῦ νὰ ὑφίσταται τάσις.

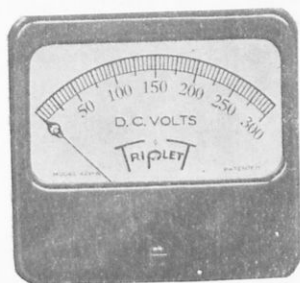
Εἰς τὸ μηχανικὸν παράδειγμα, ἡ διαφορὰ πιέσεως συντηρεῖται μὲ τὴν βοήθειαν ἀντλίας, ἐνῶ εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν φαινόμενον ἡ σταθερὰ τάσις συντηρεῖται τῇ βοηθείᾳ ὠρισμένων διατάξεων, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται *πηγαὶ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος*, ἡ δὲ αἰτία ἡ ὁποία συντηρεῖ τὴν σταθερὰν τάσιν, καὶ ἡ ὁποία ὑφίσταται ἐν τὸς τῶν πηγῶν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, καλεῖται *ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις* (ἢ συντεταγμένως Η Ε Δ).

Ὡς μονὰς πρὸς μέτρησιν τῆς τάσεως χρησιμεύει τὸ (**Volt**) *Βόλτ* ἢ συντεταγμένως **V**, τὸν ἀκριβέστερον δὲ ὀρισμὸν τῆς μονάδος ταύτης θὰ ἐκθέσωμεν εἰς ἄλλην θέσιν. Ἐκτὸς τῆς μονάδος Βόλτ, λίαν συνήθεις ἐν χρήσει εἶναι τὸ *μิลливόλτ* (**millivolt**, mV) καὶ *κιλοβόλτ* (**kilovolt**, kV), εἶναι δέ:

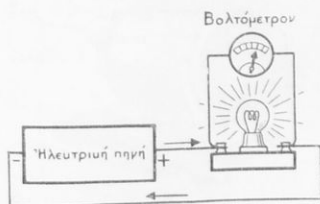
$$1 \text{ μιλливόλτ } (1 \text{ mV}) = 10^{-3} \text{ V} \quad \text{καὶ} \quad 1 \text{ κιλοβόλτ } (1 \text{ kV}) = 10^3 \text{ V}$$

Τὸ ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα, ὅσον ἀφορᾷ τὸν καθορισμὸν τῆς ἐννοίας τῆς τάσεως, εἶναι ἀρκετὰ διὰ τὴν κατανόησιν πλείστων ἀπλῶν φαινομένων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ὅταν προχωρήσωμεν ὁμῶς εἰς τὴν σπουδὴν συνθετωτέρων φαινομένων τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, τότε θὰ ἔχωμεν τὴν εὐκαιρίαν νὰ ὑπεισέλθωμεν βαθύτερον εἰς τὴν ἐξέτασιν τῆς ἐννοίας τῆς ἡλεκτρικῆς τάσεως.

172. Βολτόμετρα. Τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν ἄκρων ἄγωγου σύρματος διαρροεμένου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μετροῦμεν δι' ὠρισμένων ὀργάνων τὰ ὁποῖα καλοῦνται *βολτόμετρα* (σχ. 221). Τὸ βολτόμετρον συνδέεται μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ θεωρουμένου ἄγωγου, καὶ



Σχ. 221. Συνήθης τύπος βολτομέτρου.



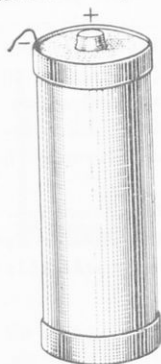
Σχ. 222. Τὸ βολτόμετρον μετρεῖ τὴν τάσιν λυχνίας φωτισμοῦ.

ἀναγινώσκωμεν τὴν ἐκάστοτε τάσιν τῇ βοηθείᾳ δείκτου κινουμένου πρὸ κλίμακος βαθμολογημένης εἰς μονάδας βόλτ (σχ. 222).

173. Πηγαὶ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Διὰ τὴν ἐν γένει παραγωγὴν καὶ παροχὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν ὡς πηγὰς:

- 1) τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα, 2) τὰς ἡλεκτρικὰς μηχανάς, 3) τοὺς σσσοωρεντάς.

α) **Ήλεκτρικά στοιχεία.** Ταῦτα εἶναι σήμερον λίαν περιορισμένης χρήσεως, χρησιμοποιούμενα ἰδίως πρὸς τροφοδότησιν τῶν μικρῶν φορητῶν ἡλεκτρικῶν φανῶν (κοινῶς φανάρια τσέπης), συσκευῶν βαρηκόων, ὡς καὶ φορητῶν ραδιοφῶνων ἢ ἀσυρμάτων κ.τ.λ. (σχ. 223).

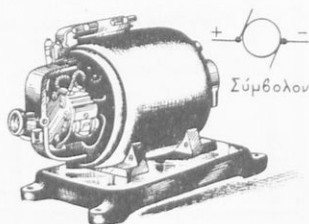


Σχ. 223. Ήλεκτρίζον στοιχεῖον.

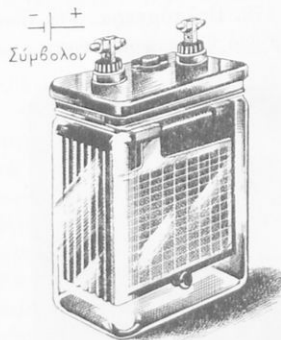
β) **Ήλεκτρικαὶ μηχαναί.** Αὗται εἶναι λίαν διαδεδομέναι, καὶ ἀποτελοῦν τὰς κυρίως πηγὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀποτελοῦν ἐν γένει πολὺπλοκα συστήματα ἐγκαθιστάμενα ἐντὸς εἰδικῶν κέντρων, τῶν ἐργοστασίων παραγωγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀπὸ τῶν ὁποίων τὸ ρεῦμα διοχετεύεται, μέσῳ δικτύου χαλκίνων ἀγωγῶν, εἰς τὴν κατανάλωσιν (σχ. 224).

γ) **Ήλεκτρικοὶ συσσωρευταί.** Οὗτοι, κυρίως εἰπεῖν, δὲν εἶναι καθ' αὐτὸ πρωτογενεῖς πηγαὶ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἀλλὰ δευτερογενεῖς, διότι εἰς αὐτὰς δυνάμεθα νὰ ἐναποθηκεύσωμεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν ἀκολουθῶς νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἐν καταλλήλῳ τόπῳ καὶ χρόνῳ, π.χ. εἰς τὰ αὐτοκίνητα ἢ εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ τὴν ὑπὸ τὸ ὕδωρ κίνησιν των (σχ. 225).

174. **Πόλοι ἡλεκτρικῆς πηγῆς.** Οἷοσδήποτε καὶ ἂν εἶναι ὁ τύπος τῆς πηγῆς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, αὕτη παρουσιάζει συνήθως δύο ἀγωγοὺς μεμονωμένους ἀπ' ἀλλήλων, οἱ ὁποῖοι καλοῦνται **πόλοι** τῆς πηγῆς. Πράγματι, ἐὰν ἐξετάσωμεν σὺνήθης ἡλεκτρικὸν στοι-



Σχ. 224. Ήλεκτρικὴ μηχανή. Γεννήτρια ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 225. Συσσωρευτής.

χεῖον, τοῦτο παρουσιάζει δύο ἄκρα, τοὺς πόλους, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἰς εἶναι μικρὸν ἀπογυμνωμένον μέρος τοῦ ἐκ ψευδαργύρου δοχείου τοῦ στοιχείου, ὁ δὲ ἕτερος εἶναι μικρὸς ἀκροδέκτης ἐξ ὀρειχάλκου, εὐρισκόμενος εἰς τὸ ἄνω ἄκρον αὐτοῦ.

Οἱ δύο οὗτοι πόλοι δὲν εἶναι ἰσότιμοι μεταξύ των, καὶ ὡς ἐκ τούτου πολλὰκις ὁ εἰς φέρει τὸ θετικὸν σημεῖον (+) καὶ καλεῖται **θετικὸς πόλος**, ἐνῶ ὁ ἕτερος

φέρει τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον (—) καὶ καλεῖται **ἀρνητικὸς πόλος**, μεταξὺ δὲ αὐτῶν ὑφίσταται ὠρισμένη τάσις. Πράγματι, ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς δύο πόλους πηγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, π.χ. ἡλεκτρικοῦ στοιχείου, πρὸς βολτόμετρον, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δεικνύει τὴν ἐπικρατοῦσαν μεταξὺ τῶν πόλων τοῦ στοιχείου τάσιν, ἡ ὁποία, ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. § 186) μετρεῖ καὶ τὴν ΗΕΔ τῆς θεωρουμένης πηγῆς.

Σήμερον, αἱ διάφοροι ἐν χρήσει πηγαὶ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος παρέχουν τοῦτο ὑπὸ τάσεις λίαν διαφόρους. Ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει τὰς διαφόρους ἐν χρήσει τάσεις:

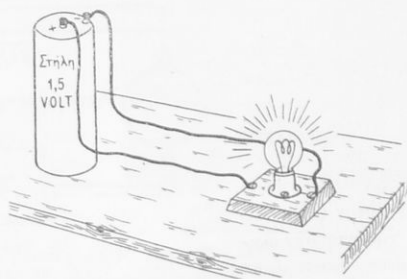
Ξηρὸν στοιχεῖον	1.5 V	Τάσις τορξιοδρομῶν	500 V
Στήλη φανῶν	4.5 >	Δίκτυον μεταφορᾶς ἡλεκτρικῆς	
Συσσωρευτῆς	2 >	ἐνεργείας	15 000 >
Τάσις φωτισμοῦ	220 >	Υψηλὴ τάσις (Βιομηχαν.)	50 000 - 200 000 >

175. Φορὰ τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Σήμερον γνωρίζομεν, ὡς λεπτομερέστερον θὰ ἀναπτύξωμεν καὶ εἰς ἄλλην θέσιν, ὅτι εἰς τὸν θετικὸν πόλον ἀναπτύσσεται φορτίον θετικοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἐνῶ εἰς τὸν ἀρνητικὸν ἀναπτύσσεται ἀρνητικὸν φορτίον ἡλεκτρισμοῦ καί, *συμφώνως πρὸς τὴν ἡλεκτρονικὴν θεωρίαν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ*, τοῦτο σημαίνει ὅτι *εἰς τὸν θετικὸν πόλον ὑφίσταται ἔλλειμμα ἡλεκτρονίων, ἐνῶ εἰς τὸν ἀρνητικὸν ὑφίσταται, τοῦναντίον, περίσσεια ἡλεκτρονίων.*

Ἐξ ἄλλου, γνωρίζομεν ὅτι, ἐὰν συνδέσωμεν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς δι' ἄγωγου σύρματος (σχ. 226), διὰ τοῦ ἄγωγου θὰ διέλθῃ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τοῦτο δὲ ἀποδεικνύομεν ἀμέσως, ἐὰν διακόψωμεν τὸ σύρμα καὶ παρεμβάλωμεν μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τῆς διακοπῆς αὐτοῦ κατάλληλον ἡλεκτρονικὴν λυχνίαν, ἡ ὁποία φωτοβολεῖ.

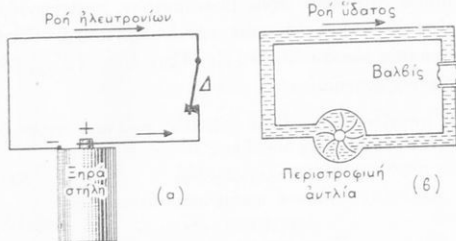
Συμφώνως πρὸς τὴν ἀντίληψιν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποτελεῖ ροὴν ἢ μετατόπισιν ἡλεκτρονίων, ἡ ἡλεκτρικὴ πηγὴ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι ἀφαιρεῖ συνεχῶς ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου ἡλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα μεταβιβάζει εἰς τὸν ἀρνητικὸν πόλον, τὰ ὁποῖα πάλιν, διὰ μέσου τοῦ ἄγωγου σύρματος, μεταβιβάζονται ἐκ νέου ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου εἰς τὸν θετικὸν πόλον.

Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει ἀνάλογον μηχανικὸν παράδειγμα, κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ ἀντλία ἀπορροφᾷ ὕδωρ ἐκ δεξιῶν καὶ μεταβιβάζει τοῦτο πρὸς τ' ἀριστερά, πραγματοποιουμένης οὕτω τῆς κυκλικῆς κινήσεως τοῦ ὕδατος. Ἡ ὡς ἄνω ἀναλογία μεταξὺ τοῦ μηχανικοῦ καὶ ἡλεκτρικοῦ φαινομένου δέον νὰ μὴ θεωρηθῇ ὡς πλήρης, ἀλλ' ἀπλῶς ἀναφέρομεν αὐτήν, διὰ νὰ ἔχωμεν μίαν ἰδέαν τοῦ μηχανισμοῦ τῆς παρα-



Σχ. 226. Ἡ ἡλεκτρικὴ λυχνία φωτοβολεῖ διὰ συνδέσεως αὐτῆς πρὸς τοὺς πόλους ἡλεκτρικῆς στήλης.

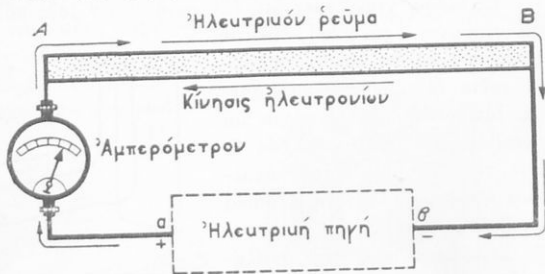
γωγῆς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Συμφώνως ὅθεν πρὸς τὴν *ἡλεκτρονικὴν θεωρίαν*, ὡς φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἀγωγὸν σύρμα θεωροῦμεν τὴν φορὰν κατὰ τὴν ὁποίαν μετατοπιζονται τὰ ἡλεκτρόνια ἐντὸς αὐτοῦ, ἢ ὁποία ὡς εἶδομεν εἶναι ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 227.



Σχ. 227. Μηχανικὸν ἀνάλογον παραγωγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

ἡλεκτρονίων, εἰς τὴν πρᾶξιν δεχόμεθα ὡς φορὰν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν ἀντίθετον, δηλαδή τὴν ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικόν.

Τοῦτο ὀφείλεται εἰς κτηθεῖσαν συνήθειαν ἀπὸ παλαιότερας ἐποχῆς, ὅτε αἱ γνώσεις ἡμῶν ὅσον ἀφορᾷ τὸν ἡλεκτρισμὸν δὲν εἶχον προχωρήσει τόσον πολὺ ὅσον σήμερον. Μολονότι δὲ ἡ παραδοχὴ ὡς φορὰς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν ἔξω τῆς πηγῆς, καὶ ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πρὸς τὸν θετικὸν ἐντὸς τῆς πηγῆς, δὲν δικαιολογεῖται πλέον σήμερον, ἐν τούτοις ἐξακολουθοῦμεν νὰ διατηροῦμεν αὐτὴν εἰσέτι κατὰ τὴν σπουδὴν ὠρισμένων φαινομένων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐχόντων κυρίως σημασίαν διὰ τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, δεδομένου ὅτι ἡ παραδοχὴ αὕτη, διὰ τὰ ἀνωτέρω μνημονευόμενα φαινόμενα, δὲν ἄγει εἰς συμπεράσματα, τὰ ὁποῖα νὰ μὴ ἐπαληθεύονται διὰ τοῦ πειράματος.



Σχ. 228. Ἡ πραγματικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος εἶναι ἡ τῆς κινήσεως τῶν ἡλεκτρονίων, ἐν τούτοις συμβατικῶς δεχόμεθα ὡς φορὰν τοῦ ρεύματος τὴν ἀντίθετον τῆς κινήσεως τῶν ἡλεκτρονίων.

176. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Αἱ πηγαὶ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς πηγὰς *συνεχοῦς* καὶ εἰς πηγὰς *ἐναλλασσόμενον* ρεύματος. Ἐφ' ὅσον οἱ πόλοι πηγῆς ρεύματος διατηροῦν ἀμετάβλητον τὸ σημεῖον τῶν πόλων αὐτῶν, ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ συνδέοντος τοὺς πόλους τῆς πηγῆς παραμένει πάντοτε ἡ ἴδια. Τοιοῦτον ρεῦμα καλεῖται *συνεχές*, καὶ ἡ πηγὴ πα-

ραγωγῆς αὐτοῦ πηγὴ ἢ συνεχοῦς ρεύματος. Οὕτω, τὰ ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευταὶ ἀποτελοῦν πηγὰς συνεχοῦς ρεύματος. Ἐπίσης, μηχαναὶ ὠρισμένου τύπου δύνανται νὰ παρέχουν συνεχές ρεῦμα. Ἐὰν ὁμως οἱ πόλοι τῆς πηγῆς γίνωνται ἐναλλάξ θετικοὶ καὶ ἀρνητικοί, τότε καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς, τοιοῦτο δὲ ρεῦμα καλεῖται **ἐναλλασσόμενον** καὶ ἡ πηγὴ παραγωγῆς αὐτοῦ καλεῖται πηγὴ ἢ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οὕτω, μηχαναὶ ὠρισμένου τύπου δύνανται νὰ παρέχουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Τὸ δίκτυον τῆς πόλεως τῶν Ἀθηνῶν εἶναι ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐνῶ τὸ τῆς Θεσσαλονίκης συνεχοῦς.

177. Ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πρὸς κατανόησιν τῆς ἐννοίας τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος στηριζόμεθα εἰς τὸ μηχανικὸν παράδειγμα τοῦ σχήματος 220. Ὡς εἶδομεν, κατὰ μῆκος τοῦ σωλῆνος, λόγῳ τῆς ἐπενεργείας τῆς ὑδραντλίας, λαμβάνει χώραν ροὴ ὕδατος ἐκ τοῦ Α πρὸς Β πρὸς τὴν ἀντλίαν, καὶ ἐκ τῆς ἀντλίας πρὸς Α. Καλοῦμεν δὲ παροχὴν ἢ ἔντασιν τῆς ροῆς τοῦ ὕδατος τὴν ποσότητα τοῦ ὕδατος τὴν διερχομένην εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου διὰ τινος οἰασθήποτε τομῆς τοῦ σωλῆνος, καὶ τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν διὰ καταλλήλου ὀργάνου (μετρητοῦ).

Κατ' ἀνάλογον τρόπον, ὅταν ἄγωγός διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, κατὰ μῆκος αὐτοῦ λαμβάνει χώραν ροὴ ἡλεκτρονίων, ἢ ἄλλως, διέρχεται ποσότης ἢ φορτίον ἡλεκτρισμοῦ. **Καλοῦμεν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ φορτίον τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸ διερχόμενον διὰ τινος τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.**

Ὡς μέτρον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, λαμβάνεται τὸ πηλίκον τοῦ φορτίου τοῦ διερχομένου διὰ τινος τομῆς τοῦ ἀγωγοῦ διὰ τοῦ ἀντιστοίχου χρόνου, ἥτοι:



ANDRÉ MARIE AMPÈRE
(1775 - 1836)

Γάλλος Φιλόσοφος, Μαθηματικὸς καὶ Φυσικὸς. Ὀνομαστός διὰ τὰς ἐρεῖνας αὐτοῦ ἐπὶ τῆς σχέσεως μεταξὺ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ μαγνητισμοῦ.

$$\text{έντασις ἡλεκτρ. ρεύματος} = \frac{\text{φορτίον ἡλεκτρισμοῦ}}{\text{χρόνος}}$$

Ἐὰν διὰ i παραστήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ διὰ q τὸ φορτίον

τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τὸ διερχόμενον διὰ τινος τομῆς αὐτοῦ εἰς χρόνον t , ἡ ἐξίσωσις ὄρισμὸς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$i = \frac{q}{t} \quad (1)$$

Ὡς πρακτικὴ μονὰς τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ὠρίσθη τὸ **Ἀμπέρ (Ampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζομεν διὰ **A**. Εἰς ἓνα ἄγωγόν λέγομεν ὅτι ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος ἴσούται πρὸς 1 **A**, ὅταν διὰ τινος τομῆς τοῦ ἄγωγου εἰς 1 sec διέρχεται φορτίον ἡλεκτρισμοῦ 1 Coulomb (Cb) ἥτοι :

$$1 \text{ Ἀμπέρ (A)} = 1 \text{ Cb/sec, ἔξ οὗ : } 1 \text{ Cb} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ sec.}$$

Ἐκτὸς τῆς μονάδος Ἀμπέρ, λίαν ἐν χρήσει εἶναι τὸ **μιλλιαμπέρ (milliampère, mA)** καὶ τὸ **μικροαμπέρ (microampère μA)** εἶναι δέ :

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} \quad \text{καὶ} \quad 1 \mu A = 10^{-6} \text{ A.}$$

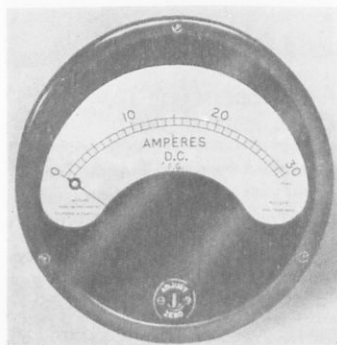
Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, ἀντὶ τοῦ ὅρου **ἐντάσις ρεύματος** χρησιμοποιεῖται ἀπλῶς ὁ ὅρος **ρεῦμα**.

Ἐπειδὴ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν φαινομένων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὰ ὁποῖα θέλομεν ἐξετάσει, δεχόμεθα ὅτι εἰς οὐδὲν σημεῖον τοῦ ἄγωγου λαμβάνει χώραν οὔτε συσπώρευσις ἡλεκτρικοῦ φορτίου, οὔτε διαρροή (ἢ ἀπόλεια) αὐτοῦ, συνάγομεν ὅτι : **ἡ ἐντάσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ αὐτὴ καθ' ὅλον τὸ μῆκος τοῦ ἄγωγου.**

178. Ἀμπερόμετρα. Ἡ ἐντάσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται πρακτικῶς διὰ καταλήλων ὀργάνων καλουμένων **ἀμπερομέτρων** (σχ. 229). Τὰ ἀμπερόμετρα συνδέονται ἐν σειρᾷ πρὸς τὸν ἄγωγόν εἰς τὸν ὁποῖον θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἐντάσιν τοῦ ρεύματος, δηλ. πρέπει νὰ διακοπῇ κάπου ὁ ἄγωγος καὶ νὰ παρεμβληθῇ τὸ ὄργανον.

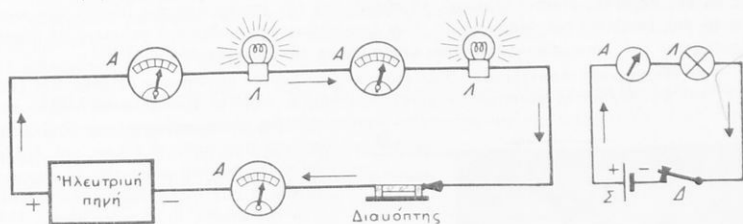
Κατ' ἀνάλογον τρόπον, εἰς τὸ μηχανικὸν παράδειγμα τῆς ροῆς τοῦ ὕδατος, πρὸς μέτρησιν τῆς παροχῆς, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸ ἀντίστοιχον μηχανικὸν μέγεθος πρὸς τὴν ἐντάσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, διακόπτομεν εἷς τι σημεῖον τὸν ὀχετὸν καὶ παρεμβάλλομεν κατάλληλον μετρητήν τοῦ ὕδατος (βλ. σχ. 239).

Ἡ ἐντάσις καθορίζεται ἐκ τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτου τοῦ ὀργάνου, κινουμένου πρὸ τῶν διαιρέσεων κλίμακος βαθμολογημένης εἰς ἄμπέρ. Εἰς τὸ σχῆμα 230 δεικνύεται ἡ σύνδεσις ἀμπερομέτρου, ὁποῦνδήποτε



Σχ. 229. Συνήθης τύπος ἀμπερομέτρου.

δὲ κατὰ μῆκος τοῦ διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος ἄγωγου συνδεθῇ ἄμπερόμετρον,



Σχ. 230. Εἰς οἰανδήποτε θέσιν καὶ ἂν συνδεθῇ τὸ ἄμπερόμετρον, ἡ ἔνδειξις θὰ εἶναι πάντοτε ἡ αὐτή. Δεξιά: Συμβολικὴ παράστασις τῆς εἰκόνης.

τοῦτο θὰ δεικνύῃ τὴν αὐτὴν ἔντασιν, διότι, ὡς ἀνωτέρω ἐλέγχθη, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἡ αὐτὴ εἰς ὅλας τὰς διατομὰς τοῦ ἄγωγου.

Ὁ κάτωθι πίναξ δεικνύει τὰ μεγέθη ἐντάσεων ρεύματος εἰς διαφόρους περιπτώσεις:

Λυχνία φανοῦ φορητοῦ (φαναράκι)	0,2 A
Συνήθης λυχνία φωτισμοῦ	0,5 >
Ἡλεκτρικὴ θερμαστρα γραφείου	5 >
Ἐντασις ρεύματος τροχιοδρόμων	περίπου 100 >

Παραδείγματα. 1) Ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 5 A. Πόσον τὸ μεταφερόμενον ἡλεκτρικὸν φορτίον εἰς χρόνον 3 λεπτῶν (min).

Ἐκ τοῦ τύπου (1) εὐρίσκομεν $q = i \cdot t$, καὶ ἐπομένως $q = 5 \cdot 3 \cdot 60 = 900 \text{ Cb}$. Ὁ χρόνος πρέπει νὰ μετατρέπεται εἰς sec.

2) Ἐὰν δι' ἄγωγου διέρχωνται 7200 Cb ἐντὸς 4 ὥρων, πόση ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

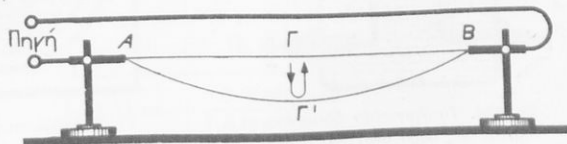
Ἐκ τοῦ τύπου (1) εὐρίσκομεν: $i = \frac{7200}{4 \cdot 3600} = 0,5 \text{ A}$

Ὁ χρόνος δέον νὰ μετατρέπεται ἀπὸ ὥρας εἰς sec.

179. Ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐκ πείρας γνωρίζομεν ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα ἔχει διάφορα ἀποτελέσματα, ἐκ τῶν ὁποίων κυριώτερα εἶναι τὰ ἀκόλουθα:

α) Θερμικὸν ἀποτέλεσμα. Ἀγωγὸς διαρροεμένος ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος θερμαίνεται, ἡ δὲ θερμοκρασία αὐτοῦ δύναται νὰ φθάσῃ μέχρι λευκοπυρρώσεως ἢ καὶ τήξεως τοῦ ἄγωγου. Τὸ ἀποτέλεσμα τοῦτο εὐρίσκει σήμερον εὐρυτάτην πρακτικὴν ἐφαρμογὴν εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς θερμάστρας, ἡλεκτρικὰ μαγειρεῖα, ἡλεκτρικοὺς λαμπτήρας κ.τ.λ.

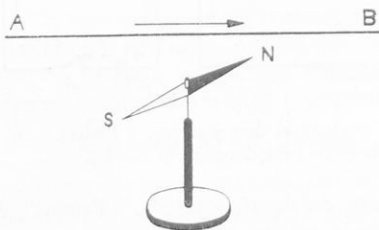
Πειραματικῶς, δυνάμεθα νὰ δεῖξωμεν τὴν θέρμανσιν ἄγωγου σύρματος δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, διὰ τῆς ἐν σχέματι 231 διατάξεως, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῆς πραγματοποίησεως τῶν θερμικῶν βολτομέτρων καὶ θερμικῶν ἄμπερομέτρων. Διατείνομεν σύρμα ἄγωγόν μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B, καὶ διαβιβάζομεν δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα διὰ συνδέσεως τῶν A καὶ B πρὸς



Σχ. 231. Τὸ σύρμα ΑΓΒ, θερμαίνομενον διὰ τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος, διαστελλεται.

πηγὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Λόγῳ τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα θερμαίνεται καί, ὡς ἐκ τῆς θερμικῆς διαστολῆς αὐτοῦ, τὸ σύρμα, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ βάρους του, κάμπτεται καὶ λαμβάνει τὴν θέσιν ΑΓΒ. Ἐὰν διαζώομεν τὴν διόδον τοῦ ρεύματος, τὸ σύρμα ἀποφύεται καί, λόγῳ συστολῆς αὐτοῦ, ἀναλαμβάνει τὴν ἀρχικὴν θέσιν ΑΓΒ.

β) Μαγνητικὸν ἀποτέλεσμα. Ἐὰν ἐξαρτήσωμεν λεπτὴν μαγνητικὴν βελὸν SN (σχ. 232) καὶ ἀνοίξωμεν αὐτῇ διατείνωμεν μεταλλικὸν σύρμα ΑΒ, εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἄξων τῆς

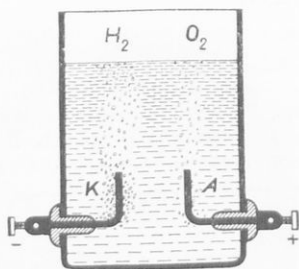


Σχ. 232. Ἡ μαγνητικὴ βελὸν ἐκτρέπεται τῆς θέσεώς της, ὅταν διαβιβάζεται διὰ τοῦ ἄγωγου ΑΒ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

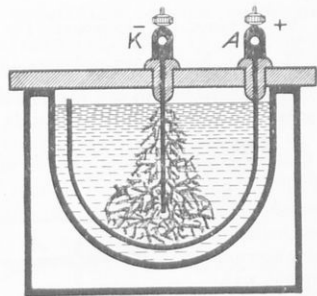
βελόνης, ἰσορροπούσης, νὰ διάκειται παραλλήλως πρὸς τὸ σύρμα, καὶ διαβιβάζωμεν διὰ τοῦ σύρματος ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελὸν ἐκτρέπεται ἀπὸ τῆς θέσεως ἰσορροπίας αὐτῆς.

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου δεικνύεται ἡ ἐπενέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, καὶ ἐπομένως ὅτι τὸ ρεῦμα ἔχει μαγνητικὸν ἀποτέλεσμα, τοῦτο δὲ θέλομεν ἐξετάσει ἐκτενῶς εἰς ἰδιαίτερον κεφάλαιον (βλ. κεφ. Ἡλεκτρομαγνητισμός).

γ) Χημικὰ ἀποτελέσματα. Ἐὰν παρὰ τὸν πυθμένα ὑαλίνου δοχείου τοποθετήσωμεν καταλλήλως δύο μεταλλικὰ ἐλάσματα ἐκ λευκοχρόσου καλούμενα ἡλεκτροδία (σχ. 233), θέσωμεν δὲ ἐντὸς τοῦ δοχείου ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος καὶ συνδέσωμεν τὰ ἡλεκτροδία πρὸς πηγὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ρεῦμα διέρχεται διὰ τοῦ διαλύματος H_2SO_4 , διότι τοῦτο ἀποτελεῖ καλὸν ἄγωγόν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἐνῷ, ταυτοχρόνως, ἐπὶ τῶν ἡλεκτροδίων καὶ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς διόδου τοῦ ρεύματος διὰ τοῦ διαλύματος ἀναπτύσσονται φουαλίδες ἀερίων αἱ ὁποῖαι ἐκλύονται ἐξ αὐτοῦ ἢ ἐξέτασις τῶν φουαλίδων αὐτῶν δεικνύει ὅτι αἱ μὲν ἀναπτυσσόμεναι ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου εἶναι ὀξυγόνο, αἱ δὲ ἐκλύόμεναι ἀνοθεῖν



Σχ. 233. Τὸ ὀξυνισθὲν ὕδωρ διασπάται εἰς ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον, ὅταν διέλθῃ ἡλεκτρ. ρεῦμα.



Σχ. 234. Διάσπασις ὀξέικοῦ μόλυβδου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

τοῦ ἀρνητικοῦ ἡλεκτροδίου εἶναι ὑδρογόνον. Τὸ αὐτὸ πείραμα δυνάμεθα νὰ ἐκτελέσωμεν, ἐὰν ὡς ἡλεκτροδία χρησιμοποιήσωμεν ἐλάσματα ἐκ σιδήρου καί, ἀντὶ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος, μεταχειρισθῶμεν διάλυμα ναυστιχοῦ καλίου. Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου συνάγεται ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δύναται νὰ προκαλῇ χημικὰ ἀποσυνθέσεις, ἥτοι ἔχει χημικὰ ἀποτελέσματα.

Εἰς τὸ σχῆμα 234 δεικνύεται ἡ διάσπασις ὕδατιζοῦ διαλύματος ὀξείκου μολύβδου διὰ τοῦ ἠλεκτριζοῦ ρεύματος, ὅπου εἰς τὸ ἀρνητικὸν ἠλεκτρόδιον σχηματίζεται ὠραῖος θύσανος ἀπὸ χροστάλλους μολύβδου ἐν λεπτῷ διαμερισμῷ. Διὰ τὴν λεπτομερῆ ἔρευναν τῶν χημικῶν ἀποτελεσμάτων θέλομεν ἐπανέλθει εἰς ἄλλην θέσιν (βλ. Ἐλεκτρόλυσιν).

180. Νόμος τοῦ Ohm. Ἐκ τῶν προηγουμένων εἶδομεν ὅτι διὰ νὰ παραχθῇ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ μῆκος ἀγωγοῦ σύρματος πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ ὑφίσταται μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ σύρματος διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται ὅτι ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ U , U' , U'' κλπ., ἡ ἀντίστοιχος ἔντασις ρεύματος θὰ εἶναι i , i' , i'' κ.ο.κ. Ἐὰν ὅμως σχηματίσωμεν τὰ πηλίκια U/i , U'/i' , U''/i'' κ.ο.κ., βλέπομεν ὅτι ἡ τιμὴ αὐτῶν παραμένει ἀμετάβλητος, ἥτοι ἰσχύει πάντοτε ἡ σχέση:

$$\frac{U}{i} = \text{σταθ.} \quad (1)$$

Δηλαδή τὸ πηλίκιον τῆς τάσεως διὰ τῆς ἐντάσεως παραμένει σταθερόν. Ἡ ὥς ἄνω σταθερὰ ποσότης παριστᾶται διὰ τοῦ γράμματος R καὶ καλεῖται **ἠλεκτρικὴ ἀντίστασις** τοῦ ἀγωγοῦ.

ἥτοι:

$$\frac{U}{i} = R$$

Ἐκ τῆς σχέσεως (1) προκύπτει ὅτι, διπλασιαζομένης, τριπλασιαζομένης κ.ο.κ. τῆς τάσεως U , διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.ο.κ. καὶ ἡ ἔντασις i τοῦ ρεύματος.

Μονὰς ἀντιστάσεως. Εἰς τὴν πρᾶξιν, ἡ μονὰς ἀντιστάσεως ὀρίζεται ἐπὶ τῇ βάσει τῶν μονάδων Volt καὶ Ampère. Οὕτω, ἀγωγός τις λέγομεν ὅτι ἔχει ἀντίστασιν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα, ὅταν ὑπὸ τάσιν 1 Volt ἀναπτύσσεται μεταξὺ τῶν ἄκρων αὐτοῦ ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ampère. Ἡ μονὰς αὕτη ἐκλήθη **Ωμ** (Ohm), καὶ παριστᾶται συμβολικῶς διὰ τοῦ γράμματος Ω , εἶναι δέ:

$$1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère}}$$

Συνήθως χρησιμοποιοῦνται τὰ πολλαπλάσια καὶ τὰ ὑποπολλαπλάσια τῆς μονάδος τοῦ Ohm, τὸ **μεγαῶμ** ($M\Omega$) καὶ τὸ **μικροῶμ** ($\mu\Omega$), ἥτοι:

$$1 \text{ Megohm} (1 M\Omega) = 10^6 \Omega$$

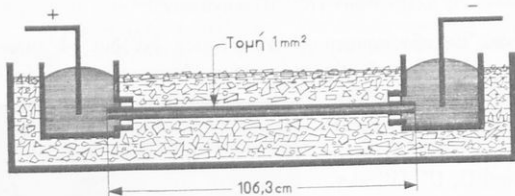
$$1 \text{ Microohm} (1 \mu\Omega) = 10^{-6} \Omega$$



GEORG SIMON OHM
(1787 - 1850)

Γερμανὸς Μαθηματικὸς καὶ Φυσικὸς.

Ἡ μονὰς Ohm πραγματοποιεῖται ὑπὸ στήλης ὕδραργύρου μήκους 106,3 cm καὶ τομῆς 1 mm^2 εἰς θερμοκρασίαν 0°C (σχ. 235).



Σχ. 235. Πραγματοποιήσις τῆς μονάδος ἀντιστάσεως Ohm. Ἡ στήλη τοῦ ὕδραργύρου εὐρίσκεται ἐντὸς λουτροῦ τηκόμενου πάγου (0°C).

Ὁ θεμελιώδης τύπος $U/i = R$ δύναται νὰ γραφῇ :

$$i = \frac{U}{R} \quad (2)$$

ὁ ὁποῖος παριστᾷ τὴν συνηθεστέραν μορφήν του, ὥς καὶ ὑπὸ τὴν μορφήν :

$$U = R \cdot i \quad (3)$$

Ἡ σχέση (2) ἐκφράζει τὸν **νόμον τοῦ Ohm**, ὅστις διατυπώται ὡς ἑξῆς : **Ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος i , τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕνα ἀγωγόν, ἴσούται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς εἰς τὰ ἄκρα αὐτοῦ ὑφισταμένης τάσεως U διὰ τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ R , ἥτοι :**

$$\text{ἔντασις ἡλεκτρ. ρεύματος} = \frac{\text{διαφορὰ δυναμικοῦ}}{\text{ἀντίστασις}}$$

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν τύπων (1), (2) καὶ (3) λύεται σειρὰ ὅλη προβλημάτων ἀναφερομένων εἰς τὸν νόμον τοῦ Ohm, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν βάσιν διὰ τὴν σπουδὴν τῶν φαινομένων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Παραδείγματα. 1) Ἡ τάσις μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ νήματος πυρακτώσεως μικρᾶς λυχνίας εἶναι 6 V καὶ τὸ δι' αὐτῆς διερχόμενον ρεῦμα 1,5 A. Πόση ἡ ἀντίστασις αὐτῆς.

Ἐκ τοῦ τύπου (1) εὐρίσκομεν :

$$R = \frac{U}{i} = \frac{6}{1,5} = 4 \, \Omega.$$

2) Ἐπὶ τῆς αὐτῆς λυχνίας ἐφαρμόζεται τάσις 8 V. Πόση ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Ἐκ τοῦ τύπου (2) εὐρίσκομεν :

$$i = \frac{U}{R} = \frac{8}{4} = 2 \, \text{A}.$$

3) Ἐπὶ ἀγωγῷ ἀντιστάσεως $24 \, \Omega$ θέλομεν νὰ διέρχεται ρεῦμα 5 A. Πόση ἡ πρὸς τοῦτο ἀπαιτούμενη τάσις.

Ἐκ τοῦ τύπου (3) εὐρίσκομεν :

$$U = Ri = 5 \times 24 = 120 \, \text{V}.$$

181. Σπουδὴ τῆς ἡλεκτρικῆς ἀντιστάσεως ἀγωγῷ. Πειραματικῶς κατεδείχθη ὅτι ἡ ἀντίστασις ἀγωγῷ σύρματος σταθερᾶς τομῆς εἶναι :

α) **Ἀνάλογος τοῦ μήκους l αὐτοῦ** (σχ. 236).

β) *Ἀντιστρόφως ἀνάλογος τῆς τομῆς S αὐτοῦ* (σχ. 237).

γ) *Ἐξαρτᾶται ἐκ τοῦ ὕλικου τοῦ ἀγωγοῦ*. Δηλαδή δύο ἀγωγοὶ τοῦ αὐτοῦ μήκους καὶ τῆς αὐτῆς τομῆς, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἰς εἶναι ἐκ χαλκοῦ καὶ ὁ ἄλλος ἐκ σιδήρου, παρουσιάζουν διάφορον ἀντίστασιν. Οἱ ἀνωτέρω νόμοι ἐκφράζονται διὰ τῆς σχέσεως :

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1)$$

ὅπου ρ συντελεστὴς ἐξαρτώμενος ἐκ τοῦ ὕλικου, καλεῖται δὲ οὗτος *εἰδικὴ ἀντίστασις* τοῦ ὕλικου, ἥτοι :

$$\text{ἀντίστασις σύρματος} = \frac{\text{εἰδικὴ ἀντίστασις} \times \text{μῆκος ἀγωγοῦ}}{\text{τομὴ ἀγωγοῦ}}$$

Ἡ φυσικὴ σημασία τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως προκύπτει ἐκ τοῦ τύπου (1), ἐὰν ὑποθέσωμεν ὅτι $l = 1 \text{ cm}$ καὶ $S = 1 \text{ cm}^2$, ὅτε $R = \rho$, ἥτοι : *ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις*

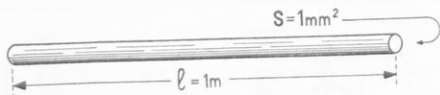
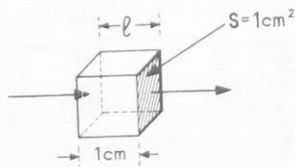
ὕλικου ἐκφράζει τὴν ἀντίστασιν εἰς Ohm ἀγωγοῦ σύρματος κατασκευασμένου ἐκ τοῦ θεωρουμένου ὕλικου, ἔχοντος μῆκος 1 cm καὶ τομὴν 1 cm². Ἀντὶ σύρματος κυλινδρικοῦ, δυνάμεθα νὰ λάβωμεν κύβον, πλευρᾶς 1 cm, τοῦ ρεύματος εἰσερχομένου καὶ ἐξερχομένου καθέτως (σχ. 238, ἄνω). Ἐκ τῆς σχέσεως (1) προκύπτει :

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

καὶ ὥς μονὰς τοῦ ρ τό :

$$\frac{1 \Omega \cdot \text{cm}^2}{1 \text{ cm}} = 1 \Omega \cdot \text{cm}.$$

Ούτω διά τὸν χαλκὸν εἶναι : $\rho = 0,000\,001\,7\ \Omega \cdot \text{cm}$, ἴτοι σύρμα ἐκ χαλκοῦ, μήκους



Σχ. 238. Διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς φυσικῆς σημασίας τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως.

σύρμα ἐκ χαλκοῦ μήκους 1 m καὶ τομῆς $1\ \text{mm}^2$ παρουσιάζει εἰς τὴν διόδον τοῦ ρεύματος ἀντίστασιν $0,017\ \Omega$.

Παράδειγμα. 1) Πόση ἡ ἀντίστασις σύρματος χαλκίνου, μήκους 1 km καὶ διαμέτρου 1,5 mm εἰς 20°C , ὅταν $\rho = 0,0178\ \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ εἰς 20°C .

Ἐν ἀρχῇ θὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ἐμβαδὸν τῆς τομῆς ἐκ τῆς δοθείσης διαμέτρου, ὅτε ἔχομεν :

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot 1,5^2\ \text{mm}^2.$$

Ἀπολοῦθως ἐφαρμοζόμεν τὸν τύπον, εἰς τὸν ὁποῖον πρέπει νὰ τεθῇ $l = 1000\ \text{m}$:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = \frac{0,0178 \cdot 1000}{0,785 \cdot 1,5^2} = 10,1\ \Omega.$$

2) Ἀπὸ ἑνα ὅλον χαλκίνον σύρματος διαμέτρου 1 mm πρέπει νὰ ἀφαιρέσωμεν τὸν σῆμα, ὥστε νὰ παρέχῃ ἀντίστασιν $1\ \Omega$. Πόσα μέτρα πρέπει νὰ λάβωμεν.

Τὸ ἐμβαδὸν τῆς τομῆς τοῦ σύρματος, συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω, εἶναι $S = 0,785\ \text{mm}^2$, ἑπομένως, λύοντες ὡς πρὸς l τὸν ἀνωτέρω τύπον, ἔχομεν :

$$l = \frac{R \cdot S}{\rho} = \frac{1 \cdot 0,785}{0,0178} = 44,1\ \text{m}.$$

182. Ἀγωγιμότης καὶ εἰδικὴ ἀγωγιμότης. Καλοῦμεν *ἀγωγιμότητα ἀγού* παρουσιάζοντος ἀντίστασιν R , τὸ ἀντίστροφον τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ, ἴτοι τὸ μέγεθος $1/R$, δηλαδή :

$$\text{ἀγωγιμότης} = \frac{1}{\text{ἀντίστασις}}$$

Αὕτη ἐκφράζεται εἰς Ω^{-1} . Ἡ μονὰς Ohm^{-1} ἢ mho (ἐξ ἀντιστροφῆς τῆς λέξεως Ohm) ἐκλήθη τελευταίως **Siemens** (Ζῆμενς).

Εἰδικὴ ἀγωγιμότης (κ) καλεῖται τὸ ἀντίστροφον τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως ρ , ἴτοι εἶναι :

$$\text{εἰδικὴ ἀγωγιμότης} = \frac{1}{\text{εἰδικὴ ἀντίστασις}}$$

ἴτοι

$$\kappa = \frac{1}{\rho}$$

Εάν η ειδική αντίσταση εκφράζεται εις $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$, ή ειδική αγωγιμότης εκφράζεται εις $\Omega^{-1} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{m}$ ή $\text{Siem} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{m}$ και παριστᾷ τὸ μήκος εις μέτρα σύρματος τομῆς 1 mm^2 ἐκ τῆς θεωρουμένης οὐσίας, τὸ ὁποῖον παρουσιάζει ἀντίστασιν 1Ω . Οὕτω διὰ τὸν χαλκὸν εἶναι $\kappa = 59 \text{ Siem} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{m}$, ἥτοι σύρμα χαλκοῦ μήκους 59 m καὶ τομῆς 1 mm^2 παρουσιάζει ἀντίστασιν 1Ω .

183. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Γενικῶς, ἡ ἀντίστασις τῶν μεταλλικῶν ἀγωγῶν αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Εάν δὲ R_0 παριστᾷ τὴν ἀντίστασιν ἀγωγοῦ σύρματος εις 0°C καὶ R_t εις $t^\circ \text{C}$, εἶναι :

$$R_t = R_0 (1 + \alpha t) \quad (1)$$

Εάν εἶναι γνωστὴ ἡ ἀντίστασις R_1 εις θερμοκρασίαν t_1 , καὶ θέλωμεν τὴν ἀντίστασιν R_2 εις ἄλλην θερμοκρασίαν t_2 , χρησιμοποιοῦμεν τὸν τύπον :

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)] \quad (2)$$

Ὁ συντελεστὴς α εἶναι χαρακτηριστικὸς τῆς ὕλης τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ καλεῖται **θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως**. Οὗτος διὰ τὰ μέταλλα εἶναι τάξεως μεγέθους $4 \cdot 10^{-3} = 1/250 \text{ grad}^{-1}$ *, ἥτοι πλησιάζει πρὸς τὸν θερμοκινὸν συντελεστὴν τῶν ἀερίων $1/273 \text{ grad}^{-1}$ καὶ διαφέρει ἀπ' αὐτοῦ τόσον ὀλιγώτερον, ὅσον καθαρώτερον εἶναι τὸ μέταλλον. **Νῆμα ἑξ ἀνθρακος παρουσιάζει τοῦναντίον τὴν ιδιότητα ὅτι ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ ἐλαττοῦται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.** Ὁμοίος τύπος πρὸς τὸν (1) ἰσχύει καὶ διὰ τὴν ἐιδικὴν ἀντίστασιν.

Τὴν ὡς ἄνω ιδιότητα τῶν μετάλλων χρησιμοποιοῦν πρὸς κατασκευὴν ἠλεκτρικῶν θερμομέτρων, καλουμένων ἐιδικώτερον **θερμομέτρων ἀντιστάσεως**, τῆς θερμοκρασίας καθοριζομένης ἐκ τῆς μεταβολῆς τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ἡ ἀντίστασις μεταλλικοῦ σύρματος, ὅταν τοῦτο θερμαίνεται.

Ἡ ἀντίστασις ὀρισμένων μετάλλων (π.χ. Pb) εις πολὺ χαμηλὰς θερμοκρασίας γίνεται ἐξόχως μικρά, καὶ πλησίον τῆς θερμοκρασίας τοῦ ἀπολύτου μηδενὸς ($-273,2^\circ \text{C}$) ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος ἐξαφανίζεται ἀποτόμως, ὅτε τοῦτο καλεῖται **ὑπεραγωγὸς** καὶ τὸ φαινόμενον **ὑπεραγωγιμότης**.

184. Κράματα σταθερᾶς ἀντιστάσεως. Ὁρισμένα κράματα μετάλλων παρουσιάζουν τὴν ιδιότητα νὰ ἔχουν μεγάλην ἐιδικὴν ἀντίστασιν καὶ θερμοκινὸν συντελεστὴν ἀντιστάσεως ἀμελητέον. Μεταξὺ τῶν μᾶλλον ἐν χρήσει τοιοῦτων κραμάτων εἶναι ἡ μαγανίνη ($70\% \text{ Cu}, 30\% \text{ Mn}$) διὰ τὴν ὁποίαν εἶναι $\rho = 0,42 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ καὶ $\alpha = 0$ ἕως $0,00003 \text{ grad}^{-1}$, ἡ κονσταντάνη (Konstantan) ($45\% \text{ Cu}, 55\% \text{ Ni}$), διὰ τὴν ὁποίαν εἶναι $\rho = 0,49 - 0,52 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ καὶ $\alpha = 0$ καὶ ὁ νικελίνης ($58\% \text{ Cu}, 41\% \text{ Ni}, 1\% \text{ Mn}$) διὰ τὸν ὁποῖον εἶναι $\rho = 0,42 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ καὶ $\alpha = 0,00023 \text{ grad}^{-1}$. Αἱ ἀνωτέρω τιμαὶ νοοῦνται εις 20°C .

Ἐφαρμογή. Ἡ ἐκ χαλκοῦ περιέλιξις ἠλεκτρομαγνήτου εις θερμοκρασίαν 20°C ἔχει ἀντίστασιν $R_1 = 12,25 \Omega$. Μετὰ μακρὰν λειτουργίαν, ἡ ἀντίστασις τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ᾗς ἐξῆθη εις $15,05 \Omega$. Πόση ἡ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας ὡς καὶ ἡ θερμοκρασία τῆς περιελίξεως. Ἐκ τοῦ τύπου (2), λύοντες αὐτὸν ὡς πρὸς $t_2 - t_1$, εὐρίσκομεν :

$$t_2 - t_1 = \frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1}$$

* $\text{grad} = \text{βαθμὸς κλίμακος Κελσίου}$.

Ἐάν δὲ ἀντισταστήσωμεν τὰ γνωστά καὶ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι διὰ τὸν χαλκὸν εἶναι $\alpha = 0,0038 \text{ grad}^{-1}$, εὐρίσκομεν διὰ τὴν μεταβολὴν τῆς θερμοκρασίας:

$$t_2 - 20 = \frac{2,8}{0,0038 \cdot 12,25} = 60^\circ \text{C}$$

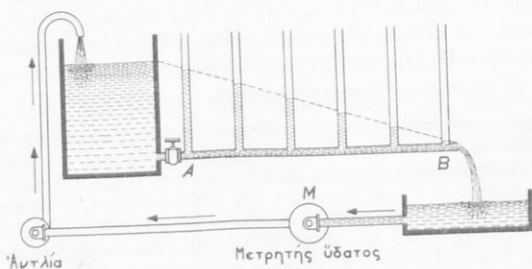
καὶ διὰ τὴν τελικὴν θερμοκρασίαν τῆς περιελίξεως: $t_2 = 80^\circ \text{C}$

Εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα δίδονται τιμαὶ ἐιδικῆς ἀντιστάσεως καὶ θερμικοῦ συντελεστοῦ ἀντιστάσεως εἰς 20°C ὕλικῶν τινῶν.

Εἰδικὴ ἀντίστασις καὶ θερμικὸς συντελεστὴς ἀντιστάσεως εἰς 20°C

Οὐσία	ρ εἰς $\Omega \cdot \text{cm}$	α εἰς grad^{-1}	Οὐσία	ρ εἰς $\Omega \cdot \text{cm}$	α εἰς grad^{-1}
Μέταλλα			Χαλκός	$1,7 \times 10^{-6}$	38×10^{-4}
Ἀργύλλιον	$2,8 \times 10^{-6}$	36×10^{-4}	Χρυσός	$1,4 \times 10^{-6}$	36×10^{-4}
Ἀργυρος	$1,6 \times 10^{-6}$	36×10^{-4}	Ψευδάργυρος	$5,9 \times 10^{-6}$	35×10^{-4}
Ἀντιμόνιον	42×10^{-6}	38×10^{-4}	Μονωταὶ	εἰς 18°C	.
Βισμούθιον	120×10^{-6}	4×10^{-4}			
Βολφράμιον	$5,5 \times 10^{-6}$	52×10^{-4}			
Λευκόχρυσος	$10,5 \times 10^{-6}$	37×10^{-4}			
Μόλυβδος	$20,6 \times 10^{-6}$	40×10^{-4}			
Νικέλιον	$7,2 \times 10^{-6}$	54×10^{-4}			
Σίδηρος	$9,8 \times 10^{-6}$	50×10^{-4}	Μαρμαρυγίας	5×10^{16}	
Υδράργυρος	$95,8 \times 10^{-6}$	9×10^{-4}	Παραφίνη	3×10^{18}	

185. Πτώσις τάσεως. Πρὸς κατανόησιν τῆς ἑννοίας τῆς πτώσεως τάσεως,



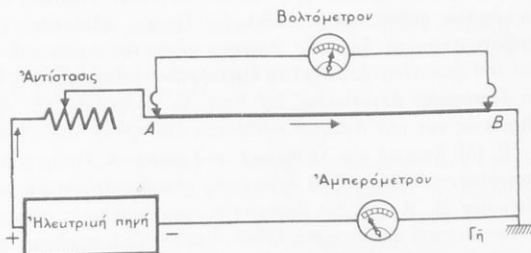
Σχ. 239. Τὸ ὕδωρ ἀνέρχεται εἰς τοὺς σωλήνας εἰς διάφορον ὕψος, ὡς φαίνεται εἰς τὴν εἰκόνα. Τοῦτο μαρτυρεῖ ὅτι ἡ πίεσις κατὰ μῆκος τοῦ σωλήνος AB εἶναι διάφορος, δεδομένη εἰς ἑκάστην θέσιν ἀπὸ τὸ ὕψος τῆς ὑγρᾶς στήλης.

νεπιεία τῆς ὁποίας παράγεται κατὰ μῆκος τοῦ σωλήνος ροὴ σταθερᾶς παροχῆς ἢ ἐντάσεως, ἢ ὁποία μετρεῖται διὰ τοῦ μετρητοῦ εἰς M. Ἐάν κατὰ μῆκος τοῦ ὁμοιο-

ἀναχωροῦμεν ἀπὸ τοῦ μηχανικοῦ φαινομένου τῆς ροῆς ὕδατος, ἢ ὁποία εἰκονίζεται εἰς σχῆμα 239, ἐν τῷ ὁποίῳ, τῇ βοηθείᾳ ἀντλίας, διατηροῦμεν σταθερὰν διαφορὰν πίεσεως μεταξὺ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ ἄκρου τοῦ σωλήνος τοῦ συγκοινωνοῦντος πρὸς τὴν δεξιὰ μενῆν καὶ τοῦ ἄκρου τοῦ σωλήνος ἐκροῆς, συ-

μόρφου τομῆς σωλῆνος ἔκροῃς σχηματίζωμεν ὅπας εἰς ἴσας ἀποστάσεις, καὶ ἐπ' αὐ-
τῶν τοποθετήσωμεν κατακορύφως σωλῆνας, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διαφορὰ πίεσεως

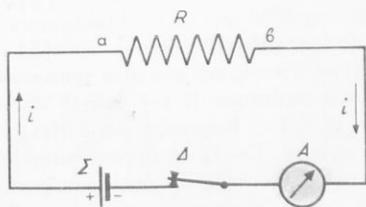
μεταξὺ δύο ὁπῶν εἶ-
ναι τόσον μεγαλυτέ-
ρα ὅσον περισσότε-
ρον αὐταὶ ἀπέχουν
μεταξὺ τῶν. Οὕτω
κατὰ μῆκος τοῦ σω-
λῆνος ἔκροῃς λαμβά-
νει χῶρον πτώσεως τῆς
πίεσεως, ὁ δὲ νόμος
τῆς πτώσεως τῆς πίε-
σεως κατὰ μῆκος τοῦ
ὕδαταγωγοῦ σωλῆνος
δεικνύεται ὑπὸ τῆς



Σχ. 240. Ἡλεκτρικὸν ἀνάλογον πρὸς τὸ σχῆμα 239 μεταβολῆς
τῆς τάσεως κατὰ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ AB.

ἐστιγμένης γραμμῆς, ὀφείλεται δὲ ἡ πτώσις αὕτη εἰς τὸ ὅτι μέρος τῆς πίεσεως κατα-
ναλίσσεται διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῆς τριβῆς. Ἀνάλογον περίπου φαινόμενον συμ-
βαίνει μετὰ τὴν τάσιν κατὰ μῆκος ἀγωγοῦ σύρματος AB πρὸς ὑπερνίκησιν τῆς ἀντι-
στάσεως αὐτοῦ (σχ. 240). Ἐὰν δὲ ἀγωγὸς ἀντιστάσεως R Ohm διαρρέεται ὑπὸ
ρεύματος i , ἡ πτώσις τάσεως ἐν αὐτῷ παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $U = Ri$, ἥτοι
εἶναι τόσον μεγαλυτέρα ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

186. Νόμος τοῦ Ohm εἰς πλήρες κύκλωμα. Εἰς τὰ προηγούμενα, ἐσπον-



Σχ. 241. Διάταξις πλήρους κυκλώματος. Τὸ
τμήμα αβ παριστᾷ συμβολικῶς ἀντίστασιν
ἀγωγοῦ.

δάσαμεν τὸν νόμον τοῦ Ohm διὰ τμή-
μα ἀγωγοῦ. Θεωρήσωμεν ἤδη τὴν περί-
πτωσιν πλήρους κυκλώματος ἀποτελου-
μένου ἐκ τῆς πηγῆς Σ, ἡλεκτρεγερτι-
κῆς δυνάμεως E καὶ ἐσωτερικῆς ἀντι-
στάσεως r , καὶ ἐκ τῆς ἐξωτερικῆς ἀντι-
στάσεως R , μετὰ παρεμβολὴν καὶ τοῦ
ἀμπερομέτρου A , ὡς καὶ τοῦ διακόπτου
 Δ (σχ. 241). Ἐὰν κλείσωμεν τὸν δια-
κόπτην Δ , παρατηροῦμεν ὅτι διὰ τοῦ
κυκλώματος διέρχεται ρεῖμα ἐντά-
σεως i παρεχομένης ὑπὸ τοῦ ἀμπερο-

μέτρου A , ἥτις, ὡς ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται, ἰσοῦται πρὸς :

$$i = \frac{E}{R + r} \quad (1)$$

Διὰ τὸ ρεῖμα δεχόμεθα συμβατικῶς ὡς φορᾶν, ἔξω μὲν τοῦ στοιχείου, ἐκ
τοῦ θετικοῦ πόλου, μέσφ τῆς ἀντιστάσεως, τοῦ ἀμπερομέτρου καὶ τοῦ διακόπτου
πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον αὐτοῦ, ἐντὸς δὲ τοῦ στοιχείου, ἐκ τοῦ ἀρνητικοῦ πό-

λου πρὸς τὸν θετικόν, συμπληρουμένου οὕτω πλήρους κύκλου τοῦ ρεύματος.

Ἐὰν ὁ διακόπτης Δ εἶναι ἀνοικτός, ὁπότε δὲν διέρχεται ρεῦμα, τὸ κύκλωμα λέγεται **ἀνοικτόν**, ἐὰν δὲ ὁ διακόπτης εἶναι κλειστός, τότε διέρχεται διὰ τοῦ κυκλώματος ρεῦμα, καὶ τὸ κύκλωμα λέγεται **κλειστόν**. Τὸ ἔξω τμήμα, τὸ περιλαμβανόμενον τὸ ἀπὸ τοῦ θετικοῦ μέχρι τοῦ ἀρνητικοῦ πόλου μέρος τοῦ δρόμου τοῦ ρεύματος, ἀποτελεῖ τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, καὶ ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ καλεῖται **ἔξωτερικὴ ἀντίστασις**, ἐφ' ὅσον δὲ θεωροῦμεν τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀμπερομέτρου ὡς καὶ τῶν ἄγωγῶν συνδέσεως ἀμελητέαν, αὕτη ἀνάγεται εἰς τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἄγωγου αβ. Ὁ δρόμος τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ στοιχείου ἀποτελεῖ τὸ ἐσωτερικὸν κύκλωμα, ἡ δὲ ἀντίστασις αὐτοῦ καλεῖται **ἐσωτερικὴ ἀντίστασις**. Τὸ ἄθροισμα δὲ $R + r$ τῆς ἔξωτερικῆς καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως καλεῖται **ὅλικὴ ἀντίστασις** τοῦ κυκλώματος. Οὕτω ὁ τύπος (1) περιλαμβάνει τὸν νόμον τοῦ Ohm εἰς πλήρες κύκλωμα, οὗτος δὲ διατυπῶνται ὡς ἑξῆς: **Εἰς πλήρες κύκλωμα ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς ἐν τῷ κυκλώματι ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, διὰ τῆς ὅλικῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ.**

Ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι, ὡς εἶδομεν ἤδη, ἡ αὐτὴ δι' ὅλα τὰ σημεία τοῦ κυκλώματος, καὶ ὡς ἐκ τούτου τὸ ἀμπερόμετρον δύναται νὰ τεθῇ εἰς οἰανδήποτε θέσιν εἰς τὸ κύκλωμα. Ἐὰν δὲ καλέσωμεν διὰ U τὴν πολικὴν τάσιν, τὴν τάσιν δηλ. ποῦ παρουσιάζει ἡ πηγὴ εἰς τοὺς πόλους τῆς, ἡ ὁποία ἰσοῦται καὶ πρὸς τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἄγωγου αβ, δεδομένου ὅτι οἱ ἄγωγοι συνδέσεως ἔχουν ἀμελητέαν ἀντίστασιν, καὶ ἐφαρμόσωμεν διὰ τὸ τμήμα τοῦτο τοῦ κυκλώματος τὸν νόμον τοῦ Ohm, θὰ ἔχωμεν:

$$i = \frac{U}{R} \quad (2)$$

Ἐκ τῶν τύπων (1) καὶ (2) λαμβάνομεν εὐκόλως: $E = U + ri$ (3)

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου χρησιμεύει, ἀφ' ἐνὸς μὲν διὰ νὰ ὑπερνικήσῃ τὸ ρεῦμα τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἄγωγου αβ, τὸ μέρος δὲ τοῦτο ἰσοῦται πρὸς U, ἀφ' ἑτέρου δέ, διὰ νὰ ὑπερνικήσῃ τὴν ἀντίστασιν τοῦ στοιχείου r, τὸ μέρος δὲ τοῦτο ἰσοῦται πρὸς ri. Ἐπειδὴ δέ, ὅταν τὸ στοιχεῖον παρέχῃ ρεῦμα, ἡ τάσις μεταξὺ τῶν πόλων του ἰσοῦται πρὸς τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν ἄκρων α καὶ β τοῦ ἄγωγου ἀντιστάσεως R, ἔπεται ὅτι, ὅταν τὸ στοιχεῖον παρέχῃ ρεῦμα, ἡ τάσις μεταξὺ τῶν πόλων του εἶναι μικροτέρα τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως. Ἐὰν ὅμως ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος i εἶναι πολὺ μικρά, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον συμβαίνει ὅταν ἡ ἀντίστασις R εἶναι πολὺ μεγάλη, τότε ὁ ὅρος ri δύναται νὰ παραλειφθῇ πρὸ τοῦ U καὶ, ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει, εἶναι $U = E$, ἥτοι: **Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις E στοιχείου ἰσοῦται πρακτικῶς πρὸς τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν πόλων του, ὅταν τὸ στοιχεῖον παρέχῃ πολὺ μικρὸν ρεῦμα ἢ, ὅπερ τὸ αὐτό, πρὸς τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν πόλων του εἰς ἀνοικτὸν κύκλωμα.**

Παραδείγματα. 1) Πηγὴ ΗΕΔ 6 V καὶ ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως 0,5 Ω παρέχει ρεῦμα 4 A. Πόση εἶναι ἡ μεταξὺ τῶν πόλων αὐτῆς τάσις.

Ἐκ τῆς σχέσεως $U = E - ir$ εὐρίσκομεν:

$$U = 6 - 4 \cdot 0,5 = 6 - 2 = 4 \text{ V.}$$

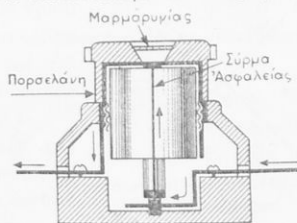
2) Πηγή ΗΕΔ 24 V και εσωτερικής αντίστασεως $r = 0,20 \Omega$ συνδέεται πρὸς ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν $5,8 \Omega$. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἡ τάσις μεταξὺ τῶν πόλων τῆς πηγῆς, καὶ ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντίστασεως. Εἶναι :

$$i = \frac{E}{R + r} = \frac{24}{5,8 + 0,2} = \frac{24}{6} = 4 \text{ A. καὶ } U = E - ri = 24 - 0,2 \cdot 4 = 23,2 \text{ V.}$$

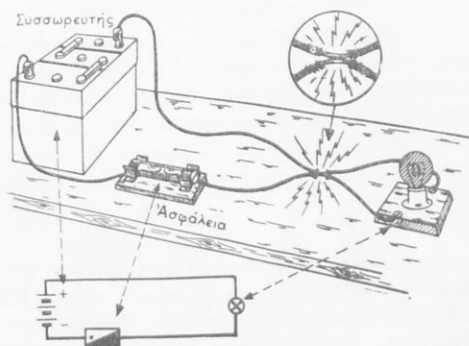
Ἡ αὐτὴ τάσις θὰ ἐπιτραπῇ καὶ εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντίστασεως, δεδομένου ὅτι οἱ ἀγωγοὶ συνδέσεως παρουσιάζουν ἀμελητέαν ἀντίστασιν. Ἐξ ἄλλου, ἐκ τοῦ τύπου :

$$U = Ri = 5,8 \cdot 4 = 23,2 \text{ V, καταλήγομεν εἰς τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα.}$$

187. Βραχυκύκλωμα. Ἀσφάλεια. Συνήθως, αἱ διάφοροι συσκευαί, αἱ ὁποῖαι λειτουργοῦν δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι κατεσκευασμένα δι' ὠρισμένην μεγίστην ἔντασιν, ὁμοίως δὲ καὶ αἱ διάφοροι μεμονωμένα ἡλεκτρικαὶ ἐγκαταστάσεις, αἱ λειτουργοῦσαι ἐκ τοῦ ρεύματος τῆς πόλεως, εἶναι κατεσκευασμένα δι' ὠρισμένον μέγιστον ρεῦμα. Ἐάν ὅμως, λόγῳ οἰουδήποτε αἰτίου, τὸ ρεῦμα αὐξηθῇ πολὺν πέραν τῆς κανονικῆς μεγίστης τιμῆς, τότε λέγομεν ὅτι παρήχθη **βραχυκύκλωμα**, τὸ ὁποῖον εἶναι λίαν ἐπικίνδυνον, διότι ἐπιφέρει ὀλοκληρωτικὴν καταστροφὴν τῶν συσκευῶν καὶ τῆς ἐγκαταστάσεως, λόγῳ θερμικῶν ἀποτελεσμάτων, δύναται δὲ πρὸς τούτοις νὰ προκαλέσῃ καὶ πυρκαϊάν. Πρὸς πρόληψιν τοιούτων κινδύνων, αἱ συσκευαὶ καὶ αἱ ἐγκαταστάσεις ἐφοδιάζονται δι' **ἀσφαλείων**, αἱ ὁποῖαι εἶναι, συνήθως, σύρματα καταλλήλου διαμετρήματος, ἐγκεκλεισμένα ἐντὸς



Σχ. 242. Συνήθης τύπος ἀσφαλείας ἡλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως. Τὸ σύρμα ἀσφαλείας εὐρίσκεται ἐντὸς κυλινδρικοῦ πορσελάνης πρὸς ἀποτροπὴν κινδύνων πυρκαϊᾶς.



Σχ. 243. Βραχυκύκλωσις συρμάτων καὶ συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

ὁποῖος, ὅταν τὸ ρεῦμα ὑποστῇ αὐξήσειν πέραν τῆς μεγίστης ἐπιτρεπομένης τιμῆς,

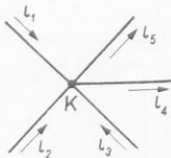
θηκῶν, καὶ τίθενται συνήθως εἰς τὸ κύκλωμα εἰς τοιαύτην θέσιν, ὥστε τὸ ρεῦμα τὸ τροφοδοτοῦν τὴν ἐγκατάστασιν καὶ τὰς συσκευὰς νὰ διέρχεται μέσῳ αὐτῶν (σχ. 242). Ἐάν τὸ ρεῦμα ὑποστῇ μικρὰν αὐξήσειν πέραν τῆς κανονικῆς τιμῆς, τότε τὸ σύρμα τήκεται καί, αὐτομάτως, προκαλεῖ διακοπὴν τῆς διόδου τοῦ ρεύματος.

Ἐπίσης χρησιμοποιεῖται καὶ ἕτερου τύπου διάταξις, ὡς αὐτόματος διακόπτης, μετὰ τὸν ἡλεκτρομαγνήτην, ὁ

π.χ. λόγω τυχαίας αύξήσεως τῆς τάσεως τοῦ δικτύου, ἔλκει τὸν ὀπλισμὸν του καὶ προκαλεῖ ἀμέσως διακοπὴν τοῦ κυκλώματος. Τοιοῦτοι διακόπται ἐγκαθίστανται π.χ. εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν ἐγκατάστασιν τῶν τροchioδρῶμων, ὡσάκις δὲ ὁ ὁδηγὸς θέλει νὰ ἐκκινήσῃ τὸ ὄχημα πολὺ γρήγορα, ἐπειδὴ διέρχεται ρεῖμα μεγαλύτερον τοῦ ἐπιτρεπομένου, ὁ διακόπτης πλῆττεται τὸ κύκλωμα διακόπτεται.

Διὰ τῆς ἐπαφῆς ἀγωγῶν συρμάτων μὴ μονωμένων δύναται ἐπίσης νὰ ἐπέλθῃ βραχυκύκλωμα, ὅταν δὲ εἶναι συνδεδεμένη πρὸς τὸ κύκλωμα ἀσφάλεια, τότε προστατεύεται ἡ λοιπὴ ἐγκατάστασις (σχ. 243).

188. Κανόνες τοῦ Kirchhoff. Ὁ νόμος τοῦ Ohm, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὴν



Σχ. 244. Διὰ τὸν 1ον κανόνα τοῦ Kirchhoff.

βάσιν διὰ τὴν σπουδὴν καὶ ἐν γένει διὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, συμπληροῦνται ὑπὸ τῶν δύο κανόνων τοῦ Kirchhoff, τοὺς ὁποῖους θέλομεν ἤδη σπουδάσαι :

1ος Κανὼν. Ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸ σημεῖον K (σχ. 244) συνέρχονται πολλοὶ ἀγωγοὶ διαρρεόμενοι ὑπὸ ρευμάτων i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 , τῶν ὁποίων αἱ διευθύνσεις καθορίζονται ὑπὸ βελῶν. Ἐὰν θεωρήσωμεν τὰ ρεύματα τὰ προσερχόμενα πρὸς τὸ σημεῖον K ὡς θετικά, καὶ τὰ ἀπερχόμενα ἀπ' αὐτοῦ ὡς ἀρνητικά, τότε ὁ πρῶτος κανὼν τοῦ Kirchhoff διατυπύεται ὡς ἑξῆς : **Ἐὰν εἷς τι σημεῖον K συνέρχονται πολλοὶ ἀγωγοί, τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν ρευμάτων ἰσοῦται πρὸς μηδέν.**

Ἀναλυτικῶς, ὁ κανὼν οὗτος διατυπύεται, διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 244, ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0 \quad (1)$$

$$\text{ἢ} \quad i_1 + i_2 + i_3 = i_4 + i_5 \quad (2)$$

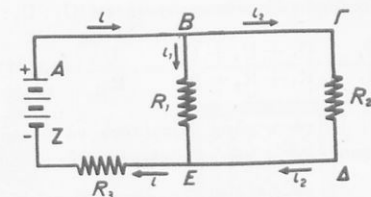
ἤτοι, τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων τὰ ὁποῖα πλησιάζουν πρὸς τὸ σημεῖον K ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ρευμάτων τὰ ὁποῖα ἀπομακρύνονται ἀπ' αὐτοῦ. Ὁ 1ος κανὼν τοῦ Kirchhoff εἶναι ἄμεσος συνέπεια τῆς παραδοχῆς ὅτι, εἰς τὰ φαινόμενα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, εἰς οὐδὲν σημεῖον συστήματος ἀγωγῶν λαμβάνει χώραν συσσώρευσις ἢ διαρροὴ ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Συνήθως, τὸ σημεῖον K καλεῖται **κόμβος**. Ἡ γενικὴ μορφή τῆς ἐξισώσεως τοῦ 1ου κανόνος τοῦ Kirchhoff εἶναι :

$$\sum i_n = 0. \quad (3)$$

2ος Κανὼν. Εἰς οἰονδήποτε κλειστὸν κύκλωμα συνθέτου δικτύου, ἐξεταζόμενον αὐτοτελῶς, τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν πτώσεων τάσεως Ri κατὰ μῆκος τοῦ θεωρουμένου κλειστοῦ κυκλώματος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν ὑφισταμένων εἰς τὸ κύκλωμα τοῦτο.

Κατὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν ἀλγεβρικῶν ἄθροισμάτων, ὡς θετικὴ φορὰ τοῦ ρεύματος ὁρίζεται συνήθως ἡ τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν ὥρολογίου. Πᾶσα ΗΕΔ

θεωρείται ὡς θετική, ὅταν παρέχῃ ρεῦμα θετικῆς φορᾶς. Οὕτω, εἰς τὸ κλειστὸν κύκλωμα ΑΒΕΖΑ (σχ. 245) τὸ ρεῦμα, ἐπειδὴ ἔχει τὴν φορὰν τῆς κινήσεως τῶν δεικτῶν τοῦ ὥρολογίου, θεωρεῖται ὡς θετικόν. Ἀλλὰ καὶ ἡ ἠλεκτρογενετική δύναμις ἢ εὐρισκομένη εἰς τὸ τμήμα ΑΖ, ἐπειδὴ παρέχει ρεῦμα θετικῆς φορᾶς, θεωρεῖται ἐπίσης ὡς θετική. Ἐάν ἐφαρμόσωμεν τὸν κανόνα τοῦτον εἰς τὸ κύκλωμα ΑΒΕΖΑ, ἐξεταζόμενον αὐτοτελῶς, ἐπειδὴ τὸ κύκλωμα τοῦτο περιέχει ΗΕΔ, καὶ ἐάν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ὅτι οἱ ἄγωγοι συνδέσεως δὲν παρουσιάζουν ἀντίστασιν, θὰ ἔχωμεν :



Σχ. 245. Διὰ τὸν 2ον κανόνα τοῦ Kirchhoff.

$$E = i_0 + i_1 R_1 + i_1 R_3 = i_1 R_1 + i_1 R_3$$

Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς πηγῆς δὲν λαμβάνεται ὑπ' ὄψιν, ὡς ἀμελητέα. Ἐάν τὸν αὐτὸν κανόνα ἐφαρμόσωμεν εἰς τὸ κλειστὸν κύκλωμα ΒΓΔΕΒ, ἐξεταζόμενον πάλιν αὐτοτελῶς, θὰ ἔχωμεν, δεδομένου ὅτι εἰς τὸ κύκλωμα τοῦτο δὲν ὑφίσταται ΗΕΔ :

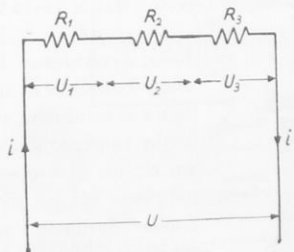
$$0 = i_2 \cdot 0 + i_2 R_2 + i_1 \cdot 0 - i_1 R_1$$

$$\eta \quad i_2 R_2 - i_1 R_1 = 0 \quad \eta \quad i_1 R_1 = i_2 R_2$$

δηλαδή, μεταξὺ ἄγωγων ἐχόντων κοινὰ ἄκρα, ἐπικρατεῖ ἡ αὐτὴ τάσις. Ἡ γενικὴ μορφή τοῦ δευτέρου κανόνος τοῦ Kirchhoff εἶναι :

$$\sum R_n i_n = \sum E_n \quad (4)$$

189. Σύνδεσις ἀντιστάσεων. Ἀγωγούς παρουσιάζοντας ἀντίστασιν δυνάμεθα νὰ συνδέσωμεν κατὰ διαφόρους τρόπους, ἥτοι: ἐν σειρᾷ, ἐν παραλλήλῳ καὶ μικτῶς.



Σχ. 246. Σύνδεσις ἀντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 ἐν σειρᾷ.

Σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ. Ἀγωγοὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ κατὰ τὸν ἐν σχήματι 246 ὑποδεικνυόμενον τρόπον. Ἐάν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συστήματος τῆς ἀντιστάσεως ἐφαρμόσωμεν τάσιν U , τότε διὰ μέσου αὐτῶν θὰ διέλθῃ τὸ αὐτὸ ρεῦμα i . Ἐάν δὲ καλέσωμεν διὰ U_1 , U_2 , U_3 , τὰς ἀντιστοίχους πτώσεις τάσεως τῶν ἀντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 , θὰ ἔχωμεν :

$$U_1 = R_1 i, \quad U_2 = R_2 i, \quad U_3 = R_3 i.$$

Ἐξ ἄλλου, ἐάν διὰ $R_{\text{ολ}}$ καλέσωμεν τὴν ὅλικήν ἀντίστασιν τοῦ συστήματος τῶν ἐν σειρᾷ συνδεδεμένων τριῶν ἄγωγων, θὰ ἔχωμεν: $U = R_{\text{ολ}} \cdot i$. Ἐπειδὴ δὲ $U = U_1 + U_2 + U_3$, προκύπτει :

$$R_{\text{ολ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

ἦτοι: *διαν ἄγωγοι συνδέονται ἐν σειρᾷ, ἡ ὁλικὴ ἀντίστασις ἰσοῦται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν μερικῶν ἀντιστάσεων τῶν ἐν σειρᾷ ἄγωγῶν*. Ἐπίσης ἐκ τῶν αὐτῶν ἔξισώσεων προκύπτει $U_1 : U_2 : U_3 = R_1 : R_2 : R_3$. Καθὼς καὶ :

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{U}{R_{ολ}} \quad \text{καὶ} \quad U_1 = R_1 \frac{U}{R_{ολ}} \quad \eta \quad U_2 = R_2 \frac{U}{R_{ολ}} \quad \kappa.ο.κ.$$

Οἱ τύποι οὗτοι ἐπιτρέπουν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν μερικὴν τάσιν μεταξὺ τῶν ἄκρων ἐνὸς ἐκ τῶν συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ ἄγωγῶν.



Σχ. 247. Μηχανικὸν ἀνάλογον τῆς ἐν σειρᾷ συνδέσεως. Ἡ παροχὴ τοῦ ὕδατος (ἔντασις τοῦ ὕδατος ρεύματος) εἶναι ἡ αὐτὴ εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ ἀγωγοῦ.

Εἰς τὸ σχῆμα 247 δεικνύεται ὑδραυλικὸν ἀνάλογον τῆς συνδέσεως ἄγωγῶν ἐν σειρᾷ. Τὰ δύο δοχεῖα Μ καὶ Ν συνδέονται διὰ κοινοῦ ὀχετοῦ, ὃ ὁποῖος ὅμως ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς σολήνας AB, BG, ΓΔ τοῦ αὐτοῦ μήκους, ἀλλὰ διαφόρου τομῆς. Τὸ τμήμα AB παρουσιάζει τὴν μικροτέραν ἀντίστασιν εἰς τὴν ροήν, ἐνῷ τὸ τμήμα ΓΔ τὴν μεγαλυτέραν. Διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῆς συνολικῆς ἀντιστάσεως χρησιμεύει ἡ διαφορὰ πιέσεως μεταξὺ Μ καὶ Ν.

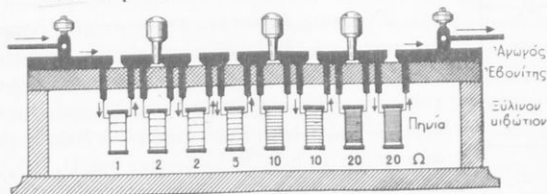
Παράδειγμα. Τέσσαρες λυχνίαι πυρακτώσεως τῶν ὁποίων αἱ ἀντιστάσεις εἶναι 10, 4, 6 καὶ 5 Ω συνδέονται ἐν σειρᾷ καὶ τροφοδοτοῦνται ὑπὸ πηγῆς ἡ ὁποία δημιουργεῖ εἰς τὰ

ἄκρα τοῦ κυκλώματος τάσιν 75 V. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος καὶ ἡ τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας ἐκάστης λυχνίας.

$$\text{Ὀλικὴ ἀντίστασις } R = 10 + 4 + 6 + 5 = 25 \Omega \quad \text{καὶ} \quad i = \frac{U}{R} = \frac{75}{25} = 3 \text{ A.}$$

Αἱ πτώσεις τάσεως εἶναι: διὰ τὴν λυχνίαν 10 Ω: $10 \times 3 = 30 \text{ V}$, διὰ τὴν λυχνίαν 4 Ω: $4 \times 3 = 12 \text{ V}$, διὰ τὴν λυχνίαν 6 Ω: $6 \times 3 = 18 \text{ V}$, διὰ τὴν λυχνίαν 5 Ω: $5 \times 3 = 15 \text{ V}$.

190. Κιβώτια ἀντιστάσεων. Ἐφαρμογὴν τῆς συνδέσεως ἀντιστάσεων ἐν

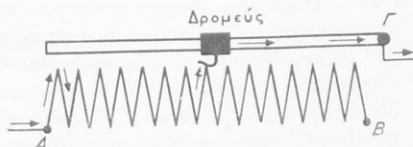
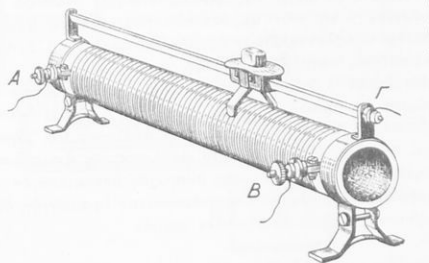


Σχ. 248. Κιβώτιον ἀντιστάσεως. Ἡ εἰσαγομένη ἀντίστασις εἶναι $1 + 2 + 2 + 5 + 10 + 20 = 38 \Omega$. Αἱ ὑπόλοιποι εἶναι βοηθητικαὶ ἐντάσεις διὰ γόμφων. Ἡ ἄνω ἐπιφάνεια τοῦ κιβωτίου εἶναι συνήθως πλᾶξ ἐξ ἐβονίτου, διὰ νὰ γίνεται καλυτέρα μόνωσις τῶν μεταλλικῶν ἄγωγῶν.

σειρᾷ ἀποτελοῦν τὰ κιβώτια ἀντιστάσεων, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς μετρήσεις καὶ διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ εἰσάγωμεν εἰς τὸ κύκλωμα ὀρισμένην ἀντίστασιν. Τὸ σχῆμα 248 δεικνύει συνήθη μορφήν κιβωτίου ἀντιστάσεων.

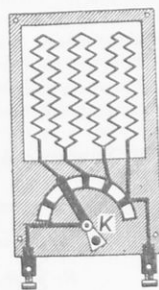
191. Ρυθμιζόμεναι ἀντιστάσεις. Ἡ ἐν σειρᾷ σύνδεσις ἀντιστάσεων εὐρίσκει ἐφαρμογὴν καὶ εἰς τὴν κατασκευὴν ρυθμιζομένων ἀντιστάσεων, πρὸς ρύθμισιν

της έντασης του ρεύματος ενός κυκλώματος εις την επιθυμητήν τιμήν. Τὰ σχήματα 249 καὶ 250 δεικνύουν λίαν συνήθεις τύπους ρυθμιζομένων ἀντιστάσεων.

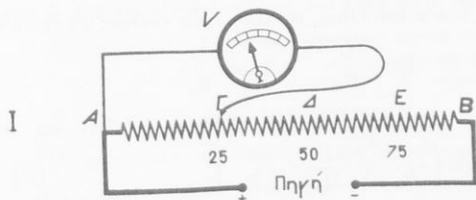


Σχ. 249. Ἡ ἀντίστασις ὅταν συνδέεται διὰ τῶν ἀκροδεκτῶν Α καὶ Β αὐξάνεται ἢ ἐλαττώνεται διὰ μετατοπίσεως τοῦ δρομέως. Ἐάν συνδέσωμεν τὰ πέρατα Α καὶ Β εἰς τὸ κύκλωμα τότε παρεμβάλλεται μονίμως ὁλόκληρος ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως.

Κάτω: Συμβολικὴ παράστασις τῆς μεταβλητῆς ἀντιστάσεως.

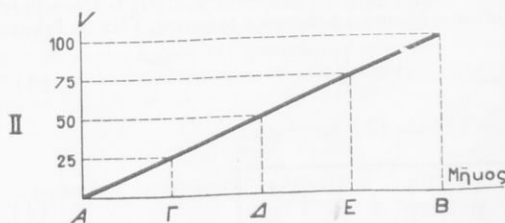


Σχ. 250. Πραγματοποιήσις ρυθμιζομένης ἀντιστάσεως, διὰ μετατοπίσεως τοῦ μοχλοῦ Κ.



Σχ. 251. (I) Διάταξις ρυθμιστοῦ δυναμικοῦ.

(II) Γραφικὴ παράστασις μεταβολῆς τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ μετὰ τοῦ μήκους τοῦ σύρματος ΑΒ. Αἱ κάθετοι γραμμαὶ εἰς τὰ διάφορα σημεῖα παριστοῦν τὰς ἀντιστοίχους διαφορὰς δυναμικοῦ, ἐν σχέσει πρὸς τὸ σημεῖον Α, τὸ ὅποιον θεωρεῖται προσγειωμένον, δηλ. ἔχει δυναμικὸν μηδέν.



ἢ τάσις εἰς τὰ ἄκρα ἐκάστης τῶν συνδεομένων ἀντιστάσεων παρέχεται ὑπὸ τῶν σχέσεων:

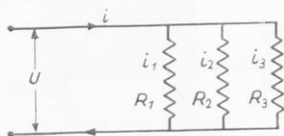
$$U_1 = R_1 \frac{U}{R_{ολ}}, \quad U_2 = R_2 \frac{U}{R_{ολ}}, \quad U_3 = R_3 \frac{U}{R_{ολ}}.$$

192. Ρυθμιστὴς δυναμικοῦ (Ποτενσιόμετρον). Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς συνδέσεως ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ (σχ. 246) εἶδομεν ὅτι

Ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω σχέσεων στηρίζεται ἡ πραγματοποίησις τοῦ ρυθμιστοῦ δυναμικοῦ. Εἰς τὸ σχῆμα 251, Γ δεικνύεται ἡ ἀντίστασις AB, εἰς τὰ ἄκρα τῆς ὁποίας ὑπάρχει σταθερά διαφορά δυναμικοῦ. Εἰς τὸ ἄκρον Α συνδέεται ὁ εἰς τὸν ἀκροδεκτὸν βολτομέτρου V, ὁ δὲ ἕτερος, δι' εὐζάμπτου σύρματος, συνδέεται πρὸς μεταλλικὸν δρομέα, δυνάμενον νὰ ἐφάπτεται τῆς ἀντιστάσεως AB καὶ νὰ μετατοπίζεται κατὰ μῆκος αὐτῆς.

Ἐὰν φαντασθῶμεν ὅτι μεταξὺ τῶν ἄκρων Α καὶ Β ὑφίσταται διαφορά δυναμικοῦ 100 Volt, τότε διὰ τοῦ βολτομέτρου δεικνύεται ὅτι μεταξὺ Α καὶ Γ, Α καὶ Δ, Α καὶ Ε ὑφίσταται ἀντιστοίχως διαφορά δυναμικοῦ 25, 50, 75 Volt, ἥτοι αὕτη εἶναι ἀνάλογος τοῦ μήκους τοῦ σύρματος μεταξὺ Α καὶ Γ ἢ Α καὶ Δ κ.ο.κ., ἢ ὅπου τὸ αὐτὸ, ἀνάλογος τῆς ἀντιστάσεως αὐτοῦ. Τὸ σχῆμα 251, II, δεικνύει γραφικῶς τὴν μεταβολὴν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σύρματος. Ἡ διάταξις αὕτη εὐρίσκει σπουδαιότατην ἐφαρμογὴν, ὅταν ἐν μεγάλῃ διαφορᾷ δυναμικοῦ θέλωμεν νὰ πραγματοποιήσωμεν μικράν.

193. Σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ. Ἀγωγοὶ συνδέονται ἐν πα-



Σχ. 252. Διάγραμμα συνδέσεως τριῶν ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ.

ραλλήλῳ κατὰ τὸν ὑποδεικνυόμενον εἰς τὸ σχῆμα 252 τρόπον. Ἐὰν εἰς τὰ ἄκρα ὑφίσταται τάσις προερχομένη ἐκ συνδέσεως τοῦ συστήματος πρὸς ἡλεκτρικὴν πηγὴν, τὸ ρεῖμα i τὸ ὅποιον παρέχει αὕτη θὰ διαιωρισθῇ εἰς τοὺς κλάδους R_1 , R_2 , R_3 εἰς τοὺς ὁποίους αἱ ἐντάσεις τοῦ ρεύματος θὰ εἶναι, ἀντιστοίχως, i_1 , i_2 , i_3 καὶ κατὰ τὸν πρῶτον κανόνα τοῦ Kirchhoff θὰ εἶναι:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (1)$$

Ἐξ ἄλλου, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ νόμου τοῦ Ohm, εἰς τοὺς τρεῖς κλάδους θὰ ἔχωμεν:

$$i_1 = \frac{U}{R_1} \quad i_2 = \frac{U}{R_2} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}$$

ἐξ ὧν, διὰ προσθέσεως κατὰ μέλη, προκύπτει, ἐὰν λάβωμεν ὑπ' ὄψιν καὶ τὴν

$$\text{σχέσιν (1):} \quad i = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (2)$$

Καλέσωμεν ἤδη διὰ R τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς μόνου ἀγωγοῦ, δυναμένου νὰ ἀντικαταστήσῃ τὸ σύστημα τῶν τριῶν ἐν παραλλήλῳ συνδεδεμένων ἀγωγῶν, χωρὶς νὰ μεταβληθῇ ἡ τάσις U καὶ ἐπομένως ἡ ἐντάσις i τοῦ κυρίου ρεύματος. Τότε θὰ ἔχωμεν:

$$i = \frac{U}{R} \quad (3)$$

Διὰ συγκρίσεως τῶν ἰσοτήτων (2) καὶ (3) προκύπτει:

$$\boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (4)$$

Ὁ τύπος οὗτος παρέχει τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ R , ὁ ὁποῖος δύναται νὰ ἀντικαταστήσῃ τοὺς τρεῖς ἐν παραλλήλῳ συνδεδεμένους ἀγωγούς. Ἡ ἀντίστασις R καλεῖται

πολλάκις *ἀνηγμένη ἀντίστασις*, ἡ τιμὴ δὲ αὐτῆς εἶναι μικροτέρα καὶ τῆς μικροτέρας τῶν συνδεομένων ἐν παραλλήλῳ ἀντιστάσεων. Ὡς ἐκ τούτου, ἡ σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ χρησιμοποιεῖται ὅταν ἐκ πολλῶν ἀντιστάσεων θέλωμεν νὰ σχηματίσωμεν μίαν μικροτέραν ἐξ ὧν τῶν δοθεισῶν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ἀγωγῶν συνδεδεμένων ἐν παραλλήλῳ, λέγομεν ὅτι ἡ ἀγωγιμότης τοῦ ἰσοδύναμου ἀγωγοῦ ἴσουςται πρὸς τὸ ἄθροισμα τῶν ἀγωγιμότητων τῶν ἐν παραλλήλῳ συνδεδεμένων ἀγωγῶν.

Τὸ σχῆμα 253 δεικνύει ὑδραυλικὸν ἀνάλογον τῆς συνδέσεως ὀχετῶν ἐν παραλλήλῳ. Οὕτω ἡ ροὴ ἐκ τοῦ δοχείου Μ εἰς τὸ Ν πραγματοποιεῖται ὑπὸ τριῶν ὀχετῶν, οἱ ὅποιοι θεωροῦνται διατεταγμένοι ἐν παραλλήλῳ, καὶ εἰς τὰ ἄκρα τῶν ὁποίων ὑφίσταται ἡ αὐτὴ διαφορὰ πιέσεως.

Σχ. 253. Μηχανικὸν ἀνάλογον τῆς συνδέσεως ἀντιστάσεων. Διοχέτευσις ὕδατος δεξαμενῆς διὰ τριῶν ὀχετῶν.

Παράδειγμα. 1) Τρεῖς ἀντιστάσεις 10 Ω, 4 Ω καὶ 6 Ω συνδέονται ἐν παραλλήλῳ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσοδύναμος ἀντίστασις αὐτῶν.

ἢ

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{31}{60} \quad \eta \quad R = \frac{60}{31} = 1,9 \Omega.$$

2) Ἐὰν αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις τοῦ προηγουμένου παραδείγματος συνδεθῶν πρὸς πηγὴν δημιουργοῦσαν εἰς τὰ ἄκρα αὐτῶν τάσιν 60 V, πόση θὰ εἶναι ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος δι' ἐκάστης τῶν ἀντιστάσεων, καὶ πόση ἡ διὰ τῆς ἰσοδύναμου ἀντιστάσεως.

$$\begin{array}{rcl} \text{Ρεῦμα δι' ἀντίστασιν } 10 & = & 60/10 = 6 \text{ A} \\ & & 4 = 60/4 = 15 \text{ A} \\ & & 6 = 60/6 = 10 \text{ A} \\ \hline \text{Ρεῦμα δι' ἀντίστασεως: } R & = & 31 \text{ A} \end{array}$$

Τὸ ρεῦμα τοῦτο εὐρίσκομεν καὶ διὰ τῆς σχέσεως: $i = \frac{U}{R} = \frac{60}{1,9} = 31 \text{ A}.$

194*. Μικτὴ σύνδεσις ἀντιστάσεων. Ἀγωγοὶ συνδέονται μικτῶς κατὰ τὸν εἰς τὸ σχῆμα 254 ὑποδεικνυόμενον τρόπον. Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις R_2, R_3 καὶ R_4 εἶναι συνδεδεμέναι ἐν παραλλήλῳ, καὶ ἀκολούθως συνδέονται ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν R_1 . Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς ὁλικῆς ἀντιστάσεως R , ὑπολογίζομεν πρῶτον τὴν ἰσοδύναμον ἀντίστασιν R' τῶν τριῶν ἐν παραλλήλῳ συνδεδεμένων ἀντιστάσεων ἐκ τοῦ τύπου:

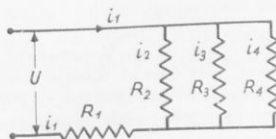
$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4},$$

καὶ ἀκολούθως ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν τοῦ συστήματος ἐκ τῆς σχέσεως:

$$R = R_1 + R'.$$

Ἐφαρμογή. Ἐστω ὅτι $R_1 = 4 \Omega, R_2 = 6 \Omega, R_3 = 9 \Omega$ καὶ $R_4 = 18 \Omega$, ὅτε:

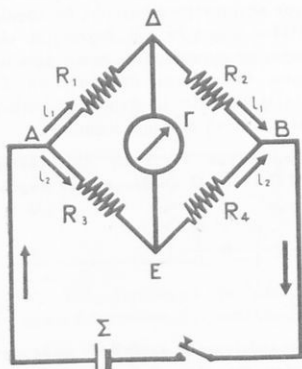
$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{6}{18}$$



Σχ. 254. Διάγραμμα μικτῆς συνδέσεως τεσσάρων ἀντιστάσεων.

και $R' = 3 \Omega$, επομένως $R = R_1 + R' = 4 + 3 = 7 \Omega$. Εάν το σύστημα τροφοδοτείται υπό στήλη 35 V άμελητέας εσωτερικής αντίστασης, η έντασις του ρεύματος εις το κύκλωμα θά είναι $i = 35/7 = 5 \text{ A}$. Η διαφορά δυναμιζού εις τὰ άκρα των έν παραλληλῳ συνδεδεμένων αντίστασεων θά είναι $U = 3 \cdot 5 = 15 \text{ V}$, ή δέ έντασις του ρεύματος εις έκαστην των αντίστασεων θά είναι $i_2 = 15/6 \text{ A}$, $i_3 = 15/9 \text{ A}$ και $i_4 = 15/18 \text{ A}$, τὸ δέ άθροισμα των τριῶν τούτων έντάσεων είναι, προδήλως, 5 A.

195. Γέφυρα του Wheatstone. Ούτω θαλοῦμεν κατάλληλον σύνδεσιν τεσσάρων αντίστασεων R_1, R_2, R_3, R_4 , ή οποία εύρίσκει εφαρμογήν εις την μέτρησιν των αντίστασεων ως



Σχ. 255. Διάγραμμα γεφύρας Wheatstone.

σεως i_1 . Όμοίως, αί αντίστασεις R_3 και R_4 θά διαρρέωνται υπό ρεύματος της αὐτῆς έντάσεως i_2 . Δι' εφαρμογῆς του νόμου του Ohm κατά μήκος των αντίστασεων R_1, R_2, R_3, R_4 εύρίσκομεν:

$$U_1 - U_2 = R_1 i_1 = R_3 i_2 \quad \text{και} \quad U_1 - U_2 = R_2 i_1 = R_4 i_2$$

Διά διαιρέσεως δὲ των άνωτέρω ισότητων κατά μέλη προκύπτει:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Εάν αἱ τρεῖς ἐκ των αντίστασεων είναι γνωσταί, τότε ἐκ της εξίσώσεως εύρίσκομεν την τετάρτην. Εάν ὅθεν αἱ τέσσαρες αντίστασεις εκπληροῦν την εξίσωσιν αὐτήν, ή γεφύρα ΔΕ δὲν θά διαρρέεται υπό ρεύματος, και ή διάταξις θά εύρίσκειται ἐν ισορροπίᾳ.

Η μέθοδος αὕτη χρησιμοποιεῖται διά την μέτρησιν αντίστασεων εις συσκευάς, αἱ οποῖαι θαλοῦνται **γέφυραι**. Αὗται περιέχουν τρεῖς αντίστασεις R_2, R_3 και R_4 , γνωστάς και μεταβλητάς, συνδεδεμένας, ως δεικνύεται εις τὸ σχῆμα 255, εις την θέσιν δὲ R_1 συνδέεται ή άγνωστος αντίστασις R_x . Διά καταλληλῳ μεταβολῆς των αντίστασεων ἐπιτυγχάνομεν ὥστε διά του γαλβανομέτρου νά μὴ διέρχεται ρεύμα, ήτοι ἐπιτυγχάνομεν την ισορροπίαν της γεφύρας, ὅτε θά ἔχωμεν:

$$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \eta \quad R_x = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4}$$

Εάν ὅθεν αἱ τρεῖς ἐκ των αντίστασεων είναι γνωσταί, τότε ἐκ της εξίσώσεως εύρίσκομεν την τετάρτην.

196. Τύποι γεφυρών. Ἐν τῇ πράξει, χρησιμοποιοῦμεν δύο κυρίως τύπους γεφυρῶν: τὴν γέφυραν διὰ χορδῆς καὶ τὴν γέφυραν διὰ γόμφων, ἐκ τούτων δὲ περιγράφομεν μόνον τὴν γέφυραν διὰ χορδῆς.

197. Γέφυρα διὰ χορδῆς. Εἰς τὴν γέφυραν τοῦ τύπου τούτου, αἱ ἀντιστάσεις R_3 καὶ R_4 ἀντικαθίστανται ὑπὸ μεταλλίνης χορδῆς AB , ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 256, κατὰ μῆκος τῆς ὁποίας δύναται νὰ μετακινῆται δρομέως Δ , εὐρισκόμενος εἰς συνεχῆ ἐπαφὴν πρὸς τὴν χορδὴν. Αἱ ἀντιστάσεις R_3 καὶ R_4 πραγματοποιοῦνται ὑπὸ τῶν ἀντιστάσεων τῶν δύο τμημάτων τῆς χορδῆς, ἐκατέρωθεν τοῦ δρομέως.

Ἐάν δὲ διὰ l_1 καὶ l_2 καλέσωμεν τὰ μῆκη τῆς χορδῆς $A\Delta$ καὶ ΔB , ἐκατέρωθεν τοῦ δρομέως, καὶ διὰ r τὴν εἰς τὴν μονάδα μῆκους τῆς χορδῆς ἀντιστοιχοῦσαν ἀντίστασιν, τότε, ἐπεὶ δὴ ἡ χορδὴ παρῶν σιάζει καθ' ὅλον τὸ μῆκος αὐτῆς πληρὴ ὁμοιομορφίαν, θά ἔχωμεν:

$$R_3 = r \cdot l_1 \quad \text{καὶ} \quad R_4 = r \cdot l_2$$

ἐπομένως, ἡ συνθήκη τῆς γεφύρας δύναται νὰ γραφῇ:

$$x = R_2 \cdot \frac{R_3}{R_4} = R_2 \cdot \frac{l_1}{l_2}$$

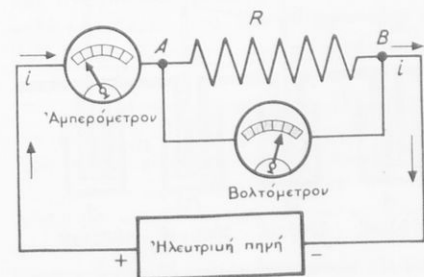
ὅπου διὰ R_1 εἰς τὸ σχῆμα παριστᾶται ἡ ἀγνωστος ἀντίστασις καὶ διὰ R_2 ἡ γνωστὴ ἢ πρότυπος τοιαύτη.

Εἰς τὰς γεφύρας τοῦ τύπου τούτου δίδομεν ὁρισμένην τιμὴν εἰς τὴν πρότυπον ἀντίστασιν, καὶ ἐπιτυγχάνομεν τὴν ἰσορροπίαν τῆς γεφύρας διὰ μεταβολῆς τοῦ λόγου l_1/l_2 , ἡ ὁποία γίνεται διὰ μετατοπίσεως τοῦ δρομέως.

198. Μέτρησις ἀντιστάσεως διὰ βολτομέτρου καὶ ἀμπερομέτρου.

Λίαν ταχεῖα, ἀλλ' οὐχὶ ἀρκετὰ ἀκριβής, εἶναι ἡ μέθοδος μετρήσεως ἀντιστάσεως διὰ βολτομέτρου καὶ ἀμπερομέτρου, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ ἀπλὴν ἐφαρμογὴν τοῦ νόμου τοῦ Ohm. Οὕτω γνωρίζομεν ὅτι ὅταν ἀγωγὸς ἀντιστάσεως R διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i , εἰς τὰ ἄκρα δὲ αὐτοῦ ὑφίσταται τάσις U , μεταξὺ τῶν τριῶν τούτων μεγεθῶν ὑφίσταται ἡ σχέσις: $U = R \cdot i$.

Ἐάν τὰ U καὶ i εἶναι γνωστά ἐκ μετρήσεως, ὑπολογίζομεν ἐκ τοῦ τύπου τούτου τὴν ἀντί-

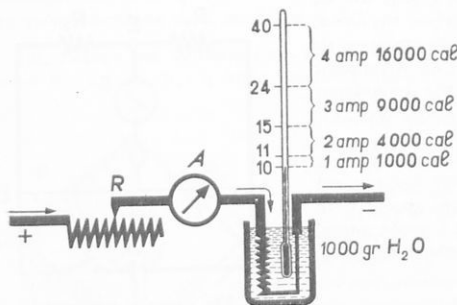


Σχ. 257. Τὸ ἀμπερόμετρον συνδέεται πάντοτε ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν μετρητέαν ἀντίστασιν, ἐνῶ τὸ βολτόμετρον συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν πρὸς αὐτήν.

στασιν R . Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον χρησιμοποιεῖται ἡ εἰς τὸ σχῆμα 257 εἰκονιζομένη διάταξις.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

199. Νόμος του Joule. Σήμερον γνωρίζομεν ὅτι ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἀποτελεῖ μίαν τῶν μορφῶν ὑπὸ τὰς ὁποίας συναντῶμεν τὴν ἐνέργειαν εἰς τὴν φύσιν, δύνάται δὲ αὕτη νὰ μετατραπῇ εἰς τὰς ἄλλας μορφάς, π.χ. μηχανικὴν, θερμικὴν, χημικὴν ἐνέργειαν κ.τ.λ., ἰσχύοντος καθ' ὅλας τὰς μετατροπὰς ταύτας τοῦ ἀξιώματος τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας.



Σχ. 258. Διὰ μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως R , ἐπιτυγχάνομεν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ θερμιδομέτρου.

θερμότητος εἰς ἀγωγὸν σύρμα, διαρρέομενον ὑπὸ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τῆς ἀντιστάσεως τοῦ ἀγωγοῦ καὶ τοῦ χρόνου διελύσεως τοῦ ρεύματος εὔρε πειραματικῶς ὁ Joule, ὁ ὁποῖος ἀνεκάλυψε τοὺς ἀκολουθοῦντας νόμους :

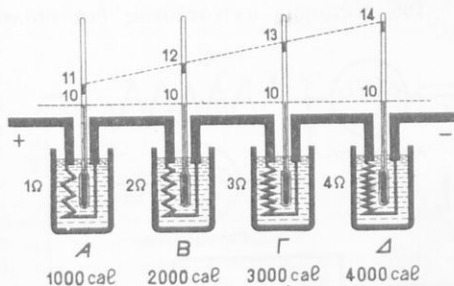
Τὸ ἐκλυόμενον ποσὸν θερμότητος Q εἰς ἀγωγὸν σύρμα, διὰν τοῦτο διαρρέεται ὑπὸ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι :

α) **Ἀνάλογον τοῦ τετραγώνου τῆς ἐντάσεως i τοῦ ρεύματος.**

Τοῦτο ἀποδεικνύεται διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 258 συσκευῆς. Δίδομεν εἰς τὴν ρυθμιζομένην ἀντίστασιν τιμὰς τοιαύτας, ὥστε νὰ διατηροῦμεν ἐπὶ 1 λεπτὸν τῆς ὥρας τὰς τιμὰς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, εἰς 1, 2, 3, 4 A, ὁπότε αἱ ἀντηρώσεις τῆς θερμοκρασίας, τὰς ὁποίας δεικνύει τὸ θερμιδομετρὸν, ἔχουν πρὸς ἀλλήλας ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9 καὶ 16, ἥτοι τὰ ἐκλυόμενα ποσὰ θερμότητος, εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον, εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

β) **Ἀνάλογον τῆς ηλεκτρικῆς ἀντιστάσεως R τοῦ σύρματος.**

Ὁ νόμος οὗτος ἐπαληθεύεται διὰ τῆς εἰς τὸ σχῆμα 259 εἰκονιζομένης διατάξεως. Αἱ



Σχ. 259. Τὰ τέσσαρα θερμιδομέτρα διαρρέονται ὑπὸ τοῦ αὐτοῦ ρεύματος. Ἡ εἰς ἕκαστον θερμιδομέτρων παρατηρουμένη αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀνάλογος τῆς ἀντιστοίχου ἀντιστάσεως.

άντιστάσεις των άγωγών των βυθισμένων εις τὰ τέσσαρα ὁμοια θερμοδόμετρα εἶναι 1, 2, 3, 4 Ω. Ἐάν διαβιβάσωμεν δι' αὐτῶν, συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, ρεῖμα τῆς αὐτῆς ἐντάσεως ἐπὶ 1 λεπτόν, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ ἀνηρώσεις θερμοκρασίας τὰς ὁποίας δεικνύουν τὰ θερμομέτρα ἔχουν ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 2, 3, 4, ἥτοι τὰ ἐκλύόμενα ποσὰ θερμότητος εἶναι ἀνάλογα τῶν ἀντιστάσεων.

γ) Ἀνάλογον τοῦ χρόνου t τῆς διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

Οἱ τρεῖς οὗτοι νόμοι περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον:

$Q = k \cdot R \cdot i^2 \cdot t$	Νόμος τοῦ Joule
-----------------------------------	------------------------

(1)

ἐνθα k σταθερὰ ἐξαχρωμένη ἐκ τῶν μονάδων.

Ἐάν τὴν θερμότητα μετροῦμεν εἰς μηχανικὰς μονάδας Joule ($= 1/9,81 \text{ kg} \cdot \text{m}$), τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς Ἀμπέρ, τὴν ἀντίστασιν εἰς Ωμ καὶ τὸν χρόνον εἰς δευτερόλεπτα, τότε $k = 1$, καὶ ὁ τύπος γράφεται:

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \quad \text{Joule,}$$

ὅπου A τὸ ποσὸν θερμότητος Q , ἐκπεφρασμένον εἰς μονάδας Joule.

Ἐάν τὸν τύπον τοῦτον συνδυάσωμεν πρὸς τὸν γνωστὸν τύπον $U = R \cdot i$, ὅπου U ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ, προκύπτει:

$$A = U \cdot i \cdot t \quad \text{Joule}$$

καὶ διὰ διαιρέσεως ἀμφοτέρων τῶν μελῶν διὰ t εὐρίσκομεν τὴν ἰσχύν:

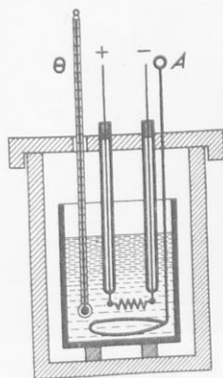
$$N = U \cdot i \quad \text{Watt,}$$

ἥτοι, ἡ **ηλεκτρικὴ ἰσχὺς N** ἡ **καταναλισκόμενη ἐπὶ ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος i** , μεταξὺ τῶν ἄκρων τοῦ ὁποίου ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ U , ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ, ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος.

Παρατήρησις. Εἰς τὸν τύπον (1), ὑπεισέρχεται ὁ συντελεστὴς k , ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται ἐκ τῶν μονάδων.

Ἐπειδὴ δὲ αἱ μονάδες τῶν Q , R , i καὶ t ἔχουν ἤδη ὀρισθῆ καὶ δὲν ἔχομεν τὴν εὐχέρειαν ν' ἀπαλλαγῶμεν αὐτοῦ διὰ καταλλήλου ὁρισμοῦ τῶν μονάδων, ὥστε νὰ εἶναι $k = 1$, ἀλλ' ἡ τιμὴ τοῦ k πρέπει νὰ καθορισθῇ πειραματικῶς. Ἐκ θερμοδομετρικῶν μετρήσεων, δι' ἐφαρμογῆς τοῦ τύπου (1) εὐρέθη ὅτι ὁ συντελεστὴς $k = 0,24 \text{ cal} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{A}^2 \cdot \text{sec}^{-1}$, καὶ ἐπειδὴ $1 \Omega \cdot \text{A}^2 \cdot \text{sec} = 1 \text{ Joule}$, θὰ εἶναι $k = 0,24 \text{ cal/Joule}$, ἡ δὲ ἀντίστροφος τιμὴ αὐτοῦ $1/0,24 = 4,2 \text{ Joule/cal}$ καλεῖται **ηλεκτρικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμότητος**, καὶ ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ Joule}$.

Συνήθη τύπον ηλεκτρικοῦ θερμοδομέτρου δεικνύει τὸ σχῆμα 260.



Σχ. 260. Προσδιορισμὸς τοῦ ηλεκτρικοῦ ἰσοδυνάμου τῆς θερμότητος διὰ ηλεκτρικοῦ θερμοδομέτρου. Θ θερμόμετρον, Α ἀναδευτὴρ ὕδατος.

200. Μονάδες ηλεκτρικής ισχύος και ηλεκτρικής ενέργειας. Συνήθε πρακτικά **μονάδες ισχύος** είναι αϊ ακόλουθοι :

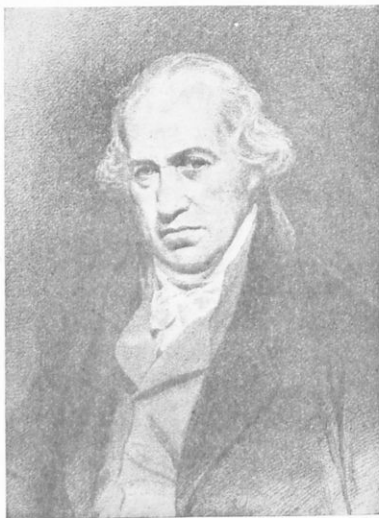
$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ Volt} \times 1 \text{ Ampère}$$

$$1 \text{ Watt (W)} = 1 \text{ Joule/sec}$$

$$1 \text{ kilowatt (1 kW)} = 1000 \text{ Watt}$$

$$1 \text{ microwatt (1 } \mu\text{W)} = 10^{-6} \text{ Watt}$$

Ἐκ τῶν μονάδων τούτων ηλεκτρικῆς ισχύος προκύπτουν ἄλλαι μονάδες **ηλεκτρικῆς ἐνεργείας**, μεγαλύτεραι ἀπὸ τὴν μονάδα Joule (J), ἡ ὁποία πολλάκις καλεῖται καὶ Watt·sec. Εἶναι δὲ αὐτὰι αϊ ακόλουθοι :



JAMES WATT (1736-1819)

Ἀγγλὸς (Σκωτὸς) κατασκευαστὴς ὀργάνων. Ἐσχολήθη σπουδαίως εἰς τὴν τελειοποίησιν τῶν ἀτμομηχανῶν. Πρὸς τιμὴν τοῦ ἐδόθη τὸ ὄνομά του εἰς τὴν μονάδα τῆς ηλεκτρ. ισχύος.

Αἱ διάφοροι συσκευαί, τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν εἰς οἰκιακὰς χρήσεις, παρουσιάζουν κατανάλωσιν ἢ ὁποία καθορίζεται ὡς ἑξῆς :

Λυχνία ἰσυνήθους φωτισμοῦ 100 W. Ἡλεκτρικὸν σίδηρον σιδερώματος 400 Watt. Ἡλεκτρικὸς βραστήρ 400 W. Ἡλεκτρικὴ θερμάστρα 600-2000 W. Ἡλεκτρικὸν μαγειρεῖον 600-1200 W.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. 1. *Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἐκλυόμενον ποσὸν θερμότητος, ὅταν ρεῦμα ἐντάσεως 50 A διέρχεται ἐπὶ 10 min διὰ σύρματος ἀντιστάσεως 2 Ω.*

Ἐφαρμοζόμεν τὸν τύπον $Q = 0,24 \cdot i^2 \cdot R \cdot t$. Ἐπειδὴ ὁ χρόνος t πρέπει νὰ ἐκφράζεται

$$1 \text{ Βαττώριον (1 Wh)} = 3600 \text{ Joule.}$$

Δηλ. ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ παραγομένη ἐντὸς 1 ὥρας ($1 \text{ h} = 60 \times 60 \text{ sec}$) ὑπὸ κατανάλωσιν ισχύος 1 Watt.

$$1 \text{ Κιλοβαττώριον (1 kWh)} = 1000 \times 60 \times 60 = 3\,600\,000 \text{ Joule.}$$

Οὕτω, κατὰ τὴν διανομὴν τῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς τοὺς καταναλωτάς, αὕτη ὑπολογίζεται εἰς kWh, τῆς τιμῆς τοῦ κιλοβαττωρίου (ὠριαίου κιλοβάττ) καθοριζομένης ὑπὸ τοῦ ἐκαστοτε ἰσχύοντος τιμολογίου.

Συνήθως αἱ ηλεκτρικαὶ γεννήτριαι καθορίζονται ἀπὸ ἀπόψεως ισχύος εἰς kW, ἐνῶ οἱ ηλεκτρικοὶ κινητήρες καθορίζονται εἰς ἵππους (HP), μεταξὺ δὲ HP καὶ kW ὑφίστανται αϊ ακόλουθοι σχέσεις :

$$1 \text{ HP} = 0,736 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,32 \text{ HP}$$

εἰς sec. μετατρέπομεν τὰ 2 min εἰς sec, ὅτε θὰ ἔχωμεν $10 \cdot 60 = 600$ sec. δι' ἀντικατάστασιν αὐτῆς δὲ τῶν δεδομένων εἰς τὸν τύπον, εὐρίσκωμεν:

$$Q = 0,24 \cdot 50^2 \cdot 2 \cdot 600 = 720\,000 \text{ cal}$$

2. *Κινητὴ 3 HP χρειάζεται ηλεκτρικὴν ἰσχύν 2,4 kW διὰ τὴν κίνησίν του· πόσῃ ἢ ἀπόδοσιν αὐτοῦ.*

$$\text{Γνωρίζομεν ὅτι: ἀπόδοσις} = \frac{\text{ὠφέλιμον ἔργον}}{\text{διαθέσιμον ἔργον}}$$

Εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν τὸ ὠφέλιμον ἔργον εἶναι 3 HP καὶ τὸ διατιθέμενον 2,4 kW. Διὰ τὸ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀπόδοσιν πρέπει νὰ ἐκφράσωμεν τὸ διατιθέμενον ἔργον εἰς HP.

