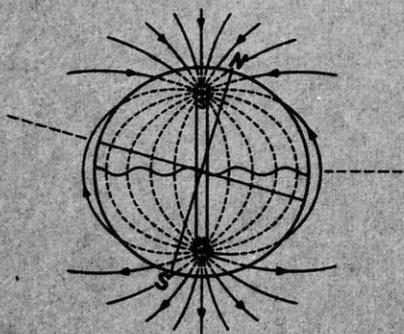


ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ



ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΕΝ ΑΘΗΝΑΙΣ 1975

19653

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

ΔΩΡΕΑΝ

ΣΑΛΤΕΡΗ Γ. ΠΕΡΙΣΤΕΡΑΚΗ

ΦΥΣΙΚΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ

Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΕΚΔΟΣΕΩΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
ΑΘΗΝΑΙ 1975



Ι. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Α'—ΚΙΝΗΣΙΣ ΤΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

§ 1. Ἡρεμία καὶ κίνησις. Ἐὰν ἐξετάσωμεν τὸ περιβάλλον μας, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι μερικά σώματα μεταβάλλουν θέσιν, ἐν σχέσει πρὸς ἄλλα σώματα. Λέγομεν ὅτι τὰ σώματα ταῦτα κινῶνται καὶ τὰ ὀνομάζομεν κινητά.

Οὕτω τὸ λεωφορεῖον, τὸ ὁποῖον ἐξεκίνησεν ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν του καὶ πλησιάζει πρὸς τὴν στάσιν, εἰς τὴν ὁποίαν εὐρισκόμεθα, μεταβάλλον συνεχῶς θέσιν, κινεῖται. Κατὰ τὸ χρονικὸν διάστημα κατὰ τὸ ὁποῖον συνεχίζει τὴν κίνησίν του εἶναι κινητόν.

Κινητά εἶναι ἐπίσης ὁ ποδηλάτης, ὁ ὁποῖος τρέχει εἰς τὸν ἀσφαλο-

στρωμένον δρόμον, τὸ ἀεροπλάνον τὸ ὅποιον ἵπταται, τὸ πλοῖον τὸ ὅποιον ποντοπορεῖ, ὁ πύραυλος ὁ ἐκτοξευόμενος δι' ἐπιστημονικοῦς σκοποῦς κ.λπ.

Δὲν κινοῦνται ὅμως ὅλα τὰ σώματα. Πολλὰ ἀντικείμενα διατηροῦν συνεχῶς τὴν ἴδιαν θέσιν εἰς τὸν χῶρον, ὅπως τὰ ὄρη, τὰ δένδρα, αἱ οἰκίαι, οἱ βράχοι κ.λπ. Τὰ σώματα ταῦτα λέγομεν ὅτι ἡρεμοῦν. Ὡστε:

Ἐνα σῶμα κινεῖται ὅταν μεταβάλλῃ θέσεις εἰς τὸ διάστημα καὶ ἡρεμεῖ ὅταν διατηρῇ τὴν ἴδιαν συνεχῶς θέσιν.

§ 2. Φαινομενικὴ καὶ πραγματικὴ κίνησης. Πολλὰς φορές ἡ ἡρεμία διαφόρων σωμάτων εἶναι φαινομενικὴ, δὲν συμβαίνει δηλαδὴ καὶ εἰς τὴν πραγματικότητα. Οὕτως ἐνῶ τὰ ἀντικείμενα τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς ὅπως τὰ δένδρα, αἱ οἰκίαι, οἱ βράχοι κ.λπ. προκαλοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι ἡρεμοῦν καὶ εἶναι ἀκίνητα, εἰς τὴν πραγματικότητά κινοῦνται. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἡ Γῆ, εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὁποίας εἶναι στερεῶς προσκεκολλημένα τὰ σώματα αὐτά, κινεῖται, ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὸ διάστημα, καὶ τὰ παρασύρει εἰς τὴν κίνησίν της αὐτὴν, ἡ ὁποία δὲν μᾶς γίνεται ἀντιληπτὴ, διότι ἀπλούστατα δὲν ὑπάρχει πλησίον εἰς τὸν πλανῆτην μας ἐν ἀκίνητον σῶμα, διὰ νὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀποστάσεις μας ἀπὸ αὐτό. Ὡστε :

Ἡ ἡρεμία καὶ ἡ κίνησης εἶναι ἔννοιαι σχετικαί. Ἐνα σῶμα κινεῖται ἢ ἡρεμεῖ ὡς πρὸς ἓνα ἄλλον σῶμα, τὸ ὅποιον θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητον.

§ 3. Ἡ κίνησης εἰς τὸν μακρόκοσμον καὶ εἰς τὸν μικρόκοσμον. Μὲ τὰ σημερινὰ ἐπιστημονικὰ μέσα παρατηρήσεως εἶναι δυνατόν νὰ μελετήσωμεν καὶ ἐξερευνήσωμεν τὸν ἀπέραντον κόσμον τοῦ σύμπαντος (μακρόκοσμος) καὶ τὸν μικροσκοπικὸν κόσμον τῶν μορίων καὶ τῶν ἀτόμων τῆς ὕλης (μικρόκοσμος). Τὰ οὐράνια σώματα, πλανῆται, ἀπλανεῖς, κομηῆται, νεφελώματα κ.λπ. εὑρίσκονται εἰς μίαν ἀδιάκοπον κίνησησιν. Οἱ πλανῆται στρέφονται περίξ τῶν κεντρικῶν Ἡλίων. Οἱ κομηῆται ἄλλοτε περιφέρονται εἰς τὸ διάστημα καὶ ἄλλοτε προσκολλῶνται εἰς κάποιον Ἡλίον καὶ γίνονται μέλη τῆς πλανητικῆς τοῦ οἰκογενείας. Οἱ Ἡλιοὶ κινοῦνται παρασύροντες εἰς τὴν ἴδιαν τοὺς κίνησιν τοὺς πλανήτας, ἀπὸ τοὺς ὁποίους τυχὸν ἀκολουθοῦνται. Οὕτως

ἕκαστον οὐράνιον σῶμα λαμβάνει συγχρόνως μέρος εἰς πολλάς διαφορετικὰς κινήσεις.

Εἰς τὸν μικρόκοσμον ὅλαι αἱ διαπιστώσεις μας ὀδηγοῦν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὰ μόρια, τὰ ἄτομα, τὰ ἠλεκτρόνια κ.λπ. εὐρίσκονται εἰς μίαν ἀδιάκοπον καὶ περίπλοκον κίνησιν. Ὡστε :



Σχ. 1. Ὁ ἐκτινασσόμενος λίθος διαγράφει καμπύλην τροχίαν.

Εἰς τὴν Φύσιν ἡ κίνησις ἀποτελεῖ τὸν κανόνα, ἡ ἡρεμία τὴν ἐξαιρέσιν.

§ 4. Κινηματικὰ στοιχεῖα. Ὅρισμοί. Ὄταν ἓνα σῶμα κινῆται, ἀλλάζει διαδοχικῶς θέσεις εἰς τὸν χῶρον. Ἐὰν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς αὐτὰς θέσεις, θὰ λάβωμεν μίαν συνεχῆ γραμμὴν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται τροχιά τοῦ κινήτου. Ὄταν ἡ τροχιά εἶναι εὐθεῖα γραμμὴ, ἡ κίνησις ὀνομάζεται εὐθύγραμμος. Ὄταν ἡ τροχιά εἶναι καμπύλη γραμμὴ, ἡ κίνησις ὀνομάζεται καμπυλόγραμμος. Μερικὴ περίπτωσις τῆς καμπυλόγραμμου κινήσεως εἶναι ἡ κυκλικὴ κίνησις, ὅποτε τὸ κινήτὸν κινεῖται ἐπὶ περιφερείᾳ κύκλου.

Εὐθύγραμμον κίνησιν ἐκτελοῦν τὰ βαρῆα σῶματα ὅταν πίπτουν πρὸς τὴν Γῆν. Ἡ τροχιά ἐνὸς λίθου, τὸν ὁποῖον ἐξεσφενδονίσασαμε μὲ δύναμιν εἶναι καμπυλόγραμμος (σχ 1).

Κυκλικὴν κίνησιν ἐκτελοῦν τὰ διάφορα σημεῖα τῆς περιφερείας ἐνὸς στρεφομένου τροχοῦ. Τὸ μήκος τῆς τροχιάς τοῦ κινήτου, ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν τῆς κινήσεως μέχρι τὸ τέλος, λέγεται διάστημα καὶ παριστάνεται συμβολικῶς μὲ τὸ γράμμα s . Ἡ ἀφετηρία τῆς κινήσεως λέγεται καὶ ἀρχὴ τῶν διαστημάτων. Ἐνα κινήτὸν, διὰ νὰ διανύσῃ ἓνα ὀρισμένον τμήμα τῆς τροχιάς του, χρειάζεται χρόνον. Ὁ χρόνος μιᾶς κινήσεως μετρεῖται ἀπὸ τὴν ἔναρξιν τῆς κινήσεως μέχρι τὸ τέλος τῆς καὶ παριστάνεται μὲ τὸ γράμμα t .

§ 5. Εὐθύγραμμος ὁμαλὴ κίνησις. Αἱ κινήσεις, αἱ ὁποῖαι ἐκτελοῦνται ἐπὶ εὐθύγραμμου τροχιάς, δὲν εἶναι ὅλαι παρόμοιαι. Οὕτως αἱ κί-

νήσεις του σαλιγκάρου επάνω εις μίαν ευθείαν ράβδον, του ποδηλάτου εις ένα ευθύγραμμον τμήμα ενός δρόμου ή του σιδηροδρομικού συρμού επάνω εις ευθυγράμμους σιδηροτροχιάς, είναι πολύ διαφορετικά. Εάν όμως δεν λάβωμεν υπ' όψιν μας, πώς γίνεται ή μετάβασις από την κατάστασιν της ηρεμίας εις την κατάστασιν τής κινήσεως και διά την απλούστευσιν του πράγματος υποθέσωμεν ότι έκαστον από τὰ ανωτέρω τρία σώματα κινείται κατά τοιοῦτον τρόπον, ὥστε εις ἴσους χρόνους νά διανύη ἴσα διαστήματα, τότε ἐκτελοῦν τὴν ἀπλουστέραν ἀπὸ τὰς ευθυγράμμους κινήσεις. Ἐκτελοῦν ευθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν. Ὡστε :

Ἐνα κινητὸν ἐκτελεῖ ευθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, ὅταν κινῆται ἐπὶ ευθυγράμμου τροχιάς και διανύη εις ἴσους χρόνους ἴσα διαστήματα.

Εἰς τὸ δεξιὸν τῶν μεγάλων αὐτοκινητοδρόμων ὑπάρχουν κατὰ ἴσας ἀποστάσεις, 1000 m συνήθως, μικραὶ ἐκ τσιμέντου ή μαρμάρου πυραμίδες, ἐπάνω εις τὰς ὁποίας ἀναγράφονται εις χιλιόμετρα, αἱ ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν. Ἄν ἓνα αὐτοκίνητον κινῆται ἐπάνω εις τὸν αὐτοκινητόδρομον και εις ἓνα μέγαν ευθύγραμμον τμήμα τοῦ δρόμου οὕτως, ὥστε ὁ δείκτης τοῦ ταχυμέτρου του νά παραμένη εις τὴν ἰδίαν πάντοτε θέσιν, τὸ ὄχημα θά χρειάζεται τὸν ἴδιον πάντοτε χρόνον, διὰ νά διανύσῃ τὴν ἀπόστασιν, ή ὁποία χωρίζει δύο πυραμίδας, ἔστω 1 πρῶτον λεπτόν. Τὸ αὐτοκίνητον αὐτὸ ἐκτελεῖ τότε ευθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, ἐφ' ὅσον συνεχίζει τὴν κίνησιν του ὑπὸ τὰς ἰδίας συνθήκας.

§ 6. Ταχύτης. Ὁ ρυθμὸς μετὸν ὁποῖον ἐκτελεῖται μία κίνησις, ἂν γίνεται δηλαδὴ βραδέως ή ταχέως, χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἓνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ταχύτης και παριστᾶται μετὸ γράμμα υ. Ἡ ταχύτης εὐρίσκεται εις ἄμεσον συσχετισμὸν μετὸ διάστημα και τὸν χρόνον, ὁ ὁποῖος ἀπητήθη διὰ νά διανυθῇ τὸ διάστημα τοῦτο. Ὡστε :

Εἰς τὴν ευθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν ὀρίζομεν ὡς ταχύτητα υ τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s πρὸς τὸν χρόνον t, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου διενύθη τὸ διάστημα αὐτό.

$$\text{ταχύτης} = \frac{\text{διανηθέν διάστημα}}{\text{ἀπαιτηθείς χρόνος}}$$

$$v = \frac{s}{t}$$



Σχ. 2. Ἡ ταχύτης ὀρίζεται ὡς πηλίκον τοῦ διαστήματος πρὸς τὸν χρόνον, ἐντὸς τοῦ ὁποίου διηνύθη. Τὸ αὐτοκίνητον τοῦ σχήματος ἔχει ταχύτητα 100 m sec.

Διὰ νὰ προσδιορίσωμεν λοιπὸν τὴν ταχύτητα ἐνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, πρέπει νὰ μετρήσωμεν ἓνα μῆκος καὶ ἓναν χρόνον· τὸν χρόνον τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη τὸ κινητὸν

διὰ νὰ διατρέξῃ αὐτὸ τὸ μῆκος (σχ. 2). Τὸ πηλίκον τῶν δύο αὐτῶν μετρήσεων μᾶς δίδει τὴν ταχύτητα τοῦ κινητοῦ, ἢ ὅποια — καὶ αὐτὸ εἶναι χαρακτηριστικὸν διὰ τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν — δὲν ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος τοῦ διαστήματος, τὸ ὁποῖον ἐμετρήσαμε ἢ ἀπὸ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὁποίου διηνύθη τὸ διάστημα αὐτό.

Μονάδες ταχύτητος. Ὅταν τὸ διάστημα μετρηθῇ εἰς μέτρα καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, μονὰς ταχύτητος εἶναι τὸ :

1 μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 m/sec)

Ἡ μονὰς αὕτη ἀνήκει εἰς τὰ συστήματα M.K.S καὶ Τεχνικὸν Σύστημα.

Ἄν ὅμως τὸ διάστημα μετρηθῇ εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ ὁ χρόνος εἰς δευτερόλεπτα, τότε μονὰς ταχύτητος εἶναι τὸ :

1 ἑκατοστόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 cm/sec)

Ἡ μονὰς αὕτη ἀνήκει εἰς τὸ Σύστημα C.G.S.

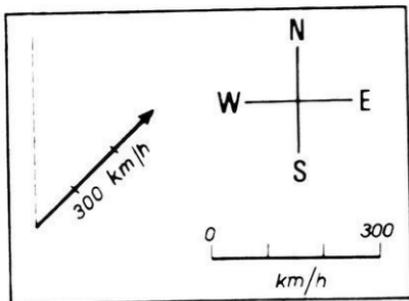
Διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς πρακτικῆς ζωῆς χρησιμοποιοῦμεν ὡς μονάδα ταχύτητος τὸ :

1 χιλιόμετρον ἀνὰ ὥραν (1 km/h)

Οὕτως ὅταν λέγωμεν ὅτι ἡ ταχύτης ἐνὸς αὐτοκινήτου εἶναι 60 km/h, ἐννοοῦμεν ὅτι τὸ αὐτοκίνητον αὐτὸ ἐντὸς χρόνου μιᾶς ὥρας διανύει διάστημα 60 km.

Ἡ ταχύτης τῶν πλοίων ἐκφράζεται εἰς κόμβους. Εἶναι δέ :

1 κόμβος = 1 ναυτικὸν μίλιον ἀνὰ ὥραν



Σχ. 3. Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος. Εἰς τὸ σχῆμα ἔχει μέτρον 300 km/h καὶ φοράν βορειοανατολικήν.

τικὴν τιμὴν τῆς ταχύτητός του—κοινήν καὶ διὰ τὰ τέσσαρα αὐτοκίνητα—πρέπει νὰ δηλώσωμεν καὶ τὴν φοράν τῆς οὕτως, ὥστε νὰ καθορίσωμεν μὲ ἀκρίβειαν διὰ ποῖον ἀπὸ τὰ τέσσαρα αὐτοκίνητα ὁμιλῶμεν.

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν ἐπίσης τὸ πρᾶγμα, ἄς ἐπεξηγήσωμεν τί σημαίνει ἡ δῆλωσις : «Ἐνα ἀεροπλάνον διήλθεν ἰπτάμενον μὲ ταχύτητα 500 km/h ἐπάνω ἀπὸ τὸ παρατηρητήριον». Εἶναι φανερόν ὅτι ἡ κίνησις τοῦ ἀεροπλάνου δὲν καθορίζεται μὲ σαφήνειαν, διότι δὲν ἀναφέρεται ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορά τῆς κινήσεώς του.

Ἡ ταχύτης ἀνήκει, λοιπόν, εἰς τὰ φυσικὰ ἐκεῖνα μεγέθη, τὰ ὁποῖα χρειάζονται διὰ τὸν πλήρη καθορισμὸν τῶν, τὴν ἔνδειξιν ἑνὸς μέτρου, μιᾶς διεύθυνσεως καὶ μιᾶς φορᾶς (σχ. 3). Ὡστε :

Ἡ ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.

§ 8. Νόμοι τῆς εὐθύγραμμου ὁμαλῆς κινήσεως. α) Νόμος τῆς ταχύτητος. Εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος παραμένει σταθερὸν κατὰ τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φοράν.

β) Νόμος τοῦ διαστήματος. Ἄν ἐπιλύσωμεν τὸν τύπον τῆς ταχύτητος ὡς πρὸς s λαμβάνομεν :

$$s = v \cdot t$$

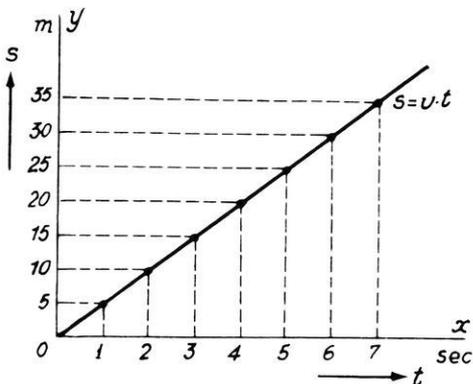
Ὡστε :

Κατὰ τὴν εὐθύγραμμον καὶ ὁμαλὴν κίνησιν, τὰ διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς ὁποίους διηγήθησαν.

§ 9. Διαγράμματα εὐθυγράμμου ὁμαλῆς κινήσεως. α) Διάγραμμα διαστήματος - χρόνου.

Διὰ νὰ παραστήσωμεν γραφικῶς τὴν σχέσιν τῆς μεταβολῆς τοῦ διαστήματος ὡς πρὸς τὸν χρόνον, θεωροῦμεν μίαν οἰανδήποτε εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν μὲ τυχοῦσαν ταχύτητα v , ἴσην ἔστω πρὸς 5 m/sec . Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ τύπου $s = v \cdot t$, ὑπολογίζομεν τὰ διαστήματα, τὰ ὁποῖα διανύονται ἀπὸ τὸ κινητὸν εἰς χρόνους 0 sec. , 1 sec. , 2 sec. , 3 sec. κ.λπ. καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα μετρήσεων :

t εἰς sec	0	1	2	3	4	5	6	7
s εἰς m	0	5	10	15	20	25	30	35

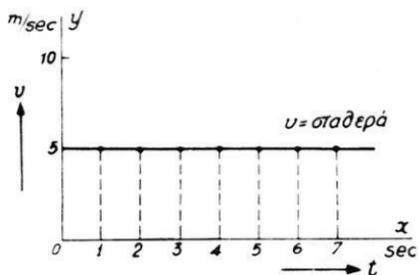


Σχ. 4. Διάγραμμα διαστήματος-χρόνου. Εὐθεία γραμμὴ διερχομένη ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων.

Λαμβάνομεν ἤδη δύο ὀρθογωνίους ἄξονας καὶ εἰς τὸν ὀριζόντιον Ox ἀναφέρομεν τοὺς χρόνους (sec), ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον Oy τὰ διαστήματα (m). Ὁ Ox εἶναι ὁ ἄξων τῶν χρόνων καὶ ὁ Oy ὁ ἄξων τῶν διαστημάτων. Ἐκλέγομεν κατάλληλον κλίμακα ἀντιστοιχίας δι' ἕκαστον ἄξονα, διὰ τὸν Ox π.χ. 1 cm διὰ 1 sec καὶ διὰ τὸν Oy 1 cm διὰ 5 m . Ἀκολουθῶς ὀρίζομεν τὰ παραστατικά σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου τὰ ὁποῖα ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰ ζεύγη $(0 \text{ sec}, 0 \text{ m})$, $(1 \text{ sec}, 5 \text{ m})$, $(2 \text{ sec}, 10 \text{ m})$, $(3 \text{ sec}, 15 \text{ m})$ κ.λπ. Τέλος ἐνώνομεν μὲ συνεχῆ γραμμὴν τὰ παραστατικά αὐτὰ σημεῖα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ γραμμὴ αὐτὴ εἶναι εὐθεία, ἢ ὁποῖα διέρχεται ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων (σχ. 4). "Ὡστε :

Τὸ διάγραμμα τοῦ διαστήματος, ὡς πρὸς τὸν χρόνον, εἰς τὴν εὐθύγραμμον ὁμαλὴν κίνησιν, εἶναι εὐθεία γραμμὴ, ἢ ὁποῖα διέρχεται ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῶν ἀξόνων.

β) Διάγραμμα ταχύτητος - χρόνου. Λαμβάνομεν καὶ πάλιν δύο ὀρθογωνίους ἄξονας, τὸν ὀριζόντιον Ox , ἄξονα τῶν χρόνων, καὶ τὸν κατακόρυφον Oy , ἄξονα τῶν ταχυτήτων, καὶ ὀρίζομεν καταλλήλους κλίμακας ἀντιστοιχίας εἰς τοὺς δύο ἄξονας, ἔστω 1 cm διὰ 1 sec καὶ 3 cm



Σχ. 5. Διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου. Εύθεια παράλληλος προς τον άξονα των χρόνων.

χυτήτων και εις την ένδειξιν 5 m/sec του άξονος (σχ. 5). Ωστε :

διά 5 m/sec. Έφ' όσον ή ταχύτης παραμένει σταθερά και ίση προς 5 m/sec, τὰ διάφορα παραστατικά σημεία του επιπέδου (1 sec, 5 m/sec), (2 sec, 5 m/sec), (3 sec, 5 m/sec) κ.λπ. θά προβάλλωνται εις τον άξονα των ταχυτήτων, εις τὸ σημείον τὸ αντίστοιχόν εις την ένδειξιν 5 m/sec. Έπομένως θά εύρίσκωνται επάνω εις μίαν εύθειαν κάθετον προς τον άξονα των τα-

Τὸ διάγραμμα τῆς ταχύτητος ὡς προς τον χρόνον είναι, εις την εὐθύγραμμον ὁμαλήν κίνησιν, εύθεια παράλληλος προς τον άξονα των χρόνων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Όταν ένα σώμα αλλάζει θέσιν εις τὸ διάστημα, σχετικῶς προς ένα άλλο σώμα, λέγομεν ὅτι τὸ σώμα αὐτὸ κινεῖται. Τὸ σώμα ἡρεμεῖ ὅταν διατηρῆ συνεχῶς την ἰδίαν θέσιν. Ἡ ἡρεμία ἐπομένως και ἡ κίνησις είναι ἔννοιαι σχετικαὶ και ἀποκοτῶν περιεχόμενον, ὅταν τὰς ἀναφέρωμεν εις σώματα, τὰ ὅποια θεωροῦμεν ὡς ἀκίνητα. Προσεκτικαὶ και λεπτομερεῖς παρατηρήσεις δεικνύουν ὅτι εις την Φύσιν ἡ κίνησις είναι ὁ κανὼν και ἡ ἡρεμία ἡ ἐξαιρέσις.

2. Εἰς ένα κινούμενον σώμα διακρίνομεν : α) τὴν τροχιάν, τὴν συνεχῆ δηλαδὴ γραμμὴν, τὴν ὁποίαν λαμβάνομεν, ὅταν ἐνώσωμεν τὰς διαδοχικὰς θέσεις του κινήτου εις τὸ διάστημα, και ἡ ὁποία δύναται νὰ εἶναι εὐθύγραμμος, καμπυλόγραμμος κ.λπ., β) τὸ διάστημα s , τὸ μῆκος δηλαδὴ τῆς τροχιάς ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν τῆς κινήσεως ὡς τὸ τέρμα αὐτῆς, γ) τὸν χρόνον t , τὸν ὅποιον ἐχρειάσθη τὸ κινήτὸν διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα s .

3. Όταν τὸ κινήτὸν ἔχη εὐθύγραμμον τροχιάν και ἐνῶ κι-

νεΐται, διανύει εις ίςους χρόνους ίσα διαστήματα, λέγομεν οτι εκτελει εϋθύγραμμον ομαλήν κίνησιν.

4. Ή ταχύτης v , εις την εϋθύγραμμον ομαλήν κίνησιν, ορίζομεν τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος s , τὸ ὁποῖον διηνύθη ἐντὸς χρόνου t , πρὸς τὸν χρόνον t . Ἐπομένως ἔχομεν ὅτι :

$$v = \frac{s}{t}$$

5. Ή ταχύτης μετρεΐται εις m/sec ἢ εις cm/sec . Εἰς τὴν πρακτικὴν ζωὴν μετρεΐται εις km/h , ἐνῶ ἡ ταχύτης τῶν πλοίων ἐκφράζεται εις κόμβους, εις ναυτικά, δηλαδή, μίλια ἀνά ὥραν.

6. Ἄν λύσωμεν τὸν τύπον τῆς ταχύτητος ὡς πρὸς s λαμβάνομεν : $s = v \cdot t$.

7. Ὁ ἴδιος τύπος ὅταν λυθῆ ὡς πρὸς t δίδει : $t = s/v$.

8. Ή ταχύτης εἶναι διανυσματικὸν μέγεθος.

9. Εἰς τὴν εϋθύγραμμον ομαλήν κίνησιν ἰσχύουν οἱ ἐξῆς δύο νόμοι : α) τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος παραμένει σταθερόν, β) τὰ διανύμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς χρόνους κατὰ τοὺς ὁποίους διηνύθησαν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

1. Μία ἄμαξα διανύει $43,2 km$ εις 3 ὥρας. Ποία εἶναι ἡ ταχύτης αὐτῆς εις m/sec .
(*Ἀπ. $4 m/sec$).

2. Ἐνας ποδηλάτης διανύει εις 4 ὥρας διάστημα $46 km$. α) Πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ ποδηλάτου. β) Πόσον διάστημα διανύει εις $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ ὥρας. γ) Νὰ παραστήσητε γραφικῶς τὴν σχέσιν μεταξὺ ταχύτητος καὶ χρόνου, δ) διαστήματος καὶ χρόνου. (*Ἀπ. α' $11,5 km/h$. β' $11,5 km, 23 km, 34,5 km, 46 km, 57,5 km, 69 km, 80,5 km, 92 km$).

3. Ἡ μέση ἀπόστασις Σελήνης—Γῆς εἶναι $384.000 km$. Πόσον χρόνον θὰ ἐχρειάζετο μία σφαῖρα πυροβόλου ὄπλου διὰ νὰ φθάσῃ εις τὴν Σελήνην, ἐὰν διέτρηε σταθερὰν τὴν ἀρχικὴν τῆς ταχύτητα, ἴσην μὲ $800 m/sec$ (*Ἀπ. 5 ἡμέρας, 13 ὥρας, 20 πρῶτα λεπτά).

4. Πόσον χρόνον χρειάζεται τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον ἔχει ταχύτητα $300.000 km/sec$, διὰ νὰ φθάσῃ ἀπὸ τὸν ἥλιον εις τὴν Γῆν, ἂν ἡ ἀπόστασις τῶν δύο ἄστρων εἶναι $150.000.000 km$.
(*Ἀπ. $8 min$ καὶ $20 sec$).

5 Δύο ποδηλάται κινούνται υπό ταχύτητας $18\ 325\ m/h$ και $18\ 328\ m/h$, είναι δέ προσδεμένοι με σχοινίον-μήκους $5\ m$. Πόσον χρόνον θά κινούνται οί ποδηλάται μέχρις ὅτου ἐκταθῆ τὸ σχοινίον, ἂν κατὰ τὴν ἐκκίνησιν, ὁ ἕνας εὐρίσκετο πλησίον τοῦ ἄλλου. ('Απ. $1\ h\ 40\ min$).

6. Εἰς πόσον χρόνον διατρέχει ἕνας σερμὸς μήκους $120\ m$, ὁ ὁποῖος κινεῖται με ταχύτητα $18\ m/sec$, μίαν γέφυραν μήκους $600\ m$. ('Απ. $40\ sec$.)

7. Ἀμαξοστοιχία πρόκειται νὰ ἀνατιναχθῆ εἰς σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον ἡ ταχύτης της ἀνέρχεται εἰς $72\ km/h$. Τὸ βραδύκανστον πυραγωγὸν σχοινίον με τὸ ὅποιον θά γίνῃ ἡ ἀνάφλεξις τῆς ἐκρηκτικῆς ὕλης, ἔχει μήκος $50\ cm$ καὶ καίεται ὑπὸ ταχύτητα $5\ cm/sec$. Πόση ἀπόστασις πρέπει νὰ χωρίζῃ τὴν ἀμαξοστοιχίαν ἀπὸ τὸ συναργεῖον ἀνατινάξεως τὴν στιγμὴν τῆς πυροδοτήσεως, ὥστε ἡ ἔκρηξις νὰ συμβῆ, ὅταν ἡ ἀτμομηχανὴ φθάσῃ ἐπάνω ἀπὸ τὴν ἐκρηκτικὴν ὕλην. ('Απ. $200\ m$.)

8. Ἀπὸ δύο τόπους οἵτινες ἀπέχουν $12\ km$ ἐκκινοῦν συγχρόνως, διὰ νὰ συναντηθοῦν, ἕνας ποδηλάτης καὶ ἕνας πεζός. Αἱ ταχύτητες εἶναι $15\ km/h$ τοῦ ποδηλάτου καὶ $5\ km/h$ τοῦ πεζοῦ. Πότε θά συναντηθοῦν καὶ ποῦ εὐρίσκεται τὸ σημεῖον συναντήσεώς των. ('Απ. α' $36\ β'$ $9\ km$ ἀπὸ τὴν ἀφετηρίαν τοῦ ποδηλάτου.)

Β' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΟΜΑΛΩΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

§ 10. Μεταβαλλομένη κίνησις. Ἐστω ὅτι ταξιδεύομεν ἀπὸ τὰς Ἀθήνας πρὸς τὴν Θεσσαλονίκην καὶ καταγράφομεν, εἰς διαφόρους χρονικὰς στιγμάς, τὰς ταχύτητας, τὰς ὁποίας δεικνύει τὸ ταχύμετρον τοῦ αὐτοκινήτου μας. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δεικτὴς τοῦ ταχυμέτρου δὲν παραμένει συνεχῶς εἰς μίαν ὀρισμένην ὑποδιαίρεσιν. Οὕτως ἡ ταχύτης εἶναι σχετικῶς μεγάλη εἰς τὰ εὐθύγραμμα τμήματα τοῦ δρόμου καὶ μικροτέρα εἰς τὰς στροφὰς καὶ εἰς τὰς διασταυρώσεις. Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι τὸ αὐτοκίνητον μας δὲν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα διαστήματα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ κίνησις τοῦ αὐτοκινήτου δὲν εἶναι ὀμαλὴ ἀλλὰ μεταβαλλομένη. Ὡστε :

Ἐνα κινητόν, τὸ ὅποιον δὲν διατηρεῖ σταθερὰν ταχύτητα (κατὰ τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν ἢ τὴν φοράν) ἐνόσω διαρκεῖ ἡ κίνησις του, ἔκτελει μεταβαλλομένην κίνησιν.

§ 11. Μέση ταχύτης. Ἡ ἀπόστασις Ἀθηνῶν - Θεσσαλονίκης εἶναι

500 περίπου χιλιόμετρα και τὸ αὐτοκίνητόν μας, κινούμενον μὲ μεταβαλλομένην κίνησιν, διανύει τὴν ἀπόστασιν αὐτὴν, ἔστω εἰς 10 ὥρας.

Ἐὰς φαντασθῶμεν ὅτι ἓνα ἄλλον αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὰς Ἀθήνας ταυτοχρόνως μὲ τὸ ἰδικόν μας καί, κινούμενον μὲ ταχύτητα σταθεροῦ μέτρου, φθάνει συγχρόνως μὲ ἡμᾶς εἰς τὴν Θεσσαλονίκην. Ἡ ταχύτης τοῦ δευτέρου αὐτοῦ αὐτοκινήτου, ἣτις θὰ ἔχη σταθερὸν μέτρον:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{500 \text{ km}}{10 \text{ h}} = 50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

λέγεται μέση ταχύτης τοῦ ἰδικοῦ μας αὐτοκινήτου, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν. Ὡστε :

Μέση ταχύτης ἑνὸς κινήτου, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν, ὀνομάζεται ἢ σταθερὰ ταχύτης ἑνὸς ἄλλου κινήτου, διανύοντος τὸ αὐτὸ διάστημα μὲ τὸ πρῶτον κινήτον καὶ εἰς τὸν ἴδιον μὲ ἐκεῖνον χρόνον.

§ 12. Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις. Ἐπιτάχυνσις.

Αἱ περισσότεραι κινήσεις, τὰς ὁποίας παρατηροῦμεν εἰς τὴν Φύσιν, εἶναι μεταβαλλόμεναι. Ὄταν ἐκκινή ἓνα αὐτοκίνητον, ἀρχικῶς ἡ ταχύτης του εἶναι πολὺ μικρά· ἀπὸ δευτερολέπτου εἰς δευτερολέπτον, ὅμως, μεγαλώνει καὶ τελικῶς σταθεροποιεῖται εἰς μίαν ὠρισμένην τιμὴν. Μέχρις ὅτου ἀποκτήσῃ σταθερὰν ταχύτητα τὸ αὐτοκίνητον, ἐκτελεῖ ἐπιταχυνομένην κίνησιν.

Ἀντιστρόφως, ὅταν τὸ ὄχημα πρέπει νὰ σταματήσῃ, ἡ ἀκίνητοποίησις δὲν γίνεται ἀποτόμως. Ὁ ὀδηγὸς χρησιμοποιοῦν καταλλήλως τὰς τροχοπέδας, ἐλαττώνει προοδευτικῶς τὴν ταχύτητα καὶ τελικῶς τὴν μηδενίζει. Ἀπὸ τὴν χρονικὴν στιγμήν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀρχίζει ἡ ἐλάττωσις τῆς ταχύτητος, μέχρις ὅτου τὸ ὄχημα ἠρεμήσῃ, ἐκτελεῖ ἐπιβραδυνομένην κίνησιν.

Ἡ ἐπιταχυνομένη καὶ ἡ ἐπιβραδυνομένη κίνησις εἶναι δύο περιπτώσεις μεταβαλλομένης κινήσεως.

Ὅπως ἀνεφέραμεν εἰς προηγουμένην παράγραφον, εἰς τὴν μεταβαλλομένην κίνησιν τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος δὲν παραμένει σταθερόν, ἀλλὰ μεταβάλλεται. Ἐνα διάνυσμα ὅμως δύναται νὰ μεταβληθῇ

κατά τρεις τρόπους : α) με μεταβολήν τοῦ μέτρου του, β) με μεταβολήν τῆς φορᾶς του, γ) με σύγχρονον μεταβολήν μέτρου καί φορᾶς.

Ἄπο τὰς τρεῖς περιπτώσεις μεταβολῆς τοῦ διανύσματος τῆς ταχύτητος θά περιορισθῶμεν εἰς ἐκείνην, κατὰ τὴν ὁποίαν μεταβάλλεται μόνον τὸ μέτρον, ἐνῶ ἡ διεύθυνσις καί ἡ φορὰ διατηροῦνται σταθεραί. Αὐτὸ συμβαίνει π.χ. εἰς ἓνα αὐτοκίνητον, κινούμενον εἰς ἓνα εὐθύγραμμον δρόμον. Καί εἰς αὐτὴν ὁμως τὴν περίπτωσιν ὑπάρχουν πολλαὶ δυνατότητες. Ἡμεῖς θά ἀρκεσθῶμεν εἰς τὴν εἰδικήν ἐκείνην ὑποπερίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης μεταβάλλεται εἰς ἴσους χρόνους κατὰ τὸ αὐτὸ μέτρον. Εἰς χρόνους, π.χ. ἀνά 5 sec, μεταβάλλεται πάντοτε κατὰ 12 m/sec. Ἡ κίνησις αὐτὴ ὀνομάζεται τότε εὐθύγραμμος ὀμαλῶς μεταβαλλομένη. Ὡστε :

Εὐθύγραμμος ὀμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι ἡ εὐθύγραμμος ἐκείνη κίνησις κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ταχύτης ὑφίσταται τὴν αὐτὴν κατὰ μέτρον μεταβολήν εἰς ἴσους χρόνους.

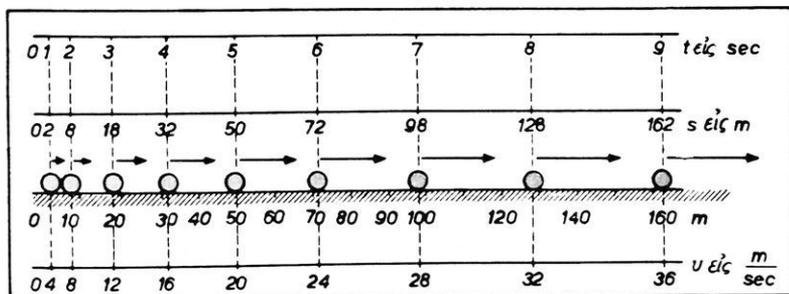
Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι θετικὴ, ὅποτε ἡ ταχύτης ὑφίσταται συνεχῆ αὐξήσιν, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὀμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις. Ἐὰν ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι ἀρνητικὴ, ὅποτε ἡ ταχύτης ἐλαττοῦται ἀδιακόπως, ἡ κίνησις λέγεται εὐθύγραμμος ὀμαλῶς ἐπιβραδυνομένη κίνησις.

Ἡ εὐθύγραμμος ὀμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι δυνατόν νὰ περιγραφῆ με ἀκρίβειαν, ἂν χρησιμοποιήσωμεν ἓνα νέον φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις καί παριστᾶται με τὸ γράμμα γ .

Ὅριζομεν ὡς ἐπιτάχυνσιν γ μιᾶς εὐθυγράμμου καὶ ὀμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως, τὸ πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος πρὸς τὸν χρόνον, κατὰ τὸν ὁποῖον συνετελέσθη ἡ μεταβολὴ αὐτὴ.

Ἄν ἐπομένως ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος $t=5$ sec, ἡ ταχύτης μετεβλήθη ἀπὸ τὴν τιμὴν $v_1=0$ m/sec εἰς τὴν τιμὴν $v_2=20$ m/sec, (σχ. 6), ἐπειδὴ ἡ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἶναι :

$v_2-v_1=20$ m/sec— 0 m/sec= 20 m/sec ἡ ἐπιτάχυνσις γ θά εἶναι ἴση πρὸς :



Σχ. 6. Εύθυγραμμος ομαλώς επιταχυνόμενη κίνησης σφαίρας με σταθεράν επιτάχυνση $\gamma = 4 \text{ m/sec}$. Δεικνύεται ή σχέσις χρόνου, διαστήματος και ταχύτητος.

$$\gamma = \frac{v_2 - v_1}{t} = \frac{20 \text{ m/sec}}{5 \text{ sec}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{sec} \cdot \text{sec}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2}$$

Έχουμε συνεπώς την έξης έκφραση της επιτάχυνσεως :

$$\text{επιτάχυνσις} = \frac{\text{μεταβολή τής ταχύτητος}}{\text{απαιτηθείς χρόνος}}$$

ή :

$$\gamma = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

Μονάδες επιταχύνσεως. Όταν ή ταχύτης μετρηται εις μέτρα ανά δευτερόλεπτον και ό χρόνος εις δευτερόλεπτα, μονάς επιταχύνσεως είναι τό :

1 μετρον ανά δευτερόλεπτον τετράγωνον (1 m/sec²)

Αυτό σημαίνει ότι ή μεταβολή τής ταχύτητος είναι 1 m/sec εις έκαστον δευτερόλεπτον.

Ή μονάς αυτή ανήκει εις τὰ συστήματα M.K.S. και Τεχνικόν Σύστημα.

Χρησιμοποιούμεν επίσης και την μονάδα :

1 έκαστομέτρον ανά δευτερόλεπτον τετράγωνον (1 cm/sec²).

Ή μονάς αυτή ανήκει εις τό σύστημα C.G.S.

Ό άνθρωπιнос οργανισμός ύποφέρει τας μεγάλας ταχύτητας, δέν

ἀντέχει ὁμως εἰς τὰς μεγάλας ἐπιταχύνσεις. Ὄταν ὁ ἄνθρωπος κινῆται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὕψους του, ὑποφέρει ἐπιταχύνσεις μέχρι 40 m/sec^2 , διὰ πολὺ μικρὰ δὲ χρονικὰ διαστήματα καὶ μέχρις 180 m/sec^2 . Διὰ μεγαλυτέρας τιμᾶς ἐπιταχύνσεων συμβαίνει θραύσις τῆς σπονδυλικῆς στήλης.

Ἐπιταχύνσεις κάθετοι πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὕψους του, εἶναι εὐκολώτερον ἀνεκταὶ ἀπὸ τὸν ἄνθρωπον. Μετρήσεις καὶ πειράματα ἔδειξαν ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ ἄνθρωπος δύναται νὰ ἀνθέξῃ ἐπιταχύνσεις μέχρις 120 m/sec^2 , διὰ πολλὰ λεπτά, χωρὶς νὰ ὑποστῇ βλάβας τὸ κυκλοφοριακὸν σύστημα ἢ νὰ συμβῆ ἀπώλεια τῶν αἰσθήσεων.

§ 13. Νόμοι τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως. Πειραματικῶς εὐρέθησαν οἱ ἐξῆς δύο νόμοι τῆς ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως.

α) Νόμος τῶν ταχυτήτων. Αἱ ταχύτητες εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς ὁποίους ἀπεκτήθησαν.

Ὁ νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$v = \gamma \cdot t$$

ὅπου γ εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως, t ὁ χρόνος διαρκείας τῆς κινήσεως καὶ v ἡ ταχύτης τοῦ κινήτου κατὰ τὸ τέλος τοῦ χρόνου t .

β) Νόμος τῶν διαστημάτων. Τὰ διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων, κατὰ τοὺς ὁποίους διηλύθησαν.

Ὁ νόμος αὐτὸς διατυπώνεται καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$s = \frac{1}{2} \gamma \cdot t^2$$

ὅπου γ εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως, t ὁ χρόνος διαρκείας τῆς κινήσεως καὶ s τὸ διάστημα, τὸ ὅποιον διηλύθη εἰς τὸν χρόνον αὐτόν.

Σημείωσις. Οἱ ἀνωτέρω δύο τύποι ἰσχύουν διὰ τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κινητὸν ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν, μὲ ἀρχικὴν δηλαδὴ ταχύτητα μηδενικὴν.

§ 14. Ἐλευθέρα πτώσις τῶν σωμάτων. Πείραμα 1. Ἀφίνομεν νὰ πέσουν ταυτοχρόνως εἰς τὸ ἔδαφος, ἀπὸ ἓνα ὠρισμένον ὕψος, ἓνας

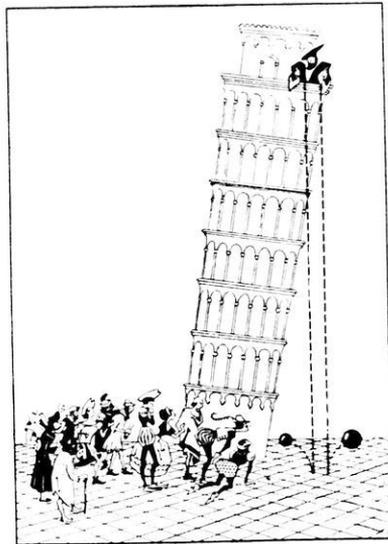
λίθος, ένα πτερὸν καὶ ἓνα φύλλον χάρτου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ τρία αὐτὰ σώματα φθάνουν εἰς διαφορετικούς χρόνους εἰς τὸ ἔδαφος, μάλιστα δὲ πρῶτος ὁ λίθος καὶ τελευταῖον τὸ φύλλον χάρτου. Οὕτω μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωση, ὅτι ἡ ἐλευθέρα πτώσις γίνεται μὲ διαφορετικὸν ρυθμὸν διὰ τὰ διάφορα σώματα καὶ σχηματίζομεν τὴν σφαλερὰν ἐντύπωσιν ὅτι τὰ βαρύτερα σώματα πίπτουν ταχύτερον πρὸς τὴν Γῆν.

Ὁ Γαλιλαῖος ἔδειξε πρῶτος ὅτι αὐτὸ δὲν εἶναι ἀληθές (σχ. 7), μολονότι δὲν δύναται κανεὶς νὰ ἀμφισβητήσῃ τὴν ὀρθότητα τῆς παρατηρήσεως. Πραγματικῶς, ὅπως ἀπέδειξε ὁ Γαλιλαῖος, εἰς τὴν περίπτωση ἐλευθέρου πτώσεως, ἡ κίνησις δηλαδὴ τῶν διαφόρων σωμάτων πρὸς τὴν Γῆν, ὅταν τὰ σώματα ἀφεθοῦν ἐλεύθερα, ἐμποδίζεται ἀπὸ ἐξωτερικούς παράγοντας.

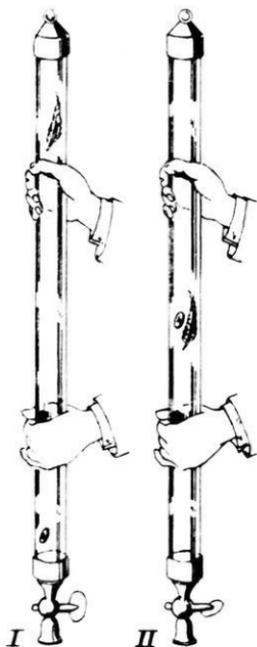
Ὅπως γνωρίζομεν, ἡ πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι ἀποτέλεσμα τῆς ἐλκτικής δυνάμεως τὴν ὁποῖαν ἀσκεῖ ἐπ' αὐτῶν ὁ πλανήτης μας, ἔλκων αὐτὰ πρὸς τὸ κέντρον του. Ἄν ὅμως θελήσωμεν νὰ μελετήσωμεν τὴν κίνησιν, τὴν ὁποῖαν προκαλεῖ ἡ ἔλξις αὐτή, πρέπει νὰ ἐξουδετερώσωμεν τὰ αἷτια τὰ ὁποῖα τὴν ἀλλοιώνουν, κυριώτερον ἀπὸ τὰ ὁποῖα εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος.

Πείραμα 2. Ὁ μεγάλος Ἄγγλος Μαθηματικὸς καὶ Φυσικὸς Νεύτων (Newton, 1642-1727) ἐξετέλεσε τὸ ἀκόλουθον πείραμα.

Ἐντὸς ὑαλίνου κυλινδρικοῦ σωλῆνος μήκους 2 m περίπου, ὁ ὁποῖος εἶναι κλειστὸς εἰς τὰ δύο ἄκρα του, εἰσάγονται διάφορα σώματα, ὅπως π.χ. ἓνα πτερὸν καὶ ἓνα νόμισμα (σχ. 8, I). Ἐάν ἐντὸς τοῦ σωλῆνος ὑπάρχῃ ἀήρ καὶ ἀναστρέψωμεν ἀποτόμως τὸν σωλῆνα, θὰ παρατηρή-



Σχ. 7. Ὁ Γαλιλαῖος ἐμελέτησε πρῶτος τοὺς νόμους τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων. Πρὸς τοῦτο ἄφησε νὰ πέσουν ἐλευθέρως βαρεῖαι σφαῖραι ἀπὸ τὸν πύργον τῆς Πίζης.



Σχ. 8. Μὲ τὸν σωλῆνα τοῦ Νεύτωνος ἀποδεικνύομεν τὴν σύγχρονον πτώσιν τῶν σωμάτων.

§ 16. Τύποι τῆς ἐλευθέρως πτώσεως τῶν σωμάτων. Ἐφ' ὅσον ἡ ἐλευθέρως πτώσιν τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνόμενη κίνησις μὲ ἐπιτάχυνσιν g , αἱ ταχύτητες τῆς κινήσεως αὐτῆς, κατὰ τοὺς διαφόρους χρόνους τῆς πτώσεως, θὰ δίδωνται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$v = g \cdot t$$

ἐνῶ τὰ διαστήματα, τὰ διανυόμενα κατὰ τοὺς ἀντιστοίχους χρόνους t , ἀπὸ τὴν ἔναρξιν τῆς πτώσεως, θὰ παρέχωνται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2.$$

Ἔστω :

Ἡ ἐλευθέρως πτώσιν τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ὁμαλῶς

σομεν ὅτι τὰ δύο σώματα δὲν πίπτουν ταυτοχρόνως, τελευταῖον δὲ πίπτει τὸ πτερόν. Ἄν ὁμως συνδέσωμεν τὸ στόμιον τοῦ σωλῆνος, τὸ ὁποῖον εἶναι ἐφωδιασμένον μὲ στρόφιγγα, μὲ μίαν ἀεραντλίαν καί, ἀφοῦ ἀφαιρέσωμεν τὸν ἀέρα, ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὰ δύο σώματα πίπτουν ταυτοχρόνως καὶ φθάνουν συγχρόνως εἰς τὸν πυθμένα (σχ. 8,II). Ἔστω :

Εἰς τὸ κενὸν ὅλα τὰ σώματα πίπτουν συγχρόνως.

§ 15. Ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος. Ἡ ἐλευθέρως πτώσιν τῶν σωμάτων εἶναι, ὅπως ἀποδεικνύεται, περίπτωσις εὐθύγραμμου καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως.

Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς κινήσεως αὐτῆς ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος καὶ παρίσταται μὲ τὸ γράμμα g .

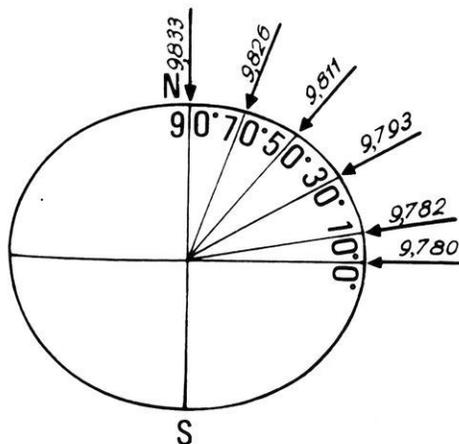
Μὲ διάφορα πειράματα εὐρέθη ὅτι εἶναι :

$$g = 9,81 \text{ m/sec}^2.$$

ἐπιταχυνομένη κίνησις, ἢ σταθερὰ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος καὶ εἶναι ἴση πρὸς $9,81 \text{ m/sec}^2$.

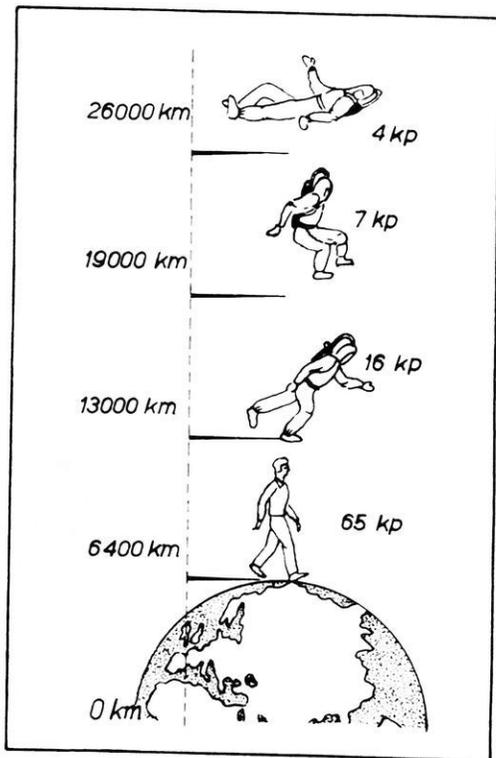
Σημείωσις 1. Ἀκριβεῖς μετρήσεις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος ἔδωσαν διαφορετικὰς τιμάς, αἱ ὁποῖαι εὐρέθῃ ὅτι ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὸ γεωγραφικὸν πλάτος τοῦ τόπου, εἰς τὸν ὅποιον γίνεται ἡ μέτρησις. Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται, ὅταν ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τοὺς Πόλους καὶ κινούμεθα πρὸς τὸν Ἴσημερινὸν (σχ. 9).

Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος ἐλαττοῦται ἐπίσης καὶ μετὰ τοῦ ὕψους, ὅσον ἀπομακρυνόμεθα δηλαδὴ ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον συνεπάγεται τὴν ἐλάττωσιν τοῦ βάρους τῶν σωμάτων (σχ. 10).



Σχ. 9. Ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος αὐξάνεται ὅταν πλησιάζωμεν πρὸς τοὺς Πόλους.

Σχ. 10. Ἡ ἐλάττωσις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος μετὰ τοῦ ὕψους, ἔχει ὡς συνέπειαν τὴν ἐλάττωσιν τοῦ βάρους τῶν σωμάτων.



Σημείωση 2. Οί νόμοι τῆς ἐλευθέρως πτώσεως τῶν σωμάτων ἰσχύουν, κατὰ προσέγγισιν, καί διὰ σώματα πίπτοντα ἐντὸς τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅμως ὅτι δὲν εἶναι πολὺ μεγάλο τὸ ὕψος τῆς πτώσεως, τὰ δὲ σώματα ἔχουν μεγάλο βᾶρος καὶ μικρὸν σχετικῶς ὄγκον.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὄταν ἓνα κινούμενον σῶμα δὲν διατηρῆ σταθερὰν ταχύτητα, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεώς του, καὶ τὴν μεταβάλη κατὰ τὸ μέτρον, τὴν διεύθυνσιν ἢ τὴν φορὰν, λέγομεν ὅτι ἐκτελεῖ μεταβαλλομένην κίνησιν.

2. Εἰς τὴν μεταβαλλομένην κίνησιν χρήσιμος εἶναι ἡ μέση ταχύτης, ἢ ὁποῖα διατηρεῖ σταθερὸν μέτρον κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως, τὸ ὁποῖον εἶναι ἴσον μὲ τὸ πηλίκον τοῦ διαστήματος πρὸς τὸν χρόνον διαρκείας τῆς κινήσεως.

3. Ὄταν ὁ ρυθμὸς μιᾶς μεταβαλλομένης κινήσεως αὐξάνεται, ἢ κίνησις εἶναι ἐπιταχυομένη, ἐνῶ ἀντιθέτως ὅταν ἐλαττοῦται ὁ ρυθμὸς αὐτός, ἢ κίνησις χαρακτηρίζεται ὡς ἐπιβραδυνομένη. Εἰς οἰανδήποτε περίπτωσιν μεταβαλλομένης κινήσεως, μεταβάλλεται ἀδιακόπως τὸ διάνυσμα τῆς ταχύτητος.

4. Ὄταν ἡ μεταβαλλομένη κίνησις εἶναι εὐθύγραμμος καὶ ἡ ταχύτης ὑφίσταται σταθερὰν μεταβολὴν εἰς ἐκάστην χρονικὴν μονάδα, ἢ κίνησις ὀνομάζεται εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη.

5. Ἡ σταθερὰ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῶς μεταβαλλομένης κινήσεως.

6. Ἡ ἐπιτάχυνσις γ ἰσοῦται πρὸς τὸ πηλίκον τῆς μεταβολῆς τῆς ταχύτητος ($v_2 - v_1$) ὡς πρὸς τὸν χρόνον εἰς τὸν ὁποῖον ἐπραγματοποιήθη ἡ μεταβολὴ αὐτή :

$$\gamma = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

7. Μονάδας ἐπιταχύνσεως χρησιμοποιοῦμεν τὸ 1 m/sec^2 ἢ τὸ 1 cm/sec^2 .

8. Οί νόμοι τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως εἶναι οἱ ἑξῆς δύο : α) Αἱ ταχύτητες, τὰς ὁποίας ἀποκτᾷ τὸ κινητὸν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κινήσεως, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους, κατὰ τοὺς ὁποίους ἀπεκτῆθησαν :

$$v = \gamma \cdot t$$

β) Τὰ διανυόμενα διαστήματα εἶναι ἀνάλογα πρὸς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων, κατὰ τοὺς ὁποίους διηνήθησαν :

$$s = \frac{1}{2} \gamma \cdot t^2$$

9. Ἐλευθέρα πτώσις ἐνὸς σώματος πρὸς τὴν Γῆν ὀνομάζεται ἡ πτώσις ἐκείνη ἢ ὁποία θὰ συνέβαινε χωρὶς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀέρος, ἢ πτώσις δηλαδὴ τῶν σωμάτων εἰς τὸ κενόν. Ὄταν ἓνα σῶμα παρουσιάσῃ μεγάλο βᾶρος, ἐν σχέσει πρὸς τὸν ὄγκον του, εἶναι περίπου σφαιρικοῦ σχήματος καὶ δὲν πίπτει ἀπὸ πολὺ ὑψηλά, δυνάμεθα νὰ θεωρήσωμεν τὴν πτώσιν του ὡς ἐλευθέραν.

10. Ὁ Νεύτων ἐπειραματίσθη μὲ τὸν ὁμώνυμον σωλῆνα του καὶ κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι εἰς τὸ κενὸν ὅλα τὰ σώματα πίπτουν συγχρόνως.

11. Ἡ ἐλευθέρα πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι περίπτωσις εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένης κινήσεως, μὲ ἐπιτάχυνσιν 981 cm/sec^2 , ἢ ὁποία ὀνομάζεται ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος g .

12. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ἐλευθέρως πτώσεως τῶν σωμάτων οἱ τύποι τῆς ταχύτητος καὶ τοῦ διαστήματος λαμβάνουν ἀντιστοίχως τὴν μορφήν :

$$v = g \cdot t \qquad s = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Εἰς τοὺς δύο αὐτοὺς τύπους περιλαμβάνονται οἱ νόμοι τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων : α) Ἡ ἐλευθέρα πτώσις τῶν σωμάτων εἶναι εὐθύγραμμος ὁμαλῶς ἐπιταχυνομένη κίνησις μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν . β) Αἱ ταχύτητες, τὰς ὁποίας ἀποκτᾷ τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον πίπτει, εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τοὺς χρόνους τῆς πτώσεως.

γ) Τα διανυόμενα διαστήματα είναι ανάλογα προς τὰ τετράγωνα τῶν χρόνων τῆς πτώσεως.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

9. Πόσον διάστημα διανύει εἰς 6 ὥρας ἓνα αὐτοκίνητον τὸ ὁποῖον τρέχει μὲ μέσην ταχύτητα 70 km/h . ('Απ. 420 km .)

10. Ἡ ταχύτης ἐνὸς σώματος αὐξάνεται ἐντὸς χρόνον 5 sec ἀπὸ 90 m/sec εἰς 160 m/sec . Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ σώματος. ('Απ. 14 m/sec^2 .)

11. Ἐπάνω εἰς ἓνα κεκλιμένον ἐπίπεδον κατέρχεται ἓνα σῶμα οὕτως, ὥστε εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον ἡ ταχύτης του νὰ αὐξάνεται κατὰ 6 cm/sec . Πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ σώματος 8 δευτερόλεπτα μετὰ τὴν ἔναρξιν τῆς κινήσεως καὶ πόσον διάστημα ἔχει διανύσει τὸ σῶμα κατ' αὐτὸν τὸν χρόνον. ('Απ. α' 48 cm/sec . β' $1,92 \text{ m}$.)

12. Ἐνα αὐτοκίνητον ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινούμενον μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχνομένην κίνησιν ἀποκτᾷ ἐντὸς 12 sec ταχύτητα 30 km/h . α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ ὀχήματος καὶ β) πόσον τὸ διανυθὲν διάστημα κατὰ τὸν χρόνον αὐτόν. ('Απ. α' $0,694 \text{ m/sec}^2$. β' 50 m .)

13. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ σταθερὰν ἐπιτάχυνσιν 6 cm/sec^2 . Νὰ εὐρεθῇ πόσον διάστημα διήνησε τὸ κινητὸν εἰς χρόνον 20 sec . ('Απ. 12 m .)

14. Ἐνα σῶμα ἐκκινεῖ ἀπὸ τὴν ἠρεμίαν καὶ κινεῖται μὲ ὁμαλῶς ἐπιταχνομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι 5 cm/sec^2 . Μετὰ πόσον χρόνον θὰ ἔχη διανύσει διάστημα 10 m . ('Απ. 20 sec .)

15. Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις ἐνὸς σφυμοῦ, ὁ ὁποῖος ἐκκινεῖ ἐκ τῆς ἠρεμίας καὶ ἐπιταχνομένος ὁμαλῶς διανύει εἰς χρόνον 1 min διάστημα 540 m καὶ πόση εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ σφυμοῦ τὴν στιγμὴν ἐκείνην. ('Απ. $0,3 \text{ m/sec}^2$, 18 m/sec .)

16. Ἐνας σιδηροδρομικὸς σφυμὸς κινεῖται μὲ εὐθύγραμμον ὁμαλῶς μεταβαλλομένην κίνησιν, ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς ὁποίας εἶναι $2/5 \text{ m/sec}^2$. Μετὰ ἀπὸ πόσον χρόνον θὰ ἔχη ἀποκτήσει τὴν κανονικὴν του ταχύτητα 22 m/sec καὶ πόσον διάστημα θὰ ἔχη διανύσει ἕως τότε. ('Απ. α' 55 sec . β' 605 m .)

17. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ὕψος ἐνὸς πύργου, μετροῦμεν τὸν χρόνον πτώσεως ἐνὸς λίθου, ὁ ὁποῖος ἀνέρχεται εἰς $3,6 \text{ sec}$. Μὲ πόσην ταχύτητα συναντᾷ ὁ λίθος τὸ ἔδαφος καὶ πόσον ὕψος ἔχει ὁ πύργος ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$). ('Απ. $63,57 \text{ m}$.)

18. Εἰς πόσον χρόνον καὶ ἀπὸ πόσον ὕψος πίπτει ἓνα σῶμα, ὅταν συναντᾷ τὸ ἔδαφος μὲ ταχύτητα 50 m/sec ($g = 10 \text{ m/sec}^2$). ('Απ. 5 sec , 125 m .)

19. Ὁ πύργος τοῦ Ἄιφελ ἔχει ὕψος 300 m. Πόσον χρόνον χρειάζεται εἰς ἕνα λίθος πίπτων ἐλευθέρως ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ πύργου, διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος καὶ μὲ πόσῃ ταχύτητά συναντᾷ τὸ ἔδαφος ($g = 10 \text{ m/sec}^2$).

(Ἄπ. 7,75 sec περίπου, 77,46 m/sec.)

20. Ἀπὸ ποῖον ὕψος πρέπει νὰ ἀφεθῇ νὰ πέσῃ ἐλευθέρως ἕνα ἄτομον, διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸ ἔδαφος μὲ τὴν ταχύτητα τῶν 7 m/sec, μὲ τὴν ὁποῖαν φθάσει εἰς τὴν Γῆν ἕνας ἀλεξιπτωτιστής.

(Ἄπ. 2,45m.)

Γ'—ΑΔΡΑΝΕΙΑ. ΘΕΜΕΛΙΩΔΗΣ ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

§ 17. Γενικότητες. Διὰ νὰ μετακινήσωμεν ἕνα σῶμα, τὸ ὁποῖον ἡρεμεῖ, εἶναι ἀπαραίτητον, ὅπως μᾶς εἶναι γνωστόν, νὰ τὸ ἐλξωμεν, νὰ τὸ ὠθήσωμεν ἢ νὰ ἐπιδράσωμεν ἐπ' αὐτοῦ κατὰ κάποιον ἄλλον τρόπον. Τὸν ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὰ κινούμενα σώματα. Δὲν ἀκίνητοποιοῦνται, δὲν ἐπιταχύνουν ἢ ἐπιβραδύνουν τὴν κίνησίν των, ἂν δὲν ἐνεργήσῃ ἐπάνω εἰς αὐτὰ ἕνα ἐξωτερικὸν αἶτιον, μία δύναμις.

Πραγματικῶς διὰ νὰ κινήσωμεν ἕνα σῶμα τὸ ὁποῖον ἡρεμεῖ ἢ διὰ νὰ τροποποιήσωμεν κατὰ οἰονδήποτε τρόπον τὴν κίνησιν ἑνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον κινεῖται, πρέπει νὰ ἀσκήσωμεν ἐπ' αὐτοῦ μίαν δύναμιν. Ὡστε :

Αἱ δυνάμεις προκαλοῦν τὰς μεταβολὰς τῆς κινητικῆς καταστάσεως τῶν σωμάτων.

Ὅπως ὁμως μᾶς εἶναι ἐπίσης γνωστόν ἀπὸ τὸ ἀξίωμα δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, ὅταν εἰς ἕνα σῶμα ἀσκῶμεν μίαν ὀρισμένην δύναμιν, τὸ σῶμα ἀντιδρᾷ μὲ δύναμιν ἴσου μέτρου καὶ ἀντιθέτου φορᾶς, πρᾶγμα γινόμενον ἀμέσως ἀντιληπτόν, ὅταν εἴμεθα ἡμεῖς οἱ ἀσκούντες τὴν δύναμιν. Ὅσον μεγαλυτέραν προσπάθειαν καταβάλλομεν διὰ νὰ κινήσωμεν, π.χ. ἕνα μικρὸν αὐτοκίνητον τοῦ ὁποῖου ὑπέστη βλάβην ὁ κινήτηρ, ὠθοῦντες αὐτό, τόσον μεγαλυτέραν ἀντίστασιν αἰσθανόμεθα νὰ προβάλλῃ τὸ αὐτοκίνητον. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ κινούμενα σώματα, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἀσκῶμεν μίαν δύναμιν, ἐπιδιώκοντες νὰ τὰ ἀκίνητοποιήσωμεν ἢ νὰ τροποποιήσωμεν τὴν κινητικὴν των κατάστασιν. Τὰ κινούμενα σώματα παρουσιάζουν καὶ αὐτὰ μίαν ἀντίδρασιν εἰς τὴν

προσπάθειάν μας, είναι δὲ ἡ ἀντίδρασις τῶν αὐτῆ τόσον ἔντονωτέρα, ὅσον ἡ προσπάθειά μας εἶναι μεγαλυτέρα. Ὡστε :

Τὰ ὑλικά σώματα ἀντιδρῶν εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἥτις ἐπιδιώκει μεταβολὰς τῆς κινητικῆς τῶν καταστάσεως.

§ 18. Ἀδράνεια τῆς ὕλης. Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ἐπίσης ὅτι ἡ ὕλη δὲν ἔχει τὴν ἰκανότητα νὰ δράσῃ ἀφ' ἑαυτῆς, τροποποιοῦσα τὴν οἰανδήποτε κινητικὴν τῆς κατάστασιν. Ἡ ὕλη εἶναι δηλαδὴ ἀδρανής, ὅσον ἀφορᾷ τὴν ἀπὸ ἰδικὴν τῆς πρωτοβουλίαν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς τῆς καταστάσεως καὶ παρουσιάζει, ὡς λέγομεν, ἀδράνειαν. Ἡ ἀδράνεια αὐτὴ ἐκδηλώνεται ὡς ἀντίδρασις τῆς ὕλης εἰς πᾶσαν μεταβολὴν τῆς κινητικῆς τῆς καταστάσεως. Ὡστε :

Ἀδράνεια ὀνομάζεται ἡ χαρακτηριστικὴ ἰδιότης τῆς ὕλης, συμφῶνως πρὸς τὴν ὁποίαν αὐτὴ ἀντιδρᾷ εἰς πᾶσαν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλῃ τὴν κινητικὴν τῆς κατάστασιν.

Παρατήρησις. Ἀπὸ τὴν πείραν μας γνωρίζομεν ὅτι ὅσον μεγαλυτέραν μᾶζαν ἔχει ἓνα σῶμα, τόσον ἔντονωτέραν ἀδράνειαν παρουσιάζει. Δυνάμεθα συνεπῶς νὰ συμπεράνωμεν ὅτι :

Ἡ μᾶζα ἐκφράζει τὸ μέτρον τῆς ἀδρανείας ἐνὸς σώματος.

§ 19. Ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας. Ἄν κυλίσωμεν εἰς τὸ δάπεδον τοῦ δωματίου μας μίαν σφαῖραν, παρατηροῦμεν ὅτι μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου ἡ ταχύτης αὐτῆς ἐλαττοῦται καὶ τελικῶς ἡ σφαῖρα ἀκίνηται. Μὲ τὴν αὐτὴν ὥθησιν ἡ σφαῖρα διανύει μεγαλύτερον διάστημα, ἂν τὸ δάπεδον εἶναι περισσότερον λεῖον.

Φαινομενικῶς εἰς τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας οὐδὲν ἐξωτερικὸν αἷτιον ἀντιδρᾷ. Εἰς τὴν πραγματικότητά ὅμως ἀντιδρῶν δύο κυρίως αἷτια : ἡ τριβή, ἥτις προκαλεῖται ἀπὸ τὴν ἐπαφὴν τῆς σφαίρας μὲ τὸ ὀλιγώτερον ἢ περισσότερον ἀνώμαλον ἔδαφος, καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος. Ἡ τριβὴ καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος εἶναι δυνάμεις αἰτινὲς ἀντιδρῶν εἰς τὴν κίνησιν τῆς σφαίρας καὶ ὀλονέν τὴν ἐπιβραδύνουν. Ἄν δὲν ὑπῆρχον αὐταὶ αἱ δύο δυνάμεις, ἡ σφαῖρα θὰ συνέχιζε ἐπ' ἄπειρον νὰ κινῆται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς.

Ἡ διαπίστωσις αὐτὴ ἐν συνδυασμῷ μὲ τὸ γεγονός ὅτι ἓνα σῶμα ἡρεμεῖ, ἂν δὲν ἐνεργῆ καμμία δύναμις ἐπ' αὐτοῦ, ὠδήγησαν εἰς τὴν ἀνακάλυψιν τῆς ἀρχῆς τῆς ἀδρανείας, ἡ ὁποία ἐκφράζει ὅτι :

Πᾶν σῶμα διατηρεῖ τὴν κατάστασιν τῆς ἡρεμίας ἢ τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς κινήσεως, ἐνὸσω οὐδεμία δύναμις ἀσκεῖται ἐπ' αὐτοῦ.

Ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας διευτυπώθη διὰ πρώτην φοράν ἀπὸ τὸν Γαλιλαῖον καὶ ἔλαβε τὴν ὀριστικὴν μορφήν της ἀπὸ τὸν Νεύτωνα.

§ 20. Ἀποτελέσματα τῆς ἀδρανείας.

α) Ἐὰν ἓνα κινούμενον ὄχημα ἀκινητοποιηθῆ ἀποτόμως, οἱ ἐπιβάται κλίνουν πρὸς τὰ ἐμπρός, ὅσοι δὲ ἀπὸ τοὺς ὀρθίους δὲν στηρίζονται εἰς τὰς χειρολαβὰς, πίπτουν ὁ ἓνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, διατρέχοντες κίνδυνον τραυματισμοῦ. Ἀντιθέτως ἂν ἓνας ἄπειρος ὁδηγὸς προκαλέσῃ ἀπότομον ἐκκίνησιν, οἱ ἐπιβάται πίπτουν πρὸς τὰ ὀπίσω.

β) Ὅταν πρόκειται νὰ κατέλθῃ ἓνας ἐπιβάτης ἀπὸ κινούμενον ὄχημα, πρέπει, ἐνῶ ἐκτελῆ ἄλμα, νὰ κλίνη τὸ σῶμα του πρὸς τὰ ὀπίσω, διὰ νὰ μὴ πέσῃ καὶ κτυπήσῃ ἐπὶ τοῦ ἐδάφους.

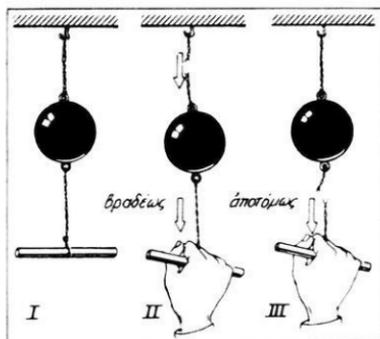
γ) Εἰς τὰ χεῖλη ἑνὸς ποτηρίου ὑπάρχει ἓνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ ἐπ' αὐτοῦ ἓνα νόμισμα (σχ. 11). Ἄν σύρωμεν βραδέως τὸ χαρτόνιον, τὸ νόμισμα θὰ παραμείνῃ εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χαρτονίου. Ἄν ὅμως σύρωμεν ἀποτόμως, τὸ νόμισμα δὲν θὰ παραμείνῃ ἐπὶ τοῦ χαρτονίου ἀλλὰ θὰ πέσῃ ἐντὸς τοῦ ποτηρίου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ ἀδράνεια τῆς ὕλης ἐκδηλώνεται ἐντονώτερον.

δ) Δένομεν μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μὲ λεπτὸν νῆμα, τοιοῦτον ὥστε νὰ μὴ θραύεται ἀπὸ τὸ βάρος της, καὶ τὴν στηρίζομεν εἰς τὸ ἔδαφος. Ἄν ἔλξωμεν τὸ νῆμα βραδέως καὶ μὲ προσοχήν, ἀνυψώνομεν τὴν σφαῖραν. Ἄν ὅμως σύρωμεν ἀποτόμως τὸ νῆμα, αὐτὸ θραύεται.

Τὰ αὐτὰ συμβαίνουν καὶ εἰς τὴν περίπτωσηιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ βαρεῖα σφαῖρα εἶναι ἐξηρητημένη μὲ νῆμα ἀπὸ



Σχ. 11. Ἄν σύρωμεν βραδέως τὸ χαρτόνιον, παρασύρεται, λόγω ἀδρανείας καὶ τὸ νόμισμα.



Σχ. 12. Ἐάν σύρωμεν βραδέως θραύεται τὸ ἐπάνω σχοινίον. Ἐάν ἔλξωμεν ἀποτόμως, τὸ κάτω σχοινίον.

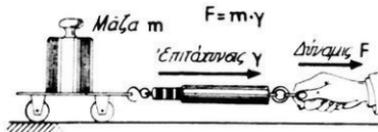
ἓνα ἀκλόνητον στήριγμα. Ἐάν σύρωμεν μὲ σχοινίον τὴν σφαῖραν πρὸς τὰ κάτω θὰ συμβοῦν τὰ ἑξῆς : 1) ἂν ἔλξωμεν βραδέως θὰ θραυσθῆ τὸ ἐπάνω σχοινίον, 2) ἂν ἔλξωμεν ἀποτόμως, θραύεται ὁ κατώτερος κλάδος τοῦ σχοινίου (σχ. 12).

ε) Ἡ ἀδράνεια προκαλεῖ πολλά ἀπὸ τὰ τροχαῖα δυστυχήματα. Ὅταν δι' οἰανδήποτε αἰτίαν ἓνα μεταφορικὸν μέσον, κινούμενον μὲ μεγάλην ταχύτητα, ἀναγκασθῆ νὰ σταματήσῃ ἀποτόμως, οἱ ἐπιβάται ἐκτινάσσονται πρὸς τὰ ἔμπροσ μὲ ἀποτέλεσμα τὸν τραυματισμὸν τους καὶ τὴν βλάβην ἢ καταστροφὴν τοῦ ὀχήματος. Ἐπίσης ὅταν διὰ μίαν οἰανδήποτε αἰτίαν σταματήσῃ ἀποτόμως ἢ μηχανῆ ἑνὸς σιδηροδρομικοῦ συρμοῦ, τὰ βαγόνια προσκρούουν, λόγῳ ἀδρανείας, τὸ ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου, συντρίβονται καὶ ἐκτροχιάζονται.

§ 21. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς δυναμικῆς. Συμφώνως πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀδρανείας, ἂν ἐπὶ ἑνὸς σώματος δὲν ἀσκοῦνται δυνάμεις, τὸ σῶμα ἠρεμεῖ ἢ κινεῖται εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς. Ἐπομένως, ἐνόσω ἓνα σῶμα ὑφίσταται τὴν δρᾶσιν μιᾶς δυνάμεως, θὰ ἐκτελῆ μεταβαλλομένην κίνησιν, τὸ σῶμα δηλαδὴ ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς δυνάμεως θὰ ἀποκτήσῃ ἐπιτάχυνσιν. Ὡστε :

Ὅταν μία δύναμις ἐνεργῆ ἐπὶ ἑνὸς σώματος, προσδίδει εἰς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ δύναμις F , ἥτις ἐνεργεῖ



Σχ. 13. Ἡ μᾶζα m ἑνὸς σώματος, ἡ δύναμις F ἥτις ἀσκεῖται εἰς τὸ σῶμα καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ , τὴν ὁποίαν ἀποκτᾶ τὸ σῶμα, συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν : $F = m \cdot \gamma$

ἐπὶ ἑνὸς σώματος, ἡ μᾶζα m τοῦ σώματος καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ , τὴν ὁποῖαν ἀποκτᾷ τὸ σῶμα ἀπὸ τὴν δρᾶσιν τῆς δυνάμεως, πρέπει νὰ συνδέωνται μὲ μιὰν ὀρισμένην σχέσιν (σχ. 13). Ἡ σχέσις αὕτη παρουσιάζει μεγάλην σημασίαν καὶ ὀνομάζεται θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς, εὐρίσκεται δὲ πειραματικῶς ὅτι εἶναι ἡ ἀκόλουθος :

$$\text{Δύναμις} = \text{μᾶζα} \times \text{ἐπιτάχυνσις}$$

$$F = m \cdot \gamma$$

Ὅταν εἰς ἓνα σῶμα μὲ μᾶζαν m ἐνεργῆ ἢ ἑλκτικὴ δύναμις τῆς $\Gamma\eta$, τότε ἡ δύναμις αὕτη προσδίδει εἰς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν g , ἡ δὲ δύναμις, ἣτις ἀσκεῖται εἰς τὸ σῶμα, εἶναι ἴση μὲ τὸ βάρος του, ὁπότε ἔχομεν :

$$B = m \cdot g$$

Ἀπὸ τὴν θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Δυναμικῆς συμπεραίνομεν τὰ ἑξῆς:

α) Ὅταν ἐπὶ ἑνὸς σώματος ἐνεργήσουν διάφοροι δυνάμεις, αἱ ἐπιτάχυνσεις τὰς ὁποίας ἀποκτᾷ τὸ σῶμα εἶναι ἀνάλογοι πρὸς τὰς δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι τὰς προκαλοῦν.

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι, ἂν εἰς ἓνα σῶμα ἀσκηθῆ μία δύναμις F καὶ προκαλέσῃ ἐπιτάχυνσιν γ , μιὰ δύναμις διπλασία τῆς F θὰ προκαλέσῃ διπλασίαν ἐπιτάχυνσιν κ.λπ.

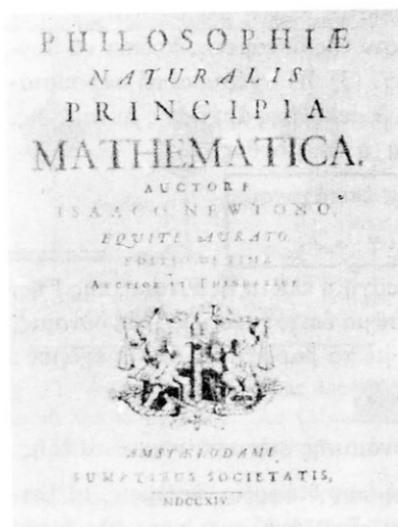
β) Ὅταν μία ὀρισμένη δύναμις ἀσκήται ἐπὶ διαφόρων σωμάτων, τότε αἱ ἐπιταχύνσεις, τὰς ὁποίας προσδίδει ἡ δύναμις αὕτη, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὴν μᾶζαν τῶν σωμάτων.

Δηλαδή ἂν μία ὀρισμένη δύναμις F ἀσκήται ἐπὶ ἑνὸς σώματος μᾶζης m καὶ προσδίδει εἰς τὸ σῶμα ἐπιτάχυνσιν γ , εἰς σῶμα μὲ διπλασίαν μᾶζαν θὰ προσδίδῃ ἡμίσειαν ἐπιτάχυνσιν. Εἰς σῶμα μὲ τριπλασίαν μᾶζαν ἐπιτάχυνσιν ἴσην πρὸς τὸ $1/3$ τῆς γ κ.λπ.

§ 22 Ἱστορικόν. Ἡ ἀρχὴ τῆς δράσεως καὶ ἀντιδράσεως, ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας καὶ ἡ θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς ἀποτελοῦν τρεῖς βασικὰς ἀρχὰς τῆς Φυσικῆς Ἐπιστήμης.

Κατὰ τὴν ἀρχαιότητα καὶ τὴν μεσαιωνικὴν ἐποχὴν ἐπικρατοῦσεν ἡ γνώμη τοῦ Ἀριστοτέλους, συμφώνως πρὸς τὴν ὁποῖαν «Κάθε εὐθύγραμμος ὁμαλὴ κίνησις πρέπει νὰ διατηρῆται ἀπὸ μιὰν δύναμιν. Δι' αὐτὸ ὅταν παύσῃ νὰ ἐνεργῆ ἡ δύναμις ἡ κίνησις παύει».

Τὴν ἀντίληψιν αὕτην κατεπόλεμησε πρῶτος ὁ Γαλιλαῖος, ὁ ἰδρυτὴς τῆς



Σχ. 14. Ο διάσημος Μαθηματικός, Φυσικός και Φιλόσοφος Sir Isaac Newton (1642-1727) και το εξώφυλλον του περιφήμου βιβλίου του.

συγχρόνου Μηχανικής, της Φυσικής δηλαδή 'Επιστήμης ητις μελετά την κίνησιν τών σωμάτων, τὰ αίτια άτινα την προκαλουν, ώς επίσης και τας άπαραιτήτους και άναγκαίαις συνθήκας της ισορροπίαις. Ο Νεύτων ό θεμελιωτής της Δυναμικής, της Φυσικής δηλαδή έπιστήμης ή όποία εξετάζει τὰ κινήσεις, μελετώσα τας σχέσεις αίτινες ύφίστανται μεταξύ δυνάμεων και έπιταχύνσεων, συνεπλήρωσε και άνεμόρφωσε την διδασκαλίαν του Γαλιλαίου. Τό 1686 εξέδωκε τό περίφημον έργον του «Philosophiæ naturalis principia mathematica» (Μαθηματικά άρχαί της φυσικής φιλοσοφίας), εις τό όποιον περιέχονται και αί τρεις βασικάί άρχαί της Φυσικής, αί όποίαι είναι γνωσταί και μέ την όνομασίαν, «άξιώματα του Νεύτωνος». Αί θεμελιώδεις άρχαί δέν άποδεικνύονται θεωρητικώς. Συμφωνούν όμως μέ την λογικήν, όδηγούν εις όρθά συμπεράσματα και έπιδέχονται πειραματικήν έπαλήθευσιν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αί μεταβολαί της κινητικής καταστάσεως τών σωμάτων προκαλουνται από την δρᾶσιν εξωτερικῶν δυνάμεων. Τὰ ύλικά σώματα άντιδρουν όμως και προβάλλουν άντίστασιν εις πᾶσαν δύναμιν, επιδιώκουσαν νά μεταβάλη την κινητικήν των κατάστασιν.

2. Ἡ χαρακτηριστικὴ ιδιότης τῶν ὑλικῶν σωμάτων νὰ ἀντιδρῶν εἰς πᾶσαν ἐξωτερικὴν δύναμιν, ἐπιδιώκουσαν νὰ μεταβάλη τὴν κινητικὴν τους κατάστασιν, ὀνομάζεται ἀδράνεια. Μέτρον τῆς ἀδρανείας ἐνὸς σώματος εἶναι ἡ μᾶζα αὐτοῦ.

3. Ἡ ἀρχὴ τῆς ἀδρανείας ἐκφράζει ὅτι πᾶν σῶμα συνεχίζει νὰ διατηρῇ τὴν κινητικὴν του κατάστασιν τῆς ἡρεμίας ἢ τῆς εὐθυγράμμου καὶ ὁμαλῆς κινήσεως, ἐφ' ὅσον δὲν ἐνεργεῖ οὐδεμίαν δύναμιν ἐπ' αὐτοῦ.

4. Ὄταν μία δύναμις ἐνεργῇ ἐπὶ ἐνὸς σώματος, μεταβάλλει τὴν κινητικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος, προσδίδουσα εἰς αὐτὸ ἐπιτάχυνσιν.

5. Ἡ μᾶζα m ἐνὸς σώματος, ἡ δύναμις F ἣτις ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ σώματος καὶ ἡ ἐπιτάχυνσις γ , τὴν ὁποίαν ἀποκτᾷ τὸ σῶμα ἀπὸ τὴν δρᾶσιν τῆς δυνάμεως, συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν : $F = m \cdot \gamma$ ἡ ὁποία ἐκφράζει τὴν θεμελιώδη ἀρχὴν τῆς Δυναμικῆς.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

21. Προσδιορίσατε τὴν ἐπιτάχυνσιν εἰς τὰς ἀκολουθούσους περιπτώσεις : α) Δύναμις $1,6 \text{ kp}$ ἐνεργεῖ ἐπὶ σώματος μάζης $0,8 \text{ kg}$ β) δύναμις 1 kp ἐνεργεῖ ἐπὶ σώματος μάζης 1 kg .
(Ἐπ. α' $19,6 \text{ m/sec}^2$. β' $9,81 \text{ m/sec}^2$.)

22. Μᾶζα 5 kg ὑφίσταται ἐπιτάχυνσιν 2 m/sec^2 . Πόση εἶναι ἡ δύναμις ἣτις ἐνεργεῖ ἐπὶ τοῦ σώματος.
(Ἐπ. 10 N .)

23. Δύναμις 300 N προσδίδει εἰς ἓνα σῶμα ἐπιτάχυνσιν 6 m/sec^2 . Πόση εἶναι ἡ μᾶζα τοῦ σώματος.
(Ἐπ. 50 kg .)

24. Πόσον εἶναι τὸ βάρος ἐνὸς σώματος μάζης 9 kg , εἰς τόπον ἔνθα ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἶναι $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$.
(Ἐπ. $88,3 \text{ N}$.)

25. Ἐνας γερανὸς ἔχει μᾶζαν 2800 kg καὶ ἐπιταχύνεται ἀπὸ ἓνα ἠλεκτροκινητήρα, ὁ ὁποῖος τοῦ ἀναπτύσσει ταχύτητα $1,8 \text{ m/sec}$ ἐντὸς χρόνον $1,5 \text{ sec}$. α) Πόση εἶναι ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ γερανοῦ. β) Πόση εἶναι ἡ ἐλκτικὴ δύναμις τοῦ κινητήρος.
(Ἐπ. α' $1,2 \text{ m/sec}^2$. β' $342,6 \text{ Kp}$.)

26. Πόσον εἶναι τὸ βάρος ἐνὸς σώματος τὸ ὁποῖον ἀννυφώνεται μὲ δύναμιν 180 kp , ἡ ὁποία τοῦ προσδίδει ἐπιτάχυνσιν $0,4 \text{ m/sec}^2$.
(Ἐπ. $4,42 \text{ Mp}$.)

27. Πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς ἓνα γερανόν, βάρους 8 100 kp , ταχύτητα 75 m/min , ἀσκούντες δύναμιν 860 kp .
(Ἐπ. $1,2 \text{ sec}$.)

Δ'—ΜΗΧΑΝΙΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ

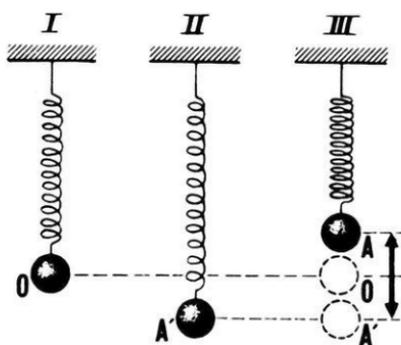
§ 23. Περιοδικά φαινόμενα. Εἰς τὴν Φύσιν συμβαίνει ἕνα πλῆθος φαινομένων, τὰ ὅποια χαρακτηρίζονται ἀπὸ μίαν περιοδικὴν ἐπανάληψιν. Τὰ φαινόμενα αὐτὰ δηλαδὴ ὀλοκληρώνονται ἐντὸς ἑνὸς ὀρισμένου χρονικοῦ διαστήματος καὶ ἐπαναλαμβάνονται ἐντὸς τοῦ αὐτοῦ χρόνου καὶ μὲ τὴν ἴδιαν σειρὰν.

Ἡ κίνησις τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν καὶ ἡ περιστροφή τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἥλιον, εἶναι περιοδικὰ φαινόμενα, διότι χρειάζονται ὀρισμένον χρόνον καὶ πάντοτε τὸν αὐτὸν διὰ νὰ ἐξελιχθοῦν, ἐπαναλαμβάνονται δὲ κατόπιν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον. Ὡστε :

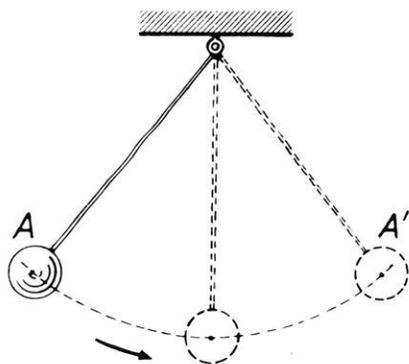
Περιοδικὸν φαινόμενον ὀνομάζομεν τὸ φαινόμενον τὸ ὅποιον ἐξελίσσεται ἐντὸς ὀρισμένου χρόνου καὶ ἐπαναλαμβάνεται ἀδιακόπως κατόπιν κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.

§ 24. Ταλάντωσις. Πείραμα 1. Θεωροῦμεν ἕνα μικρὸν σφαιρίδιον, τὸ ὅποιον συγκρατεῖται ἀπὸ ἕνα ἐλατήριον, στερεωμένον εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ ἀπὸ ἕνα ἀκλόνητον σημεῖον (σχ. 15). Ὅταν ἡρεμήσῃ τὸ σύστημα, διατείνομεν τὸ ἐλατήριον, ἀπομακρύνοντες τὸ σφαιρίδιον ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας, ἔλκοντες αὐτὸ πρὸς τὰ κάτω. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε μίαν παλινδρομικὴν κίνησιν τοῦ σφαιριδίου, μεταξὺ δύο ἀκραίων θέσεων A καὶ A', αἱ ὅποιαi ἀπέχουν τὴν αὐτὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας O.

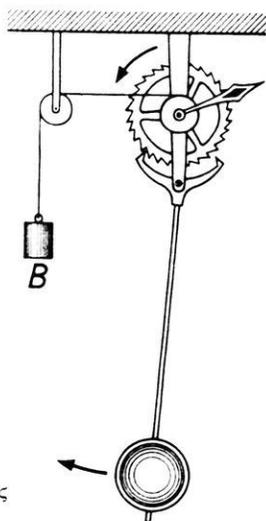
Πείραμα 2. Προσδένομεν ἕνα βαρὺ σφαιρίδιον εἰς τὸ ἄκρον ἑνὸς νήματος καὶ τὸ ἐξαρτῶμεν ἀπὸ ἕνα ἀκλόνητον σημεῖον. Ἀφήνομεν τὸ σφαιρίδιον νὰ ἡρεμήσῃ εἰς τὴν θέσιν τῆς κατακορύφου καὶ ἀκολούθως τὸ ἀπομακρύνομεν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, μεταφέροντες αὐτὸ εἰς μίαν θέσιν A (σχ. 16), καὶ αφήνομεν τοῦτο κατόπιν ἐλεύθερον. Τὸ σφαιρίδιον κινεῖται



Σχ. 15. Τὸ συγκρατούμενον ἀπὸ τὸ ἐλατήριον σφαιρίδιον ἐκτελεῖ ταλάντωσιν.



Σχ. 16. Κινούμενον άπλουν έκκρεμές.



Σχ. 17. Κινούμενον έκκρεμές
ώρολογίου τοίχου.

πρός την θέσιν ισορροπίας του, με όλονέν αυξανομένην ταχύτητα διέρχεται από την θέσιν ισορροπίας και συνεχίζει την κίνησίν του, με όλονέν ελαττωμένην ταχύτητα, μέχρις ότου άνωψωθή και φθάση εις μίαν θέσιν Α', συμμετρικήν τής Α, ως προς την κατακόρυφον ήτις διέρχεται από την θέσιν ισορροπίας. Εις την θέσιν αυτήν ήρεμεί επιστρέφον προς την θέσιν Α και τὸ φαινόμενον συνεχίζεται.

Είται βέβαιον ότι και εις τὰς δύο περιπτώσεις πρόκειται διὰ μεταβαλλομένας κινήσεις, διότι ή ταχύτης μεταβάλλει, κατά την διάρκειαν του φαινομένου, και αριθμητικήν τιμήν και διεύθυνσιν. Τὸ ιδιαίτερον ὅμως χαρακτηριστικόν εις τὰς κινήσεις αὐτὰς εἶναι ότι τὰ σώματα εκτελοῦν περιοδικήν κίνησιν μεταξύ δύο άκραιών σημείων τής τροχιᾶς των, εις τὰ ὁποῖα μηδενίζεται στιγμιαίως ή ταχύτης. Κινήσεις αὐτοῦ τοῦ εἶδους ὀνομάζονται ταλαντώσεις. Ὡστε :

Ταλαντώσεις ὀνομάζονται περιοδικαί παλινδρομικαί κινήσεις, αἱ ὁποῖαι εκτελοῦνται μεταξύ δύο άκραιών θέσεων τής τροχιᾶς ἑνὸς κινήτου.

§ 25. Ἀμείωτος καὶ φθίνουσα ταλάντωση. Τὰ άνωτέρω πειράματα δεικνύουν ότι αἱ ταλαντώσεις εξασθενίζουν κατά την εξέλιξιν του φαι-

νομένου και κατόπιν ώρισμένου χρόνου τὸ κινητὸν ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας του. Αἱ ταλαντώσεις αὐτοῦ τοῦ εἴδους ὀνομάζονται φθίνουσαι. Αἱ αἰτίαι τῆς ἐξασθενήσεως τῶν εἶναι ἡ τριβὴ καὶ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος.

Ἄν προσέξωμεν τὰς ταλαντώσεις, τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ ἐκκρεμὲς ἐνὸς ὥρολογίου τοῦ τοίχου (σχ. 17), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αὗται δὲν ἐξασθενίζουν. Τοῦτο ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι αἱ ταλαντώσεις αὗται διατηροῦνται ἀμείωτοι ἀπὸ τὸ χορδισμένον ἐλατήριο καὶ ὀνομάζονται δι' αὐτὸ ἀμείωτοι ταλαντώσεις.

§ 26. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη μιᾶς ταλαντώσεως. Διὰ νὰ περιγράψωμεν μίαν ταλάντωσιν πρέπει νὰ εἰσαγάγωμεν ὀρισμένα νέα φυσικὰ μεγέθη :

α) Ἐπομάκρυνσις ὀνομάζεται ἡ ἀπόστασις μιᾶς τυχαίας θέσεως τοῦ ταλαντουμένου σώματος ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του. Ἡ μεγίστη ἐπομάκρυνσις, ἡ ὁποία συμβαίνει ὅταν τὸ σῶμα εὑρίσκειται εἰς μίαν ἀπὸ τὰς δύο ἀκραίας θέσεις τῆς τροχιάς του, ὀνομάζεται πλάτος τῆς ταλαντώσεως.

β) Ταλάντωσις ἢ αἰώρησις ὀνομάζεται μία πλήρης ἐξέλιξις τοῦ φαινομένου, ἡ ὁποία περιλαμβάνει ἀναχώρησιν καὶ ἐπιστροφὴν εἰς τὸ σημεῖον ἀναχωρήσεως τοῦ ταλαντουμένου σώματος.

γ) Περίοδος **T** μιᾶς ταλαντώσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος ἐντός τοῦ ὁποίου ἐκτελεῖται μία ταλάντωσις.

δ) Συχνότης **v** μιᾶς ταλαντώσεως ὀνομάζεται τὸ πλῆθος τῶν ταλαντώσεων, τὰς ὁποίας ἐκτελεῖ τὸ ταλαντουμένον σῶμα εἰς 1 δευτερόλεπτον (1 sec).

Μονὰς συχνότητος εἶναι τὸ 1 Χέρτς (1 Hz) ἢ 1 κύκλος ἀνά δευτερόλεπτον (1 c/sec). Τὸ 1 Hz ἰσοῦται μὲ τὴν συχνότητα ἐνὸς ταλαντουμένου σώματος, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ μίαν ταλάντωσιν εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον.

Ἐνα φαινόμενον ταλαντώσεως μὲ συχνότητα **v** ἐκτελεῖ ν ταλαντώσεις ἐντὸς χρόνου 1 sec. Συνεπῶς διὰ μίαν ταλάντωσιν χρειάζεται χρόνον 1/v. Ἀλλὰ ὁ χρόνος μιᾶς ταλαντώσεως εἶναι ἡ περίοδος **T** τῆς ταλαντώσεως αὐτῆς. Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$T = \frac{1}{v} \quad \eta \quad v = \frac{1}{T}$$

Με την βοήθειαν τῶν χαρακτηριστικῶν μεγεθῶν μιᾶς ταλαντώσεως δυνάμεθα τώρα νὰ δώσωμεν τὸν ἀκόλουθον ὀρισμὸν τῶν ἀμειώτων καὶ φθίνουσῶν ταλαντώσεων :

Μία ταλάντωσις ὀνομάζεται ἀμειώτος ὅταν τὸ πλάτος αὐτῆς παραμένῃ ἀμετάβλητον καὶ φθίνουσα ὅταν τὸ πλάτος τῆς ταλαντώσεως ἐλαττώνεται μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

§ 27. Τὸ ἔκκρεμές. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἔκκρεμές πᾶν βαρὺ σῶμα, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ κινηθῆῃ περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, ὁ ὁποῖος ὅμως δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους του (σχ. 18).

Τὸ ἔκκρεμές αὐτὸ ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως φυσικὸν ἔκκρεμές.

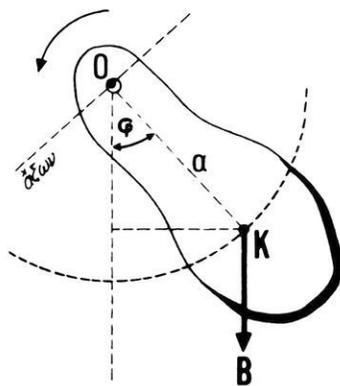
Ἐὰν θεωρήσωμεν ὅλην τὴν μᾶζαν τοῦ ἔκκρεμοῦς συγκεντρωμένην εἰς ἓνα σημεῖον, ὅπως συμβαίνει περίπου μὲ μίαν βαρεῖαν σφαῖραν μικρῆς ἀκτίως, ἢ ὁποία εἶναι ἐξηρητημένη μὲ ἓνα ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἔκτατον νῆμα, ἀπὸ ἓνα ἀκλόνητον στήριγμα, τότε ἔχομεν κατασκευάσει ἓνα ἀπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἔκκρεμές. Ὡστε :

Ἐπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἔκκρεμές ὀνομάζεται μία διάταξις, ἢ ὁποία περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαῖραν, ἐξηρητημένην μὲ ἐλαφρὸν καὶ μὴ ἔκτατον νῆμα ἐξ ἑνὸς ἀκλόνητου στηρίγματος.

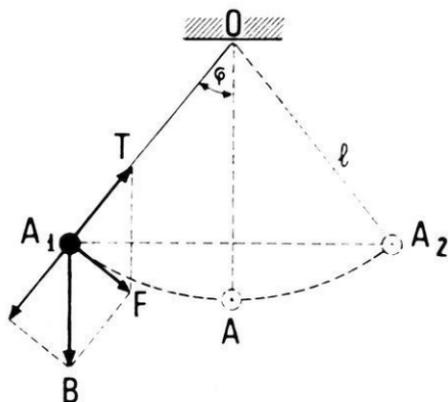
§ 28. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη τοῦ ἔκκρεμοῦς. Ἡ ἀπόστασις τοῦ κέντρον τῆς σφαίρας ἀπὸ τὸ ἀκλόνητον σημεῖον ἐξαρτήσεως ὀνομάζεται μῆκος τοῦ ἔκκρεμοῦς καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα l (σχ. 19).

Ἡ γωνία φ , ἢ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας καὶ τὴν θέσιν μεγίστης ἀπομακρύνσεως, ὀνομάζεται πλάτος τοῦ ἔκκρεμοῦς.

Ὁ χρόνος τὸν ὁποῖον χρειάζεται τὸ ἔκκρεμές διὰ νὰ ἐπιστρέψῃ εἰς τὴν ἀκραίαν θέσιν, ἀπὸ τὴν ὁποῖαν ἐξεκίνησεν, ὀνομάζεται περίοδος T τοῦ ἔκκρεμοῦς.



Σχ. 18. Φυσικὸν ἔκκρεμές· στερεόν, στρεφόμενον περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, ὁ ὁποῖος δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους του.



Σχ. 19. Το έκκρεμés εκτελεί ταλαντώσεις υπό την επίδρασιν της έφαπτομενικής πρὸς τὴν τροχίαν συνιστώσης τοῦ βάρους του.

ὅποια διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους του, διέρχεται καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖον ἐξαρτήσεως.

Ἐάν ἀπομακρύνωμεν τὸ έκκρεμés ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του A, μεταφέροντες αὐτὸ εἰς μίαν θέσιν A₁ καὶ ἀκολουθῶς τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον, παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν δὲν ἰσορροπεῖ, ἀλλὰ κινεῖται διαγράφον τόξον A₁A₂ (βλ. σχ. 19).

Εἰς τὸ σφαιρίδιον τοῦ έκκρεμοῦς ἐνεργοῦν δύο δυνάμεις. Τὸ βάρος B τοῦ έκκρεμοῦς, με κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ φορὰν πρὸς τὰ κάτω, καὶ ἡ ἀντίδρασις T τοῦ νήματος ἐξαρτήσεως, με διεύθυνσιν τὴν εὐθείαν ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας καὶ τὸ ἀκλόνητον σημεῖον ἐξαρτήσεως τοῦ νήματος, καὶ φορὰν ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας πρὸς τὸ σημεῖον ἐξαρτήσεως.

Αἱ δύο αὐταὶ δυνάμεις δὲν ἰσορροποῦν, ἐφ' ὅσον εἶναι συντρέχουσαι καὶ σχηματίζουν γωνίαν. Ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων αὐτῶν κινεῖ τὸ σφαιρίδιον πρὸς τὴν θέσιν ἰσορροπίας. Κατὰ τὴν κάθοδον ὅμως τοῦ σφαιριδίου, αὐξάνεται ὁλονὲν ἡ γωνία τῶν B καὶ T, με ἀποτέλεσμα νὰ σμικρύνεται ἡ συνισταμένη των. Εἰς τὴν θέσιν ἰσορροπίας αἱ B καὶ T εἶναι ἴσαι καὶ ἀντίθετοι καὶ ἡ συνισταμένη των μηδενίζεται· τὸ σφαιρίδιον ὅμως, λόγῳ ἀδρανείας, συνεχίζει τὴν κίνησιν του, ὁπότε αἱ B καὶ T σχηματίζουν καὶ πάλιν γωνίαν, ἡ συνισταμένη

Ἡ μετάβασις τέλος τοῦ έκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν μίαν ἀκραίαν θέσιν εἰς τὴν ἄλλην καὶ ἡ ἐπιστροφή εἰς τὴν πρώτην ἀκραίαν θέσιν, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ἐξεκίνησεν, ὀνομάζεται πλήρης αἰώρησις ἢ ταλάντωσις, ἐνῶ ἡ μετάβασις τοῦ έκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν μίαν ἀκραίαν θέσιν εἰς τὴν ἄλλην ἀποτελεῖ μίαν ἀπλήν αἰώρησιν.

§ 29. Μελέτη τῆς κινήσεως τοῦ έκκρεμοῦς. Οἰονδήποτε καὶ ἂν εἶναι τὸ έκκρεμés, ἰσορροπεῖ ὅταν ἡ κατακόρυφος, ἡ

των όμως έχει τώρα αντίθετον φοράν ἀπὸ τὴν φοράν τῆς κινήσεως. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἡ κίνησις ἐπιβραδύνεται καὶ παύει, ὅταν τὸ ἐκκρεμές φθάσῃ εἰς τὴν συμμετρικὴν θέσιν ἀπὸ ἐκείνην ἀπὸ τὴν ὁποίαν ἐξεκίνησε.

§ 30. Νόμοι τοῦ ἀπλοῦ ἐκκρεμοῦς. Αἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀκολουθοῦν ὠρισμένους νόμους, οἱ ὅποιοι μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι εἶναι μικρὸν τὸ πλάτος τῶν αἰωρήσεων (μέχρι 3^ο περίπου), περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον :

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

ὅπου T ἡ περίοδος μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, $\pi=3,14$, l τὸ μήκος τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον ὅπου γίνεται ἡ αἰώρησις.

Οἱ νόμοι τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι οἱ ἀκόλουθοι :

α) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ πλάτος.

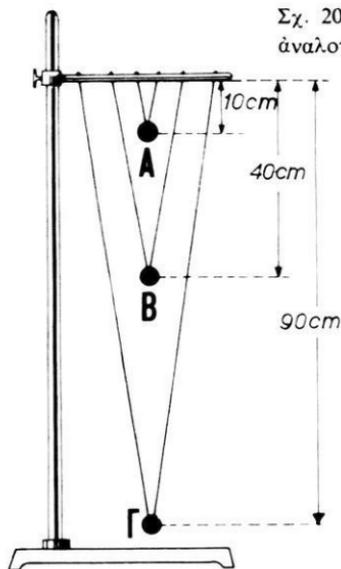
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν τὸ ἐκκρεμές καὶ μὲ μικρὸν πλάτος μετροῦμε μὲ τὸ χρονόμετρον τὸν χρόνον 20, π.χ., πλήρων αἰωρήσεων. Διαιροῦμε τὸν εὑρεθέντα χρόνον μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πλήρων αἰωρήσεων καὶ ὑπολογίζομεν τὸν χρόνον μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, δηλαδὴ τὴν περίοδον τοῦ ἐκκρεμοῦς. Κατόπιν μὲ τὸν ἴδιον τρόπον ὑπολογίζομεν τὴν περίοδον τοῦ ἐκκρεμοῦς διὰ ἓνα ἄλλο, μικρὸν πλάτος, διάφορον ἀπὸ τὸ πρῶτον. Συγκρίνοντες τοὺς χρόνους τῶν δύο περιόδων εὐρίσκομεν αὐτοὺς περίπου ἴσους.

β) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ μήκους του.

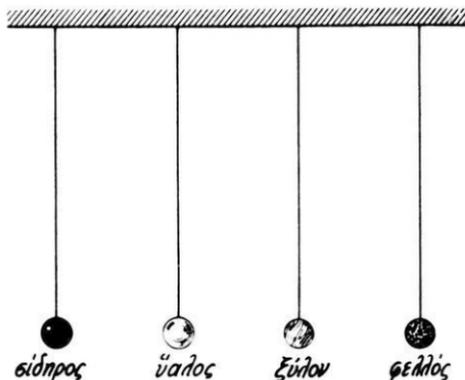
Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν ταυτοχρόνως εἰς αἰώρησιν, μὲ τὸ αὐτὸ μικρὸν πλάτος, τρία ὅμοια ἐκκρεμῆ, τῶν ὁποίων τὰ μήκη εἶναι 10 cm, 40 cm, 90 cm (σχ. 20), δηλαδὴ ὡς οἱ ἀριθμοὶ 1, 4, 9. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ περίοδος τοῦ δευτέρου ἐκκρεμοῦς εἶναι διπλασία, τοῦ δὲ τρίτου τριπλασία ἀπὸ τὴν περίοδον τοῦ πρώτου ἐκκρεμοῦς.

γ) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν μάζαν καὶ τὸ ὕλικόν, ἀπὸ τὸ ὁποῖον εἶναι κατεσκευασμένον τὸ ἐκκρεμές.

Σχ. 20. Διά την απόδειξιν τῆς σχέσεως ἀναλογίας τῆς περιόδου τοῦ ἐκκρεμοῦς.



Σχ. 21. Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ ὑλικὸν κατασκευῆς τοῦ ἐκκρεμοῦς.



Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Ἄν ἐξαρτήσωμεν ἐξ ἐνὸς ὑποστηρίγματος διάφορα ἐκκρεμῆ μετὰ τὸ αὐτὸ μῆκος, ἀπὸ διαφορετικὴν ὅμως οὐσίαν κατασκευασμένα, ὅπως π.χ. σφαιρίδια ἀπὸ μόλυβδον, σίδηρον, ὕαλον, ξύλον, φελλὸν κ.λπ. (σχ. 21) καὶ τὰ θέσωμεν ταυτοχρόνως εἰς αἰώρησιν μικροῦ πλάτους, παρατηροῦμεν ὅτι ἔχουν τὴν αὐτὴν περίοδον.

δ) Ἡ περίοδος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.

Πειραματικὴ ἀπόδειξις. Θέτομεν εἰς αἰώρησιν ἓνα ἐκκρεμὸς μετὰ σιδηροῦν σφαιρίδιον καὶ μετὰ τὸ χρονόμετρον προσδιορίζομεν τὴν περίοδόν του. Ἀκολουθῶς χρησιμοποιοῦντες ἓνα μαγνήτην, τὸν ὅποιον τοποθετοῦμεν κάτω ἀπὸ τὸ σφαιρίδιον, προκαλοῦμεν τεχνητὴν αὔξησιν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος (σχ. 22). Ἐὰν μετὰ αὐτὸν τὸν τρόπον ἐπιτύχωμεν τετραπλασίαν ἔλξιν τοῦ σφαιριδίου καὶ μετρήσωμεν ἐκ νέου τὴν περίοδον, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι εἶναι ἴση πρὸς τὸ ἡμισυ τῆς ἀρχικῆς περιόδου.

§ 31. Ἐφαρμογαὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς α) Μέτρησις τοῦ χρόνου. Τὸ

ισόχρονον τών αιωρήσεων μικροῦ πλάτους, τὸ ὅτι δηλαδή αἱ αιωρήσεις μικρῶν πλατῶν γίνονται εἰς ἴσα χρονικά διαστήματα, εὐρίσκει σπουδαίαν ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ὥρολογίων δι' ἔκκρεμοῦς διὰ τὴν ἀκριβῆ μέτρησιν τοῦ χρόνου.

Ἄλλα τὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸν πρακτικὸν βίον διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου, λειτουργοῦν μὲ βάσιν περιοδικὰ φαινόμενα. Τὰ ὥρολόγια ἀκριβείας τῶν ἀστεροσκοπειῶν ἐργάζονται μὲ ἔκκρεμῆ, τῶν ὁποίων ἡ περίοδος εἶναι 2 sec.

Τὰ ὥρολόγια τῆς τσέπης ἢ τῆς χειρὸς ἔχουν εἰς τὸν μηχανισμόν τους ἓνα τροχίσκον, ὁ ὁποῖος, ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἑνὸς σπειροειδοῦς ἑλατηρίου, ἐκτελεῖ ταλαντώσεις περὶ τὸν ἀξονά του. Ἄλλα καὶ τὰ παντὸς εἶδους ὥρολόγια περιέχουν εἰς τὸν μηχανισμόν των εἰδικὰς διατάξεις, αἱ ὁποῖαι ἐκτελοῦν ταλαντώσεις. Οὕτω τὰ ἠλεκτρικά ὥρολόγια χρησιμοποιοῦν ταλαντώσεις ἠλεκτρικὰς μὲ περίοδον $1/50$ sec, τὰ δὲ ἐξαιρετικῆς ἀκριβείας ὥρολόγια μὲ χαλαζίαν περιέχουν ἓνα κρύσταλλον ἀπὸ χαλαζίαν, ὁ ὁποῖος διεγείρεται ἠλεκτρικῶς εἰς ταλαντώσεις περιόδου $1/60.000$ sec.

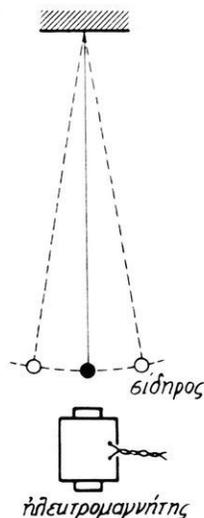
β) Μέτρησις τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος. Λύοντες τὸν τύπον τοῦ ἔκκρεμοῦς ὡς πρὸς g , διαδοχικῶς λαμβάνομεν:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad T^2 = 4\pi^2 \cdot \frac{l}{g}, \quad T^2 \cdot g = 4\pi^2 \cdot l, \quad g = \frac{4\pi^2 \cdot l}{T^2}.$$

Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν λοιπὸν τὴν ἐπιτάχυνσιν g τῆς βαρύτητος εἰς ἓναν τόπον, ἀρκεῖ νὰ γνωρίζωμεν τὸ μῆκος ἑνὸς ἔκκρεμοῦς καὶ τὴν περιόδον του.

γ) Ἀποδείξις τῆς περιστροφῆς τῆς $\Gamma\eta\varsigma$. Τὸ ἐπίπεδον, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου ἐκτελοῦνται αἱ αιωρήσεις τοῦ ἔκκρεμοῦς, διατηρεῖται σταθερόν.

Λαμβάνομεν ἓνα ἔκκρεμὸς μὲ πολὺ μεγάλον μῆκος, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ὁποῖου ἔχει ἀκίδα, καὶ τὸ θέτομεν εἰς αἰώρησιν. Ὑπὸ τὸ ἔκκρεμὸς



Σχ. 22. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης προκαλεῖ τεχνητὴν αὐξήσιν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος.

υπάρχει μία τράπεζα, ή επιφάνεια τής οποίας είναι κεκαλυμμένη με ψιλὴν ἄμμοι και δύναται νά ανυψώνεται με ειδικήν διάταξιν. Ἄνυψώνομεν τὴν τράπεζαν ὥστε ἡ ἀκίς τοῦ ἐκκρεμοῦς νά χαράξῃ ἐπὶ τῆς ἄμμοι μίαν λεπτὴν γραμμὴν και ἀκολουθῶς τὴν καταβιβάζομεν. Μετὰ πάροδοι ἀρκετοῦ χρόνου (π.χ. μιᾶς ὥρας) ανυψώνομεν ἐκ νέου τὴν τράπεζαν, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀκίς χαράζει διαφορετικὴν γραμμὴν ἀπὸ τὴν πρώτην ἐπὶ τῆς ἄμμοι, αἱ δὲ δύο γραμμαὶ τέμνονται. Ἐφ' ὅσον ὁμως τὸ ἐπίπεδοι τῶν αἰωρήσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς δὲν μετεβλήθη, πρέπει νά συμπεράνωμεν ὅτι ἐστράφη τὸ δάπεδοι, δηλαδὴ ὅτι ἐστράφη ἐν τῷ μεταξὺ ἡ Γῆ.

Τὸ πείραμα τοῦτο ἐξετέλεσε διὰ πρώτην φορὰν ὁ Γάλλοι Φουκῶ (Foucault) τὸ 1851 εἰς τὸ Πάνθεοι τῶν Παρισίων, ἀπὸ τὴν ὀροφὴν τοῦ ὁποῖοι ἐξήρτησε σύρμα μήκοι 67 m και εἰς τὴν ἄκρην τοῦ προσήρμοσε χαλκίνην σφαίρα μάζης 28 kg.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Πόσοι εἶναι τὸ μήκοι ἐνὸς ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖοι διὰ μίαν ἀπλὴν αἰώρησιν χρειάζεται χρόνοι 1 sec.

Λύσις. Ἐφαρμόζοντε τὸν τύποι

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

ἀφοῦ προηγουμένωσι ἐπιλύσωμεν αὐτὸν ὡς πρὸς l , θὰ ἔχωμεν :

$$l = \frac{g \cdot T^2}{4\pi^2}$$

Ἀντικαθιστῶντεσ τὰς τιμάσ τῶν $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$, $T = 2 \text{ sec}$, $\pi = 3,14$ εὑρίσκομεν ὅτι: $l = 0,994 \text{ m}$.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Περιοδικὸν φαινόμενοι ονομάζεταὶ τὸ φαινόμενοι ἐκεῖνο, τὸ ὁποῖοι ἐπαναλαμβάνεταὶ κατὰ τὸν ἴδιοι ἀκριβῶς τρόπον, ἐντὸς ὄρισμένου χρόνου.

2. Αἱ περιοδικαὶ παλινδρομικαὶ κινήσει, αἱ ὁποῖα ἐκτελοῦνται μεταξὺ δύο ἀκράιων θέσεων τῆς τροχιᾶς ἐνὸς κινητοῦ, ονομάζονταὶ ταλαντώσει.

3. Ἡ κίνησις τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἥλιον εἶναι περιοδικὸν φαινόμενον. Ἡ κίνησις τῆς προβολῆς ἑνὸς σημείου, τὸ ὁποῖον διαγράφει μὲ σταθερὰν ταχύτητα μίαν περιφέρειαν κύκλου ἐπὶ μιᾶς διαμέτρου τοῦ κύκλου, εἶναι ταλάντωσις.

4. Ὄταν ἡ ταλάντωσις συνεχίζεται, χωρὶς ἐξασθένησιν, ὀνομάζεται ἀμείωτος. Αἱ ταλαντώσεις αἱ ὁποῖαι ἐξασθενίζουν μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου λέγονται φθίνουσαι.

5. Μία τυχαία ἀπόστασις τοῦ ταλαντουμένου σώματος ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του λέγεται ἀπομάκρυνσις. Ἡ μεγίστη ἀπομάκρυνσις ὀνομάζεται πλάτος τῆς ταλαντώσεως.

6. Αἰώρησις ἢ ταλάντωσις ὀνομάζεται μία πλήρης ἐξέλιξις τοῦ φαινομένου. Περίοδος T μιᾶς ταλαντώσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος ἐντὸς τοῦ ὁποίου συμβαίνει μία αἰώρησις καὶ συχνότης τῆς ταλαντώσεως τὸ πλῆθος τῶν αἰωρήσεων τοῦ ταλαντουμένου σώματος εἰς 1 sec.

7. Ἡ περίοδος μετρεῖται εἰς δευτερόλεπτα καὶ ἡ συχνότης εἰς Χέρτς (Hz) ἢ κύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτον (c/sec).

8. Ἡ περίοδος T καὶ ἡ συχνότης ν εἶναι ἀριθμοὶ ἀντίστροφοι καὶ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$T = \frac{1}{\nu}$$

9. Τὸ ἀπλοῦν ἢ μαθηματικὸν ἔκκρεμὲς εἶναι διάταξις ἢ ὁποία περιλαμβάνει μίαν μικρὰν βαρεῖαν σφαῖραν, ἐξηρητημένην μὲ ἔλαφρον καὶ μὴ ἐκτατὸν νῆμα ἀπὸ ἀκλόνητον στήριγμα. Ὄταν τὸ ἔκκρεμὲς ἐκτραπῆ ἐκ τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας του ἐκτελεῖ ταλαντώσεις.

10. Ἄν θεωρήσωμεν τὸ ἔκκρεμὲς εἰς μίαν θέσιν διαφορετικὴν ἀπὸ τὴν θέσιν ἰσορροπίας του, τότε δυνάμεθα νὰ ἀναλύσωμεν τὸ βάρος τοῦ σφαιριδίου εἰς δύο δυνάμεις, ἢ μία ἀπὸ τὰς ὁποίας νὰ εἶναι κάθετος πρὸς τὸ νῆμα καὶ ἡ ἄλλη νὰ ἔχη τὸ νῆμα ὡς φορέα. Ἡ τελευταία αὐτὴ ἐξουδετεροῦται ἀπὸ τὴν ἀντίδρασιν τοῦ νήματος καὶ παραμένει ἡ ἄλλη δύναμις ἢ κάθετος πρὸς τὸ νῆμα, ἢ ὁποία ἐπιταχύνει τὸ ἔκκρεμὲς ἢ τὸ ἐπιβραδύνει, ἀναλόγως μὲ τὴν φορὰν τῆς ἐν σχέσει πρὸς τὴν κίνησιν.

11. Ἐφ' ὅσον αἱ αἰωρήσεις τοῦ ἔκκρεμοῦς ἔχουν μικρὸν πλά-

τος, ακολουθοῦν ὀρισμένους νόμους οἱ ὁποῖοι περιλαμβάνονται εἰς τὸν τύπον :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

ὅπου T = περίοδος μιᾶς πλήρους αἰωρήσεως, $\pi = 3,14$, l = μήκος τοῦ ἔκκρεμοῦς καὶ g ἡ ἐπιτάχυνσις τῆς βαρύτητος εἰς τὸν τόπον τοῦ πειράματος.

12. Οἱ νόμοι τοῦ ἔκκρεμοῦς ἀποδεικνύονται πειραματικῶς καὶ ἐκφράζουν ὅτι ἡ περίοδος τοῦ ἔκκρεμοῦς εἶναι : α) Ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ πλάτος. Ὁ νόμος αὐτὸς ἐκφράζει ὅτι αἱ αἰωρήσεις μικροῦ πλάτους εἶναι ἰσόχρονοι. β) Ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ μήκους. γ) Ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν μάζαν καὶ τὸ ὑλικόν. δ) Ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς ἐντάσεως τῆς βαρύτητος.

13. Τὸ ἔκκρεμὸς χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν μέτρησιν τοῦ χρόνου, εἰς τὴν μέτρησιν τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος, εἰς τὴν ἀπόδειξιν τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς Γῆς κ.λπ.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

28. Πόση εἶναι ἡ περίοδος ἐνὸς ἔκκρεμοῦς, μήκους 130 m ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$).
(Ἄπ. 22,86 sec.)
29. Πόσας ἀπλὰς αἰωρήσεις ἐκτελεῖ ἐντὸς λεπτοῦ ἓνα ἔκκρεμὸς μήκους 1,09 m ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$).
(Ἄπ. 57.)
30. Πόσον εἶναι τὸ μῆκος ἐνὸς ἔκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ 50 ταλαντώσεις ἐντὸς ἐνὸς λεπτοῦ ($g = 9,81 \text{ m/sec}^2$).
(Ἄπ. 0,36 m περίπου.)
31. Ποία εἶναι ἡ τιμὴ τῆς ἐπιταχύνσεως τῆς βαρύτητος εἰς τὸν Ἴσημερινὸν εἰάν ἓνα ἔκκρεμὸς μήκους 991,03 mm ἔχη περίοδον 2 sec. (Ἄπ. $g = 9,771 \text{ m/sec}^2$.)
32. Δύο ἔκκρεμῆ ἐκτελοῦν αἰωρήσεις. Ὄταν τὸ ἓνα πραγματοποιήσῃ 3 ἀπλὰς αἰωρήσεις, τὸ ἄλλον ἐκτελεῖ 7 ἀπλὰς αἰωρήσεις. Ποῖος εἶναι ὁ λόγος τῶν μηκῶν τῶν δύο ἔκκρεμῶν.
(Ἄπ. 9:49.)

Ε'—ΚΥΚΛΙΚΗ ΚΙΝΗΣΙΣ

§ 32. Γενικότῃτες και ὄρισμοί. α) Ἔως τώρα ἡσχολήθημεν μὲ εὐθυγράμμους κυρίως κινήσεις. Ἐνα ἄλλο εἶδος κινήσεων εἶναι αἱ κυκλικαὶ (σχ. 23).

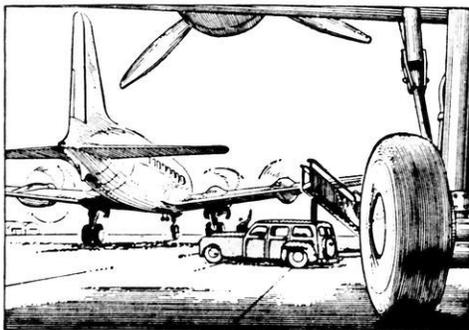
Εἰς ὅλας τὰς μηχανάς, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν ἰμάντας διὰ τὴν μετάδοσιν τῶν κινήσεων ἢ ὀδοντωτοὺς τροχοὺς, συμβαίνουν κυκλικαὶ κινήσεις. Αἱ κινήσεις αὗται εἶναι περιοδικαὶ εἰς τὰς ὁποίας τὸ κινητὸν διαγράφει κινούμενον, περιφέρειαν κύκλου ἢ τόξον περιφερείας. Ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν κυκλικῶν κινήσεων ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ κυκλικὴ ἐκείνη κίνηση, κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κινητὸν διαγράφει ἴσα τόξα εἰς ἴσους χρόνους. Ἡ κυκλικὴ αὕτη κίνησης ὀνομάζεται τότε ὀμαλή. Ὡστε :

Ἄμαλή κυκλικὴ κίνησης ὀνομάζεται ἡ κυκλικὴ ἐκείνη κίνησης κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιάς του.

β) Διὰ τὴν διανύσῃ ὀλόκληρον τὴν περιφέρειαν τὸ κινητὸν, χρειάζεται ἕνα ὄρισμένον χρόνον T , ὁ ὁποῖος ἴσεται μὲ τὴν περίοδον τῆς κυκλικῆς κινήσεως. Ὡστε :

Περίοδος μιᾶς ὀμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζεται ὁ χρόνος κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ κινητὸν ὀλοκληρῶνει μίαν περιστροφὴν.

Ἡ κίνησης τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της εἶναι ὀμαλή κυκλικὴ κίνησης μὲ περίοδον 24 ὄρων. Ἡ κίνησης τῆς Γῆς περὶ τὸν Ἡλιον εἶναι περίπου κυκλικὴ μὲ περίοδον ἑνὸς ἔτους.



Σχ. 23. Εἰς τὰ διάφορα μεταφορικὰ μέσα ἐκμεταλλεῦόμεθα τὴν κυκλικὴν κίνησης τῶν τροχῶν.

γ) Τὸ κινητὸν κινούμενον ὁμαλῶς εἰς τὴν κυκλικὴν τροχίαν τοῦ θά ἐκτελεῖ ἓνα ὄρισμένον ἀριθμὸν στροφῶν ν εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς ἐκφράζει τὴν συχνότητα τοῦ κινητοῦ. Ὡστε :

Συχνότης ἐνὸς κινητοῦ, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν περιστροφῶν τοῦ κινητοῦ ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος.

Ἡ συχνότης ἐκφράζεται εἰς Χέρτς (Hz) ἢ κύκλους ἀνά δευτερόλεπτον (c/sec) ὅταν ἡ περίοδος μετρεῖται εἰς δευτερόλεπτα.

Ἡ περίοδος καὶ ἡ συχνότης εἶναι ποσὰ ἀντίστροφα καὶ συνδέονται μὲ τὴν γνωστὴν σχέσιν :

$$T = \frac{1}{\nu} \quad \text{ἢ} \quad \nu = \frac{1}{T}$$

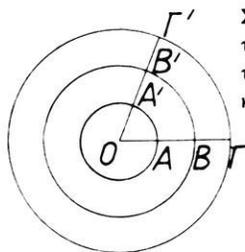
δ) **Γραμμικὴ ταχύτης.** Ἐφ' ὅσον τὸ κινητὸν διανύει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα τόξα, συμπεραίνομεν ὅτι τὸ μῆκος τοῦ τόξου, τὸ ὁποῖον διατρέχει ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος, θά εἶναι σταθερόν. Τὸ μῆκος τοῦ σταθεροῦ αὐτοῦ τόξου ὀνομάζεται γραμμικὴ ταχύτης τοῦ κινητοῦ. Ὡστε :

Γραμμικὴ ταχύτης ν ἐνὸς κινητοῦ, τὸ ὁποῖον ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ὀνομάζεται τὸ μῆκος (ἀνάπτυγμα) τοῦ τόξου, τὸ ὁποῖον διανύει τὸ κινητὸν ἐντὸς μιᾶς χρονικῆς μονάδος.

Ὅπως εἰς τὰς εὐθυγράμμους κινήσεις, οὕτω καὶ εἰς τὴν ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ἡ γραμμικὴ ταχύτης μετρεῖται μὲ τὰς αὐτὰς μονάδας.

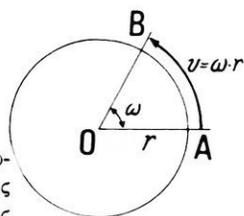
ε) **Γωνιακὴ ταχύτης.** Ἄς θεωρήσωμεν τρία κινητὰ Α, Β, Γ, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ὁμαλῶς ἐπὶ τριῶν ὁμοκέντρων κυκλικῶν τροχιῶν, εἰς τρόπον ὥστε νὰ εὐρίσκωνται πάντοτε εἰς τὴν αὐτὴν ἀκτίνα τῆς μεγαλύτερας περιφερείας (σχ. 24).

Ἐστω ὅτι τὰ κινητὰ εὐρίσκονται ἀρχικῶς ἐπὶ τῆς αὐτῆς ἀκτίνας τῆς ἐξωτερικῆς περιφερείας, τὸ Α κινούμενον ἐπὶ τῆς μικροτέρας περιφερείας καὶ τὸ Γ ἐπὶ τῆς μεγαλύτερας, καὶ ὅτι ἐντὸς χρόνου 1 sec, ἀφοῦ ἐκκινήσουν ταυτοχρόνως καὶ τὰ τρία, μεταφέρονται εἰς τὰς



Σχ. 24. Τά σημεία Α, Β, Γ, τά όποία εύρίσκονται έπί τής αύτής στρεφομένης άκτίνας, έχουν ίσας γωνιακάς ταχύτητας.

Σχ. 25. Η γωνιακή ταχύτης ω , ή γραμμική ταχύτης v και ή άκτίς τής κυκλικής τροχιάς r , συνδέονται μέ τήν σχέσιν : $v = \omega \cdot r$.



θέσεις Α', Β', Γ', αί όποίαι εύρίσκονται και πάλιν έπί τής αύτής άκτίνας τής έξωτερικής περιφερείας.

Έντός χρόνου 1 sec τό κινητόν Α διέγραψε τό τόξον ΑΑ', τό κινητόν Β τό τόξον ΒΒ' και τό κινητόν Γ τό τόξον ΓΓ'. Τά έν λόγω όμως τόξα δέν έχουν τό αύτό άνάπτυγμα, συνεπώς τά τρία κινητά δέν έχουν τήν αύτην γραμμικήν ταχύτητα. Άν θεωρήσωμεν όμως τας άκτίνας, έπί τών όποίων κινούνται τά τρία κινητά, αί άκτίνες αύται διαγράφουν έντός μιάς χρονικής μονάδος τήν αύτην γωνία. Η γωνία αύτη όνομάζεται γωνιακή ταχύτης τών κινητών. Ωστε :

Γωνιακή ταχύτης ω ένός κινητού, τό όποιον έκτελεί όμαλήν κυκλικήν κίνησιν, όνομάζεται ή γωνία τήν όποία διαγράφει εις τήν μονάδα του χρόνου μία άκτίς του κύκλου, ή όποία παρακολουθεύ τό κινητόν εις τήν κίνησιν του.

Η γωνιακή ταχύτης μετρεύται εις μοίρας άνά δευτερόλεπτον ή συνηθέστερον εις άκτίνια άνά δευτερόλεπτον (rad/sec).

§ 33. Σχέσις μεταξύ γραμμικής και γωνιακής ταχύτητος. Έστω ότι ένα κινητόν έκτελεί όμαλήν κυκλικήν κίνησιν, κινούμενον έπί μιάς περιφερείας άκτίνας r . Έάν τό κινητόν έντός χρόνου 1 sec διανύση τό τόξον ΑΒ, ή δέ άκτίς έπί τής όποίας κινείται, διαγράφει τήν γωνίαν ΑΟΒ, τότε τό μήκος v του τόξου ΑΒ ίσοϋται πρός τήν γραμμικήν ταχύτητα του κινητού και ή γωνία ΑΟΒ = ω είναι ίση πρός τήν γωνιακήν του ταχύτητα (σχ. 25).

Έάν ή ω μετρηται εις άκτίνια, τότε τό τόξον άναπτύγματος v αντιστοιχεί εις γωνίαν ω και τόξον $2\pi r$, δηλαδή όλόκληρος ή περιφέρεια, εις γωνίαν 2π . Εις τήν ίδιαν όμως περιφέρειαν τά τόξα και αί έπίκεντροι γωνίαι είναι ποσά άνάλογα. Έπομένως :

$$\frac{v}{2\pi r} = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{ή} \quad \frac{v}{r} = \omega \quad \text{ή} \quad \mathbf{v} = \boldsymbol{\omega} \cdot \mathbf{r}$$

Ώστε :

Ἡ γραμμικὴ ταχύτης ἐνὸς κινητοῦ ἐκτελοῦντος ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενον τῆς γωνιακῆς ταχύτητος ἐπὶ τὴν ἀκτίνα τῆς κυκλικῆς τροχιάς.

§ 34. Σχέσις μεταξύ γωνιακῆς ταχύτητος ω καὶ συχνότητος ν .

Ἀπὸ τὸν τύπον $v = \omega \cdot r$ ἔχομεν ὅτι $\omega = v/r$. Ἐξ ἄλλου ὁμως εἶναι :

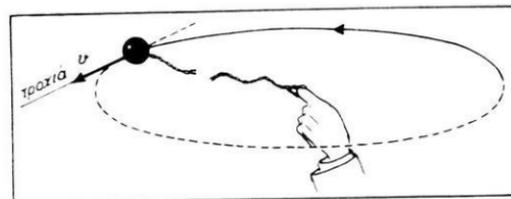
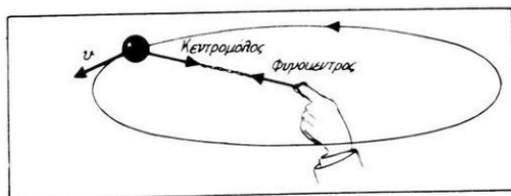
$$v = \frac{2\pi r}{T}, \quad \text{ἐπομένως λαμβάνομεν ὅτι : } \omega = \frac{2\pi r}{T} \cdot \frac{1}{r} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$$

Ώστε :

$$\omega = 2\pi \cdot \nu$$

§ 35. Κεντρομόλος δύναμις καὶ φυγόκεντρος ἀντίδρασις. Συμφώνως πρὸς τὸ ἀξίωμα τῆς ἀδρανείας ὅταν ἐπὶ ἐνὸς σώματος δὲν ἀσκήται οὐδεμία δύναμις, τὸ σῶμα ἰσορροπεῖ ἢ κινεῖται εὐθυγράμμως

καὶ ὁμαλῶς. Ἐπομένως ὅταν ἓνα σῶμα ἐκτελεῖ κυκλικὴν κίνησιν, πρέπει νὰ ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ μία δύναμις, ἢ ὁποία νὰ τὸ ἀναγκάζη νὰ κινῆται κυκλικῶς καὶ νὰ τὸ διευθύνῃ πρὸς τὸ κέντρον τῆς περιφέρειας, τὴν ὁποίαν διαγράφει τὸ σῶμα.



Σχ. 26. Ἡ κεντρομόλος δύναμις περιστρέφει τὸν λίθον, ὁ ὁποῖος ἀντιδρᾷ μὲ τὴν φυγόκεντρον δύναμιν, ἀντίθετον πρὸς τὴν κεντρομόλον. Ὅταν θραυσθῇ τὸ νῆμα, ὁ λίθος κινεῖται ἀκολουθῶν τὴν ἐφαπτομένην τῆς τροχιάς.

Πείραμα. Προσδένομεν εἰς τὸ ἄκρον ἐνὸς σπάγγου ἓνα λίθον καί, κρατοῦντες τὸ ἄλλον ἄκρον μὲ τὴν χεῖρα μας, δίδομεν εἰς τὸν λίθον κυκλικὴν κίνησιν, περιστρέφοντας αὐτὸν ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου (σχ. 26, ἄνω). Ἡ δύ-

ναμια, ήτις έξαναγκάζει τόν λίθον εις περιτροφήν, προέρχεται έκ τής χειρός μαα, άσκειται επί του λίθου διά μέσου του σπάγγου και διευθύνεται πρòς τήν χείρα μαα, πρòς τò κέντρον δηλαδή τής κυκλικής τροχιάα τήν όποίαν διαγράφει ό λίθου.

Ή δύναμια αύτη όνομάζεται κεντρομόλου δύναμια. "Ωατε :

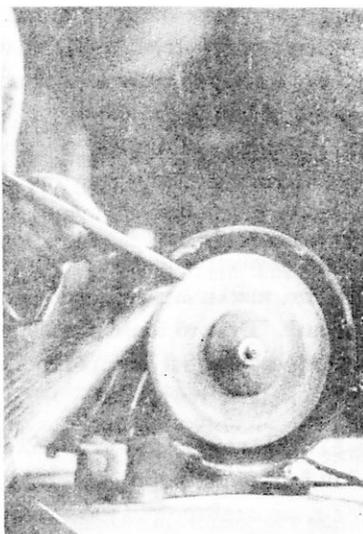
Κεντρομόλου δύναμια όνομάζεται ή δύναμια ή όποία έξαναγκάζει ένα σώμα νά κινήθι επί κυκλικής τροχιάα. Ή δύναμια αύτη έχει, εις έκάατην χρονικήν ατιγμήν, διευθύνειν τήν άκτίνα και φοράν πρòς τò κέντρον τής κυκλικής-τροχιάα.

§ 36. Φυγόκεντροα αντίδρααα.

Κατά τήν εκτέλεειν του άνωτέρω πειράματοα χρείαεται νά καταβάλωμεν άρκετήν προαπάθειαν, διά νά αγκρατήσωμεν τόν λίθου ό όποίοα τείνει όλονέν νά εκτιναχθι. Αυτό όφείλεται εια τò γεγονόα ότι ό λίθου, αμφώνωα πρòς τò άξίωμα δράααα και αντίδρααααα, προβάλλει εια τήν κεντρομόλου δύναμια αντίδραααα ίαου μέτρου και αντίθέτου φοράα, ή όποία τείνει νά άπομακρύνι τόν λίθου άπό τò κέντρον τής κυκλικής τροχιάα. Ή δύναμια αύτη όνομάεται φυγόκεντροα δύναμια.

Ή φυγόκεντροα δύναμια δέν είναι δύναμια ή όποία άακειται άπό έξωτερικά αίτια εια τò σώμα, αλλά δύναμια ή όποία, λόγω άδρααείαα, άναπτύαεται επί του σώματοα άπό αυτό τò ίδιον τò σώμα. Δι' αυτό άν εια μίαν ατιγμήν θραυαθι ό απάγγου, ή άν ήμεια παύαωμεν νά τόν αγκρατώμεν, ό λίθου αυνεχίει τήν κινήειν του, ευθυγράμωα και όμαλώα, άκολουθών τήν έφαπτομένην τής τροχιάα εια τò αμείον εια τò όποίον εύρίακετο όταν έθραύαθι ό απάγγου (αχ. 26, κάτω).

Τò ίδιον φαινόμενον παρατηρούμεν όταν παρακολουθούμεν τουα



Αχ. 27. Οι απινθιρεα κινούνη, λόγω άδρααείαα, κατά τήν έφαπτομένην τής τροχιάα του τροχού, εια τò αμείον εια τò όποίον παράγονται.

σπινθήρας, τούς οποίους προκαλεί ὁ σμυριδοτροχός (σχ. 27).

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι, ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν παύει νὰ υφίσταται ἡ κεντρομόλος, ἐξαφανίζεται καὶ ἡ φυγόκεντρος δύναμις. Ἡ ἀδράνεια ὁμῶς ὑποχρεώνει τὸ σῶμα νὰ συνεχίση εὐθυγράμμως καὶ ὁμαλῶς τὴν κίνησίν του, μὲ τὴν ταχύτητα τὴν ὁποίαν εἶχεν ἀποκτήσει τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἔπαυσε νὰ ἐνεργῇ ἐπ' αὐτοῦ ἡ κεντρομόλος δύναμις. Ὡστε :

Ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἀναπτύσσεται, ἐπὶ ἐνὸς σώματος τὸ ὁποῖον κινεῖται κυκλικῶς, ὡς ἀντίδρασις τοῦ σώματος πρὸς τὴν κεντρομόλον δύναμιν. Ἐχει τὸ ἴδιον μέτρον μὲ τὴν κεντρομόλον καὶ ἀντίθετον πρὸς ἐκείνην φοράν, τείνει δηλαδὴ νὰ ἀπομακρύνῃ τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιάς.

§ 37. Μέτρον τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγόκεντρος δυνάμεως. Ἐὰν ἓνα σῶμα, μάζης m , κινῆται διαγράφον κυκλικὴν τροχίαν, ἀκτί-
νος r , μὲ σταθεροῦ μέτρον γραμμικὴν ταχύτητα v , τότε, ὅπως ἀποδει-
κνύεται, τὸ μέτρον τῆς κεντρομόλου δυνάμεως $F_{κεν}$ δίδεται ἀπὸ τὸν
τύπον :

$$F_{κεν} = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (1)$$

Ἐπειδὴ ὁμῶς ἡ φυγόκεντρος $F_{φυγ}$ καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις $F_{κεν}$ ἔχουν ἴσα μέτρα, θὰ ἔχωμεν :

$$F_{φυγ} = \frac{m \cdot v^2}{r} \quad (2)$$

§ 38. Νόμοι τῆς κεντρομόλου δυνάμεως. Ἀπὸ τὸν τύπον (1) τῆς προηγουμένης παραγράφου συμπεραίνομεν τοὺς ἑξῆς νόμους τῆς κεντρομόλου δυνάμεως :

α) Ἡ κεντρομόλος δύναμις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν μάζαν τοῦ κινήτου, ὅταν ἡ γραμμικὴ ταχύτης αὐτοῦ καὶ ἡ ἄκτις περιστροφῆς παραμένουν σταθεραί.

Ὅταν δηλαδὴ ἡ μάζα τοῦ στρεφομένου σώματος γίνῃ διπλασία, τριπλασία κ.λπ., ἐνῶ συγχρόνως παραμένουν σταθεραὶ ἡ γραμμικὴ ταχύτης καὶ ἡ ἄκτις περιστροφῆς, τότε καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ.

β) Ἡ κεντρομόλος δύναμις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς γραμμικῆς ταχύτητος, ὅταν ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ ἡ ἄκτις περιστροφῆς παραμένουν σταθεραί.

Ὅταν δηλαδὴ διπλασιασθῆ, τριπλασιασθῆ κ.λπ. ἡ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ σώματος, ἐνῶ ἡ ἄκτις περιστροφῆς παραμένει ἡ ἴδια, ἡ κεντρομόλος δύναμις τετραπλασιάζεται, ἔνεαπλασιάζεται κ.λπ.

γ) Ἡ κεντρομόλος δύναμις εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἄκτινα, ὅταν ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ ἡ γραμμικὴ ταχύτης αὐτοῦ διατηροῦνται σταθεραί.

Ὅταν δηλαδὴ ἓνα σῶμα ἐκτελῆ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν καὶ ἐνῶ διατηρῆ σταθερὰν τὴν γραμμικὴν του ταχύτητα διπλασιάσει, τριπλασιάσει κ.λπ. τὴν ἄκτινα περιστροφῆς του, ἡ κεντρομόλος δύναμις γίνεται ἴση μὲ τὸ ἓνα δεύτερον, τὸ ἓνα τρίτον κλπ. τῆς ἀρχικῆς τιμῆς τῆς.

Ὁ τύπος τῆς φυγοκέντρου καὶ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως δὲν περιέχει τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὅποιον γίνεται ἡ περιστροφή τοῦ κινητοῦ, δηλαδὴ τὴν περίοδον τῆς κινήσεως.

Ἐστω T ἡ περίοδος. Ἐπειδὴ τὸ κινητὸν ἐντὸς χρόνου T διαγράφει περιφέρειαν $2\pi r$ μὲ ἴσοταχὴ κίνησιν, θὰ ἔχη ταχύτητα :

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$$

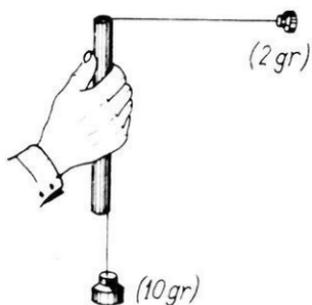
ἐπειδὴ δὲ $v^2 = \frac{4\pi^2 \cdot r^2}{T^2}$ ὁ τύπος (1) τῆς § 37 θὰ λάβῃ τὴν μορφήν :

$$F_{\text{κεν}} = \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2}$$

Ἐπομένως :

δ) Ἡ κεντρομόλος δύναμις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἄκτινα περιστροφῆς, ὅταν ἡ περίοδος διατηρῆται σταθερά.

Ὅταν δηλαδὴ διατηρῆται σταθερὰ ἡ περίοδος ἐνὸς στρεφομένου σώματος καὶ διπλασιασθῆ, τριπλασιασθῆ κ.λπ. ἡ ἄκτις περιστροφῆς, τότε διπλασιάζεται, τριπλασιάζεται κ.λπ. καὶ ἡ κεντρομόλος δύναμις, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα.



Σχ. 28. Πείραμα διά την έπαλήθευσιν των νόμων της κεντρομόλου δυνάμεως.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτόν, ἓνα σῶμα τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸν Ἴσημερινὸν τῆς Γῆς, ὑπόκειται εἰς μεγαλύτεραν φυγόκεντρον δύναμιν ἀπὸ ἓνα σῶμα τῆς ἰδίας μάζης, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς ἄλλην περιοχὴν τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς. Καὶ τὰ δύο σῶματα διαγράφουν κυκλικὰς τροχιάς μὲ τὴν ἰδίαν περίοδον, ἡ ὁποία ἰσοῦται πρὸς τὴν περίοδον περιστροφῆς τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της, δηλαδὴ ἴσην πρὸς 24 ὥρας, ἡ κυκλικὴ τροχιά ὅμως τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸν Ἴσημερινὸν ἔχει μεγαλύτεραν ἀκτίνα.

Σημείωσις. Οἱ νόμοι τῆς κεντρομόλου δυνάμεως ἰσχύουν καὶ διὰ τὴν φυγόκεντρον δύναμιν.

§ 39. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγόκεντρον δυνάμεως. Ἡ ἀλήθεια τῶν νόμων τῆς κεντρομόλου καὶ τῆς φυγόκεντρον δυνάμεως ἀποδεικνύεται μὲ τὸ ἀκόλουθον πείραμα (σχ. 28).

Εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς νήματος, τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει ἐντὸς ἐνὸς ὑάλινου σωλῆνος, μήκους 25 cm περίπου, προσδένομεν δύο σταθμὰ μὲ μάζας $m_1=2$ gr καὶ $m_2=10$ gr. Κατόπιν ἐκτινάσσομεν τὴν μάζαν m_1 καὶ τὴν περιστρέφομεν μὲ τυχούσαν, ἀλλὰ σταθερὰν περίοδον T , περὶ τὸν ὑάλινον σωλῆνα, τὸν ὁποῖον διατηροῦμεν εἰς κατακόρυφον θέσιν. Τὸ βάρος B τῆς μάζης m ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις $F_{κεν}$ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως τῆς μάζης m . Τὸ νῆμα καταμερίζεται οὕτως, ὥστε ἡ ἀπόστασις τῆς μάζης m ἀπὸ τὸν σωλῆνα νὰ ἔχη μήκος r , εἰς τρόπον ὥστε νὰ ἰσχύη ἡ σχέσις :

$$B = F_{κεν} = \frac{4\pi^2 \cdot m_1 \cdot r}{T^2}$$

§ 40. Φαινόμενα καὶ ἐφαρμογαὶ τῆς κεντρομόλου δυνάμεως. α) Οἱ ἵππεις, οἱ ποδηλάται καὶ οἱ δρομεῖς, εἰς τὰς στροφὰς τῶν δρόμων, κλίνουν τὸ σῶμα πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιάς των, διὰ νὰ μὴ ἀνατραποῦν ἐξ αἰτίας τῆς φυγόκεντρον δυνάμεως, ἡ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς τὸ σῶμα των.

β) Εἰς τὰς στροφὰς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν ἢ ἐξωτερικὴ γραμμὴ τοποθετεῖται ὑψηλότερον ἀπὸ τὴν ἐσωτερικὴν καὶ ὄχι εἰς τὸ ἴδιον ὀριζόντιον ἐπίπεδον, διὰ νὰ ἐξουδετερώνηται ἡ φυγόκεντρος δύναμις μὲ τὴν κλίσιν τῆς ἀτμομηχανῆς καὶ τῶν βαγονίων πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς κυκλικῆς τροχιᾶς. Διὰ τὸν ἴδιον λόγον οἱ ὁδηγοὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν μετριάξουν εἰς τὰς καμπὰς τὴν ταχύτητα, ἐλαττώνοντες οὕτω καὶ πάλιν τὴν φυγόκεντρον δύναμιν. Μὲ τὰ μέτρα αὐτὰ ἀποσοβεῖται ὁ ἔκτροχιασμός τῆς ἀμαξοστοιχίας.

Ἐνάλογα μέτρα λαμβάνονται καὶ εἰς τὰς καμπὰς τῶν αὐτοκινητοδρόμων (σχ. 29).

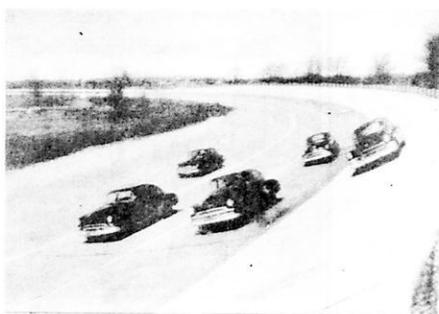
γ) Ἐξ αἰτίας τῆς φυγόκεντρον δυνάμεως οἱ τροχοὶ τῶν διαφόρων μεταφορικῶν μέσων ἐκτινάσσουν τὴν λάσπην, ἢ ὅποια προσκολλᾶται ἐπ' αὐτῶν.

δ) Ἡ Γῆ εἶναι ἐξωγκωμένη εἰς τὸν Ἰσημερινόν, ὅπου ἡ φυγόκεντρος δύναμις ἢ ὅποια ἀναπτύσσεται λόγω τῆς ἡμερησίας περιστροφῆς τοῦ πλανήτου μας, περὶ τὸν ἄξονά του —εἶναι μεγαλύτερα, καὶ συμπεπαισμένη εἰς τοὺς Πόλους.

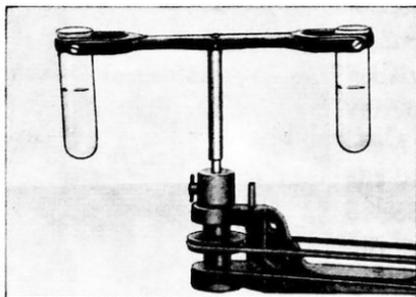
ε) Πολλὰς καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εὐρίσκει ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἰς τὸν καθημερινὸν βίον καὶ εἰς τὴν βιομηχανίαν. Αἱ φυγόκεντρικαὶ ἀντλῖαι εἶναι μία ἀπὸ τὰς περισσότερον συνηθισμένας καὶ σπουδαίας ἐφαρμογὰς τῆς, ὅπως ἐπίσης καὶ οἱ φυγόκεντρικοὶ διαχωριστῆρες, οἱ ὅποιοι χρησιμεύουν εἰς τὸν διαχωρισμὸν ἀναμεμιγμένων ὑγρῶν μὲ διαφορετικὰ εἰδικὰ βάρη, καθὼς ἐπίσης καὶ εἰς τὸν διαχωρισμὸν ὑγρῶν μειγμάτων, τὰ ὅποια περιέχουν καὶ στερεὰ συστατικά.

Τὸ ὑγρὸν μείγμα τοποθετεῖται ἐντὸς τοῦ διαχωριστῆρος καὶ κατόπιν ἡ μηχανὴ ἀρχίζει νὰ περιστρέφεται. Τὰ συστατικά τοῦ μείγματος ἐφ' ὅσον ἔχουν διάφορον εἰδικὸν βᾶρος, ἀναπτύσσουν διαφορετικὴν φυγόκεντρον δύναμιν καὶ διαχωρίζονται. Τὰ βαρύτερα ἐκτινάσσονται πρὸς τὰ ἔξω, τὰ ἐλαφρότερα εἰς μικροτέραν ἀπόστασιν (σχ. 30).

Μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν διαχωρίζομεν τὸ βούτυρον ἀπὸ τὸ γάλα,



Σχ. 29. Οἱ αὐτοκινητόδρομοι κατασκευάζονται μὲ ἀνωψώσεις εἰς τὰς καμπὰς, ὥστε τὰ ὀχήματα νὰ κλίνουν πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς καμπύλης τροχιᾶς.



Σχ. 30. Φυγοκεντρικός διαχωριστής.

τήν μούργαν από το έλαιόλαδον κ.λπ. Φυγοκεντρικαί μηχαναί χρησιμοποιούονται επίσης εις τὰ ξηραντήρια τῶν ύφασμάτων. Τὰ ύφασματα τοποθετοῦνται εις κατάλληλα δοχεῖα, τὰ ὁποῖα περιστρέφονται κατόπιν με μεγάλην ταχύτητα, ὅπδτε τὸ ὕδωρ ἐκτινάσσεται ἀπὸ τὰς ὀπὰς τῶν δοχείων καὶ οὕτω στεγνώνουν καὶ ξηραίνονται τὰ ύφασματα.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἐνα σῶμα μάζης 100 gr, προσδένεται εις μίαν ἄκρην ἑνὸς νήματος, μήκους 1 m, καὶ ἐκτελεῖ ὁμαλὴν περιστροφικὴν κίνησιν ἐπὶ ὀριζοντίου ἐπιπέδου, διαγράφον πέντε περιστροφὰς ἐντὸς 5 sec. Ὑπολογίσατε τὴν τάσιν τοῦ νήματος ($\pi^2 = 10$).

Λύσις : Ἡ τάσις F τοῦ νήματος εἶναι ἴση με τὴν φυγόκεντρον δύναμιν $F_{\text{φυγ}}$ τῆς περιστροφικῆς κινήσεως. Ἐπομένως θὰ εἶναι :

$$F = F_{\text{φυγ}} = \frac{4\pi^2 m r}{T^2}$$

Ἀντικαθιστῶντες εις τύπον τὸν αὐτὸν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, εις τὸ Σύστημα *M.K.S.*, δηλαδή: $m = 100 \text{ gr} = 0,1 \text{ kg}$, $r = 1 \text{ m}$, $T = 1 \text{ sec}$, διότι ἐφ' ὅσον ἐκτελεῖ 5 στροφὰς ἐντὸς 5 sec, διὰ μίαν στροφήν χρειάζεται 1 sec. (ἀλλὰ ὁ χρόνος μιᾶς περιστροφῆς ἰσοῦται με τὴν περίοδον), καὶ $\pi^2 = 10$, λαμβάνομεν:

$$F = \frac{4 \cdot 10 \cdot 0,1 \cdot 1}{1} = 4 \text{ Νιοῦτον.}$$

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ κυκλικὴ κίνησις εἶναι περίπτωσις καμπυλογράμμου κινήσεως. Ἰδιαίτερον ἐνδιαφέρον παρουσιάζει ἡ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις, κατὰ τὴν ὁποῖαν τὸ κινητὸν διανύει εις ἴσους χρόνους ἴσα τόξα τῆς κυκλικῆς τροχιάς του. Ἡ ὁμαλὴ κυκλικὴ κίνησις εἶναι λοιπὸν περιοδικὸν φαινόμενον, εις τὸ ὁποῖον διακρίνομεν περίοδον καὶ συχνότητα.

2. Γραμμικὴν ταχύτητα v μιᾶς ὁμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζομεν τὸ μήκος τοῦ τόξου, τὸ ὁποῖον διανύει τὸ κινητὸν

εις την μονάδα του χρόνου. Ἡ γραμμικὴ ταχύτης μετρεῖται εἰς m/sec ἢ cm/sec ἢ km/h κ.λπ.

3. Γωνιακὴ ταχύτης ω μιᾶς ὁμαλῆς κυκλικῆς κινήσεως ὀνομάζεται ἡ γωνία τὴν ὁποῖαν διαγράφει εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μία ἀκτίς τοῦ κύκλου, ἡ ὁποία παρακολουθεῖ τὸ κινητὸν εἰς τὴν κίνησίν του. Ἡ γωνιακὴ ταχύτης μετρεῖται εἰς μοίρας ἀνὰ δευτερόλεπτον ἢ ἀκτίνια ἀνὰ δευτερόλεπτον.

4. Ἡ γραμμικὴ ταχύτης v , ἡ γωνιακὴ ταχύτης ω καὶ ἡ ἀκτίς τῆς κυκλικῆς τροχιάς συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν : $v = \omega \cdot r$.

5. Ἐνα σῶμα κινεῖται καὶ ἀκολουθεῖ κυκλικὴν τροχίαν ὑπὸ τὴν δρᾶσιν μιᾶς δυνάμεως ἡ ὁποία διευθύνεται σταθερῶς πρὸς τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιάς καὶ ὀνομάζεται κεντρομόλος δύναμις.

6. Ἡ κεντρομόλος δύναμις προκαλεῖ, ὡς ἀντίδρασιν τοῦ σώματος, τὴν φυγόκεντρον δύναμιν, ἔχει τὸ ἴδιον μέτρον μὲ τὴν κεντρομόλον καὶ ἀντίθετον φορὰν ἀπὸ ἐκείνην, τείνουσα νὰ ἀπομακρύνῃ τὸ σῶμα ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς κυκλικῆς τροχιάς.

7. Ἐπὶ ἐνὸς σώματος μὲ μᾶζαν m , τὸ ὁποῖον κινεῖται ὁμαλῶς ἐπὶ κυκλικῆς τροχιάς μὲ ἀκτίνα r καὶ ἔχει γραμμικὴν ταχύτητα v , ἐνεργεῖ κεντρομόλος δύναμις $F_{κεν}$, τὸ δὲ σῶμα ἀντιδρᾷ μὲ φυγόκεντρον δύναμιν $F_{φυγ}$ ἐνῶ διὰ τὰ μέτρα τῶν δυνάμεων ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$F_{κεν} = F_{φυγ} = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

8. Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω τύπον ἐξάγονται οἱ νόμοι τῆς κεντρομόλου (φυγόκεντρον) δυνάμεως, οἱ ὁποῖοι ἐκφράζουσι ὅτι ἡ κεντρομόλος (φυγόκεντρον) δύναμις εἶναι : α) ἀνάλογος πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ κινητοῦ, ὅταν ἡ γραμμικὴ ταχύτης καὶ ἡ ἀκτίς περιφορᾶς παραμένουν σταθεραί, β) ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς γραμμικῆς ταχύτητος, ὅταν ἡ μᾶζα τοῦ σώματος καὶ ἡ ἀκτίς περιφορᾶς παραμένουν σταθεραί, γ) ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτίνα περιφορᾶς, ὅταν ἡ μᾶζα καὶ ἡ γραμμικὴ ταχύτης παραμένουν σταθεραί.

9. Ὁ τύπος τῆς κεντρομόλου (φυγόκεντρον) δυνάμεως, ἂν ἀντικαταστήσωμεν τὸ v μὲ τὸ ἴσον του $2\pi r/T$ γίνεται :

$$F_{\text{κεν}} = F_{\text{φυγ}} = \frac{4\pi^2 \cdot m \cdot r}{T^2}$$

10. Ἡ σχέσηis αὐτὴ ἐκφράζει τὸν τέταρτον νόμον, συμφώνως πρὸς τὸν ὁποῖον ἡ κεντρομόλος (φυγόκεντρος) δύναμις εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀκτίνα περιφορᾶς, ὅταν διατηρητῆται σταθερὰ ἡ περίοδος.

11. Πολλὰ φαινόμενα ὀφείλονται εἰς τὴν κεντρομόλον δύναμιν, ὅπως ἡ ἐκτίναξις τῆς λάσπης ἀπὸ τοὺς τροχοὺς τῶν αὐτοκινήτων, ἡ ἐξόγκωσις τῆς Γῆς εἰς τὸν Ἰσημερινόν, ἡ κλίσις τῶν δρομέων, ἰπέων, ποδηλατιστῶν κ.λπ. πρὸς τὸ κοῖλον τῆς καμπῆς. Διὰ τὴν ἐξουδετερωθῆ ἡ φυγόκεντρος δύναμις εἰς τὰς στροφὰς τῶν σιδηροδρομικῶν γραμμῶν, κατασκευάζεται ὑψηλότερα ἢ ἐξωτερικὴ γραμμὴ.

12. Ἡ φυγόκεντρος δύναμις εὐρίσκει καὶ βιομηχανικὰς ἐφαρμογὰς, ὅπως εἶναι αἱ φυγοκεντρικαὶ ἀντλῖαι, οἱ φυγοκεντρικοὶ διαχωριστῆρες, οἱ φυγοκεντρικοὶ ξηραντῆρες κ.λπ.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

33. Πόση εἶναι ἡ συχνότης ἐνὸς τροχοῦ διαμέτρου 150 mm, ὅταν ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας του εἶναι 35 m/sec. (Ἀπ. 4 459 στρ/min.)

34. Πόση εἶναι ἡ μέση γραμμικὴ ταχύτης τῆς Γῆς κατὰ τὴν κίνησίν της περὶ τὸν ἥλιον, ἂν ἡ τροχιά της θεωρηθῆ κύκλος μὲ ἀκτίνα $15 \cdot 10^7$ km, ἡ δὲ περίοδος τῆς κινήσεως ληφθῆ ἴση μὲ 365,25 μέσας ἡλιακὰς ἡμέρας. (Ἀπ. 30 km/sec.)

35. Ἐνας τροχὸς ἐκτελεῖ 96 στρ/min. α) Πόση εἶναι ἡ γωνιακὴ ταχύτης τοῦ τροχοῦ. β) Ἐὰν ἡ γραμμικὴ ταχύτης τῶν σημείων τῆς περιφερείας του εἶναι 25 m/min, πόση εἶναι ἡ διάμετρος τοῦ τροχοῦ.
(Ἀπ. α' 603,28 cm/min. β' 0,0828 m.)

36. Ἐνας τροχὸς ἔχει διάμετρον 20 cm καὶ ἐκτελεῖ 1 200 στρ/min. Πόση εἶναι ἡ ταχύτης ἐνὸς σημείου τῆς περιφερείας τοῦ τροχοῦ. (Ἀπ. 12,56 m/sec.)

37. Οἱ τροχοὶ ἐνὸς αὐτοκινήτου ἔχουν διάμετρον 550 mm. Πόσας στροφὰς ἀνὰ λεπτόν ἐκτελοῦν οἱ τροχοί, ὅταν τὸ αὐτοκίνητον κινῆται μὲ ταχύτητα 80 km/h.
(Ἀπ. 773 στρ/min.)

38. Πόση κεντρομόλος δύναμις πρέπει νὰ ἀσκηθῆ ἐπὶ ἐνὸς αὐτοκινήτου βάρους 1 200 kp διὰ τὴν διέλθῃ μίαν καμπὴν ἐνὸς δρόμου, ἀκτίνοιο 40 m, μὲ ταχύτητα 24 km/h.
(Ἀπ. 137 kp περίπου.)

39. Αυτόκίνητον, με μάζαν 2 τόννων, κινείται ἐπὶ μιᾶς καμπῆς, ἀκτίνοσ 200 m. Πόση πρέπει νὰ εἶναι τὸ πολὺ ἢ γραμμικὴ ταχύτης τοῦ ὀχήματος, διὰ νὰ μὴ ὑπερβῇ ἡ φνγόκεντροσ δύναμισ τὴν τιμὴν τῶν 49 kp.

(᾿Απ. 25,2 km/h = 7,07 m/sec περίπου.)

40. Σῶμα μάζης 50 gr ἐκτελεῖ ὁμαλὴν κυκλικὴν κίνησιν, ἀκτίνοσ 40 cm, με συχνότητα 3 000 στροφῶν ἀνά λεπτόν. Πόση εἶναι ἡ φνγόκεντροσ δύναμισ ἢ ὁποῖα ἀναπτύσσεται εἰσ τὸ σῶμα καὶ πόσασ φορᾶσ εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὸ βάρουσ τοῦ σώματος.

(᾿Απ. α' 200 kp. β' 4 000 φορᾶσ.)

ΣΤ' — ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΕΛΞΙΣ

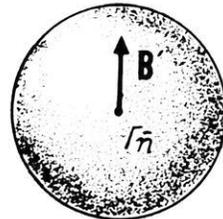
§ 41. Νόμοσ τῆσ παγκοσμίου ἔλξεωσ. Ἡ γῆνιν βαρύτησ τὸ φαινόμενον δηλαδὴ κατὰ τὸ ὁποῖον ἡ Γῆ ἔλκει πρὸσ τὸ κέντρον τῆσ τὰ διάφορα σώματα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται πλησίον τῆσ ἐπιφανείασ τῆσ, ἀποτελεῖ μίαν μερικὴν περιπτώσιν ἐνὸσ πολὺ γενικωτέρου φαινομένου.

Πράγματι ὅλα τὰ σώματα τοῦ Σύμπαντοσ ἔλκονται ἀμοιβαίωσ (σχ. 31). Οὕτωσ ἡ Γῆ ἔλκει τὴν Σελήνην καὶ ἀντιστρόφωσ ἡ Σελήνη ἔλκει τὴν Γῆν. Ὁ Ἡλιοσ ἔλκει τὴν Γῆν καὶ ἀντιστρόφωσ ἡ Γῆ ἔλκει τὸν Ἡλιον καὶ γενικῶσ ὅλα τὰ οὐράνια σώματα, δηλαδὴ τὰ ἄστρα, ἔλκονται ἀμοιβαίωσ.

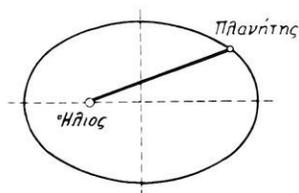
Τὸ γενικὸν φαινόμενον τῆσ ἀμοιβαίασ ἔλξεωσ τῶν οὐρανίων σωμάτων ὀνομάζεται παγκόσμιος ἔλξισ.

Παρ' ὄλην τὴν ἀμοιβαίαν ἔλξιν τῶν, τὰ οὐράνια σώματα δὲν πίπτουν τὸ ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου ἐπειδὴ κινουῦνται, ἀκολουθοῦντα κλειστὰσ καμπύλασ τροχιάσ, περιστρεφόμενα περὶ ἄλλα κεντρικὰ ἄστρα.

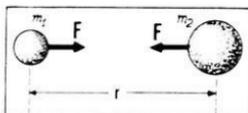
Αἱ τροχιαὶ αὐταὶ ὁμοιάζουσ με ὀλιγώτερον ἢ περισσότερον συμπεπιεσμένουσ κύκλουσ, οἵτινεσ ὀνομάζονται ἔλλειψεισ (σχ. 32). Ἡ ἔλξισ τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου, περὶ τὸ ὁποῖον περι-



Σχ. 31. Ἡ Γῆ ἔλκει τὰ διάφορα σώματα πρὸσ τὸ κέντρον τῆσ.



Σχ. 32. Αἱ τροχιαὶ τῶν πλανητῶν περὶ τὸν Ἡλιον, εἶναι ἔλλειψεισ.



Σχ. 33. Μεταξύ δύο μαζών m_1 και m_2 οι οποίες απέχουν απόστασιν r , αναπτύσσονται έλκτικαί δυνάμεις.

φέρεται μία όμάς από μικρότερα, ένεργεί ως κεντρομόλος δύναμις τής κινήσεως. Τήν ιδέαν τής παγκοσμίου έλξεως συνέλαβε πρώτος ό Νεύτων και διετύπωσε μαθηματικώς τό μέτρον F τής έλκτικης δυνάμεως, ή όποία αναπτύσσεται μεταξύ δύο σωμάτων με μάζας m_1 και m_2 , τά όποια εύρίσκονται εις απόστασιν r μεταξύ των (σχ. 33).

Ό νόμος τής παγκοσμίου έλξεως εκφράζει ότι :

Ή έλκτική δύναμις F , ή όποία αναπτύσσεται μεταξύ δύο μαζών m_1 και m_2 , αί όποια εύρίσκονται εις απόστασιν r , είναι ανάλογος πρός τό γινόμενον των μαζών και αντιστρόφως ανάλογος πρός τό τετράγωνον τής απόστάσεώς των.

Μαθηματικώς ό νόμος περιέχεται εις τήν σχέσιν :

$$F = k \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

όπου τό k είναι μία σταθερά ποσότης. Όταν αί μάζαι εκφράζωνται εις χιλιόγραμμα και ή απόστασις εις μέτρα, ή k έχει τιμήν $k = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{sec}^2$ και ή δύναμις F υπολογίζεται εις Νιούτον (N).

§ 42. Κίνησις των πλανητών. Ό έναστρος ούρανός. Αν ρίψωμεν ένα προσεκτικόν βλέμμα εις τόν νυκτερινόν ούρανόν, παρατηρούμεν έναν μεγάλον αριθμόν άστρων, τά όποια δυνάμεθα νά ίδωμεν με γυμνόν όφθαλμόν και τά όποια κατατάσσομεν εις δύο μεγάλας κατηγορίας.

Εις τήν πρώτην κατηγορίαν ανήκουν οι άπλανεις άστέρες, ή συντριπτική πλειονότης των ούρανίων σωμάτων. Είναι άστρα τά όποια εύρίσκονται εις τεραστίας αποστάσεις από τήν Γήν μας, τόσον μεγάλας ώστε τό φώς των χρειάζεται έτη διά νά φθάση μέχρι του πλανήτου μας. Είναι όπως ό Ήλιος μας, και όταν τά παρατηρούμε μαρμαίρουν, παρουσιάζουν, όπως λέγομεν, στίλβην. Ή όνομασία τους όφείλεται εις τό γεγονός ότι τά άστρα αυτά διατηρούν σταθεράς, δι' ένα γήινον παρατηρητήν, αποστάσεις έντός του χρονικού διαστήμα-

τος μᾶς ἀνθρωπίνης ζωῆς. Ἐπομένως δὲν πλανῶνται, δὲν μετακινου-
νται δηλαδὴ ἐπὶ τοῦ οὐρανοῦ θόλου. Παρακολουθοῦν τὴν φαινομενικὴν
κίνησιν τῆς οὐρανοῦ σφαίρας, ὡς ἔαν ἦσαν προσκεκολλημένα εἰς
τὸ ἐσωτερικόν της.

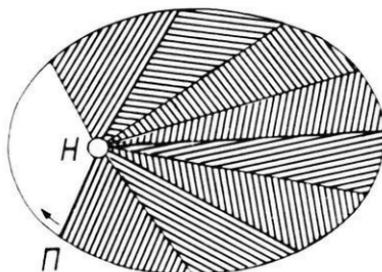
Ἡ ἡμερησία κινήσις τῆς οὐρανοῦ σφαίρας εἶναι φαινομενική,
φαίνεται δηλαδὴ εἰς ἡμᾶς ὅτι ἐκτελεῖται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ
ὀφείλεται εἰς τὴν περιστροφὴν τῆς Γῆς περὶ τὸν ἄξονά της. Ἐδῶ
συνεπῶς συμβαίνει ἓνα φαινόμενον, ἀνάλογον μ' ἐκεῖνος τὸ ὅποιον
παρατηροῦμεν, ὅταν τρέχωμεν μὲ ἓνα ταχὺ αὐτοκίνητον εἰς μίαν ἀνα-
πεπταμένην πεδιάδα. Ἐνῶ ἡμεῖς διερχόμεθα τρέχοντες πρὸ τῶν δια-
φόρων δένδρων καὶ οἰκιῶν, ἅτινα εὐρίσκονται παρὰ τὴν ὁδόν, μᾶς
δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι τὰ δένδρα καὶ αἱ οἰκίαι κινουῦνται τα-
χύτατα πρὸς τὸ μέρος μας.

Εἰς τὴν δευτέραν κατηγορίαν ἀνήκουν οἱ πλανῆται. Αὐτοὶ ἀποτε-
λοῦν τὴν συντριπτικὴν μειονότητα τῶν ἄστρον, ἐφ' ὅσον οἱ μεγάλοι
εἶναι μόλις ἑννέα τὸν ἀριθμόν. Εἶναι ἀστέρες ἀνάλογοι πρὸς τὴν Γῆν
μας, δὲν ἔχουν ἰδικόν των φῶς καὶ ἀντανακλοῦν τὸ φῶς τοῦ Ἥλιου.
Δὲν διατηροῦν σταθεράς θέσεις, ἀλλὰ κινουῦνται, πλανῶνται, μεταξὺ
τῶν ἀπλανῶν.

Κατὰ τὴν ἀρχαιότητα, ἐκτὸς ἀπὸ μερικὰς φωτεινὰς ἐξαιρέσεις,
ὅπως π.χ. ὁ Ἄρισταρχος ὁ Σάμιος (περὶ τὸ 250 π.Χ.), οἱ ἄνθρωποι
ἐπίστευον ὅτι ἡ οὐράνιος σφαῖρα στρέφεται μὲ ὅλα τὰ ἄστρα περὶ
τὴν Γῆν, ἡ ὁποία ἀποτελοῦσε, συμφῶνως πρὸς τὰς ἀντιλήψεις των,
τὸ κέντρον τοῦ Κόσμου. Ἡ διδασκαλία αὕτη λέγεται Γεωκεντρικὸν
Σύστημα.

Ὁ Γερμανοπολωνὸς μοναχὸς **Κοπέρνικος** (1473-1543) ἐμελέτησε
τὰ συγγράμματα τῶν ἀρχαίων Ἑλλήνων καὶ κατόπιν πολυχρονίον
παρατηρήσεων κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ Γῆ δὲν εἶναι κέν-
τρον τοῦ Κόσμου, ἀλλὰ ἓνας πλανῆτης, ὅστις περιστρέφεται, ὅπως
καὶ οἱ ἄλλοι πλανῆται, περὶ τὸν Ἥλιον, τὸν ὅποιον ἐθεώρησεν ὡς
κέντρον τοῦ Σύμπαντος. Ἡ νέα διδασκαλία ὠνομάσθη Κοπερνίκειον
ἢ Ἥλιοκεντρικὸν Σύστημα.

Τὴν διδασκαλίαν τοῦ Κοπερνίκου συνεπλήρωσεν ὁ Γερμανὸς
ἀστρονόμος **Κέπλερος** (1571-1630), ὁ ὅποιος ἀνεκάλυψε καὶ τοὺς
νόμους, συμφῶνως πρὸς τοὺς ὁποίους ἐκτελεῖται ἡ κίνησις τῶν πλα-
νητῶν περὶ τὸν Ἥλιον.



Σχ. 34. Διά την κατανόησιν τοῦ δευτέρου νόμου τοῦ Κεπλέρου.

Οἱ νόμοι τοῦ Κεπλέρου εἶναι οἱ ἀκόλουθοι τρεῖς :

α) Οἱ πλανῆται περιστρέφονται περὶ τὸν Ἥλιον, διαγράφοντες ἑλλειπτικὰς τροχιάς.

Αἱ ἑλλείψεις αὗται παρουσιάζουν μικρὰν διαφορὰν ἀπὸ τὸν κύκλον. Ἔνεκα ὅμως τῶν ἑλλειπτικῶν τροχιῶν τῶν αἰ ἀποστάσεις

τῶν πλανητῶν ἀπὸ τὸν Ἥλιον δὲν διατηροῦνται σταθεραί.

β) Ἡ ἀκτίς ἢ ὁποία συνδέει τὸν Ἥλιον καὶ τὸν πλανῆτην διαγράφει εἰς ἴσους χρόνους ἴσα ἐμβαδὰ (σχ. 34).

Ἄπὸ τὸν νόμον αὐτὸν συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ πλανῆτου δὲν εἶναι σταθερά. Ὄταν εὐρίσκεται εἰς μεγαλύτεραν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν Ἥλιον κινεῖται καὶ βραδύτερον.

γ) Τὰ τετράγωνα τῶν περιόδων δύο πλανητῶν εἶναι ἀνάλογα πρὸς τοὺς κύβους τῶν μέσων ἀποστάσεών των ἀπὸ τὸν Ἥλιον.

Μὲ τὸν νόμον αὐτὸν δυνάμεθα νὰ ὑπόλογίσωμεν τὴν μέσην ἀπόστασιν ἑνὸς πλανῆτου ἀπὸ τὸν Ἥλιον, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν περίοδον τῆς περιφορᾶς του.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Ἡ περίοδος περιφορᾶς τοῦ πλανῆτου Ἄρεως εἶναι 687 γῆνια ἡμέραι. Πόση εἶναι ἡ μέση ἀπόστασίς του ἀπὸ τὸν Ἥλιον. Ἄυσις. Συμφώνως πρὸς τὸν τρίτον νόμον τοῦ Κεπλέρου θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{(\text{περίοδος περιφορᾶς Γῆς})^2}{(\text{περίοδος περιφορᾶς Ἄρεως})^2} = \frac{(\text{ἀκτίς περιφ. Γῆς})^3}{(\text{ἀκτίς περιφ. Ἄρεως})^3}$$

Ἄλλὰ εἶναι: περίοδος περιφορᾶς Γῆς = 365 ἡμέραι, περίοδος περιφορᾶς Ἄρεως = 687 ἡμέραι, ἀκτίς περιφορᾶς Γῆς = $150 \cdot 10^6$ km, ἀκτίς περιφορᾶς Ἄρεως = x. Ἐπομένως θὰ εἶναι:

$$\frac{365^2}{687^2} = \frac{(150 \cdot 10^6)^3}{x^3} \cdot \Delta\eta\lambda. \quad x = 228 \cdot 10^6 \text{ km.}$$

§ 43. Τὰ μέλη τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος. Ὁ ἥλιος, οἱ πλανῆται καὶ οἱ δορυφόροι τῶν καὶ ἓνας ἄγνωστος ἀριθμὸς κομητῶν καὶ μετεωριτῶν ἀποτελοῦν τὸ ἡλιακὸν σύστημά μας.

Ὁ ἥλιος εἶναι τὸ κεντρικὸν σῶμα μὲ μᾶζαν 800 φορές περίπου μεγαλυτέραν ἀπὸ τὴν συνολικὴν μᾶζαν ὄλων τῶν ὑπολοίπων σωμάτων τοῦ συστήματος. Ἡ ἄκτις τῆς ἡλιακῆς σφαίρας ἰσοῦται πρὸς 109 γηῖνας ἄκτινας, ἐνῶ ἡ ἄκτις τῆς περιφορᾶς τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν ἀνέρχεται εἰς 60 περίπου γηῖνας ἄκτινας.

Οἱ πλανῆται διαιροῦνται εἰς τρεῖς ὁμάδας : εἰς τοὺς ἐσωτερικοὺς πλανῆτας, εἰς τοὺς πλανητοειδεῖς ἢ ἀστεροειδεῖς καὶ εἰς τοὺς ἐξωτερικοὺς πλανῆτας.

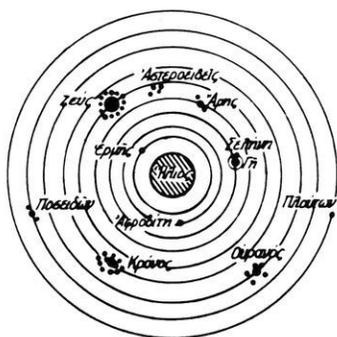
Οἱ ἐσωτερικοὶ πλανῆται κατὰ σειρὰν ἀποστάσεώς τῶν ἀπὸ τὸν ἥλιον εἶναι οἱ ἑξῆς : Ἑρμῆς, Ἀφροδίτη, Γῆ, Ἄρης.

Οἱ πλανητοειδεῖς ἢ ἀστεροειδεῖς περιστρέφονται περὶ τὸν ἥλιον καὶ εἰς τὸν χῶρον ὁ ὁποῖος περιέχεται μεταξὺ τῶν τροχιῶν τοῦ Ἄρεως καὶ τοῦ Διὸς (σχ. 35). Μέχρι σήμερον εἶναι γνωστοὶ 2.000 περίπου. Κανεῖς ἀπὸ αὐτοὺς δὲν φθάνει τὸ μέγεθος τῆς Σελήνης καὶ ἡ διάμετρος μερικῶν εἶναι μικροτέρα τῶν 10 χιλιομέτρων.

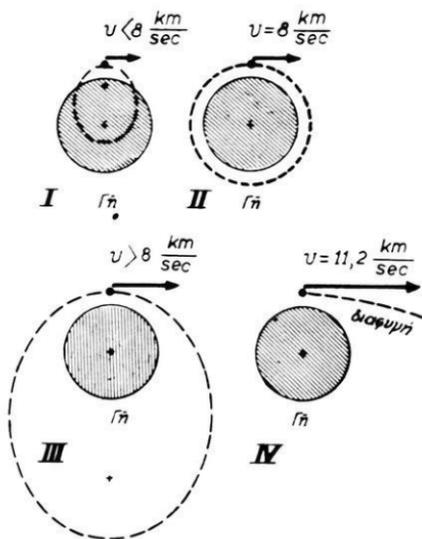
Οἱ ἐξωτερικοὶ πλανῆται εἶναι οἱ : Ζεὺς, Κρόνος, Οὐρανός, Ποσειδῶν καὶ Πλούτων.

Οἱ κομηταὶ καὶ οἱ μετεωρίται ἀνήκουν κατὰ ἓνα μέρος εἰς τὸ ἡλιακὸν μας σύστημα. Αἱ τροχιαὶ τῶν περιοδικῶν κομητῶν, ἐκείνων δηλαδὴ οἱ ὁποῖοι ἐμφανίζονται κατὰ ὀρισμένα χρονικὰ διαστήματα, εἶναι πολὺ συμπεπιεσμέναι ἐλλείψεις.

Ἡ Γῆ, ὁ πλανῆτης ἐπὶ τοῦ ὁποῖου κατοικοῦμεν, ἀνήκει εἰς τοὺς ἐσωτερικοὺς πλανῆτας καὶ ἔχει ἓνα δορυφόρον, τὴν Σελήνην. Οἱ δορυφόροι εἶναι μικροὶ πλανῆται, οἱ ὁποῖοι στρέφονται περὶ τοὺς ἄλλους πλανῆτας, ἐνῶ συγχρόνως τοὺς ἀκολουθοῦν εἰς τὴν περιστροφὴν περὶ τὸν ἥλιον.



Σχ. 35. Τὰ οὐράνια σώματὰ τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦν τὸ ἡλιακὸν μας σύστημα.



Σχ. 36. Τό είδος της τροχιάς ενός σώματος, τὸ ὁποῖον βάλλεται ὀριζοντίως, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν του ταχύτητα.

χύτης ἔκτοξεύσεως διὰ τὴν ὁποῖαν τὸ σῶμα δὲν ἐπαναπίπτει ἐπὶ τῆς Γῆς. Ἡ ταχύτης αὕτη ὀνομάζεται ταχύτης διαφυγῆς καὶ εἶναι ἴση πρὸς 8 km/sec , ὅταν δὲν ὑπολογίζεται ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀέρος (σχ. 36). Ἄν λοιπὸν ἀπὸ ἓνα ἀρκούντως ὕψηλὸν σημεῖον ἐκσφενδονίσωμεν ὀριζοντίως ἓνα σῶμα μὲ ταχύτητα 8 km/sec τὸ σῶμα αὐτὸ δὲν θὰ ἐπαναπέση ἐπὶ τῆς Γῆς, ἀλλὰ θὰ στρέφεται περὶ τὴν Γῆν εἰς κυκλικὴν τροχιάν. Τὸ σῶμα τότε μεταβάλλεται εἰς τεχνητὸν δορυφόρον. Ἄν ἡ ταχύτης διαφυγῆς εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ 8 km/sec , ἀλλὰ μικροτέρα ἀπὸ $11,2 \text{ km/sec}$, τὸ σῶμα διαγράφει ἑλλειπτικὴν τροχιάν. Τέλος τὸ σῶμα ἐκφεύγει ἀπὸ τὴν ἔλξιν τῆς Γῆς καὶ χάνεται εἰς τὸ Διάστημα, ὅταν ἡ ταχύτης διαφυγῆς ὑπερβῆ τὰ $11,2 \text{ km/sec}$ (σχ. 36, IV).

Ὁ αἰὼν μας χαρακτηρίζεται ἀπὸ ἔντονον προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώπου ὅπως εἰσχωρήσῃ εἰς τὰ μυστικὰ τῆς Φύσεως καὶ ἐξηγήσῃ ὄλα τὰ φυσικὰ φαινόμενα. Ἐνας ἀπὸ τοὺς τρόπους μὲ τοὺς ὁποῖους ἐκδηλώνεται ἡ προσπάθεια αὕτη εἶναι καὶ ἡ ἐξερεύνησις τοῦ Διαστήματος,

§ 44. Τεχνητοὶ δορυφόροι. Ὅταν ἐκσφενδονίσωμεν μετὰ δυνάμεως ἓνα βαρὺ σῶμα, τότε αὐτὸ διαγράφει μίαν καμπύλην τροχιάν, τὸ κοῖλον μέρος τῆς ὁποίας εἶναι ἐστραμμένον πρὸς τὴν Γῆν. Οὕτω τὸ σῶμα ἐνῶ κινεῖται, πλησιάζει ὀλονὲν πρὸς τὴν Γῆν καὶ τέλος πίπτει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

Ἄν κατὰ τὴν ἐκσφενδόνισιν καταβάλωμεν μεγαλύτεραν δύναμιν, τὸ σῶμα θὰ διανύσῃ μεγαλύτεραν ἀπόστασιν καὶ ἂν διαθέτωμεν μίαν βλητικὴν μηχανήν, τῆς ὁποίας εἶναι δυνατὸν νὰ αὐξάνωμεν τὴν ἰκανότητα ἐκτοξεύσεως, θὰ ἐπιτυχάνωμεν ὀλονὲν καὶ μεγαλύτερας ἀποστάσεις, μετὰξὺ τοῦ σημείου βολῆς καὶ τοῦ σημείου προσκρούσεως, ἐπὶ τοῦ ἔδαφους.

Αὐξάνοντες τὴν ἰκανότητα ἐκτοξεύσεως προκαλοῦμεν αὐξήσιν τῆς ταχύτητος ἐκτοξεύσεως. Ὑπάρχει δὲ μία τα-

ή όποία έπιτελείται μέ τούς τεχνητούς δορυφόρους, διά τήν εκτόξευσιν τών όποίων χρησιμοποιούνται ειδικοί πύραυλοι.

Ή πρώτη σοβαρά προσπάθεια κατασκευής πυραύλων έγινε κατά τά τέλη τοῦ Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, όταν οί Γερμανοί κατεσκεύασαν τάς λεγομένας ίπταμένας βόμβας τύπου V - 2. Μετά τό τέλος τοῦ πολέμου οί πύραυλοι V - 2 ἐχρησιμοποιήθησαν διά καθαρώς επιστημονικούς σκοπούς, δέν ἦσαν ὅμως εἰς θέσιν νά ἀναπτύξουν τήν ταχύτητα διαφυγῆς καί νά ἀποδεσμευθοῦν ἀπό τήν γήινην ἔλξιν. Τό πρόβλημα ἐλύθη μίαν δεκαετίαν περίπου ἀργότερον, όταν Ἀμερικανοί καί Ρώσσοι ἐπιστήμονες, ἐργαζόμενοι κεχωρισμένως, κατεσκεύασαν πολυτρόφους πυραύλους, ἡ ἀρχή τῆς λειτουργίας τών όποίων εἶναι ἡ ἀκόλουθος.

Όταν ὁ πύραυλος, ἀφοῦ ἀνέλθῃ εἰς ἕνα ὠρισμένον ὕψος, καταναλώσῃ τά καύσιμα τοῦ κατωτέρου ὀρόφου του, ἀποχωρίζεται τόν ὄροφον αὐτόν, ἐνῶ ταυτοχρόνως πυροδοτεῖται ὁ ἐπόμενος ὄροφος. Ἡ διαδικασία αὕτη συνεχίζεται μέχρις ὅτου χρησιμοποιηθοῦν ὅλοι οί ὄροφοι, ὁπότε ὁ πύραυλος ἔχει ἀνέλθῃ εἰς τό ἐπιθυμητόν ὕψος.

Ὁ πολυτρόφος πύραυλος ἔχει εἰς τήν κορυφήν του τόν δορυφόρον, τόν όποῖον θέτει εἰς τροχίαν περί τήν Γῆν ὁ τελευταῖος ὄροφος. Κατά τήν πυροδότησίν του ὁ ὄροφος αὐτός ἔχει τοιαύτην θέσιν, ὥστε νά ἐκτοξεύσῃ τόν δορυφόρον παραλλήλως πρὸς τήν ἐπιφάνειαν τῆς Γῆς.

Οἱ τεχνητοί δορυφόροι εἶναι ἐφωδιασμένοι μέ επιστημονικά ὄργανα καί μεταδίδουν, μέ τήν βοήθειαν κωδικοποιημένων σημάτων, τά ἀποτελέσματα διαφόρων μετρήσεων.

Ὁ πρῶτος τεχνητός δορυφόρος ἐξαπελύθη ἀπό τούς Ρώσσους τήν 4 Ὀκτωβρίου 1957 (Σπούτνικ Ι). Ὁ ἀμέσως ἐπόμενος τεχνητός δορυφόρος ἦτο Ἀμερικανικός καί ἐξετοξεύθη τήν 31 Ἰανουαρίου 1958 ἀπό τάς Ἠνωμένας Πολιτείας (Explorer Ι, Ἐξερευνητής Ι). Σήμερον πλέον ἐκτελοῦνται καί ἐπληδρωμένα πτήσεις, κατά τήν διάρκειαν τών όποίων πραγματοποιοῦνται ἐκπληκτικά πειράματα, ὅπως τό βάδισμα εἰς τό Διάστημα, ἡ προσέγγισις τών διαστημοπλοίων, ἡ πτήσις των εἰς σχηματισμόν κ.λπ.

Οἱ τεχνητοί δορυφόροι προσφέρουν ἐξ ἄλλου μεγάλας ὑπηρεσίας εἰς τήν Μετεωρολογίαν, διά τήν πρόγνωσιν τοῦ καιροῦ, καί εἰς τάς τηλεπικοινωνίας.

1. Ἡ γήινη βαρύτης εἶναι μερική περίπτωση ἐνὸς γενικωτέρου φαινομένου, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται παγκόσμιος ἔλξις καὶ συμφώνως πρὸς τὸ ὁποῖον τὰ οὐράνια σώματα ἔλκονται ἀμοιβαίως. Παρ' ὅλα αὐτά, τὰ ἄστρα δὲν ἀλληλοσυγκρούονται, διότι κινοῦνται κατὰ κλειστάς καμπύλας τροχιάς, αἵτινες ὁμοιάζουν μὲ συμπεπιεσμένους κύκλους καὶ ὀνομάζονται ἑλλείψεις, περὶ ἄλλα κεντρικὰ ἄστρα. Ἡ ἔλξις τοῦ κεντρικοῦ ἄστρου ἐνεργεῖ ὡς κεντρομόλος δύναμις τοῦ περιστρεφομένου.

2. Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τῆς παγκοσμίου ἔλξεως, τὸν ὁποῖον ἀνεκάλυψεν ὁ Νεύτων, ἢ ἑλκτική δύναμις F , ἣτις ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο σωμάτων μὲ μάζας m_1 καὶ m_2 , τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς ἀπόστασιν r μεταξὺ τῶν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῶν μαζῶν καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο σωμάτων. Δηλαδή :

$$F = k \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

ὅπου τὸ k εἶναι μία σταθερὰ ποσότης, ἢ ὁποῖα ὀνομάζεται σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἔλξεως.

3. Τὰ ἄστρα τοῦ οὐρανοῦ εἶναι κυρίως ἀπλανεῖς καὶ πλανῆται. Οἱ ἀπλανεῖς, οἵτινες ἀποτελοῦν τὴν συντριπτικὴν πλειονότητα τῶν οὐρανίων σωμάτων, εἶναι ὡς ὁ Ἥλιος μας, ἀπέχουν τεραστίας ἀποστάσεις ἀπὸ τὴν Γῆν μας καὶ εἰς τὸ σύντομον διάστημα μιᾶς ἀνθρωπίνης ζωῆς φαίνονται ὡς νὰ παραμένουν ἀκίνητοι ἐπὶ τῆς οὐρανοῦ σφαιράς. Οἱ πλανῆται ὅμως στρέφονται περὶ τὸν Ἥλιον καὶ οἱ μεγάλοι ἀπὸ αὐτοὺς εἶναι ὁμοῦ μετὰ τῆς Γῆς ἐννέα. Οἱ πλανῆται κινοῦνται ἐν σχέσει πρὸς τοὺς ἀπλανεῖς.

4. Κατὰ τὴν ἀρχαιότητα ἐπίστευαν ὅτι ἡ Γῆ ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τοῦ Κόσμου. Ὁ Κοπέρνικος κατόπιν πολυετῶν μελετῶν καὶ παρατηρήσεων κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι κέντρον τοῦ Κόσμου εἶναι ὁ Ἥλιος, οἱ δὲ πλανῆται, ὅπως καὶ ἡ Γῆ, στρέφονται περὶ τὸν Ἥλιον. Τὴν θεωρίαν τοῦ Κοπερνίκου ἐτελειοποίησεν ὁ Κέπλερος, ὁ ὁποῖος ἀνεκάλυψε καὶ τοὺς νόμους, συμφώνως πρὸς τοὺς ὁποῖους ἐκτελεῖται ἡ κίνησις τῶν πλανητῶν περὶ τὸν

Ἡλιον. Σήμερον οἱ ἀστρονόμοι πιστεύουν ὅτι τὸ ἡλιακὸν μαρ σὺστημα εἶναι ἓνα ἀπὸ τὰ ἀπειράριθμα ἀνάλογα συστήματα τοῦ Σύμπαντος.

5. Οἱ μικροὶ πλανῆται, οἵτινες στρέφονται περὶ ἓνα μεγαλύτερον πλανῆτην καὶ τὸν παρακολουθοῦν συγχρόνως εἰς τὴν περιφορὰν του περὶ τὸν Ἡλιον, λέγονται δορυφόροι. Ἡ Σελήνη π.χ. εἶναι δορυφόρος τῆς Γῆς.

6. Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη οἱ ἄνθρωποι ἐξαπέλυσαν τεχνητοὺς δορυφόρους διὰ τὴν ἐξερεύνησιν τοῦ Διαστήματος, ὅπως ἐπίσης καὶ διὰ πρακτικοὺς τηλεπικοινωνιακοὺς σκοποὺς. Οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι εἶναι οἱ πρόδρομοι τῶν διαστημοπλοίων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

41. Πόση ἐλκτικὴ δύναμις ἀναπτύσσεται μεταξὺ δύο πλοίων, ἕκαστον τῶν ὁποίων ἔχει μᾶζαν 20 000 τόννων, ἐὰν τὰ κέντρα βάρους των ἀπέχων 60 m ($k = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{sec}^{-2}$).
(Ἄπ. 0,74 kp.)

42. Πόση εἶναι ἡ μᾶζα τῆς Γῆς. (Ἀκτίς τῆς γῆϊνης σφαιρᾶς $R = 6,37 \cdot 10^6 \text{ cm}$, σταθερὰ τῆς παγκοσμίου ἐλξέως $k = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{sec}^{-2}$).
(Ἄπ. $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$.)

43. Ἐνα σῶμα ζυγίζει ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς Γῆς 100 kp. α) Πόσον εἶναι τὸ βᾶρος τοῦ σώματος εἰς ὕψος 4 000 m. β) Εἰς πόσον ὕψος τὸ βᾶρος τοῦ σώματος ἀνέρχεται εἰς 99,8 kp. (Ἡ ἀκτίς τῆς Γῆς νὰ ληφθῇ ἴση πρὸς 6 366 km.)
(Ἄπ. α' 99,937 kp. β' 6 300m.)

Ζ'—ΕΡΓΟΝ ΔΥΝΑΜΕΩΣ

§ 45. Γενικότητες. Ἐννοια τοῦ ἔργου. Ἡ Φυσικὴ εἰς πολλὰς περιπτώσεις δανεῖζεται, διὰ τὴν ἐκφράση τὰς ἐννοίας της, λέξεις ἀπὸ τὴν καθημερινὴν ζωὴν, τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῖ ὅμως μὲ στενωτέραν σημασίαν. Οὕτως ἡ φυσικὴ ἐννοια τοῦ ἔργου δὲν συμπίπτει εἰς ὅλας τὰς περιπτώσεις μὲ ἐκείνην τῆς καθημερινῆς ὁμιλίας. Πράγματι ὁ πολὺς κόσμος ἐννοεῖ ἔργον τὸ ἀποτέλεσμα μιᾶς κοπιώδους καὶ κουραστικῆς ἐργασίας. Δι' αὐτὸ ἄνευ ἐτέρου ὁ κοινὸς ἄνθρωπος θὰ χαρακτηρίσῃ ὡς ἔργον τὴν προσπάθειαν ἐνὸς ἀτόμου νὰ συγκρατήσῃ

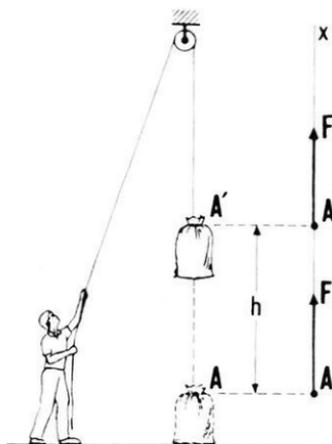
δι' ένα χρονικόν διάστημα ένα βάρος με ακίνητον και ὀριζοντίαν τὴν χεῖρα του. Ἐπὶ φυσικῆς ὁμῶς ἀπόψεως εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δὲν ἐπραγματοποιήθη οὐδὲν ἔργον. Εἰς ἄλλας περιπτώσεις ὁμῶς ὑπάρχει ταύτισις τῶν δύο ἔννοιων.

Οὕτως, ὅταν ἀνυψώσωμεν ἓνα σῶμα ἀπὸ τὸ ἔδαφος καὶ τὸ τοποθετοῦμεν ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἐκτελοῦμεν ἔργον συμφώνως πρὸς τὴν γλῶσσαν τῆς καθημερινῆς χρήσεως καὶ τῆς Φυσικῆς.

Τὸ ἴδιον συμβαίνει ὅταν ἓνας ἵππος σύρῃ μίαν ἄμαξαν ἢ ἓνας ἐργάτης μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς τροχαλίας ἀνυψῶν ἓνα φορτίον (σχ. 37).

Ὁ ἵππος ἀσκεῖ, μέσῳ τῆς ζεύξεως, μίαν δύναμιν ἐπὶ τῆς ἀμάξης καὶ ὁ ἐργάτης διὰ τὴν ἀνυψώσιν τὸ φορτίον ἀσκεῖ μίαν δύναμιν ἐπὶ τοῦ σχοινίου, ἢ ὅποια μεταβιβάζεται εἰς τὸ ἀνυψούμενον φορτίον.

Τὸ οὐσιῶδες εἰς τὰ φαινόμενα αὐτὰ εἶναι ὅτι καταβάλλεται μία δύναμις, ἢ ὅποια μετακινεῖ ἀδιακόπως τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς. Εἰς τὴν περίπτωσιν π.χ. τοῦ ἐργάτου ὅστις ἀνυψώνει τὸ φορτίον, τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως μετετοπίσθη ἀπὸ τὸ σημεῖον Α εἰς τὸ Α'. Τότε λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει ἔργον. Ὡστε :

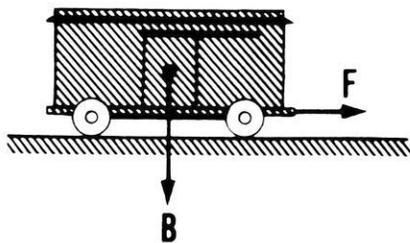


σχ. 37. Ὁ ἐργάτης ὁ ὅποιος ἀνυψώνει τὸν σάκκον, χρησιμοποιῶν τὴν τροχαλίαν παράγει ἔργον.

Εἰς τὴν Φυσικὴν λέγομεν ὅτι μία δύναμις παράγει ἔργον, ὅταν μετατοπίσῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς.

Δὲν πρέπει ἐν τούτοις νὰ νομίζωμεν ὅτι δι' οἰανδήποτε διεύθυνσιν τῆς μετακινήσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως παράγεται ἔργον. Πράγματι ἄς θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον παράδειγμα.

Ἐν σιδηροδρομικὸν ὄχημα (σχ. 38) κινεῖται ἐπὶ ὀριζοντίων γραμμῶν. Ἐάν δὲν ὑπόκειται εἰς οὐδεμίαν ἄλλην δύναμιν ἐκτὸς ἀπὸ τὸ βάρος του Β, θὰ παραμῆνῃ ἀκίνητον. Ἐάν ἀσκήσωμεν μίαν ὀριζοντίαν δύναμιν F ἐπὶ τοῦ ὀχήματος, αὐτὸ θὰ κινήθῃ ὀριζοντίως καὶ ἡ δύναμις F θὰ παράγῃ ἔργον.



Σχ. 38. Τὸ βάρος B τοῦ ὀχήματος, τὸ ὁποῖον κινεῖται ὀριζοντίως, δὲν παράγει ἔργον.

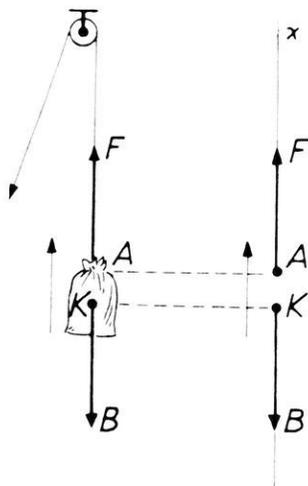
Ἡ κίνησις ὀφείλεται ἀποκλειστικῶς εἰς τὴν δύναμιν F , ἄρα καὶ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται, προέρχεται μόνον ἀπὸ τὴν δύναμιν αὐτήν. Ἐπομένως τὸ βάρος B τοῦ ὀχήματος, ὡς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τοῦ ὁποῖου εἶναι κάθετος ἢ μετατόπισις τοῦ σώματος, δὲν παράγει ἔργον. Ὡστε :

Ὄταν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν διεύθυνσίν της, ἡ δύναμις αὕτη δὲν παράγει ἔργον.

Ἀπὸ ὅλα τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι διὰ νὰ ὑπάρξῃ δυνατότης παραγωγῆς ἔργου, προαπαιτοῦνται αἱ ἀκόλουθοι συνθήκαι : α) Ὑπαρξίς μιᾶς δυνάμεως, β) μετατόπισις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς τῆς δυνάμεως, κατὰ διεύθυνσιν ἢ ὁποῖα νὰ μὴ εἶναι κάθετος πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως.

§ 46. Κινητήριον καὶ ἀνθιστάμενον ἔργον. Ὄταν ὁ ἐργάτης σύρῃ τὸ σχοινίον τῆς τροχαλίας, ὁ σάκκος ὑπόκειται εἰς δύο κατακορυφους ἴσας καὶ ἀντιθέτους δυνάμεις : Εἰς τὸ βάρος του B μὲ διεύθυνσιν πρὸς τὰ κάτω καὶ εἰς τὴν ἐλκτικὴν δύναμιν F , τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ μὲ τὸ σχοινίον ὁ ἐργάτης καὶ ἡ ὁποῖα διευθύνεται πρὸς τὰ ἄνω (σχ. 39).

α) Ὄταν τὸ φορτίον ἀνυψώνεται, τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς A τῆς F μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἄνω, κατὰ τὴν φορὰν δηλαδὴ τῆς δυνάμεως.



Σχ. 39. Ὁ σάκκος, ὁ ὁποῖος ἀνυψώνεται, ὑπόκειται εἰς τὴν δράσιν δύο ἀντιθέτων δυνάμεων.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει **κινητήριον ἔργον** ἢ ὅτι παράγεται **ἔργον κινητηρίου δυνάμεως**. Ὡστε :

Ὅταν ἡ φορά τῆς μετατοπίσεως συμπίπτῃ μὲ τὴν φοράν τῆς δυνάμεως, λέγομεν ὅτι ἡ δύναμις παράγει κινητήριον ἔργον.

β) Κατὰ τὴν ἀνύψωσιν τοῦ φορτίου, τὸ βάρος B τοῦ σάκκου ἀντιτίθεται εἰς τὴν δύναμιν F , ἣτις τὸ ἀνυψώνει. Τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τοῦ βάρους B , τὸ κέντρον βάρους K δηλαδή, μετατοπίζεται ἐπίσης. Ἡ φορά ὅμως τῆς μετατοπίσεως εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν φοράν τῆς δυνάμεως, διότι τὸ βάρος διευθύνεται πρὸς τὰ κάτω ἐνῶ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς του, τὸ K , μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἄνω. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν λέγομεν ὅτι παράγεται **ἀνθιστάμενον ἔργον** ἢ **ἔργον ἀνθισταμένης δυνάμεως**. Ὡστε :

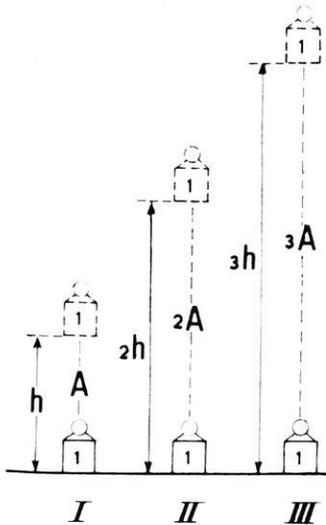
Ὅταν ἡ φορά τῆς μετατοπίσεως καὶ ἡ φορά τῆς δυνάμεως εἶναι ἀντίθετοι, λέγομεν ὅτι παράγεται ἀνθιστάμενον ἔργον.

γ) Ἀντιστρόφως ἂν χρησιμοποιοῦντες τὸ σχοινίον καταβιβάζωμεν βραδέως τὸν σάκκον, τότε τὸ βάρος B θὰ παράγῃ κινητήριον ἔργον, ἐνῶ ἡ δύναμις F ἀνθιστάμενον.

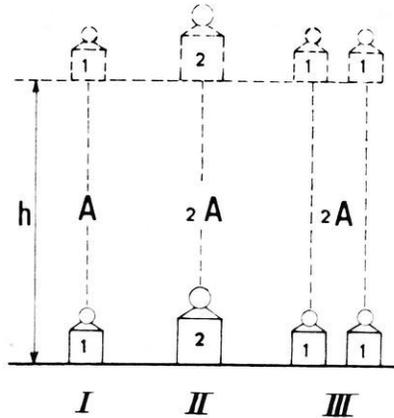
§ 47. Χαρακτήρες τοῦ ἔργου. **Α)** Ἡ μετατόπισις συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς δυνάμεως. **1.** Μεταφέρομεν ἓνα κιβώτιον εἰς τὸν τρίτον ὄροφον μιᾶς πολυκατοικίας. Κατὰ τὴν μεταφορὰν αὐτὴν, ἡ δύναμις τὴν ὁποίαν καταβάλλομεν παράγει ἓνα ὠρισμένον ἔργον, τὸ ὁποῖον βεβαίως θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον θὰ παραχθῇ, ἂν μεταφερθῇ τὸ κιβώτιον εἰς τὸν πρῶτον ἢ εἰς τὸν δεύτερον ὄροφον.

Ἄς παραστήσωμεν μὲ A τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν ἓνα βάρος l κρ εἰς ὕψος h (σχ. 40, I). Διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν τὸ ἴδιον βάρος εἰς διπλάσιον ὕψος $2h$ (σχ. 40, II), θὰ χρειασθῶμεν δύο φοράς συνολικῶς τὸ προηγούμενον ἔργον, δηλαδή $2A$. Διὰ νὰ τὸ ἀνυψώσωμεν δὲ εἰς ὕψος $3h$, θὰ χρειασθῶμεν ἔργον $3A$ (σχ. 40, III) κ.λπ. Ὡστε :

Τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει μία σταθερὰ δύναμις, εἶναι ἀνάλογον



Σχ. 40. Όταν η δύναμη είναι ώρι-
σμένη, τὸ ἔργον εἶναι ἀνάλογον
πρὸς τὴν μετατόπισιν.



Σχ. 41. Όταν ἡ ἀπόστασις εἶναι
ὠρισμένη, τὸ ἔργον εἶναι ἀνάλο-
γον πρὸς τὴν δύναμιν.

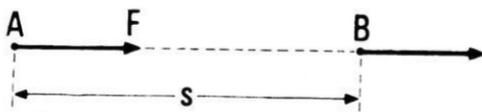
**πρὸς τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς δυνά-
μεως κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς μετατοπίσεως.**

2. Δύο ἐργάται ἀναβιβάζουν εἰς μίαν ἀποθήκην δύο βαρεῖς σάκκους, διαφορετικοῦ ὅμως βάρους. Ὁ πρῶτος μεταφέρει σάκκον βάρους 25 κρ καὶ ὁ δεύτερος σάκκον 50 κρ. Εἶναι λογικὸν νὰ συμπεράνωμεν ὅτι ὁ ἐργάτης ὅστις μεταφέρει τὸν σάκκον διπλασίου βάρους, δηλαδὴ τὸν σάκκον τῶν 50 κρ, παράγει διπλάσιον ἔργον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγει ὁ ἄλλος ἐργάτης.

Πράγματι, ἔστω A τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσω-
μεν εἰς ὕψος h βάρους 1 κρ (σχ. 41, I). Διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν εἰς τὸ ἴδιον
ὕψος βάρους 2 κρ (σχ. 41, II), πρέπει νὰ καταβάλωμεν ἔργον ἰσοδύναμον
μὲ ἐκεῖνον, τὸ ὁποῖον ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψωθοῦν εἰς τὸ ἴδιον ὕψος h
κεχωρισμένως δύο βάρη τοῦ 1 κρ ἕκαστον, δηλαδὴ ἔργον $2A$ (σχ.
41, III). Ὡστε :

**Ὅταν ἡ μετατόπισις εἶναι ὠρισμένη, τὸ ἔργον εἶναι ἀνάλογον
πρὸς τὴν σταθερὰν δύναμιν ἢ ὁποῖα τὸ παράγει.**

Τύπος τοῦ ἔργου. Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἔργον



Σχ. 42. Η δύναμις F μεταθέτει το σημείον εφαρμογής της κατά διάστημα s και παράγει έργον $A = F \cdot s$.

Α, το όποιον παράγει μία σταθερά δύναμις F , όταν μετακινή το σημείον εφαρμογής της κατά διάστημα s , επί διευθύνσεως ήτις συμπίπτει με την διεύθυνσίν της (σχ. 42), είναι ανάλογον προς την δύναμιν και προς την μετατόπισιν. Έπομένως δυνάμεθα νά γράψωμεν ότι :

$$A = F \cdot s$$

Έργον = δύναμις \times μετατόπισιν

Ό τύπος αυτός εκφράζει ότι :

Τό έργον μιās δυνάμεως F , ή όποια μετατοπίζει τό σημείον εφαρμογής της, επί τής εϋθείας έπενεργείας της, είναι ίσον προς τό γινόμενον του μέτρου τής δυνάμεως επί τό μήκος τής μετατοπίσεως.

Μονάδες έργου. Αί μονάδες έργου όρίζονται από τον τύπον $A = F \cdot s$, έφ' όσον έχομεν καθορίσει τās μονάδας τής δυνάμεως και του μήκους.

α) Σύστημα Μ.Κ.Σ. Είς τό σύστημα αυτό μονάς δυνάμεως είναι ή 1 Ν και μονάς μήκους τό 1 m, μονάς δέ έργου τό :

1 Τζούλ (1 Joule, 1 J)

Τό Τζούλ είναι τό έργον τό όποιον παράγεται όταν μία δύναμις 1 Ν μετακινή τό σημείον εφαρμογής της κατά 1 m, επί τής εϋθείας έπενεργείας της. Δηλαδή :

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$$

Όστε όταν είς τον τύπον του έργου εκφράζωμεν την δύναμιν είς μονάδας Νιούτον και την μετατόπισιν είς μέτρα, τό έργον εύρίσκεται είς Τζούλ.

Πολλαπλάσιον του Τζούλ είναι τό κιλοτζούλ (1 kJ), είναι δέ $1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$.

β) **Τεχνικὸν Σύστημα.** Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονὰς δυνάμεως εἶναι τὸ 1 kp καὶ μονὰς μήκους τὸ 1 m, μονὰς δὲ ἔργου τό :

$$1 \text{ kpm} = 1 \text{ kp} \times 1 \text{ m}$$

Τὸ **κιλοποντόμετρον** εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται, ὅταν μία δύναμις 1 kp μετακινή τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 m, ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της. Δηλαδή :

$$1 \text{ kpm} = 1 \text{ kp} \times 1 \text{ m}$$

Ὡστε ὅταν εἰς τὸν τύπον τοῦ ἔργου ἐκφράζωμεν τὴν δύναμιν εἰς κιλοπόντ καὶ τὴν μετατόπισιν εἰς μέτρα, τὸ ἔργον εὐρίσκεται εἰς κιλοποντόμετρα.

γ) **Σύστημα C.G.S.** Εἰς τὸ σύστημα αὐτό, εἰς τὸ ὁποῖον μονὰς δυνάμεως εἶναι ἡ 1 δύνη (1 dyn) καὶ μονὰς μήκους τὸ 1 cm, μονὰς ἔργου λαμβάνεται τό : 1 ἔργιον (1 erg).