Γνωρίζομεν ὅμως ὅτι $1 \text{ kW} = 1,32 \text{ HP}$, ἐπομένως $2,4 \cdot 1,32 = 3,2 \text{ HP}$, ὅθεν:

$$\text{Ἀπόδοσις} = \frac{3}{3,2} = 0,94 \text{ ἢ } 94\%$$

3. *Ἐγκατάστασις ηλεκτροφωτισμοῦ λειτουργεῖ ὑπὸ ἑντασιν ρεύματος 12 A καὶ τάσιν 120 V. Πόσῃ ἢ καταναλισκομένη ἰσχύς.*

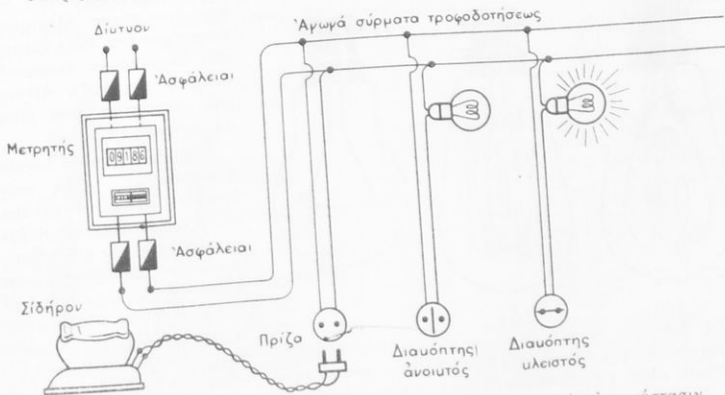
Χρησιμοποιούμεν τὸν τύπον $N = U \cdot i$, θέτοντες δὲ $U = 120 \text{ V}$ καὶ $i = 12 \text{ A}$ εὐρίσκωμεν:

$$N = 120 \cdot 12 = 1440 \text{ W ἢ } 1,44 \text{ kW}$$

4. *Εἰς τὴν ἐγκατάστασιν παροχῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς οἰκίαν ἢ παροχὴ διαρκεί συνολικῶς 4 ὥρας ἡμερησίως ὑπὸ ἑντασιν 3 A καὶ τάσιν 220 V. Ζητεῖται πόσα kWh θὰ καταγράψῃ ὁ μετρητὴς δι' ἓνα μῆνα 30 ἡμερῶν.*

Ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς εἶναι: $N = U \cdot i = 3 \cdot 220 = 660 \text{ W}$. Ἐφ' ὅσον ἡ παροχὴ διαρκεῖ 4 ὥρας ἡμερησίως ἢ $4 \cdot 3600 \text{ sec}$, ἡ καταναλισκομένη ἡμερησίως ἐνέργεια θὰ εἶναι $A = U \cdot i \cdot t = 660 \cdot 4 \cdot 3600 \text{ Joule}$.

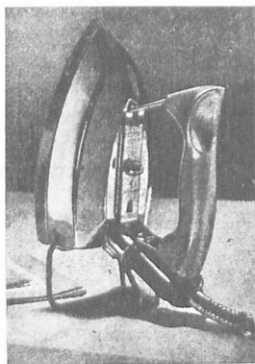
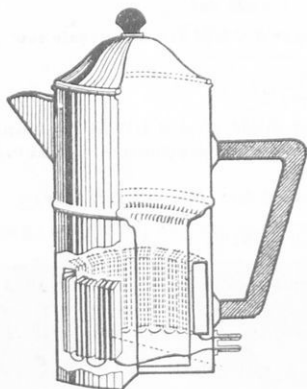
Γνωρίζομεν ὅμως ὅτι $3600 \text{ J} = 1 \text{ Wh}$, ἐπομένως θὰ ἔχωμεν: $A = 2640 \text{ Wh ἢ } A = 2,64$



Σχ. 261. Σχηματικὴ διάταξις διανομῆς ρεύματος εἰς οἰκιακὴν ἐγκατάστασιν.

kWh, καὶ διὰ 30 ἡμέρας ὁ μετρητὴς θὰ καταγράψῃ συνολικῶς $2,64 \cdot 30 = 79,2 \text{ kWh}$. Ἐάν ἡ ἐταιρεία παρέχῃ τὸ 1 kWh πρὸς 700 δραχ., ἡ συνολικὴ δαπάνη δι' ὅλον τὸν μῆνα θὰ εἶναι $79,2 \cdot 700 = 55\,440$ δραχμαί.

201. Ἐφαρμογαὶ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. α) *Συσκευαὶ παραγωγῆς θερμότητος*. Μία ἐκ τῶν σπουδαιότερων συγχρόνων ἐφαρμογῶν τοῦ θερμικοῦ

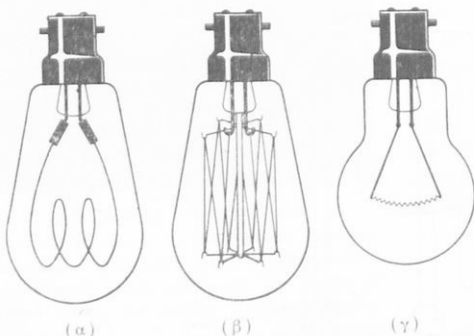


Σχ. 262. Ἡλεκτρικὸς βραστήρ. Τὰ θερμαινόμενα σῶματα περιελίσσονται εἰς τὸ κάτω ἥμισυ τοῦ δοχείου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, ἐνῶ εἰς τὸ ἄνω ἥμισυ τίθεται τὸ πρὸς θέρμανσιν ὕδωρ. Τὰ σῶματα καταλήγουν εἰς τὸν ρευματοδότην.

Σχ. 263. Ἡλεκτρικὸν σιδήρεον σιδερώματος.

ἀποτελέσματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησις αὐτοῦ διὰ τὴν παραγωγὴν θερμότητος πρὸς οἰκιακὴν χρῆσιν. Εἰς ὅλους εἶναι σήμερον γνωστὴ ἡ χρησιμοποίησις τῶν

διαφόρων τύπων ἡλεκτρικῶν βραστήρων (σχ. 262), ἡλεκτρικῶν θερμαστῶν, ἡλεκτρικῶν σιδηρῶν (σχ. 263), ἡλεκτρικῶν μαγειρείων πρὸς οἰκιακὰς χρήσεις κ.τ.λ.



Σχ. 264. Διάφοροι τύποι ἡλεκτρικῶν λυχνιῶν πυρακτώσεως: (α) Λυχνία με νήμα ἄνθρακος. (β) Παλαιοῦ τύπου με νήμα μεταλλικόν, εὐθύ. (γ) Νεωτέρου τύπου με νήμα διπλῶς συσπειρωμένον (Dekalumen).

τοποιεῖται ἐν Ἀγγλίᾳ μὲν ὑπὸ τοῦ Joseph Swan (1880) καὶ ταυτοχρόνως ἐν Ἀμερικῇ ὑπὸ τοῦ Thomas Edison με νήμα ἐξ ἄνθρακος.

Πρὸς ἀποφυγὴν τῆς καύσεως τοῦ νήματος τοῦ ἄνθρακος (1850 °C), δὲν ἐθερμαίνετο

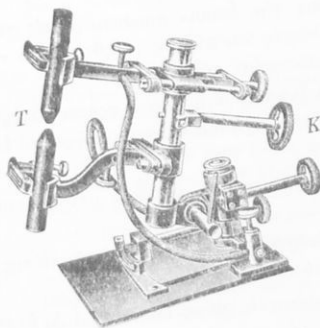
β) *Ἡλεκτρικαὶ λυχνίαι πυρακτώσεως*. Ἄλλη σπουδαϊοτάτη ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησις αὐτοῦ πρὸς φωτισμόν. Εἰς τὰς λυχνίας τοῦ τύπου τούτου (σχ. 264), τὸ φῶς προκύπτει διὰ τῆς θερμάνσεως καταλλήλου ἀγωγοῦ νήματος, διὰ διαβιβάσεως δι' αὐτοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἡ πρώτη ἡλεκτρικὴ λυχνία πυρακτώσεως ἐπραγμα-

τούτο εις τὸν ἀέρα, ἀλλὰ ἐν ἀπουσίᾳ ὀξυγόνου δι' ἐγκλείσεως αὐτοῦ ἐντὸς ὑαλίνης φύσιγγος (ampoule), ἐκ τῆς ὁποίας ἀκολούθως ἀπεμακρύνετο ὁ ἀήρ. Ἀργότερα ἐδοκιμάσθησαν ἄλλα ὕλινά πρὸς κατασκευὴν τοῦ νήματος, καὶ οὕτω κατορθώθη, ἐντὸς ἀεροκένων φυσίγγων, νὰ αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ νήματος μέχρι 2100°C , χωρὶς ἡ αὐξησης αὕτη νὰ ἐπιφέρει σημαντικὴν ἀλλοίωσιν εἰς τὴν διάρκειαν ζωῆς τῆς λυχνίας, ἡ ὁποία οὕτω φθάνει τὰς 1000 ὥρας. Ἀπὸ τοῦ 1925 ἀπεδείχθη ὅτι διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας νημάτων ἐκ βολφραμίου καὶ δι' εἰσαγωγῆς ἐντὸς τῆς φύσιγγος τοῦ ἀδρανούς αερίου ἀργὸν μὲ μικροτάτην πρόσμιξιν ἀζώτου, ἡ ἐξάερωσις τοῦ νήματος ἐπιβραδύνεται πολὺ, οὕτω δὲ τοῦτο δύναται νὰ θερμομανθῇ μέχρι 2300°C .

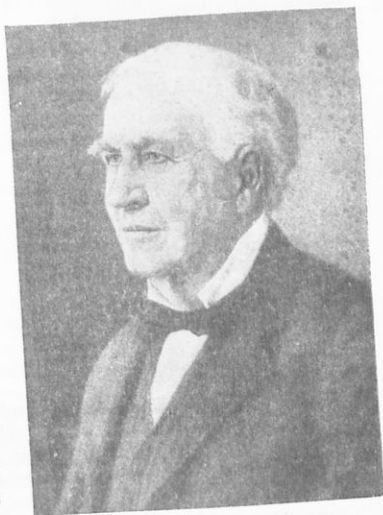
Αἱ λυχνίαι πυρακτώσεως πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦνται ὑπὸ τὴν κατάλληλον τάσιν διὰ τὴν ὁποίαν ἔχουν κατασκευασθῇ, καὶ ἡ ὁποία καθορίζεται ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ, ἀναγράφεται δὲ αὕτη ἐπὶ τῆς λυχνίας. Ἐὰν αὕτη χρησιμοποιηθῇ ὑπὸ μικροτέραν τάσιν, φωτοβολεῖ ἀσθενέστερον, ἐὰν δὲ ὑπὸ μεγαλυτέραν, φωτοβολεῖ ἐντονώτερον, ἀλλὰ ἡ διάρκεια τῆς ζωῆς τῆς ἐλαττοῦται σημαντικῶς ἢ καὶ καταστρέφεται ἀμέσως.

γ) *Βολταϊκὸν τόξον*. Τοῦτο ἀνεκαλύφθη κατὰ τὸ 1801 ὑπὸ τοῦ Davy. Ἐὰν δύο



Σχ. 265. Λιάταξις βολταϊκοῦ τόξου.
T ἄνθρακας, K κοχλίας ρυθμίσεως.

Πρὸς ἀποφυγὴν ἀποσβέσεως τοῦ τόξου, λόγῳ ὑπερμέτρου αὐξήσεως τῆς ἀποστάσεως



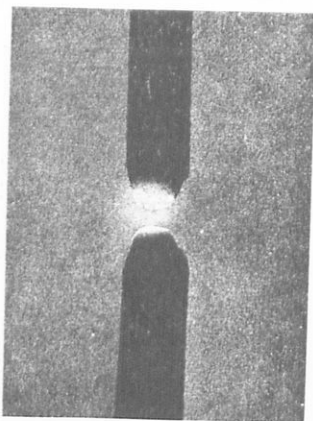
THOMAS ALVA EDISON (1847 - 1931)

Ἀμερικανὸς ἐφευρέτης. Μεταξὺ τῶν σπουδαιότερων ἐφευρέσεων αὐτοῦ εἶναι ἡ λυχνία διὰ νήματος ἄνθρακος, ὁ φωνογράφος, ἡ πολλαπλὴ τηλεγραφία κ.ἄ.

ράβδοι ἐξ ἄνθρακος, καλούμεναι *ἠλεκτροδία*, (σχ. 265) τεθοῦν εἰς ἐπαφήν, διαβιάσωμεν δὲ δι' αὐτῶν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἀκολούθως ἀπομακρύνωμεν ὀλίγον αὐτάς, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα ἐξακολουθεῖ νὰ διέρχεται καὶ διὰ μέσων τοῦ διακένου τοῦ δημιουργουμένου μεταξὺ τῶν δύο ράβδων, ἐνῶ τὰ ἄκρα αὐτῶν γίνονται φωτεινὰ καὶ ὁ μεταξὺ αὐτῶν χώρος γεφυροῦται διὰ φωτεινῆς γεφύρας, ἡ ὁποία καλεῖται *ἠλεκτρικὸν ἢ βολταϊκὸν τόξον*.

Αἱ δύο ράβδοι τοῦ ἄνθρακος, ἐφ' ὅσον φωτοβολοῦν, φθείρονται, λόγῳ ἐξαιρώσεως, ἐνῶ εἰς τὸ φωτεινὸν ἄκρον τῆς ράβδου, ἡ ὁποία εἶναι συνδεδεμένη πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, σχηματίζεται κρατὴρ εἰς τὸν ὁποῖον ἡ θερμοκρασία εἶναι περίπου 3500°C (σχ. 266).

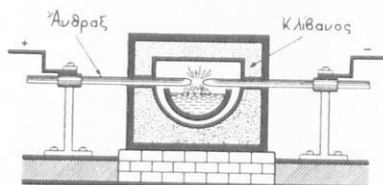
των ανθράκων, χρησιμοποιούνται ειδικαί αυτόματοι διατάξεις ρυθμίσεως τῆς ἀποστάσεως.



Σχ. 266 Τὸ θετικὸν ηλεκτροδίων φθείρεται δις ταχύτερον ἢ τὸ ἀρνητικόν.

τὸ κύκλωμα ηλεκτρικῆ ἀντίστασις ρυθμίσεως τοῦ ρεύματος, πρὸς ἀποφυγὴν καταστροφῆς τῆς συσκευῆς.

Τὸ ηλεκτρικὸν τόξον ἔχει ἐφαρμογὴν ὅχι μόνον εἰς τὸν φωτισμὸν, τοὺς προβολεῖς, τὰς κινηματογραφικὰς μηχανὰς κ.τ.λ., ἀλλὰ καὶ εἰς τὰς ηλεκτρικὰς καμίνους πρὸς τῆξιν διαφόρων δυστήκτων μετάλλων (σχ. 267). Τόσον τὸ βολ-



Σχ. 267. Κάμινος Moissan διὰ τὴν τήξιν δυστήκτων μετάλλων.

ταῖκον τόξον, ὅσον καὶ ἡ ηλεκτρικὴ κάμινος, ὡς καὶ πλείστοι ἄλλαι συσκευαί, ὅταν τίθενται εἰς τὸ ρεῦμα πρέπει νὰ παρεμβάλλεται πάντοτε εἰς τὸ κύκλωμα ηλεκτρικῆ ἀντίστασις ρυθμίσεως τοῦ ρεύματος, πρὸς ἀποφυγὴν καταστροφῆς τῆς συσκευῆς.

202. Ἀνακεφαλαίωσις τῶν ὁρισμῶν τῶν μᾶλλον ἐν χρήσει ηλεκτρικῶν μονάδων.

Ἀμπέρ (Ampère, διεθνές). Εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ σταθεροῦ ρεύματος τοῦ ὁποῖον, διερχόμενον διὰ ὕδατιν καὶ διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου, ἀποχωρίζει ηλεκτρολυτικῶς ἐντὸς 1 sec μᾶζαν 0,001118 gr ἀργύρου.

Ὡμ (Ohm, διεθνές). Εἶναι ἡ ἀντίστασις τὴν ὁποίαν παρουσιάζει εἰς σταθερὸν ρεῦμα στήλη ὕδατος ὁμοιομόρφου τομῆς καὶ μήκους 106,3 cm καὶ τῆς ὁποίας ἡ μᾶζα εἶναι 14,4521 gr εἰς τὴν θερμοκρασίαν τοῦ 0 °C.

Βόλτ (Volt, διεθνές). Εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἡ ὁποία πρέπει νὰ ὑφίσταται εἰς τὰ ἄκρα ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 1 Ω (διεθνoῦς) διὰ νὰ παραχθῇ ρεῦμα ἐντάσεως 1 A (διεθνoῦς).

Κουλόμ (Coulomb). Εἶναι ἡ ποσότης ηλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία μεταφέρεται ὑπὸ συνεχoῦς ρεύματος ἐντάσεως 1 A εἰς 1 sec.

Τζάουλ (Joule). Εἶναι τὸ ἔργον ἢ ἡ ἐνέργεια (ἢ ἡ ἐκλυομένη θερμότης) ὑπὸ ἐντάσεως 1 A διερχομένου ἐπὶ 1 sec διὰ μέσου ἀντιστάσεως 1 Ω.

Βάττ (Watt). Εἶναι ἡ ἰσχύς ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ρεῦμα ἐντάσεως 1 A, ὅταν διαβιβάζεται δι' ἀγωγοῦ ἀντίστασις 1 Ω.

Αἱ μονάδες αὗται ἀνήκουν εἰς τὸ διεθνές ἢ πρακτικὸν σύστημα ηλεκτρικῶν μονάδων, τὸ ὁποῖον θεμελιούται ἐπὶ τῇ βάσει τῆς μονάδος ἐντάσεως Ampère καὶ τῆς μονάδος ἀντιστάσεως Ohm, αἱ ὁποῖαι ὀρίζονται νομοθετικῶς διὰ τῶν εἰς

τὸν ἀνωτέρω πίνακα ἀναφερομένων ὁρισμῶν. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν δύο τούτων θεμελιωδῶν μονάδων ὁρίζονται ἀκολούθως ὅλοι αἱ ἄλλαι, ὡς δεικνύεται ἀνωτέρω.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Πόσα εἶδη ἡλεκτρισμοῦ διακρίνομεν καὶ πῶς ἐλέγχομεν τὸ εἶδος αὐτῶν. Ποία ἡ μονάς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ φορτίου.

Ἐκ ποίου λόγου διακρίνομεν τὰ σώματα εἰς καλοὺς καὶ κακοὺς ἀγωγοὺς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Ἀναφεράτε διάφορα σώματα ἐκ τῶν ὁποίων ἄλλα νὰ εἶναι καλοὶ καὶ ἄλλα κακοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

Ποῖαι εἶναι αἱ σύγχρονοι ἀντιλήψεις διὰ τὴν φύσιν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

Πῶς ἐξηγοῦμεν σήμερον τὴν θετικὴν καὶ ἀρνητικὴν φόρτισιν ἀγωγῶν.

Τί εἶναι τὸ ἡλεκτρόνιον καὶ τὸ πρωτόνιον, καὶ πῶς συγκροτεῖται τὸ ὑλικὸν ἄτομον.

Πῶς ἐξηγοῦμεν τὴν συμπεριφορὰν τῶν καλῶν καὶ κακῶν ἀγωγῶν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἡλεκτρικὸν ρεῖμα. Πῶς ἐξηγεῖται ἡ γένεσις τοῦ ρεύματος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου δυναμικὸν ἢ τάσις, διαφορὰ δυναμικοῦ καὶ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Ποία ἡ μονάς μετρήσεως τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἔντασις ἡλεκτρισμοῦ ρεύματος. Ποία ἡ μονάς ἔντασεως ρεύματος. Ποία ἡ σχέσις μεταξὺ φορτίου, ἔντασεως ρεύματος καὶ χρόνου.

Ποῖαι αἱ συνήθειαι ἐν χρήσει πηγῶν ἡλεκτρισμοῦ ρεύματος. Τί καλοῦμεν πόλους τῆς πηγῆς.

Ποία εἶναι ἡ φροῶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ ρεύματος. Πότε τὸ ρεῖμα λέγεται συνεχές καὶ πότε ἐναλλασσόμενον. Ποῖαι ἐκ τῶν συνήθων πηγῶν ἡλεκτρισμοῦ ρεύματος παρέχουν συνεχές ρεῖμα καὶ ποῖαι ἐναλλασσόμενον.

Εἰς τί χρησιμεύουν τὰ βολτόμετρα καὶ ἀμπερόμετρα καὶ πῶς συνδέονται ταῦτα.

Εἰς τί συνίσταται τὸ θερμικὸν ἀποτέλεσμα ἡλεκτρισμοῦ ρεύματος καὶ πῶς δυνάμεθα νὰ δεῖξωμεν τοῦτο πειραματικῶς.

Εἰς τί συνίσταται τὸ μαγνητικὸν ἀποτέλεσμα ἡλεκτρισμοῦ ρεύματος καὶ πῶς δεικνύεται τοῦτο πειραματικῶς.

Εἰς τί συνίσταται τὸ χημικὸν ἀποτέλεσμα ἡλεκτρισμοῦ ρεύματος καὶ πῶς δεικνύεται τοῦτο πειραματικῶς.

Ποία εἶναι ἡ σχέσις ἢ ἐκφράζουσα τὸν νόμον τοῦ Ohm. Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἡλεκτρικὴ ἀντίστασις καὶ ποία ἡ μονάς ἀντιστάσεως.

Ἀπὸ ποῖα στοιχεῖα ἐξαρτᾶται ἡ ἀντίστασις ἀγωγῶν καὶ πῶς ἐκφράζεται αὕτη διὰ τούτων.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου εἰδικὴ ἀντίστασις.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων ἀγωγιμότης καὶ εἰδικῆς ἀγωγιμότης.

Πῶς μεταβάλλεται ἡ ἀντίστασις μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου πτώσις τάσεως.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἡλεκτρικὸν κύκλωμα καὶ ποῖος ὁ νόμος τοῦ Ohm εἰς πλῆ-

ρες κύκλωμα.

Πῶς μετροῦμεν τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν πηγῆς ἡλεκτρισμοῦ ρεύματος.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὅρων βραχυκύκλωμα καὶ ἀσφάλεια.

Ποῖος ὁ πρῶτος κανὼν τοῦ Kirchhoff καὶ ποία ἡ ἐξηγήσις αὐτοῦ.

Ποῖος ὁ δευτέρος κανὼν τοῦ Kirchhoff.

Περιγράψατε τὴν σύνδεσιν ἀγωγῶν ἐν σειρᾷ. Ποία ἡ ἐξίσωσις τῆς ἐν σειρᾷ συνδέσεως.

Περιγράψατε τὴν σύνδεσιν ἀγωγῶν ἐν παραλλήλῳ. Ποία ἡ ἐξίσωσις τῆς συνδέσεως ἐν

παραλλήλῳ.

Περιγράψατε την μικτήν σύνδεσιν άγωγών.

Περιγράψατε την γέφυραν Wheatstone. Ποία ή πρακτική εφαρμογή αυτής.

Πώς δυνάμεθα νά μετρήσωμεν την αντίστασιν άγωγού διά βολτομέτρου και άμπερομέτρου.

Ποιοι οί νόμοι του Joule κατά την μετατροπήν ήλεκτρικής ένεργείας εις θερμότητα.

Τί καλούμεν ήλεκτρικόν ίσοδύναμον της θερμότητος.

Διά ποίων τύπων εκφράζομεν την ήλεκτρικήν ένεργειαν και ισχύν. Ποιαί αί μονάδες μετρήσεως ήλεκτρικής ένεργείας και ισχύος.

Πώς πραγματοποιούνται αί ήλεκτρικαί λυχνίαί πυρακτώσεως.

Τί νοούμεν διά του όρου ήλεκτρικόν τόξον.

Β'. Προβλήματα.

1. Άγωγός διαρρέεται υπό ρεύματος 5 A επί 5 πρώτα λεπτά (min). Πόση ή μεταφερομένη ποσότης ήλεκτρισμού.

2. Φορτίον 3600 Cb διέρχεται διά του νήματος λυχνίας πυρακτώσεως εις χρόνον 3 min. Πόση ή έντασις του ρεύματος.

3. Θέλομεν νά διαβιάσωμεν φορτίον 2700 Cb υπό έντασιν ρεύματος 3 A. Έπί πόσον χρόνον πρέπει νά διοχετευέται τó ρεύμα.

4. Λυχνία πυρακτώσεως διαρρέεται υπό ρεύματος 0,6 A, ή δέ διαφορά δυναμικού εις τά άκρα του νήματος αυτής είναι 110 Volt. Πόση ή αντίστασις του νήματος της λυχνίας.

5. Πόση ή αντίστασις άγωγού εις τόν όποιον, υπό διαφοράν δυναμικού 60 V, αναπτύσσεται ρεύμα 40 mA.

6. Εις άγωγόν αντίστάσεως 500 Ω εφαρμόζεται τάσις 10 V. Πόση ή έντασις του ρεύματος.

7. Πόση είναι ή άγωγιμότης άγωγού αντίστάσεως 5 Ω.

8. Πόση είναι ή αντίστασις άγωγού άγωγιμότητος 2,5 Siemens.

9. Πόση ή αντίστασις σύρματος εκ σιδήρου μήκους 150 km και διαμέτρου 2,5 mm, όταν $\rho = 0,1 \Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$.

10. Τέσσαρες αντίστασεις 5 Ω, 25 Ω, 17 Ω και 120 Ω συνδέονται έν σειρά. Νά κατασκευασθῇ τó διάγραμμα και νά ύπολογισθῇ ή όλική αντίστασις.

11. Τρείς αντίστασεις, έκάστη 120 Ω, συνδέονται έν παραλλήλῳ. Νά κατασκευασθῇ τó διάγραμμα και νά ύπολογισθῇ ή συνολική αντίστασις.

12. Τρείς αντίστασεις 120 Ω, 120 Ω και 40 Ω συνδέονται έν παραλλήλῳ. Νά ύπολογισθῇ ή συνολική αντίστασις.

13. Δίδονται έξ αντίστασεις, αί όποιαί συνδέονται έν παραλλήλῳ. Τρείς εκ τούτων παρουσιάζουν έκάστη αντίστασιν 60 Ω και αί έτεροι τρείς τούτων παρουσιάζουν έκάστη επίσης αντίστασιν 120 Ω. Πόση ή συνολική αντίστασις.

14. Πηγή HEA 20 V και έσωτερικής αντίστάσεως 120 Ω παρέχει επί έξωτερικής αντίστάσεως ρεύμα έντάσεως 50 m A. Πόση ή διαφορά δυναμικού εις τούς πόλους της πηγής και πόση ή πτώσις τάσεως εις την έξωτερικήν αντίστασιν.

15. Η αντίστασις πηνίου εκ χαλκού, είναι, εις θερμοκρασίαν 30 °C, 120 Ω. Πόση ή αντίστασις αυτού εις θερμοκρασίαν 20 °C, όταν διά τόν χαλόν είναι $\alpha = 0,0038 \text{ grad}^{-1}$.

16. Ηλεκτρική λυχνία λειτουργεί υπό τάσιν 220 Volt και έχει κατανάλωσιν 60 Watt. Πόση ή έντασις του ρεύματος υπό την όποιαν λειτουργεί και πόση ή αντίστασις αυτής.

17. Ηλεκτρικός βραστήρ λειτουργεί υπό τάσιν 220 V και έχει αντίστασιν 50 Ω. Πόση ή καταναλισκόμενη ισχύς.

18. Ηλεκτρική λυχνία 60 W λειτουργεί κατά μέσον όρον επί 4 ώρας ήμερησίως. Πόση ή δαπάνη διά την λειτουργίαν αυτής επί 30 ήμέρας, όταν τó κιλοβαττώριον παρέχεται προς 800 δραχμάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΑ'

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ. ΘΕΡΜΟΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ

203. Προεισαγωγικά γνώσεις. Ἐν τῇ σπουδῇ τῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (§ 179) εἶδομεν ὅτι τοῦτο δύναται νὰ διασπᾷ ὥρισμένα σώματα διὰ τῶν ὁποίων διέρχεται. Οὕτω, ὑπάρχουν ὥρισμένα σώματα, τὰ ὁποῖα κατὰ κανόνα εἶναι ὑδατικά διαλύματα ὀξέων, βάσεων καὶ αλάτων, ἢ τήγματά αλάτων καὶ βάσεων, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν τὴν ιδιότητα ὅτι εἶναι καλοὶ ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἐπομένως ἐπιτρέπουν τὴν διόδον δι' αὐτῶν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐνῶ ταυτοχρόνως διασπῶνται δι' αὐτοῦ. Τὸ φαινόμενον τῆς διασπάσεως τοιοῦτου σώματος ὑπὸ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται **ἠλεκτρολύειν**, τὰ δὲ σώματα τὰ διασπώμενα ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καλοῦνται **ἠλεκτρολύται**.

Πρὸς παρακολούθησιν καὶ σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρολύσεως χρησιμοποιοῦμεν εἰδικὰς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **βολτάμετρα**, ἀπλούστατον δὲ τύπον βολταμέτρου δεικνύει τὸ σχῆμα 268.

Χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ὅλων τῶν βολταμέτρων εἶναι ὅτι ἔχουν δύο μεταλλικά ἐλάσματα μεμονωμένα ἀπ' ἀλλήλων, καλούμενα **ἠλεκτροδία** (σχ. 268). Διὰ τῶν ἠλεκτροδίων, τὰ ὁποῖα συνδέονται πρὸς τοὺς πόλους πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, διοχετεύεται τὸ ρεῦμα εἰς τὸν ἠλεκτρολύτην. Τὸ ἠλεκτροδίων τὸ ὁποῖον συνδέεται πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς καλεῖται **ἄνοδος**, ἐνῶ τὸ ἠλεκτροδίων τὸ ὁποῖον συνδέεται πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον αὐτῆς καλεῖται **κάθοδος**.

Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι προκαλοῦμεν ἠλεκτρολύειν τῶν ἀκολουθῶν ὑδατικῶν διαλυμάτων : ὕδροχλωρικοῦ ὀξέος (HCl), χλωριούχου ψευδαργύρου (ZnCl_2), θεικοῦ ὀξέος (H_2SO_4), ὕδροξειδίου τοῦ καλίου (KOH), θεικοῦ χαλκοῦ (CuSO_4), τὰ ὁποῖα, ὡς ἤδη ἐλέχθη, ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ἠλεκτρολύτων.

Ἐκ τῆς ἐρεῦνης τοῦ ἀποτελέσματος τῆς ἠλεκτρολύσεως βλέπομεν ὅτι τὰ μόρια τοῦ ἠλεκτρολύτου διασπῶνται εἰς δύο μέρη, τὰ ὁποῖα καλοῦνται



Σχ. 268. Διάταξις ἠλεκτρολύσεως.

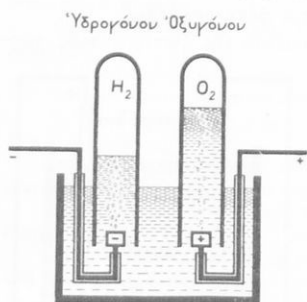
ὄντα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ μὲν ἐν ἀναφαίνεται ἐπὶ τῆς καθόδου καὶ καλεῖται κατιόν (+), τὸ δὲ ἕτερον ἐμφανίζεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ καλεῖται ἀνιόν (-).

Ἡλεκτρολύσις	Κατιόν	Ἀνιόν
Ὑδροχλωρικὸν ὀξύ (HCl)	H ⁺	Cl ⁻
Χλωριούχος ψευδάργυρος (ZnCl ₂)	Zn ⁺⁺	2 Cl ⁻
Θεικὸν ὀξύ (H ₂ SO ₄)	2 H ⁺	SO ₄ ⁻
Ὑδροξειδίου καλίου (KOH)	K ⁺	OH ⁻
Θεικὸς χαλκὸς (CuSO ₄)	Cu ⁺⁺	SO ₄ ⁻

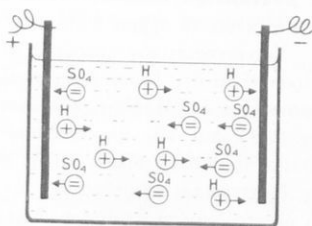
στοιχεῖον ἀμέταλλον ἢ ρίζα ἀμετάλλων. Οὕτω, προκύπτει ὁ ἄνωθεν πίναξ.

Ἐν τούτοις, εἰς τινὰς περιπτώσεις παρατηροῦνται προϊόντα ἐντελῶς διάφορα. Οὕτω, ἐάν ἡλεκτρολύσωμεν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, χρησιμοποιούντες ἡλεκτρόδια ἐκ λευκοχρόσου καὶ βολτάμετρον τῆς μορφῆς τοῦ σχήματος 269, τότε ὡς προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως ἀναφαίνονται ἀντὶ ὕδρογόνου καὶ τῆς ρίζης SO₄, ὕδρογόνον καὶ ὀξυγόνον, τὰ ὅποια συλλέγονται ἐντὸς τῶν ὀγκομετρικῶν σωλῶνων τῆς συσκευῆς δι' ἐκτοπίσεως ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, οὕτω δὲ δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως.

Τοῦτο ὅμως συμβαίνει λόγῳ δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων. Πράγματι, κατὰ τὴν ἡλεκτρολύσιν διαλύματος θειικοῦ ὀξέος, τὰ προϊόντα τῆς ἡλεκτρολύσεως εἶναι εἰς τὴν κάθodon H₂ καὶ εἰς τὴν ἀνodon SO₄ (σχ. 270). Ἡ ρίζα ὅμως SO₄, ὅταν ἀποβάλλῃ τὸ φορτίον τῆς, δὲν δύναται νὰ ὑπάρχῃ ἐν ἐλευθέρῳ καταστάσει, ἀλλ' ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ὕδατος τοῦ διαλύματος καὶ οὕτω ἀνασχηματίζεται



Σχ. 269. Βολτάμετρον διὰ τὴν ἡλεκτρολύσιν διαλύματος H₂SO₄.



Σχ. 270. Ἡλεκτρολύσις θειικοῦ ὀξέος.

θεικὸν ὀξύ, ἐκλυομένου ὀξυγόνου, τὸ ὅποion ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἀνodon κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Ὁμοίως, ἐάν ἡλεκτρολύσωμεν διάλυμα KOH, δὲν ἐμφανίζεται εἰς τὴν κάθodon K, ἀλλὰ H₂, ἐνῷ εἰς τὴν ἀνodon δὲν ἐμφανίζεται OH, ἀλλὰ O₂. Τοῦτο ὅμως πάλιν συμβαίνει ἕνεκα δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, αἱ ὁποῖαι λαμβάνουν χώραν ἀφ' ἑνὸς μὲν εἰς τὴν περιοχὴν τῆς καθόδου, ἀφ' ἑτέρου δὲ εἰς τὴν περιοχὴν τῆς ἀνόδου. Οὕτω τὸ K, τὸ ὅποion ἀναφαίνεται εἰς τὴν κάθodon, ἐπιδρᾷ χημικῶς ἐπὶ τοῦ ὕδατος, οὕτω δὲ σχηματίζεται καυστικὸν καλίου καὶ ἐλευθεροῦται ὕδρογόνον κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Όμοίως, ἡ ρίζα OH , ἡ ὁποία ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἄνοδον, δὲν δύναται νὰ ὑπάρχῃ ἐν ἐλευθέρῳ καταστάσει, ἀλλὰ σχηματίζεται ἐξ αὐτῆς ὕδωρ καὶ ἐλευθεροῦται ὀξυγόνο· κατὰ τὴν ἀντίδρασιν $4 \text{OH} = 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Οὕτω βλέπομεν ὅτι διὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως διαλύματος KOH , δὲν λαμβάνομεν εἰς τὴν κάθοδον K καὶ εἰς τὴν ἄνοδον OH , ἀλλὰ, λόγῳ δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, ἔχομεν εἰς τὴν κάθοδον H_2 καὶ εἰς τὴν ἄνοδον O_2 .

Τέλος, εἰς τὴν ἠλεκτρολύσασιν διάλυμα CuSO_4 , χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτροδὸν ἐκ χαλκοῦ, δὲν λαμβάνομεν εἰς τὴν ἄνοδον SO_4 , διότι ἡ ρίζα SO_4 προσβάλλουσα τὴν ἐκ χαλκοῦ ἄνοδον, ἀνασχηματίζει θετικὸν χαλκόν, καὶ οὕτω τὸ ἠλεκτροδίδιον τῆς ἀνόδου φθίρειται, ἐνῶ ὁ χαλκὸς ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς ἐκ χαλκοῦ καθόδου τῆς ὁποίας οὕτω ἡ μάζα αὐξάνεται, ἐνῶ ἡ πυκνότης τοῦ διαλύματος παραμένει ἀμετάβλητος. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅθεν ταύτην τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως συνίσταται ἀπλῶς εἰς μεταφορὰν Cu ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον.

204. Νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως. 1ος Νόμος. *Ἡ ποσότης τοῦ ἀποτιθεμένου κατιόντος ἢ ἀνιόντος εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ἀνάλογος τοῦ χρόνου τῆς διελεύσεως αὐτοῦ καὶ ἐξαρτᾶται πρὸς τοῦτοις ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἰόντος.*

Ἐὰν διὰ i καλέσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς Ἀμπέρ, διὰ t τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος εἰς sec καὶ διὰ m τὴν μάζαν εἰς gr τοῦ ἀποτιθεμένου ἰόντος, ὁ ἄνωτέρω νόμος ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$m = a \cdot i \cdot t \quad (1)$$

ὅπου a σταθερὰ ἐξαρτωμένη ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἰόντος. Ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι $q = it$, ὅπου q παριστᾷ τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὸ μεταφερόμενον ὑπὸ ρεύματος i A εἰς χρόνον t sec , ὁ τύπος (1) γράφεται:

$$m = a \cdot q \quad (2)$$

Ἐπὶ τῇ βάσει δὲ τοῦ τύπου τούτου, ὁ ἄνωτέρω νόμος δύναται νὰ διατυπωθῇ καὶ ὡς ἑξῆς: *Ἡ ποσότης τοῦ ἀποτιθεμένου ἰόντος εἶναι ἀνάλογος τοῦ διερχομένου διὰ τοῦ ἠλεκτρολύτου φορτίου ἠλεκτρισμοῦ.*

Ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον. Ἡ σταθερὰ a , ἡ ὑπηρεροχόμενη εἰς τοὺς τύπους (1) καὶ (2), ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ ἰόντος, καλεῖται **ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον** τοῦ ἰόντος, ἡ δὲ φυσικὴ σημασία αὐτῆς ὁρίζεται ὡς ἑξῆς: Ἐὰν εἰς τὸν τύπον (2) ὑποθέσωμεν ὅτι $q = 1$ Coulomb, προκύπτει: $m = a$ gr , ἤτοι: *τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον ἐκφράζει τὴν μάζαν εἰς γραμμάρια τοῦ ἰόντος τὴν ἀποτιθεμένην ὑπὸ φορτίου ἠλεκτρισμοῦ 1 Coulomb.*

Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τοῦ ἠλεκτροχημικοῦ ἰσοδυναμοῦ διὰ τὰ διάφορα στοιχεῖα ἔχει καθορισθῇ μετὰ μεγάλης ἀκριβείας, ἀναγράφεται δὲ εἰς εἰδικoὺς πίνακας φυσικῶν σταθερῶν. Οὕτω, διὰ τὸ ὕδρογόνο·ν εὐρέθῃ ὅτι εἶναι $a = 0,00001045$ gr/Cb , διὰ τὸν ἄργυρον $a = 0,001118$ gr/Cb κ.ο.κ.

Ἐφαρμογὴ. Ἀντικείμενον πρέπει νὰ ἐπικαλυφθῇ ἠλεκτρολυτικῶς ὑπὸ στρώματος χαλκοῦ πάχους $0,01$ mm . Ἐὰν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀντικειμένου εἶναι 7490 cm^2 ἡ δὲ ἐντασις τοῦ ρεύματος 10 A , ἐπὶ πόσον χρόνον πρέπει νὰ διαρκῇ ἡ διόδος τοῦ ρεύματος. (Πυκνότης χαλκοῦ $8,9$ gr/cm^3).

Ἡ μάζα τοῦ χαλκοῦ ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἀποτεθῇ, εἶναι γινόμενον τοῦ ὄγκου τοῦ στρώμα-

τος του χαλκού επί την πυκνότητα. Ἄρα ἔχομεν: Ὅγκος στρώματος = $7490 \cdot 0,001 = 7,49 \text{ cm}^3$ καὶ μᾶζα χαλκοῦ $m = 7,49 \cdot 8,9 = 66,67 \text{ gr}$.

Ἐκ τοῦ τύπου $m = a \cdot i \cdot t$, ἐὰν ληφθῇ ὅτ' ὅψιν ὅτι $a = 0,0003293 \text{ gr/Cb}$, καὶ $i = 10 \text{ A}$, εὐρίσκομεν:

$$t = \frac{66,67}{0,0003293 \cdot 10} = 20250 \text{ sec} \quad \eta \quad t = 5 \text{ h } 37 \text{ min καὶ } 30 \text{ sec}.$$

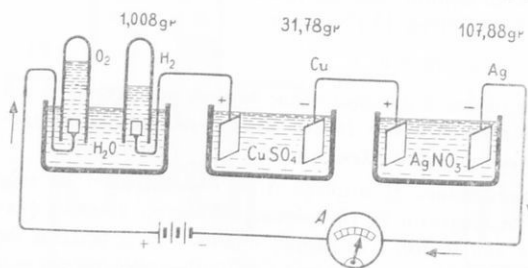
2ος νόμος. Διὰ τὴν διατύπωσιν τοῦ 2ου νόμου τῆς ηλεκτρολύσεως ἀπαιτεῖται ἡ γνῶσις τῆς ἐννοίας τοῦ **γραμμοῖσოდυνάμου**.

Ἐκαστον χημικὸν στοιχεῖον χαρακτηρίζεται ἐκ τοῦ **ἀτομικοῦ βάρους** καὶ τοῦ **σθένους** αὐτοῦ. Τὸ πηλίκον τοῦ ἀτομικοῦ βάρους διὰ τοῦ σθένους καλεῖται **ἰσοδύναμον τοῦ στοιχείου**, ἥτοι:

$$\text{ἰσοδύναμον στοιχείου} = \frac{\text{ἀτομικὸν βάρος στοιχείου}}{\text{σθένος στοιχείου}}$$

Γραμμοῖσოდύναμον δὲ τοῦ στοιχείου καλοῦμεν ποσότητα ἐκ τοῦ στοιχείου τόσων γραμμαρίων, ὅσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς ὁ ἐκφράζων τὸ χημικὸν ἰσοδύναμον αὐτοῦ. Οὕτω π.χ. τὸ ὀξυγόνον εἶναι δισθενὲς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 16, τὸ ἰσοδύναμον τοῦ ὀξυγόνου λοιπὸν θὰ εἶναι $16/2 = 8$ καὶ τὸ γραμμοῖσოდύναμον αὐτοῦ 8 γραμμάρια. Προκειμένου περὶ στοιχείων τὰ ὁποῖα ἐμφανίζονται ὑπὸ διάφορα σθένη, ὡς π.χ. ὁ χαλκός, ἐὰν μὲν οὗτος εἶναι δισθενής, τὸ ἰσοδύναμον αὐτοῦ θὰ εἶναι $63,57 : 2 = 31,785$, ἐνῶ ὅταν εἶναι μονοσθενής θὰ εἶναι $63,57 : 1 = 63,57$.

Μὲ τὴν ἐννοιαν τοῦ γραμμοῖσოდυνάμου, ὁ δεύτερος νόμος τῆς ηλεκτρολύσεως διατυπῶνται ὡς ἑξῆς:



Διὰ τὰ ἀποτεθῇ μᾶζα ἴση πρὸς τὸ γραμμοῖσოდύναμον, ἐξ οἷου δὴποτε ἰόντος, ἀνεξαρκήτως τῆς φύσεως αὐτοῦ, ἀπαιτεῖται πάντοτε ἡ αὐτὴ ποσότης ηλεκτρισμοῦ.

Σχ. 271. Διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τοῦ 2ου νόμου τῆς ηλεκτρολύσεως. Εἰς τὰς ἀντιστοιχοῦς καθόδους τῶν τριῶν ηλεκτρολυτικῶν στοιχείων ἀποτίθενται κατὰ τὴν δίοδον ποσότητες ηλεκτρισμοῦ 96500 Cb, αἱ ἀναφερόμεναι ποσότητες Cu, Ag, H.

ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ ἀπαιτεῖται ποσότης ηλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς 96 494 Cb. (ἡ κατὰ προσέγγισιν 96 500), καλεῖται δὲ αὕτη **σταθερὰ τοῦ Faraday (F)**, καὶ ἀποτελεῖ παγκοσμίαν σταθεράν, δηλαδὴ ἀνεξάρτητον τοῦ εἶδους τῶν ἰόντων, ἥτοι:

$$F = 96500 \frac{\text{Coulomb}}{\text{γραμμοῖσოდύναμον}}$$

Συμφώνως πρὸς τὸν 2ον νόμον, διὰ τὴν ἠλεκτρολυτικὴν ἀπόθεσιν ἑνὸς γραμμοῖσοδυνάμου H (δηλ. μάζης 1,008 gr), ἑνὸς γραμμοῖσοδυνάμου Ag (107,88 gr), καὶ ἑνὸς γραμμοῖσοδυνάμου Cu (31,785 gr) (σχ. 271) ἀπαιτεῖται πάντοτε ἡ αὐτὴ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἐκφραζομένη ὑπὸ τῆς σταθερᾶς Faraday.

Ὁ κάτωθι πίναξ παρέχει τὰ ἠλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα διαφόρων στοιχείων :

Ἡλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα.

Στοιχεῖα	Σύμβολον	Ἀτομικὸν βάρος	Σθένος	Χημικὸν ἰσοδύναμον	Ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον
<i>Ἡλεκτροθετικά</i>					
Υδρογόνον	H	1,008	1	1,008	0,00001045
Ἀργύρος	Ag	107,88	1	107,88	0,001118
Σίδηρος (δισθενής)	Fe	55,84	2	27,92	0,0002893
Σίδηρος (τρισθενής)	Fe	55,84	3	18,61	0,0001929
Χρῶμιον	Cr	52,01	3	17,34	0,0001796
Νικέλιον	Ni	58,69	2	29,35	0,000304
Ψευδάργυρος	Zn	65,38	2	32,69	0,0003387
<i>Ἡλεκτροαρνητικά</i>					
Ὄξυγόνον	O	16,00	2	8	0,0000829
Χλωρίον	Cl	35,457	1	35,457	0,0003674

Ἐάν διὰ τῶν βολτομέτρων (σχ. 271) διαβιβάσωμεν ρεῦμα ἐπὶ τι χρονικὸν διάστημα, ὥστε νὰ ἐλευθερωθῇ ποσότης ὑδρογόνου ἴση πρὸς 0,02 gr, τότε εἰς τὸ αὐτὸ χρονικὸν διάστημα θὰ ἐλευθερωθῇ μᾶζα ἀργύρου ἴση πρὸς 2,16 gr καὶ μᾶζα χαλκοῦ ἴση πρὸς 0,636 gr, αἱ δὲ μᾶζαι αὗται εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰ ἠλεκτροχημικὰ ἰσοδύναμα τῶν στοιχείων.

Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι, ἐάν γνωρίζωμεν τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον ἑνὸς οἰουδήποτε στοιχείου, π.χ. A, δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον οἰουδήποτε ἄλλου στοιχείου B, βάσει τῆς σχέσεως

$$\frac{\text{χημικὸν ἰσοδύναμον A}}{\text{ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον A}} = \frac{\text{χημικὸν ἰσοδύναμον B}}{\text{ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον B}}$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα: Νὰ υπολογισθῇ τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ ἀργιλίου, δεδομένου ὅτι τὸ ἰσοδύναμον αὐτοῦ εἶναι 8,96, γνωστοῦ ὅτις τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ ἀργύρου εἶναι 0,001118 gr/Cb καὶ τὸ ἰσοδύναμον αὐτοῦ 108.

Εἰς τὸ πρόβλημα τοῦτο τὸ στοιχεῖον A εἶναι ὁ ἀργύρος καὶ τὸ στοιχεῖον B τὸ ἀργίλιον, ὅποτε δι' ἐφαρμογῆς τῆς ἀνωτέρω σχέσεως θὰ ἔχωμεν :

$$\frac{108}{0,001118} = \frac{8,96}{x} \quad \text{καί : } x = \frac{8,96 \cdot 0,001118}{108} = 0,0000927$$

ἄρα τὸ ἠλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον τοῦ ἀργιλίου εἶναι 0,0000927 gr/Cb.

205*. **Υπόθεσις Helmholtz.** Ἡ ὡς ἄνω περιέργως σύνδεσις τῆς σταθερᾶς Faraday πρὸς τὸ γραμμοῖσούδιναμον τῶν στοιχείων, ἤγαγε εἰς παλαιότεραν ἐποχὴν τὸν Helmholtz νὰ διατυπώσῃ τὴν ὑπόθεσιν, ὅτι ὁ ἠλεκτρισμὸς ἀποτελεῖ εἶδος ὕλης καὶ ὅτι πρᾶπει ν' ἀποτελῇται ἐξ ἀτόμων, ἥτοι ἠλεκτρονίων, ἐδέχθη δὲ ὅτι τὰ άτομα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι μονοσθενῆ.



SVANTE ARRHENIUS (1859-1927)

Σουηδὸς Φυσικός, Μαθηματικός καὶ Χημικός. Κατέστη ὀνομαστός μετὰ τὴν ριζοσπαστικὴν θεωρίαν του τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διαστάσεως.

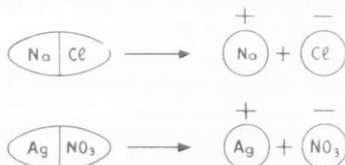
Ἐπὶ τῇ βίσει τῆς ἠλεκτρονικῆς θεωρίας τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ὁ δεῦτερος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐξηγεῖται σήμερον ὡς ἀκολούθως: Ἐκαστον ἰὸν δεχόμεθα ὅτι εἶναι τὸ ἀντίστοιχον οὐδέτερον ἄτομον, τὸ ὁποῖον φέρει τόσα θετικὰ ἢ ἀρνητικὰ στοιχειώδη φορτία, ὅσα ἐκφράζει τὸ σθένος αὐτοῦ.

Ἐπειδὴ ὁμως τὸ μὲν θετικὸν φορτίον ἀτόμου ἀγείρεται εἰς ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων τὸ δὲ ἀρνητικὸν εἰς περισσείαν ἠλεκτρονίων, ἔπεται ὅτι τὰ κατιόντα τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν θετικὰ ἰόντα, ἔχουν ἀπολέσει τόσα ἠλεκτρόνια, ὅσα ὑποδηλοῖ ὁ ἀριθμὸς ὁ ἐκφράζων τὸ σθένος τοῦ στοιχείου, ἐνῶ τὰ ἀνιόντα τὰ ὁποῖα εἶναι ἀρνητικὰ ἰόντα, ἔχουν προσλάβει τόσα ἐπὶ πλέον ἠλεκτρόνια, ὅσα ὑποδηλοῖ τὸ σθένος τοῦ στοιχείου. Οὕτω τὸ κατιόν Na^+ προέρχεται ἀπὸ ἄτομον νατρίου, ἐκ τοῦ ὁποῖου ἔχει ἀποσπασθῇ ἓν ἠλεκτρόνιον, ἐνῶ τὸ ἀνιόν Cl^- εἶναι ἄτομον χλωρίου, τὸ ὁποῖον ἔχει προσλάβει ἓν ἐπὶ πλέον ἠλεκτρόνιον. Ἀνάλογα ἰσχύουν καὶ διὰ τὰ λοιπὰ ἰόντα. Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνωτέρω ἐκδοχῆς, ὑπελογίσθη τὸ φορτίον τοῦ ἠλεκτρονίου τὸ ὁποῖον εὐρέθη ἴσον πρὸς:

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Cb.}$$

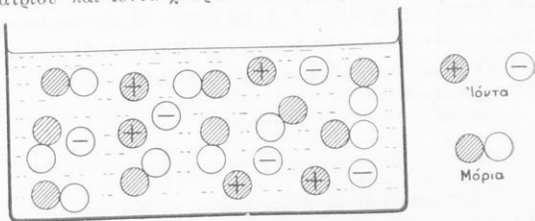
206. **Μηχανισμὸς τῆς ἠλεκτρολυτικῆς ἀγωγιμότητος.** Ἡ διέλευσις ρεύματος δι' ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, ἐξηγεῖται διὰ τῆς **θεωρίας τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διαστάσεως**, ἣ ὁποία διεμορφώθη ὑπὸ τοῦ Arrhenius καὶ ἣ ὁποία ἐν συντόμῳ ἔχει ὡς ἑξῆς: Ἐν μόνιον χλωριούχου νατρίου προέρχεται ἐκ τῆς συνενώσεως ἑνὸς θετικοῦ ἰόντος νατρίου (Na^+) καὶ ἑνὸς ἀρνητικοῦ ἰόντος χλωρίου (Cl^-), τῶν ὁποίων τὰ φορτία ἐξουδετεροῦν ἄλληλα καὶ τὸ μόνιον ἐμφανίζεται ὡς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

Καθ' ὅμοιον τρόπον ἐν μόνιον νιτρικοῦ ἀργύρου προέρχεται ἐκ τῆς συνενώσεως ἑνὸς θετικοῦ ἰόντος ἀργύρου (Ag^+) καὶ ἑνὸς ἀρνητικοῦ ἰόντος, (NO_3^-), οὕτω δὲ πάλιν τὰ φορτία τῶν ἰόντων ἐξουδετεροῦν ἄλληλα καὶ τὸ μόνιον ἐμφανίζεται ὡς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον. Τοῦτο δεικνύεται παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 272.



Σχ. 272. Εἰκονικὴ παράστασις μορίων NaCl καὶ AgNO_3 ὡς καὶ τῆς διασπάσεως αὐτῶν εἰς ἰόντα.

Όταν ἐντὸς τοῦ ὕδατος διαλύσωμεν χλωριούχον νάτριον, τότε μέρος τῶν μορίων αὐτοῦ ὑφίσταται τὴν ηλεκτρολυτικὴν διάστασιν, δηλ. ἐν μέρος τῶν μορίων διαχωρίζεται εἰς ἰόντα νατρίου καὶ ἰόντα χλωρίου. Οὕτω, εἰς τὸ διάλυμα θὰ ὑφίστανται θετικὰ ἰόντα νατρίου καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα χλωρίου, πρὸς τοὺς ὅμως καὶ ἀδιάσπαστα οὐδέτερα μόρια χλωριούχου νατρίου, ὡς δεικνύεται εἰς σχῆμα 273.



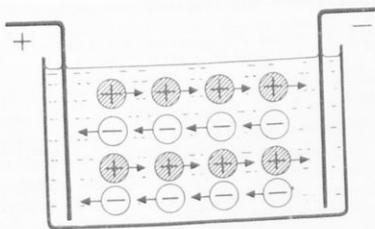
Σχ. 273. Ηλεκτρολυτικὴ διάστασις μορίων εἰς ἰόντα.

Ἐπειδὴ κατὰ τὴν ηλεκτρολυτικὴν διάστασιν τὸ διάλυμα παραμένει ηλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἔπεται ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἐκάστοτε ἐμφανιζομένων θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ἰόντων παραμένει ὁ αὐτός, καὶ οὕτω τὰ φορτία αὐτῶν ἐξουδετεροῦν ἀλλήλα.

Τὰ ἰόντα καὶ τὰ μόρια ἐντὸς τοῦ διαλύματος δὲν εὐρίσκονται ἐν ἡρεμίᾳ, ἀλλὰ κινοῦνται ὅλως ἀτάκτως, καὶ ἄλλοτε μὲν κατὰ τὰς κινήσεις αὐτῶν συνενοῦνται καὶ σχηματίζουν οὐδέτερα μόρια, ἄλλοτε δὲ τὰ μόρια διίστανται εἰς ἰόντα, πάντοτε ὅμως εἰς ἐκάστην χρονικὴν στιγμήν ὑφίσταται ὁ αὐτὸς ἀριθμὸς ἰόντων καὶ ἀδιασπαστῶν μορίων ἐντὸς τοῦ διαλύματος.

Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου, ὅταν σχηματίζομεν ὕδατικὸν διάλυμα ἐξ αὐτοῦ, ὡς καὶ ἐν γένει δι' οἰονδήποτε ηλεκτρολύτην.

Ἐκαστον ἰόν, θετικὸν ἢ ἀρνητικόν, ἐφ' ὅσον εἶναι μονοσθενές, εἶναι συνδεδεμένον πρὸς ἓν στοιχειῶδες ηλεκτρικὸν φορτίον e , ἐὰν εἶναι δισθενές εἶναι συνδεδεμένον πρὸς δύο στοιχειῶδη φορτία $\kappa.ο.κ.$ Οὕτω τὸ ἰόν Na^+ , ἐπειδὴ εἶναι μονοσθενές, φέρει ἓν μόνον στοιχειῶδες φορτίον, ἐνῶ τὸ δισθενές ἰόν Cu^{++} φέρει δύο στοιχειῶδη φορτία $\kappa.ο.κ.$ Συμφώνως δὲ πρὸς τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις περὶ συγκροτήσεως τῆς ὕλης, τὸ θετικὸν ἰόν νατρίου εἶναι ἄτομον νατρίου τὸ ὁποῖον ἔχει χάσει ἐν ἀπὸ τὰ ηλεκτρόνια αὐτοῦ, ἐνῶ τὸ ἀρνητικὸν ἰόν χλωρίου εἶναι ἄτομον χλω-



Σχ. 274. Μετατόπισις τῶν κατιόντων πρὸς τὴν κάθοδον καὶ τῶν ἀνιόντων πρὸς τὴν ἀνόδον.

ρίου τὸ ὁποῖον ἔχει περισσεύειν ἐνὸς ηλεκτρονίου. Κατ' ἀνάλογον τρόπον ἐξηγεῖται καὶ ἡ γένεσις τῶν δισθενῶν, τρισθενῶν $\kappa.ο.κ.$ ἰόντων.

Ἐὰν ἤδη ἐντὸς τοῦ διαλύματος βυθίσωμεν δύο μεταλλικὰ ηλεκτρόδια ἀπὸ λευκοχρύσου καὶ συνδέσωμεν αὐτὰ πρὸς τοὺς πόλους πηγῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον θὰ ἔλκῃ πρὸς τὸ μέρος τοῦ τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα καὶ τὸ ἀρνη-

τικὸν τὰ θετικά, εἰς τὴν μετατόπισιν δὲ ταύτην τῶν ἰόντων ὀφείλεται ἡ ἀγωγιμότης τῶν ἡλεκτρολύτων ἢ ἄλλως ἡ διέλευσις ρεύματος δι' αὐτῶν (σγ. 274).

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. 1) *Πόση μᾶζα ἀργύρου ἀποχωρίζεται ἀπὸ διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου ὑπὸ ρεύματος 5 A, εἰς χρόνον 10 πρώτων λεπτῶν :*

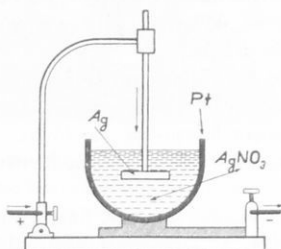
Οὕτω ἔχομεν: $m = \alpha \cdot i \cdot t = 0,001118 \cdot 5 \cdot 600 = 3,36 \text{ gr.}$

2) *Πόση ποσότης ἡλεκτρισμοῦ ἀπαιτεῖται διὰ τὴν ἀπόθεσιν 1 kgf χαλκοῦ ἀπὸ διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ.*

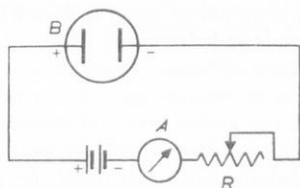
Ἐκ τοῦ τύπου $m = \alpha \cdot q$ εὐρίσκομεν:

$$q = \frac{m}{\alpha} = \frac{1000}{0,00033} = 3,03 \cdot 10^6 \text{ Cb.}$$

207. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἡλεκτρολύσεως. α) *Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.* Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν τὸ βολτάμετρον δι' ἀργύρου. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἐκ μικρᾶς κάψης (σγ. 275) ἐκ λευκοχρόσου (Pt), ἢ ὁποία ταυτοχρόνως χρησιμεύει ὡς κάθοδος. Ἐντὸς τῆς κάψης τίθεται, ὡς ἡλεκτρολύτης, ὕδατικὸν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου (Ag NO_3) καὶ ὡς



Σγ. 275. Βολτάμετρον δι' ἀργύρου.



Σγ. 276. Συνδεσμολογία βολταμέτρου B, διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

ἀνοδος χρησιμοποιεῖται πλᾶξ ἐξ ἀργύρου (Ag). Τὸ σχῆμα 276 δεικνύει τὸν τρόπον συνδεσμολογίας τοῦ βολταμέτρου.

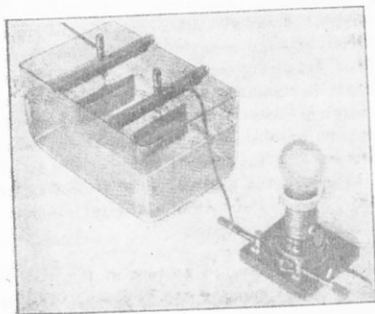
Λίδοντες εἰς τὴν ρυθμιζομένην ἀντίστασιν R ὥρισμένην τιμὴν, ἀφήνομεν νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ βολταμέτρου B ρεῖμα, ἐπὶ χρονικὸν διάστημα $t \text{ sec.}$ Λόγῳ τῆς διελύσεως τοῦ ρεύματος, λαμβάνει χώραν μεταφορὰ ἀργύρου ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον, διότι τὸ κατιόν Ag ἀποτίθεται ἐπὶ τῆς καθόδου, ἐνθὲ τὸ ἀνιόν NO_3 φέρεται πρὸς τὴν ἐξ ἀργύρου ἀνοδον, προσβάλλει αὐτὴν καὶ σχηματίζει ἐκ νέου νιτρικοῦ ἀργύρου. Ἡ ἐκ λευκοχρόσου κάθοδος ζυγίζεται ἐν ἀρχῇ, μετὰ δὲ τὸ τέλος τοῦ πειράματος, ἀφοῦ ἐκπλυνθῇ καὶ ξηρανθῇ ζυγίζεται ἐκ νέου, καὶ ἡ διαφορὰ ἢ προκύπτουσα ἐκ τῶν δύο ζυγίσεων παρέχει τὴν μᾶζαν m τοῦ ἀποτεθέντος ἀργύρου. Γνωρίζομεν ὅτι εἶναι $m = \alpha \cdot i \cdot t$, ἐπεὶ δὲ $\alpha = 0,001118 \text{ gr/Cb}$, εὐρίσκομεν:

$$i = \frac{m}{0,001118 \cdot t} \text{ Ampère}$$

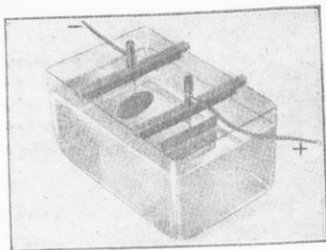
Παρατήρησις. Ἰδιαίτεράν σημασίαν παρουσιάζει ἡ ἀνωτέρω μέτρησις, ἡ χρησιμοποιοῦσα τὸ βολτάμετρον δι' ἀργύρου, διότι αὕτη χρησιμεύει εἰς τὰ ἐπιστημονικὰ ἐργαστήρια διὰ τὴν βαθμολογίαν καὶ τὸν ἔλεγχον τῶν ἀμπερομέτρων. Ἐπὶ τῇ βάσει δὲ τῆς ἡλεκτρολύσεως τοῦ νιτρικοῦ ἀργύρου, *ὁρίσθη διεθνῶς ἡ μονὰς Ampère, ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία ἀποθετεῖ ἐπὶ τῆς καθόδου 0,001118 gr Ag ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου.* Ἡ οὕτως ὁριζομένη μονὰς ἐντάσεως ρεύματος χρησιμοποιεῖται διεθνῶς εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ.

β) **Επιμετάλλωσις.** Ούτω καλεῖται ἡ μέθοδος διὰ τῆς ὁποίας περικαλύπτομεν μεταλλικὰς ἐπιφανείας, δι' ἡλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ, δι' ἄλλων μετάλλων, π.χ. χαλκοῦ, ἀργύρου, χρυσοῦ, κ.ο.κ.

1) **Ἐπιχάλκωσις.** Πρὸς τοῦτο χρησιμοποιοῦμεν ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν ὕδατικὸν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ, ὡς κάθοδον τὸ πρὸς ἐπιχάλκωσιν ἀντιτεταμένον καὶ ὡς ἄνοδον πλάκα ἐκ χαλκοῦ. Ἐάν συνδέσωμεν τὰ ἡλεκτρόδια πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, γνωρίζομεν ἐκ τῶν προηγουμένων ὅτι λαμβάνει χώραν μεταφορὰ χαλκοῦ ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον, ὁ ὁποῖος οὕτω ἐπικάθεται ἐπὶ τοῦ πρὸς ἐπιχάλκωσιν ἀντιτεταμένου (σχ. 277).



Σχ. 277. Ἡλεκτρολυτικὴ συσκευή ἐπιχάλκωσης. Ἡ λυχνία χρησιμεύει διὰ τὴν ρύθμισιν τῆς ἐντάσεως τοῦ διερχομένου ρεύματος.



Σχ. 278. Συσκευή γαλβανοπλαστικῆς. Τὴν κάθοδον ἀποτελεῖ τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα, καὶ τὴν ἄνοδον πλᾶξ χαλκοῦ.

2) **Ἐπαργύρωσις.** Ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιεῖται ὕδατικὸν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὡς κάθοδος χρησιμεύει τὸ πρὸς ἐπαργύρωσιν ἀντιτεταμένον, ὡς ἄνοδος δὲ πλᾶξ ἐκ καθαροῦ ἀργύρου. Ἐάν τὰ ἡλεκτρόδια συνδεθῶν πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, λαμβάνει χώραν μεταφορὰ ἀργύρου ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον, ὁ ὁποῖος οὕτω ἀποτίθεται ἐπὶ τοῦ πρὸς ἐπαργύρωσιν ἀντιτεταμένου.

γ) **Ἐπιχρύσωσις.** Ὡς ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιεῖται ὕδατικὸν διάλυμα κατὰ-λῆλου αἰατος χρυσοῦ, ὡς κάθοδος χρησιμεύει τὸ πρὸς ἐπιχρύσωσιν ἀντιτεταμένον, ὡς ἄνοδος δὲ πλᾶξ ἐκ καθαροῦ χρυσοῦ. Ἐάν συνδέσωμεν τὰ ἡλεκτρόδια πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, λαμβάνει χώραν μεταφορὰ χρυσοῦ ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθοδον, ὁ ὁποῖος ἐπικάθεται ἐπὶ τοῦ πρὸς ἐπιχρύσωσιν ἀντιτεταμένου.

δ) **Γαλβανοπλαστική.** Αὕτη κατ' ὁμοίαν ἀποτελεῖ ἐπιχάλκωσιν, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ κάθοδος δὲν εἶναι ἐξ ἀρχῆς σῶμα ἀγωγὸν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἀλλὰ καθίσταται τοιαύτη διὰ περικαλύψεως αὐτῆς ἐπὶ λεπτοῦ στρώματος γραφίτου. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ χρησιμεύει κυρίως διὰ τὴν παραγωγὴν χαλκίνων ἐκμαγείων δι' ἡλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ. Οὕτω, ἐάν θέλωμεν νὰ πραγματοποιήσωμεν χαλκίνον ἐκμαγεῖον, τῆς ὁμοίας π.χ. νομίσματος, ἐργαζόμεθα ὡς κατωτέρω. Διὰ γουταπέτρης, ἡ ὁποία διὰ θερμάνσεως γίνεται μαλακὴ, λαμβάνομεν τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς ὁμοίας νομίσματος. Ἀκολουθῶν, περικαλύπτομεν τὴν γουταπέτρην, ἀφοῦ προηγουμένως αὕτη σκληρυνθῇ διὰ ψύξεως διὰ λεπτοῦ στρώματος γραφίτου, ὅπως καταστήσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῆς ἀγωγὸν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, καὶ χρησιμοποιεῖται πλᾶξ ἐκ καθαροῦ χαλκοῦ (σχ. 278). Ἐάν διὰ τὸν ἡλεκτροδίων διαβιβάσωμεν συνεχὲς ρεῖμα, τότε ἐπὶ τῆς γουταπέτρης ἀποτίθεται χαλκός. Ἐάν ἀφήσωμεν δὲ τὸ ρεῖμα νὰ διέλθῃ ἐπὶ ἱκανὸν χρόνον, ὥστε νὰ ἀποτεθῇ στρῶμα χαλκοῦ ἀρκετοῦ πάχους, διακόψωμεν δὲ ἀκολουθῶν τὸ ρεῖμα καὶ ἐμβαπτίσωμεν τὸ ἡλεκτρόδιον τῆς καθόδου ἐντὸς θερμοῦ ὕδατος, εἰς τρόπον ὥστε ἡ

γυναπέριξη νά ταχῇ, τότε ἀποχωρίζεται ἐξ αὐτῆς τὸ ἠλεκτρολυτικὸς ἀποτεθὲν στρῶμα τοῦ χαλκοῦ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου εἶναι ἀποτυπωμένη ἡ θετικὴ ὀρις τοῦ νομίσματος, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ πιστὸν ἀντίγραφον τοῦτου.

Ἡ γαλβανοπλαστικὴ ἔχει πλείστας ἐφαρμογὰς, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἀναφέρονται τὴν κατασκευὴν ἀποτυπωμάτων φωνογραφικῶν λήψεων, τὰ ὁποία χρησιμεύουν εἰς τὴν παραγωγὴν φωνογραφικῶν πλακῶν, ὡς καὶ εἰς τὴν δημιουργίαν φωνογραφικῶν ἀρχεῖων.

203. Βιομηχανικὴ παρασκευὴ διαφόρων προϊόντων. Σπουδαιότατην ἐφαρμογὴν ἔχει ἡ ἠλεκτρολύσις κατὰ τὴν βιομηχανικὴν παρασκευὴν διαφόρων προϊόντων, ὡς καὶ εἰς τὴν ἀπαλλαγὴν αὐτῶν ἀπὸ ξένων προσμίξεων. Οὕτω σήμερον παρασκευάζεται βιομηχανικῶς χημικὸς καθαρὸς χαλκὸς δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ, διὰ χρησιμοποίησεως ὡς ἀνόδου τοῦ ἀκαθάρτου χαλκοῦ. Καθ' ὅμοιον τρόπον παρασκευάζομεν χημικῶς καθαρὸν ψευδάργυρον, κάδμιον, ὡς καὶ ἄλλα μέταλλα. Ἐξ ἄλλου, δι' ἠλεκτρολύσεως τετηγμένων ἀλάτων, δυνάμεθα δι' ἠλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ νὰ ἀποχωρήσωμεν διάφορα μέταλλα, ὡς π.χ. τὸ ἀργύριον. Ἐπίσης μεγάλαι ποσότητες ὕδρογόνου καὶ ὀξυγόνου παρασκευάζονται σήμερον βιομηχανικῶς δι' ἠλεκτρολύσεως τοῦ ὕδατος. Τέλος, σπουδαιότατὴ ἐφαρμογὴ τῆς ἠλεκτρολύσεως γίνεται εἰς τὴν πραγματοποιήσασιν τῶν ἠλεκτρολυτικῶν πυκνωτῶν, λίαν διαδεδομένον εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας.

209*. Ἡλεκτρολυτικὴ ἐπενέργεια παρασίτων ρευμάτων. Τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐπιδρᾷ οὐσιωδῶς ἐπὶ τῆς διαρκείας τῆς ζωῆς τῶν σιδηρῶν ὀχητῶν ὕδατος, οἱ ὁποῖοι γειτονεῦν πρὸς τροchioδρομικὰς γραμμὰς ἠλεκτροκινήτων τροchioδρόμων.



Σχ. 279. Ἡλεκτρολυτικὴ διάβρωση μεταλλικοῦ ὀχητοῦ ὕδατος.

περιοχὴν ταύτην συμπεριφέρεται καθ' ὅμοιον τρόπον ὡς τὸ ἠλεκτρόδιον εἰς τὴν περιπτώσιν π.χ. βλταμέτρου διὰ θεικοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον ὡς ἀνόδος χρησιμεύει πλᾶξ ἐκ χαλκοῦ.

Ἀνάλογα φαινόμενα παρατηροῦνται εἰς ὑπόγεια καλώδια μεταβιβάσεως ρεύματος, φέροντα μολύβδινον περίβλημα, ὅπου παρατηρεῖται διάβρωση αὐτοῦ λόγῳ παρασίτων ρευμάτων.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

210. Βασικὸν πείραμα. Ἐάν εἰς δοχεῖον ὑάλλινον, περιέχον ὕδατικὸν διάλυμα θεικοῦ ὀξέος, ἐμβαπτίσωμεν δύο μεταλλικὰ ἐλάσματα, ἢ ἄλλως καλούμενα ἠλεκτρόδια, τὸ μὲν ἓν ἐκ ψευδαργύρου, χημικῶς καθαροῦ, τὸ δ' ἕτερον ἐκ χαλκοῦ, εἰς τρόπον ὥστε νὰ μὴ ἐφάπτονται οὔτε ἐντὸς οὔτε ἐκτὸς τοῦ δοχείου (σχ. 280, I), τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι ὁ μὲν χαλκὸς ἠλεκτρίζεται θετικῶς, ὁ δὲ ψευδάργυρος ἀρνητικῶς, ἥτοι μεταξὺ αὐτῶν ἀναπτύσσεται διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἐάν

ὅμως ἐξωτερικῶς συνδέσωμεν διὰ σύρματος τὸν χαλκὸν πρὸς τὸν ψευδάργυρον (σχ. 280, II), παρεμβάλλοντες μεταξὺ τῶν δύο ἀγωγῶν συνδέσεως μικρὰν λυχνίαν πυρακτώσεως, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, ἐκ τούτου δὲ συνάγουμεν ὅτι δι' αὐτῆς διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, προερχόμενον ἐκ τῆς ἀναπτύξεως ΗΕΔ. Ταυτοχρόνως ὅμως παρατηροῦμεν, ὅτι καθ' ὃν χρόνον ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ ψευδαργύρου παρατηρεῖται ἀναβρασμός, διὰ τοῦ ὁποῦ ὑποδηλοῦται ὅτι εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην λαμβάνει χώραν χημικὴ ἀντίδρασις, ἐνῶ ἐξ ἄλλου, τὸ ἐκ χαλκοῦ ἡλεκτροδίου περικαλύπτεται ὑπὸ φυσαλίδων ἀερίου.

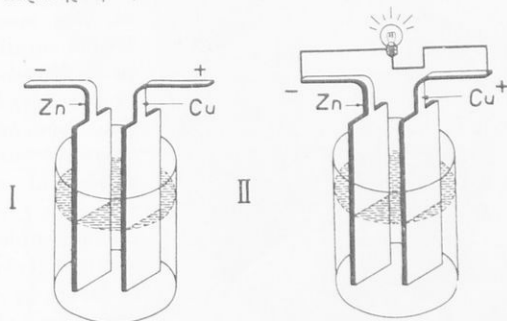
Ἐτερον σπουδαῖον φαινόμενον τὸ ὁποῖον παρατηρεῖται εἶναι ὅτι ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας δὲν διατηρεῖται σταθερά, ἀλλὰ ἐφ' ὅσον ἡ διάρκεια τοῦ πειράματος παρατείνεται, ἡ φωτοβολία αὐτῆς ἐξασθενεῖ ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, μέχρις ἐκμηδενίσεως. Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα τῶν φαινομένων, τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται κατὰ τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν πείραμα, ἤγαγεν εἰς τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα: Εὐθὺς ὡς συνδεθῇ ἐξωτερικῶς δι' ἀγωγὸν συνδέσμου ὁ χαλκὸς πρὸς τὸν ψευδάργυρον, ὅτε ἡ διάταξις παρέχει ρεῦμα, τότε τὸ θεικὸν ὀξύ ἐπιδρᾷ ἐπὶ τοῦ ψευδαργύρου καὶ παρέχει θεικὸν ψευδάργυρον, ἐνῶ ἐλευθεροῦται ὑδρογόνον κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Τὸ ἐλευθερούμενον ἐξ ἄλλου ὑδρογόνον δὲν ἐκλύεται, ἀλλὰ, τοῦναντίον, δεσμεύεται ὑπὸ τοῦ χαλκοῦ καὶ ἐπικάθεται ἐπ' αὐτοῦ ὑπὸ μορφὴν φυσαλίδων. Ἡ ἐξασθένεισις, τὴν ὁποίαν ὑφίσταται τὸ ρεῦμα, ὀφείλεται εἰς τὴν ἐπικάθησιν τῶν φυσαλίδων ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ, διότι ἐὰν τῇ βοηθείᾳ ὑαλίνης ράβδου, ἐκδιώξωμεν αὐτάς δι' ἀναταράξεως τοῦ ὑγροῦ τοῦ εὐρισκομένου εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ χαλκοῦ, τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἀναζωογονεῖται, ὡς τοῦτο δεικνύεται ἐκ τῆς λυχνίας, ἡ ὁποία ἀρχίζει ἐκ νέου νὰ φωτοβολῇ.

Τὸ ὡς ἄνω φαινόμενον τῆς μειώσεως τοῦ ρεύματος, λόγῳ τῆς ἐπικαθήσεως τῶν φυσαλίδων τοῦ ὑδρογόνου ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου ἐκ χαλκοῦ, καλεῖται **πόλωσις** τοῦ ἡλεκτροδίου.

211. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ ἀνωτέρω περιγραφείσα διάταξις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ πηγὴν ΗΕΔ, ἢ ὡς συνήθως λέγομεν, πηγὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, καλεῖται **ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον**. Τὸ ἐν τοῖς προηγουμένοις περιγραφέν ἡλεκτρικὸν



Σχ. 280. I Συγκρότησις ἡλεκτρικοῦ στοιχείου. II Διὰ συνδέσεως τῶν δύο πόλων πρὸς λυχνίαν, αὕτη φωτοβολεῖ.

στοιχείον δὲν εἶναι πρακτικῶς χρησιμοποίησιμον, ἔνεκα τοῦ φαινομένου τῆς πολώσεως, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ ἑξασθένειαν τοῦ ρεύματος τοῦ στοιχείου, φελομένην



ALESSANDRO VOLTA (1745-1827)

Ἰταλὸς Φυσικός. Ὀνομαστὸς διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ἡλεκτρίσεως ἐξ ἐπαφῆς τῶν μετάλλων. Ἐφευρέτης τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου, τοῦ ἡλεκτροφόρου κ.τ.λ.

ἐντὸς τοῦ ὁποίου τίθεται ὠρισμένον ἡλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν, ἀπὸ δύο ἑτερογενῆ ἡλεκτρόδια, τὰ ὁποῖα βυθίζονται ἐν μέρει ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ καὶ ἀπὸ τὸ ἀντιπολωτικὸν σῶμα.

212. Διάφοροι τύποι ἡλεκτρικῶν στοιχείων. Εἰς παλαιότεραν ἐποχὴν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐπιστήμη τοῦ ἡλεκτρισμοῦ δὲ εἶχεν ἀναπτυχθῇ τὸσον πολὺ ὅσον σήμερον, ἐχρησιμοποιήθησαν πολυάριθμοι τύποι ἡλεκτρικῶν στοιχείων, ὡς τοῦ Daniell, Bunsen, Grenet, Leclanché κ.ά.

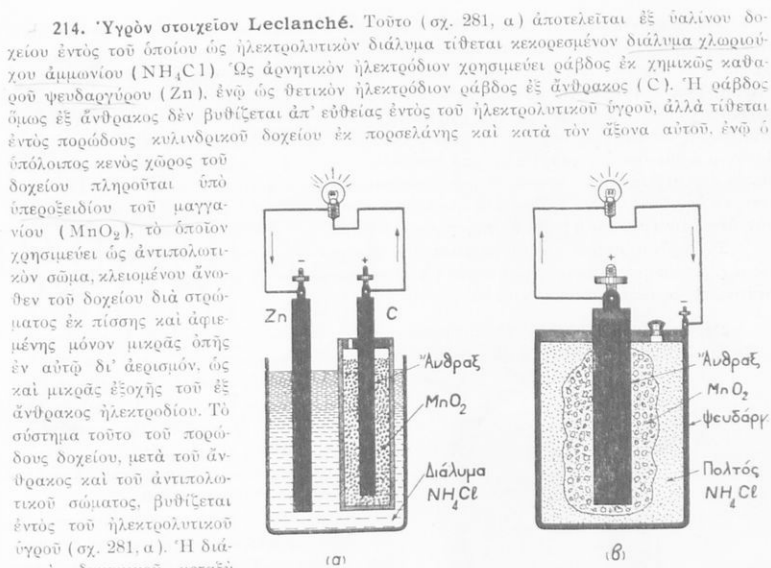
Ὅλοι ὅμως οἱ τύποι τῶν στοιχείων τούτων ἀνέχουν σήμερον εἰς τὴν ἱστορίαν τῆς Φυσικῆς, διότι ἡ χρησιμοποίησις αὐτῶν ἐγκατελείφθη, διεσώθη δὲ μόνον ἐκ τούτων τὸ στοιρεῖον Leclanché τὸ ὁποῖον ἐξακολουθεῖ καὶ σήμερον εἰσέτι χρησιμοποιούμενον, ἰδίως ὑπὸ τὴν ξηρὰν μορφήν αὐτοῦ, ὡς καὶ τὸ στοιχεῖον Daniell, ἀλλὰ καὶ τούτων ἡ χρῆσις εἶναι πολὺ περιορισμένη. Ὡς ἐκ τούτου δέ, θὰ περιορισθῶμεν μόνον εἰς τὴν περιγραφὴν τῶν δύο τούτων στοιχείων.

213. Στοιχεῖον Leclanché. Τὸ στοιχεῖον τοῦτο χρησιμοποιεῖται ὑπὸ δύο μορφάς, τὴν ὑγρὰν καὶ τὴν ξηρὰν. Μολονότι τὸ στοιχεῖον δὲν χρησιμοποιεῖται σήμερον ὑπὸ τὴν ὑγρὰν μορφήν αὐτοῦ, ἀλλὰ μόνον ὑπὸ τὴν ξηρὰν, ἐν τούτοις θὰ περιγράψωμεν τοῦτο ὑπὸ τὴν ὑγρὰν του μορφήν, διότι ἡ περιγραφή αὕτη διευκολύνει πολὺ τὴν περιγραφὴν καὶ κατανόησιν του ὑπὸ τὴν ξηρὰν μορφήν.

εἰς τὴν ἐπικαθῆσιν τῶν φυσαλίδων ὕδρογόνου ἐπὶ τοῦ ἡλεκτροδίου ἐκ χαλκοῦ.

Τὸ στοιχεῖον τοῦτο θὰ ἦτο δυνατόν νὰ γίνῃ πρακτικῶς χρησιμοποίησιμον, ἐὰν διὰ καταλλήλου διατάξεως ἐδεσμεύετο τὸ ὕδρογόνον, πρὶν ἢ προλάβῃ τοῦτο νὰ ἐπικαθῇ ἐπὶ τοῦ ἐκ χαλκοῦ ἡλεκτροδίου. Τοῦτο δύναιται νὰ κατορθωθῇ, ἐὰν προστατεύσωμεν τὸ πολούμενον ἡλεκτρόδιον μὲ σώματα πλούσια εἰς ὀξυγόνον, ὡς π.χ. νιτρικὸν ὀξύ, ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου κ.ά., τὰ ὁποῖα διὰ τοῦ ὀξυγόνου αὐτῶν δεσμεύουν τὸ ὕδρογόνον, τὸ ὁποῖον, ὡς γνωστόν, ἔχει μεγάλην συγγένειαν πρὸς τὸ ὀξυγόνον, οὕτω δὲ παρὰ κωλύεται ἡ πόλωσις τοῦ στοιχείου καὶ δύναται τοῦτο νὰ λειτουργῇ χωρὶς νὰ ὑφίσταται ἑξασθένειαν. Τὰ πρὸς τὸν σκοπὸν τούτον χρησιμοποιούμενα σώματα, καλοῦνται ἀντιπολωτικά.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀνωτέρω, προκύπτει ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον πραγματοποιεῖται ἀπὸ δοχείου (π.χ. ὑάλινου),



Σχ. 281. (α) Ὑγρὸν στοιχεῖον Leclanché.

(β) Ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché.

καλεῖται δὲ αὕτη **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις** τοῦ στοιχείου. Τὸ ἄκρον τῆς ράβδου τοῦ ψευδαργύρου καλεῖται **ἀρνητικὸς πόλος** τοῦ στοιχείου, διότι φέρει ἀρνητικὸν φορτίον, ἐνῶ τὸ ἄκρον τῆς ἐξ ἀνθρακῶς ράβδου καλεῖται **θετικὸς πόλος**, διότι φέρει θετικὸν φορτίον. Ἐὰν συνδέσωμεν ἐξωτερικῶς τοὺς δύο πόλους τοῦ στοιχείου δι' ἀγωγὸν σύρματος, παρεμβάλλοντες καὶ μικρὰν λυχνίαν πυρακτώσεως, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, ἡ δὲ φωτοβολία αὐτῆς παραμένει ἀμείωτος. Αἱ ἀντιδράσεις αἱ ὁποῖαι συμβαίνουν ἐντὸς τοῦ στοιχείου, ἐφ' ὅσον τοῦτο παρέχει ρεῦμα, ἔχουν ὡς ἐξῆς:

Τὸ χλωριούχον ἀμμώνιον προσβάλλει τὸν ψευδάργυρον, οὕτω δὲ σχηματίζεται χλωριοῦχος ψευδάργυρος καὶ ἐλευθεροῦται ἡ ρίζα ἀμμωνίου (NH_4) κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Ἡ ρίζα ὁμως 2NH_4 δὲν δύναται νὰ ὑφίσταται ἐν ἐλευθέρῃ καταστάσει, ἀλλ' ἀποσυντίθεται, παρέχονσα ἀμμωνίαν (NH_3) καὶ ὑδρογόνον (H) κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Τὸ ὑδρογόνον, ἐὰν δὲν ὑφίστατο τὸ ἀντιπολωτικὸν σῶμα ἐξ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου, θὰ ἐπεκάθητο ἐπὶ τοῦ ἐξ ἀνθρακῶς ἠλεκτροδίου καὶ θὰ προεκάλεε τὴν πόλωσιν αὐτοῦ. Λόγῳ ὁμως τῆς παρουσίας τοῦ ἀντιπολωτικοῦ σώματος, τὸ ὑδρογόνον διατιπδὸν διὰ τῶν πόρων τοῦ πορώδους δοχείου δὲν προλαμβάνει νὰ ἐπικαθήσῃ ἐπὶ τοῦ ἀνθρακῶς, διότι δεσμεύεται ὑπὸ τοῦ ὑπεροξειδίου τοῦ μαγγανίου, σχηματιζομένου οὕτω ὑδροξειδίου τοῦ μαγγανίου κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Οὕτω ἀποφεύγεται ἡ πόλωσις καὶ ἐπομένως ἡ ἐξασθένησις τοῦ στοιχείου.

215. **Ξηρόν στοιχείον Leclanché.** Τούτο αποτελεί τροποποιημένη μορφήν τοῦ ὕγρου στοιχείου, ἡ δὲ τροποποίησις αὐτῇ σκοπὸν ἔχει νὰ καθιστῇ ἐνὺλον τὴν μεταφοράν τοῦ στοιχείου. Ἀντὶ δοχείου θάλατον χρησιμοποιεῖται δοχεῖον ἐκ ψευδαργύρου, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει ταυτοχρόνως καὶ ὡς ἀρνητικὸν ἡλεκτροδίων. Ἐξωτερικῶς δὲ τὸ δοχεῖον, πρὸς ἡλεκτρισμὸν ἀπομονώσιν αὐτοῦ, περικαλύπτεται διὰ στρώματος πηλοσφαιρίου. Τὸ πορὸδες δοχεῖον ἀντιβαθίσταται ὑπὸ καταλλήλου δοχείου ἐκ γάρτου ἢ σάκκου ἐξ ὑφάσματος, ἐνθὸν διὰ λύμα γλωφιοῦ ἀμμωνίου ἀντικαθίσταται ὑπὸ πριονιδίων ξύλου ἢ ἄλλης ὑδροσκοπικῆς οὐσίας, ἡ ὁποία ἐμποτίζεται μέχρι κορεσμοῦ ὑπὸ διαλύματος γλωφιοῦ ἀμμωνίου (NH_4Cl). Ἀνορθέν, τὸ δοχεῖον κλείεται ἐπίσης διὰ στρώματος πίσης, ἀφαιμένης μικρᾶς μόνον ὀπῆς διὰ τὸν ἀερισμὸν (σ. 281, β). Ἡ ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου εἶναι 1,5 Volt.

Τὸ ξηρόν στοιχείον χρησιμοποιεῖται καὶ σήμερον εἰσὶ εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, ὡς π.χ. εἰς μικροὺς ἡλεκτρικοὺς φανοὺς (π. φαναράκια τσέπης), εἰς φορητοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας, εἰς συσκευὰς βαρηκίων κ.τ.λ.

216. **Στοιχείον Daniell.** Ὡς ἀρνητικὸς πόλος χρησιμεύει ψευδάργυρος, ὁ ὁποῖος ἐμβαπτιζεται εἰς διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, ἐνθὸν ὡς θετικὸς πόλος χρησιμεύει χαλκὸς ὁ ὁποῖος ἐμβαπτιζεται εἰς διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (σ. 282). Τὸ θεικὸν ὀξύ, λόγῳ τῆς μικροτέρας τοῦ πυκνότητος, τηρεῖται εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ δοχείου καὶ ὑπέρκειται οὕτω τοῦ πυκνότερου διαλύματος θειικοῦ χαλκοῦ.

Ἐφ' ὅσον τὸ στοιχείον παρέχει ρεῖμα, προκύπτουν αἱ ἀκόλουθοι χημικαὶ δράσεις: Τὸ θεικὸν ὀξύ προσβάλλει τὸν ψευδάργυρον καὶ σχηματίζει θεικὸν ψευδάργυρον, ὑπὸ σύγκρουσιν ἐκλύσιν ὕδρῳγόνου, κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:



Τὸ ἐλευθερούμενον ὕδρῳγόνον, τὸ ὁποῖον θὰ ἐπεζάθητο ἐπὶ τοῦ χαλκοῦ καὶ θὰ προεξάλει πώλῳσιν τοῦ στοιχείου, δεσμεύεται ὑπὸ τοῦ διαλύματος

Σχ. 282. Νεώτερος τύπος στοιχείου Daniell.

θειικοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει ὡς ἀντιπολωτικὸν σῶμα, ὁπότε προκύπτει θεικὸν ὀξύ καὶ ἐλευθεροῦται χαλκός, ἀποτιθεμένον ἐπὶ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου κατὰ τὴν ἀντίδρασιν:

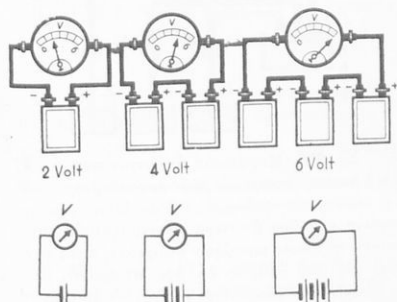


Ἡ ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου τούτου εἶναι περίπου 1,1 Volt.

217. **Σύνδεσις στοιχείων.** Τὰ στοιχεῖα δυνάμεθα νὰ συνδέσωμεν κατὰ διάφορους τρόπους καὶ νὰ σχηματίσωμεν οὕτω ἡλεκτρικὰς στήλεις. Οἱ τρόποι συνδέσεως τῶν στοιχείων εἶναι οἱ ἀκόλουθοι:

α) **Ἐν σειρᾷ.** Τὸ σχῆμα 283 (ἄνω) δεικνύει τὸν τρόπον τῆς *ἐν σειρᾷ* ἢ *κατὰ τάσιν* συνδέσεως στοιχείων, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ θετικὸς πόλος τοῦ ἑνὸς στοιχείου συνδέεται πρὸς τὸν ἀρνητικὸν τοῦ ἀμέσως ἐπομένου, ὁ θετικὸς τοῦ δευτέρου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν τοῦ ἀμέσως πάλιν ἐπομένου στοιχείου κ.ο.κ. Τὸ σχῆμα 283 (κάτω) δεικνύει συμβολικῶς τὴν αὐτὴν σύνδεσιν στοιχείων ἐν σειρᾷ.

Ἐὰν e ἡ ΗΕΔ ἑνὸς στοιχείου, ἡ ΗΕΔ τῆς στήλης θὰ εἶναι $n \cdot e$, ἐὰν δὲ r ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἑνὸς στοιχείου, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης θὰ εἶναι $n \cdot r$, ὅπου n ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχείων. Ἡ σύνδεσις αὕτη χρησιμοποιεῖται ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι πολὺ μεγάλη ὥς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν.

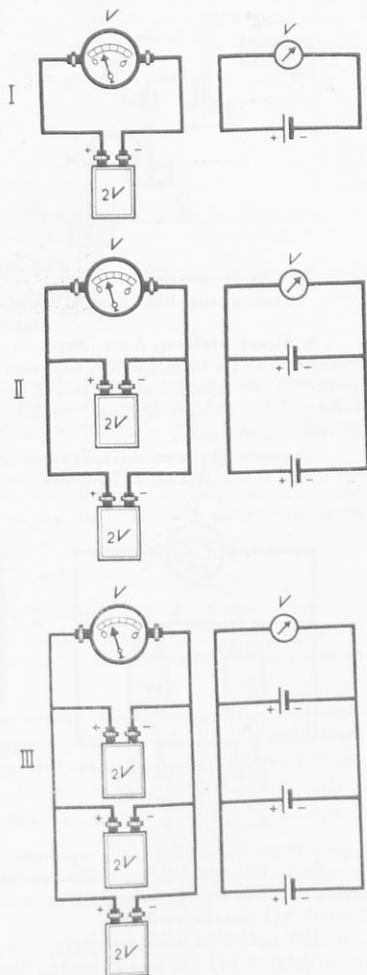


Σχ. 283. Τρόπος συνδέσεως στοιχείων ἐν σειρᾷ. Συμβολικὴ παράστασις συνδεσμολογίας. Περιπτώσεις συνδέσεως κατὰ τὰς ὁποίας ἀπαιτεῖται μεγάλη τάσις.

β) **Ἐν παραλλήλῳ.** Τὸ σχῆμα 284 δεικνύει τὸν τρόπον συνδέσεως στοιχείων **ἐν παραλλήλῳ** ἢ **κατὰ ποσότητα**, κατὰ τὴν ὁποίαν οἱ θετικοὶ πόλοι ὅλων τῶν στοιχείων συνδέονται πρὸς ἓνα κοινὸν ἄγωγόν, καὶ οἱ ἀρνητικοὶ πόλοι ὅλων τῶν στοιχείων πρὸς ἕτερον κοινὸν ἄγωγόν.

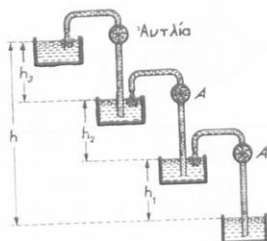
Ἐὰν e ἡ ΗΕΔ ἑνὸς στοιχείου, ἡ ΗΕΔ τῆς στήλης θὰ εἶναι ἐπίσης e , ἐὰν δὲ r ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἑνὸς στοιχείου, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης θὰ εἶναι r/n . Ἡ σύνδεσις αὕτη χρησιμοποιεῖται, ὅταν ἡ ἐξωτερικὴ ἀντίστασις εἶναι μικρὰ ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν.

Μηχανικὸν ἀνάλογον. Εἰς τὸ σχῆμα 285 δεικνύεται μηχανικὸν ἀνάλογον τῆς συνδέσεως στοιχείων ἐν σειρᾷ. Ὅπως διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας τριῶν ἀντλιῶν ἐν σειρᾷ ἐπιτυγχάνομεν τὴν ἀνύψωσιν τοῦ ὕδατος εἰς τριπλάσιον ὕψος, οὕτω διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσας τριῶν στοιχείων συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ ἐπιτυγχά-

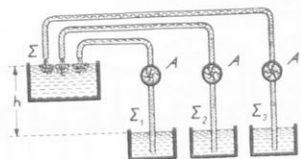


Σχ. 284. Τρόπος συνδέσεως στοιχείων ἐν παραλλήλῳ. Ἡ ἔνδειξις τοῦ βολτομέτρου εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις εἶναι ἡ αὐτή. Περιπτώσεις συνδέσεως κατὰ τὰς ὁποίας ἀπαιτεῖται μεγάλη ἔντασις.

νομεν τριπλασίαν ΗΕΛ. Εἰς τὸ σχῆμα 286 δεικνύεται μηχανικὸν ἀνάλογον τῆς συνδέσεως στοιχείων ἐν παραλλήλῳ. Αἱ τρεῖς ἀντλῖαι ἀνυψοῦν τὸ ὕδωρ εἰς τὸ αὐτὸ ὕψος. Ὅμοιος, κατὰ τὴν σύνδεσιν τριῶν στοιχείων ἐν παραλλήλῳ, ἡ ΗΕΛ παραμένει ἀμετάβλητος.



Σχ. 285. Μηχανικὸν ἀνάλογον συνδέσεως στοιχείων ἐν σειρᾷ.



Σχ. 286. Μηχανικὸν ἀνάλογον συνδέσεως στοιχείων ἐν παραλλήλῳ.

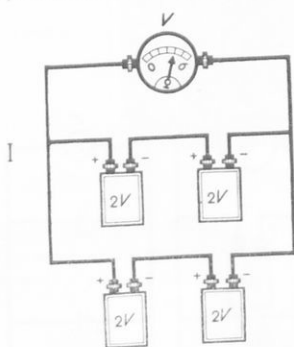
γ) **Μικτὴ σύνδεσις.** Αὕτη ἀποτελεῖ συνδυασμὸν τῶν δύο ἀνωτέρω περιγραφεισῶν συνδέσεων. Ὅπως, εἰς τὸ σχῆμα 287, δεικνύεται ἡ μικτὴ σύνδεσις τεσσάρων στοιχείων, κατὰ τὴν ὁποίαν τὰ τέσσαρα ταῦτα στοιχεῖα διαιροῦνται εἰς δύο ὁμάδας ἐκ δύο στοιχείων. Εἰς ἐκάστην ὁμάδα, τὰ δύο στοιχεῖα συνδέονται ἐν σειρᾷ, καὶ ἀκολούθως αἱ δύο ὁμάδες συνδέονται ἐν παραλλήλῳ.

Ἐστώσαν ἤδη N στοιχεῖα, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει ΗΕΛ ἴσην πρὸς e καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν ἴσην πρὸς r . Τὰ στοιχεῖα ταῦτα δυνάμεθα νὰ ὑποδιαιρέσωμεν εἰς m ὁμάδας,

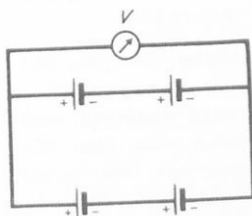
ὁπότε ἐκάστη τῶν ὁμάδων θὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ n στοιχεῖα καὶ θὰ ἰσχύῃ προδήλως ἡ σχέση :

$$m \cdot n = N \quad (1)$$

ἥτοι, τὸ γινόμενον τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ὁμάδων ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν στοιχείων εἰς ἐκάστην ὁμάδα παραμένει τὸν συνολικὸν ἀριθμὸν τῶν στοιχείων.



II



Σχ. 287. Τρόπος μικτῆς συνδέσεως στοιχείων. Εἶναι συνδυασμὸς τῶν δύο προηγουμένων μεθόδων συνδέσεως.

Τὰ n στοιχεῖα ἐκάστης ὁμάδος συνδέονται ἐν σειρᾷ, ὅτε θὰ προκύψουν ἐν συνόλῳ m στήλαι, τὰς δὲ στήλας ταύτας συνδέομεν ἀκολούθως ἐν παραλλήλῳ. Ἡ σύνδεσις αὕτη ἀποτελεῖ τὴν **μικτὴν σύνδεσιν**.

Ἦδη πρέπει νὰ καθορίσωμεν τὴν ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν (ΗΕΛ) καὶ τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν (r) τῆς μικτῆς στήλης. Γνωρίζομεν ὅτι ἐφ' ὅσον ἐκάστη τῶν m ὁμάδων ἀποτελεῖται ἀπὸ n στοιχεῖα ΗΕΛ e , ἡ ΗΕΛ ἐκάστης ὁμάδος, ἐφ' ὅσον τὰ στοιχεῖα εἶναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, θὰ εἶναι ἴση πρὸς $n \cdot e$. Ἐπίσης, ἐπειδὴ ἕκαστον στοιχεῖον παρουσιάζει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν r , εἶναι δὲ ταῦτα συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις ἐκάστης ὁμάδος θὰ εἶναι ἐπίσης $n \cdot r$.

Ἐάν ἤδη αἱ m ὁμάδες συνδεθοῦν ἐν παραλλήλῳ, ὥστε νὰ σχηματισθῇ μικτὴ στήλη,

ἡ ΗΕΔ αὐτῆς θὰ εἶναι ἴση ἐπίσης πρὸς $n \cdot e$, ἡ δὲ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις αὐτῆς, ἐπειδὴ αἱ m ὁμάδες συνδέονται ἐν παραλλήλῳ, θὰ εἶναι: $n \cdot r/m$.

Ἐὰν ἡδη κλείσωμεν τὴν μικτὴν στήλην εἰς κύκλωμα ἐξωτερικῆς ἀντιστάσεως R , ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ohm εἰς πλῆρες κύκλωμα θὰ εἶναι:

$$i = \frac{n \cdot e}{R + \frac{nr}{m}} = \frac{m \cdot n \cdot e}{mR + nr}$$

καὶ ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ τύπου (1) θὰ ἔχωμεν:

$$i = \frac{N \cdot e}{mR + nr}$$

Εἰς τὸν τύπον αὐτὸν παρατηροῦμεν ὅτι ὁ ἀριθμητικὴς εἶναι σταθερὸς, ὁ δὲ παρονομαστὴς ἀποτελεῖται ἐκ δύο προσθετέων, mR καὶ nr , τῶν ὁποίων τὸ γινόμενον ἔχει τιμὴν:

$$m \cdot n \cdot R \cdot r = N \cdot R \cdot r$$

ὁμοίως σταθεράν, ὅθεν, ὥς εἶναι γνωστὸν ὁ παρονομαστὴς ἔχει ἐλαχίστην τιμὴν, ὅταν οἱ δύο προσθετέοι εἶναι ἴσοι, δηλ. ὅταν πληροῦται ἡ συνθήκη:

$$m \cdot R = n \cdot r \quad (2)$$

Ἡ ἐξίσωσις (2) γράφεται ἐπίσης: $R = nr/m$. Ἐκ τούτου συναγομέν ὅτι δυνάμεθα νὰ λαμβάνωμεν τὸ μέγιστον ρεῦμα ἐκ τῆς συστοιχίας, καὶ συνεπῶς τὴν μεγίστην ἰσχύν, ὅταν ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς ἡλεκτρικῆς πηγῆς, nr/m , καὶ ἡ ἀντίστασις τῆς καταναλώσεως R εἶναι ἴσαι.

Ἐκ τῶν σχέσεων (1) καὶ (2) δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν εὐκόλως τὰς τιμὰς τῶν m καὶ n πρὸς ἐπίτευξιν μεγίστου ρεύματος. Οἶτω, ἐὰν λάβωμεν τὴν τιμὴν τοῦ n ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1), ἥτοι $n = N/m$ καὶ ἀντικαταστήσωμεν τὴν τιμὴν τοῦ n εἰς τὴν ἐξίσωσιν (2), θὰ προκύψῃ:

$$mR = \frac{N}{m} r \quad \eta \quad m^2 = \frac{Nr}{R} \quad \text{καὶ} \quad m = \sqrt{\frac{N \cdot r}{R}}$$

Ἐὰν $m=1$, δηλοῖ ὅτι τὰ στοιχεῖα πρέπει νὰ ἀποτελοῦν 1 ὁμάδα, ἄρα πρέπει ὅλα νὰ συνδεθοῦν ἐν σειρᾷ. Ἐὰν $m=N$, τότε ὅλα τὰ στοιχεῖα πρέπει νὰ συνδεθοῦν ἐν παραλλήλῳ. Εἰς ὅλας τὰς ἄλλας περιπτώσεις ἐκλέγομεν τὴν μᾶλλον πλησιάζουσαν τιμὴν τοῦ m πρὸς τὰς ἀνωτέρω συνθήκας.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. *Εἰς μικρὰν στήλην μικροῦ ἡλεκτρικοῦ φανοῦ ὑφίστανται τρία ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, διὰ τὰ ὁποῖα εἶναι $e = 1,5$ Volt καὶ $r = 0,1$ Ohm. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ΗΕΔ τῆς στήλης καὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις αὐτῆς.*

$$E = 3 \times 1,5 = 4,5 \text{ V} \quad R = 3 \times 0,1 = 0,3 \text{ } \Omega$$

Θὰ εἶναι: Ἐὰν τὰ αὐτὰ στοιχεῖα συνδέονται ἐν παραλλήλῳ, θὰ εἶναι: $E = 1,5 \text{ V}$, $R = 0,1/3 = 0,03 \text{ } \Omega$.

2. *Δίδονται 12 στοιχεῖα, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει ΗΕΔ 1,06 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 4 Ω. Διὰ τῶν στοιχείων τούτων θέλομεν νὰ διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν 30 Ω ὥστε νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν μεγίστην ἔντασιν. Ζητεῖται πῶς πρέπει νὰ συνδεθοῦν τὰ στοιχεῖα.*

Πρὸς λύσιν τοῦ προβλήματος τούτου δεχόμεθα μικτὴν σύνδεσιν καὶ χρησιμοποιούμεν τὰς ἐξισώσεις (1) καὶ (2), ἥτοι:

$$(1) \quad mn = N \quad \text{καὶ} \quad (2) \quad mR = nr$$

ἔξ ὧν εὐρίσκομεν εὐκόλως:

$$m = \sqrt{\frac{rN}{R}}$$

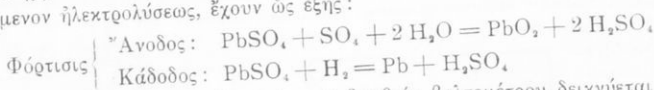
θέτοντες δὲ $r = 4 \Omega$, $N = 12$ καὶ $R = 30 \Omega$, εὐρίσκομεν :

$$m = \sqrt{\frac{4 \cdot 12}{30}} = 1,2.$$

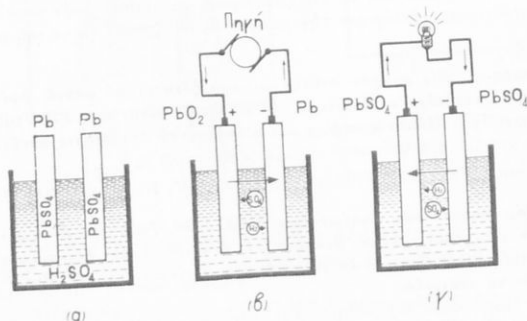
Ἡ ἀρμόζουσα λύσις εἶναι $m = 1$, δηλαδή τὰ 12 στοιχεῖα πρέπει ν' ἀποτελέσουν μίαν ὁμάδα, μετ' ἄλλους λόγους πρέπει νὰ συνδεθοῦν ἐν σειρᾷ.

218. Συσσωρευταὶ διὰ μολύβδου. Οἱ συσσωρευταὶ διὰ μολύβδου χρησιμεύουν διὰ τὴν ἐναποθήκευσιν ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, λειτουργοῦν δὲ ἐπὶ τῇ βάσει τῶν κάτωθι ἐκτιθεμένων ἀρχῶν : Εἰς ὑάλινον δοχεῖον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδατι-κὸν ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (30 % H_2SO_4), ἐμβαπτίζομεν δύο ἡλεκτροδία ἀποτελούμενα ἐκ πλακῶν μολύβδου. Λόγῳ τῆς ἐμβαπτίσεως τῶν πλακῶν ἐντὸς τοῦ ἀραιοῦ διαλύματος θειικοῦ ὀξέος, αὐταὶ περικαλύπτονται ὑπὸ στρώματος θειικοῦ μολύβδου. Οὕτω, εἰς τὴν περιοχὴν τῶν δύο ἡλεκτροδίων, εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ θειικὸν ὄξύ, ὑφίσταται θειικὸς μολύβδος καί, ὡς δεικνύει τὸ πείραμα, μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων δὲν ὑφίσταται τάσις (σχ. 288, α). Ἐὰν ὅμως συνδέσωμεν τὰ δύο ἡλεκτροδία πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, τότε, ὡς ἤδη γνωρίζομεν, λαμβάνει χώραν ἡλεκτρολύσιν τοῦ ὕδατι-κῶν διαλύματος θειικοῦ ὀξέος, καὶ τὸ ἀνιὸν SO_4 φέρεται πρὸς τὴν ἄνοδον καὶ μετατρέπει τὸν θειικὸν μολύβδον εἰς ὑπεροξειδίου τοῦ μολύβδου, ἐνῶ τὸ κατιὸν H_2 φέρεται πρὸς τὴν κάθοδον καὶ ἀνάγει τὸν θειικὸν μολύβδον εἰς μεταλλικὸν μολύβδον (σχ. 288, β).

Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι προκύπτουν κατὰ τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν φαινόμενον ἡλεκτρολύσεως, ἔχουν ὡς ἑξῆς :



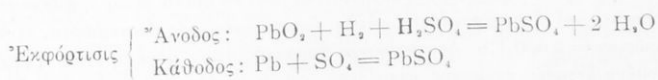
Ἐὰν διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, τότε, τῇ βοηθείᾳ βολτομέτρου, δεικνύεται ὅτι μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων ὑφίσταται τάσις, διότι λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως τὰ ὁποῖα ἀρχικῶς ἦσαν τῆς αὐτῆς φύσεως, ἤτοι θειικὸς μολύβδος, μετεβλήθησαν τὸ μὲν ἐν εἰς ὑπεροξειδίου τοῦ μολύβδου, τὸ δὲ ἕτερον εἰς μολύβδον. Ἡ ὡς ἄνω μεταβολὴ τῆς φύσεως τῶν ἡλεκτροδίων δι' ἡλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ καλεῖται **φόρτισις** τοῦ συσσωρευτοῦ, ἐνῶ τὸ ἀνωτέρω σύστημα τῶν μολυβδίνων πλακῶν



Σχ. 288. Διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἡλεκτρικοῦ συσσωρευτοῦ.
(α) Ἀφόρτιστος. (β) Πρὸς φόρτισιν. (γ) Πρὸς ἐκκένωσιν.

μετὰ τοῦ ὕδατι-κῶν διαλύματος τοῦ θειικοῦ ὀξέος λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ **ἡλεκτρικὸν συσσωρευτήν**.

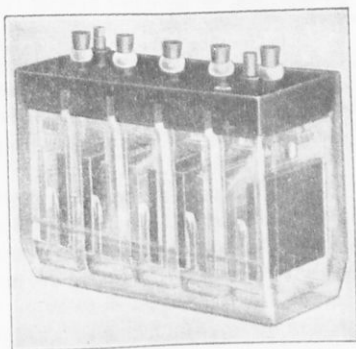
Εὐθύς ὥς διακόψωμεν τὸ ρεῦμα φορτίσεως, λόγῳ τῆς μεταβολῆς τῶν ἡλεκτροδίων μεταξὺ αὐτῶν, ὑφίσταται τάσις περίπου 2 Volt, ἐνῶ ἡ πυκνότης τοῦ διαλύματος θεϊκοῦ ὀξέος ἔχει αὐξηθῇ. Οὕτω, ὁ συσσωρευτὴς μετὰ τὴν φόρτισιν αὐτοῦ συμπεριφέρεται ὡς ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον, τοῦ ὁποῖου ὁ θετικὸς πόλος ἀποτελεῖται ἀπὸ καστανόχρουν ὑπεροξειδίου τοῦ μολύβδου, ὁ δὲ ἀρνητικὸς ἀπὸ λευκοφαιον μολύβδου. Ἐὰν ἥδη συνδέσωμεν τοὺς πόλους τοῦ φορτισθέντος συσσωρευτοῦ πρὸς ἑξωτερικὸν κύκλωμα, π.χ. πρὸς μικρὰν λυχνίαν 2 Volt, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, καὶ ἐπομένως ὁ συσσωρευτὴς παρῆχει ρεῦμα τὸ ὁποῖον καλεῖται **ρεῦμα ἐκφορτίσεως**, καὶ εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὸ ρεῦμα φορτίσεως (σχ. 288, γ). Ἐπειδὴ ὁμως τὰ σημεῖα (+) καὶ (—) τῶν πόλων διατηροῦνται τὰ αὐτὰ εἰς τὸν συσσωρευτήν, τόσον κατὰ τὴν φόρτισιν, ὅσον καὶ κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, τότε, κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ἡ μὲν ρίζα SO_4 ἀναφαίνεται εἰς τὸ ἡλεκτρόδιον τοῦ μεταλλικοῦ μολύβδου, καὶ μετατρέπεται εἰς θεϊκὸν μολύβδον, ἐνῶ τὸ H_2 ἀναφαίνεται εἰς τὸ ἡλεκτρόδιον τοῦ ὑπεροξειδίου τοῦ μολύβδου καὶ διὰ προσλήψεως θεϊκοῦ ὀξέος μετατρέπεται αὐτὸ εἰς θεϊκὸν μολύβδον ὑπὸ σύγχρονον παραγωγὴν δύο μορίων ὕδατος. Αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, αἱ ὁποῖαι λαμβάνουν χώραν κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, εἶναι αἱ ἀκόλουθοι:



Οὕτω βλέπομεν ὅτι, κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, αἱ δύο πλάκες τοῦ συσσωρευτοῦ ἐπανέρχονται εἰς τὴν ἀρχικὴν τῶν κατὰστασιν, τὴν ὁποίαν εἶχον πρὸ τῆς φορτίσεως, ἥτοι ἀμφότεραι μετατρέπονται εἰς θεϊκὸν μολύβδον, καὶ ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου ἀφαιρεῖται ἐκ τοῦ διαλύματος θεϊκὸν ὀξὺ καὶ ταυτοχρόνως παράγεται ὕδωρ, ἡ πυκνότης τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ἑλαττοῦται.

Ἐπειδὴ εἰς τὸν ἀνωτέρω περιγραφέντα συσσωρευτήν δὲν δυνάμεθα νὰ ἀποταμιεύσωμεν μεγάλην ποσότητα ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, διότι κατὰ τὴν φόρτισιν τοῦ συσσωρευτοῦ δὲν προκύπτει ἀλλοίωσις τῶν πλακῶν εἰς βάθος, ἀλλὰ μόνον εἰς λεπτὸν στρώμα κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν, ἐμπλουτίζομεν διὰ διαφόρων μεθόδων τὴν θετικὴν πλάκα, εἴτε δι' ὑπεροξειδίου τοῦ μολύβδου, εἴτε δι' ὀξειδίων μολύβδου, τοῦτο δὲ καλεῖται **μόρφωσις** τῆς πλακός.

Αἱ πρὸς τοῦτο χρησιμοποιούμεναι μέθοδοι εἶναι γνωσταὶ ὡς μέθοδος Planté (φυσικὴ μόρφωσις) καὶ μέθοδος Faure (τεχνικὴ μόρφωσις), ἡ ἀνάπτυξις ὁμως τούτων ἐκφεύγει τοῦ σκοποῦ τοῦ βιβλίου τούτου.



Σχ. 289. Συστοιχία πέντε συσσωρευτῶν ἐν σειρᾷ.

Περιγράψατε τοὺς συνηθεστέρους τύπους συσκευῶν διὰ τῶν ὁποίων σπουδάζομεν τὸ φαινόμενον τῆς ἡλεκτρολύσεως.

Ποῖος ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἡλεκτρολύσεως, πῶς ὀρίζεται τὸ ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον ἰόντος καὶ ποία ἡ φυσικὴ σημασία αὐτοῦ.

Ποῖος ὁ δεύτερος νόμος τῆς ἡλεκτρολύσεως, ποία ἡ τιμὴ τῆς σταθερᾶς Faraday, καὶ διὰ ποῖον λόγον αὕτη θεωρεῖται ὡς παγκοσμία σταθερά.