Τὸ ἔργιον εἶναι τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται, ὅταν μία δύναμις 1 dyn μεταθέτῃ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς της κατὰ 1 cm, ἐπὶ τοῦ φορέως της. Δηλαδή εἶναι :

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ dyn} \times 1 \text{ cm}$$

Σχέσις τῶν μονάδων τοῦ ἔργου. Καθὼς γνωρίζομεν $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$. Ἐπομένως :

$$1 \text{ kpm} = 1 \text{ kp} \times 1 \text{ m} = 9,81 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 9,81 \text{ J}.$$

Δηλαδή :

$$1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ J}$$

Ἐπειδὴ $1 \text{ Joule} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m}$ καὶ $1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyn}$, ἐνῶ $1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$, τελικῶς εὐρίσκομεν ὅτι :

$$1 \text{ Joule} = 10^7 \text{ erg}$$

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ εὐρεθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖ ὁ κινητὴρ ἐνὸς γερανοῦ, ὅταν ἀνυψῶνῃ εἰς ὕψος 15 m φορτίον βάρους 1800 kp.

Λύσις. α) Τεχνικόν Σύστημα. Ἀντικαθιστώντες τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος εἰς τὸν τύπον $A = F \cdot s$, δηλαδή $F = 1800 \text{ kp}$ καὶ $s = 15 \text{ m}$, εὐρίσκομεν $A = 1800 \text{ kp} \cdot 15 \text{ m} = 27 \text{ 000 kp}\cdot\text{m}$.

β) Σύστημα Μ.Κ.Σ. Διὰ νὰ λύσωμεν τὸ πρόβλημα εἰς τὸ σύστημα αὐτό, πρέπει νὰ τρέψωμεν τὰ κιλοπόντ εἰς Νιούτον.

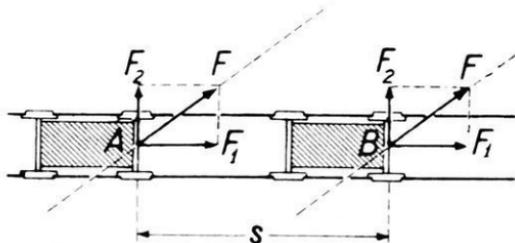
Γνωρίζομεν ὅτι $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$, ἐπομένως ἔχομεν ὅτι $1800 \text{ kp} = 1800 \cdot 9,81 \text{ N}$, ὁπότε ὁ τύπος τοῦ ἔργου μᾶς δίδει :

$$A = 1800 \cdot 9,81 \text{ N} \cdot 15 \text{ m} = 264 \text{ 870 Joule}.$$

Β) Ἡ μετατόπισις καὶ ἡ δύναμις ἔχουν διαφορετικὰς διευθύνσεις. Εἰς τὰ προηγούμενα ὑπεθέσαμεν ὅτι ἡ δύναμις μεταθέτει τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς. Συνήθως ὅμως ἡ μετακίνησις τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως καὶ ἡ δύναμις ἔχουν διαφορετικὰς διευθύνσεις, ὅπως π.χ. συμβαίνει εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σιδηροδρομικοῦ ὀχήματος τοῦ σχήματος 43, τὸ ὁποῖον σύρεται ἀπὸ τὸ σημεῖον Α ἕως τὸ σημεῖον Β, δι' ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως F , ἡ διευθύνσις τῆς ὁποίας σχηματίζει γωνίαν διαφορετικὴν ἀπὸ τὴν ὀρθήν, ὡς πρὸς τὴν μετατόπισιν.

Γνωρίζομεν ἐν τούτοις ὅτι ἡ δύναμις F δύναται νὰ ἀναλυθῆ εἰς δύο συνιστώσας F_1 καὶ F_2 , ἀπὸ τὰς ὁποίας ἡ F_1 νὰ ἔχη τὴν φοράν τῆς μετατοπίσεως, ἡ δὲ F_2 νὰ εἶναι κάθετος πρὸς αὐτήν. Τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ F κατὰ τὴν μετακίνησιν, θὰ εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἔργων τῶν συνιστωσῶν τῆς F_1 καὶ F_2 .

Ἐπειδὴ ὅμως ἡ μετατόπισις γίνεται καθέτως πρὸς τὴν F_2 , τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως αὐτῆς θὰ εἶναι μηδέν. Ἀπομένει συνεπῶς τὸ ἔργον τῆς F_1 , ἡ ὁποία εἶναι ἴση μὲ τὴν προβολὴν τῆς δυνάμεως F ἐπὶ τὴν μετατόπισιν. Ὡστε :



Σχ. 43. Ἡ δύναμις F , ἡ ὁποία μετακινεῖ τὰ ὀχήματα, σχηματίζει ὀξείαν γωνίαν μὲ τὴν μετατόπισιν.

Τὸ ἔργον A μιᾶς δυνάμεως F , ἡ ὁποία μετακινεῖ τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς κατὰ διάστημα s , εἰς τρόπον ὥστε νὰ σχηματίζῃ γωνίαν μὲ τὴν διευθύνσιν τῆς, εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἔρ-

γον τὸ ὁποῖον παράγει ἡ προβολὴ F_1 τῆς δυνάμεως F ἐπὶ τὴν μετατόπισιν. Δηλαδή:

$$A = F_1 \cdot s$$

Ἐπειδὴ ἡ προβολὴ F_1 τῆς F εἶναι μικροτέρα ἀπὸ αὐτὴν καὶ ἐλαττοῦται, ὅσον μεγαλώνει ἡ γωνία τὴν ὁποῖαν σχηματίζει ἡ δύναμις μὲ τὴν μετατόπισιν, συμπεραίνομεν ὅτι:

Τὸ μεγαλύτερον ἔργον τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παράγῃ μία δύναμις, παράγεται ὅταν ἡ διεύθυνσις τῆς δυνάμεως συμπίπτει μὲ τὴν διεύθυνσιν τῆς μετατοπίσεως.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Μία δύναμις, τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μετατοπίζεται ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της, παράγει ἔργον.

2. Ὄταν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μιᾶς δυνάμεως μετατοπίζεται καθέτως πρὸς τὴν εὐθεῖαν ἐπενεργείας της, ἡ δύναμις αὐτὴ δὲν παράγει ἔργον.

3. Μία δύναμις παράγει κινητήριον ἔργον, ὅταν ἡ φορὰ τῆς μετατοπίσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της συμπίπτει μὲ τὴν φορὰν τῆς δυνάμεως.

4. Μία δύναμις παράγει ἀνθιστάμενον ἔργον ὅταν ἡ φορὰ τῆς μετατοπίσεως τοῦ σημείου ἐφαρμογῆς της καὶ ἡ φορὰ τῆς δυνάμεως εἶναι ἀντίθετοι.

5. Τὸ ἔργον μιᾶς σταθερᾶς δυνάμεως F , τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μετατοπίζεται ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της κατὰ s , ὑπολογίζεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = F \cdot s$$

6. Μία δύναμις μέτρου 1 kp, τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μετατοπίζεται κατὰ 1 m ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας της, παράγει ἔργον 1 kpm (1 κίλοποντομέτρου). Μία δύναμις μέτρου 1 N, τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μετατοπίζεται κατὰ 1 m

ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς δυνάμεως, παράγει ἔργον 1 Joule (1 Τζούλ). Ἴσχύει δὲ ἡ σχέσηις :

$$1 \text{ kpm} = 9,81 \text{ Joule}$$

7. Ὄταν ἡ διεύθυνσις μιᾶς δυνάμεως F σχηματίζει μὲ τὴν μετατόπισιν γωνίαν διαφορετικὴν ἀπὸ τὴν ὀρθήν, τότε τὸ ἔργον τῆς δυνάμεως F εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἔργον τῆς προβολῆς τῆς ἐπὶ τὴν μετατόπισιν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

44. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον θὰ καταναλωθῇ διὰ τὴν ἀνιψωθῆ κατακορύφως κατὰ 12 m μᾶζα βάρους 125 kp. (Ἄπ. 1 500 kp.)

45. Τὸ σχοινίον τὸ ὁποῖον σύρει μικρὸν ἄμαξιον ἀσχεῖ δύναμιν μέτρον 100 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητηρίου αὐτῆς δυνάμεως, ἐὰν τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς τῆς μετατοπισθῇ κατὰ 20 m. (Ἄπ. 2 000 kpm.)

46. Ἐνας ἵππος σύρει μίαν ἄμαξαν ἐπὶ ὀριζοντίου δρόμου, ἀσκῶν σταθερὰν δύναμιν μέτρον 30 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ δύναμις αὕτη, ὅταν ἡ ἄμαξα διανύσῃ ἀπόστασιν 1 km. (Ἄπ. 30 000 kpm.)

47. Διὰ τὴν ἐκπωματίσωμεν μίαν φιάλην ἀσκοῦμεν ἐπὶ τοῦ ἐκπωματισμοῦ μέσην ἐλκτικὴν δύναμιν μέτρον 6 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον θὰ παραχθῇ ἀπὸ τὴν δύναμιν, ἐὰν τὸ πῶμα μετακινηθῇ κατὰ 3 cm. (Ἄπ. 1,77 J περίπου.)

48. Διὰ τὴν ἀνασύρωμεν ἀπὸ τὸ βάθος ἐνὸς φρέατος κάδον πλήρη χωμάτων, χρησιμοποιοῦμεν μηχανήμα, τὸ ὁποῖον ἀσχεῖ εἰς τὸ σχοινίον μιᾶς τροχαλίας ἐλκτικὴν δύναμιν μέτρον 12 kp. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ὅταν ὁ κάδος ἀνυψῶνται κατὰ 15 m (Νὰ ἐκφράσετε τὸ ἔργον εἰς kpm καὶ kJ). (Ἄπ. 180 kpm, 1 766 k J, περίπου.)

49. Ἐνας ἀνελκυστήρ, τοῦ ὁποῖου τὸ συνολικὸν βᾶρος ἰσορροπεῖται ἀπὸ ἓνα ἀντίβαρον, ἐξυπηρετεῖ μίαν πολυκατοικίαν, οἱ ὄροφοι τῆς ὁποίας ἔχουν ὕψος 3 m. Ὁ ἀνελκυστήρ αὐτὸς εἰς μίαν διαδρομὴν μεταφέρει : α) Ἀπὸ τὸ ἰσόγειον εἰς τὸν δεύτερον ὄροφον 8 ἄτομα. β) Ἀπὸ τὸν δεύτερον εἰς τὸν τρίτον ὄροφον 6 ἄτομα. γ) Ἀπὸ τὸν τρίτον εἰς τὸν τέταρτον ὄροφον 5 ἄτομα καὶ δ) ἀπὸ τὸν τέταρτον ὄροφον εἰς τὸν ἕκτον 2 ἄτομα. Ζητεῖται τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παρήγαγεν ὁ κινητὴρ τοῦ ἀνελκυστήρος κατὰ τὴν διαδρομὴν αὐτὴν, ἐὰν τὸ μέσον βᾶρος ἐνὸς ἀτόμου εἶναι 60 kp. (Ἄπ. 5 580 kpm.)

50. Ἐνα ὑδροηλεκτρικὸν ἐργαστάσιον τροφοδοτεῖται μὲ ὕδατα ἀπὸ μίαν τε-

κίνητην λίμνην, ἢ ἐλευθέρα ἐπιφάνεια τῆς ὁποίας παρουσιάζει ὑψομετρικὴν διαφορὰν 40 m ἀπὸ τοῦς ὑδροστροβίλους τοῦ ἐργοστασίου. Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται ἀπὸ τὸ ὕδωρ εἰς ἕκαστον δευτερολέπτον, ἐὰν εἰς τὸ χρονικὸν αὐτὸ διάστημα κυκλοφορῇ εἰς τοῦς ὑδροστροβίλους ὄγκος 100 m³ ὕδατος.

(*Ἀπ. 4 000 000 kpm.*)

Η' — Ι Σ Χ Υ Σ

§ 48. Ἔννοια τῆς ἰσχύος. Μέχρι τώρα ἐμελετήσαμεν τὸ ἔργον μιᾶς δυνάμεως χωρὶς νὰ ἐνδιαφερθῶμεν διὰ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὁποίου παράγεται τὸ ἔργον αὐτό.

Ἡ πρακτικὴ ἀξία ὅμως ἐνὸς κινήτηρος, μιᾶς διατάξεως δηλαδὴ ἢ ὁποία παράγει ἓνα μηχανικὸν ἔργον, δὲν ἐξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸν χρόνον ἐντὸς τοῦ ὁποίου δύναται νὰ ἀποδώσῃ τὸ ἔργον αὐτό. Πράγματι ἓνας οἰοσδήποτε κινήτηρ, ὅταν ἐργασθῇ ἀρκετὸν χρόνον, δύναται νὰ ἀποδώσῃ οἰοδήποτε ἔργον.

Παράδειγμα. Ὑποθέτομεν ὅτι ἓνας ἐργάτης χρειάζεται χρόνον 40 δευτερολέπτων, διὰ νὰ ἀνυψώσῃ, μετὴν βοήθειαν μιᾶς τροχαλίας, ἓναν κάδον 40 kp βάρους, εἰς ὕψος 15 m. Ἐνα ἀναβατόριον τὸ ὁποῖον λειτουργεῖ μετὴν κινήτηρα, ἀνυψώνει τὸν ἴδιον κάδον, εἰς τὸ ἴδιον ὕψος, ἀλλὰ εἰς χρόνον 8 δευτερολέπτων (σχ. 44).

Ὁ ἐργάτης καὶ ὁ κινήτηρ κατηνάλωσαν τὸ ἴδιον ἔργον A, ἴσον πρὸς :

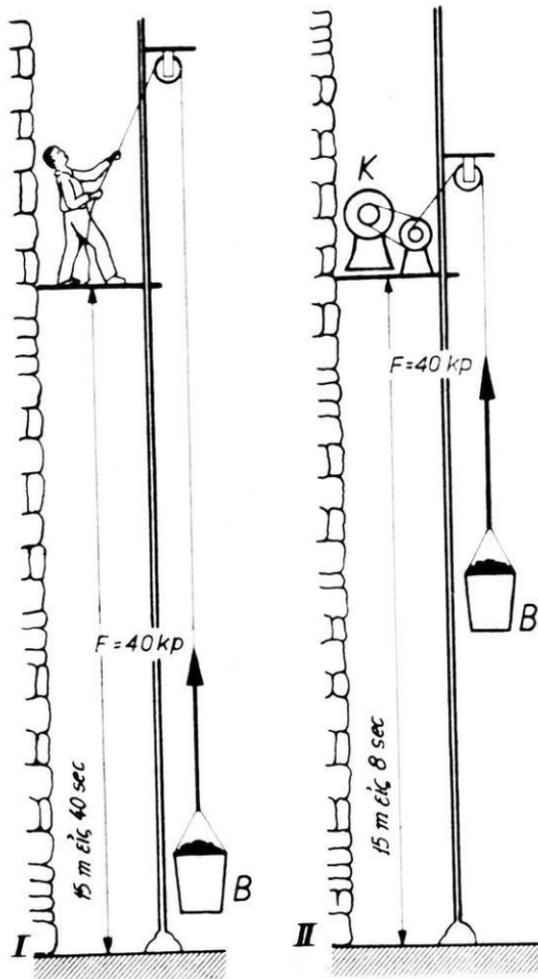
$$A = 40 \text{ kp} \times 15 \text{ m} = 600 \text{ kpm}$$

ὁ κινήτηρ ὅμως εἰς πέντε φορές μικρότερον χρόνον, ἀπὸ ἐκεῖνον τὸν ὁποῖον ἐχρειάσθη ὁ ἐργάτης.

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ κινήτηρ εἶναι πλέον ἰσχυρὸς ἀπὸ τὸν ἐργάτην, ἢ ὅτι ἡ ἰσχὺς τοῦ κινήτηρος εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ἰσχύν τοῦ ἐργάτου.

Τὰ ἀνωτέρω μᾶς ὡδήγησάν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἀξία μιᾶς μηχανῆς ἐκτιμᾶται ἀπὸ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Τὸ ἔργον αὐτὸ ὀνομάζεται ἰσχύς τῆς μηχανῆς καὶ συμβολίζεται μετὴν τὸ γράμμα N. Ὡστε :

Ἴσχύς N μιᾶς μηχανῆς ὀνομάζεται τὸ ἔργον A, τὸ ὁποῖον παράγει



Σχ. 44. Ο χρόνος, τόν οποίον χρειάζεται ὁ κινητήρ διά νά ἀνυψώσῃ τόν κάδον, ἐῖναι τὸ 1/5 τοῦ χρόνου, τόν οποίον χρειάζεται ὁ ἐργάτης. Ἡ ἰσχύς τοῦ κινητήρος ἐῖναι λοιπὸν πενταπλασία τῆς ἰσχύος τοῦ ἐργάτου.

ἢ μηχανὴ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου. Δηλ.

$$\text{Ἰσχύς} = \frac{\text{Ἔργον}}{\text{Χρόνος}}$$

$$N = \frac{A}{t}$$

Σχέσις μεταξύ ἰσχύος, δυνάμεως καὶ ταχύτητος μετατοπίσεως κατὰ τὴν παραγωγὴν μηχανικοῦ ἔργου. Ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν $N = A/t$, ἐπειδὴ $A = F \cdot s$ καὶ $s/t = v$, λαμβάνομεν :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot \frac{s}{t} = F \cdot v$$

Ὡστε :

Κατὰ τὴν παραγωγὴν μηχανικοῦ ἔργου, ἡ ἰσχύς τῆς μηχανῆς ἰσοῦται πρὸς τὸ γινόμενον τῆς δυνάμεως, ἢ ὁποία παράγει ἔργον, ἐπὶ τὴν ταχύτητα μετατοπίσεως.

Μονάδες ἰσχύος. Αἱ μονάδες ἰσχύος ὀρίζονται ἀπὸ τὸν τύπον τῆς

ισχύος, ἀφοῦ προηγουμένως καθορισθοῦν αἱ μονάδες τοῦ ἔργου καὶ τοῦ χρόνου.

α) **Σύστημα M.K.S.** Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονὰς ἔργου εἶναι τὸ 1 Τζοῦλ καὶ χρόνου τὸ 1 δευτερόλεπτον, ἰσχύος δὲ τὸ : **1 Τζοῦλ ἀνά δευτερόλεπτον (1 Joule/sec)** τὸ ὁποῖον συνήθως ὀνομάζεται 1 Βάτ (1 Watt, 1W). Ὡστε :

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Joule/sec}$$

Τὸ Βάτ εἶναι ἡ ἰσχύς μιᾶς μηχανῆς ἢ ὁποῖα παράγει ἔργον 1 Τζοῦλ ἀνά πᾶν δευτερόλεπτον.

Ἐπομένως ἂν εἰς τὸν τύπον τῆς ἰσχύος ἐκφράζωμεν τὸ ἔργον εἰς Τζοῦλ καὶ τὸν χρόνον εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ἰσχύς θὰ εὑρίσκεται εἰς Βάτ. Πολλαπλάσιον τοῦ Βάτ εἶναι τὸ κιλοβάτ (1 kW), εἶναι δέ :

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

β) **Τεχνικὸν Σύστημα.** Εἰς τὸ σύστημα αὐτὸ μονὰς ἔργου εἶναι τὸ κιλοποντόμετρον καὶ χρόνου τὸ δευτερόλεπτον, μονὰς δὲ ἰσχύος τὸ :

$$1 \text{ κιλοποντόμετρον ἀνά δευτερόλεπτον (1 kpm/sec)}$$

γ) Ἄλλαι μονάδες ἰσχύος. Τὸ Βάτ καὶ τὸ κιλοποντόμετρον ἀνά δευτερόλεπτον εἶναι μικραὶ μονάδες διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς καθημερινῆς ζωῆς. Δι' αὐτὸ εἰς τὴν Τεχνικὴν κυρίως, χρησιμοποιοῦν καὶ τὰς ἀκο- λούθους μονάδας :

I.—Τὸν ἵππον ἢ ἀτμόῖππον. Εἶναι δέ :

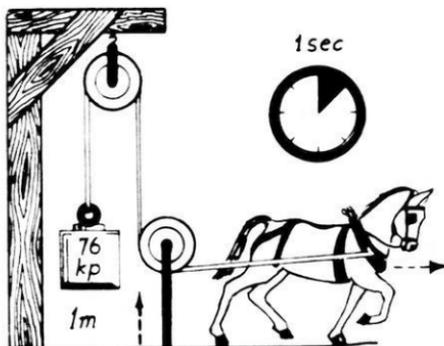
$$1 \text{ ἵππος (1 Ch ἢ 1 PS)} = 75 \text{ kpm/sec}$$

Ὡστε :

Ἕνας κινητῆρ ἔχει ἰσχὺν ἐνὸς ἵππου, ὅταν παράγῃ ἔργον 75 kpm ἀνά δευτερόλεπτον.

II.—Εἰς τὰς ἀγγλοσαξονικὰς χώρας χρησιμοποιεῖται ὡς μονὰς ἰσχύος ὁ **βρετανικὸς ἵππος (HP)**, τὸν ὁποῖον ἐπέβαλλεν ὁ ἐφευρέτης τῆς ἀτμομηχανῆς Τζέημς Βάτ (James Watt). Αὐτὸς παρετήρησεν ὅτι ἕνας ἵππος δύναται νὰ ἀνυψώσῃ, κατὰ μέσον ὄρον, βάρος 76 kp εἰς ὕψος 1 m ἐντὸς χρόνου 1 sec (σχ. 44 α). Ἐπομένως :

$$1 \text{ HP} = 76 \text{ kpm/sec}$$



Σχ. 44α. Διά τον όρισμόν του βρεταν-
νικού ίππου (HP).

Σχέσεις μεταξύ των μονάδων
ισχύος. Γνωρίζομεν ότι $1 \text{ kpm} =$
 $= 9,81 \text{ Joule}$. Έπομένως: 1
 $1 \text{ kpm/sec} = 9,81 \text{ Joule/sec}$.

Δηλαδή:

$$1 \text{ kpm/sec} = 9,81 \text{ W}$$

Άπο την άνωτέρω σχέσιν εύρι-
σκομεν ότι:

$$1 \text{ Ch} = 75 \text{ kpm/sec} = 9,81 \text{ W} \cdot 75 =$$

 736 W

$$1 \text{ HP} = 76 \text{ kpm/sec} = 9,81 \text{ W} \cdot 76 =$$

 746 W

Παραδείγματα ισχύων. Είς τον άκόλουθον πίνακα αναγράφονται
αί τιμαί ισχύος είς ίππους (Ch), δι' ώρισμένας κλασσικάς περιπτώσεις.

Άνθρωπος	άπο	1/30	μέχρις	1/10
Ίππος	»	1/2	μέχρις	3/4
Ήλεκτρικόν ψυγείον	»	1/4	μέχρις	1/3
Άτμομηχανή	»	1 000	μέχρις	6 000
Πύραυλος	άνω των			100 000
Μηχανή πλοίου	μέχρις			150 000
Ήλεκτρικόν έργοστάσιον	μέχρις			700 000

Άριθμητικά έφαρμογαί. 1) Ένας ίππος διατρέχει 100 m εντός 1 min και
άσκει είς μίαν άμαξαν έλκτικην δύναμιν 35 kp. Νά ύπολογισθή ή μέση ισχύς,
την όποιαν άναπτύσσει ό ίππος.

Άύσις. Έντός 1 λεπτού (1 min) ό ίππος πραγματοποιεί έργον A ίσον πρός:

$$A = 35 \text{ kp} \cdot 100 \text{ m} = 3 500 \text{ kpm}$$

Ή μέση ισχύς N έπομένως την όποιαν άναπτύσει ό ίππος θά είναι:

$$N = \frac{A}{t} = \frac{3 500 \text{ kpm}}{60 \text{ sec}}$$

Δηλαδή $N = 58,3 \text{ kpm/sec}$ ή είς άτμοίππους:

$$N = \frac{58,3}{75} \text{ Ch. Δηλαδή: } N = 0,77 \text{ Ch, περίπου.}$$

2) Ένας καταρράκτης άποδίδει 9 000 m³ ύδατος εντός μιάς ώρας. Νά ύπολο-
γισθή ή ισχύς του καταρράκτου είς κιλοβάτ (kW), εάν γνωρίζομεν ότι τό ύδωρ πί-
πει άπό ύψος 25 m.

Λύσις. Είς ένα δευτερόλεπτον ό καταρράκτης άποδίδει: $9\ 000/3\ 600\ \text{m}^3 = 2,5\ \text{m}^3$ ύδατος.

Τό βάρος τών $2,5\ \text{m}^3$ είναι $2\ 500\ \text{kp}$. Τό έργον A , τό όποϊόν πραγματοποιείται άπό τό πίπτον ύδωρ έντός ένός δευτερολέπτου, θά είναι έπομένως :

$$A = 2\ 500\ \text{kp} \cdot 25\ \text{m} = 62\ 500\ \text{kp}\cdot\text{m}.$$

Ή άντίστοιχος ισχύς είναι $62\ 500\ \text{kp}\cdot\text{m}/\text{sec}$. Μετατρέπομεν τήν ισχύν εις kW . Ούτως έχομεν :

$$N = (62\ 500\ \text{kp}\cdot\text{m}/\text{sec} \cdot 9,81)\ \text{W}. \text{ Δηλαδή :}$$

$$N = 613\ 125\ \text{W} \ \eta \ N = \mathbf{613\ \text{kW}}, \text{ περίπου.}$$

3) Ένα αυτοκίνητον κινείται επί ένός όριζοντίου εύθυγράμμου δρόμου με ταχύτητα $72\ \text{km}/\text{h}$. Νά ύπολογισθ ή μέση ισχύς τήν όποιάν άναπτύσσει ό κινητήρ του αυτοκινήτου, άν γνωρίζωμεν ότι ή δύναμις τήν όποιάν άσκει είναι σταθερά και έχει μέτρον $1\ 840\ \text{Νιούτον}$.

Λύσις. Έντός ένός δευτερολέπτου τό αυτοκίνητον διανύει άπόστασιν :

$$s = \frac{72 \cdot 1\ 000}{3\ 600}\ \text{m} = 20\ \text{m}$$

Άρα τό έργον A τό όποϊόν πραγματοποιείται έντός ένός δευτερολέπτου άπό τήν δύναμιν του κινητήρος είναι :

$$A = 1\ 840\ \text{N} \cdot 20\ \text{m} = 36\ 800\ \text{Joule}.$$

Ή ισχύς έπομένως N του κινητήρος είναι :

$$N = 36\ 800\ \text{Watt} \ \eta \ N = \frac{36\ 800}{736}\ \text{Ch}. \text{ Δηλαδή:}$$

$$N = 50\ \text{Ch}.$$

Άλλαι μονάδες έργου. Άν τόν τύπον $N = A/t$ τής ισχύος λύσωμεν ώς πρός A , λαμβάνομεν :

$$A = N \cdot t$$

Ωστε :

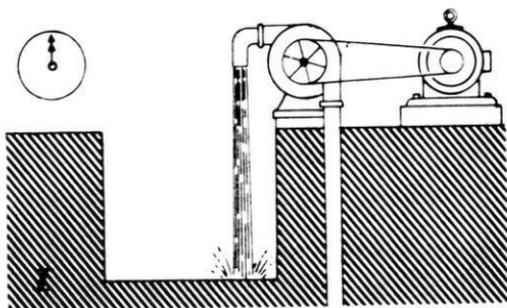
Τό έργον A τό όποϊόν παράγει μία μηχανή ισχύος N , έργαζομένη επί χρόνοn t , είναι ίσον πρός τό γινόμενον τής ισχύος επί τόν χρόνοn λειτουργίας τής μηχανής.

Άπό τόν άνωτέρω τύπον του έργου συμπεραίνομεν, άλλωστε, ότι δυνάμεθα νά όρίσωμεν νέας μονάδας έργου, με τήν βοήθειαν τών μονάδων τής ισχύος και του χρόνου.

α) Βατώρα (1 Wh). Ή μονάς αύτη όρίζεται άπό τόν άνωτέρω τύπον του έργου όταν $N=1\ \text{W}$ και $t=1\ \text{h}$. Δηλαδή :

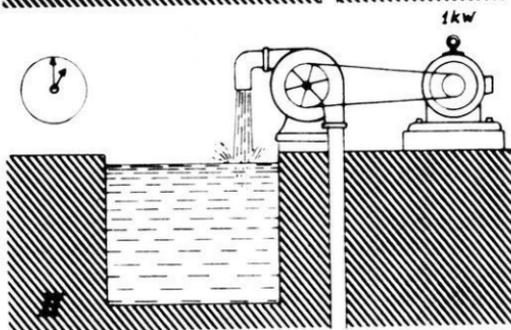
$$1\ \text{Wh} = 1\ \text{W} \times 1\ \text{h}$$

Ωστε : Ή βατώρα (1 Wh) είναι τό έργον τό όποϊόν παράγεται



έντος μιᾶς ὥρας (1 h) ἀπὸ μίαν μηχανὴν ἰσχύος ἑνὸς Βάτ (1 W). Πολλαπλάσιον τῆς βατώρας εἶναι ἡ κιλοβατώρα (1 kWh) (σχ. 45), εἶναι δέ :

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$$



Σχ. 45. Ἐνας κινητὴρ ἰσχύος 1 kW πα-
ράγει, ὅταν ἐργασθῆ ἐπὶ μίαν ὥραν, ἔρ-
γον μιᾶς κιλοβατώρας.

β) Σχέσις Τζούλ καὶ
βατώρας. Ἐφ' ὅσον τὸ
1 W ἀντιστοιχεῖ εἰς παρα-
γωγὴν ἔργου 1 Joule/sec,
συμπεραίνομεν ὅτι :

$$1 \text{ Wh} = 1 \text{ W} \cdot 3600 \text{ sec} =$$

$$(1 \text{ W} \cdot 1 \text{ sec}) \cdot 3600 =$$

$$1 \text{ Joule} \cdot 3600 = 3600 \text{ Joule}.$$

Ὡστε :

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ Joule}$$

Πρέπει νὰ προσέξωμεν
ἰδιαιτέρως εἰς τὸ ὅτι τὰ

Βάτ καὶ τὰ κιλοβάτ εἶναι μονάδες ἰσχύος, ἐνῶ ἡ βατώρα καὶ ἡ κιλο-
βατώρα μονάδες ἔργου.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ ἰσχύς ἑνὸς κινητῆρος ὀρίζεται ὡς τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον πραγματοποιεῖ ὁ κινητὴρ εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου (συγκεκρι-
μένως εἰς 1 sec).

2. Τὸ κιλοποντόμετρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (1 kpm/sec) εἶναι ἡ ἰσχύς ἑνὸς κινητῆρος, ὁ ὁποῖος πραγματοποιεῖ ἔργον 1 kpm ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 1 sec.

3. Ὁ ἀτμόϊπκος (1 Ch) εἶναι ἡ ἰσχύς ἑνὸς κινητῆρος, ὁ ὁποῖος πραγματοποιεῖ ἔργον 75 kpm ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 1 sec.

4. Ὁ βρεττανικὸς ἵπκος (1 HP) εἶναι ἡ ἰσχύς ἑνὸς κινητῆρος,

ό οποίος πραγματοποιεί έργον 76 kpm έντός χρονικού διαστήματος 1 sec.

5. Το Βάτ (1 W) είναι ή ισχύς ένός κινητήρος, ό οποίος πραγματοποιεί έργον 1 Τζούλ (1 J) έντός χρονικού διαστήματος 1 sec.

Ίσχύει δέ ή σχέση :

$$1 \text{ Ch} = 75 \text{ kpm/sec} = 736 \text{ W} = 0,736 \text{ kW}$$

6. Ή βατώρα (1 Wh) και ή κιλοβατώρα (1 kWh) είναι μονάδες έργου, αί όποιαί προκύπτουν από τās μονάδας ισχύος με έφαρμογήν του τύπου : $A = N \cdot t$.

7. Ή βατώρα είναι τó έργον τó όποιον παράγει μία μηχανή ισχύος 1 W, όταν έργασθῆ επί μίαν ώραν. Ή κιλοβατώρα είναι πολλαπλάσιόν της. Είναι δέ : $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ Wh}$.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

51. Νά υπολογισθῆ εἰς kpm/sec, εἰς Ch και kW ή ισχύς ήτις αναπτύσσεται από έναν ίππον, εάν γνωρίζωμεν ότι κινείται με ταχύτητα 4 km/h και άσκει έλκτικὴν δύναμιν 30 kp. (Άπ. 33,3 kpm/sec, 0,44 Ch, 0,324 kW.)

52. Ένας γερανός δύναται νά ύψωση φορτίον βάρους 2 Mp εἰς ύψος 12 m, έντός χρόνου 24 sec. Νά υπολογισθῆ (εἰς Ch και kW) ή ισχύς ή όποία αναπτύσσεται από τόν κινητήρα του γερανοῦ. (Άπ. 13,3 Ch, 9,81 kW.)

53. Ένας ποδηλάτης κινείται επί όριζόντιου δρόμου με ταχύτητα 18 km/h. Με αὐτὴν τὴν ταχύτητα ή συνισταμένη τῶν δυνάμεων αί όποιαί αντίτιθενται εἰς τὴν πορείαν του και τὴν όποιαν πρέπει νά ύπερνικήσῃ, έχει μέτρον 1,2 kp. Ζητεῖται ή ισχύς τὴν όποιαν αναπτύσσει ό ποδηλάτης. (Άπ. 6 kpm/sec.)

54. Ένα αὐτοκίνητον κινείται επί όριζόντιου δρόμου με ταχύτητα 72 km/h. Με αὐτὴν τὴν ταχύτητα ή συνισταμένη τῆς αντίστάσεως του άέρος και τῶν δυνάμεων τριβῆς έχει μέτρον 30 kp. Νά υπολογισθῆ με τās προνοποθέσεις αὐτās ή ισχύς τὴν όποιαν αναπτύσσει ό κινητήρ του αὐτοκινήτου. (Άπ. 600 kpm/sec.)

55. Ό κινητήρ ένός αὐτοκινήτου παρέχει εἰς όριζόντιον δρόμον ισχὴν 12 Ch. Το αὐτοκίνητον κινείται με ταχύτητα 90 km/h. Νά υπολογισθῆ ή συνολική δύναμις ή όποία αντίτιθεται εἰς τὴν κίνησιν του αὐτοκινήτου. (Άπ.36 kp.)

56. Μία δεξαμενὴ περιέχει 1 500 λίτρα ύδατος και τροφοδοτεῖται από ένα φρέαρ με τὴν βοήθειαν μιās αντλίας. Ή έλευθέρα επιφάνεια του ύδατος έντός του φρεάτος εὑρίσκειται εἰς βάθος 12 m από τó άνοιγμα, από τó όποιον εισέρχεται τó ύδωρ εἰς τὴν δεξαμενὴν. Νά υπολογισθῆ : α) Το έργον τó όποιον πρέπει νά παραχθῆ από τόν

κινητήρα τῆς ἀντλίας διὰ νὰ γεμίση ἢ δεξαμενὴ μὲ ὕδωρ. β) Ἡ ἰσχύς τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ ἀναπτύξη ὁ κινητήρ οὕτως, ὥστε ἡ ἐργασία αὐτὴ νὰ ἐκτελεσθῇ ἐντὸς ἡμισείας ὥρας. (Τὸ ἔργον νὰ ἀποδοθῇ εἰς kJ καὶ kWh .)

(Ἐ.Απ. 176,6 kJ · 0,05 kWh περίπου. β' 98,1 Watt .)

57. Ἐνας ἄνθρωπος βάρους 75 kr ἀνέρχεται τρέχων μίαν κλίμακα κατακορύφου ὕψους 4,50 m ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος 5 sec . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς τὴν ὁποίαν ἀνέπτυξεν ὁ ἄνθρωπος. (Ἐ.Απ. 67,5 krm/sec , 0,9 Ch .)

58. Ἐνας καταρράκτης ἀποδίδει 9 000 m^3 ὕδατος τὴν ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς του εἰς kW , ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι τὸ ὕψος ἀπὸ τὸ ὁποῖον πίπτουν τὰ ὕδατα εἶναι 25 m . (Ἐ.Απ. 613 kW περίπου.)

Θ' — ΕΝΕΡΓΕΙΑ

§ 49. Γενικότητες. Ἐννοία τῆς ἐνεργείας. Τὰ φυσικὰ σώματα ἔχουν, διὰ διαφόρους λόγους, τὴν ἰκανότητα νὰ παράγουν ἔργον, ὅταν τοὺς δοθοῦν αἱ κατάλληλοι προϋποθέσεις καὶ εὑρεθοῦν ὑπὸ ἐιδικῆς συνθήκας.

Ὅταν ἓνα σῶμα δι' οἰονδήποτε λόγον κατέχη τὴν δυνατότητα παραγωγῆς ἔργου, λέγομεν ὅτι τὸ σῶμα περικλείει ἐνέργειαν.

Ἡ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν περικλείει ἓνα σῶμα, ἐκτιμᾶται μὲ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ δι' αὐτὸν τὸν λόγον μετρεῖται καὶ ὑπολογίζεται μὲ τὰς γνωστὰς μονάδας τοῦ ἔργου.

Ἐναλόγως ὁμως μὲ τὴν προέλευσίν της ἡ ἐνέργεια ἔχει διαφόρους ὀνομασίας.

§ 50. Διάφοροι μορφαὶ ἐνεργείας. α) Τὸ ὕδωρ ἑνὸς ὑδροφράγματος κατέχει λόγῳ τῆς θέσεώς του ἐνέργειαν. Πράγματι ἂν τὸ ὕδωρ αὐτὸ ἀφεθῇ νὰ ρεύσῃ ἐντὸς καταλλήλων σωλῆνων, δύναται νὰ κινήσῃ τοὺς ὑδροστροβίλους, οἱ ὁποῖοι εὐρίσκονται εἰς τὴν βάσιν τοῦ φράγματος (σχ. 46).

Ἐνα συμπεπιεσμένον ἐλατήριον ἂν ἀφεθῇ ἐλεύθερον νὰ ἀποσπείρωθῃ, δύναται νὰ ἐκτινάξῃ μακρὰν μίαν μικρὰν σφαῖραν. Τὸ συσπειρωμένον ἐλατήριον περικλείει ἐπομένως, λόγῳ τῆς καταστάσεως του, ἐνέργειαν ἢ ὁποία εἰς τὴν κατάλληλον στιγμήν μεταβάλλεται εἰς ἔργον.

Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν περικλείει ἓνα σῶμα λόγω θέσεως ἢ καταστάσεως ὀνομάζεται δυναμικὴ ἐνέργεια.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποῖαν περικλείει τὸ σῶμα, θὰ εἶναι ἴση μὲ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον ἀπητήθη διὰ νὰ ἔλθῃ τὸ σῶμα εἰς τὴν θέσιν ἢ τὴν κατάστασιν εἰς τὴν ὁποῖαν εὑρίσκεται. Οὕτως ἓνα σῶμα βάρους B , τὸ ὁποῖον μεταφέρεται εἰς ὕψος h ἀπὸ τὸ δάπεδον, ἔχει, ὡς πρὸς τὸ δάπεδον, δυναμικὴν ἐνέργειαν ($E_{δυν}$) ἴσην μὲ :

$$E_{δυν} = B \cdot h$$

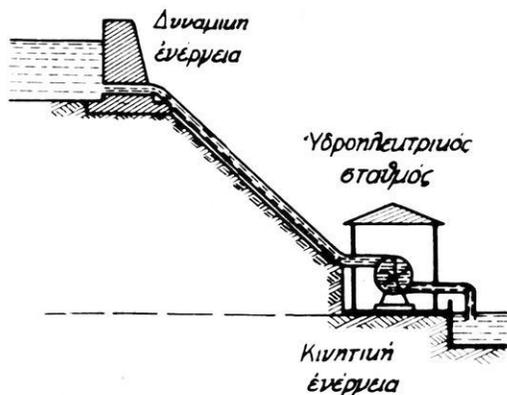
Πράγματι διὰ νὰ ἀνυψωθῇ τὸ σῶμα εἰς ὕψος h , ἡσκήθη ἐπ' αὐτοῦ δύναμις ἴση μὲ τὸ βάρος τοῦ B , ἡ ὁποία κατὰ τὴν ἀνύψωσιν παρήγαγεν ἔργον A ἴσον μὲ : $A = B \cdot h$. Τὸ ἔργον ἀκριβῶς αὐτὸ ἀπεθηκεύθη εἰς τὸ σῶμα ὑπὸ μορφήν δυναμικῆς ἐνεργείας.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ἑνὸς συσπειρωμένου ἐλατηρίου, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια εἶναι ἴση μὲ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον κατηναλώθη διὰ τὴν συσπείρωσίν του.

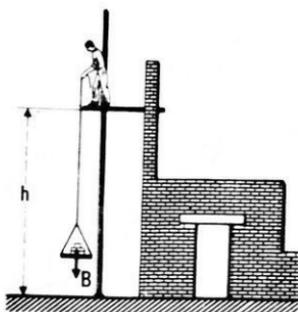
Ἡ κινουμένη μᾶζα τοῦ ὕδατος θέτει εἰς περιστροφὴν τοὺς τροχοὺς ἑνὸς ὕδροστροβίλου. Ὁ ἄνεμος, ἡ κινουμένη δηλαδὴ μᾶζα τοῦ ἀέρος, κινεῖ τὸ ἰστιοφόρον ἢ τὸν ἀνεμόμυλον. Τὰ κινούμενα λοιπὸν σῶματα περικλείουν λόγω τῆς ταχύτητός των ἐνέργειαν.

Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν περικλείει ἓνα σῶμα λόγω τῆς ταχύτητός του ὀνομάζεται κινητικὴ ἐνέργεια.

Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ κινητικὴ ἐνέργεια ($E_{κιν}$) ἑνὸς σώματος μάζης m καὶ ταχύτητος v δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :



Σχ. 46. Τὸ ὕδωρ τοῦ ὕδροφράγματος περικλείει δυναμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία τελικῶς κινεῖ τοὺς ὕδροστροβίλους ἑνὸς ἔργοστασίου.



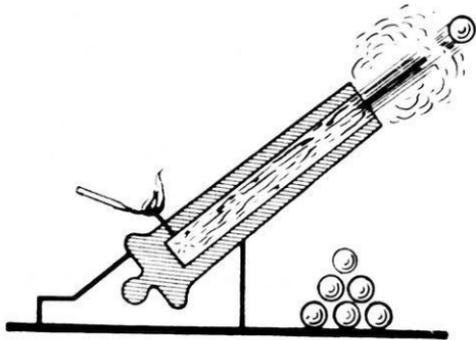
Σχ. 47. Ὁ ἐργάτης διαθέτει μυϊκὴν ἐνέργειαν, χάρις εἰς τὴν ὁποίαν ἀνυψώ-
νει τὸν δίσκον μὲ τὰ ὑλικά.

Ἡ δυναμικὴ καὶ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια εἶναι δύο μορφαὶ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

β) Ἐνας ἐργάτης δύναται χρησιμοποιῶν τὴν δύναμιν τῶν μυῶν του, νὰ μεταφέρῃ ἢ νὰ ἀνυψώσῃ, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς καταλλήλου διατάξεως, ὑλικά. Ὁ ἐργάτης διαθέτει **μυϊκὴν ἐνέργειαν** (σχ. 47).

γ) Τὸ ἐκρηκτικὸν γέμισμα ἐνὸς πυροβόλου ὄπλου κατέχει ἐνέργειαν. Πράγματι ὅταν πυροδοτηθῆ εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἐκτινάξῃ τὸ βλήμα εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἢ ὁποία κυμαίνεται ἀναλόγως πρὸς τὸ εἶδος τοῦ ὄπλου καὶ εἰς τὴν ποσότητα τοῦ ἐκρηκτικοῦ γεμίσματος. Ἐπειδὴ ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἶναι ἀποτέλεσμα διαφόρων χημικῶν ἀντιδράσεων ὀνομάζεται **χημικὴ ἐνέργεια** (σχ. 48).

δ) Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν περικλείει ἓνα σῶμα λόγω τῆς θερμικῆς του καταστάσεως ὀνομάζεται **θερμικὴ ἐνέργεια**. Ἡ ἐνέργεια τῆς μορφῆς αὐτῆς ἀποδίδεται, π.χ., κατὰ τὴν καύσιν ἐνὸς σώματος.



Σχ. 48. Ὅταν πυροδοτηθῆ τὸ ἐκρηκτικὸν γέμισμα, ἀπελευθερώνεται χημικὴ ἐνέργεια, ἢ ὁποία παράγει μηχανικὸν ἔργον.

$$E_{\text{κιν}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Ἐξ αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν ἔχει ἓνας ποδηλάτης, εἶναι εἰς θέσιν νὰ συνεχίσῃ ἐπ' ὀλίγον τὴν κίνησίν του χωρὶς νὰ ἐνεργῇ ἐπὶ τῶν ποδοπλήκτρων (πετάλια).

ε) Ἄλλαι μορφαὶ ἐνεργείας εἶναι ἡ **ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια**, ἥτις παράγεται ἀπὸ εἰδικὰς μηχανάς (ἐναλλακτῆρες τῶν σταθμῶν ἠλεκτροπαραγωγῆς), ἡ **φωτεινὴ ἐνέργεια**, ἡ **μαγνητικὴ ἐνέργεια** κ.λπ.

Αί διάφοροι ακτινοβολίαι, ὅπως αἱ ἀκτίνες Χ, τὰ ραδιοφωνικά κύματα, αἱ ἀκτινοβολίαι τῶν ραδιενεργῶν σωμάτων κ.λπ., μεταφέρουν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **ἀκτινοβόλος ἐνέργεια**.

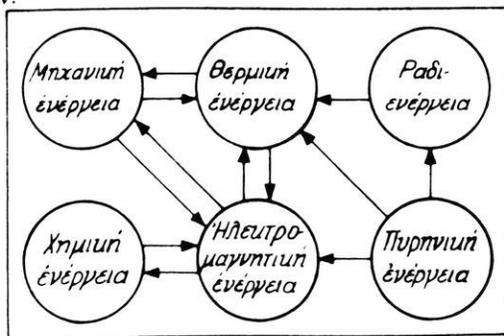
στ) Κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη αἱ «ἀτομικαὶ βόμβαι» μᾶς ἐγνώρισαν τὴν **πυρηνικὴν ἐνέργειαν**. Ἡ ἐνέργεια αὕτη μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἀντιδραστήρας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μὲ τὴν σειρὰν τῆς μετατρέπεται εἰς τοὺς ἀτομικοὺς ἠλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμοὺς καὶ δίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

§ 51. Μετατροπαὶ τῆς ἐνεργείας. Ὅταν μᾶς δοθῇ ἐνέργεια μιᾶς ὀρισμένης μορφῆς, εἶναι δυνατόν νὰ τὴν μετατρέσωμεν, εἰς ἓνα ἢ περισσότερα στάδια, εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς.

Ἡ ἐνέργεια δὲν δημιουργεῖται οὔτε καταστρέφεται, ἀλλὰ ἀπλῶς μετασχηματίζεται. Οὕτως ὁ γαϊάνθραξ, ὁ ὁποῖος περικλείει χημικὴν ἐνέργειαν, ὅταν καῖ, ἀποδίδει θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μεταβάλλει τὸ ὕδωρ ἐνὸς λέβητος εἰς ἀτμόν. Ὁ ἀτμὸς αὐτὸς μὲ ἓνα παλίνδρομον ἔμβολον κινεῖ τελικῶς τοὺς τροχοὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἢ περιστρέφει ἓνα κινητῆρα, παρέχων τοιοῦτοτρόπως μηχανικὴν ἐνέργειαν. Τέλος ὁ κινητῆρ δύναται νὰ θέσῃ εἰς λειτουργίαν μίαν ἠλεκτρογεννήτριαν, μετατρέπων κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὴν μηχανικὴν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια δύναται ἐπίσης νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν καὶ νὰ κινήσῃ μίαν ἀμαξοστοιχίαν ἢ εἰς φωτεινὴν ἐνέργειαν ἢ εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

Εἰς τὸ σχῆμα 49 δίδεται μία γενικὴ εἰκὼν τῶν σπουδαιότερων μορφῶν ἐνεργείας καὶ αἱ δυνατότητες μετατροπῆς τῶν ἀπὸ τὴν μίαν μορφήν εἰς τὴν ἄλλην, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον παριστάνει ἡ φορὰ τῶν βελῶν.



Σχ. 49. Αἱ σπουδαιότεραι μορφαὶ ἐνεργείας καὶ αἱ πλέον συνηθισμέναι δυνατότητες μετατροπῆς τῶν.

§ 52. Μηχανικὴ ἐνέρ-

γεια. Σχέσις μεταξύ δυναμικῆς καὶ κινητικῆς ἐνεργείας ἑνὸς σώματος. Ἐνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων δύναται νὰ ἔχη μόνον κινητικὴν ἢ μόνον δυναμικὴν ἐνέργειαν. Δυνατὸν ὁμως νὰ κατέχη ταυτοχρόνως καὶ κινητικὴν καὶ δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Πράγματι ἕνα σῶμα τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ ἑνὸς ὀριζοντίου ἐπιπέδου ἔχει, ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον αὐτὸ μηδενικὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν. Τὸ σῶμα ὁμως λόγῳ τῆς ταχύτητός του ἔχει κινητικὴν ἐνέργειαν.

Ἐνα σῶμα τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς τραπέζης, ἔχει ὡς πρὸς τὸ δάπεδον δυναμικὴν ἐνέργειαν καὶ ἐφ' ὅσον ἡρεμεῖ ἔχει μηδενικὴν κινητικὴν ἐνέργειαν. Ἄν τὸ σῶμα πέσῃ, τότε λόγῳ τῆς κινήσεώς του ἀποκτᾷ κινητικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν πτώσιν του ὁμως πρὸς τὸ δάπεδον, χάνει ὅλον ἐν ὕψος καὶ ἐπομένως ἐλαττοῦται ἡ δυναμικὴ του ἐνέργεια. ἐνῶ παραλλήλως αὐξάνεται ἡ ταχύτης του, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ αὐξάνεται ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια.

Ἡ αὐξομειώσεις τῶν δύο μορφῶν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας, ἐφ' ὅσον δὲν συμβαίνουν ἀπώλειαι, γίνεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ ἄθροισμὰ των νὰ παραμένῃ σταθερόν. Ὡστε :

Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια ἑνὸς σώματος ἢ συστήματος, (τὸ ἄθροισμα δηλαδὴ τῆς δυναμικῆς καὶ τῆς κινητικῆς του ἐνεργείας), παραμένει σταθερά, ἐφ' ὅσον δὲν συμβαίνουν ἀπώλειαι ἐνεργείας.

Παρατήρησις. Ὅταν ἡ κινητικὴ ἐνέργεια ἑνὸς σώματος μετατρέπεται μερικῶς ἢ ὀλικῶς εἰς ἔργον, ἡ ταχύτης τοῦ σώματος ἐλαττοῦται (ἢ μηδενίζεται). Οὕτως ἡ ταχύτης τοῦ ποδηλατιστοῦ, ὁ ὁποῖος χάρις εἰς τὴν κινητικὴν του ἐνέργειαν ἀνέρχεται εἰς μίαν ἀνηφορικὴν ὁδόν, χωρὶς νὰ κινῆ τὰ ποδόπληκτρα, ἐλαττοῦται ὅλον καὶ τέλος μηδενίζεται. Διὰ τὸν ἴδιον λόγον καὶ ἡ μάζα τοῦ σφυρίου ἀκίνηται, ὅταν ἐμπήξῃ τὸ καρφίον κατ' ὀλίγα χιλιοστόμετρα ἐντὸς τοῦ ξύλου.

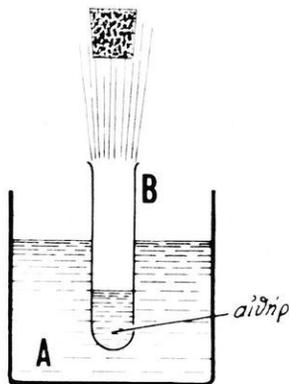
§ 53. Θερμικὴ ἐνέργεια. Πείραμα. Θερμαίνομεν τὸ δοχεῖον Α τοῦ σχήματος 50 οὕτως ὥστε, τὸ ὕδωρ τὸ περιεχόμενον εἰς αὐτὸ νὰ ἀποκτήσῃ περίπου τὴν θερμοκρασίαν τοῦ βρασμοῦ. Θέτομεν ἀκολουθῶς ἐντὸς τοῦ δοχείου Α ἕνα πωματισμένον δοκιμαστικὸν σωλῆνα Β, ὁ ὁποῖος περιέχει ὀλίγον αἰθέρα. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ πῶμα ἐκσφενδονίζεται βιαίως.

Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἡ ἐξῆς. Τὸ θερμὸν ὕδωρ μετεβίβασε θερμότητα εἰς τὸν δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐξαιρωθῇ ὁ αἰθήρ. Οἱ ἄτμοι τοῦ αἰθέρος ἡσκησαν πιέζουσαν δύναμιν εἰς τὸ πῶμα καὶ τὸ ἐξετίναξαν.

Ἐφ' ὅσον τὸ πῶμα ἐξεσφενδονίσθη, αἱ πιέζουσαι δυνάμεις παρήγαγον ἔργον (διότι μετεκινήθη τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς των). Δηλαδή τὸ θερμὸν ὕδωρ, ἀποδίδον θερμότητα εἰς τὸν αἰθέρα, ἐδημιούργησεν εἰς αὐτὸν τὴν δυνατότητα παραγωγῆς ἔργου. Αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ ὕδωρ περιεῖχε, λόγω τῆς θερμικῆς του καταστάσεως, ἐνέργειαν.

Ἵστε :

Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει ἓνα ψυχόμενον σῶμα, δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.



Σχ. 50. Ἡ θερμότης τὴν ὁποίαν τὸ ὕδωρ προσέφε-
ρεν εἰς τὸν αἰθέρα, παράγει
μηχανικὸν ἔργον. Τὸ θερ-
μὸν ὕδωρ κατέχει θερμικὴν
ἐνέργειαν.

§ 54. Μονάδες ἐνεργείας. Ἀνεφέρθη ὅτι ἡ ἐνέργεια ἑνὸς σώματος ἢ ἑνὸς συστήματος, οἰασδήποτε μορφῆς, εἶναι δυνατόν νὰ ἐκτιμηθῇ μὲ τὸ ἔργον, εἰς τὸ ὁποῖον δύναται νὰ μετατραπῇ. Ἡ διαπίστωσις αὐτῆ μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ἐνέργεια καὶ τὸ ἔργον εἶναι φυσικὰ μεγέθη τῆς ἰδίας φυσικῆς ὑποστάσεως, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἔχει ὡς συνέπειαν νὰ μετρῶνται μὲ τὰς ἰδίας μονάδας.

Ἐφ' ὅσον λοιπὸν ἔχομεν ὀρίσει τὰς μονάδας τοῦ ἔργου, αἱ μονάδες αὐταὶ θὰ χρησιμοποιῶνται καὶ εἰς τὴν μέτρησιν τῆς ἐνεργείας.

Μονάδες συνεπῶς τῆς ἐνεργείας εἶναι τὸ 1 Joule, τὸ 1 κιλοποντόμετρον, κ.λπ.

§ 55. Ὑποβάθμισις τῆς ἐνεργείας. Ἀρχὴ τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας. Ἡ θερμικὴ ἐνέργεια εἶναι ἀπὸ ὅλας τὰς μορφάς τῆς ἐνεργείας ἡ δυσκολώτερον μετατρεπομένη εἰς ἄλλην μορφήν. Κατὰ τὴν μετατροπὴν δὲ θερμικῆς ἐνεργείας εἰς ἐνέργειαν ἄλλης μορφῆς, παραμένει πάντοτε ὑπὸ θερμικὴν μορφήν ἓνα ὑπόλοιπον ἐνεργείας, τὸ ὁποῖον δὲν δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν. Ἀντιθέτως αἱ ἄλλαι μορφαὶ ἐνεργείας μετατρέπονται, σχετικῶς εὐκόλως, ἢ μία εἰς τὴν ἄλλην. Ἐπειδὴ ὅμως κατὰ τὰς μετατροπὰς αὐτὰς ἓνα μέρος ἐνεργείας μετασχηματίζεται εἰς θερμότητα, λέγομεν ὅτι κατὰ τὴν μετατροπὴν τῆς ἐνεργείας συμβαίνει **ὑποβάθμισις**.

Με άλλους λόγους ή ενέργεια διατηρείται εις ποσότητα αλλά χάνει εις ποιότητα.

Ἄν ἔχωμεν ἓνα ἀπομονωμένον σύστημα, ἓνα σύστημα δηλαδή τὸ ὅποιον οὔτε νὰ λαμβάνη ἀπὸ τὸ περιβάλλον του ἐνέργειαν, οὔτε νὰ ἀποδίδῃ ἐνέργειαν εἰς αὐτό, τότε ἡ ὅλική ἐνέργεια τοῦ συστήματος (τὸ ἄθροισμα δηλαδή τῶν διαφόρου μορφῆς ἐνεργειῶν, αἱ ὁποῖαι περιέχονται εἰς τὸ σύστημα, οἰαιδήποτε καὶ ἂν εἶναι αἱ ἐσωτερικαὶ μετατροπαὶ των), παραμένει σταθερά.

Ἡ ἀνωτέρω πρότασις ὀνομάζεται «ἀρχή τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας».

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἐνα σῶμα ἢ ἓνα σύστημα σωμάτων κατέχει ἐνέργειαν, ὅταν εἶναι ἰκανὸν νὰ παράγῃ ἔργον.
2. Ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν κατέχει ἓνα σῶμα, ἐκτιμᾶται ἀπὸ τὴν ποσότητα τοῦ ἔργου τὴν ὁποῖαν δύναται νὰ παραγάγῃ.
3. Αἱ μονάδες τῆς ἐνεργείας εἶναι αἱ αὐταὶ μετὰ τὰς μονάδας τοῦ ἔργου. Δηλαδή τὸ κιλοποντόμετρον (1 kmp) καὶ τὸ Τζούλ (1 Joule, 1 J).
4. Ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποῖαν κατέχει ἓνα σῶμα ἢ ἓνα σύστημα σωμάτων, εἶναι ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν ἔχει ἀποθηκευμένην ἐξ αἰτίας τῆς θέσεως ἢ τῆς καταστάσεώς του τὸ σῶμα ἢ τὸ σύστημα.
5. Ἐνα κινούμενον σῶμα ἔχει κινητικὴν ἐνέργειαν. Αὕτη μετρεῖται ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὅποιον ἀποδίδει τὸ κινούμενον σῶμα μέχρις ὅτου ἠρεμήσῃ.
6. Ἡ κινητικὴ καὶ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια εἶναι δύο μορφαὶ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.
7. Ἡ ἐνέργεια ἀναλόγως μετὰ τὴν προέλευσίν της ὑποδιαιρεῖται εἰς μηχανικὴν (δυναμικὴν ἢ κινητικὴν), μουσικὴν, χημικὴν, φωτεινὴν, θερμικὴν, ἀκτινοβόλον, ἠλεκτρικὴν, μαγνητικὴν, πυρηνικὴν κ.λπ.
8. Ἡ ἐνέργεια οὔτε δημιουργεῖται, οὔτε καταστρέφεται, ἀλλὰ ἀπλῶς μετατρέπεται ἀπὸ μίαν εἰς ἄλλην μορφήν. Ἡ μετατροπὴ τῆς ἐνεργείας γίνεται μετὰ συγχρόνου ὑποβιβασμοῦ της.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

59. Ένα σώμα βάρους 15 kp έχει άνηψοθη κατά 200 m από την επιφάνειαν τῆς Γῆς. Νά εύρεθῆ ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχει τὸ σῶμα εἰς αὐτὴν τὴν θέσιν.
(Ἀπ. $3\,000 \text{ kpm.}$)

60. Σῶμα μάζης 200 kg κινεῖται μὲ σταθερὰν ταχύτητα 2 m/sec . Νά εύρεθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν ἔχει ἀποκτήσει τὸ σῶμα.
(Ἀπ. $40,7 \text{ kpm.}$)

61. Ένας λίθος ἔχει μᾶζαν 20 gr καὶ βάλλεται κατακορύφως μὲ ἀρχικὴν ταχύτητα 20 m/sec . Νά εύρεθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησεν ὁ λίθος κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς βολῆς.
(Ἀπ. $40\,000\,000 \text{ erg.}$)

62. Μία ὄβις πυροβόλου βάρους $1\,250 \text{ kp}$, ἔχει ταχύτητα 800 m/sec ὅταν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ στόμιον τοῦ πυροβόλου. Νά ὑπολογισθῆ ἡ κινητικὴ ἐνέργεια τοῦ βλήματος : α) εἰς μονάδας τοῦ Συστήματος Μ.Κ.Σ. καὶ β) εἰς μονάδας τοῦ Τεχνικοῦ Συστήματος.
(Ἀπ. $4\,000\,000 \text{ Joule. β' } 40\,775\,000 \text{ kpm.}$)

63. Μία σφῆρα βάρους 100 kp ἀνηψοῦται κατὰ $2,8 \text{ m}$ καὶ ἀκολούθως πίπτει ἐλευθέρως ἐπὶ ἐνὸς καρφίου. Νά εύρεθῆ ἡ ἐνέργεια τῆς σφύρας κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς κρούσεως.
(Ἀπ. 280 kpm.)

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

I' — ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΘΕΡΜΙΚΗΝ

§ 56. Αί τριβαί ἐλευθερώνουν θερμότητα. Ὄταν ἀνοίγωμεν ὀπήν εἰς ἓνα ξύλον, τὸ διατρητικὸν ὄργανον (τρυπάνι) τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν θερμαίνεται. Ὄταν τροχίζωμεν ἓνα ἐργαλεῖον μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ σμυριδοχάρτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἐκτινάζονται πολυάριθμοι σπινθήρες ἀπὸ τὸ σημεῖον ἐπαφῆς τοῦ ἐργαλείου μὲ τὸν σμυριδοτροχόν, ἐνῶ τροχὸς καὶ ἐργαλεῖον θερμαίνονται. Ὄταν τὸν χειμῶνα αἱ χεῖρες μας εἶναι ψυχραί, τὰς προστρίβομεν τὴν μίαν ἐπὶ τῆς ἄλλης διὰ νὰ θερμανθοῦν. Ὄταν θέλωμεν νὰ ἀνάψωμεν ἓνα πυρεῖον, τὸ τρίβομεν εἰς τὴν πλευρικὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κυτίου του. Οἱ ἄγριοι χρησιμοποιοῦν ἀκόμη διὰ τὸ ἄναμμα τῆς πυρᾶς δύο ξηρὰ ξύλα, τὰ ὁποῖα προστρίβουν μέχρις ὅτου πυρακτωθοῦν (σχ. 51).

Ἔστω :

Αἱ τριβαί παράγουν θερμότητα, ἡ ὁποία θερμαίνει τὰς τριβομένας ἐπιφανείας.



Σχ. 51. Εἰς τοὺς πρωτογόνους λαοὺς, οἱ ὅποιοι ἀγνοοῦν τὰ πυρεῖα, τὸ ἄναμμα τῆς πυρᾶς γίνεται μὲ τριβὴν δύο ξηρῶν ξύλων.

Πείραμα. Ἐνα κυλινδρῶν ὀρειχάλκινον δοχεῖον περιέχει αἰθέρα ἕως τὸ μέσον, φράσσεται δὲ μὲ ἓνα πῶμα ἀπὸ φελλόν. Μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς στροφάλου στρέφομεν τὸν κύλινδρον, ἐνῶ συγχρόνως ἐμποδίζομεν τὴν περιστροφήν του μὲ μίαν ξυλολαβίδα (σχ. 52). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ πῶμα ἐντὸς ὀλίγου ἐκτινάζεται.

Ἐνόσω στρέφεται ἐλεύθερον τὸ ὄρειχάλκινον δοχεῖον, μία δύναμις μικροῦ μέτρου ἄρκει διὰ νὰ τὸ διατηρῆ εἰς κίνησιν. Ὅταν ὅμως ἐμποδίζεται ἀπὸ τὴν ξυλόβιδα, πρέπει νὰ καταβάλλωμεν μεγαλύτεραν δύναμιν, δηλαδὴ νὰ χορηγήσωμεν περισσότερον ἔργον.

Εἰς τὸ κινήτριον αὐτὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖ τὴν περιστροφὴν τοῦ κυλινδρικοῦ δοχείου, ἀντιτίθεται ἓνα ἀντιστάμενον ἔργον, τὸ ὁποῖον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν τριβὴν τῆς ξυλολαβίδος ἐπὶ τοῦ σωλῆνος. Ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὴν τριβὴν μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία ὑψώνει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ αἰθέρος καὶ τὸν ἐξαερώνει. Αἱ πιέζουσαι δυνάμεις τοῦ ἀτμοῦ τοῦ αἰθέρος ἐκτινάσσουσιν τὸ πῶμα.

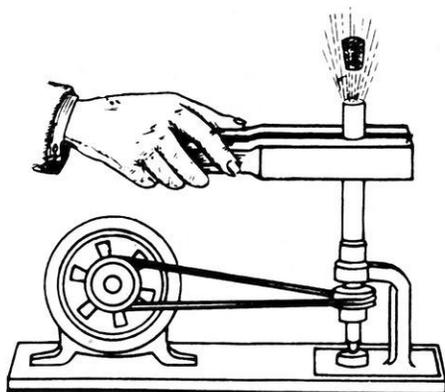
Ἔστω :

Ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰς τριβάς, μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

Ὅ,τι συμβαίνει εἰς τὰς τριβάς παρατηρεῖται καὶ κατὰ τὰς συγκρούσεις καὶ τὰς παραμορφώσεις. Καὶ εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς ἔχομεν σχεδὸν πάντοτε ἐμφάνισιν θερμότητος.

Ἐφαρμογαί. Τὸ τύμπανον τῶν πεδῶν (φρένων) τῶν τροχῶν τοῦ αὐτοκινήτου θερμαίνεται, ὅταν πεδίζωμεν. Ἐνα μέρος τῆς κινητικῆς ἐνεργείας τοῦ ὀχήματος μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

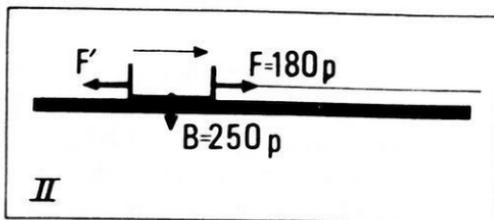
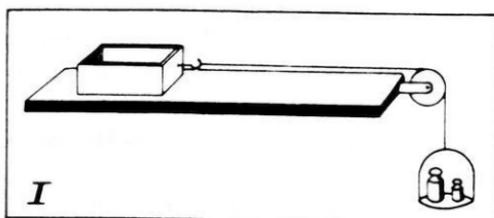
Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ μηχανουργικὰ ἐργαστήρια, ὅταν πρόκειται νὰ κατεργασθοῦν σκληρὰ μέταλλα μὲ μεταλλικὰ ἐργαλεῖα, διαβρέχουσιν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐργασίας, συνεχῶς τὸ ἐργαλεῖον μὲ σαπωνοδιάλυμα, ψύχοντες τὸ μέταλλον μὲ αὐτὸ τὸν τρόπον καὶ ἀποτρέποντες τὴν ἐρυθροπύρωσιν του, ὅποτε ὑπάρχει πιθανότης καταστροφῆς τοῦ ἐργαλείου.



Σχ. 52. Ἡ τριβὴ τῆς ξυλολαβίδος ἐπὶ τοῦ μεταλλικοῦ σωλῆνος ἀναπτύσσει θερμότητα ἡ ὁποία ἐξαερώνει τὸν αἰθέρα τοῦ σωλῆνος

1. Αί τριβαί προκαλοῦν θερμότητα.
2. Ὄταν ἓνα σῶμα ἢ σύστημα σωμάτων κινῆται, τότε παρατηρεῖται αὔξησις τῆς θερμοκρασίας του, ἢ ὅποια προέρχεται ἀπὸ τὴν μετατροπὴν, ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν, ἐνὸς μέρους τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν.
3. Ἡ μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς κινητικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, λόγῳ τριβῶν, μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἀνάψωμεν ἓνα πυρεῖον καὶ προκαλεῖ τὴν αὔξησιν τῆς θερμοκρασίας τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν καὶ ἐργαλείων, τοῦ τυμπάνου τῶν πεδῶν (φρένων) τοῦ αὐτοκινήτου κ.λπ.

ΙΑ'— ΤΡΙΒΗ. ΜΗΧΑΝΙΚΟΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΝ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΔΟΣ



Σχ. 53. Διάταξις διὰ τὴν μελέτην τῆς τριβῆς κατὰ τὴν ὀριζοντίαν ὀλίσθησιν (I). Συνολικὸν βάρος 250 p μετακινεῖται μὲ ὀριζόντιον δύναμιν 180 p (II).

§ 57. Ἡ Δύναμις τῆς τριβῆς. Πείραμα. Ἀφοῦ πραγματοποιήσωμεν τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 53, I καὶ ἐρματίσωμεν τὸ κιβώτιον, ὥστε νὰ ἀποκτήσῃ συνολικὸν βάρος $B = 250$ p, φορτίσωμεν προσεκτικῶς τὸν δίσκον, μέχρις ὅτου ἀρχίσῃ νὰ ὀλισθαίνει τὸ κιβώτιον ἐπὶ τῆς ὀριζοντίας σανίδος, ὁπότε σημειώσωμεν τὸ βάρος τῶν σταθμῶν, διὰ τὸ ὅποσον ἤρχισεν ἡ ὀλίσθησις καὶ ἔστω ὅτι αὐτὸ εἶναι 180 p. Εἰς τὸ κιβώτιον ἀσκεῖται ἐπομένως μία ὀριζοντία δύναμις $F = 180$ p (σχ. 53, II).

α) Όταν δέν άσκηται έλξις εις τὸ κιβώτιον, αὐτὸ ὑπόκειται εις τὴν δρᾶσιν τοῦ βάρους του καὶ εις τὴν ἀντίδρασιν τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ σανίς. Ἐφ' ὅσον δὲ τὸ κιβώτιον παραμένει ἀκίνητον, πρέπει ἡ συνισταμένη τῶν δυνάμεων, αἱ ὁποῖαι ἐνεργοῦν ἐπ' αὐτοῦ, νὰ εἶναι ἴση πρὸς μηδέν. Ἡ ἀντίδρασις συνεπῶς τῆς σανίδος ἔχει κατακόρυφον διεύθυνσιν καὶ φορὰν πρὸς τὰ ἄνω, μέτρον δὲ ἴσον μὲ τὸ βᾶρος τοῦ κιβωτίου.

β) Τοποθετοῦμεν εις τὸν δίσκον σταθμὰ μὲ συνολικὸν βᾶρος μικρότερον τῶν 180 p, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σῶμα μένει ἀκίνητον. Καὶ εις τὴν περίπτωσιν ὅμως αὐτὴν ὑπάρχει μία ἑλκτικὴ δύναμις, ἴση μὲ τὸ βᾶρος τῶν σταθμῶν, ἡ ὁποία ἀσκεῖται εις τὸ κιβώτιον ἀπὸ τὸ ὀριζόντιον σχοινίον. Ἐφ' ὅσον ὅμως ἀκίνητεῖ τὸ κιβώτιον, συμπεραίνομεν ὅτι ὑπάρχει καὶ μία ἄλλη δύναμις F' , ἀντίθετος πρὸς τὴν ἑλκτικὴν, ἡ ὁποία ἐνεργεῖ εις τὸ κιβώτιον καὶ ἐξουδετερῶνει τὴν ἑλκτικὴν δύναμιν.

γ) Φορτίζομεν τὸν δίσκον μὲ σταθμὰ βάρους 180 p, ὁπότε ἐπαναρχίζει ἡ ὀλίσθησις τοῦ κιβωτίου.

Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν ὅτι, ὅταν ἀσκηται εις τὸ κιβώτιον μία ὀριζοντία ἑλκτικὴ δύναμις $F < 180 p$, τὸ κιβώτιον ὑπόκειται εις τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἄλλης δυνάμεως F' , ἴσης ὡς πρὸς τὸ μέτρον μὲ τὴν F , ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ ἐκείνην. Ἡ δύναμις αὐτὴ F' ἀσκεῖται ἀπὸ τὴν ὀριζόντιον σανίδα εις τὸ κιβώτιον. Εὐθύς ὡς ἡ ὀριζόντιος ἑλκτικὴ δύναμις F γίνη ἴση πρὸς 180 p, ἄρχεται ἡ ὀλίσθησις τοῦ κιβωτίου. Ἡ δύναμις ἐπομένως F' , ἡ ὁποία ἀναφαίνεται ὅταν ἀσκηθῇ μία ὀριζόντιος δύναμις F εις τὸ κιβώτιον, δέν δύναται μὲ τὰς συνθήκας τοῦ πειράματος, νὰ ἀποκτήσῃ μέτρον μεγαλύτερον τῶν 180 p.

Αὐτὴ ἡ ἀνθισταμένη εις τὴν κίνησιν τοῦ κιβωτίου δύναμις, οφείλεται εις τὴν τριβὴν τῆς ἐξωτερικῆς ἐπιφανείας τῆς βάσεως τοῦ κιβωτίου, ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς ὀριζοντίας σανίδος καὶ ὀνομάζεται δύναμις τριβῆς ἢ ἀπλῶς **τριβή**. Ἐπομένως :

Ἐφ' ὅσον ἓνα σῶμα κινῆται, εις τρόπον ὥστε νὰ εὐρίσκειται συνεχῶς εις ἐπαφήν μὲ ἓνα ἄλλο σῶμα, ἀναπτύσσεται μία δύναμις, ἡ ὁποία ἀντιτίθεται πρὸς ἐκείνην ἡ ὁποία κινεῖ τὸ σῶμα. Ἡ ἀντιτιθεμένη εις τὴν κίνησιν δύναμις, ὀνομάζεται **τριβή**.

Ἡ τριβὴ ἀπορροφεῖ ἐνέργειαν. Ἡ δύναμις τῆς τριβῆς F' , τῆς ὁποίας τὸ σημεῖον ἐφαρμογῆς μετετοπίσθη ἐπὶ τῆς εὐθείας ἐπενεργείας τῆς, παρήγαγεν ἔργον ἀνθισταμένης δυνάμεως, τὸ ὁποῖον ἀπερρόφησεν ἓνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τοῦ φορτισμένου δίσκου. Ὡστε :

Ἡ τριβὴ μεταξὺ δύο ἐπιφανειῶν, ὅταν ἡ μία κινῆται ὡς πρὸς τὴν ἄλλην, ἀπορροφεῖ ἐνέργειαν.

§ 58. Παράγοντες ἐκ τῶν ὁποίων ἐξαρτᾶται ἡ τριβή. Πείραμα. Χρησιμοποιοῦντες τὴν προηγουμένην διάταξιν, ἐρματίζομεν τὸ κιβώτιον μὲ διαφορετικὰ βάρη καὶ καταγράφομεν τὸ ἐλάχιστον φορτίον, τὸ ὁποῖον πρέπει νὰ ὑπάρχη ἐπὶ τοῦ δίσκου, εἰς ἐκάστην περίπτωσιν διὰ νὰ ἀρχίσῃ ὀλισθήσῃς τοῦ κιβωτίου (σχ. 54, I, II). Κατόπιν ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα χρησιμοποιοῦντες ὡς ὀριζόντιον ἐπίπεδον μίαν πολὺ λείαν σανίδα. Εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα ἀναγράφονται τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεών μας.

Βάρος	Βάρος σταθμῶν δίσκου	
κιβωτίου B εἰς p	Ἐνάμαλος ἐπι- φάνεια, F εἰς p	Λεία ἐπιφά- νεια, f εἰς p
250	180	70
500	360	140
750	540	210
1000	720	280

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω πίνακα παρατηροῦμεν ὅτι οἱ λόγοι F/B καὶ f/B εἶναι σταθεροί, μάλιστα δὲ μὲ τὰ συγκεκριμένα δεδομένα τοῦ πίνακος ἔχομεν ὅτι :

$$F/B = 0,72 \text{ καὶ } f/B = 0,28$$

Ἐὰν ἐπαναλάβωμεν τὸ πείραμα, θέτοντες τὸ κιβώτιον διαδοχικῶς εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰς διαφόρους ἔδρας του, θὰ λάβωμεν τὰ ἴδια ἀποτελέσματα, δηλαδὴ :

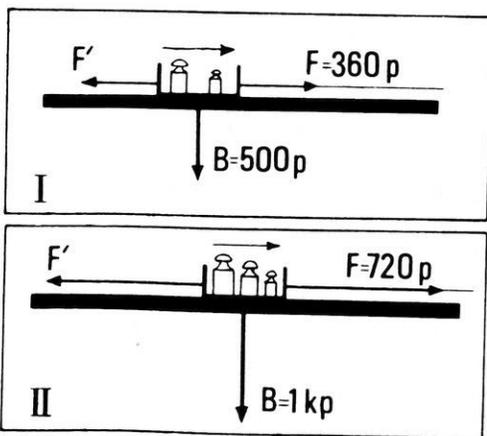
$$F/B = 0,72 \text{ καὶ } f/B = 0,28$$

Ἡ τριβὴ τὴν ὁποίαν ἐμελετήσαμεν, ἀναφαίνεται ὅταν μία ἐπιφάνεια ὀλισθαίνει ἐπὶ ἑνὶ ἄλλῃς ἐπιφανείας καὶ δι' αὐτὸ ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως **τριβὴ ὀλισθήσεως**.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :

Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως :

α) Εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν κάθετον δύναμιν, τὴν ὁποίαν ἀσκεῖ ἡ τριβουσα ἐπιφάνεια (κιβώτιον) ἐπὶ τῆς τριβομένης ἐπιφανείας (σανίς). Ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν τριβομένων ἐπιφανειῶν. γ) Εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὸ ἐμβαδὸν τῶν προστριβομένων ἐπιφανειῶν. δ) Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἀπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις καὶ πειράματα, εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ταχύτητα τῆς μετατοπίσεως.



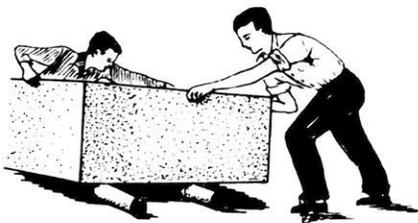
Σχ. 54. Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ βάρος τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει.

§ 59. Τριβὴ κυλίσεως. Τριβὴ δὲν ἀναφαίνεται μόνον ὅταν ἓνα σῶμα ὀλισθαίνει ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου, ἀλλὰ καὶ ὅταν κυλίσεται.

Ἡ τριβὴ ἡ ὁποία παράγεται εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὀνομάζεται τριβὴ κυλίσεως.

Ἡ τριβὴ ὀλισθήσεως καταναλίσκει περισσότερον ἔργον ἀπὸ τὴν τριβὴν κυλίσεως.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ὅταν θέλωμεν νὰ μετακινήσωμεν ἓνα βαρὺ ἀντικείμενον, τοποθετοῦμεν κάτω ἀπὸ αὐτὸ δύο μικρὰ κυλινδρικά ξύλα καὶ ὠθοῦμεν τὸ ἀντικείμενον, μετατρέποντες τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως εἰς τριβὴν κυλίσεως (σχ. 55). Παρατηροῦμεν δὲ ὅτι ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διάμετρος τῶν κυλινδρικών ξύλων, τόσον μικροτέρα δύναμις ἀπαιτεῖται νὰ καταβληθῇ διὰ τὴν μετακίνησιν.



Σχ. 55. Ἡ τριβὴ κυλίσεως ἐξουδετεροῦται εὐκολώτερον ἀπὸ τὴν τριβὴν ὀλισθήσεως

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον τοποθετοῦμεν τροχοὺς εἰς τὴν βάσιν στηρίξεως διαφόρων βαρέων ἀντικειμένων.

Ἡ ἀνακάλυψις τοῦ τροχοῦ ἐθεωρήθη, καὶ πολὺ ὀρθῶς, ὡς μία ἀπὸ τὰς μεγαλυτέρας κατακτήσεις τῆς Τεχνικῆς.

§ 60. Συνέπειαι τῆς τριβῆς. Παρατηροῦμεν ὅτι ὅσον περισσότερον ἀνωμαλοὶ εἶναι αἱ ἐπιφάνειαι, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται ἐν ἐπαφῇ, τόσον μεγαλύτεραι εἶναι καὶ αἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς ὀλισθήσεως. Ἡ τριβὴ αὐτὴ ὀφείλεται εἰς τὰς ἀνωμαλίας τῶν δύο ἐπιφανειῶν, αἵτινες εὐρίσκονται εἰς ἐπαφήν. Αὐταὶ αἱ ἀνωμαλίας ἐμπλέκονται μεταξύ τῶν καὶ ἀντιτίθενται εἰς τὴν κίνησιν (σχ. 56).

Ὁ δεύτερος παράγων, ὁ ὁποῖος συντείνει εἰς τὴν ἐμφάνισιν τῆς τριβῆς, εἶναι αἱ παραμορφώσεις, αἱ ὁποῖαι δημιουργοῦνται εἰς τὰς δύο ἐπιφανείας, ὅταν αὐταὶ πιέζονται μεταξύ τῶν. Βεβαίως τὰς περισσότερας φοράς αὐταὶ αἱ παραμορφώσεις δὲν γίνονται ἀντιληπταί, δὲν παύουν ὁμως νὰ ὑπάρχουν.

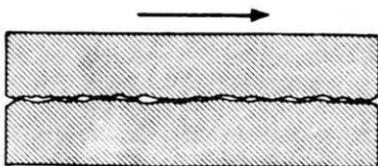
Ἡ τριβὴ δύο ἐπιφανειῶν ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐξομάλυνσιν τῶν ἀνωμαλιῶν τῶν. Ἐνα μέρος τῆς ἐνεργείας τὴν ὁποίαν παρέχομεν εἰς μίαν μηχανήν, καταναλίσκεται καὶ ἀπορροφᾶται ἀπὸ τὰς δυνάμεις τριβῆς καὶ μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία μᾶς εἶναι ἀχρηστος.

Παραλλήλως ὁμως ἡ τριβὴ δημιουργεῖ καὶ χρήσιμα ἀποτελέσματα. Ἐνα σῶμα, π.χ., τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἐπὶ ἐνὸς κεκλιμένου ἐπιπέδου, παραμένει ἀκίνητον καὶ δὲν ὀλισθαίνει πρὸς τὰ κατώτερα σημεῖα τοῦ ἐπιπέδου, ἐξ αἰτίας τῶν δυνάμεων τριβῆς.

Χωρὶς τὰς δυνάμεις τριβῆς θὰ μᾶς ἦτο ἀδύνατον νὰ σταθῶμεν ὀρθοὶ καὶ νὰ περιπατήσωμεν. Γνωρίζομεν ὅτι τὸν χειμῶνα, μᾶς εἶναι πολὺ δύσκολον νὰ περιπατήσωμεν ἐπάνω εἰς παγοκρυστάλλους. Ἐπίσης δὲν θὰ ἦτο δυνατόν νὰ κρατήσωμεν ἓνα ἀντικείμενον εἰς τὰς χεῖρας μας, ἀφοῦ τὰ πάντα θὰ ἦσαν ὀλισθηρά.

Ἄν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ, θὰ μᾶς ἦτο ἀδύνατον νὰ κατασκευάσωμεν ὅ,τιδήποτε. Ἐάν δὲν ὑπῆρχε τριβὴ δὲν θὰ ὑπῆρχον καὶ ἀνωμαλίας εἰς τὴν ἐπιφάνειαν π.χ. τοῦ καρφίου καὶ εἰς τὴν σανίδα, ὁπότε τὸ καρφίον δὲν θὰ συνεκράτειτο εἰς τὴν ὀπήν τῆς σανίδος. Διηλαθῆ πᾶσα ἀπόπειρα διὰ τὴν συνδέσωμεν δύο τεμάχια ξύλου μεταξύ τῶν θὰ ἦτο ματαία.

Δυνάμεις τριβῆς εἶναι καὶ ἐκεῖναι αἱ ὁποῖαι ἀσκοῦνται ἀπὸ τὰς πέδας εἰς τοὺς τροχοὺς τῶν αὐτοκινήτων καὶ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ σταματήσωμεν τὰ ὄχηματὰ ἢ νὰ μετριάσωμεν τὴν ταχύτητά τῶν.



§ 61. Τρόποι ἐλαττώσεως ἢ αὐξήσεως τῶν τριβῶν. Ἄς ἐπανεέλθωμεν εἰς

σχ. 56. Αἱ τριβαὶ ὀφείλονται κατὰ τὸ ἀρχικὸν μᾶς πείραμα διὰ τὴν μελέτην τῆς τριβῆς, χρησιμοποιοῦντες μίαν λείαν σανίδα, μὲ τὴν διαφορὰν ὅτι τὴν ἔχομεν

έπιστρώσει με σαπωνοδιάλυμα. Παρατηρούμεν τότε ότι, αν και έρματιζώμεν τὸ κιβώτιον με 1 000 p, ἄρκει μία ὀριζοντία δύναμις 120 p διὰ νὰ προκαλέσῃ ὀλίσησιν τοῦ κιβωτίου.

Διὰ νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν τριβὴν ἐπαλειφομεν τὰς ἐπιφάνειας, αἱ ὁποῖαι εὐρίσκονται εἰς ἐπαφήν, με λιπαντικὰς οὐσίας. Διὰ νὰ μὴ καταστραφοῦν λόγῳ τριβῆς τὰ μέταλλα, τὰ ὁποῖα ἐφάπτονται μεταξύ των εἰς τὸν μηχανισμόν, π.χ., ἐνὸς αὐτοκινήτου, εἰς μὲν τὴν μηχανὴν τοποθετοῦμεν εἰδικὸν ἔλαιον, λιπαίνομεν δὲ τὸ σύστημα ὁδηγήσεως καὶ τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν.

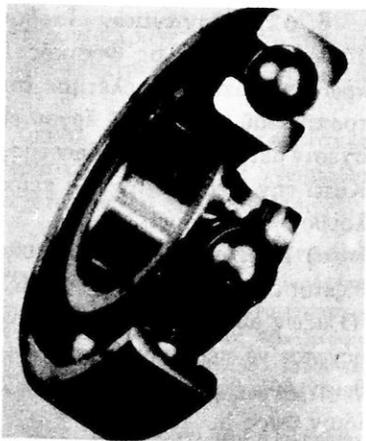
Ἐνα ποδήλατον με λελιπασμένους τοὺς ἄξονας τῶν τροχῶν τοῦ τρέχει καλύτερον καὶ ταχύτερον ἀπὸ ἕνα ἄλλον τοῦ ὁποίου εἶναι ἄλιπαντα καὶ ξηρά τὰ κινούμενα μέρη. Ἐνας κινητῆρ, ὁ ὁποῖος λειτουργεῖ χωρὶς νὰ λιπαινεται, ἀχρηστεύεται πολὺ συντόμως.

Σημαντικῶς ἐλαττοῦται ἡ τριβὴ ὅταν, ὅπως ἀνεφέραμεν, μετατρέψωμεν τὴν ὀλίσησιν εἰς κύλισιν. Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται με παρεμβολήν, μεταξύ τῶν δύο τριβομένων με ὀλίσησιν ἐπιφανειῶν, μικρῶν κυλινδρικῶν στελεχῶν, ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐπικαθῆται τὸ μετατοπιζόμενον βαρὺ ἀντικείμενον. Τὰ κυλινδρικά στελέχη εἶναι κάθετα πρὸς τὴν ἔλκουσαν δύναμιν.

Ἐφαρμογὴν αὐτῆς τῆς παρατηρήσεως ἀποτελεῖ ἡ κατασκευὴ τῶν ἐνσφαιρῶν τριβῶν (κοινῶς ρουλεμάν), οἱ ὁποῖοι ἔχουν μεγάλας ἐφαρμογὰς εἰς τὴν Τεχνικὴν. Ἄπλουδν παράδειγμα τῆς ἐφαρμογῆς τῶν ἔχομεν εἰς τὸ ποδήλατον. Οἱ ἄξονες τῶν τροχῶν τοῦ ποδηλάτου δὲν ἐφάπτονται ἀπ' εὐθείας εἰς τὰ περιεξόνια των, ἀλλὰ με παρεμβολὴν ἐνσφαιρῶν τριβῶν. Οἱ ἐνσφαιροὶ τριβεῖς περιλαμβάνουν μικρὰς χαλυβδίνους σφαίρας, αἱ ὁποῖαι παρεμβάλλονται εἰς τὰς τριβομένας ἐπιφάνειας (σχ. 57).

Ἄντιθέτως διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὴν ὀλίσησιν τῶν τροχῶν μιὰς ἀτμομηχανῆς ἐπάνω εἰς τὰς σιδηροδρομικὰς γραμμὰς, τὰς ἐπικαλύπτομεν με ἄμμον, διὰ νὰ αὐξήσωμεν τὴν τραχύτητά των. Διὰ μίαν ἀνάλογον αἰτίαν ρίπτομεν ἄμμον ἐπάνω εἰς ἕναν δρόμον ὁ ὁποῖος ἔχει καλυφθῆ ἀπὸ παγοκρυστάλλους.

Αἱ σιαγόνες τῶν πεδῶν (φρένων) εἰς τὰ αὐτοκίνητα καὶ οἱ δίσκοι τῶν συμπλεκτῶν (ἀμπραγιάς) εἶναι ἐφοδιασμένοι με εἰδικὰς μηχανικὰς διατάξεις, αἱ ὁποῖαι αὐξάνουν τὴν τριβὴν. Ὅσον περισσότερο συμπιέζονται μεταξύ των δύο ἐπιφάνειαι αἱ ὁποῖαι ἐφάπτονται, εἴτε με τὴν βοήθειαν μοχλῶν οἱ ὁποῖοι πολλαπλασιάζουν τὰς μεταξύ των δυνάμεις (φρένα), εἴτε με τὴν βοήθειαν ἰσχυρῶν ἐλατηρίων (συμπλέκτης), τόσον ἡ τριβὴ ἢ ὁποῖα ἀναπτύσσεται μεταξύ των δύο αὐτῶν ἐπιφανειῶν αὐξάνεται.

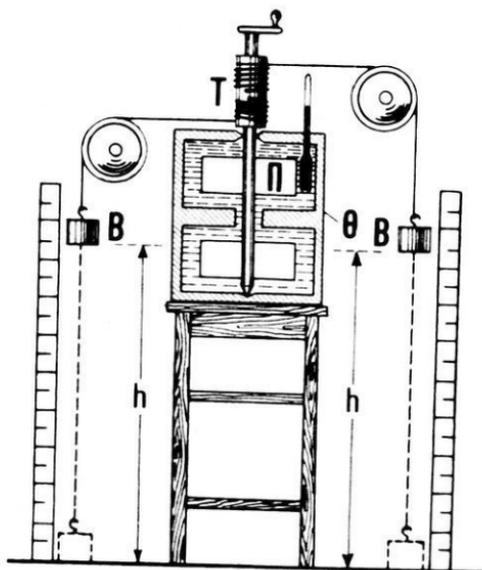


Σχ. 57. Ἐνσφαιροὶ τριβεῖς (ρουλεμάν).

§ 62. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος. Πείραμα τοῦ Τζάουλ. Ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς Τζάουλ (James Prescott Joule) εἶναι ὁ πρῶτος ὁ ὁποῖος ἐμελέτησε συστηματικῶς τὸ φαινόμενον τῆς μετατροπῆς τοῦ μηχανικοῦ ἔργου εἰς θερμότητα καὶ εὔρε τὴν ποσοτικὴν σχέσιν μεταξύ τῶν μονάδων τῆς μηχανικῆς καὶ τῆς θερμικῆς ἐνεργείας. Κατὰ τὴν διεξαγωγὴν τῶν πειραμάτων του ἐχρησιμοποίησε τὴν ἀκόλουθον συσκευὴν :

α) Περιγραφή τῆς συσκευῆς. Ἐντὸς ἑνὸς θερμιδομέτρου Θ βυθίζεται ἓνας κατακόρυφος ἄξων, ἐφωδιασμένος με πτερύγια Π (σχ. 58). Ὁ ἄξων αὐτὸς συνδέεται με ἓνα κυλινδρικὸν τύμπανον T , τὸ ὁποῖον δύναται νὰ περιστραφῆ περὶ τὸν γεωμετρικὸν του ἄξονα με τὴν βοήθειαν δύο βαρῶν B καὶ B , τὰ ὁποῖα πῖπτουν συγχρόνως καὶ ἀπὸ τὸ ἴδιον ὕψος h .

β) Λειτουργία τῆς συσκευῆς. Ὄταν πῖπτουν τὰ βάρη, τὸ τύμπανον περιστρέφεται καὶ παρασύρει εἰς τὴν κίνησίν του τὸν ἄξονα με τὰ πτερύγια, τὰ ὁποῖα τότε ἀναδεύουν τὸ ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου. Αὐτὴ



Σχ. 58. Διάταξις διὰ τὴν ἐκτέλεσιν τοῦ πειράματος τοῦ Τζάουλ.

ἡ ἀνάδευσις γίνεται πλέον ἔντονος με τὴν βοήθειαν δύο ἀκινήτων περυγίων, τὰ ὁποῖα εἶναι στερεωμένα εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοίχωμα τοῦ θερμιδομέτρου. Ἡ τριβὴ τοῦ ὕδατος με τὰ πτερύγια παράγει θερμότητα, ἡ ὁποία αὐξάνει τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὕδατος ἐντὸς τοῦ θερμιδομέτρου. Δεδομένου ὅτι αὐτὴ ἡ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι πολὺ μικρά, πρέπει νὰ ἐκτελέσωμεν μίαν ὀλόκληρον σειρὰν διαδοχικῶν πτώσεων τῶν βαρῶν (περίπου εἴκοσι) διὰ νὰ ἔχωμεν αἰσθητὴν αὐξήσιν τῆς θερμο-

κρασίας. Τὸ μηχανικὸν ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν πτώσιν τῶν βαρῶν, εἶναι ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον μετατρέπεται εἰς θερμότητα ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐλευθεροῦται, εὐρίσκεται ἂν μετρήσωμεν τὴν αὐξησιν τῆς θερμοκρασίας καὶ ἂν γνωρίζωμεν τὴν μᾶζαν τοῦ ὕδατος, ἡ ὁποία περιέχεται εἰς τὸ θερμιδόμετρον.

γ) Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Εἰς μίαν σειρὰν πειραμάτων μετὰ τὴν διάταξιν τῆς συσκευῆς Τζάουλ, ἔγιναν αἱ ἀκόλουθοι μετρήσεις : 1) Ὀλικὸν ἰσοδύναμον εἰς ὕδωρ τοῦ θερμιδομέτρου = 3 070 cal/grad. 2) Κοινὸν βᾶρος τῶν δύο κατερχομένων σωμάτων = 12 kp. 3) Ὑψος τῆς πτώσεως = 3 m. 4) Ἀριθμὸς τῶν πτώσεων 20. 5) Ἀνώψωσις τῆς θερμοκρασίας = 1,1 °C. Νὰ εὑρεθῇ τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος, ἡ ἀριθμητικὴ σχέσις ἰσότητος, δηλαδὴ, μεταξὺ θερμίδος καὶ Joule.

Λύσις. Τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ μίαν πτώσιν τῶν δύο σωμάτων ἀπὸ ὕψους h εἶναι ἴσον μέ :

$$2 B \cdot h = 12 \text{ kp} \cdot 3 \text{ m} \cdot 2 = 72 \text{ kpm.}$$

Ἐπειδὴ δὲ 1 kpm = 9,81 Joule, ἔχομεν :

$$2 B \cdot h = 72 \cdot 9,81 \text{ Joule} = 706,32 \text{ Joule.}$$

Ἄρα τὸ ἔργον A τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ εἰς 20 παρομοίας περιπτώσεις θὰ εἶναι :

$$A = 20 \cdot 706,32 \text{ Joule} = 14 126,4 \text{ Joule.}$$

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος Q , εἰς τὴν ὁποίαν μετατρέπεται τὸ μηχανικὸν ἔργον τῆς πτώσεως τῶν σωμάτων, εἶναι ἴση μετὰ ἐκείνην ἡ ὁποία ἀνύψωσε τὴν θερμοκρασίαν τοῦ θερμιδομέτρου κατὰ 1,1 °C καὶ ἡ ὁποία δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$Q = K \cdot \Delta\theta = 3 070 \text{ cal/grad} \cdot 1,1 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Δηλαδὴ :

$$Q = 3 377 \text{ cal}$$

ὅπου K ἡ ὀλικὴ θερμοχωρητικότητα τοῦ ὄργανου.

Ἄρα μηχανικὴ ἐνέργεια 14 126,4 Joule μετετρέπη εἰς ἰσοδύναμον θερμικὴν ἐνέργειαν 3 377 cal. Ἐπομένως σκεπτόμενοι ἀντιστρόφως, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον δύναται νὰ παραχθῇ ἀπὸ θερμικὴν ἐνέργειαν 1 cal, ὅποτε θὰ ἔχωμεν ὅτι : 3 377 cal ἰσοδυναμοῦν μετὰ 14 126,4 Joule καὶ 1 cal ἰσοδυναμεῖ μετὰ 14 126,4/3 377 Joule.

Δηλαδὴ :

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ Joule}$$

Διὰ νὰ ἀποκτήσωμεν ἐπομένως θερμικὴν ἐνέργειαν 1 θερμίδος, πρέπει νὰ καταλῶσωμεν μηχανικὴν ἐνέργειαν 4,18 Joule.

Συμπέρασμα. Πολυάριθμοι μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἀναφαίνεται ποσό-

της θερμότητας 1 cal, όταν μηχανικόν ἔργον 4,18 Joule μετατρέπεται εἰς θερμότητα.

Ἀντιστρόφως λαμβάνομεν ἔργον 4,18 Joule ἐκάστην φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν ποσότης θερμότητας ἴση πρὸς 1 cal μετατρέπεται ἐξ ὁλοκλήρου εἰς μηχανικόν ἔργον. Τὰς διαπιστώσεις αὐτὰς ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι :

Τὸ μηχανικόν ἰσοδύναμον μιᾶς θερμίδος εἶναι 4,18 Joule. Δηλαδή :

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ Joule}$$

Ἀντιστρόφως ἡ ποσότης τῆς θερμότητας ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς 1 Joule εἶναι :

$$1 \text{ Joule} = \frac{1}{4,18} \text{ cal} = 0,24 \text{ cal}$$

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἂν ἔχωμεν δύο ἰσοδύναμα ποσὰ ἐνεργείας Q εἰς θερμίδας καὶ A εἰς Joule, αὐτὰ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$Q = J \cdot A$$

ὅπου J τὸ μηχανικόν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Πᾶν σῶμα τὸ ὁποῖον κινεῖται ἐπὶ ἑνὸς ἄλλου σώματος, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν τῶν δυνάμεων τριβῆς, ἢ διεύθυνσις τῶν ὁποίων εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν μετατόπισιν.
2. Ἡ ἀνθισταμένη δύναμις (δύναμις τριβῆς) εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν κατακόρυφον δύναμιν, ἢ ὁποία ἀσκεῖται ἀπὸ τὴν τρίβουσαν ἐπιφάνειαν ἐπὶ τῆς τριβομένης ἐπιφανείας, διὰ μικρὰς ταχύτητας.
3. Ἡ δύναμις τῆς τριβῆς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τῶν δύο ἐπιφανειῶν καὶ εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν τρίβουσαν ἐπιφάνειαν καὶ τὴν ταχύτητα τῆς μετατοπίσεως, διὰ μικρὰς ταχύτητας.
4. Αἱ δυνάμεις τῆς τριβῆς ἀπορροφῶν ἐνέργειαν. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ μετατρέπεται εἰς θερμότητα.
5. Ἡ χρῆσις λιπαντικῶν οὐσιῶν (ἔλαιον, λίπος κ.λπ.) καὶ ἐνσφαιρῶν τριβῶν, ἐλαττώνει τὰς δυνάμεις τῆς τριβῆς τῶν κινη-

των μερών των μηχανών. Αδξάνομεν τὰς δυνάμεις τῆς τριβῆς κατασκευάζοντες τραχυτέρας τὰς ἐπιφανείας ἐπαφῆς ἢ συμπιέζοντες αὐτὰς ἰσχυρῶς.

6. Τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος εἶναι 4,18 Joule. Μία ποσότης θερμότητος, ἕνα μηχανικὸν ἔργον ἢ ἡ ἐνέργεια ἑνὸς συστήματος δύνανται νὰ ἐκφράζωνται εἰς θερμίδας, Τζούλ, κίλοποντόμετρα κ.λπ.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

64. Μὲ ποῖα ποσὰ μηχανικῆς ἐνεργείας ἀντιστοιχοῦν : α) 0,0117 kcal, β) 234 kcal, γ) 0,14 kcal. (Ἀπ. α' 5 kpm. β' 100 000 kpm. γ' 64 kpm.)

65. Ἡ τελεία καυσις τοῦ ἀνθρακος δίδεται ἀπὸ τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:



Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς θερμίδας καὶ ἀκολούθως εἰς Joule ἡ ἐνέργεια τὴν ὁποίαν δύνανται νὰ ἀποδώσῃ ἡ καυσις μείγματος 1 kg ἀνθρακος ἐὰν περιέχῃ 90% ἀνθρακα.

(Ἀπ. 7 050 000 cal, 29 469 000 Joule.)

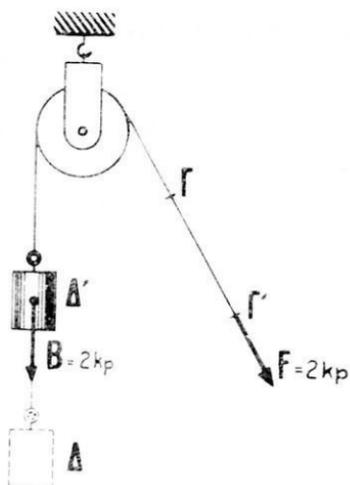
66. Νὰ εὔρεθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἀπαιτεῖται διὰ νὰ αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία 1 200 gr ὕδατος ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 80 °C

(Ἀπ. $Q = 326\,040 \text{ Joule}$.)

67. Ἐνα τετραγωνικὸν πρίσμα ἀπὸ σίδηρον ἔχει διαστάσεις 8 cm · 5 cm · 3 cm καὶ εὔρεσκειται ἐπάνω εἰς ἕνα ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Τὸ πρίσμα σύρεται ὀριζοντίως ἀπὸ ἕνα σχοινίον, τὸ ὁποῖον, ἀφοῦ διέλθῃ ἀπὸ μίαν τροχαλίαν συγκρατεῖ ἕναν δίσκον. Τὸ πρίσμα εἶναι τοποθετημένον εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον μὲ τὴν μεγαλυτέραν ἀπὸ τὰς ἑδρας του καὶ τίθεται εἰς κίνησιν, ὅταν ὁ δίσκος ἔχῃ φορτίον μάζης 620 gr. α) Νὰ εὔρεθῇ τὸ ἐλάχιστον βάρος, τὸ ὁποῖον θὰ πρέπει νὰ φέρῃ ὁ δίσκος διὰ νὰ κινήθῃ τὸ πρίσμα, ὅταν θὰ εἶναι τοποθετημένον μὲ τὰς ἄλλας δύο ἑδρας του. β) Θέτομεν ἐπὶ τοῦ πρίσματος, ὅταν εἶναι τοποθετημένον μὲ τὴν μεγαλυτέραν ἑδραν του, μάζαν βάρους 2 kp. Νὰ εὔρεθῇ τὸ βάρος τοῦ ἐλαχίστου φορτίου διὰ τὸ ὁποῖον θὰ κινήθῃ τὸ πρίσμα. (Ἀπ. α' 620 p. β' 936 p. γ 1940,6 p.)

IB'— ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΤΑΣ ΑΠΛΑΣ ΜΗΧΑΝΑΣ

§ 63. Γενικότητες. Εἰς προηγούμενα κεφάλαια ὠμιλήσαμε διὰ τὴν ἀρχὴν τῆς διατηρήσεως τῆς ἐνεργείας, ἡ ὁποία ἰσχύει εἰς ἕνα ἀπομονωμένον σύστημα. Ἐδῶ θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν διατήρησιν τῆς



Σχ. 59. Το κινητήριο έργο
 $A_1 = F \cdot (\Gamma\Gamma')$ και το αντί-
 στάμενον $A_2 = B \cdot (\Delta\Delta')$
 είναι ίσα.

ένεργειας εις μίαν άπλην μηχανήν και
 θά περιορισθώμεν εις τήν διατήρησιν
 τής μηχανικής ένεργειας.

§ 64. Παράδειγμα διατηρήσεως
 μηχανικής ένεργειας. Τροχαλία. Κι-
 νητήριο και άνθιστάμενον έργον.
 Θεωρούμεν τήν τροχαλίαν του σχή-
 ματος 59 άπηλλαγμένην άπό τριβής
 και άκλονήτως τοποθετημένην.

Άνυψώνομεν, χρησιμοποιούντες
 τήν τροχαλίαν αυτήν, ένα σώμα βά-
 ρους 2 kp ούτως, ώστε το κέντρον βά-
 ρους του να μετατοπισθῃ άπό το ση-
 μείον Δ εις το σημείον Δ'. Διά να γίνη
 αυτό θά πρέπει να άσκήσωμεν εις τήν
 άλλην άκρην του σχοινίου μίαν δύνα-
 μιν F, ίσην κατά μέτρον πρός το βά-
 ρος B του σώματος, τής όποιίας το

σημείον έφαρμογής μετατοπίζεται άπό το σημείον Γ εις το σημείον Γ'.

Η δύναμις F παράγει, καθώς γνωρίζομεν, έργον κινητηρίου δυνά-
 μεως A το όποιον είναι ίσον μέ :

$$A_1 = F \cdot (\Gamma\Gamma') \quad (1)$$

Το σημείον έφαρμογής του βάρους B μετατοπίζεται άντιθέτως πρός
 τήν φοράν του. Έπομένως το βάρος θά παράγη έργον άνθισταμένης
 δυνάμεως A και θά είναι :

$$A_2 = B \cdot (\Delta\Delta') \quad (2)$$

Έπειδή όμως $B = F$ και προφανώς $(\Gamma\Gamma') = (\Delta\Delta')$, θά έχομεν ότι
 και $A_1 = A_2$.

Έπομένως :

κινητήριο έργον = άνθιστάμενον έργον

Εις τήν περίπτωση αυτήν λέγομεν ότι συμβαίνει διατήρησις του
 έργου.

Άπό τα άνωτέρω συμπεραينوμεν ότι :

Εἰς μίαν ἀπλῆν μηχανήν, ἢ ὁποία λειτουργεῖ χωρὶς τριβάς, τὸ κινητήριον καὶ τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον εἶναι ἴσα. Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι ἔχομεν διατήρησιν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

Κλασσικὸν παραδειγμα διατηρήσεως τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας μας δίδει τὸ λεγόμενον «γιό - γιό», (σχ. 60).