Πῶς ὁ Helmholtz ἐπὶ τῇ βάσει τῶν νόμων τῆς ἡλεκτρολύσεως ἤχθη εἰς τὴν διαμόρφωσιν τῆς ἡλεκτρονικῆς θεωρίας διὰ τὸν ἡλεκτρισμόν.

Κατὰ ποῖον τρόπον ἐξηγοῦμεν τὴν ἡλεκτρολυτικὴν ἀγωγιμότητα.

Πῶς δυνάμεθα δι' ἡλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ νὰ καθορίσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ πῶς ὀρίζεται ἡ μονὰς Ampère δι' ἡλεκτρολυτικῆς ὁδοῦ.

Περιγράψατε συντόμως τὰς κυριωτέρας πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τῆς ἡλεκτρολύσεως.

Ἐπὶ τῇ βάσει ποίου πειράματος δεικνύομεν τὸν τρόπον λειτουργίας καὶ συγχροτήσεως ἑνὸς ἡλεκτρικοῦ στοιχείου.

Εἰς τί συνίσταται ἡ πόλωσις ἡλεκτρικοῦ στοιχείου καὶ πῶς ἀποφεύγεται αὕτη.

Ποία εἶναι τὰ μέρη ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον καὶ ποία τὰ χαρακτηριστικὰ μεγέθη αὐτοῦ.

Ἐκ ποῖων στοιχείων ἐξαρτᾶται ἡ ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις ἡλεκτρικοῦ στοιχείου.

Τί καλοῦμεν χωρητικότητά ἡλεκτρικοῦ στοιχείου καὶ ἐκ ποῖων στοιχείων αὕτη ἐξαρτᾶται.

Περιγράψατε τὸ ὄργανον καὶ ξηρὸν στοιχεῖον Leclanché.

Πῶς συνδέονται ἡλεκτρικὰ στοιχεῖα ἐν σειρᾷ καὶ ἐν παραλλήλῳ. Δώσατε συμβολικὰ διαγράμματα τῶν τρόπων συνδέσεως ὡς καὶ τὰ χαρακτηριστικὰ αὐτῶν.

Πῶς συνδέονται Ν στοιχεῖα μικτῶς καὶ ποία ἡ συνθήκη ἵνα ἐπὶ δεδομένης ἐξωτερικῆς ἀντίστασεως R παραγματοποιηθῇ ἡ μεγίστη ἔντασις ρεύματος.

Περιγράψατε τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῶν συσσωρευτῶν διὰ μολύβδου, ὡς καὶ τὰς χημικὰς δράσεις κατὰ τὴν φόρτισιν καὶ ἐκφόρτισιν συσσωρευτοῦ.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τοῦ θερμοηλεκτρισμοῦ, τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον καὶ τὴν θερμοηλεκτρικὴν στήλην.

Β'. Προβλήματα.

1. Εἰς βολτάμετρον χαλκοῦ πόση ποσότης χαλκοῦ ἀποτίθεται εἰς 30.5 min ὑπὸ ρεύματος 0.37 A.

2. Πόσος χρόνος θ' ἀπαιτηθῇ διὰ νὰ διαλυθῇ ἀπὸ τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόδιον τοῦ Zn, εἰς στοιχεῖον Daniell, 1gr Zn, ὅταν τὸ στοιχεῖον παρέχῃ ρεῖμα ἐντάσεως 1 A. Κατὰ πόσον θ' αὐξηθῇ ἡ μᾶζα τοῦ θετικῶν ἡλεκτροδίου ἐκ χαλκοῦ εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον.

3. Ποῖον εἶναι τὸ γραμμοῖσοδύναμον τῶν στοιχείων ὕδρογόνου, ὀξυγόνου, χαλκοῦ, ἀργύρου.

4. Πλᾶξ ἐκ χαλκοῦ $2 \times 5 \text{ cm}^2$ δέον νὰ ἐπαρρυθῇ ἡλεκτρολυτικῶς εἰς λουτρόν, πόσον τὸ πάχος τοῦ ἀποτιθέμενου στρώματος ἀργύρου. Πυκνότης ἀργύρου 10.5 gr/cm^3 .

5. Ἀντικείμενον ἐπιχρυσοῦται, χρησιμοποιουμένου ὡς ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος χρυσοῦ, εἰς τὸ ὁποῖον ὁ χρυσοῦς θεωρεῖται ὡς τρισθενής. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ ἀποτιθέμενου χρυσοῦ ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 0.01 A, εἰς χρόνον 1 ὥρας, γνωστοῦ ὄντος ὅτι τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ χρυσοῦ εἶναι 197.2.

6. Δίδονται 12 στοιχεῖα τὰ ὁποῖα ὑποδιαιροῦμεν εἰς τρεῖς ομάδας, ἐκάστη τῶν ὁποίων περιέχει 4 στοιχεῖα συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ. Αἱ τρεῖς αὗται ομάδες συνδέονται ἀκολουθῶς ἐν παραλλήλῳ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς ἐξωτερικὴν ἀντίστασιν 10Ω , ὅταν ἕκαστον στοιχεῖον ἔχῃ 1.4 Volt καὶ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν 0.3Ω . Εἶναι δυνατόν δι' ἄλλον τρόπον συνδέσεως νὰ ἐπιτύχωμεν μεγαλύτερον ρεῖμα;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΒ'

ΘΕΩΡΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

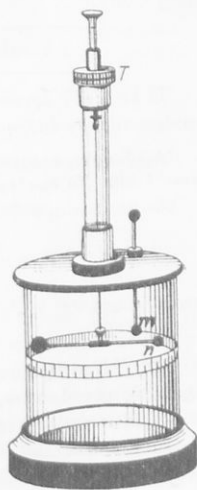
224. Νόμος τοῦ **Coulomb**. *Δύο σημειώδη ηλεκτρικά φορτία έλκονται ἢ ἀπωθοῦνται, με δύναμιν ἡ ὁποία εἶναι ἀνάλογος τοῦ γινομένου τῶν ηλεκτρικῶν φορτίων καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως αὐτῶν.* Ὁ νόμος οὗτος ἐκφράζεται ἀναλυτικῶς διὰ τοῦ τύπου :

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad (1)$$

ὅπου F ἡ δύναμις, q_1 καὶ q_2 τὰ ηλεκτρικά φορτία καὶ r ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀπόστασις, ἐνῶ k παριστᾷ σταθεράν, ἐξαρτωμένην μόνον ἐκ τῶν μονάδων, ὅταν τὰ φορτία εὐρίσκονται εἰς χῶρον κενόν.

Ὁ τύπος (1) παρέχει τὴν ἀπόλυτον τιμὴν τῆς δυνάμεως, χωρὶς νὰ γίνεταί διάκρισις, ἐὰν αὕτη εἶναι ἑλκτικὴ ἢ ἀπωστικὴ

225. **Ζυγὸς Coulomb**. Τὸ πρῶτον μέρος τοῦ νόμου τοῦ Coulomb εἶναι ἀμεσῶς συνέπεια τοῦ ὁρισμοῦ τοῦ ηλεκτριστοῦ φορτίου, διότι ὅταν μία ηλεκτρισμένη ράβδος ἐβονίτου ἔλκη τὸ ἀφόρτιστον σφαιρίον ἐκκερμευθῇ με ὠρισμένην δύναμιν, καὶ ἕτερον ηλεκτρισμένον σῶμα ἔλκη τὸ σφαιρίον ἐκ τῆς αὐτῆς ἀποστάσεως με δύναμιν διπλασίαν, τριπλασίαν κ.ο.κ., τότε ὀρίζομεν ὅτι τὸ δεῦτερον σῶμα φέρει διπλασίον, τριπλασίον φορτίον κ.ο.κ., ἀπὸ τὴν ράβδον ἐβονίτου. Πειραματικῶς, ὁ νόμος τῶν ἀποστάσεων τοῦ Coulomb δεικνύεται διὰ τοῦ ἐν σχήματι 291 εἰκονιζομένου **ζυγοῦ στρέψεως**, ἐπινοηθέντος ὑπὸ τοῦ Coulomb. Ἐπὶ τοῦ ἄκρου τῆς ἐξηρητημένης ράβδου προσαρμόζεται μικρὰ μεταλλικὴ σφαῖρα n , ἡ ὁποία εὐρίσκεται ἀπέναντι ἐτέρας ἀκινήτου σφαίρας m . Φορτίζομεν με ὠρισμένα φορτία τὰς δύο σφαίρας, καὶ διὰ τοῦ ζυγοῦ στρέψεως προσδιορίζομεν τὴν δύναμιν τὴν ἀσχομένην, ὅταν αἱ δύο σφαῖραι εὐρίσκονται εἰς διαφόρους ἀποστάσεις. Τὸ πείραμα τοῦτο δεικνύει πράγματι ὅτι ἡ δύναμις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἀποστάσεως.



Σχ. 291. Ζυγὸς Coulomb.

226. **Ἡλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων.** Διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τῆς μονάδος ηλεκτρικοῦ φορτίου, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε νὰ εἶναι $k=1$ εἰς τὸν τύπον (1). Πράγματι, ἐὰν ὡς μονάδα δυνάμεως λάβωμεν τὴν δύνην (1 Dyn), ὡς μονάδα μήκους τὸ ἑκατοστόμετρον (1 cm) καὶ ὀρίσωμεν ὡς μονάδα φορτίου τὸ

φορτίον τὸ ὁποῖον εὐρισκόμενον ξαννὶ ἰσομεγέθους φορτίου καὶ εἰς ἀπόστασιν ἀπ' αὐτοῦ ἴσην πρὸς 1 cm ἐπενεργεῖ ἐπ' αὐτοῦ μὲ δύναμιν 1 Dyn, τότε εἶναι $k=1$.

Ἡ οὕτω ὁριζομένη μονὰς ἐκλήθη *ἡλεκτροστατική μονὰς φορτίου* (HΣΜ—φορτίου), καὶ ἐξ αὐτῆς προκύπτει τὸ ἡλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων, τὸ ὁποῖον ἐντάσσεται εἰς τὸ ἥδη γνωστὸν σύστημα CGS.

227. Ἐξίσωσις διαστάσεων ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Ἐκ τοῦ τύπου $F = \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$, ἰσχύοντος εἰς τὸ ἡλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων, ἐὰν θέσωμεν $q_1 = q_2 = q$, εὐρίσκομεν εὐκόλως:

$$q = F^{\frac{1}{2}} \cdot r \text{ καὶ, δι' ἐκφράσεως τῶν } F \text{ καὶ } r \text{ διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν τοῦ συστήματος CGS, εὐρίσκομεν: } [q] = \left[M^{\frac{1}{2}} \cdot L^{\frac{3}{2}} \cdot T^{-1} \right], \text{ ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὴν ἐξίσωσιν διαστάσεων τοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Ἐκ τῆς σχέσεως δὲ ταύτης εὐρίσκομεν ὅτι:}$$

$$1 \text{ HΣΜ — φορτίου} = gr^{\frac{1}{2}} \cdot cm^{\frac{3}{2}} \cdot sec^{-1}.$$

Ἐπειδὴ ἡ HΣΜ—φορτίου εἶναι πολὺν μικρά, λαμβάνεται ὡς μονὰς φορτίου καὶ τὸ Coulomb, εἶναι δέ:

$$1 \text{ Coulomb (1 Cb)} = 3 \cdot 10^9 \text{ HΣΜ — φορτίου}$$

Ἡ ἐν § 177 ὁρισθεῖσα μονὰς Coulomb συμπίπτει σχεδὸν πρὸς τὴν κατὰ τὸν ἀνωτέρω τρόπον ὁριζομένην.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Δύο σημειώδη ἡλεκτρικὰ φορτία 1 Cb εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 1 km. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη δύναμις.

Ἐὰν θέσωμεν $q_1 = 3 \cdot 10^9$ καὶ $q_2 = 3 \cdot 10^9$ HΣΜ—φορτίου καὶ $r = 10^5$ cm, θὰ ἔχωμεν:

$$F = \frac{3 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^9}{(10^5)^2} = \frac{9 \cdot 10^{18}}{10^{10}} = 9 \cdot 10^8 \text{ Dyn}$$

ἡ περίπου πρὸς 900 kgr*. Ἐκ τοῦ ὑπολογισμοῦ τούτου δεικνύεται πόσον μεγάλη εἶναι ἡ μονὰς Coulomb.

228. Ἡλεκτρικὸν πεδίον. Καλοῦμεν ἡλεκτρικὸν πεδίον περιοχὴν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὁποίαν, ἐὰν εἰς ἓν οἰονδήποτε σημεῖον αὐτῆς τεθῇ φορτίον, τοῦτο ὑπόκειται εἰς τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως. Οὕτω, ὁ χώρος πέριξ ἀγωγοῦ φορτισμένου ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν πεδίον, διότι, ἐὰν ὑποτεθῇ ὅτι εἷς τι σημεῖον πέριξ τοῦ ἀγωγοῦ τοποθετήσωμεν ἕτερον φορτίον, τοῦτο θὰ ὑπόκειται εἰς τὴν ἐπενέργειαν δυνάμεως. Ὁ πέριξ τῶν δύο πόλων ἡλεκτρικοῦ στοιχείου χώρος ἀποτελεῖ ἐπίσης ἡλεκτρικὸν πεδίον. Ἐπίσης, ὁ μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων ἡλεκτρολυτικοῦ δοχείου χώρος ἀποτελεῖ ἡλεκτρικὸν πεδίον, διὰ τὸν λόγον δὲ τοῦτον τὰ ἰόντα τοῦ ἡλεκτρολύτου, τὰ ὁποῖα φέρουν ἡλεκτρικὰ φορτία, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς δυνάμεως τῆς ἀσκουμένης ἐπ' αὐτῶν ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τίθενται εἰς κίνησιν καὶ μετατοπίζονται τὰ μὲν ἀνιόντα πρὸς τὴν ἀνοδον, τὰ δὲ κατίοντα πρὸς τὴν κάθοδον.

229. Έντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου. Καλοῦμεν ἔντασιν τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τι σημεῖον αὐτοῦ, τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην ἐπὶ τῆς μονάδος τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου, τεθέντος εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον.

Ἐκ τοῦ ὁρισμοῦ τούτου προκύπτει ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου καθορίζεται τελείως, ὅταν δοθοῦν ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ, ἡ μονὰς μετρήσεως καὶ ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ.

Ἐξ ἄλλου, ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου, ἐπειδὴ, ὡς συνάγεται ἐκ τῶν ἀνωτέρω, ἀποτελεῖ ἀνυσματικὸν μέγεθος, θὰ παριστᾶται γραφικῶς, ὡς καὶ ἡ δύναμις, δι' ἀνύσματος.

Ἐάν διὰ E καλέσωμεν τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τι σημεῖον αὐτοῦ, καὶ ὑποθέσωμεν ὅτι εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο τίθεται φορτίον q ηλεκτροστατικῶν μονάδων, ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ τοῦ πεδίου ἐπὶ τοῦ φορτίου τούτου θὰ ἔχῃ ἀριθμητικὴν τιμὴν: $F = E \cdot q$, ἐνῶ ἡ ἀνυσματικὴ ἐξίσωσις τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου εἶναι: $\vec{F} = \vec{E} \cdot q$.

Ἐκ τῆς πρώτης τῶν ἄνω σχέσεων εὐρίσκομεν:

$$E = \frac{F}{q}$$

ἡ ἐξίσωσις δὲ αὕτη παριστᾷ τὴν ἐξίσωσιν ὁρισμοῦ τῆς ἐντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου ἢ ὅποια ὀρίζεται ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι δύναμις ἀνά μονάδα φορτίου. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως ταύτης δυνάμεθα νὰ εὕρωμεν τὴν ἐξίσωσιν διαστάσεων καὶ τὴν μονάδα τῆς ἐντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου ἥτοι:

$$[E] = \left[\frac{M \cdot L \cdot T^{-2}}{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}} \right] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{-\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

καὶ ἡ μονὰς ἐντάσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὸ ΗΣΜ εἶναι:

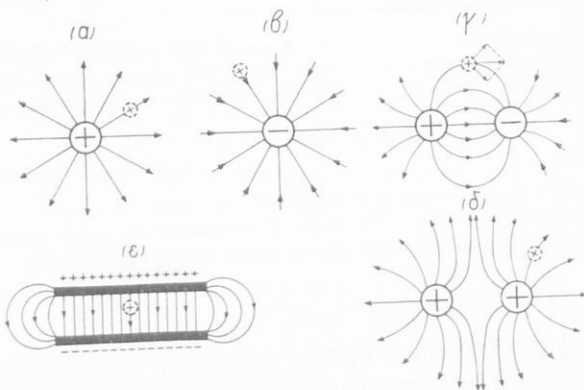
$$E = \text{gr}^{\frac{1}{2}} \cdot \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \cdot \text{sec}^{-1}$$

230. Διεύθυνσις τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου. Ὅσον ἀφορᾷ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου, ἐπειδὴ διακρίνομεν δύο εἶδη φορτίων ηλεκτρισμοῦ, θετικὸν καὶ ἀρνητικόν, καθιερώθη κατόπιν γενικῆς συμφωνίας, πρὸς ἀποφυγὴν ἀπροσδιοριστίας, νὰ καθορίζεται ἡ διεύθυνσις τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου, ἡ ἀπλούστερον ἡ διεύθυνσις τοῦ πεδίου, ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ θετικοῦ φορτίου. Οὕτω, καλοῦμεν **διεύθυνσιν τοῦ πεδίου, τὴν διεύθυνσιν κατὰ τὴν ὁποῖαν θὰ ἔτινε νὰ κινηθῇ θετικὸν καὶ ἐλεύθερον φορτίον τιθέμενον εἰς τὴν θέσιν αὐτήν.** Οὕτω, εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου μεταξὺ τῶν ηλεκτροδίων ηλεκτρολυτικοῦ δοχείου, ἡ διεύθυνσις τοῦ πεδίου καθορίζεται ἐκ τῆς διεύθυνσεως κατὰ τὴν ὁποῖαν κινοῦνται τὰ θετικὰ ἰόντα, ἢ ἄλλως τὰ κατιόντα, δηλαδή ἐκ τῆς ἀνόδου πρὸς τὴν κάθodon, ἢ ἄλλως ἐκ τοῦ θετικοῦ ηλεκτροδίου πρὸς τὸ ἀρνητικόν ηλεκτροδίου, ἐνῶ τὰ ἀνιόντα, ἥτοι τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα, κινοῦνται ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἀνodon, δηλαδή κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου.

231. Δυναμικαὶ γραμμαὶ ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Οὕτω καλοῦμεν νοητὰς γραμμὰς αἱ ὁποῖαι δεικνύουν τὰς ἀκολουθοῦντας ἰδιότητες: α) *Εἰς ἕκαστον σημεῖον αὐτῶν δεικνύουν τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἢ ἡ διεύθυνσις τοῦ πεδίου συμπίπτει πρὸς τὴν ἐφαπτομένην τῆς γραμμῆς εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον.* β) *Ἀναχωροῦν καθέτως ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῶν θετικῶς φορτισμένων σωμάτων καὶ καταλήγουν καθέτως ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀρνητικῶς φορτισμένων σωμάτων, ἥτοι, ἀποτελοῦν γραμμὰς ἀνοικτίας, αἱ ὁποῖαι ἔχουν ἀρχὴν καὶ τέλος.*

Ἐχοντες ὑπ' ὄψιν τὰς δύο ταύτας ἰδιότητας τῶν δυναμικῶν γραμμῶν τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, τὰς ὁποίας θὰ καλοῦμεν εἰς τὸ ἑξῆς ἀπλῶς **ἡλεκτρικὰς γραμμὰς**, δυνάμεθα νὰ ἀπεικονίσωμεν τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον διὰ τῶν ἡλεκτρικῶν αὐτοῦ γραμμῶν, ὥς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 292 α, β, γ, δ, ὅπως ἀκριβῶς γίνεται καὶ διὰ τὸ μαγνητικὸν πεδίον.

232. Ὅμογενές πεδίον. Ἐξ ὅλων τῶν ἡλεκτρικῶν πεδίων, μεγάλην σπουδαιότητα ἔχει διὰ τὴν στοιχειώδη σπουδὴν τοῦ πεδίου τὸ **ὁμογενές ἡλεκτρικὸν πεδίον**, εἰς τὸ ὁποῖον, τόσον ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ἐντάσεως ὅσον καὶ ἡ διεύθυνσις τοῦ πεδίου, παραμένουν ἀμετάβλητοι.



Σχ. 292. Ἡλεκτρικαὶ γραμμαὶ πεδίου. (α) Σημειώδες θετικὸν φορτίον. (β) Σημειώδες ἀρνητικὸν φορτίον. (γ) Δύο ἐτερόνυμα σημειώδη φορτία. (δ) Δύο ὁμώνυμα σημειώδη φορτία. (ε) Μεταξὺ δύο ἐτερόνυμων φορτισμένων πλακῶν.

Τοιοῦτον πεδίον εἶναι τὸ δημιουργούμενον μεταξὺ δύο ἐπιπέδων πλακῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ μία εἶναι φορτισμένη θετικῶς καὶ ἡ ἄλλη ἀρνητικῶς (σχῆμα 292, ε). Ἐπίσης ὁμογενές ἡλεκτρι-

κὸν πεδίον εἶναι τὸ ὑπάρχον ἐν τῷ χώρῳ, μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ βολταμέτρου (βλ. σχ. 270).

Παρατήρησις. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἐν τῷ χώρῳ ὑφίστανται διάφορα ἡλεκτρικὰ φορτία, π.χ. δύο, τρία ἢ καὶ περισσότερα. Ἐκαστον τῶν φορτίων τοῦτων δημιουργεῖ τὸ ἴδιον αὐτοῦ ἡλεκτρικὸν πεδίον, ἢ δὲ ἔντασις τοῦ πεδίου εἰς τι σημεῖον τοῦ χώρου θὰ εἶναι τὸ ἀνυσματικὸν ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν πεδίων ἐκάστου τῶν φορτίων.

233. Πυκνότης ἡλεκτρικῶν γραμμῶν. Ἐάν ἐξετάσωμεν τὴν διανομὴν τῶν ἡλεκτρικῶν γραμμῶν εἰς τὰς ἡδη γνωστὰς περιπτώσεις τοῦ σχήματος 292, βλέπομεν ὅτι πλησίον τῶν ἐπιφα-

νειών, τῶν ἀγωγῶν ἐκ τῶν ὁποίων αἱ ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ ἀναχωροῦν ἢ καταλήγουσιν, ἡ πυκνότης αὐτῶν εἶναι μεγαλυτέρα ἢ εἰς τὰς ἄλλας θέσεις.

Ἐξ ἄλλου ὁμοῦ γνωρίζομεν ὅτι πλησίον τῶν ἀγωγῶν καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι μεγαλυτέρα, οὗτω δὲ βλέπομεν ὅτι εἰς τὰς περιοχὰς ὅπου αἱ ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ εἶναι πυκνότεραι, καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι μεγαλυτέρα.

Γενικῶς **ὁρίζομεν ὡς πυκνότητα ἠλεκτρικῶν γραμμῶν εἰς τι σημεῖον τοῦ πεδίου, τὸν ἀριθμὸν τῶν γραμμῶν αἱ ὁποῖαι διέρχονται δι' ἐπιφανείας 1 cm^2 , τεθείσης καθέτως πρὸς τὰς ἠλεκτρικὰς γραμμὰς.** Ἐάν δὲ συμφωνήσωμεν νὰ χαράσσωμεν τὰς ἠλεκτρικὰς γραμμὰς κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, — εἰς εἰς τι σημεῖον ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα —, δι' ἐπιφανείας 1 cm^2 νὰ διέρχεται μία ἠλεκτρικὴ γραμμὴ, τότε ὁ ἀριθμὸς, ὁ ὁποῖος ἐκφράζει τὴν πυκνότητα τῶν ἠλεκτρικῶν γραμμῶν θὰ ἐκφράξῃ ἐπίσης καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἰς τὴν θεωρουμένην περιοχὴν.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, τὸ ὁμοιόμορφον ἠλεκτρικὸν πεδίου θὰ παριστᾷται γραφικῶς ὑπὸ ἠλεκτρικῶν γραμμῶν αἱ ὁποῖαι εἶναι εὐθεαὶ παράλληλοι καὶ ἴσον ἀπέχουσαι μεταξὺ τῶν, ἢ ὡς ἄλλως λέγομεν εἶναι ἰσοπυκνοί.

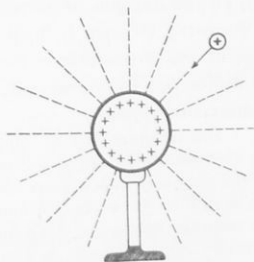
Ἐάν εἰς ὁμοιόμορφον πεδίου ἐντάσεως E τεθῇ καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν γραμμῶν αὐτοῦ ἐπιφάνεια $S \text{ cm}^2$, αὕτη θὰ διαπεράται ὑπὸ συνολικοῦ ἀριθμοῦ γραμμῶν:

$$\Phi = E \cdot S$$

Τὸ σύνολον δὲ τῶν ἠλεκτρικῶν γραμμῶν αἱ ὁποῖαι διαπεροῦν καθέτως ἐπιφάνειαν καλεῖται **ἠλεκτρικὴ ροή**.

234. Δυναμικόν. Θεωρήσωμεν ἀγωγὸν ἠλεκτρισμένον, π.χ. μεταλλικὴν σφαῖραν (σχ. 293) μεμονωμένην, φέρουσαν π.χ. φορτίον θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ εὐρισκόμενον ἐν ἰσορροσίᾳ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς, ὑποθέσωμεν δὲ πρὸς τούτοις ὅτι ἡ σφαῖρα αὕτη εἶναι μεμακρυσμένη ἀπὸ παντὸς ἄλλου σώματος. Τὸ ἐπὶ τῆς σφαίρας ὑπάρχον ἠλεκτρικὸν φορτίον δημιουργεῖ εἰς τὸν περίεξ αὐτῆς χώρον ἠλεκτρικὸν πεδίου, τὸ ὁποῖον θεωρητικῶς πρέπει νὰ ἐκτείνεται μέχρις ἀπείρου ἀποστάσεως ἀπὸ τῆς σφαίρας, ὅπου τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου θὰ ἐξηδενίζετο, ἐφ' ὅσον βεβαίως εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν ἀπὸ τῆς ἠλεκτρισμένης σφαίρας δὲν θὰ ὑπάρχουν ἄλλα φορτία, τὰ ὁποῖα νὰ δημιουργοῦν ἴδιον ἠλεκτρικὸν πεδίου.

Ἄς υποθέσωμεν ἤδη ὅτι ἐξ ἀπείρου ἀποστάσεως ἀπὸ τῆς σφαίρας, ὅπου δεχόμεθα ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι μηδέν, μετατοπίζεται κατὰ μῆκος ἠλεκτρικῆς γραμμῆς τοῦ πεδίου ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἄνευ ὁμοῦ ἐπιταχύνσεως. Λέγομεν δὲ ἄνευ ἐπιταχύνσεως διότι, ὡς εἶδομεν (βλ. § 168), τὸ ἠλεκτρόνιον παρουσιάζει μᾶζαν, ὁμοίως δὲ καὶ ἡ μονὰς τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου θὰ ἔχῃ μᾶζαν, ἐφ' ὅσον δὲ ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου θὰ εἰσήγето ἐλευθέρᾳ εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου, θὰ ὑφίστατο ἐπιτάχυνσιν. Διὰ νὰ μὴ ὑφίσταται ἐπιτάχυνσιν πρέπει, καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς μετατοπίσεως αὐτῆς ἐντὸς τοῦ πεδίου, νὰ ἐπενεργῇ ἐπ' αὐτῆς δύναμις ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν ὀφειλομένην εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίου. Ἦνα ἐπομένως ἡ μονὰς τοῦ θετι-



Σχ. 293. Τὸ δυναμικὸν καθορίζεται ὑπὸ τοῦ ἔργου τῆς μετατοπίσεως τῆς μονάδος θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἀπὸ τοῦ ἀπείρου μέχρι τοῦ ἀγωγῶ.

κοῦ φορτίου μετατοπισθῇ ἐξ ἀπείρου ἀποστάσεως ἀπὸ τῆς ἠλεκτρισμένης σφαίρας ἄνευ επιταχύνσεως μέχρι τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς, πρέπει ἡ δύναμις ἡ ἀντιτιθεμένη εἰς τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην ὑπὸ τοῦ πεδίου ἐπὶ τῆς μονάδος τοῦ ἠλεκτρικοῦ φορτίου νὰ παραγάγῃ ἔργον, τὸ ὁποῖον, ὅταν φθάσῃ ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ἠλεκτρισμένης σφαίρας, ἀποταμιεύεται ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια ἐπὶ τῆς μονάδος τοῦ θετικοῦ φορτίου.

Τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποῖαν ἀποκτᾷ ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου μετατοπιζομένη ἐξ ἀπείρου ἀποστάσεως εἰς τινὰ περιοχὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, π.χ. ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς σφαίρας, καλοῦμεν *δυναμικὸν τοῦ πεδίου εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον*.

Ἐκαστον ὅθεν ἠλεκτρικὸν πεδῖον δυνάμεθα νὰ περιγράψωμεν χρησιμοποιοῦντες ἀντὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου τὸ δυναμικὸν εἰς ἕκαστον σημεῖον αὐτοῦ.

Ἐὰν ὡς μονὰς φορτίου λαμβάνεται τὸ Coulomb καὶ ὡς μονὰς ἐνεργείας τὸ Joule, ἡ πρακτικὴ μονὰς τοῦ δυναμικοῦ εἶναι τὸ Volt. Δηλαδή, **τὸ δυναμικὸν εἰς τι σημεῖον τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἔχει τιμὴν 1 Volt, ὅταν εἰς τὴν μετατόπισιν θετικοῦ φορτίου 1 Coulomb ἐξ ἀπείρου ἀποστάσεως μέχρι τοῦ θεωρουμένου σημείου τοῦ πεδίου ἀπαιτεῖται ἔργον 1 Joule.**

Ἐκαστον ὅθεν ἠλεκτρικὸν πεδῖον δυνάμεθα νὰ περιγράψωμεν τελείως, ἐὰν γνωρίζωμεν τὸ δυναμικὸν εἰς ἕκαστον σημεῖον αὐτοῦ, δηλ. ὅταν γνωρίζωμεν τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποῖαν ἀποκτᾷ ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου, μεταφερομένη ἐκ τοῦ ἀπείρου μέχρι τοῦ θεωρουμένου σημείου τοῦ πεδίου. Τὸ *δυναμικὸν ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια* ἢ *ἔργον ἀνὰ μονάδα φορτίου* ἀποτελεῖ ἀριθμητικὸν μέγεθος, ἔνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου θεωρεῖται πλεονεκτικώτερα ἡ περιγραφή τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου διὰ τοῦ δυναμικοῦ, διότι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἀποτελεῖ ἀνυσματικὸν μέγεθος.

* **Παρατήρησις.** Εἰς τὰ προηγουμένα ὑπεθέσαμεν ὅτι ἡ μονὰς τοῦ θετικοῦ φορτίου, ὅταν εὑρίσκεται εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ δημιουργοῦντος τὸ φορτίον πεδίου, ἔχει δυναμικὴν ἐνέργειαν μηδέν, διότι ἐδέχθημεν ὅτι εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν ἐκμηδενίζεται τὸ ἠλεκτρικὸν πεδῖον. Ἐν τούτοις, ἡ παραδοχὴ αὕτη δὲν δικαιολογεῖται εἰς τὴν πραγματικότητα, διότι πιθανὸν εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν νὰ ὑπάρχουν ἄλλα φορτία, τὰ ὁποῖα νὰ δημιουργοῦν ἠλεκτρικὸν πεδῖον. Ἐπειδὴ δὲ ἔνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου δὲν γνωρίζομεν τὴν θέσιν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὁποῖαν μετὰ βεβαιότητος νὰ ἀποδώσωμεν δυναμικὴν ἐνέργειαν μηδέν, ὀρίζομεν αὐτὴν αὐθαίρετως, καί, συνήθως, εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς δεχόμεθα τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς ὡς περιοχὴν δυναμικῆς ἐνεργείας μηδέν.

Ἡ αὐθαίρεσις αὕτη ὁμως δὲν ἔχει οὐσιώδη σημασίαν, διότι εἰς ὅλας τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς ὑπεσιγχόνται μόνον διαφοραὶ δυναμικῆς ἐνεργείας ἢ δυναμικοῦ, καὶ ἐπομένως ἡ ἀπόλυτος τιμὴ τοῦ δυναμικοῦ, δηλαδή ἡ τιμὴ του ἐν σχέσει πρὸς περιοχὴν τοῦ χώρου ὅπου ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια εἶναι πράγματι μηδέν, εἶναι ἄνευ σημασίας.

Σῶμα θετικῶς ἠλεκτρισμένον λέγομεν ὅτι ἔχει θετικὸν δυναμικὸν ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, ἐνῷ σῶμα ἀρνητικῶς ἠλεκτρισμένον λέγομεν ὅτι ἔχει ἀρνητικὸν δυναμικόν.

235. Ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ μονὰς δυναμικοῦ. Ἐφ' ὅσον τὸ δυναμικὸν U εἶναι ἔργον A ἀνὰ μονάδα φορτίου ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ἐξίσωσις ὁρισμοῦ αὐτοῦ εἶναι:

$$U = \frac{A}{q}$$

ὅπου q παριστᾷ ἡλεκτρικὸν φορτίον, ὅποτε, ἐὰν ἐκφράσωμεν τὰ U καὶ q διὰ τῶν θεμελιωδῶν μεγεθῶν, εὐρίσκομεν:

$$[U] = \left[\frac{M L^{\frac{1}{2}} T^{-2}}{M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1}} \right] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$$

καὶ μονὰς δυναμικοῦ θὰ εἶναι εἰς τὸ ΗΣΜ: $U = gr^{\frac{1}{2}} \cdot cm^{\frac{1}{2}} \cdot sec^{-1}$ ἢ ἄλλως: 1 erg κατὰ ΗΣΜ — φορτίου.

Ἡ σχέσις μεταξὺ τῆς ἤδη γνωστῆς πρακτικῆς μονάδος δυναμικοῦ Volt καὶ τῆς ΗΣΜ — δυναμικοῦ εὐρίσκεται ὡς ἑξῆς:

$$1 \text{ Volt} = \frac{1 \text{ Joule}}{1 \text{ Coulomb}} = \frac{10^7 \text{ Erg}}{3 \cdot 10^9 \text{ ΗΣΜ — φορτίου}}$$

$$\text{ἀλλὰ: } \frac{1 \text{ Erg}}{1 \text{ ΗΣΜ — φορτίου}} = 1 \text{ ΗΣΜ — δυναμικοῦ}$$

ὅθεν:

$$1 \text{ Volt} = \frac{1}{300} \text{ ΗΣΜ — δυναμικοῦ}$$

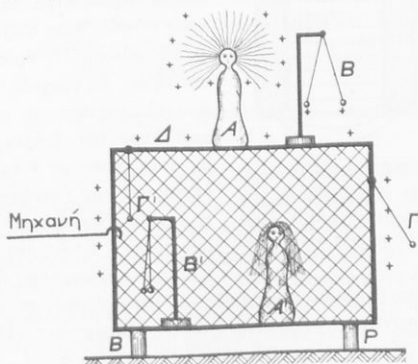
236*. Δυναμικὸν εἰς σημεῖον πεδίου δημιουργουμένου ὑπὸ σημειώδους ἡλεκτρικοῦ φορτίου. Ὅταν τὸ ἡλεκτρικὸν πεδὶον δημιουργῇται ὑπὸ σημειώδους ἡλεκτρικοῦ φορτίου q , τότε τὸ δυναμικὸν εἰς τι σημεῖον τοῦ πεδίου, ἀπέχον κατὰ r ἀπὸ τοῦ φορτίου, παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως: $U = q/r$.

Ἡ διαφορά δυναμικοῦ μεταξὺ δύο τυχόντων σημείων τοῦ πεδίου ἰσοῦται πρὸς τὸ ἔργον τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν μετατόπισιν τῆς μονάδος τοῦ θετικοῦ φορτίου μεταξὺ τῶν δύο σημείων, δι' ὑπερνιζήσεως τῆς ὑπὸ τοῦ πεδίου ἀσκουμένης δυνάμεως. Ἐὰν δὲ τὸ πεδὶον δημιουργῇται ὑπὸ πολλῶν ἀνεξαρτήτων φορτίων, τότε τὸ δυναμικὸν εἰς τι σημεῖον τοῦ χώρου θὰ ἰσοῦται πρὸς τὸ ἀλγεβρικὸν ἄθροισμα τῶν δυναμικῶν τῶν διαφόρων φορτίων.

237. Δυναμικὸν ἀγωγοῦ φορτισμένου καὶ ἰσοδυναμικαὶ ἐπιφάνειαι. Ἐὰν σφαιρικός ἀγωγός εἶναι φορτισμένος, τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι τὸ φορτίον τοῦ ἀγωγοῦ συγκεντρῶνται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ὑπὸ μορφὴν λεπτωτάτου στρώματος περιβάλλοντος τελείως τὸν ἀγωγόν, τοῦτο δὲ εἶναι ἀμεσος συνέπεια τῆς ιδιότητος καθ' ἣν ὁ μὼνυμα φορτία ἀπωθῶνται.

Τὴν πειραματικὴν ἀπόδειξιν τοῦ φαινομένου τούτου ἐξετέλεσεν ὁ Faraday (1837) κατὰ τὸν ἑξῆς τρόπον:

Ἐνεκλείσθη ἐντὸς μεμονωμένου μεταλλικοῦ κιβωτίου καὶ ἀπολούθως τὸ κιβώτιον ὑπεβλήθη εἰς φόρτισιν, ὅποτε οὗτος δὲν ἠδυνήθη νὰ ἐξακιβώσῃ τὴν ἑαρξιν ἡλεκτρικοῦ φορτίου



Σχ. 294. Ὅλα τὰ σώματα τὰ εὐρισκόμενα ἐντὸς τοῦ ὑπὸ τοῦ κλωβοῦ περιεχόμενου χώρου δὲν ἡλεκτρίζονται.

ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ κυβωτίου. Τὸ αὐτὸ δεικνύεται καὶ διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 294.

Θεωρητικῶς δεικνύεται ἐπίσης ὅτι, ὅταν ἄγωγός σφαιρικὸς εἶναι ἠλεκτρισμένος καὶ ὁ ἠλεκτρισμὸς εὐρίσκεται ἐν ἰσορροσίᾳ, τὸ δυναμικὸν οἰονδήποτε σημείου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἐν σχέσει πρὸς περιοχὴν εὐρισκομένην εἰς ἄπειρον ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ κέντρου τοῦ ἄγωγου, ἢ καὶ ἐν σχέσει πρὸς τὴν Γῆν, παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$U = \frac{q}{r}$$

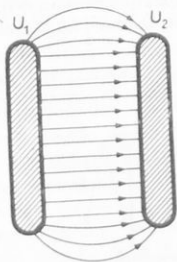
ὅπου q τὸ φορτίον τοῦ ἄγωγου καὶ r ἡ ἀκτίς αὐτοῦ.

Ἐπομένως βλέπομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν εἰς ὅλα τὰ σημεία τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ὥς ἐκ τούτου δὲ λέγομεν ὅτι αὕτη ἀποτελεῖ ἰσοδυναμικὴν ἐπιφάνειαν. Τοῦτο ἰσχύει ὅχι μόνον διὰ σφαιρικῶν ἄγωγῶν, ἀλλὰ καὶ δι' ἄγωγῶν οἰονδήποτε σχήματος.

Γενικῶς, **καλοῦμεν ἰσοδυναμικὴν ἐπιφάνειαν ἠλεκτρικοῦ πεδίου τὸν γεωμετρικὸν τόπον ὅλων τῶν σημείων τοῦ πεδίου τὰ ὁποῖα χαρακτηρίζονται ὑπὸ δυναμικοῦ τῆς αὐτῆς τιμῆς.** Ἐφ' ὅσον ἐπὶ ἐπιφανείας ἄγωγου ἠλεκτρισμένου, τὸ δυναμικὸν ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν εἰς ὅλα τὰ σημεία τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ, ἔπεται ὅτι ὅπουδήποτε ἐπ' αὐτοῦ καὶ ἐὰν μετατεθῇ θετικὸν φορτίον ἠλεκτρισμοῦ, ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια παραμένει ἀμετάβλητος, ἔπομένως δὲν ἀπαιτεῖται πρὸς τοῦτο κατανάλωσις ἔργου.

238. Διαφορὰ δυναμικοῦ καὶ ἔντασις πεδίου. Θεωρήσωμεν τὸ σύστημα τῶν δύο πλακῶν (σχ. 295) καὶ ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ μία ἐξ αὐτῶν εἶναι φορτισμένη ὑπὸ δυναμικὸν U_1 , καὶ ἡ ἄλλη ὑπὸ δυναμικὸν U_2 , καὶ ἔστω ὅτι $U_1 > U_2$, ὅτε ἡ μεταξὺ αὐτῶν διαφορὰ δυναμικοῦ θὰ εἶναι :

$$U_1 - U_2 = U.$$



Σχ. 295. Διὰ τὴν συσχέτισιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου καὶ τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ.

Μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν θὰ ὑφίσταται ἠλεκτρικὸν πεδίον ὁμοιόμορφον, ἔστω δὲ E ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ. Ἐὰν φορτίον $+q$ μετατοπίζεται ἐλευθέρως ἐκ τῆς πλακὸς U_1 πρὸς τὴν πλάκα U_2 , τοῦτο θ' ἀκολουθῇ προδίῳ, ὥς τροχίαν, ἠλεκτρικὴν γραμμὴν, ἐὰν δὲ θέλωμεν τὸ φορτίον νὰ μὴ ὑφίσταται ἐπιτάχυνσιν, πρέπει, καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς μετατοπίσεως, νὰ ἐπενεργῇ δύναμις ἐντάσεως $F = Eq$, ἡ ὁποία νὰ ἐξουδετερώη τὴν ἐπιταχυντικὴν ἐπενέργειαν τοῦ πεδίου. Οὕτω, τὸ φορτίον q ἀποδίδει δυναμικὴν ἐνέργειαν πρὸς ἀντιμετώπισιν τῆς δυνάμεως ἡ ὁποία ἀντιτίθεται εἰς τὴν ἐπιτάχυνσιν αὐτοῦ ὑπὸ τοῦ πεδίου, ὅπως ἀκριβῶς συμβαίνει ὅταν κρατοῦμεν

σῶμα βαρὺ διὰ τῆς χειρὸς καὶ μεταφέρομεν τοῦτο ἀπὸ ὀρισμένου ὕψους μέχρι τῆς ἐπιφανείας τοῦ διαπέδου χωρὶς ἐπιτάχυνσιν. Ἡ μείωσις τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν εἶναι $q (U_1 - U_2) = U \cdot q$, καὶ εἶναι ἀκριβῶς ἴση πρὸς τὸ ἔργον : $F \cdot l = E \cdot q \cdot l$.

Ἐκ τῆς σχέσεως $U \cdot q = E \cdot q \cdot l$, εὐρίσκομεν :

$$E = \frac{U}{l}$$

Ἦτοι: ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἰσοῦται πρὸς τὴν μετοβολὴν τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας ἢ τοῦ δυναμικοῦ ἀνὰ μονάδα μήκους ἠλεκτρικῆς γραμμῆς.

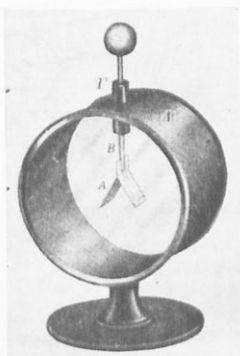
Ἐὰν ὡς μονάδα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ δυναμικοῦ χρησιμοποιοῦμεν τὸ Volt, καὶ ὡς μονάδα μήκους τὸ cm, εὐρίσκομεν, ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου, τὴν πρακτικὴν μονάδα τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, ἡ ὁποία εἶναι τὸ Volt/cm. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι καὶ οἱ δύο πόλοι πηγῆς ἠλεκτρισμοῦ ἀποτελοῦν δύο ἠλεκτρισμένους ἀγωγούς, ἕκαστος τῶν ὁποίων εὐρίσκεται ὑπὸ διάφορον δυναμικόν, καὶ ἐπομένως μεταξὺ αὐτῶν ὑφίσταται ἠλεκτρικὸν πεδίον, ἡ δὲ διαφορὰ δυναμικοῦ, ἢ ἄλλως ἡ μεταξὺ αὐτῶν τάσις, παρέχει, ὡς ἤδη γνωρίζομεν, τὴν ΗΕΔ τῆς πηγῆς, ἐφ' ὅσον ἡ πηγή δὲν παρέχει ρεῦμα.

239. Ἠλεκτροσκόπιον. Διὰ τὴν σπουδὴν ὠρισμένων ἠλεκτρικῶν φαινομένων χρησιμοποιοῦμεν τὸ **ἠλεκτροσκόπιον**. Ἀπλούστατον τύπον ἠλεκτροσκοπίου ἀποτελεῖ τὸ ἥδη περιγραφέν (§ 165) ἠλεκτρικὸν ἔκκρε-



MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)

Διάσημος Ἄγγλος Φυσικὸς καὶ Χημικὸς. Ὀνομαστός διὰ τὴν μεγάλην πειραματικὴν του ἰκανότητα. Ἀνεκάλυψε τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν ἐπαγωγὴν καὶ τοὺς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.



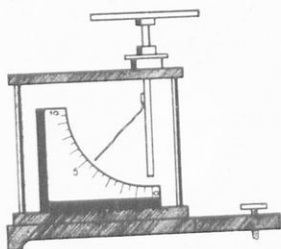
Σχ. 296. Ἀπλὸς τύπος ἠλεκτροσκοπίου.

μὲς, τὸ ὁποῖον ὅμως δὲν ἀποτελεῖ εὐαίσθητον διάταξιν.

Λίαν εὐαίσθητον ἠλεκτροσκόπιον εἶναι τὸ πραγματοποιούμενον διὰ λεπτῶν φύλλων ἀργιλίου, τὸ ὁποῖον εἰκονίζεται εἰς τὸ σχῆμα 296. Τὰ φύλλα ἀργιλίου προσαρμύζονται καταλλήλως ἐπὶ μονίμου μεταλλικοῦ στελέχους ΓΒ, τὸ ὁποῖον εἶναι μεμονωμένον ἀπὸ τοῦ σώματος τοῦ ἠλεκτροσκοπίου εἰς Γ. Ἐὰν τὸ στέλεχος ἠλεκτρισθῇ, τότε ἠλεκτρίζονται καὶ τὰ φύλλα τοῦ ἀργιλίου ὁμοσήμως, οὕτω δὲ ταῦτα, ἀπωθούμενα, ἀποκλίνουν. Ἐὰν τὸ ἠλεκτροσκόπιον φέρῃ κλίμακα ἐπιτρέπουσαν τὴν μέτρησιν τῆς ἀποκλίσεως, εἶναι δὲ βαθμολογημένον, π.χ. εἰς Volt, τότε καλεῖται **ἠλεκτρόμετρον** (σχ. 297). Συνή-

θως, τὸ περιβλήμα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου τίθεται εἰς συγκοινωνίαν πρὸς τὴν Γῆν.

240. Ἡλεκτρισμός ἐξ ἐπιδράσεως. Συμφώνως πρὸς τὰς νεωτέρας ἀντιλήψεις ἐπὶ τῆς συγκροτήσεως τῆς ὕλης, ὅλα τὰ ἀφόρτιστα σώματα φέρουν μέγαν ἀριθμὸν στοιχειωδῶν φορτίων θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν (βλ. § 168) κατὰ ἴσας ποσότητας, ὥστε νὰ ἐξουδετεροῦνται ἀμοιβαίως, καὶ τὸ σῶμα νὰ ἐμφανίζεται εἰς τὸν ἔξω κόσμον ὡς οὐδέτερον, ἥτοι ἄνευ φορτίου.



Σχ. 297. Ἡλεκτροσκόπιον μὲ ἐν φύλλων ἀργυρίδιον, χρησιμεύον καὶ ὡς ἡλεκτρόμετρον.

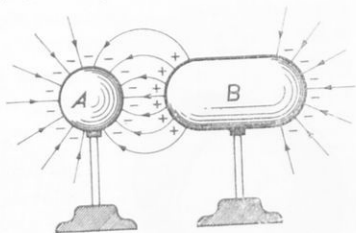
Ἐὰν ὅμως ἀφόρτιστος ἀγωγὸς ἀχθῇ πλησίον ἑτέρου ἀγωγοῦ θετικῶς φορτισμένου, ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὡς ἐπιδρῶν ἀγωγός, τότε διαταράσσεται ἡ ἰσορροπία τῶν φορτίων εἰς τὸν ἀφόρτιστον ἀγωγόν, καὶ τὰ μὲν ἀρνητικὰ φορτία, δηλ. τὰ ἡλεκτρονία, ἐλκόμενα συσσωρεύονται εἰς τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ, τὸ πλησιέστερον πρὸς τὸν ἐπιδρῶντα ἀγωγόν, ἐνῶ πρὸς τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ, λόγῳ τῆς ἀπομακρύνσεως τῶν ἡλεκτρονίων, ἀναφαίνονται θετικὰ φορτία.

Ἐὰν ὁ ἐπιδρῶν ἀγωγὸς φέρῃ ἀρνητικὸν φορτίον, τότε εἰς τὸ πλησιέστερον πρὸς αὐτὸν μέρος τοῦ ἀφορτίστου ἀγωγοῦ ἀναφαίνονται τὰ θετικὰ φορτία, ἐνῶ τὰ ἀρνητικὰ ἀναφαίνονται εἰς τὸ ἀπώτερον μέρος (σχ. 298).

Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὸν ἀγωγὸν ἀπὸ τοῦ ἐπιδρῶντος ἀγωγοῦ, τότε τὰ δύο ἐπ' αὐτοῦ ἀναπτυχθέντα φορτία ἀποκαθιστοῦν ἀφ' ἑαυτῶν ἐκ νέου τὴν ἰσορροπίαν, καὶ ὁ ἀγωγὸς ἐμφανίζεται ὡς μὴ φέρων ἡλεκτρικὸν φορτίον, ἥτοι ὡς οὐδέτερος.

Ἐὰν ὅμως, ἐφ' ὅσον ἀκόμη ὁ ἀγωγὸς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ ἐπιδρῶντος ἀγωγοῦ, συγκοινωνήσωμεν ἐν οἰονδήποτε σημείον αὐτοῦ πρὸς τὴν Γῆν, ἐγγιζόντες π.χ.

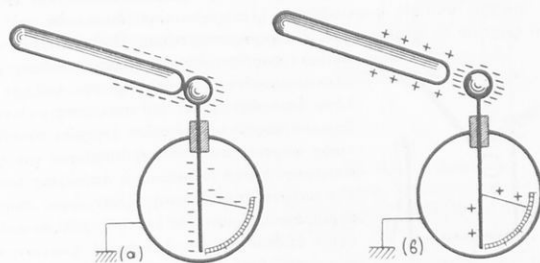
αὐτὸν διὰ τοῦ δακτύλου, τότε τὰ μὲν ἀρνητικὰ φορτία συγκρατοῦνται εἰς τὴν θέσιν των ὑπὸ τοῦ φορτίου τοῦ ἐπιδρῶντος ἀγωγοῦ, ἐνῶ τὰ θετικὰ ἐξουδετεροῦνται ὑπὸ ἡλεκτρονίων τὰ ὁποῖα προσλαμβάνει ὁ ἀγωγὸς μέσῳ τοῦ ἀγωγοῦ συνδέσμου ἐκ τῆς Γῆς. Συνήθως, ἐπὶ τὸ ἀπλούστερον, λέγομεν ὅτι τὸ θετικὸν φορτίον, ὡς ἀπωθούμενον ὑπὸ τοῦ ὁμοσήμου φορτίου τοῦ ἐπιδρῶντος ἀγωγοῦ, ἐκρέει πρὸς τὴν Γῆν. Ἐὰν ἤδη πρῶτον διακόψωμεν τὴν συγκοινωνίαν τοῦ ἀγωγοῦ πρὸς τὴν Γῆν καὶ ἀκολούθως ἀπομακρύνωμεν αὐτὸν ἀπὸ τοῦ ἐπιδρῶντος ἀγωγοῦ, τότε τὰ ἀρνητικὰ φορτία τὰ ὁποῖα εἶχον παραμείνει ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ διαχέονται ἐφ' ὅλης τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, καὶ ἐπομένως οὗτος ἐμφανίζεται ὡς ὁλοκλήρως ἀρνητικῶς ἡλεκτρισμένος. Ὁ ὡς ἄνω τρόπος ἡλεκτρίσεως ἀγωγοῦ καλεῖται **ἡλεκτρισμός ἐξ ἐπιδράσεως**.



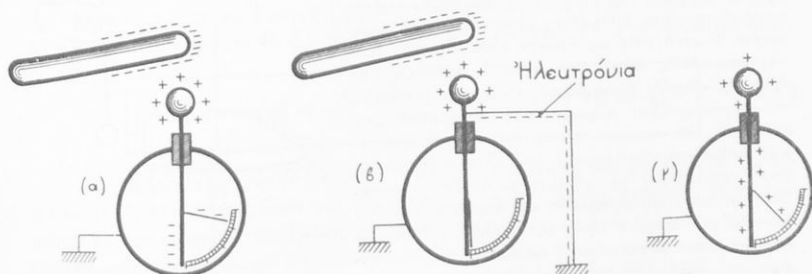
Σχ. 298. Ὁ ἀγωγὸς B ἡλεκτρίζεται ἐξ ἐπιδράσεως ἀπὸ τὸν ἀρνητικῶς φορτισμένον ἀγωγὸν A.

241. Φόρτισις ηλεκτροσκοπίου. Ἡλεκτροσκόπιον δυνάμεθα νὰ φορτίσωμεν δι' ἐπαφῆς τῆς σφαίρας αὐτοῦ πρὸς ἠλεκτρισμένην ράβδον, π.χ. ἐβονίτου (σχ. 299, α), ὅτε τὸ ἠλεκτροσκόπιον, μετὰ τὴν ἀπομάκρυνσιν τῆς ράβδου ἐβονίτου, θὰ φέρῃ μονίμως ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἀπαλλάσσεται ἀπὸ τοῦ φορτίου ἐὰν ἐγγίσωμεν τὴν σφαῖραν αὐτοῦ διὰ τοῦ δακτύλου. Δυνάμεθα ὅμως νὰ φορτίσωμεν τὸ ἠλεκτροσκόπιον καὶ ἐξ ἐπιδράσεως, ὡς δεῖκνυται εἰς τὸ σχ. 299, β. Οὕτω, ἐὰν εἰς τὴν σφαῖραν τοῦ ἠλεκτροσκοπίου πλησιάσωμεν, χωρὶς νὰ θέσωμεν αὐτὴν εἰς ἐπαφὴν, ράβδον ἠλεκτρισμένην π.χ. θετικῶς, τότε ἡ μὲν σφαῖρα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου φορτίζεται ἀρνητικῶς, ἐνῶ τὸ κάτω μέρος τοῦ στελέχους καὶ τὸ φύλλον φορτίζονται θετικῶς, ὡς ἐκ τούτου δὲ τὸ φύλλον τοῦ ἠλεκτροσκοπίου ἀποκλίνει. Ἐὰν ἀπομακρύνωμεν τὴν ἐπιδρώσαν ράβδον, τότε τὰ δύο φορτία ἐξουδετερῶνται ἐκ νέου, καὶ ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου μηδενίζεται.

Δυνάμεθα ὅμως νὰ φορτίσωμεν μονίμως ἠλεκτροσκόπιον ἐξ ἐπιδράσεως καὶ μάλιστα με' ὀριζόμενον εἶδος φορτίου, κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον: Πρὸς τὴν σφαῖραν τοῦ ἠλεκτροσκοπίου πλησιάζομεν ράβδον ἠλεκτρισμένην π.χ. ἀρνητικῶς (σχ. 300, α), ὁπότε ἡ σφαῖρα τοῦ ἠλεκτροσκοπίου φορτίζεται θετικῶς, καὶ τὸ κάτω μέρος τοῦ στελέχους καὶ τὸ φύλλον ἀρνη-



Σχ. 299. Φόρτισις ἠλεκτροσκοπίου. (α) Δι' ἐπαφῆς. (β) Ἐξ ἐπιδράσεως.

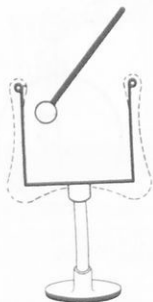


Σχ. 300. Μόνιμος φόρτισις ἠλεκτροσκοπίου ἐξ ἐπιδράσεως.

τικῶς, οὕτω δὲ τὸ φύλλον ἀποκλίνει. Ἐὰν ἤδη, κρατοῦντες τὴν ράβδον ἐγγὺς τῆς σφαίρας, συγχοινωνήσωμεν ἐν οἰονδήποτε μέρος τῆς σφαίρας, δι' ἀγωγοῦ, πρὸς τὴν Γῆν, τότε τὰ ἀρνητικὰ φορτία, ἀπωθούμενα ὑπὸ τῆς ἐπιδρώσεως ράβδου, ἐκρέουν πρὸς τὴν Γῆν, ἐνῶ τὰ θετικὰ φορτία συγκρατοῦνται ἐπὶ τῆς σφαίρας ὑπὸ τοῦ φορτίου τῆς ἐπιδρώσεως ράβδου (σχ. 300, β). Ἐνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου ἐκμηδενίζεται ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου τοῦ ἠλεκτροσκοπίου. Ἐὰν ἤδη πρῶτον διακόψωμεν τὴν συγχοινωνίαν πρὸς τὴν Γῆν καὶ κατόπιν εὐθὺς ἀμέσως ἀπομακρύνωμεν τὴν ἐπιδρώσαν ράβδον, τότε τὸ ἐπὶ τῆς σφαίρας θετικὸν

φορτίον διαχέεται ἐφ' ὅλοκληρου τοῦ ηλεκτροσκοπίου, ἤτοι ἐπὶ τοῦ στελέχους καὶ τοῦ φύλλου, οὕτω δὲ τὸ φύλλον αὐτοῦ ἀποκλίνει ἐκ νέου, τὸ δὲ ηλεκτροσκόπιον φέρει ἤδη γνωστὸν εἶδους ηλεκτρικὸν φορτίον, ἤτοι θετικόν. Ἐάν ἡ ἐπιδρώσα ράβδος ἔφερε ἀρχικῶς θετικὸν φορτίον, τότε, κατὰ τὸν αὐτὸν ἀκριβῶς τρόπον, τὸ ηλεκτροσκόπιον θὰ ἀπέκτα ἀρνητικὸν φορτίον.

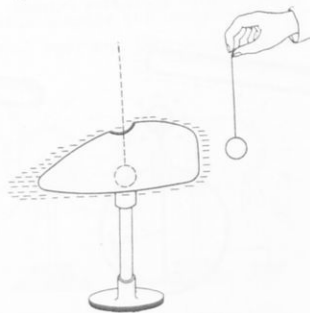
Διὰ τοῦ θετικῶς φορτισθέντος ηλεκτροσκοπίου δυνάμεθα νὰ ἐξακριβώσωμεν τὸ εἶδος τοῦ φορτίου τοῦ ὁποῖον φέρει ηλεκτρισμένον σῶμα. Πράγματι, ἐάν πλησιάσωμεν σῶμα φέρον θετικὸν φορτίον, ἤτοι τοῦ αὐτοῦ εἶδους πρὸς τὸ τοῦ φύλλου τοῦ ηλεκτροσκοπίου, ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου αὐτοῦ αὐξάνεται, διότι, λόγῳ ἐπιδράσεως ἐπὶ τοῦ στελέχους καὶ τοῦ φύλλου, ἀναπτύσσεται θετικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον ἐνισχύει τὸ ἤδη ὑπάρχον ἐπ' αὐτοῦ θετικὸν φορτίον καὶ οὕτω ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου αὐξάνεται, ἐάν δὲ ἀπομακρύνωμεν τὸ σῶμα, ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου λαμβάνει πάλιν τὴν κανονικὴν τῆς τιμὴν. Ἐάν ὁμως πλησιάσωμεν ἀρνητικῶς ηλεκτρισμένον σῶμα, τότε ἐπὶ τοῦ φύλλου καὶ τοῦ στελέχους ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπιδράσεως ἀρνητικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον ἐξουδετερώνει μέρος τοῦ θετικοῦ φορτίου αὐτῶν, καὶ οὕτω ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου ἐλαττοῦται. Οὕτω, ἐάν εἰς θετικῶς φορτισμένον σῶμα, τότε, ἐάν μὲν ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου αὐξάνεται, τὸ σῶμα θὰ φέρῃ τοῦ αὐτοῦ εἶδους φορτίον πρὸς τὸ τοῦ ηλεκτροσκοπίου, ἐάν δὲ ἡ ἀπόκλισις ἐλαττοῦται τὸ σῶμα θὰ φέρῃ ἀντίθετον φορτίον.



Σχ. 301. Ἐλεγχος τῆς διανομῆς τοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ.

242. Πειραματικὴ ἔρευνα τῆς διανομῆς τοῦ φορτίου. Πυκνότητος τοῦ φορτίου. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς διανομῆς τοῦ ηλεκτρικοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῶν ἀγωγῶν σωματίων, εἰσάγεται ἡ ἔννοια τῆς **πυκνότητος τοῦ φορτίου**, ἡ ὁποία ὀρίζεται ὡς **τὸ φορτίον τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς μονάδος τῆς ἐπιφανείας εἰς τινὰ περιοχὴν τοῦ ἀγωγοῦ**. Ἡ πειραματικὴ ἔρευνα τῆς διανομῆς τοῦ φορτίου γίνεται διὰ τοῦ **δοκιμαστικοῦ ἀγωγοῦ**, ἀποτελούμενον ἐκ μικρᾶς σφαίρας προσηρμοσμένης ἐπὶ μονωτικῆς λαβῆς, π.χ. λεπτῆς ράβδου ἐξ ἐβονίτου (σχ. 301) ἢ ἐξηρησμένης ἀπὸ μονωτικοῦ νήματος (σχ. 302). Ἐάν ἡ ἐπιφάνεια τοῦ δοκιμαστικοῦ ἀγωγοῦ τεθῇ εἰς ἐπαφὴν πρὸς περιοχὴν τινὰ τῆς ἐπιφανείας μεταλλικοῦ ἀγωγοῦ, προσλαμβάνει ἐξ αὐτῆς φορτίον ηλεκτρισμοῦ, τὸ ὁποῖον δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν ἐάν φέρωμεν τὴν σφαῖραν εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὴν σφαῖραν ηλεκτροσκοπίου ἀφορτίστου καὶ βαθμολογημένου καταλλήλως. Εἶναι φανερόν ὅτι, ὅσον μεγαλύτερον τὸ φορτίον, τὸ ὁποῖον ἀποκομίζεται ἡ δοκιμαστικὴ σφαῖρα ἐκ τῆς περιοχῆς τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ πρὸς τὴν ὁποίαν τίθεται εἰς ἐπαφὴν, τόσοον μεγαλύτερα ἡ ἀπόκλισις τοῦ ηλεκτροσκοπίου, ἀλλὰ καὶ τόσοον μεγαλύτερα ἡ πυκνότης φορτίου τοῦ ἀγωγοῦ.

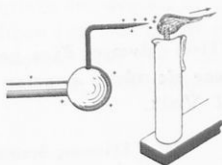
Συνήθως, παρουσιάζομεν γραφικῶς τὴν διανομὴν τοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ἀγωγοῦ σώματος ὡς ἐξῆς: Ἐκ τῶν διαφόρων σημείων τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ φέρομεν καθέτους ἐπ' αὐτήν, καὶ ἐπὶ τῶν καθέτων τούτων λαμβάνομεν μήκη, ἀρχόμενοι ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ἴσα ἢ ἀνάλογα πρὸς τὴν πυκνότητα φορτίου, εἰς τὸ θεωρούμενον σημεῖον. Τὰ ἄκρα τῶν τμημάτων τούτων ὀρίζουν ἐπιφάνειαν ἡ ὁποία δεικνύει γραφικῶς τὴν διανομὴν τοῦ φορτίου, ὡς εἰς τὸ σχῆμα 301.



Σχ. 302. Τὸ φορτίον ἐντοπίζεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ καὶ κατὰ προτίμησιν ἐπὶ τοῦ ὀξέως μέρους αὐτοῦ.

Οὔτω, δι' ἐξερευνησεως διὰ τοῦ δοκιμαστικοῦ ἀγωγοῦ τῆς διανομῆς τοῦ φορτίου, εὐρίσκωμεν: 1) Ὅτι εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ἐξερευνωμένου ἀγωγοῦ δὲν ὑφίσταται φορτίον. 2) Ὅλον τὸ φορτίον εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ. 3) Ἡ πυκνότης τοῦ φορτίου εἶναι μεγαλύτερα εἰς τὰς περιφερίας ὅπου ἡ καμπυλότης εἶναι μεγάλη.

Ἀνάλογα φαινόμενα δεικνύονται καὶ εἰς τὸ σχῆμα 302, εἰς τὸ ὁποῖον ἡ γραφικὴ παράστασις τῆς διανομῆς τῆς πυκνότητος φορτίου ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας γίνεται κατ' ἄλλον τρόπον, εὐκόλως ἐννοούμενον ἐκ τοῦ σχήματος. Γενικῶς δεικνύεται ὅτι ὅταν ὁ ἀγωγὸς παρουσιάσῃ ὀξὺ σημεῖον, ὡς π.χ. ἀκίδα, εἰς τὴν περιοχὴν ταύτην τὸ ἡλεκτρικὸν φορτίον δεικνύει τὴν μεγίστην πυκνότητα, διότι τὸ ἄκρον τῆς ἀκίδος ἀποτελεῖ περιοχὴν μεγίστης καμπυλότητος. Ἡ συγκέντρωσις μάλιστα τοῦ φορτίου ἐπὶ τῆς ἀκίδος εἶναι τόσον μεγάλη, ὥστε τοῦτο ἐγκαταλείπει τὴν ἀκίδα καὶ εἰσχωρεῖ εἰς τὴν περιβάλλοντα αὐτὴν ἀέρα, οὗτω δὲ προκαλεῖται ἐκκένωσις τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐάν μάλιστα πλησίον τῆς ἀκίδος φορτισμένου ἀγωγοῦ πλησιάζωμεν φλόγα κηρίου, παρατηροῦμεν ὅτι δημιουργεῖται φύσημα, τὸ ὁποῖον πολλάκις δύναται νὰ ἀποσβέσῃ τὴν φλόγα (σχ. 303).



Σχ. 303. Ἡλεκτρικὸν φύσημα, δημιουργούμενον δι' ἐκροῆς φορτίου δι' ἀκίδος.

243. Χωρητικότητα. Πρὸς ὁρισμὸν τῆς ἐννοίας τῆς χωρητικότητος, ἀναχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἀκολουθίου βασικοῦ πειράματος: Ἐστω ἀγωγὸς σφαῖρα, εἰς τὴν ὁποίαν μεταδίδομεν φορτίον q , ὅτε διὰ τοῦ ἡλεκτρομέτρου εὐρίσκομεν ὅτι αὕτη ἀποκτᾷ δυναμικὸν U . Ἐάν διαδοχικῶς δώσωμεν εἰς τὴν σφαῖραν φορτία $q_1, q_2, \dots$, εὐρίσκομεν ὅτι αὕτη ἀποκτᾷ δυναμικὸν $U_1, U, \dots$. Ἐάν δὲ εἰς ἑκάστην περίπτωσιν σχηματίζωμεν τὸ πηλίκον φορτίου διὰ τοῦ ἀντιστοίχου δυναμικοῦ, βλέπομεν ὅτι τὸ πηλίκον τοῦτο ἔχει πάντοτε τὴν ἴδιαν τιμὴν. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω, βλέπομεν ὅτι τὸ πηλίκον φορτίου ἀγωγοῦ (q) διὰ τοῦ δυναμικοῦ του (U) ἀποτελεῖ σταθερὰν ποσότητα, καλεῖται δὲ ἡ ποσότης αὕτη **χωρητικότης (C)** τοῦ ἀγωγοῦ ἥτοι:

$$\text{χωρητικότης} = \frac{\text{φορτίον}}{\text{δυναμικὸν}}$$

$$C = \frac{q}{U} \quad (1)$$

Ἡ χωρητικότης ἀγωγοῦ ἀποτελεῖ σταθερὰν ποσότητα, καὶ ἐφ' ὅσον οὗτος εὐρίσκεται εἰς τὸν κενὸν χῶρον καὶ δὲν γειτνιάζει πρὸς ἄλλους ἀγωγούς, ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῶν γεωμετρικῶν ιδιοτήτων τοῦ ἀγωγοῦ, ἥτοι ἐκ τοῦ σχήματος καὶ τῶν διαστάσεων αὐτοῦ.

Ἡ φυσικὴ σημασία τῆς χωρητικότητος καθορίζεται ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου, ἐάν ὑποθέσωμεν $U = 1$, ὅτε προκύπτει $q = C$, ἥτοι: **ἡ χωρητικότης ἀγωγοῦ ἐκφράζει ἀριθμητικῶς τὸ φορτίον τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ μεταδώσωμεν εἰς τὸν ἀγωγόν, διὰ νὰ ἀξήσωμεν τὸ δυναμικὸν του κατὰ μονάδα.**

Ὡς πρακτικὴ μονὰς χωρητικότητος χρησιμοποιεῖται τὸ **Farad (F)**, εἶναι δέ:

$$1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}}$$

Χρησιμοποιείται επίσης και τὸ micro-farad (1 μF). Εἶναι δέ:

$$1 \text{ micro-farad} = \frac{1}{10^6} \text{ Farad}$$

**Ἦτοι: ἄγωγὸς ἔχει χωρητικότητα 1 Farad, διὰν πρέπει νὰ μεταδώσω-
μεν εἰς αὐτὸν φορτίον 1 Coulomb διὰ νὰ ἀυξηθῇ τὸ δυναμικὸν του κατὰ
1 Volt.**

244. Ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ μονάδες χωρητικότητος. Ἐκ τῆς ἐξισώσεως (1), εἰάν
λάβωμεν ἐπ' ὅρην ὅτι $[q] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1} \right]$ καὶ $[U] = \left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]$ εὐρίσκομεν:

$$[C] = \frac{\left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-1} \right]}{\left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1} \right]} = [L], \text{ καὶ μονὰς χωρητικότητος } C = 1 \text{ cm.}$$

Ἦτοι, εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων εὐρίσκομεν ὅτι ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ ἡ μονὰς τῆς χωρητικότητος συμπίπτουν πρὸς τὴν τοῦ μήκους εἰς τὸ σύστημα CGS, τοῦτο δὲ ἀποτελεῖ ἀπλὴν σύμπτωσιν, χωρὶς νὰ ἔχῃ ἄλλην βαθυτέραν σημασίαν.

Μεταξὺ τῶν πρακτικῶν μονάδων F καὶ μF καὶ τῆς ἠλεκτροστατικῆς μονάδος, ὑφίστανται αἱ κάτωθι σχέσεις: Ἐπειδὴ,

$$1 \text{ Farad} = \frac{1 \text{ Coulomb}}{1 \text{ Volt}} = \frac{3 \cdot 10^9}{1/300} = 9 \cdot 10^{11} \frac{\text{HSM} - \text{φορτίου}}{\text{HSM} - \text{δυναμικοῦ}}$$

$$\text{Ἀλλὰ εἶναι: } \frac{1 \text{ HSM} - \text{φορτίου}}{1 \text{ HSM} - \text{δυναμικοῦ}} = 1 \text{ HSM χωρητικότητος} = 1 \text{ cm}$$

$$\text{ὅθεν: } 1 \text{ F} = 9 \cdot 10^{11} \text{ cm} \quad \text{καὶ} \quad 1 \mu\text{F} = 9 \cdot 10^5 \text{ cm.}$$

245*. Ὑπολογισμὸς τῆς χωρητικότητος σφαιρικοῦ ἄγωγου. Ἐστω σφαιρικός ἄγωγος ἀκτίνας r . Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ ἐφαρμόζομεν τὸν τύπον:

$$C = \frac{q}{U}$$

Ἐκ τῶν προηγουμένων ὁμοῦ γνωρίζομεν ὅτι τὸ δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἄγωγου ἐκφρά-
ζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $U = \frac{q}{r}$, εἰάν δὲ τὴν τιμὴν ταύτην ἀντικαταστήσωμεν εἰς τὸν προη-
γούμενον τύπον, εὐρίσκομεν ὅτι:

$$C = r \text{ cm}$$

Ἐκ τοῦ τύπου τούτου συνάγομεν τὴν ἀκόλουθον πρότασιν: **Ἡ χωρητικότης σφαιρι-
κοῦ ἄγωγου ἐκφράζεται εἰς τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα εἰς cm, διὰ τοῦ αὐτοῦ ἀκρι-
θμοῦ διὰ τοῦ ὁποίου ἐκφράζεται ἡ ἀκτίς αὐτοῦ εἰς cm.**

Ἐφαρμογή. Ὑποθέσωμεν ὅτι ἡ $\Gamma\eta$ ἀποτελεῖ σφαιρικὸν ἄγωγόν. Ἐπειδὴ ἡ ἀκτίς αὐτῆς εἶναι περίπου 6340 km, ἡ χωρητικότης αὐτῆς θὰ εἶναι $6,34 \cdot 10^8 \text{ cm}$, ἢ, ἂν θέλωμεν νὰ ἐκ-
φράσωμεν αὐτὴν εἰς Farad, αὕτη θὰ ἰσοῦται πρὸς:

$$C = \frac{6,34 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^{11}} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ Farad}$$

δηλαδὴ ἡ $\Gamma\eta$, θεωρουμένη ὡς σφαιρικός ἄγωγός, παρουσιάζει χωρητικότητα μόλις 700 μF .

Ἐκ τοῦ παραδείγματος τούτου δεικνύεται πόσον μεγάλη εἶναι ἡ μονὰς χωρητικότη-
τος Farad.

246. Πυκνωτής. Πρὸς κατανόησιν τοῦ τρόπου τῆς λειτουργίας τοῦ πυκνωτοῦ, ἀναχωροῦμεν ἐκ τοῦ ἀκολουθίου βασικοῦ πειράματος: Θεωρήσωμεν ὅτι ἐπιπεδος μεταλλίνη πλάξ Π_2 , μεμονωμένη, εἶναι φορτισμένη ἀρνητικῶς ὑπὸ φορτίου q , καὶ τὸ δυναμικὸν αὐτῆς ἔστω U , μετροῦμενον ὑπὸ ηλεκτρομέτρου (σχ. 304). Ἐὰν εἰς τὴν πλάκα Π_2 πλησιάσωμεν ἑτέραν πλάκα Π_1 , συγκοινωνοῦσαν πρὸς τὴν Γῆν ἢ ὡς συνήθως λέγομεν προσγειωμένην, ὅτε τὸ δυναμικὸν τῆς εἶναι μηδέν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τοῦ ηλεκτρομέτρου ἐλαττοῦται.

Ἐφ' ὅσον τὸ φορτίον τῆς πλακὸς δὲν μετεβλήθῃ, τὸ δὲ δυναμικὸν αὐτῆς ἐμειώθη διὰ τῆς προσεγγίσεως τῆς πλακὸς Π_1 , δέον κατ' ἀνάγκην νὰ δεχθῶμεν, ἐφ' ὅσον πρέπει νὰ ἰσχύῃ ἡ

σχέσις: $q/U = C$, ὅτι ἡ χωρητικότης τῆς πλακὸς Π_2

διὰ τῆς προσεγγίσεως τῆς προσγειωμένης πλακὸς Π_1

μετεβλήθῃ καὶ μάλιστα ὅτι αὕτη ἡῤῥήθη. Σύστημα δὲ

ἐν γένει δύο μεμονωμένων ἀγωγῶν, διατεταγμένων ἐν σχέσει πρὸς ἀλλήλους κατὰ

τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνεται χωρητικότης μεγαλύτερα ἀπὸ ἐκείνην τὴν

ὁποῖαν παρουσιάζει εἰς μόνον ἀγωγός, λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ πυκνωτήν.

Ἐν γένει δύο μεμονωμένων ἀγωγῶν, διατεταγμένων ἐν σχέσει πρὸς ἀλλήλους κατὰ

τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ ἐπιτυγχάνεται χωρητικότης μεγαλύτερα ἀπὸ ἐκείνην τὴν

ὁποῖαν παρουσιάζει εἰς μόνον ἀγωγός, λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ πυκνωτήν.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ἐξηγεῖται ὡς ἐξῆς: Ἡ πλάξ Π_2 ηλεκτρίζει τὴν Π_1 ἐξ ἐπιδράσεως, καὶ ἐπὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτῆς ἀναπτύσσεται θετικὸν φορτίον, ἐνῷ τὸ ἀρνητικὸν φορτίον, τὸ ὁποῖον ἀναπτύσσεται ἐπὶ τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας αὐτῆς ἐκρεῖ πρὸς τὴν Γῆν. Τὸ θετικὸν ὁμῶς φορτίον τῆς πλακὸς Π_1 ἔλκει ἀρνητικὸν φορτίον, ἥτοι ηλεκτρόνια ἐκ τοῦ φύλλου τοῦ ηλεκτροσκοπίου πρὸς τὸ μέρος τῆς πλακὸς Π_2 , οὗτω δὲ ἡ ἀπόκλισις τοῦ φύλλου ἐλαττοῦται. Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

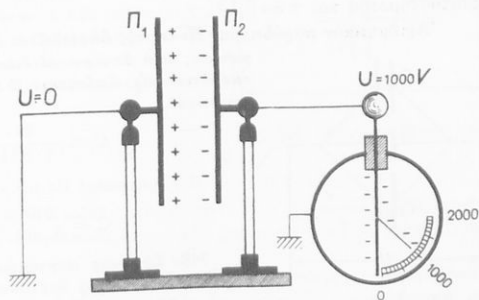
Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.

Ἐκ τούτου βλέπομεν ὅτι ἡ φορτισμένη πλάξ Π_1 , αὐξάνει τὴν ἱκανότητα τῆς πλακὸς Π_2 πρὸς συγκράτησιν ηλεκτρονίων, ἥτοι αὐξάνει τὴν χωρητικότητα αὐτῆς.



Σχ. 304. Διὰ προσεγγίσεως τῆς πλακὸς Π_1 εἰς τὴν φορτισμένην πλάκα Π_2 τὸ δυναμικὸν τῆς Π_2 ἐλαττοῦται.

247. Ἐπίπεδος πυκνωτής. Ὁ ἀπλούστερος τύπος πυκνωτοῦ εἶναι ὁ πραγματοποιούμενος ὑπὸ δύο μεταλλινῶν ἐπιπέδων πλακῶν, διατεταγμένων ὥστε νὰ εἶναι παράλληλοι πρὸς ἀλλήλας καὶ μεμονωμένοι μεταξὺ τῶν (σχ. 304).

Αἱ δύο πλάκες καλοῦνται πολλάκις **ὄπισθοι** τοῦ πυκνωτοῦ, τὰ δὲ ἄκρα τῶν ἀγωγῶν τῶν συνδεδεμένων πρὸς τοὺς ὄπισθους τοῦ πυκνωτοῦ καλοῦνται συνήθως **ἀκροδέκται** ἢ **πόλοι** τοῦ πυκνωτοῦ.

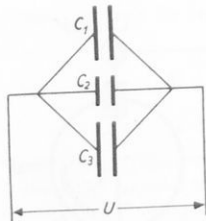
248. Χωρητικότης πυκνωτοῦ. Ὅπως εἰς ἀγωγὸς χαρακτηρίζεται ἐκ τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ, οὕτω καὶ σύστημα δύο μεμονωμένων ἀγωγῶν (σχ. 304), τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ πυκνωτήν, χαρακτηρίζεται ὑπὸ τῆς χωρητικότητος αὐτοῦ. Καλοῦμεν δὲ γενικῶς **χωρητικότητα πυκνωτοῦ, τὸ φορτίον τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ μεταδώσωμεν εἰς αὐτόν, ἵνα ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν ὄπισθων αὐτοῦ**

μεταβληθῇ κατὰ μίαν μονάδα. Προκειμένου περί επιπέδου πυκνωτοῦ, ἡ χωρητικότητα αὐτοῦ εἰς cm ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$C = \frac{S}{4\pi d}$$

ὅπου S ἡ ἐπιφάνεια ἐνὸς τῶν ὀπλισμῶν εἰς cm^2 , d ἡ ἀπόστασις τῶν ὀπλισμῶν εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ $\pi = 3,14$.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πυκνωτὴς ἀποτελεῖται ἐκ δύο μεταλλικῶν πλακῶν ὀρθογωνίων, τῶν ὁποίων αἱ διαστάσεις εἶναι $20 \times 30 \text{ cm}$, εὐρισκομένων εἰς ἀπόστασιν 2 mm . Πόση ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ.



Σχ. 305. Σύνδεσις τριῶν πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ. Οἱ πυκνωταὶ εὐρίσκονται ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν.

$$C = \frac{20 \cdot 30}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,2} = 240 \text{ cm}$$

Ἡ χωρητικότης εἰς μF εἶναι:

$$C = \frac{240}{9 \cdot 10^5} = 26,6 \cdot 10^{-5} \mu\text{F}$$

249. Σύνδεσις πυκνωτῶν. Τοὺς πυκνωτὰς συνδέομεν ἐν παραλλήλῳ, ἐν σειρᾷ καὶ μίξτῳς.

α) **Σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ.** Εἰς τὸ σχῆμα 305, δεικνύεται ἡ σύνδεσις τριῶν πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ. Οὕτω προκύπτει συστοιχία πυκνωτῶν τῆς ὁποίας ἡ χωρητικότης παρέχεται ἐκ τοῦ τύπου:

$$C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3$$

Τὴν σύνδεσιν πυκνωτῶν ἐν παραλλήλῳ χρησιμοποιοῦμεν ὡςάκις θέλομεν ἐκ πυκνωτῶν μικρᾶς χωρητικότητος νὰ πραγματοποιήσωμεν μεγάλην χωρητικότητα.

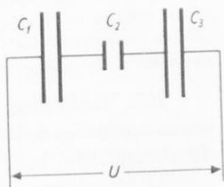
Ἐὰν πολλοὶ πυκνωταὶ (συστοιχία πυκνωτῶν) φορτίζονται ὑπὸ τάσιν U , ὅλοι οἱ πυκνωταὶ εὐρίσκονται ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν, τὸ δὲ φορτίον τῆς συστοιχίας ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $q = C_{\text{ολ}} \cdot U$, ἐνῶ τὸ φορτίον ἐκάστου τῶν πυκνωτῶν, ὡς π.χ. τοῦ C_1 , εἶναι $q_1 = C_1 U$. Τὸ ἄθροισμα τῶν φορτίων τῶν πυκνωτῶν ἰσοῦται πρὸς τὸ συνολικὸν φορτίον τῆς συστοιχίας, ἥτοι ὅλοι οἱ πυκνωταὶ εὐρίσκονται ὑπὸ τὴν αὐτὴν τάσιν, ἀλλὰ φέρουν διάφορον φορτίον.

β) **Σύνδεσις ἐν σειρᾷ.** Εἰς τὸ σχῆμα 306, δεικνύεται ὁ τρόπος τῆς συνδέσεως πυκνωτῶν ἐν σειρᾷ, ὅτε ἡ προκύπτουσα συστοιχία ἔχει χωρητικότητα $C_{\text{ολ}}$, ὑπολογιζομένη ἐκ τοῦ τύπου:

$$\frac{1}{C_{\text{ολ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Τὴν σύνδεσιν πυκνωτῶν ἐν σειρᾷ χρησιμοποιοῦμεν ὡςάκις ὁ πυκνωτὴς δὲν ἀντέχει εἰς τὴν ὅλην τάσιν.

Ἐὰν συστοιχία φορτίζεται ὑπὸ τάσιν U , τότε τὸ φορτίον αὐτῆς θὰ εἶναι $q = C_{\text{ολ}} \cdot U$, ὅπου $C_{\text{ολ}}$ ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας. Ἐκαστος τῶν πυκνωτῶν θὰ φέρῃ τὸ αὐτὸ φορτίον, ἀλλὰ ἡ τάσις U , ὑπὸ τὴν ὁποίαν εὐρίσκεται, θὰ παρέχεται, π.χ. διὰ τὸν πυκνωτὴν C_1 , ὑπὸ τῆς σχέσεως $q = C_1 \cdot U_1$ ἢ $U_1 = q/C_1$, ἡ ὁποία εἶναι μικροτέρα τῆς U , διότι ἡ χωρητικότης C_1 εἶναι μεγαλυτέρα τῆς $C_{\text{ολ}}$. Τὸ ἄθροισμα τῶν τάσεων τῶν πυκνωτῶν ἰσοῦται πρὸς τὴν συνολικὴν τάσιν τῆς συστοιχίας, ἥτοι: ὅλοι οἱ πυκνωταὶ φέρουν τὸ αὐτὸ φορτίον, ἀλλὰ εὐρίσκονται ὑπὸ διάφορον τάσιν.



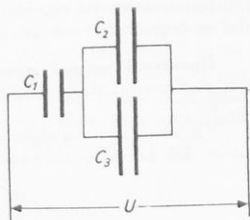
Σχ. 306. Σύνδεσις πυκνωτῶν ἐν σειρᾷ. Οἱ πυκνωταὶ εὐρίσκονται ὑπὸ διάφορον τάσιν.

Εφαρμογή. Έστω ότι διαθέτομεν δύο πυκνωτάς 2 μF, ἑκαστος τῶν ὁποίων ἀντέχει εἰς τάσιν 1000 V, καὶ θέλομεν νὰ ἔχωμεν ἓνα πυκνωτὴν χωρητικότητος 1 μF, ὁ ὁποῖος νὰ ἀντέχῃ εἰς 2000 V. Πρὸς τοῦτο συνδέομεν τοὺς δύο πυκνωτάς ἐν σειρᾷ, ὁπότε θὰ προκύψῃ πυκνωτὴς 1 μF, ὁ ὁποῖος πράγματι θὰ ἀντέχῃ εἰς 2000 V, διότι εἰς τοὺς ἀκροδέκτας ἑκάστου τῶν συνδεδεμένων πυκνωτῶν θὰ ὑφίσταται τάσις 1000 V, ἀμφοτέροι ὁμοῦ οἱ πυκνωταὶ φέρουν τὸ αὐτὸ φορτίον, ἥτοι $2 \cdot 10^{-3}$ Cb.

γ) **Μικτὴ σύνδεσις.** Εἰς τὸ σχῆμα 307 δεικνύεται ἡ μικτὴ σύνδεσις τριῶν πυκνωτῶν, ὅπου οἱ δύο πυκνωταὶ C_2 καὶ C_3 συνδέονται ἐν παραλλήλῳ, ἡ δὲ προκύπτουσα συντοίχια συνδέεται ἐν σειρᾷ πρὸς τὸν πυκνωτὴν C_1 .

Ἡ χωρητικότης $C_{ολ}$ τῆς μικτῆς συστοίχιας ὑπολογίζεται ἔκ τῆς σχέσεως:

$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C'}, \quad \text{ὅπου } C' = C_2 + C_3.$$



Σχ. 307. Μικτὴ σύνδεσις πυκνωτῶν.

250. Διηλεκτρικὴ σταθερά. Μέχρι τοῦδε ὑπεθέσαμεν ὅτι ὡς μονωτικὴ οὐσία μεταξὺ τῶν δύο πλακῶν ἐπιπέδου πυκνωτοῦ ὑφίσταται ἀήρ, ὅτε ἡ χωρητικότης αὐτοῦ ὑπολογίζεται ἔκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου.

Ἐάν ἤδη μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ δεχθῶμεν ὅτι ὑφίσταται ἄλλη οὐσία, π. χ. ὕαλος ἢ ἐβονίτης, ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ, ὡς δεικνύεται ἔκ τοῦ πειράματος, γίνεται μεγαλύτερα. Ἐάν δὲ διὰ C_0 καλέσωμεν τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτοῦ μὲ ἀέρα καὶ διὰ C τὴν χωρητικότητα αὐτοῦ μὲ ὕλην, δεικνύεται ὅτι εἶναι:

$$\frac{C}{C_0} = \epsilon$$

ὅπου ϵ ἀποτελεῖ χαρακτηριστικὴν σταθερὰν τοῦ μονωτικοῦ σώματος τοῦ χρησιμοποιομένου εἰς τὸν πυκνωτὴν, καὶ καλεῖται **διηλεκτρικὴ σταθερά**. Διὰ τὸν κενὸν χῶρον καί, κατὰ μεγάλην προσέγγισιν, διὰ τὸν ἀέρα, δεχόμεθα ὡς τιμὴν τῆς διηλεκτρικῆς σταθερᾶς τὴν μονάδα. Εἰς περίπτωσιν ὅθεν κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ πυκνωτὴς περιέχει μονωτικὴν οὐσίαν τῆς ὁποίας ἡ διηλεκτρικὴ σταθερὰ εἶναι ϵ , τότε θὰ ἔχωμεν διὰ τὸν ἐπίπεδον πυκνωτὴν:

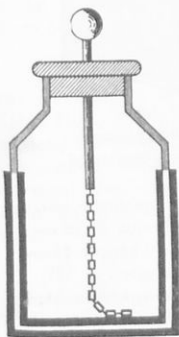
$$C = \frac{\epsilon \cdot S}{4 \pi d}$$

Οὕτω εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα (σελ. 220), ἐάν ὁ πυκνωτὴς ἔχῃ μονωτικὴν οὐσίαν ἀπὸ μαρμαρυγίαν, διὰ τὸν ὁποῖον $\epsilon = 7$, τότε θὰ εἶναι $C = 7 \cdot 240 = 1680$ cm.

Παρατήρησις. Ἡ εἰσαγωγή ὕλης ἐντὸς τοῦ διαζένου τῶν πλακῶν τοῦ πυκνωτοῦ, εἰδομεν ὅτι ἐπηρεάζει τὴν χωρητικότητά του. Ἀλλὰ καὶ ὅταν δύο σημειώδη φορτία q_1 καὶ q_2 δὲν εὐρίσκωνται εἰς κενὸν χῶρον, ἀλλὰ εἰς τὸν χῶρον ὑφίσταται ὕλη διηλεκτρικῆς σταθερᾶς ϵ , τότε ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη δύναμις παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$F = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

251. Διάφοροι τύποι πυκνωτῶν. Ἐκτὸς τοῦ ἐπιπέδου πυκνωτοῦ, ὑφίστανται καὶ διάφοροι ἄλλοι τύποι πυκνωτῶν, ἔκ τῶν ὁποίων ἰδιάζουσιν σημασίαν ἔχει, ἀπὸ ἀπόψεως ἰστορικῆς, ἡ **λουγδονικὴ λάγνος**, διότι ἀποτελεῖ τὸν πρῶτον πυκνωτὴν ὁ ὁποῖος ἐχρησιμοποιήθη εἰς πειράματα ἐπὶ τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Ἡ λουγδονικὴ λάγνος (σχ. 308) ἀποτελεῖται ἀπὸ

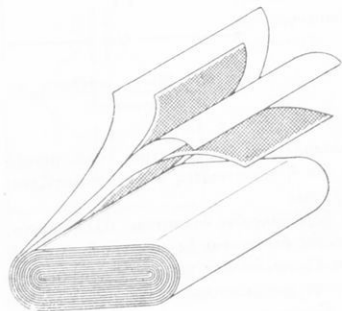


Σχ. 308. Λουγδονικὴ λάγνος. Ἡ ἄλυσος χρησιμεύει διὰ τὴν καλὴν ἐπαφὴν τῆς ἀγωγοῦ σφαίρας μετὰ τοῦ ἔσωτερ. ὀπλισμοῦ.

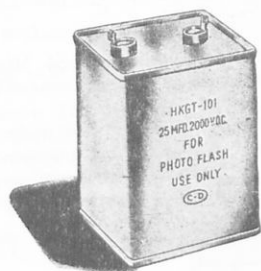
υάλινον κυλινδρικόν δοχείον ἢ φιάλην, ἣ ὁποία τὸσον κατὰ τὴν ἐσωτερικὴν ὅσον καὶ κατὰ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν, περικαλύπτεται ὑπὸ λεπτοῦ φύλλου κασσσιτέρου ἢ ἀργιλίου. Αἱ δύο αὗται ἐπιστρώσεις ἀποτελοῦν τοὺς δύο ἀγωγούς ἢ ὀπλισμούς τοῦ πυκνωτοῦ, οἱ ὁποῖοι εἶναι μεμονωμένοι διὰ τῆς ὑάλου ἐκ τῆς ὁποίας ἀποτελεῖται ἡ λάμψη καὶ ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸ διηλεκτρικὸν τοῦ πυκνωτοῦ.

Πρακτικαὶ μορφαὶ πυκνωτῶν. Λίαν διαδεδομένοι εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς εἶναι οἱ πυκνωταὶ εἰς τοὺς ὁποίους ὡς διηλεκτρικὸν χρησιμοποιεῖται παραφινωμένος χάρτης (σχ. 309).

Εἰς τύπος τῶν πυκνωτῶν τούτων ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἐπιμήκων καὶ σχετικῶς στενῶν ταινιῶν ἀπὸ λεπτοῦ φύλλου κασσσιτέρου ἢ ἀργιλίου, μεταξὺ τῶν ὁποίων τοποθετεῖται ὀλίγον μεγαλυτέρου εὗρους ταινία ἐκ παραφινωμένου χάρτου. Ἀντὶ ἐνὸς τοιούτου στοιχείου, χρησιμοποιοῦνται πολλὰ ἐπ'ἀλλήλα στρώματα,



Σχ. 309. Φυλλωτὸς πυκνωτής. Τὰ γραμμωσισσασμένα φύλλα παριστοῦν τοὺς ἐξ ἀργιλίου ὀπλισμούς. Τὰ λευκὰ φύλλα παριστοῦν παραφινωμένα φύλλα χάρτου τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν ὡς διηλεκτρικόν.



Σχ. 310. Συνήθης ἐξωτερικὴ μορφή φυλλωτοῦ πυκνωτοῦ.

τὰ ὁποῖα περιτυλίσσονται ἀκολουθῶς κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ν' ἀποτελέσουν κύλινδρον καταλαμβάνοντα μικρὸν ὄγκον (σχ. 309), ὁ ὁποῖος κλείεται ἐντὸς κιβωτίου ἐκ μονωτικῆς οὐσίας, π.χ. βακελίτου (σχ. 310). Γενικῶς, οἱ πυκνωταὶ μὲ διηλεκτρικὸν χάρτην δύναται νὰ ἀντέχουν εἰς χαμηλὰς μόνον τάσεις.

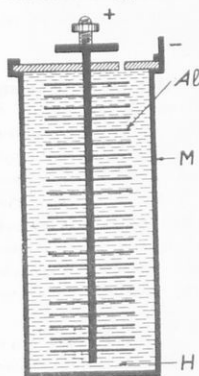
Ἐτεροὶ τύποι πυκνωτῶν εἶναι ἐξείναι εἰς τοὺς ὁποίους ὡς διηλεκτρικὸν χρησιμοποιεῖται μαρμαρυγία (mica), ὁ ὁποῖος παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι ἔχει μεγάλην διηλεκτρικὴν σταθερὰν (περίπου 5 - 7) καὶ ἡλεκτροστατικὴν ἀντοχήν, δηλαδὴ εἶναι ἱκανὸς νὰ ἀντέχει εἰς ὑψηλὴν τάσιν ὑπὸ λεπτὸν στρῶμα, χωρὶς νὰ ὑφίσταται διάρρηξιν, δηλ. χωρὶς νὰ διατρυπᾶται.

Ἐτερος τύπος πυκνωτοῦ, λίαν διαδεδομένος, εἶναι ὁ **ἡλεκτρολυτικός**, ὁ ὁποῖος κατασκευάζεται ὑπὸ δύο παραλλαγὰς: ὡς ὑγρὸς καὶ ὡς ξηρὸς.

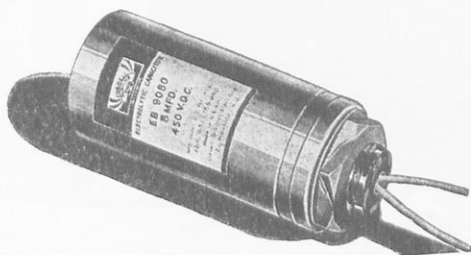
Εἰς τοὺς πυκνωτὰς τούτους χρησιμοποιεῖται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον, ὅταν πλᾶξ ἀργιλίου τίθεται ἐντὸς καταλλήλου ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος καὶ χρησιμοποιεῖται ὡς ἀνόδος, σχηματίζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς λεπτότατον μονωτικὸν στρῶμα, τὸ ὁποῖον, ἐνῷ ἀντέχει εἰς ὑψηλὰς τάσεις, χαρακτηρίζεται πρὸς τούτοις ὑπὸ μεγάλης χωρητικότητος κατὰ μονάδα ἐπιφανείας. Τὸ σχῆμα 311 δεικνύει τύπον ὑγροῦ ἡλεκτρολυτικοῦ πυκνωτοῦ.

Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη, ὁ ὑγρὸς πυκνωτὴς ἀντικατεστάθη ὑπὸ τοῦ ξηροῦ, ἐφαρμοζομένης διὰ τὴν πραγματοποίησιν αὐτοῦ τῆς αὐτῆς μεθόδου, ὡς καὶ εἰς τὰ ξηρὰ στοιχεῖα, δηλαδὴ δι' ἀντικατεστάσεως τοῦ ἡλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑπὸ γάλης ὑγρανθείσης μέχρι χορεσμοῦ εἰς τὸ ἡλεκτρολυτικὸν διάλυμα.

Τὸ σχῆμα 312 δεικνύει τὴν ἐξωτερικὴν μορφήν ἡλεκτρολυτικοῦ πυκνωτοῦ. Τέλος ἀναφέρονται τοὺς **πυκνωτὰς δι' ἀέρος**. Αἱ πλάκες τῶν πυκνωτῶν τούτων κατασκευάζονται εἴτε ἀπὸ ἀργιλίου εἴτε ἀπὸ ὀρείχαλκον εἴτε ἀπὸ χάλυβα. Οἱ πυκνωταὶ οὗτοι κατασκευάζονται, ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ, κατὰ τρόπον ὅστε ἡ χωρητικότης αὐτῶν νὰ εἶναι μεταβλητή. Τὰ σχήματα 313 καὶ 314 δεικνύουν τὸν πυκνωτὸν δι' ἀέρος, μεταβλητῆς χωρητικότητος, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἐκ δύο συστημάτων ἡμικυκλικῶν πλακῶν, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἓν εἶναι στρεπτόν περὶ ἄξονα. Ὅταν τὸ σύστημα τῶν κινητῶν πλακῶν περιστρέφεται, ὥστε ὅλαι αἱ κινηταὶ πλάκες νὰ εὐρίσκονται καθ' ὅλην τὴν ἐπιφάνειαν αὐτῶν ὑπὸ



Σχ. 311. Τομή ἡλεκτρολυτικοῦ πυκνωτοῦ. Α/ παριστοῦν φύλλα ἀργιλίου, Μ μεταλλικὸν δοχεῖον καὶ Η τὸν ἡλεκτρολύτην.



Σχ. 312. Ἡλεκτρολυτικὸς πυκνωτής.

τάς ἀκινήτους, ὁ πυκνωτής παρουσιάζει τὴν μεγαλυτέραν χωρητικότητα, ἐνῷ εἰς ὅλας τὰς ἄλλας θέσεις αὐτῶν ὁ πυκνωτής παρουσιάζει μικροτέραν χωρητικότητα. Ἐπομένως, διὰ περιστροφῆς τοῦ συστήματος τῶν κινητῶν πλακῶν, δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν κατὰ βούλησιν τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτοῦ. Οἱ πυκνωταὶ οὗτοι εἶναι λίαν διαδεδομένοι εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτες.

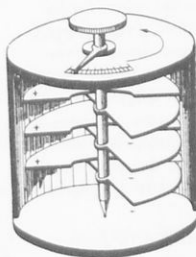
252. Ἐνέργεια φορτισμένου ἀγωγοῦ. Ὅταν μεταδίδομεν εἰς ἀγωγὸν φορτίον q , ὁ ἀγωγὸς ἀποκτᾷ ὀρισμένον δυναμικὸν U . Διὰ τὴν μετάδοσιν ὁμοῦ εἰς τὸν ἀγωγὸν τοῦ φορτίου ἀπαιτεῖται κατανάλωσις ἔξωθεν ἐνεργείας ἀποταμιευομένης εἰς τὸν ἀγωγόν, ἡ ὁποία παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$A = \frac{1}{2} C \cdot U^2 \quad (1)$$

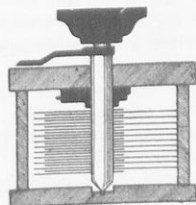
ὅπου C ἡ χωρητικότης τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐὰν πρὸς τὸν ἀνωτέρω τύπον συνδιάσωμεν καὶ τὸν γνωστὸν τύπον: $q = C \cdot U$, τότε ὁ τύπος (1) δύναται νὰ λάβῃ καὶ τὰς ἀκολούθους μορφάς:

$$A = \frac{1}{2} qU \quad (2) \quad \eta \quad A = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C} \quad (3)$$

Ἐφ' ὅσον q , U καὶ C ἐκφράζονται εἰς ἡλεκτροστατικάς μονάδας, τὸ A ἐκφράζεται



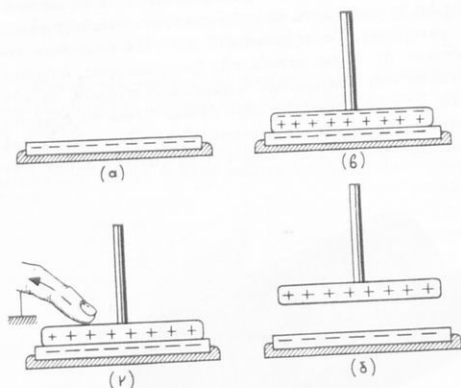
Σχ. 313.



Σχ. 314.

Τύποι μεταβλητῶν πυκνωτῶν.

εἰς ἔργον (Erg). Ἐάν q ἐκφράζεται εἰς Ch, U εἰς V, καὶ C εἰς F, τότε τὸ A ἐκφράζεται εἰς Joule. Διὰ τῶν αὐτῶν τύπων ἐκφράζεται καὶ ἡ ἐνέργεια ἢ καταναλισκόμενη διὰ τὴν φόρτισιν πυκνωτοῦ, ὅπου U ἢ διαφορά δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ.



Σχ. 315. Ἡλεκτροφόρον τοῦ Volta. Τρόπος μονίμου φορτίσεως πλακῶς.

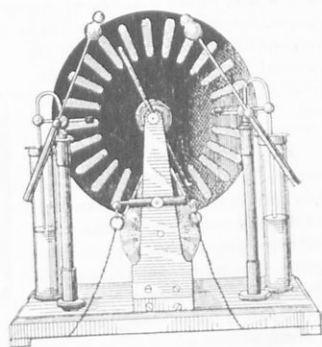
ἠλεκτρισμός. Ἐάν εἰς τὸν δίσκον τοῦτον προσεγγίσωμεν ἕτερον μεταλλικὸν δίσκον τὸν ὅποιον κρατοῦμεν διὰ μονωτικῆς λαβῆς, τότε, λόγῳ τοῦ φαινομένου τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπιδράσεως, ἢ πρὸς τὸν δίσκον ἐβονίτου ἐστραμμένη ἐπιφάνεια τοῦ μεταλλικοῦ δίσκου ἠλεκτρίζεται κῶς, ἐνῷ ἡ ἐτέρα αὐτοῦ ἐπιφάνεια ἠλεκτρίζεται ἀρνητικῶς (σχ. 315). Ἐάν προσγειώσωμεν τὴν ἄνω ἐπιφάνειαν τοῦ δίσκου, ὁ ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς κατὰ τὴν κοινὴν φρασεολογίαν ἐκρέει πρὸς τὴν Γῆν, ἐάν δὲ ἀκολουθῶς διακόψωμεν τὴν προσγειώσιν καὶ εὐθὺς ἀμέσως ἀπομακρύνωμεν τὸν μεταλλικὸν δίσκον ἀπὸ τὸν δίσκον τοῦ ἐβονίτου, βλέπομεν ὅτι οὔτως φέρει φορτίον θετικοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸ ὅποιον δυνάμεθα νὰ μεταδώσωμεν εἰς ἄλλον ἀγωγόν. Ἐργαζόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον δυνάμεθα διὰ τῆς ἀνωτέρω διατάξεως νὰ ἐπιτύχωμεν τὴν φόρτισιν διαφόρων μεμονωμένων ἀγωγῶν.

Μετά τὸ ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta ἐπενοήθησαν διάφοροι τύποι μηχανῶν τελειοτέρων, καλουμένων εἰδικώτερον **ἠλεκτροστατικῶν μηχανῶν**.

Διὰ τὰς πειραματικὰς ἐπιδείξεις εἰς τὰ σχολεῖα καὶ διὰ τὰς ἐργαστηριακὰς ἐρεῦνας χρησιμοποιοῦνται σήμερον πολὺ πολυπλοκώτεροι μηχαναὶ ἀπὸ τὸ ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta, ὡς εἶναι ἡ **μηχανὴ τοῦ Wimshurst**, (σχ. 316), καὶ ἡ **μηχανὴ τοῦ Van de Graaff** (σχ. 317), τῶν ὁποίων ὅμως ἡ λεπτομερὴς περιγραφὴ τῆς λειτουργίας ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου.

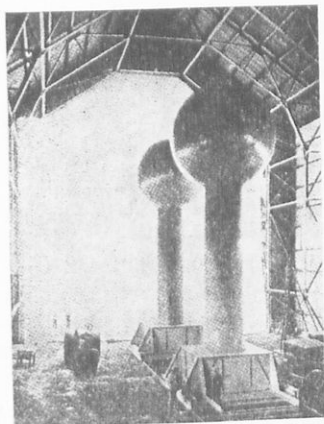
253. Ἡλεκτροστατικαὶ μηχαναί. Αἱ πρῶται μηχαναὶ αἱ ὁποῖαι ἱστορικῶς ἐχρησιμοποιήθησαν πρὸς παραγωγὴν ἠλεκτρισμοῦ εἶναι αἱ ἠλεκτροστατικαὶ μηχαναί, ἡ δὲ ἀπλουστερά τούτων εἶναι τὸ **ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta**, τὸ ὅποιον περιγράφομεν ἐν συντόμῳ, λόγῳ τῆς ἀπλότητός του καὶ τῆς ἱστορικῆς αὐτοῦ σημασίας.

Τὸ ἠλεκτροφόρον τοῦ Volta ἀποτελεῖται ἀπὸ δίσκον ἐκ μονωτικῆς οὐσίας, π.χ. ἐβονίτου, τὸν ὅποιον ἠλεκτρίζομεν διὰ τριβῆς, γνωρίζομεν δὲ ὅτι ἐπ' αὐτοῦ ἀναπτύσσεται ἀρνητικὸς

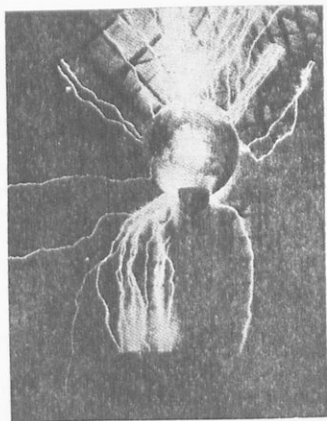


Σχ. 316. Μηχανὴ Wimshurst.

Διὰ τῶν μηχανῶν τούτων, ὡς π.χ. διὰ τῆς μηχανῆς Van de Graaff, δυνά-



Σχ. 317. Μηχανὴ Van de Graaff.



Σχ. 318. Σπινθήρ παραγόμενος ὑπὸ τῆς μηχανῆς.

μεθὰ νὰ ἀναπτύξωμεν πολὺ ὑψηλὰς τάσεις, (μέχρι περίπου 10 ἑκατομμυρίων βόλτ), αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰς ἐρεῦνας μὲ ἀκτῖνας Röntgen καὶ εἰς τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτόμου.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Πῶς διατυπῶνται ὁ νόμος τοῦ Coulomb καὶ πῶς οὗτος ἐκφράζεται ἀναλυτικῶς.

Πῶς θεμελιῶνται τὸ ἠλεκτροστατικὸν σύστημα μονάδων καὶ πῶς ὀρίζεται ἡ ἠλεκτροστατικὴ μονὰς φορτίου.

Πῶς ὀρίζεται τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον, ἡ ἔντασις αὐτοῦ, καὶ ποῖα ἡ μονὰς ἐντάσεως εἰς τὸ ΗΣΜ.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου δυναμικαὶ γραμμαὶ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, καὶ ποῖας ιδιότητας παρουσιάζουν αὗται.

Πότε τὸ ἠλεκτρικὸν πεδίον καλεῖται ὁμομόρφον καὶ ποῖαν διαμόρφωσιν δεικνύουν αἱ ἠλεκτρικαὶ γραμμαὶ αὐτοῦ.

Τί καλοῦμεν πυκνότητᾳ ἠλεκτρικῶν γραμμῶν καὶ ποῖαν σημασίαν ἔχει αὕτη. Πῶς ὀρίζεται ἡ ἠλεκτρικὴ ροή.

Πῶς ὀρίζομεν τὸ δυναμικὸν ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ποῖα ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων καὶ ἡ μονὰς του εἰς τὸ ΗΣΜ.

Διὰ ποῖον τύπου ὑπολογίζεται τὸ δυναμικὸν σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ. Διὰ ποῖον λόγον ἡ ἐπιφάνεια ἀγωγοῦ ἠλεκτρισμένου καὶ ἐν ἠλεκτρικῇ ἰσορροσίᾳ εὐρισκομένου καλεῖται ἰσοδυναμική.

Πῶς συνδέεται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ.

Περιγράψατε τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρικῆς ἐπιδράσεως.

Πώς δυνάμεθα νὰ ἡλεκτρίσωμεν ἐξ ἐπιδράσεως μονίμως ἡλεκτροσκοπίον μὲ φορτίον ὡρισμένου σημείου καὶ πῶς δι' αὐτοῦ δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὸ εἶδος τοῦ φορτίου ἄλλου ἀγωγοῦ.

Πῶς σπυρδαζόμεν τὴν διανομὴν τοῦ φορτίου ἐπὶ ἐπιφανείας ἀγωγοῦ.

Ποίαν ιδιότητα παρουσιάζουν αἱ ἀκτίδες.

Πῶς ὀρίζεται ἡ χωρητικότης ἀγωγοῦ. Ποία ἡ ἐξίσωσις διαστάσεων εἰς τὸ ΗΣΜ καὶ ποῖαι αἱ ἐν χρήσει μονάδες μετρήσεως αὐτῆς.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου πυκνότης, καὶ ποῖαν ιδιότητα παρουσιάζει οὗτος. Πῶς καθορίζεται ἡ χωρητικότης ἐπιπέδου πυκνωτοῦ.

Ποῖοι οἱ κυριώτεροι τύποι τῶν ἐν χρήσει πυκνωτῶν.

Πῶς συνδέονται οἱ πυκνωταὶ καὶ πῶς ὑπολογίζεται ἡ ἰσοδύναμος χωρητικότης.

Πῶς ὑπολογίζεται ἡ ἐνέργεια τοῦ φορτίου φορτισμένου ἀγωγοῦ.

Περιγράψατε τὸν τρόπον τῆς λειτουργίας τοῦ ἡλεκτροφόρου Volta.

Β'. Προβλήματα.

1. Δύο ὁμώνυμα ἡλεκτρικά φορτία 20 καὶ 30 ΗΣΜ εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 12 cm μεταξὺ τῶν. Πόση ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκουμένη δύναμις.

2. Δύο ἴσα καὶ ὁμώνυμα φορτία ἀποθροῦνται μὲ δύναμιν 4 Dyn, ὅταν εὐρίσκωνται εἰς ἀπόστασιν 8 cm. Ποῖον τὸ μέγεθος ἐκάστου φορτίου.

3. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου ὑπὸ σημειώδους ἡλεκτρικοῦ φορτίου 35 ΗΣΜ εἰς ἀπόστασιν 25 cm ἀπ' αὐτοῦ.

4. Εἰς τὰς τέσσαρας κατὰ σειρὰν κορυφὰς τετραγώνου, πλευρᾶς 10 cm, ὑφίστανται τὰ φορτία +20, +20, -20 καὶ -20. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἰς τὸ κέντρον τοῦ τετραγώνου.

5. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ πεδίου εἰς σημεῖον ἀπέχον κατὰ 5 cm ἀπὸ θετικοῦ φορτίου +20 ΗΣΜ καὶ 20 cm ἀπὸ ἀρνητικοῦ φορτίου -30 ΗΣΜ, τῶν δύο φορτίων κειμένων ἐπὶ τῆς αὐτῆς εὐθείας.

6. Ἡ πυκνότης φορτίου εἰς σφαιρικὸν ἀγωγὸν εἶναι 1.5 ΗΣΜ/cm². Ἐὰν ἡ ἀκτίς τῆς σφαίρας εἶναι 0.7 cm, πόσον τὸ φορτίον αὐτῆς.

7. Πόσον εἶναι τὸ δυναμικὸν τὸ δημιουργούμενον ὑπὸ σημειώδους φορτίου +25 ΗΣΜ εἰς ἀπόστασιν 15 cm.

8. Σφαιρικὸς ἀγωγὸς εἶναι φορτισμένος ὥστε ἡ πυκνότης φορτίου του νὰ εἶναι 2 ΗΣΜ/cm². Ἐὰν ἡ ἀκτίς αὐτοῦ εἶναι 6 cm, πόσον τὸ δυναμικὸν του.

9. Τὸ δυναμικὸν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας σφαιρικοῦ ἀγωγοῦ εἶναι 50 ΗΣΜ, τὸ δὲ φορτίον αὐτοῦ +250 ΗΣΜ. Πόση ἡ ἀκτίς αὐτοῦ.

10. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν ἔχει ἀγωγὸς φέρων φορτίον +25 ΗΣΜ ὑπὸ δυναμικὸν 3.6 ΗΣΜ.

11. Σφαιρικὸς ἀγωγὸς φέρει φορτίον ὑπὸ δυναμικὸν 44 ΗΣΜ. Ἐὰν ἡ ἀκτίς τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι 7 cm, πόση ἡ πυκνότης φορτίου καὶ ἡ ἐνέργεια αὐτοῦ.

12. Δύο σφαιρικοὶ ἀγωγοὶ ἀκτίνων 4 cm καὶ 8 cm φέρουν ἀντιστοίχως φορτία 100 καὶ 400 ΗΣΜ. Ἐὰν οἱ ἀγωγοὶ συνδεθῶν ὑπὸ λεπτοῦ ἀγωγοῦ σύρματος, πόσον θὰ εἶναι α) τὸ φορτίον ἐκάστης σφαίρας καὶ β) τὸ κοινὸν δυναμικὸν αὐτῶν.

13. Τρεῖς πυκνωταὶ χωρητικότητος, 35 μF, 46 μF καὶ 60 μF συνδέονται ἐν παραλλήλῳ. Πόση ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας.

14. Ἐὰν οἱ πυκνωταὶ τοῦ προηγουμένου προβλήματος συνδεθῶν ἐν σειρᾷ, πόση ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΓ'

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΕΠΑΓΩΓΗ. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Τὸ κεφάλαιον τοῦ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ ἐξετάζει τὸ φαινόμενον τῆς δημιουργίας μαγνητικοῦ πεδίου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὡς καὶ τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται κατὰ τὴν ἀλληλεπίδρασιν ρευμάτων καὶ μαγνητῶν.

254. Θεμελιῶδες πείραμα. Ἐὰν ἄνωθεν μαγνητικῆς βελόνης ἰσορροπούσης ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου, διατείνωμεν εὐθὺ χάλκινον σύρμα, ὥστε τοῦτο νὰ εἶναι παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονα τῆς μαγνητικῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ὅτι τοῦτο οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἔχει ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἐὰν ὁμως διὰ τοῦ σύρματος διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἐκτρέπεται ἀμέσως ἐκ τῆς θέσεως ἰσορροπίας αὐτῆς (σχ. 319). Τὸ ἀπλοῦν τοῦτο πείραμα, τὸ ὁποῖον ἐπραγματοποιήθη τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ **Oersted** (1820), δεικνύει ὅτι τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ, πέριξ τοῦ ἀγωγοῦ τὸν ὁποῖον διαρρέει, μαγνητικὸν πεδῖον.

Ἡ ἐκτροπὴ τῆς βελόνης ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος. Π.χ., ἐὰν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, ἡ φορὰ κατὰ τὴν ὁποίαν ἐκτρέπεται ἡ βελόνη ἀντιστρέφεται.

Ἐπίσης, ἐὰν ὁ ἀγωγὸς διατεθῇ κάτωθεν τῆς βελόνης, ἡ φορὰ ἐκτροπῆς αὐτῆς ἀντιστρέφεται.