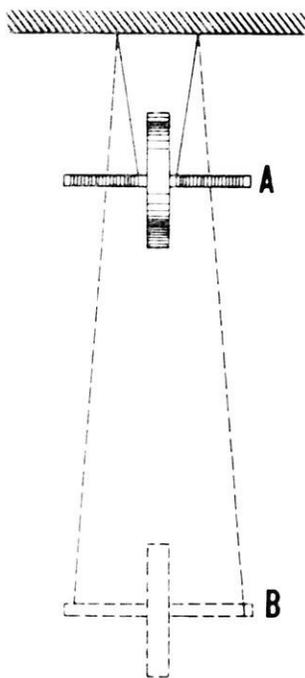
Ὅταν ὁ σφόνδυλος A εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, τὰ νήματα εἶναι πεπλεγμένα περὶ τὸν ἀξονά του. Ἐφ' ὅσον εὐρίσκεται εἰς ἓνα ὄρισμένον ὕψος ἀπὸ τὸ κατώτερον σημεῖον, εἰς τὸ ὁποῖον μεταφέρεται ὅταν ἐκτυλιχθοῦν τὰ νήματα, κατέχει ὄρισμένην δυναμικὴν ἐνέργειαν. Ὅταν ἀφεθῆ νὰ πέσῃ, ὁπότε τὰ νήματα ἐκτυλίσσονται τοῦ προσοῖδου ἐκτός ἀπὸ τὴν κατακόρυφον κίνησιν, τὴν ὁποίαν ἔχει ἐξ αἰτίας τῆς πτώσεως, καὶ μίαν περιστροφικὴν κίνησιν. Ἡ περιστροφικὴ αὕτη κίνησις γίνεται ὀλονὸν ταχύτερα.

Ὅταν ὁ σφόνδυλος φθάσῃ εἰς τὸ κατὰ ἄκρον τῆς διαδρομῆς του, συνεχίζει νὰ περιστρέφεται κατὰ τὴν ἴδιαν φοράν, μὲ ἀποτέλεσμα τὰ νήματα νὰ ἀρχίσουν νὰ περιτυλίγωνται εἰς τὸν ἀξονά του καὶ οὕτως ἀρχίζει νὰ ἀνέρχεται.

Ἐνῶς ὁ σφόνδυλος κατέρχεται, ἡ δυναμικὴ ἐνέργεια ἐλαττοῦται, ἐνῶ ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια αὐξάνεται. Ὅταν ἀρχίσῃ νὰ ἀνέρχεται ἡ ταχύτης περιστροφῆς του ἐλαττοῦται, ἐπομένως καὶ ἡ κινητικὴ του ἐνέργεια. Ὅταν ἀνέρχεται ὁμως ἀρχίζει νὰ ἐπανακτᾷ τὴν δυναμικὴν ἐνέργειαν.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια τοῦ συστήματος παραμένει σταθερά. Παρατηροῦμεν ἐπίσης ὅτι ὁ σφόνδυλος κατὰ τὴν ἀνοδὸν του δὲν φθάνει εἰς τὸ σημεῖον ἐκεῖνο ἀπὸ τὸ ὁποῖον ἐξεκίνησεν, ἀλλὰ χαμηλότερον, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ὑπάρχουν ἄλλαι δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ὀφείλονται εἰς τριβάς, καὶ ἐναντιώνονται εἰς τὴν κίνησιν του. Ἐπομένως ἓνα μέρος τῆς δυναμικῆς ἐνεργείας τοῦ σφονδύλου μετατρέπεται, λόγω τῶν τριβῶν, εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, ἢ ὁποία διασπείρεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα.

§ 65. Ἀπόδοσις ἀπλῆς μηχανῆς. Εἰς τὴν πραγματικότητα κατὰ τὴν λειτουργίαν μιᾶς ἀπλῆς μηχανῆς ὑπάρχουν πάντοτε δυνάμεις



Σχ. 60. Κατὰ τὴν κάθοδόν του ὁ περιστρεφόμενος σφόνδυλος χάνει δυναμικὴν ἐνέργειαν, αὐξάνει ὁμως τὴν κινητικὴν του ἐνέργειαν.

τριβής, τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ περιορίσωμεν, ὄχι ὅμως καὶ νὰ ἐξαφανίσωμεν. Οὕτως ἔχομεν τριβὴν τῆς τροχαλίας μὲ τὸν ἄξονά της, τριβὴν τοῦ σχοινίου τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν αὐλακα τῆς τροχαλίας, τριβὴν τοῦ σώματος τὸ ὁποῖον ὀλισθαίνει ἐπάνω εἰς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον κ.λπ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὸ κινητήριον ἔργον εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀνθιστάμενον, ὅταν εἰς τὸ τελευταῖον δὲν συνυπολογίσωμεν καὶ τὸ ἔργον τῶν τριβῶν.

Ἡ διαπίστωσις αὕτη ὠδήγησε τοὺς φυσικοὺς ἐπιστήμονας εἰς τὸν ὀρισμὸν ἑνὸς νέου μεγέθους, τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται **ἀπόδοσις**.

Αἱ διάφοροι μηχανικαὶ διατάξεις παραλαμβάνουν ἔργον μιᾶς μορφῆς καὶ τὸ μετατρέπουν εἰς ἔργον ἄλλης μορφῆς, κατάλληλον νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν ἐπίτευξιν ἑνὸς μηχανικοῦ σκοποῦ. Τὸ ἀποδιδόμενον ἀπὸ τὴν μηχανὴν ἔργον εἶναι πάντοτε, ἐξ αἰτίας τῶν διαφορῶν ἀπωλειῶν, αἱ ὁποῖαι συμβαίνουν κατὰ τὴν μετατροπὴν του, μικρότερον ἀπὸ τὸ προσφερόμενον εἰς τὴν μηχανήν.

Ἀπόδοσις ἡ μιᾶς ἀπλῆς μηχανῆς ὀνομάζεται ὁ λόγος τοῦ ἀποδιδόμενου ἀπὸ τὴν μηχανὴν ἔργου, πρὸς τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον προσφέρεται εἰς τὴν μηχανήν.

Ἡ ἀπόδοσις ἐκφράζεται μὲ δεκαδικὸν κλάσμα, ἢ ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν (%), ὅποτε εἶναι ἀριθμὸς ὁ ὁποῖος περιλαμβάνεται μεταξὺ 0 καὶ 100.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Εἰς τὴν ἰδανικὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν μίᾳ ἀπλῆ μηχανῇ λειτουργεῖ χωρὶς τριβάς, τὸ ἔργον τῆς κινητήριου δυνάμεως (κινητήριον ἔργον) καὶ τὸ ἔργον τῆς ἀνθισταμένης δυνάμεως (ἀνθιστάμενον ἔργον) εἶναι ἴσα. Αὐτὸ ἀκριβῶς ἐννοοῦμεν λέγοντες ὅτι ἔχομεν διατήρησιν τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας.

2. Ἐξ αἰτίας τῶν τριβῶν, κυρίως, τὸ προσφερόμενον εἰς μίαν μηχανὴν ἔργον, δὲν εἶναι ἴσον μὲ τὸ ὠφέλιμον ἔργον, τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἡ μηχανή.

3. Ὁ λόγος τοῦ ἀποδιδόμενου ἀπὸ τὴν μηχανὴν ἔργου, πρὸς τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον προσφέρεται εἰς αὐτήν, ἐκφράζει τὴν ἀπόδοσίν της.

4. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς μηχανῆς εἶναι πάντοτε μικρότερα τῆς

μονάδος, ὅσον δὲ περισσότερον πλησιάζει πρὸς τὴν μονάδα, τόσοσιν οἰκονομικωτέρα εἶναι ἡ μηχανή.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

68. Ἐνα κεκλιμένον ἐπίπεδον AB ἔχει μήκος 6 m , ἡ δὲ ὕψομετρικὴ διαφορὰ τῶν A καὶ B εἶναι 2 m . Ἐνα σῶμα βάρους 150 kp ἀνυψώνεται ἀπὸ τὸ σημεῖον A εἰς τὸ B καὶ πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν καταβάλλομεν σταθερὰν δύναμιν, παράλληλον πρὸς τὸ κεκλιμένον ἐπίπεδον καὶ μέτρον 60 kp . Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ κινητήριον καὶ τὸ ἀνθιστάμενον ἔργον, ὅπως ἐπίσης καὶ ἡ ἀπόδοσις τοῦ κεκλιμένου ἐπιπέδου. (Ἐ.Α.π. 360 kp , 300 kp , $\eta=0,83$.)

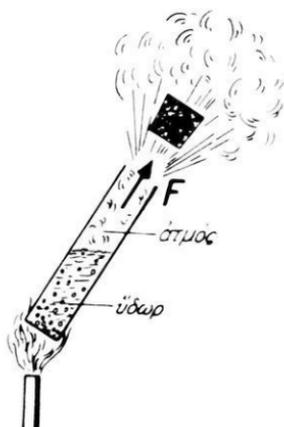
69. Ἐνα πολὺσπαστον (σύστημα τροχαλιῶν ἀπὸ τὰς ὁποίας διέρχεται ἓνα κοινὸν σχοινίον) χρησιμοποιεῖται διὰ τὴν ἀνύψωσιν σώματος βάρους 180 kp . Εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον τοῦ σχοινίου ἀσκοῦμεν μίαν κινητήριον δύναμιν μέτρον 36 kp . Τὸ σῶμα ἀνῆλθε κατὰ $1,2\text{ m}$ ὅταν ἡμεῖς ἐσύραμε $7,2\text{ m}$ σχοινίου. α) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς ἀνθισταμένης δυνάμεως. β) Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον τῆς κινητηρίου δυνάμεως. Διὰ τὴν τὰ δύο αὐτὰ ἔργα εἶναι διαφορετικά; γ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀπλῆς μηχανῆς. (Ἐ.Α.π. α' $259,2\text{ kpm}$. β' 216 kpm . γ' $\eta=0,83$.)

ΙΓ'.— ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΕΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΝ. ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗ

§ 66. Ἡ θερμότης μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον. Εἶδομεν εἰς ἓνα ἀπὸ τὰ προηγούμενα κεφάλαια, κατὰ ποῖον τρόπον ἡ μηχανικὴ ἐνέργεια δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν. Εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτὸ θὰ ἐξετάσωμεν τὸ ἀντίστροφον φαινόμενον. Δηλαδή πῶς ἡ θερμικὴ ἐνέργεια εἶναι δυνατὸν νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Πείραμα 1. Θερμαίνομεν ἓνα πωματισμένον μεταλλικὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον περιέχει ὀλίγον ὕδωρ καὶ τὸ πῶμα τοῦ ὁποίου ἔχομεν λιπάνει ἐλαφρῶς, διὰ νὰ ὀλισθαίνῃ με εὐκολίαν (σχ. 61). Παρατηροῦμεν ὅτι, μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα, τὸ πῶμα ἐκτινάσσεται ὀρμητικῶς, ἐνῶ συγχρόνως διαφεύγει ἀπὸ τὸν σωλῆνα μία ποσότης ἀτμοῦ.

Ἡ ἐκτόξευσις αὐτὴ ὀφείλεται εἰς τὴν πιέζουσαν δύναμιν F , ἡ ὁποία ἀσκεῖται ἀπὸ τὸν ἀτμὸν ἐπὶ τοῦ πώματος καὶ ἡ ὁποία παρήγαγεν οὕτως ἓνα ὀρισμένον μηχανικὸν ἔργον.

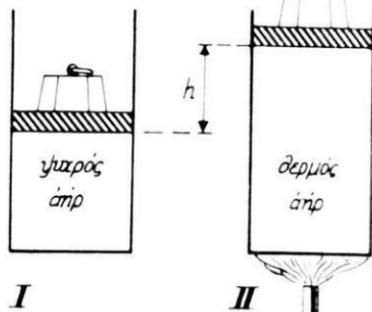


Σχ. 61. Μετατροπή της θερμότητας εις μηχανικόν ἔργον. Οἱ θερμοὶ ὑδατικοὶ ἄσκοι πιεζούσας δυνάμεις εἰς τὸ πῦμα καὶ τὸ ἐκτινάσσουσιν βιαίως.

θερμότητος, ἢ ὅποια ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν ἐστίαν εἰς τὸν περιορισμένον μέσα εἰς τὸν κύλινδρον ἀέρα.

Ἐπ' αὐτῆς τῆς ἀρχῆς βασίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν ἐκρήξεως.

Ἡ καύσις, συνήθως ἀτμῶν βενζίνης, μέσα εἰς τὸν κύλινδρον, ἀποδίδει θερμότητα, ἢ ὅποια παράγει τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν κίνησιν τοῦ ἐμβόλου ἔργον.



Σχ. 62. Αἱ πιέζουσαι δυνάμεις τοῦ θερμοῦ ἀέρος παράγουσιν μηχανικόν ἔργον καὶ ἀνυψῶσιν τὸ ἐμβόλον μετ' ὅσον.

Ἄκριβῶς τὸ ἴδιον φαινόμενον συμβαίνει καὶ εἰς μίαν ἀτμομηχανήν. Τὸ ὕδωρ ἀτμοποιεῖται μέσα εἰς ἓνα λέβητα, χάρις εἰς τὴν θερμότητα τὴν ὅποیان παρέχει μία ἐστία. Ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἐμβόλον τῆς μηχανῆς καὶ οὕτω παράγεται ὠρισμένον ἔργον.

Ἄκριβεις μετρήσεις ἔδειξαν ὅτι ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, ἢ ὅποια παρέχεται ἀπὸ τὸ καύσιμον, μετατρέπεται εἰς ἔργον.

Πείραμα 2. Ἐνας κατακόρυφος κύλινδρος περιέχει ἀέρα, ὁ ὁποῖος συμπιέζεται ἀπὸ ἓνα βάρος, τοποθετημένον ἐπάνω εἰς ἓνα ἐμβόλον. Ἐάν θερμάνωμεν τὸν ἀέρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ ἐμβόλον καὶ τὸ βάρος, ὑψώνονται κατὰ ἓνα ὕψος h (σχ. 62). Δηλαδή αἱ πιέζουσαι δυνάμεις, αἱ ὅποια ἄσκεινται ἀπὸ τὸν ἀέρα ἐπὶ τοῦ ἐμβόλου, παράγουσιν μηχανικόν ἔργον. Αὐτὸ τὸ ἔργον παράγεται ἐξ αἰτίας τῆς

θερμότητος, ἢ ὅποια ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν ἐστίαν εἰς τὸν περιορισμένον μέσα εἰς τὸν κύλινδρον ἀέρα.

Ἐπ' αὐτῆς τῆς ἀρχῆς βασίζεται καὶ ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν ἐκρήξεως.

Ἡ καύσις, συνήθως ἀτμῶν βενζίνης, μέσα εἰς τὸν κύλινδρον, ἀποδίδει θερμότητα, ἢ ὅποια παράγει τὸ ἀπαιτούμενον διὰ τὴν κίνησιν τοῦ ἐμβόλου ἔργον.

Ἡ ἀτμομηχανὴ καὶ ἡ μηχανὴ ἐκρήξεως (ἢ μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως) ὀνομάζονται θερμικαὶ μηχαναὶ ἢ θερμοὶ κινητήρες, ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ὡς πηγὴν ἐνεργείας χρησιμοποιοῦν τὴν θερμότητα.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω παραδειγμάτων συμπεραίνομεν ὅτι :

Ἡ θερμότης δύναται νὰ μετατραπῇ εἰς μηχανικόν ἔργον.

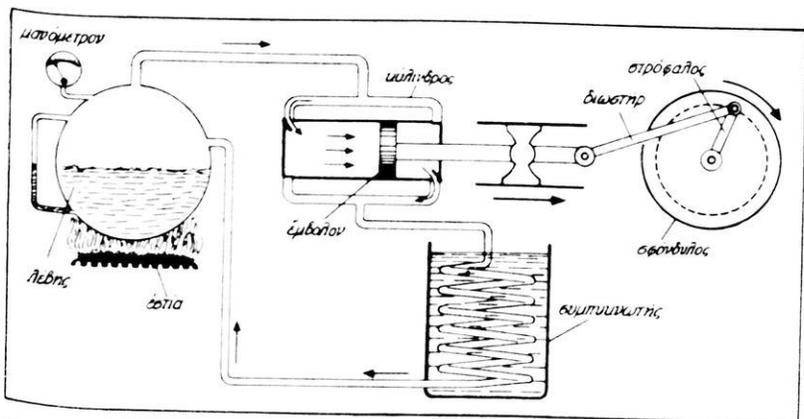
§ 67. Ἀτμομηχανή. Ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, ἡ ἀτμομηχανὴ εἶναι μία θερμικὴ μηχανή, ἡ ὁποία μετατρέπει εἰς ἔργον ἓνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον προσλαμβάνει ἀπὸ τοῦ ὕδωρ, τὸ περιεχόμενον ἐντὸς λέβητος (καζάνι).

Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας καὶ περιγραφή. Τὸ πείραμα, μὲ τὸ μεταλλικὸν δοχεῖον τὸ περιέχον ὕδωρ, τὸ ὁποῖον ἀφοῦ ἐθερμάνθη ἐξετίναξε τὸ πῶμα (βλ. σχ. 61), ἐξηγεῖ τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Δηλαδή :

Ἡ πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, ὁ ὁποῖος παράγεται ἀπὸ τὸ ὕδωρ, ἐντὸς ἐνὸς κλειστοῦ δοχείου, εἶναι ἰκανὴ νὰ μετατοπίσῃ ἓνα σῶμα.

Ὁ ἀτμὸς ὁ παραγόμενος ἐντὸς τοῦ λέβητος, ὀδηγεῖται εἰς τὸν κύλινδρον, εἰς τὸν ὁποῖον ὑπάρχει ἓνα κινητὸν ἔμβολον. Ὁ ἀτμὸς ὠθεῖ τὸ ἔμβολον αὐτό, τὸ ὁποῖον κινεῖται παλινδρομικῶς μέσα εἰς τὸν κύλινδρον. Αὐτὴ ἡ ἀδιάκοπος παλινδρόμησις τοῦ ἔμβολου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς μηχανικῆς διατάξεως ἢ ὁποία ὀνομάζεται σύστημα διωστήρος - στροφάλου (σχ. 63).

Ἡ ἀτμομηχανὴ χαρακτηρίζεται ὡς ἀτμομηχανὴ διπλῆς ἐνεργείας, ὅταν ὁ ἀτμὸς ἐπιδρᾷ ἀλληλοδιαδόχως εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς ὀψεις τοῦ



Σχ. 63. Τομὴ ἀτμομηχανῆς. Φαίνεται ὁ λέβης, ὁ κύλινδρος, ὁ συμπυκνωτής καὶ τὸ σύστημα διωστήρος-στροφάλου διὰ τὴν μετατροπὴν μιᾶς παλινδρομικῆς κινήσεως εἰς περιστροφικὴν.

εμβόλου. Ο ατμός αφού χρησιμοποιηθῆ εἰς τὸν κύλινδρον, διαφεύγει εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν ἢ ὀδηγεῖται εἰς ἕναν συμπακνωτήν, ἀπὸ ὅπου ἐπαναφέρεται εἰς τὸν λέβητα.

Ἡ ἀνακάλυψις τῆς ἀτμομηχανῆς ὑπῆρξεν ἀφετηρία τῆς κατασκευῆς τῶν σιδηροδρόμων, καθὼς καὶ τῆς μηχανοποιήσεως τῶν διαφορῶν ἐργασιῶν.

§ 68. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς. Ἡ ἰσχὺς μιᾶς ἀτμομηχανῆς, τὸ ἔργον δηλαδὴ τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἀνά δευτερόλεπτον, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον παράγεται εἰς μίαν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου καὶ ἀπὸ τὸ πλῆθος τῶν διαδρομῶν αὐτῶν εἰς ἕκαστον δευτερόλεπτον.

Ἡ ἰσχὺς τῶν συγχρόνων μηχανῶν κυμαίνεται μεταξύ 4 000 ἵππων καὶ 6 000 ἵππων.

Διὰ νὰ λειτουργήσῃ μία ἀτμομηχανὴ ἰσχύος ἔστω 4 000 Ch, πρέπει νὰ ἀποδῶν ἢ ἔστιν τῆς 7 000 kcal/sec, κατὰ μέσον ὄρον.

Ὅπως μᾶς εἶναι γνωστὸν, τὸ μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος εἶναι 4,18 Joule. Τὸ προσφερόμενον ἐπομένως ἀπὸ τὴν ἔστιαν ὑπὸ μορφὴν θερμότητος ἔργον ἀνά δευτερόλεπτον εἶναι :

$$A' = 4,18 \cdot 7\,000 \cdot 1\,000 \text{ Joule} = 29\,260\,000 \text{ Joule}.$$

Τὸ ἀποδιδόμενον ἀπὸ τὴν ἀτμομηχανὴν ἔργον ἀνά δευτερόλεπτον εἶναι :

$$A = 75 \cdot 4\,000 \cdot 9,81 \text{ Joule} = 2\,943\,000 \text{ Joule}.$$

Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω παράδειγμα κατανοοῦμεν ὅτι σημαντικὸν στοιχεῖον διὰ τὴν ἀξιολόγησιν μιᾶς ἀτμομηχανῆς δὲν εἶναι μόνον ἡ ἰσχὺς ἀλλὰ καὶ ἡ ἀπόδοσις τῆς.

Ἀπόδοσις ἡ μιᾶς ἀτμομηχανῆς ὀνομάζεται ὁ λόγος τοῦ ἔργου, τὸ ὁποῖον παράγει ἡ μηχανὴ ἐντὸς ὀρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἔργον τὸ ἰσοδύναμον πρὸς τὴν θερμότητα, ἢ ὁποία προσφέρεται ὑπὸ τῆς ἔστιας κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις ἡ τῆς ἀτμομηχανῆς τοῦ παραδείγματος μᾶς θὰ εἶναι ἐπομένως:

$$\eta = \frac{2\,943\,000 \text{ J}}{29\,260\,000 \text{ J}} = 0,1 \text{ περίπου, δηλαδὴ } 10\%.$$

Ὅπως παρατηροῦμεν, ἡ ἀπόδοσις τῆς ἀτμομηχανῆς τὴν ὁποίαν περιεγράψαμεν εἶναι πολὺ μικρά, συγκεκριμένως τῆς τάξεως τῶν 0,10. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἕνα μικρὸν μόνον ποσοστὸν τῆς θερμότητος, ἢ ὁποία παράγεται ἀπὸ τὴν ἔστιαν, μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον. Τὸ μεγαλύτερον μέρος αὐτῆς τῆς θερμότητος χάνεται, εἴτε δι' ἀκτινοβολίας, εἴτε μὲ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως, εἴτε μὲ τὸν ατμὸν ὁ ὁποῖος διαφεύγει ἀπὸ τὸν κύλινδρον.

Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς βελτιώνεται μὲ καταλλήλους τροποποιήσεις καὶ διατάξεις. Οὕτω, διακόπτομεν τὴν εἰσοδὸν τῶν ατμῶν εἰς τὸν κύλινδρον,

προτού τὸ ἔμβολον διατρέξῃ ὅλην τὴν διαδρομὴν του. Ὁ ἀτμὸς ὁ ὁποῖος ὑπάρχει τότε μέσα εἰς τὸν κύλινδρον συνεχίζει νὰ ὠθῆ τὸ ἔμβολον καὶ κατὰ τὸ ὑπόλοιπον τμήμα τῆς διαδρομῆς του. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, ὁ ὄγκος τοῦ ἀτμοῦ αὐξάνεται καὶ ἐπομένως ἐλαττοῦται ἡ πίεσις του. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἀτμὸς ἐξετονώθη.

Εἰς τὰς τελευταῖου τύπου ἀτμομηχανὰς ἐκτονώνομεν τὸν ἀτμὸν ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον. Ἡ ἰδία ποσότης τοῦ ἀτμοῦ ἐκτονοῦται εἰς πολλοὺς διαδοχικοὺς κύλινδρους μὲ συνεχῶς αὐξανόμενας διαμέτρους. Αἱ ἀτμομηχαναὶ αὗται ὀνομάζονται πολλαπλῆς ἐκτονώσεως.

Ἐπίσης ἀντὶ νὰ ἀφήσωμεν τὸν ἀτμὸν νὰ διαφύγῃ εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν, τὸν ὀδηγοῦμεν εἰς ἓνα συμπακνωτήν. Ὁ συμπακνωτὴς εἶναι ἓνα μεταλλικὸν δοχεῖον, χωρὶς ἀέρα, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον συμπακνοῦται καὶ ὑγροποιεῖται ὁ ἀτμὸς, εὐθὺς ὡς ἐξέλθῃ ἀπὸ τοὺς κύλινδρους. Ἡ θερμοκρασία του διατηρεῖται σταθερὰ εἰς τὴν περιοχὴν τῶν 40 °C. Ἡ πίεσις εἰς τὸν συμπακνωτήν θὰ εἶναι βεβαίως ἴση πρὸς τὴν τάσιν τῶν κεκορεσμένων ὑδρατμῶν εἰς αὐτὴν τὴν θερμοκρασίαν (0,1 κρηcm²). Εἶναι δηλαδὴ μικροτέρα ἀπὸ τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν. Τὸ ἔργον ἐπομένως, τὸ ὁποῖον παράγεται εἰς μίαν διαδρομὴν τοῦ ἐμβόλου θὰ εἶναι μεγαλύτερον, ἀπὸ τὸ ἔργον τὸ ὁποῖον θὰ παρήγετο, ἐάν οἱ ἀτμοὶ διωχτεῦντο εἰς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα.

Ὁ συμπακνωτὴς ὅμως εἶναι βαρὺς καὶ ἀπαιτεῖ μεγάλην ποσότητα ὕδατος διὰ τὴν ψύξιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ κυριώτερος λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ ἀτμομηχαναὶ τῶν σιδηροδρομικῶν συρμῶν δὲν διαθέτουν συμπακνωτήν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Μία ἀτμομηχανὴ ἐπιτρέπει νὰ μετατρέψωμεν τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, ἢ ὁποία προσφέρεται ἀπὸ μίαν πηγὴν θερμότητος, εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἀτμομηχανὴ εἶναι συνεπῶς μία θερμικὴ μηχανή.

2. Ἡ ἀτμομηχανὴ περιλαμβάνει ἓνα λέβητα, ὁ ὁποῖος παρέχει εἰς ἓναν κύλινδρον ἀτμοὺς ὑπὸ πίεσιν. Ἡ πιέζουσα δύναμις τοῦ ἀτμοῦ ἐνεργεῖ διαδοχικῶς καὶ εἰς τὰς δύο συνήθως ὄψεις τοῦ ἐμβόλου, ἢ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ὁποίου μετατρέπεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν, μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς συστήματος διωστήρος - τροφάλου.

3. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς ὀρίζεται ὡς τὸ πηλίκον τοῦ ἔργου τὸ ὁποῖον ἀπέδωσεν ἡ ἀτμομηχανή, ἐντὸς ὀρισμένου χρονικοῦ διαστήματος, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον ἔργον τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἀπηλευθερώθη ἀπὸ τὴν ἐστίαν, κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

4. Ἡ ἀπόδοσις μιᾶς ἀτμομηχανῆς εἶναι μικρά. Κυμαίνεται περὶ τὸ 0,1 (ἢ 10%). Βελτιώνομεν τὴν ἀπόδοσιν, ἐὰν ἐκμεταλλευθῶμεν τὴν ἐκτόνωσιν τῶν ἀτμῶν καὶ χρησιμοποιήσωμεν συμπυκνωτήν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

70. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς ἔχει διατομὴν ἑμβαδοῦ 250 cm^2 . Ὁ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm^2 καὶ ἐξέρχεται ἀμέσως εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δύναμις ἢ ὁποία ὄθει τὸ ἔμβολον. Δίδεται ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις ἴση πρὸς 1 kp/cm^2 . (Ἀπ. 2 750 kp .)

71. Τὸ ἔμβολον μιᾶς ἀτμομηχανῆς διπλῆς ἐνεργείας, ἔχει διάμετρον 20 cm . Ὁ ἀτμὸς εἰσέρχεται εἰς τὸν κύλινδρον μὲ πίεσιν 12 kp/cm^2 . Ἀκολουθῶς διοχετεύεται εἰς ἕνα συμπυκνωτήν, ὅπου ἡ πίεσις εἶναι $0,2 \text{ kp/cm}^2$. Ἡ διαδρομὴ τοῦ ἔμβολου εἶναι 60 cm . Νὰ ὑπολογισθῇ τὸ ἔργον, τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ μίαν πλήρη διαδρομὴν ἀπὸ τὴν δύναμιν μὲ τὴν ὁποίαν ὁ ἀτμὸς ὄθει τὸ ἔμβολον. (Ἀπ. 4 446 $\text{kp}\cdot\text{m}$.)

72. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς κατασκευῆς τῶν θεμελίων μιᾶς γαφύρας ἐνὸς ποταμοῦ, διὰ τὰ ἐμπιξόμενα πασσάλους εἰς τὸν βυθὸν του, χρησιμοποιοῦμεν μίαν ἀτμοκίνητον σφῆραν. Αὕτη ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν βαρῖαν μάζαν βάρους 500 kp , ἢ ὁποία ἀνψοῦται ἀπὸ ἕνα κατακόρυφον ἔμβολον, τὸ ὁποῖον κινεῖται μέσα εἰς ἕναν κύλινδρον, ἑμβαδοῦ διατομῆς 150 cm^2 , καὶ πίπτει εὐθὺς ὡς ὁ ἀτμὸς διαφύγη εἰς τὴν ἀτμόσφαιραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλαχίστη πίεσις τοῦ ἀτμοῦ, διὰ τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ὑψωθῇ ἡ μάζα τῆς σφῆρας. (Ἀπ. 4,3 kp/cm^2 .)

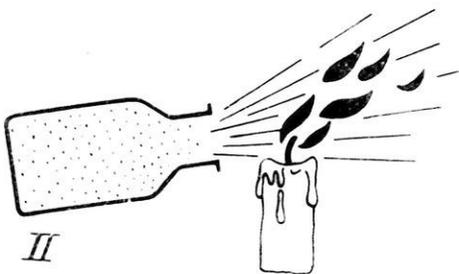
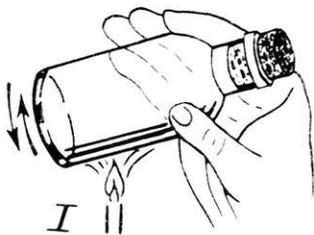
73. Ἡ ἰσχὺς ἢ ὁποία ἀποδίδεται ἀπὸ τὸν κινητήριον ἄξονα μιᾶς ἀτμομηχανῆς, εἶναι 96 Ch . Ἡ ἀτμομηχανὴ καταναλίσκει 76 kg καυσίμου ἀνὰ ὥραν. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς, ἐὰν γνωρίζωμεν ὅτι ἡ θερμότης καύσεως τοῦ ἀνθρακος εἶναι $7\,500 \text{ kcal/kg}$. (Ἀπ. $\eta = 11\%$.)

ΙΔ' — ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ

§ 69. Γενικότητες. Οἱ πρῶτοι κινητήρες ἐκρήξεως ἐχρησιμοποιήθησαν εἰς τὴν βιομηχανίαν ἀπὸ τὸ 1860. Ἡ συνεχῆς τελειοποίησις τῶν ἐπέτρεψεν εἰς τὸν ἄνθρωπον, ἐκτὸς πολλῶν ἄλλων ἐφαρμογῶν, τὴν κατασκευὴν τοῦ αὐτοκινήτου καὶ τὴν πραγματοποιήσιν τῶν ἀεροσυγκοινωνιῶν.

§ 70. Μηχαναὶ ἐκρήξεως. 1) Ἀρχὴ καὶ λειτουργία, α) Πείραμα. Εἰσάγομεν μερικὰς σταγόνας βενζίνης μέσα εἰς ἕνα φιαλίδιον, τὸ

πωματιζομεν και τὸ θερμαίνομεν ἑλαφρῶς ὥστε νὰ παραχθοῦν ἀτμοὶ βενζίνης (σχ. 64, I). Ἐκπωματιζομεν ἀκολούθως ταχέως τὸ φιαλίδιον και τὸ πλησιάζομεν εἰς μίαν φλόγα. Παράγεται τότε μία μικρὰ ἔκρηξις, ἡ ὁποία ὀφείλεται εἰς τὴν ταχυτάτην καύσιν τῆς βενζίνης (σχ.64, II).



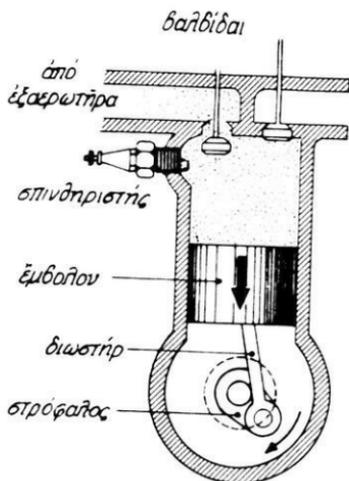
Εἰς τὸ πείραμα αὐτὸ παρατηροῦμεν ὅτι ἡ καύσις εἶναι σχεδὸν στιγμιαία και ὅτι ἡ θερμότης ἡ ὁποία παράγεται, ὑψώνει τὴν θερμοκρασίαν τῶν ἀερίων τῆς καύσεως. Ἐάν ἡ καύσις πραγματοποιηθῆται εἰς τὸ ἐσωτερικὸν ἑνὸς κλειστοῦ δοχείου, τὰ ἀέρια δύνανται νὰ ἀποκτήσουν πολὺ μεγάλην πίεσιν και νὰ κινήσουν ἕνα ἔμβολον. Αὐτὴ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῶν κινητῶν ἐκρήξεως. Δηλαδή :

Σχ. 64. Ἡ βενζίνη ἐξαερούται (I). Ἡ ταχέως καύσις τοῦ μείγματος τῶν ἀτμῶν τῆς βενζίνης και τοῦ ἀέρος προκαλεῖ ἔκρηξιν (II).

Εἰς ἕνα κινητῆρα ἐκρήξεως, ἕνα μέρος τῆς θερμότητος, τὸ ὁποῖον ἐλευθεροῦται ἀπὸ τὸ καυσίμον, μετατρέπεται εἰς μηχανικὸν ἔργον.

β) Περιγραφή τῆς μηχανῆς. Εἰς ἕνα κινητῆρα ἐκρήξεως, τὸ μείγμα τῶν ἀτμῶν τοῦ καυσίμου και τοῦ ἀέρος εἰσάγεται εἰς τὸν θάλαμον ἐκρήξεως, ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον τμήμα τοῦ κυλίνδρου (σχ. 65).

Ἡ ἀνάφλεξις τοῦ μείγματος αὐτοῦ γίνεται με ἕνα ἠλεκτρικὸν σπινθηριστῆν (μπουζί). Ἡ πίεσις τῶν ἀερίων, τὰ ὁποία παράγονται ἀπὸ τὴν καύσιν, ὠθεῖ τὸ ἔμβολον. Ἐνας διωστήρ συνδέει τὸν κύλινδρον με ἕνα στρόφαλον, ὁ ὁποῖος εἶναι στερεὰ συνδεδεμένος εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος και οὕτως ἡ παλινδρομικὴ κίνησις τοῦ ἐμβόλου μετατρέπεται εἰς κυκλικὴν κίνησιν. Ἡ εἰσοδος και ἡ ἔξοδος τῶν ἀε-



Σχ. 65. Τομή μηχανής ἐσωτερικῆς καύσεως.

μῆς του. Παρασυρόμενον ἀκολουθῶς ἀπὸ τὴν κίνησιν τοῦ ἄξονος κατέρχεται (σχ. 66, I). Ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς κλείει καὶ ἀνοίγει ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς, ὁπότε τὸ ἀέριον μίγμα εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον.

2ος χρόνος : Συμπίεσις. Εὐθὺς ὡς τὸ ἔμβολον κατέλθῃ εἰς τὸ κατώτερον ἄκρον τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβὶς εἰσαγωγῆς κλείει. Τὸ ἔμβολον παρασυρόμενον ἀνέρχεται καὶ συμπιέζει τὸ ἀέριον μίγμα (σχ. 66, II). Αὐτὸ θερμαίνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς συμπίεσεως, ὁ ὄγκος του ἐλαττοῦται καὶ τέλος γίνεται ἴσος μὲ τὸν ὄγκον τοῦ θαλάμου τῆς καύσεως.

3ος χρόνος : Ἐκρήξις καὶ ἐκτόνωσις. Ὁ σπινθηριστής λειτουργεῖ καὶ τὸ ἀέριον μίγμα ἀναφλέγεται καὶ ἐκρήγνυται. Τὰ ἀέρια τῆς καύσεως ἀποκτοῦν ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, ἐπειδὴ ὁμως αἱ δύο βαλβίδες παραμένουν κλεισταί, δὲν ἔχουν χωρὸν διαφυγῆς καὶ ἀποκτοῦν σχεδὸν ἀκαριαίως μεγάλην πίεσιν, ἐξ αἰτίας τῆς ὁποίας ὠθοῦν ἰσχυρῶς τὸ ἔμβολον πρὸς τὸ κατώτατον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του καὶ τοιουτοτρόπως τὰ ἀέρια ἐκτονοῦνται (σχ. 66, III). Ἡ φάσις αὕτη ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν ἀπόδοσιν ἔργου ἀπὸ τὴν μηχανήν.

ρίων πραγματοποιεῖται μὲ τὴν βοήθειαν δύο βαλβίδων, αἱ ὁποῖαι ἀνοίγουν αὐτομάτως. Ὁ ἐξαερωτήρ (καρμπυρατέρ) ἐξασφαλίζει τὴν ἐξαέρωσιν τοῦ καυσίμου καὶ τὴν ἀνάμειξιν του μὲ ἀέρα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, διὰ νὰ ἔχωμεν πλήρη καῦσιν.

2) Λειτουργία. Περιγραφή τοῦ τετραχρόνου κύκλου. Ἡ λειτουργία ἐνὸς κινητήρος ἐκρήξεως ὀλοκληροῦται εἰς τέσσαρας διαφορετικὰς φάσεις. Αὐτὸ ἀκριβῶς ἐκφράζομεν ὅταν λέγωμεν ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι τετράχρονος.

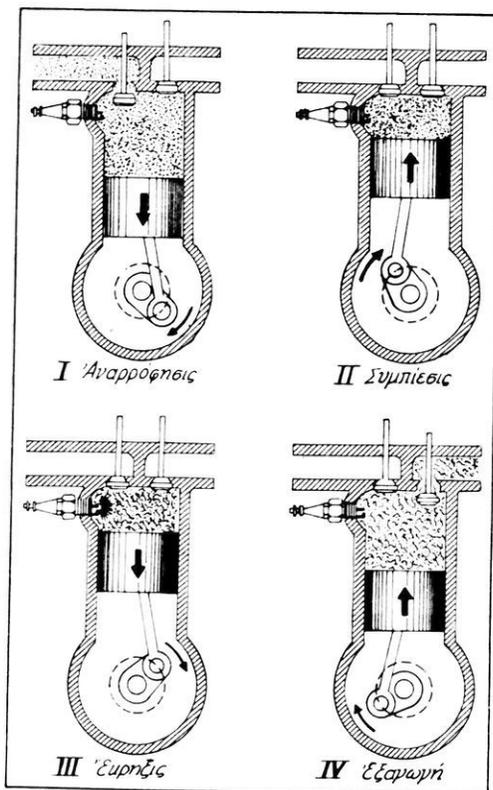
1ος χρόνος : Ἀναρρόφησις. Ὑποθέτομεν ὅτι ὁ κινητήρ λειτουργεῖ καὶ θεωροῦμεν ὅτι τὸ ἔμβολον εὐρίσκεται εἰς τὸ ἀνώτερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του.

4ος χρόνος : 'Εξαγωγή.

Ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς ἀνοίγει. Ἐξ αἰτίας τῆς ταχύτητος τὴν ὁποῖαν ἀπέκτησαν εἰς τὴν προηγουμένην φάσιν, τὸ ἔμβολον συνεχίζει τὴν κίνησίν του πρὸς τὰ ἄνω, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἐκδιώκῃ τὰ ἀέρια τῆς καύσεως (σχ. 66, IV). Ὅταν τὸ ἔμβολον φθάσῃ εἰς τὸ ὑψηλότερον σημεῖον τῆς διαδρομῆς του, ἡ βαλβὶς ἐξαγωγῆς κλείει καὶ αἱ ἴδιαι λειτουργίαι ἐπαναλαμβάνονται μὲ τὴν ἰδίαν ἀκολουθίαν.

Τὸ σύνολον τῶν τεσσάρων αὐτῶν χρόνων ἀποτελεῖ ἓνα κύκλον.

Κατὰ τὴν διάρκειαν ἐνὸς κύκλου τὸ ἔμβολον ἐκτελεῖ δύο παλινδρομήσεις καὶ κατὰ συνέπειαν ὁ ἄξων τοῦ κινητήρος ἐκτελεῖ δύο περιστροφάς. Παρατηροῦμεν ὅμως ὅτι τὸ ἔμβολον ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν πιεζουσῶν δυνάμεων μόνον κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ τρίτου χρόνου. Δηλαδή ὁ κύκλος περιλαμβάνει ἓνα μόνον κινητήριον χρόνον. Καὶ κατὰ τοὺς ἄλλους τρεῖς χρόνους, ὁ κινητὴρ συνεχίζει τὴν λειτουργίαν του, ἀποδίδων κινητικὴν ἐνέργειαν εἰς τὰ κινητὰ μέρη τῆς μηχανῆς, τῶν ὁποίων ἡ ταχύτης τείνει νὰ ἐλαττωθῇ. Διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τὴν ἀπότομον αὔξησιν τῆς ταχύτητος μετὰ ἀπὸ ἐκάστην ἔκρηξιν, συνδέομεν στερεῶς εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητήρος ἓνα σφόνδυλον. Ὁ σφόνδυλος εἶναι ἓνας βαρὺς μεταλλικὸς δίσκος ὁ ὁποῖος ἐξ αἰτίας τῆς ἀδρανείας του ρυθμίζει τὴν κίνησιν.



Σχ. 66. Αἱ τέσσαρες φάσεις τῆς λειτουργίας ἐνὸς τετραχρόνου κινητήρος.

Μέχρι στιγμής εξηγήσαμεν τὴν λειτουργίαν ἐνὸς κινητήρος, ὑποθέτοντες ὅτι εὐρίσκεται εἰς κίνησιν. Διὰ νὰ ἀρχίσῃ νὰ λειτουργῇ μία μηχανὴ ἢ ὅποια ἤρμεϊ, εἶναι ἀπαραίτητον νὰ εἰσαχθῇ μία «δόσις» ἀερίου μείγματος, ἢ ὅποια νὰ συμπιεσθῇ, ὥστε νὰ δημιουργηθῇ ἡ πρώτη ἐκρηξις. Αὐτὸ γίνεται συνήθως μὲ τὴν βοήθειαν μιᾶς ἠλεκτρικῆς διατάξεως, ἢ ὅποια ὀνομάζεται ἐκκινητής.

Οἱ κινητήρες τῶν αὐτοκινήτων ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τέσσαρας κυλίνδρους. Ὅταν ὁ πρῶτος κύλινδρος διαγράφῃ τὸν 1ον χρόνον τοῦ κύκλου, ὁ δεύτερος κύλινδρος διαγράφει τὸν 2ον χρόνον, ὁ τρίτος τὸν 3ον χρόνον καὶ ὁ τέταρτος τὸν 4ον χρόνον. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ὑπάρχει πάντοτε ἓνας κινητήριος χρόνος διὰ τὸ σύστημα τῶν τεσσάρων κυλίνδρων, οἱ ὅποιοι ἐργάζονται συγχρόνως. Τὰ διάφορα ἔμβολα συνδέονται εἰς τὸν ἴδιον ἄξονα, ὁ ὅποιος τοιουτοτρόπως κινεῖται κανονικώτερον. Εἰς τὰς περιπτώσεις τῶν κινητήρων αὐτῶν μειοῦται ἡ σημασία τῶν σφονδύλων.

Ἀπὸ ὅλα τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Ὁ κινητὴρ ἐκρήξεως μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν ἓνα μέρος τῆς θερμικῆς ἐνεργείας, ἢ ὅποια προέρχεται ἀπὸ τὴν καύσιν ἐνὸς μίγματος ἀερίου καυσίμου καὶ ἀέρος. Ὁ κινητὴρ ἐκρήξεως εἶναι συνεπῶς ἓνας θερμικὸς κινητὴρ ἐσωτερικῆς καύσεως.

§ 71. Ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἐκρήξεως. Ἡ ἀπόδοσις τῶν κινητήρων ἐκρήξεως ὀρίζεται ὅπως καὶ εἰς τὰς ἀτμομηχανάς. Εἶναι δηλαδὴ ὁ λόγος τοῦ ἔργου τὸ ὅποιον πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸν κινητῆρα εἰς ἓνα ὄρισμένον χρονικὸν διάστημα, πρὸς τὸ ἰσοδύναμον μηχανικὸν ἔργον τῆς θερμότητος, τὴν ὅποιαν ἀποδίδει τὸ καύσιμον κατὰ τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα.

Ἡ ἀπόδοσις ἐνὸς κινητήρος ἐκρήξεως κυμαίνεται γενικῶς μεταξὺ τῶν τιμῶν 0,25 καὶ 0,30, καὶ εἶναι ἐπομένως σημαντικῶς μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀπόδοσιν τῶν ἀτμομηχανῶν.

§ 72. Κινητήρες καύσεως. Κινητήρες Ντῆζελ. Οἱ κινητήρες καύσεως χρησιμοποιοῦν ὡς καύσιμα, ὑγρὰ ὀλιγώτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνη (δηλαδὴ ὑγρὰ τὰ ὅποια δὲν ἐξαεροῦνται τόσον εὐκόλως ὡς ἐκείνη), ὅπως εἶναι τὰ βαρῆα ἔλαια (δηλαδὴ μεγάλης πυκνότητος ἐν σχέσει πρὸς τὴν βενζίνη), προερχόμενα ἀπὸ τὴν ἀπόσταξιν τοῦ ἀκαθάρτου πετρελαίου. Ἡ λειτουργία τῶν κινητήρων καύσεως ἢ κινητήρων Ντῆζελ, διαφέρει αἰσθητῶς ἀπὸ τὴν λειτουργίαν τῶν κοινῶν κινητήρων ἐκρήξεως.

Μέσα εἰς τὸν κύλινδρον εἰσάγεται καθαρὸς ἀήρ. Τὸ ἔμβολον συμπιέζει ἰσχυρῶς τὸν ἀέρα αὐτὸν, μέχρις ὅτου ἀποκτήσῃ θερμοκρασίαν 550° C περίπου. Τότε ἀκριβῶς εἰσάγεται τὸ καύσιμον ὑπὸ μορφήν νέφους λεπτότατα καταμερισμένων σταγονιδίων καὶ ὑπὸ πίεσιν. Τὰ σταγονίδια τοῦ καυσίμου ἀναφλέγονται ἀφ' ἑαυτῶν (λόγω τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τοῦ ἀέρος, ὁ ὅποιος ὑπάρχει εἰς τὸν κύλινδρον) καὶ ἡ πίεσις τῶν ἀερίων τὰ ὅποια προκύπτουν ἀπὸ τὴν καύσιν ὤθει τὸ ἔμβολον βιαίως πρὸς τὰ κάτω.

Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τοὺς κινητήρας Ντῆζελ δὲν συμβαίνει ἐξαέρωσις καὶ

μίξις τοῦ καυσίμου μὲ τὸν ἀέρα, ὅπως εἰς τὰς μηχανὰς ἐκρήξεως. Συνεπῶς ἕνας κινητήρ Ντῆζελ δὲν περιλαμβάνει οὔτε ἐξαερωτῆρα (καρμπυρατέρ), οὔτε διάταξιν ἀναφλέξεως (μπουζί).

Ἡ ἀπόδοσις τοῦ δύναται νὰ φθάσῃ καὶ τὰ 40% (δηλαδή $\eta = 0,40$). Ὑπερτερεῖ συνεπῶς εἰς ἀπόδοσιν ἀπὸ ὅλας τὰς ἄλλας θερμικὰς μηχανὰς. Ἐξ ἄλλου ἐπειδὴ ὁ κινητήρ αὐτὸς καταναλίσκει καύσιμα πολὺ εὐθινοτέρα ἀπὸ τὰ καύσιμα τὰ ὁποῖα καταναλίσκουν ἄλλοι κινητήρες (ἀτμομηχαναί, βενζινοκινητήρες), ἡ χρῆσις τοῦ εἶναι πολὺ οἰκονομικῆ.

Εἰς τὰς νεωτέρας ναυπηγικὰς κατασκευὰς, ἀντικαθιστοῦν ὁλονὲν περισσότερον τὰς ἀτμομηχανὰς μὲ μεγάλους κινητήρας Ντῆζελ. Ἡ ἰσχὺς αὐτῶν τῶν κινητήρων δύναται νὰ φθάσῃ τοὺς 30 000 Ch. Πολυάριθμα φορτηγὰ καθὼς καὶ κοινὰ αὐτοκίνητα τουρισμοῦ κινουνται μὲ κινητήρας Ντῆζελ. Σήμερον πλέον καὶ οἱ σιδηροδρομικοὶ συρμοὶ κινουνται μὲ κινητήρας Ντῆζελ, ἡ χρῆσις τῶν ὁποίων συμπληρώνει τὰ κενὰ τῶν ἠλεκτρικῶν κινητήρων εἰς τὴν προσπάθειαν τοῦ ἀνθρώπου νὰ ὑπερνικήσῃ τὰς δυσκολίας τῶν μεταφορῶν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἐνα μείγμα ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου, ὑπὸ κατάλληλον ἀναλογία, δύναται νὰ ἀναφλεγῇ καὶ νὰ ὑποστῇ ἐκρήξιν, παράγον ἀέρια ὑψηλῆς θερμοκρασίας.

2. Ὁ κινητήρ ἐκρήξεως εἶναι κινητήρ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος μετατρέπει εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν, ἡ ὁποία προέρχεται ἀπὸ τὴν καύσιν ἐνὸς μείγματος ἀέρος καὶ ἀερίου καυσίμου. Τὸ ἀέριον καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον τοῦ κινητήρος, ὅπου μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς σπινθηριστοῦ ἀρχίζει ἡ καύσις τοῦ μείγματος.

3. Ὁ κινητήρ ἐκρήξεως τίθεται εἰς λειτουργίαν εἴτε μὲ τὴν χεῖρα (μανιβέλα), εἴτε μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ ἐκκινήτου.

4. Ἡ μηχανὴ Ντῆζελ εἶναι ἕνας κινητήρ ἐσωτερικῆς καύσεως, ὁ ὁποῖος χρησιμοποιεῖ ὑγρὰ καύσιμα ὀλιγώτερον πτητικὰ ἀπὸ τὴν βενζίνη. Τὸ καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον ὑπὸ μορφὴν νέφους σταγονιδίων καὶ ἀναφλέγεται προοδευτικῶς ἀφ' ἑαυτοῦ.

5. Ἡ βασικὴ τεχνικὴ διαφορὰ μεταξὺ τῶν κινητήρων ἐκρήξεως καὶ τῶν κινητήρων καύσεως (Ντῆζελ) εἶναι ὅτι : Εἰς μὲν τοὺς κινητήρας ἐκρήξεως τὸ ὑγρὸν καύσιμον (βενζίνη) εἰσάγεται

εις τὸν κύλινδρον εἰς ἀέριον κατάστασιν καὶ ἀποτελεῖ μείγμα μετὰ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, εἰς δὲ τοὺς κινητήρας Ντιζελ τὸ ὑγρὸν καύσιμον εἰσάγεται εἰς τὸν κύλινδρον εἰς ὑγρὰν κατάστασιν, ὑπὸ μορφὴν νέφους σταγονιδίων, λεπτότατα καταμερισμένων.

6. Οἱ κινητήρες ἐκρήξεως καὶ καύσεως, ἔχουν τὴν κοινὴν ὀνομασίαν κινητήρες ἐσωτερικῆς καύσεως, ἐπειδὴ ἡ καύσις τοῦ καυσίμου μείγματος, ἡ ὁποία θὰ προσφέρῃ τὴν ἀπαραίτητον ποσότητα θερμότητος, γίνεται μέσα εἰς τὴν μηχανήν, ἐνῶ ἀντιθέτως εἰς τὰς ἀτμομηχανὰς ἡ θερμότης προσφέρεται ἐκ τῶν ἔξω (ἔστια) εἰς τὸν λέβητα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

74. Ἐνας κινητὴρ ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 Ch, καταναλίσκει κατὰ μέσον ὄρον, 220 gr. βενζίνης εἰς μίαν ὥραν. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς. Δίδεται ἡ θερμομηχανικὴ ἰσχύς τῆς βενζίνης ὅτι εἶναι ἰση πρὸς 11 000 kcal/kg.

(Ἐ.Α. $\eta = 0,26$.)

75. Μία μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως λειτουργεῖ μετὰ βενζίνην καὶ καταναλίσκει 8 λίτρα βενζίνης ἀνά ὥραν. Ἐὰν ἡ βενζινομηχανὴ ἔχει ἰσχύον 14 Ch, νὰ εὐρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς μηχανῆς. Δίδεται ἡ θερμότης καύσεως τῆς βενζίνης : 8 000 kcal/l.

(Ἐ.Α. 14% περίπου.)

76. Ἐνας βενζινοκινητὴρ ἔχει ἰσχύον 300 Ch καὶ καταναλίσκει 70 kg βενζίνης ἀνά ὥραν. Ἐὰν ἡ θερμότης καύσεως τῆς βενζίνης εἶναι 11 000 kcal/kg, νὰ εὐρεθῇ ὁ συντελεστὴς ἀποδόσεως τῆς μηχανῆς.

(Ἐ.Α. 0,24.)

77. Ἐνας κινητὴρ ἐκρήξεως, ἰσχύος 1 000 Ch, χρησιμοποιεῖ ὡς καύσιμον βενζίνην, τῆς ὁποίας ἡ θερμότης καύσεως εἶναι 10 000 kcal/kg. Ἐὰν ὁ κινητὴρ ἔχῃ ἀπόδοσιν 30%, νὰ εὐρεθῇ ἡ ὠριαία κατανάλωσις εἰς βενζίνην.

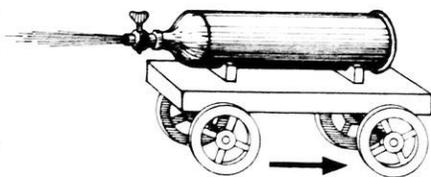
(Ἐ.Α. 210 kg/h.)

ΙΕ' — ΠΥΡΑΥΛΟΙ

§ 73. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Οἱ πυραυλοὶ ἀποτελοῦν ἐφαρμογὴν τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως. Θὰ ἐξετάσωμεν πρῶτον τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας αὐτῶν τῶν κινητήρων.

Πείραμα. Ἐπὶ ἐνὸς ἀμαξίου ὑπάρχει ἓνα χαλύβδινον δοχεῖον πλῆρες ἀερίου ὑπὸ μεγάλῃν πίεσιν (σχ. 67). Εὐθύς ὡς ἀνοίξωμεν τὴν στρόφιγγα τοῦ δοχείου, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἐκρέει ὀρμητικῶς

ἀέριον, ἐνῶ συγχρόνως τὸ ἀμάξιον μὲ τὸ δοχεῖον κινεῖται κατὰ τὴν ἀντίθετον φορὰν τῆς ἐκροῆς τοῦ ἀερίου. Τοῦτο συμβαίνει διότι τὸ περιορισμένον ἀέριον ἄσκει εἰς τὰ ἐσωτερικὰ τοιχώματα τοῦ δοχείου δυνάμεις, αἱ ὁποῖαι ἰσορροποῦν μεταξὺ των, ὅταν τὸ δοχεῖον εἶναι κλειστόν. Εὐθὺς ὡς ἀνοίξωμεν ὁμως τὴν στρόφιγγα, ἡ δύναμις ἡ ὁποία ἐνῆργει εἰς τὸ ἀνοικτὸν πλέον σημεῖον τοῦ δοχείου παύει νὰ ὑπάρχη. Κατὰ συνέπειαν δὲν ἰσορροπεῖται πλέον, ἢ κατὰ μέτρον ἴση ἀλλὰ ἀντιθέτου φορᾶς δύναμις, ἡ ὁποία ἄσκειται εἰς τὸ ἀκριβῶς ἀπέναντι τμήμα τοῦ τοιχώματος τοῦ δοχείου.



Σχ. 67. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως. Τὸ ἀμάξιον κινεῖται μὲ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν ἐξόδου τῶν ἀερίων.

Αὐτὴ ἡ δύναμις, ἡ ὁποία ἔπαυσε νὰ ἰσορροπῆται, παρασύρει τὸ σύστημα ἀμαξίου - δοχείου εἰς κίνησιν ἀντιθέτου φορᾶς πρὸς τὴν φορὰν ἐκροῆς τοῦ ἀερίου.

Αὐτὴ εἶναι ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν ἀντιδράσεως.

§ 74. Πύραυλοι. Ὁ κινητὴρ ἀντιδράσεως εἶναι ὁ πλέον ἀπλοῦς καὶ ὁ παλαιότερος πύραυλος. Ὅλοι γνωρίζομεν τὰ πυροτεχνήματα. Ἡ κόνις τὴν ὁποίαν περιέχουν ἀποτελεῖ ἓνα μείγμα ἀπὸ καύσιμα καὶ μίαν ἄλλην ὕλην, ἡ ὁποία ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῆς θερμότητος, τῆς ἀναπτυσσομένης κατὰ τὴν καύσιν, ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὀξυγόνον ἢ εὐφλεκτον ὑλικόν. Τὸ καύσιμον καὶ τὸ εὐφλεκτον ὑλικόν ἀντιδρῶν εἰς τὸν θάλαμον τῆς καύσεως καὶ παράγουν μίαν ὀρισμένην ποσότητα ἀερίου. Τὸ ἀέριον ἀποκτᾷ μεγάλην θερμοκρασίαν καὶ ἐκτονοῦται βιαίως. Ὡς συνέπειαν αὐτῆς τῆς λειτουργίας ἔχομεν τὴν κίνησιν τοῦ πυροτεχνήματος πρὸς τὴν ἀντίθετον φορὰν τῆς πορείας τῶν ἐκτονουμένων ἀερίων.

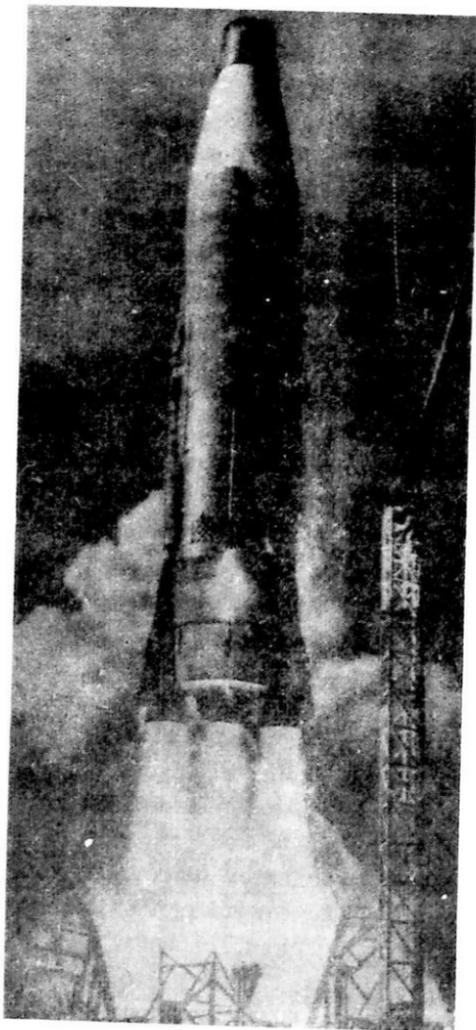
Οἱ πύραυλοι (σχ. 68) χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν μεταφορὰν ἀντικειμένων εἰς μεγάλην ἀπόστασιν, ἢ εἰς μέγα ὕψος. Μεταφέρουν καύσιμα καὶ εὐφλεκτον ὑλικόν. Ἡ προώθησις των δύναται νὰ συνεχισθῇ καὶ ἐκτὸς τῆς γῆϊνης ἀτμοσφαιρας, γεγονός τὸ ὁποῖον δίδει τὴν δυνατότητα εἰς τὸν πύραυλον νὰ ἀποκτήσῃ μεγάλην ταχύτητα.

Όταν τὰ καύσιμα καὶ ἡ εὐφλεκτος ὕλη ἐξαντληθοῦν, ὁ πύραυλος ἐξακολουθεῖ νὰ κινῆται καὶ δύναται νὰ δια-
 νύσῃ μεγάλας ἀποστάσεις, ἐξ
 αἰτίας τῆς κινητικῆς ἐνερ-
 γείας, τὴν ὁποίαν ἔχει ἤδη
 ἀποκτήσει. Βλήματα, τὰ ὁ-
 ποῖα προωθοῦνται ἀπὸ πυ-
 ραύλους, δύναται νὰ πέσουν
 ἐπὶ τοῦ ἐδάφους εἰς ἀπόστα-
 σιν πολλῶν χιλιάδων χιλιο-
 μέτρων ἀπὸ τὴν θέσιν βολῆς.

Ὁ πύραυλος χρησιμο-
 ποιεῖται σήμερον εὐρύτατα
 εἰς τὰς διαστημικὰς ἐρεῦνας.
 Διὰ νὰ τεθῆ ἕνας τεχνητὸς
 δορυφόρος ἢ ἕνα διαστημό-
 πλοιο εἰς τροχίαν, χρησι-
 μοποιοῦνται πύραυλοι, διότι
 μόνον αὐτοὶ ἔχουν τὴν δυνα-
 τότητα νὰ ἀποκτήσουν ταχύ-
 τητα μεγαλυτέραν τῆς ταχύ-
 τητος διαφυγῆς. Πολλὰ σύγ-
 χρονα ἀεροπλάνα φέρουν πυ-
 ραύλους, τοὺς ὁποίους χρη-
 σιμοποιοῦν διὰ περιορισμέ-
 νον χρονικὸν διάστημα, εἰδι-
 κῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς
 ἀπογειώσεως.

§ 75. Στροβιλοκινητῆρες ἀντιδράσεως. Ἄλλοι κινητῆ-
 ρες ἀντιδράσεως εἶναι οἱ διαφο-
 ρων τύπων προωστικοὶ κινητῆρες
 τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων.

Θὰ περιγράψωμεν ἀπὸ αὐτοὺς



Σχ. 68. Κατακόρυφος ἐκτόξευσις πυρα-
 ύλου. Τὸ μήκος του εἶναι 24 m, ἡ ὅλική
 του μᾶζα 110 000 kg ἐκ τῶν ὁποίων 100 000
 kg καυσίμων. Τὰ ἀέρια προϊόντα τῆς καύ-
 σεως ἐκτινάσσονται μὲ ταχύτητα τῆς τά-
 ξεως τῶν 2 500 m/sec. Ἡ προωστικὴ του
 δύναμις εἶναι 170 000 kp περίπου.

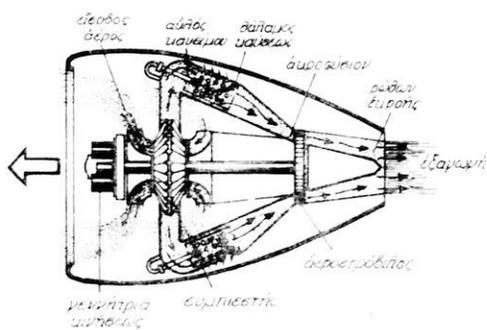
Ένα ευρύτατα χρησιμοποιούμενον εις την πολιτικήν αεροπορίαν κινητήρα, ο οποίος ονομάζεται εξ αιτίας της κατασκευής του **στροβιλοκινητήρ αντιδράσεως** (σχ. 69).

Εις τους στροβιλοκινητήρας τὸ καύσιμον εισέρχεται εις τὸν θάλαμον τῆς καύσεως ἀπὸ μίαν βαλβίδα καὶ ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, ὁ ὅποιος ἔχει εἰσαχθῆ ἔκει. Μετὰ τὴν καύσιν, τὰ καυσαέρια λόγῳ τῆς μεγάλης θερμοκρασίας τῶν ἀποκτοῦν μεγάλην πίεσιν, ἔκτονοῦνται μὲ

μεγάλην ταχύτητα καὶ διαφεύγουν ἀπὸ τὸ ὀπίσθιον μέρος τοῦ κινητήρος, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ προκαλοῦν κίνησιν τοῦ ἀεροπλάνου πρὸς τὴν ἀντίθετον κατεύθυνσιν.

Διὰ νὰ εἶναι ἡ καύσις πλέον ἐντονος πρέπει ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, ὁ ἐρχόμενος εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον, νὰ ἔχη συμπιεσθῆ. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ αἶρια τῆς καύσεως κατὰ τὴν ἐκτόνωσιν τῶν διεγείρουν ἓνα ἀεριοστρόβιλον, ὁ ὅποιος θέτει εἰς κίνησιν ἓνα συμπιεστήν. Ὁ συμπιεστής ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ ἐμπρόσθιον μέρος τοῦ κινητήρος μάζας ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρος καὶ τὰς συμπιέζει, ἀροτὸν τὰς φέρει εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸ καύσιμον.

Ἡ μεγάλη ὑπεροχὴ τῶν στροβιλοκινητήρων ἀντιδράσεως ἐναντι τῶν συνηθισμένων κινητήρων, ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι εἰς τοὺς στροβιλοκινητήρας ἀντιδράσεως τὰ κινούμενα μεταξὺ τῶν μέρη εἶναι πολὺ ὀλιγώτερα ἀπὸ ὅτι εἰς τοὺς κοι-



Σχ. 69. Κινητήρ ἀεριοθουμένου ἀεροπλάνου.



Σχ. 70. Ἀεριοθουμένου ἀεροπλάνου Μπόϊγκ 707-320 C μεταφορικῆς ἱκανότητος 150 ἐπιβατῶν. Ἐχει 4 μηχανάς. Προωστικὴ δύναμις ἑκάστου κινητήρος 8 150 κρ. Μεγίστη ταχύτης ἄνω τῶν 1 000 km/h. Ἄκτις δράσεως 9 600 km. Ὑψὸς πτήσεως 7 500 m ἕως 12 500 m.

νούς κινητήρας. Δι' αυτό και αι άπώλεια ενεργείας εξ αιτίας των τριβών περιορίζονται σημαντικώς με αποτέλεσμα να έχωμεν αύξησιν τής απόδοσεως.

Με στροβιλοκινητήρας άντιδράσεως είναι εφωδιασμένα τα γνωστά άεροσκάφη τύπου Μπόιγκ (σχ. 70), Καραβέλας (Caravelle), και άλλα.

Η πιέζουσα δύναμις των άερίων ενός άεροσκαφους τύπου Μπόιγκ φθάνει μέχρις 7 000 kp.

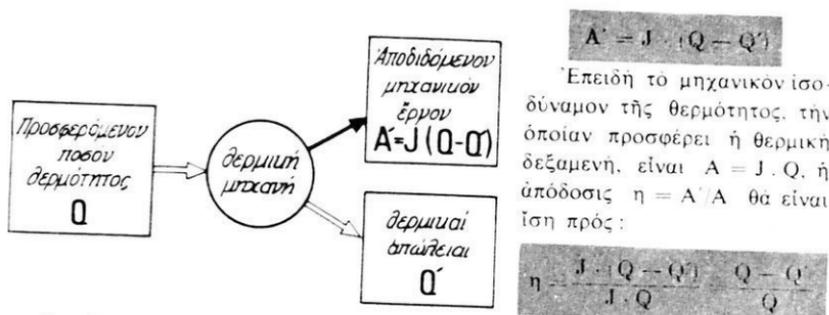
§ 76. Απόδοσις θερμομηχανής. Η απόδοσις των θερμικών μηχανών είναι μικρά. Είδομεν εις τα προηγούμενα κεφάλαια ότι η απόδοσις μιās άτμομηχανής είναι 10% περίπου, ή δε απόδοσις ενός κινητήρος εκρήξεως 30% περίπου.

Εκ πρώτης όψεως θα εκπλαγώμεν από την μικράν τιμήν τής απόδοσεως, ή οποία όμως εξηγείται άρκετά εύκολως.

Πράγματι εις μίαν άτμομηχανήν ο άτμός, ο όποιος άποχωρεί από τον κύλινδρον, έχει ύψηλήν θερμοκρασίαν και τοιουτοτρόπως μία μεγάλη ποσότης θερμότητος χάνεται εις το έξωτερικόν περιβάλλον. Το ίδιο συμβαίνει και με τας μηχανάς εκρήξεως. Πολλαι θερμιδες χάνονται με τα άέρια τής καύσεως, τα όποια εξέρχονται από τους κυλίνδρους εις την άτμόσφαιραν, ενώ ένα άλλο μέρος τής θερμότητος αποδίδεται εις το ψυγείον του κινητήρος και κατόπιν διασπείρεται εις τον περιβάλλοντα άέρα.

Εις όλους άνεξαίρετως τους θερμικούς κινητήρας ή θερμότης παρέχεται από μίαν θερμήν δεξαμενήν (λέβης, θάλαμος εκρήξεως). Έστω Q ή ποσότης τής θερμότητος, ή οποία προσφέρεται εις ένα ώρισμένον χρονικόν διάστημα. Μερους αυτής τής θερμότητος, έστω Q', αποδίδεται εις το έξωτερικόν περιβάλλον (ή εις τον συμπυκνωτήν προκειμένου περί άτμομηχανών), το όποιον ονομαζόμεν ψυχράν δεξαμενήν.

Η διαφορά Q - Q' είναι εκείνη ή οποία μετατρέπεται εις μηχανικόν έργον (σχ. 71). Το έργον αυτό A' θα είναι :



$$A' = J \cdot (Q - Q')$$

Επειδή το μηχανικόν ίσοδύναμον τής θερμότητος, την όποιαν προσφέρει ή θερμική δεξαμενή, είναι $A = J \cdot Q$, ή απόδοσις $\eta = A' / A$ θα είναι ίση προς :

$$\eta = \frac{J \cdot Q - (Q - Q')}{J \cdot Q} = \frac{Q - Q'}{Q}$$

Σχ. 71. Ένα μέρος του προσφερομένου ποσού θερμότητος χάνεται κατά την μετατροπήν τής θερμότητος εις μηχανικόν έργον.

Μεγίστη απόδοσις. Όσαι τελειοποιήσεις και άν γίνουιν εις την κατασκευήν των θερμικών μηχανών, είναι άδύ-

νατον να υπερβή ή απόδοσις ένα ώρισμένον όριον, τó όποιον όνομάζεται με-
γίστη απόδοσις.

Έάν θ_1 °C είναι ή θερμοκρασία τής θερμής δεξαμενής (τής πηγής δηλαδή ή
όποια τροφοδοτεί με θερμότητα τήν μηχανήν) και θ_2 °C ή θερμοκρασία τής ψυχράς
δεξαμενής, όπως αποδεικνύεται, ή μεγίστη απόδοσις $\eta_{μεγ}$ μιās θερμοκικής μηχανής
είναι ίση πρός :

$$\eta_{μεγ} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1 + 273}$$

Δηλαδή :

Όσον ύψηλότερα είναι ή θερμοκρασία τής θερμής δεξαμενής,
τόσον μεγαλύτερα είναι ή μεγίστη απόδοσις τής θερμοκικής μηχανής.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ένα ρευστόν, περιωρισμένον έντός ένός δοχείου, άσκει
εις τά τοιχώματα του δοχείου πιεζούσας δυνάμεις, αί όποία
ισορροπούνται μεταξύ των. Έάν όμως αφαιρεθή ένα τμήμα του
δοχείου, τότε ή πιέζουσα δύναμις, ή αντίθετος πρός αυτό τó
τμήμα, δέν ισορροπείται πλέον και τó δοχείον τείνει να κινηθή
με φοράν αντίθετον από εκείνην τής έκροής του ύγρου.

2. Όνομάζομεν κινητήρα αντίδράσεως, ένα κινητήρα ό
όποιος δημιουργεί τήν κίνησιν χωρίς μηχανικήν παρεμβολήν,
χρησιμοποιών τήν δύναμιν ή όποία αναπτύσσεται έξ αιτίας
τής αντίδράσεως. Η δύναμις αυτή δημιουργείται από τήν έκ-
τόνωσιν των αερίων τής καύσεως, τά όποία έκτοξεύονται με
μεγάλην ταχύτητα. Ο κινητήρ αντίδράσεως δέν περιλαμβάνει
ούτε διωστήρας, ούτε στροφάλους. Η ενέργεια ή όποία παρά-
γεται από τήν καύσιν χρησιμοποιείται άμέσως διά τήν προώθη-
σιν του όχήματος, τó όποιον είναι συνδεδεμένον με τόν κινη-
τήρα.

3. Ο πύραυλος περιέχει καύσιμον και εύφλεκτα ύλικά,
δύναται δέ να κινηθή και έκτός τής άτμοσφαιράς.

4. Η απόδοσις η μιās θερμομηχανής δίδεται από τήν σχέσηιν :

$$\eta = \frac{Q - Q'}{Q}$$

όπου Q ή ποσότης θερμότητος, ή όποία προσφέρεται έντός ένός ώρισμένου χρονικού διαστήματος εις τήν μηχανήν και Q' ή ποσότης θερμότητος ή όποία άπορροφείται έντός του άυτου χρονικού διαστήματος άπό τò περιβάλλον.

5. Η μέγιστη άπόδοσις $\eta_{μεγ}$ μιās θερμικής μηχανής δίδεται άπό τήν σχέσιν :

$$\eta_{μεγ} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1 + 273}$$

όπου θ_1 ή θερμοκρασία τής θερμής δεξαμενής και θ_2 ή θερμοκρασία τής ψυχρής δεξαμενής.

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ' — Ο Η Χ Ο Σ

§ 77. Εἶδη ἤχων. Ὁ ἄνθρωπος ἐπικοινωνεῖ μὲ τὴν Φύσιν χρησιμοποιοῦν τὰς αἰσθήσεις του, μεταξὺ τῶν ὁποίων περιλαμβάνεται καὶ ἡ ἀκοή. Αἰσθητήριον ὄργανον τῆς ἀκοῆς εἶναι τὸ οὖς (αὐτί), μὲ τὸ ὁποῖον ἀκούομεν τοὺς κωδωνισμούς, τὰ σαλπίσματα, τὰ μελωδικὰ ἄσματα, τοὺς κελαηδισμούς τῶν πτηνῶν, τὴν συναυλίαν μιᾶς ὀρχήστρας, τὰς φωνὰς τῶν συμμαθητῶν μας, τοὺς θορύβους ἑνὸς ἐργοστασίου κ.λπ. Ὅλα τὰ ἀνωτέρω εἶναι ἤχοι. Ὡστε :

Ἦχος εἶναι πᾶν ὄ,τι γίνεται ἀντιληπτὸν μὲ τὸ αἰσθητήριον ὄργανον τῆς ἀκοῆς.

Οἱ ἤχοι διακρίνονται συνήθως εἰς ἀπλοὺς ἤχους ἢ τόνους, εἰς συνθέτους ἤχους ἢ φθόγγους καὶ εἰς θορύβους ἢ κρότους.

Ὁ ἀπλοὺς ἤχος ἢ τόνος παράγεται ἀπὸ ὠρισμένα ἐργαστηριακὰ ὄργανα καὶ δὲν εἶναι οὔτε εὐχάριστος, οὔτε δυσάρεστος εἰς τὴν ἀκοήν.

Οἱ σύνθετοι ἤχοι ἢ φθόγγοι παράγονται ἀπὸ τὰ μουσικὰ ὄργανα καὶ τὴν ἀνθρωπίνην φωνήν, μᾶς προκαλοῦν δὲ εὐχάριστον συναίσθημα. Εἶναι μείγμα πολλῶν τόνων.

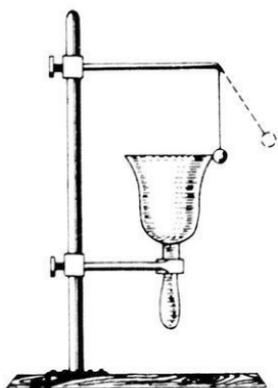
Ὁ θόρυβος παράγεται κατὰ τὴν συγκέντρωσιν πολλῶν ἀνθρώπων, κατὰ τὴν κίνησιν τῶν φύλλων ἑνὸς δένδρου, κατὰ τὸ σχίσιμον ἑνὸς τεμαχίου χάρτου κ.λπ.

Ὁ κρότος εἶναι δυνατὸς ἤχος, μικρᾶς χρονικῆς διαρκείας καὶ προκαλεῖ δυσάρεστον συναίσθημα.

§ 78. Παραγωγή τοῦ ἤχου. Πείραμα. Στερεῶνομεν τὸ ἓνα ἄκρον μιᾶς χαλυβδίνης ράβδου εἰς ἓνα μηχανικὸν συσφιγκτήρα (μέγγενη) (σχ. 72). Κατόπιν ἀπομακρύνομεν μὲ τὴν χεῖρα τὸ ἄλλον ἄκρον ἀπὸ τὴν θέσιν του καὶ τὸ ἀφήνομεν ἐλεύθερον. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ἡ ράβδος ἀρχίζει νὰ κινῆται περιοδικῶς περὶ τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν, ἢ, ὅπως λέγομεν, νὰ ἐκτελεῖ παλμικὰς κινήσεις, τὰς ὁποίας ὅμως δὲν δυνάμεθα νὰ παρακολουθήσωμεν μὲ τὸν ὀφθαλμόν, ἐπειδὴ ἐκτελοῦν-



Σχ. 72. Ἡ χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται καὶ παράγει ἤχον.



Σχ. 73. Αἱ παλμικαὶ κινήσεις τοῦ κώδωνα, ὁ ὁποῖος ἤχει, προκαλοῦν ἀναπήδησιν τοῦ σφαιριδίου τοῦ ἐκκρεμοῦς.

ται μετὰ μεγάλην ταχύτητα. Ἡ χαλυβδίνη ράβδος πάλλεται (δονεῖται), ἐνῶ συγχρόνως παράγει ἤχον.

Τὸ ἴδιον φαινόμενον εἶναι δυνατόν νὰ παρατηρήσωμεν καὶ εἰς μίαν καλῶς τεταμένην χορδὴν, ὅταν ἀπομακρύνωμεν μετὰ τὸ δάκτυλον τὸ μέσον τῆς καὶ κατόπιν τὸ ἀφήσωμεν ἐλεύθερον.

Ἄν ἐγγίσωμεν μετὰ τὴν χεῖρα τὴν παλλομένην χαλυβδίνην ράβδον ἢ τὴν παλλομένην χορδὴν, παύει ἡ παλμικὴ κίνησις καὶ σταματᾷ ὁ ἤχος. Ὡστε :

Οἱ ἤχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σώματα τὰ ὁποῖα πάλλονται ἀπὸ κάποιαν αἰτίαν.

Αἱ δονήσεις τῶν σωμάτων, τὰ ὁποῖα παράγουν ἤχους, δὲν εἶναι πάντοτε ὄραταί. Τὸ σχῆμα 73 ἐξηγεῖ τὸν τρόπον, μετὰ τὸν ὁποῖον δυνάμεθα νὰ ἀντιληφθῶμεν τὰς παλμικὰς κινήσεις ἑνὸς σώματος, τὸ ὁποῖον παράγει ἤχον. Ὅταν κτυπήσωμεν τὸν κώδωνα μετὰ μίαν σφύραν, τὸ σφαιρίδιον τοῦ ἐκκρεμοῦς, τὸ ὁποῖον ἐγγίζει εἰς τὸν κώδωνα, ἀρχίζει νὰ ἀναπηδᾷ εὐθὺς ὡς ἐγγίσωμεν ὁμοῦς τὴν χεῖρα εἰς τὸν κώδωνα, τὸ σφαιρίδιον ἀκίνηται, ἐπειδὴ παύουν αἱ δονήσεις.

§ 79. Διάδοσις τοῦ ἤχου. Ἥχητικά κύματα.

Διὰ νὰ προκαλέσωμεν ἐντύπωσιν εἰς τὸ οὖς αἱ ἤχητικά δονήσεις ἑνὸς σώματος πρέπει νὰ μεταφερθοῦν μέχρις αὐτό. Ἡ μεταφορὰ δύναται νὰ γίνῃ ἀπὸ ἕνα ἐλαστικὸν μέσον, (ὅπως π.χ. ὁ ἀήρ, τὸ ξύλον, τὸ ὕδωρ), τὸ ὁποῖον νὰ διεγείρεται εἰς παλμικὴν κίνησιν καὶ νὰ τὴν μεταδίδῃ ἀπὸ μορίου εἰς μόνιον.

Ἄς θεωρήσωμεν τὴν χαλυβδίνην ράβδον

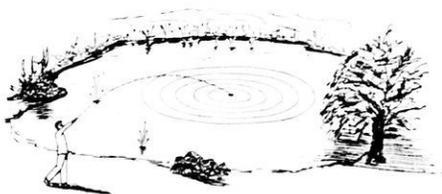
τοῦ προηγουμένου πειρά-
ματος. Αὕτη, καθὼς πάλ-
λεται, ὠθεῖ τὰ μόρια τοῦ
ἀέρος τὰ ὁποῖα εἶναι πλη-
σίον τῆς, προκαλοῦσα μὲ
αὐτὸν τὸν τρόπον ἄλλοτε
πύκνωσιν καὶ ἄλλοτε ἀ-
ραιώσιν τῶν μορίων τοῦ
ἀέρος. Καθὼς ὁμως τὰ γει-
τονικά πρὸς τὴν ράβδον
μόρια τοῦ ἀέρος πυκνώ-
νουν ἢ ἀραιώνουν, ὠθού-
μενα ἀπὸ τὴν ράβδον, ὠ-
θοῦν καὶ αὐτὰ ἐν συνεχείᾳ
τὰ γειτονικά των μόρια,
καὶ ἐκεῖνα πάλιν τὰ γειτο-
νικά των καὶ τοιουτοτρό-
πως ἡ δόνησις μεταδίδεται
εἰς τὸν χῶρον.

Τὸ ἴδιον συμβαίνει μὲ
τὴν διάδοσιν τῶν κυμά-
των τοῦ ὕδατος εἰς μίαν
ἤρεμον λίμνην, ὅταν ρί-
ψωμεν ἐντὸς αὐτῆς ἓνα
λίθον (σχ. 74).

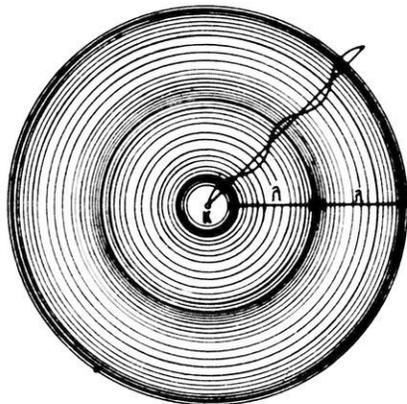
Μὲ τὸν ἴδιον τρόπον
γίνεται ἡ μετάδοσις τοῦ
ἤχου εἰς οἰονδήποτε στε-
ρεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον σῶμα.

Τὸ σῆμα 75 παριστᾷ τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα μεταδίδονται ὅπως τὰ κύματα εἰς τὸ ὕδωρ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὰ ὀνομάζομεν ἠχητικά κύματα. Ὡστε :

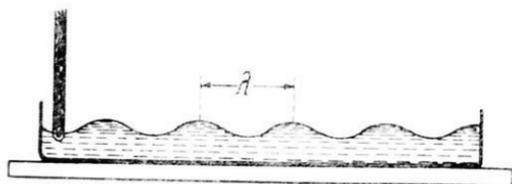
Τὰ ἠχητικά κύματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα μορίων τοῦ ἀέρος, ὅπως τὰ κύματα τοῦ ὕδατος ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑψώματα καὶ κοιλώματα.



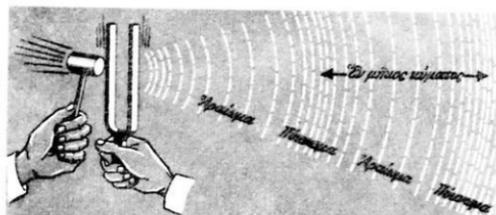
Σχ. 74. Ἡ πτώσις τοῦ λίθου, εἰς τὰ ἤρεμα ὕδατα μιᾶς λίμνης, προκαλεῖ ὕδατικά κύματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται εἰς ὄλην τὴν ἐπιφάνειαν τῆς λίμνης.



Σχ. 75. Ἡχητικά σφαιρικά κύματα, τὰ ὁποῖα διαδίδονται εἰς τὸν χῶρον ἀπὸ μιᾶς μικρᾶν ἠχητικῆν πηγὴν K. Διακρίνονται τὰ πυκνώματα καὶ τὰ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων) κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ἰσοῦται πρὸς τὸ μήκος κύματος.



Σχ. 76. Τα υδάτινα κύματα αποτελούνται από υψώματα και κοιλώματα. Ἡ απόσταση δύο γειτονικῶν υψωμάτων ἢ κοιλωμάτων εἶναι ἴση πρὸς τὸ μήκος κύματος.



Σχ. 77. Τὸ μήκος κύματος ἑνὸς ἡχητικοῦ σώματος εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἀπόστασιν δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων (ἢ ἀραιωμάτων) τῶν μορίων τοῦ ἀέρος.

ποῖα παράγει ἢ ἠχογόνος πηγή, δηλαδὴ τὸ παλλόμενον σῶμα, εἰς μίαν χρονικὴν μονάδα.

Ἡ συχνότης τοῦ ἤχου εἶναι ἡ αὐτὴ μὲ τὴν συχνότητα τῆς ἠχογόνου πηγῆς καὶ μετρεῖται εἰς Χέρτς (Hz) ἢ κύκλους ἀνά δευτερόλεπτον (c/sec) ὅπως ἐπίσης συνήθως ἢ μονὰς αὐτὴ ὀνομάζεται.

§ 80. Ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου. Ἡ μετάδοσις τοῦ ἤχου δὲν εἶναι ἀκαριαία. Ἐὰν ἀπὸ μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν παρατηροῦμεν ἓνα ὄπλον, τὸ ὁποῖον ἐκπυρσοκροτεῖ, βλέπομεν πρῶτον τὴν λάμπιν καὶ μετὰ παρέλευσιν ὀρισμένου χρόνου ἀκούομεν καὶ τὸν κρότον, μολονότι καὶ τὰ δύο φαινόμενα παράγονται συγχρόνως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ ἤχος χρειάζεται πολὺ περισσότερον χρόνον διὰ νὰ διανύσῃ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον μᾶς χωρίζει ἀπὸ τὸ ἐκπυρσοκροτοῦν ὄπλον.

Ἀπὸ ἀκριβεῖς μετρήσεις εὐρέθη ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα, εἰς θερμοκρασίαν 15 °C, εἶναι ἴση πρὸς 340 m/sec.

Ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου διαφέρει ἀπὸ σῶματος εἰς σῶμα. Εἰς τὰ ὑγρά

Εἰς τὰ κύματα τοῦ ὕδατος ὀνομάζομεν μήκος κύματος (λ) τὴν ἀπόστασιν δύο γειτονικῶν κορυφῶν ἢ δύο γειτονικῶν κοιλωμάτων (σχ. 76).

Εἰς τὰ ἡχητικὰ κύματα μήκος κύματος (λ) ὀνομάζεται ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ δύο γειτονικῶν ἀραιωμάτων (σχ. 77).

Ἐνα ἄλλο μέγεθος τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἦχον εἶναι ἡ συχνότης του.

Συχνότης τοῦ ἤχου ὀνομάζεται ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡχητικῶν κυμάτων, τὰ ὁποῖα

είναι μεγαλύτερα παρά εις τὰ ἀέρια καί εις τὰ στερεά είναι μεγαλύτερα παρά εις τὰ υγρά.

Ἡ θερμοκρασία ἐπιδρᾷ εις τὴν ταχύτητα διαδόσεως τοῦ ἤχου. Οὕτως εις τοὺς 0 °C εἶναι 331 m/sec καί εις τοὺς 20 °C 343 m/sec εις τὸν ἀέρα. Εἰς τὴν συνηθισμένην θερμοκρασίαν ἢ ταχύτης τοῦ ἤχου εις τὸ ὕδωρ εἶναι 1 450 m/sec, εις τὸ ξύλον 3 000—4 000 m/sec, εις τὰ μέταλλα ἀπὸ 3 000 μέχρι 5 000 m/sec.

Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εις τὸ κενόν, ἐφ' ὅσον διὰ νὰ μεταφερθῇ ἀπὸ τὸ σῶμα τὸ ὁποῖον δονεῖται ἕως τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς χρειάζεται κάποιο ἄλλο σῶμα, διὰ νὰ μεταφέρῃ τὰς κυμάνσεις (σχ. 78). Ὡστε :

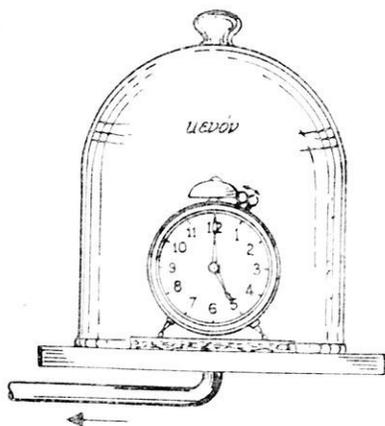
Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εις τὸ κενόν. Ὁ ἤχος διαδίδεται μὲ μεγαλύτεραν ταχύτητα εις τὰ στερεά, μὲ μικροτέραν εις τὰ υγρά καὶ μὲ ἀκόμη πλέον μικράν ταχύτητα εις τὰ ἀέρια.

Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ταχύτης v διαδόσεως τῶν ἠχητικῶν κυμάτων, τὸ μήκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότης ν τοῦ ἤχου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

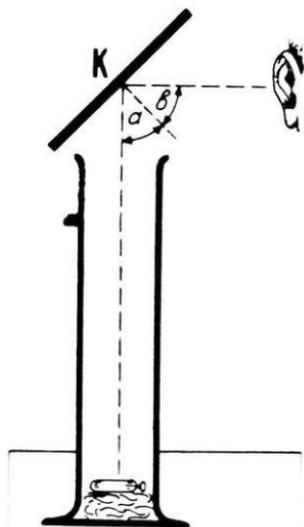
$$v = \lambda \cdot \nu$$

Ὅταν ἡ συχνότης ν ἐκφράζεται εις Χέρτς καὶ τὸ μήκος κύματος λ εις μέτρα, ἡ ταχύτης v εὑρίσκεται εις μέτρα ἀνά δευτερόλεπτον.

§ 81. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου. Ἥχώ. Ἄν σταθῶμεν εις μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ ἑνα τοῖχον καὶ φωνάζωμεν, ἀκούομεν καὶ πάλιν μετ' ὀλίγον τὴν φωνὴν μας, ἢ ὁποῖα ἔρχεται ἀπὸ τὸν τοῖχον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο λέγεται ἤχώ καὶ ὀφείλεται εις τὸ γεγονός ὅτι τὰ ἠχητικά κύματα, ὅταν συναντοῦν κάποιο ἐμπόδιον εις τὴν διάδοσίν των, ὑφίστανται ἀνάκλασιν, ἀλλάζουσιν δηλαδή διεύθυνσιν διαδόσεως (σχ. 79).



Σχ. 78. Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εις τὸ κενόν. Ὅταν ἀφαιρεθῇ ὁ ἀήρ τοῦ κώδωνος τῆς ἀεραντλίας ὁ κώδων τοῦ ὀρολογίου παύει νὰ ἀκούγεται.



Σχ. 79. Ἀνάκλασις τοῦ ἤχου. Ὄταν τοποθετήσωμεν εἰς τὸ στόμιον τοῦ κυλινδρικοῦ σωλῆνος τὸ διάφραγμα Κ, ἀκούομεν μὲ εὐκρίνειαν τὸν ἤχον τοῦ ὀρολογίου.

χρειαζέται διὰ νὰ παύσῃ ὑφισταμένη ἢ ἐντύπωσις, τὴν ὁποίαν προκαλεῖ ἓνας ἤχος μετὰ τὴν παῦσιν του. Εἰς χρονικὸν διάστημα ὅμως 0,1 sec ὁ ἤχος διανύει 34 m εἰς τὸν ἀέρα. Τὸ διάστημα αὐτὸ θὰ διανυθῆ ἀπὸ τὸν κυρίως ἤχον καὶ τὸν ἀνακλῶμενον. Ἐκαστος ἐξ αὐτῶν λοιπὸν ἔχει νὰ διανύσῃ 17 m. Ὡστε :

Διὰ νὰ προκληθῆ ἤχῳ πρέπει τὸ ἐμπόδιον νὰ ἀπέχη 17 μέτρα τοῦλάχιστον ἀπὸ τὸν παρατηρητήν.

Ἄν εὕρισκώμεθα εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν τῶν 17 m ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς δὲν εἶναι εἰς θέσιν νὰ διαχωρίσῃ τὸν ἀρχικὸν ἤχον ἀπὸ τὸν ἀνακλῶμενον καὶ ἀκούει μίαν βοήν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἀντήχησις. Ὡστε :

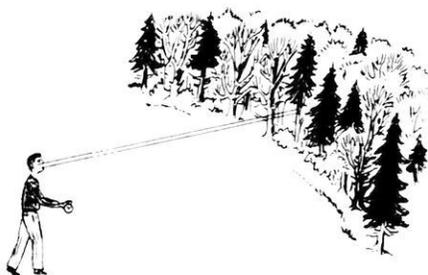
Ἀντήχησις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον, ὅταν εὕρισκώμεθα ἔμπροσθεν ἐμποδίου, εἰς ἀπόστασιν μικροτέραν ἀπὸ 17 m, δὲν ἀκούομεν εὐκρινῶς τὸν ἀνακλῶμενον ἤχον.

Κάτι ἀνάλογον συμβαίνει καὶ μὲ τὸ φῶς, ὅταν προσπέσῃ μία δέσμη φωτεινῶν ἀκτίνων ἐπάνω εἰς ἓναν καθρέπτην. Ὡστε :

Τὰ ἠχητικὰ κύματα ἀνακλῶνται, ὅταν συναντήσουν ἓνα ἐμπόδιον κατὰ τὴν διάδοσίν των.

§ 82. Ἀντήχησις. Διὰ νὰ διακρίνωμεν τὴν ἠχῳ πρέπει νὰ ἰστάμεθα εἰς ἀρκετὴν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἐπὶ τοῦ ὁποῖου ἀνακλῶνται τὰ ἠχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις αὕτη πρέπει νὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε ὁ ἀνακλῶμενος ἠχος νὰ φθάσῃ εἰς τὸ αἰσθητήριον τῆς ἀκοῆς μετὰ πάροδον χρονικοῦ διαστήματος ὄχι μικροτέρου ἀπὸ τὸ 0,1 τοῦ δευτερολέπτου, ἀφ' ὅτου παρήχθη ὁ κυρίως ἠχος (σχ. 80). Καὶ τοῦτο διότι τόσος χρόνος

Ἀντήχησιν παρατηροῦμεν εἰς μερικὰς ἐκκλησίας, εἰς τὰ ὁποίας ψάλλει ἓνας μόνον ψάλτης, ἡ δὲ φωνὴ του ἀντηχεῖ καὶ δημιουργεῖ τὴν ἀντύπωσιν ὅτι «βουίζει» ὁλόκληρος ἡ ἐκκλησία. Ἡ ἀντήχησις εἶναι εὐχάριστος ὅταν ἀκούωμεν μουσικὴν καὶ δυσάρεστος ὅταν ἀκούωμεν ὁμιλίαν, ἐπειδὴ συγχέονται αἱ συλλαβαὶ καὶ δὲν δυνάμεθα νὰ ἐνοήσωμεν τί λέγει ὁ ὁμιλητής.

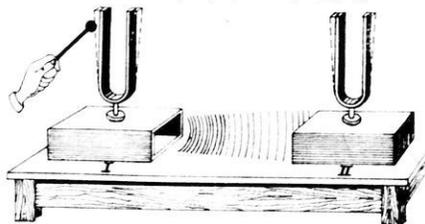


Σχ. 80. Διὰ νὰ προκληθῇ ἡχώ πρέπει νὰ ἔχωμεν ἀπόστασιν τοὐλάχιστον 17 μέτρο τὸ ἐμπόδιον, ἢ ὁ ἦχος νὰ διανύῃ τὴν ἀπόστασιν μας ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον καὶ νὰ ἐπιστρέφῃ ἐντὸς χρόνου μεγαλυτέρου τῶν 0,1 sec.

Τὴν ἡχώ καὶ τὴν ἀντήχησιν προσέχουν ἰδιαιτέρως οἱ μηχανικοί, οἱ ὁποῖοι κατασκευάζουν αἰθούσας θεάτρων, κινηματογράφων, διαλέξεων κ.λπ., ὥστε νὰ δύναται κανεὶς νὰ ἀκοῦη αἰσθητῶς καὶ μὲ εὐκρίνειαν ἀπὸ οἰονδήποτε σημείου τῆς αἰθούσης.

Τὸ ἀρχαῖον θέατρον τῆς Ἐπιδαύρου θεωρεῖται θαῦμα ἀκουστικῆς τέχνης, ἀφοῦ δύναται κανεὶς νὰ ἀκοῦη καὶ τοὺς ψιθύρους τῶν ἡθοιωτῶν, ἀπὸ τὰς πλέον ἀπομακρυσμένας ὑψηλὰς θέσεις.

§ 83. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν χαλυβδίνην πρισματικὴν ράβδον, τὸ ἄνω μέρος τῆς ὁποίας ἔχει διαμορφωθῆ εἰς σχῆμα U (σχ. 81). Διεγείρεται συνήθως μὲ ἐλαφρὰν κρούσιν τῶν σκελῶν του, ὁπότε αὐτὰ πάλλονται. Ἐπειδὴ ὁ παραγόμενος ἦχος εἶναι ἀδύνατος, τὸ ὄργανον τοποθετεῖται ἐπὶ καταλλήλου ξυλίνου κιβωτίου (ἀντηχεῖον), ἀνοικτοῦ εἰς τὴν μίαν πλευρὰν του, ὁπότε ὁ ἦχος ἐνισχύεται.



Τὰ διαπασῶν παράγουν ὄρισμένους τόνους.

Πείραμα. Ἄς θεωρήσω-

Σχ. 81. Συντονισμός. Τὸ διαπασῶν (II) διεγείρεται ἐξ αἰτίας τῆς διεγέρσεως τοῦ ὁμοίου πρὸς αὐτὸ διαπασῶν (I).

μεν δύο διαπασῶν (σχ. 81), τὰ ὅποια εἶναι ἐντελῶς ὁμοία καὶ ἐπομένως παράγουν, ὅταν διεγερθοῦν, ἤχον τῆς ἰδίας συχνότητος. Ἐν διεγείρωμεν τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο διαπασῶν, ὥστε νὰ παράγῃ ἤχον, ἀφοῦ τὸ κτυπήσωμεν ἐλαφρῶς, παρατηροῦμεν ὅτι καὶ τὸ δεῦτερον διαπασῶν διεγείρεται. Διὰ νὰ ἐπιτύχῃ καλλίτερον τὸ πείραμα, τοποθετοῦμεν τὰ διαπασῶν ἐπὶ ἀντιχειῶν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται συντονισμός. Ὡστε :

Συντονισμός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον ἓνα σῶμα, τὸ ὅποιον δύναται νὰ παράγῃ ἤχον, διεγείρεται ὅταν δονῆται πλησίον αὐτοῦ ἓνα ἄλλο σῶμα, τὸ ὅποιον παράγει ἤχον τῆς ἰδίας συχνότητος.

§ 84. Χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἤχων. Οἱ ἤχοι ἔχουν τρεῖς ιδιότητος μὲ τὰς ὁποίας δυνάμεθα νὰ τοὺς διακρίνωμεν ἀπὸ τοὺς ἄλλους. Αἱ ιδιότητες αὐταὶ ὀνομάζονται χαρακτηῆρες τοῦ ἤχου καὶ εἶναι ἡ ἀκουστότης, τὸ ὕψος καὶ ἡ χροιά.

α) Ἄκουστότης. Γνωρίζομεν ὅτι ἓνας ἤχος δύναται νὰ εἶναι δυνατός ἢ ἀσθενής, νὰ ἔχῃ δηλαδή, ὅπως λέγωμεν συνήθως, μεγάλην ἢ μικρὰν ἔντασιν. Ὡστε :

Ἄκουστότης εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἤχους εἰς δυνατοὺς ἢ ἀσθενεῖς.

Διὰ τὴν μέτρησιν ἀκουστοτήτων χρησιμοποιοῦμεν τὴν μονάδα **1 φῶν (1 Phon)**, ἡ ὁποία ἐκλέγεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε ἓνας ἤχος ὁ ὁποῖος εἶναι μόλις ἀκουστός, νὰ ἔχῃ ἀκουστότητα μηδὲν Phon καὶ ἓνας ἤχος ὁ ὁποῖος προκαλεῖ πόνον 130 Phon.

β) Ὑψος τοῦ ἤχου. Λέγομεν συνήθως ὅτι αἱ γυναῖκες ἔχουν «ὑψηλὴν» φωνὴν ἐνῶ οἱ ἄνδρες «χαμηλὴν». Ἐνα ἄλλο λοιπὸν χαρακτηριστικὸν τοῦ ἤχου εἶναι ἂν ὁ ἤχος εἶναι ὑψηλὸς ἢ χαμηλὸς καὶ λέγεται ὕψος τοῦ ἤχου. Ὡστε :

Ὑψος τοῦ ἤχου εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν τοὺς ἤχους εἰς ὑψηλοὺς ἢ ὀξεῖς καὶ χαμηλοὺς ἢ βαρεῖς.

Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου ἐξαρτᾶται ἀποκλειστικῶς ἀπὸ τὴν συχνότητά του. Ὑψηλοὶ ἤχοι ἔχουν μεγάλην συχνότητα καὶ χαμηλοὶ ἤχοι μικρὰν συχνότητα.

Τὸ ἀνθρώπινον οὖς ἀδυνατεῖ νὰ ἀκούσῃ ὅλους τοὺς ἤχους. Τὰ

δρια τῶν ἀκουστῶν ἤχων περιλαμβάνονται μεταξύ 16 Hz καὶ 24 000 Hz περίπου. Οἱ ἤχοι μὲ συχνότητα μικροτέραν τῶν 16 Hz λέγονται ὑπόηχοι, ἐνῶ οἱ ἤχοι μὲ συχνότητα μεγαλυτέραν τῶν 24 000 Hz ὑπέρηχοι. Οἱ ὑπέρηχοι χρησιμοποιοῦνται κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη εἰς τὴν τεχνικήν καὶ εἰς τὴν ἰατρικήν.

γ) **Χροιά τοῦ ἤχου.** Ἄν ἀκούσωμεν μίαν νόταν ἀπὸ βιολίον καὶ τὴν ἴδιαν νόταν ἀπὸ σαξόφωνον, ἐννοοῦμεν ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ ἤχοι, μολονότι ἔχουν τὴν ἴδιαν ἀκουστότητα καὶ τὸ ἴδιον ὕψος, δηλαδὴ τὴν ἴδιαν συχνότητα, εἶναι διαφορετικοί. Λέγομεν τότε ὅτι οἱ δύο αὐτοὶ ἤχοι ἔχουν διαφορετικὴν χροιάν. Ὡστε :

Χροιά εἶναι ἡ ιδιότης μὲ τὴν ὁποίαν διακρίνομεν δύο ἤχους τῆς ἰδίας ἀκουστότητος καὶ τοῦ ἰδίου ὕψους, ὅπως ἐπίσης καὶ τὸ ἠχογόνον σῶμα τὸ ὁποῖον παράγει τὸν ἤχον.

Τὰς φωνὰς τῶν ἀνθρώπων τὰς διακρίνομεν ἀπὸ τὸ διάφορον ὕψος τῶν, κυρίως ὁμῶς ἀπὸ τὴν διαφορετικὴν τῶν χροιάν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Ὅ,τι γίνεται ἀντιληπτόν μὲ τὸ οὖς εἶναι ἤχος. Οἱ ἤχοι προκαλοῦνται ἀπὸ σῶματα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς παλμικὴν κίνησιν. Ἡ παλμικὴ κίνησις τοῦ σώματος προκαλεῖ πυκνώματα καὶ ἀραιώματα τῶν μορίων τοῦ ἀέρος, τὰ ὁποῖα διαδίδονται εἰς τὸν γειτονικὸν ἀέρα καὶ τοιουτοτρόπως δημιουργοῦνται τὰ ἠχητικὰ κύματα. Ἡ ἀπόστασις δύο γειτονικῶν πυκνωμάτων ἢ ἀραιωμάτων ὀνομάζεται μῆκος κύματος, ἡ δὲ συχνότης τῆς ἠχογόνου πηγῆς, δηλαδὴ τοῦ παλλομένου σώματος, συχνότης τῶν ἠχητικῶν κυμάτων.

2. Ὁ ἤχος δὲν διαδίδεται εἰς τὸ κενόν. Μὲ μεγαλυτέρας ταχύτητας διαδίδεται εἰς τὰ στερεὰ καὶ μὲ μικροτέρας εἰς τὰ ἀέρια. Ἡ ταχύτης διαδόσεως, τὸ μῆκος κύματος λ καὶ ἡ συχνότης ν τοῦ ἤχου, συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$v = \lambda \cdot \nu$$

3. Τὰ ἤχητικά κύματα, ὅταν συναντήσουν ἐμπόδιον εἰς τὴν διάδοσίν των, ἀνακλῶνται μεταβάλλοντα πορείαν διαδόσεως. Ἐάν ἓνα ἐμπόδιον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν μεγαλύτεραν ἀπὸ 17 μέτρα, ὁ παρατηρητὴς διακρίνει τὸν ἀνακλῶμενον ἤχον ἀπὸ τὸν ἀρχικὸν καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἤχώ. Ἐάν ὅμως ἡ ἀπόστασις εἶναι μικροτέρα ἀπὸ 17 μέτρα, οἱ δύο ἤχοι δὲν διαχωρίζονται καὶ τὸ φαινόμενον λέγεται ἀντήχησις.

4. Ἡ ἤχώ καὶ ἡ ἀντήχησις ἔχουν ἰδιαιτέραν σημασίαν εἰς τὴν κατασκευὴν ἐκκλησιῶν, κινηματογραφικῶν αἰθουσῶν, θεάτρων κ.λπ.

5. Ὁ συντονισμὸς εἶναι τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ἓνα σῶμα δύναται νὰ διεγερθῇ καὶ νὰ παράγῃ ἤχον, ὅταν δονῆται πλησίον αὐτοῦ ἓνα ἄλλον σῶμα, τὸ ὁποῖον παράγει ἤχον τῆς ἰδίας συχνότητος.