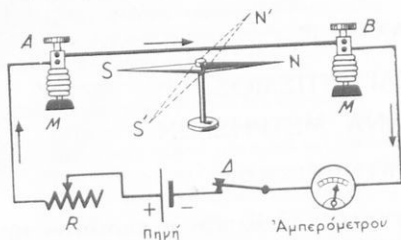
255. Καθορισμὸς τῆς ἐκτροπῆς τῆς βελόνης. Ἐὰν ὡς φορὰν τοῦ ρεύματος δεχθῶμεν τὴν συμβατικὴν φορὰν ἐκ τοῦ θετικοῦ πόλου τῆς πηγῆς πρὸς τὸν ἀρνητικὸν (βλ. § 175), τότε, πρὸς καθορισμὸν τῆς ἐκτροπῆς τοῦ βορείου πόλου



HANS CHRISTIAN OERSTED
(1777 - 1851)

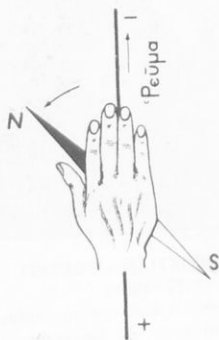
Δανὸς Φυσικός. Ἀνεκάλυψε τὴν σχέσιν μεταξὺ ἡλεκτρισμοῦ καὶ μαγνητισμοῦ.

τῆς μαγνητικῆς βελόνης χρησιμεύει ὁ ἀκόλουθος μνημονικὸς **κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς**: Τοποθετοῦμεν τὴν παλάμην τῆς δεξιᾶς χειρὸς (σχ. 320) ἄνωθεν τοῦ ἀγωγοῦ, εἰς τρόπον ὥστε ἡ ἐσωτερικὴ ἐπιφάνεια τῆς παλάμης νὰ εἶναι ἑστραμμένη πρὸς τὴν βελόνην, τὸ δὲ ρεῦμα νὰ εἰσέρχεται διὰ τοῦ καρπού καὶ νὰ ἐξέρχεται διὰ τῶν δακτύλων. Τότε ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐκτρέπεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀντίχειρος.

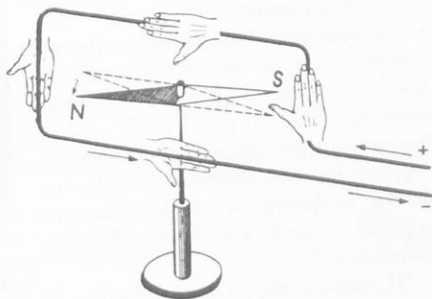


Σχ. 319. Διάταξις πειράματος Oersted. Σύρμα τεταμένον μεταξὺ δύο μονωτήρων M, M. Ἡ αβ παριστᾷ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου, κατὰ τὴν ὁποίαν διεθύνεται καὶ ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Διὰ τῆς διόδου τοῦ ρεύματος ἡ βελόνη ἐκτρέπεται.

πειράματος ὅμως καταδεικνύεται ὅτι: Τὸ μέγεθος τῆς ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀπὸ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας αὐτῆς αὐξάνεται μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ



Σχ. 320. Ἐπεξήγησις τοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρὸς.



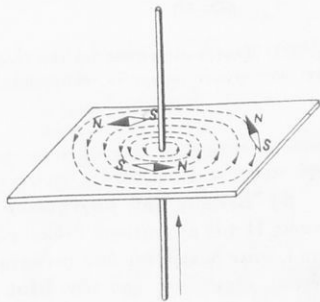
Σχ. 321. Ὅταν ὁ ἀγωγὸς κάμπτεται ὥστε νὰ σχηματίζῃ πλαίσιον, ἡ ἐπενέργεια τοῦ ρεύματος ἐπὶ τῆς βελόνης ἐνίσχυνται.

ρεύματος. Ὁ προσανατολισμὸς πλησιάζει τόσοον περισσότερον πρὸς τὴν κάθετον ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος ὅσον ἐντατικώτερον εἶναι τὸ ρεῦμα.

256. Ἐνίσχυσις τῆς ἐπιδράσεως ρεύματος ἐπὶ μαγνητικῆς βελόνης.
Ἐὰν ἀντὶ νὰ διαθεσώμεν τὸν ἀγωγὸν ἐν σχέσει πρὸς τὴν βελόνην, ὡς ἀνεφέραμεν

προηγούμενως, κάμφωμεν αὐτόν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματισθῇ ὀρθογώνιον πλαίσιον, κατακορύφως τοποθετημένον εἰς τὸ ἐπίπεδον τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ, τοποθετήσωμεν δὲ τὴν μαγνητικὴν βελόνην εἰς τὸ κέντρον τοῦ πλαισίου (σχ. 321), παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἐπίδρασις ὅλων τῶν πλευρῶν τοῦ πλαισίου ἐπὶ τοῦ βορείου πόλου τῆς μαγνητικῆς βελόνης προστίθεται, ὥς τοῦτο δεικνύεται δι' ἀπλῆς ἐφαρμογῆς τοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρός, δι' ἕκαστον τμήμα τοῦ πλαισίου.

Ἡ διάταξις αὕτη, ὥς θὰ ἴδωμεν περὶ-τέρω, ἀποτελεῖ τὴν βάσιν διὰ τὴν κατασκευὴν ὁργάνων ἡλεκτρικῶν μετρήσεων.

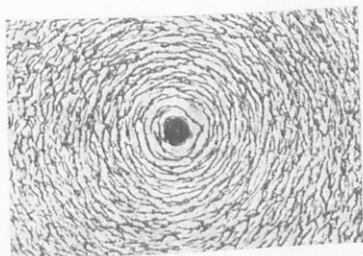


Σχ. 322. Ὁ εἰς ἕκαστην θέσιν προσανατολισμὸς τῆς μαγνητικῆς βελόνης μᾶς δίδει τὴν ἀντίστοιχον θέσιν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

257. **Σπουδὴ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος.** Διὰ τὴν σπουδὴν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου πέραξ ἄγωγου διαρρεομένου ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάγκη νὰ καθορίσωμεν τὴν ἔντασιν αὐτοῦ (κατ' ἀριθμητικὴν τιμὴν καὶ διεύθυνσιν) εἰς ἕκαστον σημεῖον τοῦ χώρου.

α) **Μαγνητικαὶ γραμμαί.** Ἡ διεύθυνσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἰς τὰ διάφορα σημεῖα αὐτοῦ καθορίζεται ὑπὸ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, τὰς ὁποίας λαμβάνομεν ἐκ τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος ἢ διὰ τῆς μαγνητικῆς βελόνης, κατὰ τὴν γνωστὴν μέθοδον τῆς σπουδῆς τῶν μαγνητικῶν πεδίων μονίμων μαγνητῶν (βλ. § 155). Πρὸς τοῦτο τοποθε-

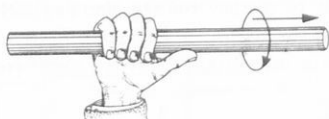
τοῦμεν, ἐπὶ τοῦ ἄγωγου ὥς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 322, τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἀφοῦ διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, κατασκευάζομεν διὰ καταλλήλου μετακινήσεως μικρᾶς μαγνητικῆς βελόνης, ὥς τοῦτο ἐπράξαμεν καὶ διὰ τὴν περίπτωσιν μονίμου μαγνήτου, τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Ἐκ τῆς κατασκευῆς ταύτης παρατηροῦμεν ὅτι αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ τοῦ πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος εἶναι κλεισταί, δηλαδὴ δὲν ἔχουν οὔτε ἀρχὴν οὔτε τέλος, ἀλλ' ἀποτελοῦν περιφερεῖας κύκλων τῶν ὁποίων τὰ ἐπίπεδα εἶναι κάθετα ἐπὶ τὸν ἄγωγόν, τὰ δὲ κέντρα αὐτῶν



Σχ. 323. Ἡ κεντρικὴ μελανὴ κηλὶς παριστᾷ τὴν τομὴν τοῦ ἄγωγου, θεωρουμένου καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ χαρτονίου.

κεῖνται ἐπὶ τοῦ ἄγωγου. Ἐὰν δὲ διὰ ρινισμάτων σιδήρου σχηματίσωμεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα, καθ' ὅμοιον τρόπον ὥς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μονίμου μαγνήτου, προκύπτει ἡ εἰκὼν τοῦ σχήματος 323.

Ἡ φορά τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φοράς τοῦ ρεύματος, καθορίζεται ἐκ πολλῶν κανόνων: 1) Ἐκ τοῦ



Σχ. 324. Μνημονικός κανὼς διὰ τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν εὐθύγραμμου ρεύματος.

μεν δὲ αὐτὸν ὥστε νὰ προχωρῇ κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸν ἄγωγόν, ὁπότε ἡ φορά περιστροφῆς τοῦ κοιλίου παρέχει τὴν φοράν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν.

β) **Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου πέριξ εὐθύγραμμου ἀγωγοῦ.** Ἡ ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τι σημεῖον ἀπέχον ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ κατὰ r (cm), ὅταν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος i (Ampère), ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς κάτωθι σχέσεως, εὑρεθείσης ὑπὸ τῶν **Biot** καὶ **Savart**, ὑπὸ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι τὸ μήκος τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι πολὺ μεγάλον:

$$H = \frac{2}{10} \cdot \frac{i}{r} \quad \text{Gauss} \quad (1)$$

ἦτοι, ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου γίνεται ἀσθενεστέρα ὅσον ἀπομακρυνόμεθα τοῦ ἀγωγοῦ. Τὸ μαγνητικὸν πεδίου εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τὸ ὁποῖον ὀρίζει τὸ ρεῦμα καὶ τὸ θεωρούμενον σημεῖον, ἡ δὲ διεύθυνσίς του καθορίζεται ἐκ τῆς φοράς τῆς μαγνητικῆς γραμμῆς τῆς διερχομένης διὰ τοῦ θεωρουμένου σημείου καὶ καθοριζομένης ὑπὸ τῶν ἀνωτέρω περιγραφομένων μνημονικῶν κανόνων.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἐὰν ἡ ἔντασις εἰς τὸν εὐθὺν ἄγωγόν (σχ. 322) εἶναι $i = 20$ A, πόση ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου σημείου εὐρισκομένου εἰς ἀπόστασιν 5 cm ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ποία ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ.

Ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τῆς ἐντάσεως παρέχεται ἐκ τοῦ τύπου:

$$H = \frac{2}{10} \cdot \frac{i}{r} = \frac{2 \times 20}{10 \times 5} = 0,8 \text{ Gauss}$$

Ἡ διεύθυνσις τοῦ πεδίου θὰ συμπίπτῃ πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς γραμμῆς τῆς διερχομένης διὰ τοῦ θεωρουμένου σημείου.

258. Περίπτωσις κυκλικοῦ ρεύματος. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἐρευνῶν τῶν **Biot** καὶ **Savart** ὡς καὶ τοῦ **Laplace**, κατεδείχθη ὅτι ἡ ἔντασις H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i , διερχομένου δι' ἄγωγου κυκλικοῦ ἀκτίνος r εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ O (σχ. 325), παρέχεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$H = k \frac{2\pi i}{r} \quad (1)$$

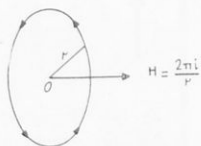
ὅπου k συντελεστὴς ἐξαρτώμενος μόνον ἐκ τῶν μονάδων, ἐφ' ὅσον ὁ ἄγωγὸς εὐρίσκεται εἰς κενὸν χῶρον.

259. Ἡλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων. Ἐφ' ὅσον ὡς μονάδα ἐντάσεως χρησιμοποιούμεν τὸ Ampère, ὡς μονάδα μήκους τὸ cm καὶ ὡς μονάδα ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου τὸ Gauss, ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ k εἶναι $\frac{1}{10}$, καὶ ὁ τύπος (1) τῆς § 258 γράφεται :

$$H = \frac{2\pi}{10} \cdot \frac{i}{r}$$

Ἐὰν ὅμως ὀρίσωμεν ὡς μονάδα ἐντάσεως ὃχι τὸ Ἀμπέρ ἀλλ' ἄλλην μονάδα, δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε ὁ συντελεστὴς k νὰ καταστῇ ἴσος πρὸς τὴν μονάδα. Οὕτω, ἐὰν ὀρίσωμεν ὡς μονάδα ἐντάσεως ρεύματος τὴν ἔντασιν κυκλικοῦ ρεύματος ἀκτίνος $r=1$ cm (σ. 325), τὸ ὁποῖον νὰ δημιουργῇ εἰς τὸ κέντρον αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίων ἐντάσεως ἴσης πρὸς 2π Gauss, τότε $k=1$, καὶ ὁ τύπος (1) γράφεται :

$$H = \frac{2\pi i}{r}$$



Σ. 325. Διὰ τὸν ὀρισμὸν τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς μονάδος ἐντάσεως ρεύματος.

Ἡ οὕτως ὀριζομένη μονὰς ἐντάσεως ρεύματος καλεῖται **ἡλεκτρομαγνητικὴ μονάς**, καὶ ἐπὶ τῇ βάσει αὐτῆς δημιουργεῖται τὸ **ἡλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων**. Εἶναι δὲ συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω :

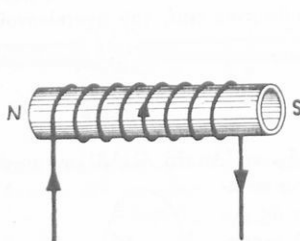
$1 \text{ ἡλεκτρομαγν. μονὰς ἐντάσεως ρεύματος} = 10 \text{ Ἀμπέρ}$

Ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ὀρισμοῦ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς μονάδος ἐντάσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀρίζονται καὶ αἱ ἀντίστοιχοι μονάδες τῶν ἄλλων ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν. Ἡ περιγραφή τοῦ τρόπου τοῦ ὀρισμοῦ τῶν μονάδων καὶ ἡ εὑρεσις τῶν ἀντιστοιχῶν ἐξισώσεων διαστάσεων αὐτῶν εἰς τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων ἐξαφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου.

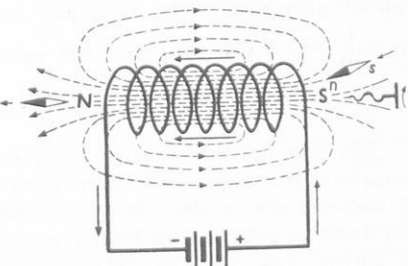
260. Παρατήρησις ἐπὶ τῶν συστημάτων ἡλεκτρικῶν μονάδων. Ἀμφότερα τὰ συστήματα ἡλεκτρικῶν μονάδων, ἢτοι τὸ **ἡλεκτροστατικόν** καὶ τὸ **ἡλεκτρομαγνητικόν**, ἀνήκουν εἰς τὸ σύστημα CGS καὶ χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τὴν θεωρητικὴν σπουδὴν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ὡς ἐκ τούτου δὲ μόνον εἰς ἐξαιρετικὰς περιπτώσεις θὰ κάμνωμεν χρῆσιν αὐτῶν. Εἰς τὰς πρακτικὰς ὁμοῦ ἐφαρμογὰς, χρησιμοποιεῖται μέχρι σήμερον τὸ **διεθνὲς σύστημα ἡλεκτρικῶν μονάδων**,—πρωταθὲν ἀπὸ τοῦ ἔτους 1898—διὰ τὸ ὁποῖον ἔχουν διεθνῶς καθορισθῇ νομοθετημέναι μονάδες, ἢτοι διὰ τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ Ampère καὶ διὰ τὴν ἀντίστασιν τὸ Ohm, ἐκ τῶν ὁποίων παράγονται ἀκολούθως ὅλαι αἱ ἄλλαι ἐν χρῇσει μονάδες ἡλεκτρικῶν μεγεθῶν εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς.

261. Σωληνοειδές. Ἐὰν σύρμα ἀγωγὸν π. χ. ἐκ χαλκοῦ, περιελιχθῇ κατὰ τρόπον ὡς δεικνύεται εἰς σχῆμα 326, τότε τὸ προκύπτον σύστημα λέγομεν ὅτι ἀποτελεῖ **σωληνοειδές** ἢ **πηνίον**. Ἐὰν διὰ σωληνοειδοῦς διαβιβάζωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ πείραμα δεικνύει ὅτι δημιουργεῖται ἐντὸς καὶ περὶ αὐτοῦ μαγνητικὸν πεδίων. Τὸ θεωρητικὸν μαγνητικὸν φάσμα τοῦ σωληνοειδοῦς δεικνύεται εἰς τὸ

σχήμα 327, ἐνῶ τὰ σχήματα 328, 329 δεικνύουν τὸ πειραματικὸν φάσμα, πραγματοποιούμενον τῇ βοηθείᾳ ρινισμάτων σιδήρου, διασκορπιζομένων ἐπὶ ὀριζοντίου



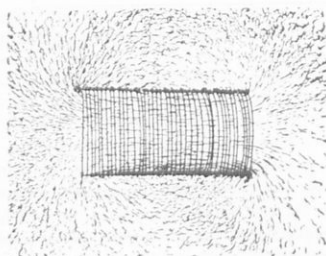
Σχ. 326. Περιέλιξις σφύματος διὰ τὸν σχηματισμὸν σωληνοειδοῦς.



Σχ. 327. Διάταξις τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν σωληνοειδοῦς διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος, καὶ ἐξηγήσις τοῦ μνημονικοῦ κανόνος τοῦ ἐκποματιστοῦ.

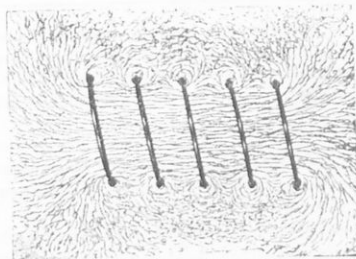
χαρτονίου, διατεταγμένου ἐν σχέσει πρὸς τὸ σωληνοειδές, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχήμα. Ἐκ τῆς συγκρίσεως τῶν φασμάτων τούτων πρὸς τὸ φάσμα μαγνητικῆς ράβδου, παρατηροῦμεν ὅτι, εἰς τὸν ἕξω χώρον, τὰ δύο φάσματα ὁμοιάζουν, ἄρα τὸ σωληνοειδές συμπεριφέρεται εἰς τὸν ἕξω χώρον ὡς εὐθύς μαγνήτης παρουσιάζων δύο πόλους κατὰ τὰ δύο ἄκρα αὐτοῦ.

Τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν σωληνοειδοῦς, διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος, δεικνύομεν ἐὰν ἐξαρτησώμεν τὸ σωληνοειδές καταλλήλως, ὅποτε τοῦτο προσανα-



Σχ. 328.

Μαγνητικά φάσματα σωληνοειδοῦς διὰ πυκνῶν καὶ ἀραιῶν σπειρῶν.

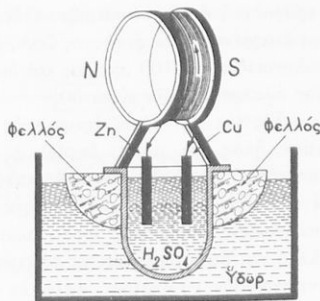


Σχ. 329.

τολίζεται ἀφ' ἑαυτοῦ κατὰ τὴν ἐκ βορρᾶ πρὸς νότον διεύθυνσιν, ἀκριβῶς ὡς ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Τὸ πρὸς βορρᾶν ἐστραμμένον ἄκρον τοῦ σωληνοειδοῦς ἀποτελεῖ τὸν βόρειον πόλον, ἐνῶ τὸ ἕτερον τὸν νότιον πόλον αὐτοῦ.

Τὸν ὡς ἄνω προσανατολισμὸν σωληνοειδοῦς δυνάμεθα νὰ δεῖξωμεν διὰ τῆς ἐν σχήματι 330 εἰκονιζομένης ἀπλουσιᾶτος διατάξεως. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον προσαρμόζεται ἐπὶ τεμαχίου ἐκ φελλοῦ. Τὰ δύο ἡλεκτροδία ἐκ Zn καὶ Cu τοῦ ἡλεκτρικοῦ στοιχείου συνδέον-

ται πρὸς τὰ δύο ἄκρα σωληνοειδοῦς στηριζομένου ἐπὶ τοῦ φελλοῦ. Ἐάν ἦδη ἐμβρατίσωμεν τὸ μετὰ φελλοῦ στοιχείον ἐντὸς δοχείου πλήρους ὕδατος, τότε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σύστημα ἐπιπλέει, ἐπεὶ δὲ δὲ ἄλλον τὸ κύκλωμα εἶναι κλειστόν, τὸ σωληνοειδὲς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος καὶ προσανατολίζεται ἀφ' ἑαυτοῦ κατὰ τὴν διεύθυνσιν ἐκ Βορρᾶ πρὸς Νότον, ἀκριβῶς ὅπως ἡ μαγνητικὴ βελόνη. Ἐάν μάλιστα εἰς τὸ πρὸς Βορρᾶν ἐστραμμένον ἄκρον τοῦ σωληνοειδοῦς πλησιάσωμεν τὸν βόρειον πόλον μαγνητικῆς ράβδου, παρατηροῦμεν ἄπωσιν, ἐνῶ εἰς πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς ράβδου, παρατηροῦμεν ἔλξιν.

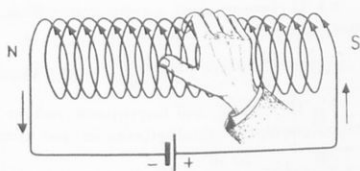


Σχ. 330. Τὸ ἐπιπλέον πηνίον τοποθετεῖται, ὥστε ὁ ἄξον του νὰ εἶναι παράλληλος πρὸς τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον.

Αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ ἐξερχονται ἐκ τοῦ βορείου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ εἰσέρχονται διὰ τοῦ νοτίου πόλου αὐτοῦ. Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος. Πράγματι, ἐάν ἀντιστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, βλέπομεν ὅτι τὸ σωληνοειδὲς περιστρέφεται ἀφ' ἑαυτοῦ κατὰ 180°, ὅποτε πάλιν ἰσορροπεῖ ἐντὸς τοῦ γήινου πεδίου.

Ὑπάρχουν πολλοὶ κανόνες πρὸς καθορισμὸν τῶν πόλων σωληνοειδοῦς, καὶ ἐπομένως τῆς φορᾶς τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, ἐκ τῶν ὁποίων ἀναφέρονται τοὺς ἀκόλουθους:

- Κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς.** Οὗτος δεῖνύεται εἰς τὸ σχῆμα 331.
- Κανὼν τοῦ ἐκπομπιστοῦ.** Τοποθετοῦμεν δεξιόστροφον κοχλίαν (ἐκπομπιστὴν) εἰς τρόπον ὥστε ὁ ἄξων αὐτοῦ νὰ συμπίπτῃ πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς, καὶ περιστρέψωμεν αὐτὸν κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος εἰς τὰς σπείρας τοῦ σωληνοειδοῦς, ὅτε ἡ διεύθυνσις καθ' ἣν μετασπίζεται ὁ κοχλίας δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 327). Ἡ περιοχὴ τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξ ἧς ἐξερχονται αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἶναι ὁ βόρειος πόλος αὐτοῦ.



Σχ. 331. Ὅταν ἡ διεύθυνσις τῶν δακτύλων καθορίζει τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος εἰς τὰς σπείρας τοῦ σωληνοειδοῦς, τότε ὁ ἀντίχειρ δεικνύει τὸν βόρειον πόλον τοῦ σωληνοειδοῦς.

Θμητική τιμὴ τῆς ἐντάσεως H τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς, ἐφ' ὅσον τοῦτο περιέχει N σπείρας, ἔχει μῆκος l εἰς cm, καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως i A, ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$H = 1,25 \frac{N}{l} \cdot i \quad \text{Gauss.}$$

263. Πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου. Εἰς τὸν τύπον τῆς προηγουμένης παραγράφου, ὁ ὁποῖος παρέχει τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου

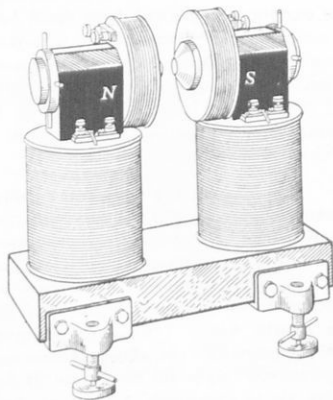
εἰς τὸ ἐσωτερικὸν σωληνοειδοῦς, τὸ γινόμενον $N \cdot i$ τὸ ὁποῖον εἶναι γινόμενον τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν τοῦ σωληνοειδοῦς ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐκπεφρασμένην εἰς Ampère, ἔχει ἰδιάζουσιν σημασίαν καὶ καλεῖται **ἀριθμὸς ἀμπεροστροφῶν ἢ ἀμπεροσπειρῶν**. Οὕτω εἰς σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον ἔχει 10 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 5 A, ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀμπεροστροφῶν εἶναι 50. Ἐὰν σωληνοειδὲς ἔχῃ 100 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 0,5 A, πάλιν ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀμπεροστροφῶν εἶναι 50.

Εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς τοῦ ἡλεκτρομαγνητισμοῦ καθιερώθη τελευταίως, ὅπως, ὡς μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου, ἀντὶ τοῦ **Gauss**, χρησιμοποιοῦνται **1 ἀμπεροστροφή κατὰ cm**. Οὕτω εἰς τὸ ἐσωτερικὸν σωληνοειδοῦς λέγομεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα, ὅταν τὸ σωληνοειδὲς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 1 A καὶ ἀνὰ 1 cm ἀντιστοιχῇ 1 σπείρα. Ἀλλὰ καὶ ὅταν σωληνοειδὲς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 0,1 A καὶ εἰς μῆκος 1 cm ἀντιστοιχοῦν 10 σπείραι, πάλιν ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ σωληνοειδοῦς τούτου ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου θὰ ἰσοῦται πρὸς τὴν μονάδα.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς νέας μονάδος ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου, ἀμπεροστροφή/cm, ὁ τύπος ὁ ἐκφράζων τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν σωληνοειδοῦς γράφεται :

$$H = \frac{N}{l} \cdot i \text{ ἀμπεροστροφῶν/cm.}$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Σωληνοειδὲς μῆκους 30 cm ἔχει ἐν συνόλῳ 50 σπείρας καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 6 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν αὐτοῦ.



Σχ. 332. Συνήθης ἐργαστηριακὸς τύπος ἡλεκτρομαγνήτου.

α) Ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς Gauss, ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$H = 1,25 \cdot \frac{N}{l} \cdot i = 1,25 \cdot \frac{50 \cdot 6}{30} = 12,5 \text{ Gauss.}$$

β) Ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἀμπεροστροφῶν/cm ὑπολογίζεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$H = \frac{N}{l} \cdot i = \frac{50 \cdot 6}{30} = 10 \text{ ἀμπεροστροφῶν/cm.}$$

264. Σωληνοειδὲς μετὰ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου. Ἡλεκτρομαγνήτης. Ἐὰν ἐντὸς σωληνοειδοῦς (σχ. 326) εἰσαγάγωμεν κύλινδρον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου καὶ διαβιβάσωμεν ἀκολούθως διὰ τοῦ σωληνοειδοῦς ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ μαλακὸς σίδηρος καθίσταται μαγνήτης. Ἐὰν διακόψωμεν τὴν δίοδον τοῦ ρεύματος ὁ μα-

λακὸς σίδηρος πρακτικῶς ἀποβάλλει τὸν μαγνητισμὸν του. Σωληνοειδὲς τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφωδιασμένον διὰ πυρῆνος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ἀποτελεῖ **ἡλεκτρομαγνήτην**. Ἡ πορεία τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς μετὰ καὶ ἄνευ πυρῆ-

νος είναι η αὐτή, δηλαδή τὸ πεδίον διατηρεῖ τὴν ὁμοιομορφίαν του, καὶ μόνον ἡ πυκνότης τῶν γραμμῶν καθίσταται οὐσιωδῶς μεγαλυτέρα εἰς τὴν περίπτωσιν εἰσαγωγῆς τοῦ σιδήρου, μολονότι δὲν μετεβλήθη οὔτε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος οὔτε ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν, ἤτοι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀμπεροστροφῶν παρέμεινε ἀμετάβλητος. Ἐπομένως, σωληνοειδὲς μετὰ σιδηροῦ πυρῆνος εἶναι ἰσοδύναμον πρὸς σωληνοειδὲς ἄνευ σιδηροῦ πυρῆνος, ἀλλὰ μὲ μεγαλύτερον ἀριθμὸν ἀμπεροστροφῶν.

Εἰς τὸ σχῆμα 332 δεικνύεται τύπος ἡλεκτρομαγνήτου (βλέπε καὶ σχῆμα 187).

265. Συμπεριφορὰ τῆς ὕλης ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Διαπερατότης.

Διὰ τῆς εἰσαγωγῆς σιδηροῦ πυρῆνος ἐντὸς σωληνοειδοῦς, ἐπέρχεται σημαντικὴ ἐνίσχυσις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (σχ. 333), ἡ ὁποία ἰσοδυναμεῖ, ὡς εἶδομεν, πρὸς αὐξησιν τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἀμπεροστροφῶν αὐτοῦ, ὁ δὲ ἀριθμὸς ὁ ὅποιος ἐκφράζει τὴν ἐνίσχυσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ὅταν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς δὲν ὑπάρχῃ ἀλλὰ ὁ σίδηρος, καλεῖται **μαγνητικὴ διαπερατότης** (μ).

Μεταξὺ τῆς νέας τιμῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (B) καὶ τῆς προγενεστέρως (H) ὑφίσταται ἡ σχέση:

$$B = \mu \cdot H$$

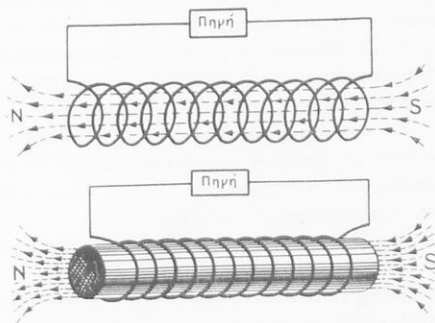
Ἡ ποσότης B καλεῖται **μαγνητικὴ ἐπαγωγή**. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω τύπου προκύπτει ὅτι ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης μ ὁρίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\text{μαγνητικὴ διαπερατότης} = \frac{\text{μαγνητικὴ ἐπαγωγή}}{\text{μαγνητίζον πεδίου}}$$

$$\mu = \frac{B}{H}$$

Ἐφ' ὅσον χρησιμοποιῶμεν μονάδας τοῦ μαγνητικοῦ συστήματος μονάδων CGS, τὰ B καὶ H ἐκφράζονται εἰς Gauss, ὅτε ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης ἀποτελεῖ ἀδιάστατον μέγεθος.

Ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης τοῦ σιδήρου δὲν εἶναι σταθερά, ἀλλὰ μεταβάλλεται μετὰ τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητίζοντος πεδίου καὶ ἐλαττοῦται ἀνέαν- μένης τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Οὕτω, διὰ τὸν χυτὸν σίδηρον, ἐφ' ὅσον οὗτος εἰσάγεται εἰς ἀσθενὲς μαγνητικὸν πεδίου, εἶναι $\mu = 5000$, ἡ



Σχ. 333. Ἡ πυκνότης τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν εἶναι μεγαλυτέρα, ὅταν ἐντὸς τοῦ σωληνοειδοῦς ὑπάρχῃ σιδηροῦς πυρῆν.

δὲ τιμὴ τοῦ μ ἐλαττοῦται, αὐξανομένης τῆς ἐντάσεως τοῦ μαγνητίζοντος πεδίου.

Τὰ σώματα, ὡς πρὸς τὴν συμπεριφορὰν αὐτῶν ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, διακρίνονται εἰς τρεῖς κατηγορίας: εἰς τὰ *σιδηρομαγνητικά*, τὰ *παραμαγνητικά* καὶ τὰ *διαμαγνητικά* σώματα.

Εἰς τὰ *σιδηρομαγνητικά* σώματα καταλέγονται ὁ σίδηρος καὶ τὰ διάφορα παράγωγα αὐτοῦ, ὡς ὁ χυτοσίδηρος, ὁ σφυρήλατος σίδηρος, ἐπίσης τὰ μέταλλα κοβάλτιον, νικέλιον, ὡς καὶ τὰ κράματα τῶν μετάλλων τούτων, παρουσιάζουν δὲ ταῦτα τὴν ἰδιότητα νὰ μαγνητίζονται ἐντατικῶς ὅταν εἰσάγονται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, καὶ ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης αὐτῶν εἶναι κατὰ πολὺ μεγαλυτέρα τῆς μονάδος.

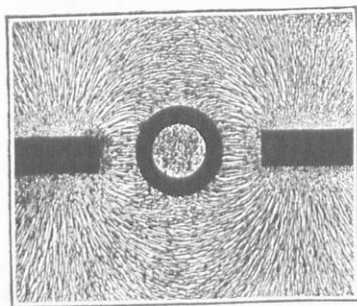
Τὰ *παραμαγνητικά* σώματα μαγνητίζονται ἀσθενῶς ὅταν εἰσάγονται ἀκόμῃ καὶ ἐντὸς ἰσχυροτάτων μαγνητικῶν πεδίων. Τὰ σώματα ταῦτα ἔλκονται, ἀλλὰ λίαν ἀσθενῶς, ὑπὸ τοῦ μαγνήτου. Εἰς τὰ παραμαγνητικά σώματα ἀνήκουν τὸ ἀργίλιον, ὁ λευκόχρυσος, ὁ κασσίτερος κ. ἄ.

Εἰς τὰ παραμαγνητικά σώματα ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης εἶναι μεγαλυτέρα τῆς μονάδος, ἀλλὰ ἐλάχιστα διαφέρει αὐτῆς.

Τέλος, τὰ *διαμαγνητικά* σώματα ἀπωθούνται ὑπὸ τῶν μαγνητῶν. Εἰς τὴν κατηγορίαν ταύτην ἀνήκουν ὁ χαλκός, τὸ ἀντιμόνιον, ὁ ὕδραργυρος καὶ ἄλλα. Εἰς τὰ διαμαγνητικά σώματα, ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης εἶναι μικροτέρα τῆς μονάδος.

Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς συμπεριφορᾶς τῆς ὕλης ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, διεμορφώθησαν νεώτεροι θεωρίαι ἐπὶ τοῦ μαγνητισμοῦ, πληρέστεραι ἀπὸ τὴν περιγραφεῖσαν ἤδη θεωρίαν τῶν μοριακῶν μαγνητῶν (§ 148), τῶν ὁποίων ὅμως ἡ περιγραφὴ γίνεται εἰς τὰ ἀνωτέρα συγγράμματα Φυσικῆς.

266. Μαγνητικὴ θωράκισις. Ἐὰν ἐντὸς ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου εἰσαγάγῃμεν τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου, τοῦτο, ἕνεκα τῆς μαγνητικῆς διαπερατότητος τοῦ σιδήρου προκαλεῖ παραμόρφωσιν τῆς διανομῆς τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου, διότι αὐταὶ ἐπιδιώκουν νὰ διέλθουν κατὰ προτίμησιν διὰ μέσου τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος παρουσιάζει εὐκολώτερον δρόμον διὰ τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς ἢ ὁ ἀήρ. Ἔνεκα τοῦ αὐτοῦ λόγου, ἐὰν ἐντὸς ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου εἰσαγάγῃμεν δακτύλιον ἐκ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 334), πάλιν παρατηροῦμεν παραμόρφωσιν τῆς διανομῆς τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν τοῦ πεδίου, διότι αἱ μαγνητικαὶ γραμμαιὶ προτιμοῦν νὰ διέρχωνται διὰ μέσου τῆς μάζης τοῦ σιδήρου δακτυλίου, ἐνθ' ὃ ὑπ' αὐτοῦ περικλειόμενος χώρος εἶναι οὕτω ἐλεύθερος μαγνητικοῦ πεδίου.



Σχ. 334. Εἰς τὸν ἐσωτερικὸν χώρον τοῦ δακτυλίου δὲν ὑφίσταται μαγνητ. πεδίου.

Πράγματι, τοῦτο δεῖκνύμεν διὰ σχηματισμοῦ, τῇ βοηθείᾳ ρινισμάτων σιδήρου, τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος, ὅπου ἐν τῷ ἐσωτερικῷ τοῦ δακτυλίου τὰ ρινίσματα σιδήρου δὲν δεικνύουν οὐδὲνα προσανατολισμόν. Ἐπίσης μαγνητικὴ βελὼν, τοποθετούμενη εἰς τὸν ὑπὸ τοῦ δακτυλίου περιχλειόμενον χώρον, οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ὑφίσταται ὑπὸ τοῦ ἐξωτερικοῦ μαγνη-

τικού πεδίου. Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον ἐκμεταλλευόμεθα ὁσάκις θέλομεν νὰ προστατεύσωμεν ὄργανα εὐαίσθητα ἀπὸ τῆς ἐπιδράσεως μαγνητικῶν πεδίων, ὁπότε περιβάλλομεν αὐτὰ διὰ θώρακος ἐκ μαλακοῦ σιδήρου.

267. Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ σπουδαιότατον ὄργανον εἰς τὰς πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, ἐκ τῶν ὁποίων περιγράφομεν εἰς τὴν παράγραφον ταύτην τὸν ἡλεκτρικὸν κώδωνα καὶ τὸν ἡλεκτρομαγνητικὸν γερανὸν, ἐπιφυλάσσόμενοι εἰς ἄλλην θέσιν τοῦ βιβλίου τούτου νὰ ἐξετάσωμεν καὶ ἄλλας ἐφαρμογὰς τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου.

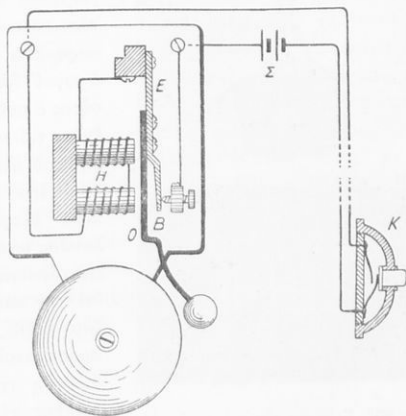
α) **Ἡλεκτρικὸς κώδων.** Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ μικροῦ ἡλεκτρομαγνήτου Η σχήματος Π (σχ. 335) στηριζομένου ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ ὁργάνου, ἀποτελουμένης συνήθως ἐκ ξύλου ἢ βακελίτου. Ἐμπροσθεν τῶν δύο πόλων τοῦ μαγνήτου ὑπάρχει ὀπλισμὸς Ο ἐκ μαλακοῦ σιδήρου προσηρμοσμένον ἐπὶ καταλήλῳ ἐλατηρίῳ Ε, τὸ ὁποῖον κατὰ τὸ ἐν ἄκρον στερεοῦται ἐπὶ τῆς βάσεως τῆς συσκευῆς. Ἐπὶ τοῦ ὀπλισμοῦ εἶναι προσηρμοσμένον πλῆκτρον, τὸ ὁποῖον, ὅταν τίθεται εἰς κίνησιν, διὰ τοῦ ἐλευθεροῦ ἄκρου αὐτοῦ κτυπᾷ τὸν κώδωνα, ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται στερεωμένος εἰς τὴν βάση τῆς συσκευῆς καὶ οὕτω ὁ κώδων ἠγεῖ. Ὅταν διὰ τῆς συσκευῆς δὲν διέρχεται ρεῦμα, ὁ ὀπλισμὸς ἐφάπτεται τῆς ἀκίδος τοῦ κοιλίου, στερεωμένον ἐπὶ τῆς βάσεως τῆς συσκευῆς.

Ὅταν ὁμως συνδέσωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ ἡλεκτρικοῦ κώδωνος πρὸς πηγὴν ρεύματος Σ, τότε, ἐπεὶ τὸ κύκλωμα τῆς περιελίξεως τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου εἶναι κλειστὸν, ὁ ἡλεκτρομαγνήτης διεγείρεται, ἔλκει τὸν ὀπλισμὸν καὶ οὕτω τὸ πλῆκτρον πλῆττει τὸν κώδωνα. Λόγῳ ὁμως τῆς ἐλξεως τοῦ ὀπλισμοῦ, ὁ ἡλεκτρομαγνήτης παύει νὰ ἔλκῃ τὸν ὀπλισμὸν, ὁ ὁποῖος ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ ἐλατηρίου ἐπανέρχεται ἐκ νέου εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν, κλειόμενον οὕτω ἐκ νέου τοῦ κυκλώματος. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης οὕτω διεγείρεται ἐκ νέου, ἔλκει πάλιν τὸν ὀπλισμὸν, καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται τὸ αὐτὸ ὡς καὶ προηγουμένως.

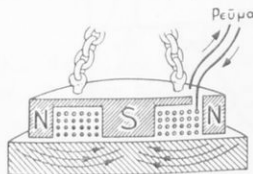
Οὕτω βλέπομεν ὅτι ὅταν οἱ ἀκροδέκται τοῦ κώδωνος εἶναι συνδεδεμένοι μέσῳ διακόπτου Κ πρὸς πηγὴν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ κλείσωμεν τὸν διακόπτην (διὰ πίεσεως π.χ. τοῦ κομβίου), ὁ κώδων παρὰ ἑξ ἑξ.

β) **Ἡλεκτρομαγνητικὸς γερανός.** Ἐκ τῶν λοιπῶν ἐφαρμογῶν τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου τὸ σχῆμα 337 δεικνύει

τὴν χρησιμοποίησιν αὐτοῦ εἰς ἀνυψωτικὴν διάταξιν (γερανόν). Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης τοῦ γερανοῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρήνα ἐκ μαλακοῦ σιδήρου εἰς τὸ κέντρον τοῦ ὁποίου περιελίσσεται πηνίον ἀπὸ μεμονωμένων χάλκινων σύρμα (σχ. 336). Τὸ πηνίον τοῦ πηνίου σιδηροῦν περιβλήμα παριστᾷ τὸ μαγνητικὸν σῶμα διὰ τοῦ ὁποίου διέρχεται ἡ μαγνητικὴ ροή.



Σχ. 335. Διάταξις ἡλεκτρικοῦ κώδωνος.

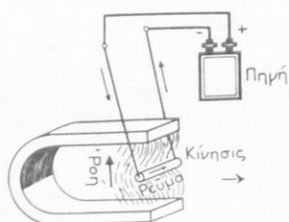


Σχ. 336. Διάγραμμα ἡλεκτρομαγνήτου γερανοῦ.

268. Δύναμις δημιουργουμένη υπό ακίνητου μαγνητικού πεδίου ἐπὶ κινητοῦ ἀγωγοῦ διαρροεμένου υπό ρεύματος. Τύπος Laplace. Ἐπίδρασις ἀκίνητου μαγνήτου ἐπὶ ρεύματος. Πρὸς τοῦτο, χρησιμοποιοῦμεν τὴν εἰς τὸ σχῆμα 338 εἰκονιζομένην διάταξιν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐξ εὐθέος χαλκίνου ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος ἐξαρτᾶται διὰ δύο μεταλλικῶν εὐκάμπτων συρμάτων, διὰ τῶν ὁποίων διαβιβάζεται τὸ ρεῖμα ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ δημιουργουμένου μεταξὺ τῶν πόλων πεταλοειδοῦς μαγνήτου, ὁ ὁποῖος παραμένει ἀκίνητος. Ἐὰν διαβιβάσωμεν διὰ τοῦ ἀγωγοῦ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα, παρατηροῦμεν ὅτι οὗτος ἀπωθεῖται πρὸς τὰ ἔξω ἢ ἔλκεται πρὸς τὰ ἔνδον τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 337. Γερανὸς χρησιμοποιῶν ἠλεκτρομαγνήτην διὰ τὴν ἀνύψωσιν σιδηρῶν ἀντικειμένων.



Σχ. 338. Τὸ μαγνητικὸν πεδίου προκαλεῖ μετατόπισιν εὐθύγραμμου ρεύματος.

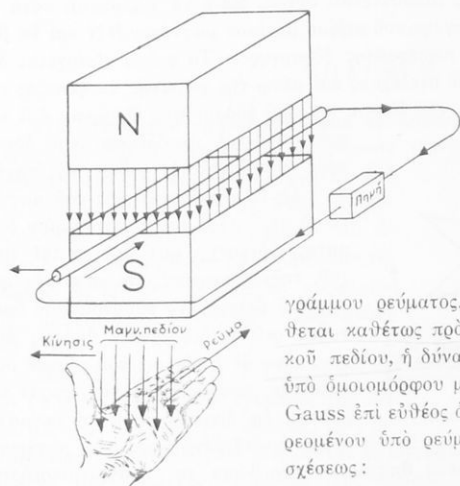


Σχ. 339. Μνημονικὸς κανὼν τῆς δεξιᾶς χειρὸς, δείκνυν τὴν διεύθυνσιν τῆς μετατοπίσεως τοῦ ἀγωγοῦ.

δίου, ὁπότε ὁ μέσος δείκνυει τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως τῆς ἐπενεργούσης ἐπὶ τοῦ ρεύματος.

Ἐκτὸς τοῦ ἀνωτέρω μνημονικοῦ κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρὸς, χρησιμοποιοῦμεν

καί τὸν μνημονικὸν κανόνα τῆς **ἀριστερᾶς χειρὸς** πρὸς καθορισμὸν τῆς διευθύνσεως τῆς κινήσεως (σχ. 340). Τοποθετοῦμεν δηλ. τὴν ἀριστερὰν χεῖρα οὕτως ὥστε ἡ παλάμη νὰ διαπερᾶται ὑπὸ τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, ἡ δὲ διεύθυνσις τοῦ ρεύματος νὰ δεικνύεται ὑπὸ τῶν ἄκρων τῶν δακτύλων, ὁπότε τὴν διεύθυνσιν κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ δεικνύει ὁ ἀντίχειρ.



Σχ. 340. Μνημονικός κανὼν τῆς ἀριστερᾶς χειρὸς.

Ἐὰν τὸ ρεῦμα σχηματίζῃ γωνίαν θ πρὸς τὸ πεδίον, θὰ εἶναι :

Τύπος Laplace	$F = \frac{1}{10} \cdot i \cdot H \cdot l \cdot \eta \mu \theta \text{ Dyn}$
---------------	--

Ἐὰν $\theta = 0$, δηλ. ἐὰν ὁ ἀγωγὸς διατίθεται παραλλήλως πρὸς τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς, θὰ εἶναι $\eta \mu \theta = 0$ καὶ $F = 0$.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἐστω ὅτι ἐντὸς ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως $H = 100$ Gauss, τοποθετεῖται καθέτως πρὸς τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς εὐθύς ἀγωγὸς μήκους $l = 5$ cm διαρρεόμενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 20 A.

Συμφωνῶς πρὸς τὸν ἀνωτέρω τύπον, ἡ ἐπ' αὐτοῦ ἀσκουμένη ὑπὸ τοῦ πεδίου δύναμις F θὰ εἶναι :

$$F = \frac{1}{10} i \cdot H \cdot l = \frac{20 \cdot 100 \cdot 5}{10} = 1000 \text{ Dyn}$$

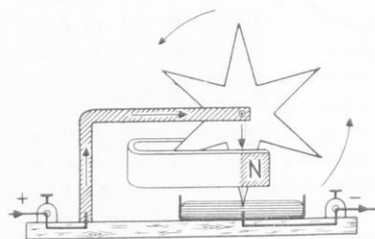
δηλ. ἡ δύναμις αὐτῆς ἰσοδυναμεῖ περίπου πρὸς 1 gr*. Ἐὰν $\theta = 30^\circ$ τότε, ἐπειδὴ $\eta \mu 30^\circ = \frac{1}{2}$, ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ θὰ εἶναι $F = 500$ Dyn.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐσπούδασε συστηματικῶς ὁ **Laplace**, ἐπὶ τῇ βάσει δὲ τῶν θεωρητικῶν ἔρευνῶν αὐτοῦ ὑπελόγισε τὴν δύναμιν τὴν ἀσκουμένην ὑπὸ ἀκινήτου μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ εὐθυγράμμου ρεύματος. Οὕτω, ὅταν τὸ ρεῦμα διατίθεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἡ δύναμις F εἰς Dyn, ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως H Gauss ἐπὶ εὐθέος ἀγωγοῦ μήκους l cm καὶ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος i A, παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$F = \frac{1}{10} \cdot i \cdot H \cdot l \text{ Dyn.}$$

269. Τροχός του Barlow. Ἐφαρμογὴν τῆς ἐπενεργείας ἀκινήτου μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ κινητοῦ ἀγωγοῦ διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος, ἀποτελεῖ ὁ τροχὸς τοῦ Barlow.

Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ χαλκίνου ὀδοντωτοῦ τροχοῦ στρεπτοῦ περὶ ὀριζόντιον ἄξονα (σχ. 341), ὃ ὁποῖος τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε νὰ εὐρίσκεται κατὰ τὸ κάτω μέρος αὐτοῦ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μονίμου μαγνήτου ΒΝ καὶ νὰ βυθίζεται ὀλίγον ἐντὸς λεκάνης περιεχοῦσης ὕδραργυρον. Τὸ ρεῦμα εἰσέρχεται διὰ τοῦ πρὸς τ' ἀριστερὰ μεταλλικοῦ στελέχους καὶ μέσῳ τῆς χαλκίνης ἐπιφανείας τῆς ἀντιστοιχούσης εἰς τὴν ἀκτῖνα τοῦ δίσκου καὶ τοῦ ὕδραργύρου ἐξέρχεται διὰ τοῦ



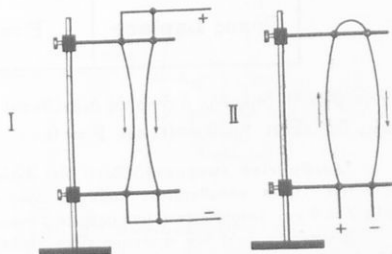
Σχ. 341. Τροχὸς τοῦ Barlow.

Ὅλα τ' ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα ἀποτελοῦν τὴν βάσιν τῆς πραγματοποιήσεως τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.

270. Ἀμοιβαῖαι ἐπενέργειαι ρευμάτων. Θεωρήσωμεν δύο κατακορύφους ἀγωγούς διατεταγμένους ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 342, I καὶ διὰ τῶν ὁποίων διαβιβάζομεν ρεῦμα, εἰς τρόπον ὥστε εἰς τοὺς δύο ἀγωγούς τὸ ρεῦμα νὰ ἔχη τὴν ἰδίαν φορὰν, ὅτε παρατηροῦμεν ὅτι οἱ δύο ἀγωγοὶ ἔλκονται. Ἀντιστρόφως, ἐὰν διατάξωμεν τοὺς ἀγωγούς κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ ρεῦμα νὰ ὀδεύῃ εἰς τὸν ἓνα κατὰ τὴν ἀντίθετον διεύθυνσιν ἢ εἰς τὸν ἄλλον, παρατηροῦμεν ὅτι οἱ δύο ἀγωγοὶ ἀπωθοῦνται (σχ. 342, II).

Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου προκύπτει ἡ ἀκόλουθος πρότασις: **Δύο ρεύματα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως ἔλκονται καὶ ἀντιθέτων διευθύνσεων ἀπωθοῦνται.**

Ἡ δύναμις ἡ ἀσκουμένη μεταξὺ τῶν παραλλήλων ρευμάτων, ἐφ' ὅσον l τὸ κοινὸν μῆκος αὐτῶν εἰς cm, i_1 καὶ i_2 ,



Σχ. 342. Ρεύματα τῆς αὐτῆς διευθύνσεως ἔλκονται (I), καὶ ἀντιθέτων διευθύνσεων ἀπωθοῦνται (II).

αἱ ἐντάσεις τοῦ ρεύματος εἰς Ἀμπέρ, καὶ r ἡ ἀπόστασις τῶν ρευμάτων εἰς cm, παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$F = \frac{2i_1 \cdot i_2 \cdot l}{100 r} \quad \text{Dyn}$$

ΕΠΑΓΩΓΗ

271. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἐὰν ἐντὸς ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου εἰσαγάγωμεν ἐπιφάνειαν τέμνουσαν καθέτως τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς, ὡς π.χ. τὴν περικλειομένην ὑπὸ τῆς ἀγωγοῦ σπείρας S (σχ. 343), τὸ σύνολον τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν αἱ ὁποῖαι διαπεροῦν καθέτως τὴν ἐπιφάνειαν τῆς σπείρας, ὡς εἶδομεν ἤδη εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦ μαγνητισμοῦ, καλεῖται **μαγνητικὴ ροὴ** (Φ).

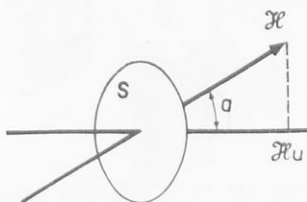
Ἐὰν H παριστᾷ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν (π.χ. εἰς Gauss) τῆς ἐντάσεως τοῦ πεδίου εἰς τὴν περιοχὴν τῆς σπείρας, τότε δι' ἐπιφανείας 1 cm^2 αὐτῆς θὰ διέρχωνται H μαγνητικαὶ γραμμαί, ἐπομένως ἐὰν S παριστᾷ τὴν συνολικὴν ἐπιφάνειαν τῆς σπείρας, ἡ διαπερῶσα αὐτὴν μαγνητικὴ ροὴ (εἰς Gauss · cm^2) ἔχει ἀριθμητικὴν τιμὴν:

$$\Phi = H \cdot S$$

Ἐὰν ὅμως τὸ ἐπίπεδον τῶν σπειρῶν δὲν τέμνῃ καθέτως τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς, τότε θεωροῦμεν τὴν κάθετον συνιστώσαν Hu τοῦ πεδίου ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τῆς σπείρας, ἡ δὲ διαπερῶσα τὴν σπείραν ροὴ θὰ εἶναι: $\Phi = Hu \cdot S$. Ἐπειδὴ ὅμως $Hu = H \cdot \sin \alpha$, ἔπεται ὅτι:

$$\Phi = H \cdot S \cdot \sin \alpha$$

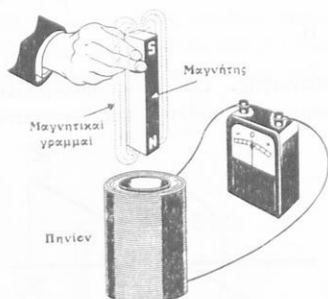
Ἐφ' ὅσον ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἡ διαπερῶσα τὴν σπείραν παραμένει χρονικῶς ἀμετάβλητος, οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται. Ἐὰν ὅμως, λόγῳ οἰασθήποτε αἰτίας, ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἡ διαπερῶσα τὴν σπείραν μεταβάλλεται χρονικῶς, τότε καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἡ σπείρα θὰ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος τὸ ὁποῖον καλεῖται **ρεύμα ἐξ ἐπαγωγῆς**, καὶ ὀφείλεται εἰς τὴν λόγῳ μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἀνάπτυξιν ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ἡ ὁποία καλεῖται ἐπίσης **ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς**. Οὕτω συνάγομεν ὅτι: **τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύμα γεννᾶται λόγῳ μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς καὶ ὑφίσταται ἐφ' ὅσον διαρκεῖ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς, παύει δὲ νὰ ὑφίσταται εὐθὺς ὡς παύση καὶ ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς.**



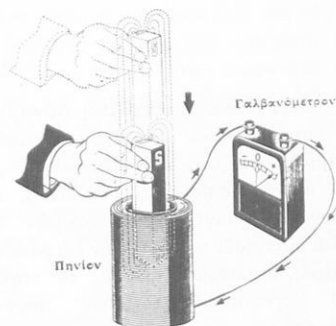
Σχ. 343. Διὰ τὴν ἐπεξηγήσιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

272. Θεμελιώδη πειράματα. Τὴν μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς τῆς διαπερώσεως κλειστὸν ἄγωγόν, δυνάμεθα νὰ προκαλέσωμεν κατὰ διαφόρους τρόπους:

α) **Παραγωγή ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος διὰ μετατοπίσεως μαγνήτου.** Οὕτω, ὅταν ὁ μαγνήτης παραμένῃ στάσιμος ἔξω τοῦ πηνίου (σχ. 344), τὸ γαλβανόμετρον



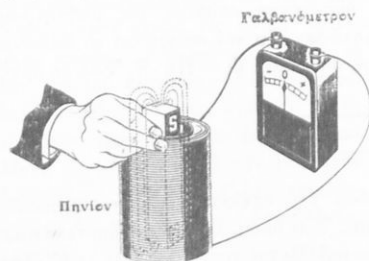
Σχ. 344. Ὅταν ὁ μαγνήτης ἀκίνητῃ ἔξω τοῦ πηνίου δὲν γεννᾶται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς.



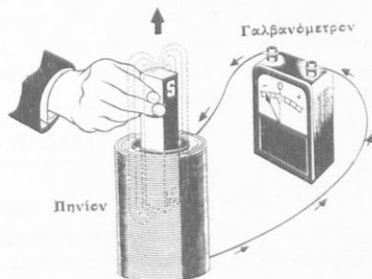
Σχ. 345. Ὅταν ὁ μαγνήτης βυθίζεται ἐντὸς τοῦ πηνίου γεννᾶται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς.

δὲν δεικνύει τὴν ὑπαρξίν ρεύματος. Ἐὰν ὅμως βυθίσωμεν ταχέως τὸν μαγνήτην ἐντὸς τοῦ πηνίου (σχ. 345), τότε καθ' ὃν χρόνον γίνεται ἡ βύθισις, τὸ γαλβανόμετρον ἀποκλίνει λόγῳ τῆς γενέσεως ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς.

Ὅταν ὁ μαγνήτης παραμένῃ στάσιμος ἐντὸς τοῦ πηνίου, παύει ἡ ἀνάπτυξις ρεύματος, ὥς τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ γαλβανομένου (σχ. 346). Ἀντιστρόφως,



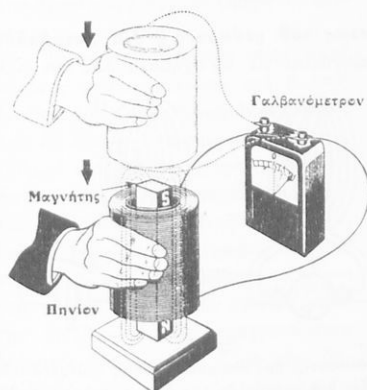
Σχ. 346. Ὅταν ὁ μαγνήτης εἶναι βυθισμένος ἐντὸς τοῦ πηνίου δὲν γεννᾶται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς.



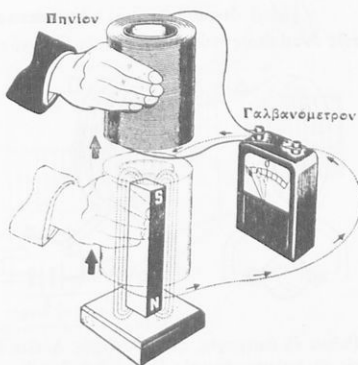
Σχ. 347. Ὅταν ὁ μαγνήτης ἀνασύρεται ἐκ τοῦ πηνίου γεννᾶται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς.

ἐὰν τὸν βυθισθέντα μαγνήτην ἀνασύρωμεν ταχέως, πάλιν γεννᾶται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς, ὥς τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ γαλβανομέτρου (σχ. 347), ἀλλὰ ἡ φορὰ αὐτοῦ εἶναι ἀντίθετος τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος τοῦ ἀναπτυσθέντος κατὰ τὴν βύθισιν τοῦ μαγνήτου.

Είναι πρόδηλον ότι ή γένεσις τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος ὀφείλεται εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς τῆς προκαλουμένης ἐκ τῆς σχετικῆς μετατοπίσεως μαγνήτου καὶ πηνίου. Πράγματι, ἐὰν στερεώσωμεν μονίμως τὸν μαγνήτην καὶ βυ-



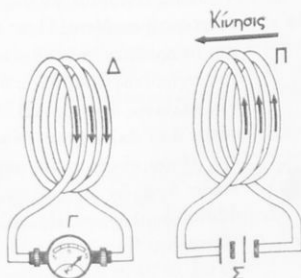
Σχ. 348. "Όταν βυθίζωμεν τὸ πηνίον ἀποτόμως ἐντὸς τοῦ μαγνήτου, γεννᾶται ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς.



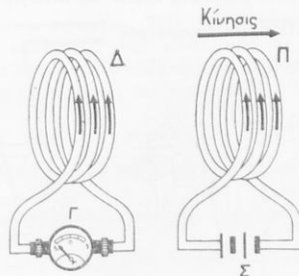
Σχ. 349. "Όταν ἀνασύρωμεν βιαίως τὸ πηνίον ἐξω τοῦ μαγνήτου, γεννᾶται ρεῦμα ἀντιθέτου φορᾶς.

θίσωμεν τὸ πηνίον εἰς αὐτόν, παρατηρεῖται πάλιν γένεσις ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς, (σχ. 348), ἐὰν δὲ ἀνασύρωμεν ταχέως τὸ πηνίον, πάλιν παρατηρεῖται γένεσις ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς, ἀντιθέτου φορᾶς τοῦ προηγουμένου (σχ. 349).

β) Παραγωγή ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος διὰ τῆς προσεγγίσεως πρὸς σωλη-



Σχ. 350.



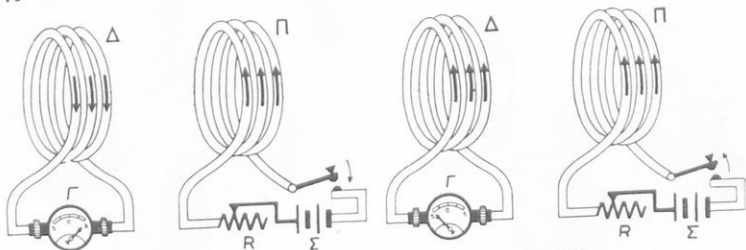
Σχ. 351.

Διὰ προσεγγίσεως τοῦ σωληνοειδοῦς Π πρὸς τὸ Δ, παράγεται εἰς τὸ δευτερεῖον (Δ) ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς ὁρισμένης φορᾶς. Δι' ἀπομακρύνσεως τοῦ Π, τὸ ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς.

νοειδές, σωληνοειδοῦς διαρρεομένου ὑπὸ ρεύματος. Ἡ διάταξις αὕτη δεικνύεται εἰς τὰ σχήματα 350 καὶ 351, εἰς τὰ ὅποια τὸ σωληνοειδές Π τὸ συνδεδεμένον

πρὸς τὴν στήλην καλεῖται **πρωτεύων**, ἐνῶ τὸ ἕτερον Δ ἐντὸς τοῦ ὁποίου ἀναπτύσσεται τὸ ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς καλεῖται **δευτερεύων**. Ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ δευτερεύον γίνεται διὰ ταχείας προσεγγίσεως ἢ ἀπομακρύνσεως τοῦ πρωτεύοντος Π ἀπὸ τοῦ δευτερεύοντος Δ .

γ) **Διὰ διακοπῆς καὶ ἀποκαταστάσεως τοῦ ρεύματος ἢ διὰ μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως αὐτοῦ.** Ἡ διάταξις αὕτη δεικνύεται εἰς τὰ σχήματα 352 καὶ 353,



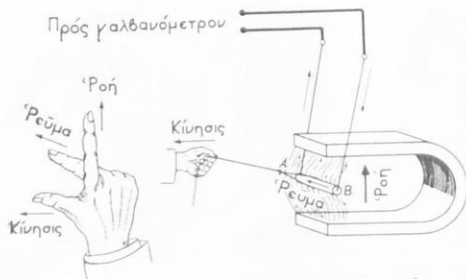
Σχ. 352.

Σχ. 353.

Ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς παράγεται εἰς Δ , εἴτε διὰ διακοπῆς καὶ ἀποκαταστάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδὲς εἰς Π διὰ τοῦ διακόπτου, εἴτε διὰ μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως διὰ μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως R .

ὅπου ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ δευτερεύον γίνεται διὰ διακοπῆς ἢ ἀποκαταστάσεως τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεύον διὰ τοῦ διακόπτου, εἴτε δι' αὐξομειώσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματός διὰ τῆς ρυθμιζομένης ἀντιστάσεως R , τοῦ πρωτεύοντος παραμένουτος ἀκινήτου. Εἰς τὴν διάταξιν π.χ. τῶν σχημάτων 350-353, τὰ δύο πηνία Π καὶ Δ χαρακτηρίζονται ὡς μαγνητικῶς συνεξευγμένα.

273. Γένεσις ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς διὰ τῆς κινήσεως ἀγωγοῦ ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου. Πρὸς τοῦτο, θεωροῦμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 354, ὅπου ὁ εὐθύς χάλκινος ἀγωγὸς AB ἐξαρτᾶται ἀπὸ ἀκλονήτου θέσεως, διὰ μέσου εὐκάμπτων μεταλλικῶν ἀγωγῶν σφυρμάτων, τὰ ὁποῖα ἀπολήγουν εἰς γαλβανόμετρον. Ὁ ἀγωγὸς διατίθεται ἐν ἀρχῇ ὀριζοντίως, εἰς τρόπον ὥστε νὰ τέμνῃ καθετῶς τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου. Ἐὰν ἤδη μετατοπίσωμεν βιαίως, τῇ βοηθείᾳ



Σχ. 354. Διὰ μετατοπίσεως τοῦ εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, γεννᾶται εἰς αὐτὸν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐξ ἐπαγωγῆς. Ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος δεικνύεται διὰ τοῦ μνημον. κανόνος τῆς δεξιᾶς χειρὸς.

τοῦ σχοινίου, τὸν ἀγωγὸν πρὸς τὰ ἔξω, τότε τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει τὴν γένεσιν στιγμιαίου ρεύματος. Ἡ φορὰ τοῦ παραγομένου ρεύματος καθορίζεται ἐκ τοῦ μνη-

μονικού κανόνος της **δεξιάς χειρός**, όπου όταν ο αντίχειρ δεικνύει την διεύθυνση της κινήσεως και ο δείκτης την διεύθυνση των μαγνητικών γραμμών του πεδίου (ή της ροής), τότε ο μέσος δεικνύει την διεύθυνση του εξ επαγωγής ρεύματος.

Εκτός του ανωτέρω μνημονικού κανόνος χρησιμοποιείται και ο ακόλουθος, διά τον καθορισμό της φοράς του εξ επαγωγής ρεύματος: Τοποθετούμε την δεξιά χείρα (σχ. 355), ώστε η παλάμη να διαπεράται καθέτως υπό των μαγνητικών γραμμών, ενώ το άκρον του αντίχειρος δεικνύει την διεύθυνση μετατοπίσεως του αγωγού επίς το μαγνητικόν πεδίου, όποτε την διεύθυνση του αναπτυσσομένου ρεύματος δεικνύουν τα άκρα των δακτύλων.

Η εξ επαγωγής αναπτυσσομένη ΗΕΔ εκφράζεται εις την περίπτωσιν ταύτην εις Volt, υπό της σχέσεως:

$$E_{\text{επ}} = \frac{H \cdot l \cdot v}{10^8}$$

όπου H ή έντασις του μαγνητικού πεδίου εις Gauss, l το μήκος του αγωγού εις cm και v ή ταχύτης μετατοπίσεως αυτού εις $\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$.

Υπολογισμός της εξ επαγωγής ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως. Εάν εις την περίπτωσιν του σχήματος 343 δεχθώμεν ότι η μεταβολή της μαγνητικής ροής γίνεται από την τιμήν Φ (εις Gauss $\cdot \text{cm}^2$) εις την τιμήν Φ' εις χρόνον t (εις sec), ή μέση τιμή της εξ επαγωγής αναπτυσσομένης ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως (εις Volt) παρέχεται υπό του τύπου:

$$E_{\text{επ}} = \frac{\Phi - \Phi'}{t \cdot 10^8} \quad \text{Volt}$$

Ητοι: ή τιμή της ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως είναι ανάλογος της ταχύτητος της μεταβολής της μαγνητικής ροής.

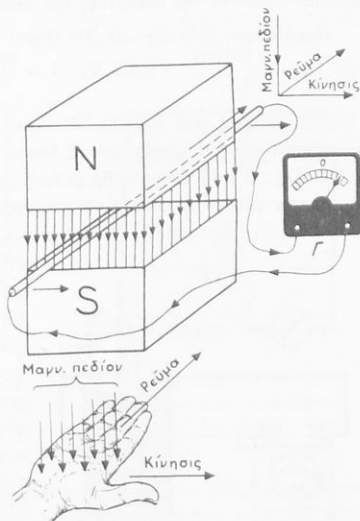
Εάν ή ίδια μεταβολή μαγνητικής ροής γίνεται διά μέσου n σπειρών, συνδεδεμένων εν σειρά, ή ΗΕΔ επαγωγής θα είναι n φορές μεγαλύτερα.

Εάν R παριστᾷ την αντίστασιν της σπείρας εις Ohm, ή μέση έντασις του ρεύματος εις Ampère θα είναι κατά τον νόμον του Ohm:

$$i = \frac{E_{\text{επ}}}{R} = \frac{\Phi - \Phi'}{R \cdot t \cdot 10^8} \quad \text{Ampère}$$

Εάν δὲ τέλος q παριστᾷ εις Coulomb το φορτίον του ηλεκτρισμού, το όποιον μεταφέρεται υπό του ρεύματος i , θα είναι:

$$q = i \cdot t = \frac{\Phi - \Phi'}{R \cdot 10^8} \quad \text{Coulomb}$$



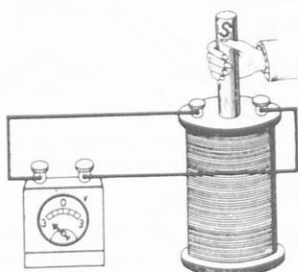
Σχ. 355. Μνημονικός κανών της φοράς του εξ επαγωγής ρεύματος.

Ἐκ τούτων συνάγουμεν τὴν ἀκόλουθον σπουδαιοτάτην πρότασιν: *Τὸ συνολικὸν φορτίον τὸ ὁποῖον ἀναφαίνεται λόγῳ ἐπαγωγῆς εἰς τὸν ἄγωγόν, εἶναι ἀνεξάρτητον τοῦ χρόνου καὶ ἐξαρτᾶται μόνον ἐκ τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς.*

Παράδειγμα. Ἐάν $\Phi = 500\,000 \text{ Gauss} \cdot \text{cm}^2$, $\Phi' = 0$, $t = 0,2 \text{ sec}$ καὶ $R = 0,1 \, \Omega$, θὰ εἶναι: $E_{\text{επ}} = \frac{500\,000}{0,2 \cdot 10^8} = 0,025 \text{ V}$, $i = \frac{0,025}{0,1} = 0,25 \text{ A}$, $q = 0,25 \cdot 0,2 = 0,050 \text{ Cb}$.

274. Νόμος τοῦ Lenz. Ὁ νόμος οὗτος ἔχει σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς φορᾶς τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ διατυπώνεται ὡς ἑξῆς: *Τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα ἔχει φορὰν τοιαύτην, ὥστε ν' ἀντιτίθεται εἰς τὴν αἰτίαν ἢ ὁποῖα τὸ παράγει.*

Οὕτω, ἐάν εἰς τὸ πηνίον τοῦ σχήματος 356 βυθίσωμεν τὸν βόρειον πόλον τοῦ μαγνήτου, προκαλεῖται αὐξήσις τῆς μαγνητικῆς ροῆς. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz, τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα πρέπει νὰ ἔχη φορὰν τοιαύτην, ὥστε νὰ ἀντιτίθεται εἰς τὴν αὐξήσιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, δηλ. εἰς τὴν εἰσαγωγὴν τοῦ μαγνήτου. Πρὸς τοῦτο πρέπει ἡ φορὰ τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος νὰ εἶναι τοιαύτη ὥστε νὰ ἀναπτύξη εἰς τὸ ἄνω ἄκρον τοῦ πηνίου βόρειον πόλον, ὅστις θὰ ἀπωθῇ τὸν βόρειον πόλον τοῦ εἰσερχομένου μαγνήτου. Τὸ ἀντίθετον θὰ συμβῇ ἐάν ἀνασύρωμεν πρὸς τὰ ἔξω τὸν μαγνήτην, διότι τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα πρέπει νὰ ἔχη φορὰν τοιαύτην ὥστε ν' ἀντιτίθεται εἰς τὴν ἐλάττωσιν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.



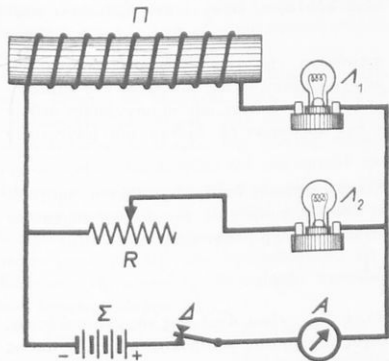
Σχ. 356. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὸν νόμον τοῦ Lenz.

275. Αὐτεπαγωγή. Πρὸς κατανόησιν τοῦ φαινομένου τῆς αὐτεπαγωγῆς ἀναχωροῦμεν ἐκ τῶν ἀκολουθῶν θεμελιωδῶν πειραμάτων:

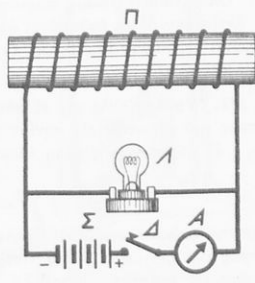
1^{ον} Πείραμα. Σχηματίζομεν κύκλωμα ἀποτελούμενον ἐκ τῆς συνδέσεως ἐν σειρά στήλης Σ, πηνίου Π μετὰ σιδηροῦ πυρῆνος καὶ καταλλήλου λυχνίας πυρακτώσεως A_1 , ἡ ὁποία νὰ φωτοβολῇ κανονικῶς. Πρὸς τοῦτους, κατὰ διακλάδωσιν πρὸς τὸ σύστημα τοῦ πηνίου καὶ τῆς λυχνίας, συνδέομεν τὴν ρυθμιζομένην ἀντίστασιν R μετὰ τῆς ἐν σειρά συνδεδεμένης λυχνίας A_2 , καὶ διὰ ρυθμίσεως τῆς ἀντιστάσεως R ἐπιτυγχάνομεν, ὥστε ἡ φωτιστικὴ ἔντασις τῆς λυχνίας A_2 νὰ εἶναι ἡ αὐτὴ πρὸς τὴν τῆς A_1 . Ἐάν ἤδη ἀνοίξωμεν τὸν διακόπτην καὶ ἀκολουθῶς κλείσωμεν αὐτόν, βλέπομεν, παραδόξως, ὅτι ἡ λυχνία A_2 , ἀμέσως μὲν κλείσθη τὸ κύκλωμα, φωτοβολεῖ μὲ τὴν κανονικὴν τῆς ἔντασιν, ἐνθ' ἡ λυχνία A_1 δὲν φωτοβολεῖ μὲ τὴν κανονικὴν τῆς ἔντασιν ἀμέσως, ἀλλὰ βραδέως, ἤτοι μετὰ παρέλευσιν μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος, μέχρις οὗτοᦶ δηλαδὴ τὸ ρεῦμα, εἰς τὸν κλάδον τῆς λυχνίας A_1 , ἀποκτήσῃ τὴν κανονικὴν του τιμὴν.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Εἰς τὸν κλάδον τῆς λυχνίας A_1 ὑφίσταται τὸ πηνίον Π μετὰ σιδηροῦ πυρῆνος καί, ὅταν κλείεται τὸ κύκλωμα, τὸ ρεῦμα δημιουργεῖ ἐν τῷ πηνίῳ σημαντικὴν μαγνητικὴν ροήν, λόγῳ τῆς παρουσίας τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος, ἡ ὁποία διαπερᾶται τὰς σπειρας αὐτοῦ, οὗτω δὲ γεννᾶται εἰς αὐτὸ τοῦτο τὸ πηνίον, λόγῳ ἐπαγωγῆς, ρεῦμα, τὸ ὁποῖον ὑφίσταται καθ' ὅλην τὴν χρονικὴν περιόδον καθ' ἣν τὸ διαβιβάζομενον

ρεύμα επιδιώκει ν' αποκατασταθῇ εἰς τὴν κανονικὴν τιμὴν του. Τὸ ἐξ ἐπαγωγῆς ὅμως γεννόμενον ρεῦμα, συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz, εἶναι ἀντιθέτου φοράς πρὸς τὸ ἐξωθεν διαβιβαζόμενον εἰς τὸ πηνίον ρεῦμα, οὗτοι δὲ ἐπιβραδύνεται ἡ ταχὺς ἀποκατάστασις αὐτοῦ εἰς τὴν κανονικὴν του τιμὴν.



Σχ. 357. Ὄταν κλείωμεν τὸν διακόπτην Δ, ἡ λυχνία A_2 ἀποκτᾷ ἀκαριαίως τὴν φωτοβολίαν αὐτῆς, ἐνθ' ἡ A_1 ἀποκτᾷ βαθμιαίως τὴν κανονικὴν φωτοβολίαν αὐτῆς.

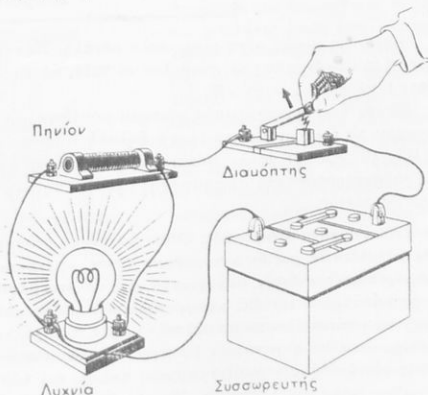


Σχ. 358. Ὄταν ἀνοίγωμεν τὸν διακόπτην Δ, ἡ λυχνία Α φωτοβολεῖ ἐντόνως ἐπὶ μικρὸν χρονικὸν διάστημα.

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ γένεσις ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς προϋποθέτει τὴν ὑπαρξίν ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἐξ ἐπαγωγῆς, ἔπεται ὅτι εὐθύς ὡς κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, λόγῳ τῆς ἐντόνου μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ὁποία δημιουργεῖται διὰ μέσου τῶν σπειρῶν τοῦ πηνίου, ἀναπτύσσεται ἐν αὐτῷ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς, ἡ ὁποία, οὕσα ἀντίθετος (νόμος τοῦ Lenz) πρὸς τὴν τάσιν τὴν δημιουργουμένην ὑπὸ τῆς πηγῆς, ὑποβιβάζει τὴν τάσιν εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς λυχνίας A_1 , ἐνεκα δὲ τούτου αὕτη δὲν φωτοβολεῖ εὐθύς ἀμέσως κανονικῶς.

2ον Πείραμα. Τὸ προηγούμενον πείραμα τροποποιούμεν ὡς ἑξῆς: Συνδέομεν ἐν σειρά τὴν στήλην Σ πρὸς τὸ πηνίον Π (σχ. 358) καὶ κατὰ διακλάδωσιν πρὸς τὸ πηνίον συνδέομεν κατ'ἀλλήλον λυχνίαν πυρακτώσεως Α, εἰς τὸν ὅταν κλεισθῇ τὸ κύκλωμα, αὕτη μόλις νὰ φωτοβολῇ. Ἐάν ἤδη διὰ τοῦ διακόπτου διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, βλέπομεν, ὅτι ἡ λυχνία πρὸς στιγμὴν φωτοβολεῖ ἐντόνως (σχ. 359).

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Διὰ τῆς διακοπῆς τοῦ ρεύματος λαμβάνει χώραν ἀπότομος μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς διὰ τοῦ πηνίου, οὕτω δὲ γεννᾶται ἐν αὐτῷ ΗΕΛ καὶ σημαντικὴ τάσις μεταξύ τῶν ἀκροδεκτῶν τῆς λυχνίας.



Σχ. 359. Παραστατικὴ διάταξις τοῦ δευτέρου πειράματος τῆς αὐτεπαγωγῆς.

ή όποία εξισούται δι' αὐτῆς. "Όσον δέ διαρκεῖ ἡ μεταβολή τῆς μαγνητικῆς ροῆς, τόσον περισσότερον φωτοβολεῖ ἡ λυχνία. "Όταν ἐν γένει φαινόμενα ἐπαγωγῆς παρατηροῦνται εἰς ἓνα καί τὸν αὐτὸν ἄγωγόν, ἢ εἰς ἓνα καί τὸ αὐτὸ κύκλωμα, λέγομεν ὅτι πρόκειται περὶ φαινομένων αὐτεπαγωγῆς.

276. Ἑρμηνεία τῆς αὐτεπαγωγῆς. Τὰ φαινόμενα τῆς αὐτεπαγωγῆς ἐξηγοῦνται ὡς ἐξῆς: "Όπως ἕκαστον σῶμα παρουσιάζει εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τῆς κινήτικῆς του καταστάσεως ἀντίστασιν, ἥτοι ἐκδηλώνει ἀδράνειαν, κατ' ἀνάλογον τρόπον καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἐκδηλώνει εἰς πᾶσαν μεταβολὴν του ἀδράνειαν, τὴν ἀδράνειαν δὲ ταύτην τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καλοῦμεν αὐτεπαγωγήν.

277. Ὑπολογισμὸς τῆς ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως. Ἐάν ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος εἰς πηνίον μεταβάλλεται ἀπὸ τῆς τιμῆς i εἰς τὴν τιμὴν i' εἰς χρόνον t sec, ἡ ἐξ αὐτεπαγωγῆς μέση ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις θὰ ἔχῃ μέσῃ τιμὴν εἰς Volt:

$$E_{\text{αυτ}} = L \cdot \frac{i - i'}{t} \quad \text{Volt}$$

ἐφ' ὅσον τὸ ρεῦμα ἐκφράζεται εἰς Ampère. Ἦτοι, ἡ $E_{\text{αυτ}}$ εἶναι ἀνάλογος τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος τοῦ χρόνου μεταβολῆς αὐτοῦ, ἢ ἄλλως ἀνάλογος τῆς ταχύτητος μεταβολῆς τοῦ ρεύματος.

Ὁ συντελεστὴς ἀναλογίας L καλεῖται *συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς*, ἢ καὶ ἀπλῶς *αὐτεπαγωγή* τοῦ ἄγωγου, καὶ ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς μορφῆς καὶ τοῦ μεγέθους τοῦ ἄγωγου. Ἐάν ἐν τῷ ἀνωτέρῳ τύπῳ ὑποθέσωμεν $i - i' = 1$ A, $t = 1$ sec καὶ $E = 1$ Volt, προκύπτει $L = 1$. Ἦτοι: *Ἄγωγός ἔχει αὐτεπαγωγήν ἴσην πρὸς τὴν μονάδα, όταν διὰ μεταβολῆς εἰς αὐτὸν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος κατὰ 1 Ampère εἰς χρόνον 1 sec, ἀναπτύσσεται εἰς αὐτὸν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις 1 Volt.* Ἡ μονὰς αὕτη ἐκλήθη Henry (H) εἶναι δέ:

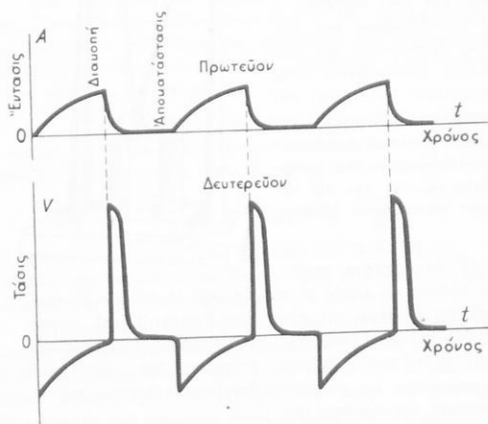
$$1 \text{ Henry} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampère/sec}}$$

Ἐπειδὴ ἡ μονὰς αὕτη εἶναι πολὺ μεγάλη, εἰς τὴν πρᾶξιν χρησιμοποιεῖται τὸ χιλιοστὸν Henry (milli-Henry) μὲ σύμβολον τὸ mH, ὡς καὶ τὸ ἑκατομμυριοστὸν Henry (micro-Henry), μὲ σύμβολον τὸ μH.

Εἰς τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων, ὡς μονὰς διὰ τὴν αὐτεπαγωγήν χρησιμοποιεῖται τὸ ἑκατοστόμετρον (cm), δηλαδή ἡ μονὰς μήκους τοῦ συστήματος CGS. Εἶναι δὲ $1\text{H} = 10^9$ cm. Ἡ μονὰς αὐτεπαγωγῆς mH ὡς καὶ τὸ μH, χρησιμοποιοῦνται κυρίως πρὸς χαρακτηρισμὸν τῆς αὐτεπαγωγῆς μικρῶν πηνίων, χρησιμοποιουμένων εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας.

278. Ρεύματα Foucault. Οὗτω καλοῦμεν *ρεύματα ἐξ ἐπαγωγῆς, τὰ ὁποῖα γεννῶνται ἐντὸς μεταλλικῶν μαζῶν κινουμένων ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, ἢ, γενικώτερον ἀκόμη, όταν εὗρισκονται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου μεταβλητῆς ἐντάσεως*. Ἐνεκα τῆς ἀναπτύξεως τῶν ρευμάτων τούτων ἐπὶ τῶν μεταλλικῶν μαζῶν, ὁσάκις θέλομεν νὰ περιστρέψωμεν, ἢ ἄλλως, νὰ μετατοπίσωμεν μεταλλικὴν μάζαν, π.χ. χάλκινον δίσκον, ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου, παρατηροῦμεν ὅτι συναντῶμεν (σημφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Lenz) ἀντίστασιν, ὀφειλομένην εἰς τὴν ἐπίδρασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐπὶ τῶν ἀναπτυσσομένων ἐντὸς τῆς μεταλλικῆς μάζης ρευμάτων Foucault. Ἐπειδὴ δὲ ἐξ ἄλλου, ἔνεκα τῶν ρευμάτων Foucault ἡ μεταλλικὴ μάζα θερμαίνεται, τοῦτο συνεπάγεται ἀπώλειαν ἐνεργείας, πρὲπει δὲ ὅσον τὸ δυνατόν νὰ παρεμποδίζωμεν τὴν ἀνάπτυξιν τούτων, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἐπιδιώκομεν ἰδιαίτερος εἰς τὰς μηχανάς. Πρὸς τοῦτο, οἱ σιδηροὶ πυρῆνες τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς μηχανάς δὲν ἀποτελοῦνται ἐκ συμπαγούς μεταλλικῆς μάζης, ἀλλὰ κατασκευάζονται εἴτε ἐκ πολλῶν συρμάτων, εἴτε ἐκ πολλῶν δίσκων περιχυλαιομένων διὰ μονωτικοῦ βερνικίου,

ρατα της διακοπής συνδέσσωμεν πυκνωτήν καταλλήλουν χωρητικότητας, ὅτε ἑλαττοῦται εἰς μέγιστον βαθμὸν ὁ σπινθηρισμός. Ἐπειδὴ ὅμως εἶναι ἀδύνατον νὰ ἐκμηδενίσωμεν παντελῶς τὴν ἀνάπτυξιν τοῦ σπινθήρος, πρέπει αἱ περιοχαὶ εἰς τὰς ὁποίας λαμβάνει χώραν ἡ διακοπή, νὰ ὀπλίζονται ἀπὸ κατάλληλον δύστηκτον μέταλλον, π. χ. ἀπὸ ἄργυρον ἢ βολφράμιον, ἀπὸ καιροῦ δὲ εἰς καιρὸν νὰ καθαρίζονται. Ἡ σχέσις μεταξὺ τοῦ πρωτεύοντος ρεύματος



Σχ. 362. Διάγραμμα δεικνὺν τὴν μεταβολὴν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῦον καὶ τὴν παραγομένην τάσιν εἰς τὸ δευτερεῦον.

παρεμβολῆς τοῦ πυκνωτοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς διακοπῆς, ἐπιτυγχάνομεν ἀπότομον μεταβολὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς, οὕτω δὲ ἡ ἀναπτυσσομένη τάσις ἔχει κατὰ πολὺν μεγαλυτέραν τιμὴν ἢ κατὰ τὴν ἀποκατάστασιν τοῦ ρεύματος.

Ὡς ἐκ τούτου, ἐὰν τὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος συνδεθοῦν πρὸς σπινθηριστὴν, τοῦ ὁποίου τὰ ἡλεκτροδία νὰ εὐρίσκονται εἰς κατάλληλον ἀπόστασιν, τότε μόνον εἰς ἐκάστην διακοπὴν τοῦ ρεύματος θὰ παράγεται μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ σπινθηριστοῦ ἡλεκτρικὸς σπινθῆρ. Τὰ πηνία χαρακτηρίζονται συνήθως ἐκ τοῦ μήκους τοῦ σπινθήρος τὸν ὁποῖον παράγουν. Τὸ ἀνωτέρω περιγραφέν ἐπαγωγικὸν πηνίον, καλεῖται πολλάκις **πηνίον Ruhmkorff**.

Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου. Ἡ σπουδαιότερα ἐφαρμογὴ τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου εἶναι ἡ χρησιμοποίησις αὐτοῦ εἰς τὰς μηχανὰς ἐσωτερικῆς καύσεως, πρὸς ἀνάφλεξιν τοῦ καυσίμου μίγματος διὰ χρησιμοποίησεως καταλλήλου σπινθηριστοῦ, συνδεομένου πρὸς τὸ δευτερεῦον ἐπαγωγικοῦ πηνίου καὶ μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων τοῦ ὁποίου παράγεται σπινθῆρ, ὁ ὁποῖος προκαλεῖ τὴν ἀνάφλεξιν.

Τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον χρησιμεύει διὰ τὴν διέγερσιν μικρῶν σχολικῶν ἐγκαταστάσεων ἀκτίνων Röntgen, ὡς καὶ εἰς μικρὰς βοηθητικὰς εἰτε πειραματικὰς ἐγκαταστάσεις ἀσυρμάτου τηλεγράφου. Ἐπίσης, μικρὰ πηνία χρησιμοποιοῦνται πρὸς διέγερσιν τῶν σωλήνων Geissler. Ἡ χρῆσις τοῦ ἐπαγωγικοῦ πηνίου, τροφοδοτουμένου διὰ συνεχοῦς ρεύματος, μετὰ τὴν τελευταίως μεγάλην διάδοσιν τῆς χρησιμοποίησεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, περιορίζεται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον.

280. Ἐνέργεια μαγνητικοῦ πεδίου. Γενικῶς, διὰ τὴν ἀνάπτυξιν μαγνητικῆς ροῆς, ἡ ἐν γένει μαγνητικῶν πεδίων, ἀπαιτεῖται κατανάλωσις ἐνέργειας, ὅπως ἀκριβῶς ἀπαιτεῖται κατα-

νάλωσις ἐνεργείας διὰ τὴν ἀνάπτυξιν ἡλεκτρικοῦ πεδίου. Ἡ ἐνέργεια αὕτη ἀποταμιεύεται ἐντὸς τοῦ χώρου τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀκολούθως ἀποδίδεται ἐξ ὁλοκλήρου, ἐφ' ὅσον δὲν ὑφίστανται ἀπώλειαι, ὅταν τὸ μαγνητικὸν πεδίου ἐκμηδενίζεται.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνὸς κυκλώματος, π.χ. ἐνὸς σωληνοειδοῦς, ἡ ἐνέργεια E τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, εἰς τὸν ὑπ' αὐτοῦ περιελκυσθέντα ὅρον, ἐκφράζεται εἰς Joule ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$E = \frac{1}{2} Li^2$$

ὅπου L , ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς εἰς Henry καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἰς Ampère.

281*. **Ἀμοιβαία ἐπαγωγή.** Ἀλλὰ καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν δύο σωληνοειδῶν, διατεταγμένων ὡς εἰς τὸ σχῆμα 350, εἶδομεν, ὅτι ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸ ἐν τῶν πηνίων ἔχει ἐπιδόρασιν ἐπὶ τοῦ ἄλλου, διότι δημιουργεῖ εἰς αὐτὸ ρεῖμα ἐξ ἐπαγωγῆς.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην λέγομεν ὅτι τὰ δύο κυκλώματα εἶναι συνευγεννῆτα διὰ μαγνητικῶν γραμμῶν, καὶ ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτυσσομένη ΗΕΛ εἰς τὸ δευτερεῖον E παρέρχεται εἰς Volt ἐκ τοῦ τύπου :

$$E_{\text{επ}} = M \cdot \frac{i' - i}{t}$$

ὅπου $i' - i$ ἡ μεταβολὴ τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον (εἰς Ampère) εἰς χρόνον t sec.

Ὁ συντελεστὴς M ὁ ὁποῖος καθορίζει τὴν σύζευξιν τῶν δύο πηνίων καλεῖται **συντελεστής ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς**, καὶ ἐκφράζεται εἰς Henry. Ὄντω, ὁ συντελεστὴς ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς ἰσοῦται πρὸς 1 Henry, ὅταν διὰ μεταβολῆς τοῦ ρεύματος εἰς τὸ πρωτεῖον κατὰ 1 A ἐντὸς 1 sec ἀναπτύσσεται εἰς τὸ δευτερεῖον ΗΕΛ ἴση πρὸς 1 V.

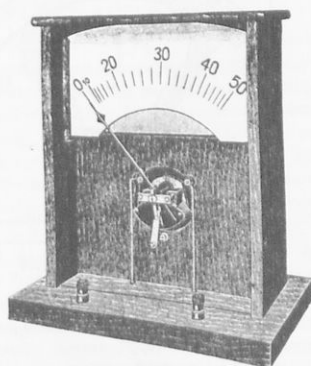
ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΓΑΛΒΑΝΟΜΕΤΡΑ. ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΑ. ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ. ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΑ

282. Γενικά. Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν διαφορῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ὡς π.χ. τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν, ἡλεκτροδυναμικῶν καὶ θερμικῶν, κατασκευάζονται σήμερον διάφοροι τύποι ὁργάνων, τὰ ὁποῖα καλοῦνται **ὄργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων**, μετὰξὺ τῶν ὁποίων περιγράφομεν, ὡς μᾶλλον συνήθη, τὰ **γαλβανόμετρα**, τὰ **ἀμπερόμετρα**, τὰ **βολτόμετρα** καὶ τὰ **βαττόμετρα**.

Τὰ **γαλβανόμετρα** εἶναι συνήθως ὄργανα μὴ βαθμολογημένα (σχ. 363), καὶ χρησιμεύουν διὰ νὰ ἐλέγχωμεν ἂν διὰ τίνος κυκλώματος διέρχεται ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, εἶναι δὲ πρὸς τοῦτοις συνήθως ὄργανα μεγάλης εὐαισθησίας.

Τὰ **ἀμπερόμετρα** δὲν διαφέρουν, ὡς πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν, τῶν γαλβανόμετρων, ἀλλὰ φέρουν μόνον βαθμολογίαν εἰς Ampère (A), παρουσιάζουν δὲ πολὺ μικρὰν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν. Πράγματι, ἐπειδὴ τὰ ἀμπερόμετρα συνδέονται πάντοτε ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα, πρέπει ἡ ἐσωτερικὴ



Σχ. 363. Συνήθης τύπος γαλβανομέτρου.

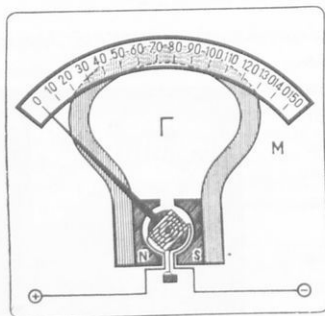
ἀντίστασις αὐτῶν νὰ εἶναι πολὺ μικρά, ἵνα ἡ εἰσαγωγή τοῦ ἀμπερομέτρου εἰς τὸ κύκλωμα μὴ μεταβάλλῃ αἰσθητῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος ἐν αὐτῷ.

Τὰ **βολτόμετρα** εἶναι, ὥς πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν, ἐντελῶς ὅμοια πρὸς τὰ ἀμπερόμετρα, διαφέρουν ὅμως ὥς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, ἡ ὁποία εἰς τὰ βολτόμετρα, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὰ ἀμπερόμετρα, πρέπει νὰ εἶναι πολὺ μεγάλη. Πράγματι, τὰ βολτόμετρα συνδέονται κατὰ διακλάδωσιν εἰς τὰ ἄκρα τμήματος τοῦ κυκλώματος, εἰς τὸ ὁποῖον θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν μεταξὺ τῶν ἄκρων τούτων ὑφισταμένην διαφορὰν δυναμικοῦ, ἵνα δὲ ἡ σύνδεσις τοῦ βολτομέτρου μὴ μεταβάλλῃ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα, πρέπει ἡ ἀντίστασις αὐτοῦ νὰ εἶναι πολὺ μεγάλη, ἐν σχέσει πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ πρὸς μέτρησιν τμήματος, ὅποτε τὸ βολτόμετρον θὰ ἀπορροφᾷ διὰ τὴν λειτουργίαν αὐτοῦ λίαν ἀσθενὲς ρεῦμα, οὕτω δὲ δὲν ἐπηρεάζει αἰσθητῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα.

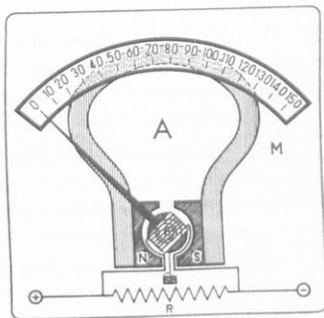
Κατὰ τὰς μετρήσεις δέον νὰ προσέχωμεν πάντοτε ὅπως τὸ ἀμπερόμετρον συνδέεται ἐν σειρᾷ, καὶ τὸ βολτόμετρον κατὰ διακλάδωσιν, διότι, ἐὰν συνδέσωμεν τὸ ἀμπερόμετρον κατὰ διακλάδωσιν, ὑπάρχει ἄμεσος κίνδυνος καταστροφῆς αὐτοῦ, λόγῳ τῆς ἐλαχίστης ἀντιστάσεώς του.

283. Ἡλεκτρομαγνητικὰ ὄργανα. Τὰ ὄργανα τοῦ τύπου τούτου λειτουργοῦν ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν ἐπενεργειῶν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, διακρίνονται δέ, εἰς ὄργανα μετὰ κινητοῦ μαγνήτου, εἰς ὄργανα μετὰ κινητοῦ πλαισίου καὶ εἰς ὄργανα μετὰ μαλακοῦ σιδήρου.

α) **Ὁργανα μετὰ κινητοῦ μαγνήτου.** Ἡ λειτουργία τῶν ὁργάνων τούτων στηρίζεται ἐπὶ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 321, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον ἐπενεργεῖ ἐπὶ



Σχ. 364. Γαλβανόμετρον μετὰ κινητοῦ πηνίου.



Σχ. 365. Ἀμπερόμετρον μετὰ κινητοῦ πηνίου.

τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἀκίνητον, ἐνῶ τούναντίον ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ἢ ἄλλως, ὁ μαγνήτης, εἶναι κινητός.

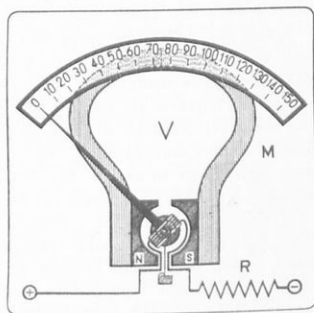
Δὲν θὰ ὑπεισέλθωμεν εἰς περισσοτέρας λεπτομερεῖας ἐπὶ τῶν ὁργάνων τοῦ τύπου τούτου, δεδομένου ὅτι ἡ χρησιμοποίησις ὡς καὶ ἡ κατασκευὴ τούτων ὁργάνων ἔχει σήμερον σχεδὸν ἐγκαταλειφθῇ.

β) **Ὁργανα μετὰ κινητοῦ πλαισίου.** Εἰς τὰ ὄργανα τοῦ τύπου τούτου, ὁ μαγνήτης εἶναι ἀκίνητος καὶ ὁ ἄγωγός ὁ διαρρέομενος ὑπὸ τοῦ ρεύματος κινητός.

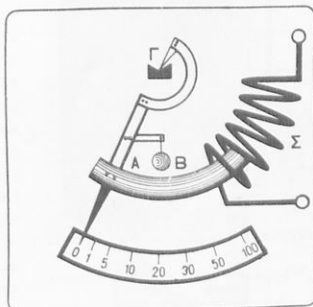
Τὸ σχῆμα 364 δεικνύει τὸν τρόπον τῆς πραγματοποιήσεως **γαλβανόμετρον** μετὰ κινητοῦ πλαισίου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου Μ, τοῦ ὁποίου τὰ πολικὰ τεμάχια Ν καὶ Σ ἔχουν στρογγυλευθῇ διὰ κατεργασίας, μεταξὺ δὲ αὐτῶν δημιουργεῖται τὸ μαγνητικὸν πεδίου.

Τὸ πλάσιον, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐξ ἀριθμοῦ τινος ὀρθογωνίων σπειρῶν ἐξ ἀγωγοῦ σύρματος, ἐξαρτᾶται καταλλήλως, ὥστε νὰ εὐρίσκεται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἐνῷ κυλινδρὸς, ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, χρησιμεύει διὰ τὴν συγκέντρωσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, καθισταμένου ἀκτινωτοῦ ἐντὸς τοῦ διακένου μεταξὺ τῶν πολικῶν τεμαχίων καὶ τοῦ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου κυλινδρῶν.

Τὸ πλάσιον διατίθεται οὕτως ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται περὶ κατακόρυφον ἄξονα ἐντὸς τοῦ διακένου, ἐνῷ δείκτης προσηρμοσμένος καταλλήλως ἐπὶ τοῦ πλαισίου, παρακολουθεῖ αὐτὸ εἰς τὴν κίνησιν, καὶ τὸ ἐν ἄκρον αὐτοῦ μετατοπίζεται ἐπὶ τῶν διαίρεσεων κλίμακος. Σπειροειδὲς ἐλατήριο, τοῦ ὁποίου τὸ ἐν ἄκρον συνδέεται μονίμως πρὸς τὸ πλάσιον, τὸ δὲ ἕτερον εἰς σταθερὸν σημεῖον ἐπὶ τῆς βάσεως τοῦ ὁργάνου, χρησιμεύει ἀφ' ἑνὸς



Σχ. 366. Βολτόμετρον μετὰ κινητοῦ πηλίου.



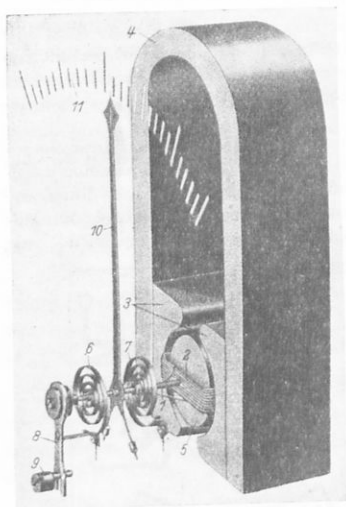
Σχ. 367. Ὅργανον μετρήσεως ρεύματος διὰ μαλακοῦ σιδήρου.

μὲν εἰς τὸ νὰ ἀντιτίθεται πρὸς τὴν κίνησιν τοῦ πλαισίου, ἀφ' ἑτέρου δὲ διὰ τὴν διοχεύεισιν ρεύματος εἰς τὸ περιστρεφόμενον πλάσιον. Ὅταν διὰ τοῦ πλαισίου διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τότε τὸ ὑπὸ τοῦ ρεύματος διαρρέομενον πλάσιον, στρέφεται περὶ ἄξονα καὶ ἰσορροπεῖ εἰς θέσιν τοιαύτην, ὥστε ἡ ροπή ἢ δημιουργουμένη ἐκ τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπερραγείας νὰ ἰσορροπῇται ὑπὸ τῆς ἀνταγωνιστικῆς ροπῆς τοῦ ἐλατηρίου. Ὅσον μεγαλυτέρα νεργείας νὰ ἰσορροπῇται ὑπὸ τῆς ἀνταγωνιστικῆς ροπῆς τοῦ ἐλατηρίου. Ὅσον μεγαλυτέρα ἢ ἐκτροπὴ τοῦ πλαισίου ὡς καὶ τοῦ δείκτου ἐπὶ τῆς κλίμακος ἀπὸ τῆς ἀρχικῆς θέσεως ἰσορροπίας. Ἐὰν διακόψωμεν τὸ ρεῦμα, τὸ πλάσιον, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ σπειροειδοῦς ἐλατηρίου, ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν τὸν θέσιν. Ὁ τύπος οὗτος τοῦ ὁργάνου, βαθμολογημένου εἰς Α ἢ V, ἔχει τὴν μεγαλυτέραν διάδοσιν.

Ἀμπερόμετρα. Τὰ ἀμπερόμετρα μετὰ κινητοῦ πλαισίου (σχ. 365), εἶναι ὅμοια ὡς πρὸς τὴν κατασκευὴν πρὸς τὰ γαλβανόμετρα, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι ἡ κλίμαξ αὐτῶν εἶναι βαθμολογημένη εἰς Ampère. Συνήθως τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται διὰ νὰ μετροῦν βαρύνον ρεύματος μέχρι μεγίστης τινος τιμῆς. Ἐὰν διὰ τοῦ αὐτοῦ ὁργάνου θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν ρεῦμα, π.χ. δεκάπλάσιον ἢ δεκαπλάσιον ἐντάσεως, πρέπει κατὰ διακλάδοισιν πρὸς τὸ ἀμπερόμετρον νὰ συνδέεται ἀντίστασις R (σχ. 365), καταλλήλως ὑπολογιζομένη.

Βολτόμετρα. Ταῦτα, ὡς πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν, εἶναι ὅμοια πρὸς τὰ ἀμπερόμετρα, διαφέρουν δὲ αὐτῶν μόνον ὡς πρὸς τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, ἐνῷ ἡ κλίμαξ αὐτῶν φέρει βαθμολογίαν εἰς Volt (σχ. 366). Συνήθως τὰ βολτόμετρα κατασκευάζονται διὰ τὴν μέτρησιν τάσεως μέχρις ὁρισμένης μεγίστης τιμῆς, π.χ. 110 Volt, ἐὰν δὲ θέλωμεν δι' αὐτοῦ

νά μετροῦσμεν ἀνωτέραν τάσιν, π.χ. 220 Volt, πρέπει πρὸς τὸ βολτόμετρον νὰ συνδέεται ἐν σειρᾷ ἀντίστασις R, (σχ. 366) καταλλήλως ὑπολογιζομένη ὥς θὰ ἴδωμεν κατωτέρω.



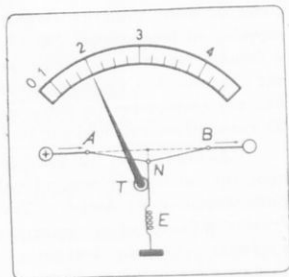
Σχ. 368. Ὅργανον μετὰ κινητοῦ πηνίου.

νησιν ὁμῶς ταύτην ἀντιτίθεται τὸ ἀντίβαρον B, οὕτω δὲ τελικῶς ὁ δείκτης τοῦ ὁργάνου ἰσορροπεῖ εἰς ὠρισμένην διαίρεσιν ἐπὶ τῆς κλίμακος. Ἐὰν διακόψωμεν τὸ ρεῖμα, ὁ δείκτης, ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ ἀντιβάρου B, ἐπανερχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν.

Τὰ ἐκ μαλακοῦ σιδήρου ὄργανα κατασκευάζονται εἴτε ὡς ἀμπερόμετρα, ὁπότε ἡ περιέλιξις Σ ἀποτελεῖται ἀπὸ μικρὸν ἀριθμὸν σπειρῶν καὶ ἐκ χονδροῦ σύρματος, εἴτε ὡς βολτόμετρα, ὁπότε ἡ περιέλιξις Σ ἀποτελεῖται ἀπὸ μεγάλου ἀριθμοῦ σπειρῶν ἐκ λεπτοῦ σύρματος.

285. Θερμικὰ ὄργανα. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν ὁργάνων τοῦ τύπου τούτου εἶναι ἡ εἰς τὸ σχῆμα 369 εἰκονιζομένη.

Τὰ ὄργανα ταῦτα πραγματοποιοῦνται ὡς ἐξῆς: Μεταξὺ δύο μονίμων ἐπαφῶν A καὶ B διατείνουμεν λεπτόν μεταλλικὸν νῆμα, π.χ. ἀπὸ λευκοχρυσου. Ἀπὸ τοῦ μέσου τοῦ μεταλλικοῦ νήματος N προσδένεται καταλλήλως νῆμα, τὸ ὁποῖον, ἀφοῦ διέλθῃ διὰ τοῦ λαμίου μικρᾶς τροχαλίας T, στερεοῦται διὰ τοῦ ἑτέρου ἄκρου αὐτοῦ εἰς τὸ ἐν τῶν ἄκρων σπειροειδοῦς ἐλατηρίου E, τοῦ ὁποίου τὸ ἕτερον ἄκρον συνδέεται μονίμως πρὸς τὴν βάσιν τοῦ ὁργάνου. Ἐπὶ τῆς τροχαλίας προσαρμύζεται μονίμως ὁ δείκτης τοῦ ὁργάνου, ὁ ὁποῖος δύναται οὕτω νὰ παρακολουθῇ τὴν κίνησιν αὐτῆς, ἐνῶ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ κινεῖται πρὸ τῶν διαίρεσεων κλίμακος. Ἐν ἀρχῇ ρυθμίζεται ἡ τάσις τοῦ ἐλατηρίου E.

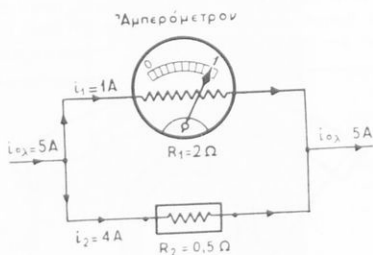


Σχ. 369. Θερμικὸν ὄργανον.

ὥστε ὁ δείκτης νὰ εὐρίσκεται πρὸ τῆς διαίρεσως μηδὲν τῆς κλίμακος. Ἐὰν ἀκολουθῶς διὰ τῶν ἐπαφῶν Α καὶ Β διαβιβάσωμεν ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, τὸ σύρμα θερμαίνεται, καὶ ὡς ἐκ τούτου διαστελλεται, οὕτω δὲ τὸ ἐλατήριο, μέσφ τοῦ διὰ τῆς τροχαλίας Τ διερχομένου νήματος, ἔλκει τὸ μέσον Ν τοῦ συρματος πρὸς τὰ κάτω. Λόγφ ὧως τῆς περιτοφρῆς τῆς τροχαλίας, ὁ δείκτης μεταπίπτει καὶ ἰσορροπεῖ εἰς ὥρισμένην θέσιν ἐπὶ τῆς κλίμακος.

Δυνάμεθα όμως δι' ἀμπερομέτρου ὠρισμένης περιοχῆς, π.χ. 1 A, νὰ μετρήσωμεν καὶ ρεύματα μεγαλυτέρας ἐντάσεως, ἐὰν συνδέσωμεν πρὸς αὐτὸ ἐν παραλλήλῳ ἢ κατὰ διακλάδωσιν κατάλληλον ἀντίστασιν. Ἡ ἐν παραλλήλῳ πρὸς τὸ ἀμπερομέτρον συνδεομένη ἀντίστασις λέγεται συνήθως **διακλάδωσις τοῦ ἀμπερομέτρου**.

Ἐστω ὅτι θέλωμεν δι' ἀμπερομέτρου καταλλήλου διὰ τὴν μέτρησιν ἐντάσεως ρεύματος 1 A νὰ μετρήσωμεν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A, δηλ. ἡ διακλάδωσις πρέπει νὰ ἔχῃ τοιαύτην ἀντίστασιν ὥστε διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου νὰ διέλθῃ ρεῦμα $i_1 = 1$ A καὶ διὰ τῆς διακλαδώσεως ρεῦμα $i_2 = 4$ A (σχ. 371). Ἐὰν διὰ R_1 καλέσωμεν τὴν



Σχ. 371. Ἡ ἀντίστασις R ἀποτελεῖ τὴν διακλάδωσιν τοῦ ὀργάνου.

ἀντίστασιν τοῦ ἀμπερομέτρου, γνωστὴν ἐκ κατασκευῆς, ἔστω 2 Ω, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν εὐκόλως τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως R_2 τῆς διακλαδώσεως.

Πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς τιμῆς τῆς ἀντιστάσεως R_2 χρησιμοποιοῦμεν τὴν σχέσιν $\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}$, γνωστὴν ἐκ τῆς συνδέσεως ἀντιστάσεων ἐν παραλλήλῳ (βλ. § 193). Ἐκ ταύτης προκύπτει

$$R_2 = R_1 \frac{i_1}{i_2}, \text{ καὶ δι' ἀντικαταστάσεως}$$

$$\text{τῆς τιμῆς } R_1 = 2 \text{ Ω καὶ } \frac{i_1}{i_2} = \frac{1}{4} \text{ ἔ-}$$

χομεν: $R_2 = 2 \cdot \frac{1}{4} = 0,5 \text{ Ω}$. Ὅθεν εἰς τὴν προκειμένην περίπτωσιν αἱ ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερομέτρου πρέπει νὰ πολλαπλασιάζωνται ἐπὶ τὸν ἀριθμὸν 5, διὰ νὰ ἔχωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα.

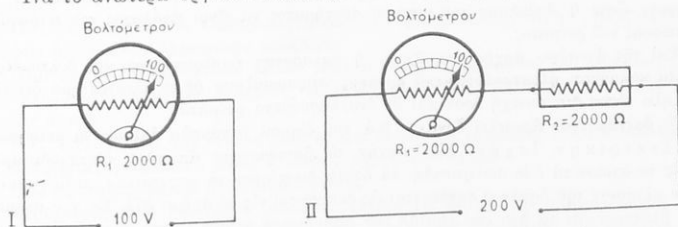
Οὕτω, σήμερον, τὰ ἀμπερόμετρα ἐφοδιάζονται διὰ σειρᾶς διακλαδώσεων, δύνανται δὲ τοιουτοτρόπως νὰ χρησιμοποιηθοῦν διὰ μετρήσεις μεγαλυτέρας ἐντάσεως ρεύματος ἀπὸ ἐκείνην διὰ τὴν ὁποίαν ἔχουν κατασκευασθῇ. Πολλὰ ἀμπερόμετρα νεωτέρου τύπου φέρουν εἰς τὸ ἐσωτερικόν των τὰς ἐν λόγῳ διακλαδώσεις, δυνάμεθα δὲ διὰ μεταθέσεως καταλλήλου μοχλοῦ νὰ ἔχωμεν τὴν ἐκάστοτε ἐπιθυμητὴν τιμὴν κλίμακος διὰ τὴν μέτρησιν ἐντάσεως ρεύματος.

287. Ἐπαύξεις τῆς κλίμακος βολτομέτρου. Ὅπως εἰς τὰ ἀμπερόμετρα οὕτω καὶ εἰς τὰ βολτόμετρα δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν διὰ τοῦ αὐτοῦ ὀργάνου διαφορὸν μεγέθους τάσεις, ἀρκεῖ νὰ συνδέσωμεν ἐν σειρᾷ ἀντίστασιν καταλλήλως ὑπολογισμένην.

Πρὸς ὑπόδειξιν τοῦ τρόπου ὑπολογισμοῦ τῆς ἀντιστάσεως δίδομεν τὸ κατωτέρω παράδειγμα: Ἐστω ὅτι διαθέτομεν βολτόμετρον μὲ ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $R_1 = 2000 \text{ Ω}$ καὶ κλίμακα 0 ἕως 100 Volt (σχ. 372). Ὅπως τοῦτο δυνηθῇ νὰ μετρᾷ τάσεις π.χ. 200 V, συνδέομεν ἐν σειρᾷ ἀντίστασιν R_2 εἰς τὰ ἅκρα τῆς ὁποίας πρέπει νὰ ὑφίσταται πτώσις τάσεως $200 - 100 = 100 \text{ V}$.

Διὰ τὴν περίπτωσιν ταύτην προφανῶς ἡ τιμὴ τῆς R_2 εἶναι ἴση μὲ τὴν τιμὴν τῆς $R_1 = 2\,000\ \Omega$.

Ἔνα τὸ ἀνωτέρω ὄργανον καταστῆ ἱκανὸν νὰ μετρᾷ μέχρι π.χ. 300 V, ἡ τιμὴ



Σχ. 372. Διὰ τὴν ἐπαύξησιν τῆς περιοχῆς μετροῦσεως βολτομέτρου.

τῆς ἀντιστάσεως R_2 εὐρίσκεται ὡς ἑξῆς: Εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R_2 πρέπει νὰ ὑφίσταται πτώσις τάσεως $U = 300 - 100 = 200\text{ V}$, ἐνῶ ἡ ὑπόλοιπος τάσις τῶν 100 V ὑφίσταται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὄργανου. Κατὰ τὸν νόμον τοῦ Ohm διὰ τὰς δύο περιπτώσεις ἔχομεν:

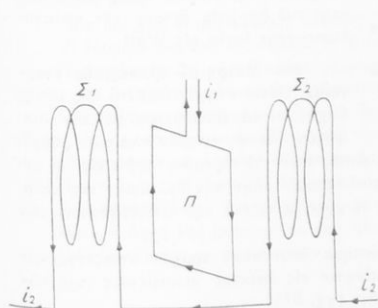
$$200\text{ V} = i R_2$$

$$100\text{ V} = i R_1$$

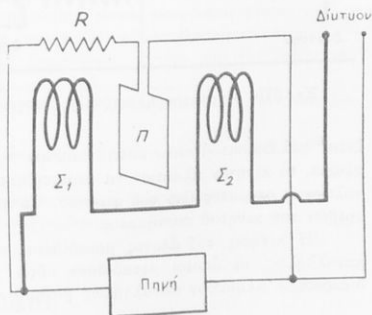
Διὰ διαιρέσεως δὲ κατὰ μέλη εὐρίσκομεν:

$$R_2 = R_1 \frac{200}{100} = 2\,000 \cdot \frac{200}{100} = 4\,000\ \Omega.$$

288. Ἡλεκτροδυναμόμετρα. Βαττόμετρα. Εἰς τὰ γαλβανόμετρα μετὰ κινητοῦ πλαισίου εἶδομεν ὅτι χρησιμοποιοῦμεν μόνιμον μαγνήτην διὰ τὴν δημιουργίαν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου



Σχ. 373. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἡλεκτροδυναμομέτρου.



Σχ. 374. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας βαττομέτρου.

ἐντὸς τοῦ ὁποίου κινεῖται τὸ κινητὸν πλαῖσιον τοῦ ὄργανου. Ἀνάνεθα ὁμως ἀντὶ μονίμου μαγνήτου νὰ χρησιμοποιήσωμεν πρὸς δημιουργίαν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου δύο σωληνοειδῆ πηνία Σ_1 καὶ Σ_2 (σχ. 373), διὰ τῶν ὁποίων διαβιβάζομεν ἡλεκτρικὸν ρεῖμα, π.χ. ἐντά-

σεως i_2 , ὥς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, ὅποτε τὸ ὄργανον καλεῖται εἰδιωκτοῦρον **ἡλεκτροδυναμόμετρον**, ἐνθ' διὰ τῆς περιελίξεως τοῦ κινήτου πλαισίου Π διαβιβάζομεν τὸ πρὸς μέτρησιν ρεύμα i_1 . Διὰ καταλλήλουν συνδέσεως τῶν σωληνοειδῶν πρὸς τὸ πλαίσιον, π.χ. ἐν σειρᾷ, ὅτε τὸ πλαίσιον Π καὶ τὰ πηνία Σ_1 καὶ Σ_2 διαρρέονται ὑπὸ τοῦ αὐτοῦ ρεύματος i , ἐπιτιγχάνομεν ὥστε ἡ ἀπόκλισις τοῦ κινήτου συστήματος νὰ εἶναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος.

Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω ἀρχῆς στηρίζεται ἡ κατασκευή ἀμπερομέτρων καὶ βολτομέτρων, τὰ ὅποια καλοῦνται **ἡλεκτροδυναμικὰ ὄργανα**, παρουσιάζουν δὲ τὸ πλεονέκτημα ὅτι εἶναι κατὰλληλα τὸσον διὰ συνεχῆ ὅσον καὶ δι' ἐναλλασσόμενα ρεύματα.

Τὸ **βαττόμετρον** ἀποτελεῖ ὄργανον διὰ τοῦ ὁποίου δυνάμεθα ἀμέσως νὰ μετρήσωμεν τὴν ἡλεκτρικὴν ἰσχύϊν. Κατ' ἀρχὴν τὸ βαττόμετρον ἀποτελεῖ ἡλεκτροδυναμόμετρον εἰς τὸ ὅποιον τὰ δύο σωληνοειδῆ, τὰ ὅποια διεγείρουν τὸ μαγνητικὸν πεδίου καὶ τὸ κινήτον πλαίσιον τοῦ ὁργάνου συνδέονται ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 374. Ἐκ τοῦ σχήματος τούτου βλέπομεν ὅτι τὰ δύο σωληνοειδῆ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου (παχὺ σύρμα) εἶναι συνδε-

δεμένα ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ δίκτυον καὶ τὴν πηγὴν, ἐνθ' ἡ περιελίξις τοῦ κινήτου πλαισίου Π (λεπτὸν σύρμα) διὰ μέσου τῆς ἀντιστάσεως R συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν πρὸς τὴν πηγὴν. Ὡς ἐκ τῆς συνδέσεως ταύτης, ἡ ἀπόκλισις τοῦ κινήτου πλαισίου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῆς διαφορᾶς δυναμιζοῦ εἰς τὰ ἄκρα τῆς πηγῆς ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος τοῦ δικτύου, καὶ ἐπομένως, ἀνάλογος τῆς καταναλισκομένης ἰσχύος εἰς τὸ δίκτυον.

Ἡ κλίμαξ τοῦ ὁργάνου εἶναι βαθμολογημένη εἰς Watt, εἰς τρόπον ὥστε δι' ἀμέσου ἀναγνώσεως τῆς ὑποδιαίρεσεως πρὸ τῆς ὁποίας ἰσορροπεῖ ὁ δείκτης τοῦ ὁργάνου ἔχομεν τὴν καταναλισκομένην ἰσχύϊν εἰς Watt.

289. Μετρηταὶ ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. Οὗτοι στηρίζονται ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀρχῆς μετὰ τὰ βαττόμετρα, μετὰ τὴν διαφορὰν ὅτι τὸ κινήτον πλαίσιον ρυθμίζεται

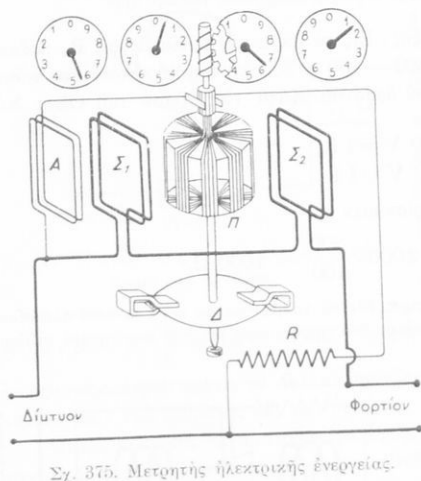
καὶ διασκευάζεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ὅταν τὸ ὄργανον τεθῇ εἰς τὸ κύκλωμα, τὸ κινήτον πλαίσιον νὰ περιστρέφεται ὁμαλῶς καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς καταναλώσεως ρεύματος ὑπὸ τοῦ φορτίου. Τὸ πηνίον A χρησιμεύει διὰ τὴν ἀντιστάθμισιν τῶν τριβῶν τοῦ κινήτου συστήματος.

Ἡ κίνησις τοῦ ἄξονος μεταδίδεται εἰς σύστημα ὀδοντωτῶν τροχῶν συνευγεννέμων καταλλήλως, οἱ ὅποιοι μεταδίδουν οὕτω τὴν κίνησιν εἰς δείκτας κινουμένους πρὸ τῶν διαιρέσεων κλιμάκων καταλλήλως βαθμολογημένων (σχ. 375).

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Ποῖον εἶναι τὸ πείραμα τοῦ Oersted καὶ τί διδασκόμεθα ἐξ αὐτοῦ.
Περιγράψατε τὸ μαγνητικὸν πεδίου εὐθυγράμμου ρεύματος.



Λιά ποίων μνημονιζών κανόνων καθορίζομεν τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν εὐ-
θυγράμμου ρεύματος.

Λιά ποίου τύπου ὑπολογίζομεν τὴν ἔντασιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εὐθυγράμμου
ρεύματος.

Πῶς δημιουργεῖται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν σύστημα μονάδων, καὶ τί γνωρίζετε ἐπὶ τῶν
ἐν χρήσει συστημάτων ἡλεκτρικῶν μονάδων.

Περιγράψατε τὸ μαγνητικὸν πεδίου σωληνοειδοῦς, διαρροεμένου ὑπὸ ρεύματος, καὶ διὰ
ποίων μνημονιζών κανόνων δυνάμεθα νὰ καθορίσωμεν τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν
γραμμῶν αὐτοῦ.

Πῶς ὑπολογίζομεν τὴν ἔντασιν μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ ἐσωτερικὸν σωληνοειδοῦς, καὶ
πῶς καθορίζεται ἡ πρακτικὴ μονὰς ἐντάσεως μαγνητικοῦ πεδίου.

Πῶς πραγματοποιεῖται ὁ ἡλεκτρομαγνήτης.

Περιγράψατε τὸν ἡλεκτρικὸν κώδωνα, ἐκτελέσατε διάγραμμα συνδεσμολογίας αὐτοῦ
πρὸς στήλην καὶ ἐξηγήσατε ἐπὶ τῇ βάσει αὐτοῦ τὸν τρόπον λειτουργίας τοῦ κωδῶνος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μαγνητικὴ διαπερατότης. Πῶς συμπεριφέρεται ἡ ὅλη ἐντὸς
μαγνητικοῦ πεδίου.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μαγνητικὴ θωρακισίς.

Ποία ἡ ἐπενέργεια ἀκίνητου μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ εὐθυγράμμου ρεύματος. Νὰ περι-
γραφῇ τὸ φαινόμενον.

Περιγράψατε τὸν τροχὸν τοῦ Barlow.

Περιγράψατε τὴν ἀμοιβαίαν ἐπενέργειαν δύο εὐθέων καὶ παραλλήλων ρευμάτων.

Λύσατε τὸν ὀρισμὸν τῆς μαγνητικῆς ροῆς.

Πότε γενικῶς γεννᾶται ρεῖμα ἐξ ἐπαγωγῆς. Τί καλοῦμεν HEA ἐξ ἐπαγωγῆς.

Περιγράψατε διαφόρους πειραματικὰς διατάξεις δεικνύσας τὴν γένεσιν ρευμάτων ἐξ
ἐπαγωγῆς.

Πῶς ὑπολογίζεται ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς HEA, ἡ ἔντασις τοῦ ἐξ ἐπαγωγῆς ρεύματος καὶ τὸ
μεταφερόμενον ἡλεκτρικὸν φορτίον.

Ποῖον τὸ περιεχόμενον τοῦ νόμου τοῦ Lenz.

Ἀναφέρατε τὰ πειράματα διὰ τῶν ὁποίων δεικνύομεν τὴν αὐτεπαγωγὴν, καὶ εἰς τί
συνίσταται αὕτη.

Πῶς ὀρίζεται ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς καὶ ποία ἡ μονὰς μετρήσεως αὐτοῦ.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ρεύματα Foucault, καὶ ποῖον τὸ ἀποτέλεσμα αὐτῶν.

Περιγράψατε, ἐπὶ τῇ βάσει διαγράμματος, τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον, καὶ ἐξηγήσατε, τὸν
τρόπον τῆς λειτουργίας αὐτοῦ ὥς καὶ ποῖαν ἐφαρμογὴν ἔχει.

Περιγράψατε τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ ὄργανα ἡλεκτρικῶν μετρήσεων μετὰ κινήτου μα-
γνήτου, ὥς καὶ τὰ ὄργανα μετὰ κινήτου πλαισίου.

Περιγράψατε τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ ὄργανα διὰ μαλακοῦ σιδήρου.

Περιγράψατε τὰ θερμογὰ ὄργανα.

Πῶς μεταβάλλεται ἡ περιωχὴ μετρήσεων ἀμπερομέτρου ἢ βολτομέτρου.

Ποία ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ ἡλεκτροδυναμομέτρου.

Πῶς λειτουργεῖ τὸ βαττόμετρον.

Προβλήματα.

1. Εὐθὺς καὶ ἐπιμήκης ἀγωγὸς διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 25 A. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔντασις
τοῦ δημιουργουμένου μαγνητικοῦ πεδίου εἰς σημεῖον εὐρισκόμενον εἰς ἀπόστασιν 3 cm ἀπὸ
τοῦ ρεύματος.

2. Σωληνοειδὲς ἐπίμηκες διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 6 A, ὁ δὲ ἀριθμὸς σπειρῶν αὐτοῦ
εἶναι 200. Ἐὰν τὸ μήκος τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι 50 cm, πόση ἡ κατὰ τὸν ἄξονα αὐτοῦ
ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

3. Εὐθύγραμμος ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος $i = 25$ A καὶ μήκους $l = 30$ cm, διατίθεται ἐντὸς ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου $H = 0,8$ Gauss, εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίζῃ πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ πεδίου γωνίαν 60° . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δυνάμις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται ὁ ἀγωγός.

4. Δύο εὐθέα παράλληλα σύρματα, μήκους 90 cm, διαρρέονται ὑπὸ ρεύματος 5 A, κατ' ἀντίθετον ὁμῶς διεύθυνσιν. Ἐάν ἡ ἀπόστασις αὐτῶν εἶναι 1 mm, πόση ἡ μεταξὺ αὐτῶν ἀσκημένη δυνάμις καὶ τὸ εἶδος αὐτῆς.

5. Δύο εὐθέα παράλληλα σύρματα, τὰ ὁποῖα διαρρέονται ὑπὸ ρευμάτων 5 καὶ 10 A κατ' ἀντίθετον διεύθυνσιν, εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπ' ἀλλήλων. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς τὸ μέσον τῆς ὡς ἄνω ἀποστάσεως.

6. Ἀγωγός μήκους 80 cm διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος 20 A, διατίθεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν ὁμοιομόρφου πεδίου ἐντάσεως 5 Gauss. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ μέγεθος τῆς δυνάμεως τῆς ἐπενεργοῦσης ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ. Ἐάν τὸ πεδὸν διευθύνεται πρὸς ἀνατολὰς καὶ τὸ ρεῦμα κατακορύφως πρὸς τὰ ἄνω, ποία θὰ εἶναι ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως.

7. Κυλινδρικὸν πηνίον ἔχει 60 σπείρας εἰς μῆκος 100 cm, διαρρέεται δὲ ὑπὸ ρεύματος 0,5 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δυνάμις τὴν ὁποίαν ὑφίσταται μαγνητικὸς πόλος 300 CGS, ὅταν τίθεται εἰς τὸ κέντρον τοῦ σωληνοειδοῦς.

8. Πηνίον φέρον 600 σπείρας διαπεράται ὑπὸ μαγνητικῆς ροῆς $8\,000 \text{ gauss} \cdot \text{cm}^2$. Ἐάν αὕτη ἐλαττωθῇ εἰς $3\,000 \text{ gauss} \cdot \text{cm}^2$ ἐντὸς 0,015 sec, πόση ἡ ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ.

9. Ἀγωγός εὐθὺς μήκους 30 cm, κινεῖται ἐντὸς ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου ἐντάσεως 4 000 Gauss, καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν, ὑπὸ ταχύτητα 20 cm/sec. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐν αὐτῷ ἀναπτυσσομένη ἡλεκτρογενετική δυνάμις.

10. Πηνίον παρουσιάζει αὐτεπαγωγὴν 0,25 H καὶ διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 4 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐνέργεια αὐτεπαγωγῆς.

11. Δύο γειτνιάζοντα πηνία παρουσιάζουν συντελεστὴν ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς $M = 1,5$ H καὶ εἰς τὸ πρωτεῖον τούτων ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἐλαττοῦται ἀπὸ 20 εἰς μηδέν A, ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 0,05 sec. Ποία ἡ ἐξ ἀμοιβαίας ἐπαγωγῆς ΗΕΔ εἰς τὸ δευτερεῖον.

12. Εἰς κύκλωμα διαρρέομενον ὑπὸ ρεύματος 5 A, προκαλοῦμεν διακοπὴν τοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία διαρκεῖ 0,1 sec, ὅτε ἐν αὐτῷ παρατηροῦμεν τὴν ἀνάπτυξιν ἐξ αὐτεπαγωγῆς ΗΕΔ, τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ ἀνέρχεται εἰς 200 V. Ποίος ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς L τοῦ κυκλώματος.

13. Πηνίον ἀποτελούμενον ἀπὸ 150 σπείρας διαπεράται ὑπὸ μαγνητικῆς ροῆς $12\,000 \text{ gauss} \cdot \text{cm}^2$. Αὕτη ἐλαττοῦται εἰς τὴν τιμὴν μηδέν, ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 6 sec. Πόση ἡ ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ.

14. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπαγωγικὴ ἐνέργεια εἰς πηνίον αὐτεπαγωγῆς 180 H, ὅταν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος 6 A.

15. Ἡλεκτρομαγνήτης ἔχει αὐτεπαγωγὴν 3 H. Πόση εἶναι ἡ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ, ὅταν τὸ ρεῦμα μεταβάλλεται ἀπὸ 10 A εἰς 0 A : α) εἰς 1 sec, β) εἰς 1/100 sec.

16. Ἡ μαγνητικὴ ροὴ ἡ διαπερῶσα τὴν ἐπιφάνειαν σπείρας περικλειομένης ὑπὸ ἀγωγοῦ σύρματος μεταβάλλεται ἀπὸ 200 000 εἰς 50 000 $\text{gauss} \cdot \text{cm}^2$ ἐντὸς 1/6 sec. Πόση ἡ ἀναπτυσσομένη μέση ΗΕΔ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΔ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ. ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

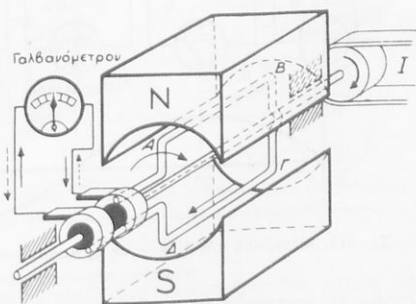
290. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Διὰ τοῦ γενικοῦ ὅρου *ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ* νοοῦμεν μηχανὰς διὰ τῶν ὁποίων δυνάμεθα νὰ μετατρέπωμεν μηχανικὸν ἔργον εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, ἢ ἀντιστρόφως ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς μηχανικὸν ἔργον. Εἰς τὴν πρώτην περίπτωσιν ἡ μηχανὴ καλεῖται *γεννήτρια*, εἰς δὲ τὴν δευτέραν *κινητήρ*. Οἷοσδήποτε ὅμως καὶ ἂν εἶναι ὁ τύπος τῆς μηχανῆς, αὕτη ἀποτελεῖται ἐκ τριῶν κυρίων μερῶν, ἧτοι: τοῦ *ἐπαγωγέως*, τοῦ *ἐπαγωγίμου* καὶ τοῦ *συλλέκτου*.

Ὁ *ἐπαγωγέως* ἀποτελεῖ τὸ σύστημα τὸ ὁποῖον χρησιμεύει διὰ τὴν δημιουργίαν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, καὶ δύναται νὰ ἀποτελῇται εἴτε ἐκ μονίμου μαγνήτου εἴτε ἐξ ἡλεκτρομαγνήτου.

Τὸ *ἐπαγωγίμον* ἀποτελεῖται ἀπὸ σύστημα χαλκίνων συρμάτων ἀποτελούντων κλειστὸν κύκλωμα. Καὶ εἰς μὲν τὴν γεννήτριαν, διὰ περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου ἐν τῷ μαγνητικῷ πεδίῳ τοῦ ἐπαγωγέως, ἀναπτύσσεται ἐντὸς αὐτοῦ ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς, ἐνῶ εἰς τὸν κινητήρα, διὰ τῆς διαβιβάσεως ρεύματος διὰ τοῦ ἐπαγωγίμου, τίθεται τοῦτο εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

Ὁ *συλλέκτης* ἀποτελεῖ τὸ σύστημα ἐκεῖνο, διὰ μέσου τοῦ ὁποίου μεταβιβάζομεν τὸ παραγόμενον ὑπὸ τῆς γεννητρίας ρεῦμα εἰς τὴν κατανάλωσιν, ἐνῶ εἰς τὸν κινητήρα, μέσῳ τοῦ συλλέκτου, διαβιβάζομεν τὸ ρεῦμα εἰς αὐτόν. Αἱ ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ ὑποδιαιροῦνται εἰς δύο κατηγορίας: εἰς *μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος* καὶ εἰς *μηχανὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος*.

291. Γεννήτραι ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀρχὴ λειτουργίας αὐτῶν. Θεωρήσωμεν ὅτι ὀρθογώνιον πλαίσιον ΑΒΓΔ ἐκ χαλκίνου σύρματος εἶναι προσηρμοσμένον ἐπὶ ἄξονος (σχ. 376), εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ περιστρέφεται μέσῳ τοῦ ἱμάντος Ι καὶ τῆς τροχαλίας ἐντὸς τοῦ ὁμοιομόρφου μαγνητικοῦ πεδίου, τοῦ δημιουργουμένου ὑπὸ μονίμου μαγνήτου, τοῦ

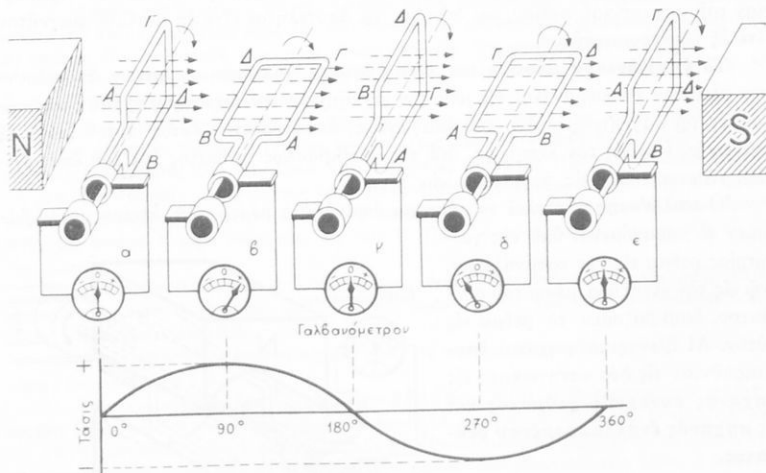


Σχ. 376. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἡλεκτρικῆς μηχανῆς.

ὁποίου εἰς τὸ σχῆμα σημειοῦνται μόνον οἱ πόλοι Ν καὶ S. Τὰ δύο ἄκρα τοῦ πλαισίου συνδέονται μεταξύ των καὶ πρὸς συλλέκτην ἀποτελούμενον ἀπὸ σύστημα δύο δακτυλίων μεμονωμένων ἀπὸ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, διὰ τῶν ὁποίων, τῇ βοήθειᾳ δύο καταλλήλων ἐπαφῶν ἐφαπτομένων τῶν δακτυλίων, τὸ πλαίσιον εὐρίσκεται συνεχῶς συνδεδεμένον πρὸς γαλβανόμετρον, πρὸς τὸ ὅποιον μεταβιβάζεται τὸ παραγόμενον ρεῦμα.

Ἐφ' ὅσον τὸ πλαίσιον περιστρέφεται περὶ ἄξονα, ὁ προσανατολισμὸς αὐτοῦ, ἐν σχέσει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, μεταβάλλεται, συνεπεία δὲ τούτου προκύπτει συνεχὴς μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς, τῆς διερχομένης διὰ τοῦ πλαισίου, ἡ δὲ μεταβολὴ αὕτη τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν γένεσιν ΗΕΔ ἐξ ἐπαγωγῆς (§ 271), καὶ ἐπομένως ρεύματος ἐξ ἐπαγωγῆς, τὸ ὅποιον δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν διὰ τοῦ γαλβανομέτρου, ἐφ' ὅσον φροντίζομεν νὰ περιστρέφωμεν τὸ πλαίσιον ὑπὸ μικρὰν ταχύτητα.

Θεωρήσωμεν ἤδη ὡς ἄρχην τοῦ χρόνου τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ πλαίσιον διατίθεται ἐν σχέσει πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε αἱ μαγνητικαὶ γραμماὶ νὰ διαπερῶσι καθέτως τὸ πλαίσιον κατὰ διεύ-



Σχ. 377. Μεταβολὴ τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς παραγομένης τάσεως διὰ τὰς διαφόρους θέσεις πλαισίου περιστρεφομένου κατὰ 360°.

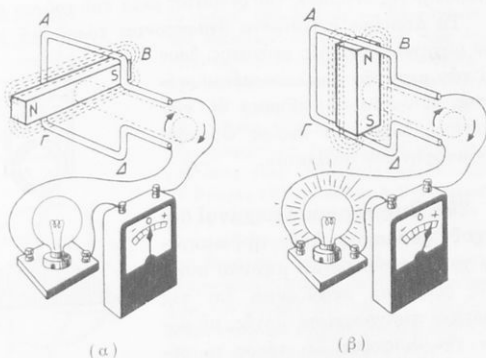
θυσιν ἐξ ἄριστερων πρὸς τὰ δεξιὰ (σχ. 377, α). Τότε ἡ διαπερῶσα τὸ πλαίσιον μαγνητικὴ ροὴ εἶναι $\Phi_0 = HS$, ἡ δὲ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς τῆς διερχομένης διὰ τοῦ πλαισίου κατὰ τὰς διαφόρους θέσεις αὐτοῦ (σχ. 377, β, γ, δ, ε) — ὅταν τοῦτο στρέφεται ὑπὸ γωνιακὴν ταχύτητα ω , — θὰ ἐκφράζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$\Phi = HS \cdot \sin \omega t = \Phi_0 \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

Ἐκ τοῦ τύπου (1) δεικνύεται ὅτι ἡ διὰ μέσου τοῦ πλαισίου διερχομένη μα-

γνητική ροή είναι πράγματι μεταβλητή μετά του χρόνου, ή δὲ ταχύτης τῆς μεταβολῆς αὐτῆς ἔχει τὴν μεγίστην τιμὴν, ὅταν τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλαισίου συμπίπτῃ πρὸς τὴν γραμμὴν τὴν ἐνοῦσαν τοὺς δύο πόλους τοῦ μαγνήτου, ὁπότε δὲν διαπερᾶται ὑπὸ μαγνητικῶν γραμμῶν (θέσεις β καὶ δ). Τοῦναντίον, ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς ἔχει τὴν ἐλαχίστην τιμὴν, εἰς τὰς θέσεις ὅπου τὸ ἐπίπεδον τοῦ πλαισίου διαπερᾶται ὑπὸ τῶν καθέτων μαγνητικῶν γραμμῶν. Ἡ γραμμὴ ἡ κάθετος ἐπὶ τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου καλεῖται **οὐδετέρα γραμμὴ**, ὡς καὶ ἡ ΗΕΔ ἀλλάσσουν φορὰν.

Ἐκ τῆς σπουδῆς ὁμως τῆς γενέσεως τῶν ἐξ ἐπαγωγῆς ρευμάτων, γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς ἀναπτυσσομένη ΗΕΔ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ταχύτης τῆς μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἶναι μεγαλυτέρα καὶ ἐπομένως, ὡς καὶ τὸ πλάσιον διέρχεται διὰ τῆς οὐδετέρας γραμμῆς ὡς π.χ. εἰς τὰς θέσεις (α), (γ) καὶ (ε), ἡ ΗΕΔ ἔχει τιμὴν μηδέν, ἐνῶ ἡ τιμὴ αὐτῆς εἶναι ἡ μεγίστη ὅταν τὸ πλάσιον εὗρεται εἰς τὰς θέσεις (β) καὶ (δ). Τὰ αὐτὰ ἰσχύουν καὶ διὰ τὸ ἀναπτυσσόμενον ἐξ ἐπαγωγῆς ρεῦμα. Ἡ μεταβολὴ τοῦ ρεύματος ἢ τῆς τάσεως δεικνύεται ὑπὸ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 377. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι, ὅταν τὸ πλάσιον περιστρέφεται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, οἱ πόλοι αὐτοῦ δὲν δια-

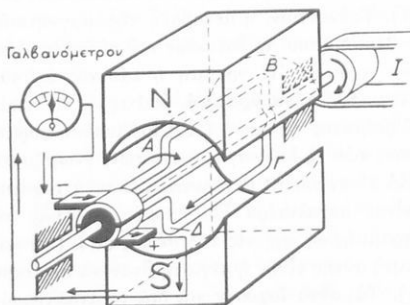


Σχ. 378. (α) Θέσις πλαισίου διὰ τὴν ἀνάπτειν ἐλαχίστης τάσεως. (β) Θέσις πλαισίου διὰ τὴν ἀνάπτειν μεγίστης τάσεως.

Αἱ θέσεις τοῦ ἐπίπεδου τοῦ πλαισίου ἐν σχέσει πρὸς τὴν γραμμὴν τὴν ἐνοῦσαν τοὺς δύο πόλους διὰ τὴν ἀνάπτυξιν ἐλαχίστης καὶ μεγίστης τάσεως δεικνύονται ἐπίσης ὑπὸ τοῦ σχήματος 378, ὅπου τὸ πλάσιον ὑποτίθεται ἀκίνητον, ὃ δὲ μαγνήτης περιστρέφεται περὶ ἄξονα κάθετον ἐπὶ τὸ μέσον αὐτοῦ.

Δυνάμεθα ὁμως διὰ καταλλήλου τροποποιήσεως τοῦ συλλέκτου τοῦ σχήματος 377 νὰ ἐπιτύχωμεν ὥστε τὸ εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα μεταβιβασόμενον ρεῦμα νὰ ἔχη πάντοτε τὴν αὐτὴν φορὰν, δηλαδὴ νὰ εἶναι *συνεχές*. Πράγματι, ἐὰν ἀντὶ νὰ

χρησιμοποιήσωμεν ὡς συλλέκτην σύστημα δύο μεμονωμένων δακτυλίων, χρησιμο-
ποιήσωμεν ὡς τοιοῦτον σύστημα δύο μεμονωμένων ἡμιδακτυλίων, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ



Σχ. 379. Διάταξις μετατροπῆς τοῦ ἐναλλασσομένου
ρεύματος εἰς συνεχές, εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

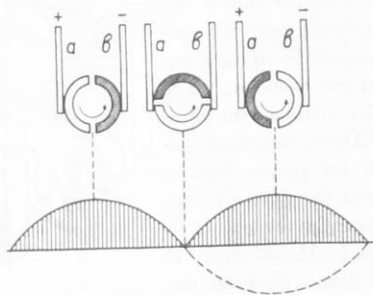
μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος μετὰ τοῦ χρόνου εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.

Τὰ ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα ἀναφέρονται τόσον διὰ τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας
τῶν μηχανῶν συνεχοῦς ρεύματος, ὅσον
καὶ τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύ-
ματος, αἱ ὁποῖαι ὡς εἶδομεν ἐκ τῶν
ἀνωτέρω, διαφέρουν κυρίως ὡς πρὸς
τὴν μορφὴν τοῦ συλλέκτου.

292. Βιομηχανικαὶ μηχαναὶ συ- νεχοῦς ρεύματος.

Αἱ ἐν τῇ βιομηχα-
νίᾳ χρησιμοποιούμεναι μηχαναὶ συνε-
χοῦς ρεύματος, στηρίζονται ἐπὶ τῆς
ἀνωτέρω περιγραφείσης ἀρχῆς, μὲ μό-
νην τὴν διαφορὰν, ὅτι τόσον τὸ σύ-
στημα τὸ δημιουργοῦν τὸ μαγνητικὸν
πεδίου, ὅσον καὶ τὸ πλαίσιον ἐντὸς τοῦ
ὁποίου ἀναπτύσσεται ἡ ἐξ ἐπαγωγῆς
ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, τροποποιου-
νται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἡ μηχανὴ νὰ δύναται νὰ παράγῃ ἡλεκτρικὴν ἐνέρ-
γειαν ὑπὸ τὴν κατάλληλον ἰσχύν, τάσιν καὶ ἔντασιν, καὶ πρὸς τούτοις ὑπὸ ἱκανο-
ποιητικὴν ἀπόδοσιν.

α) Ἑπαγωγεὺς. Εἰς τὰς βιομηχανικὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος ὁ ἐπαγωγεὺς δὲν
ἀποτελεῖται ἐκ μονίμου μαγνήτου, ἀλλ' ἐξ ἡλεκτρομαγνήτου, ὁπότε ἡ μηχανὴ καλεῖται **δυναμο-
λεκτρικὴ** ἢ ἀπλούστερον **δυναμό (Dynamo)**. Εἰς ἐξαιρετικὰς περιπτώσεις, ὡς π.χ. εἰς μη-

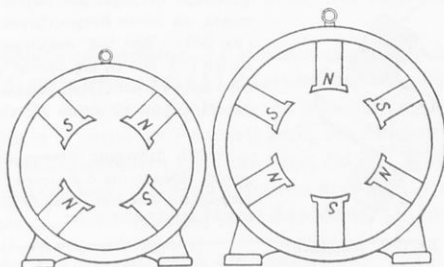


Σχ. 380. Παραστατικὴ καμπύλη δεικνύουσα
τὴν μεταβολὴν τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἐν
σχέσει πρὸς τὴν θέσιν τῶν ψηκτρῶν ὡς
πρὸς τοὺς ἡμιδακτυλίου.

χανάς χρησιμοποιουμένας εἰς τὸ σύστημα ἀναφλέξεως κινήτων ἐσωτερικῆς καύσεως, εἴτε εἰς τηλεφωνικὰς ἐγκαταστάσεις, ὁ ἐπαγωγεὺς πραγματοποιεῖται ἐκ μονίου μαγνήτου, ὁπότε ἡ μηχανὴ καλεῖται **μαγνητοηλεκτρικὴ (Magneto)**. Τὸ σχῆμα 381 δεικνύει τύπον ἐπαγωγέως χρησιμοποιουμένου εἰς δυναμολεκτρικὴν μηχανήν.

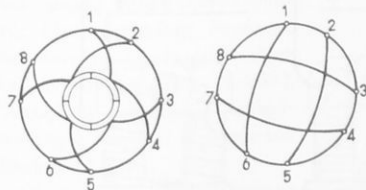
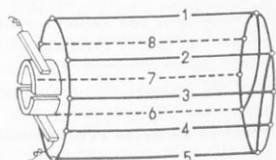
Ἡ περιέλιξις τοῦ ἐπαγωγέως τροφοδοτεῖται εἴτε ὑπὸ ἀνεξαρτήτου πηγῆς ρεύματος, π.χ. ὑπὸ συσσωρευτῶν, ὁπότε ἡ μηχανὴ καλεῖται **ἀνεξαρτήτου διεγέρσεως**, εἴτε ὑπ' αὐτοῦ τούτου τοῦ ρεύματος τοῦ παραγομένου ὑπὸ τῆς μηχανῆς, ὅτε αὕτη καλεῖται **αὐτοδιεγερμένη**.

β) **Ἐπαγωγίμον**. Εἰς τὰς δυναμολεκτρικὰς μηχανὰς χρῆσιμοῦται σήμερον ὡς ἐπαγωγίμον ὁ τύπος **τυμπάνου**, ἐπινοηθέντος ὑπὸ τῶν Hefner



Σχ. 381. Διάταξις ἐπαγωγέως μετὰ τεσσάρων καὶ ἑξ μαγνητικῶν πόλων.

τυμπάνου, ἐπινοηθέντος ὑπὸ τῶν Hefner διαμορφωθέντος ἀπὸ κυλίνδρου ἐκ μαλακοῦ σιδήρου, ὁ ὁποῖος κατὰ τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν φέρει διαμήκεις αὐλάκας ἐντὸς τῶν ὁποίων τοποθετοῦνται οἱ ἀγωγοὶ τῆς περιελίξεως. Εἰς τὸ σχῆμα 382 δεικνύεται ἐπαγωγίμον τύπου τυμπάνου, περιέχον κατὰ τὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ 8 ἀγωγούς. Ἡ σύνδεσις τῶν ἀγωγῶν γίνεται κατὰ τὸν ἀκόλουθον τρόπον: Ὁ ἀγωγὸς (1) ἐνοῦται διὰ τῆς ὀπισθίας ὀφθῆς πρὸς τὸν ἀγωγὸν (6) καὶ διὰ τῆς ἐμπροσθίας ὀφθῆς πρὸς τὸν ἀγωγὸν (3) μέσῳ ἑνὸς ἐλάσματος τοῦ συλλέκτου. Ὁ ἀγωγὸς (2) συνδέεται διὰ τῆς ὀπισθίας ὀφθῆς πρὸς τὸν ἀγωγὸν (5) καὶ διὰ τῆς ἐμπροσθίας πρὸς τὸν ἀγωγὸν (8) διὰ μέσου ἐλάσματος τοῦ συλλέκτου. Ὁ ἀγωγὸς (3) συνδέεται διὰ τῆς ὀπισθίας ἐπιφανείας πρὸς τὸν ἀγωγὸν (8) καὶ διὰ τῆς ἐμπροσθίας πρὸς τὸν ἀγωγὸν (5) διὰ μέσου ἐλάσματος τοῦ συλλέκτου. Ὁ ἀγωγὸς (4) συνδέεται διὰ τῆς ὀπισθίας ἐπιφανείας πρὸς τὸν ἀγωγὸν (7) καὶ διὰ τῆς ἐμπροσθίας εὐρίσκειται συνδεδεμένος πρὸς τὸν ἀγωγὸν (1), κλειομένου οὕτω τοῦ ὅλου κυκλώματος.



Σχ. 382. Διάταξις ἐπαγωγίμου τύπου τυμπάνου.

τοῦ. Οὕτω, ἀναχωροῦντες ἀπὸ τοῦ ἀγωγοῦ (1) καὶ προχωροῦντες πρὸς τὴν ὀπισθίαν ἐπιφάνειαν τοῦ τυμπάνου, θὰ συναντήσωμεν τὴν ἀκόλουθον συνδεσμολογίαν: 1—6—3—8—5—2—7—4—1.

Κατὰ τὰ πρότα ἔτη τῆς διαδόσεως τῶν ηλεκτρικῶν μηχανῶν ἐχρησιμοποιήθη καὶ ἄλλος τύπος ἐπαγωγίμον, ὁ **δακτύλιος Gramme**, ὁ ὁποῖος ὅμως ἐγκατελείφθη τελείως σήμερον, διότι ὁ τύπος τυμπάνου θεωρεῖται πλεονεκτικώτερος.

γ) **Συλλέκτης**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἐκ κυλίνδρου ἐκ μονωτικῆς οὐσίας, π.χ. ἐβονίτου, ὁ ὁποῖος φέρει διαμήκεις αὐλάκας ἰσὺν ἀπεχούσας μεταξὺ των. Αἱ αὐλάκες πληροῦνται ὑπὸ

Εἰς τὸ σχῆμα 386 δεικνύεται μηχανὴ *συνθέτου* ἢ *μικτῆς διεγέρσεως* εἰς τὴν ὁποίαν ὁ ἐπαγωγεὺς ἔχει δύο περιελίξεις, μίαν ἐκ παχέος σύρματος, ἡ ὁποία συνδέεται ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν κατανάλωσιν, καὶ ἑτέραν ἐκ λεπτοῦ σύρματος, ἡ ὁποία συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν πρὸς τὴν κατανάλωσιν.

294. Ἀπώλεια καὶ ἀπόδοσις γεννητρίας. Αἱ ἀπώλεια γεννητρίας ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς τρεῖς κατηγορίας : 1) Μηχανικαὶ ἀπώλεια, ὀφειλόμεναι εἰς τριβὴν. 2) Ἀπώλεια ἐκ θερμότητος Joule εἰς τὰς περιελίξεις ἐπαγωγέως καὶ ἐπαγωγίμου. 3) Ἀπώλεια ἐκ ρευμάτων Foucault ἐντὸς τοῦ σιδήρου.

Ὡς ἐκ τούτου, ἐὰν $N_{μην}$ ἡ καταναλισκομένη μηχανικὴ ἰσχύς διὰ τὴν κίνησιν τῆς μηχανῆς, ἡ ἀποδιδομένη ἡλεκτρικὴ ἰσχύς $N_{ηλ}$ εἶναι λόγῳ τῶν ἀπωλειῶν μικροτέρα τῆς $N_{μην}$, ὁ δὲ λόγος $N_{ηλ}/N_{μην}$ καλεῖται *συντελεστὴς ἀποδόσεως (η)* ἥτοι :

$$\eta = \frac{\text{ἡλεκτρικὴ ἰσχύς παρεχομένη ὑπὸ τῆς γεννητρίας}}{\text{μηχανικὴ ἰσχύς καταναλισκομένη διὰ τὴν περιστροφὴν}}$$

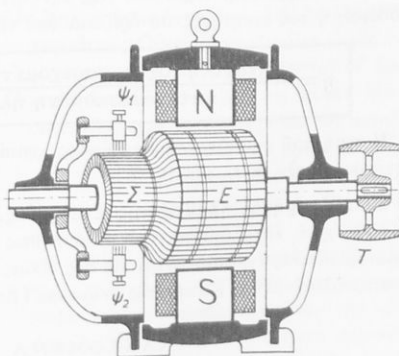
Ἡ ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ ἀποδόσεως καλεῖται *ἀπόδοσις* τῆς μηχανῆς, κυμαίνεται δὲ ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τῆς γεννητρίας μεταξὺ 60% καὶ 97%.

295. Μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανὴ (Magneto). Ἡ μηχανὴ αὕτη, ἡ ὁποία ἔχει περιορισμένην ἐφαρμογὴν, χρησιμοποιουμένη μόνον εἰς συστήματα ἀναφλέξεως μηχανῶν ἑσωτερικῆς καύσεως καὶ εἰς τηλεφωνικὰς ἐγκαταστάσεις, διαφέρει ἀπὸ τῶν δυναμοηλεκτρικῶν μηχανῶν μόνον ὡς πρὸς τὸν ἐπαγωγέα, ὁ ὁποῖος, εἰς τὰς μηχανὰς τοῦ τύπου τούτου, ἀποτελεῖται ἀπὸ μόνιμον μαγνήτην.

296. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινήτρων συνεχοῦς ρεύματος. Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν ἡλεκτρικῶν κινήτρων συνεχοῦς ρεύματος περιεγράφη λεπτομερῶς κατὰ τὴν σπουδὴν τῆς δημιουργουμένης δυνάμεως ὑπὸ ἀκινήτου μαγνητικοῦ πεδίου ἐπὶ κινήτου ρεύματος (§ 268). Ἀπλὴν δὲ περίπτωσιν ἡλεκτροκινήτης ἀποτελεῖ ὁ τροχὸς τοῦ Barlow (§ 269).

Οἱ κινήτρους συνεχοῦς ρεύματος εἶναι σχεδὸν ὅμοιοι πρὸς τὰς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, καὶ ἀποτελοῦνται ἐκ τῶν ἰδίων μερῶν, ἥτοι τοῦ *ἐπαγωγέως*, τοῦ *ἐπαγωγίμου* καὶ τοῦ *συλλέκτου*, καὶ εἶναι κατὰ κανόνα αὐτοδieleγείρομενοι, ἐφαρμοζομένων τῶν αὐτῶν μεθόδων διεγέρσεως, ὡς καὶ εἰς τὰς γεννητρίας.

Πράγματι, αἱ μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος εἶναι ἀντιστρεπταί, δηλ. ἂν θέσω-



Σχ. 387. Τομὴ κινήτρους συνεχοῦς ρεύματος.

μεν τὴν μηχανὴν εἰς κίνησιν διὰ δαπάνης ἔξωθεν μηχανικοῦ ἔργου, ἡ μηχανὴ πα-
ρέχει ρεῦμα καὶ λειτουργεῖ ὡς γεννήτρια. Ἐὰν ὅμως διαβιβάζωμεν εἰς τὴν μηχαν-
ὴν ἔξωθεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν, αὕτη λειτουργεῖ ὡς κινητήρ.

Εἰς τὸ σχῆμα 387 δεικνύεται τομὴ κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος εἰς τὸ ὁποῖον
N καὶ S παριστοῦν τοὺς πόλους τοῦ ἐπαγωγέως (ἡλεκτρομαγνήτου), E τὸ ἐπα-
γωγίμιον, Σ τὸν συλλέκτην καὶ Ψ_1, Ψ_2 τὰς ψήκτρας, ἐνῶ T παριστᾷ τροχαλίαν διὰ
τὴν μεταβίβασιν τῆς κινήσεως μέσφ ἱμάντος.

297*. Ἀντιηλεκτρεγερτικὴ δύναμις κινητήρος. Λόγῳ τῆς περιστροφῆς τοῦ ἐπαγωγίμου
τοῦ κινητήρος ἐντὸς τοῦ δημιουργουμένου μαγνητικοῦ πεδίου ὑπὸ τοῦ ἐπαγωγέως, ἀναπτύσ-
σεται εἰς τὸ ἐπαγωγίμιον ΗΕΛ, ἡ ὁποία ὅμως εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν ἔξωθεν ἐφαρ-
μοζομένην ἐπὶ τοῦ κινητήρος διαφορὰν δυναμικοῦ, καὶ ὡς ἐκ τούτου αὕτη καλεῖται **ἀντι-
ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις** (ἀντι-ΗΕΛ).

Ἐὰν διὰ U καλέσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ κινητήρος,
αὕτη ἀντισταθμίζεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ὑπὸ τῆς ἀντι-ΗΕΛ, ἀφ' ἑτέρου δὲ ὑπὸ τῆς πτώσεως
τάσεως r·i ἐντὸς τῆς περιελίξεως τοῦ ἐπαγωγίμου τοῦ κινητήρος, ὅπου r ἡ ἀντίστασις τοῦ
ἐπαγωγίμου καὶ i ἡ ἔντασις ἐν αὐτῷ, ἥτοι θὰ εἶναι:

$$U = E + ri, \quad \text{ἔξ ἧς: } i = \frac{U - E}{r}.$$

Εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἐκκινήσεως ἡ ἀντι-ΗΕΛ εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ ἐπομένως τὸ ρεῦμα
i ἔχει τιμὴν μεγάλην, ἐπικίνδυνον πολλὰκις διὰ τὴν περιέλιξιν τοῦ ἐπαγωγίμου. Ὡς ἐκ τού-
του, πολλὰκις εἰς τὸ κύκλωμα συνδέεται ἐν σειρᾷ ἀντίστασις ρυθμιζομένη, ἡ ὁποία ἐλαττου-
ται βαθμυδόν, ἐφ' ὅσον ὁ ἀριθμὸς τῶν στροφῶν τοῦ κινητήρος αὐξάνεται, καὶ ἔξάγεται ἐκ
τοῦ κυκλώματος ὅταν ὁ κινητὴρ ἀποκτήσῃ τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν.

298. Ἀπόδοσις κινητήρος. Ὁ λόγος μεταξὺ τῆς ἀποδοδομένης ὑπὸ τοῦ
κινητήρος μηχανικῆς ἰσχύος καὶ τῆς προσλαμβανομένης ὑπ' αὐτοῦ ἡλεκτρικῆς
ἰσχύος ἀποτελεῖ τὸν **συντελεστὴν ἀποδόσεως (η)** τοῦ κινητήρος. Οὕτω ἐὰν $N_{μηχ}$
παριστᾷ τὴν μηχανικὴν ἰσχύον καὶ $N_{ηλ}$ τὴν ἡλεκτρικὴν ἰσχύον, τότε ὁ συντελεστὴς
ἀποδόσεως η τοῦ κινητήρος θὰ ὁρίζεται ὑπὸ τῆς σχέσεως: $\eta = N_{μηχ} / N_{ηλ}$, ἥτοι:

$$\eta = \frac{\text{μηχανικὴ ἰσχύς παρεχομένη ὑπὸ τοῦ κινητήρος}}{\text{καταναλισκομένη ἡλεκτρικὴ ἰσχύς}}$$

Ἡ τιμὴ τοῦ συντελεστοῦ ἀποδόσεως κυμαίνεται ἀναλόγως τοῦ μεγέθους τοῦ
κινητήρος μεταξὺ 50 % καὶ 95 %.

299. Μετρηταὶ ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. Εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ἡλεκτρι-
κῶν κινητήρων καταλέγονται καὶ οἱ συνήθεις μετρηταὶ ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ἡ
γνώμονες, οἵτινες ἐγκαθίστανται εἰς τὰς οἰκίας καὶ τὰ ἐργοστάσια, πρὸς μέτρησιν
τῆς καταναλισκομένης ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας (βλ. § 173 καὶ § 289).

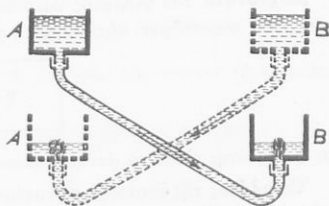
ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

300. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Ὡς γνωρίζομεν ἤδη (§ 176) αἱ πηγαὶ
τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς πηγὰς συνεχοῦς καὶ εἰς πηγὰς ἐναλλασ-
σομένου ρεύματος.

Εἰς τὰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἡ φορὰ αὐτοῦ μεταβάλλεται περιοδικῶς ἐν τῷ χρόνῳ, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ συνεχές ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ φορὰ διατηρεῖται ἐν τῷ χρόνῳ ἀμετάβλητος.

Πρὸς κατανόησιν τῆς διαφορᾶς μεταξὺ συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος, στηριζόμεθα εἰς τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν παράδειγμα ροῆς ὕγρου:

Ἔστωσαν δύο δοχεῖα A καὶ B (σχ. 388) τὰ ὁποῖα συγκοινωνοῦν διὰ σωλῆνος καὶ περιέχουν ὕγρον, εἰς τρόπον ὥστε ἡ στάθμη τοῦ ὕγρου εἰς A νὰ εἶναι ὑψηλότερα ἢ εἰς B. Ὡς γνωρίζομεν ἐκ τῆς Ὑδροδυναμικῆς, τὸ ὕγρον θὰ ρέῃ ἐκ τοῦ δοχείου A πρὸς τὸ δοχεῖον B, ἡ δὲ ροὴ τοῦ ὕδατος διὰ τοῦ σωλῆνος ἀντιστοιχεῖ εἰς συνεχές ρεῦμα, διότι διατηρεῖ πάντοτε τὴν ἰδίαν φορὰν. Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι ἀντικαθιστῶμεν τὸν σωλῆνα διὰ τοιούτου ἐκ καουτσούκ, καὶ μετακινούμεν τὰ δοχεῖα κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἐναλλάξ τὸ δοχεῖον A νὰ εὐρίσκεται ἄλλοτε ὑψηλότερον τοῦ B, καὶ ἄλλοτε χαμηλότερον αὐτοῦ, ὡς δεικνύεται δι' ἐστιγμένης γραμμῆς. Ὡς ἐκ τῆς τοιαύτης ἐναλλαγῆς τῶν θέσεων τῶν δοχείων A καὶ B, ἡ ροὴ τοῦ ὕδατος δὲν διατηρεῖ τὴν ἰδίαν φορὰν ὡς εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν, ἀλλὰ ἐναλλάσσεται, καὶ ἄλλοτε μὲν ἡ ροὴ γίνεται ἐκ τοῦ δοχείου A πρὸς τὸ B, ἄλλοτε δὲ ἐκ τοῦ B πρὸς τὸ A, ἥτοι ἡ ροὴ διὰ τοῦ σωλῆνος εἶναι ἐναλλασσομένη.

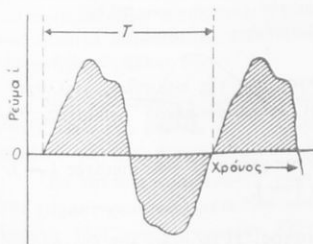


Σχ. 388. Μηχανικὸν ἀνάλογον διὰ τὴν κατανόησιν τοῦ συνεχοῦς καὶ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ἀνάλογον φαινόμενον συμβαίνει καὶ εἰς τὰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος, τῶν ὁποίων τὰ σημεῖα τῶν πόλων δὲν διατηροῦνται σταθερά, ἀλλ' ἐναλλάσσονται

περιοδικῶς. Οὕτω, ὅταν οἱ πόλοι πηγῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος συνδέωνται δι' ἐξωτερικοῦ ἄγωγου, τὸ ρεῦμα εἰς αὐτὸν δὲν θὰ διατηρῇ φορὰν σταθεράν, ἀλλὰ θὰ μεταβάλλεται περιοδικῶς μετὰ τοῦ χρόνου.

Τὸ σχῆμα 389 δεικνύει γραφικὴν παράστασιν τῆς μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως ἐναλλασσομένου ρεύματος μετὰ τοῦ χρόνου, ἐκ τοῦ ὁποίου βλέπομεν ὅτι μετὰ πάροdon πάντοτε τοῦ αὐτοῦ χρονικοῦ διαστήματος, ἡ παραστατικὴ καμπύλη δεικνύει τὴν αὐτὴν μορφήν. Ἡ σκιασμένη ἐπιφάνεια παριστᾷ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐπὶ



Σχ. 389. Γενικὴ μορφή καμπύλης ἐναλλασσομένου ρεύματος.

τὸν χρόνον, ἥτοι τὸ μεταφερόμενον φορτίον ἡλεκτρισμοῦ, ὡς ἐκ τούτου δὲ τὰ ἑμβαδὰ ἄνωθεν καὶ κάτωθεν τοῦ ἄξονος τοῦ χρόνου t πρέπει νὰ εἶναι ἴσα, διότι ἡ συνθήκη αὕτη εἶναι χαρακτηριστικὴ τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων.

Τὸ χρονικὸν διάστημα T κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος διέρχεται διὰ τῆς αὐτῆς τιμῆς καὶ ἔχει τὴν αὐτὴν φορὰν καλεῖται **περίοδος** (T) τοῦ ρεύματος, ἡ δὲ διαδοχὴ τῶν διαφορῶν τιμῶν τοῦ ρεύματος ἐντὸς μιᾶς περιόδου λέγουμεν ὅτι ἀποτελεῖ **κύκλον** (cycle).

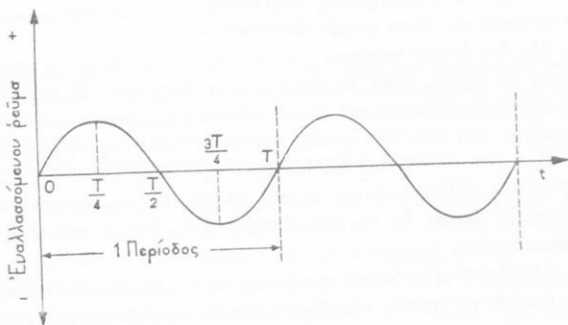
Συχνότητα τοῦ ρεύματος καλούμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν κύκλων κατὰ δευτερόλεπτον, καὶ παριστῶμεν αὐτὴν διὰ ν , εἶναι δέ :

$$\nu = \frac{1}{T}$$

ἢτοι ἡ συχνότης εἶναι τὸ ἀντίστροφον τῆς περιόδου.

Ὡς **πλάτος** τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος νοοῦμεν τὴν μεγίστην τιμὴν τὴν ὁποίαν λαμβάνει αὕτη δι' ἐκάστην φορὰν ἣ διεύθυνσιν τοῦ ρεύματος.

Μεταξὺ τῶν διαφορῶν μορφῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων σπουδαιότητα σημασίαν ἔχει τὸ **ἡμιτονοειδὲς** ρεῦμα, καλούμενον ἐν τῇ πράξει **ἐναλλασσόμενον ρεῦμα**, καὶ εἰς τὸ ὁποῖον ὁ μέσος ὅρος τῶν τιμῶν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐντὸς μιᾶς περιόδου ἰσοῦται πρὸς μηδέν. Ἡ παραστατικὴ καμπύλη τοῦ ἡμιτονοειδοῦς ρεύματος



Σχ. 390. Καμπύλη δεικνύουσα τὴν χρονικὴν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως ἐναλλασσομένου ρεύματος.

ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὴν ἔντασιν αὐτοῦ εἰκονίζεται ὑπὸ τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 390. Κατωτέρω, ὅσάκις ὁμιλοῦμεν περὶ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, θὰ νοοῦμεν ἡμιτονοειδὲς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

Παραστατικῶς συμβολίζομεν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα δι' ἐνὸς κύματος ($\sim$), ἐνῶ τὸ συνεχὲς ρεῦμα διὰ δύο εὐθειῶν γραμμῶν ($=$).

301. Σπουδὴ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ ἐξίσωσις τοῦ ἡμιτονοειδοῦς ἐναλλασσομένου ρεύματος ἢ ἀναφερομένη εἰς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἶναι :

$$i = I \cdot \sin \omega t$$

ὅπου I καὶ ω ἀποτελοῦν σταθερὰς ποσότητες, ἀνεξαρτήτους δηλαδὴ ἀπὸ τὸν χρόνον. Ἀντίστοιχοι ἐξισώσεις ἰσχύουν διὰ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ διὰ τὴν ἡλεκτρογενετικὴν δύναμιν.

Τὸ σύμβολον i δηλοῖ τὴν **στιγμιαίαν τιμὴν τῆς ἐντάσεως**, τὸ δὲ ἀντίστοιχον σύμβολον, ἀλλὰ μὲ κεφαλαῖον στοιχεῖον, ἦτοι τὸ I , παριστᾷ τὸ **πλάτος** τῆς ἐντάσεως. Τὸ μέγεθος ω , τὸ ὁποῖον συνδέεται πρὸς τὴν περιόδον T διὰ τῆς σχέσεως :

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

καλεῖται **κυκλικὴ συχνότης**, καὶ ἐκφράζει τὸν ἀριθμὸν τῶν κύκλων (ἢ περιόδων) τῶν ἀντιστοιχοῦντων εἰς 2π δευτερόλεπτα.

Μεταξὺ συχνότητος ν καὶ κυκλικῆς συχνότητος ω ὑπάρχει ἡ σχέσις :



$$\omega = 2\pi \nu$$

Ἡ συχνότης ν ἢ ω ἐκφράζεται εἰς sec^{-1} , καὶ πολλάκις 1 sec^{-1} καλεῖται **κύκλος κατὰ δευτερόλεπτον** (cycle per second) ἢ συντετημένως (**CPS**), ἐπίσης καλεῖται καὶ **Herz (Hz)**.

Τὸ μέγεθος :

$$\omega t = 2\pi \frac{t}{T}$$

καλεῖται **φάσις** τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἡ φάσις παριστᾷ γωνίαν τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ μεταβάλλεται κατὰ ω εἰς ἑκάστην μονάδα τοῦ χρόνου καὶ ἐπομένως ἡ ἡμιτονοειδὴς καμπύλη θὰ ἐπαναλαμβάνεται ἡ αὐτὴ μετὰ χρόνον κατὰ τὸν ὁποῖον ἡ φάσις αὐξάνεται κατὰ 360° ἢ 2π ἀκτίνια, ὁ χρόνος δὲ οὗτος ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν περίοδον T .

302. Πειραματικὴ εὗρεσις τῆς καμπύλης ἐναλλασσομένου ρεύματος. Πρὸς τοῦτο, χρησιμοποιοῦνται συσκευαὶ αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **παλμογράφοι**, καὶ ἐκ τῶν ὁποίων ὑφίστανται πολυάριθμοι τύποι. Ἐξ ὧν ὁμως τῶν τύπων, ἐκεῖνος ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖται ἀποκλειστικῶς κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη, εἶναι ὁ **καθοδικὸς παλμογράφος** τὸν ὁποῖον θὰ περιγράψωμεν λεπτομερῶς εἰς ἄλλην θέσιν.

303. Διαφορὰ φάσεως. Ὡς ἀνεπτύχθη προηγουμένως, τὸ μέγεθος ωt ἢ $2\pi t/T$ καλεῖται **φάσις**, ἡ ὁποία, προκειμένου περὶ ἐνὸς ρεύματος ἢ ἐνὸς ἐναλλασσομένου μεγέθους χαρακτηριστικοῦ τοῦ ρεύματος, εἶναι ἄνευ σημασίας.

Ἐν τούτοις προκειμένου περὶ δύο ἐναλλασσομένων ρευμάτων ἢ γενικώτερον δύο χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν αὐτοῦ, π. χ. τάσεως καὶ ἐντάσεως, ἡ φάσις αὐτῶν ἀποκτᾷ ἰδιόζουσαν σημασίαν. Οὕτω, ἐὰν ἡ ἔντασις ρεύματος i καὶ ἡ ἀντίστοιχος πρὸς αὐτὸ τάσις ἐκφράζωνται διὰ σχέσεων τῆς μορφῆς :

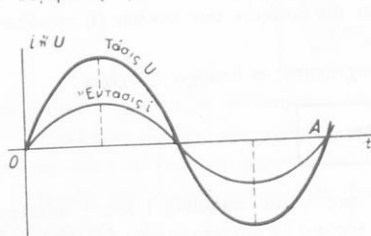
$$i = I \cdot \eta \mu \omega t \quad \text{καὶ} \quad v = U \cdot \eta \mu \omega t$$

τότε, ἐπειδὴ ἡ φάσις ωt εἶναι ἡ αὐτὴ εἰς ἀμφοτέρα τὰ μεγέθη, λέγομεν ὅτι ταῦτα εὗρισκονται ἐν **συμφωνίᾳ φάσεως**. Ἐὰν τὰ μεγέθη ταῦτα παραστήσωμεν γραφικῶς κατὰ τὸν προηγουμένως ἐκτεθέντα τρόπον, θὰ προκύψῃ τὸ διάγραμμα

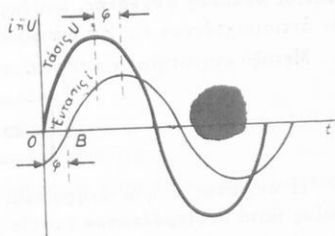
τοῦ σχήματος 391, ἐκ τοῦ ὁποίου συνάγομεν ὅτι τὰ δύο μεγέθη i καὶ u συμβαδίζουν ὡς πρὸς τὴν μεταβολὴν αὐτῶν. Ἐὰν ὅμως τὰ δύο μεγέθη i καὶ u ἐκφράζονται ὑπὸ τῶν ἐξισώσεων :

$$i = I \eta \mu \omega t \quad \text{καὶ} \quad u = U \eta \mu (\omega t \pm \varphi)$$

ὅπου φ σταθερὰ ποσότης, τότε λέγομεν ὅτι τὰ δύο ταῦτα μεγέθη δὲν εὐρίσκονται ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, ἀλλ' ὅτι παρουσιάζουν μεταξὺ τῶν **διαφορὰν φάσεως** φ .



Σχ. 391. Παραστατικὴ καμπύλη ἐναλλασσομένης τάσεως καὶ ἐντάσεως, εὐρισκομένην ὑπὸ τὴν αὐτὴν φάσιν.



Σχ. 392. Παραστατικὴ καμπύλη ἐναλλασσομένης τάσεως καὶ ἐντάσεως, εὐρισκομένην ὑπὸ διαφορὰν φάσεως φ .

Καὶ ἐφ' ὅσον $\varphi > 0$, λέγομεν ὅτι τὸ μέγεθος u προχωρεῖ τοῦ i κατὰ τὴν γωνίαν φ , δηλαδὴ προηγείται κατὰ τὴν μεταβολὴν του ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος i , ἐνῷ ἐὰν $\varphi < 0$, λέγομεν ὅτι τὸ μέγεθος u ὑστερεῖ ἐν σχέσει πρὸς τὸ i . Τὸ μέγεθος φ ἐκφράζεται εἴτε εἰς ἀκτίνια, εἴτε εἰς μοίρας. Οὕτω, ἐὰν ἡ διαφορὰ φάσεως εἶναι π.χ. $\pi/2$ εἰς ἀκτίνια, εἰς μοίρας θὰ εἶναι 90° .

Εἰς τὸ σχῆμα 392 δεικνύεται ἡ γραφικὴ παράστασις δύο μεγεθῶν, π.χ. i καὶ u εὐρισκομένων ὑπὸ διαφορὰν φάσεως, καὶ ὅπου εἰς τὸν ἄξονα τοῦ χρόνου ἀναφέρονται αἱ τιμαὶ τῆς γωνίας $\omega \cdot t$. Εἰς τὸ σχῆμα τοῦτο ἡ διαφορὰ φάσεως φ ἀντιστοιχεῖ πρὸς γωνίαν $\varphi = \omega t$ ἢ εἰς εὐρίσκομεν $t = \varphi/\omega$, ἥτοι τὸν χρόνον εἰς δευτερόλεπτα κατὰ τὸν ὁποῖον προηγείται ἡ μεταβολὴ τῆς τάσεως ὡς πρὸς τὴν μεταβολὴν τῆς ἐντάσεως.

304. Ἐνεργὸς τιμὴ ἐναλλασσομένου μεγέθους. Ἐκτὸς τῆς στιγμιαίας τιμῆς καὶ τῆς μεγίστης τιμῆς ἡ πλάτους ἐναλλασσομένου μεγέθους, διακρίνομεν πρὸς τούτοις τὴν **ἐνεργὸν τιμήν**, ἡ ὁποία ἔχει πραγματικὴν σημασίαν, διότι αὐτὴν παρέχουν τὰ ὄργανα μετρήσεως ἐναλλασσομένων ρευμάτων.

Καλοῦμεν **ἐνεργὸν ἐντάσιν** (I_{ev}) **ἐναλλασσομένου ρεύματος τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ μέσου ὅρου τῶν τετραγώνων τῶν στιγμιαίων τιμῶν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ἐντὸς μιᾶς περιόδου**, ἥτοι :

$$\text{Ἐνεργὸς ἐντάσις} = \sqrt{\text{μέσος ὅρος τῶν } i^2}$$

Ἡ φυσικὴ σημασία τῆς ἐνεργοῦ ἐντάσεως ὁρίζεται ὡς ἐξῆς: Ἐὰν τὸ ρεῦμα ἐντάσεως i διέρχεται δι' ἀντιστάσεως R , ἐκλύει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου ποσὸν θερμότητος Ri^2 , ἀνεξαρτήτως τῆς φορᾶς αὐτοῦ, ἡ δὲ **ἐνεργὸς ἐντάσις ἐναλλασ-**

σομένου ρεύματος συμπίπτει πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ συνεχοῦς ρεύματος τὸ ὁποῖον παράγει διερχόμενον ἐπὶ χρόνον ἀρκετὸν δι' ὠμικῆς ἀντιστάσεως R τὸ αὐτὸ ποσὸν θερμότητος, τὸ ὁποῖον θὰ ἀνέπτυσσε ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀντιστάσεως τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ χρόνου.

Μεταξὺ ἐνεργοῦ ἐντάσεως I_{ev} καὶ πλάτους I ὑπάρχει ἡ σχέση:

$$\text{Ἐνεργὸς ἐντασις} = \frac{\text{Μεγίστη τιμὴ ἐντάσεως}}{\sqrt{2}}$$

ἢτοι:

$$I_{ev} = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

$$\text{ἢ} \quad I_{ev} = 0,707 \cdot I.$$

Ὅμοιαι σχέσεις ὑφίστανται καὶ διὰ τὴν τάσιν καὶ ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Οὕτω, ἡ ἐνεργὸς τάσις ἐναλλασσομένου ρεύματος συμπίπτει πρὸς τὴν σταθερὰν ἐκείνην τῆς τοῦ συνεχοῦς ρεύματος ἥ ὁποία φέρει τὰ αὐτὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ ἀγωγοῦ μὲ τὸ ἐν λόγῳ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς τὸν αὐτὸν χρόνον.

Ἀριθμητικὰ παραδείγματα. 1. Ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τῆς ἐντάσεως ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι 50 A. Πόση ἡ μεγίστη τιμή.

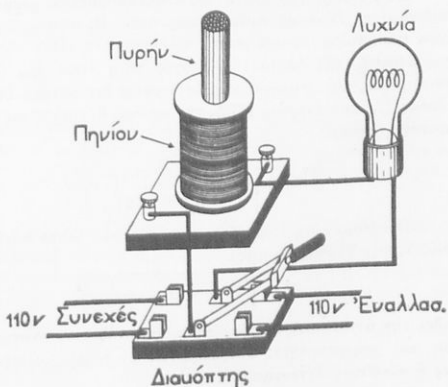
$$\text{Οὕτω, ἔχομεν:} \quad 50 = \frac{I}{\sqrt{2}} = I \cdot 0,707 \quad \text{καὶ} \quad I = \frac{50}{0,707} = 70,7 \text{ A.}$$

2. Πόση ἡ ἐνεργὸς τιμὴ τάσεως, ὅταν ἡ μεγίστη τιμὴ αὐτῆς εἶναι 400 V.

$$\text{Οὕτω, ἔχομεν:} \quad U_{ev} = 400 \cdot 0,707 = 282,8 \text{ V.}$$

305. Σύγκρισις συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Πρὸς τοῦτο,

θεωροῦμεν τὴν συνδεσμολογίαν τοῦ σχήματος 393. Ἐφ' ὅσον τροφοδοτοῦμεν τὸ κύκλωμα διὰ συνεχοῦς ρεύματος, ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ πηνίου οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἔχει ἐπὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, ὥς τοῦτο δεικνύεται διὰ τῆς λυχνίας, τῆς ὁποίας ἡ φωτοβολία παραμένει ἡ αὐτή, εἴτε τὸ πηνίον εὐρίσκεται εἰς τὸ κύκλωμα εἴτε εἶναι βραχυκυκλωμένον. Ἐάν ὁμως τροφοδοτῶμεν τὸ κύκλωμα δι' ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ πηνίου ἔχει σπουδαίαν ἐπίδρασιν καὶ ἐπενεργεῖ ὥς ἀντίστασις. Πράγματι, ἐφ' ὅσον τὸ πηνίον εἶναι ἐντὸς τοῦ κυκλώματος, ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας εἶναι ἀσθενής, ἐνῶ ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος καθίσταται μεγάλη, καὶ συνεπῶς ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας ἔντονος, ὅταν τὸ πηνίον βραχυκυκλούται.

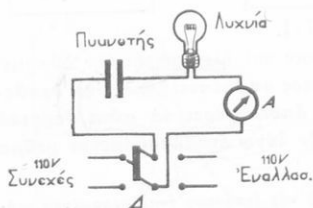


Σχ. 393. Ἡ αὐτεπαγωγὴ ἐπέχει θέσιν ἀντιστάσεως εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

Ἡ αὐτεπαγωγὴ ἐπέχει θέσιν ἀντιστάσεως εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας εἶναι ἀσθενής, ἐνῶ ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος καθίσταται μεγάλη, καὶ συνεπῶς ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας ἔντονος, ὅταν τὸ πηνίον βραχυκυκλούται.

Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς συμπεριφορᾶς πηνίου αὐτεπαγωγῆς ἐντὸς κυκλώματος ἐναλλασσομένου ρεύματος, κατεδείχθη ὅτι ἡ αὐτεπαγωγή συμπεριφέρεται ὡς ἀντίστασις τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ εἰς Ohm παρέχεται ὑπὸ τῆς ἐκφράσεως $L\omega$, ὅπου L , ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς εἰς Henry (H), καλεῖται δὲ ἡ παράστασις $L\omega$ ἀντίστασις ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἢ **ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις**.

Εἰς τὸ σχῆμα 394, ἐφ' ὅσον τροφοδοτοῦμεν τὸ κύκλωμα διὰ συνεχοῦς ρεύματος,



Σχ. 394. Ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖ διακοπὴν διὰ τὸ συνεχές ρεῦμα, ἐνῶ εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ἐπέχει θέσιν ἀντίστασεως.

τοῦ, παρατηροῦμεν ὅτι ρεῦμα δὲν διέρχεται καὶ ἡ λυχνία δὲν φωτοβολεῖ, διότι διὰ τὸ συνεχές ρεῦμα ὁ πυκνωτὴς ἀποτελεῖ διακοπὴν, ἐνῶ ἐὰν διαβιβάσωμεν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, παρατηροῦμεν ὅτι διέρχεται ρεῦμα καὶ ἡ λυχνία φωτοβολεῖ, ἡ ἔντασις δὲ τῆς φωτοβολίας αὐτῆς μεταβάλλεται μετὰ τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ. Ἐκ τούτου προκύπτει ὅτι ὁ πυκνωτὴς εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα συμπεριφέρεται ὡς ἀντίστασις, ἡ δὲ τιμὴ αὐτῆς εἰς Ohm παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως $1/C\omega$, ὅπου C ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ εἰς Farad (F), καλεῖται δὲ ἡ παράστασις

$1/C\omega$ ἀντίστασις ἐκ χωρητικότητος ἢ **χωρητικὴ ἀντίστασις**.

306*. Νόμος τοῦ Ohm εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα. Θεωρήσωμεν κύκλωμα, περιέχον συνδεδεμένας ἐν σειρᾷ ὠμικὴν ἀντίστασιν R , αὐτεπαγωγὴν L καὶ χωρητικότητα C , εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ἐφαρμόζεται ἐναλλασσόμενη ΗΕΔ τῆς μορφῆς: $e = E_{ev} \sin \omega t$, τῆς ὁποίας ἡ ἐνεργὸς τιμὴ εἶναι E_{ev} (σχ. 395). Θεωρητικῶς καὶ πειραματικῶς δεικνύεται ὅτι μεταξὺ ἐνεργοῦ ἐντάσεως E_{ev} καὶ ἐνεργοῦ ΗΕΔ, τῆς ὁποίας ἡ τιμὴ εἶναι E_{ev} , ὑφίσταται ἡ σχέση:

$$I_{ev} = \frac{E_{ev}}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} \quad (1)$$

Ἡ σχέση αὕτη ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Ohm διὰ τὰς ἐνεργούς τιμὰς. Ἡ παράστασις:

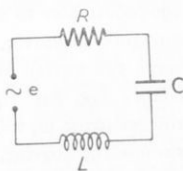
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

δίδει τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν παρουσιάζει τὸ σύστημα ὠμικῆς ἀντίστασεως, αὐτεπαγωγῆς καὶ χωρητικότητος συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, καλεῖται δὲ συνήθως **φαινομένη ἀντίστασις ἢ σύνθετος ἀντίστασις**.

Ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται ὅτι ἡ ΗΕΔ καὶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος παρουσιάζουν ἐν γένει διαφορὰν φάσεως, ἐὰν δὲ λάβωμεν ὡς ἀρχὴν συσχετίσεως τὸν φάσεων τὴν τοῦ ρεύματος, ἡ διαφορὰ φάσεως φ μεταξὺ ΗΕΔ καὶ ρεύματος παρέχεται ἐκ τοῦ τύπου:

$$\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R} \quad (2)$$

Ἐὰν $\varphi > 0$ τότε ἡ ΗΕΔ προχωρεῖ τοῦ ρεύματος, ἐὰν δὲ $\varphi < 0$ ἡ ΗΕΔ ὑστερεῖ τοῦ ρεύματος.



Σχ. 395. Κύκλωμα με ἀντίστασιν, αὐτεπαγωγὴν καὶ χωρητικότητα.

307*. Διερευνήσεις τῶν τύπων (1) καὶ (2). **Συντονισμός.** Ἐφ' ὅσον:

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} > 0$$

ἤτοι, ἡ ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἀντίστασις $L\omega$ ὑπερέχει τῆς ἐκ χωρητικότητος $1/C\omega$, τότε $\varphi > 0$ καὶ ἡ ΗΕΛ προχωρεῖ τοῦ ρεύματος.

Ἐάν $L\omega - 1/C\omega < 0$, ἤτοι ἡ ἀντίστασις ἐκ χωρητικότητος ὑπερέχει τῆς ἀντιστάσεως ἐξ αὐτεπαγωγῆς, θὰ εἶναι $\varphi < 0$ καὶ ἡ ΗΕΛ ὕστερεῖ τοῦ ρεύματος.

Ἐάν τέλος:

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$$

ἤτοι, ἡ ἀντίστασις ἐξ αὐτεπαγωγῆς ἰσοῦται πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐκ χωρητικότητος, τότε $\varphi = 0$ καὶ ἐπομένως ΗΕΛ καὶ ρεῖμα εὐρίσκονται ἐν συμφωνίᾳ φάσεως.

Ἡ περίπτωσις αὕτη ἔχει ἰδιάζουσαν σημασίαν, διότι ἐάν πληροῦται ἡ ἀνωτέρω σχέση, ἢ ὅπερ τὸ αὐτό, ὅταν:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

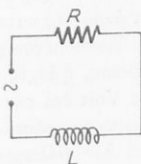
τότε λέγομεν ὅτι ὑφίσταται **συντονισμός** μεταξύ τῆς συχνότητος ω τῆς ἐφαρμοζομένης ἐξωθεν εἰς τὸ κύκλωμα ΗΕΛ καὶ τῆς ἰδίας συχνότητος τοῦ κυκλώματος, ἡ ὁποία καθορίζεται ἐκ τῆς αὐτεπαγωγῆς L καὶ τῆς χωρητικότητος C διὰ τῆς σχέσεως $1/\sqrt{LC}$.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ συντονισμοῦ, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχει τὴν μεγίστην τιμὴν, εὐρίσκεται ἐν συμφωνίᾳ φάσεως πρὸς τὴν ἐφαρμοζομένην ΗΕΛ καὶ ἰσχύει ὁ νόμος τοῦ Ohm ὡς καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν συνεχῶν ρευμάτων. Πράγματι, διὰ τὴν περίπτωσιν τοῦ συντονισμοῦ, ὁ τύπος (1) γράφεται:

$$I_{\text{εν}} = \frac{E_{\text{εν}}}{R}$$

Ἐάν τὸ κύκλωμα δὲν περιέχῃ χωρητικότητα (σχ. 396), ἡ φαινόμενη ἀντίστασις καὶ ἡ διαφορά φάσεως παρέχονται ὑπὸ τῶν σχέσεων:

$$Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2} \quad \text{εφ } \varphi = \frac{L\omega}{R}$$

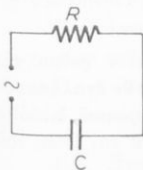


Σχ. 396. Κύκλωμα με ἀντίστασιν καὶ αὐτεπαγωγὴν.

Ἐάν δὲ καὶ $R = 0$, εφ $\varphi = \infty$, καὶ $\varphi = 90^\circ$, ἤτοι, ὅταν $Z = L\omega$, ὅτε τὸ κύκλωμα ἔχει μόνον αὐτεπαγωγὴν, ἡ ΗΕΛ προχωρεῖ τοῦ ρεύματος κατὰ 90° .

Ἐάν δὲ τὸ κύκλωμα δὲν περιέχῃ αὐτεπαγωγὴν (σχ. 397), ἡ φαινόμενη ἀντίστασις καὶ ἡ διαφορά φάσεως παρέχονται ὑπὸ τῶν σχέσεων:

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}} \quad \text{εφ } \varphi = -\frac{1}{CR\omega}$$



Σχ. 397. Κύκλωμα με ἀντίστασιν καὶ χωρητικότητα.

Ἐάν δὲ $R = 0$, τότε εφ $\varphi = -\infty$ καὶ $\varphi = -90^\circ$, ἤτοι ὅταν τὸ κύκλωμα περιέχῃ μόνον χωρητικότητα, ἡ ΗΕΛ ὕστερεῖ τοῦ ρεύματος κατὰ 90° , εἶναι δὲ πρὸς τούτους:

$$Z = \frac{1}{C\omega}$$

Τέλος, ἐάν τὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ μόνον ὁμεικτὴν ἀντίστασιν, θὰ εἶναι (δεδομένου ὅτι $L = 0$ καὶ $C = \infty$): $Z = R$ καὶ εφ $\varphi = 0$.

308*. Πειραματική απόδειξις τοῦ συντονισμοῦ. Πειραματικῶς δεικνύομεν τὴν περίπτωσιν τοῦ συντονισμοῦ διὰ τῆς ἐν σχήματι 396 εἰκονιζομένης διατάξεως, ἥ ὅποια ἀποτελεῖται ἐκ πηνίου μεταβλητῆς αὐτεπαγωγῆς, ὠμικῆς ἀντιστάσεως (πραγματοποιουμένης ὑπὸ λυχνίας), καὶ πυκνωτοῦ, συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ. Ἐὰν διὰ τῆς διατάξεως διαβιάσωμεν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, βλέπομεν ὅτι ἡ λυχνία φωτοβολεῖ. Διὰ μεταβολῆς τῆς αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου, τὴν ὁποίαν πραγματοποιοῦμεν διὰ μετατοπίσεως τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος, ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας μεταβάλλεται καὶ, δι' ὠρισμένην θέσιν τοῦ πυρῆνος, ἡ φωτοβολία αὐτῆς διέρχεται διὰ τῆς μεγίστης τιμῆς. Κατὰ τὴν στιγμὴν ταύτην πληροῦται ἡ συνθήκη συντονισμοῦ:

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0.$$

309. Ἰσχὺς ἐναλλασσομένου ρεύματος. Προκειμένου περὶ συνεχοῦς ρεύματος, ἡ ἰσχὺς ἐκφράζεται εἰς Watt ἐκ τοῦ γινομένου τῆς τάσεως U εἰς Volt, εἰς τὰ ἄκρα τῆς καταναλώσεως, ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος εἰς A. Προκειμένου περὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐφ' ὅσον ἡ τάσις καὶ τὸ ρεῦμα εὐρίσκονται ἐν συμφωνίᾳ φάσεως, ἡ ἰσχὺς εἰς Watt παρέχεται ὑπὸ τοῦ γινομένου τῆς ἐνεργοῦς τάσεως U_{ev} εἰς Volt ἐπὶ τὴν ἐνεργὸν ἔντασιν I_{ev} εἰς A. Ἐὰν ὅμως ἡ τάσις καὶ τὸ ρεῦμα ἔχουν διαφορὰν φάσεως φ , τότε τὸ γινόμενον $U_{ev} \cdot I_{ev}$ ἐκφράζεται εἰς Volt · Ampère καὶ ἐὰν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν τὴν ἰσχὺν εἰς Watt, πρέπει τὸ γινόμενον νὰ πολλαπλασιασθῇ καὶ ἐπὶ τὸν παράγοντα $\sin \varphi$, ὁ ὁποῖος καλεῖται *συντελεστὴς ἰσχύος*, ἥτοι:

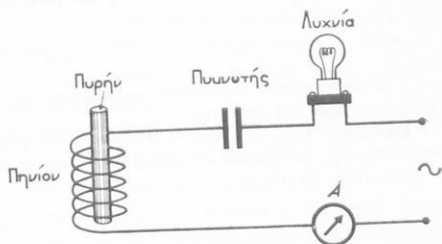
$$N = U_{ev} \cdot I_{ev} \cdot \sin \varphi$$

Παράδειγμα. Ἐστω ὅτι $U_{ev} = 220$ V καὶ $I_{ev} = 10$ A, καὶ ὁ συντελεστὴς ἰσχύος $\sin \varphi = 0,8$. Τότε τὸ γινόμενον $U_{ev} \cdot I_{ev} = 220 \cdot 10 = 2200$ Volt · Ampère, ἡ δὲ ἰσχὺς εἶναι:

$$N = 2200 \cdot 0,8 = 1760 \text{ W}.$$

310. Διφασικὸν καὶ τριφασικὸν ρεῦμα. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα τῆς μορφῆς: $i = I \sin \omega t$, τὸ ὁποῖον ἐσπουδάσαμεν ἤδη, καλεῖται *ἀπλοῦν ἐναλλασσόμενον* ἢ *μονοφασικὸν ρεῦμα*. Εἰς τὰς ἐφαρμογὰς ὅμως τοῦ ηλεκτρισμοῦ, διεδόθη εὐρύτατα κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη ἡ χρησιμοποίησις τοῦ *διφασικοῦ* καὶ ἰδίως τοῦ *τριφασικοῦ* ρεύματος.

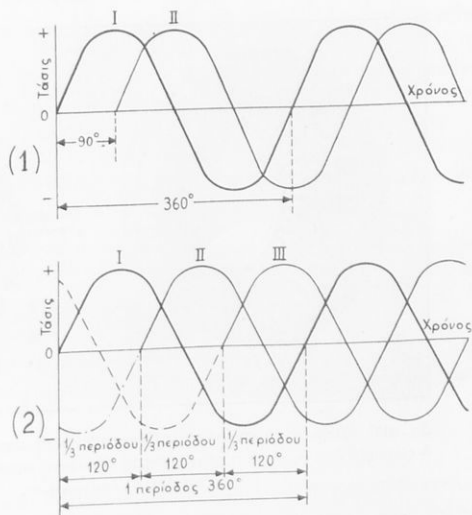
Διφασικὸν ρεῦμα, ἐν γένει, καλοῦμεν σύστημα δύο ἐναλλασσομένων ρευμάτων τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ πλάτους, τὰ ὁποῖα ὅμως παρουσιάζουν διαφορὰν φάσεως 90° (σχ. 399, 1). Εἰς τοὺς διφασικοὺς ἐναλλακτῆρας, τὸ ἐπαγώγιμον ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἀνεξαρτήτων περιλίξεων, τοποθετημένων, ἐν σχέσει πρὸς ἀλλήλας καὶ τὸν ἐπαγωγέα, κατὰ τρόπον ὥστε ἐντὸς αὐτῶν ν' ἀναπτύσσονται ΗΕΔ, αἱ ὁποῖαι



Σχ. 398. Ὅταν ὁ πυρῆν ἔχῃ ὠρισμένην θέσιν, τὸ κύκλωμα παρουσιάζει ἐλαχίστην ἀντίστασιν καὶ ἡ λυχνία φωτοβολεῖ ὑπὸ τὴν μεγίστην ἔντασιν.

νά παρουσιάσουν διαφοράν φάσεως 90° . Διὰ τὴν διοχέτευσιν τοῦ ρεύματος εἰς τὴν κατανάλωσιν πρέπει νὰ χρησιμοποιηθοῦν τέσσαρες ἄγωγοι· ἐν τούτοις, διὰ καταλλήλου συνδεσμολογίας, ἡ διοχέτευσις τοῦ ρεύματος δύναται νὰ γίνη διὰ τριῶν ἄγωγων.

Τριφασικὸν ρεῦμα. Ἐν γένει, **τριφασικὸν ρεῦμα** καλοῦμεν σύστημα τριῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων, τὰ ὁποῖα ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον καὶ τὸ αὐτὸ



Σχ. 399. (1) Παραστατικὴ καμπύλη συστήματος διφασικοῦ ρεύματος. (2) Καμπύλη συστήματος τριφασικοῦ ρεύματος.

μηδέν. Τῆς ιδιότητος ταύτης γίνεται πρακτικὴ ἐφαρμογὴ εἰς τὴν διανομὴν τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος, ὅπου ἀντὶ ἑξ ἄγωγων ἔχομεν μόνον τρεῖς.

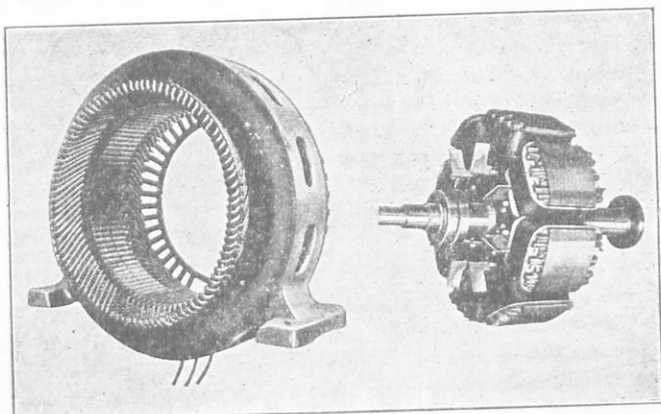
Ἡ ἀνάπτυξις τοῦ τρόπου τῆς παραγωγῆς τοῦ τριφασικοῦ ρεύματος ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου.

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΚΑΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

311. Ἐναλλακτῆρες. Αἱ γεννήτριαι ἐναλλασσομένου ρεύματος καλοῦνται εἰδικώτερον **ἐναλλακτιῆρες**. Κατὰ τὴν σπουδὴν τῶν μηχανῶν τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, εἶδομεν ὅτι τὸ πλαίσιον (βλ. σχ. 376), τὸ ὁποῖον περιστρέφεται ἐντὸς μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου συνδέονται πρὸς σύστημα δύο δακτυλίων, ἀποτελεῖ στοιχειώδη τύπον ἐναλλακτιῆρος. Οἱ ἐναλλακτῆρες, ὡς πρὸς τὰ κύρια μέρη ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελοῦνται, δὲν διαφέρουν οὐσιωδῶς ἀπὸ τὰς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, αἱ ὁποῖαι πολλὰκις καλοῦνται χάριν συντομίας **δυναμὸ (Dynamo)**.

Οὕτω καὶ εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας διακρίνομεν **ἐπαγωγέα, ἐπαγωγίμον** καὶ **συλλέκτην**.

Οἱ ἐναλλακτῆρες εἶναι κατὰ κανόνα μηχαναὶ ἀνεξαρτήτου διεγέρσεως, διότι διὰ τὴν διέγερσιν τοῦ ἐπαγωγέως ἀπαιτεῖται συνεχὲς ρεῦμα, τὸ ὅποιον παρέχεται ὑπὸ ἰδιαιτέρας γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, ἣτις καλεῖται **διεγέρτρια**. Ἐξ ἄλλου, εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας, προκειμένου ἰδίως περὶ τοιούτων μεγάλης ἰσχύος, τὸ



Σχ. 400. Μηχανὴ παραγωγῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος (ἐναλλακτῆρ). Δεξιὰ ὁ ῥώτωρ ὁ ὅποιος εἶναι ὁ ἐπαγωγεὺς μετ' 8 πόλους, ἀριστερὰ ὁ στάτωρ ὁ ὅποιος ἀποτελεῖ τὸ ἐπαγωγίμον.

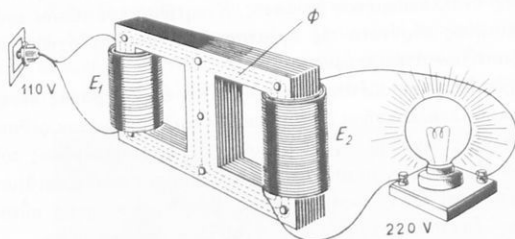
ἐπαγωγίμον παραμένει ἀκίνητον ἐνῶ ὁ ἐπαγωγεὺς κινεῖται, ἔνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου ἐπεκράτησε τὸ μὲν ἀκίνητον μέρος τοῦ ἐναλλακτῆρος νὰ καλεῖται **στάτωρ (stator)** τὸ δὲ κινητὸν **ῥώτωρ (rotor)**. Οὕτω, εἰς τὰς μηχανάς μεγάλης ἰσχύος, στάτωρ εἶναι τὸ ἐπαγωγίμον καὶ ῥώτωρ ὁ ἐπαγωγεὺς, ἐνῶ τὸ ἀντίθετον συμβαίνει εἰς ἐναλλακτῆρας μικρᾶς ἰσχύος. Τὸ σχῆμα 400 δεικνύει φωτογραφίαν εἰς τὴν ὅποιαν εἰκονίζονται ἀριστερὰ μὲν ἀκίνητον ἐπαγωγίμον (στάτωρ) καὶ δεξιὰ κινητὸς ὀκταπολικὸς ἐπαγωγεὺς (ῥώτωρ).

Ἐφ' ὅσον τὸ ἐπαγωγίμον εἶναι ἀκίνητον, δὲν ὑφίσταται ἀνάγκη συλλέκτον, ἀλλὰ τὸ ρεῦμα διοχετεύεται εἰς τὴν κατανάλωσιν διὰ καταλλήλων μεμονωμένων ἀκροδεκτῶν προσηρμοσμένων εἰς κατάλληλον θέσιν ἐπὶ τοῦ σώματος τοῦ ἐπαγωγίμου.

Τὸ συνεχὲς ρεῦμα μεταβιβάζεται ἐκ τῆς διεγερτρίας πρὸς τὴν περιέλιξιν τοῦ ἐπαγωγέως, μέσῳ συστήματος μεμονωμένων δακτυλίων, προσηρμοσμένων ἐπὶ τοῦ ἄξονος αὐτοῦ, πρὸς τοὺς ὁποίους συνδέονται τὰ ἄκρα τῆς περιέλιξεως τοῦ ἐπαγωγέως.

Οἱ ἐναλλακτῆρες, ἀναλόγως τῆς μορφῆς τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος τὸ ὅποιον παρέχουν, διακρίνονται εἰς **μονοφασικοὺς, διφασικοὺς** καὶ **τριφασικοὺς**.

ἀλλὰ μικρὰν τάσιν E_1 , τότε δημιουργεῖται ἐντὸς τοῦ σιδηροῦ πυρήνος χρονικῶς μεταβλη-



Σχ. 401. Μετασχηματιστὴς ἀνυψώσεως τῆς τάσεως.

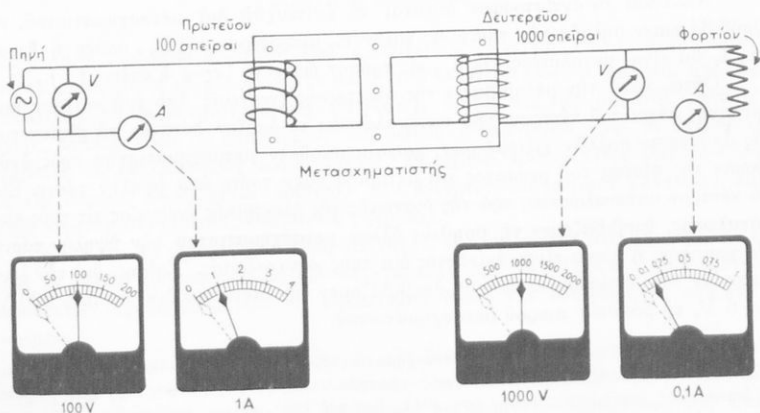
τὰς τῶν ἀκροδεκτῶν αὐτῶν, τότε ὁ λόγος $n = E_2 : E_1$ καλεῖται **συντελεστὴς μετατροπῆς**, δεικνύεται δὲ ὅτι εἶναι :

$$n = \frac{E_2}{E_1} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{ἥτοι :}$$

$$\frac{\text{δευτερεύουσα τάσις}}{\text{πρωτεύουσα τάσις}} = \frac{\text{ἀριθμὸς ὑπειρῶν δευτερεύοντος}}{\text{ἀριθμὸς σπειρῶν πρωτεύοντος}}$$

Ἡ πρωτεύουσα περιέλιξις ἡ ὅποια καλεῖται **πρωτεῦον** τοῦ μετασχηματιστοῦ, ὡς καὶ ἡ δευτερεύουσα περιέλιξις ἡ ὅποια καλεῖται **δευτερεῦον**, δύνανται νὰ ὑφίστανται ἐπὶ τοῦ αὐτοῦ σκέλους τοῦ σιδηροῦ πυρήνος.

Ἐπίσης, τὸ ἐπαγωγικὸν πηνίον (βλ. σχ. 361), ὅταν ἀφαιρέσωμεν τὸν αὐτόματον διακό-



Σχ. 402. Μετασχηματιστὴς ἀνυψώσεως τῆς τάσεως καὶ ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως. Διὰ τῶν ἀντιστοιχῶν ὀργάνων δεικνύονται αἱ ἀναπτυσσόμεναι τάσεις καὶ ἐντάσεις.

πτην ἀποτελεῖ μετασχηματιστὴν, διότι ἐάν εἰς τὸ πρωτεῦον αὐτοῦ διαβιβάσωμεν ἐναλλασσόμενον ρεῖμα χαμηλῆς τάσεως, εἰς τὸ δευτερεῦον αὐτοῦ ἀναφαίνεται ρεῖμα ὑψηλῆς τάσεως.

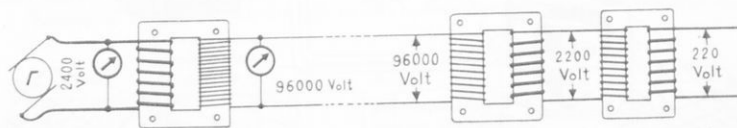
Τούτο επιτυγχάνεται ὑπὸ ἀρίστους οἰκονομικοὺς ὅρους διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσεως τριφασικοῦ ρεύματος, ὅποτε διὰ τὴν διαβίβασιν τοῦ ρεύματος χρειάζονται ὡς εἶδομεν, τρεῖς ἄγωγοι (βλ. § 310).

Συνήθως ἡ ὑψηλὴ τάσις ὑποβιβάζεται ἐντὸς ὑποσταθμῶν εἰς χαμηλὴν τάσιν ἢ ποία ὅμως εἶναι ἀκόμη ὑψηλὴ καὶ ὄχι ἀμέσου χρησιμοποίησεως, ὡς ἐκ τούτου δέ, ὅταν ἡ γραμμὴ μεταβιβάσεως φθάσῃ εἰς τὸν τόπον καταναλώσεως, ὑποβιβάζεται αὕτη δι' ἐτέρου μετασχηματιστοῦ εἰς χαμηλὴν τάσιν (συνήθως 110 V μέχρι 380 V) ἐντεῦθεν δέ, μέσφ τεσσάρων ἄγωγων ἐκ τῶν ὁποίων ὁ εἷς, ὁ ὁποῖος εἶναι καὶ προσγειωμένος, — διότι δὲν παρουσιάζει τάσιν —, διοχετεύεται ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια εἰς τὴν κατανάλωσιν.

Ἡ ἀνύψωσις τῆς τάσεως ἐπιτυγχάνεται εἰς τὸν τόπον παραγωγῆς τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας διὰ μετασχηματιστῶν ὑψηλῆς τάσεως (σχ. 403), ὅποτε, ἐπειδὴ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι μικρά, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μεταβίβασιν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ἄγωγους μικρᾶς διατομῆς, οἱ ὅποιοι ὅμως πρέπει νὰ εἶναι ἐπιμελῶς μεμονωμένοι ἀπὸ τῆς Γῆς.

Πρὸς φωτισμὸν καὶ διὰ συνήθεις οἰκιακὰς χρήσεις χρησιμοποιεῖται ἡ φασικὴ τάσις, λαμβανομένη μεταξὺ μιᾶς ἐκ τῶν τριῶν φάσεων καὶ τοῦ οὐδετέρου ἄγωγου, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα. Εἰς τοὺς πίνακας εἰσόδου τῶν ἄγωγων ἐντὸς τῶν οἰκῶν ὑπάρχουν οἱ μετρηταὶ ἐνεργείας, οἱ διακόπται καὶ αἱ ἀσφάλεια, αἱ ὁποῖαι τίθενται μόνον εἰς τὸν ἄγωγὸν τῆς φάσεως.

Μολονότι τὰ δίκτυα ἐναλλασσομένου ρεύματος παρουσιάζουν πολλὰ πλεονεκτήματα, ἐν τούτοις ἐξακολουθοῦν νὰ ὑπάρχουν καὶ δίκτυα συνεχοῦς ρεύματος,



Σχ. 404. Διάταξις ἀνυψώσεως καὶ ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως διὰ μετασχηματιστῶν.

διὰ τῶν ὁποίων μεταβιβάζεται ἡ ἐνέργεια, συνήθως εἰς τὰς μικρὰς πόλεις, διὰ δύο ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ ἄγωγων.

Τὸ σχῆμα 404 παριστᾷ σχηματικὴν παράστασιν μεταβιβάσεως ἐνεργείας. Ἡ τάσις τῆς γεννητριᾶς (Γ) εἶναι ἐναλλασσομένη καὶ μονοφασική.

316. Φυσιολογικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπενεργεῖ ποικιλοτρόπως ἐπὶ τοῦ ἀνθρώπινου ὀργανισμοῦ, καὶ ἄλλοτε μὲν ἔχει ἀποτελέσματα ἐπωφελῆ, τὰ ὁποῖα ἐκμεταλλευόμεθα διὰ θεραπευτικοὺς σκοποὺς, — ἔχει δὲ δημιουργηθῇ πρὸς τοῦτο ὁ εἰδικὸς κλάδος τῆς **ἡλεκτροθεραπευτικῆς**, — ἄλλοτε δὲ ἔχει ἀποτελέσματα ἐπιβλαβῆ ἐπὶ τοῦ ὀργανισμοῦ, δυνάμενα νὰ προκαλέσουν ἀκόμη καὶ τὸν θάνατον.

Θεραπευτικὰ ἀποτελέσματα. Ταῦτα ὀφείλονται κυρίως εἴτε εἰς φυσικοχημικὰ καὶ ἡλεκτροχημικὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα διεγείρει τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπὶ

τοῦ ἀνθρώπινου ὀργανισμοῦ, εἴτε εἰς τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἐκ-
μεταλλεύομεθα καταλλήλως. Τὰ φυσικοχημικὰ φαινόμενα ὀφείλονται εἰς μεταβολ-
λὰς τῆς συμπυκνώσεως ἐντὸς τῶν κυττάρων, λόγφ φαινομένων ἡλεκτρολύσεως, τὰς
ὁποίας ὁ ὀργανισμὸς τείνει νὰ ἐξουδετερώσῃ, ἐπιτυγχάνονται δὲ αὗται ὅταν ἡ θε-
ραπεία γίνεται διὰ συνεχοῦς ρεύματος (**γαλβανισμός**), καὶ ὑπὸ κατάλληλον ἔντα-
σιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Οὕτω, ὅταν ἡ μεταβολὴ τῆς συμπυκνώσεως λάβῃ ὥρισμένην τιμὴν, ἀντιστοι-
χοῦσαν εἰς ἔντασιν ρεύματος 5 mA, γεννᾶται εἰς τὸν ὀργανισμὸν ὥρισμένος ἐρε-
θισμός. Ὅταν ὁμοῦς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὸ ἀνώτατον ὄριον, δηλ. περί-
που 50 mA, προκαλεῖ μεγάλας μεταβολὰς συμπυκνώσεως καὶ ὁ ἐρεθισμὸς οὗτος
καθίσταται ἐντονώτερος, αἱ δὲ προκαλούμεναι μεταβολαὶ συμπυκνώσεως δὲν εὐρί-
σκουν τὸν κατάλληλον χρόνον πρὸς ἐξίσωσιν αὐτῶν διὰ διαπιδύσεως καὶ ἐπέρχεται
ὁ θάνατος.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ἐναλλασσομένου ρεύματος, λόγφ ταχείας ἐναλλαγῆς τῆς
διευθύνσεως τοῦ ρεύματος, τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα ἐκδηλοῦνται εἰς ἐλάχιστον
βαθμὸν.

Ἡ ἀνάπτυξις θερμότητος ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσεως ἐναλλασσο-
μένων ρευμάτων μεγάλης ἢ ὑψηλῆς συχνότητος. Εἰς τὴν σπουδὴν τῆς διόδου τῶν
ρευμάτων τούτων διὰ καλῶν ἀγωγῶν τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, π.χ. τῶν μετάλλων, ὡς θὰ
ἴδωμεν (βλ. § 347), τὸ ρεῦμα ἐντοπίζεται ἐπὶ λεπτοτάτου στρώματος κατὰ τὴν
ἐπιφάνειαν τοῦ ἀγωγοῦ, ἐνφ εἰς βάθος δὲν παρατηρεῖται διόδος ρεύματος. Τοῦτο
πράγματι ἰσχύει προκειμένου περὶ σωμάτων τὰ ὁποῖα εἶναι καλοὶ ἀγωγοί, δὲν
ἰσχύει ὁμοῦς καὶ διὰ τὰ ἡμιαγωγὰ σώματα, μεταξὺ τῶν ὁποίων εἶναι καὶ τὸ ἀν-
θρώπινον σῶμα.

Προκειμένου περὶ τοῦ ἀνθρώπινου σώματος, ἡ διόδος τοῦ ρεύματος δὲν πε-
ριορίζεται εἰς λεπτότατον στρώμα κάτωθεν τῆς ἐπιδερμίδος, ἀλλ' εἰσχωρεῖ εἰς ση-
μαντικὸν βάθος. Ὡς ἐκ τούτου, εἰς τὰς περιοχὰς ταύτας ἀναπτύσσεται θερμότης
μαντικὸν βάθος. Ὡς ἐκ τούτου, εἰς τὰς περιοχὰς ταύτας ἀναπτύσσεται θερμότης
Joule, τὴν ὁποίαν ἐκμεταλλεύομεθα διὰ τὴν θεραπείαν διαφόρων παθήσεων, ὡς
π.χ. ρευματικῶν ἢ ἀρθριτικῶν, εἰς τὰς ὁποίας ἡ θερμότης, τὴν ὁποίαν προσπαθοῦ-
μεν ν' ἀναπτύξωμεν διὰ τῆς χρησιμοποιοῦσεως θερμῶν ἐπιθεμάτων, δὲν δύναται
νὰ εἰσχωρήσῃ εἰς μέγα βάθος. Πρὸς τούτοις, ἡ ἀναπτυσσομένη θερμότης δύναται
νὰ χρησιμεύσῃ πρὸς καταστροφὴν διαφόρων μικροβίων, ὡς π.χ. γονοκόκκων. Ἡ
διὰ ρευμάτων μεγάλης συχνότητος θεραπευτικὴ ἀποτελεῖ ἐιδικὸν θεραπευτικὸν
κλάδον, ὁ ὁποῖος καλεῖται **διαθερμία**.

317. Ἡλεκτροπαθολογικαὶ ἐπενέργειαι τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Αἱ ἐπενέργειαι αὗται εἶναι ἐξόχως πολύπλοκοι καὶ δὲν εἶναι ἐπαρκῶς γνω-
σταί. Θανατηφόρα κυρίως ἀποτελέσματα παρατηροῦνται εἰς ὅλους ἑξαριετικούς πε-
σιτώσεις, ὅταν ἰδίᾳ παρατηρῇται στενωτάτη ἀγώγιμος ἐπαφὴ μεταξὺ τῶν πόλων
τῆς πηγῆς ἢ μεταξὺ τοῦ ἐνὸς πόλου καὶ τῆς Γῆς. Θανατηφόρα ἀτυχήματα παρ-
τηρήθησαν εἰς συνεχὲς ρεῦμα ὑπὸ τάσιν 250 V, ἐνφ εἰς ἐναλλασσόμενα, ὑπὸ τά-
σιν 100 V ἢ καὶ 60 V. Γενικῶς θεωρεῖται ὡς κατώτερον ὄριον ἐπικινδύνου τά-

σεως διὰ συνεχῆς ρεύμα τὰ 500 V καὶ δι' ἐναλλασσόμενον ρεύμα τὰ 200 V, συχνότητος 30-150 Hz. Εἰς τὰς πλείστας τῶν περιπτώσεων, ὁ θάνατος ἐπέρχεται λόγῳ παύσεως τῆς κινήσεως τῆς καρδίας, ἐνῷ ἐπὶ ἐπαφῆς σημαντικῆς διαρκείας προκύπτει ἀσφυξία, λόγῳ τοῦ ἀναφαινομένου γενικοῦ τετάνου.

Εἰς πολλὰς περιπτώσεις, ἠλεκτρόπληκτα ἄτομα παρουσιάζουν τὸ φαινόμενον τῆς νεκροφανείας, ὁπότε δι' ἀμέσου ἐπεμβάσεως καὶ δι' ἐφαρμογῆς τεχνητῆς ἀναπνοῆς δύνανται νὰ σωθοῦν καὶ νὰ ἐπανέλθουν εἰς τὴν ζωὴν.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἠλεκτρικαὶ μηχαναί. Πότε ἡ μηχανὴ καλεῖται γεννήτρια καὶ πότε κινητήρ. Ἐκ ποίων ἐν γένει κυρίων μερῶν ἀποτελεῖται ἡ μηχανή.

Περιγράψατε τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῶν γεννητριῶν.

Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ μαγνητοηλεκτρικῆς καὶ δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς.

Ποῖος ὁ συνήθης τύπος ἐπαγωγίμου τὸν ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς ἠλεκτρικὰς μηχανάς. Δώσατε τὸ διάγραμμα τοῦτου.

Πῶς πραγματοποιεῖται ὁ συλλέκτης εἰς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος καὶ εἰς γεννητρίας ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Πότε ἡ γεννήτρια λέγεται αὐτοδιεγερμένη καὶ πότε ἀνεξαρτήτου διεγέρσεως. Αἱ γεννήτρια ἐναλλασσομένου ρεύματος εἶναι δυνατόν νὰ λειτουργήσουν ὡς αὐτοδιεγερόμεναι;

Κατὰ πόσους τρόπους γίνεται ἡ αὐτοδιέγερσις τῶν μηχανῶν συνεχοῦς ρεύματος.

Τί καλοῦμεν ἀπόδοσιν ἠλεκτρικῆς γεννητρίας.

Ποία ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν συνεχοῦς ρεύματος. Εἶναι δυνατόν γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος νὰ λειτουργήσῃ καὶ ὡς κινητήρ;

Τί καλοῦμεν ἀντι-ΗΕΔ κινητῆρος, ποῦ ὀφείλεται αὕτη καὶ πῶς συνδέεται πρὸς τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ κινητῆρος, τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν αὐτοῦ καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἀντίστασις ἐκκινήσεως καὶ ἔνεκα ποίου λόγου χρησιμοποιεῖται αὕτη.

Τί καλοῦμεν ἀπόδοσιν κινητῆρος.

Ποία ἡ διαφορὰ μεταξὺ συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Δώσατε ἀνάλογον παράδειγμα διὰ τὴν περίπτωσιν τῆς ροῆς τοῦ ὕδατος.

Πῶς ἐκφράζεται ἀναλυτικῶς ἡ χρονικὴ μεταβολὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐξηγήσατε τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων πλάτος ἡ μεγίστη τιμὴ, περίοδος, συχνότης, κυκλικὴ συχνότης.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων φάσις καὶ διαφορὰ φάσεως.

Πῶς παριστᾶται γραφικῶς α) ἡ μεταβολὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ β) ἡ μεταβολὴ δύο ρευμάτων διὰ τὰ ὅποια ἡ διαφορὰ φάσεως εἶναι διάφορος τοῦ μηδενός.

Πῶς συμπεριφέρεται αὐτεπαγωγὴ εἰς ἐναλλασσόμενον ρεύμα.

Πῶς συμπεριφέρεται χωρητικότης εἰς ἐναλλασσόμενον ρεύμα.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων στιγμιαία τιμὴ, μεγίστη τιμὴ καὶ ἐνεργὸς τιμὴ εἰς ἐναλλασσόμενα μεγέθη. Πῶς συνδέεται ἡ ἐνεργὸς τιμὴ πρὸς τὴν μεγίστην τοιαύτην.

Ποῖος ὁ νόμος τοῦ Ohm εἰς κύκλωμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, περιέχον ἐν σειρᾷ ὁμικτὴν ἀντίστασιν, χωρητικότητα καὶ αὐτεπαγωγὴν.

Πότε, εις κύκλωμα έναλλασσομένου ρεύματος, περιλαμβάνοντος ὁμικὴν ἀντίστασιν, χωρητικότητα καὶ αὐτεπαγωγὴν, λέγομεν ὅτι ὑφίσταται συντονισμός.

Τί νοοῦμεν διὰ τὸν ὅρον διφασικὸν καὶ τριφασικὸν ρεῦμα. Ποίαν ιδιότητα παρουσιάζει τὸ τριφασικὸν ρεῦμα.

Περιγράψατε ἐν γενικαῖς γραμμαῖς τοὺς έναλλακτῆρας καὶ κινητῆρας έναλλασσομένου ρεύματος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου μετασχηματιστῆς καὶ πῶς οὗτος πραγματοποιεῖται.

Περιγράψατε πῶς γίνεται σήμερον ἡ μεταβίβασις ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ἐκ τῶν μεγάλων κέντρων παραγωγῆς πρὸς τὴν κατανάλωσιν. Διὰ ποῖον λόγον προτιμᾶται ἡ χρησιμοποίησις ὑψηλῆς τάσεως.

Ποῖα ρεύματα θεωροῦνται ἐπικίνδυνα διὰ τὸν ἀνθρώπινον ὄργανισμόν.

Β'. Προβλήματα.

1. Ἡλεκτρικὸς κινητῆρ λειτουργεῖ ὑπὸ τάσιν 120 V καὶ τὸ ἐπαγόμενον αὐτοῦ ἔχει ἀντίστασιν 0,3 Ω. Ὄταν ὁ κινητῆρ στρέφεται ὑπὸ τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν, ἀπορροφᾷ ρεῦμα ἐντάσεως 12 A. Πόση ἡ ἀντι-ΗΕΔ αὐτοῦ.

2. Ἡ μεγίστη τιμὴ τῆς ἐντάσεως έναλλασσομένου ρεύματος εἶναι 6 A. Πόση ἡ ἐνεργὸς τιμὴ αὐτοῦ.

3. Ἡ ἐνεργὸς τάσις έναλλασσομένου ρεύματος εἶναι 120 V. Πόση ἡ μεγίστη τάσις.

4. Πηνίον αὐτεπαγωγῆς διὰ τὸ ὁποῖον εἶναι $L = 2$ H συνδέεται εἰς κύκλωμα έναλλασσομένου ρεύματος συχνότητος 60 Hz. Πόση ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις.

5. Πυκνωτὴς χωρητικότητος 30 μF συνδέεται εἰς κύκλωμα έναλλασσομένου ρεύματος συχνότητος 60 Hz. Πόση ἡ ἐν χωρητικότητι ἀντίστασις.

6. Πηνίον 1,5 H, πυκνωτὴς $C = 3$ μF καὶ ὁμικὴ ἀντίστασις 50 Ω συνδέονται ἐν σειρᾷ. καὶ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἐφαρμόζεται ἐνεργὸς τάσις 110 V, συχνότητος 60 Hz. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐνεργὸς ἐντάσις ρεύματος καὶ ἡ διαφορά φάσεως.

7. Πηνίον $L = 478$ μH. Πόση ἡ ἐξ αὐτεπαγωγῆς του ἀντίστασις, διὰ συχνότητα 1 000 Hz. Ἐάν τοῦτο συνδεθῇ ἐν σειρᾷ πρὸς ἀντίστασιν $R = 4$ Ω, πόση ἡ ἐνεργὸς ἐντάσις τοῦ ρεύματος, ὅταν ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις ἔχῃ ἐνεργὸν τιμὴν 110 V καὶ συχνότητα 100 Hz.

8. Μετασχηματιστῆς χρησιμεύει διὰ τὴν ὑποβίβασιν τῆς τάσεως, ὑποβιβάζει δὲ τὴν τάσιν ἀπὸ 2 400 V εἰς 120 V. Ἡ ἀποδιδόμενη ἰσχύς εἶναι 9 kW, ἡ δὲ ἀπόδοσις τοῦ μετασχηματιστοῦ 92%. Ἡ πρωτεύουσα περιελίξις ἔχει 4 000 σπείρας. Ζητοῦνται: α) ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν τῆς δευτερευούσης περιελίξεως. β) Πόση ἡ προσοδιδόμενη ἰσχύς εἰς τὴν πρωτεύουσαν περιελίξιν. γ) Πόσον τὸ ρεῦμα εἰς τὰς δύο περιελίξεις.

9. Πρόκειται νὰ μεταβιβασθῇ ἰσχύς 5 000 kVA ὑπὸ τάσιν 25 000 V καὶ εἰς ἀπόστασιν 25 km διὰ γραμμῆς ἐκ χαλκοῦ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν ἀπώλεια τάσεως δι' ἀνωτάτην φόρτισιν τοῦ ἀγωγοῦ (Σημ. Ἐν ἀρχῇ θὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος καὶ ἐκ τῆς δοθείσης τιμῆς φορτίου θὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀρμόζουσα τομὴ τοῦ ἀγωγοῦ).

10. Πόση εἶναι ἡ καταναλισκομένη ἰσχύς εἰς κινητῆρα μονοφασικὸν έναλλασσομένου ρεύματος, ὅταν ἡ ἐνεργὸς τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας αὐτοῦ εἶναι 220 V, ἡ ἐνεργὸς ἐντάσις 13,6 A, ὁ δὲ συντελεστὴς ἰσχύος εἶναι $\cos \varphi = 0,82$.

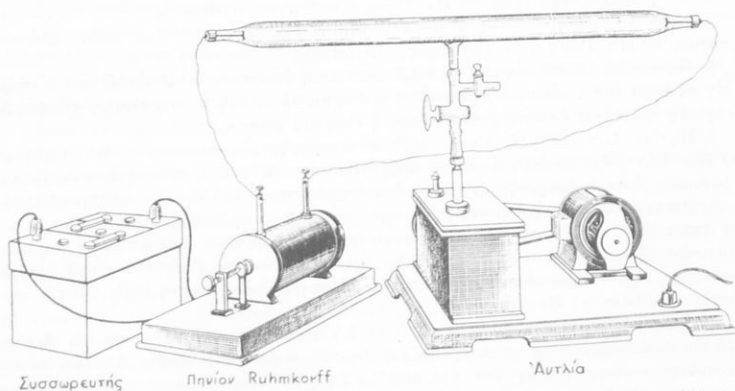
11. Μονοφασικὸς κινητῆρ λειτουργεῖ ὑπὸ ἐνεργὸν τάσιν 120 V καὶ ἐντάσιν ρεύματος 24,5 A, ἐκ μετρήσεων δὲ εὑρίσκεται ὅτι καταναλίσκει 2,352 kW. Πόσος ὁ συντελεστὴς ἰσχύος ὑπὸ τὸν ὁποῖον λειτουργεῖ ὁ κινητῆρ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΕ'

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΑΕΡΙΩΝ. ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΣ ΕΝ ΤΩ ΚΕΝΩ

318. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Τὰ αέρια ἐν γένει, ὑπὸ τὰς συνήθεις συνθήκας πίεσεως, εἶναι κακοὶ ἄγωγοι τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Οὕτω, φορτισμένον ἡλεκτροσκόπιον, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ξηρὰν ἀτμοσφαῖραν ἀέρος, δύναται νὰ διατηρήσῃ ἐπὶ μακρὸν χρόνον τὸ φορτίον αὐτοῦ, διότι ὁ ξηρὸς ἀήρ εἶναι κακὸς ἄγωγος τοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Ἐὰν ὅμως εἰς ἐπιμήκη ὑάλινον σωλῆνα (σχ. 405), εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου ἔχομεν τοποθετήσῃ διὰ συντήξεως δύο μεταλλικὰ ἡλεκτρόδια, ἐφαρμόσωμεν ὑψηλὴν τάσιν, π. χ. ἐκ τοῦ δευτερεύοντος συνήθους ἐπαγωγικοῦ πηνίου Rumkorrff, βλέπομεν ὅτι, ἐφ' ὅσον ἡ πίεσις τοῦ ἀέρος εἶναι περίπου ἴση πρὸς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν, ὁ σωλὴν παραμένει σκοτεινός.