6. Ἡ ἀκουστότης, τὸ ὕψος καὶ ἡ χροιά εἶναι τὰ τρία χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἤχων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

78. Ἐνα διαπασῶν ἐκτελεῖ 440 παλμοὺς εἰς ἓνα δευτερόλεπτον. Πόσος εἶναι ὁ χρόνος μιᾶς πλήρους ταλαντώσεώς του. (Ἐ.Α.π. 0,00227 sec.)

79. Πόσων Χέρτζ (Hz) συχνότητα ἔχει ἓνας τόνος, ὁ ὁποῖος εἰς 7 sec ἐκτελεῖ 499 ταλαντώσεις. (Ἐ.Α.π. 71 Hz.)

80. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἓνα καταγυροφόρον νέφος, ὅταν ἡ βροντὴ ἀκούεται 4 sec μετὰ τὴν πτώσιν τοῦ κερανοῦ. Ὁ ἤχος διαδίδεται μὲ ταχύτητα 340 m/sec καὶ τὸ φῶς διὰ μικρὰς ἀποστάσεις ἀκριαίως. (Ἐ.Α.π. 1 360 m.)

81. Πόσον εἶναι τὸ βάθος τῆς θαλάσσης ὅταν, κατὰ μίαν ἠχοβολήσιν, ἐμετρήθῃ χρόνος 0,68 sec. Δίδεται ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ εἶναι 1 425 m/sec. (Ἐ.Α.π. 484,5 m.)

82. Πόσον μακρὰν ἀπὸ τὴν ἀκτὴν εὐρίσκεται ἓνα πλοῖον, ἂν ἓνα ὑποθαλάσσιον σῆμα λαμβάνεται 5 sec ἐνωρίτερον ἀπὸ ἓνα ταυτόχρονον σῆμα εἰς τὸν ἀέρα (ταχύτης ἤχου εἰς τὸν ἀέρα 340 m/sec καὶ εἰς τὸ θαλάσσιον ὕδωρ 1 425 m/sec.). (Ἐ.Α.π. 2 233 m.)

83. Ἐνας ἄνθρωπος εὐρίσκεται εἰς μίαν ἀπόστασιν ἀπὸ ἓνα ἐμπόδιον καὶ κραυγάζει. Ἀφοῦ περάσῃν 2,4 sec, ἀκούει τὸν ἤχον τῆς φωνῆς του, ἡ ὁποία ἀνεκλάσθη εἰς τὸ ἐμπόδιον. Πόση εἶναι ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ ἐμπόδιον, ἂν ἡ ταχύτης τοῦ ἤχου εἰς τὸν ἀέρα ἀνέρχεται εἰς 340 m/sec. (Ἐ.Α.π. 408 m.)

84. Ένας ήχος έχει συχνότητα 100 Hz και διαδίδεται εις τὸν ἀέρα με ταχύτητα 340 m/sec. Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ ἤχου αὐτοῦ. (Ἀπ. 3,4 m.)

85. Τὸ μῆκος κύματος ἐνὸς ἤχου με συχνότητα 100 Hz, ὁ ὁποῖος διαδίδεται εις τὸ ὕδωρ, είναι 10 m. Πόση είναι ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ ἤχου αὐτοῦ εις τὸ ὕδωρ. (Ἀπ. 1 000 m/sec.)

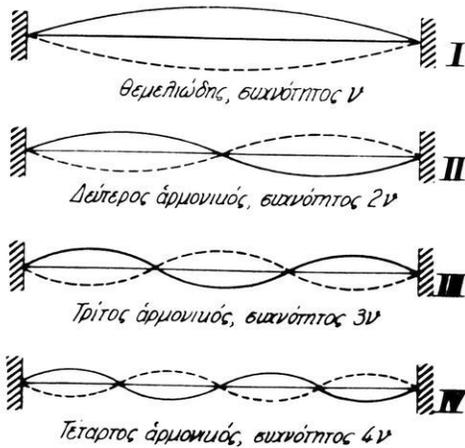
86. Πόσον είναι τὸ μῆκος κύματος τοῦ τόνου ὁ ὁποῖος ἔχει συχνότητα 440 Hz εις τὸν ἀέρα. Ταχύτης ἤχου εις τὸν ἀέρα 340 m/sec. (Ἀπ. 0,775 m.)

87. Εἰς πόσην ἀπόστασιν εὐρίσκεται ἓνα ἐμπόδιον, ὅταν ἀκούωμεν τρισύλλαβον ἠγῶ. (Ἀπ. 51 m.)

ΙΖ' — ΗΧΗΤΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 85. Χορδαί. Ἄρμονικοὶ ἤχοι. Ἄν διεγείρωμεν μίαν χορδὴν εις παλμικὴν κίνησιν, κτυπῶντες αὐτὴν ἐλαφρῶς εις τὸ μέσον, παρατηροῦμεν ὅτι ὅλα τὰ σημεῖα τῆς ταλαντεύονται περὶ τὴν ἀρχικὴν τῶν θέσιν, ἡ δὲ χορδὴ παρουσιάζει τὴν μορφήν τὴν ὅποιαν δεικνύει τὸ σχῆμα 82, I.

Ἄν σταθεροποιήσωμεν τὸ μέσον τῆς χορδῆς με τὸν δάκτυλόν μας, ἢ θέσωμεν εις τὸ σημεῖον αὐτὸ ἓνα ξύλινον ὑποστήριγμα καὶ διεγείρωμεν πάλιν τὴν χορδὴν, παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁλόκληρος ἡ χορδὴ ταλαντεύεται (σχ. 82, II). Εἰς τὴν περίπτωσιν ὁμως αὐτὴν ἡ χορδὴ παράγει ἤχον με διπλασίαν συχνότητα. Ἄναλόγως δυνάμεθα νὰ ἐξαναγκάσωμεν τὴν χορδὴν, νὰ παράγῃ ἤχον με τριπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, III) ἢ τετραπλασίαν συχνότητα (σχ. 82, IV). Ὁ ἤχος τὸν ὅποιον ἀποδίδει ἡ χορδὴ, ὅταν πάλ्लεται



Σχ. 82. Ταλάντωσις μιᾶς χορδῆς με τὴν θεμελιώδη συχνότητα (I) καὶ τοὺς τρεῖς πρώτους ἀνωτέρους ἄρμονικούς.

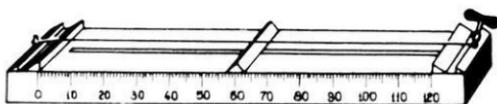
ὡς δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 82, I, ὀνομάζεται θεμελιώδης ἤχος ἢ πρῶτος ἄρμονικός, ἐνῶ ὅταν πᾶλλεται ὅπως εἰς τὰς περιπτώσεις II, III, IV τοῦ ἰδίου σχήματος, ὁ παραγόμενος ἤχος λέγεται ἀνώτερος ἄρμονικός καὶ ἰδιαιτέρως δεύτερος ἄρμονικός, τρίτος ἄρμονικός, κ.λπ. Ὡστε :

Ἐὶς τὸν ἀριθμὸν 1/2, 1/3, 1/4, κ.λπ. τοῦ ἀρχικοῦ τῆς μήκους, ἐνῶ συγχρόνως διατηρήσωμεν σταθερὰν τὴν τάσιν, τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν ἐπ' αὐτῆς, τότε ἡ συχνότης τῶν παραγομένων ἤχων εἶναι ἀντιστοίχως διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία κ.λπ. τῆς ἀρχικῆς συχνότητος.

Οἱ μουσικοὶ ἤχοι ἢ φθόγγοι ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἓνα ἰσχυρὸν θεμελιώδη καὶ πολλοὺς ἄλλους ἀνωτέρους ἄρμονικούς, οἱ ὅποιοι διαμορφώνουν τὴν χροιάν τοῦ φθόγγου.

§ 86. Νόμος τῶν χορδῶν. Τοὺς νόμους τῶν χορδῶν δυνάμεθα νὰ μελετήσωμεν μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ μονοχόρδου (σχ. 83). Αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ξύλινον κιβώτιον (ἀντηχείον) τὸ ὁποῖον προορίζεται νὰ ἐνισχύη τοὺς ἤχους. Ἡ χορδὴ περιτυλίσσεται εἰς ἓνα ἄξονα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὸ ἓνα ἄκρον τοῦ μονοχόρδου, μὲ μίαν δὲ κλεῖδα, ἢ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ ἄλλον ἄκρον, δυνάμεθα νὰ ρυθμίζωμεν τὴν τάσιν τῆς.

Πειραματιζόμενοι καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι :



Σχ. 83. Τὸ μονόχορδον εἶναι μία συσκευή διὰ τὴν μελέτην τῶν χορδῶν.

Ἡ συχνότης ἐνὸς τόνου ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μήκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὕλικόν τῆς χορδῆς, ὡς ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὁποίαν ἀσκοῦμεν εἰς τὴν χορδὴν.

§ 87. Ἡχητικοὶ σωλῆνες. Νόμος τῶν ἠχητικῶν σωλῆνων. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ἠχητικούς σωλῆνας, κυλινδρικούς ἢ πρισματικούς σωλῆνας ἀπὸ ξύλον ἢ μέταλλον, εἰς τοὺς ὁποίους προσφυσῶμεν ρεῦμα ἀέρος, ἀπὸ τὸ στόμιον καὶ προκαλοῦμεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ταλάντωσιν τοῦ ἀέρος, τὸν ὁποῖον περιέχει ὁ σωλῆν.

Οί ήχητικοί σωλήνες είναι είτε άνοικτοί (σχ. 84), είτε κλειστοί.

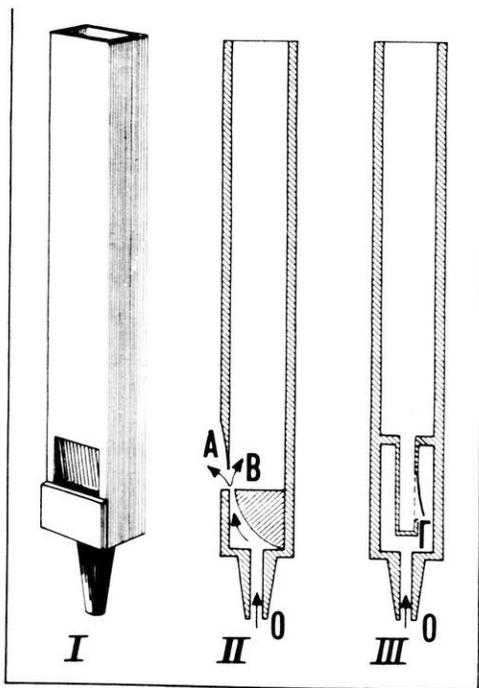
Είς τόν άνοικτόν σωλήνα του σχήματος 84, II, ό άήρ εισέρχεται από τό έπιστόμιον O και έξέρχεται από τό στόμιον B. Είς τό χεΐλος A δημιουργείται διατάραξις τής στήλης του άέρος, όπως ακριβώς συμβαίνει και είς τήν σφυρίκτραν, και τοιουτοτρόπως προκαλείται δόνησις του άέρος, ό όποΐος εύρίσκεται είς τήν κοιλότητα.

Είς τόν άνοικτόν σωλήνα του σχήματος 84, III, ό άήρ εισχωρεί από τό στόμιον O και διεγείρει είς παλμικήν κίνησιν τήν γλωσσίδα Γ.

Ό,τι συμβαίνει με τά άνωτέρω δύο είδη άνοικτών ήχητικών σωλήνων, δηλαδή τους άνοικτούς ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και στόμιον και τους άνοικτούς ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και γλωσσίδα, συμβαίνει και με τά δύο άντίστοιχα είδη τών κλειστών ήχητικών σωλήνων. Οί σωλήνες αυτοί διαφέρουν από τους άνοικτούς ήχητικούς σωλήνας κατά τό ότι είναι κλειστοί είς τό άνωτερον άκροντων.

Άπό τά άνωτέρω συμπεραΐνομεν ότι :

Είς τους ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και στόμιον ό τόνοσ προκαλείται από τάσ άπ' ευθείας παλμικάσ κινήσεις του άέρος. Είς τους ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και γλωσσίδα ό τόνοσ προκα-



Σχ. 84. Άνοικτοί ήχητικοί σωλήνες. (I) Έξωτερική εμφάνισις. (II) Τομή άνοικτού ήχητικού σωλήνος με έπιστόμιον και στόμιον. (III) Τομή άνοικτού ήχητικού σωλήνος με έπιστόμιον και γλωσσίδα.

λείται από τās παλμικές κινήσεις τής γλωσσίδος, αί όποια διεγείρουν εϊς παλμικήν κίνησιν τόν άέρα, τόν εύρισκόμενον εϊς τόν σωλήνα.

Έργαζόμενοι πειραματικώς με άνοικτούς και κλειστούς ήχητικούς σωλήνας καταλήγομεν εϊς τά ακόλουθα συμπεράσματα, τά όποια άποτελοϋν τούς νόμους τών ήχητικών σωλήνων.

α) Οί άνοικτοί ήχητικοί σωλήνες παράγουν ένα θεμελιώδη τόνον και όλους τούς άνωτέρους άρμονικούς.

Έάν δηλαδή ένας άνοικτός ήχητικός σωλήν παράγη θεμελιώδη τόνον, συχνότητος v , θα παράγη και τούς τόνους τούς έχοντας συχνότητας $2v$, $3v$, $4v$, κ.λπ.

β) Οί κλειστοί ήχητικοί σωλήνες παράγουν ένα θεμελιώδη τόνον και τούς άνωτέρους άρμονικούς περιττής τάξεως.

Δηλαδή εάν ένας κλειστός ήχητικός σωλήν παράγη θεμελιώδη τόνον με συχνότητα v , θα παράγη και τούς τόνους οί όποιοι έχουν συχνότητας $3v$, $5v$, $7v$, κ.λπ.

§ 88. Μουσικοί ήχοι. Μουσικά διαστήματα. Όταν αϊ συχνότητες δύο ήχων, τούς όποιους ακούομεν ταυτοχρόνως, εύρίσκονται μεταξύ των εϊς άπλην αριθμητικήν σχέσιν, μάς προκαλοϋν γενικώς εύχάριστον συναίσθημα. Η Μουσική χρησιμοποιεϊ ώρισμένας άπλās αριθμητικάς σχέσεις, μεταξύ τών συχνότητων τών ήχων, αϊ όποια όνομάζονται μουσικά διαστήματα. Οί μουσικοί ήχοι εϊναι φθόγγοι και παράγονται από τά μουσικά όργανα. Τό ύποκειμενικόν συναίσθημα, τό όποϊον μάς δημιουργείται, όταν ακούωμεν δύο τόνους, έξαρτάται μόνον από τό μουσικόν διάστημα των και όχι από την άπόλυτον τιμήν τής συχνότητός των.

Όταν δύο φθόγγοι ακούωνται συγχρόνως ή διαδοχικώς και προκαλοϋν εύχάριστον συναίσθημα, λέγομεν ότι άποτελοϋν συμφωνίαν, ενώ αν τό συναίσθημα εϊναι δυσάρεστον άποτελοϋν παραφωνίαν. Όταν τό διάστημα εϊναι $1 : 1$, όταν δηλαδή ακούωμεν δύο φθόγγους τής ίδιας συχνότητος, έχομεν την καλύτεραν συμφωνίαν και τό μουσικόν διάστημα λέγεται πρώτη. Έάν τό διάστημα εϊναι $2 : 1$, όποτε ό όξύτερος φθόγγος έχει διπλασίαν συχνότητα, τό διάστημα λέγεται όγδόη. Εϊς την Μουσικήν χρησιμοποιοϋμεν επίσης διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης κ.λπ. και ήχους με συχνότητας από 40 Hz μέχρι 4000 Hz .

§ 89. Μουσική κλίμαξ. Ούτως όνομάζεται μία σειρά φθόγγων, οί όποιοι χρησιμοποιοϋνται εϊς την Μουσικήν και χωρίζονται μεταξύ των με ώρισμένα μουσικά διαστήματα.

Οί φθόγγοι τῆς βασικῆς κλίμακος εἶναι ὀκτώ, ἡ κλίμαξ ὅμως ἐπεκτείνεται εἰς ὑψηλότερους καὶ χαμηλότερους φθόγγους μὲ ὀγδόας. Ὁ φθόγγος ἀπὸ τὸν ὁποῖον ἀρχίζει ἡ μουσικὴ κλίμαξ ὀνομάζεται βᾶσις τῆς κλίμακος.

Αἱ συχνότητες τῶν φθόγγων μιᾶς μουσικῆς κλίμακος καθορίζονται μὲ ἀκρίβειαν, ὅταν ὀρίσθῃ ἡ συχνότης ἐνὸς οἰοῦδήποτε φθόγγου καὶ τὰ μουσικὰ διαστήματα.

Τὰ ὀνόματα τῶν φθόγγων τῆς μουσικῆς κλίμακος εἶναι τὰ ἐξῆς ἑπτὰ :

do, re, mi, fa, sol, la, si

Τὰ διαστήματα δευτέρας, τρίτης, τετάρτης, πέμπτης, ἕκτης, ἑβδόμης, λογιζόμενα ἀπὸ τοῦ do καὶ ἄνωθεν αὐτοῦ εἶναι τὰ ἀκόλουθα :

9/8, 5/4, 4/3, 3/2, 5/3, 15/8

Ἐπάρχουν διάφοροι κατηγορίαι μουσικῶν κλιμάκων :

α) Διατονικὴ ἢ φυσικὴ κλίμαξ. Ἡ κλίμαξ αὐτὴ περιλαμβάνει τρία διαφορετικὰ διαστήματα, σχετικῶς ὡς πρὸς δύο διαδοχικοὺς φθόγγους : τὰ διαστήματα 9/8 καὶ 10/9, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται τόνοι καὶ τὸ διάστημα 16/15 τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ἡμιτόνιον. Εἰς τὴν βασικὴν κλίμακα, ὁ φθόγγος ἔχει συχνότητα 440 Hz.

β) Χρωματικὴ κλίμαξ. Ἡ βασικὴ διατονικὴ κλίμαξ ἐπαναλαμβανομένη μὲ ὀγδόας, ὑψηλότερον ἢ χαμηλότερον, δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐπαρκέσῃ διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς συγχρόνου Μουσικῆς. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατασκευάσαν μίαν κλίμακα, ἡ ὁποία περιλαμβάνει 12 ἡμιτόνια ἴσα πρὸς 1,059. Ἡ κλίμαξ αὐτὴ ὀνομάζεται χρωματικὴ.

Ἄν προσέξωμεν τὰ πληκτρα τοῦ κλειδοκυμβάλου (πιάνου), θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι εἶναι λευκὰ καὶ μαύρα. Τὰ μαύρα πληκτρα ἀντιστοιχοῦν εἰς τοὺς φθόγγους ἐκείνους τῶν ὁποίων ἡ προσθήκη ἐδημιούργησε τὴν χρωματικὴν κλίμακα. Διὰ νὰ ἐπιτύχουν οἱ μουσικοὶ τὴν κατασκευὴν τῆς κλίμακος αὐτῆς διετηρήσαν τὸν φθόγγον la τῆς βασικῆς κλίμακος εἰς τὴν συχνότητα τῶν 440 Hz, παρήλλαξαν ὁμως ὀλίγον τὰς συχνότητας τῶν ἄλλων φθόγγων.

§ 90. Μουσικὰ ὄργανα. Τὰ μουσικὰ ὄργανα παράγουν εὐχαρίστους ἤχους, χωρίζονται δὲ εἰς τρεῖς κυρίως κατηγορίας.

α) Τὰ ἔγχορδα. Αὐτὰ εἶναι ὄργανα τὰ ὁποῖα ἔχουν χορδὰς, ὅπως τὸ βιολίον, ἡ βιόλα, τὸ βιολοντσέλλον καὶ τὸ κοντραμπάσον. Εἰς τὰ ὄργανα αὐτὰ ὁ ἤχος παράγεται καθὼς σύρομεν τὸ δοξάριον ἐπάνω εἰς τὰς χορδὰς. Ἄλλα ἔγχορδα εἶναι ἡ κιθάρα καὶ τὸ μαντολίον. Οἱ ἤχοι εἰς τὰ ὄργανα αὐτὰ παράγονται καθὼς ἔλκομεν τὰς χορδὰς μὲ τὸ δάκτυλον ἢ τὰς πλήττομεν μὲ ἓνα μικρὸν τρίγωνον.

Τὸ ὕψος τοῦ ἤχου εἰς ὅλα τὰ ἀνωτέρω ἔγχορδα ρυθμίζεται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὁποῖον πιέζομεν τὴν χορδὴν μὲ τὰ δάκτυλα τῆς ἀριστερᾶς χειρὸς.

Ἡ ἄρπα εἶναι ἓνα ἄλλο ἔγχορδον ὄργανον, μὲ πολλὰς χορδὰς, αἱ ὁποῖα ἤχουν, ὅταν τὰς ἔλκομεν μὲ τὰ δάκτυλα καὶ ἐκάστη ἀπὸ τὰς ὁποίας παράγει ὀρισμένον

ήχον. Χορδὰς αἱ ὁποῖαι παράγουν ὠρισμένον ἦχον ἔχει καὶ τὸ κλειδοκύμβαλον. Ἐνας μηχανισμὸς μοχλῶν συνδέει τὰ πληκτρα τὰ ὁποῖα πιέζομεν μὲ τὰ δάκτυλα, μὲ εἰδικὰ κατακόρυφα πληκτρα, τὰ ὁποῖα κρούουν τὰς χορδὰς.

β) Τὰ πνευστά. Τοιαῦτα ὄργανα εἶναι ἡ σάλπιγξ, ἡ τρόμπα, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, τὸ κλαρίνον, τὸ φλάουτον, τὸ σαξόφωνον, κ.λπ. Τὰ ὄργανα αὐτὰ παράγουν ἦχον ὅταν φυσῶμεν ἀέρα εἰς ὠρισμένην θέσιν ἐντὸς αὐτῶν. Εἰς ἄλλα ἀπὸ αὐτὰ τὰ ὄργανα, π.χ. εἰς τὴν τρόμπαν, ὁ ἦχος παράγεται ἀπὸ τὰ χεῖλη ἐκεῖνου ὁ ὁποῖος παίζει τὸ ὄργανον, ἐνῶ εἰς ἄλλα, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, ἀπὸ μίαν γλωσσίδα, ἡ ὁποία πάλλεται καθὼς φυσῶμεν. Εἰς τὰ χάλκινα πνευστά, ὅπως λέγονται αἱ τρόμπα, τὸ τρομπόνιον, τὸ κόρνον, κ.λπ., τὸ ὕψος τοῦ φθόγγου ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν βοήθειαν κλειδιῶν ἢ ἐμβόλων (πιστονιῶν), μὲ τὰ ὁποῖα μικραίνουσι ἢ μεγαλώνουσι ὠρισμένους σωλήνας, οἱ ὁποῖοι εὐρίσκονται εἰς τὸ σῶμα τοῦ ὄργανου, ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὸν ἀέρα τὸν ὁποῖον φυσῶμεν μὲ πίεσιν. Εἰς τὰ ξύλινα πνευστά, ὅπως εἰς τὸ κλαρίνον, εἰς τὰ φλάουτα καὶ εἰς τὰ σαξόφωνα, ὁ ἦχος μεταβάλλεται ὅταν ἀνοίγωμεν ἢ κλείωμεν ὠρισμένας ὀπὰς, αἱ ὁποῖαι ὑπάρχουν εἰς τὸ σῶμα τοῦ ὄργανου.

γ) Τὰ κρουστά. Αὐτὰ εἶναι ὄργανα εἰς τὰ ὁποῖα ὁ ἦχος παράγεται ὅταν τὰ κρούωμεν (κτυπῶμεν) εἰς ὠρισμένην θέσιν. Κρουστά εἶναι τὰ τύμπανα, τὸ ξυλόφωνον, τὸ τρίγωνον, κ.λπ.

Αἱ ὀρχηστρα ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰ ὄργανα καὶ τῶν τριῶν κατηγοριῶν καὶ τοιουτοτρόπως διὰ συνδυασμοῦ τῶν ἡχῶν τοὺς ὁποῖους παράγουν, ἀποδίδουν μίαν μουσικὴν σύνθεσιν κατὰ τὸν καλύτερον τρόπον.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος μιᾶς χορδῆς, αὐξάνομεν τὴν συχνότητα τῶν παραγομένων ἡχῶν. Ἐλαττοῦντες τὸ μῆκος τῆς χορδῆς εἰς τὸ $1/n$ τοῦ ἀρχικοῦ καὶ διατηροῦντες σταθερὰν τὴν τάσιν, τὴν ὁποῖαν ἀσκοῦμεν ἐπ' αὐτῆς, παράγομεν ἦχον μὲ συχνότητα n - πλασίαν τοῦ ἀρχικοῦ.

2. Ἡ συχνότης τοῦ τόνου τὸν ὁποῖον παράγει μία χορδή, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ μῆκος, τὸ πάχος καὶ τὸ ὑλικὸν τῆς χορδῆς, ὅπως ἐπίσης καὶ ἀπὸ τὴν τάσιν τὴν ὁποῖαν ἀσκοῦμεν ἐπὶ τῆς χορδῆς.

3. Οἱ ἡχητικοὶ σωλήνες εἶναι κλειστοὶ καὶ ἀνοικτοί. Καὶ τὰ δύο εἶδη περιλαμβάνουν σωλήνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον καὶ σωλήνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ γλωσσίδα. Εἰς τοὺς ἡχητικοὺς σωλήνας μὲ ἐπιστόμιον καὶ στόμιον ὁ τόνος προκαλεῖται ἀπὸ τὰς ἀπ' εὐθείας παλμικὰς κινήσεις τοῦ ἀέρος, ἐνῶ εἰς τοὺς

ήχητικούς σωλήνας με έπιστόμιον και γλωσσίδα από τους παλμούς της γλωσσίδος.

4. Οί άνοικτοί ήχητικοί σωλήνες παράγουν ένα θεμελιώδη τόνον και όλους τους άνωτέρους άρμονικούς του, ενώ οί κλειστοί ένα θεμελιώδη και τους άνωτέρους άρμονικούς περιττής τάξεως.

5. Μουσικόν διάστημα δύο ήχων ονομάζεται ο λόγος των συχνοτήτων των.

6. Η μουσική κλίμαξ αποτελείται από σειράν ώρισμένων μουσικων φθόγγων, οί όποιοι χωρίζονται μεταξύ των με ώρισμένα μουσικά διαστήματα.

7. Η διατονική ή φυσική κλίμαξ περιλαμβάνει 5 τόνους δύο ειδών και 2 ήμιτόνια. Η χρωματική κλίμαξ περιλαμβάνει 12 ήμιτόνια. Βασικός φθόγγος εις τας δύο κλίμακας είναι τὸ la με συχνότητα 440 Hz.

8. Τα μουσικά όργανα είναι έγχορδα, πνευστά και κρουστά.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

88. Πόση είναι ή συχνότης του βασικού τόνου, του όποίου ο άρμονικός έκτης τάξεως έχει συχνότητα 1 200 Hz. (Απ. 171,4 Hz.)

89. Ένας τόνος έχει συχνότητα 264 Hz. Ποία είναι αι συχνότητες της άμέσως έπομένης όργόης, πέμπτης και τετάρτης. (Απ. 528 Hz, 396 Hz, 352 Hz).

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ'— ΣΥΣΤΑΣΙΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ. ΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΤΟΜΑ

§ 91. Ἡ διαιρετότης τῆς ὕλης. Ἐν παρατηρήσωμεν ἓνα τεμάχιον ψαμμίτου, θὰ ἴδωμεν ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν πλειάδα μικρῶν κόκκων, συγκεκολλημένων μεταξύ των καὶ ὀρατῶν μὲ γυμνὸν ὀφθαλμὸν.

Θρυμματίζομεν τὸ τεμάχιον τοῦ ψαμμίτου κτυπῶντες αὐτὸ μὲ μίαν σφύραν. Οἱ μικροὶ κόκκοι διαχωρίζονται μεταξύ των καὶ δημιουργοῦν ἓνα σωρὸν ἄμμου (σχ. 85).

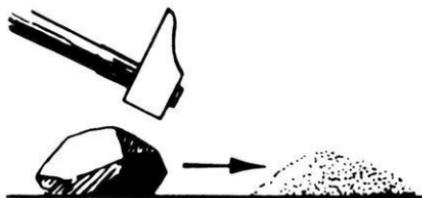
Ἐν ἐξετάσωμεν ἕκαστον κόκκον μὲ φακόν, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὅλοι ἔχουν τὴν ἰδίαν ἐμφάνισιν. Ἐντονον δηλαδὴ λάμπιν καὶ ἔδρας αἱ ὁποῖαι σχηματίζουσι μεταξύ των γωνίας, περισσότερο ἢ ὀλιγώτερον ὀξείας.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἓνα φιάλιδιον μὲ πυκνὸν θεικόν ὀξύ καὶ ρίπομεν μίαν σταγόνα ἀπὸ τὸ ὀξύ αὐτὸ μέσα εἰς ἓνα δοκιμαστικὸν σωλῆνα μὲ ὕδωρ. Τὸ διάλυμα τὸ ὁποῖον προκύπτει, μολοντί εἶναι πολὺ ἀραιόν, ἐρυθραίνει ἐν τούτοις τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου. Ἀραιώνομεν ἀκόμη τὸ διάλυμα τοῦ ὀξέος, προσθέτοντες ὀλίγον ὕδωρ. Καὶ τὸ νέον ἀραιότερον διάλυμα ἐξακολουθεῖ νὰ ἐρυθραίνει τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Ὅπως ὁ ψαμμίτης, οὕτω καὶ τὸ θεικόν ὀξύ διηρέθη εἰς μικρότατα σωματίδια, τὰ ὅποια ὁμως διετήρησαν τὰς χαρακτηριστικὰς ἰδιότητας τοῦ ὀξέος. Ἐρυθραίνουν δηλαδὴ τὸ βάμμα τοῦ ἡλιοτροπίου.

Τίθεται ὁμως τώρα τὸ ἐρώτημα: Δυνάμεθα νὰ διαιρῶμεν ἐπ' ἄπειρον τὰ σωματίδια ἐνὸς ὑλικοῦ χωρὶς νὰ ἐξαφανισθοῦν αἱ ἰδιότητες τῆς οὐσίας;

Ἡ ἀπάντησις εἰς τὸ ἀνωτέ-



Σχ. 85. Ὅταν θρυμματισθῇ ὁ ψαμμίτης σχηματίζει σωρὸν ἄμμου.

ρω έρώτημα είναι άρνητική. Ή διαίρεσις αυτή έχει ένα όριον και τὸ όριον αυτό καθορίζει τὸ **μόριον** τῆς οὐσίας. Ὡστε :

Τὸ μόριον είναι ἡ μικροτέρα ποσότης ἑνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ἡ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρχη καὶ νὰ διατηρηῆ τὰς χαρακτηριστικὰς ιδιότητας αὐτοῦ τοῦ σώματος.

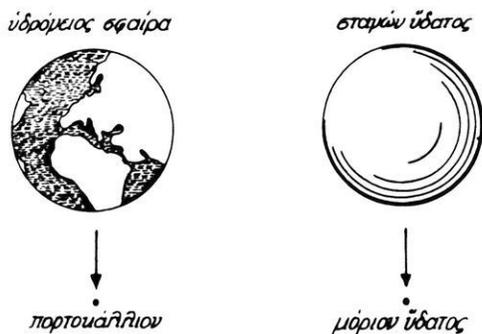
§ 92. Τὰ μόρια. Τὰ μόρια είναι ὑλικά σωματίδια μὲ πολὺ μικρὸν μέγεθος. Διὰ τὸ ἀντιληφθῶμεν τὴν μικρότητα τῶν μορίων, ἄς ἐπιχειρήσωμεν τὸν ἐπόμενον παραλληλισμὸν.

Θεωροῦμεν μίαν σταγόνα ὕδατος καὶ τὴν ὑδρόγειον σφαῖραν. Ὅ,τι είναι ἓνα πορτοκάλλιον διὰ τὴν Γῆν, είναι καὶ ἓνα μόριον ὕδατος διὰ τὴν σταγόνα τοῦ ὕδατος (σχ. 86).

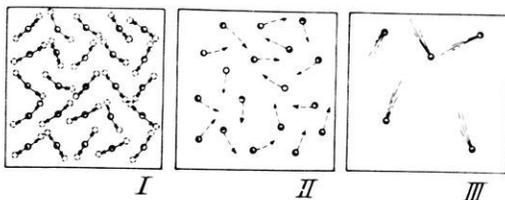
Τὰ μόρια ἑνὸς χημικῶς καθαροῦ σώματος, ὅπως π.χ. τὸ ὀξυγόνον, ὁ χαλκός, τὸ ὕδωρ, ἡ σάκχαρις κ.λπ., είναι ὅμοια μεταξύ των, ἐνῶ τὰ μόρια τῶν μειγμάτων, ὅπως ὁ ἀήρ, τὸ γάλα κ.λπ., είναι διαφορετικά.

Ὅπως γνωρίζωμεν ἀπὸ τὰ μαθήματα τῆς προηγούμενης τάξεως, τὰ μόρια οἰοῦδηποτε σώματος δὲν ἡρεμοῦν, ἀλλὰ κινῶνται ἀκαταπαύστως. Εἰς τὰ στερεὰ ἡ κίνησις αὐτῆ είναι ταλάντωσις μὲ πολὺ μικρὸν πλάτος, διότι τὰ μόρια τῶν σωμάτων αὐτῶν είναι πολὺ πλησίον τὸ ἓνα εἰς τὸ ἄλλον (σχ. 87, I).

Τὰ μόρια τῶν ὑγρῶν



Σχ. 86. Τὸ μόριον τοῦ ὕδατος καὶ ἡ σταγὴν ὕδατος εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀναλογίαν πορτοκαλλίου καὶ ὑδρογείου σφαίρας.



Σχ. 87. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῆς δομῆς στερεῶν (I), ὑγρῶν (II) καὶ ἀερίων (III).

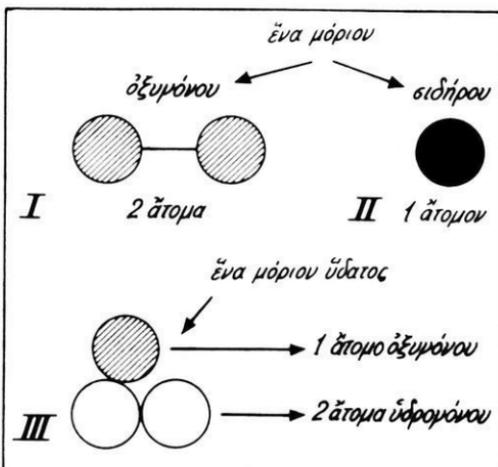
εύρισκονται εις μεγαλύτερας μεταξύ των αποστάσεις (έν σχέσει με τὰς αποστάσεις τῶν μορίων τῶν στερεῶν) καὶ κινουῦνται πλέον ζωηρῶς τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλον, διατηρῶντα σταθεράς τὰς ἀποστάσεις των. Ἐνα μόριον ὑγροῦ, δηλαδὴ, κινεῖται ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἄλλα μόρια, μέσα εις τὴν μάζαν τοῦ ὑγροῦ, διατηρεῖ ὁμως σταθερὰν ἀπόστασιν ἀπὸ τὰ γειτονικά του μόρια (σχ. 87, II).

Τὰ μόρια τέλος τῶν ἀερίων κινουῦνται ὡς ἐλαστικαὶ σφαιραὶ, ταχύτατα καὶ ἀτάκτως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 87, III). Ἀποτέλεσμα τῆς κινήσεως αὐτῆς εἶναι ἡ ἐκτόνωσις τῶν ἀερίων καὶ ἡ πίεσις των.

Αἱ ταχύτητες μετὰς ὁποίας κινουῦνται τὰ μόρια τῶν ἀερίων εἶναι ἀρκετὰ μεγάλα. Εἰς τὸ διοξειδίου τοῦ ἄνθρακος ἡ μέση ταχύτης τῶν μορίων εἶναι ἴση μετὰ 1 440 km/h, ἴση δηλαδὴ πρὸς τὴν ταχύτητα τῶν ἀεριωθουμένων ἀεροπλάνων ἐνῶ τῶν μορίων τοῦ ὕδρογόνου εἶναι ἀκόμη μεγαλύτερα καὶ φθάνει τὰ 7 200 km/h. Ὡστε :

Τὰ μόρια τῶν ὑλικῶν σωμάτων εἶναι ἀπείρως μικρά. Δὲν ἤρεμοῦν ἀλλὰ κινουῦνται ἀκαταπαύστως. Τὸ εἶδος τῆς κινήσεως τῶν μορίων ἐνὸς σώματος καθορίζει τὴν φυσικὴν κατάστασιν τοῦ σώματος.

§ 93. Τὰ ἄτομα. Κατόπιν τῶν ὅσων εἵπομεν ἀνωτέρω, δὲν πρέπει νὰ



Σχ. 88. Μόρια καὶ ἄτομα. (I) Μόριον ὀξυγόνου, (II) μόριον σιδήρου, (III) μόριον ὕδατος.

νομισθῆ ὅτι τὰ μόρια ἀποτελοῦν τὸ ἀδιαίρετον πλέον τμῆμα τῆς ὕλης. Πράγματι τὰ σωματίδια αὐτὰ σχηματίζονται ἀπὸ μικρότερα ἀκόμη ὑλικά συστατικά, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἄτομα.

Προκειμένου περὶ ἀπλῶν σωμάτων, τὰ μόρια αὐτῶν ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὁμοειδῆ ἄτομα. Τὰ μόρια τῶν συνθέτων σωμάτων ὁμως ἀποτελοῦνται ἀπὸ διαφορετικὰ μεταξύ των ἄτομα. Οὕτως, ἐνῶ τὸ μόριον τοῦ ὀξυγόνου, τὸ ὁποῖον εἶναι ἀπλοῦν σῶμα,

ἀποτελείται ἀπὸ δύο ὅμοια μεταξύ των ἄτομα ὀξυγόνου, τὸ μόριον τοῦ ὕδατος, τὸ ὁποῖον εἶναι σύνθετον σῶμα, περιλαμβάνει συνδεδεμένα μεταξύ των, δύο ἄτομα ὕδρογόνου καὶ ἓνα ἄτομον ὀξυγόνου (σχ. 88).

Τὰ ἄτομα σπανίως ἀπαντοῦν εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν περίπτωσιν τῶν λεγομένων εὐγενῶν ἀερίων (ἀργόν, κρυπτόν, νέον, ξένον, ἥλιον καὶ ραδόνιον). Εἰς ὠρισμένας ἄλλας περιπτώσεις, ὅπου τὸ μόριον ἐνὸς στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα ἄτομον, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ μέταλλα, τὰ ἄτομα αὐτὰ δὲν εἶναι ἐλεύθερα, ἀλλὰ σχηματίζουν κανονικὰ διατεταγμένα συγκροτήματα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται κρύσταλλοι.

Ἐφ' ὅσον τὰ ἄτομα εἶναι κατὰ κάποιον τρόπον ὑποδιαίρεσις τῶν μορίων, συμπεραίνομεν ὅτι ἔχουν μικρότερον ἀκόμη μέγεθος.

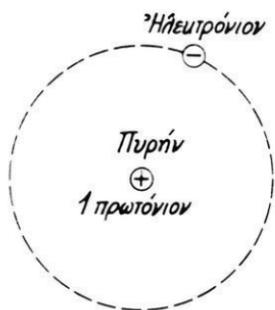
Ἄν φαντασθῶμεν τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, δηλαδὴ τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου ὕδρογόνου, ὡς σφαῖραν, ἢ σφαῖρα αὐτὴ θὰ εἶχε διάμετρον ἴσην πρὸς δέκα ἑκατομμυριοστὰ τοῦ χιλιοστομέτρου.

Εἰς τὰς ἠλεκτρονικὰς λυχνίας, ὅπου ἔχομεν ἐπιτύχει «ὑψηλὸν κενόν», ὅπως λέγομεν, (δηλαδὴ ἡ πίεσις τοῦ ἀερίου ἐντὸς αὐτῶν εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατομμυριοστοῦ τοῦ χιλιοστομέτρου ὑδραργυρικῆς στήλης), παραμένουν ἀκόμη 270 ἑκατομμύρια ἄτομα εὐγενῶν ἀερίων εἰς ἕκαστον κυβικὸν ἑκατοστόμετρον.

Μέχρι σήμερον οὐδεὶς ἔχει ἰδεῖ τὰ ἄτομα καὶ πιθανὸν νὰ μὴ δυνηθῶμεν ποτὲ νὰ τὰ ἴδωμεν. Οἱ Φυσικοὶ μόνον τὰ φαντάζονται καὶ τὰ περιγράφουν, στηριζόμενοι εἰς φαινόμενα, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται ὑπὸ εἰδικῆς συνθήκας καὶ τὰ ὁποῖα δύνανται νὰ παρακολουθῆσουν.

§ 94. Σύστασις τοῦ ἀτόμου. Ἐνα ἄτομον οἰοῦδήποτε στοιχείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα, εἰς τὸν ὁποῖον εἶναι συγκεντρωμένη ὅλη σχεδὸν ἡ μᾶζα τοῦ ἀτόμου καὶ ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα περιστρέφονται εἰς ἔλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς περὶ τὸν πυρῆνα. Τὸ ἄτομον δηλαδὴ εἶναι δυνατὸν νὰ θεωρηθῆ ὡς μικρογραφία τοῦ ἡλιακοῦ μας συστήματος, μὲ Ἡλιον τὸν πυρῆνα καὶ πλανήτας τὰ ἠλεκτρόνια.

Τὸ ἄτομον τοῦ ὕδρογόνου περιλαμβάνει ἓνα μόνον ἠλεκτρόνιον (σχ. 89). Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ὅτι ἐὰν ὁ πυρῆν τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου εἶχε διάμετρον ἐνὸς ἑκατοστομέτρου, τὸ ἠλεκτρόνιον του θὰ περιστρέφετο περὶ τὸν πυρῆνα εἰς ἀπόστασιν 410 μέτρων.



Σχ. 89. Ἄτομον ὕδρογονου.

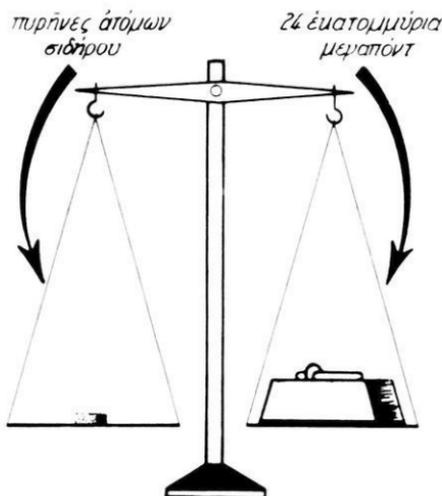
Τὸ ἄτομον τοῦ στοιχείου οὐρανίου, περιλαμβάνει 92 ἠλεκτρόνια. Ἐάν παραστήσωμεν τὸν πυρήνα τοῦ οὐρανίου μὲ ἓνα πορτοκάλιον, τὰ πλησιέστερα ἠλεκτρόνια θὰ περιστρέφονται εἰς ἀπόστασιν 100 m ἀπὸ τὸν πυρήνα, ἐνῶ τὰ πλεόν ἀπομακρυσμένα εἰς ἀπόστασιν 1500 m. Ἡ ἀτομικὴ Φυσικὴ διδάσκει ἀκόμη ὅτι ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι μόλις ἴση μὲ τὸ 1/2 000 περίπου τῆς μάζης τοῦ πυρήνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογονου.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

α) Ἡ μᾶζα τῶν ἀτόμων τῶν διαφόρων στοιχείων εἶναι, ὄλη σχεδόν, συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρήνα.

β) Εἰς τὸν συνολικὸν χῶρον τοῦ ἀτόμου, μικρὸν ποσοστὸν καταλαμβάνει ἡ ὕλη. Τὸ μεγαλύτερον τμήμα τοῦ ἀτομικοῦ χώρου εἶναι κενόν, τὰ δὲ ἠλεκτρόνια κινουῦνται εἰς ἔλλειπτικὰς ἢ κυκλικὰς τροχιάς

περὶ τὸν πυρήνα καὶ εἰς τεραστίας, συγκριτικῶς ἀποστάσεις.



Σχ. 90. Ὁ ἀτομικὸς χῶρος περιλαμβάνει ἓνα πολὺ μεγάλο κενὸν μέρος.

Ἄν ἠδυνάμεθα νὰ κατασκευάσωμεν ἓνα μικρὸν πλακίδιον μὲ μέγεθος ἴσον πρὸς ἐκεῖνο τῶν πλακιδίων τῆς σακχάρως, χρησιμοποιοῦντες ὡς ὑλικὸν συμπαγεῖς πυρηνὰς ἀτόμων σιδήρου, χωρὶς κενὸν χῶρον, τὸ βάρος τοῦ μικροῦ αὐτοῦ πλακιδίου θὰ ἦτο ἴσον μὲ 24 ἑκατομμύρια μεγαπόντ. Τὸ παράδειγμα αὐτὸ δίδει μίαν εἰκόνα τοῦ κενοῦ τὸ ὅποιον παρεμβάλλεται εἰς τὴν δομὴν τῆς ὕλης (σχ. 90).

1. Μόριον ὀνομάζομεν τὴν μικροτέραν ποσότητα τῆς ὕλης ἐνὸς σώματος, ἢ ὁποία δύναται νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν κατάστασιν καὶ νὰ διατηρῇ τὰς ιδιότητες τοῦ σώματος αὐτοῦ.

2. Τὰ μόρια ἔχουν πολὺ μικρὰς διαστάσεις καὶ εὐρίσκονται εἰς ἀδιάκοπον κίνησιν, τὸ εἶδος τῆς ὁποίας καθορίζει τὰς φυσικὰς καταστάσεις τῆς ὕλης.

3. Τὸ ἄτομον εἶναι ἡ μικροτέρα ποσότης τῆς ὕλης ἐνὸς ἀπλοῦ σώματος.

4. Ἀπὸ τὴν σύνδεσιν ὁμοειδῶν ἀτόμων προκύπτουν τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων.

5. Τὰ μόρια τῶν ἀπλῶν σωμάτων ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἀνομοιοειδῆ ἄτομα.

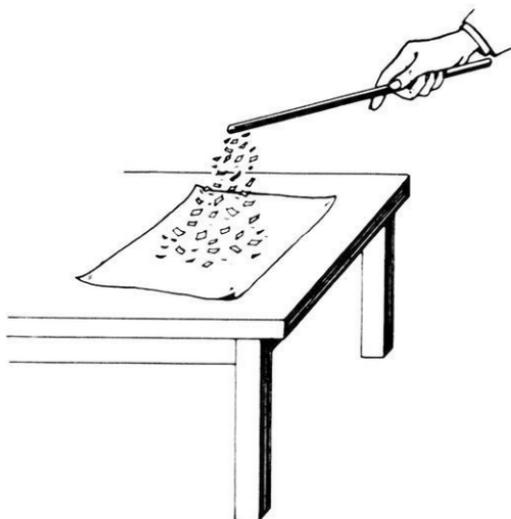
6. Τὰ ἄτομα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ ἓνα ἢ περισσότερα περιστρεφόμενα ἠλεκτρόνια.

7. Ἡ μᾶζα τοῦ ἠλεκτρονίου εἶναι περίπου ἴση μὲ τὸ $1/2000$ τῆς μᾶζης τοῦ πυρῆνος τοῦ ἀτόμου τοῦ ὕδρογόνου. Ἡ μᾶζα ἐπομένως τοῦ ἀτόμου εὐρίσκεται συγκεντρωμένη εἰς τὸν πυρῆνα του.

ΙΘ'—ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΟΥ ΑΤΟΜΟΥ. ΠΥΡΗΝΕΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΑ

§ 95. Ἡλεκτρισμός. Πείραμα. Τρίβομεν μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην (ὁ ὁποῖος εἶναι ἓνα συνθετικὸν ὕλικόν) μὲ μάλλινον ἢ μεταξωτὸν ὕφασμα ἢ δερμα γαλῆς καὶ κατόπιν πλησιάζομεν τὴν ράβδον εἰς πολὺ ἐλαφρὰ καὶ μικρὰ τεμάχια χάρτου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ τεμάχια αὐτὰ ἔλκονται ἀπὸ τὴν ράβδον καὶ προσκολλῶνται εἰς τὴν ἐπιφανείαν τῆς (σχ. 91). Τὸ ἴδιον ἀκριβῶς συμβαίνει ἐὰν τρίψωμεν μὲ μάλλινον ὕφασμα μίαν ὑαλίνην ράβδον κ.λπ.

Αὕτη ἡ περιεργος ἐκ πρώτης ὄψεως ιδιότης ἦτο γνωστὴ κατὰ τὴν ἀρχαιότητα. Ὁ Θαλῆς ὁ Μιλήσιος εἶχε παρατηρήσει ὅτι ὅταν ἔτριβε ἓνα τεμάχιον ἠλέκτρον (κοινῶς κεχριμπάρι) μὲ ἓνα ὕφασμα, τὸ ἠλεκτρον ἀπέκτα τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ πολὺ ἐλαφρὰ σώματα, ὅπως τρίχας, πούπουλα, κ.λπ. Ἡ ιδιότης αὕτη τῶν σωμάτων ὠνομάσθη ἠλεκτρισμός.



Σχ. 91. Μετά την τριβήν της με ξηρόν μάλλινον ύφασμα, ή ράβδος του έβονίτου έλκει μικρά τεμάχια χάρτου.

Τά σώματα τά όποία άποκτοϋν τήν ιδιότητα του ήλεκτρισμου λέγομεν ότι είναι ήλεκτρισμένα ή ότι είναι φορτισμένα ήλεκτρικώς. Η διαδικασία δέ, με τήν όποιαν άποκτοϋν τήν ιδιότητα του ήλεκτρισμου τά σώματα, όνομάζεται ή-λέκτρισις.

Ένα ήλεκτρισμένον σώμα λέγομεν ότι έχει **ήλεκτρικά φορτία**. Το ήλεκτρικόν φορτίον δέν είναι όρατόν, ή δέ παρουσία του διαπιστοϋται μόνον από τά άποτελέσματα τά όποία προκαλεί.

Τά σώματα τά όποία δέν έχουν ήλεκτρικά φορτία λέγομεν ότι είναι ήλεκτρικώς ουδέτερα.

§ 96. Θετικός και άρνητικός ήλεκτρισμός. Ήλεκτρικόν έκκρεμές.

α) Αί δυνάμεις αί όποίαι ένεφανίσθησαν με τήν τριβήν της ράβδου του έβονίτου και προεκάλεσαν τήν έλξιν του χάρτου είναι πολύ μικραί.

Είναι εύκολότερον νά μελετήσωμεν τά ήλεκτρικά φαινόμενα χρησιμοποιοϋντες τό **ήλεκτρικόν έκκρεμές**, μίαν συσκευήν δηλαδή ή όποία άποτελείται από ένα έλαφρόν σφαιρίδιον φελλου ή έντεριώνης της άκταιάς (ψύχαν κουφοξυλιᾶς), τό όποϊον κρέμαται από ένα λεπτόν μετάξινον νήμα, προσδεδεμένον εις ένα λεπτόν κατάλληλον ύποστήριγμα (σχ. 92).

Πείραμα. Πλησιάζομεν εις τό ήλεκτρικόν έκκρεμές μίαν ράβδον από έβονίτην, ή όποία προηγουμένως έχει τριφθῆ με μάλλινον ύφασμα. Παρατηροϋμεν τότε ότι τό σφαιρίδιον του έκκρεμους έλκεται από τήν ράβδον, εύθως δέ ως έλθη εις έπαφήν μετ' αυτης άπωθεΐται και άπομακρύνεται από αυτήν, παραμένον εις μίαν ώρισμένην άπόστασιν (σχ. 92 I, II).

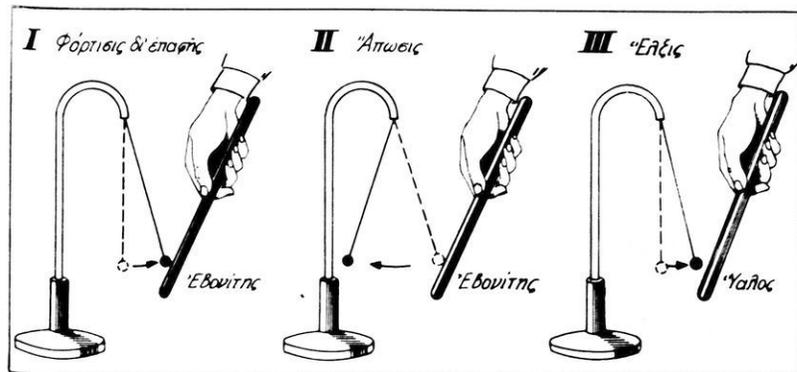
Όταν τὸ σφαιρίδιον ἤλθεν εἰς ἐπαφήν μὲ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, παρέλαβεν ἓνα μέρος ἀπὸ τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῆς ράβδου καὶ ἠλεκτρίσθη. Ἐπομένως ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη κατὰ τὴν ἐπαφήν του μὲ αὐτόν.

Τὰ ἴδια ἀκριβῶς φαινόμενα θὰ παρατηρήσωμεν, ἂν ἐκτελέσωμεν τὸ ἴδιον πείραμα, χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὕαλον ἢ ἄλλο κατάλληλον ὑλικόν. Ὡστε :

Ἐνα ἠλεκτρισμένον σῶμα Α, ἀσκεῖ ἀπωστικὴν δύναμιν ἐπὶ ἐνὸς ἄλλου σώματος Β, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίσθη ἐξ αἰτίας τῆς ἐπαφῆς του μὲ τὸ Α.

β) Θεωροῦμεν ἐκ νέου τὸ ἠλεκτρικὸν ἔκκρεμές, τὸ ὁποῖον ἠλεκτρίζομεν μὲ μίαν ράβδον ἀπὸ ἐβονίτην, ὅπως εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα. Ἐὰν κατόπιν πλησιάσωμεν εἰς τὸ ἔκκρεμές αὐτὸ μίαν ἠλεκτρισμένην ράβδον ἀπὸ ὕαλον, θὰ παρατηρήσωμεν ἔλξιν τοῦ ἔκκρεμοῦς ἀπὸ τὴν ὑαλίνην ἠλεκτρισμένην ράβδον (σχ. 92, III). Δηλαδή ἐνῶ ὁ ἠλεκτρισμένος ἐβονίτης ἀπωθεῖ τὸ φορτισμένον ἔκκρεμές, ἡ ἠλεκτρισμένη ὕαλος τὸ ἔλκει.

Συμπεραίνομεν ἐπομένως ὅτι ὁ ἠλεκτρισμός, ὁ ὁποῖος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἐβονίτου, δημιουργεῖ τὰ ἀντίθετα ἀποτελέσματα ἀπὸ τὸν ἠλεκτρισμόν, ὁ ὁποῖος παρουσιάσθη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὕαλου.



Σχ. 92. Τὸ σφαιρίδιον, τὸ ὁποῖον ἐφορτίσθη δι' ἐπαφῆς ἀπὸ τὴν ράβδον τοῦ ἐβονίτου, ἀπωθεῖται κατόπιν ἀπὸ αὐτὴν, ἐνῶ ἔλκεται ἀπὸ τὴν ἠλεκτρισμένην ὑαλίνην ράβδον.

Οὕτω δυνάμεθα νά εἰπώμεν ὅτι :

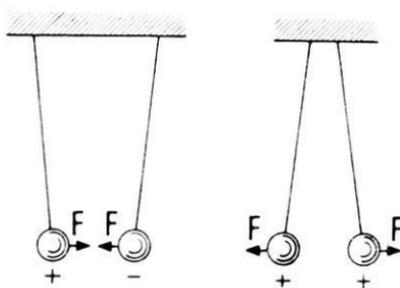
Πάν ἠλεκτρισμένον σῶμα συμπεριφέρεται εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένη ὑάλος, εἴτε ὡς ἠλεκτρισμένος ἔβονίτης.

Ἀπό τὰ ἀνωτέρω καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχουν δύο διαφορετικά εἶδη ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ ἠλεκτρισμὸς ὁ ὁποῖος ἀναφαίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑάλου καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὡς θετικὸς ἠλεκτρισμὸς (σύμβολον $+$) καὶ ὁ ἠλεκτρισμὸς ὁ ὁποῖος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἔβονίτου καὶ ὁ ὁποῖος χαρακτηρίζεται ὡς ἀρνητικὸς ἠλεκτρισμὸς (σύμβολον $-$).

§ 97. Νόμος τῆς ἔλξεως καὶ ἀπώσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φορτίων.

Δύο σῶματα τὰ ὁποῖα εἶναι ἀμφότερα φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἢ ἀμφότερα μὲ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, λέγομεν ὅτι φέρουν ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία.

Ἄν τὸ ἓνα ἔχῃ θετικὸν καὶ τὸ ἄλλο ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, τότε λέγομεν ὅτι φέρουν ἑτερόνυμα φορτία.



Τὰ προηγούμενα πειράματα μᾶς ἐπιτρέπουν νά διατυπώσωμεν τὸν ἀκόλουθον νόμον :

Δύο σῶματα φορτισμένα μὲ ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σῶματα φορτισμένα μὲ ἑτερόνυμα φορτία ἔλκονται.

Σχ. 93. Τὰ ἑτερόνυμα φορτία ἔλκονται (I), τὰ ὁμώνυμα ἀπωθοῦνται (II). Ὁ νόμος αὐτὸς εἶναι γνωστὸς ὡς νόμος τοῦ Κουλόμπ (Coulomb).

§ 98. Πυρὴν καὶ ἠλεκτρόνια. Κατόπιν μελετῶν καὶ πειραμάτων οἱ Φυσικοὶ ὠδηγήθησαν εἰς τὴν διαπίστωσιν ὅτι ἡ ιδιότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι συνέπεια τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

Ὅλα τὰ ἄτομα κατέχουν ἓναν κεντρικὸν πυρῆνα ὕλης, ἢ κατασκευὴ τοῦ ὁποίου εἶναι γενικῶς περίπλοκος.

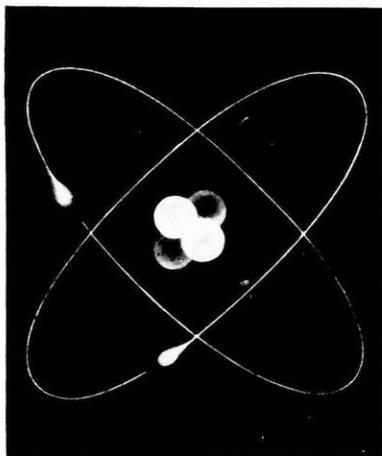
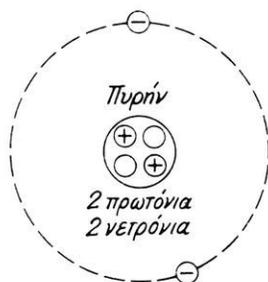
Ὁ πυρὴν τῶν ἀτόμων ἀποτελεῖται ἀπὸ σωματίδια φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται πρωτόνια καὶ ἀπὸ ἀφόρ-

τιστα σωματίδια, δηλαδή ηλεκτρικῶς ουδέτερα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται νετρόνια. Οὕτω, π.χ., εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἀτόμου τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ ἀπλούστερον ἄτομον, ὑπάρχει 1 πρωτόνιον καὶ οὐδὲν νετρόνιον, ἐνῶ εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ ἡλίου ὑπάρχουν 2 πρωτόνια καὶ 2 νετρόνια (σχ. 94, I, II).

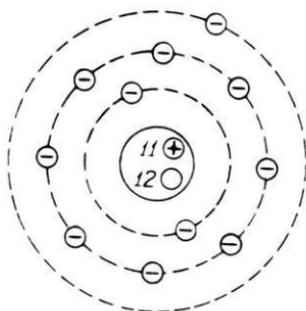
Τὰ ηλεκτρόνια διατάσσονται κατὰ ὁμάδας καὶ περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα εἰς διαφορετικὰς τροχιάς. Ὅσα ηλεκτρόνια κινοῦνται εἰς τροχιάς τῆς ἰδίας ἀκτίνας, λέγομεν ὅτι ἀνήκουν εἰς τὸν ἴδιον φλοιόν. Τὰ ηλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα σωματίδια. Τὸ ἀρνητικὸν φορτίον ἑνὸς ηλεκτρονίου εἶναι ἴσον ἀριθμητικῶς μετὰ τὸ θετικὸν φορτίον ἑνὸς πρωτονίου. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἄτομον εἶναι ηλεκτρικῶς ουδέτερον, ὁ ἀριθμὸς τῶν πρωτονίων εἶναι ἴσος μετὰ τὸν ἀριθμὸν τῶν ηλεκτρονίων του. Τοιοῦτοτρόπως τὸ ἄτομον τοῦ ἡλίου ἔχει πυρῆνα μετὰ δύο πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται δύο ηλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα σχηματίζουν ἓνα φλοιόν. Τὸ ἄτομον τοῦ νατρίου ἔχει πυρῆνα μετὰ 11 πρωτόνια, περὶ τὸν ὁποῖον περιστρέφονται 11 ηλεκτρόνια, κατανεμημένα εἰς τρεῖς φλοιούς (σχ. 95). Τὸ ἄτομον τοῦ οὐρανίου ἔχει πυρῆνα μετὰ 92 πρωτόνια καὶ 46 νετρόνια, περιλαμβάνει δὲ 92 ηλεκτρόνια.

Τὰ ηλεκτρόνια τοῦ ἐξωτάτου φλοιοῦ καθορίζουν καὶ ἐξηγοῦν τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις τῶν στοιχείων καὶ φαινόμενα ὡς ὁ ηλεκτρισμὸς, ἡ διέλευσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς, ἡ ηλεκτρόλυσις, κ.λπ. Ὡστε :

Τὸ ἄτομον οἰοῦδήποτε στοι-



σχ. 94. Συγκρότησις τοῦ ἀτόμου τοῦ ἡλίου (I). Τὰ δύο περιστρεφόμενα ηλεκτρόνια σχηματίζουν ἓνα φλοιόν (II).



Σχ.95.Το άτομον του νατρίου.

συμπεριφοράν τοῦ ἀτόμου καὶ ἐξηγεῖ ὠρισμένα φαινόμενα.

χείου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν κεντρικὸν πυρῆνα καὶ τὰ περιστρεφόμενα ἠλεκτρόνια. Ὁ πυρῆν ἀπαρτίζεται ἀπὸ πρωτόνια, τὰ ὅποια εἶναι θετικῶς φορτισμένα σωματίδια καὶ ἀπὸ νετρόνια, τὰ ὅποια εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερα. Τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι ἀρνητικῶς φορτισμένα καὶ τόσα ὅσα καὶ τὰ πρωτόνια τοῦ πυρῆνος. Περιστρέφονται περὶ τὸν πυρῆνα κατὰ ὁμάδας εἰς ὠρισμένας τροχιάς, σχηματίζοντα φλοιούς. Ὁ ἐξώτατος φλοιὸς τῶν ἠλεκτρονίων καθορίζει τὴν χημικὴν

Σημείωσις. Οἱ περισσότεροι ἀπὸ τοὺς πυρῆνας τῶν διαφόρων στοιχείων εἶναι σταθεροί. Ὁρισμένοι ὅμως πυρῆνες, ὅπως οἱ πυρῆνες τοῦ στοιχείου ραδίου καὶ τοῦ οὐρανίου, παρουσιάζουν ἀστάθειαν ἢ ὅποια ὀφείλεται εἰς τὴν πολύπλοκον κατασκευὴν τῶν καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον διασπῶνται.

Εἶναι δυνατόν νά συμβῆ φυσικῶς καὶ ἀβιάστως ἔκτομπή σωματιδίων ἀπὸ τὸν πυρῆνα ὅπως ἐπίσης καὶ μετατροπὴ νετρονίων εἰς πρωτόνια. Αὐτὰ τὰ φαινόμενα χαρακτηρίζονται γενικῶς μὲ τὸν ὄρον «ραδιενέργεια» καὶ καταλήγουν εἰς τὴν διάσπασιν τῆς ὑλης ἢ ὅποια πραγματοποιεῖται πολὺ βραδῶς.

Διὰ νά διασπασθῇ π.χ. μία ὠρισμένη ποσότης ραδίου καὶ νά ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια τῆς ἀρχικῆς ἀπαιτοῦνται 1 600 ἔτη ἐνῶ διὰ νά ἀπομείνῃ ἡ ἡμίσεια ποσότης ἀπὸ ὠρισμένην μάζαν οὐρανίου ἀπαιτοῦνται 4,5 δισεκατομμύρια ἔτη.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Ο Σ

1. Ὁρισμένοι οὐσίαι ὅπως ἡ ὕαλος, τὰ πλαστικά ὑλικά, κ.λπ., δύνανται ἐξ αἰτίας τῆς τριβῆς νά ἠλεκτρισθοῦν.
2. Ὑπάρχουν δύο εἶδη ἠλεκτρισμοῦ. Ὁ θετικὸς ἠλεκτρισμὸς, ὁ ὅποιος ἀναφαίνεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῆς ὑάλου, καὶ ὁ ἀρνητικὸς, ὁ ὅποιος παρουσιάζεται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἔβονίτου, ὅταν τρίψωμεν τὰ σώματα αὐτὰ μὲ ἓνα μάλλινον ὕφασμα.
3. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ὁμώνυμα ἠλεκτρικὰ φορτία ἀπωθοῦνται. Δύο σώματα φορτισμένα μὲ ἑτερόνυμα φορτία ἔλκονται.

4. Ένα άτομον ενός στοιχείου αποτελείται από τόν πυρήνα και τὰ περιστρεφόμενα περι αὐτὸν ἠλεκτρόνια.

5. Ὁ πυρὴν περιέχει πρωτόνια, τὰ ὁποῖα εἶναι σωματίδια φορτισμένα με θετικὸν ἠλεκτρισμὸν καὶ νετρόνια τὰ ὁποῖα εἶναι ἀφόρτιστα σωματίδια.

6. Τὸ ἠλεκτρόνιον φέρει ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν, ἴσον πρὸς τὸν θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ἑνὸς πρωτονίου. Τὸ άτομον ἔχει τόσα ἠλεκτρόνια, ὅσα καὶ πρωτόνια. Συνεπῶς ἐμφανίζεται ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον.

7. Τὰ ἠλεκτρόνια περιφέρονται κατὰ ὁμάδας εἰς ὠρισμένας τροχιάς περι τὸν πυρὴνα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

90. Τὸ μικρόμετρον ($1 \mu\text{m}$) εἶναι μιὰ πολλὰ μικρὰ μονὰς μετρήσεως μήκους καὶ εἶναι $1 \mu\text{m} = 10^{-3} \text{mm}$. Νὰ ἀποδοθῇ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ μέτρα. (Ἐπ. 10^{-4}cm , 10^{-6}m .)

91. Τὸ ἄγγστρεμ ($1 \text{ \AA}ngstr\ddot{o}m$, 1 \AA) εἶναι μονὰς μήκους μικροτέρα ἀπὸ τὸ μικρόμετρον. Εἶναι δὲ $1 \text{ \AA} = 10^{-4} \mu\text{m}$. Νὰ ἀποδοθῇ ἡ τιμὴ αὐτῆς τῆς μονάδος εἰς ἑκατοστόμετρα καὶ μέτρα. Τὰ ἀποτελέσματα νὰ ἐκφρασθοῦν με τὴν χρησιμοποίησιν δυνάμεων τοῦ δέκα. (Ἐπ. $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{cm} = 10^{-10} \text{m}$.)

92. Εἰς τὸ αἷμα ἑνὸς ὕγειοῦς ἀτόμου περιέχονται $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια, τὰ ὁποῖα ἔχουν διάμετρον $7 \mu\text{m}$. Ποῖον θὰ ἦτο τὸ μῆκος εἰς χιλιόμετρα τῶν ἐρυθρῶν αἰμοσφαιρίων τοῦ αἵματος ἑνὸς ἀνθρώπου, ἐὰν ἐτοποθετοῦντο εἰς σειρὰν τὸ ἓνα κατὰ τὸ ἄλλο. (Ἐπ. $175\,000 \text{km}$.)

93. Τὸ σῶμα τοῦ ἀνθρώπου περιέχει 5 λίτρα αἵματος, μέσα εἰς τὸ ὅποιον ὑπάρχουν $25 \cdot 10^{12}$ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ἀριθμὸς τῶν αἰμοσφαιρίων, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς 1cm^3 αἵματος. (Τὸ ἐρυθρὸν αἰμοσφαίριον δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς κύβος ἀκμῆς $2 \mu\text{m}$). β) Νὰ εὐρεθῇ τὸ ὕψος τοῦ κωνίδρου, ὁ ὁποῖος θὰ κατεσκευάζετο ἐὰν συνεσφωροῦντο τὸ ἓνα ἐπὶ τοῦ ἄλλου ὅλα τὰ ἐρυθρὰ αἰμοσφαίρια, τὰ ὁποῖα περιέχονται εἰς ἓνα κωνικὸν ἑκατοστὸν αἵματος. (Ἐπ. α' $5 \cdot 10^9$, β' 10km .)

94. Διὰ νὰ πραγματοποιήσωμεν τὸ μῆκος ἑνὸς ἑκατοστομέτρου, πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν εἰς εὐθείαν γραμμὴν 40 ἑκατομμύρια μόρια ὕδρογόνου, τὰ ὁποῖα θεωροῦμεν σφαιρικά. Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς ἑκατοστόμετρα ἡ διάμετρος ἑνὸς μορίου ὕδρογόνου. Ἡ τιμὴ τῆς διαμέτρου νὰ ἐκφρασθῇ με τὴν χρησιμοποίησιν δυνάμεως τοῦ δέκα με ἀρνητικοὺς ἐκθέτας. (Ἐπ. $25 \cdot 10^{-9} \text{cm}$.)

95. Εἰς τὸ άτομον ὕδρογόνου, τὸ ἠλεκτρόνιον κινεῖται περι τὸν πυρὴνα ἀκολουθῶν κυκλικὴν τροχίαν ἀκτίως 55 ἑκατομμυριοστίων τοῦ μικρομέτρου (γύφομεν $55 \mu\text{m}$). Ἐὰν παραστήσωμεν μῆκος 1cm με μῆκος 500km , πόση θὰ ἦτο ἡ διάμετρος τῆς περιφερείας, ἡ ὁποῖα θὰ παρίστανε τὴν τροχίαν τοῦ ἠλεκτρονίου. (Ἐπ. $5,5 \text{mm}$.)

Η' — ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ, ΦΟΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

§ 99. Γενιcότητες. Όταν εξετάσαμεν τὰ φαινόμενα τῆς ἠλεκτρίσεως, τὰ ὁποῖα προκαλοῦνται μὲ τὴν τριβὴν, ἀνεφέραμεν ὅτι τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὀφείλονται εἰς τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα παραμένουν εἰς τὴν ἐξωτερικὴν ἐπιφάνειαν τῶν τριβομένων σωμάτων.

Μὲ καταλλήλους συνθήκας καὶ προϋποθέσεις τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία εἶναι δυνατὸν νὰ μετακινηθοῦν.

Ἡ ἀπὸ οἰανδήποτε αἰτίαν μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ὡστε :

Ἡλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται, ὅταν ἀπὸ οἰανδήποτε αἰτίαν προκληθῇ μετακίνησις ἠλεκτρικῶν φορτίων.

§ 100. Πηγαι ἢ γεννήτριαι ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Αὗται χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν παραγωγὴν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ εἶναι αἱ ἑξῆς :

α) Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται κυρίως διὰ τὴν τροφοδοτήσιν μικρῶν φορητῶν ἠλεκτρικῶν συσκευῶν (φανάρια τσέπης, συσκευαὶ βαρηκῶν, φορητὰ ραδιόφωνα, κ.λπ.). Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἠλεκτρικὴν στήλην (σχ. 96).

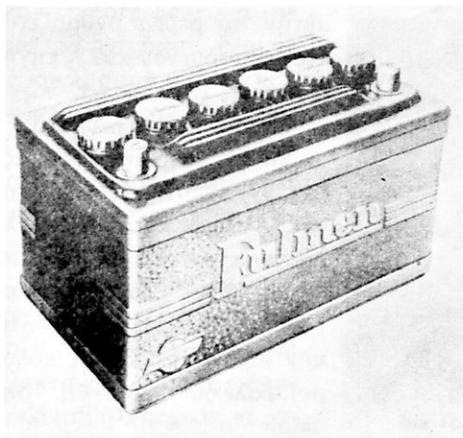


β) Οἱ ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια διὰ νὰ τὰ κινοῦν ὅταν ἔχουν καταδυθῆ, εἰς τὰ ραδιόφωνα, κ.λπ. Πολλοὶ ἠλεκτρικοὶ συσσωρευταὶ, καταλλήλως συνδεδεμένοι σχηματίζουν συστοιχίαν συσσωρευτῶν (σχ. 97).

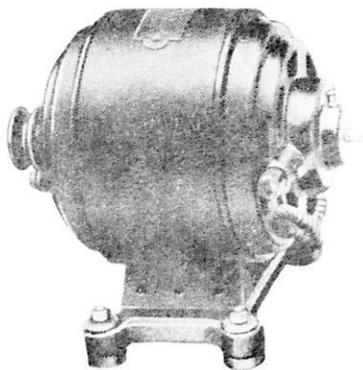
γ) Αἱ ἠλεκτρικαὶ δυναμογεννήτριαι, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦν τὰς σπουδαιότερας πηγὰς τροφοδοσίας ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (σχ. 98).

Εἰς οἰονδήποτε τύπον ἠλεκτρικῆς πηγῆς ὑπάρχουν συνήθως τὰ ἄκρα δύο στελεχῶν, ἢ

σχ. 96. Ἡλεκτρικὴ στήλη. συρμάτων, ἢ δύο ἐλασμάτων, τὰ ὁποῖα ὀνομά-



Σχ. 97. Ήλεκτρικὸς συσσωρευτὴς.



Σχ. 98. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις
δυναμογεννητρίας.

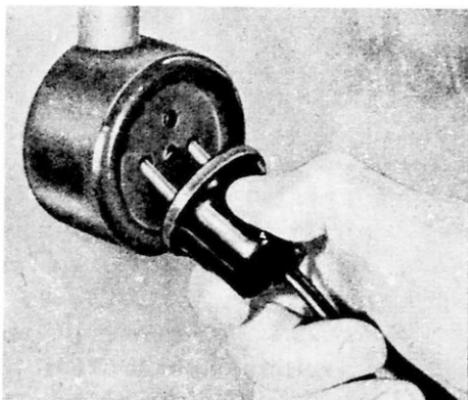
ζονται **πόλοι** τῆς πηγῆς. Ὁ ἓνας ἀπὸ τοὺς πόλους ὀνομάζεται **θετικὸς πόλος** καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (+), ἐνῶ ὁ ἄλλος **ἄρνητικὸς πόλος** καὶ σημειώνεται μὲ τὸ σύμβολον (-).

§ 101. Συνεχὲς καὶ ἐναλλασσόμενον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διακρίνονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας: α) εἰς τὰς πηγὰς συνεχοῦς ρεύματος καὶ β) εἰς τὰς πηγὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Ὅταν οἱ πόλοι μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς διατηροῦν ἀμετάβλητον τὸ σημεῖον των (παραμένουν δηλαδὴ θετικὸς ὁ θετικὸς πόλος καὶ ἄρνητικὸς ὁ ἄρνητικὸς πόλος, ὅσον χρονικὸν διάστημα ἐργάζεται καὶ τροφοδοτεῖ μὲ ρεῦμα ἢ πηγῇ), τότε ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν, ὁ ὁποῖος συνδέει τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, διατηρεῖται σταθερά. Αὐτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὀνομάζεται συνεχὲς καὶ ἡ πηγῇ ἢ ὁποῖα τὸ παράγει πηγῇ συνεχοῦς ρεύματος.

Τὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα, οἱ συσσωρευταὶ καὶ αἱ γεννήτριαι ὀρισμένου τύπου παράγουν συνεχὲς ρεῦμα.

Ὅταν ὅμως οἱ πόλοι τῆς πηγῆς ἐναλλάσσουν τὸ σημεῖον των, (γίνονται δηλαδὴ διαδοχικῶς καὶ διαρκῶς θετικοὶ καὶ ἄρνητικοί), τότε καὶ ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται περιοδικῶς, ἀκολουθοῦσα τὴν περιοδικότητα τῆς μεταβολῆς τῶν πόλων. Εἰς τὴν περίπτωσιν



Σχ. 99. Ρευματοδότης (πρίζα) και ρευματολήπτης.

Τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα διακρίνονται εἰς ρεύματα χαμηλῆς συχνότητος καὶ εἰς ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητος.

Τὰ χαμηλῆς συχνότητος βιομηχανικὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα τῆς Εὐρώπης ὅπως εἶναι τὸ ρεῦμα τοῦ ἠλεκτρικοῦ δικτύου τροφοδοσίας τῶν πόλεων, ἔχουν συχνότητα 50 Hz. Ἐντὸς δηλαδή χρόνου 1 sec ἀλλάζουν 50 φορές πολικότητα οἱ πόλοι τῆς γεννητριάς, ἡ ὁποία παράγει τὸ ρεῦμα.

§ 102. Ἡλεκτρικὸν κύκλωμα. Πείραμα. Μὲ τρία ὅμοια χάλκινα σύρματα συνδέομεν ἓνα συσσωρευτὴν, ἓνα διακόπτην καὶ ἓνα μικρὸν λαμπτήρα, ὡς ἐξῆς: Συνδέομεν τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ μὲ τὸν ἓνα ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτήρος, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἓνα σύρμα. Μὲ τὸ δεύτερον σύρμα συνδέομεν τὸν ἄλλον ἀκροδέκτην τοῦ λαμπτήρος μὲ τὸν διακόπτην, ἔχοντες τὸν διακόπτην ἀνοικτὸν, καὶ μὲ τὸ τρίτον σύρμα ἐνώνομεν τὸν διακόπτην μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Ἡ σύνδεσις αὐτὴ ἀποτελεῖ ἓνα **ἠλεκτρικὸν κύκλωμα**.

Κλείομεν τὸν διακόπτην, ὁπότε ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ. Αὐτὸ συμβαίνει διότι κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ χάρις εἰς τὰ χάλκινα σύρματα, τὰ ὁποῖα ἄγουν, δηλαδή μεταφέρουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ δι' αὐτὸ ὀνομάζονται ἀγωγοὶ συνδέσεως. Τὸ ρεῦμα θερμαίνει τὸ νῆμα τοῦ λαμπτήρος, τὸ ὁποῖον οὕτω φωτοβολεῖ. Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι τώρα κλειστὸν (σχ. 100, I).

Ἄνοίγομεν τὸν διακόπτην, ὁπότε ὁ λαμπτήρ σβέννυται. Αὐτὸ συμ-

αὐτὴν τὸ ρεῦμα ὀνομάζεται ἐναλλασσόμενον καὶ ἡ πηγή, ἡ ὁποία τὸ παράγει, πηγή ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Οἱ ρευματοδοταὶ (πρίζες) (σχ. 99) εἶναι ἠλεκτρικαὶ πηγαί. Ἄν ὁμως παρέχουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, δὲν εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ διακρίνωμεν τὸν θετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον, ἐπειδὴ οἱ πόλοι μεταβάλλουν διαρκῶς σημεῖον.

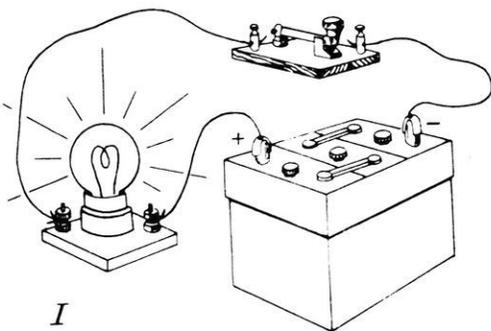
βαίνει διότι με τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτου ἔπαυσε νὰ κυκλοφορῇ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Ὡστε ὅταν ὁ λαμπτήρ φωτοβολῇ, χρησιμοποιεῖ καὶ ἐπομένως καταναλίσκει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Αἱ πολυποίκιλοι συσκευαί, αἱ ὁποῖαι λειτουργοῦν διὰ καταναλώσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀνομάζονται ἠλεκτρικοὶ καταναλωταί.

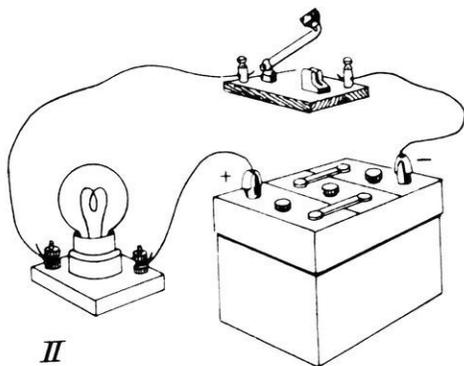
Ὅταν εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα δὲν κυκλοφορῇ ρεῦμα, λέγομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν (σχ. 100, II.)

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει μίαν ἠλεκτρικὴν πηγὴν, ἓνα ἢ περισσοτέρους καταναλωτάς, ἓνα διακόπτην καὶ τοὺς ἀγωγοὺς συνδέσεως. Τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν εἰς οὐδὲν σημεῖον τοῦ παρουσιάζει διακοπήν.



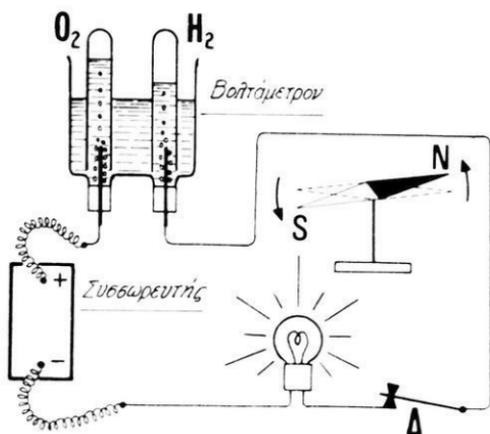
I



II

Σχ. 100. Ἐλεκτρικὸν κύκλωμα. (I) Κλειστὸν καὶ (II) ἀνοικτὸν.

§ 103. Ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα. Χρησιμοποιοῦντες χάλκινα σύρματα (καλώδια) συνδέομεν ἐν σειρᾷ, (δηλαδὴ τὴν μίαν συσκευὴν κατόπιν τῆς ἄλλης), ἓνα συσσωρευτήν, ἓνα λαμπτήρα, ἓνα διακόπτην καὶ ἓνα βολτάμετρον μετὰ διάλυμα σόδας



Σχ. 101. Διά την σπουδήν των αποτελεσμάτων του ηλεκτρικού ρεύματος.

καί ηλεκτρόδια από σίδηρον. Τò χάλκινον σύρμα του άγωγού συνδέσεως τοποθετείται κατά τοιοϋτον τρόπον, ώστε ένα τμήμα του νά είναι παράλληλον πρός μίαν μαγνητικήν βελόνην (σχ. 101).

Όταν είναι άνοικτόν τò κύκλωμα, οϋδέν φαινόμενον παρατηρείται, οϋτε εις τò βολτάμετρον, οϋτε εις τόν λαμπτήρα, ένω ή μαγνητική βελόνη παραμένη παράλληλος πρός τò χάλκινον σύρμα.

Κλείομεν άκολούθως τόν διακόπτην, όποτε παρατηροϋμεν τά εξής φαινόμενα :

α) Η μαγνητική βελόνη άποκλίνει και δέν είναι πλέον παράλληλος πρός τόν χάλκινον άγωγόν συνδέσεως.

β) Ο λαμπτήρ άνάπτει. Τò μετάλλινον νήμα του λαμπτήρος πυρακτούται και φωτοβολεί.

γ) Εις τά ηλεκτρόδια του βολταμέτροϋ έλευθεροϋνται άέρια.

Όταν συμβαίνουν τά άνωτέρω φαινόμενα, εις τò κύκλωμα κυκλοφορεί ηλεκτρικόν ρεύμα.

Άνοιγομεν τόν διακόπτην. Άυτομάτως τά φαινόμενα τά όποια παρετηρήσαμεν διακόπτονται, ή μαγνητική βελόνη άναλαμβάνει παράλληλον θέσιν πρός τò χάλκινον σύρμα, ό λαμπτήρ σβέννυται και ή παραγωγή άερίων εις τά ηλεκτρόδια παύει. Τò ηλεκτρικόν ρεύμα δέν κυκλοφορεί πλέον εις τò κύκλωμα.

Άπό τά άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

Η κυκλοφορία ηλεκτρικου ρεύματος εις ένα κλειστόν κύκλωμα προκαλεί :

α) **Θερμικά άποτελέσματα.** Θερμαίνει δηλαδή τούς άγωγούς, τούς όποιους διαρρέει. Οϋτω θερμαίνει και πυρακτώνει τò σύρμα του λαμπτήρος, τò όποιον φωτοβολεί.

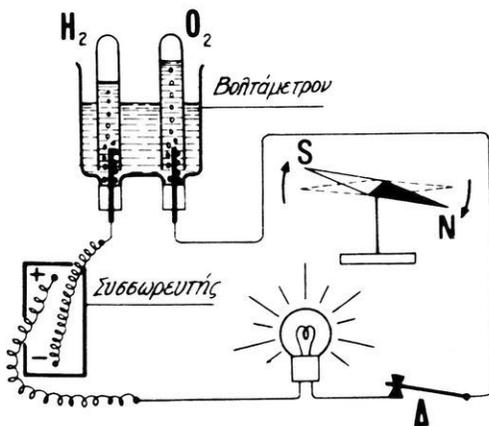
β) Μαγνητικά αποτελέσματα. Έκτρέπει μίαν μαγνητικήν βελόνη από την αρχικήν της θέσιν.

γ) Χημικά αποτελέσματα. Έλευθερώνει αέρια εις τὰ ηλεκτρόδια ἐνὸς βολτάμετρου, τὸ ὁποῖον περιέχει ὕδατικὸν διάλυμα σόδας.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἀποτελέσματα αὐτά, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν διέλθῃ ἀπὸ τὸ ἀνθρώπινον σῶμα ἢ τὸ σῶμα τῶν ζῶων, ἀλλοιώνει τὰ κύτταρα καὶ δύναται νὰ προκαλέσῃ καὶ τὸν θάνατον (ἠλεκτροπληξία). Ἐξ ἄλλου, ὅταν διέρχεται ἀπὸ καταλλήλους μηχανάς (ἠλεκτροκινητήρας), δύναται νὰ τὰς κινήσῃ. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν κυκλοφορήσῃ μέσα ἀπὸ ἠραιωμένα αέρια τὰ ἀναγκάζει νὰ φωτοβολήσουν (σωλῆνες φωτεινῶν διαφημίσεων, λαμπτήρες φθορισμοῦ).

§ 104. Φορὰ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὸ προηγούμενον πείραμα σημειοῦμεν τὸ ηλεκτρόδιον εἰς τὸ ὁποῖον παράγεται ἡ μικροτέρα ποσότης αἰρίου. Τὸ ηλεκτρόδιον αὐτὸ εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον τοῦ συσσωρευτοῦ. Σημειοῦμεν ἐπίσης τὴν φορὰν τῆς ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Πείραμα. Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, γεμίζομεν καὶ τοὺς δύο ἀνεστραμμένους ὄγκομετρικοὺς σωλῆνας τῶν ἠλεκτροδίων μὲ ὕδατικὸν διάλυμα σόδας καὶ ἀφοῦ ἐναλλάζωμεν τοὺς ἀκροδέκτας τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως μὲ τοὺς πόλους τοῦ συσσωρευτοῦ, ἐπαναλαμβάνομεν τὸ πείραμα (σχ. 102), ὁπότε διαπιστώνομεν ὅτι: α) Ὁ λαμπτήρ φωτοβολεῖ ὡς καὶ προηγουμένως. β) Ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει, ἀλλὰ ἀντιθέτως ἀπὸ τὴν προηγουμένην φορὰν. γ) Εἰς τὸ βολτάμετρον τὸ ηλεκτρό-



Σχ. 102. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρι-
σμένην φορὰν.

διον, εις τὸ ὁποῖον ἐλευθεροῦται ἡ μικροτέρα ποσότης ἀερίου, εἶναι καὶ πάλιν ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον εἶναι συνδεδεμένον μὲ τὸν θετικὸν πόλον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὰ χημικὰ καὶ μαγνητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἀλλάζουσι φορὰν, ὅταν ἐναλλάξωμεν τοὺς πόλους τῆς πηγῆς εἰς τὸ κύκλωμα καὶ συνεπῶς οἱ δύο πόλοι μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι, τὸ δὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρισμένην φορὰν.

Ὅπως λέγομεν, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἀπὸ τὸν θετικὸν πόλον πρὸς τὸν ἀρνητικὸν, ὡς πρὸς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, καὶ ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πόλον πρὸς τὸν θετικὸν πόλον ὡς πρὸς τὸ ἐσωτερικόν, δηλαδὴ μέσα εἰς τὸν συσσωρευτὴν.

Ἡ φορὰ τῆς κυκλοφορίας τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐκτὸς τῆς ἠλεκτρικῆς πηγῆς δὲν γίνεται εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπὸ τὸν θετικὸν πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον. Ἡ φορὰ αὕτη ὀνομάζεται συμβατικὴ φορὰ.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Οἰαδήποτε μετακινήσεις ἠλεκτρικῶν φορτίων ἀποτελεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Αἱ πηγαὶ τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δύνανται νὰ τροφοδοτήσουσι μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μίαν ἐγκατάστασιν.

3. Αἱ ἠλεκτρικαὶ πηγαὶ ἔχουσι δύο πόλους, τὸν θετικὸν (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν (—) πόλον.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν κύκλωμα περιλαμβάνει τὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν, τὰ ἀγωγὰ σύρματα, τοὺς καταναλωτάς, τὰ ὄργανα μετρήσεως καὶ τὸν διακόπτην.

5. Ἡ διέλευσις ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου ἐνὸς κλειστοῦ κυκλώματος δύνανται νὰ προκαλέσῃ θερμικά, μαγνητικὰ καὶ χημικὰ ἀποτελέσματα.

6. Οἱ πόλοι μιᾶς ἠλεκτρικῆς πηγῆς δὲν εἶναι ἰσοδύναμοι. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει ὀρισμένην φορὰν. Ἡ φορὰ αὕτη εἶναι ἀπὸ τὸ θετικὸν πρὸς τὸν ἀρνητικὸν πόλον ἐκτὸς τῆς πηγῆς (συμβατικὴ φορὰ) καὶ ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον ἐντὸς τῆς πηγῆς.

ΚΑ'— ΑΓΩΓΑ ΚΑΙ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ. ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΝ ΡΕΥΜΑ ΕΙΣ ΤΟΥΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

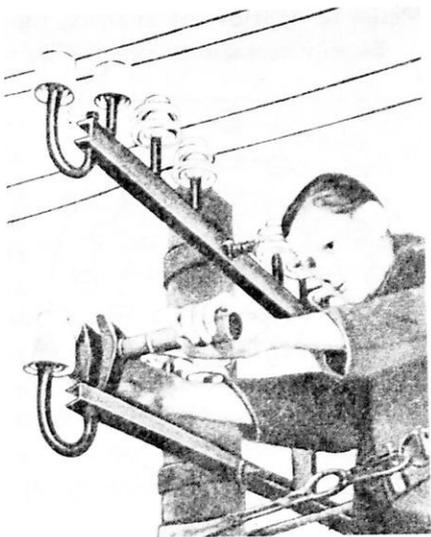
§ 105. Ἄγωγοί καὶ μονωταί. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν τὰ χάλκινα σύρματα τοῦ κυκλώματος, μὲ τὸ ὅποιον διαπιστώσαμεν τὰ θερμικά, μαγνητικά καὶ χημικά ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος (βλ. σχ. 101) μὲ σύρματα ἀπὸ ἐλαστικὸν κόμι (καουτσούκ) ἢ ἀπὸ ἓνα πλαστικὸν ὑλικὸν καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην, ὅποτε διαπιστοῦμεν ὅτι : α) ὁ λαμπτήρ δὲν ἀνάπτει, β) ἡ μαγνητικὴ βελόνη δὲν ἀποκλίνει καὶ γ) ἀέρια δὲν ἐκλύονται εἰς τὰ ἠλεκτρόδια.

Ἐφ' ὅσον οὐδὲν φαινόμενον παρατηρεῖται εἰς τὸ κύκλωμα, συμπεραίνομεν ὅτι δὲν κυκλοφορεῖ εἰς αὐτὸ ρεῦμα, πρᾶγμα τὸ ὅποιον ὀφείλεται εἰς τὴν φύσιν τῶν ἀγωγῶν συνδέσεως, τῶν ἐλαστικῶν δηλαδὴ ἢ πλαστικῶν συρμάτων.

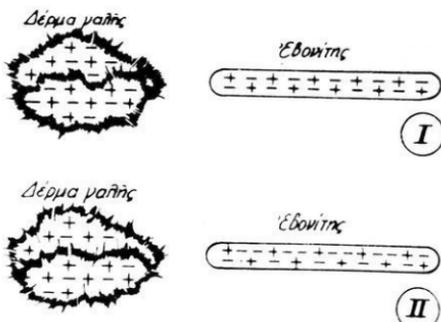
Τὰ χάλκινα σύρματα, ἐπομένως, ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μάζαν των, ἐνῶ τὰ ἐλαστικά ἢ πλαστικά σύρματα ὄχι. Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι ὁ χαλκὸς εἶναι **καλὸς ἀγωγὸς** ἢ ἀπλῶς **ἀγωγὸς** τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἐνῶ τὸ ἐλαστικὸν κόμι **κακὸς ἀγωγὸς** τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ **μονωτής**.

Τὰ μέταλλα εἶναι ἀγωγοὶ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὕαλος, τὸ ξύλον, ἢ πορσελάνη (σχ. 103), τὸ ἀπεσταγμένον ὕδωρ, τὸ πετρέλαιον, κλπ., εἶναι μονωταί. Ὡστε :

Ἔλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μάζαν των. Ὑπάρχουν ἀγωγὰ σώματα, ὅπως τὰ μέταλλα, καὶ μονωτικά σώματα, ὅπως τὸ καουτσούκ.



Σχ. 103. Μονωταὶ ἀπὸ πορσελάνην εἰς τὸ τηλεφωνικὸν δίκτυον.



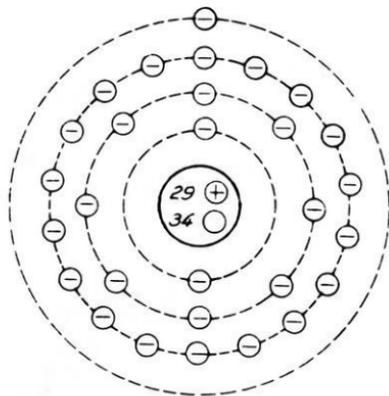
Σχ. 104. Διά την εξήγησιν τῆς ἠλεκτρίσεως τοῦ ἔβονίτου. (I) Πρὶν ἀπὸ τὴν τριβὴν τὰ θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία τοῦ δέρματος καὶ τῆς ράβδου εἶναι ἴσα. (II) Μετὰ τὴν τριβὴν εἰς τὸ δέρμα πλεονάζουν θετικὰ καὶ εἰς τὸν ἔβονίτην ἀρνητικὰ φορτία.

φορτίον τῶν περιστρεφόμενων ἠλεκτρονίων.

Ἐάν μὲ τὴν τριβὴν ἀποσπάσωμεν ἠλεκτρόνια ἀπὸ μερικὰ ἄτομα ἑνὸς ὑλικοῦ, παρουσιάζεται εἰς αὐτὸ πλεόνασμα θετικῶν φορτίων, ἐπειδὴ τὸ φορτίον τοῦ πυρήνος παραμένει ἀμετάβλητον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ράβδου τοῦ ἔβονίτου ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἑξῆς: Πρὶν τρίψωμεν τὴν ράβδον μὲ τὸ δέρμα τῆς γαλῆς, αὐτὴ εἶχεν ἰσάριθμα θετικὰ καὶ ἀρνητικὰ φορτία, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον συνέβαινε καὶ μὲ τὸ δέρμα. Κατὰ τὴν τριβὴν ὁμως, τὸ δέρμα τῆς γαλῆς ἀπώλεσε μερικὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα παρέλαβεν ὁ ἔβονίτης (σχ. 104). Τοιοῦτοτρόπως τὸ δέρμα ἐφορτίσθη μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν ὁ δὲ ἔβονίτης μὲ ἀρνητικὸν ἠλεκτρισμὸν. Ἐπομένως συμπεραίνομεν ὅτι:

Σχ. 105. Σχηματικὴ παράστασις ἀτόμου χαλκοῦ.



§ 106. Ἐξήγησις τῆς ἠλεκτρίσεως. Ἄν τρίψωμεν τὸ ἄκρον μιᾶς ράβδου ἀπὸ ἔβονίτην μὲ δέρμα γαλῆς, θὰ ἀναφανοῦν, ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὸ τριβόμενον μέρος τῆς ράβδου, ἀρνητικὰ ἠλεκτρικὰ φορτία, τὰ ὁποῖα ἔλκουν μικρὰ τεμάχια χάρτου (βλ. σχ. 91).

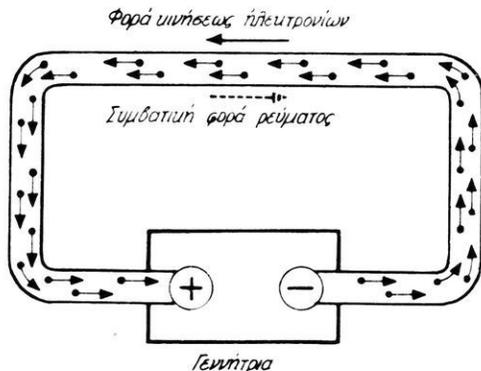
Ἡ ἐξήγησις τοῦ φαινομένου εἶναι ἀπλῆ εἰς τὸν γνώστην τῆς κατασκευῆς τοῦ ἀτόμου.

Τὸ ἄτομον εἶναι ἠλεκτρικῶς οὐδέτερον, ἐφ' ὅσον τὸ θετικὸν φορτίον τοῦ πυρήνος εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσον μὲ τὸ ἀρνητικὸν

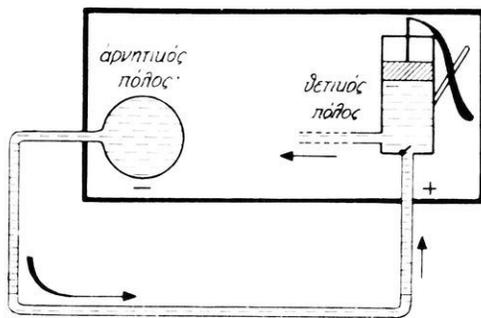
Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι φορτισμένα μὲ θετικὸν ἠλεκτρισμὸν

παρουσιάζουν έλλειμμα ήλεκτρονίων, ενώ αντίθετως τὰ σώματα τὰ έχοντα άρνητικόν ήλεκτρισμόν παρουσιάζουν πλεόνασμα ήλεκτρονίων.

§ 107. Τò ήλεκτρικόν ρεύμα είς τούς μεταλλικούς άγωγούς. Τά μέταλλα είναι άγωγοί του ήλεκτρισμού. Έάν μελετήσωμεν τήν κατασκευήν τών άτόμων τών μετάλλων, θά παρατηρήσωμεν ότι είς τόν έξώτατον φλοιόν κινείται ένας άριθμός ήλεκτρονίων (συνήθως 1, 2 ή 3 ήλεκτρόνια). Ούτως τò άτομον του χαλκού π.χ. τò όποίον περιλαμβάνει 29 ήλεκτρόνια (σχ. 105) έχει ένα μόνον περιφερόμενον ήλεκτρόνιον είς τήν έξωτάτην τροχιάν. Τò άπομεμονωμένον αυτό ήλεκτρόνιον είναι



Σχ. 106. Ό θετικός πόλος τής πηγής έλκει τὰ ήλεκτρονια του μετάλλου, ενώ ό άρνητικός τὰ άπωθει.



Σχ. 107. Η ήλεκτρική πηγή λειτουργεί ως άντλία ήλεκτρονίων.

σχετικώς άπομακρυσμένον από τόν πυρήνα, ό όποίος δέν δύναται νά τò συγκρατήσει ίσχυρως. Δι' αυτόν τόν λόγον άποσπάται με εύκολίαν από τò άτομον του χαλκού και μεταβάλλεται είς έλευθερον ήλεκτρόνιον.

Ένα τεμάχιον χαλκού ή ένα τεμάχιον ενός άλλου μετάλλου περικλείει, έπομένως, μίαν ποσότητα έλευθερων ήλεκτρονίων, τὰ όποια μετακινούνται μέσα είς τήν μάζαν του μετάλλου, κατά έντελώς άκανόνιστον τρόπον.

Έάν συνδέσωμεν τούς πόλους μιās ήλεκτρικής γεννητριάς (π.χ. ενός συσσωρευτου) με ένα μεταλλικόν σύρμα, τότε έχομεν ένα άπλουδν



Σχ. 107, α. Γραμμιά μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, από τὸ ἐργοστάσιον παραγωγῆς εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως, ἐκ τῶν χρησιμοποιουμένων εἰς τὸν Ἑλληνικὸν Ἐθνικὸν Δίκτυον (ΔΕΗ). Τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι κατεσκευασμένα ἀπὸ ἀργίλιον μὲ χαλύβδινον ὄμως πυρῆνα καὶ ἐξαρτῶνται ἀπὸ τὰ ὑποστηρίγματα τῶν μεταλλικῶν στύλων μὲ καταλλήλους μονωτάς.

γματική φορά ἐπομένως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ἔξω ἀπὸ τὴν ηλεκτρικὴν πηγὴν, εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον. Ἡ φορά αὐτὴ λέγεται ηλεκτρονικὴ φορά καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν. Ὡστε :

Ἡ πραγματικὴ φορά τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ρευματοφόρους μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς εἶναι ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον καὶ ὀνομάζεται ηλεκτρονικὴ φορά. Ἡ ηλεκτρονικὴ φορά εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

ἠλεκτρικὸν κύκλωμα (σχ. 106). Ὁ θετικὸς πόλος τῆς πηγῆς ἔλκει τὰ ἐλεύθερα ἠλεκτρόνια τοῦ μετάλλου, ἐνῶ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τὰ ἀπωθεῖ. Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον δημιουργεῖται μία ἀδιάκοπος κυκλοφορία ἠλεκτρονίων μέσα εἰς τὸ μεταλλικὸν σύρμα. Ἡ ἠλεκτρικὴ πηγὴ λειτουργεῖ συνεπῶς ὡς μία «ἀντλία ἠλεκτρονίων» (σχ. 107). Ὡστε :

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγοὺς ὀφείλεται εἰς τὴν μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

§ 108. Ἡλεκτρονικὴ φορά τοῦ ρεύματος. Ὅταν ἐνώσωμεν τὸνθετικὸν καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον μιᾶς γεννητρίδας, προκαλεῖται μετακίνησις ἠλεκτρονίων μέσα εἰς τὸν μεταλλικὸν ἀγωγόν, ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον (βλ. σχ. 106). Ἡ πραγματικὴ

Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ταχύτης διαδόσεως τῶν ἠλεκτρικῶν φαινομένων εἶναι ἴση μὲ 300 000 km/sec. Ἡ ταχύτης ἐν τούτοις μὲ τὴν ὁποίαν μετακινοῦνται τὰ ἠλεκτρόνια εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ κυμαίνεται περὶ τὰ 0,5 m/h.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ὅλα τὰ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀφήνουν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τους, ὅπως τὰ μέταλλα, λέγονται ἄγωγοί, ἐνῶ ἐκεῖνα τὰ ὁποῖα δὲν τὸ ἀφήνουν, ὅπως τὸ ξύλον, μονωταί.

3. Τὰ ἠλεκτρισμένα θετικῶς σώματα ἔχουν ἔλλειμμα ἠλεκτρονίων. Τὰ ἠλεκτρισμένα ἀρνητικῶς σώματα ἔχουν πλεόνασμα ἠλεκτρονίων.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μέσα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἄγωγούς ὀφείλεται εἰς μετακίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

5. Ἡ ἠλεκτρονικὴ φορά, δηλαδὴ ἡ φορά τοῦ ρεύματος τῶν ἠλεκτρονίων γίνεται ἀπὸ τὸν ἀρνητικὸν πρὸς τὸν θετικὸν πόλον, καὶ εἶναι ἀντίθετος πρὸς τὴν συμβατικὴν φοράν.

ΚΒ' — ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ. ΙΟΝΤΑ

§ 109. Γενικότητες. Ὅρισμοί. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ὅταν διέρχεται μέσα ἀπὸ ὕδατικά διαλύματα ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, προκαλεῖ τὴν χημικὴν των ἀποσύνθεσιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἠλεκτρόλυσις, τὰ δὲ διαλύματα τὰ ὁποῖα ἠλεκτρολύονται λέγονται ἠλεκτρολύται. Ὡστε :

Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα προκαλεῖ χημικὴν ἀποσύνθεσιν τῶν ὕδατικῶν διαλυμάτων τῶν ὀξέων, βάσεων ἢ ἀλάτων, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εἰς τὴν μᾶζαν των.

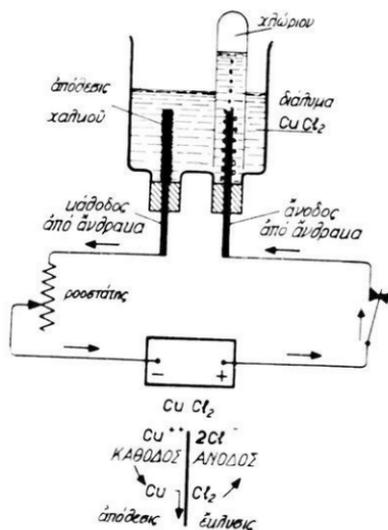
Ἡ ἠλεκτρόλυσις ἐργαστηριακῶς γίνεται μέσα εἰς ἀπλᾶς συσκευάς, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται **βολτάμετρα**.

Αυτά είναι συνήθως δοχεία εις σχήμα κυλίνδρου, εις τὸν πυθμένα τῶν ὁποίων ὑπάρχουν δύο μεταλλικά ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ἐλάσματα, τὰ ὁποῖα συνδέονται μὲ τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος καὶ ὀνομάζονται **ἠλεκτρόδια**. Πολλάκις τὰ ἠλεκτρόδια περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικοὺς σωλῆνας, μέσα εις τοὺς ὁποίους συλλέγονται ἀέρια προϊόντα.

Τὸ ἠλεκτρόδιον τὸ ὁποῖον συνδέεται μὲ τὸν θετικὸν πόλον λέγεται **ἄνοδος (+)**, ἐνῶ τὸ ἠλεκτρόδιον τὸ συνδεόμενον μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πηγῆς **κάθοδος (-)**. Εἰς ἄλλα βολτάμετρα τὰ ἠλεκτρόδια εἰσέρχονται ἀπὸ τὸ ἀνοικτὸν ἄνω μέρος τοῦ δοχείου καὶ βυθίζονται εἰς τὸ ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα.