Ἐὰν ἤδη μὲ τὴν βοήθειαν ἀεραντλίας ἀφαιρέσωμεν ἀέρα ἐκ τοῦ σωλῆνος,



Σχ. 405. Πειραματικὴ διάταξις παραγωγῆς ἡλεκτρικῶν ἐκκένωσης ἐντὸς σωλῆνος.

παράγεται ἡλεκτρικὴ ἐκκένωσις ἐντὸς αὐτοῦ, δηλ. παρατηρεῖται διόδος ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐνῶ ταυτοχρόνως ἀναφαίνεται φωτοβολία.

Ἡ ἐκκένωσις, ἀναλόγως τῆς τάξεως μεγέθους τοῦ κενοῦ, διέρχεται διὰ διαφόρων φάσεων. Οὕτω, ὅταν ἡ ἀραίωσις τοῦ ἀέρος εἶναι μικρά, ἡ ἐκκένωσις ἔχει τὴν μορφήν κυμαινομένων φωτεινῶν γραμμῶν, δηλ. προσομοιάζουσιν πρὸς τὸ σχῆμα κεραυνοῦ, καὶ ἐφ' ὅσον προχωρεῖ ἡ ἀραίωσις εὐρύνονται ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον, τείνουσαι νὰ καταλάβουν ὅλον τὸν χώρον τοῦ σωλῆνος, ὁ ὁποῖος δεικνύει τότε ὁμοιόμορφον φωτοβολίαν. Τέλος, ὅταν ἡ ἀραίωσις προχωρήσῃ σημαντικῶς, ἡ

ἐντὸς τοῦ σωλήνος φωτεινὴ στήλη διαχωρίζεται εἰς στρώματα, τὰ ὁποῖα ἀκολουθῶς ἐξαφανίζονται, καὶ ὅταν ἡ πίεσις γίνῃ ἴση πρὸς 0,02 Torr (mm Hg) ἡ ἀπέ-
ναντι τῆς καθόδου περιοχὴ τοῦ σωλήνος φθορίζει ὑπὸ πρᾶσινωπὸν χρῶμα, ἐνῶ ὁ ἐνδιάμεσος χώρος παραμένει σκοτεινός. Εἰς τὰ σχήματα 406-410 δεικνύονται αἱ διάφοροι φάσεις τῆς ἐκκε-
νώσεως διὰ πιέσεις ἀπὸ 40 ἕως 0,02 Torr.

319. Ἐφαρμογὴ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως πρὸς φωτισμόν. Ἡ περίπτωσις τῆς ἡλεκτρικῆς ἐκκενώσεως διὰ μέσου αερίων, ἐφ' ὅσον τὸ κενὸν ἐντὸς τοῦ σωλήνος εἶναι περίπου 10 Torr, εὐρίσκει σπουδαιότα-
την ἐφαρμογὴν κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὴν πραγμα-
τοποίησιν νεωτέρου τύπου λυ-
χνίας πρὸς ἡλεκτροφωτισμόν.

Φαντασθῶμεν ὅτι εἰς ὑάλινον σωλήνα ἔχομεν προσαρμῶσει διὰ συντήξεως δύο με-
ταλλικὰ ἡλεκτροδία (σχ. 411), καὶ ὅτι ἐντὸς αὐτοῦ ἔχομεν δημιουργήσει διὰ κατα-
λήλου ἀεραντλίας κενὸν περίπου 10 Torr. Ἐὰν ἐντὸς τοῦ σωλήνος ὑπάρχῃ ἀήρ,
τότε μεταξὺ τῶν δύο ἡλεκτροδίων ἀναπτύσσεται κατὰ τὴν ἐκκένωσιν ἰσχυροὺς φω-
τεινὴ ταινία, ἐὰν δὲ ἀντὶ ἀέρος ὑπάρχῃ ἄλλο αἶον, π. χ. νέον, ὁ σωλὴν φωτοβο-

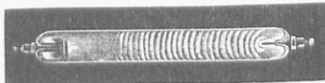
p = 40 Torr



p = 10 Torr



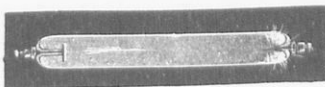
p = 1 Torr



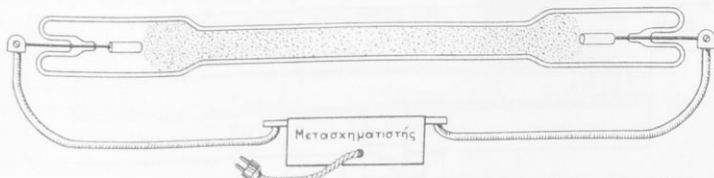
p = 0.5 Torr



p = 0.02 Torr



Σχ. 406-410. Διάφοροι μορφαὶ τῆς ἐκκενώ-
σεως ἐντὸς σωλήνος ὑπὸ διαφόρων πιέσεων.



Σχ. 411. Ἡ διὰ τοῦ μετασχηματιστοῦ ἐγκαθισταμένη ἡλεκτρικὴ τάσις προκαλεῖ
ἐκκένωσιν ἐμφανιζομένην ὑπὸ τὴν μορφήν φωτεινῆς στήλης καὶ σχηματιζομένην
μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων.

λεῖ ὑπὸ χρῶμα βαθὺ πορτοκαλλόχρουν, ἢ ἐὰν ὑπάρχῃ ἥλιον, τὸ χρῶμα εἶναι κυρι-
νέουθρον. Ἐν γένει δὲ τὸ χρῶμα τοῦ φωτὸς ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ περιε-

χομένον εις τὸν σωλῆνα αέριου. Τοιοῦτοι σωλῆνες χρησιμοποιοῦνται εὐρύτατα εἰς τὰς φωτεινάς διαφημίσεις.

320. Λυχνίαι φθορισμοῦ. Τελευταίως, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὸν φωτισμὸν μεγάλων αἰθουσῶν, καταστημάτων, ἐργαστηρίων, προθηκῶν κ.λ.π. αἱ **λυχνίαι φθορισμοῦ**, τῶν ὁποίων ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας εἶναι ἡ ἀκόλουθος:

Ἡ λυχνία πραγματοποιεῖται ὑπὸ ὑαλίνου ἐπιμήκους σωλῆνος 40 ἕως 150 cm κλειομένου κατὰ τὰ ἄκρα αὐτοῦ ἀεροστεγῶς. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ σωλῆνος προσαρμολίζονται κατάλληλα ἠλεκτροδία διὰ τῶν ὁποίων συνδέεται ὁ σωλὴν πρὸς τὴν πηγὴν. Ὁ σωλὴν εἶναι πλήρης ἀπὸ εὐγενὲς αέριον καὶ ἐντὸς αὐτοῦ προστίθεται ἐπίσης σταγὼν ὕδραργύρου, πρὸς ἀνάπτειν ἀτμῶν ὕδραργύρου, ἐνῶ ἐσωτερικῶς ὁ σωλὴν ἐπιχρίεται ὑπὸ στρώματιος ἐκ φθοριζούσης οὐσίας.

Ἐὰν ὁ σωλὴν συνδεθῇ καταλλήλως πρὸς πηγὴν τάσεως π.χ. 220 V, τότε, λόγῳ ἐκκενώσεως, ὁ ἐν αὐτῷ ὑπάρχων ἀτμὸς ὕδραργύρου ἐκπέμπει ἔντονον ὑπεριώδες φῶς, τὸ ὁποῖον ἀπορροφᾶται ὑπὸ τοῦ φθορίζοντος στρώματος τοῦ ὑπάρχοντος εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ σωλῆνος καὶ ἐπανεκπέμπεται ἀκολουθῶς ὑπ' αὐτοῦ ὡς ὁρατὸν λευκὸν φῶς.

Αἱ λυχνίαι αὗται ἔχουν μεγάλην ἀπόδοσιν, διότι ἡ ποσότης τοῦ ὁρατοῦ λευκοῦ φωτὸς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν ἀνὰ μονάδα καταναλισκομένης ἠλεκτρικῆς ἰσχύος εἶναι μεγαλύτερον, ὥς καταφαίνεται ἐκ τοῦ κάτωθι πίνακος:

Συγκριτικὸς πίναξ λυχνιῶν διαφόρων τύπων

Λυχνία	Watt	Ἔντασις εἰς κηρία	Ἀπόδοσις εἰς κηρία/Watt
Συνήθης λυχνία φωτισμοῦ	60	66	1,10
Λυχνία τόξου ὕδραργύρου	100	278	2,78
Λυχνία φθορισμοῦ	40	167	4,17

321*. Μηχανισμὸς τῆς λειτουργίας τῆς λυχνίας. Τὸ σχῆμα 412 δεικνύει τὸν τρόπον τῆς λειτουργίας λυχνίας φθορισμοῦ, τροφοδοτουμένης ὑπὸ δικτύου ἐναλλασσομένου ρεύ-



Σχ. 412. Συνδεσμολογία λυχνίας φθορισμοῦ.

ματος 220 V. Ὅταν κλείεται ὁ διακόπτης καὶ διέρχεται ρεῖμα, ἡ διαφορὰ δυναμιμοῦ, εἰς τὰ ἄκρα τῆς διατάξεως τοῦ ἐκκινητοῦ (starter) τῆς λυχνίας, εἶναι ἰκανὴ νὰ προκαλέσῃ

ἐκκένωσιν μεταξύ τοῦ διμεταλλικοῦ ἡλεκτροδίου σχήματος U καὶ ἄλλου εὐθέως ἡλεκτροδίου τοῦ ἐκκινητοῦ, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἐντὸς σωληνίσκου ὅπου ὑπάρχει αέριον ὑπὸ ἡλαττομένην πίεσιν. Λόγῳ ὅμως τῆς ἐκλυομένης θερμότητος εἰς τὸν ἐκκινητὴν, τὸ διμεταλλικὸν ἡλεκτροδίων παραμορφοῦται καὶ οὕτω ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν πρὸς τὸ ἕτερον ἡλεκτροδίων τοῦ ἐκκινητοῦ, βραχυκυκλομένου οὕτω τοῦ διακένου. Ὅταν ὅμως συμβῇ τοῦτο παύει ἡ ἐκκένωσις εἰς τὸν ἐκκινητὴν καὶ ταυτοχρόνως κλείεται τὸ κύκλωμα τῆς κυρίως λυχνίας, οὕτω δὲ ἰσχυρὸν ρεῦμα διέρχεται διὰ τῶν δύο σπειροειδῶν ἡλεκτροδίων A καὶ B τοῦ σωλήνος, τὰ ὁποῖα χρησιμεύουν ταυτοχρόνως καὶ ὡς θερμαντήρες. Ἐκ τῆς θερμότητος τῆς ἐκλυομένης ὑπὸ τῶν δύο σπειροειδῶν ἡλεκτροδίων τῆς λυχνίας διευκολύνεται ἡ ἐξάερωσις καὶ ὁ ἰονισμὸς (βλ. § 327) τοῦ ἐν αὐτῇ ὑδραργύρου, ἐμπλουτιζομένου οὕτω τοῦ μίγματος με ἀτμοὺς ὑδραργύρου. Ἐν συνεχείᾳ τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ ἐκκινητοῦ, παραμορφούμενα, προκαλοῦν διακοπὴν τοῦ κυκλώματος.

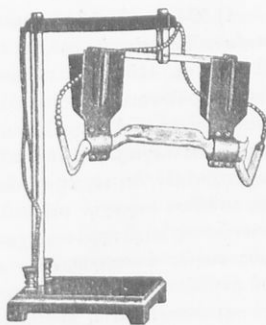
Λόγῳ ὅμως τῆς διακοπῆς τοῦ ρεύματος ἀναπτύσσεται ἐκ τῆς αὐτεπαγωγῆς τοῦ ἐν σειρᾷ τιθεμένου πηνίου στιγμιαία ὑπέρτασις, ἡ ὁποία διεγείρει τὴν ἐκκένωσιν διὰ μέσου τοῦ σωλήνος, ἥτις καὶ συντηρεῖται σταθερῶς. Ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐκκινητοῦ εἶναι τώρα μικρὰ καὶ, συνεπῶς, διὰ τοῦ ἐκκινητοῦ καθ' ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας τῆς λυχνίας δὲν κυκλοφορεῖ ρεῦμα.

Ἡ διάρκεια τῆς ζωῆς μιᾶς τοιαύτης λυχνίας εἶναι περίπου 2 500 ἕως 4 000 ὥρας, ἐναντί 1 000 περίπου ὥρων τῶν συνήθων ἡλεκτρικῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ, ἐξαρτάται δὲ ἡ διάρκεια ζωῆς ἀπὸ τὴν συχνότητα ἀφῆς τῆς λυχνίας, λόγῳ καταστροφῆς τοῦ ἐκκινητοῦ.

Παραλλήλως πρὸς τὸν ἐκκινητὴν συνδέεται μικρὸς πυκνωτὴς C, ὁ ὁποῖος χρησιμεύει ὡς ἀντιπαραστικὴ διάταξις, λόγῳ τῆς παραγωγῆς τοῦ σπινθήρος, διὰ νὰ μὴ ἐνοχλῶνται τὰ ραδιόφωνα καὶ διὰ τὴν καλυτέραν λειτουργίαν τοῦ ἐκκινητοῦ.

322. Λυχνία ὑδραργύρου. Αὗται χρησιμεύουν δι' ἐργαστηριακὰς ἀνάγκας καὶ εἰς τὴν θεραπευτικὴν, διότι ἡ ἀκτινοβολία αὐτῶν εἶναι πλουσία εἰς υπεριώδεις ἀκτίνες.

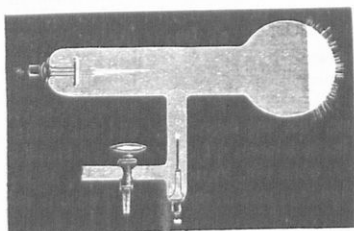
Λίαν συνήθης τύπος εἶναι ἡ λυχνία τοῦ σχήματος 413, χρησιμεύουσα κυρίως πρὸς παραγωγὴν *υπεριώδους φωτός*. Ἀποτελεῖται ἀπὸ σωλῆνα ἐκ χαλαζίου, εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου διὰ συντήξεως ἔχουν προσαρμοσθῇ δύο ἡλεκτρόδια, πρὸς τοῦτοις δὲ φέρεται καὶ μικρὸν ὑποδοχέα πλήρη ὑδραργύρου. Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἡλεκτρόδια πρὸς ἡλεκτρικὴν πηγὴν καὶ κλίνωμεν καταλλήλως τὸν σωλῆνα, τὸ μεταξὺ τῶν ἡλεκτροδίων διάστημα γεφυροῦται ὑπὸ λεπτῆς φλεβῆς ὑδραργύρου καὶ οὕτω τὸ κύκλωμα κλείεται. Ἐὰν δὲ ἐκ νέου ἐπαναφέρωμεν τὸν σωλῆνα εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν, ἡ φλεβὴ τοῦ ὑδραργύρου διακόπτεται, ὁπότε εἰς τὰ ἄκρα τῆς διακοπῆς ἀναπτύσσεται ἡλεκτρικὸν τόξον.



Σχ. 413. Λυχνία ἀτμῶν ὑδραργύρου.

323. Καθοδικαὶ ἀκτίνες. Θεωρήσωμεν τὸν σωλῆνα (σχ. 414), εἰς τὸν ὁποῖον ἡ ἀραίωσις τοῦ αέρος ἔχει προχωρήσει σημαντικῶς, ὥστε νὰ ἔχωμεν ὑπερβῇ τὴν κατάστασιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐκκένωσις παρουσιάζει τὴν μορφὴν στρωμάτων. Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ ἡλεκτρόδια τοῦ σωλήνος πρὸς πηγὴν ὑψηλῆς τάσεως μερικῶν χιλιάδων Volt, παρατηροῦμεν ὅτι λαμβάνει χώραν ἐκκένωσις, δηλαδὴ ὁ

ἐντὸς τοῦ σωλῆνος χώρος καθίσταται ἡλεκτρικῶς ἀγώγιμος καί, ἐνῶ ἐν τῷ συνόλῳ



Σχ. 414. Σωλήν διὰ τὴν ἐπίδειξιν τοῦ φθορισμοῦ τῆς ὑάλου, τοῦ προκαλουμένου ὑπὸ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων. Διὰ τῆς στρόφιγγος ἀφαιρεῖται ὁ ἀήρ. Ἀριστερά: κάθοδος. Κάτω: ἄνοδος.

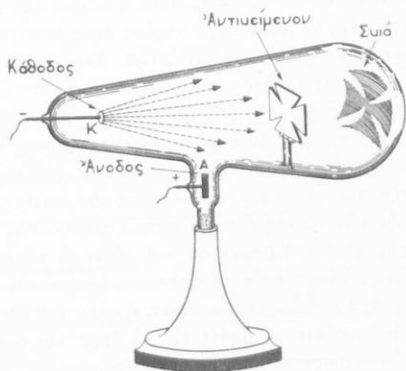
του ὁ σωλὴν φαίνεται σκοτεινός, ἢ ἀπέναντι τῆς καθόδου, ἤτοι ἢ ἀπέναντι πρὸς τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτροδίου περιοχὴ τοῦ σωλῆνος ἐκπέμπει ζωηρὸν φῶς ἐκ φθορισμοῦ καὶ μάλιστα ἀνεξαρτήτως τῆς θέσεως τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ ἡλεκτροδίου τῆς ἀνόδου, ἢ ἄλλως τὸ θετικὸν ἡλεκτροδίου τοῦ σωλῆνος.

Ἐκ τῆς ἐρεῦνης τοῦ φαινομένου τούτου κατεδείχθη ὅτι, ὅταν ἡ ἐντὸς τοῦ σωλῆνος πίεσις τοῦ ἀέρος ἐλαττωθῇ κάτω τοῦ 1 Torr, ἀναπτύσσεται ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσεως ἰδιάζουσα μορφή ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἐκπορεύονται ἐκ τῆς καθόδου καὶ ὁδεύουν εὐθύγραμμως, οἷανδῇ-

ποτε θέσιν καὶ ἂν ἔχη ἡ ἄνοδος, ὥς ἐκ τούτου δὲ αἱ ἀκτίνες αὗται ἐκλήθησαν **καθοδικαὶ ἀκτίνες**.

324. Ἰδιότητες τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων. Ἐκ τῆς συστηματικῆς μελέτης τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἀπεκαλύφθη ὅτι αὗται παρουσιάζουν τὰς ἀκολούθους ιδιότητας :

1) **Ὁδεύουν εὐθύγραμμως καὶ ἔχουν φορὰν ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὴν ἄνοδον.** Ἐὰν εἰς τὸν σωλῆνα ἐκκενώσεως (σχ. 415) ἔχομεν τοποθετήσῃ μικρὸν σταυρὸν ἐκ μεταλλικοῦ ἐλάσματος, π.χ. ἐξ ἀργιλίου, καὶ ἀκολουθῶς διεγείρωμεν τὸν σωλῆνα, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἀπέναντι τῆς καθόδου περιοχὴν τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσεως παρατηρεῖται σχηματισμὸς σαφῶς ἐκπεφρασμένης σκιᾶς τοῦ μεταλλικοῦ σταυροῦ, ἐκ τούτου δὲ καταδεικνύεται ἡ εὐθύγραμμος διάδοσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.



Σχ. 415. Ἡ ἀπεικόνισις τοῦ σταυροῦ εἰς τὸ τοίχωμα ἀποδεικνύει τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.

2) **Διεγείρουν τὸν φθορισμὸν διαφόρων σωμάτων.** Τοῦτο δεικνύεται ἐκ τοῦ φθορισμοῦ τῶν τοιχωμάτων τῆς ὑάλου τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσεως. Ἐξ ἄλλου, ἐὰν χρησι-

μοποιήσωμεν σωλῆνα ἐκκενώσεως (σχ. 415), εἰς τὸν ὁποῖον ἔχομεν φροντίσει ν' ἀντικαταστήσωμεν τὸν σταυρὸν διὰ καταλλήλου ὑποδοχέως ἐπὶ τοῦ ὁποίου νὰ

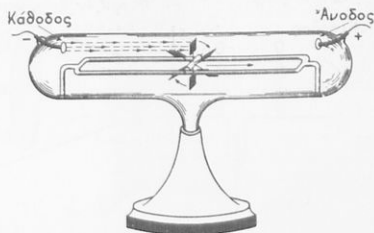
ἔχωμεν τοποθετήσει φθοριζούσας οὐσίας, ὡς π. χ. θειοῦχον ψευδάργυρον ἢ ἀσβεστίτην, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ οὐσίαι αὗται, προσβαλλόμεναι ὑπὸ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, φωτοβολοῦν.

3) **Προσβάλλουν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα.**

4) **Διαπερνὸν λεπτότατα φύλλα μετάλλων** (πάχους 0,003 ἕως 0,02 mm).

Οὕτω, ἐὰν ἡ ἀπέναντι τῆς καθόδου περιοχὴ τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσῃ ἀποτελεῖται ἐκ λεπτοτάτου μεταλλικοῦ φύλλου ἔξ ἀργιλίου (λεπτοτέρου ἐκείνου τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖται εἰς τὰ κυττὰ τῶν σιγαρέττων), ἐκ τοῦ πειράματος δεικνύεται ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐξέρχονται καὶ ἔξω τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσεως. (Ἀκτίνες Lenard).

5) **Παράγουν μηχανικὰ φαινόμενα.** Οὕτω, ἐλαφρὸς μύλος τεθειμένος ἐντὸς καθοδικοῦ σωλῆνος (σχ. 416) τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

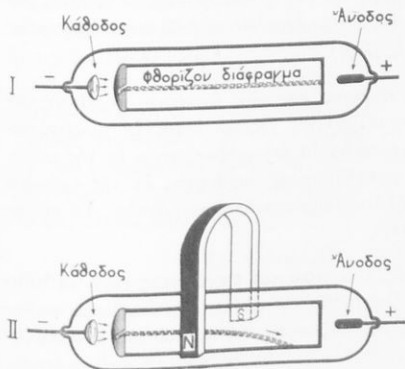


Σχ. 416. Ὅταν ὁ σωλὴν διεγερθῇ, ὁ μύλος τίθεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.

6) **Προκαλοῦν θέρμανσιν τῶν σωμάτων.** Οὕτω αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες, ἀνακοπτόμεναι ὑπὸ στερεῶν σωμάτων, π.χ. ἐλάσματος ἐκ λευκοχρύσου ἢ χαλκοῦ, προκαλοῦν θέρμανσιν αὐτῶν.

7) **Ἐκτρέπονται ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.** Οὕτω, ἐὰν ἐντὸς τοῦ ἐπιμήκους σωλῆνος ἐκκενώσεως τοποθετήσωμεν

φθορίζον διάφραγμα (σχ. 417, I) καὶ διεγείρωμεν τὸν σωλῆνα, τότε ἡ δέσμη τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ἀποτυπώνει ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος φωτεινὴν εὐθείαν γραμμὴν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ τὸ ἔχνος τῆς δέσμης. Ἐὰν ἤδη ἄνωθεν τοῦ σωλῆνος τοποθετήσωμεν μαγνήτην, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 417, II, αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἐκτρέπονται, ὡς τοῦτο δεικνύεται σαφῶς ἐκ τῆς μεταβολῆς τῆς θέσεως τοῦ ἔχνου αὐτῶν ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Ἐὰν περιστρέψωμεν τὸν μαγνήτην, ὥστε νὰ ἀναστραφῇ ἡ θέσις τῶν πόλων αὐτοῦ ἐν σχέσει πρὸς τὰς

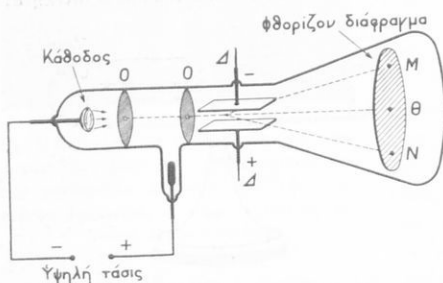


Σχ. 417. Ἐκτροπὴ καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου.

καθοδικὰς ἀκτίνας, ἡ ἐκτροπὴ τούτων γίνεται κατ' ἀντίθετον φορὰν. Ἐὰν συγκρίνωμεν τὴν ἐκτροπὴν τῆς δέσμης καθοδικῶν ἀκτίνων πρὸς τὴν ἐκτροπὴν εὐθέως ρεύματος ὑπὸ μονίμου μαγνήτου (βλ. σχ. 338), παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἐκτροπὴ τῶν

καθοδικῶν ἀκτίνων συμπίπτει πρὸς ρεῦμα ἔχον ἀντίθετον διεύθυνσιν πρὸς τὴν διάδοσιν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, ἐκ τούτου δὲ συνάγομεν ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀρνητικῶς φορτισμένα σωματῖα.

8) **Ἐκτρέπονται ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.** Ἡ ἐκτροπὴ αὕτη δεικνύεται διὰ τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 418. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἐκκενώσεως τοποθετοῦ-



Σχ. 418. Ἐκτροπὴ καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

μεν, εἰς τὴν πορείαν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, μικρὸν πυκνωτὴν ΔΔ, εἰς τρόπον ὥστε ἡ καθοδικὴ δέσμη νὰ διέρχεται διὰ τοῦ μεταξὺ τῶν δύο ὀπλισμῶν αὐτοῦ χώρου, ὁποῖε εἰς τὴν ἀπέναντι περιοχὴν τοῦ σωλῆνος σχηματίζεται ἐπὶ φθορίζοντος διαφράγματος κεντρικὴ φωτεινὴ κηλὶς Θ. Ἐὰν συνδέσωμεν τὸν πυκνωτὴν πρὸς πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, τότε ἀναλόγως τῆς πολικότητος τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ ἡ κηλὶς ἐκτρέπεται πρὸς

τὰ ἄνω (M) ἢ πρὸς τὰ κάτω (N), ἐξ οὗ ἀποδεικνύεται ἡ ἐκτροπὴ τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἐκ τῆς ὁποίας πάλιν συνάγομεν ὅτι πρόκειται περὶ σωματιδίων ἀρνητικῶς φορτισμένων. Πράγματι, τὰ σωματῖα διὰ ἀποτελοῦντα τὰς καθοδικὰς ἀκτίνας συμπεριφέρονται ἐντὸς τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, μεταξὺ τῶν ὀπλισμῶν τοῦ πυκνωτοῦ, ὡς ὑλικά σωματῖα, αἵτινα βάλλονται ὀριζοντιῶς καὶ εὐρίσκονται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τῆς βαρύτητος.

325. **Φύσις τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων.** Ἐκ τῶν ἀνωτέρω πειραματικῶν δεδομένων κατεδείχθη ὅτι αἱ καθοδικαὶ ἀκτίνες ἀποτελοῦνται ἐκ μικροτάτων σωματίων, φερόντων ἀρνητικὸν φορτίον, τὰ ὅποια ἐκσφενδονίζονται ἐκ τῆς καθόδου καὶ κινοῦνται εὐθυγράμμως μετὰ καταπληκτικῆς ταχύτητος, ἐκ τῆς καθόδου πρὸς τὸν ἀπέναντι αὐτῆς χώρον, οἰανδήποτε θέσιν καὶ ἂν ἔχη ἡ ἄνοδος. Τὰ σωματῖα ταῦτα εἰδείχθη ὅτι εἶναι **ἡλεκτρόνια**.

326*. Προσδιορισμὸς τῆς μάζης, φορτίου καὶ ταχύτητος τῶν καθοδικῶν σωματίων. Ἐκ μετρήσεων τῆς ἡλεκτρικῆς καὶ μαγνητικῆς ἐκτροπῆς, καθωρίσθη ὅτι ὁ λόγος τοῦ φορτίου e πρὸς τὴν μάζαν m τοῦ καθοδικοῦ σωματιδίου εἶναι :

$$\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^8 \text{ Cb/gr}$$

Τὸ μέγεθος τοῦτο καλεῖται **εἰδικὸν φορτίον**. Ἐξ ὧων ὁμῶς τῶν μέχρι τοῦδε γνωστῶν στοιχείων, ὡς γνωρίζομεν ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς ἡλεκτρολύσεως, τὸ μεγαλύτερον εἰδικὸν φορτίον ἔχει τὸ ἐλαφρότερον τῶν ἰόντων, ἥτοι τὸ τοῦ ὑδρογόνου,

του οποίου το ειδικόν φορτίον έχει τιμήν 96 500 Cb/gr. Πράγματι, γνωρίζομεν ότι πρὸς 1 γραμμοισοδύναμον ὑδρογόνου (βλ. § 204), ἤτοι 1 gr, συνδέεται πάντοτε ποσὸν ἡλεκτρισμοῦ 96 500 Cb, ἐπομένως τὸ ειδικόν φορτίον τοῦ ὑδρογόνου εἶναι 96 500 Cb/gr.

Τὸ σωματίον ὅμως τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, διὰ τὰ παρουσιάζει τόσον μεγάλην τιμήν ειδικοῦ φορτίου, πρέπει ἀπαραιτήτως νὰ ἔχη μᾶζαν, ἢ ὁποία νὰ εἶναι 1840 φορές μικροτέρα τῆς μάζης τοῦ ἐλαφροτέρου τῶν ἀτόμων, ἤτοι τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου.

Ἐνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ἐδέχθησαν ὅτι τὸ καθοδικὸν σωματίον εἶναι αὐτὸ τοῦτο τὸ ἀρνητικὸν ἡλεκτρόνιον, τοῦ οποίου τὴν ὑπαρξίν ἐδέχθημεν κατὰ τὴν σπουδὴν τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως.

Τὴν τιμὴν τοῦ φορτίου τοῦ ἡλεκτρονίου ἐμέτρησε ὁ Φυσικὸς **Millikan**, δι' ἀμέσου μεθόδου, τῆς ὁποίας ἡ περιγραφὴ ἐκφεύγει τῶν ὁρίων τοῦ βιβλίου τούτου, εἶρε δὲ ὁ Millikan ὅτι τὸ φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου εἶναι :

$$e = 1,59 \cdot 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

Ἐξ ἄλλου ἐκ τοῦ φαινομένου τῆς ἡλεκτρολύσεως δυνάμεθα ἐπίσης νὰ προσδιορίσωμεν τὸ φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου. Πράγματι, γνωρίζομεν ὅτι εἰς ἓν γραμμοισοδύναμον ὑδρογόνου, ἤτοι πρὸς 1,008 gr ὑδρογόνου, ἀντιστοιχεῖ ἡλεκτρικὸν φορτίον 96 500 Cb (βλ. σελ. 186).

Ἐπίσης γνωρίζομεν ὅτι εἰς 1 γραμμομόριον (1 Mol) ὑδρογόνου, ἤτοι εἰς 2,016 gr ὑδρογόνου περιέχονται $6 \cdot 10^{23}$ μόρια (ἀριθμὸς Loschmidt) καὶ ἐπειδὴ εἰς ἕκαστον μόριον ὑδρογόνου περιέχονται δύο ἄτομα, ἔπεται ὅτι ἡ μᾶζα ἐνὸς ατόμου ὑδρογόνου θὰ εἶναι :

$$\text{Μᾶζα ατόμου H} = \frac{2,016}{2 \times 6 \cdot 10^{23}} = 1,6 \cdot 10^{-24} \text{ gr}$$

Γνωρίζομεν ἐπίσης ἐκ τῆς ὑποθέσεως τοῦ Helmholtz (βλ. σελ. 188) ὅτι πρὸς τὸ ἄτομον ἐκάστου μονοσθενοῦς στοιχείου συνδέεται ἓν στοιχειῶδες ἡλεκτρικὸν φορτίον, ἤτοι ἓν ἡλεκτρόνιον, ἐὰν δὲ λάβωμεν ὑπ' ὄψιν ὅτι εἰς 1,008 gr ὑδρογόνου εἰς τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν $6 \cdot 10^{23}$ ἄτομα, τὰ ὁποῖα φέρουσιν ἓν συνόλον φορτίον 96 500 Cb, ἔπεται ὅτι τὸ φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου, τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓν ἰὸν ὑδρογόνου, θὰ εἶναι :

$$e = \frac{96\,500}{6 \cdot 10^{23}} = 1,59 \cdot 10^{-19} \text{ Cb}$$

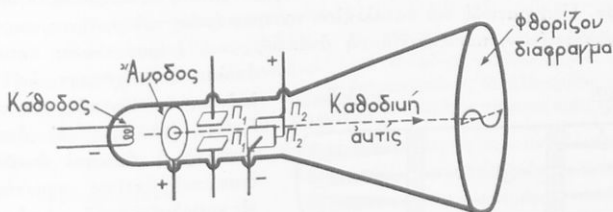


ROBERT A. MILLIKAN
(1868 -)

Ἀμερικανὸς Φυσικὸς. Ὀνομαστὸς διότι πρῶτος ἐμέτρησε μετὰ μεγάλης ἀκριβείας τὸ φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου. Ἐτιμήθη πρὸς τοῦτο διὰ τοῦ βραβείου Nobel τὸ 1923. Διεξήγαγε πρὸς τούτοις πολλὰς πειραματικὰς ἐρεῦνας ἐπὶ τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων.

ἐκκενώσεως παράγονται καθοδικαὶ ἀκτῖνες, αἱ ὁποῖαι, ἔνεκα τῆς ἐπιταχύνσεως τὴν ὁποῖαν ὑπέστησαν τὰ ἀποτελοῦντα αὐτὰς ἠλεκτρονία ἐν τῷ πεδίῳ ἐκκενώσεως, διαδίδονται εὐθυγράμμως καὶ μὲ σταθερὰν ταχύτητα πέραν τῆς περιοχῆς τῆς ἀνόδου καὶ προσκρούουν ἐπὶ τοῦ ἀντικειμένου τοιχώματος τοῦ σωλῆνος. Ἐπειδὴ δὲ τὸ τοίχωμα τοῦτο εἶναι κεκαλυμμένον ὑπὸ φθορίζοντος ἐπιστρώματος, σχηματίζεται ἐπ' αὐτοῦ φωτεινὴ κηλὶς Θ. Τὰ διαφράγματα Ο, Ο' χρησιμεύουν διὰ τὸν περιορισμὸν τῆς καθοδικῆς δέσμης. Ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ἐνσωματοῦται καὶ ἐπίπεδος πυκνωτὴς Δ, Δ', μεταξὺ τῶν πλακῶν τοῦ ὁποῖου διέρχεται ἡ καθοδικὴ δέσμη. Ἐὰν ὁ πυκνωτὴς εἶναι ἀφόρτιστος, ἡ φωτεινὴ κηλὶς ἀναφαίνεται εἰς τὸ κέντρον τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Ἐὰν ὁμως ὁ πυκνωτὴς συνδέεται πρὸς συνεχῆ τάσιν, ἀναλόγως τοῦ εἵδους τῶν φορτίων τῶν πλακῶν αὐτοῦ, ἡ φωτεινὴ κηλὶς ἐκτρέπεται πρὸς τὰ ἄνω ἢ πρὸς τὰ κάτω (Μ ἢ Ν). Ἐὰν ὁμως οἱ πόλοι τοῦ πυκνωτοῦ συνδεθῶν πρὸς πηγὴν ἐναλλασσομένης τάσεως, τότε ἀντὶ φωτεινῆς κηλίδος, ἔνεκα τῆς διαρκείας τῆς φωτεινῆς ἐντυπώσεως, ἀναφαίνεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος μικρὰ φωτεινὴ γραμμὴ. Ἐὰν ἐξ ἄλλου παρατηροῦμεν τὴν φωτεινὴν γραμμὴν ὄχι ἀπ' εὐθείας, ἀλλὰ τὸ εἶδωλον αὐτῆς διὰ μέσου ἐπιπέδου κατόπτρου, τὸ ὁποῖον περιστρέφωμεν περὶ τὸν ἄξονα (περιστρεπτον κάτοπτρον), βλέπομεν νὰ σχηματίζεται ἡ γνωστὴ ἡμιτονοειδὴς καμπύλη (βλ. σχ. 390) ἡ δεικνύουσα τὸν νόμον τῆς μεταβολῆς τοῦ ρεύματος.

Ὁ ἀνωτέρω ἀπλούστατος τύπος καθοδικοῦ παλμογράφου ἐτελειοποιήθη ὡς ἑξῆς: Αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες γεννῶνται ὑπὸ πυρακτωμένης καθόδου, ἡ ὁποία ἐκ-

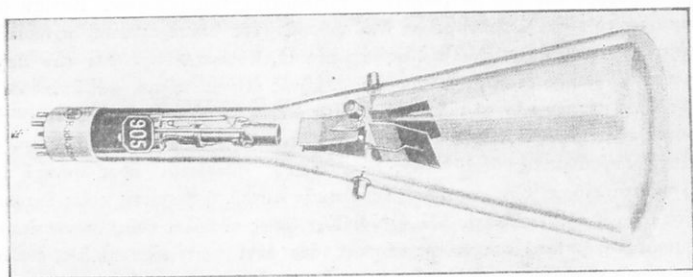


Σχ. 420. Καθοδικὸς παλμογράφος.

πέμπει θερμικὰ ἠλεκτρονία (βλ. § 330), τὰ ὁποῖα κατόπιν ἐπιταχύνονται ἐντὸς καταλλήλου ἠλεκτρικοῦ πεδίου. Ἐξ ἄλλου, χρησιμοποιοῦνται καὶ ἄλλαι πρόσθετοι διατάξεις, διὰ τὴν ἐπιτυχίαν ὅσον τὸ δυνατόν σημειώδους κηλίδος. Πρὸς τούτοις, ἡ συσκευή ἐφοδιάζεται καὶ δι' ἐιδικῆς διατάξεως, ἡ ὁποία δημιουργεῖ τὸν ἄξονα χρόνου, οὗτο δὲ ἀποφεύγεται ἡ χρησιμοποίησις τοῦ περιστρεπτοῦ κατόπτρου διὰ τὴν παρατήρησιν.

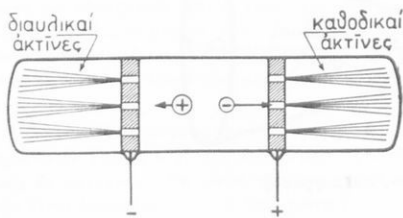
Εἰς τὸ σχῆμα 420 δεικνύεται τελειοποιημένος τύπος καθοδικοῦ παλμογράφου, εἰς τὸν ὁποῖον τὸ δευτερεῖον σύστημα πλακῶν (Π_1, Π_2) χρησιμεύει διὰ τὸν ἐφοδιασμὸν τῆς διατάξεως μὲ ἄξονα χρόνου. Ἐπὶ τῶν πλακῶν Π_1, Π_2 ἐφαρμόζεται τὸ ὑπὸ

μελέτην ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὁποίου ἡ παραστατική καμπύλη σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ φθορίζοντος διαφράγματος. Τὸ σχῆμα 421 δεικνύει φωτογραφίαν παλμογράφου νεωτέρου τύπου.



Σχ. 421. Φωτογραφία καθοδικοῦ παλμογράφου.

329. Διαυλικά ἀκτίνες. Ἐφ' ὅσον τὰ ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὰς καθοδικὰς ἀκτίνας, γεννῶνται, ὡς εἶδομεν, ἐκ τῶν μορίων τοῦ ἀέρος τὰ ὁποῖα ὑφίστανται εἰς τοὺς σωλῆνας παραγωγῆς τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, θὰ ἔπρεπε νὰ παρατηρηθῇ, ἐκτὸς τῶν ηλεκτρονίων, ἤτοι τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, καὶ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου ἢ ἀτόμου, μετὰ τὴν ἀφαίρεσιν ἀπ' αὐτοῦ ἐνὸς ηλεκτρονίου, τὸ ὁποῖον θὰ ἀποτελῇ θετικῶς φορτισμένον συγκρότημα, ἢ ὡς συνήθως λέγομεν **θετικὸν ἰόν**. Πράγματι δὲ διὰ καταλλήλου τροποποιήσεως τοῦ σωλῆνος παραγωγῆς καθοδικῶν ἀκτίνων, παρατηρεῖται ἡ ἀνάπτυξις καὶ ἑτέρου εἶδους ἀκτίνων, αἱ



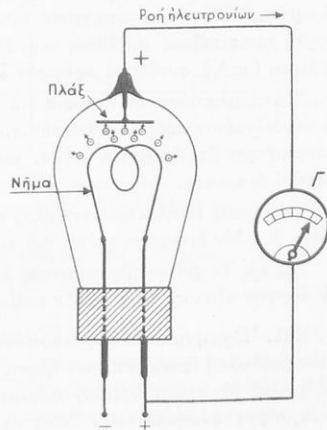
Σχ. 422. Σωλὴν διὰ τὴν κατανόησιν τῆς παραγωγῆς καθοδικῶν καὶ διαυλικῶν ἀκτίνων.

ὁποῖαι ἀπεδείχθησαν ὅτι ἀποτελοῦνται ἐκ θετικῶς φορτισμένων ἰόντων, ἐκλήθησαν δὲ **διαυλικά ἀκτίνες** ἢ **θετικά ἀκτίνες**. Αἱ διαυλικά ἀκτίνες παρατηροῦνται εἰς καθοδικὸν σωλῆνα ὡς ὁ τοῦ σχήματος 422, εἰς τὸν ὁποῖον ὡς κάθοδος χρησιμοποιεῖται διάτρητος μεταλλικὴ πλάξ. Ἐάν διεγείρωμεν τὸν σωλῆνα, αἱ ἐν αὐτῷ ἀναπτυσσόμεναι καθοδικαὶ ἀκτίνες ὁδεύουν ἐκ τῆς καθόδου εὐθυγράμμως πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ διεγείρουν τὸν φθορισμὸν τῶν τοιχωμάτων τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος, ἐνῶ εἰς τὸν ὀπισθεν τῆς καθόδου χώρον τοῦ σωλῆνος ἀναφαίνεται ἀκτινοβολία ἐρυθροποῦ χρώματος, ἐφ' ὅσον ἐν τῷ σωλῆνι ὑφίσταται ἀραιωμένος ἀήρ, ἡ ἀκτινοβολία δὲ αὕτη ἀπεδείχθη ὅτι προέρχεται ἐκ θετικῶς φορτισμένων σωματίων, τὰ ὁποῖα διεπιστώθη ὅτι εἶναι μόρια ἢ ἄτομα ἀερίου φέροντα θετικὸν φορτίον, ἤτοι ἰόντα. Ἡ φύσις τῶν ἰόντων τούτων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς φύσεως τοῦ

πληρουόντος τὸν σωλήνα ἀερίου, οὕτω δὲ διακρίνομεν διαυλικὰς ἀκτῖνας ὑδρογόνου, ὀξυγόνου, ἄζωτου κ.ο.κ.

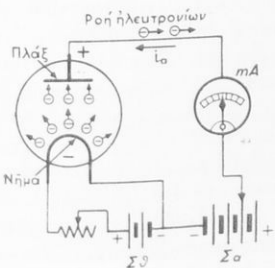
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑΙ ΛΥΧΝΙΑΙ

330. Φαινόμενον Edison. Ἐκτὸς τῆς ἐμφανίσεως ἡλεκτρονίων εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν καθοδικῶν ἀκτῖνων, παρατηρήθη βραδύτερον ὅτι ταῦτα ἐμφανίζονται καὶ εἰς διαφόρους ἄλλας περιπτώσεις, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἡ πρώτη κατὰ χρονολογικὴν σειρὰν εἶναι γνωστὴ ὑπὸ τὸν ὄρον **φαινόμενον τοῦ Edison**. Οὕτω ἀπὸ τοῦ 1883 ὁ **Edison**, ὁ ὁποῖος εἶναι καὶ ὁ ἐφευρέτης τῶν ἡλεκτρικῶν λυχνιῶν πυρακτώσεως, παρατήρησεν ὅτι ἐὰν ἐντὸς λυχνίας πυρακτώσεως τοποθετήσωμεν, εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ νήματος πυρακτώσεως, μεταλλικὴν πλάκα καὶ συνδέσωμεν αὐτήν, μέσῳ γαλβανομέτρου, πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς πηγῆς τῆς τροφοδοτοῦσης τὸ νήμα τῆς λυχνίας (σχ. 423), παρατηρεῖται διὰ τοῦ γαλβανομέτρου δίοδος ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα αὐτοῦ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον δὲν συμβαίνει ὅταν ἡ πλάξ συνδέεται μέσῳ τοῦ γαλβανομέτρου πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς τροφοδοτήσεως. Τὸ φαινόμενον τοῦτο παρέμεινε ἀνεξήγητον μέχρι τοῦ 1901, ὁπότε διὰ πρῶτην φορὰν ἐξήγησε αὐτὸ ὁ **O. W. Richardson**, ὁ ὁποῖος ἀπέδειξεν ὅτι ὠρισμένα σώματα, ὡς π.χ. μεταλλικὰ σύρματα ἐν διαπύρρῳ καταστάσει, ἐκπέμπουν, εἰς κενὸν ἀέρος χώρον, ἡλεκτρόνια.



Σχ. 423. Ὅταν ἡ πλάξ συνδέεται, μέσῳ τοῦ εὐπαθοῦς γαλβανομέτρου, πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, τὰ ἡλεκτρόνια κινοῦνται ἐκ τοῦ διαπύρρου νήματος πρὸς τὴν πλάκα.

Ἡ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων ὑπὸ διαπύρρῳ σωμάτων κατεδείχθη ὅτι εἶναι ἐντονωτέρα εἰς ὠρισμένα σώματα, ὡς π.χ. εἰς τὰ ὀξείδια βαρίου καὶ στρόντιου. Τὰ κατὰ τὸν ὡς ἄνω τρόπον ἐλευθερούμενα ἡλεκτρόνια ἐκλήθησαν **θερμικὰ ἡλεκτρόνια**. Τὸ φαινόμενον Edison ἀπετέλεσε τὴν ἀφετηρίαν τῆς δημιουργίας νεωτάτου κλάδου, ὁ ὁποῖος ἔχει σήμερον εὐρυτάτας πρακτικὰς ἐφαρμογὰς. Βάσις δὲ τοῦ κλάδου τούτου εἶναι ἰδιάζουσα συσκευή, ἡ ὁποία φέρει τὸ γενικὸν ὄνομα



Σχ. 424. Διάγραμμα συνδεσμολογίας δίοδου λυχνίας.

ἡλεκτρονικὴ λυχνία ἢ ἡλεκτρονικὸς σωλήν. Ἀπλούστατον τύπον ἡλεκτρονικοῦ

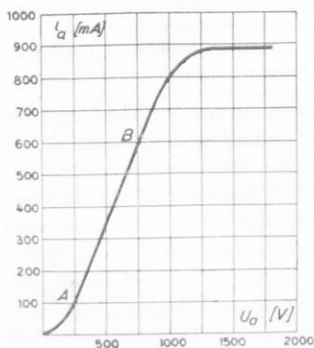
σωλήνος αποτελεί ή ἐν σχήματι 424 εἰκονιζομένη συσκευή. Ἐντὸς υἰαλίνης φύσιγγος (ampoule), ἐν τῇ ὁποίᾳ ἔχει πραγματοποιηθῇ λίαν ὑψηλὸν κενόν, ὑφίσταται μεταλλικὸν ηλεκτροδίδιον, ἀποτελούμενον ἀπὸ λεπτὸν σύρμα ἐκ δυστήκτου οὐσίας, π.χ. βολφραμίου, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ πυρακτοῦται τῇ βοήθειᾳ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, παρεχομένου ὑπὸ τῆς στήλης Σ_{θ} . Ἀπέναντι τοῦ νήματος τοῦτου τοποθετεῖται ἕτερον μεταλλικὸν ηλεκτροδίδιον, π.χ. ὑπὸ μορφὴν ἐπιπέδου πλακὸς ἢ κυλίνδρου, εἰς τὸν ἄξονα τοῦ ὁποίου εὐρίσκεται τὸ νῆμα, τὸ ὁποῖον, μέσφ ἐτέρας στήλης Σ_{α} , ἀποτελουμένης ἐκ πολλῶν στοιχείων συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, — ὥστε νὰ πραγματοποιηθῇ τάσις τάξεως μεγέθους π.χ. 100 Volt, — καὶ τοῦ εὐαισθήτου μιλλιαμπερομέτρου (mA), συνδέεται πρὸς τὸν ἓνα τῶν πόλων τῆς στήλης Σ_{θ} .

Ἐὰν πυρακτώσωμεν τὸ νῆμα διὰ τῆς στήλης Σ_{θ} , τὸ δὲ ηλεκτροδίδιον — πλάξ εἶναι συνδεδεμένον πρὸς τὸν θετικὸν πόλον τῆς στήλης Σ_{α} , παρατηροῦμεν διὰ τοῦ ἀμπερομέτρου ὅτι διέρχεται ρεῦμα, μολονότι ὁ χώρος μεταξὺ πλακὸς καὶ νήματος ἀποτελεῖ διακοπήν.

Ἐὰν ὅμως τὸ ηλεκτροδίδιον — πλάξ συγκοινωνῇ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης Σ_{α} , δὲν διέρχεται ρεῦμα διὰ τοῦ κυκλώματος.

Εἰς τὰς ἐν χρήσει ηλεκτρονικὰς λυχνίας τοῦ τύπου τούτου ἡ ἄνοδος δὲν ἔχει τὴν μορφὴν πλακὸς, ἀλλὰ κοίλου κυλίνδρου, περιβάλλοντος τὸ νῆμα.

331. Ἑρμηνεία τοῦ φαινομένου. Διὰ τῆς θερμάνσεως τοῦ μεταλλικοῦ νήματος (κάθοδος) ἐξαναγκάζομεν ηλεκτρόνια νὰ ἐξέλθουν ἐξ αὐτῆς, τὰ ὁποῖα, ἐφ' ὅσον ἡ πλάξ δὲν φέρει θετικὸν φορτίον, παραμένουν περὶ τὸ νῆμα, σχηματίζοντα **νέφος ηλεκτρονίων**, διότι τὰ ἀρχικῶς ἐξελθόντα ηλεκτρόνια παρεμποδίζουν τὴν ἐξοδὸν τῶν ἄλλων. Ὅταν ὅμως ἡ πλάξ (ἄνοδος) ἔχη θετικὸν φορτίον ὡς πρὸς τὸ νῆμα, τότε αὕτη ἔλκει πρὸς τὸ μέρος αὐτῆς τὰ ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ὡς γνωστὸν φέρουν ἀρνητικὸν φορτίον, διὰ τῆς μετατοπίσεως δὲ ταύτης τῶν ηλεκτρονίων ἐκ τοῦ νήματος πρὸς τὴν πλάκα ἐξηγεῖται ἡ ἀνάπτυξις ρεύματος, ὅταν ἡ πλάξ συγκοινωνῇ πρὸς τὸν πόλον τῆς στήλης Σ_{α} . Ἐὰν ὅμως ἡ πλάξ συγκοινωνῇ πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς στήλης Σ_{α} , αὕτη ἀπωθεῖ τὰ ηλεκτρόνια καὶ οὕτω δὲν παρατηρεῖται ρεῦμα.

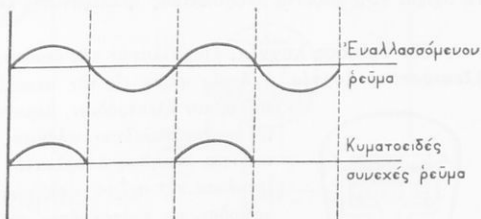


Σχ. 425. Παραστατικὴ καμπύλη δεικνύουσα τὴν μεταβολὴν τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος διὰ μεταβολῆς τῆς ἀνοδικῆς τάσεως.

Ἐὰν ὅμως ὑπὸ ὁρισμένην πυρακτώσιν τοῦ νήματος αὐξάνωμεν τὴν **ἀνοδικὴν τάσιν**, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὸ **ἀνοδικὸν ρεῦμα** αὐξάνεται, καὶ τέλος ἐπέρχεται στιγμή κατὰ τὴν ὁποίαν, αὐξανομένης τῆς ἀνοδικῆς τάσεως, ἡ ἔντασις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος παύει νὰ αὐξάνεται, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἀπεκατεστάθη τὸ **ρεῦμα κόρον**.

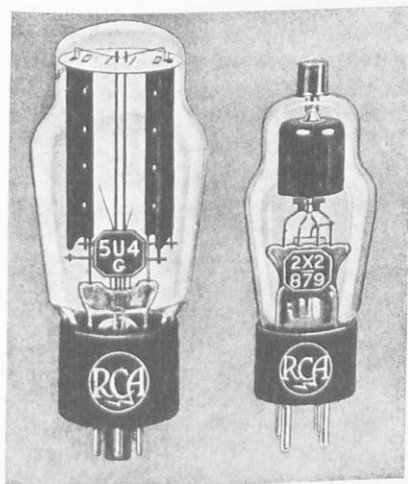
Τοῦτο δὲ συμβαίνει ὅταν ἡ ἀνοδικὴ τάσις λάβῃ τοιαύτην τιμὴν, ὥστε ὅσα ηλεκτρό-

νια εκλύονται από την κάθοδον εις την μονάδα του χρόνου, τὰ ἔλκει ὅλα ἡ ἀνοδος πρὸς τὸ μέρος αὐτῆς. Εἰς τὸ σχῆμα 425 δεικνύεται γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος i_a μετὰ τῆς τάσεως ἀνόδου U_a . Οὕτω, ὅταν ἡ ἀνοδικὴ τάσις λάβῃ τὴν τιμὴν τῶν 1250 V, τὸ ἀνοδικὸν ρεῦμα ἀποκτᾷ τὴν μεγίστην τιμὴν τῶν 900 mA περίπου, τὸ ρεῦμα δὲ τοῦτο καλεῖται ρεῦμα κόρου, αὐξανομένης δὲ ἔτι μᾶλλον τῆς ἀνοδικῆς τάσεως πέραν τῶν 1250 V, τὸ ρεῦμα κόρου ἐξακολουθεῖ νὰ παραμένῃ σταθερόν. Πράγματι, ὅταν ἀποκατασταθῇ τὸ ρεῦμα κόρου, ἡ ἀνοδικὴ τάσις ἔχει τοιαύτην τιμὴν, ὥστε δύναται νὰ ἔλκῃ πρὸς ἑαυτὴν ὅλα τὰ ἀπὸ τοῦ διαπύρου νήματος ἐκλυόμενα ἠλεκτρόνια εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, καὶ ὡς ἐκ τούτου δὲν δύναται νὰ ἐπέλθῃ πλέον αὐξησης τοῦ ρεύματος.



Σχ. 426. Παραστατικαὶ καμπύλαι ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ κυματοειδοῦς ἡ ἀνορθωμένου ρεύματος.

332. Ἀνορθωσις διὰ διόδου λυχνίας. Ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 424, ἡ



Σχ. 427. Νεώτεροι τύποι διόδων ἀνορθωτικῶν ἠλεκτρονικῶν λυχνιῶν.

συνεχὲς ρεῦμα. Τὸ κυματοειδὲς ρεῦμα καλεῖται **ἀνορθωμένον** ρεῦμα, ἡ δὲ διόδος

ὁποία περιλαμβάνει δύο ἠλεκτροδία, ἥτοι νήμα καὶ πλάκα, καλεῖται **ἠλεκτρονικὸς σωλὴν με δύο ἠλεκτροδία**, ἢ ἀπλούστερον **διόδος λυχνία**. Ἐὰν ἐξωτερικῶς, μεταξὺ νήματος καὶ πλακός, ἀντὶ νὰ συνδέσωμεν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, συνδέσωμεν πηγὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος, τότε διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος θὰ διέρχεται ρεῦμα, μόνον ὅταν ἡ πλάξ εἶναι θετικὴ. Ἐφ' ὅσον ὅθεν ἡ πηγὴ παρέχει τάσιν ἐναλλασσομένην, τῆς μορφῆς τοῦ σχήματος 426 (ἄνω), διὰ τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος θὰ διέρχεται ρεῦμα τῆς μορφῆς τοῦ σχήματος 426 (κάτω), ἥτοι ρεῦμα ἔχον τὴν αὐτὴν πάντοτε φορὰν, καλούμενον **κυματοειδὲς ἢ διακοπτόμενον ρεῦμα**, καὶ τὸ ὁποῖον διὰ καταλλήλων μέσων δύναται ἀκολουθῶς νὰ μετατραπῇ εἰς

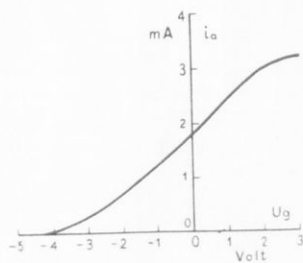
λυχνία καλεῖται *ηλεκτρονικός άνορθωτής* ἢ *άνορθωτική λυχνία*. Ἐκτός τοῦ άνορθωτοῦ τοῦ τύπου τούτου, χρησιμοποιοῦνται σήμερον διὰ τὴν άνόρθωσιν ἑναλλασσομένου ρεύματος καὶ διάφοροι ἄλλοι τύποι άνορθωτῶν, ὡς π.χ. ὁ ηλεκτρολυτικός, ὁ ὕδραργυρικός, ὁ ξηρὸς άνορθωτής ὡς καὶ ὁ κρυσταλλικός φωρατής κ. ἄ. Τὸ σχῆμα 427 παριστᾷ άνορθωτικὰς ηλεκτρονικὰς λυχνίας.

333. Τρίοδος λυχνία. Παραλλαγήν τῆς διόδου λυχνίας ἀποτελεῖ ἡ *τρίοδος ηλεκτρονική λυχνία*, ἡ ὁποία φέρει εἰς τὸν μεταξὺ νήματος καὶ πλακὸς χώρον καὶ τρίτον ηλεκτρόδιον, μεμονωμένον ἀπὸ τῶν δύο πρώτων, τὸ ὁποῖον καλεῖται *πλέγμα* ἢ *ἐσχάρα*. Τὸ πλέγμα ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ λεπτὸν σύρμα μολυβδαινίου, περιελιγμένον εἰς σχῆμα σωληνοειδοῦς. Τοῦτο περιβάλλει τὴν κάθοδον, εἰς τρόπον ὥστε τὰ ἐκ ταύτης πρὸς τὴν άνοδον ὁδεύοντα ηλεκτρόνια νὰ διέρχονται διὰ μέσου τῶν μεταξὺ τῶν σπειρῶν διακένων. Τὸ σχῆμα 428 δεικνύει τομὴν τριόδου ηλεκτρικῆς λυχνίας, ὅπου Κ παριστᾷ τὴν κάθοδον, πραγματοποιουμένην ὑπὸ εὐθέος νήματος, Α τὴν άνοδον, πραγματοποιουμένην ὑπὸ κυλίνδρου περιβάλλοντος τὴν κάθοδον καὶ G (grid) τὸ πλέγμα, πραγματοποιούμενον ὑπὸ σπειροειδοῦς σύρματος περιβάλλοντος τὴν κάθοδον.

Σχ. 428. Τομὴ τριόδου ηλεκτρονικῆς λυχνίας.

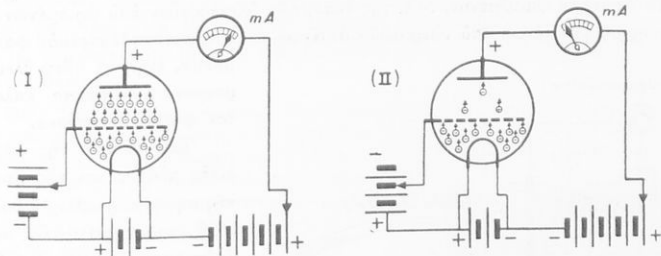
Τὸ ηλεκτρόδιον πλέγμα, ἀναλόγως τοῦ σημείου τῆς τάσεως τὴν ὁποίαν ἐφαρμοζόμεν εἰς αὐτό, δύναται νὰ ἐπιρραΐξῃ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος μεταξὺ νήματος (κάθοδου) καὶ πλακὸς (άνοδου). Τὴν μεταβολὴν τοῦ ρεύματος μεταξὺ νήματος καὶ πλακὸς, ἡ ἄλλως τοῦ *άνοδικοῦ ρεύματος*, μὲ τὴν τάσιν τοῦ πλέγματος, δεικνύει ἡ καμπύλη (σχ. 429). Ὅταν ἡ τάσις τοῦ πλέγματος εἶναι πολὺ ἀρνητικὴ ὡς πρὸς τὴν κάθοδον, δὲν ὑφίσταται άνοδικὸν ρεῦμα, διότι ἡ ἀπωστικὴ ἐπενέργεια τοῦ πλέγματος ἐπὶ τῶν ηλεκτρονίων ὑπερτερεῖ τῆς ἑλκτικής ἐπενεργείας τῆς άνοδου. Ἐὰν ὅμως ἡ τάσις πλέγματος γίνεται ὀλιγώτερον ἀρνητικὴ, ἀρχίζει νὰ ἀναφαίνεται ἀσθενὲς άνοδικὸν ρεῦμα, διότι ἡ άνοδος κατορθώνει νὰ ἔλκῃ πρὸς ἑαυτὴν μερικὰ ηλεκτρόνια. Ἐὰν καθιστῶμεν τὴν τάσιν πλέγματος ἐπὶ μᾶλλον καὶ μᾶλλον ὀλιγώτερον ἀρνητικὴν καὶ ἀκολούθως θετικὴν, τὸ άνοδικὸν ρεῦμα συνεχῶς αὐξάνεται καὶ τέλος ἀποκτᾷ τὴν μεγίστην τιμὴν (ρεῦμα κόρου), ἡ ὁποία παραμένει πλέον σταθερά. Ἐπομένως τὸ πλέγμα, διὰ τῆς μεταβολῆς τῆς τάσεως αὐτοῦ, ἐπιρραΐζει τὸ άνοδικὸν ρεῦμα. Διὰ τὸν σχηματισμὸν τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος 429, χρησιμοποιοῦμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 430.

Ἡ τρίοδος λυχνία ἔτυχε κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη σπουδαιωτάτων ἐφαρμογῶν,



Σχ. 429. Χαρακτηριστικὴ καμπύλη τριόδου λυχνίας.

διότι χρησιμοποιείται διὰ τὴν ἐνίσχυσιν ἀσθενῶν ρευμάτων, διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, διὰ τὴν ἀνόρθωσιν, ἢ ὡς σήμερον λέγεται **φώρασιν**



Σχ. 430. I, Διάγραμμα συνδεσμολογίας τριόδου λυχνίας. II, Ὅταν τὸ πλέγμα εἶναι συνδεδεμένον μὲ ἀρνητικὴν τάσιν, ἐλάχιστα ἡλεκτρόνια φθάνουν εἰς τὴν πλάκα.

ἐναλλασσομένων ρευμάτων, ὡς καὶ εἰς βοηθητικὰς διατάξεις πλείστων ἄλλων ἐγκαταστάσεων. Ἡ λεπτομερὴς περιγραφὴ τοῦ τρόπου καθ' ὃν χρησιμοποιεῖται ἡ τριόδος λυχνία εἰς τὰς ἀνωτέρω ἐφαρμογὰς ἐκφεύγει τοῦ πλαισίου τοῦ βιβλίου τούτου.

Παρατήρησις. Εἰς τοὺς ἀνωτέρω ἐξεταζομένους ἡλεκτρονικοὺς σωλῆνας, τὸ θερμαινόμενον δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σύρμα, χρησιμεύει πρὸς τοῦτοις ὡς ἀέθοδος, ἀφοῦ ἐξ αὐτοῦ γίνεται ἡ ἐκπομπὴ τῶν ἡλεκτρονίων, καλοῦνται δὲ οἱ σωλῆνες οὗτοι **ἡμέσου πυρακτώσεως**. Εἰς πολλὰς ὁμως περιπτώσεις χρησιμοποιεῖται ἀνεξάρτητον σύρμα ἢ σύστημα διὰ τὴν πυράκτωσιν ἐτέρου σύρματος, τὸ ὁποῖον χρησιμεύει ὡς ἀέθοδος, ὅποτε ὁ σωλὴν ἢ ἡ λυχνία καλεῖται **ἡμέσου πυρακτώσεως** ἢ θερμάνσεως.

Ἐπίσης, κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτι χρησιμοποιοῦνται ἡλεκτρονικοὶ σωλῆνες, οἱ ὁποῖοι δὲν φέρουν τρία μόνον ἡλεκτροδία, ἤτοι νῆμα, πλέγμα καὶ πλάκα, ἀλλὰ περισσότερα, φθάνοντα πολλάκις μέχρις ὀκτώ. Αἱ λυχνίαι αὗται ἀναλόγως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν ἡλεκτροδίων, χαρακτηρίζονται ὡς **τετράδοδοι** (μετὰ δύο πλεγμάτων), **πεντάδοδοι** (μετὰ τριῶν πλεγμάτων), **ὀκτάδοδοι** κ.ο.κ.

334. Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον. Φωτοηλεκτρόνια. Πειραματικῶς κατεδείχθη ὅτι ὑπὸ ὠρισμένας συνθήκας δύναται νὰ ἐλευθερωθοῦν ἐκ τῆς ὕλης ἡλεκτρόνια, ὅταν ἐπ' αὐτῆς προσπίπτῃ φῶς. Τοῦτο δύναται νὰ δειχθῇ διὰ τῆς ἀκολουθοῦντος διατάξεως.

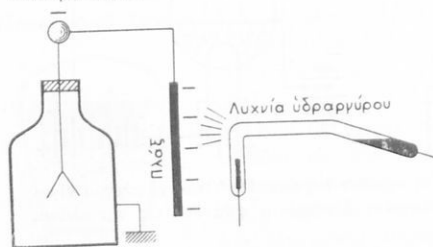
Μεταλλικὴ πλάξ, συνδεδεμένη πρὸς ἡλεκτροσκόπιον, φορτίζεται ἀρνητικῶς (σχ. 431). Ἐάν ἤδη ἡ πλάξ φωτισθῇ δι' ὑπεριωδῶν ἀκτίνων προσερχομένων ἐκ λυχνίας ὕδραργύρου (βλ. § 322) τότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ πλάξ ἐκφορτίζεται, ὡς τοῦτο δεικνύεται διὰ τοῦ ἡλεκτροσκοπίου, τοῦ ὁποίου ἡ ἀπόκλισις τῶν φύλλων ἔλαττωται. Τοῦτο συμβαίνει διότι ἡ πλάξ, προσβαλλομένη ὑπὸ τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων, ἀποβάλλει ἡλεκτρόνια καὶ οὕτω τὸ ἀρνητικὸν φορτίον της ἐλαττωταί.

Ἐάν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα μὲ θετικῶς φορτισμένην πλάκα, δὲν παρατη-

ρεΐται επίδρασις τῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων ἢ παρατηρεῖται πολὺ μικρὰ τοιαύτη ἐπὶ τοῦ φορτίου τῆς πλακός.

Τὸ ἀνωτέρω φαινόμενον, δηλ. τῆς ἐκπομπῆς ἡλεκτρονίων ὑπὸ ὥρισμένων σωμάτων προσβαλλομένων ὑπὸ ὑπεριωδῶν ἀκτίνων, ἐκλήθη **φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον**, ἐνῶ τὰ οὗτω ἐλευθερούμενα ἡλεκτρόνια καλοῦνται **φωτοηλεκτρόνια**.

Ἡλεκτροσόδιον



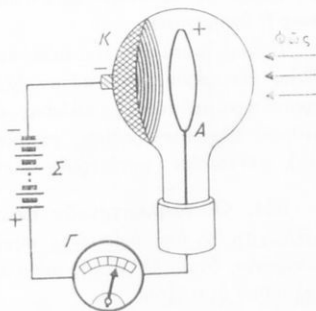
Σχ. 431. Ἀπλοὺν πείραμα δεικνύον τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον.

φαινόμενον καὶ ἐφ' ὅσον τὸ μῆκος κύματος τοῦ φωτὸς εἶναι ἀνωτέρω τῷ ὁρίῳ τούτου δὲν παρατηρεῖται ἐκπομπὴ φωτοηλεκτρονίων. Διὰ τὰ πλεῖστα τῶν μετάλλων τὸ κατώτατον τοῦτο ὅριον μῆκους κύματος συμπίπτει πρὸς τὸ μῆκος κύματος τῆς ἰσόδους ἀκτινοβολίας τῆς πλησιεστέρας πρὸς τὴν ὑπεριώδη περιοχὴν τοῦ φάσματος.

Τὸ φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον τυγχάνει πλείστων ὅσων ἐφαρμογῶν, μεταξὺ τῶν ὁποίων σπουδαιότερα εἶναι ἡ χρησιμοποίησις αὐτοῦ εἰς τὴν πραγματοποίησιν τῆς τηλεοράσεως ὥς καὶ εἰς τὴν φωτομετρίαν.

335. Φωτοκύτταρον. Τοῦτο ἀποτελεῖται (σχ. 432) ἀπὸ ὑάλινον σωλήνα (ampoule) ὁ ὁποῖος εἰς ὥρισμένην περιοχὴν καὶ κατὰ τὴν ἐσωτερικὴν ἐπιφάνειαν αὐτοῦ περικαλύπτεται ὑπὸ στρώματος ἀπὸ καΐσιου ἢ ρουβίδιον, τὰ ὁποῖα εἶναι μέταλλα δεικνύοντα ἔντονον φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον, ὅχι μόνον ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὑπεριώδους φωτὸς, ἀλλ' ἀκόμη καὶ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ὁρατοῦ φωτὸς.

Ἐντὸς τοῦ σωλήνος τοποθετεῖται, ἐναντὶ τοῦ φωτοπαθούς στρώματος, μεταλλικὸν ἡλεκτρόδιον ὑπὸ μορφὴν δακτυλίου (ἢ εὐθυγράμμου στελέχους). Ἐὰν συνδέσωμεν ἑξωτερικῶς τὸ φωτοπαθὲς στρώμα πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον στήλης, τῆς ὁποίας ὁ θετικὸς πόλος, μέσῳ γαλβανομέτρου, συγκοινωνεῖ πρὸς τὸ μεταλλικὸν ἡλεκτρόδιον



Σχ. 432. Ἀπλοὺς τύπος φωτοκυττάρου. Κ, ἐνδύσθητος ἐπιφάνεια. Α, θετικὸν ἡλεκτρόδιον (ἀνοδος).

(δακτύλιος) και φωτίσωμεν τὸ φωτοπαθὲς στρώμα, παρατηροῦμεν τὴν γένεσιν ρεύματος, λόγω τῆς ἐκλύσεως φωτοηλεκτρονίων ὑπὸ τοῦ φωτοπαθοῦς στρώματος, τὰ ὁποῖα ἔλκονται ὑπὸ τοῦ θετικοῦ ἡλεκτροδίου, ἡ δὲ ἔντασις τοῦ προκύπτοντος ρεύματος εἶναι ἀνάλογος τῆς ἐντάσεως τοῦ φωτός.

Τὸ φωτοκύτταρον εὐρίσκει σπουδαιοτάτην ἐφαρμογὴν εἰς τὸν ὁμιλοῦντα κινηματογράφον.

336*. Ὁμιλῶν κινηματογράφος. Εἰς παλαιότεραν ἐποχὴν, ὁ ὁμιλῶν κινηματογράφος ἐπραγματοποιεῖτο διὰ τῆς καταγραφῆς τῆς ὁμιλίας ἐπὶ φωνογραφικῆς πλακός, καθ' ὃν χρόνον ἐγυρῶτο ἡ κινηματογραφικὴ ταινία εἰς τὸ στούντιο καὶ ἐν συγχρονισμῷ πρὸς αὐτήν. Κατὰ τὴν προβολὴν τῆς ταινίας, διὰ τῆς φωνογραφικῆς διατάξεως, μὲ κατάλληλον ἐνίσχυσιν τοῦ ἤχου, ἀπεδίδετο ἡ ὁμιλία διὰ μεγαφώνων, ἐν συγχρονισμῷ πρὸς τὴν προβλλομένην ταινίαν.

Σήμερον δὲν χρησιμοποιεῖται πλέον ἡ μέθοδος αὕτη, ἀλλὰ ἡ ὁμιλία καταγράφεται ἐπὶ τοῦ φιλμ εἰς παράλληλον θέσιν, οὗτο δὲ τὸ φιλμ παρουσιάζει δύο διακεκρυμένας ἀπ' ἀλλήλων περιοχάς: τὴν ἡχητικὴν καὶ τὴν ὁπτικὴν.

Πρὸς ἀποτύπωσιν τῆς ὁμιλίας χρησιμοποιοῦμεν τὸ μικρόφωνον διὰ τοῦ ὁποῖου τὰ ἡχητικὰ κύματα μετατρέπονται εἰς διακυμάνσεις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, αἱ ὁποῖαι μεταβιβάζονται εἰς ἐιδικὴν λυχνίαν διὰ νέου, καὶ οὕτω αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος μετατρέπονται εἰς φωτεινάς διακυμάνσεις. Αἱ φωτειναὶ διακυμάνσεις τῆς λυχνίας αἱ ὁποῖαι εἶναι ὅμοιαι πρὸς τοὺς κραδασμοὺς τῆς μεμβράνης τοῦ μικροφώνου, ἀφοῦ διέλθουν διὰ στενῆς σχισμῆς, προσπίπτουν ἐπὶ τοῦ κινουμένου φωτογραφικοῦ φιλμ. Ἐπὶ τοῦ ὑπὸ προβολὴν ἐτοίμου φιλμ αἱ φωτειναὶ διακυμάνσεις φαίνονται ὥς λεπταὶ παράλληλοι γραμμαὶ διαφόρου τόνου (σχ. 433) καὶ ἡ περιοχὴ αὕτη εὐρίσκεται παραπλευρῶς πρὸς τὴν περιοχὴν τοῦ συνήθους κινηματογραφικοῦ φιλμ.

Διὰ τὴν ἀναπαραγωγὴν τοῦ ἤχου χρησιμοποιοῦν λυχνίαν σταθερᾶς ἐντάσεως καὶ διαβιβάζουν τὸ φῶς αὐτῆς διὰ μέσου τῆς ἡχητικῆς περιοχῆς τῆς προβλλομένης ταινίας. Τὸ φῶς τὸ διερχόμενον ἐκ τῆς ἡχητικῆς περιοχῆς προσπίπτει ἐπὶ φωτοηλεκτρικοῦ κυττάρου καὶ δι' αὐτοῦ αἱ φωτειναὶ διακυμάνσεις αἱ προκαλούμεναι ὥς ἐκ τῆς διαφόρου διαφανείας τῶν γραμμῶν τῆς ἡχητικῆς περιοχῆς τῆς προβλλομένης ταινίας μετατρέπονται εἰς ἀντιστοιχίους διακυμάνσεις ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Αἱ ἡλεκτρικαὶ αὗται διακυμάνσεις, ἐνισχυόμεναι καταλλήλως δι' ἡλεκτρονικῶν ἐνισχυτῶν, διαβιβάζονται εἰς μεγάφωνον τὸ ὁποῖον οὕτω ἀναπαράγει τὴν ὁμιλίαν.

Ἡ διάταξις συμπληροῦται καὶ δι' ἄλλων βοηθητικῶν διατάξεων, διὰ τὴν καλὴν καὶ φωνικὴν ἀπόδοσιν τῆς ὁμιλίας καὶ ἐν γένει τοῦ ἤχου, τὸ δὲ μεγάφωνον τοποθετεῖται συνήθως ὀπίσθεν τοῦ διαφράγματος προβολῆς. Ἐκτὸς τῆς διατάξεως ταύτης χρησιμοποιοῦνται καὶ ἄλλαι παραλλαγαὶ αὐτῆς, ἡ περιγραφή ὅμως τούτων ἐκφεύγει τὸν ὅριον τοῦ παρόντος βιβλίου.



Σχ. 433. Φιλμ κινηματογραφικῆς ταινίας. Ἀριστερὰ δεκνύεται ἡ ἡχητικὴ περιοχὴ, ἥτοι γραμμῶν διαφόρου διαφανείας.

337. Ἀκτίνες Röntgen. Θεωρήσωμεν καθοδικὸν σωλῆνα, ὡς τὸν τοῦ σχήματος 434, εἰς τὸν ὁποῖον ἡ κἀθοδος ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικοῦ ἐλάσματος, ἔχοντος

τήν μορφήν μικροῦ κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, ἐνῶ ἡ ἀνοδος ἀποτελεῖται ἐκ μεταλλικοῦ στελέχους, ἀπολήγοντος εἰς μικράν πλάκα. Ἐάν τὸν σωλῆνα τοῦτον τρο-



WILHELM CONRAD RÖNTGEN
(1845-1923)

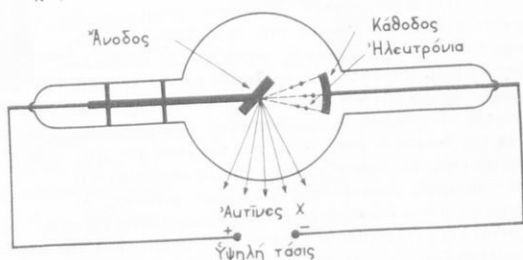
Γερμανὸς καθηγητὴς τῆς Φυσικῆς. Ἀνεκάλυψε τὸ 1895 τὰς ἀκτῖνας X. Τὸ 1901 ἐτιμήθη μετ' αὐτὸν βραβεῖον Nobel τῆς Φυσικῆς.

νὰ διαπεράσουν τὰ παχέα τοιχώματα τοῦ ὑαλίνου σωλῆνος, ὁ φθορισμὸς τῶν ἐν λόγω οὐσιῶν ἀπεδόθη εἰς νέον εἶδος ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι ἀρχικῶς ἐκλήθησαν **ἀκτῖνες X**, σήμερον ὁμως καλοῦνται γενικῶς **ἀκτῖνες Röntgen**, πρὸς τιμὴν τοῦ πρώτου παρατηρησαντος αὐτὰς Φυσικοῦ Röntgen.

Ἐκτὸς τοῦ ἀνωτέρου τύπου σωλῆνος Röntgen, σήμερον χρησιμοποιεῖται νεώτερος τύπος, ὁ ὁποῖος εἶναι γνωστὸς ὡς **σωλὴν Coolidge** (σχ. 435 καὶ 436). Εἰς

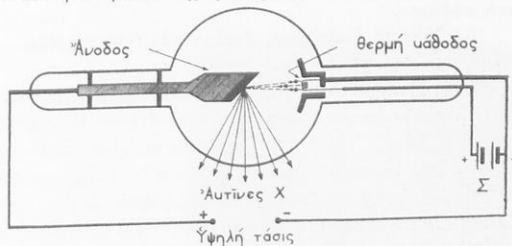
φοδοτήσωμεν δι' ὑψηλῆς τάσεως, θὰ παραχθοῦν καθοδικαὶ ἀκτῖνες, ὁπότε τὰ καθοδικὰ σωματίδια, ἢ ἄλλως τὰ ἠλεκτρόνια, προσπίπτουν ἐπὶ τῆς πλακὸς τῆς ἀνόδου, ἐάν δὲ εἰς τὸν ἔξω τοῦ σωλῆνος χώρον καὶ ἀπέναντι τῆς πλακὸς τῆς ἀνόδου τοποθετήσωμεν διαφύρους φθορίζουσας οὐσίας, ὡς π.χ. ἄλας κυανιοῦχου βαριολευκοχρῆστου ἢ θειοῦχου ψευδαργύρου, παρατηροῦμεν ὅτι αἱ οὐσίαι αὐταὶ φθορίζουν, ἤτοι ἐκπέμπουν φῶς.

Ὁ φθορισμὸς τῶν οὐσιῶν τούτων παρατηρεῖται ἀκόμη καὶ ὅταν τοποθετήσωμεν τὸν σωλῆνα εἰς σκοτεινὸν θάλαμον καὶ περικαλύψωμεν αὐτὸν διὰ παχέος μελανοῦ ὑφάσματος, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἀποκλείσωμεν τὴν πρόσπιψιν ὁρατοῦ φωτὸς ἐπὶ τῶν ἀνωτέρω οὐσιῶν, ὁπότε πάλιν παρατηροῦμεν, — ἐάν διεγείρωμεν τὸν σωλῆνα ὥστε νὰ ἀναπτυχθοῦν καθοδικαὶ ἀκτῖνες, — ὅτι αἱ ἀνωτέρω οὐσίαι ἐξακολουθοῦν νὰ φθορίζουν. Ἐπειδὴ ὁ φθορισμὸς τῶν οὐσιῶν τούτων δὲν ἦτο δυνατόν νὰ ἀποδοθῇ εἰς τὰς καθοδικὰς ἀκτῖνας, διότι αὐταὶ δὲν ἐμφανίζονται εἰς τὸν ἔξω τοῦ σωλῆνος χώρον, δοθέντος ὅτι αὐταὶ δὲν δύνανται



Σχ. 434. Τὰ ἠλεκτρόνια τὰ προκίπτοντα ἐκ τῆς ἐκκενόσεως, ἐπιταχυνόμενα ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου, προσκρούουσιν ἐπὶ τῆς ἀνόδου καὶ καθίστανουσιν αὐτὴν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen.

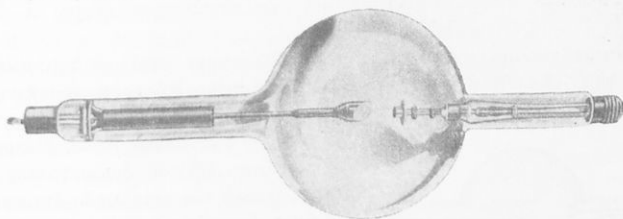
τὸν σωλῆνα τοῦτον, τὰ ηλεκτρόνια τὰ ἀποτελοῦντα τὴν δέσμην τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων δὲν γεννῶνται ἐκ τοῦ φαινομένου τῆς ηλεκτρικῆς ἐκκενώσεως, ἀλλ' ἐλευθεροῦνται ἀπὸ μεταλλικοῦ νήματος πυρακτούμενου διὰ τῆς διαβιβάσεως δι' αὐτοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκ τινος πηγῆς, καλεῖται δὲ τὸ μεταλλικὸν τοῦτο νῆμα **θερμὴ κάθοδος**.



Σχ. 435. Τὰ ηλεκτρόνια ἐκπέμπονται ἀπὸ τὸ πυρακτούμενον νῆμα (θερμικὰ ηλεκτρόνια).

Ἐναντὶ τῆς θερμῆς καθόδου, τοποθετεῖται ἡ ἀνόδος, ἡ ὁποία συνδέεται πρὸς τὸν θετικὸν πόλον πηγῆς ὑψηλῆς τάσεως, περίπου 50 000 Volt, τῆς ὁποίας ὁ ἀρνητικὸς πόλος συνδέεται πρὸς τὴν κάθοδον.

Ὡς ἐκ τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ ἀναπτυσσομένου μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου, τὰ ηλεκτρόνια τὰ ἐλευθερούμενα ἐκ τῆς καθόδου ἐπιταχύνονται, οὕτω δὲ ἀπο-



Σχ. 436. Φωτογραφία σωλῆνος Coolidge νεωτέρου τύπου.

κοτῶν, κατὰ τὴν διαδρομὴν αὐτῶν μεταξὺ καθόδου καὶ ἀνόδου, μεγάλας ταχύτητας, προσκρούοντα δὲ ἐπὶ τῆς ἀνόδου καθίστανται αὐτὴν πηγὴν ἐκπομπῆς ἀκτίνων Röntgen.

Ἐκ τῆς συστηματικῆς σπουδῆς τῶν ἀκτίνων Röntgen κατεδείχθη ὅτι αὗται παρουσιάζουν τὰς ἀκολουθούσας ιδιότητες:

1) **Διεisdύουν ἐντὸς τῶν στερεῶν οὐσιῶν**, ἥτοι διαπεροῦν τὰ ὑπὸ μικρὸν πάχος σώματα, τὰ ὁποῖα εἶναι ἀδιεπέρατα ὑπὸ τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων καὶ ἐπομένως σκιερὰ.

2) **Διευγείρουν τὸν φθορισμὸν διαφόρων χημικῶν ἐνώσεων ἢ σωμάτων.**

3) **Προκαλοῦν τὸν ἰονισμὸν διαφόρων ἀερίων, ὡς ἐκ τούτου δὲ καθίστανται ἀγώγιμον τὸν ἀέρα.** Οὕτω, ἐὰν ηλεκτροσκόπιον εἶναι φορτισμένον, εὐθὺς ὡς ὁ πῆριξ αὐτοῦ ἀῆρ προσβληθῇ ὑπὸ ἀκτίνων Röntgen, τὸ ηλεκτροσκόπιον χάνει τὸ φορτίον του, διότι, ὡς ἐκ τῆς ἀναπτύξεως ἰόντων εἰς τὸν ἀέρα, οὗτος ἀποκτᾷ ἀγωγμότητα καί, διὰ μέσου τοῦ ἰονισμένου ἀέρος, τὸ ηλεκτροσκόπιον ἐκκενοῦται.

- 4) Προσβάλλουν την φωτογραφικήν πλάκα.
 5) Δέν ἐκτρέπονται οὔτε ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ, οὔτε ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.
 6) Ἐχουν διαφόρους βιολογικὰς ἐπενεργείας.

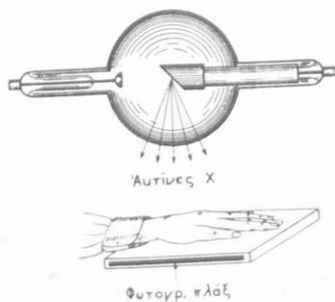
338. Σκληραὶ καὶ μαλακαὶ ἀκτίνες Röntgen. Ἀναλόγως τῆς διεισδυτικότητος τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν, αἱ ἀκτίνες Röntgen διακρίνονται εἰς σκληρὰς καὶ εἰς μαλακὰς. Ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διεισδυτικότης τῶν ἀκτίνων Röntgen, τόσον αὐταὶ θεωροῦνται σκληρότεραι, ἡ δὲ σκληρότης τῶν ἀκτίνων τούτων καθορίζεται ἐκ τῆς ἐφαρμοζομένης τάσεως μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου, ὅσον δὲ μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις, τόσον σκληρότεραι εἶναι αἱ παραγόμεναι ἀκτίνες.

Ἡ διεισδυτικότης τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐξαρτᾶται καὶ ἐκ τῆς φύσεως τῶν διαφόρων οὐσιῶν ἐπὶ τῶν ὁποίων προσπίπτουν.

Οὕτω, οὐσίαι ὡς ὁ χάρτης, τὸ ξύλον, αἱ σάρκες καὶ ἐν γένει οὐσαὶ ἀποτελούμεναι ἐκ σωμάτων μικροῦ ἀτομικοῦ βάρους, διαπερῶνται ὑπὸ σχετικῶς μέγα πάχους ἀπὸ τὰς ἀκτίνων Röntgen. Ἐνῶ τοὺναντίον ἄλλα σώματα, π. χ. ὀρείχαλκος, μόλυβδος, γάληψ, ὁστᾶ κ.ἄ., τὰ ὅποια ἀποτελοῦνται ἐν μέρει ἀπὸ σώματα μεγάλου ἀτομικοῦ βάρους, αἱ ἀκτίνες Röntgen δύνανται νὰ τὰ διαπεράσουν μόνον εἰς λεπτὰ στρώματα, ἐνῶ, ἐὰν τὸ στρώμα ἔχῃ μεγαλύτερον πάχος, αἱ ἀκτίνες Röntgen ἀπορροφῶνται ὑπ' αὐτοῦ.

Οὕτω, ἐὰν ἐντὸς ξυλίνου κιβωτίου τοποθετήσωμεν μεταλλικὰ ἀντικείμενα καὶ προσβάλωμεν τὴν μίαν πλευρὰν τοῦ κυτίου δι' ἀκτίνων Röntgen, τοποθετήσωμεν δὲ ἔξωθεν, πρὸς τὸ μέρος τῆς ἀντικειμένης πλευρᾶς τοῦ κιβωτίου, διάφραγμα ἐκ κυανιοῦχου βαριολευκοχρόσου, βλέπομεν νὰ σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σαφεστάτη ἡ σκιά τῶν μεταλλικῶν ἀντικειμένων. Ἐπίσης, ἔνεκα τῆς διαφόρου διεισδυτικότητος τὴν ὁποίαν παρουσιάζουν αἱ ἀκτίνες Röntgen, ὡς πρὸς τὰς σάρκας καὶ τὰ ὁστᾶ, ἐὰν μεταξὺ διαφράγματος κυανιοῦχου βαριολευκοχρόσου καὶ σωλήνος ἀκτίνων Röntgen τοποθετήσωμεν τὴν χεῖραν ἡμῶν, βλέπομεν ὅτι σχηματίζεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος σαφεστάτη ἡ σκιά τοῦ σκελετοῦ τῆς χειρὸς ἡμῶν. Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς ταύτης στηρίζεται εὐρύτατος κλάδος τῆς Ἰατρικῆς, ἡ **Ἀκτινοσκόπησις** καὶ ἡ **Ἀκτινοδιαγνωστικὴ**.

Τέλος, ἐὰν τοποθετήσωμεν τὴν χεῖρα ἡμῶν μεταξὺ σωλήνος Röntgen (σχ. 437) καὶ φωτογραφικῆς πλάκας ἐγκλεισμένης ἐντὸς καταλλήλου φωτοστεγοῦς θήκης, καὶ ἐπιδράσωμεν ἀκολουθῶς δι' ἀκτίνων Röntgen, παρατηροῦμεν ὅτι, ὅταν ἐμφανίσωμεν τὴν φωτογραφικὴν πλάκα, ἀναφαίνεται ἐπ' αὐτῆς σαφῆς ὁ σκελετὸς τῆς χειρὸς ἡμῶν (σχ. 438). Ἐπὶ τοῦ ἀνωτέρω πειράματος στηρίζεται ἡ **Ἀκτινογρα-**



Σχ. 437. Διάταξις ἀκτινογραφίσεως.

φία, ἡ ὁποία ἀποτελεῖ σπουδαιότατον κλάδον τῆς Ἱατρικῆς. Τέλος, αἱ ἀκτῖνες Röntgen, λόγῳ τῶν ἰδιαιζουσῶν βιολογικῶν ἐπενεργειῶν των, χρησιμοποιοῦνται ἐν τῇ Ἱατρικῇ πρὸς θεραπείαν διαφόρων νοσημάτων, οὕτω δὲ ἐδημιουργήθη ὁ κλάδος τῆς **Ἀκτινοθεραπευτικῆς**.

339. Φύσις ἀκτίνων Röntgen.

Τὸ πρόβλημα, ὅσον ἀφορᾷ τὴν φύσιν τῶν ἀκτίνων Röntgen, ἀπασχόλησεν ἐπ' ἄρκετον χρόνον τὴν ἐπιστήμην, ἐλύθη δὲ κατὰ τὸ ἔτος 1912 ὑπὸ τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ **Laue** καὶ τῶν συνεργατῶν αὐτοῦ. Οὗτοι κατέδειξαν ὅτι αἱ ἀκτῖνες Röntgen εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως πρὸς τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, ἀλλὰ πολὺ μικροτέρου μήκους κύματος ἀπὸ τὰς ἰσθμιαῖς ἀκτῖνας τοῦ ὁρατοῦ φάσματος, καὶ ὥς ἐκ τούτου δὲν δύνανται ἀμέσως νὰ διεγείρουν τὸ αἰσθητήριον τῆς ὁράσεως. Μὲ ἄλλους λόγους, αἱ ἀκτῖνες Röntgen δύνανται νὰ θεωρηθῶν ὡς ὑπεριώδεις ἀκτῖνες ἢ ὑπεριώδεις φῶς, πολὺ μικροτέρου μήκους κύματος ἀπὸ τὸ ὁρατὸν φῶς. Ἐξ ἄλλου, ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἀκτίνων Röntgen ἐδημιουργήθη ὁ νεώτερος κλάδος τῆς **φασματοσκοπίας δι' ἀκτίνων Röntgen**, ὁ ὁποῖος συνέβαλε τὰ μέγιστα εἰς τὴν προαγωγὴν τῶν γνώσεων ἡμῶν ἐπὶ τῆς συγκροτήσεως τῆς ὕλης.



Σχ. 438. Ἡ ἀκτινογραφία στηρίζεται εἰς τὴν διάφορον ἀπορροφήσιν τῶν ἀκτίνων κατὰ τὴν δίοδον αὐτῶν διὰ διαφόρων σωμάτων. Τὰ μὲν ὅσα ἀντιπροσωπεύουν οὐσίας ἀπορροφάσας πολὺ, ἐνῶ αἱ σόζες ἀπορροφοῦν ὀλιγώτερον.

Ζητήματα.

Ἐκ ποίων πειραματικῶν δεδομένων πειθόμεθα ὅτι τὰ ἀέρια δεικνύουν ἀγωγιμότητα καὶ πῶς ἐξηγοῦμεν τὴν ἀγωγιμότητα αὐτῶν.

Πῶς γεννῶνται αἱ καθοδικαὶ ἀκτῖνες καὶ ποίας ἰδιότητος παρουσιάζουν αὐταί.

Πῶς χρησιμοποιοῦνται αἱ ἡλεκτρικαὶ ἐκκενώσεις δι' ἀερίων πρὸς φωτισμὸν.

Πῶς γεννῶνται αἱ διανυστικαὶ ἀκτῖνες καὶ ποίας ἰδιότητος δεικνύουν αὐταί.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου θερμικὰ ἡλεκτρόνια καὶ πῶς δυνάμεθα νὰ παραγάγωμεν αὐτά.

Εἰς τί συνίσταται τὸ φαινόμενον Edison. Πῶς ἐξηγεῖται τοῦτο.

Περιγράψατε τὴν δίοδον λυχνίας καθὼς καὶ ποίαν ἐφαρμογὴν ἔχει αὐτή.

Περιγράψατε τὸ φωτοηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Πῶς ἐξηγεῖται ἡ λειτουργία αὐτοῦ.

Περιγράψατε τὴν τριόδον λυχνίαν καὶ τὸν τρόπον λειτουργίας αὐτῆς.

Τί νοοῦμεν ἐν γένει διὰ τοῦ ὅρου ἡλεκτρονικὸς σωλὴν. Περιγράψατε διαφόρους τύπους ἡλεκτρονικῶν σωλῶνων.

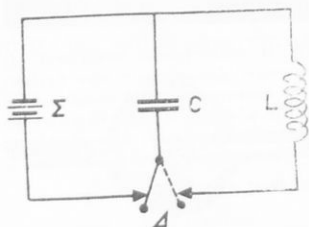
Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἀκτῖνες Röntgen καὶ ποίας αἱ ἰδιότητες αὐτῶν. Πῶς παράγονται αἱ ἀκτῖνες Röntgen. Ποίας ἐφαρμογὰς ἔχουν αἱ ἀκτῖνες Röntgen.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΑ

340. Ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Εἰς τὴν Φυσικὴν καλοῦμεν ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις ἐναλλασσόμενα ρεύματα πολὺ μεγάλης συχνότητος, ἥτοι ἄνω τῶν 15 000 περιόδων ἢ κύκλων κατὰ δευτερόλεπτον (Hz ἢ CPS). Τὰ ρεύματα ταῦτα χαρακτηρίζονται πολλάκις καὶ ὡς ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος, χρησιμοποιῶνται εὐρύτατα διὰ θεραπευτικούς σκοποὺς (διαθερμία), ἐκαλοῦντο δὲ μάλιστα εἰς παλαιότεραν ἐποχὴν **ρεύματα Tesla**.

Ἡ σπουδαιότερα ὁμῶς ἐφαρμογὴ τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων ἔγκειται εἰς τὴν πραγματοποιήσιν τῆς ἄνευ σύρματος τηλεπικοινωνίας, ἥ ὁποία καλεῖται σήμερον **Ραδιοτηλεπικοινωνία**, καὶ περιλαμβάνει πλείστους κλάδους καὶ ἐφαρμογὰς, μεταξὺ τῶν ὁποίων τὴν Ραδιοτηλεγραφίαν, Ραδιοτηλεφωνίαν, Ραδιοφωνίαν, Ραδιογωνιμετρίαν, Τηλεόρασιν καὶ Ραντάρ (Radar).

341. Παραγωγὴ ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Πρὸς παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦμεν τὴν ἐκκένωσιν πυκνωτοῦ εἰς κύκλωμα περιέχον αὐτεπαγωγὴν.



Σχ. 439. Στοιχειώδης διάταξις διὰ τὴν φόρτισιν καὶ ἐκκένωσιν πυκνωτοῦ πρὸς παραγωγὴν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

κλῶμα εἶναι ἀπηλλογμένον ἀπωλειῶν, δημιουργεῖ τὴν ἀνάπτυξιν ἐντὸς αὐτοῦ ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων.

342. Μηχανικὸν ἀνάλογον. Ἡ γένεσις τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ κύκλωμα (σχ. 439) κατανοεῖται εὐκόλως, ἐὰν συγκρίνομεν αὐτὰς πρὸς τὴν κίνησιν τοῦ ἐκκρεμοῦς (σχ. 440).

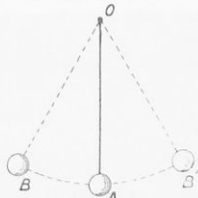
Ἡ θέσις ἰσορροπίας τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτόν, δηλ. ὁ μοχλὸς Δ εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον. Ἐὰν μετατοπίσωμεν τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τῆς θέσεως ΟΑ εἰς τὴν θέσιν ΟΒ θὰ δαπανήσωμεν ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀποταμιεύεται ἐπὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς εἰς τὴν θέσιν ταύτην ὡς δυναμικὴ ἐνέργεια καὶ διὰ τὴν ἰσορροπῇ τοῦ

ἐκκρεμές εἰς τὴν θέσιν OB πρέπει νὰ κρατῶμεν τοῦτο διὰ τῆς χειρὸς. Ἡ κατάσταση αὕτη ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν φόρτισιν τοῦ πυκνωτοῦ C ὑπὸ τῆς στήλης Σ (μοχλὸς Δ πρὸς τ' ἀριστερά), ὅτε ἐπὶ τοῦ πυκνωτοῦ ἀποταμιεύεται ἐνέργεια ὑφίσταμένη εἰς τὸν μεταξὺ τῶν πλῆσιμῶν αὐτοῦ χώρον, ὥς ἐνέργεια ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

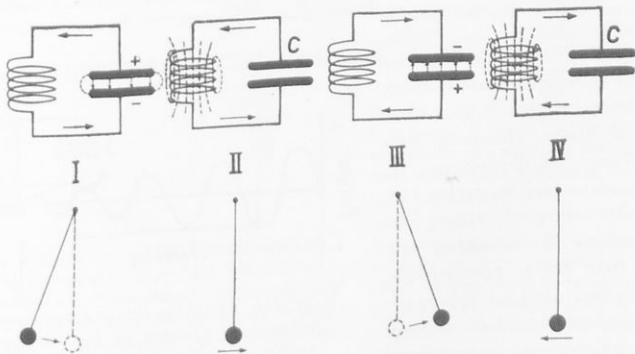
Ἐάν ἀφήσωμεν τὸ ἐκκρεμές ἐλεύθερον, τοῦτο κατέρχεται πρὸς τὰ κάτω καὶ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια αὐτοῦ μετατρέπεται βαθμηδὸν εἰς κινητικὴν ἐνέργειαν, ὅταν δὲ τὸ ἐκκρεμές φθάσῃ εἰς τὴν θέσιν OA , ὅλη ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια ἔχει μετατραπῇ εἰς κινητικὴν τοιαύτην. Ἡ κατάσταση αὕτη ἀντιστοιχεῖ πρὸς τὴν ἐκκένωσιν τοῦ πυκνωτοῦ C διὰ μέσου τῆς αὐτεπαγωγῆς L , ὅτε ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, λόγῳ τοῦ ρεύματος ἐκκενώσεως, μεταβάλλεται εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ὅταν τὸ ρεῦμα ἐκκενώσεως τείνῃ νὰ ἐξμηνδυνισθῇ, ὁλόκληρος ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἔχει μεταβληθῇ εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου.

Τὸ ἐκκρεμές, φθάνον εἰς OA , δὲν ἡρεμεί, ἀλλὰ λόγῳ τῆς ἀδραναίας αὐτοῦ κινεῖται πέραν τῆς θέσεως OA πρὸς τὴν OB' , καὶ κατὰ τὴν φάσιν ταύτην τῆς κινήσεως, ἡ κινητικὴ τοῦ ἐνέργεια μετατρέπεται βαθμηδὸν εἰς δυναμικὴν, καὶ εἰς τὴν θέσιν OB' , ὅπου B' εἶναι συμμετρικὸν τοῦ B ὡς πρὸς τὴν OA , ὁλόκληρος ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια ἔχει μεταβληθῇ εἰς κινητικὴν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ κυκλώματος, ὅταν ὁ πυκνωτὴς ἔχῃ ἀποβάλῃ ὅλον τὸ φορτίον του, δηλαδὴ ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου ἔχει μεταβληθῇ ἐξ ὁλοκλήρου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ φαινόμενον τῆς ἐκκενώσεως δὲν παύει, ἀλλὰ λόγῳ τῆς ἀδραναίας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἥτοι λόγῳ τῆς αὐτεπαγωγῆς, τὸ ρεῦμα ἐκκενώσεως συνεχίζεται δαπάναις τῆς ἐνεργείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Οὕτω ὁ πυκνωτὴς φορτίζεται ἐκ νέου, ἀλλ' ὑπὸ ἀντίθετον πολικότητα, μετατροπόμενης τῆς ἐνεργείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν ἡλεκτρικοῦ πεδίου, ἡ ὁποία συντελεῖται πλήρως ὅταν ὁ πυκνωτὴς ἔχῃ ἀποκτήσῃ τὸ ἀρχικὸν φορτίον αὐτοῦ.

Ὅταν τὸ ἐκκρεμές φθάσῃ εἰς τὴν θέσιν OB' , ἀρχίζει ἐκ νέου νὰ κατέρχεται καὶ ἐπαναλαμβάνεται τὸ ἴδιον φαινόμενον ἐπ' ἀπειρον, ἐφ' ὅσον δεχόμεθα ὅτι δὲν ὑφίστανται ἀπώ-



Σχ. 440. Ἐκκρεμές.



Σχ. 441. Ἀναλογία μεταξὺ ἡλεκτρικῆς καὶ μηχανικῆς ταλαντώσεως.

λείαι. Ὅμοιος, ὅταν ὁ πυκνωτὴς ἔχῃ φορτισθῇ τελείως ὑπὸ ἀντίθετον πολικότητα, ἀρχίζει νὰ ἐκκενῶται μὲ ρεῦμα ἐκκενώσεως ἀντίθετον φορᾶς ἢ προηγουμένως καὶ τὸ φαινόμενον

θά ἐπαναλαμβάνεται ἐπ' ἀπειρον, ἐφ' ὅσον δεχόμεθα ὅτι τὸ κύκλωμα δὲν παρουσιάζει ἀπωλείας.

Εἰς τὸ σχῆμα 441 δεικνύονται σαφέστερον αἱ ἀντιστοιχίαι τῶν διαφορῶν φάσεων τῆς ἐκκεννώσεως καὶ τῆς κινήσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς.

343. Τύπος τοῦ Thomson. Ἡ περίοδος T τῶν παραγομένων ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων παρέρχεται ὑπὸ τοῦ τύπου τοῦ Thomson :

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

ὅπου C ἡ χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ εἰς Farad καὶ L ἡ αὐτεπαγωγή εἰς Henry.

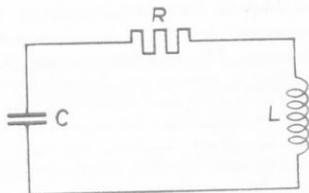
Ἐφαρμογή. Ἐάν $C = 0,001 \mu F = 10^{-9} F$ καὶ $L = 30 \mu H = 30 \cdot 10^{-6} H$, τότε :

$$T = 6,28 \sqrt{30 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-9}} = 6,28 \sqrt{3 \cdot 10^{-14}} = 0,0000011 \text{ sec.}$$

344. Διατηρούμεναι καὶ ἀποσβεννύμεναι ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Αἱ ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις αἱ ὁποῖαι γεννῶνται διὰ τῆς ἐκκεννώσεως τοῦ πυκνωτοῦ, ὡς περιεγράφη εἰς τὴν § 341, καλοῦνται **διατηρούμεναι**, καθότι, ἐπειδὴ τὸ κύκλωμα ὑποτίθεται ἄνευ ἀπωλειῶν, τὸ πλάτος αὐτῶν δια-



Σχ. 442. Τὸ πλάτος εἰς τὰς συντηρουμένας ταλαντώσεις παραμένει σταθερόν.



Σχ. 443. Κύκλωμα ταλαντώσεων με ἀπωλείας, αἱ ὁποῖαι συγκεντρώνονται εἰς τὴν ἀντίστασιν R (R —συμβολ. παράστασις ἀντιστάσεως ἄνευ αὐτεπαγωγῆς).

τηρεῖται σταθερόν καὶ γραφικῶς παριστῶνται ὑπὸ τῆς ἐν σχήματι 442 καμπύλης.

Ἐν τῇ πραγματικότητι ὅμως, τὸ κύκλωμα παρουσιάζει ἀπωλείας, αἱ ὁποῖαι εἰκονικῶς συγκεντρώνονται ἐπὶ ἀντιστάσεως R , ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 443, ἔνεκα δὲ τούτου τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων δὲν παραμένει σταθερόν, ἀλλὰ βαίνει προοδευτικῶς ἐλαττούμενον μετὰ τοῦ χρόνου μέχρις ἐκμηδενίσεως, αἱ δὲ παραγόμεναι ταλαντώσεις παριστῶνται γραφικῶς ὑπὸ τοῦ σχήματος 444 καλοῦνται δὲ **ἀποσβεννύμεναι**. Τὸ σχῆμα 445 δεικνύει φωτογραφίαν ἀποσβεννύμενων ταλαντώσεων ληφθεῖσαν διὰ παλμογράφου.



Σχ. 444. Τὸ πλάτος εἰς τὴν ἀποσβεννύμενην ταλάντωσιν μειοῦται μετὰ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου καὶ τέλος μηδενίζεται (παῖσις τῶν ταλαντώσεων).

στοῦ εἰς τὸ κύκλωμα LC ἐπιτεγγάνομεν τὴν παραγωγὴν διαδοχικῶν συρμῶν ταλαντώσεων.

Ἡ μέθοδος αὕτη παραγωγῆς ἀποσβεννυμένων ταλαντώσεων ὁφείλεται εἰς τὸν Γερμανὸν Φυσικὸν Feddersen, ὁ ὁποῖος, σπουδάζων τὴν διάρκειαν τοῦ σπινθήρος τοῦ προκύπτοντος κατὰ τὴν ἐκκένωσιν λουγδονικῆς λαγῆνου, παρατήρησε ἐκ τῆς φωτογραφίσεως τοῦ σπινθήρος τὸν ὅποιον μετέτρεπεν προηγουμένως εἰς φωτεινὴν ταινίαν διὰ περιστρεφομένου κατόπτρου, ὅτι ἡ φωτογραφία παρῆκε τὴν εἰς τὸ σχῆμα 447 δεικνυομένην εἰκόνα, ἡ ὁποία



Σχ. 447. Ἡ ἀνομοιομορφία τῆς φωτεινότητος εἰς τὴν φωτογραφίαν δεικνύει ὅτι ἡ ἐκκένωσις εἶναι ταλαντευομένη.

παρουσιάζει ἄνω καὶ κάτω ἐναλλάξ περιοχὰς φωτεινάς. Ἐκ τοῦ φαινομένου τούτου, ὁ Feddersen συνήγαγεν ὅτι ἡ ἐκκένωσις διὰ σπινθήρος δὲν εἶναι ἐνιαία καὶ κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, ἀλλὰ πολλαπλὴ καὶ ἐναλλασσομένη καὶ

ὅτι κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκκένωσης οἱ πόλοι ἀλλάσσουν σημεῖον. Ἡ ἀνάπτυξις ἐξ ἄλλων τῶν ταλαντώσεων εἰς τὸ κύκλωμα LC δεικνύεται μὲ τὴν βοήθειαν μικρὰς λυχνίας Λ, ἡ ὁποία συνδέεται πρὸς τὸ πηνίον L_1 καὶ τίθεται πλησίον τοῦ πηνίου L , ὅν χρόνον εἰς τὸν σπινθηριστὴν ἀναπτύσσονται σπινθῆρες. — ὅποτε τὸ κύκλωμα LC διαρρέεται ὑπὸ ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων —, αὕτη φωτοβολεῖ ὡς ἐκ τῆς ἐξ ἐπαγωγῆς ἐκ τοῦ πηνίου L διεγερμένης ἡλεκτρογερτικῆς δυνάμεως εἰς τὸ L_1 (σχ. 446).

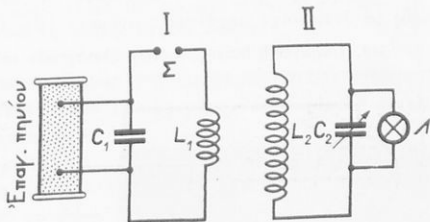
347*. Ὁμικὴ ἀντίστασις εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῦμα μεγάλης συχνότητος. Ἐκ πειρᾶς γνωρίζομεν ὅτι ἡ ὁμικὴ ἀντίστασις ἀγωγοῦ σύρματος μεταβάλλεται οὐσιωδῶς μετὰ τῆς συχνότητος τοῦ ρεύματος. Οὕτω, ἐνῷ εἰς ρεῦμα μικρὰς συχνότητος ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ συμπίπτει πρὸς τὴν ὁμικὴν ἀντίστασιν εἰς συνεχῆς ρεῦμα, εἰς ρεῦμα μεγάλης συχνότητος, ἡ ἀντίστασις καθίσταται κατὰ πολὺν μεγαλύνερα τῆς τιμῆς τὴν ὁποίαν δεικνύει εἰς συνεχῆς ἡ μικρὰς συχνότητος ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

Ἡ συστηματικὴ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τούτου κατέδειξεν ὅτι, ὅταν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι μεγάλη, δὲν χρησιμεύει πρὸς τοῦτο ὅλη ἡ μᾶζα τοῦ ἀγωγοῦ διὰ τὴν διόδον τοῦ ρεύματος, ἀλλὰ τοῦτο προτιμᾷ νὰ διέλθῃ διὰ λεπτοῦ στρώματος, εὐρισκομένου πρὸς τὸ μέρος τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀγωγοῦ, ἐκλήθη δὲ τὸ φαινόμενον τοῦτο **ἐπιφανειακὸν ἢ ἐπιδερμικὸν φαινόμενον**. Τὸ ἐν λόγῳ στρῶμα ἔχει πάχος τὸσον μικρότερον, ὅσον ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἶναι μεγαλύνερα.

Ἔνεκα τοῦ ἐπιφανειακοῦ φαινομένου, εἰς κυκλώματα ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων, πρὸς μείωσιν τῆς ὁμικῆς ἀντιστάσεως καὶ ἐπομένως τῶν ἀπωλειῶν ἐκ θερμότητος Joule, χρῆσιμοι οὖν κατὰ προτίμησιν μεταλλικαὶ ταινίαις ἢ ἀγωγοὺς ἔχοντας μορφὴν κοίλων κυλινδρῶν ἢ τέλος πολυκύλων σύρματα ἀποτελούμενα ἐκ πολλῶν λεπτῶν συρμάτων, μεμονωμένων ἀπ' ἀλλήλων διὰ στρώματος βερνικίου, καὶ τὰ ὅποια συστρέφονται μετὰ τῶν. Διὰ τῆς ἐκλογῆς ἀγωγῶν τῆς ἀνωτέρω μορφῆς αὐξάνεται σημαντικῶς ἡ ἐπιφάνεια τῶν ἀγωγῶν, καὶ οὕτω μειοῦται σημαντικῶς ἡ ὁμικὴ ἀντίστασις τῶν ἀγωγῶν.

Λόγῳ τοῦ ἐπιδερμικοῦ φαινομένου, δυνάμεθα νὰ ἐγγίσωμεν ἀγωγοὺς διαρρεομένους ὑπὸ ἐναλλασσομένων ρευμάτων μεγάλης συχνότητος καὶ εὐρισκομένων ὑπὸ ἀρκετὰ ὑψηλῇ τάσιν, π.χ. 50.000 Volt, χωρὶς νὰ διατρέχωμεν κίνδυνον ἡλεκτροπληξίας, διότι τὸ ρεῦμα διέρχεται μόνον διὰ λεπτοῦ στρώματος κάτωθεν τῆς ἐπιδερμίδος, ἐξ οὗ καὶ ὁ ὅρος ἐπιδερμικὸν φαινόμενον. Μάλιστα δὲ τελευταίως, ἐδημιουργήθη εἰδικὸς λατρικὸς κλάδος, ἡ **διathermia**, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖ διὰ τὴν ἀνάπτυξιν θερμότητος ἐπὶ τοῦ ὁργανισμοῦ ἐναλλασσόμενα ρεύματα μεγάλης συχνότητος, καλούμενα πολλάκις **ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος**, διὰ τῶν ὁποίων ἐπιτεγγάνεται ἡ θεραπεία ρευματισμῶν καὶ ἄλλων παθήσεων.

348. Σύζευξις καὶ συντονισμός. Ἐστω ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 448, περιλαμβάνουσα κύκλωμα I, περιέχον τὴν αὐτεπαγωγὴν L_1 , τὴν χωρητικότητά C_1 καὶ τὸν σπινθηριστὴν Σ , καὶ εἰς τὸ ὁποῖον διεγείρομεν, ὡς ἀνωτέρω περιεγράφη, ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις. Εἰς τὸ κύκλωμα II, περιλαμβάνον τὴν αὐτεπαγωγὴν L_2 , καὶ τὸν πυκνωτὴν C_2 μεταβλητῆς χωρητικότητος, ἐνῶ εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ πυκνωτοῦ συνδέεται μικρὰ λυχνία Λ (ἢ μικρὸς σωλὴν Geissler περιέχον ἀέριον, π. χ. νέον). Ἐὰν εἰς τὸ κύκλωμα I διεγείρωμεν ἡλεκτρικὰς ταλαντώσεις, παρατηροῦμεν ὅτι λόγφ τῶν ἐντόνων φαινομένων ἐπαγωγῆς, δεδομένου ὅτι ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου ρεύματος εἰς I εἶναι πολὺ μεγάλη, ἀναπτύσσονται ἡλεκτρικαὶ ταλαντώσεις καὶ εἰς τὸ II, ὡς τοῦτο δεικνύεται ἐκ τῆς φωτοβολίας τῆς λυχνίας.



Σχ. 448. Δι' ὠρισμένην τιμὴν χωρητικότητος τοῦ μεταβλητοῦ πυκνωτοῦ C_2 , ὁ λαμπτήρ Λ φωτοβολεῖ ἐντόνως (κατάστασις συντονισμοῦ).

Ὁὗτω βλέπομεν ὅτι μεταβιβάζεται ἐνέργεια δι' ἐπαγωγῆς ἐκ τοῦ κυκλώματος I εἰς τὸ II. Γενικῶς δέ, ὅταν δύο κυκλώματα ταλαντώσεων εἶναι διατεταγμένα κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε, ὅταν ἀναπτύσσωμεν ταλαντώσεις εἰς τὸ ἓν, αὐτὰ νὰ προκαλοῦν ἀνάπτυξιν ταλαντώσεων καὶ εἰς τὸ ἄλλο, ἢ ἄλλως, ὅταν ἡ ἐνέργεια ἐκ τοῦ ἑνὸς κυκλώματος δύναται νὰ μεταβιβάζεται καὶ εἰς τὸ ἄλλο, λέγομεν ὅτι τὰ κυκλώματα εἶναι **συνεξευγμένα**.

Ἡ σύζευξις διὰ κυκλωμάτων δύναται νὰ γίνη κατὰ πολλοὺς τρόπους. Ἡ εἰς τὸ σχῆμα 448 εἰκονιζομένη σύζευξις καλεῖται **ἐπαγωγικὴ** ἢ **μαγνητικὴ**.

Διὰ μεταβολῆς τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ C_2 , καταδεικνύεται ὅτι ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας Λ μεταβάλλεται, καὶ μάλιστα δι' ὠρισμένην τιμὴν τῆς χωρητικότητος C_2 ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας ἔχει τὴν μεγίστην αὐτῆς τιμὴν, ἐνῶ διὰ πάσαν ἄλλην τιμὴν τῆς χωρητικότητος, μικροτέραν ἢ μεγαλυτέραν, ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας ἔχει μικροτέραν ἔντασιν.

Ἐὰν ὁμῶς ὑπολογίσωμεν τὴν περίοδον T_2 τοῦ κυκλώματος II, ὅταν ἡ φωτοβολία τῆς λυχνίας ἔχη τὴν μεγίστην τιμὴν, βάσει τοῦ τύπου τοῦ Thomson, εὐρίσκωμεν ὅτι αὕτη ἰσοῦται πρὸς τὴν περίοδον T_1 τοῦ I, ἥτοι, ὅταν ἡ λυχνία δεικνύῃ τὴν μεγίστην φωτοβολίαν, εἶναι :

$$2\pi \sqrt{L_1 C_1} = 2\pi \sqrt{L_2 C_2} \quad \text{ἢ} \quad L_1 C_1 = L_2 C_2 \quad (1)$$

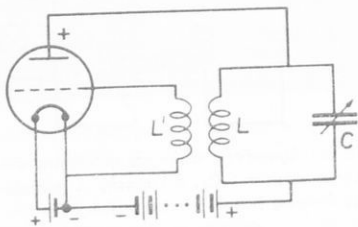
Ὅταν ἓν γένει δύο κυκλώματα ταλαντώσεων ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον, λέγομεν ὅτι ταῦτα εὐρίσκονται ἐν συντονισμῷ, ἢ δὲ συνθήκη συντονισμοῦ ἐκφράζεται διὰ τῆς σχέσεως (1).

Ἡ πρακτικὴ σημασία τοῦ συντονισμοῦ ἐγκτεται εἰς τοῦτο: ὅταν τὰ κυκλώ-

ματα I και II ευρίσκονται ἐν συντονισμῷ, τὸ κύκλωμα II δέχεται ἐκ τοῦ I τὸ μεγαλύτερον ποσὸν ἐνεργείας.

Τὰ ἀνωτέρω φαινόμενα συζευξέως καὶ συντονισμοῦ εἶναι ἐντελῶς ἀνάλογα πρὸς τὰ ἀντίστοιχα μηχανικὰ φαινόμενα (βλ. Τόμ. I).

349. Παραγωγή διατηρουμένων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Διὰ τὴν παραγωγὴν διατηρουμένων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων χρησιμοποιοῦμεν σήμερον τὴν τριόδου λυχνίαν. Τυπικὴ συνδεσμολογία πρὸς τὸν σκοπὸν



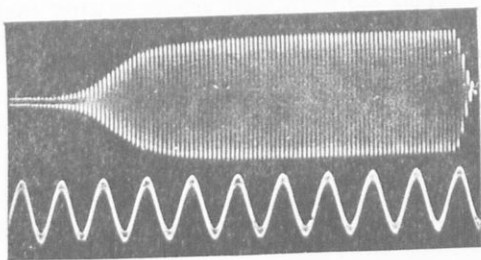
Σχ. 449. Τυπικὴ συνδεσμολογία τριόδου λυχνίας διὰ τὴν διέγερσιν διατηρουμένων ταλαντώσεων εἰς τὸν κύκλωμα LC. Ἡ διέγερσις ἐπιτυγχάνεται ὅταν τὰ πηνία L καὶ L' παρουσιάζουν τὴν κατάλληλον τιμὴν συζεύξεως.

ἐπαγωγῆς ἐναλλασσομένη ΗΕΔ, τὸ πλέγμα ὁρίσεται περιοδικὴν μεταβολὴν τῆς τάσεως αὐτοῦ καὶ οὕτω ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος τῆς λυχνίας, τὸ ὁποῖον ὁρίσεται ἀντιστοίχως ἀξιομειώσεις.

Διὰ κατάλληλον συζεύξεως τῶν πηνίων L καὶ L', ἐπιτυγχάνομεν νὰ ἐξουδετερώνομεν τὰς ἀπώλειαις τοῦ κυκλώματος LC λόγῳ παροχῆς ὑπὸ τῆς ἀνοδικῆς στήλης ἐνεργείας, οὕτω δὲ ἀναπτύσσονται εἰς αὐτὸ διατηρούμεναι ταλαντώσεις.

Εἰς τὸ σχῆμα 450 δεικνύεται, κάτω μὲν φωτογραφία διατηρουμένων ταλαντώσεων ληφθεῖσα διὰ παλμογράφου, ἄνω δὲ ἡ παραγωγὴ τῶν ταλαντώσεων ὑπὸ τριόδου λυχνίας, ἀπὸ τῆς στιγμῆς καθ' ἣν κλείεται τὸ κύκλωμα, μέχρις ἀποκαταστάσεως τῆς μονίμου καταστάσεως, ὁπότε τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων παύει ν' αὐξάνεται.

350. Μηχανικὸν ἀνάλογον. Ἐάν καθ' οἷονδήποτε τρόπον μεταδίδομεν ἐξωθεν εἰς τὸ ἐκκρεμές (σχ. 440) κατὰ τὴν κατάλληλον στιγμὴν τὸ ποσὸν τῆς ἐνεργείας τὸ ὁποῖον καταναλίσκεται εἰς ἀπώλειαν καθ' ἐκάστην μεταφορῇ τῆς ἐνεργείας ἀπὸ δυναμικῆς εἰς κινητικὴν καὶ ἄνταπαιν, τότε δυνάμεθα νὰ διατηροῦμεν τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων αὐτοῦ σταθερὸν, ὥς τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν εἰς τὰ ὁμολόγια μὲ τὸ ἐλατήριο.



Σχ. 450. Διάταξις ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς κύκλωμα τριόδου λυχνίας μέχρις ἀποκαταστάσεως τῆς μονίμου καταστάσεως. (Κάτω) Διατηρούμεναι ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

Ὅμοιός ἐάν εἰς τὸ κύβλωμα ταλαντώσεων κατορθώσωμεν νὰ μεταδίδωμεν ἔξωθεν εἰς αὐτό, εἰς τὴν κατάλληλον στιγμὴν τὸ καταναλωθὲν εἰς ἀπώλειαν ποσὸν ἐνεργείας μεθ' ἐλάστην μετατροπὴν τῆς ἐνεργείας ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἰς ἐνέργειαν μαγνητικοῦ πεδίου καὶ τἀνάπαλιν, τότε τὸ πλάτος τῶν ἡλεκτρικῶν ταλαντώσεων διατηρεῖται σταθερόν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνομεν μέσῳ τῆς τριόδου λυχνίας διὰ τῆς στήλης ὑψηλῆς τάσεως.

351. Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία ἢ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα.

Γενικῶς καλοῦμεν *ἡλεκτρομαγνητικὸν κύμα* τὴν ταυτοχρόνον διάδοσιν ἐν τῷ χώρῳ, ὑπὸ πεπερασμένην ταχύτητα, δύο ἐναλλασσομένων πεδίων, ἡλεκτρικοῦ καὶ μαγνητικοῦ, τῆς αὐτῆς περιόδου καὶ τῆς αὐτῆς φάσεως, ἀναποσπάστως δὲ συνδεδεμένων πρὸς ἀλλήλα. Τὸ μαγνητικὸν πεδὸν εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸ ἡλεκτρικὸν πεδόν, ἡ δὲ διεύθυνσις διαδόσεως εἶναι κάθετος ἐπὶ τὸ ἐπίπεδον τὸ ὀριζόμενον ὑπ' αὐτῶν.

Ἡ ἀπόστασις δύο διαδοχικῶν σημείων τοῦ χώρου, ὅπου εἴτε τὸ ἡλεκτρικὸν εἴτε τὸ μαγνητικὸν πεδὸν εὐρίσκεται ὑπὸ τὴν αὐτὴν φάσιν, καλεῖται *μῆκος τοῦ κύματος*.

Κατ' ἄλλον ὁρισμόν, τὸ μῆκος τοῦ κύματος εἶναι ἡ ἀπόστασις κατὰ τὴν ὁποίαν διαδίδεται τὸ ἡλεκτρομαγνητικὸν κύμα εἰς τὸν χρόνον, ἐντὸς μιᾶς περιόδου T τοῦ περιοδικῶς μεταβλητοῦ μαγνητικοῦ ἢ ἡλεκτρικοῦ πεδίου.

Ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων εἰς τὸν κενὸν χρόνον εὐρέθη ἴση πρὸς $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, ἥτοι εἶναι ἴση πρὸς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός.

Μεταξὺ μήκους κύματος λ , ταχύτητος διαδόσεως c , συχνότητος ν καὶ περιόδου T ὑφίσταται, καὶ διὰ τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ἡ γνωστὴ σχέσις:

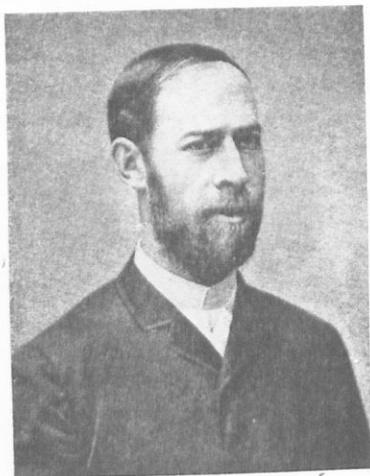
$$c = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T}$$



JAMES C. MAXWELL (1831 - 1879)
Καθηγητὴς τῆς πειραματικῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον Cambridge τῆς Ἀγγλίας (1871 - 1879). Συνέβαλε εἰς τὴν σπουδὴν τῶν ἀερίων καὶ τῆς θεωρίας τοῦ φωτός.

Τὴν ὑπαρξιν τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων προεῖπε διὰ θεωρητικῆς ὁδοῦ, πρῶτος ὁ Ἕλληνας Φυσικὸς **Maxwell**, ὁ ὁποῖος εἶναι καὶ ὁ θεμελιωτὴς τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς θεωρίας τοῦ φωτός, κατὰ τὴν ὁποίαν τὰ φωτεινὰ κύματα εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Τὴν αὐτῆς φύσεως πρὸς τ' ἀνωτέρω ἀναφερόμενα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Τὴν πειραματικὴν ὁμῶς ἀπόδειξιν τῆς ὑπάρξεως τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐπέτυχε πρῶτος ὁ Γερμανὸς Φυσικὸς **Hertz** διὰ τῶν κλασσικῶν αὐτοῦ πειραμάτων, τὰ

ὅποια ἀπετέλεσαν τὴν βάσιν τῆς πραγματοποιήσεως τῆς Ἀσυρμάτου Τηλεγραφίας ἢ γενικώτερον τοῦ νέου κλάδου τῆς Ραδιοηλεκτρονικῆς.



HEINRICH HERTZ (1857-1894)

Γερμανὸς Φυσικὸς. Διάσημος διὰ τὰς ἐρεῖναις αὐτοῦ ἐπὶ τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ἀπέδειξε πειραματικῶς ὅτι τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὅποια προέβλεπε ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ θεωρία τοῦ Maxwell, ὑφίστανται πραγματικῶς.

Τὸ ἀνοικτὸν κύκλωμα παρουσιάζει τὴν ιδιότητα ὅτι, κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμήν, ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος δὲν ἔχει τὴν αὐτὴν τιμὴν εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος. Οὕτω εἰς τὸ σχῆμα 451, διὰ πλήρους καὶ δι' ἐστιγμένης γραμμῆς δεικνύεται ἡ κατὰ τινὰ τοῦ χρόνου στιγμήν διανομὴ τῆς τάσεως καὶ ἐντάσεως τοῦ ρεύματος. Οὕτω βλέπομεν ὅτι εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἡ τάσις ἔχει μεγίστην τιμὴν, ἥτοι δεικνύει κοιλίας, καὶ εἰς τὸ μέσον εἶναι μηδέν, ἥτοι δεικνύει δεσμόν, ἐνῶ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχει μεγίστην τιμὴν εἰς τὸ μέσον, ἥτοι δεικνύει κοιλίαν, καὶ εἰς τὰ δύο ἄκρα εἶναι μηδέν, ἥτοι δεικνύει δεσμούς. Τὴν ιδιότητα ταύτην δὲν παρουσιάζουν τὰ κλειστὰ κυκλώματα ταλαντώσεων, εἰς τὰ ὅποια ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ἔχει κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμήν τὴν αὐτὴν τιμὴν εἰς ὅλα τὰ σημεῖα αὐτῶν, τὸ αὐτὸ δὲ ἰσχύει καὶ διὰ τὴν τάσιν. Τὸ ἀνοικτὸν κύκλωμα, ἐν ἀντιθέσει πρὸς τὸ κλειστόν, ἔχει πρὸς τούτοις τὴν ἀξιοσημεῖωτον ιδιότητα νὰ δημιουργῇ ἔντονον ἡλε-

Οὕτω ὁ Hertz, πρὸς παραγωγὴν τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ἐχρησιμοποίησε τὴν ἀκόλουθον περίπου διάταξιν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **ἠλεκτρικὸν δίπολον ἢ διεγέρτης τοῦ Hertz**. Κυλινδρικὸν εὐθὺ καὶ παχὺ σύρμα διακόπτεται εἰς τὸ μέσον, καὶ συνδέεται, πρὸς τὴν διακοπὴν, μικρὸς σπινθηριστής. Εἰς τὸ σύστημα τοῦτο διεγείρομεν ἠλεκτρικὰς ταλαντώσεις, ἐὰν συνδέσωμεν τὰς δύο σφαῖρας τοῦ σπινθηριστοῦ πρὸς τὸ δευτερεῖον συνήθους ἐπαγωγικοῦ πηνίου, ὁπότε παράγονται ταλαντευόμεναι ἐκκενώσεις (§ 344). Πράγματι, ἡ ἀνωτέρω διάταξις ἀποτελεῖ ἐπίσης κύκλωμα ταλαντώσεων, διότι περιέχει αὐτεπαγωγὴν καὶ χωρητικότητα, αἱ ὁποῖαι ὅμως δὲν εἶναι συγκεντρωμέναι εἰς ὀρισμένας περιοχὰς τοῦ κυκλώματος, ὡς π.χ. τοῦ σχήματος 443, ἀλλὰ εἶναι κατανεμημέναι ὁμοιόμορφως κατὰ μῆκος τοῦ κυκλώματος. Ὡς ἐκ τούτου δὲ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 451 καλεῖται **ἀνοικτὸν κύκλωμα**, ἐνῶ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 443 καλεῖται **κλειστὸν κύκλωμα**.



Σχ. 451. Ἐλεκτρικὸν δίπολον ἢ διεγέρτης τοῦ Hertz.

κτρομαγνητικήν ακτινοβολίαν εις τὸν περίξ αὐτοῦ χώρον, διὰ τὸν λόγον δὲ τούτου ὁ Hertz ἐχρησιμοποίησε τὸ κύκλωμα τούτου εἰς τὰ πειράματα αὐτοῦ.

Τὸ μήκος κύματος τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων παρέχεται, ὡς εἶδομεν, ὑπὸ τοῦ τύπου :

$$\lambda = c \cdot T \quad (1)$$

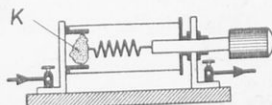
ὅπου $c = 3 \cdot 10^{10}$ cm/sec καὶ T ἡ περίοδος μεταβολῆς τοῦ ηλεκτρικοῦ ἢ μαγνητικοῦ πεδίου. Ἡ περίοδος T ὅμως συμπίπτει πρὸς τὴν περίοδον τῶν ταλαντώσεων τῶν ἀναπτυσσομένων εἰς τὸ ἀνοικτὸν κύκλωμα Hertz. Ὡς δὲ θεωρητικῶς δεικνύεται, ἰσχύει πάλιν ὁ τύπος: $T = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$, ἐὰν δὲ ἀντικαταστήσωμεν τὴν τιμὴν τῆς περιόδου εἰς τὸν τύπον (1) καὶ ἐκφράσωμεν ὅλα τὰ μήκη εἰς μέτρα, τὴν χωρητικότητά C εἰς μF καὶ τὴν αὐτεπαγωγὴν L εἰς μH , τότε ἔχομεν τὸν πρακτικὸν τύπον: $\lambda = 1885 \sqrt{L \cdot C}$ εἰς μέτρα.

352*. Πειραματικὸς ἔλεγχος ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐν τῷ χώρῳ. Διὰ τὸν ἔλεγχον τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἐν τῷ χώρῳ, χρησιμοποιοῦμεν σήμερον εἰδικὰς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **φωραταί**, μεταξὺ τῶν ὁποίων ὁ ἀπλούστερος ὢλον εἶναι ὁ **κρυσταλλικὸς φωρατής**. Οὗτος ἀποτελεῖται ἀπὸ μικρὸν κρυστάλλον K (σχ. 452) ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ ἐκ γαλνίτου (galena), ὁ ὁποῖος στηρίζεται καταλλήλως ἐπὶ μικρᾷ μεταλλικῇ κήμῃ, καὶ ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτοῦ ἐφάπτεται ὑπὸ ἐλαφροτάτῃ πίεσιν ἡ αἰχμὴ σπειροειδοῦς μεταλλικοῦ σύρματος. Ἡ ἐπαφὴ σύρματος καὶ κρυστάλλου παρουσιάζει τὴν ιδιότητα τῆς μονοπλευροῦ ἀγωγιμότητος, δηλαδὴ παρουσιάζει διάφορον ἀντίστασιν, ἀναλόγως τῆς φορᾶς τοῦ ρεύματος, ἥτοι ἐκ τοῦ κρυστάλλου πρὸς τὸ σύρμα ἢ ἐκ τοῦ σύρματος πρὸς τὸν κρυστάλλου. Ἐνεκα τῆς ἀνωτέρω ιδιότητος, ἡ ἀνωτέρω ἐπαφὴ δεικνύει εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῖμα ἀνορθωτικήν ιδιότητα καὶ ἐπομένως, ἐὰν ὁ φωρατὴς συνδεθῇ πρὸς ἀνοικτὸν κύκλωμα ταλαντώσεων, ἐν συνδυασμῷ πρὸς γαλβανόμετρον συνεχοῦς ρεύματος, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 453, τότε ἐφ' ὅσον τὸ κύκλωμα θὰ διαρρέεται ὑπὸ ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων, τὸ γαλβανόμετρον θὰ ἀποκλίνει.

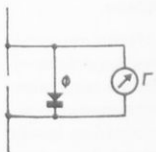
Φαντασθῶμεν ἤδη ὅτι εἰς τὴν διάταξιν τοῦ Hertz διεγείρομεν ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις καὶ ὅτι εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπ' αὐτῆς τοποθετοῦμεν ἑτέραν ἀκριβῶς ὁμοίαν διάταξιν. ἡ ὁποία νὰ διατίθεται παραλλήλως πρὸς τὴν πρώτην, καὶ ὅτι εἰς τὸν σπινθηριστὴν συνδεδεμένον φωρατὴν Φ καὶ γαλβανόμετρον Γ . Ἐὰν εἰς τὴν πρώτην διάταξιν διεγείρομεν ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ γαλβανόμετρον τὸ συνδεδεμένον πρὸς τὴν δευτέραν διάταξιν ἀποκλίνει.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς: Ὅταν διεγείρομεν εἰς τὴν πρώτην διάταξιν ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις, αὕτη ἀκτινοβολεῖ εἰς τὴν πρώην ἐνέργειαν ὑπὸ μορφῇν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ἥτοι τὸν χώρον ἐνέργειαν ὑπὸ μορφῇν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα ὡς γνωστὸν ἀποτελεῖ πομπὴν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα ὡς γνωστὸν διαδίδονται καθ' ἁπάσας τὰς διευθύνσεις μετὰ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ φωτός.

Ὅταν τὰ ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα προσπέσουν ἐπὶ τῆς εἰς ἀπόστασιν εὐρισκομένης ἑτέρας ὁμοίας διατάξεως μετὰ τοῦ φωρατοῦ, αὕτη διεγείρεται ὑπὸ τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, διότι τὰ ἐν λόγω κύματα μεταδίδουν εἰς αὐτὴν ἐνέργειαν, οὗτω δὲ ἀναπτύσσονται ἐπ' αὐτῆς ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖαι



Σχ. 452. Διάταξις κρυσταλλικοῦ φωρατοῦ.



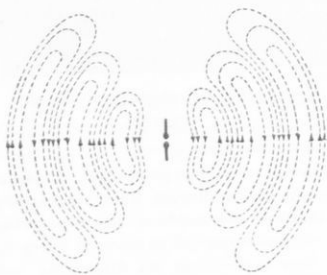
Σχ. 453. Διάταξις διπλῶν συνδεδεμένων πρὸς φωρατὴν (Φ).

ελέγχονται υπό του συστήματος φορατού και γαλβανομέτρου. Εν άλλους λόγους, η δευτέρα διάταξις ἀποτελεῖ τὸν δέκτην. Ἀντὶ φορατοῦ και γαλβανομέτρου δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὴν αὐτὴν διάταξιν μικρὸν σπινθηριστὴν εἰς τὸ μέσον, ὅποτε ὁσάκις αὕτη προσβάλλεται ἀπὸ ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα θὰ παρὰγεται μικρὸς σπινθὴρ.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι ἐντελῶς ἀνάλογον πρὸς τὸ γνωστὸν ἤδη ἀκουστικὸν φαινόμενον. Φαντασθόμεν ὅτι εἰς δοματίον τοποθετοῦμεν εἰς τινὰ περιοχὴν διαπασῶν, τὸ ὅποιον δύναιται νὰ παρὰγῃ ὁρισμένον ἦχον, π.χ. $1a_3$, συχνότητος 435 παλμῶν/sec, ἡ περιόδου $1/435$ sec, καὶ ὅτι εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ διαπασῶν τούτου τοποθετοῦμεν εἰς τὸ αὐτὸ δοματίον ἕτερον ἐντελῶς ὁμοίον διαπασῶν. Ἐὰν διεγείρωμεν τὸ πρῶτον διαπασῶν, εἰς τρόπον ὥστε τοῦτο νὰ παρὰγῃ ἦχον, τότε διεγείρεται καὶ τὸ δεύτερον.

Τὸ φαινόμενον τοῦτο ἐξηγοῦμεν διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι τὸ πρῶτον διαπασῶν, ὅταν εὐρίσκεται ἐν διεγέρσει, προκαλεῖ διατάραξιν τοῦ πᾶσις ἀέρος, ἥτοι δημιουργεῖ ἡχητικὰ κύματα, τὰ ὅποια διαδίδονται καθ' ἀπάσας τὰς διευθύνσεις ἐπὶ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἡχου εἰς τὸν ἀέρα. Τὰ κύματα ταῦτα, τὰ ὅποια μεταφέρουν ἐνέργειαν, συναντῶντα τὸ δεύτερον διαπασῶν μεταδίδουν εἰς αὐτὸ ἐνέργειαν καὶ οὕτω διεγείρουν αὐτό, ὥστε τοῦτο νὰ παρὰγῃ ἦχον. Διὰ νὰ παραχθῇ ἔντονον τὸ φαινόμενον τοῦτο, πρέπει τὰ δύο διαπασῶν νὰ εἶναι ἐντελῶς ὁμοία, δηλαδὴ νὰ ἔχουν τὴν αὐτὴν περιόδον, ἢ ὅπως συνήθως λέγομεν, νὰ εὐρίσκωνται ἐν συντονισμῷ.

Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τὸ ηλεκτρικὸν φαινόμενον, καὶ δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν



Σχ. 454. Διαμόρφωσις ηλεκτρικῶν γραμμῶν εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ διπόλου.

λόγον, ἐκλέγομεν τὰς δύο διατάξεις ὁμοίας, διότι τότε αἱ εἰς αὐτάς ἀναπτυσσόμεναι ταλαντώσεις ἔχουν τὴν αὐτὴν συχνότητα ἢ περίοδον, ἥτοι ἔχουμεν πάλιν συντονισμόν, καὶ τὸ φαινόμενον τότε παρὰγεται ἐντονώτερον. Ἐκ τοῦ ἀνωτέρω φαινομένου συντονισμοῦ συνάγεται ὅτι ἡ ἀκτινοβολία τῆς διατάξεως Hertz ἀποτελεῖ κυματικὸν φαινόμενον.

Τὸ σχῆμα 454 δεικνύει τὴν εἰκόνα κατὰ τὴν ὁποίαν διαμορφοῦνται αἱ ηλεκτρικαὶ γραμμαὶ τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου ἐν τῷ χώρῳ, εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ πομποῦ τύπου Hertz, ἢ ἄλλως διπόλου.

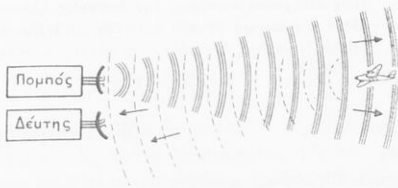
353. Ἰδιότητες ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Τὰ ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα παρουσιάζουν, ὅπως καὶ τὰ φωτεινὰ κύματα, τὰ φαινόμενα τῆς ἀνακλάσεως, διαθλάσεως καὶ πλῆξεως.

Τὴν ιδιότητα τῆς ἀνακλάσεως ἐχρησιμοποίησεν ὁ Hertz εἰς τὴν ἀπόδειξιν τοῦ κυματικοῦ χαρακτῆρος τῆς ηλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας, διὰ πραγματοποιήσεως στασίμων κυμάτων. Οὕτω, ἐτοποθέτησε ἔναντι τῆς διατάξεως τοῦ σχήματος 451 μεταλλικὴν πλάκα, ἐπὶ τῆς ὁποίας προστίποντο τὰ ηλεκτρικὰ κύματα καθέτως ὑφίσταντο ἀνὰκλασιν καὶ ἐπέστρεφον πρὸς τὰ ὀπίσω. Οὕτω, διὰ συμβολῆς τῶν ἀπ' εὐθείας κυμάτων καὶ τῶν ἀνακλωμένων, παρὰγονται στάσιμα κύματα, ἥτοι κοιλίαι καὶ δεσμοὶ ἀκτινοβολίας, ὅπως εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἡχητικῶν κυμάτων (βλ. Τόμ. I).

Λιὰ καταλλήλου διατάξεως, ὁ Hertz καθώρισεν τὴν θέσιν τῶν δεσμῶν καὶ κοιλιῶν, καὶ διὰ μετρήσεως τῆς ἀποστάσεως δύο διαδοχικῶν δεσμῶν ἢ κοιλιῶν ἐπέτυχεν νὰ καθορίσῃ τὸ μῆκος τοῦ κύματος καὶ ἐξ αὐτοῦ ἀκολουθῶς τὴν ταχύτητα διαδόσεως τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ἢ ὁποία συνέπετε πρὸς τὴν ὑπὸ τοῦ Maxwell προβλεφθεῖσαν.

Το φαινόμενο της ανάκλασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων έτυχε τελευταίως εφαρμογής εις την πραγματοποίησιν του Radar.

354. Ραντάρ. Ἡ ἀρχὴ τοῦ Radar εἶναι ἡ ἀκόλουθος: Διὰ κατευθυνομένης διατάξεως, π.χ. παραβολικοῦ κατόπτρου, εἰς τὴν ἐστίαν τοῦ ὁποίου τίθεται δίπολον καταλλήλως διεγερθόμενον, κατευθύνονται τὰς ηλεκτρομαγνητικὰς ἀκτῖνας ἢ τὰς ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα πρὸς ὁρισμένην διευθύνσιν ἐν τῷ χώρῳ, ἐὰν δὲ αὗται εἰς τὴν πορείαν των συναντήσουν μεταλλικὸν ἀντικείμενον, π.χ. τὸ σῶμα ἀεροσκάφους, ἀνακλῶνται ἐπ' αὐτοῦ καὶ ἐπιστρέφουν πρὸς τὰ ὀπίσω, δυνάμεθα δὲ νὰ ἀνιχνεύσωμεν τὴν ἀνακλωμένην ἀκτινοβολίαν διὰ τῆς χρησιμοποιοῦμενης καταλλήλου δέκτου, π.χ. διπόλου μετὰ διατάξεως φωρατοῦ (σ.χ. 455).



Σ.χ. 455. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας Ραντάρ.

Ἡ διάταξις αὕτη ἐτελειοποιήθη κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη, εἰς τρόπον ὥστε ὄχι μόνον δυνάμεθα νὰ ἀνιχνεύσωμεν ἀεροσκάφη, ἀλλὰ καὶ νὰ ἐκτιμῶμεν τὴν ἀπόστασιν αὐτῶν, νὰ παρακολουθῶμεν τὴν πορείαν των, πρὸς τοῦτους δὲ καὶ νὰ καθορίζωμεν διαφόρους στόχους οἱ ὅποιοι δὲν εὐρίσκονται ἐν ὄψει.

Εἰς τὴν τελειοποίησιν τοῦ Radar συνέβαλε τὰ μέγιστα ὁ καθολικὸς σωλὴν ὁ ὁποῖος σήμερον ἀποτελεῖ οὐσιώδες ὄργανον τῆς ἐγκαταστάσεως τοῦ δέκτου Radar, ὅπου εἰς τὸ φθορίζον διάφραγμα αὐτοῦ ἀπεικονίζεται ἡ ὑπὸ τῆς ηλεκτρομαγνητικῆς δέσμης τοῦ πομποῦ ἐξερευνούμενη περιοχὴ, καθοριζομένης μάλιστα μετ' ἀκριβείας καὶ τῆς ἀποστάσεως των διαφόρων στόχων ἀπὸ των ὁποίων ἀνακλᾶται ἡ ηλεκτρομαγνητικὴ δέσμη ἀκτίνων.

Τελευταίως διὰ τοῦ Radar κατορθώθη ἡ ἀνάκλασις ηλεκτρομαγνητικῆς δέσμης ἐπὶ τῆς Σελήνης, εἰς τρόπον ὥστε, διὰ τῆς διατάξεως ταύτης, δύναται νὰ θεωρηθῇ ὅτι ἐπετεύχθη ἡ πρώτη πραγματικὴ ἐπαφὴ μεταξὺ τῆς Γῆς καὶ τοῦ δορυφόρου αὐτῆς. Ἐξ ἀκριβῶν μετρήσεων κατεδείχθη ὅτι ὁ χρόνος ὁ παρερχόμενος μεταξὺ τοῦ ἐκπεμπομένου ἐπιγείου σήματος, καὶ τῆς καταγραφῆς τοῦ ἐξ ἀνάκλασεως σήματος ἐπὶ τοῦ ἐπιγείου δέκτου, ἀνέρχεται περίπου εἰς 2,4 sec.

ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

Α'. Ζητήματα.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις. Πότε αὗται καλοῦνται ἀποσβεννόμεναι καὶ πότε διατηρούμεναι. Ποῦ ὀφείλεται ἡ ἀπόσβεσις των ταλαντώσεων. Ποία αἱ σπουδαιότεραι ἐφαρμογαὶ αὐτῶν. Πῶς παριστῶμεν γραφικῶς ἀποσβεννυμένας καὶ διατηρουμένας ταλαντώσεις.

Πῶς παράγωμεν ἀποσβεννυμένας ταλαντώσεις. Ἐκ ποίου πειράματος συνήγαγεν ὁ Feddersen ὅτι διὰ τῆς μνημονευομένης μεθόδου παράγονται ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις.

Τί γνωρίζετε περὶ ὤμικρῆς ἀντιστάσεως εἰς συνεχὲς ρεῖμα, εἰς ἐναλλασσόμενον ρεῖμα μικρᾶς συχνότητος καὶ ἐναλλασσόμενον ρεῖμα μεγάλης συχνότητος.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὁρῶν συζεύξεως καὶ συντονισμοῦ, καὶ ποία ἡ πρακτικὴ σημασία αὐτῶν. Ποία ἡ συνθήκη συντονισμοῦ.

Νὰ κατασκευασθῇ διάγραμμα συνδεσμολογίας τριόδου λυχνίας πρὸς παραγωγὴν διατηρουμένων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων. Νὰ ἐξηγηθῇ ὁ τρόπος λειτουργίας αὐτῆς.

- Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ἡλεκτρομαγνητικά κύματα. Τί καλοῦμεν μήκος τοῦ κύματος.
 Πόση ἢ ταχύτης διαδόσεως τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.
 Περιγράψατε τὴν διάταξιν τοῦ Hertz πρὸς παραγωγὴν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.
 Ποία ἢ σχέσις μεταξὺ αὐτεπαγωγῆς, χωρητικότητος καὶ περιόδου τῶν ταλαντώσεων.
 Ποίος ὁ πρακτικὸς τύπος ὑπολογισμοῦ τοῦ μήκους κύματος.
 Πῶς ἐλέγχουμεν συνήθως τὴν διάδοσιν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων εἰς τὸν ὥρον.
 Ποία ἢ διαφορὰ μεταξὺ φωτεινῶν καὶ ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων.
 Ποίας ιδιότητας δεικνύουσιν τὰ ἡλεκτρομαγνητικά κύματα.

Β'. Προβλήματα.

1. Εἰς ραδιοφωνικὸν δέκτην, αἱ ἐνδείξεις εἶναι μεγάκυκλοι κατὰ δευτερόλεπτον ($MC = 10^6$ CPS). Ἐάν ὁ λαμβανόμενος σταθμὸς ἔχῃ συχνότητα 15 MC πόσον τὸ μήκος κύματος εἰς μέτρα.
2. Εἰς κύκλωμα ταλαντώσεων, ἡ χωρητικότης αὐτοῦ εἶναι 400 μF καὶ ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ 175 μH . Πόση ἢ συχνότης αὐτοῦ.
3. Εἴς τι κύκλωμα ταλαντώσεων, ἡ χωρητικότης εἶναι 0,0008 μF καὶ ἡ αὐτεπαγωγὴ 1,8 μH . Πόσον τὸ μήκος κύματος.
4. Κεραία ραδιοηλεκτρογραφικοῦ πομποῦ ἔχει χωρητικότητα 10^{-10} F καὶ αὐτεπαγωγὴν 0,00002 H. Πόσον εἶναι τὸ μήκος κύματος τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων τὰ ὅποια ἀκτινοβολεῖ.
5. Ὁ Ραδιοφωνικὸς πομπὸς Ἀθηνῶν ἐργάζεται ἐπὶ μήκους κύματος 499,2 m. Εἰς ποίαν συχνότητα ἀντιστοιχεῖ τὸ κύμα τοῦτο καὶ ποῖον τὸ γινόμενον L · C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΖ'

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

355. Γενικά. Ἡ ἡλεκτρικὴ τηλεπικοινωνία ἔχει ὡς σκοπὸν τὴν μεταβίβασιν σημάτων ἢ τῆς φωνῆς εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Αὕτη ὑποδιαιρεῖται εἰς τὴν **συνήθη Τηλεπικοινωνίαν**, κατὰ τὴν ὁποίαν ὁ πομπὸς συνδέεται πρὸς τὸν ἀναποκρινόμενον δέκτην δι' ἀγωγοῦ σύρματος, ἢ ἐν γένει ἀγωγοῦ σώματος, καὶ εἰς τὴν **Ἀσύρματον Τηλεπικοινωνίαν**, καθ' ἣν μεταξὺ πομποῦ καὶ δέκτου δὲν ὑφίσταται ἀγωγὸς σύνδεσμος. Ἐφ' ὅσον εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν τηλεπικοινωνίαν ἡ μεταβίβασις γίνεται διὰ σημάτων, τὰ ὁποῖα εἶναι οἱ φορεῖς τῶν διανοημάτων ἡμῶν, ὁ κλάδος οὗτος καλεῖται **Τηλεγραφία** ἢ **Τηλέγραφος**, ἐὰν ὅμως μεταβιβάζεται ἡ φωνὴ ἢ ἡ ὁμιλία, τότε ὁ κλάδος οὗτος καλεῖται **Τηλεφωνία** ἢ **Τηλέφωνον**.

356. Πραγματοποιήσις τηλεγράφου. Ὁ πρῶτος τηλέγραφος, ὁ ὁποῖος ἐτέθη εἰς κοινὴν χρῆσιν, εἶναι ὁ ὑπὸ τοῦ Ἀμερικανοῦ **Morse** ἐφευρεθεὶς (1837), διὰ τοῦ ὁποίου διαβιβάζομεν ἐκ τοῦ πομποῦ τὰ διανοήματα ἡμῶν διὰ σημάτων μεταφρασμένων εἰς Μορσικὸν κώδικα, εἰς τὸν ὁποῖον τὰ γράμματα τοῦ ἀλφαβήτου ἀντιστοιχοῦν εἰς σήματα ἀποτελούμενα ἐκ συνδυασμοῦ ὁρισμένου ἀριθμοῦ μακρῶν καὶ βραχυῶν γραμμῶν, ὡς δεικνύεται κατωτέρω, καλεῖται δὲ τὸ κωδικοποιημένον τοῦτο ἀλφάβητον **Μορσικὸν Ἀλφάβητον**.

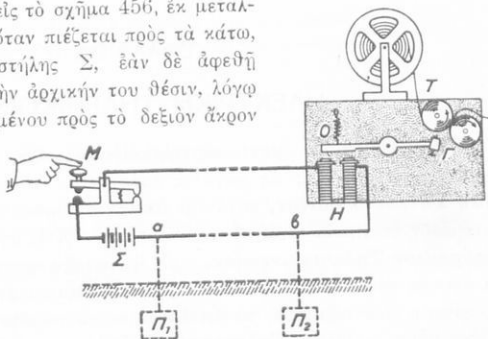
Πίναξ Ἑλληνικοῦ μορσικοῦ ἀλφαβήτου καὶ ἀριθμῶν.

α	..	θ	— . . .	ο	— — —	χ	— — — —	4	 —
β	— . . .	ι	..	π	.. — . .	ψ	— — — —	5	
γ	— . .	κ	— . —	ρ	.. .	ω	.. —	6	—
δ	— . .	λ	— . . .	σ	...			7	—
ε	.	μ	— —	τ	—	1	— . — — —	8	—
ζ	—	ν	..	υ	— . . —	2	.. — — — —	9	—
η		ξ	— . . —	φ		3	... — — —	0	—

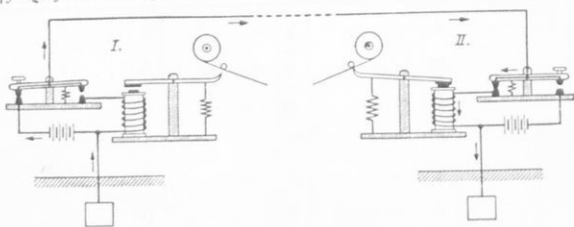
Τὰ διαβιβαζόμενα ἐκ τοῦ πομποῦ σήματα ἀποτυποῦνται εἰς τὸν δέκτην ἐπὶ ταινίας καὶ ἀκολουθῶς ἀποκωδικοποιοῦνται, ἢ ἄλλως μεταφράζονται, ὑπὸ ἐξησχημένου πρὸς τοῦτο προσώπου.

Ὁ Μορσικὸς τηλέγραφος ἀποτελεῖ σπουδαιωτάτην ἐφαρμογὴν τοῦ ἡλεκτρομα-

γνήτου και αποτελείται εκ του πομπού, τῆς πηγῆς ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τοῦ δέκτου και τῆς γραμμῆς συνδέσεως πομποῦ και δέκτου. Ὁ πομπὸς ἀποτελεῖται εκ συσκευῆς ἣ ὁποία καλεῖται συνήθως **χειριστήριοι**. Ὁ συνήθης τύπος αὐτοῦ ἀποτελεῖται, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 456, εκ μεταλλικοῦ μοχλοῦ M , ὁ ὁποῖος, ὅταν πιέζεται πρὸς τὰ κάτω, κλείει τὸ κύκλωμα τῆς στήλης Σ , ἐὰν δὲ ἀφεθῇ ἐλεύθερος ἐπανέρχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν του θέσιν, λόγω τοῦ ἐλατηρίου τοῦ εὐρισκομένου πρὸς τὸ δεξιὸν ἄκρον αὐτοῦ, ὅποτε διακόπτεται τὸ κύκλωμα τῆς στήλης Σ . Ὁ δέκτης Morse ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρομαγνήτην H , ἡ περιέλιξις τοῦ ὁποίου συνδέεται ἀφ' ἑνὸς μὲν πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ μοχλοῦ τοῦ χειριστηρίου, ἀφ' ἑτέρου δὲ πρὸς τὸν ἓνα τῶν πόλων τῆς στήλης Σ τοῦ πομποῦ, τῆς ὁποίας ὁ ἕτερος συνδέεται πρὸς μόνιμον ἐπαφὴν τοῦ χειριστηρίου, εὐρισκομένην ἀκριβῶς ἀπέναντι πρὸς ἑτέραν ἐπαφὴν, ἥτις εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀριστερὸν ἄκρον τοῦ μοχλοῦ M . Ἀνωθεν τοῦ πυρήνος τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου H ὑφίσταται ὁ ὀπλισμὸς O , προσηρμοσμένος εἰς τὸ ἐν ἄκρον μοχλοῦ στρεπτοῦ περιᾶξονα κατὰ τὸ μέσον αὐτοῦ, ἐνῶ τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτοῦ Γ διὰ τῆς μελανοφόρου γραφίδος δύναται νὰ γράφῃ σήματα ἐπὶ χαρτίνης ταινίας T , ἐκτυλισσομένης μέσφ συστήματος δύο ἀντιθέτως περιστρεφόμενων μικρῶν τροχῶν. Ἐὰν πιέσωμεν τὸν μοχλὸν M τοῦ πομποῦ τότε τὸ ρεῦμα τῆς στήλης Σ μεταβιβάζεται μέσφ τῆς γραμμῆς πρὸς τὸν δέκτην, καὶ οὕτω διέρχεται διὰ τῆς περιελίξεως τοῦ ἡλεκτρομαγνήτου καὶ διεγείρει αὐτόν. Ὁ ἡλεκτρομαγνήτης τότε ἔλκει τὸν ὀπλισμὸν, οὕτω δὲ ἡ μελανοφόρος γραφὶς καταγράφει ἐπὶ τῆς ἐκτυλισσομένης ταινίας γραμμὴν



Σχ. 456. Διάταξις μονopleύρου τηλεγραφικῆς ἐγκαταστάσεως.



Σχ. 457. Διάταξις ἀμφιπλεύρου τηλεγραφικῆς ἀνταποκρίσεως.

συνεχῇ. Ἐὰν παύσωμεν νὰ πιέζωμεν τὸ χειριστήριο, τότε παύει καὶ ἡ ἐπαφὴ τῆς ταινίας πρὸς τὴν μελανοφόρον γραφίδα, οὕτω δὲ σταματᾷ πᾶσα ἀποτύπωσις ἐπὶ τῆς ταινίας. Ἐὰν ἀντὶ νὰ πιέζωμεν μονίμως τὸ χειριστήριο, πιέζωμεν αὐτὸ ὑπὸ τὸν ρυθμὸν τῶν μακρῶν καὶ βραχειῶν τοῦ μορσικοῦ ἁλφαβήτου, τότε θ' ἀποτυπώνται τὰ ἀντίστοιχα σήματα ἐπὶ τῆς ταινίας. Ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 456 ἀποτελεῖ

στοιχειώδη διάταξιν μονοπλεύρου μεταβίβάσεως, ἢ ὅπως λέγομεν, μονοπλεύρου ἀνταποκρίσεως, καὶ ἐν τῇ ὁποίᾳ διὰ τὴν σύνδεσιν πομποῦ καὶ δέκτου ἀπαιτεῖται γραμμὴ ἐκ δύο ἀγωγῶν.

Λυνάμεθα ὅμως νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὴν γραμμὴν $\alpha\beta$ καὶ νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἀντ' αὐτῆς ὡς δεύτερον ἀγωγὸν τὴν $\Gamma\eta$, διὰ συνδέσεως τῶν ἄκρων α καὶ β πρὸς δύο μεταλλικὰς πλάκας Π_1 καὶ Π_2 βυθισμένας ἐντὸς τῆς $\Gamma\eta$. Τὸ σχῆμα 457 δεικνύει διάταξιν ἀμφιπλεύρου ἀνταποκρίσεως. Εἰς ἀμφοτέρους τοὺς σταθμοὺς I καὶ II ὑφίσταται πομπός, χειριστήριον μὲ δύο ἐπαφὰς κατ' ἀμφοτέρα τὰ ἄκρα αὐτοῦ, καὶ δέκτης. Εἰς τὸ σχῆμα ὁ μὲν σταθμὸς I λειτουργεῖ ὡς πομπός, ὁ δὲ II ὡς δέκτης.

357*. Ἡλεκτρονόμος. Ἡ γραμμὴ συνδέσεως πομποῦ καὶ δέκτου, ἐφ' ὅσον ἡ ἀπόστασις αὐτῶν εἶναι πολὺ μεγάλη, παρουσιάζει σημαντικὴν ἀντίστασιν, ὥστε ἡ πῦσις τάσεως κατὰ μῆκος αὐτῆς νὰ εἶναι μεγάλη, οὗτω δὲ ἡ τάσις ἢ ἐμφανιζομένη εἰς τὰ ἄκρα τῆς περιελίξεως τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου τοῦ δέκτου δὲν εἶναι ἰσάνῃ νὰ διεγείρῃ αὐτὸν εἰς βαθμὸν τοιοῦτον, ὥστε νὰ προκαλέσῃ τὴν ἔλξιν τοῦ ὀπλισμοῦ του. Ὡς ἐκ τούτου, εἰς τὸν πομπὸν θὰ ἔπρεπε νὰ χρησιμοποιήσωμεν στήλην πολὺ μεγαλυτέρας HEA , τοῦτο ὅμως αὐξάνει τὴν δαπάνην τῆς ἐγκαταστάσεως, καὶ πρὸς τοῦτοις καθιστᾷ αὐτὴν δύσχρηστον.

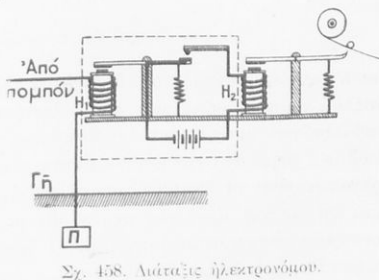
Ἐνεκα τοῦ ἀνωτέρω λόγου, ἀντὶ τῆς χρησιμοποιούσεως μεγαλυτέρας στήλης εἰς τὸν πομπὸν, χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ δέκτου τὸν **ἠλεκτρονόμον**, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐπίσης ἐφαρμογὴ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου, καὶ ἀποτελεῖ κατ' οὐσίαν ἠλεκτρομαγνητικὸν διακόπτην, διεγερθόμενον ὑπὸ τῆς εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς τάσεως.

Ἡ ἀσθενὴς τάσις, ἡ ὁποία ὡς εἶδομεν εἶναι διαθέσιμος εἰς τὰ ἄκρα τῆς γραμμῆς καὶ δὲν εἶναι ἰσάνῃ νὰ προκαλέσῃ τὴν ἀπαιτουμένην διέγερσιν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου τοῦ δέκτου, διαβιβάζεται διὰ τῆς περιελίξεως τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου τοῦ ἠλεκτρονόμου, ὁ ὁποῖος εἰς τὸ σχῆμα 458 περιορίζεται ἐντὸς τοῦ τετραγώνου δι' ἐστιγμένης γραμμῆς. Ἡ ἀσθενὴς αὕτη τάσις διεγείρει τὸν ἠλεκτρομαγνητικὸν H_1 τοῦ ἠλεκτρονόμου, ὁ ὁποῖος οὕτω ἔλκει τὸν ἐναντι τοῦ πυρῆνος αὐτοῦ εὐρισκόμενον ὀπλισμὸν, προσηρμοσμένον εἰς τὸ ἐν ἄκρον μοχλοῦ στρεφτοῦ εἰς τὸ μέσον. Εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον τοῦ μοχλοῦ τούτου εὐρίσκεται ἑτέρα ἐπαφὴ, ἡ ὁποία, ὅταν ὁ ἠλεκτρονόμος διεγερθῇ, κλείει τὸ κύκλωμα τοτικῆς στήλης, τῆς ὁποίας ἡ HEA εἶναι τάσεως μεγέθους 6-10 Volt καὶ ἡ ὁποία εἶναι συνδεδεμένη πρὸς τὴν περιελίξιν τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου H_2 τοῦ δέκτου, ὁ ὁποῖος οὕτω διεγείρεται ἰσχυρῶς καὶ ἡ ὅλη ἐγκατάστασις τοῦ δέκτου λειτουργεῖ ὡς ἀνωτέρω περιεγράφη.

Αἱ τηλεγραφικαὶ γραμμαὶ κατασκευάζονται συνήθως ἐκ χαλκίνου σύρματος ἢ ἐξ ἐπιπυδαγωγωμένου σιδήρου, καθ' ὅλην δὲ τὴν διαδρομὴν αὐτῶν στηρίζονται ἐπὶ τῶν τηλεγραφικῶν στύλων (βλ. σχ. 217) διὰ μέσον καταλλήλων μονωτήρων, συνήθως ἐκ πορσελάνης ἢ ὕαλου, πρὸς ἀποφυγὴν διαρροῶν.

Πολλὰκις, ἀντὶ ἐναερίων γραμμῶν, χρησιμοποιοῦμεν ὑπογίους τοιαύτας, αἱ ὁποῖαι τοποθετοῦνται ὑπὸ τὸ ἔδαφος, οἱ ἀγωγοὶ ὅμως τῶν γραμμῶν τούτων πρέπει νὰ εἶναι ἐπιμελῶς μωμονωμένοι ἀπὸ τοῦ ἔδαφους. Σύστημα ἐκ τοιούτων μεμονωμένων ἀγωγῶν ἀποτελεῖ τὸ

καλώδιον. Καλώδια ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται εἰδικῶν αὐτομάτων διατάξεων, τῶσον εἰς τὴν ἐκπο-

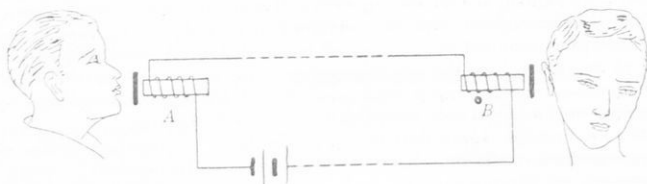


Σχ. 458. Διάταξις ἠλεκτρονόμου.

πὴν, ὅσον καὶ εἰς τὴν λήρην, καὶ διὰ χρησιμοποίησεως πρὸς τοῦτοις αὐτομάτων μηχανῶν ἀποκωδικοποιήσεως τῶν λαμβανομένων τηλεγραφημάτων, ἡ ταχύτης διαμοιβῆς τῆς ἀνταποκρίσεως φθάνει τὰ 100 000 γράμματα καθ' ὥραν. Ἡ ταχύτης διαμοιβῆς τῆς ἀνταποκρίσεως διὰ συνήθους μορσιζῆς διατάξεως ἀνέρχεται εἰς 6 000 περίπου γράμματα καθ' ὥραν.

358. Πραγματοποιήσις τηλεφώνου. Διὰ τοῦ τηλεφώνου ἐπιτυγχάνεται ἀπ' εὐθείας ἡ μεταβίβασις τῆς ὁμιλίας, ἐπομένως δὲν ἀπαιτεῖται νὰ προηγηθῇ κωδικοποιήσις τοῦ τηλεγραφήματος ἢ τῶν διανοημάτων ἡμῶν. Ἐφευρέτης τοῦ τηλεφώνου θεωρεῖται ὁ Ἀμερικανὸς **Graham Bell** (1876).

Ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 459 δεικνύει στοιχειώδη τηλεφωνικὴν ἐγκατάστασιν ὑποδειχθεῖσαν ὑπὸ τοῦ Bell. Ὅταν ὁμιλῇ τις, λόφω τῶν ἡχητικῶν κυμάτων πάλ-

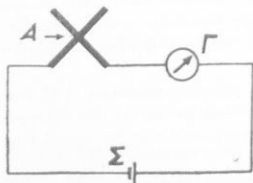


Σχ. 459. Στοιχειώδης τηλεφωνικὴ διάταξις τοῦ Bell.

λεται ἡ χαλκιδίνη μεμβράνα, οὕτω δὲ μεταβάλλεται ἡ μαγνήτισις τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος καὶ τοιουτοτρόπως παράγεται ἡλεκτρογεωρτική δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς, ἡ ὁποία μεταβάλλει τὴν μαγνήτισιν τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος τοῦ δέκτου ὑπὸ τὸν αὐτὸν ρυθμὸν, καὶ οὕτω ἡ μεμβράνα τοῦ δέκτου τίθεται εἰς ὁμόρρυθμον παλμικὴν κίνησιν, ἀναπαράγουσα οὕτω τὰ ἡχητικὰ κύματα, καὶ ἐπομένως τὴν ὁμιλίαν. Τὸ ἴδιον ἀποτέλεσμα ἔχομεν καὶ ἄνευ τῆς στήλης, ἂν οἱ πυρῆνες τῶν ἡλεκτρομαγνητῶν τῶν ἀκουστικῶν εἶναι μόνιμοι μαγνῆται. Ἡ διάταξις αὕτη δὲν εἶναι εὐπαθὴς καὶ ἀντικατεστάθη ὑπὸ ἄλλων εὐπαθεστέρων.

Τὰ κύρια στοιχεῖα συγχρόνως τηλεφωνικῆς ἐγκαταστάσεως εἶναι τὸ **μικρόφωνον** καὶ τὸ **ἀκουστικόν**.

359. Μικρόφωνον. Ἡ λειτουργία τοῦ μικροφώνου στηρίζεται ἐπὶ τῶν ἀσταθῶν ἐπαφῶν. Θεωρήσωμεν δύο τεμάχια ἀνθρακος διατεταγμένα σταυροειδῶς, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐφάπτονται κατὰ τὸ μέσον αὐτῶν Α, καὶ τὰ ὅποια συνδέομεν, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 460, πρὸς ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον Σ καὶ γαλβανόμετρον Γ.



Σχ. 460. Στοιχειώδης ἐπεξεργασία μικροφώνου.

Τὸ ρεῦμα τοῦ στοιχείου διέρχεται διὰ τῆς ἐπαφῆς τῶν δύο ἀνθράκων ἐκ τοῦ ἐνὸς πρὸς τὸν ἕτερον, οὕτω δὲ τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει τὴν ἔντασιν τοῦ διερχομένου ρεύματος, ἡ ὁποία προδήλως ἐξαρτᾶται τὰ μέγιστα ἐκ τῆς ἀντιστάσεως τῆς ἐπαφῆς. Ὅταν ἡ ἐπαφὴ τῶν δύο ἀνθράκων εἶναι στενὴ, τοῦτο δὲ κατορθοῦται ἐάν συμπίσωμεν τὰ δύο τεμάχια ἀνθρακος εἰς τὸ σημεῖον

ἐπαφῆς Α, ἡ ἀντίστασις τῆς ἐπαφῆς καθίσταται μικρὰ καὶ τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει με-

γάλην ἔντασιν ρεύματος, ἂν ὅμως ἡ ἐπαφή εἶναι χαλαρά, τότε ἡ ἀντίστασις ἐπαφῆς εἶναι μεγάλη καὶ τὸ γαλβανόμετρον δεικνύει μικρὰν ἔντασιν ρεύματος. Ἐάν ὁμως καταστήσωμεν τὴν ἐπαφὴν τῶν δύο ἀνθράκων πολλὴν χαλαράν καὶ τοποθετήσωμεν ταυτοχρόνως τοὺς ἀνθράκας ἐπὶ ξυλίνῳ κιβωτίῳ καὶ κτυπῶμεν ελαφρότατα τὸ κιβώτιον, τότε βλέπομεν ὅτι, λόγῳ τῆς συνεχοῦς μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως τῆς ἐπαφῆς, ἡ βελὼν τοῦ γαλβανομέτρου δὲν ἰσορροπεῖ πρὸς ὀρισμένην θέσιν, ἀλλὰ ταλαντεύεται, τότε κινουμένη πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ πότε πρὸς τ' ἀριστερά, λόγῳ τῆς συνεχοῦς μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως αὐτῆς. Ἡ ὥς ἄνω ἐπαφή καλεῖται **ἀσταθὴς ἐπαφή**.

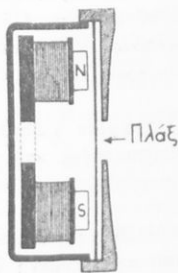
Τὰς μεταβολὰς ταύτας τοῦ ρεύματος, τὰς προσερχόμενας ἐκ τῆς μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως ἐπαφῆς λόγῳ τῶν διαταράξεων τῶν προκαλουμένων διὰ τῶν κτυπημάτων ἐπὶ τοῦ κιβωτίου, δυνάμεθα νὰ μεταβιβάσωμεν εἰς ἀπόστασιν διὰ μέσον γραμμῆς.

Ἡ ὥς ἄνω διάταξις καθίσταται ἀκόμη εὐταθεστοτέρα, ὅταν ἀντὶ μιᾶς ἀσταθοῦς ἐπαφῆς χρησιμοποιούμεν πολλὰς τοιαύτας, σύνολον δὲ πολλῶν ἀσταθῶν ἐπαφῶν ἀποτελεῖ τὸ **μικρόφωνον**. Τὸ σχῆμα 461 δεικνύει λίαν συνήθη μορφὴν μικροφώνου, εἰς τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦνται κοκκοὶ ἔξ ἀνθράκος.

Ἐπὶ βάσεως ἔξ ἀνθράκος, ἡ ὁποία φέρει εἰς ὀρισμένης ἀποστάσεως καταλήλους κοιλότητος, τοποθετεῖται ἄνωθεν αὐτῆς λεπτὴ πλάξ ἔξ ἀνθράκος, μεμονομένη ἀπὸ τῆς βάσεως. Αἱ κοιλότητες τῆς βάσεως πληροῦνται διὰ κοκκίων ἀνθράκος, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα, καὶ διὰ μέσου τῆς μεμβράνης καὶ τῶν ἔξ ἀνθράκος κοκκίων πραγματοποιεῖται σύστημα ἀσταθῶν ἐπαφῶν. Τὸ μικρόφωνον συνδέεται πρὸς τὸ κύκλωμα διὰ τῶν ἐπὶ τούτῳ ἀνεροδεκτῶν.

360. Ἀκουστικόν. Ὡς προηγουμένως εἶδομεν, διὰ τοῦ μικροφώνου δυνάμεθα νὰ μετασχηματισόμεν ἐξωτερικὰς μηχανικὰς διαταράξεις εἰς ἀντιστοιχοῦς διακυμάνσεις ρεύματος, τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ παρακολογηθώμεν διὰ τοῦ γαλβανομέτρου.

Ἐάν ὅμως αἱ διαταράξεις διαδέχονται ἀλλήλας πολὺν ταχέως, ἡ ὅπως λέγομεν ἔχουν μεγάλην συχνότητα, ὃ δεικτὴς τοῦ γαλβανομέτρου, λόγῳ τῆς ἀδρανείας αὐτοῦ, δὲν δύναται νὰ παρακολογηθῇ τὰς ταχεύς διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος, τὰς ὁποίας οὕτω δὲν δυνάμεθα ν' ἀντιληφθῶμεν διὰ τοῦ γαλβανομέτρου.

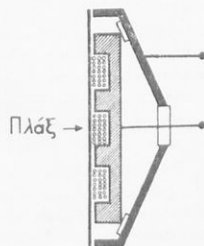


Σχ. 462. Συνήθης μορφή ἀκουστικοῦ.

Λιὰ τὴν περίπτωσιν τῆς παρακολογήσεως ταχειῶν διακυμάνσεων τοῦ ρεύματος, χρησιμοποιούμεν τὸ ἀκουστικὸν ἢ τηλεφώνον, τοῦ ὁποῖου ἡ λειτουργία εἶναι ὁμοία πρὸς τὴν διάταξιν τοῦ δέκτηνος εἰς τὸ σχῆμα 459.

Εἰς τὸ σχῆμα 462 δεικνύεται τομὴ ἀκουστικοῦ ἢ τηλεφώνου χρησιμοποιουμένου εἰς σύγχρονον ἐγκατάστασιν, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἀπὸ πεταλοειδῆ μαγνήτην N, S, εἰς τὰ δύο σκέλη τοῦ ὁποῖου τοποθετοῦνται δύο μικρὰ πηνία, τῶν ὁποίων αἱ περιελίξεις διαρρέονται ὑπὸ τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος. Ἀπέναντι δὲ τῶν δύο πόλων N καὶ S τοῦ μονίμου μαγνήτου τοποθετεῖται πλάξ ἀποτελουμένη ἐκ σιδήρου.

Λιὰ τῆς διατάξεως ταύτης αἱ μηχανικαὶ διαταράξεις αἱ προκαλουόμεναι ὑπὸ τῶν ἡχητικῶν κυμάτων διὰ τῆς ὁμίλιας πρὸ τοῦ μικροφώνου μετατρέπονται εἰς διακυμάνσεις ρεύματος, αἱ ὁποιαί, μέσῳ τῆς γραμμῆς, μεταβιβάζονται εἰς τὴν περιελξίν τοῦ ἀκουστικοῦ εἰς τὸν δέκτην. Αἱ ρευματικαὶ αὗται διακυμάνσεις προκαλοῦν ὁμοιομόρφους μεταβολὰς εἰς τὴν μαγνήτισιν τῶν πόλων N καὶ S τοῦ



Σχ. 461. Συνήθης μορφή μικροφώνου.

μαγνήτου του άκουστικού, αί όποία ούτω εμβάλλουν εις ταλμικήν κίνησιν τήν πλάκα του άκουστικού, ούτω δέ αναπαράγονται εις τόν δέκτην τά ήχητικά κύματα διά των όποιων διεγείρεται τό αίσθητήριον της άκοής.

Έκ των άνωτέρω παρατηρούμεν ότι μία τηλεφωνική έγκατάστασις συνίσταται: α) Έκ του πομπού, ό όποιος άποτελείται εκ του μικροφώνου ή συσκευής όμιλίας. Διά του μικροφώνου μετατρέπονται τά ήχητικά κύματα εις αντίστοιχους διακυμάνσεις του ρεύματος. β) Έκ του δέκτου, ό όποιος άποτελείται εκ του άκουστικού ή του τηλεφώνου, διά του όποιου αί διακυμάνσεις του ρεύματος μετατρέπονται εις αντίστοιχα ήχητικά κύματα. Σπουδαίαν τελειοποίησιν εις τήν τηλεφωνικήν έγκατάστασιν έπέφερεν ό Edison δι' εισαγωγής εις τό μικροφωνικόν κύκλωμα μικρού μετατροπέως, του όποιου τό πρωτεϊον συνδέεται προς τό μικρόφωνον, και τό δευτερεϊον διά μέσου της τηλεφωνικής γραμμής προς τό άκουστικόν του δέκτου.

Εις τās συγχρόνους έγκαταστάσεις, μικρόφωνον και άκουστικόν εις έκαστον άναποζωινόμενον σταθμόν συνάπτονται εις μίαν και μόνην συσκευήν.

361. Τηλεφωνικά κέντρα. Η τηλεφωνική ανταπόκρισις διεξάγεται σήμερον εις τās μεγάλας πόλεις διά μέσου των τηλεφωνικών κέντρων. Ούτω, οί συνδρομηταί τηλεφωνικού κέντρου είναι έφωδιασμένοι διά συσκευών, αί όποία δι' έκαστον συνδρομητήν χαρακτηρίζονται δι' ώρισμένον αριθμόν, όλοι δέ αί συσκευαί των συνδρομητών είναι συνδεδεμένοι προς τό κέντρον. Η σύνδεσις των συνδρομητών εις τина συστήματα γίνεται μέσφ του κέντρου διά της παρεμβολής του επί τούτω έντεταλμένου ύπαλλήλου.

Τελευταίως τά μέγιστα έχει διαδοθῇ τό αυτόματον τηλεφώνον, όπου έκαστος συνδρομητής δύναται νά συνδεθῇ αυτόμάτως προς τόν άναποζωινόμενον συνδρομητήν, χωρίς νά απαιτηται μεσολάβησις του ύπαλλήλου του τηλεφωνικού κέντρου. Η σύνδεσις αὕτη γίνεται διά μέσου ειδικών διατάξεων, καλουμένων **αὐτομάτων έπιλογέων**.

ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΙΑ

362. Γενικά. Η ιδιότης τήν όποιαν έχει, ως είδομεν, τό άνοικτόν κύκλωμα ταλαντώσεων, νά αναπτύσσει εις τόν χῶρον ηλεκτρομαγνητικά κύματα όταν διεγείρεται υπό ηλεκτρικών ταλαντώσεων, και τά όποια ως είδομεν διαδίδονται υπό ταχύτητα $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, άπετέλεσε τήν βάση της χρησιμοποίησεως των ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων προς πραγματοποίησιν συστήματος τηλεπικοινωνίας, άνευ της χρησιμοποίησεως, διά τήν σύνδεσιν πομπού και δέκτου, άγωγού σύρματος. Ούτω διεμορφώθη ό νεώτατος κλάδος της **ΉΑσυρμάτου Τηλεπικοινωνίας** ή **Ραδιοηλεπικοινωνίας**, ό όποιος διά πρώτην φοράν έπραγματοποιήθη πρακτικῶς υπό του Ήταλου **Guglielmo Marconi**.

Ο κλάδος ούτος υποδιαιρείται εις τήν **ΉΑσύρματος Τηλεγραφίαν** ή **Ραδιοηλεγραφίαν**, όπου τά τηλεγραφήματα μεταβιβάζονται κωδικοποιημένα, και εις τήν **ΉΑσύρματος Τηλεφωνίαν** ή **Ραδιοηλεφωνίαν**, όπου μεταβιβάζεται απ' ευθείας ή όμιλία, χωρίς τήν μεσολάβησιν κωδικοποίησεως.

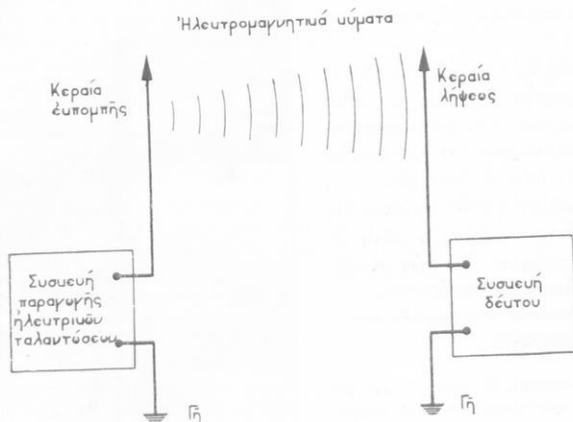
Έκ της Ραδιοηλεφωνίας προέκυψε τέλος ό έτι νεώτερος κλάδος της **Ραδιοφωνίας**, ή όποία χρησιμεύει ως ραδιοηλεφωνική έκπομπή προοριζομένη δι' όλους, μη περιοριζομένη εις τήν μεταβίβασιν μόνον όμιλίας, αλλά και εις τήν μεταβίβασιν μουσικῶν έκτελέσεων.

Έν γένει, οιαδήποτε έγκατάστασις ραδιοηλεπικοινωνίας περιλαμβάνει τόν πομπόν και τόν δέκτην. Ο πομπός περιλαμβάνει τό άνοικτόν κύκλωμα ή κεραιάν έκπομπής και τό σύστημα παραγωγής ηλεκτρικών ταλαντώσεων, διά των

μεγάλων ηλεκτρικών νέκτρων παραγωγής, τούτο δὲ ἤϊσαν ὑπερμέτρως τὴν ἀξίαν τῶν ἐγκαταστάσεων.

Μὲ τὴν πάροδον ὁμῶς τοῦ χρόνου καὶ τὴν διεξαγωγὴν πολυαριθμῶν πειραματικῶν ἐρευνῶν, κατεδείχθη ὅτι τὸ αὐτὸ ἀποτελέσμα ἠδύνατο νὰ πραγματοποιηθῇ πολὺ οἰκονομικότερον, διὰ τῆς

χρησιμοποίησεως εἰς τὴν ἐκπομπὴν μικροῦ μήκους κύματος, 10-80 m, καὶ μικρᾶς ἰσχύος εἰς τὸν πομπόν, 30-80 kW. Ἡ ἀνακάλυψις αὕτη ὑπεβίβασε σημαντικῶς τὴν ἀξίαν τῶν ἐγκαταστάσεων, διότι δὲν ἀπαιτοῦνται πλέον δαπανηρὰ καὶ πολυσύνθετα συγχροτήματα κεραίων. Ἐξ ἄλλου, διὰ τὴν ἀποκατάστασιν ραδιοτηλεγραφικῆς ἐπικοινωνίας μεταξύ δύο ὠρισμένων ἀνταποκρινομένων τόπων, ἐφηρηόσθη, δι' ἐκμεταλλεύσεως τῆς ιδιότητος

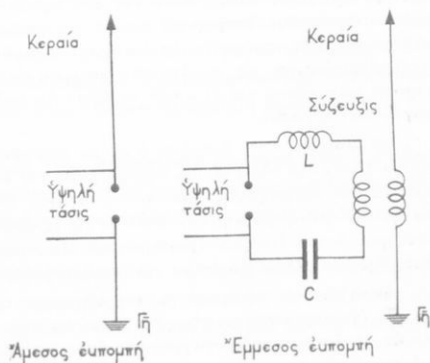


Σχ. 464. Στοιχειώδης ἐπεξήγησις πραγματοποιήσεως ἀσυρμάτου τηλεπικοινωνίας. Τὰ ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα εἶναι οἱ φορεῖς τῶν διανοημάτων.

τῆς ἀνακλάσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, ἢ κατευθυνομένη ἐκπομπή, ἢ ὅποια συντελέσει τὰ μέγιστα εἰς τὴν βελτίωσιν τῆς ραδιοτηλεγραφικῆς ἀνταποκρίσεως.

Ἐπίσης κατεδείχθη ὅτι δὲν εἶναι ἀπαραίτητος ἡ προσεγγίσις τῆς κεραίας, καὶ οὕτω πολλὰ ἐγκαταστάσεις σήμερον ἐργάζονται ἀνευ προσεγγισμένης κεραίας. Τέλος, δι' εἰσαγωγῆς τῆς χρησιμοποίησεως, εἰς τὰς ραδιοηλεκτρικὰς ἐγκαταστάσεις, τῶν μικροκυμάτων τάξεως μεγέθους ὀλίγων ἐκατοστομέτρων, χρησιμοποιούμεν σήμερον, τόσον εἰς τὴν ἐκπομπὴν ὅσον καὶ εἰς τὴν λήψιν, ἀνάλογους διατάξεις πρὸς ἐκεῖνας τὰς ὁποίας ἐχρησιμοποίησεν ὁ Hertz πρὸς ἀποδείξιν τῆς ἀνακλάσεως τῶν κυμάτων.

364. Διέγερσις κεραίας πομπῆς. Κατὰ τὰς πρώτας ἐφαρμογὰς τῆς ραδιοτηλεγραφίας, διὰ τὴν διέγερσιν τῆς κεραίας ἐχρησιμοποιοῦντο ἠλεκτρικὰ ταλαντώσεις ἀποσβεννύμεναι, παραγόμεναι διὰ τῆς παρεμβολῆς εἴτε ἀπ' εὐθείας ἐν τῇ κεραίᾳ, ἢ ὅποια ἀποτελεῖ ταλαν-

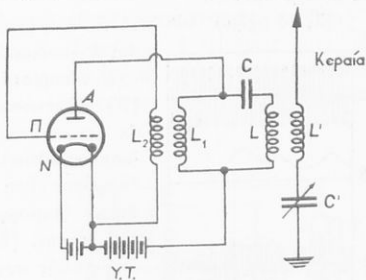


Σχ. 465. Τρόπος διέγερσεως κεραίας.

τευόμενον κύκλωμα σπινθήριστού, είτε δια παρεμβολής του σπινθήριστού εις κλειστόν κύκλωμα καὶ μεταβιβάσεως ἀπολυσθέντος τῶν ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων εἰς τὴν κεραίαν, διὰ συζεύξεως τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος πρὸς τὸ κύκλωμα αὐτῆς. Ἡ μὲν πρώτη τῶν διατάξεων τούτων καλεῖται *ἄμεσος ἐκπομπή*, ἡ δὲ δευτέρα *ἐμμεσος ἐκπομπή*, εἰκονίζονται δὲ αὐταὶ εἰς τὸ σχῆμα 465.

Ἡ χρησιμοποίησις ἀποσβεννυμένων ηλεκτρικῶν ταλαντώσεων διὰ τὴν διέγερσιν τῆς κεραίας ἐγκατελείφθη, διότι δὲν ἐπιτρέπει ὀξὺν συντονισμόν, σήμερον δὲ χρησιμοποιούμεν ἀποκλειστικῶς διὰ τὴν διέγερσιν τῆς κεραίας διατηρούμενας ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖαι παράγονται εἰς κλειστόν κύκλωμα διὰ καταλλήλῳ συνδέσεως αὐτῶν πρὸς ηλεκτρονιζόν σωλῆνα μὲ τρία ηλεκτροδία ἢ ἄλλως, πρὸς τριόδον λυχνίας.

Τὸ σχῆμα 466 δεῖκνύει διάταξιν διέγερσεως κεραίας διὰ τριόδου λυχνίας. Λόγω τῆς συζεύξεως τοῦ πλέγματος τῆς λυχνίας πρὸς τὸ κύκλωμα τῆς ἀνόδου διὰ τῶν πηνίων L_1 καὶ L_2 , διεγείρονται εἰς τὸ κλειστόν κύκλωμα $L_1 C L$ διατηρούμεναι ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις, αἱ ὁποῖαι μεταβιβάζονται εἰς τὴν κεραίαν διὰ τῆς συζεύξεως τῶν πηνίων L καὶ L' .



Σχ. 466. Τυπικὸν διάγραμμα διέγερσεως κεραίας ἐν ἀμέσῳ ἐκπομπῇ διὰ τριόδου λυχνίας (C' , συμβολικὴ παράστασις μεταβλητοῦ πυκνωτοῦ).

365. Ραδιοτηλεφωνικὴ ἐκπομπή.

Πρὸς πραγματοποιήσιν ραδιοτηλεφωνικῆς ἐκπομπῆς, χρησιμοποιοῦμεν ἐν τῷ πομπῷ διαμορφωτικὴν διάταξιν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐκ μικροφώνου M , μικροφωνικῆς στήλης Σ καὶ τοῦ πρῶτου τεύοντος μετασχηματιστοῦ T . Αἱ διακυμάνσεις τοῦ ρεύματος τῆς στήλης, αἱ προκαλοῦμεναι διὰ τῆς ὁμιλίας πρὸ τοῦ μικροφώνου μέσῳ τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετατροπέως, μεταβιβάζονται εἰς τὸ πλέγμα Π τῆς ηλεκτρονικῆς λυχνίας (σχ. 467).

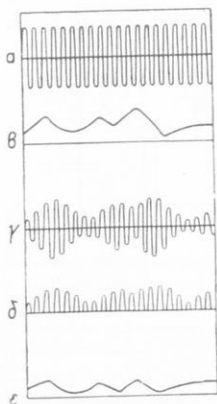
Οὕτω, αἱ διατηρούμεναι ηλεκτρικαὶ ταλαντώσεις εἰς τὸ κύκλωμα $L_1 C$ λόγω τοῦ μικροφωνικοῦ ρεύματος ὑφίστανται διαμόρφωσιν ἀντίστοιχον πρὸς τὰς διακυμάνσεις αὐτοῦ, οὕτω δὲ τὰ ὑπὸ τῆς κεραίας ἀκτινοβολούμενα κύματα παρουσιάζουν ἀντίστοιχον διαμόρφωσιν, ἥτοι τὰ διαμεμορφωμένα κύματα ἀποτελοῦν τὸν φορέα τῆς ὁμιλίας.

Σχ. 467. Τυπικὴ διάταξις ραδιοτηλεφωνικῆς ἐγκαταστάσεως. Τὸ μικρόφωνον M μετὰ τοῦ μετασχηματιστοῦ T διαμορφώνει τὰ ὑπὸ τῆς κεραίας ἐκπεμπόμενα ηλεκτρομαγνητικὰ κύματα ὑπὸ τὸν ῥυθμὸν τῆς ὁμιλίας.

Όταν τὰ διαμορφωθέντα κύματα προσβάλλουν τὴν κεραίαν λήψεως, δημιουργοῦν εἰς αὐτὴν ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις ἀναλόγῳ διαμορφώσεως, οὕτω δὲ αὐταὶ

διὰ τοῦ συνόλου τῶν συσκευῶν τοῦ δέκτου ἀναπαράγουν δι' ἀκουστικοῦ ἢ μεγαφώνου τὴν ὁμιλίαν.

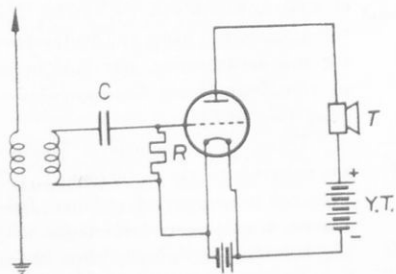
Εἰς τὸ σχῆμα 468 δεικνύεται ἡ διαμόρφωσις τῶν κυμάτων εἰς τὸν πομπὸν καὶ ἡ ἀποδιαμόρφωσις αὐτῶν εἰς τὸν δέκτην. Οὕτω, τὸ σχῆμα παριστᾷ: (α) Ταλαντώσεις ὑψηλῆς συχνότητος, (β) ταλαντώσεις ἀκουστικῆς συχνότητος προερχομένας ἐκ μικροφώνου, (γ) ταλαντώσεις ὑψηλῆς συχνότητος διαμορφωθείσας ὑπὸ ἀκουστικὴν συχνότητα, καθ' ὅμοιον δὲ τρόπον εἶναι διαμορφωμένα καὶ τὰ κύματα, (δ) ἀνόρθωσιν διαμορφωμένων ταλαντώσεων παραγομένων εἰς τὸν δέκτην, (ε) ἀποδιαμόρφωσιν, ἀναφαινομένης τῆς ἀκουστικῆς συχνότητος, ἡ ὁποία διεγείρει τὸ ἀκουστικὸν εἰς τὸν δέκτην.



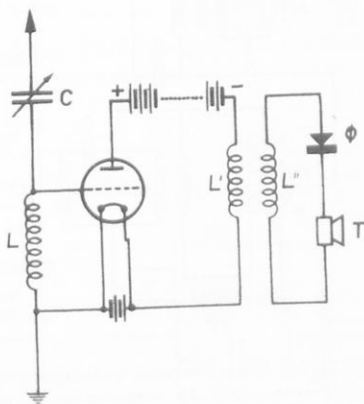
Σχ. 468. Φάσις διαμορφώσεως κύματος.

366. Λειτουργία δέκτου. Ἡ ἐνέργεια τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων ἀναπτύσσει, ὡς εἶδομεν, ἐπὶ τῆς κεραίας τῆς λήψεως ηλεκτρικὰς ταλαντώσεις αἱ ὁποῖαι, διαβιβαζόμεναι διὰ τοῦ συνόλου τῶν συσκευῶν τοῦ δέκτου, παράγουν σήματα αἰσθητὰ π.χ. διὰ τῆς ἀκοῆς.

Εἰς τὰς συγχρόνους ἐγκαταστάσεις, ἀντὶ κρυσταλλικοῦ φωρατοῦ χρησιμοποιεῖται φωρατὴς διὰ τριόδου ἡλεκτρονικῆς λυχνίας, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 469. Ἐνίοτε, ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία προσλαμβάνεται ὑπὸ τῆς κεραίας εἶναι πολὺ ἀσθενής, εἰς τρόπον ὥστε νὰ μὴν εἶναι ἱκανὴ νὰ διεγείρῃ τὸν φωρατὴν. Ἐν τῇ ταύτῃ περιπτώσει χρησιμοποιούμεν πρὸ



Σχ. 469. Συνδεσμολογία τριόδου λυχνίας διὰ φώρασιν, συνδεομένης ἐπαγωγικῶς πρὸς τὴν κεραίαν.



Σχ. 470. Συνδεσμολογία τριόδου λυχνίας δι' ἐνίσχυσιν σημάτων πρὸ τῆς φώρασεως. Ἐνίσχυσις ὑψηλῆς συχνότητος.

τῆς φωράσεως ἐνισχυτικὴν διάταξιν, πραγματοποιουμένην διὰ τριόδου λυχνίας ὑπὸ κατάλληλον συνδεσμολογίαν, ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 470. Ἡ ἐνίσχυσις,

368. Μεγάφωνον. Εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας, ἡ λήψις δὲν γίνεται δι' ἀκουστικῶν, ἀλλὰ διὰ μεγάφωνου τοῦ ὁποῖον δύναται νὰ ἐξυπηρετήσῃ ταυτοχρόνως πολλοὺς ἀκροατάς. Ἡ χρησιμοποίησις τῶν μεγάφωνων διεδόθη μετὰ τὴν εἰσαγωγὴν εἰς τοὺς ραδιοφωνικοὺς δέκτας τῶν ἐνισχυτῶν χαμηλῆς συχνότητος, διότι τὸ ἀσθενὲς ρεῖμα ἀκουστικῆς συχνότητος, τοῦ ὁποῖου προκύπτει μετὰ τὴν φώρασιν, ἀντὶ νὰ εἰσαχθῇ εἰς τὸ ἀκουστικόν, εἰσάγεται εἰς ἐνισχυτὴν χαμηλῆς συχνότητος, ὅπου ἡ ἰσχύς ἐνισχύεται σημαντικῶς, εἰς τρόπον ὥστε νὰ δύναται νὰ διεγείρῃ μεγάφωνον. Σήμερον, ὑφίστανται πολυάριθμοι τύποι μεγάφωνων, ἐκ τῶν ὁποίων ὁ μᾶλλον διαδεδομένος τύπος εἶναι τὸ ηλεκτροδυναμιζὸν μεγάφωνον (σχ. 473). Εἰς τὸ μεγάφωνον τοῦ τύπου τούτου ἡ χρονοειδὴς μεμβράνη Μ φέρει κατὰ τὸ ἄκρον αὐτῆς περιελγμένον ἐλαφρὸν πηνίον, τὸ ὁποῖον εἰσχωρεῖ εἰς τὸ διάκενον ἰσχυροῦ ηλεκτρομαγνήτου. Τὸ ἐκ τῆς ὁμίλης προερχόμενον καὶ δι' ἐνισχυτοῦ χαμηλῆς συχνότητος ἐνισχυθὲν ρεῖμα ἀκουστικῆς συχνότητος, διέρχεται διὰ τῆς περιελξίσεως τοῦ κινήτου πηνίου, τὸ ὁποῖον οὕτω θέτει τὴν μεμβράναν εἰς παλμικὴν κίνησιν.

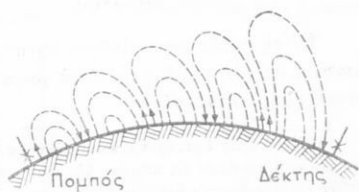
Σχ. 473. Ἡλεκτροδυναμιζὸν μεγάφωνον.

ταῦτα δὲν διαδίδονται ὡς τὰ ὀπτικὰ κύματα, ἀλλὰ προκειμένου περὶ μακρῶν κυμάτων ἡ ἐπιφάνεια τῆς Γῆς χρησιμεύει ὡς ὁδηγὸς αὐτῶν καὶ οὕτω ταῦτα δύνανται νὰ παρακολουθοῦν τὴν καμπυλότητά τοῦ ἐδάφους, ὥς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 474, ἐν τῷ ὁποίῳ ἐμφαίνεται ἡ διαμόρφωσις τῶν ηλεκτρικῶν γραμμῶν τοῦ ηλεκτρικοῦ πεδίου τῶν εἰς τὸν ὥρον διαδιδόμενων ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Οὕτω παρατηρήθη, ὅτι σήματα ραδιοηλεκτρικῶν πομπῶν μεγάλης ἰσχύος δύναται νὰ ληφθοῦν ὑπὸ σταθμῶν λήψεως εὐρισκομένων εἰς τὴν ἀντίποδα θέσιν. Ἐν τούτοις παρατηρήθη, ὅτι ἐκτὸς τῆς ηλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας, ἡ ὁποία κατὰ τὴν διόδον τῆς παρακολουθεῖ τὴν καμπυλότητά τῆς Γῆς καὶ καλεῖται **ἀκτινοβολία ἐδάφους**, μέρος ἀκτινοβολεῖται πρὸς τὰ ἄνω, εἰς τὸν ὥρον, καὶ καλεῖται **ἀκτινοβολία χώρου**, τοῦτο δὲ εἰς μέγιστον βαθμὸν συμβαίνει εἰς τὴν περίπτωσιν πομπῶν βραχέων κυμάτων. Ἡ ἀκτινοβολία χώρου, εἰσχωροῦσα εἰς τὰ ἀνώτατα στρώματα τῆς ἀτμοσφαίρας καὶ ἀκολούθως εἰσχωροῦσα εἰς τὴν ἰονοσφαῖραν (ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἐκ διαφόρων στρωμάτων **Heavside, Appleton**), ἀνακλᾶται ὀλίκως ἐπ' αὐτῆς καὶ ἐπιστρέφει ἐκ νέου πρὸς τὴν Γῆν, ὥς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 475. Οὕτω ἐξηγούνται αἱ παρατηρούμεναι μεγάλαι ἐμβέλειαί, ἢ ἄλλως, αἱ μεγάλαι ἀποστάσεις τὰς ὁποίας γεφυρώνουν οἱ πομπῶν βραχέων κυμάτων.

Ἐπειδὴ δὲ τὸ ὕψος τῆς ἰονοσφαίρας εἶναι μικρότερον ἐν καιρῷ ἡμέρας καὶ μεγαλύτερον ἐν καιρῷ νυκτός, ἔνεκα τοῦ λόγου τούτου ἑλαττοῦται οὐσιωδῶς ἡ ἐμβέλεια τῶν πομπῶν βραχέων κυμάτων ἐν καιρῷ ἡμέρας.

Τελευταίως μάλιστα καθιερώθη νὰ χρησιμοποιηθῇ ἄλλο μῆκος κύματος διὰ λειτουργίαν ἐν καιρῷ ἡμέρας καὶ ἄλλο μῆκος κύματος ἐν καιρῷ νυκτός. Ἡ ἀκτινοβολία ἐδάφους τῶν βραχέων κυμάτων περιορίζεται εἰς μικρὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πομποῦ, διότι ὑφίσταται ἔντονον ἀπορρόφησιν. Μεταξὺ δὲ τῆς περιοχῆς τῆς ἀκτινοβολίας ἐδάφους καὶ τῆς περιοχῆς ὅπου

369*. Διάδοσις τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Ἐν ἐκ τῶν πρώτων φαινομένων, τὰ ὁποία παρατηρήθησαν κατὰ τὴν διάδοσιν τῶν ηλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, εἶναι ὅτι



Σχ. 474. Διαμόρφωσις γραμμῶν ηλεκτρικοῦ πεδίου ἀκτινοβολουμένων ὑπὸ κεραίας προσγειωμένης.

ἀναφαίνεται ἡ ἀκτινοβολία χόρου ἐπὶ τῆς Γῆς, δι' ἀνακλάσεως αὐτῆς ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας, ὑφίσταται ἡ περιοχή τῆς **ζώνης οἰγῆς** εἰς τὴν ὁποίαν τιθέμενος δέκτης οὐδόλως ἐπιρρεάζεται.

370. Συντονισμός. Διὰ τὴν πραγματοποιήσιν τῆς ραδιοηλεκτρονικῆς μεγίστην σημασίαν ἔχει τὸ φαινόμενον τοῦ **συντονισμοῦ**, τὸ ὁποῖον περιεγράφημεν εἰς τὴν § 348.

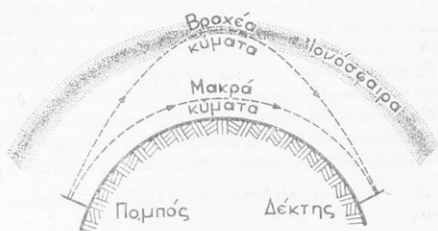
Οὕτω, ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ ἐνέργεια τοῦ πομποῦ διεγείρει ἐντονότερον τὴν κεραίαν λήψεως, ὅταν αὕτη ἔχῃ ρυθμισθῇ ὥστε ἡ συχνότης ἢ τὸ μῆκος κύματος αὐτῆς νὰ εἶναι τοῦ αὐτοῦ μεγέθους πρὸς τὴν συχνότητα ἢ τὸ μῆκος κύματος τῆς κεραίας ἐκπομπῆς, ὅποτε αἱ δύο ἐγκαταστάσεις εὐρίσκονται ἐν συντονισμῷ.

Ὡς ἐκ τούτου, ἡ κεραία λήψεως, ἐπειδὴ προορίζεται ὄχι διὰ τὴν λήψιν ἐνὸς πομποῦ ἀλλὰ πολλῶν τοιούτων, πρέπει νὰ περιλαμβάνῃ συντονιστικὰ στοιχεῖα, διὰ τῶν ὁποίων νὰ ἐπιτυγχάνεται ὁ συντονισμὸς αὐτῆς πρὸς τὸν ἐκάστοτε ἀνταποκρινόμενον πομπόν.

Τὰ συντονιστικὰ στοιχεῖα εἶναι μεταβλητὴ ἀντεπαγωγή καὶ πυκνωτὴς μεταβλητῆς χωρητικότητος, τὰ ὁποῖα συνδέονται καταλλήλως εἰς τὸ κύκλωμα κεραίας τῆς λήψεως.

Τὸ φαινόμενον τοῦ συντονισμοῦ ἔχει σπουδαιότατην σημασίαν εἰς τὴν πραγματοποίησιν τῆς Ραδιοηλεκτρονικῆς, διότι ἐπιτρέπει τὴν λειτουργίαν πολλῶν ταυτοχρόνως ἐγκαταστάσεων, χωρὶς ἡ μία νὰ παρενοχλῇ τὴν ἄλλην.

Τὴν σημασίαν τοῦ συντονισμοῦ ὅλοι τὴν γνωρίζομεν σήμερον ἐκ πείρας, ἔνεκα τῆς χρησιμοποιούσεως τῶν ραδιοφωνικῶν δεκτῶν.



Σχ. 475. Τὰ μικρὰ κύματα ἀκολουθοῦν τὴν καμπύλην τῆς Γῆς (ἀκτινοβολία ἐδάφους) καὶ δὲν παρατηροῦνται ζῶναι οἰγῆς. Τὰ βραχέα κύματα διαδίδονται εἰς πολὺν μέγαν ἀποστάσει, ἀνακλόμενα ὀλίγως ἐπὶ τῆς ἰονοσφαίρας.

ΤΗΛΕΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ — ΤΗΛΕΟΡΑΣΙΣ*

371. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἡ Τηλεφωτογραφία καὶ ἡ Τηλεόρασις ἀποτελοῦν δύο κλάδους στενότερα συγγενεῖς, αἱ δὲ διατάξεις αἱ χρησιμοποιούμεναι πρὸς πραγματοποίησιν αὐτῶν ἔχουν ἐπίσης μεγάλην ἀντιστοιχίαν. Ἡ τηλεφωτογραφία συνίσταται εἰς τὴν μεταβίβασιν φωτογραφικῶν ἢ ἐντύπων, ἡ δὲ τηλεόρασις εἰς τὴν μεταβίβασιν ζωντανῶν σκηνῶν ἐκ τοῦ φυσικοῦ, ἀνευ τῆς μεσολαβήσεως τῆς φωτογραφίας.

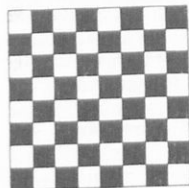
Ἐκ τῆς σπουδῆς τῆς Φυσιολογικῆς Ἀκουστικῆς (βλ. Τόμ. I) γνωρίζομεν ὅτι τὸ οὖς λόγῳ τοῦ ὑπάρχοντος ἐντὸς αὐτοῦ ὄργανου τοῦ Corti, δύναται, ὅταν ἀκούῃ φθόγγον, δηλαδὴ ἦχον παρουσιάζοντα χροῖαν, κατόπιν μικρᾶς ἐξασκήσεως νὰ διακρίνῃ τὸν θεμελιώδη ἦχον καὶ τοὺς διαφόρους ἀρμονικοὺς ἐκ τῶν ὁποίων οὗτος ἀποτελεῖται, δηλαδὴ τὸ οὖς ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ προκαλῇ αὐτομάτως ἀνάλυσιν τοῦ φθόγγου ἢ τοῦ συνθέτου ἦχου εἰς τὸν θεμελιώδη καὶ τοὺς διαφόρους ἀρμονικοὺς ἐκ τῶν ὁποίων συντίθεται οὗτος. Ὡς ἐκ τῆς ἰδιότητος ταύτης τὴν ὁποίαν παρουσιάζει τὸ οὖς, διὰ τὴν μεταβίβασιν τῆς ὁμιλίας ἢ τῆς μουσικῆς εἰς ἀπόστασιν ἀπαιτεῖται ἡ χρησιμοποίησις ἐνὸς μόνου μικροφώνου (βλ. Τηλέφωνον, Ραδιοτηλεφωνία, Ραδιοφωνία).

Τὴν ἰδιότητα ὅμως ταύτην τὸ ὠτὸς δὲν παρουσιάζει καὶ ὁ ὀφθαλμὸς. Πράγματι, ὅταν ὁ ὀφθαλμὸς ἔχῃ χρωματικὴν ἐντύπωσιν διεγειρομένην ἀπὸ φῶς συνθέτου χρώματος, ἀποτελούμενον ἐκ δύο ἢ περισσοτέρων ἀλλῶν χρωμάτων, δὲν ἔχει τὴν εὐχέρειαν νὰ διακρίνῃ ἐκα-

στον άπλοον χρώμα ή άλλως εκάστην χρωματικήν συνιστώσαν ή όποία ύφίσταται εις τό διεγείρον την χρωματικήν έντύπωσιν φώς συνθέτου χρώματος. Τό αυτό επίσης συμβαίνει όταν τά κύτταρα του άμφιβληστροειδούς δέχονται ταυτοχρόνως ξερεθισμούς από τās διαφόρους περιοχάς διαφόρου φωτεινής λαμπρότητος ή φωτεινότητος, προερχομένης από φωτιζόμενον αντίκειμενον, π.χ. εικόνα, διότι ό όφθαλμός δέν δύναται νά διαχωρίση ή νά αναλύση τās διαφόρους συνιστώσας φωτεινότητος, αλλά πρέπει αι διάφοροι περιοχαι αι αντίστοιχοις εις τά διάφορα φωτεινά σημεία τής εικόνας νά μεταβιβάζονται κωδικοποιημένοι. Έάν, επί παραδείγματι, τό ούς δέν είχε έκ φυσιολογικής κατασκευής την ιδιότητα τής αυτόματου αναλύσεως τών άκουστικών έντυπώσεων, θά έπρεπε κατά την μεταβίβασιν συναυλίας εις τόν πομπόν νά χρησιμοποιηται δι' έκαστον όργανον τής όρχήστρας ιδιαίτερον μικρόφωνον και εις τόν δέκτην ιδιαίτερον μεγάφωνον μέ ισαρίθμους γραμμάς συνδέσεως. Έπειδή όμως ό όφθαλμός δέν παρουσιάζει την άνωτέρω ιδιότητα του ότός, πρέπει έκαστον φωτεινόν σημείον τής υπό μεταβίβασιν εικόνας νά μεταβιβάζεται ιδιαίτερος, τούτο δέ θ' άπύτει την έγκυτάστασιν πολυαρίθμων γραμμών μεταβιβάσεως, όπερ όμως είναι τεχνικώς άδύνατον.

372. 'Ανάλυσις εικόνας. Η μεταβίβασις φωτογραφίας ή έντύπου εικόνας διά τής τηλεφωτογραφίας ή ή μεταβίβασις ζωντανής σκηνης ή τοπίου άνευ προηγουμένης φωτογραφίσεως αυτής διά τής τηλεοράσεως, έπιτυγχάνεται σήμεραν διά τής αναλύσεως τής εικόνας ή σκηνης. Διά την άνάλυσιν τής εικόνας και μεταβίβασιν διαδοχικώς τών διαφόρων φωτεινών σημείων αυτής χρησιμοποιούμεν την άδράνειαν του όφθαλμού ή άλλως την διαρκείαν έντυπώσεως, την όποιαν χρησιμοποιεί και ό κινηματογράφος (βλ. σελ. 86).

Τήν μεταβίβασιν δι' αναλύσεως τής εικόνας δυνάμεθα νά κατανοήσωμεν διά του σχήματος 476, όπου εικονίζεται πίναξ ζατριζίου (κοινώς σκάκι), εις τόν όποιον ύπάρχουν μέλανα και λευκά τετραγωνίδια, αντίστοιχούντα εις περιοχάς διαφόρου φωτεινότητος τής έπιφανείας αυτού ή άλλως εις τά φωτεινά σημεία του πίνακος και αι όποiai πρέπει νά μεταβιβασθούν κατά την άρμόζονσαν σειράν. Προς τοúτο θεωρούμεν τόν πίνακα ύποδιηρημένον εις 8 σειράς ή γραμμάς και μεταβιβάζομεν εκάστην σειράν την μίαν κατότιν τής άλλης.



Σχ. 476. Πίναξ ζατριζίου.

Η μεταβίβασις εκάστης σειράς αντίστοιχει εις τόν καθορισμόν τής φωτεινότητος εκάστης περιοχής (τετραγωνιδίου) και εις την μετατροπήν τών διαφόρου φωτεινότητος περιοχών εις αντίστοιχον ήλεκτρικόν ρεύμα, τών διαφορών δηλαδή φωτεινότητος μετατρεπομένων εις ρευματικές διαφοράς. Η μετατροπή αυτή έπιτυγχάνεται διά του φωτοκνυτάδρου (βλ. σελ. 302) ή δε διεργασία ή συντελουμένη κατά την άνάλυσιν και μετατροπήν τών διαφορών φωτεινότητος εις ρευματικές διαφοράς καλείται *σάρωσις* τής εικόνας.

Η ως άνω ύποδιαίρεσις τής εικόνας, ως δεικνύεται εις τόν πίνακα του ζατριζίου, ή όποια αντίστοιχει εις 8 όριζοντίους και 8 κατακόρυφους ταινίας είναι πολύ ζονδροειδής, και ή προκύπτουσα εικόνα εις τόν δέκτην είναι πολύ άσαςής, καθίσταται δέ ή προκύπτουσα εικόνα σαφεστέρα, εάν ύποδιαίρεσωμεν την εικόνα εις εκάστην όριζοντίαν ταινίαν εις 8 μικροτέρας και εκάστην κατακόρυφον επίσης εις 8 μικροτέρας όποτε θά προκύψουν εις εκάστην ταινίαν 64 έν όλοφ φωτεινά σημεία διαφόρου φωτεινότητος. Τήν τοιαύτην ύποδιαίρεσιν καλούμεν *ράστερ* (raster) ή *ύφην* τής εικόνας.

Προς κατανόησιν τής σαρώσεως τής εικόνας θά έκτελέσωμεν τό ακόλουθον πείραμα: Τοποθετούμεν τόν πίνακα ζατριζίου έντός σκοτεινού θαλάμου και άνωθεν αυτού εις κατάλληλον ύψος τοποθετούμεν ευαίσθητον φωτοηλεκτρικόν στοιχείον, διά του όποίου θά μετατρέψωμεν τās διαφοράς φωτεινότητος εις ρευματικές διακυμάνσεις.

Άκολούθως, μέ την βοήθειαν μικράς ήλεκτρικής λυχνίας, περιβαλλομένης υπό διαφράγματος φέροντος όπην, ώστε ή φωτεινή δέσμη νά καλύπτει την έπιφάνειαν ενός μόνου τετραγωνιδίου, φωτίζομεν διαδοχικώς τά τετραγωνίδια τής άνω ταινίας ή σειράς, άρχόμενοι

ἀπὸ τοῦ πρώτου πρὸς τ' ἀριστερά τετραγωνίδιου. Ἐπειδὴ τὸ πρῶτον τετραγωνίδιον εἶναι λευκόν, ἐπανεκπέμπει σχεδὸν ἅπαν τὸ προσπίπτον φῶς, τὸ ὁποῖον οὕτω ἐπενεργεῖ ἐπὶ τοῦ φωτοκυττάρου καὶ προκαλεῖ τὴν γένεσιν φωτοηλεκτρικοῦ ρεύματος, τοῦ ὁποῖου τὴν ἔντασιν δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν διὰ καταλλήλου ὀργάνου.

Ἀκολούθως μετατοπίζομεν τὴν λινχίαν ὥστε νὰ φωτίσῃ τὸ ἀμέσως ἐπόμενον μέλαν τετραγωνίδιον. Τοῦτο ἀπορροφᾷ σχεδὸν ὅλον τὸ προσπίπτον φῶς, τὸ δὲ ὑπ' αὐτοῦ ἐπανεκπεμπόμενον φῶς ἔχει ἐλαχίστην τιμὴν, οὕτω δὲ τὸ συνδεδεμένον πρὸς τὸ φωτοκύτταρον γαλβανόμετρον θὰ δεῖξῃ ρεῦμα πολὺ μικρῶς ἐντάσεως.

Ἐργαζόμενοι καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ διὰ τὰ λοιπὰ τετραγωνίδια βλέπομεν ὅτι κατορθώνομεν νὰ μετατρέψωμεν τὰς διαφορὰς φωτεινότητος τῆς πρώτης σειρᾶς εἰς ρευματικὰς διαφορὰς.

Μετὰ τὴν ἀποτεράττωσιν τῆς πρώτης γραμμῆς κάμνομεν μικρὰν παύσιν, τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦμεν διὰ νὰ δώσωμεν ἓν ρυθμικὸν ἢ συγχρονιστικὸν σῆμα καὶ ἀκολούθως ἐργαζόμεθα καθ' ὅμοιον τρόπον μετὰ τὴν δευτέραν σειράν, ἀρχόμενοι ἀπὸ τοῦ πρώτου πρὸς τ' ἀριστερά τετραγωνίδιου, ἀκολούθως ἐργαζόμεθα μετὰ τὴν τρίτην σειράν κ. ο. κ. μέχρις ἐξαντήλησεως ὅλων τῶν σειρῶν, ὅποτε ὅλαι αἱ διαφοραὶ φωτεινότητος τοῦ πίνακος θὰ ἔχουν μετατραπῇ εἰς ρευματικὰς διαφορὰς.

Εἰς τὸ σχ. 477 δεικνύεται ἡ ἀναπαραγωγή εἰκόνης μετὰ χονδροειδὲς ῥάστερ, ὅποτε ἡ



Σχ. 477. Σάρωσις τῆς εἰκόνης μετὰ 90 γραμμὰς.



Σχ. 478. Σάρωσις τῆς εἰκόνης μετὰ 405 γραμμὰς.

εἰκὼν εἶναι ἀσαφής, ἐνῶ τὸ σχ. 478 δεικνύει ἀναπαραγωγὴν τῆς αὐτῆς εἰκόνης μετὰ λεπτὸν ῥάστερ, ὅπου ἡ εἰκὼν ἐμφανίζεται σαφής.

373 **Πραγματικὴ πραγματοποίησις τῆς τηλεφωτογραφίας.** Εἰς αὐτὴν ἡ μεταβίβασις τῆς εἰκόνης γίνεται εἴτε δι' ἐνσωμάτου ὁδοῦ (τηλεγραφικῶς), εἴτε δι' ἀσυρμάτου ὁδοῦ (ραδιοτηλεγραφικῶς).

Ἡ εἰκὼν σαφώνεται, ὡς ἐλέγχθη ἀνωτέρω, μετὰ τὴν βοήθειαν φωτεινῆς δέσμης, τὸ δὲ ἀνακλῶμενον φῶς, τοῦ ὁποῖου ἡ ἔντασις εἶναι διάφορος, ἀναλόγως τῆς φωτεινότητος τῶν διαφόρων σημείων τῆς εἰκόνης ἀπὸ τῶν ὁποίων ἀνακλᾶται, προσπίπτει ἐπὶ φωτοηλεκτρικῶν

στοιχείου, τότε αἱ διαφοραὶ φωτεινότητος μετατρέπονται εἰς ρευματικὰς διαφοράς. Εἰς τὸν τύπον τῆς λήψεως αἱ ρευματικαὶ διαφοραὶ προσπίπτουν ἐπὶ καταλλήλου λυχνίας, ὁπότε αὐταὶ μετατρέπονται εἰς φωτεινὰς διαφοράς, καὶ διὰ τὸν ὁποῖον σαρώνεται φωτογραφικὸν φιλμ ἐν ἀπολύτῳ συγχρονισμῷ πρὸς τὴν σάρωσιν τῆς εἰκόνης εἰς τὸν πομπόν, ὁπότε δι' ἐπεξεργασίας τοῦ φιλμ καὶ ἀποτυπώσεως τοῦ θετικοῦ ἐπὶ φωτογραφικοῦ χαρτοῦ, προκύπτει εἰς τὸν δέκτην ἡ ἐκ τοῦ πομποῦ ἐκπεμπόμενη εἰκὼν.

Συνήθως ἡ σάρωσις τῆς εἰκόνης εἰς τὸν πομπόν γίνεται διὰ περιτυλίξεως αὐτῆς ἐπὶ κυλινδρικοῦ τυμπάνου περιστρεφομένου περὶ ἄξονα, τὸ ὁποῖον μετατοπίζεται κατὰ μίαν διεύθυνσιν παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα αὐτοῦ. Εἰς τὸν δέκτην τὸ φιλμ εἶναι περιτυλιγμένον ἐπὶ ὁμοίῳ τυμπάνῳ, κινουμένῳ καθ' ὅμοιον τρόπον καὶ ἐν πλήρει συγχρονισμῷ πρὸς τὸ τύμπανον τοῦ πομποῦ. Κατὰ τὴν μεταβίβασιν φωτογραφικὴν ἢ ἀναπαραγωγὴν τῆς φωτογραφίας εἰς τὸν δέκτην γίνεται ἐντὸς δέκα πρώτων λεπτῶν περίπου.

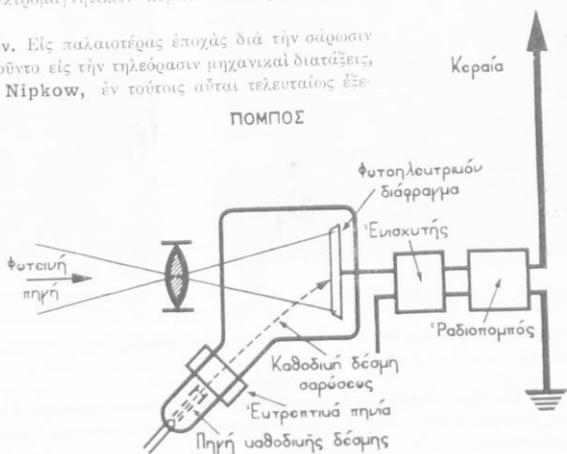
374. Πραγματικὴ πραγματοποίησις τῆς τηλεόρασεως. Ἡ τηλεόρασις ὡς ἤδη γνωρίζομεν ἀποτελεῖ πολυπλοκώτερον τῆς τηλεφωτογραφίας κλάδον, διότι εἰς τὴν τελευταίαν προηγείται φωτογράφισις τῆς εἰκόνης ἡ σκηνῆς καὶ ἀκολούθως γίνεται μεταβίβασις αὐτῆς διὰ τοῦ πομποῦ. Εἰς τὴν τηλεόρασιν ἔχομεν νὰ μεταβιβάσωμεν ζωντανὰς σηνάς, αἱ ὁποῖαι περιλαμβάνουν ἀντιζεῖμνα κινούμενα ὡς π. χ. ἀγῶνας, συνεδριάσεις κοινοβουλίων, θεατρικὰς παραστάσεις, παρελάσεις κ.λ.π. Ἐνεκα τοῦ λόγου τούτου κατὰ τὴν τηλεόρασιν ἐπιβάλλεται ὅπως ἡ θεωρούμενη σκηνὴ μεταβιβάζεται πολλὰς φορὰς ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου, εἰς τρόπον ὥστε εἰς τὸν δέκτην νὰ σχηματίζεται ἡ ἐντύπωσις τῆς συνεχοῦς κινήσεως, ὅπως ἀκριβὲς γίνεται καὶ εἰς τὸν κινηματογράφον.

Ἡ πείρα κατέδειξε ὅτι, διὰ τὴν ἐπιτυχίαν καλῶν ἀποτελεσμάτων, ἀπαιτεῖται ὅπως μεταβιβάζονται τοὐλάχιστον τριῶντα εἰκόνες κατὰ δευτερόλεπτον, ἡ δὲ σάρωσις τῆς σκηνῆς πρέπει νὰ γίνεται τοὐλάχιστον εἰς 440 γραμμάς.

Ἐνεκα δὲ τοῦ λόγου τούτου καὶ δι' ἄλλους λόγους τοὺς ὁποῖους δὲν δυνάμεθα ν' ἀναπτύξωμεν ἐνταῦθα ἡ τηλεόρασις πραγματοποιεῖται διὰ μεταβίβασεως τῆς σκηνῆς δι' ἀσυμπίπτον ὁδοῦ, ἥτοι δι' ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων καὶ μάλιστα διὰ τοιοῦτον πολὺ μικροῦ μήκους κύματος.

375. Εἰκονοσκόπιον. Εἰς παλαιότερας ἐποχὰς διὰ τὴν σάρωσιν τῆς σκηνῆς ἐχρησιμοποιούντο εἰς τὴν τηλεόρασιν μηχανικαὶ διατάξεις, ὡς π. χ. ὁ δίσκος τοῦ Nipkow, ἐν τούτοις αὐταὶ τελευταίως ἐξε-

τοπίσθησαν ἀντικατασταθεῖσαι ὑπὸ ἄλλων ἡλεκτρικῶν διατάξεων, ὡς π. χ. τοῦ εἰκονοσκοπίου τοῦ Zworykin, εἰς τὰς ὁποίας μεγίστην σημασίαν ἔχει ὁ καθοδικὸς σωλὴν. Τὸ εἰκονοσκόπιον ἀποτελεῖται ἐκ καθοδικοῦ σωλῆνος ὁμοίου πρὸς τὸν περιγραφέντα εἰς σελ. 295 (σχ. 420) εἰς τὸν ὁποῖον τὸ φθορίζον διάφραγμα ἀντικαθίσταται ὑπὸ φύλλου μαρμαριγίου (σχ. 479). Ἡ πρὸς τὸ μέρος τῆς καθόδου ἐπιφάνεια τοῦ φύλλου μαρμαριγίου εἶναι κεκαλυμμένη ὑπὸ μικροτάτων καὶ διακρίτων κη-



Σχ. 479. Πομπὸς τηλεόρασεως.

λίδων από φωτοπαθή ουσίαν (χαΐσιον), αποτελούσα οὗτο εἶδος μωσαϊκοῦ, ἐπὶ τοῦ ὁποίου αἱ διάκριτοι φωτοπαθεῖς κηλίδες ἀνέρχονται περίπου εἰς 3 000 000, ἐνῷ ἡ ἑτέρα ἐπιφάνεια τοῦ μαρμαριγίου εἶναι καταλλήλως ἐπιμεταλλωμένη. Οὗτο ἡ ἐπιφάνεια τοῦ μαρμαριγίου μὲ τὸ σύνολον τῶν φωτοπαθῶν κηλίδων ἀποτελεῖ τεχνικὴν ἀπομίμησιν τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς χιτῶνος τοῦ ὀφθαλμοῦ, τῶν φωτοπαθῶν κηλίδων ἀντιστοιχοῦσων εἰς τὰ φωτοπαθῆ ζῦτταρα τοῦ ἀμφιβληστροειδοῦς.

Ἐκάστη φωτοπαθὴς κηλὶς μετὰ τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς αὐτὴν στρώματος μαρμαριγίου καὶ τοῦ ἀντιστοίχου ὀπισθίου τμήματος τῆς ἐπιμεταλλωμένης ἐπιφανείας αὐτοῦ ἀποτελεῖ ἓνα μικροσκοπικὸν πυκνωτὴν καὶ οὗτο τὸ σύνολον τῶν φωτοπαθῶν κηλίδων ἀποτελεῖ μέγα πλῆθος μικροσκοπικῶν πυκνωτῶν (περίπου 3 000 000).

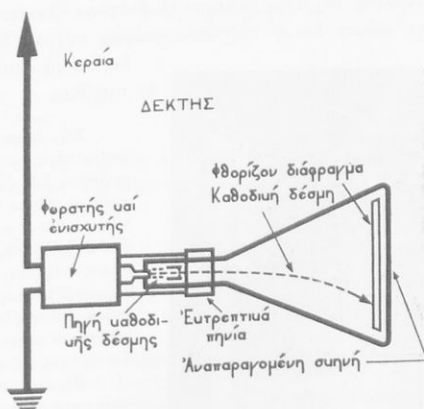
Ἐάν ἤδη τῇ βοηθείᾳ φακοῦ προβάλλωμεν ἐπὶ τοῦ μωσαϊκοῦ τὴν πρὸς μεταβάσιν σκηνήν, τὸ ἀνακλόμενον ἀπὸ διαφορῶν μερῶν αὐτῆς φῶς ἐπιδρᾷ ἐπὶ τῶν φωτοπαθῶν κηλίδων, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν ταυτοχρόνως μικροσκοπικὰ φωτοκῆτταρα, οὗτο δὲ ἐπειδὴ ἀποβάλλουν ἠλεκτρόνια, φορτίζονται θετικῶς, καὶ τοῦτο ἰσοδυναμεῖ πρὸς φόρτισιν τῶν μικροσκοπικῶν πυκνωτῶν. Ἀκολουθῶς τὸ μωσαϊκὸν σαρῶνεται μὲ τὴν βοήθειαν καθοδικῆς δέσμης, ἡ ὁποία σαρῶνει διαδοχικῶς τὴν μίαν μετὰ τὴν ἄλλην τὰς σειρὰς τῶν φωτοπαθῶν κηλίδων τοῦ μωσαϊκοῦ, τοῦτο δὲ συντελεῖ εἰς ἐξουδετέρωσιν τοῦ θετικοῦ φορτίου αὐτῶν, ἢ ὅπερ τὸ αὐτό, εἰς ἐκκένωσιν τῶν μικροσκοπικῶν πυκνωτῶν.

Αἱ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον προκύπτουσαι ἐκκενώσεις δημιουργοῦν διαδοχὴν διαλειπόντων ρευμάτων, τὰ ὁποῖα δημιουργοῦν ἀντιστοίχους τάσεις, αἱ ὁποῖαι ἀκολουθῶς ἐνισχυόμεναι διὰ καταλλήλου ἐνισχυτοῦ μεταβιβάζονται εἰς τὸν ραδιοπομπόν, διὰ τοῦ ὁποίου αὗται ἐν συνεχείᾳ μεταβιβάζονται εἰς ἀπόστασιν (σ. 479).

Ἡ σάρωσις τοῦ μωσαϊκοῦ ὑπὸ τῆς καθοδικῆς δέσμης γίνεται διὰ καταλλήλου διατάξεως καθοδηγούσης τὴν καθοδικὴν δέσμη.

Οὗτο διὰ τῶν εἰκονοσκοπίων ἐπιτυγχάνεται ἡ ἀνάλυσις τῆς σκηνῆς καὶ ἡ μετατροπὴ τῶν φωτεινῶν αὐτῆς διαφορῶν εἰς ρευματικὰς τοιαύτας. Τὰ ἐκ τῆς κεραίας τοῦ πομποῦ τῶν φωτεινῶν αὐτῆς διαφορῶν εἰς ρευματικὰς τοιαύτας. Τὰ ἐκ τῆς κεραίας τοῦ πομποῦ προερχόμενα ἠλεκτρομαγνητικὰ κύματα, τὰ ὁποῖα εἶναι διαμορφωμένα συμφῶνως πρὸς τὰς φωτεινὰς διαφορὰς τῆς σκηνῆς, προσβάλλουν τὴν κεραίαν τοῦ δέκτη, ὅπου ἀκολουθῶς, διὰ καταλλήλου κατεργασίας, ἀποδιαμορφοῦνται καὶ οὗτο ἀπομένουν αἱ ρευματικαὶ διαφοραὶ αἱ ἀντιστοιχοῦσαι πρὸς τὰς φωτεινὰς διαφορὰς τῆς μεταβιβαζομένης σκηνῆς.

Αἱ ρευματικαὶ διαφοραὶ ἐπιδρῶν ἐπὶ τῆς καθοδικῆς δέσμης καθοδικοῦ σωλήνος, τοῦ ὁποίου ἡ δέσμη σαρῶνει τὸ φθορίζον διάφραγμα αὐτοῦ ἐν ἀπολύτῳ συγχρονισμῷ πρὸς τὴν σάρωσιν τῆς σκηνῆς εἰς τὸν πομπόν, οὗτο δὲ, μὲ τὴν βοήθειαν τῆς ἀδρανείας τοῦ ὀφθαλμοῦ, ἀναπαράγεται ἐπὶ τοῦ διαφράγματος ἡ σκηνὴ ἡ μεταβιβαζομένη ὑπὸ τοῦ πομποῦ. Ἡ ἀνάλυσις τῆς εἰκόνος εἰς τὴν Ἀμερικὴν γίνεται εἰς 525 γραμμὰς, ἐὰν δ' ἐκάστη τούτων 666 φωτεινὰ σημεῖα ἡ ὅλη εἰκὼν ἀναλύεται εἰς 350 000 σημεῖα τὰ ὁποῖα μεταβιβάζονται τὸ ἐν κατόπιν τοῦ ἄλλου. Ἐὰν δὲ δεχθῶμεν ὅτι πρὸς ἐπιτυχίαν καλῶν εἰκόνων εἰς



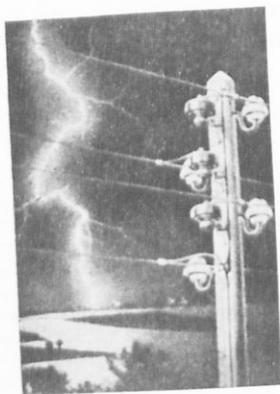
Σχ. 480. Δέκτης τηλεοράσεως.