Ὑπάρχουν καὶ βολτάμετρα τὰ ὁποῖα ἀποτελοῦνται ἀπὸ ὑοειδῆ σωλῆνα, ἐκ τῶν ἀνοικτῶν σκελῶν τοῦ ὁποίου εἰσέρχονται τὰ ἠλεκτρόδια.

Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ βολταμέτρου τοποθετεῖται ἓνας διακόπτης, μὲ τὸν ὁποῖον ἀνοίγουμεν καὶ κλείουμεν τὸ κύκλωμα, καὶ ἓνας ροοστάτης διὰ νὰ ρυθμίζωμεν τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος.



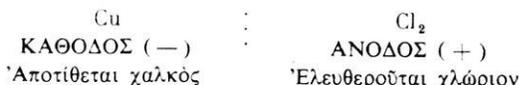
Σχ. 108. Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου χαλκοῦ.

§ 110. Ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως. Πείραμα. α) Κλείουμεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος ἑνὸς βολταμέτρου μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$), ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον ἐμφανίζονται φυσαλίδες ἀερίου. Τὸ ἀέριον αὐτὸ ἔχει ἀποπνυκτικὴν ὁσμὴν καὶ κιτρινοπράσινον χρῶμα. Πρόκειται περὶ χλωρίου (σχ. 108). Ἐνῶ συμβαίνουν αὐτὰ εἰς τὴν

άνοδον, ή κάθοδος έπικαλύπτεται με ένα έρυθρόν στρώμα χαλκού.

Χαρακτηριστικόν τής ηλεκτρολύσεως είναι ότι ουδέν άπολύτως φαινόμενον παρατηρείται εις τήν μάζαν του ηλεκτρολυτικού υγρού, τó όποιον ύπάρχει μεταξύ τών ηλεκτροδίων.

Διά νά έμφανισθοϋν εις τήν άνοδον και εις τήν κάθοδον τά άνωτέρω προϊόντα, σημαίνει ότι ó χλωριούχος χαλκός, ό όποίος ύπάρχει εις τó διάλυμα, διεσπάσθη κατά τó σχήμα :

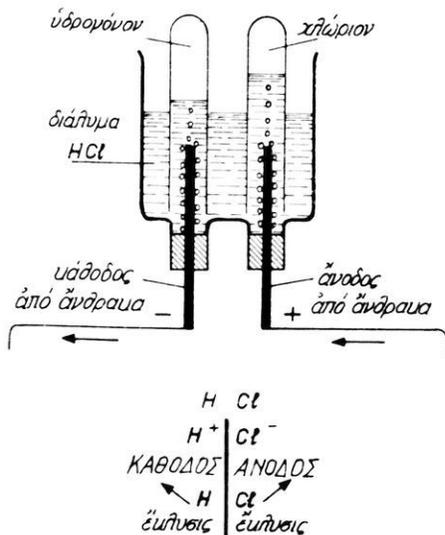


β) Έάν άντικαταστήσωμεν διαδοχικώς εις τó προηγούμενον πείραμα τó διάλυμα του χλωριούχου χαλκού (CuCl_2) με διαλύματα διαφορετικών άλάτων (νιτρικού άργύρου, θεικού νικελίου, χλωριούχου χρυσοϋ κλπ.), θά παρατηρήσωμεν ότι πάντοτε εις τήν κάθοδον δημιουργείται μία μεταλλική άπόθεσις (άργύρου, νικελίου, χρυσοϋ κλπ.).

Τó υπόλοιπον του μορίου διευθύνεται προς τήν άνοδον. Δηλαδή εις τήν περίπτωση τής ηλεκτρολύσεως του νιτρικού άργύρου (AgNO_3) ό άργυρος άποτίθεται εις τήν κάθοδον, ενώ ή ρίζα NO_3 όδεϋει προς τήν άνοδον.

γ) Εις τήν βιομηχανίαν γίνεται ηλεκτρόλυσις τής βάσεως του νατρίου (NaOH) εις υγράν κατάστασιν. Κατά τήν ηλεκτρόλυσιν τó νάτριον άποτίθεται εις τήν κάθοδον. Όλοι αί άλλαι βάσεις άποσυντίθενται κατά όμοιον τρόπον.

δ) Έάν ηλεκτρολύσωμεν ένα διάλυμα ύδροχλωρικού όξέος (HCl), θά παρατηρή-

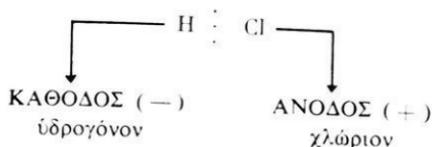


Σχ. 109. Ήλεκτρόλυσις διαλύματος ύδροχλωρίου.

σωμεν ὅτι εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια ἐμφανίζονται φυσαλλίδες, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι ἐλευθεροῦνται ἀέρια (σχ. 109).

Πράγματι εἰς τὴν ἀνοδὸν ἐλευθεροῦται χλώριον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ἐλευθεροῦται ἓνα εὐφλεκτον ἀέριον, τὸ ὕδρογόνον.

Τὸ ὕδροχλωρικὸν ὄξυ (HCl) δυνάμεθα νὰ εἰπωμεν λοιπὸν ὅτι ἀποσυντίθεται κατὰ τὸ σχῆμα :



Γενικῶς ὅλα τὰ ὄξέα ἀποσυντίθενται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον καὶ τὸ ὕδρογόνον τῶν ἐλευθεροῦται εἰς τὴν κάθοδον.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω πειράματα καὶ διαπιστώσεις, δυνάμεθα νὰ διατυπώσωμεν τοὺς ἀκολουθοῦς ποιοτικούς νόμους τῆς ἠλεκτρολύσεως.

Ὄταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ τὴν μᾶζαν ἐνὸς ἠλεκτρολύτου :

1) Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐμφανίζονται μόνον εἰς τὰς ἐπιφανείας τῶν ἠλεκτροδίων.

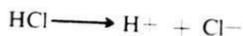
2) Οἱ ἠλεκτρολύται ἀποσυντίθενται εἰς δύο μέρη. Εἰς τὸ μέταλλον ἢ εἰς τὸ ὕδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τμῆμα τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον ὀδεύει πρὸς τὴν ἀνοδὸν

§ 111. Θεωρία τῶν ἰόντων. Διὰ νὰ ἐξηγήσῃ τὰ φαινόμενα αὐτὰ ὁ Σουηδὸς Φυσικὸς Ἀρένιους (Arrhenius) ἐπρότεινε τὸ 1887 τὴν «θεωρίαν τῆς ἠλεκτρολυτικῆς διαστάσεως» ἢ «θεωρίας τῶν ἰόντων».

Ὄταν διαλύωμεν ἐντὸς ὕδατος ἓνα ὄξυ, μίαν βάσιν ἢ ἓνα ἄλας, τότε ἓνα μέρος τῶν μορίων τῶν σωμάτων αὐτῶν ὑφίσταται αὐτομάτως διάστασιν, διασπᾶται δηλαδὴ εἰς δύο φορτισμένα μὲ ἀντίθετα ἠλεκτρικὰ φορτία σωματίδια, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἰόντα.

α) Τὰ ὄξέα διίστανται οὕτως, ὥστε τὸ ὕδρογόνον αὐτῶν νὰ σχηματίσῃ θετικὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα συμβολίζομεν μὲ H^+ , καὶ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου ἀρνητικὰ ἰόντα.

Τὸ μόριον τοῦ ὕδροχλωρικοῦ ὄξεος, π.χ., διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :



Εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου ἔχει προσκολληθῆ ἓνα ἐπὶ πλεόν ἠλεκτρόνιον καὶ

πρόεκυψε κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἓνα ἀρνητικὸν μονοσθενὲς ἰὸν χλωρίου, τὸ ὁποῖον παριστάνεται μὲ Cl^- .

Τὸ σημεῖον (—) εἰς τὸ ἄτομον τοῦ χλωρίου τίθεται διὰ τὴν συμβολίση καὶ νὰ υπενθυμίζῃ ὅτι τὸ ἰὸν τοῦ χλωρίου ἔχει ἀρνητικὸν ἠλεκτρικὸν φορτίον. Τὸ ἄτομον τοῦ ὑδρογόνου ἀπώλεσε ἓνα ἠλεκτρόνιον (τὸ μοναδικὸν τὸ ὁποῖον εἶχε) καὶ συνεπῶς ἐμφανίζεται θετικῶς φορτισμένον, σχηματίζον ἓνα θετικὸν ἰὸν ὑδρογόνου.

Τὰ ἠλεκτρικὰ φορτία τῶν δύο αὐτῶν εἰδῶν τῶν ἰόντων εἶναι ἴσα καὶ ἀντίθετα.

Τὸ μόριον τοῦ θειικοῦ ὀξέος διίσταται κατὰ τὸ σχῆμα :



σχηματίζον δύο θετικά ἰόντα ὑδρογόνου καὶ ἓνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ἰὸν SO_4^{--} .

β) Αἱ βάσεις κατὰ τὴν ἠλεκτρολυτικὴν τῶν διαστάσεων σχηματίζουν μονοσθενῆ ἀρνητικά ἰόντα OH^- , τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται ἰὸν ἰδροξυλίου καὶ θετικά ἰόντα μὲ τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου.

Τὸ καυστικὸν νάτριον, π.χ., διίσταται κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



γ) Τὰ μόρια τῶν ἀλάτων σχηματίζουν κατὰ τὴν διάστασιν τῶν ἓνα ἀρνητικὸν ἰὸν, ἀπὸ ἓνα ἀμέταλλον στοιχεῖον ἢ ἠλεκτραρνητικὴν ρίζαν, καὶ ἓνα θετικὸν ἰὸν, ἀπὸ μέταλλον ἢ ἠλεκτροθετικὴν ρίζαν.

Τοιοῦτοτρόπως τὰ μόρια τοῦ χλωριούχου χαλκοῦ (CuCl_2) διίστανται εἰς διάλυμα κατὰ τὴν ἐξίσωσιν :



δηλαδή εἰς δύο ἀρνητικά ἰόντα χλωρίου (Cl^-) καὶ εἰς ἓνα θετικὸν δισθενὲς ἰὸν χαλκοῦ.

Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ εἶναι ἓνα ἄτομον χαλκοῦ, τὸ ὁποῖον ἀπώλεσε 2 ἠλεκτρόνια, συνεπῶς φέρει δύο θετικά φορτία καὶ συμβολίζεται μὲ Cu^{++} .

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, εἰς ἓνα διάλυμα χλωριούχου ἀργιλίου (AlCl_3) τὰ μόρια διίστανται εἰς 3 ἰόντα μονοσθενοῦς χλωρίου (Cl^-) καὶ εἰς ἓνα θετικὸν τρισθενὲς ἰὸν ἀργιλίου (Al^{+++}) τὸ ὁποῖον φέρει τρία θετικά φορτία.

Εἰς ἓνα διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ (CuSO_4) τὰ μόρια διίστανται εἰς ἓνα θετικὸν δισθενὲς ἰὸν χαλκοῦ (Cu^{++}) καὶ εἰς ἓνα ἀρνητικὸν δισθενὲς ἰὸν SO_4^{--} .

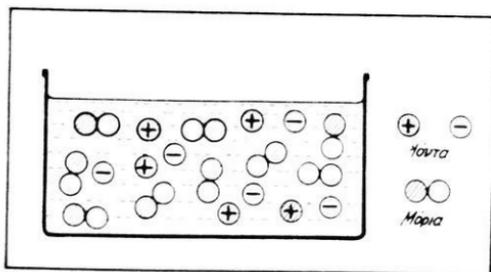
Ἐντὸς οἰουδήποτε ἠλεκτρολυτικοῦ διαλύματος ὑπάρχουν, ταυτοχρόνως, οὐδέτερα μόρια καὶ θετικά καὶ ἀρνητικά ἰόντα εἰς ἴσον ἀριθμὸν (σχ. 110), τὰ ὁποῖα κινούνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ.

Μερικὰ ἀπὸ τὰ ἰόντα ἀντιδρῶν μεταξύ τῶν καὶ ἀνασχηματίζουν οὐδέτερα μόρια. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰς ἐξισώσεις τῶν ἠλεκτρολυτικῶν διαστάσεων ἔχομεν δύο βέλη· π.χ. γράφομεν :



Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ἀντίδρασις ὀδεύει ἀπὸ τὰ δεξιά πρὸς τὰ ἀριστερά, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὰ ἀριστερά πρὸς τὰ δεξιά.

Ὅταν ὁμως διαλυθῇ ἔντελῶς ὁ ἠλεκτρολύτης, ἀπὸ μίαν χρονικὴν στιγμὴν καὶ



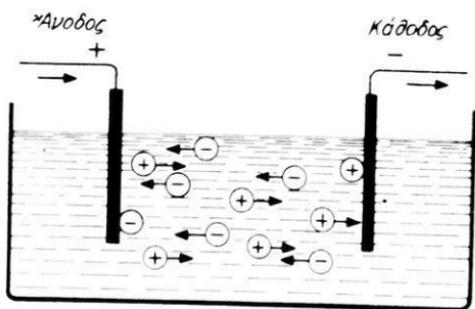
Σχ. 110. Είς ένα ηλεκτρολυτικόν διάλυμα υπάρχουν ουδέτερα μόρια του ηλεκτρολύτου και ισάριθμα θετικά και αρνητικά Ίοντα.

των διίσταται (άποσυντίθεται) εις δύο φορτισμένα σωματίδια με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται Ίοντα.

δ) Ὃταν βυθίσωμεν εις ηλεκτρολυτικόν διάλυμα δύο ηλεκτρόδια καὶ τὰ συνδέσωμεν με τοὺς πόλους μιᾶς ηλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος κλειόντες τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος, θὰ παρατηρήσωμεν τὰ γνωστά φαινόμενα τῆς ηλεκτρολύσεως.

Αὐτὸ συμβαίνει ἐπειδὴ τὰ Ίοντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εις τὴν μάζαν τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ διαλύματος, προσανατολίζονται πλέον, διακόπτοντα τὴν ἄτακτον κίνησίν των.

Αὐτομάτως τὰ θετικά Ίοντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ ἀρνητικόν ηλεκτρόδιον καὶ διευθύνονται πρὸς αὐτό. Ἐπειδὴ δὲ τὸ ἀρνητικόν ηλεκτρόδιον λέγεται καὶ καθόδος,



Σχ. 111. Ἐξήγησις τῆς διελεύσεως τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ ἕναν ηλεκτρολύτην.

κατόπιν, ὅσα μόρια ὑφίστανται διάστασιν εις τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἄλλα τόσα μόρια σχηματίζονται ἀπὸ Ίοντα τὰ ὁποῖα ἐνώνονται ἐκ νέου ἢ, ὅπως λέγωμεν, ἐπανασυνδέονται, εις τρόπον ὅστε ὁ ἀριθμὸς τῶν μορίων τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εις διάστασιν νὰ παραμένῃ σταθερὸς. Ὡστε :

Ὃταν ἕνα ὀξύ, μία βάση ἢ ἕνα ἄλας διαλύονται εις τὸ ὕδωρ, ἕνα μέρος τῶν μορίων

τὰ θετικά Ίοντα ὀνομάζονται κατιόντα.

Ἀντιθέτως τὰ ἀρνητικά Ίοντα ἔλκονται ἀπὸ τὸ θετικόν ηλεκτρόδιον, δηλαδή ἀπὸ τὴν ἀνοδὸν καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον λέγονται καὶ ἀνιόντα (σχ. 111).

Τὰ Ίοντα, εἴτε ἀνιόντα εἶναι αὐτὰ εἴτε κατιόντα, φθάνουν τέλος εις τὰ ηλεκτρόδια καὶ ἐκφορτίζονται. Οὕτως τὸ ἀνιὸν τοῦ χλωρίου (Cl^-) φθάνον εις τὴν ἀνοδὸν (+) ἀποδίδει τὸ ηλεκτρόνιον τὸ ὁποῖον τοῦ

περισσεύει και μεταπίπτει εις ουδέτεραν άτομικην κατάστασιν :



όπου με e^- συμβολίζομεν τὸ ἠλεκτρόνιον.

Ἄκολουθος δύο άτομα χλωρίου συνδέονται μεταξύ των καὶ δίδουν ἓνα μόριον αἰρίου χλωρίου (Cl_2), τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως ἐλευθερώνεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὰ κατιόντα πάλιν φθάνουν εἰς τὴν κάθοδον (—) καὶ ἀποσποῦν ἀπὸ αὐτὴν τὰ ἠλεκτρόνια, τὰ ὁποῖα ἔχουν ἀπολέσει, διὰ νὰ περιπέσουν καὶ αὐτὰ εἰς τὴν ουδέτεραν κατάστασιν. Τὸ κατιὸν ὑδρογόνου, π.χ., H^+ , προσλαμβάνει ἓνα ἠλεκτρόνιον (e^-) καὶ γίνεται ουδέτερον ἄτομον ὑδρογόνου :



Ἄκολουθος συνδέονται δύο άτομα ὑδρογόνου καὶ σχηματίζουν ἓνα μόριον αἰρίου ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον.

Πρέπει νὰ τονισθῇ ὅτι τὰ ἰόντα χλωρίου Cl^- καὶ ὑδρογόνου H^+ ἔχουν τελείως διαφορετικὰς ιδιότητας ἀπὸ τὰ στοιχεῖα χλωρίου καὶ ὑδρογόνου. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον δὲν γίνονται ἀντιληπτά ὡς αἲρια μέσα εἰς τὸ διάλυμα.

Ὅπως παρατηροῦμεν, μέσα εἰς τὴν μᾶζαν τοῦ ἠλεκτρολυτικοῦ ὑγροῦ καὶ εἰς τὸν χώρον ὁ ὁποῖος περιορίζεται ἀπὸ τὰ ἠλεκτρόδια, ἔχομεν κινήσιν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν φορτίων, δηλαδὴ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ εἶναι σύνθετον καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὰ θετικά κατιόντα, τὰ ὁποῖα ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον, καὶ ἀπὸ τὰ ἀρνητικά ἀνιόντα, τὰ ὁποῖα κινουῦνται πρὸς τὴν ἄνοδον. Ὡστε :

Εἰς ἓνα ἠλεκτρολυτικὸν διάλυμα, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἔχει διπλὴν ὑπόστασιν καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν ἀντίθετον κινήσιν τῶν ἀνιόντων καὶ τῶν κατιόντων τοῦ ἠλεκτρολύτου.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡλεκτρόλυσις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποσυνθέτει ὀρισμένα ὕδατικά διαλύματα, ὅταν κυκλοφορῇ μέσα εἰς τὴν μᾶζαν των.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα εἶναι δυνατὸν νὰ ὑποστοῦν ἠλεκτρόλυσιν, ὀνομάζονται ἠλεκτρολύται. Τὰ ὄξεα, αἱ βάσεις καὶ τὰ ἅλατα, εἰς ὑγρὰν μορφήν ἢ εἰς ὕδατικά διαλύματα, ἀποτελοῦν ἠλεκτρολύτας.

3. Ἡ συσκευὴ μέσα εἰς τὴν ὁποίαν πραγματοποιεῖται ἡ ἠλεκτρόλυσις, ὀνομάζεται βολτάμετρον καὶ ἀποτελεῖται, συνήθως, ἀπὸ ἓνα δοχεῖον, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ὁ ἠλεκτρολύτης. Εἰς τὴν βάσιν τοῦ δοχείου ὑπάρχουν δύο μεταλλικά στελέχη, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ἠλεκτρόδια, συνδέονται μετὰ τὴν ἠλεκτρικὴν

πηγήν και καλύπτονται με άνεστραμμένους υάλινους σωλήνας. Άλλοτε πάλιν τὰ ηλεκτρόδια βυθίζονται από τὸ ἄνω μέρος τοῦ δοχείου μέσα εἰς τὸν ηλεκτρολύτην.

4. Τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον λέγεται ἄνοδος καὶ τὸ ἀρνητικὸν κάθοδος.

5. Οἱ ηλεκτρολύτες διίστανται εἰς ἰόντα, δηλαδή εἰς φορτισμένα ηλεκτρικῶς σωματίδια. Τὰ θετικὰ ἰόντα λέγονται κατιόντα καὶ τοιαῦτα εἶναι τὸ ὑδρογόνον καὶ τὰ μέταλλα. Τὰ ἀρνητικὰ ἰόντα ὀνομάζονται ἀνιόντα.

6. Τὰ ἰόντα, τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν εἰς τὸν ηλεκτρολύτην καὶ κινοῦνται ἀτάκτως μέσα εἰς τὴν μάζαν του, προσανατολίζονται, εὐθὺς ὡς συνδεθοῦν τὰ ηλεκτρόδια με τοὺς πόλους τῆς ηλεκτρικῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, καὶ τὰ μὲν ἀνιόντα (ἀρνητικὰ ἰόντα) ὀδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον (θετικὸς πόλος), τὰ δὲ κατιόντα (θετικὰ ἰόντα) πρὸς τὴν κάθοδον (ἀρνητικὸς πόλος). Οὕτως ἀρχίζει ἡ ηλεκτρόλυσις.

7. Οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ηλεκτρολύσεως εἶναι οἱ ἑξῆς :
α) Τὰ προϊόντα τῆς ηλεκτρολυτικῆς ἀποσυνθέσεως ἐμφανίζονται εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ηλεκτροδίων. β) Ὁ ηλεκτρολύτης ἀποσυντίθεται εἰς δύο μέρη, εἰς τὸ μέταλλον ἢ τὸ ὑδρογόνον, τὰ ὁποῖα ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον, καὶ εἰς τὸ ὑπόλοιπον τοῦ μορίου, τὸ ὁποῖον διευθύνεται πρὸς τὴν ἄνοδον.

8. Ἡ διέλευσις τοῦ ηλεκτρολυτικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ τὸν ηλεκτρολύτην πραγματοποιεῖται χάρις εἰς τὰ ἰόντα. Ἐπομένως τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἰς τὸν χῶρον, μεταξύ τῶν ηλεκτροδίων, ἔχει διπλὴν ὑπόστασιν καὶ σχηματίζεται ἀπὸ ἀνιόντα καὶ κατιόντα, τὰ ὁποῖα κινοῦνται ἀντιθέτως.

ΚΓ'—ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑΙ ΧΗΜΙΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

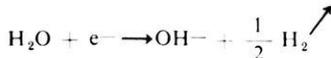
§ 112. Γενικότητες. Κατὰ τὴν ηλεκτρόλυσιν ἑνὸς ηλεκτρολύτου συμβαίνουν συνήθως καὶ δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις. Εἰς τὴν πραγματικότητα τὰ προϊόντα τῆς ἀποσυνθέσεως δύνανται, ὑπὸ ὠρισμένης συνθήκας, νὰ ἀντιδράσουν χημικῶς, εἴτε μετὰ τὸ ὕδωρ τοῦ διαλύματος, εἴτε μετὰ τὰ ηλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου.

Διὰ τὰ ἀντιληφθῶμεν τὸν μηχανισμόν τῶν δευτερευουσῶν ἀντιδράσεων, θὰ θεωρήσωμεν τὰ κατωτέρω χαρακτηριστικὰ παραδείγματα ἠλεκτρολύσεως.

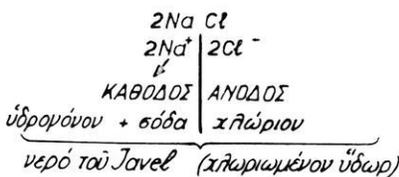
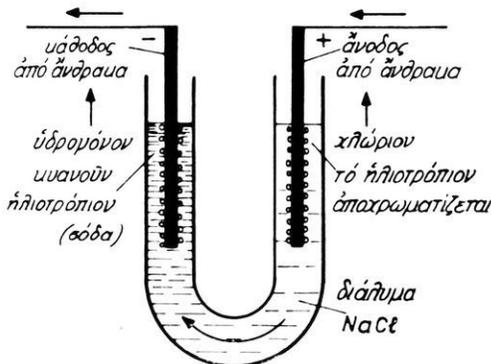
§ 113. I) Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου. Πείραμα. Θέτομεν διάλυμα χλωριούχου νατρίου μέσα εἰς ἓνα βολτάμετρον με ἠλεκτρόδια ἀπὸ ἄνθρακα καὶ προσθέτομεν ὀλίγον ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου. Συνδεδεμένον τὸ βολτάμετρον με μίαν ἠλεκτρικὴν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐλευθερώνονται ἀέρια εἰς τὰ δύο ἠλεκτρόδια (σχ. 112).

Εἰς τὴν ἄνοδον ἐλευθερώνεται ἀέριον χλώριον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἀποπνικτικὴν ὄσμην καὶ ἀποχρωματίζει τὸ ἐρυθρὸν βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου. Εἰς τὴν κάθοδον εἰς τὴν ὁποίαν ἐκλύεται ὕδρογόνον, τὸ βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου ἐπανακτᾷ τὸ κυανοῦν τοῦ χρώμα.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ διάλυμα τοῦ χλωριούχου νατρίου διίσταται εἰς ἰόντα Na^+ καὶ Cl^- . Τὰ ἰόντα Cl^- ὀδεύουν πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου ἐκφορτίζονται καὶ σχηματίζουν ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ δημιουργοῦν μόρια ἀερίου χλωρίου (Cl_2). Τὰ ἰόντα Na^+ ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ὁμως ἀποδίδει ἠλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ γειτονικά της μόρια τοῦ ὕδατος (H_2O), τὰ ὁποῖα κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον, διίστανται, συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν :

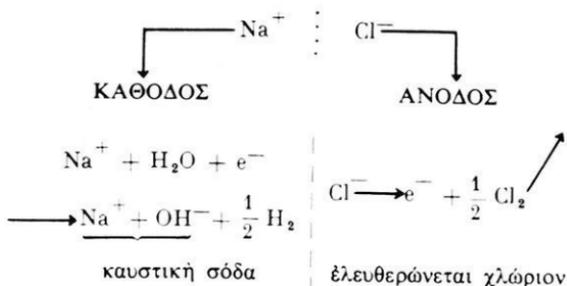


Δηλαδή ἔχομεν ἀπελευθέρωσιν ὕδρογόνου. Τὰ ἰόντα OH^- ὁμοῦ μετὰ τῶν ἰόντων Na^+ δημιουργοῦν περὶ τὴν κάθοδον διάλυμα καυστικῆς σόδας. Χάρις εἰς τὴν καυστικὴν σόδαν ἐπαναχρωματίζεται κυανοῦν τὸ βάμμα τοῦ ἠλιοτροπίου.

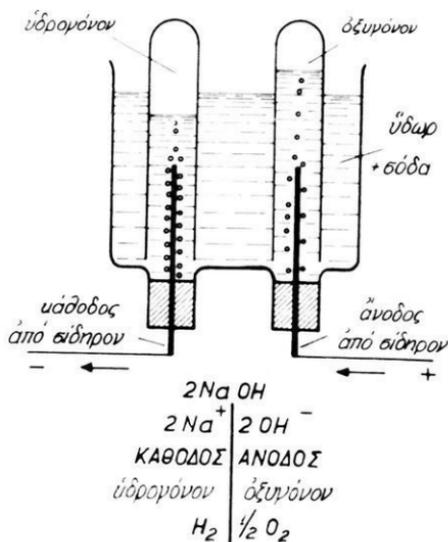


Σχ. 112. Ἐλεκτρόλυσις διαλύματος χλωριούχου νατρίου.

Ἡ ἠλεκτρόλυσις αὕτη δύναται νὰ παρασταθῆ σχηματικῶς ὡς ἑξῆς :



II) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας (NaOH). Πείραμα. Θέτομεν ὕδωρ, εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει ὀλίγην καυστικὴν σόδαν (NaOH), εἰς τὸ βολτάμετρον τοῦ σχήματος 113, τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ ὁποῖου εἶναι ἐλάσματα, εἴτε ἀπὸ νικέλιον, εἴτε ἀπὸ λευκόχρυσον (πλατίνα) καὶ περιβάλλονται ἀπὸ ἀνεστραμμένους δοκιμαστικούς σωλήνας.



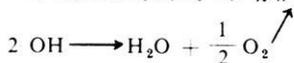
Σχ. 113. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος καυστικῆς σόδας.

Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι εἰς τὴν ἄνοδον συλλέγεται ὄξυγόνον, ἐνῶ εἰς τὴν κάθοδον ὑδρογόνον. Ἐπίσης διαπιστώνομεν ὅτι ὁ ὄγκος τοῦ ὑδρογόνου εἶναι διπλάσιος ἀπὸ τὸν ὄγκον τοῦ ὄξυγόνου.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.

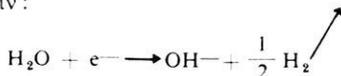
Ἡ καυστικὴ σόδα (NaOH) εὐρίσκεται εἰς διάστασιν. Εἰς τὸ διάλυμα δηλαδὴ ὑπάρχουν ἰόντα Na^+ καὶ ἰόντα OH^- . Τὰ ἰόντα OH^- διευθύνονται πρὸς τὴν ἄνοδον, ὅπου καὶ ἀποδίδουν τὸ πλεονάζον ἠλεκτρόνιον των καὶ μεταπίπτουν εἰς τὴν ἀσταθὴ ρίζαν ὑδροξυλίον, ἡ ὁποία δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπάρξῃ εἰς ἐλευθέραν κατ᾽ ἄστυασι. Δι' αὐτὸ τὰ ὑδροξυλία

αντιδρούν κατόπιν μεταξύ των, συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἐξίσωσιν :



σχηματίζοντα ὕδωρ καὶ ὀξυγόνον, τὸ ὁποῖον ἐκλύεται εἰς τὴν ἄνοδον.

Τὰ ἰόντα τοῦ Na^+ , ὅπως καὶ εἰς τὴν ἠλεκτρόλυσιν τοῦ NaCl , ὀδεύουν πρὸς τὴν κάθοδον. Ἡ κάθοδος ἀποδίδει ἠλεκτρόνια (e^-) εἰς τὰ μόρια τοῦ ὕδατος καὶ οὕτως ἐλευθερώνεται ὑδρογόνον, ἐνῶ συγχρόνως παράγονται ἰόντα ὑδροξυλίου κατὰ τὴν γνωστὴν μᾶς ἀντίδρασιν :



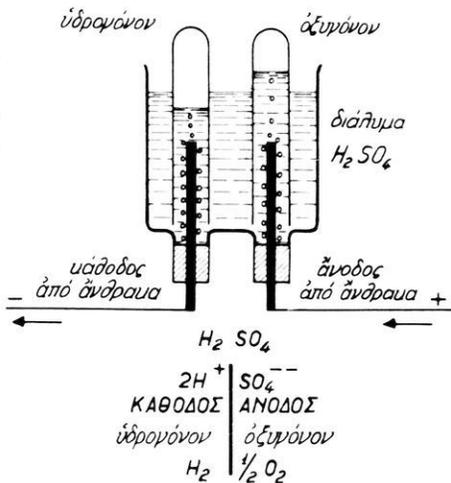
Τὰ ἰόντα τοῦ Na^+ καὶ τοῦ OH^- ἐνώνονται καὶ ἐπανασχηματίζουν τὴν βάσιν τοῦ νατρίου. Ἀντιθέτως τὸ ὕδωρ ἀποσυντίθεται καὶ ἀποδίδει ὑδρογόνον καὶ ὀξυγόνον.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργητῆ ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

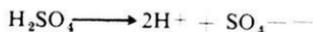
III) Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειικοῦ ὀξέος. Πείραμα. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸ βολταμέτρον τοῦ προηγουμένου πειράματος τὸ διάλυμα τῆς καυστικῆς σόδας μὲ ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ βολταμέτρου πρέπει νὰ εἶναι κατεσκευασμένα ἐξ ὑλικοῦ τὸ ὁποῖον νὰ εἶναι ἀπρόσβλητον ἀπὸ τὸ ὀξύ, π.χ. ἀπὸ ράβδον ἄνθρακος ἢ λευκοχρύσου.

Τὰ προϊόντα τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι τὰ ἴδια μὲ ἐκεῖνα τῆς ἠλεκτρολύσεως τοῦ διαλύματος τῆς καυστικῆς σόδας. Δηλαδή ἐμφανίζεται ὑδρογόνον εἰς τὴν κάθοδον, διπλασίου ὄγκου ἀπὸ τὸ ὀξυγόνον τὸ ὁποῖον ἐμφανίζεται εἰς τὴν ἄνοδον (σχ. 114).



Σχ. 114. Ἡλεκτρόλυσις διαλύματος θειικοῦ ὀξέος.

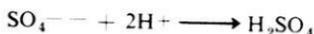
Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Τὸ θεικόν ὄξύ (H_2SO_4) διίσταται εἰς δύο ἰόντα H^+ καὶ εἰς ἓνα ἰόν SO_4^{--} κατὰ τὴν ἐξίσωσιν:



Τὸ ὕδρογόνον (H_2) ἐλευθερώνεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰόν SO_4^{--} ὀδεύει πρὸς τὴν ἀνόδον καὶ δημιουργεῖ ἰονισμόν τοῦ ὕδατος (προκαλεῖ δηλαδὴ ἰόντα), συμφώνως πρὸς τὴν ἀκόλουθον χημικὴν ἐξίσωσιν:



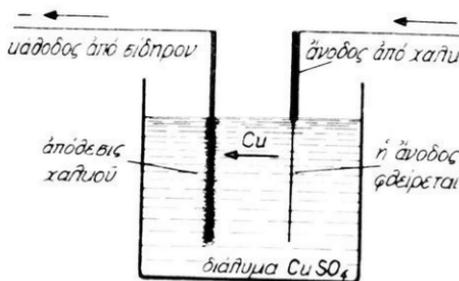
ὁπότε τὰ ἰόντα SO_4^{--} καὶ H^+ ἀντιδρῶν καὶ σχηματίζουν θεικόν ὄξύ:



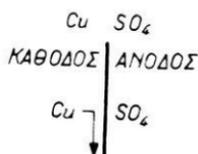
Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τὸ θεικόν ὄξύ ἀναπαράγεται εἰς τὴν ἀνόδον καὶ ἐλευθερώνεται ὀξυγόνον, ἐνῶ καταναλίσκεται ὕδωρ. Ὅπως καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα:

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῆι ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

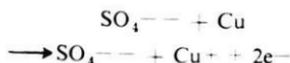
IV) Ἠλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἀνόδον ἀπὸ χαλκόν.
Πείραμα. Ἠλεκτρολύομεν διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) χρησιμοποιώντας ὡς ἀνόδον ἓνα ἔλασμα ἀπὸ χαλκόν καὶ ὡς κάθοδον ἓνα οἰονδήποτε ἀγωγόν, π.χ. μίαν ράβδον ἀπὸ ἄνθρακα.



Ὅταν κλείσωμεν τὸν διακόπτην δὲν παρατηρεῖται πλέον ἐκκλισις ἀερίου, ἡ χαλκίνη ὁμως ἀνόδος ἀρχίζει νὰ φθειρεται (σχ. 115).



Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου.
 Ὁ θεικὸς χαλκὸς διίσταται εἰς ἰόντα (Cu^{++} καὶ εἰς ἰόντα SO_4^{--}). Τὸ μέταλλον Cu ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον. Τὸ ἰόν SO_4^{--} ἰονίζει τὸν χαλκόν τῆς ἀνόδου συμφώνως πρὸς τὴν χημικὴν ἀντίδρασιν:



Σχ. 115. Ἠλεκτρόλυσις θειικοῦ χαλκοῦ με ἀνόδον ἀπὸ χαλκόν.

όποτε τὰ ἰόντα SO^{--} — και Cu^{+} + ἀντιδρῶν και σχηματίζουν θεικόν χαλκόν :



Ὅπως παρατηροῦμεν :

Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τελικῶς νὰ πραγματοποιηθῆται μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

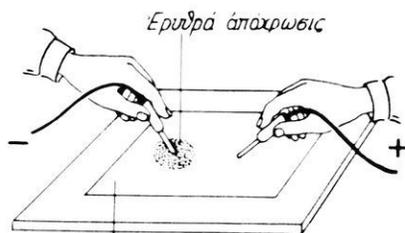
Ἡ ἄνοδος φθειρεται βραδέως ὡς ἐάν διελύετο. Δι' αὐτὸ ὀνομάζεται συνήθως *διαλυομένη ἄνοδος*.

Ἀντιθέτως ἡ κάθοδος ἐπικαλύπτεται ἀπὸ ἓνα στρώμα χαλκοῦ, τὸ πάχος τοῦ ὁποῦ αὐξάνεται προοδευτικῶς μετὰ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου.

Παρατήρησις. Τὰ ἀνωτέρω παραδείγματα δεικνύουν τὴν σημασίαν τὴν ὁποίαν ἔχει ἡ φύσις τῶν χρησιμοποιουμένων ἠλεκτροδίων εἰς τὴν πορείαν μιᾶς ἠλεκτρολύσεως.

§ 114. Ἀναγνώρισις τοῦ εἴδους τῶν πόλων μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος.

Βυθίζομεν ἓνα τεμάχιον διηθητικοῦ χάρτου εἰς διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl), εἰς τὸ ὁποῖον ἔχομεν προσθέσει μερικὰς σταγόνας φαινολοφθαλεΐνης. Ἀφοῦ τὸ στραγγίσωμεν, τὸ τοποθετοῦμεν εἰς μίαν ὑαλινὴν πλάκα και ὀλισθαίνομεν ἐπ' αὐτοῦ δύο καλώδια ἀπὸ χαλκόν με ἀπογεγυμνωμένα ἄκρα, συνδεδεμένα εἰς τοὺς ἄκροδέκτας τῆς πηγῆς (σχ. 116). Ρυθμιζομεν δὲ ὥστε ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο ἄκρων τοῦ καλωδίου νὰ εἶναι 2 cm ἕως 3 cm.



Χάρτης ἀναγνωρίσεως πόλων

Τὸ ἓνα ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα χαρασσει, ἐπὶ τοῦ χάρτου, μίαν ἐρυθρὰν γραμμὴν. Ὁ πόλος, ὁ συνδεδεμένος μετὰ αὐτὸ τὸ σύρμα, εἶναι ὁ ἀρνητικὸς. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν τοῦ χλωριούχου νατρίου, τὸ νάτριον, ἐμφανίζεται εἰς τὴν κάθοδον και ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην. Τὸ πείραμα ἐπιτυγχάνει ἐπίσης και διὰ χρησιμο-

Σχ. 116. Ἀναγνώρισις τῶν πόλων. Ὁ ἀρνητικὸς πόλος ἐρυθραίνει τὴν φαινολοφθαλεΐνην.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Ὅταν τὰ ἰόντα φθάσουν εἰς τὰ ἠλεκτρόδια, προκαλοῦνται, ἀναλόγως πρὸς τὴν φύσιν τῶν ἠλεκτροδίων, δευτερεύουσαι ἀντιδράσεις.

2. Τὸ χλωριούχον νάτριον, διίσταται εἰς ὕδατικὸν διάλυμα, εἰς ἀνιόντα χλωρίου και κατιόντα νατρίου. Τὰ ἀνιόντα Cl^-

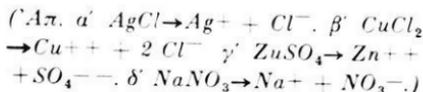
όδεύουν προς την άνοδον, όταν δὲ αὐτὴ εἶναι ἀπρόσβλητος ἀπὸ τὸ χλώριον, ἐκφορτίζονται, μεταβάλλονται εἰς ἄτομα χλωρίου καὶ αὐτὰ ἐνώνονται ματαξὺ τῶν ἀνά δύο, σχηματίζοντα μόρια χλωρίου. Οὕτω τελικῶς εἰς τὴν ἄνοδον ἐκλύεται χλώριον. Εἰς τὴν κάθοδον σχηματίζονται καυστικὴ σόδα καὶ ὕδρογόνον.

3. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν καυστικῆς σόδας ἢ θειικοῦ ὀξέος, εἰς βολτάμετρον μὲ ἠλεκτρόδια λευκοχρύσου, ὁ διασπώμενος ἠλεκτρολύτης ἀναγεννᾶται. Τὸ φαινόμενον ἐξελίσσεται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργηθῆι ἡ ἐντύπωσις ὅτι ἀποσυντίθεται μόνον τὸ ὕδωρ.

4. Κατὰ τὴν ἠλεκτρόλυσιν θειικοῦ χαλκοῦ, μὲ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, συμβαίνει μεταφορὰ χαλκοῦ ἀπὸ τὴν ἄνοδον εἰς τὴν κάθοδον.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

96. Νὰ καθωρισθοῦν αἱ θεμελιώδεις ἀντιδράσεις εἰς τὰς ἠλεκτρολύσεις τῶν ἀκολουθῶν διαλυμάτων : α) Διάλυμα χλωριούχου ἀργύρου ($AgCl$). β) Διάλυμα χλωριούχου χαλκοῦ ($CuCl_2$). γ) Διάλυμα θειικοῦ ψευδαργύρου ($ZnSO_4$). δ) Διάλυμα νιτρικοῦ νατρίου ($NaNO_3$).



97. Δύο βολτάμετρα, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, διαρρέονται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Τὸ πρῶτον περιέχει διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ ἄνοδον ἀπὸ χαλκόν, ἐνῶ τὸ δεύτερον διάλυμα θειικοῦ ὀξέος (H_2SO_4) μὲ ἠλεκτρόδια ἀπὸ λευκόχρυσου. α) Νὰ σχεδιασθῆι τὸ κύκλωμα. β) Νὰ διατυπωθοῦν δι' αὐτὸ τὸ κύκλωμα οἱ ποιοτικοὶ νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως.

98. Ἡ παγκόσμιος βιομηχανικὴ παραγωγή τοῦ ἀλουμινίου κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μετεβλήθη ὡς ἑξῆς : Κατὰ τὰ ἔτη 1900, 1910, 1920, 1930, 1939, 1950, 1956 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἦτο ἀντιστοίχως : 7 000, 43 000, 125 000, 269 000, 688 000, 1 500 000, 3 374 000. Νὰ παρασταθῆι γραφικῶς ἡ μεταβολὴ τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῆι πρὸς 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον ἄξονα 1 cm νὰ ἀντιστοιχῆι εἰς 500 000 τόννους. Νὰ στρογγυλεθοῦν τὰ ποσὰ τὰ πλησιέστερα πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννου.

99. Ἡ παγκόσμιος παραγωγή χαλκοῦ κατὰ τὸν 20ὸν αἰῶνα μεταβλήθη ὡς ἑξῆς : Κατὰ τὰ ἀκόλουθα ἔτη : 1900, 1910, 1920, 1939, 1940, 1950, 1957 ἡ ποσότης παραγωγῆς εἰς τόννους ἦτο ἀντιστοίχως : 499 000, 888 000, 949 000, 1 577 000,

2 413 000, 2 522 000, 3 462 000. Νά παρασταθῆ γραφικῶς ἡ μεταβολή τῆς παραγωγῆς. Εἰς τὸν ὀριζόντιον ἄξονα 1 cm νά ἀντιστοιχῇ 10 ἔτη, ἐνῶ εἰς τὸν κατακόρυφον 1 cm νά ἀντιστοιχῇ 500 000 τόννοις. Νά στρωγγυλευθοῦν τὰ ποσὰ τὰ γειτονικὰ πρὸς τὰ πολλαπλάσια τοῦ 50 000 τόννοι.

100. Ἡ ἔτησία παραγωγή ἐνὸς ἐργοστασίον παραγωγῆς ἄλουμινίου εἶναι 65 000 τόννοι. α) Νά ὑπολογισθῇ ἡ θεωρητικὴ ποσότης τῆς ἄλουμίνας (Al_2O_3) ἣ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ ἐργοστάσιον. Δίδονται: Ἀτομικὸν βάρους τοῦ ἀργιλίου 27 καὶ τοῦ ὀξυγόνου 16. (Ἄπ. α' 122 .777 τόννοι).

ΚΔ'— ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΙΣ. ΝΟΜΟΙ ΤΟΥ ΦΑΡΑΝΤΑΙΪ. ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ

§ 115. Γενικότητες. Εἰς τὰ προηγούμενα ἐξητάσαμεν ποιοτικῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἠλεκτρολύσεως. Θά μελετήσωμεν τὸ ἴδιον φαινόμενον καὶ ποσοτικῶς μετὰ τὴν βοήθειαν τῶν δύο νόμων τῆς ἠλεκτρολύσεως, οἱ ὅποιοι εἶναι γνωστοὶ μετὰ τὸ ὄνομα τοῦ διασήμου Ἄγγλου Φυσικοῦ Φάρανταιῦ (Michael Faraday).

§ 116. Πρῶτος νόμος τοῦ Φάρανταιῦ. Πείραμα. Τοποθετοῦμεν ἐν σειρά μίαν πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος, ἓνα συσσωρευτήν, ἓνα διακόπτην καὶ τρία βολτάμετρα μετὰ ἠλεκτρόδια ἀπὸ σίδηρον, τὰ ὅποια περιέχουν διάλυμα καυστικοῦ νατρίου ($NaOH$) (σχ. 117).

Κλείομεν τὸν ἀνοικτὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν νά διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα δι' ἓνα ὠρισμένον διάστημα, ἔστω 15 min, σημειοῦντες ἀνὰ τρία λεπτά τὰς ποσότητας τοῦ ὕδρογόνου, αἱ ὅποια ἀπελευθερώνονται. Καταστρώνομεν τοιοῦτοτρόπως τὸν ἀκόλουθον πίνακα.



MICHAEL FARADAY (1791 - 1867)

Διάσημος Ἄγγλος Φυσικὸς καὶ Χημικὸς, ὀνομαστὸς διὰ τὴν μεγάλην πειραματικὴν του ἰκανότητα.

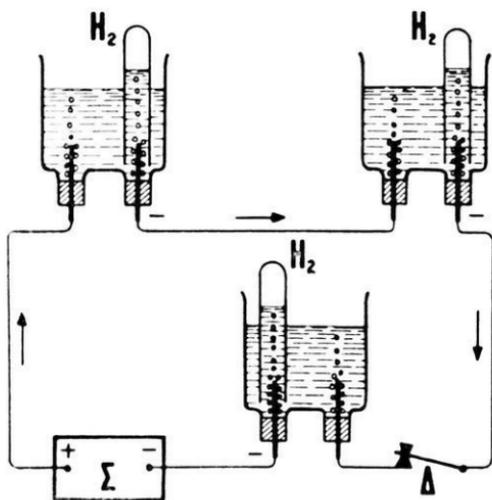
Χρόνος διελεύσεως ρεύματος εις min	Όγκος υδρογόνου εις cm ³		
	1ον βολτάμε- τρον	2ον βολτάμε- τρον	3ον βολτάμε- τρον
0	0	0	0
3	0,5	0,5	0,5
6	1	1	1
9	1,5	1,5	1,5
12	2	2	2
15	2,5	2,5	2,5

Μελετώντες τόν άνωτέρω πίνακα διαπιστώνομεν ότι : α) Οί όγκοι του υδρογόνου, τό όποϊον άπελευθερώνεται εις τό ίδιον χρονικόν διάστημα εις τά τρία βολτάμετρα, είναι ίσοι. β) Οί όγκοι του υδρογόνου, τό όποϊον άπελευθερώνεται εις έκαστον από τά βολτάμετρα, είναι ανάλογοι πρός τήν χρονικήν διάρκειαν τής διελεύσεως του ηλεκτρικού ρεύματος.

Άπό τά άνωτέρω συμπεραίνομεν ότι :

I. Η ηλεκτρολυτική δράσις του ηλεκτρικού ρεύματος, εις τό ίδιον ηλεκτρολυτικόν διάλυμα, είναι ή ίδια εις όλα τά σημεία του κυκλώματος.

II. Η ηλεκτρολυτική δράσις ενός ώρισμένου ηλεκτρικού ρεύματος, είναι ανάλογος πρός τήν χρονικήν διάρκειαν διελεύσεως του ρεύματος, δηλαδή πρός τήν ποσότητα του ηλεκτρισμού ή όποία διήλθεν από τό βολτάμετρον.



Σχ. 117. Οί όγκοι του υδρογόνου, τό όποϊον έλευθερώνεται εις τόν ίδιον χρόνον και εις τά τρία βολτάμετρα είναι ίσοι.

Δεύτερος νόμος τοῦ Φάρανταιῦ. Γραμμοῖσοδύναμον ἰόντος. Ἡ ἐπαλήθευσις τοῦ δευτέρου νόμου τῆς ἠλεκτρολύσεως προϋποθέτει τὴν ἐκτέλεσιν πολὺ ἀκριβῶν μετρήσεων καὶ τὴν γνῶσιν ὠρισμένων βασικῶν χημικῶν καὶ φυσικῶν ἐννοιῶν, ὅπως εἶναι τὸ ἀτομικὸν βάρος ἐνὸς στοιχείου, τὸ σθένος ἐνὸς ἰόντος, τὸ γραμμοάτομον ἐνὸς στοιχείου καὶ τὸ γραμμοῖσοδύναμον ἐνὸς ἰόντος.

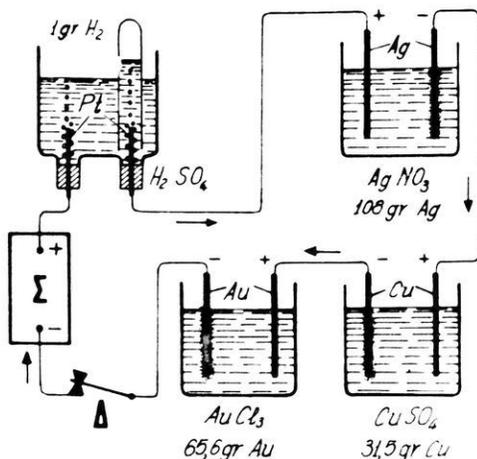
Θὰ περιορισθῶμεν εἰς τὸν ὄρισμὸν μόνον τοῦ γραμμοῖσοδυνάμου ἐνὸς ἰόντος.

Γραμμοῖσοδύναμον ἐνὸς ἰόντος ὀνομάζεται ποσότης μάζης τοῦ ἰόντος, ἐκπεφρασμένη εἰς γραμμάρια καὶ ἴση ἀριθμητικῶς πρὸς τὸ πηλίκον τοῦ γραμμοατόμου τοῦ στοιχείου πρὸς τὸ σθένος τοῦ ἰόντος.

Πείραμα. Συνδέομεν ἐν σειρᾷ τέσσαρα βολτάμετρα, τὰ ὅποια περιέχουν διάλυμα θειϊκοῦ ὀξέος (H_2SO_4), νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$), θειϊκοῦ χαλκοῦ ($CuSO_4$) καὶ τρισθενοῦς χλωριούχου χρυσοῦ ($AuCl_3$). Τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ πρώτου βολταμέτρου εἶναι ἀπὸ λευκοῦ χρυσοῦ, τοῦ δευτέρου ἀπὸ ἄργυρου, τοῦ τρίτου ἀπὸ χαλκὸν καὶ τοῦ τετάρτου ἀπὸ χρυσὸν (σχ. 118).

Ἐφοῦ ζυγίσωμεν τὰ ἠλεκτρόδια τοῦ δευτέρου, τρίτου καὶ τετάρτου βολταμέτρου, κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καὶ ἀφήνομεν τὸ ἴδιον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὰ τέσσαρα βολτάμετρα.

Ὅπως μᾶς εἶναι γνωστόν, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου δυνάμεθα νὰ συλλέξωμεν ὑδρογόνον, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου θὰ ἀποτεθῇ στρῶμα ἀργύρου, εἰς τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέ-



Σχ. 118. Διὰ τὸν δεῦτερον ποσοτικὸν νόμον τῆς ἠλεκτρολύσεως.

τρου στρώμα χαλκού και εις την κάθοδον του τετάρτου βολταμέτρου στρώμα χρυσοῦ.

Ἄν συνεπῶς ζυγίσωμεν τὰ τρία τελευταῖα ηλεκτρόδια, ἀφοῦ ἔχει περατωθῆ πλέον ἢ ηλεκτρόλυσις, θὰ τὰ εὗρωμεν βαρύτερα. Οὕτω θὰ διαπιστώσωμεν, π.χ., ὅτι διὰ 1 mgr ὑδρογόνου, τὸ ὅποιον ἠλευθερώθη εις τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου, ἔναπετέθησαν :

α) 108 mgr ἀργύρου = 108/1 mgr Ag εις τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

β) 31,5 mgr χαλκοῦ = 63/2 mgr Cu εις τὴν κάθοδον τοῦ τρίτου βολταμέτρου, καὶ

γ) 65,7 mgr χρυσοῦ = 197/3 mgr Au εις τὴν κάθοδον τοῦ τετάρτου βολταμέτρου.

Ἐπειδὴ ὁμοῦς ὁ ἄργυρος εἶναι μονοσθενὴς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 108, ὁ χαλκὸς δισθενὴς καὶ ἔχει ἀτομικὸν βάρος 63 καὶ ὁ χρυσοῦς τρισθενὴς μὲ ἀτομικὸν βάρος 197, συμπεραίνομεν ὅτι τὰ πηλικά :

$$\frac{108}{1} \text{ gr Ag}, \quad \frac{63}{2} \text{ gr Cu}, \quad \frac{197}{3} \text{ gr Au}$$

ἐκφράζουν τὰ γραμμοῖσοδύναμα τῶν μετάλλων ἀργύρου, χαλκοῦ καὶ χρυσοῦ. Πολλαπλασιάζοντες λοιπὸν ἐπὶ 1 000 τὰ ἀριθμητικὰ ἀποτελέσματα τοῦ πειράματος, καταλήγομεν εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα, τὸ ὅποιον ἐκφράζει τὸν δεῦτερον νόμον τοῦ Φάρανταιου. :

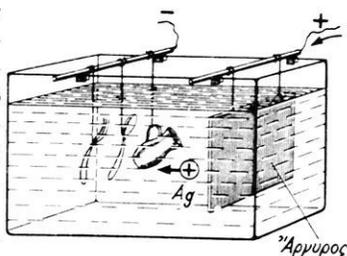
Ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὅποια ἀπελευθερώνει ἓνα γραμμάριον ὑδρογόνου, ἀπελευθερώνει ἐπίσης ἓνα γραμμοῖσοδύναμον ἰόντος οἰοῦδῆποτε μετάλλου.

§ 117. Ἐφαρμογαὶ τῆς ἠλεκτρολύσεως. Ἡ ἠλεκτρόλυσις εὐρίσκει πολὺν καὶ διαφόρους ἐφαρμογὰς εἰς ὠρισμένους τομεῖς τῆς Τεχνικῆς καὶ τῆς Βιομηχανίας, ὅπως εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστική, ἡ ἠλεκτρομεταλλουργία, ἡ ἠλεκτροχημεία κλπ.

α) **Ἐπιμετάλλωσις.** Οὕτως ὀνομάζεται ἡ μέθοδος μὲ τὴν ὅποιαν περικαλύπτομεν ἠλεκτρολυτικῶς μεταλλικὰς ἐπιφανείας μὲ ἄλλα μέταλλα, ὅπως π.χ. μὲ χαλκόν, ἄργυρον, χρυσόν, κλπ.

Ἄν πρόκειται δι' ἐπιχάλκωσιν, ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρησιμοποιοῦμεν ὕδατικὸν διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ, ὡς κάθοδος τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὅποιον θὰ ἐπιχάλκωσωμεν, καὶ ὡς ἄνοδος μίαν χαλκίνην πλάκα. Ὅπως γνωρίζομεν, εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν μεταφέρεται χαλκὸς ἀπὸ τὴν ἄνοδος εἰς τὴν κάθοδον καὶ ἐπικάθηται κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον εἰς τὸ ἀντικείμενον, τὸ ὅποιον θέλομεν νὰ ἐπιχάλκωσωμεν.

Εἰς τὴν ἐπαργύρωσιν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν χρῆσιμοποιοῦμεν διάλυμα νιτρικοῦ ἀργύρου, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον τὸ ὁποῖον πρόκειται νὰ ἐπαργυρωθῇ καὶ ὡς ἀνοδὸν πλάκα ἀπὸ ἀργυρον. Ὅταν κλείσωμεν τὸ κύκλωμα, δημιουργεῖται μεταφορὰ ἀργύρου ἀπὸ τὴν ἀνοδὸν εἰς τὴν κάθοδον καὶ τοιοῦτοτρόπως ἐπαργυρῶνεται τὸ ἀντικείμενον (σχ. 119).



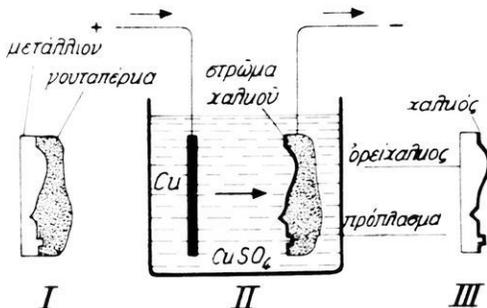
Σχ. 119. Διάταξις ἐπιμεταλλώσεως. Τὴν κάθοδον ἀποτελοῦν τὰ πρὸς ἐπιμεταλλώσιν ἀντικείμενα.

Γενικῶς εἰς τὴν ἐπιμεταλλώσιν, χρῆσιμοποιοῦμεν ὡς ἠλεκτρολυτικὸν ὑγρὸν διάλυμα καταλλήλου ἁλατος τοῦ μετάλλου μὲ τὸ ὁποῖον θέλωμεν νὰ ἐπικαλύψωμεν τυχὸν ἀντικείμενον, ἔστω μὲ ἅλας χρωμίου ἂν πρόκειται νὰ ἐκτελέσωμεν ἐπιχρωμίωσιν, ὡς κάθοδον τὸ ἀντικείμενον καὶ ὡς ἀνοδὸν πλάκα καθαροῦ μετάλλου (δηλαδὴ πλάκα χρωμίου).

Ἡ ἐπιμεταλλώσις χρῆσιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποιίαν (ἐπαργύρωσις, ἐπιχρῶσις), ὅπως ἐπίσης εἰς τὴν Τεχνικὴν καὶ εἰς τὴν Βιομηχανίαν, διὰ τὴν προστασίαν ὀρισμένων μεταλλικῶν ἀντικειμένων ἀπὸ τὴν ὀξειδῶσιν ἢ διὰ νὰ προσδώσωμεν εἰς αὐτὰ μίαν μόνιμον στιλπνότητα.

β) Γαλβανοπλαστική. Χρῆσιμοῦει κυρίως εἰς τὴν παραγωγὴν χαλκίνων ἐκμαγείων καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν μικρῶν ἀγαλμάτων, μεταλλίων, τυπογραφικῶν κλισέ, φωνογραφικῶν δίσκων, κλπ. καὶ γενικώτερον ἀντικειμένων, τῶν ὁποίων ἡ ἐπιφάνεια παρουσιάζει μίαν ἀνάγλυφον μορφήν, ἡ ὁποία πρέπει νὰ ἀποδοθῇ μὲ πιστότητα.

Εἰς τὴν γαλβανοπλαστικὴν ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς. Θερμαίνομεν γουτταπέρκαν, ἡ ὁποία γίνεται τότε εὐπλαστὸς καὶ λαμβάνομεν τὸ ἀρνητικὸν ἀποτύπωμα τῆς ὄψεως τοῦ ἀντικειμένου, ἔστω ἐνὸς μετάλλου (σχ. 120, I). Ἀφήνομεν κατὸ πιν τὴν γουτταπέρκαν νὰ ψυχθῇ καὶ νὰ ἐπαναποκτήσῃ τὴν σκληρότητά της, τὴν περικαλύπτομεν μὲ λεπτὸν στρώμα γραφίτου, διὰ νὰ τὴν καταστήσωμεν ἀγώγιμον εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα, καὶ τὴν χρῆσιμοποιοῦμεν ὡς κάθοδον εἰς διάλυμα θειικοῦ χαλκοῦ, εἰς τὸ

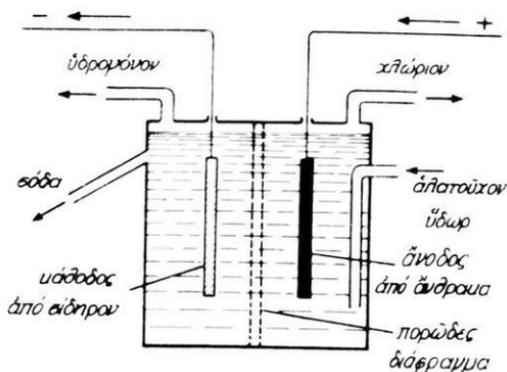


Σχ. 120. Γαλβανοπλαστική. (I) Ἐκμαγεῖον τοῦ ἀντικειμένου. (II) Ἐπιχάλκωσις. (III) Ἀντίγραφον.

όποιον ως άνοδον τοποθετούμεν πλάκα από καθαρόν χαλκόν. Κατόπιν αφήνομεν νά διέλθῃ ηλεκτρικόν ρεύμα δι' ένα άρκετόν χρονικόν διάστημα, όποτε έναποτίθεται ένα στρώμα χαλκού, άρκετοῦ πάχους, εἰς τό άρνητικόν άποτύπωμα τοῦ μεταλλίου (σχ. 120 II). Ἀκολούθως διακόπτομεν τό ρεύμα καί βυθίζομεν τό ἐπιχαλκωμένον άποτύπωμα εἰς θερμόν ὕδωρ, όποτε τήκεται ἡ γουταπέρκα καί άποχωρίζεται από αὐτήν τό στρώμα τοῦ χαλκού, ἐπί τοῦ όποίου εἶναι άποτυπωμένη ἡ θετική ὄψις τοῦ μεταλλίου, ἡ όποία άποτελεῖ τοιοῦτοτρόπως πιστόν ἔκείνου αντίγραφον (σχ. 120, III).

γ) Ἡλεκτρομεταλλουργία. Διάφορα μέταλλα παρασκευάζονται ἠλεκτρολυτικῶς από τά άλατά των, τά ὀξειδιά των, ἢ τά ὑδροξειδιά των. Μὲ τήν μέθοδον αὐτήν κατορθώνομεν νά παρασκευάσωμεν μέταλλα εἰς μεγάλον βαθμόν καθαρότητος. Οὕτω παρασκευάζομεν άργίλιον (άλουμίνιον) με βαθμόν καθαρότητος 99 μέχρις 99,8%, από άλουμιναν (ὀξειδίου τοῦ άργιλίου Al_2O_3), νάτριον από καυστικήν σόδα (ὑδροξειδίου τοῦ νατρίου $NaOH$), μαγνήσιον από χλωριούχον μαγνήσιον ($MgCl_2$), ψευδάργυρον από θεικόν ψευδάργυρον ($ZnSO_4$), κλπ.

δ) Ἡλεκτροχημεία. Πολύάριθμα σώματα παρασκευάζονται βιομηχανικῶς με ἠλεκτρολυτικήν μέθοδον. Οὕτως ἠλεκτρολύοντες διάλυμα καυστικής σόδας καί χρησιμοποιούντες ἠλεκτρόδια από σίδηρον, παρασκευάζομεν ὑδρογόνον καί ὀξυγόνον.



Σχ. 121. Βιομηχανική παρασκευή τῆς σόδας.

Ἡλεκτρολύοντες ὕδατικόν διάλυμα μαγειρικοῦ άλατος ($NaCl$), λαμβάνομεν χλωρίον εἰς τήν άνοδον καί καυστικήν σόδα εἰς τήν καθόδον. Διά νά άποτρέψωμεν τήν έπαφήν τοῦ χλωρίου με τήν σόδα, χρησιμοποιούμεν ειδικά βολτάμετρα (σχ. 121), τά όποία χωρίζονται εἰς δύο μέρη από ένα πορώδες διάφραγμα. Τό διάλυμα τῆς σόδας συλλέγεται καί κατόπιν συμπυκνώνεται με ἔξαιμειςιν.

Ἐάν αφαιρέσωμεν τό διάφραγμα καί αφήσωμεν εἰς έπαφήν τό διαλελυμένον χλωρίον καί τήν σόδα, λαμβάνομεν τό λεγόμενον ὕδωρ τοῦ Ζαβέλ (eau de Javel).

1. Οί ποσοτικοί νόμοι τῆς ἠλεκτρολύσεως εἶναι γνωστοὶ συνήθως ὡς νόμοι τοῦ Φάρανταῦ.

2. Ὁ πρῶτος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ἡ ἠλεκτρολυτικὴ δρᾶσις ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ ἴδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος καὶ ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ὅποια διαρρέει τὸ βολτάμετρον.

3. Ὁ δεῦτερος νόμος τῆς ἠλεκτρολύσεως ἐκφράζει ὅτι : Ὅταν ἓνα ὠρισμένον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει διαφορητικούς ἠλεκτρολύτας, ἢ μᾶζα τοῦ μετάλλου ἢ τοῦ ὑδρογόνου, τὰ ὅποια ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἐκάστου βολταμέτρου, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ γραμμοῖσοδύναμον τοῦ ἰόντος τοῦ μετάλλου.

4. Ἡ ἠλεκτρόλυσις εὐρίσκει πολλὰς καὶ ποικίλλας ἐφαρμογὰς, ὅπως εἶναι ἡ ἐπιμετάλλωσις, ἡ γαλβανοπλαστικὴ, ἡ ἠλεκτρομεταλλουργία καὶ ἡ ἠλεκτροχημεία.

5. Ἡ ἐπιμετάλλωσις χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν κοσμηματοποιίαν καὶ χρυσοχοίαν διὰ τὴν ἐπικάλυψιν διαφόρων κοσμημάτων μὲ στρῶμα χρυσοῦ (ἐπιχρύσωσις) ἢ ἀργύρου (ἐπαργύρωσις) καὶ εἰς τὴν Τεχνικὴν διὰ τὴν προφύλαξιν ὠρισμένων μετάλλων ἀπὸ τὴν ὀξειδωσιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἐκτελοῦμεν ἐπιμετάλλωσιν μὲ ἀνοξειδωτὰ μέταλλα, ὅπως εἶναι τὸ νικέλιον καὶ τὸ χρῶμιον. Εἰς τὴν ἐπιμετάλλωσιν ἠλεκτρολύομεν ἓνα ἄλας τοῦ μετάλλου, μὲ τὸ ὅποιον πρόκειται νὰ ἐπικαλύψωμεν ἓνα ἀντικείμενον, χρησιμοποιοῦντες τὸ ἀντικείμενον ὡς κάθοδον, ἐνῶ ὡς ἄνοδον τοποθετοῦμεν καθαρὰν πλάκαν ἐκ τοῦ μετάλλου.

6. Ἡ γαλβανοπλαστικὴ εἶναι εἶδος ἐπιγαλκώσεως καὶ ἐπιτρέπει τὴν ἀναπαραγωγὴν, μὲ μεγάλην πιστότητα, ἀναγλύφων ἐπιφανειῶν.

7. Εἰς τὴν ἠλεκτρομεταλλουργίαν παρασκευάζομεν μέταλλα, μὲ πολὺν μεγάλον βαθμὸν καθαρότητος, ἠλεκτρολύοντες ἄλατα, ὀξειδία ἢ ὑδροξειδία τῶν μετάλλων.

8. Εἰς τὴν ἠλεκτροχημείαν παρασκευάζομεν πολυάριθμα σώματα βιομηχανικῶς μὲ ἠλεκτρολυτικὴν μέθοδον, ὅπως ὑδρογόνον, ὀξυγόνον, χλώριον, καυστικὴν σόδα κλπ.

**ΚΕ'—ΠΟΣΟΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΚΟΥΛΟΜΠ.
ΕΝΤΑΣΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.
ΜΟΝΑΣ ΑΜΠΕΡ.**

§ 118. Ποσότης ηλεκτρισμού. Πείραμα. Συνδεδωμέν εν σειρά τρία διαφορετικά βολτάμετρα, τὰ ὅποια περιέχουν ἄραιόν ὕδατικόν διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος (H_2SO_4) καὶ ἔχουν ἠλεκτροδία ἀπροσβλήτα ἀπὸ τὸ ὄξύ (π.χ. ἀπὸ λευκόχρυσον) (σχ. 122).

Τὰ βολτάμετρα διαφέρουν πολὺ εἰς τὰς διαστάσεις καὶ εἰς τὴν μορφήν, τόσον τῶν δοχείων ὅσον καὶ τῶν ἠλεκτροδίων, καθὼς καὶ εἰς τὰς ἀποστάσεις μεταξύ τῶν ἠλεκτροδίων. Ἡ ποσότης ἐπίσης τοῦ ὀξυνισμένου ὕδατος δὲν εἶναι ἡ ἴδια καὶ εἰς τὰ τρία βολτάμετρα.

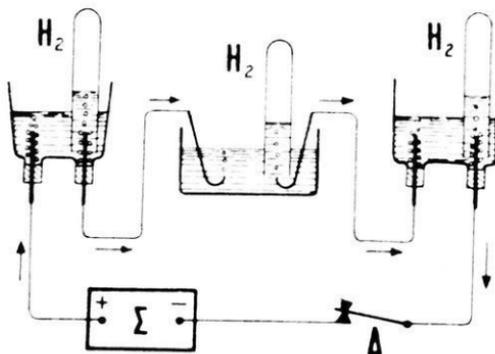
Καλύπτομεν τὰς καθόδους τῶν βολταμέτρων μὲ ὄγκομετρικοὺς σωλῆνας καὶ κλείομεν τὸ κύκλωμα. Καθὼς γνωρίζομεν ἀπελευθερῶνεται ὕδρογόνον, τὸ ὅποιον συλλέγεται εἰς τοὺς ἀνεστραμμένους ὄγκομετρικοὺς σωλῆνας.

Μετὰ ἀπὸ μικρὸν χρονικὸν διάστημα διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, οἱ ὅποιοι ἀπελευθερώθησαν εἰς ἕκαστον βολτάμετρον, εἶναι ἴσοι.

Ἐάν πραγματοποιήσωμεν ἓνα ἀνάλογον μὲ τὸ ἀνωτέρω πείραμα,

χρησιμοποιήσωμεν ὡς ἠλεκτρολύτην νιτρικὸν ἄργυρον ($AgNO_3$) καὶ μὲ τελείως διαφορετικὰ βολτάμετρα, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι αἱ ποσότητες τοῦ ἄργυρου, αἱ ὅποια ἀποτίθενται εἰς τὰς καθόδους καὶ τῶν τριῶν βολταμέτρων εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι.

Ἐπίσης ἐάν χρησιμοποιήσωμεν βολτάμετρα μὲ ἠλεκτρολύτην θεϊκὸν χαλκὸν ($CuSO_4$), θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι αἱ μάζαι τοῦ χαλκοῦ, αἱ ὅποια ἀπο-



Σχ. 122. Οἱ ὄγκοι τοῦ ὕδρογόνου, οἱ ὅποιοι ἐλευθερώνονται ἀπὸ τὰ τρία βολτάμετρα εἶναι ἴσοι.

τίθενται εις τὰς καθόδους εἶναι καὶ πάλιν ἴσαι μεταξὺ των.

§ 119. Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. Ἐννοια τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Εἰς τὰ τρία βολτάμετρα τοῦ προηγουμένου πειράματος ἢ ἀπελευθέρωσις τοῦ ὑδρογόνου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἐφ' ὅσον οἱ ὄγκοι τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον συλλέγεται εἰς τοὺς ὄγκομετρικοὺς σωλῆνας, ἢ αἱ μᾶζαι τῶν μετάλλων, αἱ ὁποῖαι ἀποτίθενται εἰς τὴν κάθοδον εἶναι ἴσα, εἶναι λογικὸν νὰ ὑποθέσωμεν ὅτι αὐτὸ συμβαίνει διότι τὰ βολτάμετρα διαρρέονται, ἀπὸ τὴν ἰδίαν ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ. Δηλαδή ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ εἶναι ἐκεῖνη ἢ ὁποία καθορίζει τὸν ὄγκον τοῦ ὑδρογόνου, ὁ ὁποῖος ἀπελευθερώνεται, ἢ τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου ἣτις ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δι' αὐτὸ λέγομεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία μεταφέρεται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν ὄγκον τοῦ ὑδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἀπελευθερώνεται, ἢ πρὸς τὴν μᾶζαν τοῦ μετάλλου, τὸ ὁποῖον ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον.

Δηλαδή ὅταν ὁ ὄγκος τοῦ ὑδρογόνου ἢ ἡ μᾶζα τοῦ μετάλλου εἶναι διπλασία, τριπλασία, τετραπλασία, κλπ. αὐτὸ σημαίνει ὅτι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία διῆλθεν ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, εἶναι δύο, τρεῖς, τέσσαρας φορές μεγαλύτερα, κλπ.

Μονάδες τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ. Ὡς μονὰς διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ χρησιμοποιεῖται τό :

1 Κουλόμπ (1 Coulomb, 1Cb)

Τὸ 1 Κουλόμπ (1 Cb) εἶναι ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία, ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἓνα βολτάμετρον μὲ νιτρικὸν ἄργυρον (AgNO_3), ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ποσότητα 1,118 mgr ἀργύρου.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἢ ὁποία ἀποθέτει 0,274 gr ἀργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἐνός βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.

Λύσις. Ἐφ' ὅσον τὰ 1,118 mgr ἀργύρου ἐλευθερώνονται εἰς τὴν κάθοδον ἀπὸ 1 Cb, τὰ 0,274 gr = 274 mgr θὰ ἐλευθερώνονται ἀπὸ ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς :

$$\frac{274}{1,118} \text{ Cb} = 245 \text{ Cb}$$

§ 120. Έντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Πολλὰς φορές χρειάζεται νὰ γνωρίζωμεν τὴν *παροχὴν* μιᾶς σωληνώσεως εἰς τὸ δίκτυον ὑδρεύσεως ἢ εἰς τὸ δίκτυον τοῦ φωταερίου. Ἐνδιαφέρει δηλαδὴ νὰ γνωρίζωμεν πόσα κυβικά μέτρα ὕδατος ἢ αἰρίου διέρχονται ἀπὸ μίαν τυχαίαν διατομὴν τοῦ δικτύου εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου.

Ἀναλόγως πρὸς τὰ ἀνωτέρω τὴν ἠλεκτρικὴν παροχὴν ἐνὸς ἀγωγοῦ ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὀνομάζομεν **έντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος** καὶ τὴν συμβολίζομεν μὲ *i*.

Ἡ ἔντασις *i* τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν, εἶναι ἢ ἴδια εἰς ὅλα τὰ σημεῖα ἐνὸς ἀπλοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

Μονὰς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ μονὰς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι τὸ **1 Ἄμπέρ (Ampère)** καὶ συμβολίζεται μὲ **1 A ἢ 1 Amp.**

Τὸ **1 Ἄμπέρ (1 A, 1 Amp)** εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον, μάζαν 1,118 mgr ἄργυρου.

Ἀπὸ τὸν ἀριθμὸ τῆς μονάδος Ἄμπέρ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ **1 Ἄμπέρ** δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς 1 Κουλόμπ.

Ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος Ἄμπέρ εἶναι τὸ **1 μιλιὰμπέρ (1 milliampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 mA** καὶ τὸ **1 μικροαμπέρ (1 microampère)**, τὸ ὁποῖον συμβολίζεται μὲ **1 μA**. Εἶναι δέ :

$$1 \text{ mA} = \frac{1}{1.000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ μA} = \frac{1}{1\ 000\ 000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

§ 121. Σχέσις μεταξὺ ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἐντάσεως ρεύματος. Ἐφ' ὅσον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἄμπέρ μεταφέρει ἐντὸς ἐνὸς δευτερολέπτου ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ ἴσην πρὸς 1 Κουλόμπ, ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως *i* Ἄμπέρ θὰ μεταφέρῃ ἐντὸς χρόνου *t* δευτερολέπτων ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ *q* Κουλόμπ, ἢ ὁποῖα θὰ εἶναι ἴση πρὸς :

$$q = i \cdot t$$

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Πόσον ἠλεκτρικὸν φορτίον μεταφέρει ἐν τῷ χρόνῳ 2 min ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A.

Λύσις. Ἀπὸ τὴν σχέσιν $q = i \cdot t$, ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμὰς τῶν, δηλαδὴ $i = 5A$, $t = 2 \text{ min} = 2 \cdot 60 \text{ sec} = 120 \text{ sec}$, λαμβάνομεν :

$$q = 5 \cdot 120 \text{ Cb} = 600 \text{ Cb}.$$

§ 122. Σύστημα μονάδων M.K.S.A. Ἐάν εἰς τὰς θεμελιώδεις μονάδας τοῦ συστήματος M.K.S. προσθέσωμεν ὡς θεμελιώδη μονάδα καὶ τὸ Ἄμπέρ, δημιουργεῖται ἓνα γενικώτερον σύστημα μονάδων, τὸ ὁποῖον περιλαμβάνει καὶ τὰς μονάδας τὰς ὁποίας χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὸν Ἠλεκτρισμὸν καὶ ὀνομάζεται **Σύστημα M.K.S.A.** ἢ **Σύστημα Τζιόρτζι (Giorgi)**.

Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν μονάδων βασίζεται εἰς τὰς τέσσαρας θεμελιώδεις μονάδας : μέτρον, χιλιόγραμμα, δευτερόλεπτον καὶ Ἄμπέρ.

§ 123. Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπαραίτητος διὰ τὴν ἀπελευθέρωσιν ἑνὸς γραμμοῖσοδυναμοῦ οἰουδήποτε μετάλλου. Ἀπὸ τὸν ὅρισμὸν τῆς μονάδος διὰ τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, γνωρίζομεν ὅτι 1 Cb ἐλευθερώνει 1,118 mgr (0,001 118 gr) ἀργύρου εἰς μίαν ἠλεκτρολύσιν διαλύματος νιτρικοῦ ἀργύρου ($AgNO_3$).

Ἐπομένως διὰ νὰ ἀπελευθερωθῇ ἓνα γραμμοῖσοδύναμον ἀργύρου, δηλαδὴ μᾶζα 108 gr τοῦ μετάλλου, πρέπει νὰ διέλθῃ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς :

$$q = \frac{108}{0,001\ 118} \text{ Cb} = 96\ 500 \text{ Cb}$$

Αὕτῃ ἢ ἰδία ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἀπελευθερώνει ἐπίσης 64/2 gr = 32 gr χαλκοῦ, 197/3 gr = 65.6 gr χρυσοῦ ἢ 1 gr ὑδρογόνου, δηλαδὴ ποσότητος ἴσας πρὸς ἓνα γραμμοῖσοδύναμον τῶν ἀντιστοίχων μετάλλων ἢ ἓνα γραμμάριον ὑδρογόνου. Ὡστε :

Ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση πρὸς 96 500 Cb ἀπελευθερώνει εἰς τὴν κάθοδον, κατὰ τὴν διάρκειαν μιᾶς ἠλεκτρολύσεως, μᾶζαν ἴσην πρὸς ἓνα γραμμοῖσοδύναμον οἰουδήποτε μετάλλου ἢ ἓνα γραμμάριον ὑδρογόνου.

§ 124. Γενίκευσις. Τύπος τοῦ Φάρανταιῦ. Ὑποθέτομεν ὅτι ἠλεκτρι-

κόν ρεύμα έντάσεως i Άμπέρ διαρρέει, επί χρονικόν διάστημα t sec, ένα βολτάμετρον. Θα ύπολογίσωμεν τήν μάζαν m , εις γραμμάρια, του μετάλλου τó όποιον αποτίθεται εις τήν κάθοδον, γνωρίζοντες τó άτομικόν βάρος A του μετάλλου και τó σθένος n του ίόντος του.

Γνωρίζομεν ότι ποσότης ήλεκτρισμού ίση προς 96 500 Cb άπελευθερώνει εις τήν κάθοδον ένός βολταμέτρου ένα γραμοϊσοδύναμον του μετάλλου, δηλαδή μάζαν ίσην προς A/n γραμμάρια.

Έπομένως 1 Cb άπελευθερώνει μάζαν ίσην προς :

$$\frac{1}{96\ 500} \cdot \frac{A}{n} \text{ gr}$$

και συνεπώς ποσότης ήλεκτρισμού q Cb θα άποθέση μάζαν m του μετάλλου ίσην προς :

$$m = \frac{1}{96\ 500} \cdot \frac{A}{n} \cdot q$$

Έπειδή όμως ισχύει ή σχέσις $q = i \cdot t$, ó άνωτέρω τύπος γράφεται και ως έξής :

$$m = \frac{1}{96\ 500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

§ 125. Άμπερώρα. Άλλη μονάς ποσότητος ήλεκτρισμού. Τó Κουλόμπ είναι μία πολύ μικρά μονάς και δ' αυτόν τόν λόγον εις τás πρακτικás εφαρμογás προτιμώμεν νά χρησιμοποιώμεν ως μονάδα ποσότητος ήλεκτρισμού τήν 1 άμπερόμετρον (1 Ab).

Η άμπερώρα (1 Ah) είναι ίση με τήν ποσότητα του ήλεκτρισμού, ή όποία μεταφέρεται έντός μιās ώρας υπό ήλεκτρικου ρεύματος έντάσεως ένός Άμπέρ.

Έπομένως θα είναι :

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ h} = 1 \cdot \text{A} \cdot 3\ 600 \text{ sec} = 3\ 600 \text{ Cb.}$$

Δηλαδή :

$$1 \text{ Ah} = 3\ 600 \text{ Cb}$$

Ούτω λέγομεν, π.χ. ότι ένας συσσωρευτής έχει χωρητικότητα 90 Ah, εάν είναι εις θέσιν νά τροφοδοτηθῆ με ρεύμα 3 A επί 30 h ένα κύκλωμα ή νά τó τροφοδοτηθῆ με ρεύμα 9 A επί 10 h, κλπ.

Αριθμητικὸν παράδειγμα. Συσσωρευτὴς παράγει ρεύμα ἐντάσεως 2,4 A ἐπὶ 15 συνεχεῖς ὥρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ χωρητικότης τοῦ συσσωρευτοῦ εἰς ἀμπερ-ὥρας (δηλαδή ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὸν ὁποῖον εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ).

Λύσις. Ἀντικαθιστῶντες εἰς τὸν τύπον $q = i \cdot t$, (ὅπου q ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὴν ὁποίαν εἶναι εἰς θέσιν νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς, i ἡ ἐνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος του καὶ t ὁ χρόνος εἰς ὥρας, ἐντὸς τοῦ ὁποῖου ἀποδίδεται τὸ ἠλεκτρικὸν φορτίον) τὰ σύμβολα μὲ τὰς ἀριθμητικὰς τῶν τιμᾶς, λαμβάνομεν:

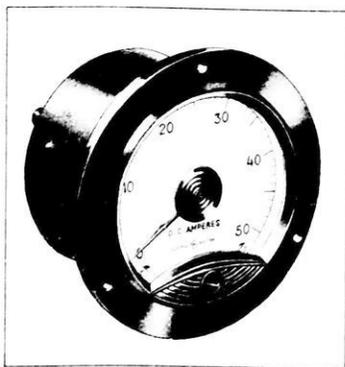
$$q = i \cdot t = 2,4A \cdot 15 h = 36 Ah$$

§ 126. Μέτρησις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἀμπερόμετρα. Ἡ ἐνταση τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος δύναται νὰ μετρηθῇ βεβαίως μὲ ἓνα βολτᾶμετρον νιτρικοῦ ἀργύρου.

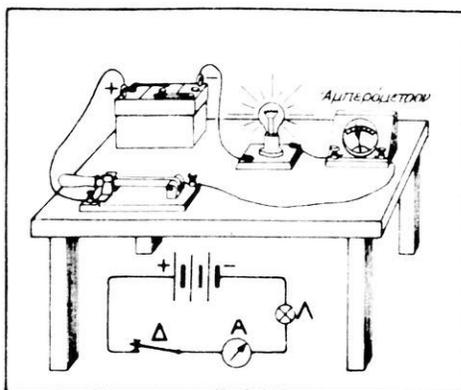
Ἡ ἐργασία αὕτη ὅμως δὲν εἶναι οὔτε σύντομος, οὔτε εὐκολος. Πρέπει νὰ ζυγίσωμεν τὴν κάθοδον πρὶν καὶ μετὰ τὴν ἠλεκτρολύσιν, νὰ γνωρίζωμεν τὴν διάρκειαν τῆς ἠλεκτρολύσεως καὶ νὰ ἐκτελέσωμεν ὑπολογισμοὺς.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον προτιμῶμεν ἓνα ἄλλον εἶδος ὀργάνων μὲ ἀπ' εὐθείας ἀνάγνωσιν, τῶν ὁποίων ἡ λειτουργία στηρίζεται εἰς τὰ μαγνητικὰ ἢ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ ὄργανα αὐτὰ ὀνομάζονται **ἀμπερόμετρα** (σχ. 123)

Τὰ ἀμπερόμετρα παρεμβάλλονται, ὅπως λέγομεν εἰς τὸ κύκλωμα, τοποθετοῦνται δηλαδή ἐν σει-



Σχ. 123. Ἐξωτερικὴ ὄψις συνήθους ἀμπερομέτρου.



Σχ. 124. Εἰς οἰανδήποτε θέσιν τοῦ κυκλώματος παρεμβληθῇ, τὸ ἀμπερόμετρον παρέχει τὴν ἴδιαν ἐνδείξιν.

$\rho\alpha$ ὁμοῦ μὲ τὰς διαφόρους συσκευάς (βολτάμετρα, διακόπτας, κινητήρας, κλπ.), ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 124.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι μετρήσιμον μέγεθος.
2. Μονὰς ποσότητος τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἶναι τὸ Κουλόμπ (1 Cb), ἴσον πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἢ ὁποῖα ἀποθέτει 1,118 mgr ἀργύρου εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον.
3. Ἐντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα ἀγωγόν, ὀνομάζομεν τὴν παροχὴν τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἠλεκτρικὰ φορτία.
4. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται εἰς Ἄμπέρ. Τὸ ἓνα Ἄμπέρ (1 A) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου μὲ νιτρικὸν ἄργυρον 1,118 mgr ἀργύρου ἀνὰ δευτερόλεπτον.
5. Ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ εἰς Κουλόμπ, ἢ ὁποῖα μεταφέρεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως i Ἄμπέρ ἐντὸς χρόνου t sec, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$q = i \cdot t$$

6. Διὰ νὰ ἐλευθερωθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἑνὸς βολταμέτρου 1 gr ὑδρογόνου ἢ 1 γραμμοῖσούδυναμον οἰοῦδήποτε μετάλλου, ἀπαιτεῖται ποσότης ἠλεκτρισμοῦ ἴση μὲ 96 500 Cb.
7. Ἡ μᾶζα m εἰς gr τοῦ ἐναποτιθεμένου μετάλλου ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i ἐντὸς χρόνου t , δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν

$$m = \frac{1}{96\,500} \cdot \frac{A}{n} \cdot i \cdot t$$

8. Ἡ ἀμπερώρα εἶναι μονὰς ποσότητος ἠλεκτρισμοῦ καὶ ἴσουται πρὸς 3 600 Cb.
9. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος μετρεῖται μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται πάντοτε ἐν σειρᾷ μὲ τὰς ἄλλας συσκευάς τοῦ κυκλώματος.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

101. Ένα βολτάμετρον περιέχει νιτρικόν ἄργυρον. Ἐὰν κατὰ τὴν ἠλεκτροδύσειν ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον 3,6 gr ἄργυρον, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον (ἄτομικὸν βάρος ἄργυρου 108).

(Ἄπ. 3216,6 Gb.)

102. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς μιᾶς ὥρας ἀποθέτει 19 gr ἄργυρον εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρον, περιέχοντος νιτρικόν ἄργυρον.

(Ἄπ. 4,7 περίπου.)

103. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 9 gr ἄργυρον, εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρον, ἐὰν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 10 A διέρχεται ἀπὸ διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρου.

(Ἄπ. 804 sec.)

104. Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 90 Ah καὶ εἶναι φορτισμένη κατὰ τὰ 3/5. Νὰ εὑρεθῇ ἐπὶ πόσον χρόνον ἡ συστοιχία θὰ δύναται νὰ παρέχῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 4,5 A.

(Ἄπ. 12 h.)

105. Ένα βολτάμετρον περιέχει ὀξεινισμένον ὕδωρ καὶ διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ ὄγκος τοῦ ὕδρογόνου, τὸ ὁποῖον ἐλευθερώνεται εἰς τὸ βολτάμετρον ἐντὸς 45 min (ὑπὸ κανονικὰς συνθήκας).

(Ἄπ. α' 4 050 Gb β' 470 cm³.)

106. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ ἄργυρου, ὁ ὁποῖος θὰ ἀποτεθῇ εἰς τὴν κάθοδον ἐνὸς βολταμέτρον, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρου, ἐὰν διέλθῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 5 A ἐπὶ 20 min.

(Ἄπ. 6,7 gr.)

107. Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον ἐντὸς 23 min ἀπέθεσεν 7,2 gr χαλκοῦ κατὰ τὴν ἠλεκτροδύσειν διαλύματος θεϊκοῦ χαλκοῦ. Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ θεωρηθῇ δισθενές καὶ τὸ ἄτομικὸν βάρος τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ ἴσον πρὸς 63.

(Ἄπ. 16 A περίπου.)

108. Ἐνὸς βολταμέτρον, τὸ ὁποῖον περιέχει νιτρικόν ἄργυρον, καὶ ἀποθέτει εἰς τὴν κάθοδον ἐντὸς χρόνον 2 h μᾶζαν ἄργυρου 16,099 2 gr α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ, ἡ ὁποία διαρρέει τὸ βολτάμετρον β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

(Ἄπ. α' 14 384,6 Gb. β' 2 A περίπου.)

109. Ἐνὸς βολταμέτρον, τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ. Νὰ ὑπολογισθοῦν : α) Ἡ μᾶζα τοῦ ἀποτιθεμένου χαλκοῦ καὶ β) ὁ χρόνος ὁ ὁποῖος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀποτεθοῦν 12 gr ἄργυρου, ὅταν τὸ βολτάμετρον περιέχῃ διάλυμα νιτρικοῦ ἄργυρου καὶ διαρρέεται ἀπὸ τὸ ἴδιον ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως 5 A. (Ἄτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64 καὶ ἄργυρου 108. σθένος τοῦ ἰόντος τοῦ χαλκοῦ 2 καὶ τοῦ ἰόντος τοῦ ἄργυρου 1.)

(Ἄπ. α' 7,95 gr. β' 2 144,4 sec.)

110. Ἡλεκτρικὸν ρεῖμα ἐντάσεως 2 A διαρρέει ἐπὶ 10 h δύο βολτάμετρα, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ. Τὸ ἓνα περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ χαλκοῦ καὶ τὸ ἄλλο νιτρικοῦ ἀργύρου (ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64, σθένος ἰόντος 2. Ἀτομικὸν βάρος ἀργύρου 108, σθένος ἰόντος 1). α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος ἀπέπεσε εἰς τὴν κάθοδον τοῦ πρώτου βολταμέτρου. β) Ἐκ τοῦ προηγουμένου ἀποτελέσματος καὶ χρησιμοποιοῦντες μόνον τὸ ἀτομικὸν βάρος καὶ τὰ σθένη, νὰ ὑπολογίσετε τὴν μᾶζαν τοῦ ἀργύρου, ὁ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθοδον τοῦ δευτέρου βολταμέτρου.

(Ἄπ. α' $m = 23,87 \text{ gr}$ β' $77,35 \text{ gr}$.)

111. Θέλομεν νὰ καλύψωμεν μὲ στρώμα νικελίου πάχους 0,1 mm ἓνα μεταλλικὸν ἀντικείμενον, τὸ ὁποῖον ἔχει ἐπιφάνειαν 116 cm^2 . Ἡ ἐνταση τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χρησιμοποιοῦμεν εἶναι 2,5 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος, ὅσας ἀπαιτεῖται δι' αὐτὴν τὴν ἐργασίαν. Πυκνότης νικελίου: $8,8 \text{ gr/cm}^3$, ἀτομικὸν βάρος 59 καὶ σθένος ἰόντος του 2.

(Ἄπ. 13 357 sec περίπου.)

112. Πρόκειται νὰ ἐπιχαλκώσωμεν καὶ τὰς δύο ὀφεις μιᾶς τραπέζοειδοῦς πλακῶς, αἱ βᾶσεις τῆς ὁποίας ἔχουν μήκη 3 dm καὶ 20 cm, καὶ ὕψος 150 mm. Τὸ πάχος τοῦ ἐπιθημητοῦ χαλκίνου στρώματος θὰ εἶναι 0,1 mm. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὁ ὁποῖος θὰ πρέπει νὰ ἀποτεθῇ εἰς τὴν πλάκα. β) Νὰ καθορισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἡλεκτρισμοῦ, ἡ ἀναγκαία διὰ τὴν ἐπιχάλκωσιν. γ) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἐνταση τοῦ παρεχομένου ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐὰν εἶναι γνωστὸν ὅτι ἡ ἐπιχάλκωσις θὰ διαρκῆσῃ 5 h. Δίδονται: ἡ πυκνότης τοῦ χαλκοῦ $8,8 \text{ gr/cm}^3$, τὸ ἀτομικὸν βάρος 63,6. Τὸ ἰὸν τοῦ χαλκοῦ νὰ ληφθῇ δισθενές.

(Ἄπ. α' 66 gr β' 200 283 Gb, περίπου. γ' 11,1 A, περίπου.)

ΚΣΤ'—ΘΕΡΜΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΑΝΤΙΣΤΑΣΙΣ ΑΓΩΓΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΟΗΜ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ

§ 127. Γενικότητες. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς ἡλεκτρικοῦ σιδέρου ὀφείλεται εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα προκαλεῖ ἐπίσης τὴν πυράκτωσιν τοῦ νήματος ἐνὸς λαμπτήρος. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον εἶναι γενικώτερον:

Πᾶς ἀγωγὸς ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῖμα θερμαίνεται.

Τὰ χάλκινα σύρματα τῶν ἡλεκτρικῶν ἐγκαταστάσεων θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος: εἰς τὴν περίπτωσιν

ὁμως αὐτὴν ἢ αὐξήσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι ἀσήμαντος καὶ δὲν γίνεται εὐκόλως αἰσθητή.

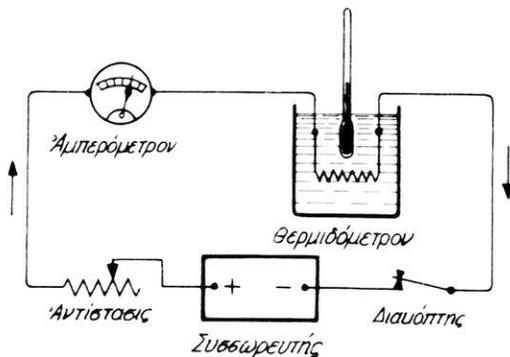
§ 128. Πειραματικὴ σπουδὴ τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὰ θερμικὰ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐμελέτησεν πρῶτος ὁ Ἄγγλος Φυσικὸς **Τζάουλ (Joule)**, δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον πολλὰς φορές ἢ θέρμανσις ἑνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος συνηθίζεται νὰ χαρακτηρίζεται ὡς *φαινόμενον Τζάουλ*.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἢ ὁποία ἀναπτύσσεται εἰς ἕνα ἀγωγὸν ἢ εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν συσκευὴν, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν χρόνον κατὰ τὸν ὁποῖον τὸ ρεῦμα διαρρέει τὸν ἀγωγὸν καὶ ἀπὸ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Μεταβάλλεται ὁμως ἀπὸ τὴν μίαν συσκευὴν εἰς τὴν ἄλλην. Οὕτως ἐνῶ εἶναι πολὺ σημαντικὴ εἰς μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, εἶναι ἐντελῶς ἀσήμαντος εἰς ἕνα χάλκινον σύρμα.

1) Ἐπίδρασις τοῦ χρόνου. Πείραμα. Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 125 καὶ βυθίζομεν ἐντὸς ἑνὸς θερμιδομέτρου, τὸ ὁποῖον περιέχει 200 gr πετρελαίου, ἕνα πολὺ λεπτὸν ἀγωγὸν σύρμα ἀπὸ σιδηρονικέλιον.

Τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχομεν συνδέσει ἐν σειρά εἰς τὸ κύκλωμα, ἐπιτρέπει μὲ τὴν βοήθειαν ἑνὸς *ροοστάτου* νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ρύθμισις γίνεται πρὸ τῆς ἐνάρξεως τοῦ πειράματος, ἔστω δὲ 2A ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος.

Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ θερμομέτρου, τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένον ἐντὸς τοῦ πετρελαίου, σημειώνωμεν ἀνά λεπτὸν τὴν θερμο-



Σχ. 125. Διὰ τὴν πειραματικὴν σπουδὴν τῶν θερμικῶν ἀποτελεσμάτων τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

κρασίαν τοῦ πετρελαίου, σχηματίζοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Χρόνος εἰς min	0	1	2	3	4	5
Θερμο- κρασία εἰς °C	19,8	20,7	21,7	22,6	23,6	24,6
Αὐξησης θερμοκρ. εἰς °C		0,9	1	0,9	1	1

Ἐκ τῆς μελέτης τοῦ πίνακος συμπεραίνομεν ὅτι ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνοψώνεται κατὰ μέσον ὄρον 1 °C ἀνά λεπτόν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὴν παραδοχὴν ὅτι ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἀγωγοῦ, αὐξάνεται κανονικῶς κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ πειράματος. Ἐπομένως :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ, ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως ἡλεκτρικοῦ ρεύματος σταθερᾶς ἐντάσεως, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν χρονικὴν διάρκειαν τῆς διελεύσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

2) Ἐπίδρασις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Πείραμα.
Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ προηγούμενον πείραμα, ἀφοῦ ρυθμίσωμεν, μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, τὴν ἔντασιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νὰ ἔχη σταθερὰν τιμὴν, ἔστω $i = 1 \text{ A}$.

Ἀφήνομεν τὴν θερμοκρασίαν νὰ ἀνέλθῃ εἰς μίαν ὠρισμένην τιμὴν, ἔστω εἰς τοὺς 23 °C, καὶ μετὰ πάροδον 5 min σημειώνομεν τὴν νέαν τιμὴν τῆς, ἡ ὁποία εὐρίσκεται ὅτι εἶναι 24,2 °C. Ἀνοίγομεν τότε τὸν διακόπτην, ὁπότε τὸ ρεῦμα παύει νὰ κυκλοφορῇ εἰς τὸ κύκλωμα.

Κλείομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ρυθμίζομεν τὸν ροοστάτην οὕτως, ὥστε ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος νὰ εἶναι 2A, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία τοῦ πετρελαίου ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς 27,8°C.

Ἀνοίγομεν καὶ πάλιν τὸν διακόπτην καὶ ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα μετὰ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 3A καὶ παρατηροῦμεν ὅτι ἐντὸς χρόνου 5 min ἡ θερμοκρασία ἀνῆλθεν ἀπὸ τοὺς 23°C εἰς τοὺς 33,8°C.

Με τὰς ἀνωτέρω ἐνδείξεις καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Ἔντασις i εἰς A	1	2	3
Θερμοκρασία $t=0 \text{ min}$ $t=5 \text{ min}$	23 24,2	23 27,8	23 38,8
Αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἰς $^{\circ}C$	1,2	4,8	10,8

Ἀπὸ τὸν πίνακα συμπεραίνομεν ὅτι : α) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $1,2^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $1A$. β) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $4,8^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $2A$. γ) Ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἶναι $10,8^{\circ}C$, ὅταν ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος εἶναι $3A$. Ἐπειδὴ ὁμως εἶναι :

$$1,2 = 1,2 \cdot 1 = 1,2 \cdot 1^2$$

$$4,8 = 1,2 \cdot 4 = 1,2 \cdot 2^2$$

$$10,8 = 1,2 \cdot 9 = 1,2 \cdot 3^2$$

παρατηροῦμεν ὅτι ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας εἶναι εἰς πᾶσαν περίπτωσιν ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἐπειδὴ ὁμως δι' ἕνα ὀριζόμενον σῶμα ἡ αὔξησις τῆς θερμοκρασίας του εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος, τὴν ὁποίαν ἀπορροφεῖ, καταλήγομεν τελικῶς εἰς τὸ συμπέρασμα :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ὀριζόμενου χρονικοῦ διαστήματος μέσα εἰς ἕνα ἄγωγόν ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἄγωγόν.

3) Ἐπίδρασις τῆς φύσεως τοῦ ἄγωγου. Ἀντίστασις. Πείραμα.
Τὰ ἀνωτέρω πειράματα ἐξετελέσθησαν μὲ τὸν ἴδιον ἄγωγόν βυθισμένον μέσα εἰς τὸ θερμοδόμετρον.

Ἀντικαθιστῶμεν τὸν ἄγωγόν αὐτὸν μὲ ἕνα ἄλλον, διαφορετικὸν ἀπὸ τὸν πρῶτον εἰς ὑλικὸν κατασκευῆς, εἰς τὸ μήκος καὶ εἰς τὸ πάχος. Μετροῦμεν ἀκολούθως τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας διὰ διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως ἔστω $2A$ καὶ ἐπὶ χρονικὸν διάστημα 5 min εἰς τὸν δεῦτερον ἄγωγόν, ὅποτε εὐρίσκομεν ἔστω $14,4^{\circ}C$ ἀνύψωσιν τῆς θερμο-

κρασίας, ἐνῶ εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγὸν εἶχομεν παρατηρήσει, μὲ τὰς ἰδίας συνθήκας, ἀνύψωσιν $4,8^{\circ}\text{C}$.

Ἄπο τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας εἰς τὸν δευτέρου ἄγωγὸν εἶναι τρεῖς φορές μεγαλύτερα ἀπὸ ὅτι εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει, ὅτι ἡ θερμότης ἢ ὁποῖα ἐκλύεται εἰς τὸν δευτέρου ἄγωγόν εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν θερμότητα τὴν ἐκλυομένην εἰς τὸν πρῶτον ἄγωγόν.

Τὰ συμπεράσματά μας αὐτὰ ἐκφράζομεν λέγοντες ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ δευτέρου ἄγωγου εἶναι τριπλασία ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ πρώτου ἄγωγου. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἄγωγου εἶναι ἓνα φυσικὸν μέγεθος, τὸ ὁποῖον χαρακτηρίζει τὸν ἄγωγόν εἰς τὸ φαινόμενον τοῦ Τζάουλ.

Ἄπο τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι ἡ ἀντίστασις τοῦ ἄγωγου εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ποσότητα τῆς θερμότητος ἢ ὁποῖα ἐκλύεται ἐντὸς τοῦ ἄγωγου.

Ἄντιστρέφοντες ἐπομένως τὸν συλλογισμόν δυνάμεθα νὰ εἰπῶμεν ὅτι :

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἢ ὁποῖα ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ἄγωγου καὶ εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἄγωγου.

Ἡ ἐκλυσίς θερμότητος, κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐξηγεῖται ὡς ἑξῆς :

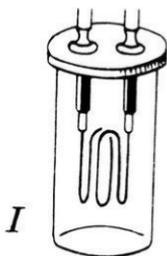
Τὰ ἠλεκτρόνια τὰ ὁποῖα μετακινοῦνται μέσα εἰς τὰ ἀγωγὰ σύρματα, συναντοῦν μίαν ὄριστην δυσκολίαν κατὰ τὴν κίνησιν των μεταξύ τῶν ἀτόμων τοῦ μετάλλου. Αἱ κρούσεις καὶ αἱ «τριβαί» αἱ ὁποῖαι ἀναπτύσσονται, ἔχουν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν ἐκλυσιν τῆς θερμότητος.

Ἡ θερμότης συνεπῶς, ἢ ὁποῖα παράγεται ἐντὸς ἐνὸς ἄγωγου κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ὀφείλεται εἰς τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποῖαν προβάλλει ὁ ἄγωγός κατὰ τὴν κίνησιν τῶν ἐλευθέρων ἠλεκτρονίων.

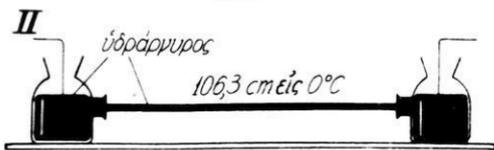
Μονὰς ἀντιστάσεως. Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἄγωγου μετρεῖται εἰς μονάδας Ὠμ (1 Ohm, 1 Ω), ὀνομασία ἢ ὁποῖα ἐδόθη πρὸς τιμὴν τοῦ Γερμανοῦ Φυσικοῦ καὶ Μαθηματικοῦ Georg Simon Ohm (1787-1850).

Τὸ Ὠμ (1 Ω) εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς ἄγωγου, ἐντὸς τοῦ

όποιου εκλύεται ανά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ισοδύναμος πρὸς 1 Joule, ὅταν ὁ ἄγωγος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Amperε.



Αἱ μετρήσεις ἠλεκτρικῶν ἀντιστάσεων δύνανται νὰ γίνωνται μὲ σύγκρισιν πρὸς ἕνα πρότυπον ὠμ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον κατασκευάσαν μίαν πρότυπον ἀντίστασιν ἴσην μὲ ἕνα ὠμ (σχ. 126). Οὕτω τὸ ὠμ παριστάται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν μίας κυλινδρικής στήλης ὑδραργύρου, μήκους 106,3 cm καὶ πάχους 1 mm² εἰς θερμοκρασίαν 0 °C.



Σχ. 126. Πραγματοποιήσις προτύπου ἀντιστάσεως 1 ὠμ.

Τὸ Μεγκώμ (1 MΩ) εἶναι πολλαπλασία μονὰς τοῦ 1 ὠμ, ἔχομεν δὲ ὅτι :

$$1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega$$

§ 129. Νόμος τοῦ Τζάουλ. Τὰ συμπεράσματα τῶν πειραμάτων τὰ ὅποια ἐξετελέσαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον συγκεντρώνονται εἰς τὴν ἀκόλουθον γενικὴν διατύπωσιν, ἡ ὅποια φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ Τζάουλ.

Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὅποιος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, εἶναι ἀνάλογος : α) πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἀγωγοῦ, β) πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, καὶ γ) πρὸς τὸν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος αὐτοῦ

Τύπος τοῦ Τζάουλ. Συμφάνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν τῆς ἀντιστάσεως, ἡ θερμότης ἡ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ ἀντιστάσεως 1 Ω, κατὰ τὴν διέλευσιν ρεύματος ἐντάσεως 1 A καὶ διὰ χρονικὸν διάστημα 1 sec, εἶναι ἰσοδύναμος μὲ 1 Joule.

Ἐπομένως, ἡ ποσότης Q τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς

ένος άγωγού αντίστασεως R Ohm, ό όποιος διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως i Amperé και διά χρονικόν διάστημα t sec, θά είναι ισοδύναμος πρός R · i² · t Joule. Δηλαδή :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Έπειδή όμως ή ποσότης τής θερμότητος εκφράζεται συνηθέστερον εις θερμίδας (cal) και 1 Joule = $\frac{1}{4,18}$ cal = 0,24 cal, ό άνωτέρω τύπος γράφεται :

$$Q = \frac{1}{4,18} R \cdot i^2 t \text{ cal}$$

ή

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 t \text{ cal}$$

Άριθμητικά εφαρμογá. 1. Μία ηλεκτρική αντίστασις 100 Ω διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 5 A επί χρόνον 10 min. Νά εύρεθ ή τó ποσόν τής θερμότητος εις Joule και εις cal., τó όποιον εκλύεται έντός του χρονικού αυτού διαστήματος.

Λύσις. Έκ του τύπου :

$$Q = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

δι' αντικαταστάσεως των δεδομένων, ήτοι :

$$R = 100\Omega, i = 5A \text{ και } t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec, λαμβάνομεν :}$$

$$Q = 100 \cdot 5^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule.}$$

Έπειδή δέ 1 Joule = 0,24 cal, θά έχωμεν :

$$Q = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Joule} = 1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,24 \text{ cal ή}$$

$$Q = 3,6 \cdot 10^5 \text{ cal} = 360 \text{ kcal.}$$

2. Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρ διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως 0,4 A και είναι βυθισμένος μέσα εις ένα θερμιδόμετρον, τó όποιον περιέχει 450 gr. ύδατος. Μετά από χρονικόν διάστημα 3 min και 20 sec, ή αύξησις τής θερμοκρασίας του ύδατος είναι 4,8 °C. Νά εύρεθ ή αντίστασις του ηλεκτρικού λαμπτήρος.

Λύσις. Η ποσότης Q τής θερμότητος ήτις εκλύεται, είναι ίση μέ :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta, \text{ ή :}$$

$$Q = 450 \cdot 4,8 \text{ cal} = 2160 \text{ cal}$$

Έφαρμόζοντες άλλωστε τόν τύπον του Τζάουλ έχομεν ότι: $Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$, και θέτοντες $Q = 2160 \text{ cal}$, $i = 0,4 \text{ A}$ και $t = 3 \text{ min } 20 \text{ sec} = 200 \text{ sec}$, εύρίσκομεν τελικώς :

$$R = 282 \Omega, \text{ περίπου}$$

1. Το ηλεκτρικόν ρεύμα θερμαίνει τούς άγωγούς, μέσα από τούς οποίους διέρχεται (Θερμότης Τζάουλ).

2. Ἡ πειραματική σπουδή τῶν θερμικῶν αποτελεσμάτων τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος γίνεται μέ ἕνα τμήμα άγωγοῦ σύρματος, βυθισμένου έντός ένός θερμιδομέτρου μέ πετρέλαιον. Μετροῦμε τότε τήν άνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας, ἡ όποία προκαλεῖται από τήν διέλευσιν τοῦ ρεύματος.

3. Ἡ αντίστασις ένός άγωγοῦ εἶναι μέγεθος τό όποιον χαρακτηρίζει τόν άγωγόν άναφορικῶς πρὸς τό φαινόμενον Τζάουλ. Ἡ αντίστασις μετρεῖται εἰς μονάδας Ὠμ. Τό Ὠμ (1 Ω, 1 Ohm) εἶναι ἴσον μέ τήν αντίστασιν ένός άγωγοῦ, εἰς τόν όποιον εκλύεται άνά δευτερόλεπτον ποσότης θερμότητος ἰσοδύναμος μέ 1 Joule, όταν ό άγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως 1 A.

4. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ εκφράζει ότι : Ἡ ποσότης θερμότητος, ἡ όποία εκλύεται μέσα εἰς ἕνα άγωγόν, ό όποίος διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, εἶναι άνάλογος α) πρὸς τήν αντίστασιν τοῦ άγωγοῦ, β) πρὸς τό τετράγωνον τῆς έντάσεως τοῦ ρεύματος, καί γ) πρὸς τόν χρόνον διελεύσεως τοῦ ρεύματος.

5. Ἡ μαθηματική εκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ εἶναι ἡ άκόλουθος :

$$Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$$

Όταν ἡ αντίστασις R εκφράζεται εἰς μονάδας Ὠμ, ἡ έντασις i εἰς μονάδας Ἀμπέρ καί ό χρόνος t εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ποσότης θερμότητος Q εὔρισκεται εἰς θερμίδας.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

113. Ἐνας ηλεκτρικός θερμαντήρ ἔχει αντίστασιν 30 Ω, διαρρέεται δέ από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως 4 A. Νά υπολογισθῆ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ όποία ἐλευθερώνεται έντός 5 min. (Ἀπ. 34,56 kcal.)

114. Ἐνας άγωγός εἶναι βυθισμένος μέσα εἰς ἕνα θερμιδομετρον μέ ὕδωρ. Τό

ισοδύναμον εις ὕδωρ τοῦ θερμοδομέτρου εἶναι 500 cal/grad. Ἐὰν διέλθῃ ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν ρεῖμα ἐντάσεως 1,5 A καὶ ἐπὶ δύο πρῶτα λεπτά, ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ 2,5 °C. Νὰ ἐπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἐ.Α. 19,44 Ω.)

115. Ἐντὸς θερμοδομέτρου, θερμοχωρητικότητος 20 cal/grad, τὸ ὅποιον περιέχει 480 gr ὕδατος, βυθίζομεν ἓνα σύρμα, τὸ ὅποιον ἔχει ἀντίστασιν 8 Ω καὶ τροφοδοτοῦμεν ἐπὶ 3 min καὶ 29 sec μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα. Ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται κατὰ 20 °C. Νὰ ἐπολογισθοῦν : α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὅποια ἠλευθερώθη κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος καὶ ἡ ἀντίστοιχος ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια. β) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος. (Ἐ.Α. α' Q = 10 000 cal, A = 41 800 Joule. β' 5 A.)

116. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα, τὸ ὅποιον παράγει μία ἠλεκτρικὴ γεννήτρια, διαρρέει ἓνα κύκλωμα. Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν ἀντίστασιν 20 Ω, εἰς τὴν ὁποίαν ἐλευθερώνονται 460 cal ἀνὰ λεπτόν, καὶ ἓνα βολτάμετρον μὲ θετικὸν χαλκόν. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, καὶ β) ἡ μᾶζα τοῦ χαλκοῦ, ὃ ὁποῖος ἀποτίθεται εἰς τὴν κάθodon ἐντὸς 10 πρῶτων λεπτῶν. Ἀτομικὸν βάρος χαλκοῦ 64. Ὁ χαλκὸς νὰ θεωρηθῇ διασπενής. (Ἐ.Α. α' 1,27 A. β' 0,25 gr.)

117. Ρεῖμα ἐντάσεως 3 A διαρρέει ἐπὶ 8 πρῶτα λεπτά ἓνα ἀγωγὸν ἀντιστάσεως 3,5 Ω. Ἡ ἀντίστασις εἶναι βυθισμένη ἐντὸς 1 λίτρον ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20 °C. α) Νὰ ἐπολογισθῇ εἰς Joule ἡ θερμότης ἡ ὅποια ἀποδίδεται εἰς τὸ ὕδωρ. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος. (Ἐ.Α. α' Q = 15 120 J. β' 23,6 °C.)

ΚΖ— ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ

§ 130. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. α) Ἡ θερμότης, ἡ ὅποια ἐκλύεται ἐντὸς ἐνὸς ἀγωγοῦ κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι μία μορφή ἐνεργείας.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῖμα, τὸ ὅποιον προκαλεῖ τὴν ἐμφάνισιν τῆς θερμότητος αὐτῆς, εἶναι μία ἄλλη μορφή ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν ὀνομάζομεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Αὕτῃ ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν.

Εἰς τὸ προηγούμενον κεφάλαιον ἀνεφέραμεν ὅτι ἡ ποσότης θερμότητος $Q=0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t$ cal εἶναι ἰσοδύναμος μὲ $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule.

Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον ἰσοδυναμοῦμεν τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν εἰς Joule, μὲ μηχανικὴν ἐνέργειαν A καὶ γράφομεν :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule}$$

Άριθμητική εφαρμογή. Ένας λαμπτήρ πυρακτώσεως με αντίσταση 410Ω , διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, έντασεως $0,3 \text{ A}$. Πόσην ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν καταναλίσκει ὁ λαμπτήρ ἐντὸς χρόνου 10 min .

Λύσις. Ἀπὸ τὸν τύπον $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἀντικαθιστῶντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμὰς τῶν, δηλαδὴ $R = 410 \Omega$, $i = 0,3 \text{ A}$, $t = 10 \text{ min} = 10 \cdot 60 \text{ sec} = 600 \text{ sec}$, λαμβάνομεν:

$$A = 410 \cdot (0,3)^2 \cdot 600 \text{ Joule} = 22\,140 \text{ Joule}.$$

β) Περίπτωσης ἑνὸς βολταμέτρου ἢ ἑνὸς ηλεκτρικοῦ κινητήρος. Ὅπως οἱ ἀγωγοί, οὕτω καὶ τὸ βολτάμετρον ἢ ὁ ηλεκτρικὸς κινητήρ (μία μηχανὴ δηλαδὴ ἣτις λειτουργεῖ μὲ παροχὴν ηλεκτρικοῦ ρεύματος), θερμαίνονται κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία μετατρέπεται εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν εἶναι ἴση πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule.

Τὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ὁμως, διασπῶν τὸν ηλεκτρολύτην ἑνὸς βολταμέτρου, παράγει καὶ χημικὴν ἐνέργειαν, ἐνῶ ὅταν στρέφῃ ἕνα κινητήρα, παράγει καὶ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ ἔκφρασις συνεπῶς $R \cdot i^2 \cdot t$ δὲν ἀντιπροσωπεύει παρὰ ἕνα μέρος A' τῆς συνολικῆς ηλεκτρικῆς ἐνεργείας A , ἢ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς συσκευὰς αὐτάς. Μία ἄλλη ποσότης ἐνεργείας A'' , γενικῶς σπουδαιότερα ἀπὸ τὴν A' , μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἢ μηχανικὴν ἐνέργειαν.

Ἡ συνολικὴ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια A , ἢ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, εἶναι συνεπῶς ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῆς A' καὶ τῆς A'' . Δηλαδὴ:

$$A = A' + A'' \quad \text{ἢ} \quad A = R \cdot i^2 \cdot t + A''$$

§ 131 Ἡλεκτρικὴ ἰσχύς. Ἡ ηλεκτρικὴ ἰσχύς μιᾶς συσκευῆς εἶναι ἴση μὲ τὴν ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν καταναλίσκει ἢ συσκευὴ ἐντὸς ἑνὸς δευτερολέπτου καὶ ἐκφράζεται εἰς:

Τζάουλ ἀνά δευτερόλεπτον (Joule/sec), δηλαδὴ εἰς Βάτ (W).

Χρησιμοποιοῦμεν ἀκόμη καὶ τὸ πολλαπλάσιον τοῦ Βάτ τὸ **κιλοβάτ (kW)** καί, ὅπως γνωρίζομεν ἰσχύει ἡ σχέσις:

$$1 \text{ kW} = 1.000 \text{ W}$$

Ἐπειδὴ ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια A , ἢ ὁποία καταναλίσκεται ὑπὸ μορφήν θερμότητος ἐντὸς χρόνου t , εἶναι ἴση πρὸς: $A = R \cdot i^2 \cdot t$, ἢ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἐντὸς ἑνὸς δευτερο-

λέπτου, δηλαδή ή ηλεκτρική ισχύς N , θα δίδεται από τον τύπον :

$$N = \frac{A}{t} = \frac{R \cdot i^2 \cdot t}{t} = R \cdot t^2. \text{ Δηλαδή:}$$

$$N = R \cdot i^2$$

Όταν ή R εκφράζεται εις Ω μ και ή i εις Άμπέρ, τότε ή ισχύς εύρίσκεται εις Βάτ.

Ή ηλεκτρική ισχύς ένός καταναλωτοϋ αναγράφεται συνήθως επί τής συσκευής, μαζί με άλλας χρησίμους ένδειξεις διά τήν λειτουργίαν του.

Άριθμητικά παραδείγματα. 1. Νά ύπολογισθ ή ηλεκτρική ισχύς ένός λαμπτήρος, αντίστασεως 500 Ω , ό όποιος διαρρέεται από ρεύμα έντάσεως 0,8 Α.

Λύσις. Άντικαθιστώντες εις τον τύπον $N = R \cdot i^2$ τά δεδομένα του προβλήματος λαμβάνομεν :

$$N = 500 \cdot 0,8^2 \text{ W} = 320 \text{ W.}$$

2. Μία ηλεκτρική συσκευή τής όποιας ή ισχύς είναι ίση με 1.440 W, Έχει αντίστασιν 10 Ω . Πόση είναι ή έντασις του ρεύματος, τό όποιον διαρρέει τήν συσκευήν.

Λύσις. Άπό τον τύπον $N = R \cdot i^2$, λύοντες ώς πρός i λαμβάνομεν :

$$i = \sqrt{\frac{N}{R}}$$

Άντικαθιστώντες τά δεδομένα εύρίσκομεν :

$$i = \sqrt{\frac{1440}{10}} = \sqrt{144} = 12 \text{ A.}$$

Πρακτική μονάς ηλεκτρικής ενεργείας. Τό Τζάουλ (1 Joule) είναι πολύ μικρά μονάς ενεργείας. Δι' αϋτόν τον λόγον εις τās τρεχούσας ανάγκας χρησιμοποιούμεν μίαν μεγαλυτέραν μονάδα, τήν :

1 βατώραν (1 Wh)

και τό πολλαπλάσιόν της :

1 κιλοβατώραν (1 kWh)

Είναι δέ : $1 \text{ kWh} = 1.000 \text{ Wh}$,
καί :

$$1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ Joule}$$

Ἡ μονὰς βατώρα (ἢ βα-
τώριον, 1 Wh) εἶναι ἴση μὲ
τὴν ἐνέργειαν ἢ ὁποῖα κατα-
ναλίσκεται ἐντὸς μιᾶς ὥρας
ἐντὸς ἑνὸς ἀγωγοῦ ἢ μιᾶς
συσκευῆς, ὅταν ἡ ἰσχύς τοῦ
ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἑ-
νὸς Βάτ (1 W).

Ἐάν λύσωμεν τὸν τύπον
τῆς ἰσχύος ὡς πρὸς A , λαμ-
βάνομεν: $A = N \cdot t$.

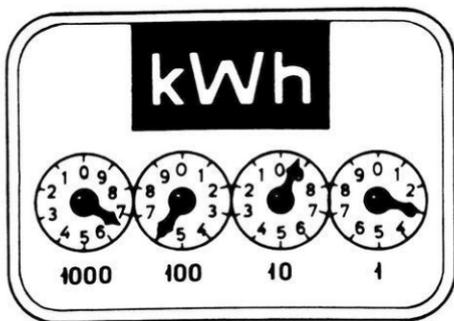
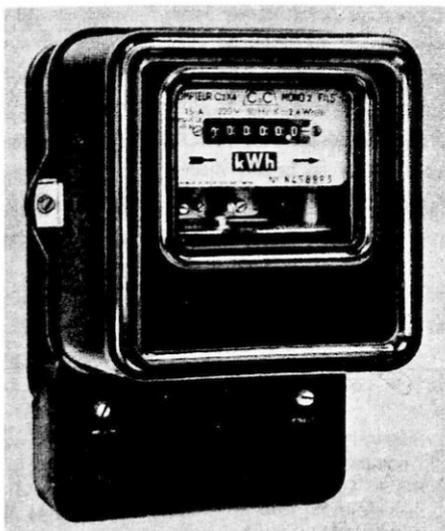
Ὅταν ἡ ἰσχύς N ἐκφρά-
ζεται εἰς Βάτ καὶ ὁ χρόνος
 t εἰς ὥρας, ἡ ἠλεκτρικὴ ἰ-
σχύς N εὐρίσκεται εἰς βατώ-
ρας (Wh). Βατώρας εὐρίσκο-
μεν ἐπίσης ἂν ἐκφράσωμεν
εἰς ὥρας τὸν χρόνον εἰς τὸν
τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t.$$

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ
ὁποῖα καταναλίσκεται ἀπὸ
τὰς διαφόρους συσκευὰς μιᾶς
ἠλεκτρικῆς ἐγκαταστάσεως, παρέχεται ἀπὸ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὁποῖα
ὀνομάζομεν μετρητὰς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας (σχ.127).

Τοιοῦτους μετρητὰς ἐγκαθιστοῦν εἰς τὰς οἰκίας, αἱ ὁποῖαι χρησι-
μοποιοῦν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ κατὰ μῆνα, μὲ βᾶσιν τὰς ἐνδείξεις
τοῦ μετρητοῦ, γίνεται ἡ πληρωμὴ τῆς ἀξίας τοῦ καταναλωθέντος
ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογὴ. Μία ἠλεκτρικὴ συσκευή, ἰσχύος 1.200 W , χρησι-



Σχ. 127. Μετρητὴς ἠλεκτρικῆς ἐνέργειας
(κοινῶς ρολοὶ ἠλεκτρικοῦ). Ἐνδείξεις:
 $5\,937 \text{ kWh}$.

μποιείται, κατά μέσον όρον, 2 ώρας και 30 λεπτά ανά ημέραν. Να υπολογίσετε το κόστος τής ηλεκτρικής ενέργειας, την όποιαν καταναλίσκει έντός ενός μηνός (30 ημέραι) ή συσκευή, γνωστού όντος ότι ή κιλοβατώρα στοιχίζει 1,5 δρχ.

Λύσις. Ή συσκευή χρησιμοποιείται συνολικώς $2,5 \cdot 30 = 75$ ώρας ανά μήνα.

Ή αντικαθιστώντες τά δεδομένα εις τόν τύπον $A = N \cdot t$, δηλαδή $N = 1\ 200\ W$ και $t = 75\ h$, λαμβάνομεν :

$$A = 1\ 200\ W \times 75\ h = 90\ 000\ Wh = 90\ kWh.$$

Ή μηνιαία δαπάνη Δ συνεπώς τής συσκευής θά είναι :

$$\Delta = 90 \cdot 1,5\ \delta\rho\chi. = 135\ \delta\rho\chi.$$

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Τό ηλεκτρικόν ρεύμα είναι μία μορφή ενέργειας, ή όποια όνομάζεται ηλεκτρική ενέργεια.

2. Ή ποσότης θερμότητος A , ή όποια εκλύεται από τό ηλεκτρικόν ρεύμα, είναι ισοδύναμος πρὸς $R \cdot i^2 \cdot t$ Joule. Ή ηλεκτρική ενέργεια συνεπώς εκφράζεται εις μονάδας Τζούλ από τόν τύπον :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t$$

3. Ή ηλεκτρική ισχύς μιᾶς συσκευής όνομάζεται ή ηλεκτρική ενέργεια τήν όποιαν καταναλίσκει ή συσκευή αὐτή ανά δευτερόλεπτον.

4. Ή ηλεκτρική ισχύς N εκφράζεται εις Βάτ (W) και κιλοβάτ (kW), δίδεται δὲ από τήν σχέσιν :

$$N = R \cdot i^2$$

Ήταν ή αντίστασις R εκφράζεται εις Ω μ και ή έντασις i εις Άμπέρ, ή ισχύς N εύρίσκεται εις Βάτ.

5. Ή βατώρα ($1\ Wh$) είναι πρακτική μονάς ηλεκτρικής ενέργειας και ίσοῦται με τήν ενέργειαν τήν όποιαν καταναλίσκει έντός μιᾶς ώρας ἕνας άγωγός, ό όποίος διαρρέεται από ρεύμα ισχύος ένός Βάτ. Πολλαπλάσιον τής βατώρας είναι ή κιλοβατώρα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

118. Μία ηλεκτρική θερμάστρα έχει δύο βαθμίδας, μίαν τῶν 2 000 Watt και μίαν τῶν 1 200 Watt. Κατὰ τὴν διάρκειαν 2,5 h λειτουργεῖ ἐπὶ 20 min ἡ βαθμὶς τῶν 2 000 Watt καὶ τὸν ὑπόλοιπον χρόνον ἡ βαθμὶς τῶν 1 200 Watt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη ἐὰν ἡ 1 kWh κοστίζει 1,5 δραχ.

(Ἄπ. 5 δραχ.)

119. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς δωματίου ἀπαιτεῖ ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς 4 000 kcal ἀνὰ ὥραν. Γνωρίζομεν ἐπὶ πλέον ὅτι 1 kg ἀνθρακίτου ἀποδίδει κατὰ τὴν καυσίν του, ποσότητα θερμότητος ἴσην πρὸς 7 000 kcal, ἀπὸ τὴν ὁποίαν ὅμως μόνον τὰ 40% χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν. α) Νὰ Ζητεῖται νὰ εὐρεθῇ πόσον θὰ κοστίσῃ διὰ μίαν ὥραν λειτουργίας ἡ θέρμανσις τῆς αἰθούσης αὐτῆς, ἐὰν ὁ ἀνθρακίτης πωλῆται πρὸς 2,5 δραχ. τὸ 1 kg. β) Νὰ εὐρεθῇ τὸ κόστος τῆς θερμάνσεως, ἐὰν διὰ τὴν θέρμανσιν χρησιμοποιεῖται ηλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ ἡ μὴ κιλοβατώρα κοστίζῃ 1,5 δραχ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν θεωροῦμεν ὅτι ὅλη ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὁποία παράγεται, ἀποδίδεται εἰς τὴν αἴθουσαν.

(Ἄπ. α' 3,6 δραχ. β' 7 δραχ. περίπου.)

120. Ἐνας ηλεκτρικὸς θερμαντήρ ἰσχύος 720 Watt θερμαίνει ὠρισμένην ποσότητα ὕδατος ἐπὶ 30 min. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Joule ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται καὶ ἡ ἀντίστοιχος θερμότης εἰς θερμίδας. β) Μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι μόνον τὰ 60% τῆς θερμότητος ἡ ὁποία παράγεται ἀπὸ τὸν θερμαντήρα χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν θέρμανσιν τοῦ ὕδατος, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία ὕδατος μάζης 2 800 gr, ἀρχικῆς θερμοκρασίας 10 °C ἐὰν θερμαίνονται ἐπὶ 30 min. Ὑποθέτομεν ὅτι ἡ θερμοχωρητικότης τοῦ δοχείου εἶναι ἀμελητέα.

(Ἄπ. α' 1 296 000 J, 308 571 cal. β' 76,1 °C.)

121. Ἐνας θερμοσίφωνος ἔχει ἰσχὴν 1 kW καὶ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 8 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ θερμοσίφωνος. β) Ἐὰν περιέχῃ 100 l ὕδατος, πόσος χρόνος ἀπαιτεῖται διὰ νὰ αὐξηθῇ ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος αὐτοῦ ἀπὸ τοῦ 10 °C εἰς τοῦ 80 °C

(Ἄπ. α' 16 Ω περίπου. β' 8 h.)

122. Ἐνας ηλεκτρικὸς βραστήρ καταναλίσκει ἰσχὴν 500 Watt. Τὸ ρεῦμα τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει ἔχει ἐντάσιν 4 A. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ βράσῃ 1)2 l ὕδατος ἀρχικῆς θερμοκρασίας 20 °C, μὲ τὴν προϋπόθεσιν ὅτι δὲν ἔχομεν ἀπώλειαν θερμότητος. γ) Εἰς τὴν πραγματικότητα ἀπαιτοῦνται 10 πρῶτα λεπτά. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἀπώλειαι.

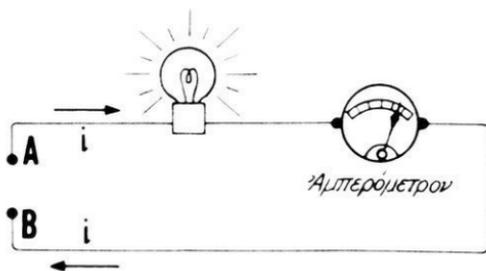
(Ἄπ. α' 31 Ω περίπου, β' 5,5 min. γ' 45%.)

123. Ἐνας βραστήρ ἀπὸ ἀλουμίνιον ἔχει μᾶζαν 700 gr καὶ περιέχει 1 l ὕδατος εἰς θερμοκρασίαν 20 °C. Ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 5 A. Εἰς τὰ 10 πρῶτα λεπτά ἡ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος ἀνέρχεται εἰς 90 °C. Ἡ εἰδικὴ θερμότης τοῦ ἀλουμινίου εἶναι : 0,22 cal/gr·grad. Νὰ ὑπολογισθοῦν α) Ἡ ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀπερροφήθη κατὰ τὴν θέρμανσιν. β) Ἡ ἰσχύς τοῦ βραστήρος καὶ γ) ἡ ἀντίστασις τοῦ βραστήρος.

(Ἄπ. α' 80 780 cal. β' 565,5 W. γ' 22,6 Ω.)

ΚΗ'— ΔΙΑΦΟΡΑ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ. ΜΟΝΑΣ ΒΟΛΤ

§ 132. Έννοια τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ. α) Πείραμα. Συνδέομεν ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα εἰς τοὺς δύο ἄκροδεκτάς Α καὶ Β ἐνὸς ρευματοδότη (πρίζα). Ἐνα ἄμπερόμετρον παρεμβάλλεται εἰς τὸ κύκλωμα διὰ νὰ δεικνύῃ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος (σχ. 128).



Σχ. 128. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ

Μὲ λαμπτήρα ἰσχύος 75 W εὐρίσκομεν ἔντασιν ρεύματος ἴσην πρὸς 0,34 A. Μὲ λαμπτήρα ἰσχύος 40 W τὸ ἄμπερόμετρον δεικνύει ρεῦμα ἐντάσεως 0,18 A. Ἀφαιροῦμεν τὸν λαμπτήρα καὶ τοποθετοῦμεν εἰς τὴν θέσιν τοῦ ἓνα σίδερο σιδερώματος ἰσχύος 300 W. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα, εἶναι τώρα 1,36 A.

Εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς τρεῖς ἀνωτέρω περιπτώσεις ἔχομεν διαφορετικὴν ἰσχὺν

τοῦ ἠλεκτρικοῦ καταναλωτοῦ καὶ διαφορετικὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει· ὁ λόγος ὅμως τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, ἣτις καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β τοῦ κυκλώματος καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ τμήμα αὐτὸ τοῦ κυκλώματος, εἶναι σταθερὸς ⁽¹⁾.

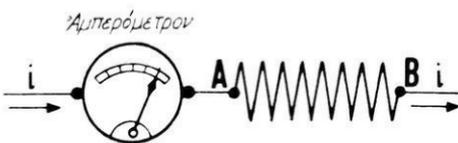
Πράγματι ἔχομεν ὅτι :

$$\frac{75}{0,34} = 220, \quad \frac{40}{0,18} = 220, \quad \frac{300}{1,36} = 220.$$

Ὁ σταθερὸς αὐτὸς λόγος χαρακτηρίζει αὐτὸ τὸ ὅποιον ὀνομάζομεν **διαφορὰν δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικὴν τάσιν** μεταξὺ τῶν δύο ἄκροδεκτῶν τοῦ ρευματολήπτου.

(1) Ἡ ἰσχὺς ἢ ὅποια καταναλίσκεται μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, εἶναι πρακτικῶς ἴση μὲ τὴν ἰσχὺν τῶν λαμπτήρων ἢ τοῦ ἠλεκτρικοῦ σιδερού, διότι ἡ ἰσχὺς ἢ ὅποια καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ ἄμπερόμετρον καὶ τὰ ἀγωγὰ σύρματα εἶναι ἀσήμαντος.

β) Ἐὰς θεωρήσωμεν γενικώτερον τὸν ἀγωγὸν AB, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ μέρος ἑνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται μὲ ρεῦμα ἐντάσεως i Ἄμπέρ, ἔστω δὲ ὅτι ἡ ἰσχύς ἥτις καταναλίσκεται μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι



Σχ. 129. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ U μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B εἶναι ἴση πρὸς $N \cdot i$.

N Βάτ (σχ. 129). Μὲ τὰς ἀνωτέρω προϋποθέσεις λέγομεν ὅτι :

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B ἑνὸς κυκλώματος ἔχει ὡς μέτρον τὸ πηλίκον τῆς ἰσχύος, ἥτις καταναλίσκεται μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων τοῦ κυκλώματος, πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ (ἠλεκτρικὴ) τάσις μεταξύ δύο σημείων A καὶ B, συμβολίζεται γενικῶς μὲ τὸ γράμμα U ἢ μὲ $U_A - U_B$.

Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω συνεπῶς θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$U = \frac{N}{i}$$

$$\text{διαφορὰ δυναμικοῦ (τάσις)} = \frac{\text{ἰσχύς}}{\text{ἐντασις ρεύματος}}$$

§ 133. Ἐξήγησις διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ἐὰς ἐπανεέλθωμεν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀρχῆς τοῦ κεφαλαίου τῆς § 132.

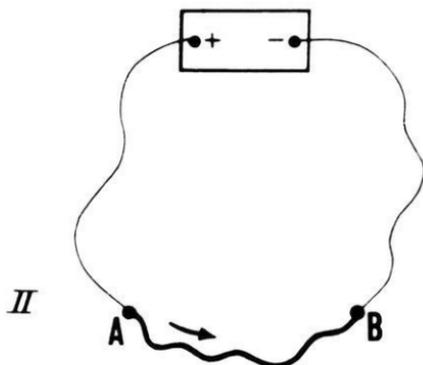
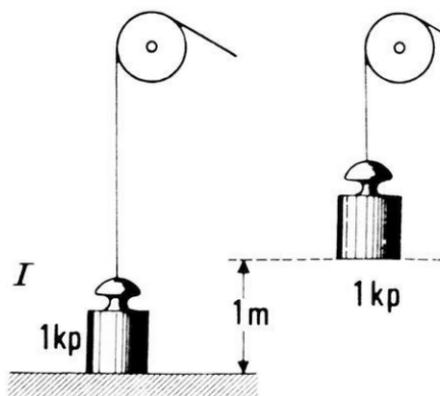
Ὅταν συνδέσωμεν τὸν λαμπτήρα ἰσχύος 75 W εἰς τὸ κύκλωμα, τότε ἐντὸς χρονικοῦ διαστήματος ἑνὸς δευτερολέπτου δαπανᾶται μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B (βλ. σχ. 128) ἐνέργεια 75 Joule, ἐνῶ εἰς τὸ ἴδιον χρονικὸν διάστημα τὸ ρεῦμα τῶν 0,34 A μεταφέρει ποσότητα ἠλεκτρισμοῦ 0,34 Cb.

Μὲ ἄλλους λόγους διὰ νὰ μεταφερθῇ ποσότης ἠλεκτρισμοῦ 0,34 Cb ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην A εἰς τὸν ἀκροδέκτην B, καταναλίσκεται ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια 75 Joule.

Διὰ ποῖον ὁμῶς λόγον δαπανᾶται ἡ ἐνέργεια αὐτή :

Διὰ νὰ κατανοήσωμεν καλλίτερον τὸ θέμα θὰ θεωρήσωμεν τὸ ἀκόλουθον μηχανικὸν ἀνάλογον.

Ὅταν θέλωμεν νὰ ἀνυψώσωμεν ἕνα σῶμα, ἀπὸ τὸ ἔδαφος μέχρις



Σχ. 130. Μηχανικόν ανάλογον διά τήν κατανόησιν τῆς διαφορᾶς δυναμικοῦ 1 Volt.

δυναμικοῦ καθορίζεται καί ἡ σχετικὴ μονάς, ἡ ὁποία ὀνομάζεται **1 Βόλτ (1 Volt, 1 V)** πρὸς τιμὴν τοῦ Ἰταλοῦ Φυσικοῦ Ἀλεξάνδρου Βόλτα (Alessandro Volta) (1745-1827).

Τὸ Βόλτ (1 V) εἶναι ἴσον μὲ τὴν διαφορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ δυναμικοῦ, τὸ ὁποῖον ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1 Ἀμπέρ (1 A) καὶ καταναλίσκει ἰσχὴν 1 Βάτ (1 W) μεταξὺ τῶν δύο αὐτῶν σημείων.

Μερικαὶ τιμαὶ διαφορᾶς δυναμικοῦ. Παραθέτομεν μερικὰς τιμὰς

ἐνὸς ὀρισμένου ὕψους, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν μηχανικὴν ἐνέργειαν. Κατ' ἀναλογίαν, ὅταν μεταφέρωμεν ἠλεκτρικὰ φορτία μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, πρέπει νὰ δαπανήσωμεν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ ἀνάλογον τῆς διαφορᾶς στάθμης εἰς τὴν Μηχανικὴν εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὸν Ἡλεκτρισμόν. Οὕτως, ὅταν ἀνυψώσωμεν ἓνα σῶμα βάρους 1 kp μέχρις ὕψους 1 m, δαπανῶμεν ἔργον 1 kpm. Ὅταν μεταφέρωμεν ἠλεκτρικὸν φορτίον 1 Cb, ἀπὸ ἓνα σημεῖο A εἰς ἓνα σημεῖον B ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὥστε νὰ δαπανηθῇ ἔργον 1 Joule, τότε μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B ὑφίσταται διαφορὰ δυναμικοῦ 1 Volt (σχ. 130).

§ 134. Βόλτ. Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ. Ἀπὸ τὸν τύπον ὀρισμοῦ τῆς διαφορᾶς

ηλεκτρικής τάσεως μεταξύ των άκροδετών των πόλων ώρισμένων ηλεκτρικών πηγών :

Ήλεκτρικόν στοιχείον	1 - 2 V
Ήλεκτρική στήλη (φανάρι τσέπης)	4.5 V
Συστοιχία συσσωρευτών	6 - 12 V

Μεταξύ των δύο συρμάτων ενός ρευματοδότη επικρατεί τάσις 110 V ή 220 V, αναλόγως προς την τάσιν του ηλεκτρικού δικτύου. Αί τιμαί αύται συνήθως μεταβάλλονται κατά μερικά Βόλτ. Δι' αυτόν τόν λόγον ή τάσις ενός δικτύου παροχής ήλεκτρικού ρεύματος 110 V, π.χ. μειώνεται εις ώρισμένας περιπτώσεις και φθάνει τά 105 V ή και τά 100 V ακόμη.

Ή τάσις συνήθως εις τά σύρματα μιᾶς γραμμῆς μεταφορᾶς εἶναι ἄρκεται ἑκατοντάδες χιλιάδων Βόλτ (220 000 V ή 380 000 V).

Έννοοῦμεν τώρα τήν σημασίαν τῆς ἀναγραφῆς ὠρισμένων ἐνδείξεων ἐπὶ τῶν λαμπτήρων φωτισμοῦ ή ἐπὶ τῶν διαφόρων συσκευῶν. Οὕτως αἱ ἐνδείξεις 100 W, 220 V τᾶς ὁποίας εἶναι δυνατόν νά διαβάσωμεν εἰς ἓνα λαμπτήρα, ἔχουν τήν ἔννοιαν ὅτι ὁ λαμπτήρ αὐτός λειτουργεῖ κανονικῶς, ὅταν συνδεθῆ εἰς δίκτυον τάσεως 220 V. Ή ἰσχὺς τήν ὁποίαν καταναλίσκει τότε ὁ λαμπτήρ εἶναι 100 W.

Ἄν συνδέσωμεν τόν ἀνωτέρω λαμπτήρα εἰς σημεῖα ἑνὸς κυκλώματος, τά ὁποία παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικοῦ 12 V, τὸ σπείραμα δέν θά πυρακτωθῆ καί ὁ λαμπτήρ θά παραμείνῃ σβυστός. Ή ἐνέργεια τήν ὁποίαν ἀπορροφεῖ τὸ σύρμα πυρακτώσεως εἶναι ἐλαχίστη.

Ἄν ὁμως συνδέσωμεν εἰς δίκτυον 220 V ἓνα λαμπτήρα, κατεσκευασμένον δια νά λειτουργῆ εἰς δίκτυον 12 V, αὐτός καίεται ἀμέσως καί καταστρέφεται. Ή ἐνέργεια, ή ὁποία ἀπελευθερώνεται εἰς τὸ σύρμα πυρακτώσεως, εἶναι πολὺ μεγάλη καί προκαλεῖ τῆξιν τοῦ σύρματος.

§ 135. Ἐκφράσεις τῆς ἰσχύος καί τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, αἱ ὁποῖα καταναλίσκονται μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν. Γνωρίζομεν ὅτι ή ἠλεκτρική ἰσχὺς, ή ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τήν θερμότητα Τζάουλ, μέσα εἰς ἓνα ἄγωγόν, ἀντιστάσεως R, δίδεται ἀπὸ τόν τύπον:

$$N = R \cdot i^2 \text{ (βλ. § 131, σελ. 136).}$$

Ἄπὸ τήν σχέσιν $U = N/i$, (ή ὁποία εὑρίσκεται ἀπὸ τήν $N = R \cdot i^2$,

Όταν θέσωμεν $R=U/i$, λύοντες ως προς N λαμβάνομεν μίαν άλλην έκφρασιν τῆς ισχύος :

$$N = U \cdot i$$

Όταν ἡ τάσις U ἐκφράζεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ ἔντασις i εἰς Ἄμπέρ, ἡ ισχύς N εὐρίσκεται εἰς Βάτ.

Ἀριθμητικαὶ ἐφαρμογαί. 1. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ισχύς ἐνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως 0,45 A, ὅταν ἡ τάσις εἰς τὰ ἄκρα τῶν συρμάτων, τὰ ὁποῖα καταλήγουσιν εἰς τὸν λαμπτήρα, εἶναι 220 V.

Λύσις. Ἀντικαθιστώντες εἰς τὸν τύπον : $N = U \cdot i$ τὰς τιμὰς τῶν δεδομένων τοῦ προβλήματος, δηλαδὴ $U = 220$ V καὶ $i = 0,45$ A, λαμβάνομεν :

$$N = 220 \text{ U} \cdot 0,45 \text{ A} = 99 \text{ W.}$$

2. Ἐνα ἠλεκτρικὸ σίδερο, ισχύος 400 W τροφοδοτεῖται μὲ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα τάσεως 110 V. Πόση εἶναι ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸ διαρρέει.

Λύσις. Λύοντες τὸν τύπον $N = U \cdot i$ ὡς πρὸς i λαμβάνομεν : $i = N/U$ καὶ ἀντικαθιστώντες εἰς αὐτὸν τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος ἔχομεν :

$$i = \frac{400 \text{ W}}{110 \text{ U}} = 3,63 \text{ A.}$$

§ 136. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια. Γνωρίζομεν ὅτι ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A , ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν θερμότητα Τζάουλ μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν : $A = R \cdot i^2 \cdot t$. Ἐπειδὴ ὁμως τὸ γινόμενον $R \cdot i$ εἶναι ἴσον μὲ τὴν ισχύον N καὶ αὐτὴ πάλιν ἰσοῦται μὲ $U \cdot i$, ὁ ἀνωτέρω τύπος λαμβάνει τελικῶς τὴν μορφήν :

$$A = U \cdot i \cdot t$$

Όταν ἡ τάσις U ἐκφράζεται εἰς Βόλτ, ἡ ἔντασις i εἰς Ἄμπέρ καὶ ὁ χρόνος t εἰς δευτερόλεπτα, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A εὐρίσκεται εἰς Τζάουλ. Ἐάν ὁμως ὁ χρόνος ἐκφράζεται εἰς ὥρας, ἡ ἐνέργεια A εὐρίσκεται εἰς βατώρας (Wh).

§ 137. Ἄλλη ἐκφρασις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Ἡ ἐνέργεια $A = U \cdot i \cdot t$ Joule εἶναι ἰσοδύναμος πρὸς τὴν ἀκόλουθον ποσότητα θερμότητος εἰς θερμίδας :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t$$

Άριθμητική εφαρμογή. Να υπολογισθή εις κιλοβατώρας ή ηλεκτρική ενέργεια, ή οποία καταναλίσκεται εντός 5 ώρων από μίαν ηλεκτρικήν θερμάστραν, ή οποία λειτουργεί με τάσιν 110 V και διαρέεται από ρεύμα εντάσεως 4 Άμπέρ.

Λύσις. Άντικαθιστώντες εις τόν τύπον $A = U \cdot i \cdot t$ τās τιμάς τών δεδομένων του προβλήματος, δηλαδή :

$$U = 110 \text{ V}, i = 4 \text{ A}, t = 5 \text{ h, λαμβάνομεν :}$$

$$A = 110 \cdot 4 \cdot 5 \text{ Wh} = 2200 \text{ Wh} = 2,2 \text{ kWh.}$$

§ 138. Πρόσθεσις τάσεων. Μία ηλεκτρική θερμάστρα, ένας λαμπτήρ και ένας ροοστάτης (μία μεταβλητή δηλαδή αντίστασις) είναι συνδεδεμένα εν σειρά εις τὸ κύκλωμα του παραστατικού σχήματος 131 και διαρρέονται από τὸ ἴδιον ρεύμα, τὸ ὁποῖον ἔχει ἔναντι i .

Ἐστω U_1 ἡ τάσις εις τοὺς ἀκροδέκτας A και B τῆς θερμάστρας U_2 ἡ τάσις εις τοὺς ἀκροδέκτας B και Γ του λαμπτήρος και U_3 ἡ τάσις εις τὰ σημεῖα Γ και Δ του ροοστάτου.

Ἐκάστη ἀπὸ τās τρεῖς αὐτάς συσκευάς καταναλίσκει ηλεκτρικήν ἰσχύν : $N_1 = U_1 \cdot i$ ἡ θερμάστρα, $N_2 = U_2 \cdot i$ ὁ λαμπτήρ και $N_3 = U_3 \cdot i$ ὁ ροοστάτης.

Ἐάν ἐκφράσωμεν με U τὴν τάσιν εις τὰ ἀκράια σημεῖα A και Δ, τότε ἡ ὄλικη ἰσχὺς N, ἡ ὁποία καταναλίσκεται μεταξύ αὐτῶν, εἶναι ἴση πρὸς :

$$N = U \cdot i$$

Ἡ ἰσχὺς ὁμως N εἶναι ἴση με τὸ ἄθροισμα τῶν ἰσχύων, αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τās τρεῖς συσκευάς :

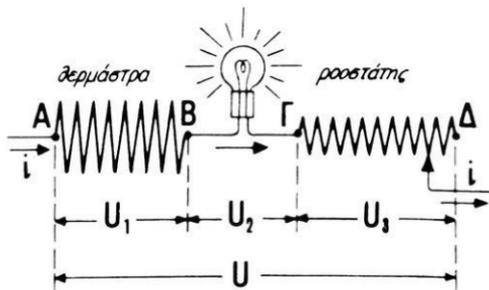
$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

Ἡ σχέσις αὐτὴ γράφεται και ὡς ἐξῆς :

$$U \cdot i = U_1 \cdot i + U_2 \cdot i + U_3 \cdot i$$

ὁπότε, ἀπλοποιούντες μετὸ i , τελικῶς λαμβάνομεν ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$



Σχ. 131. Αἱ ηλεκτρικαὶ τάσεις προστίθενται όταν εἶναι διαδοχικαί.

Ὡστε :

Ὅταν διάφοροι συσκευαὶ (ἢ ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρά, τότε αἱ τάσεις, αἱ ὁποῖαι ἐπικρατοῦν εἰς τὰ ἄκρα των, δύνανται νὰ προστεθοῦν.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἢ ἠλεκτρικὴ τάσις U μεταξύ δύο σημείων A καὶ B ἐνὸς κυκλώματος, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, ἔχει μέτρον ἴσον μὲ τὸ πηλίκον τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος N , ἢ ὁποῖα δαπανᾶται μεταξύ τῶν A καὶ B , πρὸς τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος. Δηλαδή εἶναι :

$$U = \frac{N}{i}$$

2. Μονὰς διαφορᾶς δυναμικοῦ εἶναι τὸ Βόλτ (1 V). Τὸ Βόλτ εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἠλεκτρικὴν τάσιν ἢ ὁποῖα ἐπικρατεῖ μεταξύ δύο σημείων ἐνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ σταθερὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐντάσεως ἐνὸς Ἀμπέρ, ὅταν μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων δαπανᾶται ἠλεκτρικὴ ἰσχύς ἐνὸς Βάτ.

3. Ἀπὸ τὸν τύπον $U = N/i$, λύοντες ὡς πρὸς N , λαμβάνομεν ὅτι :

$$N = U \cdot i \text{ Watt}$$

Ὁ τύπος αὐτὸς χρησιμεύει εἰς τὴν εὕρεσιν τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος, ὅταν γνωρίζωμεν τὴν τάσιν U καὶ τὴν ἔντασιν i .

4. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια ἢ ὁποῖα καταναλίσκεται ἐντὸς χρόνου t sec εἶναι ἴση πρὸς :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule}$$

5. Ὁ νόμος τοῦ Τζάουλ δύναται νὰ ἐκφρασθῇ καὶ μὲ τὴν σχέσιν :

$$Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

6. Όταν περισσότεροι από μίαν αντίστασεις είναι συνδεδεμένοι εν σειρά, τότε αί διαφοραί του ηλεκτρικού δυναμικού εις τὰ ἄκρα ἐκάστης ἀντίστασεως προστίθενται.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

124. Ἀγωγὸς ἀντίστασεως $20,9 \Omega$ διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως $2,5 \text{ A}$. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρικὴ ἰσχύς, ἣτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα. β) Πόση εἶναι ἡ διαφορὰ δυναμικῶν εἰς τὰ ἄκρα τῆς ἀντίστασεως.

(Ἀπ. α' $130,6 \text{ W}$. β' $52,2 \text{ V}$.)

125. Ἐντὸς ἐνὸς θερμοδόμετρον βυθίζομεν ἓνα ἄγωγὸν ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἄγωγου ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικῶν 10 Volt . Ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸν ἄγωγόν εἶναι 5 A . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς, ἣτις καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις καὶ γ) νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἡ ὅποια ἀποδίδεται εἰς τὸ θερμοδόμετρον ἐντὸς 6 πρώτων λεπτῶν). ($1 \text{ Joule} = 0,24 \text{ cal}$.)

(Ἀπ. α' 50 W . β' 2Ω . γ' 4320 cal .)

126. Ἡ θέρμανσις ἐνὸς διαμερίσματος ἀπαιτεῖ $1\,000\,000 \text{ cal}$ ἀνὰ ὥραν. Αὐτὸ τὸ ποσὸν τῆς θερμότητος παρέχεται ἀπὸ μίαν ηλεκτρικὴν θερμάστραν, ἡ ὅποια λειτουργεῖ ὑπὸ διαφορὰν δυναμικῶν 220 Volt . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς ἡ ὅποια ἀπορροφεῖται ἀπὸ τὴν θερμάστραν. β) Νὰ εὔρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν τῆς θερμάστρας.

(Ἀπ. α' $1\,166,6 \text{ W}$. β' $5,3 \text{ A}$, περίπου.)

127. Ἐνας ηλεκτρικὸς λαμπτήρ ἰσχύος 60 Vat βυθίζεται εἰς ἓνα θερμοδόμετρον με ὕδωρ, τὸ ὅποιον ἔχει θερμοχωρητικότητα 500 cal/grad καὶ θερμοκρασίαν 17°C . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ τελικὴ θερμοκρασία τοῦ ὕδατος, ἐὰν ὁ λαμπτήρ λειτουργῇ ἐπὶ 15 πρώτα λεπτά. β) Ἐὰν ὁ λαμπτήρ τροφοδοτῆται ἀπὸ ηλεκτρικὸν δίκτυον 110 Volt , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον τὸν διαρρέει.

(Ἀπ. α' 43°C , περίπου. β' $0,5 \text{ A}$, περίπου.)

128. Ἐνα ηλεκτρικὸ σίδερο ἰσχύος 500 Watt λειτουργεῖ ἐπὶ 1 h καὶ 30 min . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ δαπάνη λειτουργίας, ἐὰν ἡ κιλοβατώρα κοστίζει $1,5 \text{ drh}$. β) Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικῶν εἰς τὰ ἄκρα τῆς λήψεως εἶναι 125 Volt , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. γ) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ποσότης τοῦ ηλεκτρισμοῦ ἡ ὅποια διέρχεται ἀπὸ τὸ σίδερο, καθὼς καὶ ἡ ποσότης τῆς θερμότητος, ἣτις ἐλενθερώνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τοῦ σιδερώματος.

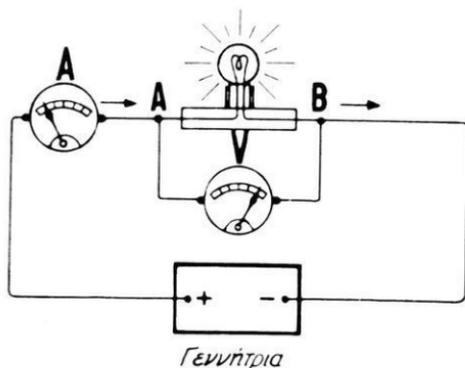
(Ἀπ. α' $1,125 \text{ drh}$. β' 4 A . γ' $21\,600 \text{ Cb}$, 648 kcal .)

ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΝ. ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ ΟΗΜ

§ 139. Βολτόμετρον. Αί διαφοραί δυναμικοῦ δύο σημείων ἐνός ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος, μετροῦνται μὲ εἰδικὰ ὄργανα, τὰ ὅποια ὀνομάζονται βολτόμετρα (σχ. 132) καὶ τὰ ὅποια εἶναι βαθμολογημένα εἰς μονάδας Βόλτ.



Σχ. 132. Ἐξωτερικὴ ἐμφάνισις βολτομέτρου.



Σχ. 133. Σύνδεσις βολτομέτρου διὰ τὴν μέτρησιν τῆς τάσεως εἰς τὰ ἄκρα ἐνός λαμπτήρος.

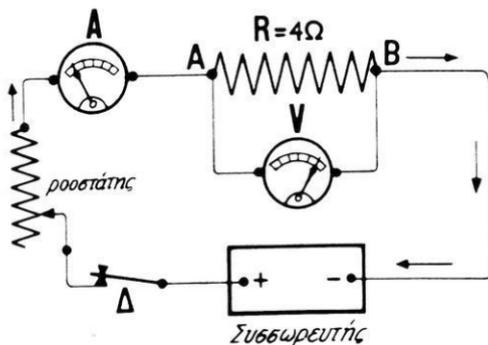
Ὅταν θέλωμεν νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ μεταξύ δύο σημείων A καὶ B ἐνός κυκλώματος, δὲν διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, διὰ νὰ παρεμβάλωμεν τὸ ὄργανον, ὅπως γίνεται εἰς τὴν περίπτωσιν ἐνός ἀμπερομέτρου, ἀλλὰ συνδέομεν τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου μὲ τὰ σημεῖα A καὶ B τοῦ κυκλώματος προκαλοῦντες, ὅπως λέγομεν, μίαν *διακλάδωσιν* (σχ. 133).

Ἄν τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὁ δείκτης τοῦ ὄργανου θὰ κινηθῆ καὶ θὰ σταματήσῃ ἐμπρὸς ἀπὸ μίαν ἐνδειξιν, ἣ ὅποιαν παρέχει εἰς μονάδας Βόλτ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἣτις ἐπικρατεῖ μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν σημείων. Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον εἶναι ὄργανον τὸ ὅποιον μετρεῖ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ δύο σημείων A καὶ B ἐνός κυκλώματος, τὸ ὅποιον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα. Τὸ ὄργανον αὐτὸ τοποθετεῖται κατὰ *διακλάδωσιν* συνδέομεν δηλαδὴ τοὺς ἀκροδέκτας του μὲ τὰ σημεῖα

A και B χωρίς να διακόψωμεν τὸ κύκλωμα.

§ 140. Νόμος τοῦ Ὠμ (Ohm). Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, καί, μεταξὺ τῶν σημείων A και B τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ, παρεμβάλλομεν ἓνα σύρμα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιον, γνωστῆς ἀντίστασεως, ἔστω π.χ., 4Ω.



Σχ. 134. Διὰ τὴν πειραματικὴν ἐπαλήθευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ὠμ.

Ἐνα ἀμπερόμετρον, τὸ ὁποῖον παρεμβάλλεται ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα (διακόπτομεν δηλαδὴ τὸ κύκλωμα εἰς τὸ σημεῖον τοποθετήσεώς του), δεικνύει τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ἓνα βολτόμετρον, συνδεδεμένον κατὰ διακλάδωσιν εἰς τὰ σημεῖα A και B, τὴν διαφορὰν τοῦ δυναμικοῦ, ἢ ὁποῖα ἐπικρατεῖ εἰς τὰ δύο αὐτὰ σημεῖα.

Πείραμα. Κλείομεν τὸν διακόπτην τοῦ κυκλώματος καί, ρυθμίζοντες καταλλήλως τὸν ροοστάτην, πειραματιζόμεθα μὲ τάσεις 1V, 2V, 3V, 4V, 5V καὶ εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς περιπτώσεις αὐτὰς σημειώνομεν τὴν ἀντίστοιχον ἔντασιν τοῦ ρεύματος καὶ ὑπολογίζομεν τὸν λόγον $(U_A - U_B)/i$, ὁπότε σχηματίζομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

$U_A - U_B$ εἰς Βόλτ	1	2	3	4	5
i εἰς Ἄμπέρ	0,25	0,5	0,75	1	1,25
$\frac{U_A - U_B}{i}$	4	4	4	4	4

Ἀπὸ τὸν ἀνωτέρω πίνακα παρατηροῦμεν: α) ὅτι ὁ λόγος $(U_A - U_B)/i$ εἶναι σταθερὸς καὶ ἴσος πρὸς 4.

β) ὅτι ὁ λόγος αὐτὸς εἶναι ἀριθμητικῶς ἴσος μὲ τὴν ἀντίστασιν AB, τὴν ὁποίαν παρενεβάλομεν εἰς τὸ κύκλωμα.

Αί δύο αὐταί παρατηρήσεις ὀδηγοῦν εἰς τὴν διατύπωσιν τοῦ ἀκολουθοῦ νόμου, ὁ ὁποῖος φέρει τὴν ὀνομασίαν νόμος τοῦ ὤμ (Ohm).

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_A - U_B$ (εἰς Βόλτ), ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο σημείων **A** καὶ **B** ἐνὸς ἀγωγοῦ, καὶ ἡ ἔντασις i (εἰς Ἀμπέρ) τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, ἔχουν σταθερὸν λόγον, ἴσον μὲ τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως **R** τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς ὤμ).

Δηλαδή θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$\frac{U_A - U_B}{i} = R \quad \text{ἢ} \quad U_A - U_B = R \cdot i$$

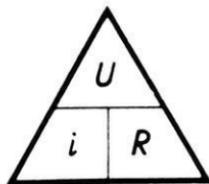
Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους τὰ ($U_A - U_B$), **R**, i ἐκφράζονται ἀντιστοίχως εἰς Βόλτ, ὤμ καὶ Ἀμπέρ.

Πολλὰς φορές ἀντὶ $U_A - U_B$ γράφομεν ἀπλῶς **U**, ὅποτε ὁ τύπος γίνεται :

$$\frac{U}{i} = R$$

Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ ὤμ χρησιμοποιεῖται τὸ τρίγωνον τοῦ σχήματος 134α, μέσα εἰς τὰς γωνίας τοῦ ὁποῖου τοποθετοῦνται τὰ σύμβολα τῆς ἐντάσεως καὶ τῆς ἀντιστάσεως.

Διὰ νὰ εὐρωμεν τὴν σχέσιν μὲ τὴν ὁποίαν συνδέεται ἓνα ἀπὸ τὰ τρία αὐτὰ μεγεθὴ μὲ τὰ ἄλλα δύο, καλύπτομεν τὸ μέγεθος αὐτὸ μὲ τὸν δακτυλόν, ὅποτε τὸ σχῆμα τὸ ὁποῖον ἀποτελοῦν τὰ ἄλλα δύο ἐκφράζει τὴν ζητουμένην σχέσιν.



Σχ. 134α. Διὰ τὴν ἀπομνημόνευσιν τοῦ νόμου τοῦ Ohm.

Ἄλλος ὀρισμὸς τῆς μονάδος ὤμ. Ἡ μονὰς τῆς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως 1 Ω δύναται νὰ ὀρισθῇ καὶ ὡς ἐξῆς, ἂν κάμωμεν χρῆσιν τοῦ νόμου τοῦ ὤμ :

Τὸ 1 Ω εἶναι ἴσον μὲ τὴν ἀντίστασιν τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἓνας ἀγωγός, διαρρέομενος ὑπὸ ρεύματος ἐντάσεως 1 A,

ὅταν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα του εἶναι ἴση μὲ 1 V.

§ 141. Μέτρησις μιᾶς ἠλεκτρικῆς ἀντιστάσεως. Διὰ νὰ μετρήσωμεν μίαν ἠλεκτρικὴν ἀντίστασιν, ἀρκεῖ νὰ τὴν παρεμβάλωμεν εἰς ἓνα κύκλωμα καὶ νὰ μετρήσωμεν μὲ ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ ἓνα βολτόμετρον τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, i , τὸ ὁποῖον τὴν διαρρέει καὶ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U , ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα της. Τὸ πηλίκον $U : i$, ὅταν ἡ U δίδεται εἰς Βόλτ καὶ ἡ i εἰς Ἀμπέρ, παρέχει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς Ὠμ.

Οὕτως εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 134, ἂν θέλωμεν νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν AB , μετροῦμεν τὰς ἐνδείξεις τοῦ ἀμπερομέτρου (A) καὶ τοῦ βολτομέτρου (V), τὰ ὁποῖα συνδέονται εἰς τὸ κύκλωμα αὐτό, τὸ πηλίκον δὲ τῆς ἐνδείξεως τοῦ βολτομέτρου εἰς Βόλτ καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου εἰς Ἀμπέρ, δίδει τὴν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως εἰς Ὠμ.

Ἄν ὁμως θέλωμεν νὰ ἔχωμεν μίαν ἀκριβεστέραν τιμὴν τῆς ἀντιστάσεως, ἐκτελοῦμεν περισσοτέρας μετρήσεις καὶ λαμβάνομεν τὸν μέσον ὄρον τῶν μετρήσεων.

§ 142. Ἄλλαι ἐκφράσεις τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Ὅταν ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρῆ μίαν ἀντίστασιν, τὴν θερμαίνει. Ἡ θερμότης ἡ ὁποία ἐκλύεται, ὅταν διέρχεται τὸ ρεῦμα, ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ ἢ θερμίδας ἀπὸ τοὺς τύπους :

$$A = R \cdot i^2 \cdot t \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot R \cdot i^2 \cdot t \text{ cal.}$$

εἰς τοὺς ὁποίους τὰ R , i , t δίδονται εἰς Ὠμ, Ἀμπέρ καὶ δευτερόλεπτα ἀντιστοίχως.

Τὸ γινόμενον ὁμως $R \cdot i^2 \cdot t$ γράφεται : $R \cdot i^2 \cdot t = (R \cdot i) \cdot (i \cdot t)$. Ἐπειδὴ δὲ $R \cdot i = U$ καὶ $i \cdot t = q$ (ποσότης ἠλεκτρισμοῦ), αἱ ἀνωτέρω τύποι λαμβάνουν τὰς μορφάς :

$$A = U \cdot i \cdot t \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 \cdot U \cdot i \cdot t \text{ cal}$$

ἢ τὰς μορφάς :

$$A = U q \text{ Joule ἢ } Q = 0,24 U \cdot q \text{ cal}$$

Εἰς τοὺς δύο τελευταίους τύπους τὸ q ἐκφράζεται εἰς μονάδας Κουλόμπ (Cb).

Τέλος ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = U \cdot I$$

τὴν ὁποίαν ἔχομεν εὑρεῖ καὶ εἰς προηγούμενον κεφάλαιον (βλ. § 135).

1. Ἡ διαφορά δυναμικοῦ ἣτις ὑφίσταται μεταξύ δύο σημείων A καὶ B ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, δύναται νὰ μετρηθῆ με ἓνα βολτόμετρον, τὸ ὁποῖον συνδέεται κατὰ διακλάδωσιν με τὰ σημεῖα A καὶ B.

2. Ὁ νόμος τοῦ Ὡμ (Ohm) ἐκφράζει ὅτι : Ἡ διαφορά δυναμικοῦ U (εἰς Βόλτ) μεταξύ δύο σημείων A καὶ B ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἐντάσεως i (εἰς Ἀμπέρ), πρὸς τὴν ἔντασιν αὐτήν, ἔχει σταθερὸν λόγον, ὁ ὁποῖος ἰσοῦται ἀριθμητικῶς πρὸς τὴν ἀντίστασιν R τοῦ ἀγωγοῦ (εἰς Ὡμ). Δηλαδή ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{U}{I} = R$$

ἢ

$$U = R \cdot I$$

3. Τὸ ἓνα Ὡμ εἶναι ἴσον πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἀγωγοῦ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα ἑνὸς Ἀμπέρ, ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐπικρατεῖ διαφορά δυναμικοῦ ἑνὸς βόλτ.

4. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἑνὸς ἀγωγοῦ AB, ἀρκεῖ νὰ μετρήσωμεν τὴν διαφοράν δυναμικοῦ ἢ ὁποία ὑφίσταται εἰς τὰ ἄκρα του, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, με τὴν βοήθειαν ἑνὸς βολτομέτρου καὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον τὸν διαρρέει, χρησιμοποιοῦντες ἓνα ἀμπερόμετρον, ἀκολούθως δὲ νὰ υπολογίσωμεν τὸ πηλίκον τῶν μετρήσεων τῆς τάσεως πρὸς τὴν ἔντασιν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

129. Ἐνα ἀγωγὸν σύρμα ἀντιστάσεως 5 Ω, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,2 A. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ διαφορά δυναμικοῦ μεταξύ τῶν δύο ἄκρων τοῦ σύματος. (Ἀπ. 6 V.)

130. Ἐνας ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 1,5 A. Ἡ διαφορά δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ εἶναι 5,4 Volt. Νὰ ὑπολογισθῆ ἡ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ. (Ἀπ. 3,6 Ω.)

131. Τὸ θερμαντικὸν σῶμα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ βραστήηρος ἔχει ἀντίστασιν 60 Ω.

Ὁ βραστήρ λειτουργεῖ με διαφορὰν δυναμικοῦ 120 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν βραστήρα. (Ἄπ. 2 A.)

132. Ἐνα μεταλλικὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A, ὅταν τοποθετηθῇ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν μιᾶς γεννητρίας, εἰς τοὺς ὁποίους ἐπικρατεῖ διαφορὰ δυναμικοῦ 12 Volt. α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχύς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ σύρμα καὶ γίνεται ἀντιληπτὴ ὑπὸ μορφήν θερμότητος. (Ἄπ. α' 24 Ω. β' 6 W.)

133. Ἐνα ἠλεκτρικὸν σίδερο ἔχει μᾶζαν 1 kg καὶ καταναλίσκει ἰσχὴν 300 Watt, ὅταν λειτουργεῖ με διαφορὰν δυναμικοῦ 110 Volt. Ζητοῦνται : α) Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σίδερο. β) Ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως τὴν ὁποίαν περιέχει. γ) Ὁ χρόνος ὅστις ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσωμεν τὴν θερμοκρασίαν τῆς συσκευῆς ἀπὸ τοὺς 15 °C εἰς τοὺς 65 °C. Εἰδικὴ θερμότης σιδήρου 0,11 cal/gr · grad. (Ἄπ. α' 2,7 A, περίπου. β' 41 Ω, περίπου, γ' 77 sec.)

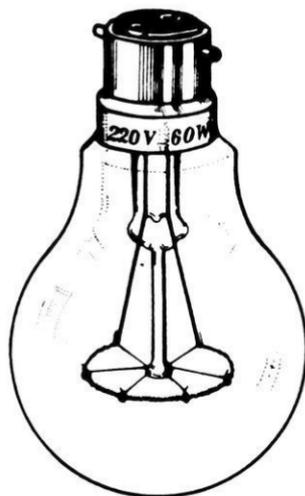
134. Εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα ἀναγράφονται τὰ ἀκόλουθα : 120 Volt, 60 Watt : α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν λαμπτήρα. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις τοῦ μεταλλικοῦ νήματος τοῦ λαμπτήρος. (Ἄπ. α' 0,5 A. β' 240 Ω.)

Α'—ΕΦΑΡΜΟΓΑΙ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΤΟΥ ΤΖΑΟΥΛΑ. ΦΩΤΙΣΜΟΣ. ΘΕΡΜΑΝΣΙΣ

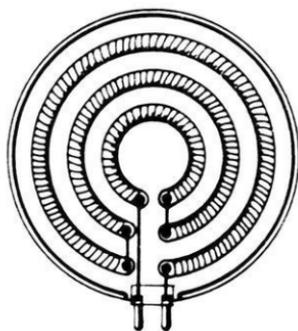
§ 143. Ἡλεκτροφωτισμός. Σπουδαία ἐφαρμογὴ τοῦ θερμικοῦ ἀποτελέσματος τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι ἡ χρησιμοποίησις του εἰς τὸν φωτισμόν.

Διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρησιμοποιοῦνται εἰδικοί ὑάλινοι λαμπτήρες, εἰς τοὺς ὁποίους τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει ἓνα σπείρωμα ἀπὸ σύρμα δυστήκτου μετάλλου, (συνήθως σύρμα ἀπὸ μέταλλον βολφράμιον), τοποθετημένου καταλλήλως μέσα εἰς τὸ ὑάλινον περίβλημα.

Τὸ σύρμα πυρακτώνεται, ἐπειδὴ ὁμως εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ λαμπτήρος ὑπάρχει ἀδρανὲς ἀέριον, συνήθως ἄζωτον ἢ ἄργον, ὑπὸ πολὺ μικρὰν πίεσιν, δὲν καίεται ἀλλὰ φωτοβολεῖ (σχ. 135).



Σχ. 135. Λαμπτήρ φωτισμοῦ.



Σχ. 136. Θερμαινομένη πλάξ με κυκλικόν άγωγόν σύρμα.



I



II

Σχ. 137. Ήλεκτρικόν σίδερο (I) και διάταξις του σύρματος θερμάνσεώς του.

β) Ήλεκτρικοί κλίβανοι. Οί ήλεκτρικοί κλίβανοι τούς όποίους χρησιμοποιούμεν εις τά διάφορα έργαστήρια, περιλαμβάνουν ένα σύρμα περιελγμένον περί ένα μονωτικόν και λείον κύλινδρον. Ό κύλινδρος είναι λείος εις τρόπον ώστε ή θερμότης, ή όποία προσπίπτει επ' αυτόν, νά ανακλύται εις τόν περιβάλλοντα χώρον και νά μήν άπορροφείται από τόν κύλινδρον και χάνεται. Ένα μονωτικόν περιβλήμα προστατεύει τόν κλίβανον από τας άπωλείας τής θερμότητος εις τό περιβάλλον.

§ 144. Ήλεκτρική θέρμανσις. α) Οικιακαί συσκευαί. Μία ήλεκτρική θερμάστρα, ένα σίδερο σιδερώματος, ένας ήλεκτρικός βραστήρ, κλπ. περιλαμβάνουν ένα σύρμα, μεγάλης άντιστάσεως, άνοξειδωτον τό όποιον όνομάζομεν γενικώς *θερμαντικὴν άντίστασιν*. Όταν διαρρέη τό ήλεκτρικόν ρεύμα τό σύρμα, αυτό έριθροπύρώνεται και άκτινοβολεί θερμότητα.

Εις τας ήλεκτρικάς θερμτσάρας, εις τούς ήλεκτρικούς θερμαντήρας και εις τας ήλεκτρικάς κουζίνας, τό σύρμα είναι συνήθως περιελγμένον έλικοειδώς και τοποθετημένον εις τας αυλάκας ενός μονωτικού υποβάθρου (σχ. 136).

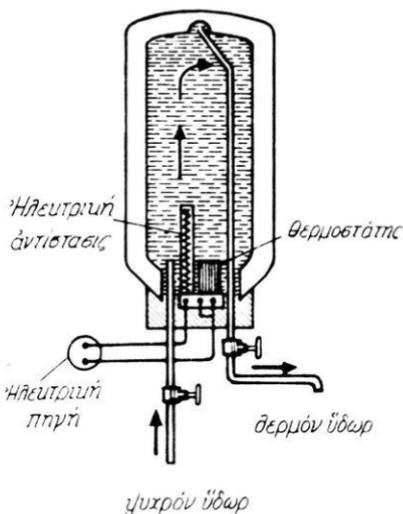
Εις τό ήλεκτρικόν σίδερο (σχ. 137, I) ή θερμαντική άντίστασις έχει τό σχήμα μιās στενής ταινίας και είναι στερεωμένη επάνω εις ένα φύλλον από μαρμαρυγίαν (κοινώς μίκα), ό όποίος είναι ένας πολυ καλός μονωτής (σχ. 137, II).

Εις τούς ήλεκτρικούς βραστήρας τό σύρμα είναι περιελγμένον συνήθως με ύαλοβάμβακα ή άμίαντον.

Ή ήλεκτρική θέρμανσις είναι πολυ εύχρηστος και ρυθμίζεται εύκόλως, είναι καθαρά και ύγιεινή, συγχρόνως όμως και δαπανηρά.

γ) **Ήλεκτρικοί θερμοσίφωνες.** Αυτοί είναι συσκευαί αι όποια παρέχουν θερμόν ύδωρ διά τας διαφόρους οικιακάς ανάγκας.

Τό ψυχρόν ύδωρ εισχωρεί εις τό δοχείον του θερμοσίφωνος από τό κάτω μέρος και θερμαίνεται με μίαν ήλεκτρικήν αντίστασιν. Τό θερμαινόμενον ύδωρ κινείται πρὸς τό ἐπάνω μέρος του δοχείου. Όταν ανοίξη μία στρόφιγξ κρουνοῦ θερμοῦ ύδατος εις ἕνα διαμέρισμα τῆς οίκιας, τότε από τόν κρουνόν αυτόν ἐκρέει θερμόν ύδωρ. Τό θερμόν αυτό ύδωρ κυκλοφορεί χάρις εις τόν ἀγωγόν θερμοῦ ύδατος ὁ ὁποίος εὑρίσκειται εις τὴν κορυφήν του δοχείου (σχ. 137, α).

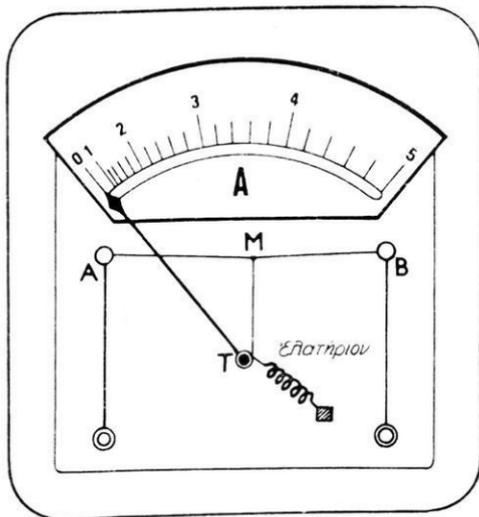


Σχ. 137α. Ήλεκτρικός θερμοσίφων.

§ 145. Θερμικόν ἀμπερόμετρον.

Τό ὄργανον αυτό (σχ. 138) ἀποτελεῖται από ἕνα λεπτόν μεταλλικόν σύρμα AMB ἐκ λευκοχρύσου ἢ ἀργύρου, διαρρεόμενον από τό ήλεκτρικόν ρεύμα του ὁποίου θέλομεν νά μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν. Τό σύρμα διατηρεῖται τεταμένον με τὴν βοήθειαν ἑνὸς ἐλατηρίου, συνδεδεμένου εις τό σημεῖον M με ἕνα εὐλύγιστον μεταλλικόν νῆμα, τό ὁποῖον διέρχεται από μίαν μικράν τροχαλίαν T.

Ἡ θέρμανσις του σύρματος AMB, ἐξ αἰτίας τῆς διελεύσεως του ρεύματος, προκαλεῖ διαστολήν. Ἡ ἐπιμήκυνσις του σύρμα-



Σχ. 138. Θερμικόν ἀμπερόμετρον.

τος ΑΜΒέξ αίτίας τής διαστολής, προκαλεί στροφήν τής τροχαλίας και τής βελόνης, ήτις είναι στερεώς συνδεδεμένη με αυτήν.

Ἡ διαστολή τοῦ σύρματος και συνεπῶς ἡ ἀπόκλισις τής βελόνης εἶναι τόσον μεγαλύτερα, ὅσον ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ὑψηλότερα.

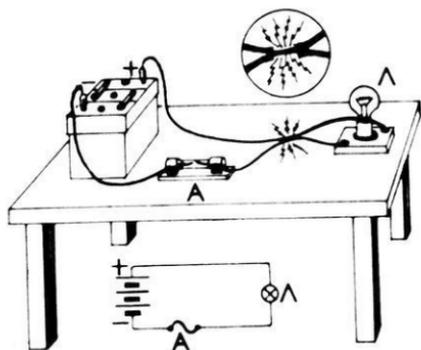
Τὸ ὄργανον βαθμολογεῖται ἐν συγκρίσει με ἕνα συνηθισμένον τύπου ἀμπερόμετρον.

§ 146. Βραχυκύκλωμα. Ὄταν ἕνα ἀγωγὸν σύρμα διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, καθὼς γνωρίζομεν, θερμαίνεται και ὑψώνεται ἡ θερμοκρασία του, ἐνῶ συγχρόνως ἕνα μέρος τής παραγομένης θερμότητος διασπείρεται εἰς τὸ περιβάλλον. Τελικῶς ὁ ἀγωγὸς ἀποκτᾶ μίαν ὀρισμένην σταθεράν θερμοκρασίαν.

Μία ἀτόμος αὔξησης τής ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος προκαλεῖ ἀτόμον αὔξησην τής θερμοκρασίας τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος και δημιουργεῖ κίνδυνον καταστροφῆς τοῦ μονωτικοῦ ὑλικοῦ, τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὸν ἀγωγόν, ὡς και τῶν διαφόρων συσκευῶν, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένα εἰς τὸ κύκλωμα.

Δι' αὐτὸ πρέπει νὰ ἐλέγχωμεν συχνάκις τήν κατάστασιν τῶν μονωτικῶν περιβλημάτων τῶν ἀγωγῶν. Διότι ἐάν δύο ἀπογυμνωμένα σύρματα ἔλθουν εἰς ἐπαφήν μεταξύ των (σχ. 139), προκαλεῖται ἀτόμος

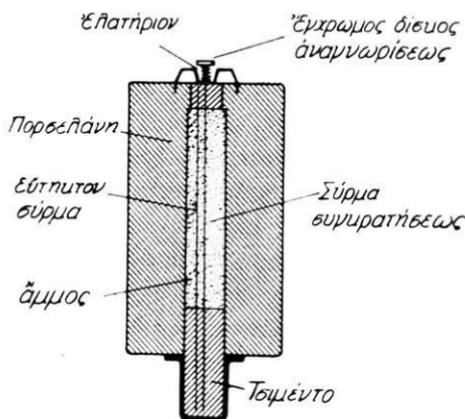
αὔξησης τής ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος με ἀποτέλεσμα τήν πρόκλησιν διαφόρων καταστροφῶν. Αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀνομάζεται **βραχυκύκλωμα**. Ὡστε :



Σχ. 139. Ὄταν ἐνωθοῦν δύο γυμνά καλώδια προκαλεῖται βραχυκύκλωμα. Εἰς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις τοῦ κυκλώματος.

Βραχυκύκλωμα ὀνομάζεται ἡ ἀτόμος αὔξησης τής ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕνα κύκλωμα, ἡ προκαλουμένη ἀπὸ διαφόρους αίτίας και δυναμένη νὰ ἔχη καταστρεπτικὰ ἀποτελέσματα διὰ τὰς διαφόρους ἠλεκτρικὰς συσκευὰς τοῦ κυκλώματος.

§ 147. Ἀσφάλεια. Διὰ νὰ προλάβωμεν τὴν καταστροφὴν ἑνὸς κυκλώματος, ἀπὸ ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως, τὸ ὁποῖον εἶναι δυνατόν νὰ προκληθῆ ἀπὸ διαφόρους αἰτίαις, ἢ πλεόν συνηθισμένη ἀπὸ τὰς ὁποίας εἶναι τὸ βραχυκύκλωμα, τοποθετοῦμεν ἐν σειρᾷ πρὸς τοὺς ἀγωγούς, λεπτά εὐθηκτὰ σύρματα μικροῦ μήκους, τὰ ὁποῖα εἶναι κλεισμένα εἰς καταλλήλους θήκας καὶ ὀνομάζονται **ἡλεκτρικαὶ ἀσφάλειαί.**



Σχ. 140. Τομή φύσιγγος μιᾶς τηκομένης ἀσφαλείας.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσφαλειῶν στηρίζεται εἰς τὴν μεγάλην θερμότητα Τζάουλ, ἣτις παράγεται ὅταν διέλθῃ ἀπὸ αὐτάς ρεῦμα μεγαλυτέρας ἐντάσεως ἀπὸ τὴν κανονικὴν.

Τὸ ἐπικίνδυνον ρεῦμα προκαλεῖ τὴν *τῆξιν* τοῦ σύρματος τῆς ἀσφαλείας ἐξ αἰτίας τῆς ὑπερθερμάνσεως, διακόπτον τοιουτοτρόπως τὸ κύκλωμα (σχ. 140).

Μὲ αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ὁ κίνδυνος τῆς καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν καὶ ὀργάνων τὰ ὁποῖα τὸ ἀποτελοῦν.

Εἰς ἑκάστην ἀσφάλειαν ἀναγράφεται ἡ μεγίστη ἔντασις εἰς Ἄμπερ, εἰς τὴν ὁποίαν δύναται νὰ ἀνθέξῃ τὸ σύρμα τῆς ἀσφαλείας, χωρὶς νὰ τακῆ.

Ἡ τηκομένη ἀσφάλεια παρουσιάζει τὸ μειονέκτημα ὅτι, ἀφοῦ καταστραφῆ, δὲν δύναται νὰ ἐπαναχρησιμοποιηθῆ πλεόν. Παρουσιάζει ὅμως τὸ πλεονέκτημα ὅτι καταστρέφεται εὐθύς ὡς ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος ὑπερβῆ τὴν κανονικὴν τιμὴν καὶ συνεπῶς προστατεύει ὅπωςδὴποτε τὰς ἐγκαταστάσεις.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀπαγορεύεται καὶ εἶναι ἐπικίνδυνος διὰ τὰς ἐγκαταστάσεις ἢ ἐπισκευὴ μιᾶς κατεστραμμένης ἀσφαλείας μὲ τοποθέτησιν ἑνὸς ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησίν τῆς. Πράγματι τὸ σύρμα τὸ ὁποῖον θὰ τοποθετήσωμεν εἰς ἀντικατάστασιν

της κατεστραμμένης ασφαλείας θα ἔχη ὅποσδήποτε διαφορετικὴν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸ πρότυπον σύρμα τῆς ασφαλείας. Οὕτως ἢ θὰ τήκεται διὰ μικροτέραν ἔντασιν ρεύματος, ὅποτε θὰ δυσχεραίνῃ τὴν ἐργασίαν μας, ἢ, καὶ αὐτὸ εἶναι τὸ σπουδαιότερον, θὰ τήκεται εἰς μεγαλύτεραν ἔντασιν ρεύματος ἀπὸ τὴν μεγίστην ἐπιτρεπομένην, ὅποτε εἰς ἓνα τυχαῖον βραχυκύκλωμα ὑπάρχει κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ κυκλώματος καὶ τῶν συσκευῶν, ἐφ' ὅσον δὲν θὰ τακῇ τὸ σύρμα καὶ δὲν θὰ διακοπῇ ἡ παροχὴ ρεύματος εἰς τὸ κύκλωμα.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Αἱ περισσότεραι οἰκιακαὶ συσκευαὶ φωτισμοῦ καὶ θερμάνσεως εἶναι ἠλεκτρικαὶ καὶ ἐκμεταλλεύονται τὸ φαινόμενον Τζάουλ, ὅπως π.χ. οἱ λαμπτήρες πυρακτώσεως, αἱ ἠλεκτρικαὶ θερμάστραι, αἱ ἠλεκτρικαὶ κουζίνας, οἱ θερμοσίφωνες, κλπ. Τὸ ἴδιον πρᾶγμα συμβαίνει καὶ μὲ ὠρισμένα ὄργανα, ὅπως τὸ θερμικὸν ἀμπερόμετρον.

2. Τὸ φαινόμενον Τζάουλ παρουσιάζει καὶ κινδύνους. Διὰ νὰ ἀποφεύγωμεν τὰς πυρκαϊὰς καὶ γενικώτερον τὰς καταστροφὰς αἱ ὁποῖαι δύνανται νὰ προκύβουν ἀπὸ μίαν ἀπρόοπτον ὑπερθέρμανσιν τῶν ἀγωγῶν καὶ τῶν συσκευῶν ἐνὸς κυκλώματος, χρησιμοποιοῦμεν τὰς ἠλεκτρικὰς ασφαλείας. Αὗται εἶναι λεπτὰ σύρματα, τὰ ὁποῖα τήκονται, ὅταν ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος ὑπερβῇ τὴν ἐπιτρεπομένην τιμὴν, ὅποτε διακόπτεται ἡ παροχὴ καὶ ἀποτρέπεται ὁ κίνδυνος καταστροφῆς τῆς ἐγκαταστάσεως.

3. Ἡ ἀπότομος αὐξήσις τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς ἓνα κύκλωμα, ὀνομάζεται βραχικύκλωμα καὶ ἔχει καταστρεπτικὰς συνεπείας.

4. Εἶναι πολὺ ἐπικίνδυνον νὰ ἐπισκευάζωμεν μίαν κατεστραμμένην ἀσφάλειαν μὲ τοποθέτησιν ἐξωτερικοῦ σύρματος δι' ἐπαναχρησιμοποίησιν τῆς.

ΛΑ'— ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΠΟΥΔΗ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

§ 148. Γενικότητες. Οί ηλεκτρικοί άγωγοί είναι συνήθως σύρματα μεταλλικά, κυλινδρικά και όμογενή, κατασκευασμένα από καθαρά μέταλλα ή κράματα.

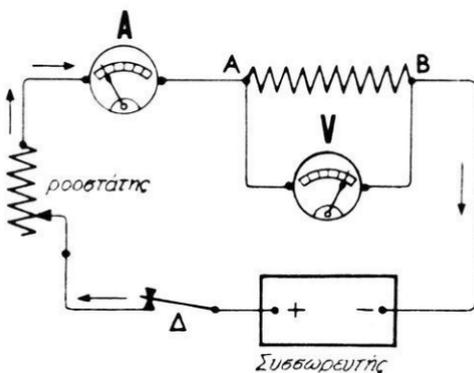
Είς προηγούμενον κεφάλαιον εξηγήσαμεν ότι ή αντίστασις, τήν όποιαν προβάλλει είς τό ηλεκτρικόν ρεύμα ό άγωγός, όφείλεται είς τήν τριβήν τών ηλεκτρονίων κατά τήν κίνησίν των μέσα είς τήν μάζαν του μεταλλικού άγωγού. Ή τριβή όμως αύτή δέν είναι είς όλους τούς άγωγούς ή ίδια και έξαρτάται από τήν φύσιν του μετάλλου ή του κράματος. Ήξαρτάται όμως, όπως θα ίδωμεν, και από τό μήκος του άγωγού και από τό πάχος του. Ωστε :

Ή αντίστασις ενός άγωγού έξαρτάται από τήν φύσιν του άγωγού και τας γεωμετρικάς διαστάσεις του.

§ 149. Μεταβολή τής αντίστάσεως ενός άγωγού λόγω του μήκους του. Θα συγκρίνωμεν τας αντίστάσεις άγωγών κατεσκευασμένων από τό ίδιον ύλικόν, οί όποιοί έχουν τήν ίδιαν διατομήν (πάχος), διαφορετικά όμως μήκη.

Πείραμα. Πραγματοποιούμεν τό κύκλωμα του σχήματος 141 και αντικαθιστώμεν διαδοχικώς μεταξύ τών σημείων Α και Β τας αντίστάσεις τας όποιάς πρόκειται νά συγκρίνωμεν.

Χρησιμοποιούμεν, π.χ., τρία σύρματα σιδηρονικελίου, (δηλαδή άγωγούς τής ίδιας φύσεως), με διάμετρον 0,5 mm, (δηλαδή με τήν ίδιαν διατομήν), τά μήκη των όποιών είναι 1 m, 2 m και 3m.



Σχ. 141. Κύκλωμα διά τήν μελέτην τής μεταβολής τής αντίστάσεως ενός άγωγού συναρτήσεϊ του μήκους.

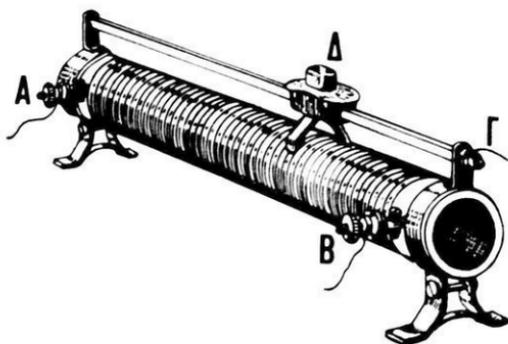
Με τήν βοήθειαν ἑνὸς ροοστάτου, ρυθμιζομεν τήν ἔντασιν τοῦ ρεύματος οὕτως, ὥστε νά εἶναι ἡ ἴδια εἰς ἐκάστην περίπτωσιν, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον διευκολύνει τήν σύγκρισιν. Τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεών μας ἀναγράφονται εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα.

Μῆκος (m)	1	2	3
Ἐντασις (A)	2	2	2
Διαφ. δυναμικοῦ (U)	8	16	24
$R = U/i$ (Ω)	4	$8 = 2 \cdot 4$	$12 = 3 \cdot 4$

Ὅπως παρατηροῦμεν ὅταν διπλασιάζεται ἢ τριπλασιάζεται τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ, διπλασιάζεται ἢ τριπλασιάζεται, ἀντιστοίχως, καὶ ἔντασις τοῦ. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἑνὸς ἀγωγοῦ σύρματος, κατεσκευασμένου ἀπὸ ἓνα ὄρισμένον ὑλικόν, τὸ ὁποῖον ἔχει σταθεράν διατομήν, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μῆκος τοῦ σύρματος.

§ 150. Ἐφαρμογή. Ροοστάτης. Οἱ ροοστάται εἶναι ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις, ἀντιστάσεις δηλαδή τῶν ὁποίων ἡ τιμὴ ρυθμιζεται, ἀναλόγως πρὸς τὰς περιστάσεις, εἰς μίαν ἐπιθυμητὴν τιμήν. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἀγωγὸν σύρμα, τὸ ὁποῖον περιελίσσεται περὶ ἓνα μονωτικὸν σωλῆνα, ὅλη δὲ ἡ

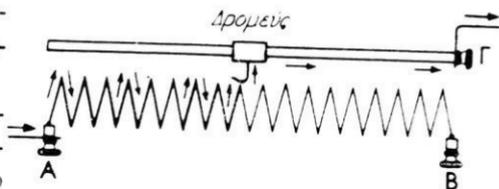


Σχ. 142. Ροοστάτης (ρυθμιστικὴ ἀντίστασις) με δρομέα Δ.

διάταξις διαθέτει τρεῖς ἀκροδέκτας (σχ. 142). Ἀπὸ αὐτοὺς οἱ A καὶ B ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ περιελιγμένου σύρματος, ἐνῶ ὁ Γ μίαν ἐνδιάμεσον λῆψιν, ἡ ὁποία δύναται νά μεταβάλληθῆσιν, ὅταν μετακινήσωμεν τὸν δρομέα Δ. Πράγματι τὸ σημεῖον Γ καὶ ὁ δρομέα Δ συνδέονται μετὰ μεταλλικὸν ἀγωγὸν

στέλεχος (σχ. 143), το όποιο παρουσιάζει ἀσήμαντον ἀντίστασιν.

Ὁ ροοστάτης συνδέεται ἐν σειρά μετὸ κύκλωμα ἀπὸ τὸ ἄκρον του Α καὶ τὴν ἐνδιάμεσον ληψίν Γ. Ὄταν μετακινήσω-



Σχ. 143. Πορεία τοῦ ρεύματος ἐντὸς τοῦ ροοστάτου.

μεν τὸν δρομέα, Δ, μεταβάλλομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ ρυθμίζομεν τοιοῦτοτρόπως τὴν ἐντασιν τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα μεταξύ μιᾶς ἐλαχίστης τιμῆς, (ὅταν ὁ δρομεύς εὑρίσκεται εἰς τὸ Β, ὁπότε τὸ ρεῦμα διαρρέει ὅλην τὴν ἀντίστασιν), καὶ μιᾶς μεγίστης, (ὅταν ὁ δρομεύς εὑρίσκεται εἰς τὸ Α, ὁπότε ὅλη ἡ ἀντίστασις εἶναι ἐξω ἀπὸ τὸ κύκλωμα)

Ἄλλος τύπος ρυθμιζομένης ἀντιστάσεως εἶναι τὸ κιβώτιον ἀντιστάσεων ἢ, ὅπως ἀλλῶς λέγεται, ἡ ρυθμιστικὴ ἀντίστασις μετὰ γόμφων (σχ. 144).

Εἰς τὴν ἀντίστασιν τοῦ τύπου αὐτοῦ, ἡ ρύθμισις ἐπιτυγχάνεται μετὴν χρῆσιν μεταλλικῶν γόμφων, οἱ ὅποιοι εἰσάγονται εἰς καταλλήλους ὑποδοχὰς καὶ θέτουν οὕτως ἐκτὸς κυκλώματος τὰς ἀντιστάσεις, αἱ ὁποῖαι εὑρίσκονται κάτω ἀπὸ τὰς ὑποδοχὰς.

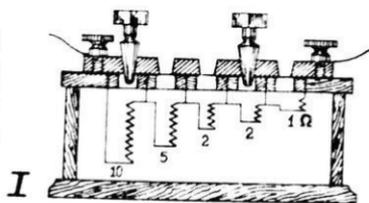
Εἰς τὸ σχῆμα 144 εἶναι ἐκτὸς κυκλώματος αἱ ἀντιστάσεις 10 Ω καὶ 2 Ω καὶ ἀπομένον πρὸς χρῆσιν αἱ ἄλλαι ἀντιστάσεις 5 Ω, 2 Ω καὶ 1 Ω.

Ἄν εἶχον ἐξαχθῆ ὅλοι οἱ γόμφοι, θὰ ἐχρησιμοποιούντο ὅλοι αἱ ἀντιστάσεις δηλαδὴ :

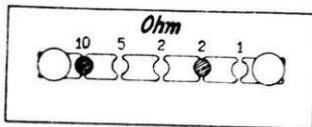
$$10 \Omega + 5 \Omega + 2 \Omega + 2 \Omega + 1 \Omega = 20 \Omega$$

§ 151. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἀγωγῶν συναρτῆσει τῆς διατομῆς του. Θὰ συγκρίνωμεν τώρα τὰς ἀντιστάσεις ἀγωγῶν οἱ ὅποιοι διαφέρουν μόνον εἰς τὴν διατομὴν των.

Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων Α καὶ Β, τρία ἰσομήκη ἀγωγά σύρματα, π.χ. ἀπὸ σιδηρονικέλιου, μετὸ κοινὸν μήκος 1 m, τὰ ὁποῖα ἔχουν διαμέτρους 0,5 mm, 1 mm καὶ 2 mm.



I



II

Σχ. 144. Κιβώτιον ἀντιστάσεων ρυθμισμένον διὰ 8 Ω.

Διατηρούντες μίαν σταθεράν έντασιν ρεύματος, ίσην έστω πρὸς 0,5 A, μετροῦμεν εἰς ἐκάστην περίπτωσηιν τὴν ἀντίστοιχον διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα :

Διάμετρος (mm)	0,5	1	2
Τομὴ (mm ²)	$\pi/16$	$\pi/4$	π
Έντασις (A)	0,5	0,5	0,5
Διαφορὰ δυναμικοῦ (U)	2	0,5	0,125
$R = U/i$ (Ω)	4	1	0,250

Ὅπως παρατηροῦμεν, ὅταν ἡ διατομὴ γίνῃ 4 φορές μεγαλύτερα :

$$\left(\frac{\pi}{4} = 4 \cdot \frac{\pi}{16} \text{ καὶ } \pi = 4 \cdot \frac{\pi}{4} \right)$$

ἡ ἀντίστασις γίνεται τέσσαρας φορές μικροτέρα ($1=4:4$, καὶ $0,25=1:4$). Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατασκευασμένου ἀπὸ ὠρισμένου ὑλικὸν καὶ ὁ ὁποῖος ἔχει σταθερὸν μήκος, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του.

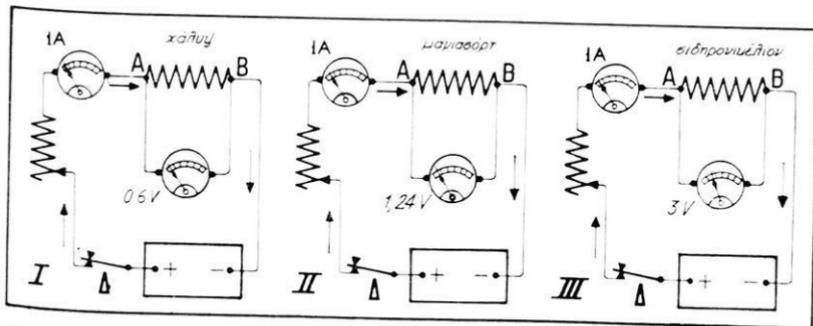
§ 152. Σχέσις μεταξὺ ἀντιστάσεως, μήκους καὶ διατομῆς ἐνὸς ἀγωγοῦ. Γνωρίζομεν ὅτι, ὅταν ἓνα μέγεθος εἶναι ἀνάλογον πρὸς δύο ἄλλα ἀνεξάρτητα μεγέθη, τὸ μέγεθος αὐτὸ εἶναι ἀνάλογον καὶ πρὸς τὸ γινόμενον των.

Συνεπῶς ἡ ἀντίστασις R ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐφ' ὅσον εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸ μήκος l τοῦ ἀγωγοῦ καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὴν διατομὴν του S ἢ, ὅπερ τὸ αὐτὸ, ἀνάλογος πρὸς τὸ $1/S$ τοῦ ἀγωγοῦ, θὰ εἶναι ἀνάλογος καὶ πρὸς τὸ γινόμενον $l \cdot 1/S$, δηλαδὴ πρὸς τὸ l/S .

Αὐτὸ σημαίνει ὅτι ὑφίσταται ἓνας σταθερὸς λόγος μεταξὺ τῶν R καὶ l/S , ὅταν μεταβάλλωνται μόνον αἱ διαστάσεις.

Ἐχει ἐπικρατήσῃ ἡ συνήθεια διεθνῶς νὰ παριστάνωμεν μὲ τὸ ἐλληνικὸν γράμμα ρ τὴν τιμὴν τοῦ λόγου αὐτοῦ. Ὡστε εἶναι :

$$R / \frac{l}{S} = \rho \quad \text{ἢ} \quad R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$



Σχ. 145. Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ ὕλικόν κατασκευῆς του.

§ 153. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως ἐνὸς ἀγωγοῦ λόγῳ τῆς φύσεως τοῦ ὕλικοῦ του. Θὰ συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις τριῶν ἀγωγῶν, μήκους 0,50 m καὶ διαμέτρου 0,4 mm, οἱ ὅποιοι εἶναι κατασκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα, μαγνήσιορτ (χαλκοψευδαργυρονικέλιον, Cu 60%, Zn 25%, Ni 15%) καὶ σιδηρονικέλιον (Fe 75%, Ni 25%). Οἱ ἀγωγοὶ δηλαδὴ διαφέρουν μόνον κατὰ τὸ ὕλικόν τῆς κατασκευῆς των.

Πείραμα. Εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 141 ἀντικαθιστῶμεν διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B, τὰ σύρματα τὰ ὅποια ἀνεφέρομεν (σχ. 145).

Κλείομεν τὸν διακόπτην, διατηροῦμεν μίαν σταθερὰν ἔντασιν ρεύματος, ἴσην ἔστω πρὸς 1A, μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου, μετροῦμεν εἰς ἐκάστην περίπτωσιν τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστοιχον ἀντίστασιν, καταστρώνοντες τὸν ἀκόλουθον πίνακα μὲ τὰς μετρήσεις καὶ τοὺς ὑπολογισμούς μας.

Φύσις τοῦ ἀγωγοῦ	χάλυβ	μαγνήσιορτ	σιδηρονικέλιον
Διαφ. δυναμ. (V)	0,6	1,24	3
Ἔντασις (A)	1	1	1
$R = U/i$ (Ω)	0,6	1,24	3

Ὅπως παρατηροῦμεν, τὰ τρία σύρματα, μολονότι ἔχουν τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, παρουσιάζουν διαφορετικὰς ἀντιστάσεις εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἡ ἀντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ μαγισόρτ καὶ αὐτὴ μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ χάλυβος. Ὡστε :

Ἡ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικου του.

§ 154. Εἰδικὴ ἀντίστασις. Ἀνεφέρομεν ὅτι ὁ λόγος ρ διατηρεῖ σταθερὰν τιμὴν, ὅταν μεταβάλλωνται αἱ διαστάσεις ἐνὸς ἀγωγοῦ, κατασκευασμένου ἀπὸ ἕνα ὠρισμένον ὕλικόν.

Ἀντιστρόφως ἂν συγκρίνωμεν τὰς ἀντιστάσεις δύο ἀγωγῶν, κατασκευασμένων ἀπὸ διαφορετικὰ ὕλικά, οἱ ὅποιοι ὅμως παρουσιάζουν τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \rho_1 \cdot \frac{l}{S} \text{ καὶ } R_2 = \rho_2 \cdot \frac{l}{S}$$

Οὕτως, ἂν πειραματισθῶμεν μὲ μεταλλικοὺς ἀγωγούς ἀπὸ σιδηρονικέλιον καὶ σίδηρον, μὲ τὰς ἰδίας γεωμετρικὰς διαστάσεις, θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ὁ ἀγωγὸς ἀπὸ τὸ σύρμα τοῦ σιδηρονικελίου παρουσιάζει ὀκταπλασίαν ἀντίστασιν ἀπὸ τὸν σιδηροῦν ἀγωγόν.

Ὁ συντελεστὴς ρ , ὁ ὅποιος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φύσιν τοῦ ὕλικου κατασκευῆς τοῦ ἀγωγοῦ, ὀνομάζεται εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ.

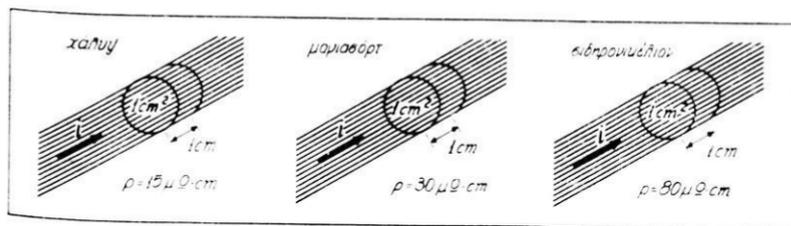
Ὑπολογισμὸς τῆς εἰδικῆς ἀντιστάσεως. Εἰς τὸν τύπον $R = \rho l/S$ ἐκφράζομεν τὸ μῆκος τοῦ ἀγωγοῦ εἰς ἑκατοστόμετρα, τὴν διατομὴν του εἰς τετραγωνικὰ ἑκατοστόμετρα καὶ τὴν ἀντίστασιν του εἰς μονάδας Ὠμ.

Ἐάν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον θέσωμεν $l = 1 \text{ cm}$, $S = 1 \text{ cm}^2$, εὐρίσκομεν ὅτι :

$$R = \rho$$

Ὡστε :

Ἡ εἰδικὴ ἀντίστασις ἐνὸς ἀγωγοῦ εἶναι ἀριθμητικῶς ἴση πρὸς τὴν ἀντίστασιν ἐνὸς κυλίνδρου, κατασκευασμένου ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν αὐτόν, ὁ ὅποιος ἔχει μῆκος 1 cm καὶ διατομὴν 1 cm^2 (εἰς θερμοκρασίαν 15°C) (σχ. 146).



Σχ. 146. Ειδική αντίσταση διαφόρων υλικών.

Μονάς ειδικής αντίστασης. Ο τύπος $R = \rho \cdot l / S$ όταν λυθῆ ὡς πρὸς ρ δίδει :

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

Ἐὰν θέσωμεν $R = 1 \Omega$, $S = 1 \text{ cm}^2$ καὶ $l = 1 \text{ cm}$, εὐρίσκομεν τὴν μονάδα τῆς ειδικῆς ἀντίστασης. Ὡστε :

Ἡ μονάς ειδικῆς ἀντίστασης εἶναι ἴση μὲ τὴν ειδικὴν ἀντίστασιν ἑνὸς υἷλικοῦ, τὸ ὁποῖον εἰς κυλινδρικὸν ἄγωγόν, μήκους 1 cm καὶ διατομῆς 1 cm^2 , παρουσιάζει ἀντίστασιν 1Ω .

Ἡ μονάς αὐτὴ ὀνομάζεται ὠμ-ἑκατοστόμετρον ($\Omega \cdot \text{cm}$).

Συνήθως χρησιμοποιοῦμεν τὸ ὑποπολλαπλάσιον τῆς μονάδος αὐτῆς, τὸ μικρο-ὠμ-ἑκατοστόμετρον ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$), ἴσον μὲ τὸ ἕνα ἑκατομμυριοστὸν τῆς βασικῆς μονάδος.

Δηλαδὴ εἶναι :

$$1 \Omega \cdot \text{cm} = 10^6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$$

Παρατήρησις. Οἱ καλοὶ ἄγωγοὶ εἶναι σώματα τὰ ὁποῖα ἔχουν πολὺ μικρὰν τιμὴν ειδικῆς ἀντίστασης (ἄργυρος, χαλκός, ἀργίλιον). Ἀντι-

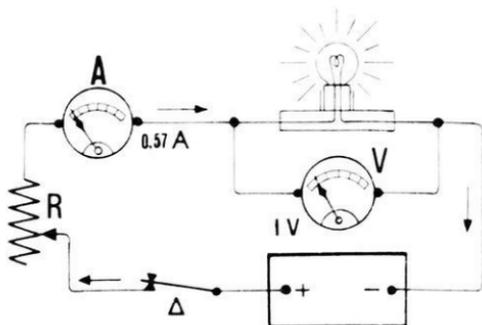
Παράδειγμα ειδικῶν ἀντιστάσεων διαφόρων υἷλικῶν καὶ κραμάτων εἰς $\mu\Omega \cdot \text{cm}$			
Ἄργυρος	1,5	Μαγνησίορτ	30
Χαλκός	1,6	Κοιισταντάνη	50
Σίδηρος	10	Σιδηρονικέλιον	80
Νικέλιον	12	Ἰδρᾶργυρος	94
Μόλυβδος	20	Χρωμονικελίνη	137

θέτως τὸ σιδηρονικέλιον καὶ ἡ χρωμονικελίνη εἶναι κράματα, τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν μεγάλην ἀντίστασιν. Δι' αὐτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγον τὰ χρησιμοποιοῦμεν εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὁποίας ἐπιζητοῦμεν ἔκλυσιν μεγάλων ποσοτήτων θερμότητος.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἀντίστασις ἐνὸς χαλκίνου σύρματος μήκους 1 km καὶ διαμέτρου 1 mm. Εἰδικὴ ἀντίστασις τοῦ χαλκοῦ $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm}$.

Λύσις. Ἀντικαθιστῶμεν εἰς τὸν τύπον $R = \rho \cdot l/S$ τὰ δεδομένα τοῦ προβλήματος, δηλαδή: $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot \text{cm} = 1,6 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$, $l = 1000 \text{ m} = 100\,000 \text{ cm} = 10^5 \text{ cm}$, $S = \pi \cdot 0,05^2 = 0,0025 \cdot \pi \text{ cm}^2$ (διότι ἐφ' ὅσον ἡ διάμετρος εἶναι 1 mm = 0,1 cm, ἡ ἀκτίς θά εἶναι 0,05 cm), θά ἔχωμεν:

$$R = \frac{1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 10^5}{0,0025 \cdot \pi} = \frac{0,16}{0,00785} = 20,3 \Omega$$



Σχ. 147. Ἡ ἀντίστασις τοῦ σύρματος αὐξάνεται μετὰ τῆς θερμοκρασίας.

§ 155. Μεταβολὴ τῆς ἀντιστάσεως μετὰ τῆς θερμοκρασίας. Πραγματοποιοῦμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 147, ἡ ἀντίστασις τοῦ ὁποίου ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ νῆμα πυρακτώσεως τοῦ λαμπτήρος.

Ρυθμιζομεν τὸν ροοστάτην οὕτως, ὥστε νὰ ἔχωμεν κατὰ τὴν ἀρχὴν τοῦ πειράματος τάσιν 1 V εἰς τὰ ἄκρα τοῦ λαμπτήρος.

Ἀκολουθῶν αὐξάνομεν προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος, μέχρις ὅτου ὁ λαμπτήρ ἀποκτήσῃ τὴν κανονικὴν του φωτεινὴν ἰσχύν.

Σημειοῦντες διὰ διαφόρους τιμὰς τῆς ἐντάσεως τὰς ἀντιστοίχους τιμὰς τῆς τάσεως, ὑπολογίζομεν τὴν ἀντίστασιν καὶ καταστρώνομεν τὸν ἀκόλουθον πίνακα:

Ἐντασις (A)	0,57	1	1,2
Διαφ. δυναμικοῦ (V)	1	3,8	6
Ἀντίστασις $R = U/i$ (Ω)	1,7	3,8	5

Όπως παρατηρούμεν ή αντίστασις του νήματος πυρακτώσεως αυξάνεται όσον γίνεται φωτεινότερον τὸ νήμα. Τὸ νήμα όμως φωτοβολεῖ έντονότερον, όταν ύψώνεται ή θερμοκρασία του. Ὡστε :

Ἡ αντίστασις ένδὸς άγωγοῦ αυξάνεται όταν ύψώνεται ή θερμοκρασία του.

Τὸν άνωτέρω νόμον δέν άκολουθοῦν ὁ άνθραξ και οἱ ήλεκτρολύται. Ὄταν ύψώνεται ή θερμοκρασία τῶν σωμάτων αυτών, έλαττώνεται ή αντίστασις των.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ἡ αντίστασις ένδὸς άγωγοῦ έξαρτάται άπό τήν φύσιν τοῦ άγωγοῦ και τὰς διαστάσεις του.

2. Ἡ αντίστασις ένδὸς άγωγοῦ σύρματος είναι : α) άνάλογος πρὸς τὸ μήκος του, β) άντιστρόφως άνάλογος πρὸς τήν διατομήν του, και γ) έξαρτάται άπό τὸ ύλικὸν κατασκευῆς τοῦ άγωγοῦ.

3. Ἡ ειδική αντίστασις ρ ένδὸς άγωγοῦ σύρματος είναι άριθμητικῶς ίση πρὸς τήν αντίστασιν ένδὸς ύλικοῦ, τὸ όποιον εις κυλινδρικόν άγωγόν, μήκους 1 cm και διατομῆς 1 cm², παρουσιάζει αντίστασιν 1 Ω.