τὸν δέκτην ἢ σκηνὴν πρέπει νὰ μεταβιβάζεται 30 φορές κατὰ δευτερόλεπτον, ἔπεται ὅτι τὸ σύνολον τῶν μεταβιβαζομένων φωτεινῶν σημείων θὰ ἀνέρχεται εἰς $350\,000 \times 30 = 10\,500\,000$ σημεία κατὰ δευτερόλεπτον.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ

376. Ἡ Γῆ, ὡς γνωρίζομεν (§ 245), ἀποτελεῖ πελώριον ἀγωγόν, ὁ ὁποῖος φέρει ἀρνητικὸν φορτίον ἡλεκτρισμοῦ, ὑπολογιζόμενον εἰς 600 000 Cb. Ἡ Γῆ, λόγφ τοῦ φορτίου της, δημιουργεῖ εἰς τὸν περίξ αὐτῆς χώρον ἡλεκτρικὸν πεδίον, τοῦ ὁποῖου ἡ ἔντασις ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς ἔχει ἐκτιμηθῇ εἰς 1,3 Volt/cm (ἢ 130 Volt/m), καὶ τὸ ὁποῖον ἐλαττοῦται μετὰ τοῦ ὕψους. Οὕτω εἰς ὕψος 50 m ἀπὸ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς, ἡ ἔντασις τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι 55 V/m, εἰς ὕψος 100 m εἶναι 42 V/m, εἰς ὕψος 12 km εἶναι 2,3 V/m καὶ εἰς 60-80 km, ὅπου ἀντιστοιχεῖ πίεσις 1 Torr, ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου εἶναι πρακτικῶς μηδέν.

Εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν, ἐξ ἄλλου, λόγφ διαφόρων αἰτίων (ἀκτινεργῶν ἀκτινοβολιῶν, τῶν κοσμικῶν ἀκτίνων, τῶν ἡλιακῶν ὑπεριωδῶν ἀκτίνων) γεννῶνται ἰόντα, θετικὰ καὶ ἀρνητικά, εἰς σημαντικὸν ἀριθμὸν κατὰ cm^3 , τὰ ὁποῖα τίθενται εἰς κίνησιν ὑπὸ τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου, καὶ τὰ μὲν θετικὰ ἰόντα φέρονται εἰς τὴν Γῆν, ἐνῶ τὰ ἀρνητικά ἀπωθοῦνται ὑπ' αὐτῆς. Οὕτω δημιουργεῖται ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τοῦ ὁποῖου ἡ ἔντασις, ἀναφερομένη εἰς ὁλόκληρον τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, ἀνέρχεται εἰς 1500 A, τὸ ρεῦμα δὲ τοῦτο θὰ ἦτο ἱκανὸν νὰ ἀπαλυνεῖν τῆς Γῆς, ἀνέρχεται εἰς 1500 A, τὸ ρεῦμα δὲ τοῦτο θὰ ἦτο ἱκανὸν νὰ ἀπαλυνεῖν τὴν Γῆν ἀπὸ τοῦ φορτίου της, ἐὰν εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν δὲν ἐλάμβανον λάξην τὴν Γῆν ἀπὸ τοῦ φορτίου της, ἐὰν εἰς τὴν ἀτμοσφαῖραν δὲν ἐλάμβανον χάωσαν ἄλλα φαινόμενα, τὰ ὁποῖα νὰ ἀνανεῶνουν τὸ φορτίον τῆς Γῆς. Ὡς τοιαῦτα φαινόμενα δέχονται σήμερον τὰ διάφορα ἡλεκτρικὰ φαινόμενα, τὰ ὁποῖα λαμβάνουν χάωσαν ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαίρας, κυρίως δὲ τοιαῦτα εἶναι τὰ φαινόμενα ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα παρατηροῦνται κατὰ τὰς καταιγίδας.



Σχ. 481. Φωτογραφία κεραυνοῦ.

377. Κεραυνός. Οὗτος γεννᾶται ὅταν ἡ τάσις ἐκκεννώσεως μεταξὺ νέφους καὶ Γῆς εἶναι τάξεως μεγέθους 10^6 ἕως 10^9 V, δημιουργουμένου οὕτω ἡλεκτρικοῦ πεδίου τάξεως μεγέθους 10^4 V/cm. Τὸ κανονικὸν μήκος κεραυνοῦ ὑπολογίζεται εἰς 2-3 km, ἔχουν ὁμως παρατηρηθῇ κεραυνοὶ τῶν ὁποίων τὸ μήκος ἀνέρχεται εἰς τὸ δεκαπλάσιον. Ἡ διάρκεια τοῦ κεραυνοῦ ὑπολογίζεται ἀπὸ 0,2-10 sec, ἡ δὲ ἀντιστοιχοῦσα ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἐξόχως μεγάλη, φθάνουσα μέχρι $2 \cdot 10^4$ A, ἐνῶ ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποῖα ἀντιστοιχεῖ εἰς κεραυνὸν ἐκτιμᾶται εἰς $2 \cdot 10^{10}$ Joule.

Βόρειον σέλας. Τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίον τῆς Γῆς ὑψίσταται διακυμάνσεις ὀφειλομένας εἰς τὸ βόρειον σέλας, τὸ ὁποῖον ἐπηρεάζει καὶ τὸ γήινον μαγνητικὸν πεδίον.

Τὸ βόρειον σέλας ἀναφαίνεται εἰς τὰς πολικὰς περιοχὰς τῆς Γῆς καὶ ἐκτείνεται εἰς ὕψος

700 km, ἀποδίδεται δὲ ἡ ἐμφάνισις αὐτοῦ εἰς σμήνη ἡλεκτρονίων, ἐκπορευόμενα ἐκ τοῦ

Ἡλίον καὶ τὰ ὅποια, εἰσδύοντα εἰς τὴν γῆνιν ἀτμοσφαῖραν καὶ συγκρουόμενα πρὸς ἀέρια μόρια, διεγείρουν τὴν φωτοβολίαν αὐτῶν. Τὰ ἡλεκτρόνια ταῦτα, κατὰ τὰς κρατούσας σήμερον ἀντιλήψεις, κινούνται ὑπὸ τὴν ἐπενέργειαν τοῦ γῆινου μαγνητικοῦ πεδίου ἐλικοειδῶς περὶ τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς αὐτοῦ καὶ φέρονται πρὸς τὴν περιοχὴν τῶν πόλων.

378. Ἀλεξικέραυνα. Τὰ ἀλεξικέραυνα ἀποτελοῦν διατάξεις αἱ ὁποῖαι, ὡς ὑπὸ πολλῶν πιστεύεται, προφυλάσσουν ἐν οἴκημα ἀπὸ τῆς πτώσεως κεραυνοῦ.

Ἡ λειτουργία τοῦ ἀλεξικεραύνου στηρίζεται ἐπὶ τῆς ιδιότητος τῶν ἀκίδων (βλ. § 242).

Ἐστω ὅτι ἐπὶ τῆς στέγης οἰκοδομήματος ὑπάρχει ἀλεξικέραυνον (σχ. 482), ἥτοι μεταλλικὴ ράβδος ἀπολήγουσα εἰς ἀκίδα καὶ συνδεδεμένη, διὰ μέσου χαλκίνου ἀγωγοῦ, πρὸς τὴν Γῆν. Ἐάν ἄνωθεν τοῦ οἰκοδομήματος ὑπάρχῃ νέφος φορτισμένον, π.χ. θετικῶς, τότε λόγω τῆς ἐξ ἐπιδράσεως ἡλεκτρίσεως προσελκύει ἀρνητικὸν φορτίον πρὸς τὸ ἀκρον τῆς ἀκίδος. Τὸ φορτίον ὅμως τοῦτο ἐκρέει ἐκ τῆς ἀκίδος, οὕτω δὲ μειώνεται ἡ ἀπαιτουμένη τάσις πρὸς ἀνάπτωσιν σπινθήρος, ἥτοι κεραυνοῦ, μεταξὺ νέφους καὶ οἰκοδομήματος.

Κατ' ἄλλους, ἡ προστασία τοῦ ἀλεξικεραύνου συνίσταται εἰς τὸ ὅτι ὁ κεραυνὸς ἐκρήγνυται μεταξὺ νέφους καὶ ἀκίδος τοῦ ἀλεξικεραύνου καὶ ἐπειδὴ τοῦτο εἶναι συνδεδεμένον διὰ σώματος καλοῦ ἀγωγοῦ πρὸς τὴν Γῆν, τὸ φορτίον αὐτοῦ ἐκρέει πρὸς τὴν Γῆν καὶ οὕτω ἀποφεύγεται ἡ βλάβη τῆς οἰκοδομῆς.

Ὁ κεραυνὸς ἐν γένει δύναται, λόγω τῆς μεγάλης ἐνεργείας τὴν ὁποίαν μεταφέρει, νὰ καταστρέφῃ οἰκοδομήματα, νὰ κατακαύσῃ ξυλῖνας κατασκευὰς καὶ νὰ προκαλέσῃ τὴν βλάβην ἢ τὸν θάνατον εἰς ζῶα καὶ ἀνθρώπους.

Ἡ ἰσχυρὰ βροχὴ ἢ παραγομένη κατὰ τὴν ἔκρηξιν τοῦ κεραυνοῦ, συνίσταται εἰς τὴν ἀπότομον ἐκτόνωσιν τῆς ἀερίου μάζης εἰς τὴν περιοχὴν κατὰ τὴν ὁποίαν λαμβάνει χώραν ἡ ἐκκένωσις, ὡς ἐκ τῆς ἀποτόμου ἀνιηρώσεως τῆς θερμοκρασίας.



Σχ. 482. Ἀλεξικέραυνον ἐγκατεστημένον ἐπὶ οἰκίσκου.

Ζητήματα.

Ἐκ ποίων μερῶν ἀποτελεῖται συνήθως ὁ μορσικός τηλεγράφος.

Περιγράψατε τὸ χειριστήριον καὶ τὸν δέκτην Morse, ὡς καὶ τὸν τρόπον τῆς λειτουργίας αὐτῶν.

Περιγράψατε τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τοῦ μικροφώνου καὶ εἰς τί χρησιμεῖ τούτο.

Περιγράψατε τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τοῦ ἀκουστικοῦ.

Εἰς τί συνίσταται ἡ τηλεφωνία. Λώσατε τὸ διάγραμμα στοιχειώδους τηλεφωνικῆς ἐγκαταστάσεως κατὰ Bell, καὶ ἐξηγήσατε τὸν τρόπον τῆς λειτουργίας αὐτῆς.

Πῶς δεγόμεθα ὅτι διαδίδονται τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἀσυρμάτου τηλεγραφίας καὶ πόσων εἰδῶν ἀκτινοβολίας ἔχομεν.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὅρου ἀτμοσφαιρικοῦ ἡλεκτρισμοῦ. Πῶς λειτουργεῖ τὸ ἀλεξικέραυνον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ ΙΗ'

ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ

379. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Ἄτομα καὶ μόρια. Τὸ πρόβλημα τῆς συγκροτήσεως τῆς ὕλης ἀπασχόλησεν ἀπ' ἀρχαιοτάτων χρόνων τοὺς διανοουμένους, πρῶτοι δὲ οἱ ἀρχαῖοι Ἕλληνες φιλόσοφοι **Δεύκιππος** καὶ **Δημόκριτος** υπέθεσαν ὅτι ἡ ὕλη δὲν εἶναι ἐπ' ἀπειρον διαιρετή, ἀλλ' ἀποτελεῖται ἐξ ἀπειροελαχίστων μεριδίων, — τὰ ὁποῖα ἀπεκάλεσαν **ἄτομα**, — μὴ δυναμένων νὰ ὑποδιαρθεθοῦν δι' οὐδενὸς μέσου εἰς ἄλλα μικρότερα.

Τὴν ὥς ἄνω ὑπὸ τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων φιλοσόφων διαμορφωθείσαν **ἀτομικὴν θεωρίαν** τῆς ὕλης ἀπεδέχθησαν βραδύτερον καὶ οἱ νεώτεροι Χημικοί, ὥς οἱ **Dalton, Berzelius, Kekule** καὶ ἄλλοι, ἐπὶ τῇ βίσει δὲ τῶν ἐρευνῶν αὐτῶν διεμορφώθη ἡ νεωτέρα ἀτομικὴ θεωρία τῆς ὕλης.

Κατὰ τὴν νεωτέραν ἀτομικὴν θεωρίαν, αἱ ἀπειράριθμοι χημικαὶ ἐνώσεις, αἱ ὁποῖαι εἴτε ἀνευρίσκονται ἔτοιμοι εἰς τὴν Φύσιν, εἴτε παρασκευάζονται τεχνητῶς εἰς τὰ χημικὰ ἐργαστήρια, παρουσιάζουν πάντοτε ἀπλᾶς ἀναλογίας βαρῶν τῶν ἐν αὐταῖς περιεχομένων ἀπλῶν σωμάτων, αἱ ὁποῖαι δὲν δύνανται νὰ ἐξηγηθοῦν ἄλλως, εἰμὴ μόνον διὰ τῆς παραδοχῆς ὅτι — τὰ ἀπλᾶ σώματα ἐκ τῶν ὁποίων ἀποτελεῖται τυχούσα χημικὴ ἔνωσις συνίστανται ἐξ ἀπειροελαχίστων σωματιδίων καλουμένων **ἁτόμων**, ἐκ τῶν ὁποίων ὁρισμένος πάντοτε ἀριθμὸς συμμετέχει πρὸς ἀπαρτισμὸν ὁρισμένου σώματος. Τὰ ἄτομα ἐνὸς καὶ τοῦ αὐτοῦ ἀπλοῦ σώματος εἶναι ὅμοια, καὶ ἔχουν πάντοτε τὴν αὐτὴν μᾶζαν, ἐνθ' τὰ ἄτομα τῶν διαφόρων ἀπλῶν σωμάτων εἶναι ἀνόμοια καὶ διαφέρουν πρῶτον μὲν ὡς πρὸς τὴν μᾶζαν αὐτῶν καὶ δεύτερον ὡς πρὸς τὰς ἰδιότητας αὐτῶν.

Βραδύτερον ὅμως οἱ Χημικοί, πρὸς ἐξήγησιν τῶν νόμων τῆς κατ' ὄγκον χημικῆς ἐνώσεως τῶν αερίων, ἠναγκάσθησαν νὰ εἰσαγάγουν καὶ τὴν ἔννοιαν τοῦ **μορίου**, καθ' ἣν, συμφώνως πρὸς τὰς ἐρεῦνας τῆς νεωτέρας Χημείας, ἡ ὕλη ἀποτελεῖται ἐκ μορίων καὶ ἁτόμων. Τὸ μόριον τῆς ὕλης εἶναι τὸ ἐλάχιστον ὄριον διαιρετότητος αὐτῆς διὰ μηχανικῶν ἢ φυσικῶν μέσων, καὶ δύναται νὰ ὑφίσταται ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει. Τὸ μόριον ὅμως δύναται διὰ χημικῶν μέσων νὰ ὑποδιαρθεθῇ εἰς ἄτομα. Τὸ ἄτομον ἀπλοῦ σώματος, ἢ ἄλλως τοῦ στοιχείου, εἶναι τὸ ἐλάχιστον ὄριον διαιρετότητος αὐτοῦ, τὸ ὁποῖον οὔτε διὰ μηχανικῶν, οὔτε διὰ χημικῶν μέσων δύναται νὰ διαιρεθῇ εἰς ἄλλα ἀπλούστερα. Οὕτω τὸ ὕδωρ, γνωρίζομεν ἐκ τῶν στοιχείων τῆς Χημείας, ὅτι ἀποτελεῖ χημικὴν ἔνωσιν ὀξυγόνου καὶ ὕδρου γόνου καὶ δύναται νὰ ὑποδιαρθεθῇ μέχρι τοῦ μορίου. Ἀπὸ ἐν ὅμως μόριον ὕδατος δυνάμεθα νὰ ἀποχωρίσωμεν διὰ χημικῶν μέσων δύο ἄτομα ὕδρογόνου καὶ ἐν ἄτομον ὀξυγόνου, τὰ ὁποῖα ὅμως δὲν ὑφίστανται ἐν ἐλευθέρᾳ καταστάσει.

Τὰ μόρια τῶν χημικῶν ἐνώσεων, ἢ ἄλλως, συνθέτων σωμάτων, ἀποτελοῦνται ἐξ ἀνομοειδῶν ἀτόμων, ἐνθ' τὰ μόρια τῶν ἁπλῶν σωμάτων ἀποτελοῦνται ἐξ ὁμοειδῶν ἀτόμων. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ ὕδρογόνου ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἀτόμων ὕδρογόνου, τὸ δὲ μόριον τοῦ ὀξυγόνου ἐκ δύο ἀτόμων ὀξυγόνου.

Προκειμένου περὶ τῶν ἁπλῶν σωμάτων οἱ Χημικοὶ καθώρισαν, — τοῦτο δὲ ἴσχυε μέχρι πρὸ ὀλίγων ἔτων —, ὅτι τὸ σύνολον αὐτῶν ἀνέρχεται εἰς 92, ὅλα δὲ τὰ ἄλλα σύνθετα σώματα ἀποτελοῦνται ἐκ τῆς χημικῆς ἐνώσεως δύο ἢ περισσοτέρων ἐκ τῶν ἀνωτέρω 92 ἁπλῶν σωμάτων.

Τὰ ἀνωτέρω ἐκτιθέμενα συνοψίζονται εἰς τὰ ἑξῆς :

Μόριον εἶναι τὸ ἐλάχιστον μέρος τῆς ὕλης, τὸ ὅποιον δὲν δύναται νὰ διαιρεθῇ διὰ μηχανικῶν (φυσικῶν) μέσων εἰς ἄλλα μικρότερα, δύναται ὅμως νὰ υποδιαίρεθῇ διὰ χημικῶν μέσων εἰς ἅτομα.

Ἄτομον εἶναι τὸ ἐλάχιστον μέρος τῆς ὕλης τὸ ὅποιον δὲν εἶναι δυνατόν νὰ υποδιαίρεθῇ εἰς ἄλλα μικρότερα, οὔτε διὰ μηχανικῶν (φυσικῶν) οὔτε διὰ χημικῶν μέσων. Ὡς θὰ ἴδωμεν, ἡ τελευταία αὕτη ἀντίληψις, ἡ ὁποία ἐπεκράτει εἰς παλαιότεραν ἐποχὴν, δὲν ἰσχύει σήμερον.

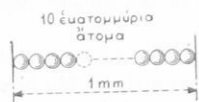
380. Ἀτομικὸν βάρος. Μοριακὸν βάρος. Ἀρχικῶς, ἐπειδὴ διὰ τῶν γνωστῶν μεθόδων δὲν ἦτο δυνατός ὁ καθορισμὸς τῆς μάζης τῶν διαφόρων ἀτόμων, καθωρίσθη τὸ ἀτομικὸν βάρος, τὸ ὅποιον δὲν παριστᾷ τὸ πραγματικὸν βάρος τοῦ ἀτόμου, ἀλλὰ τὸν λόγον τοῦ βάρους τοῦ θεωρουμένου ἀτόμου πρὸς τὸ βάρος ἐνὸς ἀτόμου ὕδρογόνου, τὸ ὅποιον θεωρεῖται ὡς τὸ ἐλαφρότερον ὅλων τῶν στοιχείων. Βραδύτερον, πρὸς ἀκριβεστέραν ἔκφρασιν τῶν ἀτομικῶν βαρῶν ἐλήφθη τὸ 1/16 τοῦ βάρους τοῦ ἀτόμου τοῦ ὀξυγόνου, τὸ ὅποιον ἐλάχιστα διαφέρει τοῦ βάρους ἐνὸς ἀτόμου ὕδρογόνου. Οὕτω, τὸ ἀτομικὸν βάρος τοῦ ὕδρογόνου ἐν σχέσει πρὸς τὴν νέαν μονάδα εἶναι 1,008.

Ὡς μοριακὸν βάρος συνθέτου σώματος θεωροῦμεν τὸ ἄθροισμα τῶν ἀτομικῶν βαρῶν τῶν ἀτόμων τῶν συγκροτούντων τὸ μόριον. Οὕτω τὸ μόριον τοῦ ὕδατος ἔχει τὸν χημικὸν τύπον H_2O , ἥτοι ἀποτελεῖται ἐκ δύο ἀτόμων ὕδρογόνου καὶ ἐνὸς ὀξυγόνου, ἐὰν δὲ δεχθῶμεν 1 ὡς ἀτομικὸν βάρος τοῦ H καὶ 16 ὡς ἀτομικὸν βάρος τοῦ O, τὸ μοριακὸν βάρος τοῦ H_2O εἶναι $2 + 16 = 18$.

Μὲ τὴν πάροδον ὅμως τοῦ χρόνου, ἡ Φυσικὴ κατώρθωσε νὰ καθορίσῃ ὄχι μόνον τὴν πραγματικὴν μᾶζαν τῶν ἀτόμων, ἀλλὰ καὶ νὰ καθορίσῃ τὰς διαστάσεις αὐτῶν. Οὕτω σήμερον γνωρίζομεν ὅτι **ἡ μᾶζα ἐνὸς ἀτόμου ὕδρογόνου εἶναι $1,64 \cdot 10^{-24}$ gr.** Ἐξ ἄλλου, ἐὰν δεχθῶμεν ὅτι τὸ μόριον ἔχει μορφήν σφαίρας, ἡ ἄκτις αὐτῆς εὐρίσκεται ὅτι εἶναι τάξεως μεγέθους 10^{-8} cm.

Ὅπως λάβωμεν ἰδέαν τῶν ἀνωτέρω ἀριθμῶν, κάμνομεν τὰς ἀκολουθούσας συγκρίσεις: Ἐὰν μεγεθύνωμεν 1 mm, ὥστε νὰ φαίνεται ἔχον μῆκος 10 km, ἥτοι κατὰ 10^7 φορές, ἡ ἄκτις τοῦ ἀτόμου ὑπὸ τὴν αὐτὴν μεγέθυνσιν θὰ ἔχη μῆκος μόλις 1 mm (σχ. 483). Ἐξ ἄλλου, ἡ μᾶζα τῆς Γῆς εἶναι $6 \cdot 10^{24}$ kgr, καὶ ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου εὐρίσκεται εἰς τὴν αὐτὴν ἀναλογίαν ἐν σχέσει πρὸς τὴν μᾶζαν ἐνὸς γραμμαρίου ὡς ἡ μᾶζα 12 kgr πρὸς τὴν μᾶζαν τῆς Γῆς.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς νεωτέρας Ἀτομικῆς θεωρίας, συμπληρωθείσης μεταγενεστέ-
 ρως καὶ ὑπὸ τῆς Φυσικῆς, ἐτέθησαν τὰ θεμέλια τῆς νεωτέρας Χημείας. Ἐν τού-



Σχ. 483. Σύγκριστις με-
 γέθους ἄτομου.

τοις, ἐκ τῆς περαιτέρω ἐξελίξεως τόσον τῆς Χημείας ὅσον καὶ τῆς Φυσικῆς κατεδείχθη ὅτι ἡ ἀντίληψις ὅτι τὸ ἄτο-
 μον ἀποτελεῖ τὸ τελευταῖον ὄριον διαιρετότητος τῆς ὕλης
 δὲν εὐσταθεῖ, καὶ ἐκ διαφόρων παρατηρηθέντων φαινομέ-
 νων, ἰδίᾳ τῆς συνθέσεως τῶν φασμάτων ἀερίων καὶ ἀτμῶν,
 ἤχθησαν πρῶτοι οἱ Φυσικοὶ πρὸς ἐρμηνείαν αὐτῶν, εἰς τὴν
 παραδοχὴν ὅτι τὸ ἄτομον ἀποτελεῖται ἐξ ἄλλων μικροτέ-
 ρων αὐτοῦ σωματίων, ἢ ὑπόθεσις δὲ αὕτη ἔτυχε βραδύτερον καὶ πειραματικῆς
 ἐπαληθεύσεως.

Τὰ φαινόμενα τὰ ὁποῖα συνετέλεσαν κυρίως εἰς τὴν προαγωγὴν τῶν γνώσεων
 ἡμῶν ἐπὶ τῆς συγκροτήσεως τῆς ὕλης, εἶναι τὰ τῆς ἠλεκτρολύσεως, τῶν καθοδικῶν
 καὶ διαλυτικῶν ἀκτίνων, ἡ ἐκπομπὴ θερμικῶν ἠλεκτρονίων, τὸ φωτοηλεκτρικὸν
 φαινόμενον, ὡς καὶ ἄλλα, τὰ ὁποῖα εἴτε ἔχομεν ἤδη σπουδάσει εἴτε θὰ σπουδά-
 σωμεν εἰς τὸ κεφάλαιον τοῦτο.

381. Περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων. Ἐκ τῶν πρώτων πορισμάτων
 τῆς ἀτομικῆς θεωρίας εἶναι ὅτι ἕκαστον χημικὸν στοιχεῖον ἢ ἀπλοῦν σῶμα πα-
 ρουσιάζει ὀρισμένον ἀτομικὸν βάρος, τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει καὶ τὰς ιδιότητες
 τοῦ στοιχείου.

Βραδύτερον οἱ **Mendelejeff** καὶ **Meyer** (1869) παρατήρησαν ὅτι αἱ χη-
 μικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων δεικνύουν περιοδικότητα ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀτομικὸν
 βάρος αὐτῶν. Οὕτω κατεστρώθη ὑπὸ τοῦ Mendelejeff ὁ περιοδικὸς πίναξ τῶν στοι-
 χείων, ὅπου ταῦτα κατετάχθησαν συμφώνως πρὸς τὰς χημικὰς καὶ φυσικὰς ιδιο-
 τητάς των κατ' αὐξοῦντα ἀριθμὸν ἀπὸ τοῦ $H=1$ ἕως τοῦ $U=92$. Ὁ ἀριθμὸς οὗ-
 τος κατατάξεως καλεῖται **ἀτομικὸς ἀριθμὸς** (Z) τοῦ στοιχείου καί, ὡς ἐκ τῆς
 λεπτομεροῦς σπουδῆς τῶν διαφόρων στοιχείων κατεδείχθη, **αἱ φυσικαὶ καὶ χη-
 μικαὶ ιδιότητες τῶν στοιχείων εἶναι περιοδικαὶ συναρτήσεις τῶν ἀτομικῶν
 αὐτῶν ἀριθμῶν**. Δηλαδή ἡ παράμετρος ἐκείνη ἢ ὁποῖα καθορίζει τὰς φυσικὰς
 καὶ χημικὰς ιδιότητας τοῦ ὕλικου ἀτόμου δὲν εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος, ἀλλὰ ὁ
 ἀτομικὸς ἀριθμὸς, τὸ δὲ ἀτομικὸν βάρος θεωρεῖται σήμερον ὡς ιδιότης τοῦ ἀτό-
 μου ἀνάλογος πρὸς τὰς λοιπὰς ιδιότητας αὐτοῦ.

Ἡ εἰσαγωγὴ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ πρὸς χαρακτηρισμὸν στοιχείου δὲν εἶναι
 αὐθαίρετος, ἀλλὰ ὡς θὰ ἴδωμεν εἰς ἄλλην θέσιν, ἐπιβάλλεται ἐκ πειραματικῶν
 δεδομένων.

382*. Ἐξήγησις τοῦ περιοδικοῦ συστήματος τῶν στοιχείων. Ὁ παρατιθέμενος πίναξ
 δεικνύει τὴν κατάταξιν τῶν στοιχείων κατὰ Mendelejeff εἰς ὀριζοντίους στήλας (περιόδους)
 καὶ εἰς κατακόρυφους στήλας (ὁμάδας).

Ἐκάστη ὁμάς διὰ τῆς τάξεώς της χαρακτηρίζει τὸ σθένος τῶν στοιχείων, ὅταν δὲ τὸ
 στοιχεῖον ἐμφανίζεται ὑπὸ δύο σθένη, τὸ ἄλλο σθένος αὐτοῦ, ἐξαίρεσις τῆς ὁμάδος 0, θὰ
 εἶναι ἡ διαφορὰ τοῦ σθένους τοῦ ἀντιστοιχοῦντος εἰς τὴν ὁμάδα κατατάξεως αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ
 ἀριθμοῦ 8. Οὕτω, π.χ., τὸ χλώριον δύναται νὰ σχηματίζῃ ἐνώσεις ὡς ἑπτασθενὲς στοιχεῖον.

Περιοδικόν σύστημα τών στοιχείων (1947)

Όμας Περίοδος	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0
1	1 H 1,0080								2 He 4,003
2	3 Li 6,940	4 Be 9,02	5 B 10,82	6 C 12,01	7 N 14,008	8 O 16,00	9 F 19,00		10 Ne 20,183
3	11 Na 23,997	12 Mg 24,32	13 Al 26,97	14 Si 28,06	15 P 30,98	16 S 32,06	17 Cl 35,457		18 Ar 39,944
4	19 K 39,096	20 Ca 40,08	21 Sc 45,10	22 Ti 47,90	23 V 50,95	24 Cr 52,01	25 Mn 54,93	26 Fe 55,85	27 Co 58,94
	29 Cu 63,57	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,60	33 As 74,91	34 Se 78,96	35 Br 79,916	36 Kr 83,7	37 Rb 85,48
5	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 126,92	54 X 131,3	55 Cs 132,91
6	79 Au 197,2	80 Hg 200,61	81 Tl 204,39	82 Pb 207,21	83 Bi 208,98	84 Po 210	85 At 210	86 Rn 222	87 Fr 223
7	87 Fr —	88 Ra 226,05	89 Ac 227,05	90 Th 232,12	91 Pa 231	92 U 238,07	93 Np 237,05	94 Pu 239	95 Am 241

Αι σπάνια γαία (Λανθανίδια)

58 Ce 140,13	59 Pr 140,92	60 Nd 144,27	61 Pm —	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 Cp 174,99

ἥτοι τοῦ τύπου Cl_2O_7 , ἀλλὰ καὶ ἐνώσεις ὑπὸ σθένος $8-7=1$, ὡς π.χ. εἰς τὸ HCl .

Εἰς ἐκάστην ὁμάδα ἀντιστοιχοῦν στοιχεῖα παρουσιάζοντα συγγενεῖς ἰδιότητες. Οὕτω, εἰάν θεωρήσωμεν τὴν πρώτην περίοδον καὶ προχωροῦμεν ὀριζόντιως, συναντῶμεν στοιχεῖα παρουσιάζοντα διαφορὸν ἰδιότητος μέχρι τῆς VII ὁμάδος, ὅπου συναντῶμεν τὸ στοιχεῖον φθόριον, μετὰ τὸ φθόριον συναντῶμεν τὸ νάτριον, τὸ ὁποῖον ἔχει συγγενεῖς ἰδιότητας πρὸς τὸ λίθιον καὶ διὰ τοῦτο τοποθετεῖται ὑπὸ τὸ λίθιον. Ἀκολούθως συναντῶμεν τὸ μαγνήσιον τὸ ὁποῖον ἔχει συγγενεῖς ἰδιότητας πρὸς τὸ βηρύλλιον, ἐξ οὗ τοποθετεῖται κάτωθεν αὐτοῦ κ.ο.κ. Ἐκαστὴ στήλη ὑποδιαιρεῖται εἰς δύο ὑποομάδας, ἐκ τῶν ὁποίων ἡ πρὸς τ' ἀριστερά παρουσιάζει στοιχεῖα τὰ ὅποια ἔχουν ἐντονότερον μεταλλικὴν χαρακτῆρα ἢ τὰ στοιχεῖα τὰ ὅποια εὐρίσκονται εἰς τὴν πρὸς τὰ δεξιὰ ὑποομάδα. Στοιχεῖα εὐρισκόμενα εἰς τὴν μέσσην περιοχὴν τοῦ πίνακος ἔχουν ἐπαμφοτερίζοντα χαρακτῆρα, δηλαδὴ συμπεριφέρονται ὡς μέταλλα καὶ ὡς ἀμέταλλα.

Ὡς ἐπὶ τὸ πολὺ τὰ στοιχεῖα μέταλλα συγκεντρῶνται εἰς τὴν ἀριστερὰν περιοχὴν τοῦ πίνακος, ἐνῶ τὰ ἀμέταλλα στοιχεῖα πρὸς τὴν δεξιάν.

Τὰ μᾶλλον χημικῶς ἐνεργὰ στοιχεῖα εἶναι τὰ ἀνήκοντα εἰς τὴν ὁμάδα I, εἰς τὴν ὁποίαν π.χ. εὐρίσκεται τὸ καίσιον (Cs), τὸ ὁποῖον εἶναι λίαν ἐνεργὸν χημικῶς στοιχεῖον, διότι ἀντιδρᾷ ἀπλῶς μὲ τὴν ὑγρασίαν τοῦ ἀέρος. Ἐξ ἄλλου, τὰ μᾶλλον ἐνεργὰ ἀμέταλλα εὐρίσκονται εἰς τὴν ὁμάδα VII, εἰς τὴν ὁποίαν συναντῶμεν π.χ. τὸ φθόριον (F), τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ δρασιμώτερον ἐξ ὅλων τῶν ἀμετάλλων. Ἡ ὁμάς VIII ἀποτελεῖ μεταβατικὴν ὁμάδα, ἐνῶ ἡ ὁμάς 0 περιλαμβάνει στοιχεῖα χημικῶς ἀδρανῆ, μὴ παρουσιάζοντα ἐπομένως σθένος, ὡς π.χ. τὰ εὐγενῆ ἀέρια.

Ἐν γένει αἱ περίοδοι τοῦ περιοδικοῦ συστήματος εἶναι, συμφώνως πρὸς τὸν πίνακα, ἐν ὅλῳ ἑπτὰ. Ἡ πρώτη περίοδος περιλαμβάνει τὸ H καὶ He. Ἡ δευτέρα καὶ τρίτη περίοδος καλοῦνται μικραὶ περίοδοι, ἡ τετάρτη καὶ πέμπτη καλοῦνται μεγάλαι περίοδοι καὶ ἡ ἕκτη, ὡς περιλαμβάνουσα τὸν μεγαλύτερον ἀριθμὸν στοιχείων, καλεῖται λίαν μεγάλη περίοδος, εἰς αὐτὴν δὲ περιλαμβάνονται καὶ τὰ στοιχεῖα τῶν σπανίων γαιῶν ἢ Λανθανιδίων, ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ ἀπὸ 57-71, καὶ τὰ ὅποια ἀναγράφονται εἰς τὸ κάτωθι τοῦ κυρίου πίνακος πινακίδιον. Τέλος, ἡ ὀγδόη περίοδος περιλαμβάνει ἐξ ὁρίων στοιχεῖα καὶ περατοῦται εἰς τὸ οὐράνιον, ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ 92.

Σήμερον ἔχουν ἀνακαλυφθῆ καὶ τέσσαρα εἰσέτι στοιχεῖα μὲ ἀτομικοὺς ἀριθμοὺς 93, 94, 95 καὶ 96, καλοῦνται δὲ τὰ στοιχεῖα ταῦτα **ὑπερουράνια**, εἶναι δὲ τὰ ἐξῆς: ποσειδώνιον (Np), πλουτόνιον (Pu), ἀμερίκιον (Am), κιούριον (Cm). Τὰ τελευταῖα ταῦτα στοιχεῖα ἀνεκαλύφθησαν κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν πειραματικῶν ἐρευνῶν πρὸς πραγματοποιήσιν τῆς ἀτομικῆς βόμβας. Τὰ στοιχεῖα ταῦτα ἀναγράφονται εἰς εἰδικὸν πινακίδιον κάτωθεν τοῦ κυρίου πίνακος.

Εἰς τὸν πίνακα, ὁ ἀριστερὰ τῶν χημικῶν συμβόλων τοῦ στοιχείου παρατιθέμενος ἀριθμὸς παριστᾷ τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν τοῦ στοιχείου, ἐνῶ ὁ κάτωθεν τὸ ἀτομικὸν αὐτοῦ βάρος.

383. Συγκρότησις τοῦ ἀτόμου. Ἡ σπουδὴ τῶν φασμάτων τῶν αέριων, τῶν διαυλικῶν καὶ καθοδικῶν ἀκτίνων, ἡ σπουδὴ τῆς διόδου τῶν ἀκτίνων Röntgen διὰ μέσου τῆς ὕλης, ὡς καὶ πολλῶν ἄλλων εἰσέτι φαινομένων, ἤγαγε τοὺς Φυσικοὺς εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ **ἄτομον** δὲν ἀποτελεῖ τὸ τελευταῖον ὄριον διααιρετότητος τῆς ὕλης, ἀλλὰ ὅτι καὶ τὸ ἄτομον συγκροτεῖται ἐξ ἄλλων ἀκόμη μικροτέρων στοιχειωδῶν μερῶν, καλουμένων **ὑατομικῶν σωματίων**.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῆς ἀνωτέρω ἀντιλήψεως, οἱ νεώτεροι Φυσικοὶ ἤχθησαν εἰς τὴν παραδοχὴν διαφορῶν εἰκόνων συγκροτήσεως τοῦ ἀτόμου καλουμένων **ἀτομικῶν ὑποδειγμάτων**.

Μεταξὺ τῶν ὑποδειγμάτων τούτων, ἔκεινο τὸ ὁποῖον θεωρεῖται ὡς τὸ μᾶλλον

ἐπιτυχὲς εἶναι τὸ ἀτομικὸν ὑπόδειγμα τὸ ὁποῖον διεμόρφωσε ὁ Δανὸς Φυσικὸς **Bohr**, ἐκλήθη δὲ **ἀτομικὸν ὑπόδειγμα τοῦ Bohr**.

Τοῦτο προέκυψε διὰ καταλλήλου συνδυασμοῦ τῆς Μηχανικῆς πρὸς τὴν περίφημον **θεωρίαν τῶν κβάντα**, ἡ ὁποία διεμορφώθη ὑπὸ τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ **Max Planck**, καὶ κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐνέργεια ἀποτελεῖται, ὡς καὶ ἡ ὕλη, ἀπὸ στοιχειῶδη ποσά, τὰ ὁποῖα ἀπεκάλεσε **κβάντα (quanta)** ἢ **φωτόνια**.

Κατὰ τὸ ἀτομικὸν ὑπόδειγμα τοῦ Bohr, ἕκαστον ἄτομον ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα κεντρικὸν **πυρῆνα**, ὁ ὁποῖος φέρει θετικὸν φορτίον ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀριθμὸν στοιχειωδῶν ἡλεκτρικῶν φορτίων, ἐξαρτώμενον ἐκ τοῦ εἴδους τοῦ ἀτόμου.

Περὶ τὸν πυρῆνα περιστρέφονται τόσα ἡλεκτρόνια ὅσος ὁ ἀριθμὸς τῶν θετικῶν στοιχειωδῶν φορτίων τοῦ πυρήνος καὶ τοιουτοτρόπως τὸ ἄτομον ἐμφανίζεται ὡς σύνολον ἡλεκτρικῶς **οὐδέτερον**.

Ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου ἔχει διαστάσεις πολὺ μικρὰς καὶ ἂν θεωρηθῇ ὡς ἔχων σχῆμα σφαιρικόν, ἡ διάμετρος αὐτοῦ εἶναι τάξεως μεγέθους 10^{-12} cm ἕως 10^{-13} cm.

Τὰ ἡλεκτρόνια κινοῦνται περὶ τὸν πυρῆνα εἰς σχετικῶς μεγάλας ἀποστάσεις ἀπ' αὐτοῦ ἐπὶ κυκλικῶν (ἢ ἐλλειπτικῶν) τροχιῶν, αἱ δὲ ἡλεκτρονικαὶ τροχиаὶ καθορίζουν τὰς διαστάσεις τοῦ ἀτόμου, τοῦ ὁποῖου ἡ διάμετρος εἶναι τάξεως μεγέθους 10^{-8} cm. Οὕτω, ἐὰν φαντασθῶμεν ὅτι τὸ ἄτομον μεγεθύνεται, ὥστε ἡ διάμετρος του νὰ



NIELS BOHR (1885 -)

Διάσημος Δανὸς Φυσικὸς. Πρωτεύοντάς της διὰ τὴν πραγματοποίησιν τῆς ἀτομικῆς βόμβας. Ἐτιμήθη διὰ τοῦ βραβείου Nobel τὸ 1922.



Σχ. 484. Παραστατικὴ εἰκὼν ἀτόμων διαφόρων στοιχείων.

γίνῃ ἴση πρὸς τὴν διάμετρον τῆς Γῆς, περίπου 13 000 km, ἡ διάμετρος τοῦ πυρήνος ὑπὸ τὴν αὐτὴν μεγέθυνσιν θὰ εἶναι μόλις 130 m, ἤτοι 100 000 φορές μικροτέρα. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀτομικὸν ὑπόδειγμα Bohr, τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου ἀποτελεῖται ὑπὸ πυρήνος φέροντος ἓν στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον, πέριξ τοῦ ὁποῖου εἰς κατάλληλον ἀπόστασιν περιφέρεται ἓν ἡλεκτρόνιον. Τὸ ἄτομον τοῦ ἡλίου

ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα φέροντα δύο στοιχειώδη θετικὰ φορτία πέριξ τῶν ὁποίων

ἐπὶ τῆς αὐτῆς τροχιάς περιφέρονται δύο ἠλεκτρόνια. Τὸ ἄτομον τοῦ λιθίου ἀποτελεῖται ἀπὸ πυρῆνα φέροντα τρία στοιχειώδη θετικά φορτία πέριξ τοῦ οὗοιου περιφέρονται τρία ἠλεκτρόνια ἐκ τῶν ὁποίων τὰ δύο κινοῦνται ἐπὶ τῆς αὐτῆς τροχιάς τῆς πλησιεστέρας πρὸς τὸν πυρῆνα, ἐνῶ τὸ τρίτον κινεῖται ἐπὶ ἐτέρας τροχιάς καὶ εὐρίσκειται εἰς μεγαλυτέραν ἀπόστασιν ἀπὸ τοῦ πυρῆνος ἢ τὰ δύο πρῶτα.

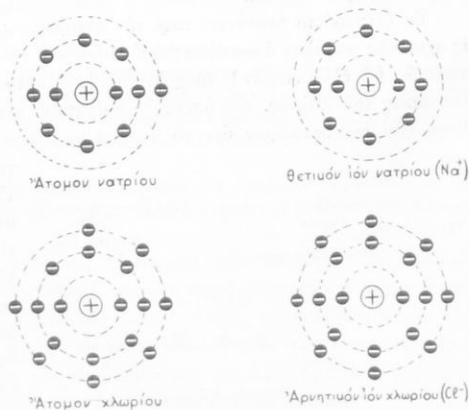
Μολονότι τὸ ἀτομικὸν ὑπόδειγμα τοῦ Bohr δὲν εὐσταθεῖ σήμερον, ἐν τούτοις ἐξακολουθοῦμεν νὰ τὸ διατηροῦμεν, διότι δι' αὐτοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἰδέαν τινὰ τῆς συγκροτήσεως τοῦ ἀτόμου.



Σχ. 485. Εἰς ἐκάστην στιβάδα, δι' οὐδέτερον ἄτομον, ὁ ἐπιτρεπόμενος ἀριθμὸς ἠλεκτρονίων εἶναι καθωρισμένος.

384. Ἡλεκτρονικαὶ στιβάδες. Τὰ ἠλεκτρόνια τὰ περιφερόμενα περὶ τὸν πυρῆνα δὲν συμπεριφέρονται ὅλα καθ' ὅμοιον τρόπον, ἀλλὰ κατατάσσονται εἰς διαφόρους *ομάδας*, εἰς ἐκάστην τῶν ὁποίων τὰ ἠλεκτρόνια συμπεριφέρονται περίπου ὁμοίως.

Εἰς τὸ ἀτομικὸν ὑπόδειγμα τοῦ Bohr παραδέχονται ὅτι ὅλα τὰ ἠλεκτρόνια δὲν ἀπέχουν ἐξ ἴσου ἀπὸ τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος, ἀλλὰ διατάσσονται κατὰ σφαιρικὰς ἢ ἐλλειπτικὰς ἐπιφανείας, αἱ ὁποιαὶ ἀποτελοῦν τὰς ἠλεκτρονικὰς στιβάδας (φλοιούς), φέρουν δὲ αὗται τὰς ὀνομασίας K, L, M, κ.ο.κ. (σχ. 485).



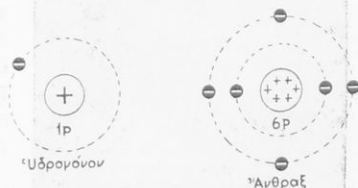
Σχ. 486. Σχηματισμὸς ἰόντος νατρίου δι' ἀποβολῆς ἑνὸς ἠλεκτρονίου καὶ ἰόντος χλωρίου διὰ προσλήψεως ἑνὸς ἠλεκτρονίου.

385. Θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ ἰόντα. Ἐὰν τὸ ἄτομον καθ' ἓνα οἷονδήποτε

τρόπον ἀποβάλλει ἓν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια, τότε τὸ ἀπομένον μέρος τοῦ ατόμου δὲν εἶναι πλέον οὐδέτερον ἠλεκτρικῶς, ἀλλὰ μένει θετικῶς φορτισμένον καὶ καλεῖται **θετικὸν ἰόν**. Ἀντιθέτως ἐὰν τὸ οὐδέτερον ἄτομον προσλάβῃ ἓν ἢ περισσότερα ἠλεκτρόνια, (μονοσθενῆ, δισθενῆ ἰόντα) τότε τὸ ἄτομον ἐμφανίζεται πάλιν ὡς ἀρνητικῶς φορτισμένον καὶ ἀποτελεῖ τότε **ἀρνητικὸν ἰόν** (σχ. 486).

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι ἄτομον φορτισμένον θετικῶς ἢ ἀρνητικῶς ἀποτελεῖ **ἰόν**.

386. Φορτίον τοῦ πυρήνος καὶ ἀτομικὸς ἀριθμὸς. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν διαφορῶν ατόμων κατεδείχθη ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχειωδῶν θετικῶν φορτίων, τὰ ὁποῖα φέρει ὁ πυρὴν, συμπίπτει πρὸς τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν μὲ τὸν ὁποῖον κατατάσσεται τὸ στοιχεῖον εἰς τὸν πίνακα τοῦ περιοδικοῦ συστήματος. Οὕτω ὁ πυρὴν τοῦ ἀπλουστεροῦ τῶν ατόμων, ἥτοι τοῦ ὑδρογόνου εἰς τὸν ὁποῖον συγκεντρῶνται σχεδὸν ὅλη ἡ μᾶζα τοῦ ατόμου τοῦ ὑδρογόνου, φέρει ἓν στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον ἐκλήθη δὲ ὁ πυρὴν τοῦ ὑδρογόνου **πρωτόνιον (p)** ἐπομένως τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πρωτονίου εἶναι $1,59 \cdot 10^{-19}$ Cb καὶ ἡ μᾶζα τοῦ $1,64 \cdot 10^{-24}$ gr.



Σχ. 487. Εἰς τὸ ὑδρογόνον τὸ ὁποῖον, ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1, ὁ πυρὴν ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν στοιχειῶδες θετικὸν φορτίον, ἐνθ' εἰς τὸν ἄνθρακα, τοῦ ὁποῖου ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς εἶναι 6, ὁ πυρὴν φέρει ἐπίσης 6 στοιχειώδη θετικὰ φορτία.

Περὶ τὸν πυρὴνα τοῦ ὑδρογόνου περιστρέφεται ἓν ἠλεκτρόνιον, τοῦ ὁποῖου τὸ φορτίον ἐξουδετερώνει τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος καὶ οὕτω τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἐμφανίζεται εἰς τὸν ἕξω κόσμον ὡς ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον (σχ. 487).

Τὸ ἄτομον τοῦ χαλκοῦ, τὸ ὁποῖον κατατάσσεται εἰς τὸν πίνακα τοῦ περιοδικοῦ συστήματος μὲ τὸν ἀριθμὸν 29, ἔχει πυρὴνα εἰς τὸν ὁποῖον συγκεντρῶνται 29 στοιχειώδη θετικὰ φορτία, περὶ τὸν πυρὴνα του δὲ περιστρέφονται 29 ἓν ὅλῳ ἠλεκτρόνια, διατεταγμένα ἐπὶ διαφορῶν ἠλεκτρονικῶν τροχιῶν (στιβάδων).

ΦΥΣΙΚΗ ΑΚΤΙΝΕΡΓΙΑ

387. Προεισαγωγικαὶ γνώσεις. Μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τῶν καθοδικῶν ἀκτίνων, τῶν διαυλικῶν ἀκτίνων καὶ τῶν ἀκτίνων Röntgen, αἱ ὁποῖαι παράγονται τεχνητῶς εἰς τὰ ἐργαστήρια, ἐτέθη τὸ ἐρώτημα μὴ τυχὸν ὑπάρχουν ἐν τῇ Φύσει σώματα, τὰ ὁποῖα ἀφ' ἑαυτῶν νὰ ἐκπέμπουν τὰ ἀνωτέρω τρία εἶδη ἀκτίνων. Πράγματι, κατὰ τὸ ἔτος 1896, ὁ Γάλλος Φυσικὸς **Becquerel** παρετήρησε ὅτι τὸ ὄρυκτον τοῦ οὐρανίου **πισσυρανίτης**, ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ προσβάλλῃ φωτογραφικὴν πλάκα περιτυλιγμένην ὑπὸ μέλανος χάρτου καὶ ὅτι ἰονίζει τὸν ἀέρα.

Οἱ **Pierre** καὶ **Marie Curie**, ἐκ τῆς λεπτομερεστερᾶς σπουδῆς τοῦ ἀνω-

τέρω φαινομένου κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἐντὸς τοῦ πησουρανίτου ὑφίστατο ἄγνωστον, μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης, στοιχεῖον καὶ ἐπεδόθησαν εἰς τὴν ἀπομόνωσιν αὐτοῦ. Μετ' ἐπίπονον καὶ μακροχρόνιον ἐργασίαν, κατῴρθωσαν τέλος νὰ



MARIE SKŁODOWSKA CURIE
(1867 · 1934)

Πολωνῆς Φυσικός. Καθηγήτρια τῆς Φυσικῆς τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Σορβόνης. Ὀνομαστὴ διὰ τὰς ἐρεῖνας αὐτῆς ἐν συνεργασίᾳ μετὰ τοῦ συζύγου τῆς ἐπὶ τῆς ἀκτινεργίας. Ἀνεκάλυψε τὸ πολώνιον καὶ μετὰ τοῦ συζύγου τῆς τὸ ράδιον. Λίγνωσε ὅτι ἡ ἀκτινεργία εἶναι ιδιότης τοῦ ατόμου. Τὸ 1903 καὶ τὸ 1911 ἀνεπεμήθη εἰς αὐτὴν τὸ βραβεῖον Nobel.

ἐκ τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων ὑπὸ ταχύτητας περίπου 7 - 10 % τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.

Ἀκτίνες - β. Αὗται εἶναι ἠλεκτρόνια, ἥτοι σωματῖα φέροντα ἀρνητικὸν φορτίον, καὶ εἶναι 1840 φορές ἐλαφρότερα τοῦ ατόμου τοῦ ὕδρογονου, τὰ ὅποια ἐκσπερνῶνται ἀπὸ τῶν ἀκτινεργῶν σωμάτων μετὰ ταχύτητας αἱ ὅποια ποικίλλουν ἀπὸ 30 - 99 % τῆς ταχύτητος διαδόσεως τοῦ φωτός.

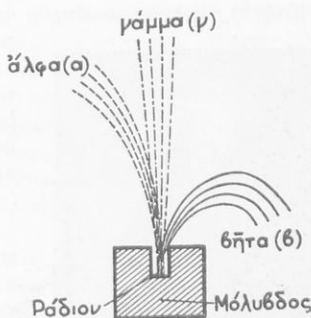
Ἀκτίνες - γ. Αὗται κατεδείχθη ὅτι εἶναι τῆς αὐτῆς φύσεως πρὸς τὰς ἀκτίνες Röntgen, ἥτοι φωτόνια, καὶ ἐπομένως ὥς μὴ ἔχουσαι ἠλεκτρικὸν φορτίον δὲν ἐκτρέπονται οὔτε ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ οὔτε ὑπὸ τοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου.

ἀπομονώσουν εἰς ἐλαγίστην ποσότητα τὸ ἄγνωστον τοῦτο στοιχεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον ἐδόθη τὸ ὄνομα **ράδιον**. Μετὰ τὴν ἀνακάλυψιν τοῦ ραδίου, ἀνεκαλύφθησαν καὶ πολλὰ ἄλλα στοιχεῖα μετὰ τὰς αὐτὰς ιδιότητας, ὥς τὸ πολώνιον, ἀκτίνιον, θόριον κ.ἄ., πάντα δὲ τὰ στοιχεῖα ταῦτα καλοῦνται **ἀκτινεργὰ στοιχεῖα**. Τὰ ἀκτινεργὰ σώματα, λόγῳ τῆς ἀκτινοβολίας αὐτῶν, ἔχουν τὴν ιδιότητα νὰ ἰονίζουν τὸν ἀέρα. Π.χ. ἐὰν εἰς φορτισμένον ἠλεκτροσκόπιον πλησιάζωμεν παρασκευάσμα ἀκτινεργοῦ σώματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ἠλεκτροσκόπιον ἐκφορτίζεται.

388. Σπουδὴ τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων. Ἡ συστηματικὴ σπουδὴ τῆς ἀκτινοβολίας τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων κατέδειξε ὅτι ταῦτα ἐκπέμπουν αὐτομάτως τριῶν εἰδῶν ἀκτινοβολίας ἡ ἀκτίνης, αἱ ὁποῖαι χαρακτηρίζονται διεθνῶς ὑπὸ τῶν τριῶν πρώτων γραμμάτων τοῦ ἑλληνικοῦ ἀλφαβήτου.

Ἀκτίνες - α. Ἡ ἔρευνα τῶν ἀκτίνων α κατέδειξε ὅτι αὗται ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἰόντα (πυρῆνας) ἡλίου, ἢ, ὅπερ τὸ αὐτό, ἄτομα ἡλίου φέροντα δύο στοιχειώδη θετικὰ φορτία, ὥς ἐκ τῆς ἀπωλείας τῶν δύο περιφερομένων ἠλεκτρονίων, ἐκλήθησαν δὲ **α - σωματῖα**. Αἱ ἀκτίνες αὗται εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς διαλυκὰς ἀκτίνας καὶ ἐκσπερνῶνται

389. Πειραματικός διαχωρισμός των τριών ειδών ακτίνων. Ἐάν ἄνωθεν ἐλαχίστης ποσότητος ἁλατος ἀκτινεργοῦ τινος στοιχείου τοποθετήσωμεν διάφραγμα κεκαλυμμένον διὰ φθοριζούσης οὐσίας, π. χ. θειοῦ ψευδαργύρου, παρατηροῦμεν τῇ βοηθείᾳ φακοῦ, ὅτι τοῦτο δεικνύει ἀδιάλειπτον σπινθηρισμόν, ὁ ὁποῖος ὀφείλεται εἰς τὸν βομβαρδισμόν αὐτοῦ ὑπὸ τῶν α - σωματίων. Ἐάν δὲ τὸ παρασκευάσμα τοῦ ἁλατος τοῦ ἀκτινεργοῦ σώματος τεθῇ ἐντὸς μικρᾶς κάψης (σχ. 488) ἐκ μολύβδου, εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἐξέρχεται ἐξ αὐτῆς στενὴ εὐθύγραμμος δέσμη ακτίνων, τότε τῇ βοηθείᾳ μαγνητικοῦ πεδίου, διευθυνομένου καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος καὶ ἐκ τῶν ἔμπροσθεν πρὸς τὰ ὀπισθεν, διαχωρίζονται τὰ τρία ἀνωτέρω εἶδη ακτίνων ὡς ἐξῆς. Αἱ α - ακτίνες ἐκτρέπονται πρὸς τ' ἄριστερά, αἱ β - ακτίνες πρὸς τὰ δεξιὰ καὶ αἱ γ - ακτίνες οὐδεμίαν ἐκτροπὴν ὑφίστανται. Ἐκ τῆς ἐκτροπῆς ταύτης τῶν ακτίνων δεικνύεται πράγματι, ὅτι αἱ α - ακτίνες φέρουν θετικὸν φορτίον, αἱ β - ακτίνες ἀρνητικὸν φορτίον, ἐνθ' αἱ γ - ακτίνες, αἱ ὁποῖαι δὲν ἐκτρέπονται ὑπὸ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, στεροῦνται παντελῶς φορτίου.



Σχ. 488. Διαχωρισμός τριῶν ειδῶν ακτίνων ὑπὸ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ πεδίου δρᾷ καθέτως πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ σχήματος.

390. Βιολογικαὶ ἐπιδράσεις τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων. Αἱ ἀκτινοβολία τῶν ἀκτινεργῶν σωμάτων ἔχουν ἔντονον βιολογικὴν ἐπενέργειαν. Ἐάν κρατῶμεν μεταξὺ τῶν δακτύλων ἀκτινεργὸν παρασκευάσμα, παρατηρεῖται τοπικὴ ἀνάπτυξις φλυκταινῶν, ὡς καὶ κακώσεις καὶ ἐγκαύματα τῶν ἰσθμῶν. Ἐνεκα τῶν ἀνωτέρω λόγων, κατάλληλα παρασκευάσματα τῶν ἀκτινεργῶν σωμάτων χρησιμοποιοῦνται ἐν τῇ ἱατρικῇ εἰς διαφόρους περιπτώσεις διὰ θεραπευτικὸν σκοποῦς.

391. Ἀκτινεργοὶ μετατροπαί. Ὁ Νεοζηλανδὸς Φυσικὸς **Rutherford**, ὁ ὁποῖος ἠσχολήθη συστηματικῶς μετὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἀκτινεργῶν σωμάτων, κατέδειξεν ὅτι τὰ ἅτομα τῶν στοιχείων τούτων εἶναι ἀσταθῆ καὶ διασπῶνται ἀφ' ἑαυτῶν. Οὕτω, ἐκ τῆς σπουδῆς τοῦ ἀκτινεργοῦ στοιχείου ραδίου, ὁ Rutherford κατέδειξεν ὅτι τὸ ράδιον, ἀτομικοῦ βάρους 226, λόγῳ ἀκτινοβολίας παρέχει τὸ στοιχεῖον ραδόνιον (ἢ ἀπορροήν Ραδίου), τὸ ὁποῖον εἶναι ἁέριον, ἔχον ἀτομικὸν βάρος 222. Ἐξ ἄλλου τὸ ραδόνιον ὑπὸ ἐκπομπῆν α - ακτίνων μεταπίπτει εἰς τὸ στοιχεῖον ράδιον Α (RaA), ἀτομικοῦ βάρους 218, ἐκ τοῦ ὁποῖου πάλιν δι' ἀκτινοβολίας προκύπτουν τὰ στοιχεῖα ράδιον Β (RaB), ράδιον Γ (RaC) μέχρι τοῦ ραδίου F (RaF), ὁπότε ἐκ τοῦ τελευταίου τούτου στοιχείου προκύπτει τέλος εὐσταθὲς στοιχεῖον, τὸ ὁποῖον ἀπεδείχθη ὅτι εἶναι μολύβδος.

Εἶναι φανερόν ὅτι τὸ ράδιον τελικῶς θὰ ἐξηφανίζετο ἐκ τῆς Γῆς, ἐάν διαρ-

κῶς δὲν παρήγετο ποσότης ἐξ αὐτοῦ ἐκ τοῦ στοιχείου οὐρανίου, τὸ ὅποιον οὕτω εἶναι τὸ μητρικὸν στοιχεῖον τῆς οἰκογενείας οὐρανίου-ραδίου.

392. Διάρκεια ζωῆς τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων κατεδείχθη ὅτι ἅπαντα ἀκτινοβολοῦν ἐνέργειαν. Κατὰ τὰς πρώτας ἐρεῦνας ἐπὶ τοῦ ραδίου παρατηρήθη ὅτι τοῦτο ἀκτινοβολεῖ ἐνέργειαν, χωρὶς ἢ μᾶζα αὐτοῦ νὰ ὑφίσταται μείωσιν, εἰς τρόπον ὥστε ἐκλονίζετο διὰ τῆς παρατηρήσεως ταύτης τὸ θεμελιώδες ἀξίωμα τῆς Φυσικῆς, τῆς **διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας**, δηλ. τῆς δημιουργίας ἐνεργείας ἐκ τοῦ μηδενός.



LORD RUTHERFORD
(1871 - 1937)

Νεοζηλανδὸς Φυσικὸς, διάσημος διὰ τὰς ἐρεῦνας αὐτοῦ ἐπὶ τῶν α καὶ β ἀκτίνων. Εἶναι ὁ πρῶτος ὁ ὁποῖος ἀπέδειξε ὅτι τὸ ἄτομον περιέχει πυρῆνα καὶ εἰς αὐτὸν ὀφείλεται ἡ πρώτη διάσπασις τοῦ ἀτόμου. Ἐτιμήθη μὲ τὸ βραβεῖον Nobel διὰ τὴν Χημείαν τὸ 1908.

Οὕτω κατεδείχθη ὅτι ἅλατα ραδίου ἔχουν θερμοκρασίαν ἀνωτέραν κατ' ὀλίγους βαθμοὺς ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, καὶ ὅτι 1 gr ραδίου ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἐκλύει ποσὸν θερμότητος 140 cal, καὶ ἐντὸς ἐνὸς ἔτους 1 ἑκατομμύριον cal, χωρὶς εἰς τὸ τέλος τοῦ ἔτους νὰ παρατηρηθῇ μείωσις τῆς μάζης αὐτοῦ. Ἐξ ἄλλου, δι' οὐδενὸς μέσου, οὔτε χημικοῦ οὔτε φυσικοῦ, π.χ. διὰ ψύξεως ἢ διὰ θερμάνσεως, δυνάμεθα νὰ ἐπιβραδύνωμεν ἢ νὰ ἐπιταχύνωμεν τὴν ἀκτινοβολίαν αὐτῶν.

Ἐκ τῆς συστηματικωτέρας ὁμοως σπουδῆς τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων, κατεδείχθη ὅτι ἡ ἐκλύσις ἐνεργείας ὀφείλεται εἰς τὴν βαθμιαίαν μεταστοιχείωσιν τοῦ ἀτόμου τοῦ ραδίου. Οὕτω, ἐνῶ ἡ μᾶζα τοῦ ραδίου φαίνεται ἀμετάβλητος, εἰς ἄλλα ἀκτινεργὰ στοιχεῖα, ὡς π.χ.

τὸ πολωνίον, ἡ μᾶζα του ἐλαττοῦται εἰς τὸ ἥμισυ ἐντὸς 136 ἡμερῶν, λέγομεν δὲ ὅτι ὁ **χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ** τοῦ πολωνίου εἶναι 136 ἡμέραι, ἐνῶ διὰ νὰ ἐλαττωθῇ ἡ μᾶζα τοῦ ραδίου εἰς τὸ ἥμισυ ἀπαιτοῦνται 1580 ἔτη, ἥτοι ὁ χρόνος ὑποδιπλασιασμοῦ τοῦ ραδίου εἶναι 1580 ἔτη.

393. Ἐνέργεια ἐκλυομένη κατὰ τὰς ἀκτινεργοὺς μετατροπὰς. Ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων κατεδείχθη ἐν πρώτοις ὅτι τὸ ἄτομον ἐγκλείει κολλοσιαῖα ποσὰ ἐνεργείας. Οὕτω, ὅταν ἀκτινεργὸν στοιχεῖον ἐκπέμπῃ α - σωματίον, τὸ ὅποιον ὡς εἶδομεν εἶναι δισθενὲς ἰὼν ἡλίον, ἐκσφενδονίζεται ἐξ αὐτοῦ μὲ ταχύτητα τάξεως μεγέθους 20 000 km/sec, ἵνα δὲ μεταδόσωμεν τὴν αὐτὴν ταχύτητα εἰς μόριον ἡλίου, εὐρισκόμενον ἐντὸς ἀερίου μάζης ἡλίου, θὰ ἔπρεπε νὰ αὐξήσωμεν τὴν θερμοκρασίαν του εἰς 6 500 000 °C. Ἐξ ἄλλου 1 gr ραδίου μέχρι τῆς τελείας μετατροπῆς αὐτοῦ εἰς μόλυβδον παράγει $1,15 \cdot 10^6$ cal, ἐνῶ 1 gr ἀνθρακος καίωμενον παρέχει μόλις $8 \cdot 10^3$ cal καὶ ἐπομένως διὰ νὰ ἔχωμεν τὴν αὐτὴν ποσότητα ἐνεργείας τὴν ὅποιαν ἐκλύει 1 gr ραδίου, πρέπει νὰ καύσωμεν περίπου 150 gr ἀνθρακος.

Ἐν τούτοις, μεταξὺ τῶν δύο τούτων περιπτώσεων ὑφίσταται ἡ ἐξῆς οὐσιώδης διαφορά :

ὅτι ἐνῶν ἡ ὑπὸ τοῦ ἀνθρακος ἐκλυομένη ἐνέργεια εἶναι ἀμέσως διαθέσιμος, ἡ ἐνέργεια τοῦ ραδίου διὰ τὸ νὰ ἐλευθερωθῇ χρειάζεται χιλιάδας ἐτῶν.

394. Τεχνητὴ Ἀκτινεργία. Μετὰ τὴν σπουδὴν τῶν ἀκτινεργῶν σωμάτων, διὰ τῆς ὁποίας διεπιστώθη ὅτι πρόκειται περὶ ἀτόμων τὰ ὁποῖα διασπῶνται αὐτομάτως διὰ τῆς ἐκπομπῆς ἐκ τοῦ πυρήνους τῶν α-σωματίων καὶ ἄλλων ἀκτινοβολιῶν καὶ μεταστοιχειοῦνται εἰς ἄλλα ἄτομα, ἡ Φυσικὴ ἔστρεψε τὴν προσοχὴν αὐτῆς εἰς τὴν ἔρευναν τοῦ ζητήματος κατὰ πόσον θὰ ἡδύνατο νὰ προκαλέσῃ τεχνητῶς τὴν διάσπασιν τοῦ ἀτόμου, δηλαδὴ ἐξ εὐσταθῶν στοιχείων νὰ παραγάγῃ διὰ τῆς τέχνης ἀσταθὴ ἢ ἄλλως νὰ δημιουργήσῃ **τεχνητὴν ἀκτινεργίαν**.

Ἐπειδὴ ὅμως ὁ πυρὴν τῶν εὐσταθῶν ἀτόμων, ὡς π.χ. τοῦ ἀζώτου, ἐθεωρεῖτο συγκρότημα λίαν στερεόν, ἐσκέφθησαν οἱ Φυσικοὶ νὰ ἐφαρμόσουν τὴν αὐτὴν μέθοδον, τὴν ὁποίαν χρησιμοποιοῦν οἱ στρατιωτικοὶ διὰ τὴν ἐκπόρθησιν ὀχυρῶν, ἥτοι τὸ πυροβολικόν.

Εὐτυχῶς ἡ Φύσις παρῆχε ἕτοιμον τὸ πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ἀπαιτούμενον πυροβολικόν, διὰ τῶν ἀκτινεργῶν στοιχείων τῶν ὁποίων τὰ α-σωματία, ἀρκούντως βαρέα, ἐκσφενδονίζονται ἐξ αὐτῶν ὑπὸ ἐξώχως μεγάλης ταχύτητος, ἀπετέλουν τὰ πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ἀπαιτούμενα βλήματα.

Πράγματι, πρῶτος ὁ Νεοζηλανδὸς Φυσικὸς Rutherford διὰ βομβαρδισμοῦ, ἐν ἔτει 1930, τοῦ ἀζώτου ὑπὸ α-σωματίων, ἐκπεμπομένων ἀπὸ ἀκτινεργὸν παρασκευάσμα ραδίου, κατώρθωσε νὰ διασπάσῃ τὸν πυρὴνα τοῦ ἀζώτου, ἐκ τοῦ ὁποίου ἐξεσφενδονίζοντο **πρωτόνια**.

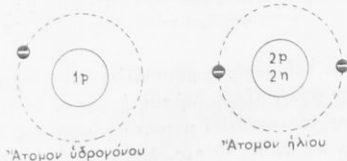
Ἐκ τοῦ πειράματος τούτου κατεδείχθη ὅτι ὁ πυρὴν τοῦ ἀζώτου περιέχει τοῦλάχιστον πρωτόνια.

Ἀκολούθως, πλεῖστοι Φυσικοὶ ἐπεδόθησαν εἰς ἔρευναν τῆς διασπάσεως τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνους, καὶ ἐκ τῶν διασπάσεων τούτων ἰδιάζουσιν σημασίαν ἔχει ἡ προκαλουμένη διὰ βομβαρδισμοῦ τοῦ βηρυλλίου ὑπὸ σωματίων-α, ὅτε ἐξ αὐτοῦ ἐκλύεται νέον ὑπατομικὸν σωματίον, ἄγνωστον μέχρι τῆς ἐποχῆς ἐκείνης, τὸ ὁποῖον ἐκλήθη **νετρόνιον (n)**, ὡς τοῦτο πρῶτος ἀπέδειξεν ὁ **Chadwick (1930)**.

Τὸ νετρόνιον, ὡς κατεδείχθη ἐκ τῆς συστηματικῆς σπουδῆς του, ἔχει μᾶζαν μεν ἴσην πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ πρωτονίου, **στερεῖται ὅμως παντελῶς φορτίου**, ἐξ οὗ καὶ τὸ ὄνομα αὐτοῦ νετρόνιον (*οὐδέτερον*).

Διὰ βομβαρδισμοῦ διαφόρων εὐσταθῶν ἀτόμων ὑπὸ νετρονίων κατώρθωσε πρῶτος ὁ Ἰταλὸς Φυσικὸς **Fermi** νὰ παραγάγῃ τεχνητῶς ἀκτινεργὰ στοιχεῖα.

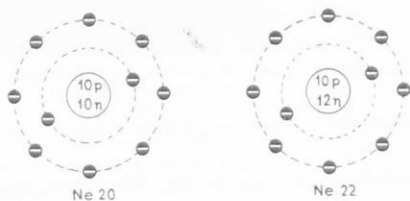
395. Σύνθεσις τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνους. Αἱ ἔρευναι ἐπὶ τῆς φυσικῆς καὶ τεχνητῆς ἀκτινεργίας κατέδειξαν τελευταίως ὅτι ὁ πυρὴν ὅλων ἐν γένει τῶν ἀτόμων ἀποτελεῖται ἀπὸ **πρωτόνια (p)** καὶ **νετρόνια (n)** (σχ. 489).



Σχ. 489. Ὁ πυρὴν τοῦ ὕδρογόνου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓν μόνον πρωτόνιον, ἐνῶ ὁ πυρὴν τοῦ ἡλίου, ἐπειδὴ τὸ ἀτομικὸν του βάρος εἶναι 4 καὶ τὸ φορτίον 2 ἀποτελεῖται ἀπὸ 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια.

Ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων καθορίζεται ὑπὸ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ τοῦ στοιχείου, ὃ δὲ ἀριθμὸς τῶν νετρονίων ὑπὸ τῆς διαφορᾶς ἀτομικοῦ βάρους καὶ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ. Οὕτω, ὡς εἶδομεν, ὁ χαλκὸς ἔχει ἀτομικὸν ἀριθμὸν 29 καὶ ἀτομικὸν βάρος 63, ὃ δὲ πυρὴν αὐτοῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ 29 πρωτονία, τῶν ὁποίων τὸ συνολικὸν φορτίον ἀντιστοιχεῖ εἰς 29 στοιχειώδη θετικὰ φορτία, δηλ. ὅσος εἶναι ὁ ἀτομικὸς ἀριθμὸς αὐτοῦ. Τὸ ἀτομικὸν ὅμως βάρος τοῦ χαλκοῦ εἰς μοριακὰς μονάδας εἶναι 63, ἐνῶ τῶν 29 πρωτονίων εἶναι 29 μοριακὰ μονάδες. Ἐπομένως ὁ πυρὴν πρέπει νὰ περιέχῃ καὶ 34 νετρόνια, τὰ ὁποῖα δὲν ἐπηρεάζουν τὸ φορτίον τοῦ πυρῆνος, ὡς στερούμενα παντελῶς φορτίου, ἀλλὰ συμπληρώνουν τὸ ἀτομικὸν βάρος αὐτοῦ, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εἶναι $29 + 34 = 63$. Παραδέχονται δὲ πρὸς ἐξήγησιν τῆς εὐσταθείας τοῦ πυρῆνος, ὅτι τὰ νετρόνια καὶ τὰ πρωτόνια συγκρατοῦνται μεταξύ των ὑπὸ ἰδιαζουσῶν δυνάμεων, τῶν ὁποίων ἡ φύσις εἶναι ἄγνωστος εἰς ἡμᾶς καὶ αἱ ὁποῖαι καλοῦνται **δυνάμεις ἀνταλλαγῆς**.

396. Ἰσότοπα στοιχεῖα. Ἐκ τοῦ περιοδικοῦ συστήματος τῶν στοιχείων κατεδείχθη ὅτι, ἐκείνο τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει ἐν χημικὸν στοιχεῖον δὲν εἶναι τὸ ἀτομικὸν του βάρος, ἀλλ' ὁ ἀτομικὸς του ἀριθμὸς, καὶ ἐπομένως ὁ ἀριθμὸς τῶν στοιχειωδῶν θετικῶν φορτίων τοῦ πυρῆνος. Πᾶσα ἐλάττωσις ἢ αὐξήσις τῶν περὶ τὸν πυρῆνα περιφερειακῶν ἠλεκτρονίων οὐδ'ὼλος μεταβάλλει τὴν φύσιν τοῦ ατόμου, μεταβάλλει ὅμως τὴν ἰσορροπίαν φορτίου, πυρῆνος καὶ ἠλεκτρονίων καὶ μετατρέπεται τὸ ἄτομον εἰς ἴον.



Σχ. 490. Ἰσότοπα τοῦ νέου. Εἰς τὸ ἰσότοπον ἀτομικοῦ βάρους 20 ὁ πυρὴν ἀποτελεῖται ἀπὸ 10 p καὶ 10 n, ἐνῶ εἰς τὸ ἀτομικοῦ βάρους 22 ὁ πυρὴν φέρει πάλιν 10 p ἀλλὰ 12 n.

Πᾶσα ὅμως ἐλάττωσις ἢ αὐξήσις τῶν θετικῶν στοιχειωδῶν φορτίων τοῦ πυρῆνος μεταβάλλει τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν τοῦ στοιχείου καὶ ἐπομένως τὴν φύσιν αὐτοῦ, δηλαδή ἡ μεταβολὴ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν στοιχειωδῶν φορτίων τοῦ πυρῆνος προκαλεῖ μεταστοιχείωσιν τοῦ ατόμου καὶ ἐπομένως μεταβάλλει τὴν θέσιν αὐτοῦ εἰς τὸ περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων.

Μεταγενέστεραι ἔρευναι κατέδειξαν ὅτι ὑπάρχουν στοιχεῖα τὰ ὁποῖα ἔχουν μὲν τὸν αὐτὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν, ἀλλὰ διάφορον ἀτομικὸν βάρος, τὰ ὁποῖα ὅμως δὲν εἶναι δυνατόν νὰ διακριθῶν διὰ χημικῶν μεθόδων ἀπ' ἀλλήλων, τὰ στοιχεῖα δὲ ταῦτα καλοῦνται **ισότοπα**.

Αἱ ἔρευναι τῶν ἰσοτόπων στοιχείων ἐγένοντο ὑπὸ τῶν **James Thomson** (1910), **Aston** (1919) καὶ ἄλλων, ἐκ τῆς σπουδῆς τῶν διαυλικῶν ἀκτίνων, σήμερον δὲ ὅλα ἐν γένει τὰ στοιχεῖα θεωροῦνται ὅτι ἀποτελοῦνται ἐκ μιγμάτων ἰσοτόπων στοιχείων, τὰ ὁποῖα, μολοντί δὲν δύνανται νὰ διακριθῶν διὰ χημικῶν μεθόδων, εἶναι ὅμως δυνατόν νὰ διαχωρισθῶν διὰ φυσικῶν μεθόδων. Οὕτω ἀπε-

δείχθη ὅτι τὸ σύνηθες ὕδρογόνον εἶναι μίγμα τριῶν ἰσοτόπων, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀτομικὸν ἀριθμὸν 1, ἀλλ' ἀτομικὸν βάρος ἀντιστοιχῶς 1, 2, 3, τὰ ὁποῖα δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διακριθῶν διὰ χημικῶν μεθόδων. Τὸ ὕδρογόνον ἀτομικοῦ βάρους 1 ἐκλήθη **πρώτιον**, τὸ ὕδρογόνον ἀτομικοῦ βάρους 2 ἐκλήθη **δευτέριον** (D) ἢ **βαρὺ ὕδρογόνον**, καὶ τὸ ὕδρογόνον ἀτομικοῦ βάρους 3 ἐκλήθη **τρίτιον**.

Τὸ βαρὺ ὕδρογόνον ἐνοῦται ἐπίσης πρὸς τὸ ὀξυγόγον καὶ παρέχει ὕδωρ τὸ ὁποῖον καλεῖται **βαρὺ ὕδωρ**, τοῦτο δὲ παρουσιάζει οὐσιωδῶς διαφόρους φυσικὰς ἰδιότητας ἀπὸ τὸ σύνηθες ὕδωρ. Ὁ πυρὴν τοῦ ἀτόμου τοῦ δευτερίου ἐκλήθη **δευτερόνιον** καὶ ἀποτελεῖ σπουδαιότητος σημασίας σωματίον. Τὰ ἰσότοπα ταῦτα παριστῶνται διὰ τῶν συμβόλων ${}_1\text{H}^1$, ${}_1\text{H}^2$, ${}_1\text{H}^3$, δηλ. ὁ κάτω δείκτης παρέχει τὸν ἀτομικὸν ἀριθμὸν καὶ ὁ ἄνω τὸ ἀτομικὸν βάρος.

Τὸ H τὸ περιγραφόμενον ὑπὸ τῆς Χημείας ἔχει ἀτομικὸν βάρος 1,008, διότι ἀκριβῶς τοῦτο εἶναι μίγμα ὑπὸ λίαν ἀνίσους ἀναλογίας τῶν τριῶν ἰσοτόπων μὲ ἀτομικὰ βάρη 1, 2, 3.

Ἐπίσης τὸ στοιχεῖον Οὐράνιον ἐμφανίζει τρία ἰσότοπα, τὰ ὁποῖα ἔχουν ὅλα ἀτομικὸν ἀριθμὸν 92, τὰ δὲ ἀτομικὰ αὐτῶν βάρη εἶναι ἀντιστοιχῶς 234, 235, 238. Ἐκ τῶν ἰσοτόπων τούτων ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζεται ὑπὸ ἀτομικοῦ βάρους 235 ἔχει ὅλως ἰδιόζουσαν σημασίαν, διότι ἐξρησιμοποιήθη διὰ τὴν πραγματοποίησιν τῆς ἀτομικῆς βόμβας.

Συμφώνως πρὸς τὴν ἀντίληψιν ταύτην τὸ ἀτομικὸν βάρος ὅλων τῶν στοιχείων εἶναι ἀκέραιος ἀριθμός. Ἐὰν δὲ διὰ χημικῶν μεθόδων τὰ ἀτομικὰ βάρη δὲν εὐρίσκωνται ἀκέραιοι ἀριθμοί, ὥς θὰ ἀνέμενε τις ἐκ τοῦ περιγραφέντος τρόπου συνθέσεως τῶν ἀτόμων, τοῦτο δηλοῖ ὅτι τὰ στοιχεῖα τὰ συναντιώμενα εἰς τὴν φύσιν εἶναι μίγματα ὑπὸ διαφόρους ἀναλογίας τῶν διαφόρων ἰσοτόπων αὐτῶν.

397. Ποζιτρόνιον. Ἐκ τῆς ἐρεῦνης τῶν πυρηνικῶν διασπάσεων κατεδείχθη ὅτι κατὰ τὰς διασπάσεις τοῦ ἀτομικοῦ πυρῆνος ἐμφανίζεται καὶ ἕτερον ὑπατομικὸν σωματίον, παρατηρηθὲν τὸ πρῶτον ὑπὸ τοῦ **Anderson** (1932) τὸ ὁποῖον ἐκλήθη **ποζιτρόνιον** (σχ. 491). Τὸ ποζιτρόνιον ἔχει τὴν αὐτὴν μᾶζαν πρὸς τὴν τοῦ ἡλεκτρονίου, ἥτοι $0,91 \cdot 10^{-27}$ gr, ἀλλὰ φέρει θετικὸν ἡλεκτρονικὸν φορτίον ἴσον πρὸς τὸ ἀρνητικὸν φορτίον τοῦ ἡλεκτρονίου, δηλαδή $1,6 \cdot 10^{-19}$ Cb.

Τὸ σωματίον τοῦτο εἶναι λίαν ἐφήμερον, ἔχει δηλ. βραχυτάτην διάρκειαν ζωῆς. Εἰς τὸ σχῆμα 491 δεικνύεται ἡ διάσπασις ἐνὸς φωτονίου, γ -ἀκτινοβολίας εἰς ἓν ζεύγος σωματίων, ἀποτελουμένου ἀπὸ ἓν ἡλεκτρόνιον καὶ ἓν ποζιτρόνιον.

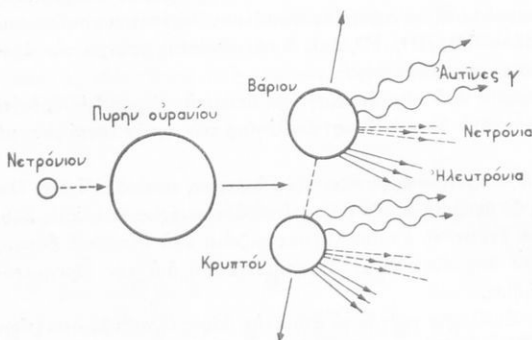


398. Τεχνητὴ μεταστοιχείωσις τῶν ἀτόμων. Ἐκ τοῦ φαινομένου τῆς φυσικῆς καὶ τεχνικῆς ἀκτινεργίας κατεδείχθη ὅτι εἶναι δυνατόν νὰ μεταβάλλωμεν τὸ εἶδος τοῦ ἀτόμου, δηλ. νὰ μεταστοιχειωθῇ ἓνα ἄτομον, διὰ μεταβολῆς τοῦ θετικοῦ φορτίου τοῦ πυρῆνος.

Τοῦτο παρατηρήθη συντελούμενον αὐτομάτως εἰς τὰ ἀκτινεργὰ στοιχεῖα καὶ τελευταίως κατὰ τὴν τεχνικὴν ἀκτινεργίαν.

Διὰ τῆς τεχνικῆς ἀκτινεργίας κατορθώθη τελευταίως ἡ βιομηχανικὴ παραγωγὴ νέων ἀκτινεργῶν στοιχείων, ἀγνώστων μέχρι τοῦδε, τὰ ὁποῖα διανοίγουν εὐρύ-
τάτους ὁρίζοντας εἰς τὰς βιολογικὰς ἐρεῦνας καὶ εἰς τὴν θεραπευτικὴν.

399. Σχάσις τοῦ πυρῆνος. Ἀτομικὴ βόμβα. Διὰ τῆς ἀνακαλύψεως τοῦ νετρονίου, κατὰ τὴν τεχνικὴν ἀκτινεργίαν, ἐδόθη εἰς τοὺς



Σχ. 492. Σχάσις τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου διὰ προσβολῆς ὑπὸ νετρονίων καταλλήλου ταχύτητος. Ὁ πυρὴν σχάζεται εἰς δύο πυρῆνας βαρίου καὶ κρυπτοῦ, ἐνῶ ταυτοχρόνως ἐλευθεροῦνται νετρόνια, ἡλεκτρόνια καὶ φωτόνια γ.

ἐλευθέρωσιν ἐπίσης ἐνεργείας καὶ νέων νετρονίων (**ἀλυσωτὴ ἀντίδρασις**).

Ἐπὶ τῆς ἀνωτέρω διασπάσεως τοῦ πυρῆνος τοῦ οὐρανίου διὰ νετρονίων στη-
ρίζεται ἡ πραγματοποίησις τῆς **ἀτομικῆς βόμβας**, τῆς ὁποίας ὅμως αἱ τεχνικαὶ
λεπτομέρειαι τηροῦνται ἐπιμελῶς μυστικαὶ μέχρι σήμερον, ἡ δὲ περιγραφὴ τῶν μέχρι
τοῦδε γνωστῶν στοιχείων ἐκφεύγει τοῦ πλαισίου τοῦ βιβλίου τούτου.

Ἐξ ὑπολογισμῶν κατεδείχθη ὅτι διὰ τῆς διασπάσεως τῶν πυρῆνων τῶν πε-
ριεχομένων εἰς 1 gr οὐρανίου ἐκλύεται ἐνέργεια $7,65 \cdot 10^9$ kgr*m, ἀντιστοιχοῦσα
εἰς ποσὸν θερμότητος 17 925 000 kcal διὰ τὴν ἀνάπτυξιν τῆς ὁποίας θ' ἀπαιτεῖτο
ἡ καύσις 2240 kgr ἄνθρακος.

400. Μονὰς ἐνεργείας. Εἰς τὴν πυρηνικὴν Φυσικὴν ὡς μονὰς ἐνεργείας λαμβάνεται
συνήθως τὸ **ἡλεκτρονικὸν βόλτ (eV)**, τὸ ὁποῖον ἐκφράζει τὴν ἐνέργειαν τὴν ὁποίαν
ἀποκτᾷ ἓν ἡλεκτρόνιον, ὅταν ἐπιταχύνεται μεταξὺ δύο ἡλεκτροδίων ἐχόντων διαφορὰν
δυναμικοῦ 1 Volt, ἢ ἄλλως ὅταν διατρέχει διαφορὰν δυναμικοῦ 1 Volt.

Ἐπειδὴ 1 ἡλεκτρόνιον ἔχει φορτίον $4,80 \cdot 10^{-10}$ ΗΣΜ—φορτίου, ἐξ ἄλλων δὲ εἶναι :
1 Volt = 1/300 ΗΣΜ δυναμικοῦ, ἔπεται ὅτι :

$$1 \text{ eV} = \frac{4,80 \cdot 10^{-10}}{300} = 1,60 \cdot 10^{-12} \text{ Erg}$$

Φυσικοῦ **Yukawa** (1935), ὁ ὁποῖος προέβλεψε τὴν ὑπαρξίν φορτισμένου σωματίου ἔχοντος μᾶζαν περιλαμβανομένην μεταξὺ τῆς μάζης τοῦ ἠλεκτρονίου καὶ τοῦ πρωτονίου καὶ τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ διασπᾶται ταχύτατα καὶ νὰ παρέχῃ οὐδέτερον συστατικὸν καὶ ἠλεκτρόνιον.

Βραδύτερον πράγματι παρατηρήθη τοιοῦτον σωματίον ἔχον μᾶζαν 100 ἕως 300 φορές μεγαλύτεραν τῆς μάζης τοῦ ἠλεκτρονίου, εἰς τὸ ὁποῖον ἐδόθη τὸ ὄνομα **μεσόνιον**.

Τὰ μεσόνια φέρουν ἐν στοιχειῶδες φορτίον, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ εἶναι εἴτε θετικὸν εἴτε ἀρνητικόν, εἶναι δὲ πολὺ ἐφήμερα, δεδομένου ὅτι ἡ διάρκειά ζωῆς των εἶναι μικροτέρα ἀπὸ $5 \cdot 10^{-6}$ sec. Τόσον ἡ προέλευσις ὅσον καὶ ὁ τελικὸς προορισμὸς τῶν μεσονίων δὲν εἶναι μέχρι σήμερον γνωστός.

Ζητήματα.

Ποῖαι αἱ ἀντιλήψεις τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων φιλοσόφων καὶ τῶν νεωτέρων Χημικῶν ὅσον ἀφορᾷ τὴν διαιρετότητα τῆς ὕλης.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων μόριον, ἄτομον, μοριακὸν βάρος καὶ ἀτομικὸν βάρος.

Ποῖαι αἱ διαστάσεις τῶν μορίων καὶ ἡ μᾶζα αὐτῶν εἰς gr.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου περιοδικὸν σύστημα τῶν στοιχείων καὶ ἐκ ποίων λόγων διεμορφώθη τοῦτο.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ἰσότοπα στοιχεῖα, βαρὺ ὕδρογονον, βαρὺ ὕδωρ.

Τί νοοῦμεν διὰ τῶν ὄρων φυσικὴ ἀκτινεργία. Τί γνωρίζετε διὰ τὸ στοιχεῖον ράδιον.

Πῶς χαρακτηρίζονται αἱ ἀκτινοβολίαι τῶν ἀκτινεργῶν σωμάτων, ποῖα ἡ φύσις αὐτῶν, ὡς καὶ ποίας φυσικὰς καὶ χημικὰς ιδιότητας παρουσιάζουν.

Ἐκ ποίων λόγων ἤχθησαν οἱ νεώτεροι Φυσικοὶ εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι τὸ ὑλικὸν ἄτομον δὲν ἀποτελεῖ τὸ τελευταῖον ὅριον διαιρετότητος τῆς ὕλης.

Ἐκ ποίων μικροτέρων στοιχειωδῶν μερῶν δεχόμεθα ὅτι ἀποτελεῖται τὸ ἄτομον. Περιγράψατε τὸ ἀτομικὸν ὑπόδειγμα Bohr.

Ποῖα σχέσις ὑφίσταται μεταξὺ τοῦ θετικοῦ φορτίου τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος καὶ τοῦ ἀτομικοῦ ἀριθμοῦ.

Διὰ ποίου τρόπου δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν μεταβολὴν τοῦ εἶδους τοῦ ἀτόμου.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου ἀκτινεργοὶ μετατροπαὶ καὶ πῶς ἐξηγοῦνται αὗται.

Τί γνωρίζετε ἐν γένει περὶ ἐκλύσεως ἐνεργείας κατὰ τὰς ἀκτινεργοὺς μετατροπὰς.

Ἐκ ποίων στοιχειωδῶν μερῶν δεχόμεθα ὅτι ἀποτελεῖται ὁ ἀτομικὸς πυρῆν, καὶ ποῖα ἡ τάξις μεγέθους διαστάσεων τοῦ ἀτομικοῦ πυρήνος.

Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου τεχνητὴ ἀκτινεργία καὶ ποῖος πρῶτος ἐπαραγματοποίησεν αὐτήν.

Τί εἶναι τὸ πρωτόνιον, τὸ νετρόνιον καὶ τὸ ποζιτρόνιον.

Τί γνωρίζετε ἐν γένει περὶ τῆς σχέσεως τῆς ὑφισταμένης μεταξὺ ἐνεργείας καὶ ὕλης.

Τί εἶναι αἱ κοσμικαὶ ἀκτίνες. Τί νοοῦμεν διὰ τοῦ ὄρου μεσόνιον.

ΑΛΦΑΒΗΤΙΚΟΝ ΕΥΡΕΤΗΡΙΟΝ

*Αγωγιμότης 160
 — αέριον 286
 *Αδιαφανή σώματα 2
 Αἶθρη 111
 *Ακουστικόν 325
 *Ακτινεργά στοιχεία 348
 *Ακτινεργοί μετατροπαί 349
 *Ακτίνες α, β, γ 348
 — Lenard 291
 — Röntgen 303
 *Ακτινοβολία ἐδάφους 332
 — χώρου 332
 *Ακτινογραφία 306
 *Ακτινοδιαγνωστική 306
 *Ακτινοσκόπσεις 306
 *Ακτίς καμπυλότητος 45
 — πεπολωμένη 118
 — φυσικοῦ φωτός 118, 120
 *Αλεξιζέρανον 339
 Almico 125
 *Αλυσιῶς ἀντίδρασις 354
 *Αμοιβαία ἐπαγωγή 251
 *Αμπερ, μονάς 154, 180
 *Αμπερόμετρον 251
 *Αμπεροστροφὴ 234
 *Αμπερόριον 202
 *Αμφιβληστροειδὴς χιτὼν 99
 *Ανάκλασις κανονικὴ 9
 — φωτός 8
 *Ανακλωμένη ἀκτίς 9
 *Ανάλυσις εἰκόνης 334
 — φωτός 56
 *Αναλύτης 121
 *Ανασύνθεσις φωτός 59
 Angström 59
 *Ανιόν 184
 *Ανοδική τάσις 298
 *Ανοδικὸν ρεύμα 298
 *Ανοδος 182
 *Ανοίγμα κατόπτρου 15
 *Ανοικτὸν κύκλωμα 164, 316
 *Ανορθωμένον ρεύμα 299
 *Ανορθωτικὴ λυχνία 300
 *Αντιηλεκτρικὴ δύναμις 268
 *Αντικατοπτρισμός 32
 *Αντικειμενικὸς φακὸς 75
 *Αντιπολωτικὸν σῶμα 194
 *Αντιστροφὴ ραβδώσεων 64
 *Ἀπλὴ ἀκτινοβολία 56
 *Ἀπλοῦν μικροσκόπιον 72
 *Ἀπόδοσις γεννητριᾶς 267
 — κινητήρος 268
 *Ἀπόλυτος δ. διαθλάσεως 35
 *Ἀποσβεννόμεναι ταλαντώσεις 310

*Αποτύπωσης πλακὸς 107
 *Ἀριθμὸς Loschmidt 293
 *Ἀρνητικὸς ἡλεκτρισμὸς 142
 *Ἀρχὴ ἀντιστροφῆς πορείας φωτός 10
 *Ἀσταθὴς ἐπαφὴ 325
 *Ἀστρονομικὸν τηλεσκόπιον 77, 83
 *Ἀσύρματος τηλεγραφία 326
 *Ἀσφάλεια 165
 *Ἀτμοσφαιρικὴ διάθλασις 31
 *Ἀτμοσφαιρικὸς ἡλεκτρισμὸς 338
 *Ἀτομικὴ βόμβα 354
 *Ἀτομικὸν βάρος 341
 *Ἀτομικὸν ὑπόδειγμα 344
 *Ἀτομικὸς ἀριθμὸς 342, 347
 *Ἄτομον 340
 Αὐτεπαγωγή 246
 Αὐτόθυον 331
 Αὐτόφωτα σώματα 1
 *Ἀχρωματικὸς φακὸς 53
 Βαρὺ ὕδρονόμον 353
 — ὕδωρ 353
 Βαττόμετρα 258
 Βατῶριον 176
 Becquerel 347
 Βολβὸς 98
 Βόλτ, μονάς 149, 180, 211
 Βολταϊκὸν τῶσον 179
 Βολτάμετρον 183
 Βολτόμετρον 149, 252
 Βόρειον σέλας 338
 Βραχυκύκλωμα 165
 Γαλβανισμός 283
 Γαλβανόμετρον 251
 Γαλβανοπλαστικὴ 191
 Γεννήτρια 261
 Γέφυρα Wheatstone 172
 — χορδῆς 173
 Γεωγραφικὸς μεσημβρινὸς 137
 Γήινον πεδίων 136, 139
 Gauss, μονάς 133
 Γραμμαὶ Fraunhofer 63
 Γραμμὴ πίστεως 140
 Γραμμικὴ μεγέθυνσις 18, 72
 Γραμμοῖσδύναμιον 186
 Γωνία ἀνακλάσεως 9
 — διαθλάσεως 26
 — ὁράσεως 76
 — πολώσεως 121
 — προσπτώσεως 9, 26
 Δακτύλιος Gramme 265

Δείκτης διαθλάσεως 27, 28
 Δέκτης 330
 Δευτερεύουσαι ἐστίαι 46
 Δευτερεύων ἄξων 16, 45
 Δευτέριον 353
 Δευτερόνιον 353
 Διαθερμία 283, 312
 Διαθλασίμετρα 28
 Διάθλασις φωτός 26
 Διαθλαστικὴ γωνία 36
 Διακλάδωσις ἀμπερομέτρου 255
 Διαμαγνητικά 236
 Διαμεμορφωμένον κῆμα 331
 Διάξων κρυστάλλος 116
 Διαπερατότης 235
 Διασκοπικὴ προβολὴ 85
 Διάταξις Marconi 327
 Διατηρούμεναι ταλαντώσεις 310
 Διαυλικά ἀκτίνες 296
 Διαφανὴ σώματα 2
 Διαφορὰ δυναμικοῦ 147
 — φάσεως 271
 Διάχυσις φωτός 8
 Διάχυτος ἀνάκλασις 8
 Διασκοπτικὴ ἰκανότης 104
 Διέγερσις γεννητριῶν 266
 Διηγέρτης Hertz 316
 Διηγέρτρια 278
 Διεθὲς κηρίον 89
 Διηλεκτρικὰ σώματα 145
 Διηλεκτρικὴ σταθερὰ 221
 Διόδος λυχνία 299
 Διόπτρα Γαλιλαίου 77, 82
 — ἐπιγίων 77, 80
 — θεάτρον 77, 81
 — πρισματικὴ 77, 81
 Διοπτρα 52
 Διπλὴ διάθλασις 115
 Διπλοθλαστικὸς κρυστάλλος 115
 Δίσκος Νεύτωνος 59
 — Nipkow 336
 Διφασικὸν ρεύμα 276
 Διχροϊσμός 122
 Δύναμις ἀνταλλαγῆς 352
 Δυναμικὸν 209
 Δυναμὸς 277
 *Εβονίτης 143
 *Εγκάρσια κύματα 117
 Εἰδικὴ ἀγωγιμότης 160
 — ἀντίστασις 159
 Εἰδικὸν φορτίον 292
 Εἰδιωλοσκόπιον 15

- Einstein 355
Είκονοσκόπιον 336
— Zwoykin 336
— Εκλειψης Ἡλίου 6
— Σελήνης 6
Ἑκτακτὸς ἀκτίνης 117
Ἐλαττώματα ὁράσεως 101
— φακῶν 52
Ἐλαχίστη ἀπόστασις εὐκλείνουδός ὁράσεως 101
Ἐμμέτρον 100
Ἐμφάνις πλακῶς 107
Ἐναλλακτὴρ 277
Ἐναλλασσόμενον ρεῖμα 152, 268
Ἐνεργὸς ἔντασις 272
— τιμὴ 272
Ἐνίσχυσις ὑψηλῆς συχνότητος 331
— χαμηλῆς συχνότητος 331
Ἐντασις πεδίου 207
— ρεύματος 153
— φωτεινῆς πηγῆς 89
Ἐπαγωγὴς 261, 264
Ἐπαγωγὴ 241
Ἐπαγωγικὴ ἀντίστασις 274
Ἐπαγωγικὸν πηνίον 249
Ἐπαγωγίον 261, 265
Ἐπαγωγώσεις 191
Ἐπιδερμικὸν φαινόμενον 312
Ἐπιδιασκόπιον 86
Ἐπιμετάλλωσις 191
Ἐπίπεδα πόλωσις 118
Ἐπισκοπικὴ προβολὴ 85, 86
Ἐπιφανειακὸν φαινόμενον 312
Ἐπιτάλκωσις 191
Ἐπιχρῶσις 191
Ἐστιακὴ ἀπόστασις 16, 45
Ἐστιακὸν ἐπίπεδον 46
Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις 164
Ἐσχάρα 300
Ἐτερόδυνον 331
Ἐτερόφωτα σώματα 2
Εὐθύγραμ. διάδοσις φωτός 2
Συγὼς Coulomb 205
Ἡλεκτρογενετικὴ δύναμις 149
— — στοιχεῖον 195
Ἡλεκτρικαὶ λυχνίαι 178
— ταλαντώσεις 308
— μηχαναὶ 261
Ἡλεκτρικὴ ἀντίστασις 157
— ἐνέργεια 176
— μηχανὴ 150
— ὁρὴ 209
— τάσις 147, 149
— τηλεπικοινωνία 321
Ἡλεκτρικὸν δίπολον 316
— ἐκκενρὸς 142
— ἰσοδύναμον 175
— πεδῖον 206
Ἡλεκτρικὸν ρεῖμα 147
— στοιχεῖον 150, 193
— τόξον 179
— φορτίον 145
Ἡλεκτρικὸς κώδων 237
— συσσωρευτὴς 150
Ἡλέκτρις ἐξ ἐπιδράσεως 214
Ἡλεκτρισμὸς 142
Ἡλεκτρόδια 179, 182
Ἡλεκτροδυναμόμετρα 258
Ἡλεκτροθεραπευτικὴ 282
Ἡλεκτρολύσις 183
Ἡλεκτρολύται 183
Ἡλεκτρολύτικὴ διάστασις 188
Ἡλεκτρομαγνητὴς 126, 234
Ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα 315
Ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία 315
— μονάς 231
Ἡλεκτρομαγνητικὸς γερανὸς 237
Ἡλεκτρομαγνητισμὸς 227
Ἡλεκτρομέτρον 213
Ἡλεκτρόνια 145, 292
Ἡλεκτρονικαὶ λυχνίαι 297
Ἡλεκτρονικὴ θεωρία 152
— σπινὰς 346
Ἡλεκτρονικὸς ἀνορθωτὴς 300
— σωλὴν 297, 299
Ἡλεκτρονόμος 323
Ἡλεκτροσκόπιον 213
Ἡλεκτροστατικαὶ μηχαναὶ 224
Ἡλεκτροφόρον 224
Ἡλεκτροχημικὸν ἰσοδύναμον 185
Ἡμιδιαφανὴ σώματα 2
Ἡμιτονοειδὲς ρεῖμα 270
Henry, μονάς 248
Hertz, μονάς 271
Θερμὴ κάθοδος 305
Θερμικὰ ἡλεκτρόνια 297
— ὄργανα 254
Θερμικὸν ἀποτέλεσμα 155
Θερμολογικὸν ἀνόμετρον 255
Θερμοηλεκτρικαὶ στήλαι 203
Θερμοηλεκτρικὴ τάσις 203
Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον 203
— φαινόμενον 202
Θερμοηλεκτρισμὸς 202
Θέσις ἐλαχίστης ἐκτροπῆς 39
Θετικαὶ ἀκτίνες 296
Θετικὸς ἡλεκτρισμὸς 142
Θεωρία ἐκπομπῆς 110, 111, 345
— κυμάνσεων 58, 110
— Νεύτωνος 110
Θεωρία Planck 111
Ἰονισμὸς κρούσεως 294
Ἰονόσφαιρα 332
Ἰόντα 184
— ἀρνητικὰ 346
— θετικὰ 346
Ἰππος 176
Ἰρις 99
Ἰσοδύναμον στοιχεῖον 186
Ἰσότοπα στοιχεῖα 352
Ἰσχύς ρεύματος 276
— φασὸς 52
Καθαρὸν φάσμα 59
Καθοδικαὶ ἀκτίνες 289
Καθοδικὸς παλμογράφος 294
Κάθοδος 183
Κακὸς ἀγωγὸς 144
Καλὸς ἀγωγὸς 144
Κανόνες Kirchhoff 166
Κατευθυντὴρ 66
Κατιόν 184
Κάτοτρον Fresnel 114
— παράλληλα 14
— ὑπὸ γωνίαν 14
Κάτοτρον 10
— ἐπίπεδον 10, 11
— κοίλον 15, 23
— κυρτὸν 15, 21, 23
— σφαιρικὸν 11, 15
Κβάντα 345
Κενὸν 110
Κεραία 327
Κερατοειδὲς χιτὼν 98
Κεραυνοὶ 338
Κηρίον 89
— Hefner 89
Κιβώτια ἀντιστάσεων 168
Κιλοβαττωρίον 176
Κινηματογράφος 86
Κινητὴ 261
Κλειστὸν κύκλωμα 164, 316
Κόγχη 98
Κόρη ὀφθαλμοῦ 99
Κορυφὴ κατόπτρου 15
Κοσμικαὶ ἀκτίνες 355
Κοσμικὴ ἀκτινοβολία 355
Coulomb, μονάς 145, 180
Κουσταλλικὸς φορατὴς 317
Κουσταλλώδης φακὸς 100
Κυκλικὴ συχνότης 271
Κύκλος κατὰ sec 271
Κύκλωμα συνεξεργημένον 313
Κυματικὸν φαινόμενον 58
Κυρία ἐστία 16, 45
— τομὴ πρίσματος 36
Κύριος ἄξων 45, 116
— ἄξων κατόπτρου 16
Κωνία 99
Λογδονικὴ λάγνηος 221
Λυχνίαι ὕδατος 289

Λυχνίαι φθορισμοῦ 288
Lumen 90
Lux 90

Μαγνητῖσις ἐξ ἐπιδράσεως 127

Μαγνητικαὶ γραμμαὶ 134
Μαγνητικὴ ἀπόκλισις 138
— διαπερατότης 235
— ἐγκλισίς 138
— θωράκισις 236
— μάζα 131
— ροή 135, 241

Μαγνητικὸν ἀποτέλεσμα 156
— δίπολον 131
— πεδῖον 132
— φάσμα 134

Μαγνητικὸς κόρος 129
— μεσημβρινός 137

Μαγνητὶς λίθος 124

Μαγνητισμός 124

Μαγνητοηλεκτρικὴ μηχανὴ 267

Μάζα ηλεκτρονίου 146

Μαλακαὶ ἀκτίνες 306

Maxwell, μονάς 136

Μεγάρφωνον 332

Μεγέθυνσις γραμμικὴ 18, 72

— κατόπτρον 19

— μικροσκοπίον 74

— τηλεσκοπίον 78

— πλευρικὴ 18, 72

Μεγεθυντικὸς φακὸς 72

Μέθοδος Fizeau 95

— Foucault 96

— Roemer 94

Μεσόιον 355

Μεσοτρόιον 355

Μετασχηματιστὰ 279

Μετροηταὶ ἐνεργείας 258, 268

Μήκος κύματος φωτὸς 58

Μηχανὴ Wimshurst 224

Μικροσκοπίον 72, 74

Μικρόφωνον 324, 325

Μίξις χρωμάτων 59

Μονάξις κρύσταλλος 116

Μονάξις ἀντιστάσεως 157

— Farad 217

Μονοχρωμάτωρ 69

Μονωτὴρ 145

Μοριακὴ θεωρία 129

Μοριακὸν βάρος 341

Μοριακὸς μαγνήτης 128

Μόριον 340

Μορσικὸν ἀλφάβητον 321

Μόρφωσις πλάκος 201

Μυωπία 101

Ναυτικὴ πιεξίς 139

Νετρόιον 351

Νευτώνειος θέσις 39

Νόμοι ηλεκτρολύσεως 185

— φωτομετρίας 91

Νόμος Lenz 246

— Coulomb 131, 205

— Joule 174

— Ohm 157

— συνημιτόνου 91

Ὀλικὴ ἀνακλάσις 29

— ἐκλειψίς 6, 7

Ὀμιλῶν κινήματογράφος 303

Ὀμογενὲς πεδῖον 208

Ὀπλισμοὶ πυκνοῦ 219

Ὀπτικά ὄργανα 72

Ὀπτικά ἀπάται 103

Ὀπτικὸν κέντρον 45

Ὀπτικὸς ἄξων 116

Ὀπτικὸς ἀραιότερον 26

— πυκνότερον 26

Ὀρατὸν φάσμα 56, 60

Ὀρθοχρωματικαὶ πλάξεις 106

Ὀριζὴ γωνία 29

Ὀυδέτερα γραμμὰ 263

Ὀυδέτερον άτομον 146, 345

Ὀυράνιον τόξον 65

Oersted, μονάς 133

Παράλλαξις 13, 14

Παραμαγνητικά 236

Παραστιά 5

Πείραμα Young 112

Περίθλασις φωτὸς 110, 113

Περιοδικὸν σύστημα 342

Περίοδος ρεύματος 270

Περυσκόπιον 15, 84

Πηνίον 231

— Ruhmkorff 250

Πακίδια τουρμαλίνου 122

Πλάτος ρεύματος 270

Πλέγμα 300

Πλευρικὴ μεγέθυνσις 18, 72

Ποζιτρόνιον 353

Πόλοι μαγνήτου 126

— πηγῆς 150

Πολύπρισμα 38

Πόλωσις ἐκ διαθλάσεως 117,

120

— ηλεκτροδίου 193

— φωτὸς 3, 117, 118

Πολωτὴς 121

Πολωτικὸν σῶμα 122

Πολωτισκόπιον 123

Ποσότης ηλεκτρισμοῦ 145

— μαγνητισμοῦ 131

Ποτενσιόμετρον 169

Πραγματικὸν εἶδωλον 17

Πρεσβυωπία 102

Πρῆγμα 36

— Nicol 121

— ὀλικῆς ἀνακλάσεως 31

Προβολεὺς 85

— φάσων 86

Προσαρμογὴ 100

Προσφάλλιος κύκλος 78

— φακὸς 75

Προσπίπτονσα ἀκτὶς 9

Πρότυπος λυχνία 89

Πρώτιον 353

Πρωτόνιον 347, 351

Πτώσις τάσεως 162

Πυκνότης γραμμῶν 208

— φορτίου 216

Πυκνωτὴς 219

— ἀέρος 223

— ηλεκτρολυτικὸς 222

Πυρὴν ηλεκτρονίου 146

Πυριτυάλος 53

Ραβδία 99

Ράδιον 348

Ραδιοηλεκτρογραφία 326

Ραδιοηλεκτρονία 326

Ραδιοηλεκτρονικὴ ἐκπομπή 329

Ραντάρ 319

Ράστερ 334

Ρεύμα ἐξ ἐπαγωγῆς 241

Ρεύμα κόρου 298

Ρεύματα Foucault 248

— Tesla 308

— ὑψηλῆς συχνότητος 312

Ρωτὼρ 278

Ρυθμιζόμενα ἀντιστάσεις 168

Σάρωσις εἰκόνης 334

Σιδηρομαγνητικά 236

Σιζιά 5

Σκληραὶ ἀκτίνες 306

Σκληρωτικὸς χιτὼν 98

Σκοτεινὸς θάλαμος 3

Σταθερὰ Faraday 186

Στάτωρ 278

Στεφανόυλος 53

Στιγματὶα τιμὴ ρεύματος 271

Στοιχείον Daniel 196

— Leclanché 194

Στοιχειώδεις φορτίον 145

Στόχαστρον 104

Συγκρότησις ἀτόμου 344

Σύγχρονος κινήτης 279

Συζευξίς 313

Συζυγῆ σημεῖα 17, 18, 46

Συλεκτής 261, 265

Συμβολὴ φωτὸς 3, 111

Συμπληρωματικὰ χρώματα 59

Συμφωνία φάσεως 271

Σύμφωνιον πηγὰ 111

Συνεχὲς ρεῖμα 152

Σύνδεσις ἀντιστάσεων 167

— στοιχείων 196

Συνήθης ἀκτὶς 117

Σύνθεσις πυρηνος 351

Σύνθετον μικροσκοπίον 74

Σύνθετος ἀντίστασις 274

Συντελεστὴς ἀποδόσεως 267,

268

- Συντονισμός 275, 313, 333
 Συσσωρευταί 200
 Σύστημα φακῶν 52
 Συχνότης ρεύματος 270
 Συχνότης φωτός 58
 Στάσις πυρῆνος 354
 Σχετικὸν ἀνοίγμα φακοῦ 106
 Σχετικὸς δ. διαθλάσεως 35
 Σωλὴν Braun 294
 — Coolidge 304
 — Geissler 61
 Σωληνοειδὲς 231
- Ταλαντοσκόπιον** 294
 Ταχύτης φακοῦ 106
 Τελουρικαὶ γραμμαὶ 64
 Τεχνητὴ ἀκτινεργία 351
 Τεχνητὴ μεταστοιχειώσις 353
 Τεχνητὸς μαγνήτης 124
 Τηλέγραφος 321
 Τηλεόρασις 333
 Τηλεσκόπιον 77
 — ἀνακλαστικὸν 77
 — ἀστρονομικὸν 77
 — διαθλαστικὸν 77
 Τηλεφωνικὸν κέντρον 326
 Τηλέφωνον 324
 Τηλεφωτογραφία 333
 Τρίοδος λυχνία 300
 Τρίτιον 353
 Τριφασικὸν ρεῦμα 277
 Τροχὸς Barlow 240
 Τυφλὸν σημεῖον 99
 Τύπος Laplace 239
 — Thomson 310
 Τύμπανον 265
- *Υδατῶδες ὕγρον 100
 *Υελῶδες ὕγρον 100
 *Υπατομικὸν σωματίον 344
 *Υπεραγωγὸς 161
- *Υπεριώδης περιοχὴ 60
 *Υπεριμετροπία 101
 *Υπερπύρρος περιοχὴ 60
 *Υπόθεσις Helmholtz 188
- Φαινόμενη ἀντίστασις** 274
 — ἀνήνυσις 33
 — διάμετρος 75
 Φαινόμενον Edison 297
 — μέγεθος 75
 Φακοὶ 43
 Φακὸς ἀποκλίνων 44
 — συγκλίνων 44
 — σφαιρικὸς 43
 Φανταστικὸν εἶδωλον 12, 20, 21
 Φάσμα ἀπορροφήσεως 62
 — γραμμῶν 61
 — ἐκπομπῆς 60
 — ραβδώσεων 60
 — συνεχὲς 60
 — ταινιῶν 61
 Φασματογράφος 69
 Φασματομέτρα 66
 Φασματοσκοπία 66
 — Röntgen 307
 Φασματοσκόπιον 66
 — εὐθυσκοπίας 68
 — σταθερᾶς ἐκτροπῆς 67
 Φάσις ρεύματος 271
 Fermi 351
 Φθορισμὸς 65
 Φίλμ 106
 Φορὰ ρεύματος 151
 Φορτίον ἡλεκτρονίου 145
 — πυρῆνος 347
 Φόρτισις ἡλεκτροσκοπίου 215
 — συσσωρευτοῦ 200
 Φυσικὴ ἀκτινεργία 347
 — Ὀπτικὴ 3, 109
- Φυσικὸς μαγνήτης 124
 Φυσιολογικὴ Ὀπτικὴ 98
 Φύσις ἡλεκτρισμοῦ 145
 Φώρισις 301
 Φωρατὴς 317
 Φωσφορισμὸς 65
 Φωτεινὴ ἀκτίς 1
 — δέσμη 4
 — πηγὴ 1
 — ροή 89
 Φωτεινὸν σημεῖον 4
 Φωτισμὸς 20
 Φωτογραφία 104
 Φωτογραφικαὶ πλάκες 106
 Φωτογραφικὸς φακὸς 105
 Φωτοηλεκτρικὸν φαινόμενον 301
 Φωτοηλεκτρονία 301
 Φωτοκύτταρον 302
 Φωτομετρία 89
 Φωτομετρικὴ τράπεζα 93
 Φωτόμετρον Bunsen 93
 — Lummer - Brodhun 94
 — Rumford 93
 Φωτόνια 345
 Φωτὸσφαιρα 63
- Χειριστήριον** 322
 Χημικὸν ἀποτέλεσμα 156
 Χοριοειδὲς χιτὼν 99
 Χρόνος ὑποδιπλάσιασμοῦ 350
 Χρῶμα σωματίων 59
 Χρωματικὴ ἐκτροπὴ 53
 Χρωμὸσφαιρα 63
 Χωρητικὴ ἀντίστασις 274
 Χωρητικότης 217
- *Ωμ, μονάς 157, 180
 *Ὁρὰ κηλὶς 99

Ἐφεδóθησαν ὑπὸ τῶν ἰδίων συγγραφέων:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν,
ὥς καὶ διὰ τοὺς μαθητὰς τῶν Πρακτικῶν Λυκείων καὶ Γυμνασίων.

Ἐγκειρισμένον ὑπὸ τοῦ Ὑπουργείου Παιδείας πρὸς χοῦσιν τῶν μαθητῶν
τῶν δύο ἀνωτέρων τάξεων τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

ΤΟΜΟΣ I

ΕΚΔΟΣΙΣ ΔΕΥΤΕΡΑ

Μηχανικὴ • Ἀκουστικὴ • Θερμότης

Περιλαμβάνει εἰς 300 σελίδας ἅπασαν τὴν διδασκτέαν ὕλην. Περιέχει 387 σχήματα καὶ 10 εἰκόνας διασήμεων ἐπιστημόνων, 280 προβλήματα ὥς καὶ πίνακας φυσικῶν σταθερῶν.

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

Διὰ τοὺς ὑποψηφίους τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν, ὥς καὶ διὰ τοὺς
μαθητὰς τῶν Σχολείων Μέσης Ἐκπαιδεύσεως.

ΤΟΜΟΣ I

Μηχανικὴ • Ἀκουστικὴ • Θερμότης

ΤΟΜΟΣ II

Ὀπτικὴ • Μαγνητισμὸς • Ἡλεκτρισμὸς

Μεθοδικὴ λύσις ὅλων τῶν προβλημάτων τῶν περιεχομένων εἰς τὸ βιβλίον
«*Στοιχεῖα Φυσικῆς*» καὶ μεγάλος ἀριθμὸς ἄλλων προβλημάτων πρὸς ἐξάσκησιν.

ΦΥΣΙΚΗ

Διὰ τοὺς σπουδαστὰς τῶν Ἀνωτάτων Σχολῶν.

ΤΟΜΟΣ I

Μηχανικὴ • Ἀκουστικὴ • Θερμότης

Σελίδες 400. Σχήματα 450. Εἰκόνας 10.

ΤΟΜΟΣ II

Ὀπτικὴ

Σελίδες 230. Σχήματα 340. Εἰκόνας 7. Δύο ἔγχρωμοι πίνακες ἐκτὸς κειμένου.

ΤΟΜΟΣ III

Μαγνητισμὸς • Ἡλεκτρισμὸς • Νεωτέρα Φυσικὴ

(Πρὸς ἐκτύπωσιν)



0020638114

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΗΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