4. Μεταξὺ τῆς αντίστάσεως R, τῆς ειδικῆς αντίστάσεως ρ , τοῦ μήκους l και τῆς διατομῆς S ένδὸς άγωγοῦ, ύφίσταται ή σχέσις:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

5. Μονάς ειδικῆς αντίστάσεως είναι τὸ 1 Ω · cm.

6. Ἡ αντίστασις ένδὸς άγωγοῦ αυξάνεται, όταν ύψώνεται ή θερμοκρασία του. Τὸ αντίθετον συμβαίνει με τὸν άνθρακα και τοὺς ήλεκτρολύτας.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

135. Σύρμα άπό σιδηρονικέλιον έχει μήκος 10 cm και έμβαδόν διατομῆς 0,2 mm². Ἡ ειδική αντίστασις τοῦ σιδηρονικελίου είναι 30 μΩ · cm. Νά ύπολογισθῇ ή αντίστασις τοῦ σύρματος. (*Απ. $R=0,15 \Omega$.)

136. Ἡ αντίστασις με τήν όποίαν θερμαίνεται ένα ήλεκτρικό σίδηρο είναι 40 Ω. Διά νά τήν αντικαταστήσωμεν χρησιμοποιοῦμεν σύρμα έμβαδοῦ διατομῆς 0,005

cm^2 και ειδικής αντίστασης $50 \mu\Omega \cdot cm$. Να υπολογισθή το μήκος του σύρματος, το όποιο πρέπει να χρησιμοποιήσωμεν. (Άπ. 10 m.)

137. Να υπολογισθή εις τετραγωνικά χιλιοστά το έμβαδόν τής διατομής ενός άγωγού, ό όποίος έχει αντίσταση $0,1 \Omega$. και μήκος $12,56 m$. Η ειδική αντίσταση του μετάλλου από το όποιο είναι κατασκευασμένος ό άγωγός είναι $40 \mu\Omega \cdot cm$. (Άπ. $50,24 mm^2$.)

138. Ένα καλώδιον από χαλκόν έχει ειδικήν αντίστασιν $\rho = 1,6 \mu\Omega \cdot cm$, κυκλικήν διατομήν διαμέτρου $1 mm$ και μήκος $50 m$. α) Να υπολογίσετε τήν αντίστασίν του. β) Να υπολογίσετε τήν ποσότητα τής θερμότητος, ή όποία ελευθερώνεται, εάν επί 1ω ραν το καλώδιον διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως $0,5 A$. (Άπ. α' 1Ω , περίπου. β' $214,2 cal$, περίπου.)

139. Να εύρεθί το μήκος σύρματος, τά άκρα του όποιο όταν συνδεθούν με πηγήν τάσεως $120 V$ διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα έντάσεως $2 A$. Δίδονται : Η ειδική αντίστασις του σύρματος : $\rho = 30 \mu\Omega \cdot cm$ και ή διάμετρος τής κυκλικής διατομής του καλωδίου $d = 0,1 mm$. (Άπ. $1,5 m$, περίπου.)

140. Ένα καλώδιον ηλεκτρικού ρεύματος έχει μήκος $5 m$, έμβαδόν διατομής $1 mm^2$, ή δέ αντίστασίς του είναι 4Ω . α) Να υπολογίσετε τήν αντίστασιν ενός καλωδίου από το ίδιον ύλικόν, τής ίδιας διατομής, αλλά μήκους $12 m$. β) Να υπολογίσετε τήν αντίστασιν ενός καλωδίου, από το ίδιον πάλιν ύλικόν, μήκους $5 m$ αλλά έμβαδού διατομής $3 mm^2$. γ) Να υπολογίσετε τήν ειδικήν αντίστασιν του κράματος, το όποιον χρησιμοποιούμεν διά τήν κατασκευήν αυτών των καλωδίων. (Άπ. α' $9,6 \Omega$. β' $1,33 \Omega$. γ' $80 \mu\Omega \cdot cm$.)

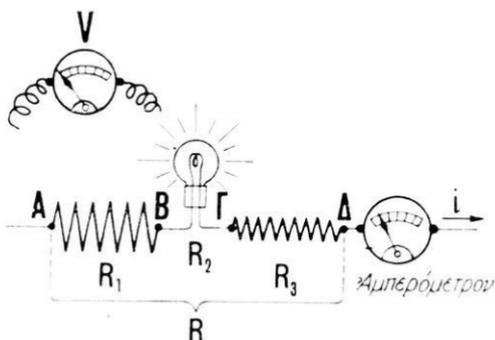
141. Ένα κύκλωμα περιλαμβάνει συνδεδεμένα έν σειρά τας ακόλουθους συσκευάς : Μίαν γεννήτριαν, ένα άμπεροόμετρον και μίαν αντίστασιν. α) Να υπολογίσετε τήν τιμήν τής αντίστασεως R , γνωρίζοντες ότι αποτελείται από σύρμα με διάμετρον $0,4 mm$, μήκος $78,5 cm$ και ειδικήν αντίστασιν $80 \mu\Omega \cdot cm$. β) Ένα βολτόμετρον συνδεδεμένον εις τά άκρα τής αντίστασεως R δεικνύει διαφοράν δυναμικού $20 Volt$. Ποία θά είναι ή ένδειξις του άμπεροόμετρον. (Άπ. α' 5Ω . β' $4 A$)

ΑΒ' — ΣΥΝΔΕΞΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

§ 156. Γενικότητες. Όταν περισσότεραι τής μιās αντίστασεις παρατίθενται εις ένα κύκλωμα, εις τρόπον ώστε να διαρρέωνται από το ίδιον ηλεκτρικόν ρεύμα, λέγομεν ότι αί αντίστασεις αύται είναι συνδεδεμένα έν σειρά.

Υπάρχει όμως και ένας άλλος τρόπος συνδέσεως αντίστασεως, κατά τον όποιον αί αντίστασεις σχηματίζουν διακλαδώσεις και δέν

διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα. Η σύνδεσις αὐτή λέγεται σύνδεσις κατὰ διακλάδωσιν ἢ ἐν παραλλήλῳ.



Σχ. 148. Αἱ ἀντίστασις ἐν σειρᾷ προστίθενται.

§ 157. Σύνδεσις ἐν σειρᾷ. Πείραμα. Συνδέομεν μερικὲς ἠλεκτρικὰς ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ, π.χ. μίαν ἠλεκτρικὴν θερμάστραν, ἓνα λαμπτήρα καὶ ἓνα

ροοστάτην (σχ. 148), καὶ τὰς τροφοδοτοῦμεν μὲ ἠλεκτρικὸν ρεύμα, τὴν ἔντασιν τοῦ ὁποίου, ἔστω $i = 0,5$ A, μετρεῖ ἓνα ἀμπερόμετρον. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἀντίστασιν ἐκάστης συσκευῆς κεχωρισμένως, μετροῦμεν μὲ ἓνα βολτόμετρον τὴν τάσιν, ἢ ὅποια ἐπικρατεῖ εἰς τὰ ἄκρα τῆς καὶ ἀκολουθῶς ἐφαρμοζόμεν τὸν τύπον $R = U/i$.

Μετροῦντες τὰς τάσεις αἰτίνες ἐπικρατοῦν εἰς τὰ σημεῖα A, B, Γ, Δ, εὐρίσκομεν ὅτι :

$$U_A - U_B = U_1 = 20 \text{ V}, \quad U_B - U_\Gamma = U_2 = 65 \text{ V}, \\ U_\Gamma - U_\Delta = U_3 = 30 \text{ V}.$$

Συνεπῶς θὰ ἔχωμεν :

$$R_1 = \frac{U_1}{i} = \frac{20}{0,5} = 40 \, \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{i} = \frac{65}{0,5} = 130 \, \Omega$$

$$R_3 = \frac{U_3}{i} = \frac{30}{0,5} = 60 \, \Omega.$$

Ἡ ἀντίστασις R τῶν τριῶν συσκευῶν, ὅταν θεωρηθοῦν ὡς μία διάταξις, ἢ ἀντίστασις δηλαδὴ ἡ ὅποια περιλαμβάνεται μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ τοῦ κυκλώματος, ὀνομάζεται ὀλικὴ ἀντίστασις τῶν τριῶν συσκευῶν καὶ ὑπολογίζεται μὲ ἐφαρμογὴν τοῦ τύπου $R = U/i$, ὅπου μὲ U παριστᾶται ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ Δ, δηλαδὴ ἡ $U_A - U_\Delta$.

Όπως όμως γνωρίζομεν, αϊ τάσεις, όταν είναι διαδοχικαί, προστίθενται. Έπομένως θα ἔχωμεν ὅτι :

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 20 + 65 + 30 = 115V$$

καί συνεπῶς θα εἶναι :

$$R = \frac{U}{i} = \frac{115}{0,5} = 230 \Omega.$$

Ἄν προσθέσωμεν ὁμως τὰς τρεῖς ἀντιστάσεις R_1 , R_2 καί R_3 , εὐρίσκομεν :

$$R_1 + R_2 + R_3 = 40 + 130 + 60 = 230 \Omega.$$

Ὡστε θα ἀληθεύη ἡ σχέση :

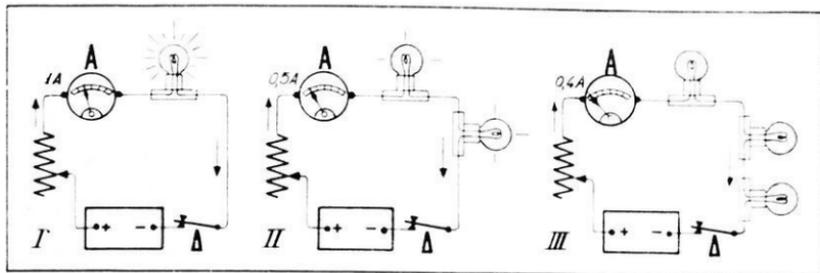
$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3$$

Ἡ ἰσότης εἰς τὴν ὁποίαν κατελήξαμεν ἐκφράζει ὅτι :

Ἡ ὅλική ἀντίστασις ($P_{ολ}$) μιᾶς ομάδος ἀντιστάσεων, αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, εἶναι ἰση μὲ τὸ ἄθροισμα αὐτῶν τῶν ἀντιστάσεων.

§ 158. Μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως. Πείραμα. Εἰς ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ ἓναν ροοστάτην, ἓνα ἀμπερόμετρον καὶ ἓνα λαμπτήρα. Ρυθμιζομεν τὸν ροοστάτην, ὥστε νὰ ἔχωμεν ἐντάσιν ρεύματος 1 A καὶ κατόπιν συνδεδεμένον εἰς τὸ κύκλωμα δεῦτερον καὶ τρίτον λαμπτήρα ἐν σειρᾷ (σχ. 149). Παρατηροῦμεν τὰ ἑξῆς : α) Ἡ φωτεινὴ ἰσχύς τῶν λαμπτήρων ἐξασθενεῖζει, β) ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται.

Ἐφ' ὅσον αἱ συσκευαὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ, αὐξάνεται ἡ ὅλική ἀντίστασις τοῦ



Σχ. 149. Ἡ ἐντάσις τοῦ ρεύματος ἐλαττώνεται, ὅταν προσθέσωμεν εἰς τὸ κύκλωμα ἀντιστάσεις ἐν σειρᾷ.

κυκλώματος, αλλά όταν ο παρονομαστής ενός κλάσματος μεγαλώνει, μικραίνει ή τιμή του κλάσματος. Επομένως συμπεραίνουμε ότι εφ' όσον $i = U/R$ και μεγαλώνει ή αντίστασις R , μικραίνει ή τιμή του κλάσματος, δηλαδή ή έντασις i του ρεύματος. Ωστε :

Όταν συνδέομεν εις ένα κύκλωμα συσκευάς εν σειρά, ελαττώνεται ή έντασις του ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.

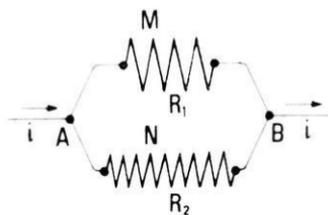
§ 159. Σύνδεσις ἀντιστάσεων παραλλήλως. Τὰ σημεῖα A καὶ B ἐνὸς κυκλώματος συνδέονται μὲ δύο ἄγωγους AMB καὶ ANB , τῶν ὁποίων αἱ ἀντιστάσεις εἶναι R_1 καὶ R_2 ἄντιστοιχῶς (σχ. 150). Λέγομεν ὅτι αἱ δύο αὐταὶ ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι κατὰ διακλάδωσιν ἢ παραλλήλως. Γενικώτερον :

Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμέναι κατὰ διακλάδωσιν ἢ παραλλήλως, ὅταν τὰ ἄκρα τῶν καταλήγουν εἰς δύο κοινὰ σημεῖα τοῦ κυκλώματος.

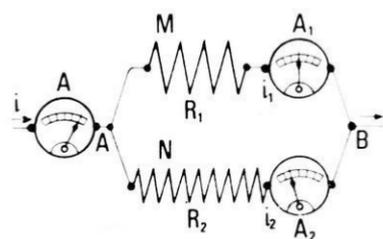
§ 160. Ἐντάσις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων. α) Τὸ κύριον ρεῦμα, ἐντάσεως i , τὸ ὁποῖον κυκλοφορεῖ εἰς τὸ κύκλωμα, διακλαδίζεται εἰς τὸ σημεῖον A καὶ σχηματίζει δύο ρεύματα, μὲ ἐντάσεις i_1 καὶ i_2 , τὰ ὁποῖα διαρρέουν τὰς δύο διακλαδιζομένας ἀντιστάσεις. Τὰ ρεύματα αὐτὰ ἐνώνονται καὶ πάλιν εἰς τὸ σημεῖον B (σχ. 151).

Ἄν μετρήσωμεν τὴν ἐντάσιν i τοῦ κυρίου ρεύματος μὲ τὸ ἄμπερόμετρον A καὶ τὰ ἐντάσεις i_1 καὶ i_2 μὲ τὰ ἄμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι :

Ἡ ἐντάσις i τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων i_1 καὶ i_2 τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.



Σχ. 150. Ἀντιστάσεις συνδεδεμέναι παραλλήλως.



Σχ. 151. Τὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων ἰσοῦται πρὸς τὴν ἐντάσιν τοῦ κυρίου ρεύματος.

Δηλαδή έχουμε ότι: $i = i_1 + i_2$

β) Κατανομή του κυρίου ρεύματος εις τὰς παραλλήλους αντίστασεις. Έστω ότι αἱ παράλληλοι ἀντιστάσεις τοῦ προηγουμένου σχήματος ἔχουν τιμὰς $R_1 = 30 \Omega$ καὶ $R_2 = 90 \Omega$, δηλαδή:

$$R_1 = \frac{1}{3} R_2 \quad \eta \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{3}$$

Μὲ τὰ ἀμπερόμετρα A_1 καὶ A_2 μετροῦμε τὰς ἐντάσεις τῶν ἀντιστοιχῶν ρευμάτων i_1 καὶ i_2 καὶ εὐρίσκομεν ὅτι: $i_1 = 0,6 \text{ A}$ καὶ $i_2 = 0,2 \text{ A}$.

Ὅπως παρατηροῦμεν τὸ ρεῦμα i_1 εἶναι τριπλάσιον ἀπὸ τὸ ρεῦμα i_2 . Διήλαθι:

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{3}{1}$$

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ὁ λόγος τῶν ἐντάσεων τῶν δύο ρευμάτων εἶναι ἴσος μὲ τὸ ἀντίστροφον τοῦ λόγου τῶν ἀντιστάσεων τὰς ὁποίας διαρρέουν.

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \eta \quad i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$$

Ὡστε:

Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.

Παρατήρησις. Ὁ ἀνωτέρω τύπος $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$ εἶναι συνέπεια τοῦ νόμου τοῦ Ὄμ. Πράγματι ἂν εἶναι U ἡ τάσις μεταξὺ τῶν σημείων A καὶ B καὶ ἐφαρμόσωμεν τὸν νόμον τοῦ Ὄμ εἰς ἐκάστην ἀπὸ τὰς παραλλήλους ἀντιστάσεις, θὰ ἔχωμεν ὅτι: $U = i_1 \cdot R_1$ καὶ $U = i_2 \cdot R_2$, ἀπὸ τὰς ὁποίας συμπεραίνομεν ὅτι: $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή: Ἐνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διακλαδίζεται εἰς δύο ἀντιστάσεις συνδεδεμένας παραλλήλως καὶ τῶν ὁποίων αἱ τιμαὶ εἶναι: $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 3R_1$. Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν πρώτην ἀντίστασιν εἶναι 3 A. Νὰ ὑπολογισθοῦν: α) Ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὴν ἀντίστασιν R_2 καὶ β) ἡ ἐντασις τοῦ κυρίου ρεύματος.

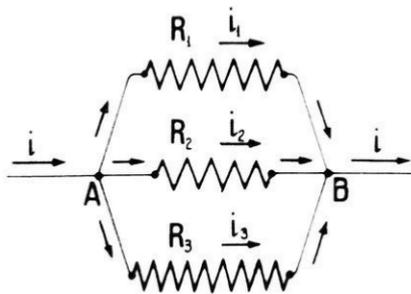
Λύσις. α) Ἐφ' ὅσον ἡ R_2 εἶναι τριπλασία τῆς R_1 θὰ ἔχωμεν ὅτι: $R_2 = 3 \cdot 50 \Omega = 150 \Omega$.

Εφαρμόζοντας τον τύπον $i_1 \cdot R_1 = i_2 \cdot R_2$, εύρισκομεν: $3 \cdot 50 = i_2 \cdot 150$.
 Άρα :

$$i_2 = 1 \text{ A.}$$

β) Έπειδή $i = i_1 + i_2$ θα έχωμεν ότι :

$$i = 3 + 1 = 4 \text{ A.}$$



§ 161. Υπολογισμός της ολικής αντίστασης μιας ομάδος αντιστάσεων, συνδεδεμένων παραλλήλως.
 Σχ.152. Άγωγοι συνδεδεμένοι παραλλήλως.

Όλική αντίστασις ($R_{ολ}$) μιας ομάδος αντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., συνδεδεμένων παραλλήλως μεταξύ των σημείων A και B, ονομάζεται ή αντίστασις, ή όποια όταν τοποθετηθή εις την θέσιν αυτών των αντιστάσεων, δέν μεταβάλλει ούτε την έντασιν i του κυρίου ρεύματος, ούτε την τάσιν ή όποια επικρατεί εις τά σημεία A και B.

Έστω $R_{ολ}$ ή όλική αντίστασις μιας ομάδος τριών αντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , συνδεδεμένων παραλλήλως (σχ. 152). Η $R_{ολ}$ πρέπει να έχη τοιαύτην τιμήν ώστε, συμφώνως προς τον νόμον του Ωμ, να έχωμεν :

$$U = R_{ολ} \cdot i \quad \text{ή} \quad i = \frac{U}{R_{ολ}}$$

Αν εφαρμόσωμεν άλλωστε τον νόμον του Ωμ, εις εκάστην από τās παραλλήλους αντιστάσεις, θα έχωμεν ότι :

$$U = R_1 \cdot i_1 \quad \text{ή} \quad i_1 = \frac{U}{R_1}, \quad U = R_2 \cdot i_2 \quad \text{ή} \quad i_2 = \frac{U}{R_2}, \quad U = R_3 \cdot i_3 \quad \text{ή} \quad i_3 = \frac{U}{R_3}.$$

Έπειδή όμως $i = i_1 + i_2 + i_3$ θα ισχύη ή σχέσις :

$$\frac{U}{R_{ολ}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$$

ή όποια άπλοποιείται με τὸ U και γίνεται :

$$\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Όταν μία ομάδα αντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κλπ., είναι συνδεδεμένα παραλλήλως, τὸ αντίστροφον $1/R_{ολ}$ τῆς όλικῆς των αντιστάσεως $R_{ολ}$ είναι ίσον με τὸ άθροισμα των αντίστροφων $1/R_1, 1/R_2, 1/R_3$ κλπ. των παραλλήλων αντιστάσεων.

Άριθμητική εφαρμογή : Τρεις αντιστάσεις $R_1 = 2 \Omega, R_2 = 3 \Omega, R_3 = 5 \Omega$

είναι συνδεδεμένοι *παραλλήλως*. Νά εύρεθῆ ἡ *ὄλική ἀντίσταση* $R_{ολ}$ τῶν τριῶν *παραλλήλων ἀντιστάσεων*.

Λύσις. Ἐχομεν ὅτι: $\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$$\text{ἢ } \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5}, \quad \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{31}{30}$$

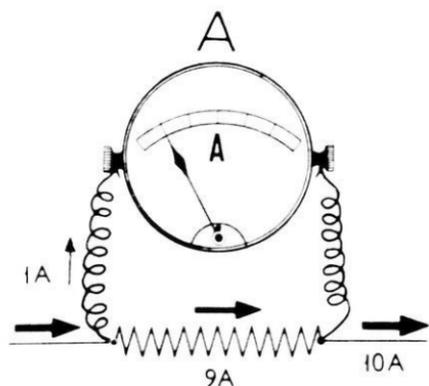
Δηλαδή:

$$R_{ολ} = \frac{30}{31} \Omega = 0,97 \Omega.$$

§ 162. Διακλάδωσις ἀμπερομέτρου. Τὰ ἀμπερόμετρα κατασκευάζονται συνήθως εἰς τρόπον ὥστε νά δύνανται νά χρησιμοποιηθοῦν μέχρι μιᾶς ὀρισμένης ἐντάσεως ρεύματος.

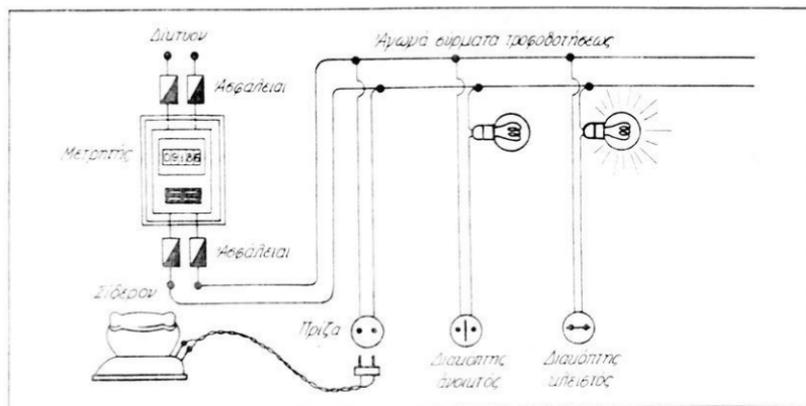
Δυνάμεθα ὁμως μέ ἓνα ἀμπερόμετρον νά μετρήσωμεν καί ρεύματα μεγαλύτερας ἐντάσεως, ἀπό ἐκείνην διά τήν ὁποίαν κατασκευάσθη τὸ ὄργανον, ἐάν συνδέσωμεν μίαν *κατάλληλον ἀντίστασιν παραλλήλως* (κατά *διακλάδωσιν*) πρὸς αὐτό.

Εἰς τήν περίπτωσιν αὐτήν ἓνα μέρος τοῦ ὄλικου ρεύματος διαρρέει τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ δὲ ὑπόλοιπον τήν *πaráλληλον ἀντίστασιν*, ἡ ὁποία ὀνομάζεται *διακλάδωσις τοῦ ἀμπερομέτρου* (σχ. 153). Ἐνα ἀμπερόμετρον *διακλαδισμένον*, π.χ., εἰς τὸ δέκατον εἶναι ἓνα ὄργανον ἀπὸ τὸ ὅποιον διέρχεται τὸ 1/10 τοῦ κυρίου ρεύματος. Ἐάν τὸ ὄργανον ἔχη μίαν μόνον κλίμακα καὶ ὁ δείκτης του δεικνύει π.χ. 2 A, τότε ἡ ἐντάσις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι 20 A.



Σχ. 153. Ἀμπερόμετρον *διακλαδισμένον* εἰς τὸ δέκατον.

§ 163. Ἡλεκτρικὴ οἰκιακὴ ἐγκατάστασις. Εἰς τὸ σχῆμα 154 παριστᾶται ἡ διάταξις *διανομῆς* ρεύματος μέ δύο ἀγωγούς. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια *χορηγεῖται* ἀπὸ τὸ γενικὸν δίκτυον *διανομῆς* καὶ πρὶν χρησιμοποιηθῆ διέρχεται ἀπὸ τὸν *μετρητήν*. Τὸ ρεῦμα ἐπίσης *διαρρέει* διαφόρους ἀσφαλεῖας, πρὶν καὶ μετὰ ἀπὸ τὸν *μετρητήν*, καί, ἀφοῦ διέλθη ἀπὸ τὸν γενικὸν *διακόπτην*, *διοχετεύεται* μέ *παχέα σύρματα* εἰς τοὺς *διαφόρους χώρους* τῆς ἐγκαταστάσεως.



Σχ. 154. Κύκλωμα ηλεκτρικής οικιακής εγκαταστάσεως.

Αί διάφοροι συσκευαί καί οί λαμπτήρες συνδέονται παραλλήλως με τά σύρματα τροφοδοτήσεως, εις ἕκαστον δέ λαμπτήρα συνδυάζεται καί ἕνας διακόπτης. Ἡ παράλληλος σύνδεσις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δυνάμεθα νά χρησιμοποιώμεν τοὺς λαμπτήρας ἢ τὰς συσκευαίς ἀνεξαρτήτως τήν μίαν ἀπὸ τήν ἄλλην.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένοι ἐν σειρᾷ ὅταν διαρρέωνται ἀπὸ τὸ ἴδιον ρεῦμα.

2. Ἡ ὅλική ἀντίστασις $R_{ολ}$ μιᾶς ομάδος ἀντιστάσεων R_1 , R_2 , R_3 , κλπ. συνδεδεμένων ἐν σειρᾷ, εἶναι ἴση με τὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιστάσεων τῆς ομάδος. Δηλαδή :

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

3. Ἡ σύνδεσις ἀντιστάσεων ἐν σειρᾷ προκαλεῖ μείωσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος τοῦ κυκλώματος.

4. Δύο ἢ περισσότεραι ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένοι παραλλήλως, ὅταν τὰ ἄκρα τῶν καταλήγουν εἰς δύο κοινὰ σημεῖα

του κυκλώματος. Αί αντίστασεις αυτές δεν διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, εις τὰ ἄκρα των ὅμως ἐπικρατεῖ ἡ ἴδια τάσις.

5. Ὄταν εἰς ἓνα σημεῖον ἐνὸς κυκλώματος σχηματίζεται διακλάδωσις, ἡ ἔντασις τοῦ κυρίου ρεύματος εἶναι ἴση μετὸ ἄθροισμα τῶν ἐντάσεων τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων.

6. Αἱ ἐντάσεις τῶν διακλαδιζομένων ρευμάτων εἶναι ἀντιτρόφως ἀνάλογοι πρὸς τὰς ἀντιστάσεις τὰς ὁποίας διαρρέουν.

7. Τὸ ἀντίστροφον $1/R_{\sigma\lambda}$ τῆς ὀλικῆς ἀντιστάσεως $R_{\sigma\lambda}$, μιᾶς ὁμάδος ἀντιστάσεων R_1, R_2, R_3 , κ.λπ. συνδεδεμένων παραλλήλως, εἶναι ἴσον μετὸ ἄθροισμα τῶν ἀντιτρόφων τῶν παραλλήλων ἀντιστάσεων. Δηλαδή :

$$\frac{1}{R_{\sigma\lambda}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

142. Ἐνα θερμοσίφων περιέχει τρεῖς ἀντιστάσεις $R_1=20 \Omega$, $R_2=30 \Omega$ καὶ $R_3=60 \Omega$. Ὁ θερμοσίφων λειτουργεῖ μετὰ διαφορᾶν δυναμικοῦ 110 Volt . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ὀλική του ἀντίστασις εἰς τὰς ἀκολουθοῦντας περιπτώσεις : α) Καὶ αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις συνδέονται ἐν σειρᾷ. β) Ἡ ἀντίστασις R_1 εἶναι συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ μετὸ σύστημα τῶν ἀντιστάσεων R_2 καὶ R_3 , αἱ ὁποῖαι εἶναι συνδεδεμένοι μεταξὺ των παραλλήλως. γ) Αἱ τρεῖς ἀντιστάσεις εἶναι συνδεδεμένοι παραλλήλως. Νὰ σχεδιασθοῦν καὶ αἱ τρεῖς περιπτώσεις. (Ἄπ. α' 110Ω , β' 40Ω , γ' 10Ω .)

143. Νὰ μελετηθοῦν ὅλαι αἱ δυναταὶ περιπτώσεις συνδέσεως τριῶν ἀντιστάσεων 1Ω , 2Ω καὶ 3Ω . (Ἄπ. α' 6Ω , β' $0,54 \Omega$, γ' $2,2 \Omega$, δ' $2,75 \Omega$ καὶ ε' $3,66 \Omega$.)

144. Ἐνα ἀμπερόμετρον ἔχει ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν $0,05 \Omega$, δύναται δὲ νὰ μετρήσῃ ἠλεκτρικὰ ρεύματα μέχρις ἐντάσεως 1 A . Θέλομε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν ρευμάτων ἐντάσεως μέχρι 10 A . α) Νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀντίστασις τῆς διακλάδωσεως τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. β) Νὰ εὑρεθῇ ἡ συνολικὴ ἀντίστασις ἀμπερομέτρον-διακλάδωσεως. (Ἄπ. α' $0,006 \Omega$, περίπου. β' $0,005 \Omega$, περίπου.)

145. Ἐνα βολτόμετρον εἶναι κατεσκευασμένον ὥστε νὰ δύναται νὰ μετρήσῃ τάσεις μέχρι 30 Volt . Ἡ ἐσωτερικὴ του ἀντίστασις εἶναι 2500Ω . Ἐπιθυμοῦμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμεν διὰ τὴν μέτρησιν διαφορᾶς δυναμικοῦ μέχρι 240 Volt . Ποίαν διάταξιν πρέπει νὰ νύθησῃσωμεν καὶ ποίαν ἀντίστασιν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν. (Ἄπ. Σύνδεσιν ἀντιστάσεως R ἐν σειρᾷ, $R=17500 \Omega$.)

ΛΓ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΠΗΓΑΙ

§ 164. Γενικότητες. Αί ηλεκτρικαί πηγαί ἢ γεννήτριαι ηλεκτρικοῦ ρεύματος, εἶναι συσκευαί αἱ ὅποια ἀποδίδουν ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

Διὰ τὴν παραγωγὴν καὶ τὴν παροχὴν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος χρησιμοποιούμεν σήμερον εἰς τὴν πρᾶξιν, ἀναλόγως τῶν ἀναγκῶν ὡς πηγᾶς: 1) Τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα· 2) τοὺς συσσωρευτάς· 3) τὰς δυναμοηλεκτρικὰς γεννητρίας καὶ τοὺς ἐναλλακτῆρας.

Τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ οἱ συσσωρευταί εἶναι διαταξεις αἱ ὅποια μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Αἱ δυναμοηλεκτρικαὶ γεννήτριαι καὶ οἱ ἐναλλακτῆρες λειτουργοῦν συνήθως εἰς τὰ ἐργοστάσια, μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς θερμικοῦ κινητήρος ἢ ἐνὸς ὑδροστροβίλου. Αἱ γεννήτριαι αὗται μετατρέπουν εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν τοὺς προσφέρει ὁ κινητήρ.

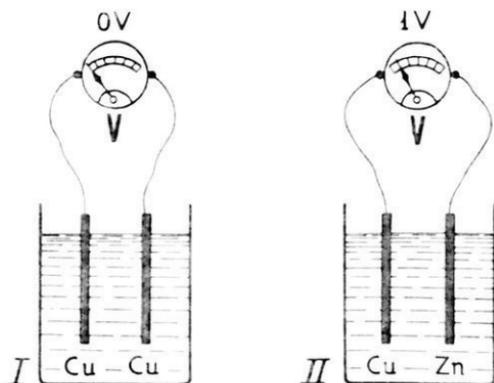
Ἡ ηλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία χρησιμοποιεῖται εἰς τὰς οἰκιακάς καὶ τὰς βιομηχανικάς ἐγκαταστάσεις καὶ ἡ ὁποία διανέμεται χάρις εἰς τὸ ηλεκτρικὸν δίκτυον, παράγεται εἰς τοὺς ηλεκτροπαραγωγικοὺς σταθμούς, ὅπου εἶναι ἐγκατεστημένοι αἱ γεννήτριαι παραγωγῆς ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ὅπως ἐπίσης οἱ στρόβιλοι ἢ οἱ κινητῆρες οἵτινες τὰς θέτουν εἰς λειτουργίαν.

Γενικῶς ἡ ηλεκτρογεννήτρια πραγματοποιεῖ μετατροπὴν μιᾶς μορφῆς ἐνεργείας εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Ἐκάστη γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος περιλαμβάνει δύο ἀκροδέκτας ἢ πόλους, τὸν θετικὸν πόλον (+) καὶ τὸν ἀρνητικὸν πόλον (—), μεταξὺ τῶν ὁποίων ὑφίσταται μία ὀρισμένη διαφορὰ δυναμικοῦ.

Ὅταν οἱ δύο πόλοι ἐνωθοῦν μὲ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, ὁ ἀρνητικὸς πόλος, ὁ ὁποῖος ἔχει πλεόνασμα ηλεκτρονίων, ἀπωθεῖ ταῦτα καὶ τὰ ἀποδίδει εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Ὁ θετικὸς πόλος ἔλκει τὰ ηλεκτρόνια. Εἰς αὐτὸ ἀκριβῶς τὸ φαινόμενον τῆς ἔλξεως καὶ τῆς ἀπώσεως τῶν ηλεκτρονίων ἀπὸ τοὺς δύο πόλους ὀφείλεται τὸ συνεχὲς ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

§ 165. Ἡλεκτρικὸν στοιχεῖον τοῦ Βόλτα (Volta). Πείραμα 1.
Βυθίζομεν δύο λεπτά χάλκινα ἐλάσματα χωρὶς αὐτὰ νὰ ἐφάπτονται



Σχ. 155. Δύο ηλεκτρόδια διαφορετικής φύσεως παρουσιάζουν διαφοράν δυναμικού.

Πείραμα 2. Αντικαθιστώμεν τὸ ἓνα χάλκινον ἔλασμα μὲ ἓνα ἔλασμα ἀμαλγαμωμένου ψευδαργύρου (1), τὸ ὁποῖον τοιουτοτρόπως δὲν προσβάλλεται χημικῶς ἀπὸ τὸ θεικὸν ὄξυ (σχ. 155, II).

Παρατηροῦμεν τότε ὅτι δὲν συμβαίνει οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις καὶ δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὸ θεικὸν ὄξυ δὲν προσβάλλει τὸν ἀμαλγαμωμένον ψευδάργυρον, ὅπως ἐπίσης ὅτι ὁ δείκτης τοῦ βολτομέτρου ἀποκλίνει καὶ δεικνύει περίπου 1 Volt.

Ἐὰν ἀκολουθῶς πλησιάσωμεν ἢ ἀπομακρύνωμεν μεταξὺ τῶν τῶν δύο ηλεκτρόδια, ἢ θέσις τοῦ δείκτη δὲν μεταβάλλεται, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι :

Ἐπὶ τῆς ἐπιπέδου ὑπάρχει μίᾳ διαφορᾷ δυναμικοῦ μεταξὺ τῶν δύο διαφορετικῶν μεταλλικῶν ἔλασμάτων, δηλαδή μεταξὺ δύο ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, ἡ ὁποία εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν ἣτις τὰ χωρίζει.

Ἡ ὅλη διάταξις, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ δύο διαφορετικὰ ηλεκτρόδια, βυθισμένα μέσα εἰς τὸ ὄξινο ὕδωρ ὁμοῦ μὲ τὸ δοχεῖον, ὀνομάζεται **ἠλεκτρικὸν στοιχεῖον**.

Ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ ἣτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν ηλεκτροδίων

(1) Ὁ ἀμαλγαμωμένος ψευδάργυρος παρασκευάζεται ἂν τρίψωμεν μὲ στουπὶ ἓνα τεμάχιον καθαρῶν ψευδαργύρου μέσα εἰς διάλυμα, τὸ ὁποῖον περιέχει ὑδράργυρον καὶ ὄξινο ὕδωρ (H_2SO_4).

μεταξὺ τῶν, εἰς ἄραιον διάλυμα θεικοῦ ὄξεος (ὄξινο ὕδωρ) καὶ τὰ συνδέομεν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας ἑνὸς βολτομέτρου, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ὄργανου δὲν ἀποκλίνει καὶ ὅτι οὐδεμία χημικὴ ἀντίδρασις παρατηρεῖται.

Τὸ θεικὸν ὄξυ ἡραιωμένον καὶ ἐν «ψυχρῶ» δὲν προσβάλλει τὸν χάλκον (σχ. 155, I).

του στοιχείου, όταν δέν τροφοδοτή-
ται τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα μέρειμα,
δύναται νὰ μετρηθῆ με ἓνα βολτό-
μετρον. Αὐτὴ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ
ὀνομάζεται **ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις**
τοῦ στοιχείου.

Πείραμα 3. Κλείομεν τὸ κύκλωμα
τῆς στήλης με ἓνα ἀγωγὸν σύρμα
καὶ παρεμβάλλομεν ἓνα ἀμπερόμετρον
εἰς τὸ κύκλωμα (σχ. 156). Παρατηροῦ-
μεν ὅτι :

α) Ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου
ἀποκλίνει, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαί-
νει ὅτι ὁ ἀγωγὸς διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἐπὶ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀποκλίσεως τοῦ δείκτου τοῦ ἀμπερομέ-
τρου συμπεραίνομεν ὅτι τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸ ἔξωτερικὸν
κύκλωμα, κινούμενον ἀπὸ τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ πρὸς τὸ ἔλασμα
τοῦ ψευδαργύρου.

β) Ἐμφανίζονται φυσαλλίδες ἀερίου, αἱ ὁποῖαι ἐπικάθηνται εἰς
τὸ ἔλασμα τοῦ χαλκοῦ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον σημαίνει ὅτι συμβαίνει
μία χημικὴ ἀντίδρασις. Αἱ φυσαλλίδες αὗται εἶναι φυσαλλίδες ὕδρο-
γόνου.

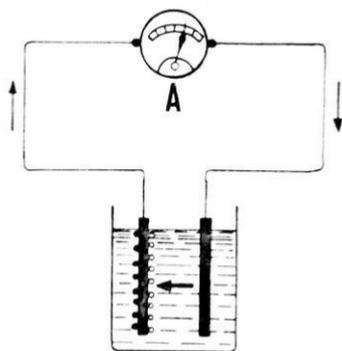
Ἐπιπλέον καὶ ὁ ψευδάργυρος προσβάλλεται καί, ἐάν τὸ πείραμα
παραταθῆ, τὸ ἔλασμα τοῦ ψευδαργύρου ἀρχίζει νὰ διαλύεται βραδέως.

γ) Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος ἐλαττώ-
νεται ταχύτατα.

Ἐπὶ τὰ ἀνωτέρω πειράματα συμπεραίνομεν ὅτι :

Μεταξὺ δύο ἠλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι
βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, ἐμφανίζεται μία διαφορὰ
δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις αὕτη ἀποτελεῖ ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχείον. Ἡ
διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν δύο ἠλεκτροδίων,
ὅταν δέν τροφοδοτῆται με ρεῦμα τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται
ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ὅταν συνδέωμεν τὰ δύο ἠλεκτρόδια με ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, τότε
κυκλοφορεῖ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἔξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 156. Ἐπιπλέον ρεῦμα με
ἐλαττωμένην ἔντασιν διαρρέει τὸ
ἔξωτερικὸν κύκλωμα.

§ 166. Ἐξήγησις τῶν φαινομένων. Ἡλεκτρόλυσις. Ἐφ' ὅσον ἔχομεν δύο ἠλεκτρόδια βυθισμένα εἰς ἀραιὸν διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, τὸ στοιχείον τοῦ Βόλτα δὲν εἶναι εἰς τὴν οὐσίαν τίποτε ἄλλο παρά ἓνα βολτᾶμετρον.

Ἡ ἐμφάνισις τῶν φυσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου καὶ ἡ βραδεία διάλυσις τοῦ ἠλεκτροδίου τοῦ ψευδαργύρου δηλώνουν ὅτι συμβαίνουν χημικαὶ ἀντιδράσεις ἐντὸς τοῦ στοιχείου.

Τὸ ἀγωγὸν σύρμα ἄλλωστε τὸ ὅποιον συνδέει τὰ δύο ἠλεκτρόδια, διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὅποιον ἀποδίδει ἔργον (ἀπόκλισις τοῦ δεικτοῦ τοῦ ἀμπερομέτρου). Δηλαδή τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχείον ἀποδίδει ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ὡστε:

Τὸ ἠλεκτρικὸν στοιχείον εἶναι μίᾳ ἀπλῇ γεννήτρια ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ ὁποία μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Πολλὰ ἠλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα, σχηματίζουν ἠλεκτρικὴν στήλην.

§ 167. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων. Εἰς τὴν § 165 ἐγνωρίσαμεν ὅτι,

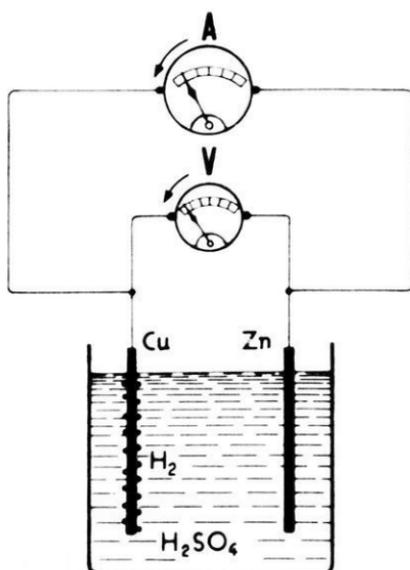
ὅταν ἓνα ἠλεκτρικὸν στοιχείον τροφοδοτῆ ἓνα ἐξωτερικὸν κύκλωμα, τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐλαττώνεται ταχύτατα καὶ ἐντὸς μικροῦ χρονικοῦ διαστήματος μηδανίζεται (σχ. 157).

Ἀνασύρομεν τὸ χάλκινον ἠλεκτρόδιον, τὸ σπογγίζομεν προσεκτικῶς καὶ τὸ ἐπαναβυθίζομεν εἰς τὸ διάλυμα, συνεχίζοντες τὸ πείραμα.

Ἐὰν καθαρίσωμεν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χάλκινου ἠλεκτροδίου, τρίβοντες αὐτὴν μέσα εἰς ὕδωρ μὲν ἓνα πτερόν, διὰ νὰ ἀπομακρύνωμεν τὰς φυσαλλίδας τοῦ ὑδρογόνου, καὶ τὸ ἐπανατοποθετήσωμεν εἰς τὴν θέσιν του, παρατηροῦμεν πάλιν ὅτι ἡ ἐντασις τοῦ ρεύματος αὐξάνεται.

Ἀπὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι ἡ αἰτία τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἶναι οἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὁποῖαι εἶχον καλύψει τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χάλκινου ἠλεκτροδίου.

Αἱ φυσαλλίδες τοῦ ὑδρογόνου τροποποιοῦν τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ χάλκινου ἐλάσματος, μεταβάλλουσαι



Σχ. 157. Πόλωσις τῶν ἠλεκτροδίων ἀπὸ τὸν σχηματισμὸν φυσαλλίδων ὑδρογόνου εἰς τὸ ἠλεκτρόδιον τοῦ χαλκοῦ.

τοιουτοτρόπως τήν κατασκευήν του ηλεκτρικού στοιχείου. Αυτό το τροποποιημένον ηλεκτρικόν στοιχείον παρουσιάζει μικροτέραν ηλεκτρεγερτικήν δύναμιν από ό,τι το αρχικόν.

Αί φυσαλλίδες του υδρογόνου άλλωστε προβάλλουν μίαν επί πλέον αντίστασιν εις τήν διέλευσιν του ηλεκτρικού ρεύματος.

Δι' αυτούς τους δύο λόγους το ηλεκτρικόν ρεύμα, το όποιον παρέχει το ηλεκτρικόν στοιχείον **πολώνεται**, το δέ φαινόμενον ονομάζεται **ηλεκτρική πόλωση**.

Το φαινόμενον τής πόλωσης εξουδετερώνεται είτε με μηχανικά μέσα (καθαρισμός με ένα πτερόν των φυσαλλίδων του υδρογόνου) είτε με χημικά μέσα. Έστω :

Ό σχηματισμός φυσαλλίδων υδρογόνου εις το χάλκινον ηλεκτρόδιον ενός ηλεκτρικού στοιχείου, προκαλεί πόλωσιν, με αποτέλεσμα τήν διακοπήν τής παροχής ηλεκτρικού ρεύματος.

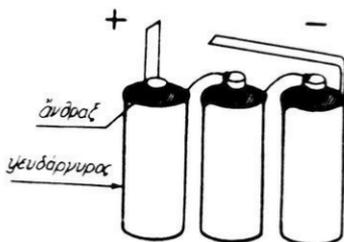
§ 168. Στήλη φανού. Η ηλεκτρική στήλη (σχ. 158), τήν όποιαν χρησιμοποιούμεν εις τους φανούς τής τσέπης, είναι συνδυασμός τριών στοιχείων συνδεδεμένων εν σειρά. Δύο χάλκινα ελάσματα, τά όποια αποτελούν τους πόλους, εξέρχονται από το άνω μέρος τής στήλης.

Το μικρότερον έλασμα το όποιον είναι ο θετικός πόλος, συνδέεται με το κεντρικόν ραβδίον άνθρακος του ενός άκραιου στοιχείου. Το μεγαλύτερον έλασμα, ο άρνητικός πόλος, είναι συγκεκολλημένον εις το περίβλημα από ψευδάργυρον, του άλλου άκραιου στοιχείου (σχ. 158).

Έάν ανοίξωμεν ένα στοιχείον, θα παρατηρήσωμεν τά εξής : α) Το άρνητικόν ηλεκτρόδιον, το όποιον είναι το μεταλλικόν περίβλημα από ψευδάργυρον. β) Το θετικόν ηλεκτρόδιον, το όποιον αποτελείται από τήν κεντρικήν ράβδον εξ άνθρακος. γ) Τόν ηλεκτρολύτην, ο όποιος είναι πολτός χλωριούχου άμμωνίου (NH_4Cl). δ) Το αντιπρωταϊκόν υλικόν, το όποιον είναι ύπεροξειδιον του μαγγανίου (MnO_2) και περιβάλλει τήν ράβδον του άνθρακος.

Αυτό το είδος του ηλεκτρικού στοιχείου ονομάζεται **ξηρόν στοιχείον**.

Η χημική αντίδρασις μεταξύ του ψευδαργύρου και του χλωριούχου άμμωνίου προκαλεί τήν έκλυσιν χημικής ένεργείας, ή όποία μετατρέπεται ακολούθως εις ηλεκτρικήν ένεργειαν. Σχ. 158. Ξηρά στήλη διά φανόν τσέπης.



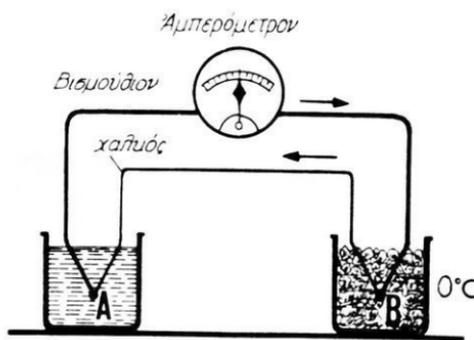
Τὸ ὑδρογόνον τὸ ὁποῖον παράγεται κατὰ τὴν διάρκειαν αὐτῆς τῆς ἀντιδράσεως, ἐνώνεται μὲ τὸ ὀξυγόνον τοῦ ἀντιπολωτικοῦ ὑλικοῦ (MnO_2) καὶ ἐξαφανίζεται. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ πόλωση τῆς στήλης.

Ἐκαστον ξηρὸν στοιχεῖον ἔχει ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 1,5 Volt. Ἐπομένως ὁ συνδυασμὸς τῶν τριῶν αὐτῶν στοιχείων διὰ τὸν σχηματισμὸν τῆς στήλης τοῦ συνηθισμένου φανοῦ τῆς στέπης, θά ἔχη ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 4,5 Volt.

§ 169. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Πείραμα. Λαμβάνομεν δύο μεταλλικὰ σύρματα διαφορετικῆς φύσεως, π.χ. ἀπὸ βισμούθιον καὶ χαλκόν, καὶ συγκολλῶμεν τὰ ἄκρα τῶν, παρεμβάλλοντες ἓνα πολὺ εὐαίσθητον ἀμπερόμετρον.

Βυθίζομεν τὴν μίαν συγκόλλησιν εἰς ἓνα δοχεῖον μὲ πάγον, θερμοκρασίας $0^{\circ}C$ καὶ τὴν ἄλλην εἰς ἔλαιον ὑψηλῆς θερμοκρασίας. Παρατηροῦμεν ὅτι ἀναφαίνεται ἓνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἡ ἔντασις τοῦ ὁποίου εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ διαφορά τῆς θερμοκρασίας τῶν δύο συγκολλήσεων (σχ. 159).

Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ στοιχείου, ἡ θερμικὴ ἐνέργεια (ποσότης τῆς θερμότητος ἡ ὁποία ἀποδίδεται εἰς τὴν συγκόλλησιν, ἥτις εὑρίσκεται εἰς τὸ δοχεῖον μὲ τὸ ἔλαιον), μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται εἶναι πολὺ μικρά, δι' αὐτὸ καὶ τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον δὲν χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν βιομηχανίαν ὡς πηγὴ ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας.



Σχ. 159. Θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον.

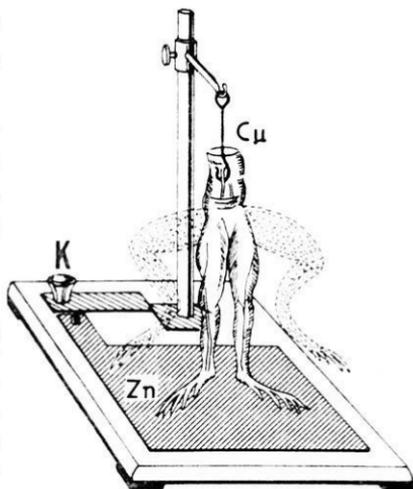
Τὸ θερμοηλεκτρικὸν στοιχεῖον εὑρίσκει ἐφαρμογὴν εἰς τὴν κατασκευὴν εὐαίσθητων θερμομέτρων, ὅποτε τὸ ἀμπερόμετρον εἶναι βαθμολογημένον εἰς βαθμοὺς Κελσίου. Ὡστε :

Αἱ ἠλεκτρικαὶ γεννήτριαι δὲν παράγουν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἀλλὰ μετατρέπου εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν :

α) Τὴν μηχανικὴν ἐνέργειαν (π.χ. δυναμοηλεκτρικαὶ γεννήτριαι, ἐναλλακτῆρες).

β) Τὴν χημικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἠλεκτρικαὶ στήλαι, συσσωρευταί).

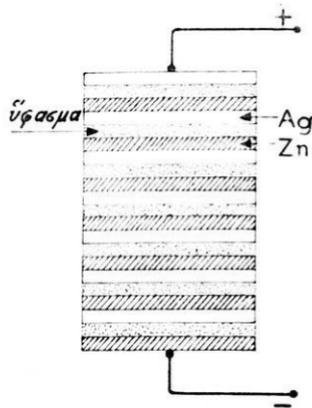
γ) Τὴν θερμικὴν ἐνέργειαν (π.χ. ἐναλλακτῆρες, θερμοηλεκτρικὰ στοιχεῖα).



§ 170. Ἱστορικόν. Ἡ ἀνακάλυψις τῶν ἠλεκτρικῶν στοιχείων, τὰ ὅποια εἶναι ἓνας σπουδαῖος σταθμὸς εἰς τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ἠλεκτρισμοῦ διὰ πρακτικὰς ἐφαρμογὰς, στηρίζεται εἰς μίαν σειρὰν πειραμάτων, τὰ ὅποια ἐξετέλεσεν τὸ 1789 ὁ καθηγητῆς τῆς Ἀνατομίας εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Βολωνίας Γαλβάνης (Luigi Galvani, 1737-1798). Ἀπὸ τὰ πειράματα αὐτὰ θὰ περιγράψωμεν τὸ ἀκολουθῶν, ἐξ αἰτίας τῆς μεγάλης καὶ ἱστορικῆς του σημασίας.

Σχ. 160. Ὄταν πιεσώμεν τὸ κομβίον Κ, ἐπέρχεται ἐπαφὴ τῶν ἐλασμάτων ἀπὸ χαλκῶν καὶ ψευδάργυρον καὶ οἱ μύωνες τοῦ βατράχου συσπῶνται.

Ὁ Γαλβάνης ἀνέταμε ἓνα βατράχον, τοῦ ἀφαίρεσε τὸ δῆρμα, ἐκράτησε τὰ ὀπίσθια σκέλη καὶ τὸ παρασκευάσμα ἐξήρτησε ἀπὸ τὰ ἰσχυρὰ νεῦρα μὲ ἓνα χάλκινον ἐλασμα (σχ. 160). Εἰς τὸ ἐλασμα αὐτὸ εἶχε προσαρμόσει καταλλήλως εἰς τὸ ἓνα του ἄκρον ἓνα ἐλασμα ἀπὸ ψευδάργυρον, ὅποτε παρατήρησε μὲ ἐκπληξιν ὅτι, ὅταν ἤγγιζε μὲ τὸ ἐλασμα τοῦ ψευδαργύρου τὸ ἓνα σκέλος τοῦ νεοῦ παρασκευάσματος τοῦ βατράχου, συνέβαινε σύσπαισις τῶν μύωνων τῶν σκελῶν τοῦ βατράχου.



Διὰ τὴν ἐξηγήσιν τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὁ Γαλβάνης ὑπέθεσεν ὅτι ἡ σύσπαισις τῶν μύωνων ὀφείλεται εἰς τὸν ζωϊκὸν ἠλεκτρισμὸν, ὁ ὁποῖος συμμετέχει εἰς τὰ φαινόμενα τῆς ζωῆς καὶ διατηρεῖται ἐπ' ὀλίγον μετὰ τὸν θάνατον.

Σχ. 161. Βολταϊκὴ στήλη.

Τὰ ἀνωτέρω ἔγιναν ταχέως γνωστὰ εἰς πλεονέκτον κύκλον ἐπιστημόνων, μεταξὺ τῶν ὁποίων ἦτο καὶ ὁ ἐπίσης Ἴταλὸς διάσημος Φυσικὸς Βόλτας (Alessandro Volta, 1745 - 1827), καθηγητῆς τῆς Φυσικῆς εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Παβίας, ὁ ὁποῖος καὶ ἔδωσε τὴν ὀρθὴν ἐρμηνείαν εἰς τὸ

πείραμα του Γαλβάνη, με βάση την θεωρίαν του ηλεκτρισμού εξ επαφής μεταξύ δύο διαφορετικῶν μετάλλων, τὴν ὁποίαν αὐτός ὁ ἴδιος ὁ Βόλτας διεμόρφωσε.

Μὲ τὰ πειράματα τοῦ Γαλβάνη εἰς παρασκευάσματα βατράχων, ἐπλουτίσθησαν αἱ γνώσεις μας διὰ τὸν ηλεκτρισμὸν καὶ μετὰ βάσιν τὰς ἐρεῦνας ἐκείνας κατώρθωσεν ὁ Βόλτας νὰ κατασκευάσῃ τὴν βολταϊκὴν στήλην. Ἡ στήλη αὕτη (σχ. 161) ἀποτελεῖται ἀπὸ ζεύγη δισκῶν χαλκοῦ καὶ ἀργύρου, οἱ ὁποῖοι τοποθετοῦνται διαδοχικῶς ὁ ἓνας ἐπὶ τοῦ ἄλλου, μεταξὺ δὲ δύο δίσκων παρεμβάλλεται ἓνα στρώμα ὑφάσματος, ποτισμένον μετὰ ὑδατὸν θεικόν ὀξύ ἢ διάλυμα ἁλατος. Ὅλα σχεδὸν τὰ μέταλλα δύνανται ἀνά δύο νὰ ἀποτελέσουν στήλην τοῦ Βόλτα.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο μεταλλικῶν ηλεκτροδίων διαφορετικῆς φύσεως, τὰ ὁποῖα εἶναι βυθισμένα εἰς ὑδατὸν διάλυμα θεικοῦ ὀξέος, ἀναφαίνεται διαφορὰ δυναμικοῦ. Ἡ διάταξις ἀποτελεῖ ηλεκτρικὸν στοιχεῖον. Ἡ διαφορὰ τοῦ δυναμικοῦ ἥτις ἐπικρατεῖ μεταξὺ δύο ηλεκτροδίων, ὅταν δὲν τροφοδοτῆται μετὰ ρεῦμα τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, ὀνομάζεται ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ στοιχείου.

Ἐὰν συνδέσωμεν τὰ δύο ηλεκτρόδια μετὰ ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, πραγματοποιοῦμεν ἓνα ἀπλοῦν κύκλωμα, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεῦμα.

2. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη περιλαμβάνει περισσότερα ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καταλλήλως συνδεδεμένα καὶ ἀποτελεῖ μίαν διάταξιν ἢ ὁποῖα μετατρέπει τὴν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν, λέγομεν δὲ ὅτι ἡ ηλεκτρικὴ στήλη εἶναι μία ηλεκτρικὴ γεννήτρια.

3. Ἡ ηλεκτρικὴ στήλη πολώνεται ἐξ αἰτίας τῶν φουσαλλίδων τοῦ ὑδρογόνου, αἱ ὁποῖαι ἐπικάθηνται εἰς τὸ θετικὸν ηλεκτρόδιον. Ἀποτέλεσμα τῆς πολώσεως εἶναι ἡ ἐλάττωσις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος. Τὸ φαινόμενον τῆς πολώσεως ἀποτρέπεται μετὰ τὴν χρησιμοποίησιν ἑνὸς ἀντιπολωτικοῦ ὑλικοῦ (ὀξειδωτικοῦ).

4. Ἡ ηλεκτρικὴ γεννήτρια δὲν δημιουργεῖ ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Ἀπλῶς μετατρέπει ἄλλας μορφὰς ἐνεργείας εἰς ηλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

ΑΔ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΙΣΧΥΣ ΜΙΑΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

ΗΛΕΚΤΡΕΓΕΡΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΣ

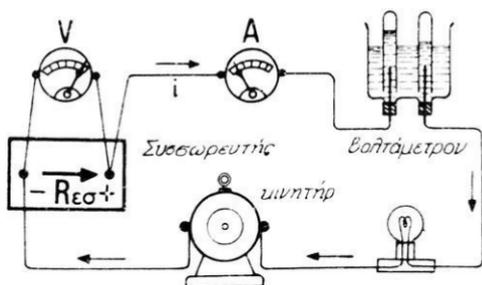
§ 171. Έννοια τῆς ἠλεκτρικῆς ἰσχύος μιᾶς γεννητῆρας. Θεωροῦμεν ἓνα κύκλωμα περιλαμβάνον μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν, ἓνα λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἓνα βολτόμετρον μὲ ὀξυνισμένον ὕδωρ καὶ ἓνα μικρὸν κινητῆρα (σχ. 162).

Ἐστω U ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ, τὴν ὁποίαν δεικνύει τὸ βολτόμετρον, συνδεδεμένον εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς συστοιχίας καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον διαρρέει τὸ κύκλωμα. Εἰς τὴν περιπτῶσιν αὐτὴν ἡ τάσις U εἶναι ἴση μὲ τὴν τάσιν εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια μὲ τὴν ὁποίαν τροφοδοτεῖ ἡ συστοιχία τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετατρέπεται: α) εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς ὀλόκληρον τὸ κύκλωμα, καὶ ἰδιαιτέρως μέσα εἰς τὸν λαμπτήρα· β) εἰς χημικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸ βολτάμετρον, καὶ γ) εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν, μέσα εἰς τὸν κινητῆρα.

Ὀνομάζομεν $Neξ$ τὴν ἐνέργειαν ἢ ὁποία καταναλίσκεται ἀνά δευτερόλεπτον ἀπὸ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, δηλαδὴ ἀπὸ τὸν λαμπτήρα, τὸ βολτάμετρον καὶ τὸν κινητῆρα, ὅποτε ἡ $Neξ$ εἶναι ἴση μὲ τὴν ἰσχύν, ἣτις δαπανᾶται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Θὰ ἔχωμεν συνεπῶς ὅτι: $Neξ = U \cdot i$.

Τὸ ρεῦμα ὅμως δὲν κυκλοφορεῖ μόνον εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα. Συνεχίζει τὴν κυκλοφορίαν του καὶ μέσα εἰς τὴν πηγὴν χάρις εἰς κατάλληλα ἠλεκτρολυτικὰ διαλύματα ἢ ἀγωγὰ σύρματα. Εἶναι συνεπῶς λογικὸν νὰ παραδεχθῶμεν ὅτι τὸ ρεῦμα συναντᾷ καὶ κατὰ τὴν κίνησιν του αὐτὴν μίαν ἀντίστασιν, ἐξ αἰτίας τῆς ὀ-



Σχ. 162. Διὰ τὴν σπουδὴν τῆς ὀλικῆς ἰσχύος μιᾶς γεννητῆρας.

ποίας εκλύεται θερμότης. Ἡ αντίστασις αὐτῆ $R_{εσ}$, τὴν ὁποίαν συναντᾷ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα κατὰ τὴν κίνησίν του μέσα εἰς τὴν πηγὴν, λέγεται **ἔσωτερικὴ ἀντίστασις**.

Ἐστω $N_{εσ}$ ἡ ἐνέργεια ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὸ φαινόμενον Τζάουλ ἀνά δευτερόλεπτον μέσα εἰς τὴν γεννήτριαν, ὁπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι: $N_{εσ} = R_{εσ} \cdot i^2$.

Ἀπὸ ὅσα ἀναφέραμε, καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ ὀλικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία παρέχεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν ἀνά δευτερόλεπτον: α) μετετρέπη εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα εἰς ἐνέργειαν διαφόρων μορφῶν $N_{εξ}$: β) κατηναλώθη εἰς τὸ ἔσωτερικὸν τῆς γεννητρίας εἰς θερμικὴν ἐνέργειαν $N_{εσ}$.

Ἐπομένως δυνάμεθα νὰ γράψωμεν ὅτι:

$$N = N_{εξ} + N_{εσ} \quad \text{ἢ} \quad N = U \cdot i + R_{εσ} \cdot i^2$$

Αἱ δύο αὐταὶ ἐκφράσεις ὀρίζουν τὴν **ισχὺν μιᾶς γεννητρίας**. Ὡστε:

Ἡ ἠλεκτρικὴ ἰσχὺς μιᾶς γεννητρίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἰσχύων αἱ ὁποῖαι καταναλίσκονται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα καὶ εἰς τὸ ἔσωτερικὸν τῆς γεννητρίας.

§ 172. Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς γεννητρίας. Διὰ νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ἰσχὺν $N_{εξ}$, ἡ ὁποία καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα, μετροῦμε τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ U εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς πηγῆς, ἡ ὁποία εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος, ὅταν αὐτὸ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, καὶ τὴν ἔντασιν i τοῦ ρεύματος, ὁπότε θὰ ἔχωμεν ὅτι: $N_{εξ} = U \cdot i$.

Ἀναλογικῶς πρὸς τὸν τύπον αὐτὸν γράφομεν ὅτι ἡ ὀλικὴ ἰσχὺς $N_{ολ}$, τὴν ὁποίαν παρέχει μία γεννήτρια, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$N_{ολ} = E \cdot i$$

ὅπου ἡ E ἀποτελεῖ τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας. Ὡστε:

Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις E μιᾶς γεννητρίας εἶναι ἴση μὲ τὸ πηλίκον τῆς συνολικῆς ἰσχύος τῆς γεννητρίας πρὸς τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον αὐτὴ παράγει.

Ἡ ηλεκτρεγερτική δύναμις E εἶναι συνεπῶς μέγεθος τῆς ἰδίας φύσεως μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ἀκριβῶς μετρεῖται εἰς Βόλτ. Ἡ ἔνδειξις ἣτις εἶναι ἀναγεγραμμένη ἐπάνω εἰς μίαν ηλεκτρικὴν στήλην, π.χ. 4,5 V, ἀναφέρεται εἰς τὴν ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τῆς στήλης.

Ἀριθμητικὴ ἐφαρμογή. Ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν αὐτοκινήτου εἶναι 6 Βόλτ. Ὄταν ἡ συστοιχία λειτουργῇ κατὰ τὴν ἐκκίνησην τοῦ ὀχήματος, ἀποδίδει ηλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 200 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς τῆς γεννητρίας.

Λύσις. Ἐφαρμόζομεν τὴν σχέσιν: $N = E \cdot i$.

Ἀντικαθιστώντες τὰ σύμβολα μὲ τὰς τιμὰς τῶν εὐρίσκομεν:

$$N = 6 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} = 1200 \text{ Watt.}$$

§ 173. Ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια μιᾶς γεννητρίας. Ἐάν μία γεννήτρια, ἠλεκτρικῆς ἰσχύος N Watt, ἀποδίδῃ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα σταθερᾶς ἐντάσεως i ἐπὶ χρόνον t sec, ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἢ ὅποια ἀπεδόθη εἰς αὐτὸν τὸν χρόνον εἶναι ἴση πρὸς: $A = N \cdot t$.

Ἐπειδὴ ὅμως $N = E \cdot i$, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γράφεται:

$$A = E \cdot i \cdot t$$

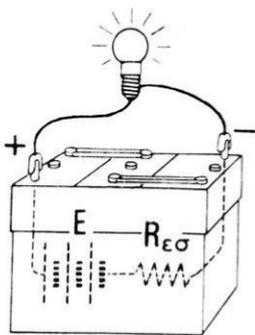
ἡ δὲ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια A ἐκφράζεται εἰς μονάδας Τζούλ (Joule).

§ 174. Νόμος τοῦ Ὠμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

Ἄς θεωρήσωμεν ἓνα ἠλεκτρικὸν κύκλωμα εἰς τὸ ὁποῖον οἱ καταναλωταὶ (ἀντιστάσεις) μετατρέπουν ὅλην τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν προσλαμβάνουν εἰς θερμότητα. Αὐτὸ τὸ κύκλωμα ἐπομένως δὲν θὰ περιλαμβάνῃ οὔτε βολτάμετρον, οὔτε κινητήρα (σχ. 163).

Ἐστώσαν R ἡ συνολικὴ ἀντίστασις τῶν καταναλωτῶν, $R_{εσ}$ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις καὶ E ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας, i δὲ ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον ἀποδίδει ἡ γεννήτρια.

Ἡ ἰσχύς ἣτις καταναλίσκεται εἰς τὸ ἐξω-



Σχ. 163. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{εσ}$ τῆς πηγῆς θεωρεῖται συνδεδεμένη ἐν σειρᾷ πρὸς τὴν ἀντίστασιν τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

τερικόν κύκλωμα, ἐξ αἰτίας τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς $R \cdot i^2$. Ἐξ ἄλλου ἡ ἰσχύς ἡ ὁποία καταναλίσκεται ἀπὸ τὴν ἰδίαν τὴν γεννήτριαν, ἐξ αἰτίας πάλιν τοῦ φαινομένου Τζάουλ, εἶναι ἴση πρὸς $R_{εσ} \cdot i^2$ (μὲ τὴν προϋπόθεσιν βεβαίως ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς γεννητρίας μετατρέπει ὅλην τὴν ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποίαν λαμβάνει εἰς θερμότητα Τζάουλ).

Ἐπομένως ἡ ὅλική ἰσχύς $N_{ολ} = E \cdot i$, ἥτις ἀποδίδεται ἀπὸ τὴν γεννήτριαν, θά εἶναι :

$$N_{ολ} = E \cdot i = R \cdot i^2 + R_{εσ} \cdot i^2$$

Δηλαδή :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

ἢ

$$E = (R + R_{εσ}) \cdot i$$

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἐκφράζει ποσοστικῶς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

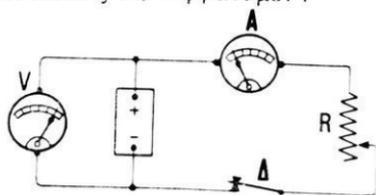
Ὡστε :

Τὸ γινόμενον τοῦ ἀθροίσματος τῆς ἐξωτερικῆς καὶ τῆς ἐσωτερικῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς πλήρους ἠλεκτρικοῦ κυκλώματος ἐπὶ τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον τὸ διαρρέει, ἰσοῦται μὲ τὴν ἠλεκτρογεννητικὴν δύναμιν τῆς γεννητρίας, ἥτις ὑπάρχει εἰς τὸ κύκλωμα.

§ 175. Διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα μιᾶς γεννητρίας.

Ὀνομάζομεν $U_{γεν}$ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ, ἡ ὁποία ἐπικρατεῖ εἰς τοὺς πόλους A καὶ B τῆς γεννητρίας (σχ. 164), ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, δηλαδή εἰς τὰ ἄκρα τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος.

Ἐφαρμόζοντες τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς τὸ ἐξωτερικόν κύκλωμα, ἀντιστάσεως R , λαμβάνομεν :



Σχ. 164. Δια τὴν σπουδὴν τῆς τάσεως εἰς τοὺς πόλους μιᾶς γεννητρίας.

$$U_{γεν} = R \cdot i$$

Ἐπομένως ἡ σχέσις

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

γράφεται :

$$E = U_{γεν} + R_{εσ} \cdot i, \text{ ἢ :}$$

$$U_{γεν} = E - R_{εσ} \cdot i$$

Τò γινόμενον $R_{εσ} \cdot i$ ονομάζεται *ώμικη* πτώσις τάσεως ἐντὸς τῆς γεννητρίας.

§ 176. Μέτρησης τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας. Διὰ νὰ μετρήσωμεν τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν μιᾶς γεννητρίας συνδέομεν τοὺς δύο πόλους τῆς γεννητρίας με τοὺς ἀκροδέκτας ἐνὸς βολτομέτρου (σχ. 165).

Τὰ βολτόμετρα ἔχουν πολὺ μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασιν, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει αὐτὰ τὰ ὄργανα, νὰ εἶναι ἀσήμαντον.

Ἐὰν R εἶναι ἡ ἀντίστασις τοῦ βολτομέτρου, $R_{εσ}$ ἡ ἀντίστασις τῆς πηγῆς καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον προκαλεῖται ἀπὸ τὴν σύνδεσιν τῶν πόλων με τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ βολτομέτρου, θὰ ἔχωμεν :

$$E = R \cdot i + R_{εσ} \cdot i$$

Ἐπειδὴ ὁμως ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις $R_{εσ}$ τῆς γεννητρίας εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ δυνάμεθα νὰ τὴν παραλείψωμεν, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀντιστάσεως R τοῦ βολτομέτρου, ἡ ἀνωτέρω σχέσις γίνεται :

$$E = R \cdot i, \text{ περίπου} \quad (1)$$

Ἄλλὰ ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ $U_{γεν}$ ἡ ὁποία μετρεῖται ἀπὸ τὸ ὄργανον, εἶναι συμφώνως πρὸς τὸν νόμον τοῦ Ὠμ :

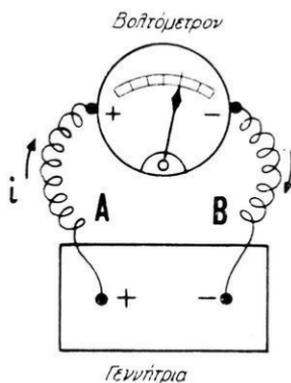
$$U_{γεν} = R \cdot i \quad (2)$$

Ἀπὸ τὰς σχέσεις (1) καὶ (2) συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

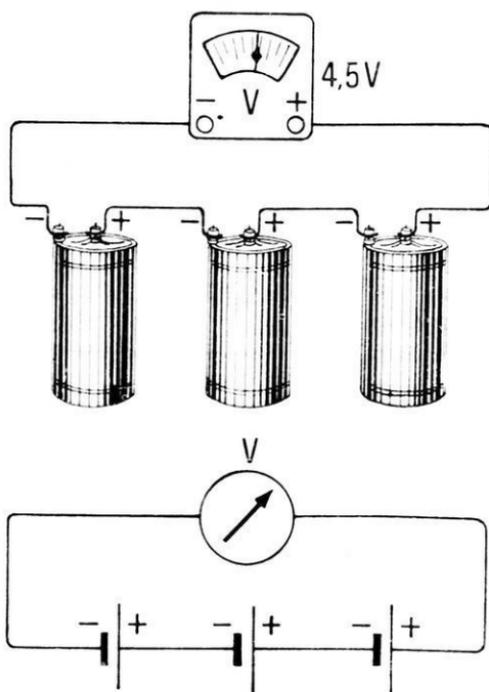
$$E = U_{γεν}, \text{ περίπου.}$$

Ὡστε :

Τὸ βολτόμετρον δεικνύει τὴν ἠλεκτρεγερτικὴν δυνάμιν τῆς γεννητρίας, ὅταν οἱ ἀκροδέκται του συνδέωνται με τοὺς πόλους τῆς πηγῆς, χωρὶς νὰ τροφοδοτῆται καὶ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα.



Σχ. 165. Μέτρησης τῆς ἠλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μιᾶς γεννητρίας.



Σχ. 166. Συνδεσμολογία τριών ηλεκτρικών πηγών εν σειρά. Είς τὸ κάτω μέρος συμβολικὴ παράστασις.

Ὅταν συνδέσωμεν ἐν σειρά πολλὰς ηλεκτρικὰς πηγὰς, ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἰση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ηλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

§ 177. Σύνδεσις ηλεκτρικῶν πηγῶν. Οἱ συσσωρευταί, τὰ ηλεκτρικὰ στοιχεῖα καὶ αἱ ηλεκτρικαὶ στήλαι συχνάκις συνδέονται μεταξύ των, ὅποτε σχηματίζονται συστοιχίαι.

Διὰ τὰ κατασκευάσωμεν μίαν συστοιχίαν ηλεκτρικῶν πηγῶν, συνδέομεν μὲ ἀγωγόν τὸν ἀρνητικὸν πόλον τῆς πρώτης πηγῆς μὲ τὸν θετικὸν πόλον τῆς δευτέρας πηγῆς καὶ συνεχίζομεν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον μέχρι τῆς τελευταίας πηγῆς, τὴν ὁποίαν διαθέτομεν. Οὕτως ἀπομένουν ἐλεύθεροι ὁ θετικὸς πόλος τῆς πρώτης πηγῆς καὶ ὁ ἀρνητικὸς πόλος τῆς τελευταίας (σχ. 166), οἱ ὅποιοι ἀποτελοῦν τοὺς πόλους τῆς συστοιχίας. Ὁ τρόπος αὐτὸς συνδέσεως ηλεκτρικῶν πηγῶν λέγεται σύνδεσις ἐν σειρά.

Ὅπως δυνάμεθα μὲ ἓνα βολτόμετρον νὰ ἐξακριβώσωμεν :

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Σ Ι Σ

1. Ἡ ὅλικη ἰσχύς N μιᾶς γεννητρίας δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

$$N = E \cdot i$$

ἔπου E ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς γεννητρίας καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια.

2. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι μέγεθος ἀνάλογον μὲ τὴν διαφορὰν δυναμικοῦ καὶ μετρεῖται εἰς Βόλτ.

3. Ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια τὴν ὁποῖαν παρέχει μίᾳ γεννήτρια εἰς χρόνον t δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

$$A = E \cdot i \cdot t$$

4. Ἐὰν E εἶναι ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις μιᾶς πηγῆς, $R_{εσ}$ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντιστάσεως τῆς, R ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐξωτερικοῦ κυκλώματος καὶ i ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον χορηγεῖ ἡ πηγὴ, ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$E = (R + R_{εσ}) \cdot i$$

Ἡ σχέσις αὕτη ἐκφράζει τὸν νόμον τοῦ Ὠμ εἰς πλήρες κύκλωμα.

5. Ὄταν συνδέωμεν ἠλεκτρικὰς πηγὰς ἐν σειρᾷ, τότε ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας εἶναι ἴση μὲ τὸ ἄθροισμα τῶν ἠλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν πηγῶν.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

146. Μία στήλη χορηγεῖ ρεῦμα $0,75 \text{ A}$ ἐπὶ 6 συνεχῶς ὥρας. α) Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Ah καὶ ἀκολουθῶς εἰς Cb , ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία ἀποδίδεται. β) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐλάττωσις τῆς μάζης τοῦ ἠλεκτροδίου ἀπὸ φειδώργυρον. (Ἀτομικὸν βάρος $Zn = 65$, σθένος ἰόντος $Zn^{++} = 2$).

(Ἀπ. α' $4,5 \text{ Ah}$, $16 \text{ } 200 \text{ Cb}$. β' $5,5 \text{ gr}$, περίπου).

147. Δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια (δυναμὸ) χορηγεῖ ρεῦμα $1 \text{ } 000 \text{ A}$ μὲ διαφορὰν δυναμικοῦ 500 Volt . Νὰ ὑπολογισθῇ εἰς Watt καὶ ἀτμοῦσπους ἡ ἰσχύς τῆς μηχανῆς. ($1 \text{ Ch} = 736 \text{ Watt}$.) (Ἀπ. $500 \text{ } 000 \text{ W}$, 679 Ch , περίπου.)

148. Μία δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια παρουσιάζει εἰς τοὺς πόλους τῆς διαφορὰν δυναμικοῦ 125 Volt καὶ ἔχει ἰσχύν 10 kW . Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια. (Ἀπ. 80 A .)

149. Δυναμοηλεκτρικὴ γεννήτρια λειτουργεῖ μὲ τὴν βοήθειαν κινητῆρος ἐσωτερικῆς καύσεως. Ἡ ἰσχύς τοῦ κινητῆρος εἶναι 8 Ch καὶ ἡ ὀλικὴ ἀπόδοσις 85% . α) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχύς τῆς δυναμοηλεκτρικῆς μηχανῆς, β) Ἐὰν ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἰς τοὺς πόλους εἶναι 125 Βόλτ , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον δύναται νὰ χορηγήσῃ ἡ γεννήτρια αὕτη. (Ἀπ. 40 A .)

150. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτική δύναμη 10 Volt, εσωτερικὴν ἀντίστασιν 3 Ω και χορηγεί τὸ ρεύμα της εἰς ἓνα καταναλωτὴν ἀντίσταςεως 5 Ω. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ κύκλωμα.
(Ἄπ. 1,25 A.)

151. Μία ηλεκτρική στήλη έχει ηλεκτρεγερτικὴν δύναμιν 4,5 Βόλτ. Ὄταν ἐνώσωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς στήλης με ἓνα ἀγωγὸν σύρμα, ἀντίσταςεως 2,5 Ω, κυκλοφορεῖ ρεύμα ἐντάσεως 1,25 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης.
(Ἄπ. 1,1 Ω.)

152. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης, ἐσωτερικῆς ἀντίσταςεως 1 Ω, εἶναι ἠνωμένοι με ἓνα μεταλλικὸν καλώδιον ἀντίσταςεως 5 Ω. Ἐνα ἀμπεροόμετρον, συνδεδεμένον ἐν σειρᾷ, δεικνύει 2 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς στήλης.
(Ἄπ. 12 V.)

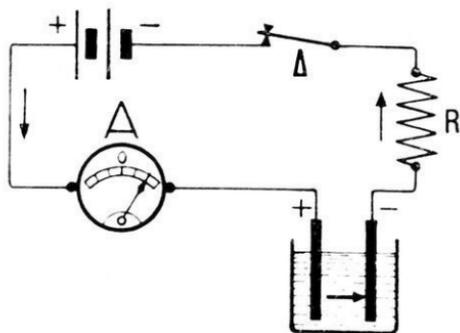
153. Οἱ δύο πόλοι μιᾶς ηλεκτρικῆς στήλης εἶναι συνδεδεμένοι με ἓνα ἀγωγὸν ἀντίσταςεως 3 Ω και ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ μεταξὺ των εἶναι 1,5 Volt. Ὄταν τὸ κύκλωμα εἶναι ἀνοικτὸν, ἡ διαφορὰ δυναμικοῦ εἶναι 2 Volt. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τῆς στήλης.
(Ἄπ. 9 Ω.)

ΑΕ' — ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΑΙ

§ 178. Ἄρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν συσσωρευτῶν μολύβδου.
Πείραμα 1. Πραγματοποιούμεν τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 167. Τὸ βολτάμετρον περιέχει διάλυμα θειικοῦ ὀξέος, τὰ δὲ ηλεκτρόδια εἶναι μολύβδινα πλάκες.

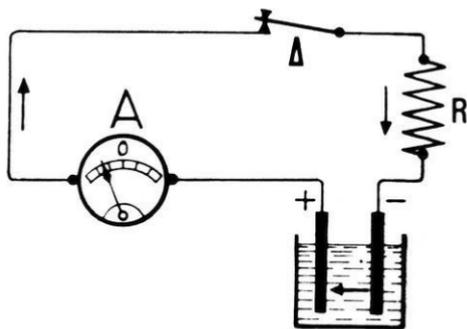
Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, τότε ἡ ηλεκτρικὴ πηγὴ τροφοδοτεῖ τὸ κύκλωμα με ηλεκτρικὸν ρεύμα, ὃ δὲ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλίνει πρὸς τὰ δεξιά.

Ἄφηνονεμ ἐπ' ὀλίγον κλειστὸν τὸ κύκλωμα και ἀκολουθῶς ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην Δ, ὁπότε διακόπτεται ἡ παροχὴ τοῦ ρεύματος και ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἐπανέρχεται εἰς τὸ μηδὲν τῆς κλίμακος.



Σχ. 167. Τὸ βολτάμετρον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικὸν ρεύμα.

Πείραμα 2. Αφαιρούμεν τὴν ἠλεκτρικὴν πηγὴν τοῦ προηγουμένου κυκλώματος καὶ κλείομεν τὸν διακόπτην (σχ. 168). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ δείκτης τοῦ ἀμπερομέτρου ἀποκλείνει πρὸς τὰ ἀριστερά, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ἕνα ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, με ἀντίθετον φερὰν ἀπὸ τὸ προηγούμενον, διαρρέει τὸ κύκλωμα. Αὐτὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα παράγεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, τὸ ὁποῖον ἔχει μεταβληθῆ εἰς ἠλεκτρικὴν πηγὴν.



Σχ. 168. Τὸ βολτάμετρον τροφοδοτεῖ τὸ ἐξωτερικὸν κύκλωμα με ἠλεκτρικὸν ρεῦμα.

Ἐξήγησις τοῦ φαινομένου. α) Εἰς τὸ πρῶτον πείραμα συμβαίνει ἠλεκτρόλυσις τοῦ διαλύματος τοῦ θεϊκοῦ ὀξέος με πολυπλόκους δευτερευούσας ἀντιδράσεις εἰς τὰ ἠλεκτρόδια. Δυνάμεθα ὁμως νὰ παρατηρήσωμεν τὸ φαιὸν χρῶμα, τὸ ὁποῖον ἀποκτᾷ ἡ ἀνόδος. Τὸ χρῶμα αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὀξειδίων τοῦ μολύβδου, τὸ ὁποῖον ἐπικάθεται ἐπ' αὐτῆς. Ἡ ἠλεκτρικὴ δηλαδὴ ἐνέργεια, ἣτις προσλαμβάνεται ἀπὸ τὸ βολτάμετρον, μετατρέπεται εἰς χημικὴν ἐνέργειαν.

β) Εἰς τὸ δεύτερον πείραμα συμβαίνουν εἰς τὸ βολτάμετρον δευτερεύουσαι χημικαὶ ἀντιδράσεις, ἀντίστροφοι ἀπὸ τὰς προηγουμένας καὶ τὸ φαιὸν χρῶμα τῆς ἀνόδου εξαφανίζεται βραδέως. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ χημικὴ ἐνέργεια ἡ ὁποία ἐκλύεται ὅσον διαρκοῦν αἱ χημικαὶ ἀντιδράσεις, μετατρέπεται εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

Τὸ φαινόμενον συνεπῶς ἐξελίσσεται ὡς ἐὰν εἶχε *συσσωρευθῆ* (ἀποθηκευθῆ) εἰς τὸ βολτάμετρον ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἡ ὁποία ἀποδίδεται κατόπιν. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον αἱ γεννήτριαι αὐτοῦ τοῦ εἶδους ὀνομάζονται *συσσωρευταί*.

Τὰ δύο πειράματα, τὰ ὁποῖα περιεγράψαμεν, ἀντιστοιχοῦν εἰς τὴν *φόρτισιν* καὶ τὴν *ἐκφόρτισιν* τοῦ συσσωρευτοῦ.

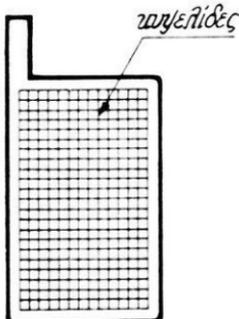
§ 179. Περιγραφή ἑνὸς συνηθισμένου συσσωρευτοῦ. Τὸ βολτάμετρον με τὰ μολύβδινα ἠλεκτρόδια, ἐκφορτίζεται πολὺ ταχέως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι ἀποθηκεύει πολὺ μικρὰν ποσότητα

ήλεκτρισμού. Είς τήν περίπτωσιν αὐτήν λέγομεν ὅτι «ὁ συσσωρευτής παρουσιάζει μικράν χωρητικότητα».

Διά νά αὐξήσωμεν τήν χωρητικότητα τοῦ συσσωρευτοῦ, τήν ποσότητα δηλαδή τοῦ ἡλεκτρισμοῦ τήν ὁποίαν δύναται νά ἀποδώσῃ, χρησιμοποιοῦμεν ἡλεκτρόδια ἀπό μολυβδίνους πλάκας, ἐσκαμμένας ὡς αἱ κυψέλαι τῶν μελισσῶν, μέ μορφήν πλέγματος (σχ. 169). Αἱ κυψελίδες περιέχουν ὀξεῖδια τοῦ μολύβδου· αἱ θετικαί πλάκες ἔχουν χρῶμα καφέ, ἐνῶ αἱ ἀρνητικαί φαῖον (σαχτι) πρὸς τὸ κυανοῦν.

Πολλαί θετικαί πλάκες εἶναι συνδεδεμέναι μεταξύ τῶν καὶ τὸ αὐτὸ συμβαίνει μέ τὰς ἀρνητικάς πλάκας (σχ. 169). Τὸ σύστημα αὐτὸ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν τοποθετεῖται μέσα εἰς ἓνα δοχεῖον ἀπὸ μονωτικὸν ὑλικὸν (ὑαλός, ἐβονίτης, πλαστικά ὑλαί, κλπ.) τὸ ὁποῖον περιέχει διάλυμα θεϊκοῦ ὀξέος (σχ. 170).

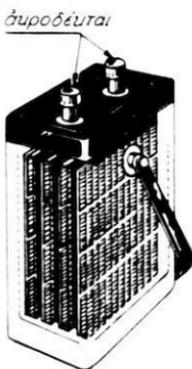
Διά νά ἀποφύγωμεν τὰ βραχυκυκλώματα τοποθετοῦμε μεταξύ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν πλακῶν, φύλλα ἀπὸ πορῶδες μονωτικὸν ὑλικὸν (ὑαλοβάμβαξ, πορῶδες ἐλαστικόν).



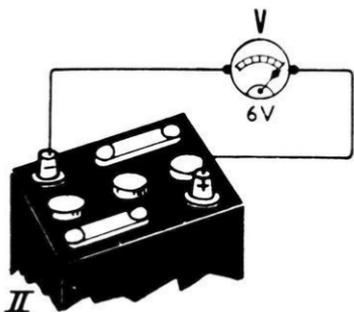
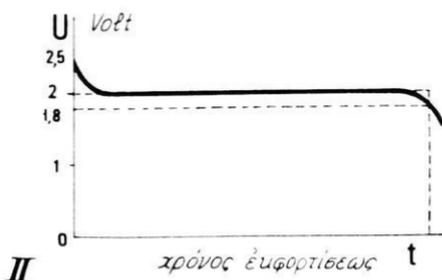
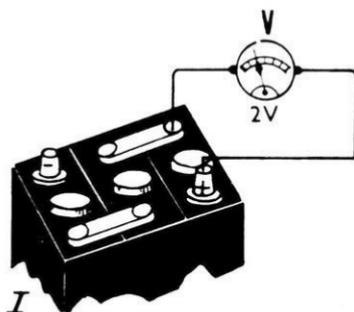
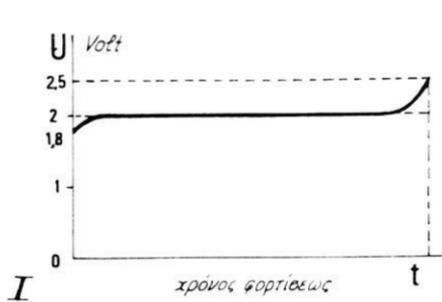
Σχ. 169. Πλάξ συσσωρευτοῦ

§ 180. Χαρακτηριστικὰ μεγέθη ἑνὸς συσσωρευτοῦ. α) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις. Χρησιμοποιοῦντες ἓνα βολτόμετρον μετροῦμε τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E ἑνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου καὶ τὴν εὐρίσκομεν περίπου ἴσην πρὸς 2 V. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ αὐτὴ δύναμις εἶναι ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὰς διαστάσεις καὶ τὸ σχῆμα τοῦ συσσωρευτοῦ.

Ὅταν φορτίζεται ὁ συσσωρευτής, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ του δύναμις αὐξάνεται προοδευτικῶς καὶ φθάνει τὰ 2,5 V περίπου (σχ. 171, I). Εὐθὺς ὡς ἀρχίση ἢ ἐκφόρτισις, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὑφίσταται ἀπότομον πῶσιν καὶ κατέρχεται εἰς τὰ 2 V. Εἰς τὴν τιμὴν αὐτὴν παραμένει σταθερὰ κατὰ τὸ μεγαλύτερον χρονικὸν διάστημα τῆς ἐκφορτίσεως.



Σχ. 170. Συσσωρευτὴς μολύβδου.



Σχ. 171. Καμπύλη φορτίσεως (I) και εκφορτίσεως (II) ενός συσσωρευτού.

Σχ. 172. (I). Μέτρησης της τάσεως εις τους άκροδέκτας ενός στοιχείου και (II) εις τους άκροδέκτας μίας συστοιχίας τριών συσσωρευτών.

Εις τὸ τέλος τῆς ἐκφορτίσεως ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις πίπτει ἀποτόμως κάτω ἀπὸ τὰ 2 V (σχ. 171, II).

Εἰς τὴν πρακτικὴν χρησιμοποιοῦμεν **συστοιχίας** συσσωρευτῶν, αἱ ὁποῖαι ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ τρία ἢ ἕξ στοιχεῖα συσσωρευτῶν, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ, ὅποτε ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς συστοιχίας ἀνέρχεται εἰς $3 \times 2 = 6\text{ V}$ ἢ $6 \times 2 = 12\text{ V}$ (σχ. 172). Τὰ τρία ἢ ἕξ αὐτὰ στοιχεῖα περιέχονται εἰς ἓνα κοινὸν δοχεῖον, τὸ ὁποῖον χωρίζεται εἰς δύο ἢ τρία διαμερίσματα.

β) Χωρητικότητα. Ὡς χωρητικὴ ἐνός συσσωρευτοῦ ὀρίζομεν τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὴν ὁποῖαν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὁ συσσωρευτὴς κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν.

Ἡ χωρητικὴ ἐνός συσσωρευτοῦ ἐκφράζεται συνήθως εἰς ἀμπερῶρας (Ah).

Αἱ συστοιχεῖαι τῶν συσσωρευτῶν, οἱ ὁποῖοι χρησιμοποιοῦνται

εις τὰ αὐτοκίνητα, ἔχουν χωρητικότητα αἵτινες κυμαίνονται ἀπὸ 45 Ah μέχρις 90 Ah.

γ) Ἐσωτερικὴ ἀντίστασις. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίστασις τοῦ συσσωρευτοῦ ὀφείλεται εἰς τὸ διάλυμα τοῦ θεϊκοῦ ὀξέος, μέσα εἰς τὸ ὁποῖον εἶναι βυθισμένοι αἱ πλάκες, καὶ εἶναι τῆς τάξεως τοῦ ἑκατοστοῦ τοῦ Ὡμ

δ) Ἀπόδοσις. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκφορτίσεώς του ὁ συσσωρευτὴς ἀποδίδει τὰ 90% περίπου τοῦ ἠλεκτρισμοῦ, τὸν ὁποῖον ἀπεθήκευσε κατὰ τὴν φόρτισιν. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ συσσωρευτὴς ἔχει ἀπόδοσιν 90% ἢ 0,90.

§ 181. Χρήσεις τοῦ συσσωρευτοῦ. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος εἰς τὰ ἐργαστήρια, εἰς τὰ τηλεφωνικὰ κέντρα, εἰς τοὺς σηματοδότας τοῦ σιδηροδρομικοῦ δικτύου, κλπ. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται ὡς ἐφεδρική πηγὴ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, διὰ τὴν περίπτωσιν βλάβης τοῦ δικτύου διανομῆς. Οἱ συσσωρευταὶ εὐρίσκουν ἐφαρμογὴν ἐπίσης εἰς τὰ αὐτοκίνητα, εἰς τὰ ὑποβρύχια, εἰς τὰ ἀεροπλάνα κλπ.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Οἱ συσσωρευταὶ εἶναι πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος, αἱ ὁποῖαι μετατρέπουν χημικὴν ἐνέργειαν εἰς ἠλεκτρικὴν ἐνέργειαν.

2. Διὰ νὰ λειτουργήσῃ ὁ συσσωρευτὴς πρέπει προηγουμένως νὰ φορτισθῇ. Ἡ φόρτισις συνίσταται εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς ἠλεκτρικῆς ἐνεργείας, τὴν ὁποίαν προσλαμβάνει ὁ συσσωρευτὴς, εἰς χημικὴν ἐνέργειαν. Κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν συμβαίνει τὸ ἀντίθετον.

3. Ἡ ἠλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐνὸς συσσωρευτοῦ μολύβδου εἶναι περίπου 2 V. Εἰς τὴν πρακτικὴν συνδέομεν ἐν σειρά δύο ἢ περισσότερα στοιχεῖα καὶ σχηματίζομεν συστοιχίας.

4. Ἡ χωρητικότης τῶν συσσωρευτῶν, ἢ ποσότης δηλαδὴ τοῦ ἠλεκτρισμοῦ τὸν ὁποῖον δύνανται νὰ ἀποδώσουν κατὰ τὴν ἐκφόρτισιν, μετρεῖται εἰς ἀμπερώρας.

5. Οἱ συσσωρευταὶ χρησιμοποιοῦνται ὡς πηγαὶ συνεχοῦς ρεύματος.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

154. Μία συστοιχία συσσωρευτῶν ἔχει χωρητικότητα 150 Ah. Περιορίζομεν τὴν ἐκφόρτισιν εἰς τὰ 80% αὐτῆς τῆς χωρητικότητος. α) Πόσῃν ποσότητι ἠλεκτρισμοῦ δυνάμεθα νὰ λάβωμεν. β) Ἐὰν ἡ διάρκεια τῆς ἐκφορτίσεως εἶναι 5 h νὰ εὔρεθῇ ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον ἀποδίδεται.

(Ἐ.Α. α' 432 000 Cb. β' 24 A)

155. Θέλομεν νὰ ἐπαναφορτίσωμεν μίαν συστοιχίαν συσσωρευτῶν χωρητικότητος 90 Ah, χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 9 A. α) Ἐπὶ πόσας ὥρας θὰ πρέπει νὰ φορτίζεται ἡ συστοιχία. β) Νὰ εὔρεθῇ εἰς βατώρας (Wh) ἡ ἠλεκτρικὴ ἐνέργεια, ἣτις παρέχεται ἀπὸ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐὰν ἡ διαφορά τοῦ δυναμικοῦ εἰς τὰ ἄκρα τοῦ συσσωρευτοῦ εἶναι 6,6 Volt. (Ἐ.Α. α' 10 h. β' 594 Wh.)

156. Αἱ μολύβδινα πλάκες μιᾶς συστοιχίας συσσωρευτῶν ἔχουν βάρους 100 kr. Φορτίζομεν τὸν συσσωρευτὴν χρησιμοποιοῦντες ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐντάσεως 0,5 A ἀνὰ kr μολύβδου. α) Ἐὰν ἡ φόρτισις διαρκῇ 12 h, νὰ εὔρεθῇ ἡ ποσότης τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ἡ ὁποία ἀπητήθη δι' αὐτὴν τὴν φόρτισιν. β) Κατόπιν ἐκφορτίζομεν αὐτὴν τὴν συστοιχίαν ἐντὸς χρόνον 10 h, ἀποδίδοντες ρεῦμα ἠλεκτρικὸν ἐντάσεως 50 A. Νὰ εὔρεθῇ ἡ χωρητικότης τῆς συστοιχίας. γ) Νὰ εὔρεθῇ ἡ ἀπόδοσις τῆς συστοιχίας αὐτῆς, δηλαδὴ ἡ τιμὴ τοῦ λόγου τῆς χωρητικότητος πρὸς τὴν ποσότητα τοῦ ἠλεκτρισμοῦ ὁ ὁποῖος ἀπεδόθη.

(Ἐ.Α. α' 600 Ah. β' 500 Ah. γ' 83%.)

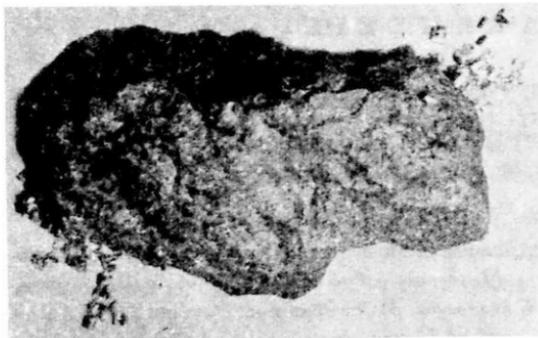
157. Ἡ συστοιχία τῶν συσσωρευτῶν (μπαταρία) ἐνὸς αὐτοκινήτου φέρει μίαν μικρὰν πλάκα ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν ἀναγράφονται τὰ ἑξῆς: Χωρητικότης: 75 Ah. Κανονικὴ ἔντασις φορτίσεως: 7,5 A. Μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἔντασις κατὰ τὴν φόρτισιν 12,5 A. Νὰ ὑπολογίσετε: α) Τὸν κανονικὸν χρόνον καθὼς καὶ τὸν ἐλάχιστον χρόνον φορτίσεως. β) Τὸν χρόνον ὁ ὁποῖος θὰ ἀπαιτηθῇ διὰ τὴν ἐκφόρτισιν, ἐὰν τὸ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἔχει ἔντασιν 1,5 A. γ) Τὴν χωρητικότητα εἰς Cb.

(Ἐ.Α. α' 10 h, 6 h. β' 50 h. γ' 270 000 Cb.)

ΑΣΤ'—ΜΑΓΝΗΤΑΙ. ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΠΥΞΙΣ

§ 182. Φυσικοὶ μαγνήται. Ἀπὸ τὴν ἀρχαιότητα, πρὸ 2 500 περὶπου ἐτῶν, ἦτο γνωστὸν ὅτι ἓνα ὠρισμένον ὄρυκτὸν τοῦ σιδήρου, ὁ μαγνητίτης (Fe_3O_4), ἔχει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκη ἀντικείμενα κατεσκευασμένα ἀπὸ σίδηρον, ὄχι ὅμως καὶ ἀπὸ ξύλον ἢ χαλκόν.

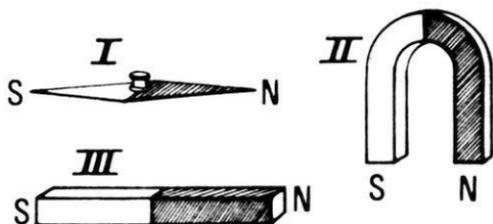
Πείραμα. Βυθίζομεν ἓνα τεμάχιον μαγνητίτου ἐντὸς ρινισμάτων σιδήρου. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι, ὅταν τὸ ἀνασύρωμεν, παραμένει ἐπ' αὐτοῦ προσκολλημένος ἓνας μεγάλος ἀριθμὸς ρινισμάτων (σχ. 173).



Σχ. 173. Ὁ μαγνητίτης ἔλκει τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου.



Σχ. 174. Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἑλκτική δύναμις ἐντοπίζεται κυρίως εἰς τὰ ἄκρα.



Σχ. 175. Μορφαὶ τεχνητῶν μαγνητῶν.

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας ἡ ἑλκτικὴ ἰκανότης ἐντοπίζεται εἰς τὰ ἄκρα, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται *πόλοι* τοῦ μαγνήτου. Οὕτω ἕνας τεχνητός μαγνήτης ἔχει δύο πόλους (σχ. 174).

Εἰς τοὺς τεχνητοὺς μαγνήτας δίδονται διάφορα σχήματα, ὅπως εἶναι ἡ μαγνητικὴ βελόνη, ὁ πεταλοειδῆς μαγνήτης καὶ ὁ ραβδοφόρος μαγνήτης (σχ. 175).

Αὐτὴ ἡ ιδιότης τοῦ μαγνητίτου, νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου, ὀνομάζεται **μαγνητισμός**. Λέγομεν δὲ ὅτι ὁ μαγνητίτης εἶναι μαγνητισμένος καὶ ὅτι ἀποτελεῖ ἕνα φυσικὸν μαγνήτην.

Ὅλα τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἔλκονται ἀπὸ τὸν μαγνήτην ὀνομάζονται **μαγνητικά σώματα**. Ὡστε :

Ὁ μαγνητίτης εἶναι ἕνα ὄρυκτόν, τὸ ὁποῖον ἔχει τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ διάφορα σιδηρᾶ ἀντικείμενα.

§ 183. Τεχνητοὶ μαγνήται. Ἐάν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ χάλυβα καὶ τὴν προστρίψωμεν με ἕνα φυσικὸν μαγνήτην, παρατηροῦμεν ὅτι μαγνητίζεται καὶ αὐτὴ καὶ γίνεται **τεχνητός μαγνήτης**.

Οί τεχνητοί μαγνήται είναι *μόνιμοι μαγνήται*, δυνάμεθα όμως να πραγματοποιήσωμεν καί *παροδικούς* μαγνήτας, μαγνήτας δηλαδή, οίτινες, αφού μαγνητισθούν, αποβάλλουν μετ' ὀλίγον τὸν μαγνητισμόν των. Οὕτως, ἂν λάβωμεν μίαν ράβδον ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον (ὄχι χάλυβα) καὶ τὴν προστρίψωμεν με ἕνα φυσικὸν μαγνήτην. θά παρατηρήσωμεν ὅτι, ἐνῶ μαγνητίζεται, μετ' ὀλίγον ἀποβάλλει πάλιν τὸν μαγνητισμόν της.

Σήμερον ἐκτὸς ἀπὸ τὸν χάλυβα, διὰ νὰ κατασκευάσουν ἰσχυροὺς μονίμους μαγνήτας με μικρὰν μάζαν, χρησιμοποιοῦν εἰδικὰ κράματα μετάλλων, ὅπως εἶναι τὸ *κράμα Ἀλνίκο* (Alnico), ἀποτελούμενον ἀπὸ ἀλουμίνιον (Al), νικέλιον (Ni), κοβάλτιον (Co), καθὼς ἐπίσης καὶ ἀπὸ χαλκὸν καὶ σίδηρον.

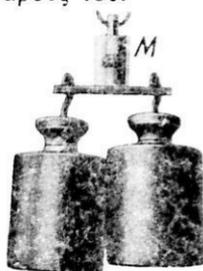
Τὸ σχῆμα 176 δεικνύει ἕνα τοιοῦτον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος δύναται νὰ συγκρατήσῃ βάρους τεσσαρακονταπλάσιον τοῦ βάρους του.

Πείραμα. Κόπτομεν εἰς δύο τεμάχια μίαν μαγνητισμένην ράβδον ἀπὸ χάλυβα. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ δύο αὐτὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα προέκυψαν, ἐξακολουθοῦν νὰ εἶναι ἕκαστον μαγνήτης με δύο πόλους. Ἐὰν ἐξακολουθήσωμεν τὸν τεμαχισμόν, εἰς ἕκαστον ἀπὸ τὰ τεμάχια, τὰ ὁποῖα θά προκύπτουν, θά ἔχωμεν πάλιν δύο μαγνητικοὺς πόλους (σχ. 177).

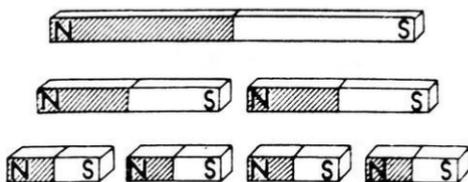
Δηλαδή :

Εἶναι ἀδύνατον νὰ ἀπομονώσωμεν ἕνα μαγνητικὸν πόλον. Οἷοσδήποτε μαγνήτης, ὅσον μικρὸς καὶ ἂν εἶναι, περιλαμβάνει πάντοτε δύο πόλους.

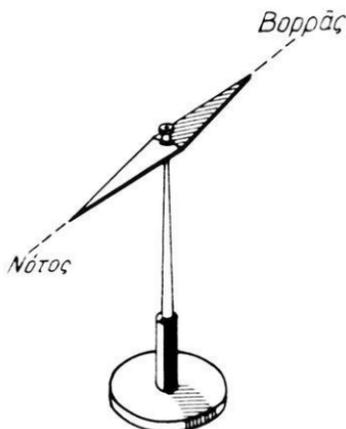
§ 184. Ἐπίδρασις τῆς Γῆς ἐπὶ τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Πείραμα. Στηρίζομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην, μαγνήτην δηλαδή εἰς σχῆμα ἐπιμήκους ρόμβου, ἀπὸ τὸ κέντρον βάρους της ἐφ' ἑνὸς κατα-



Σχ. 176. Τεχνητὸς μαγνήτης Ἀλνίκο. Συγκρατεῖ βάρους 40 πλάσιον τοῦ βάρους του.



Σχ. 177. Ἐκαστον τεμάχιον, τὸ ὁποῖον προκύπτει ἀπὸ τὸν τεμαχισμόν μίᾳς μαγνητικῆς ράβδου, εἶναι τέλειος μαγνήτης.



Σχ. 178. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς-Νότος.

ψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυγχάνοντες ἰσορροπίαν. Δι' αὐτὸ τὴν περιστρέφομεν κατὰ 180° περὶ τὸν ἄξονά της. Παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὸ εἶναι ἀδύνατον. Εὐθὺς ὡς τὴν ἀφήσωμεν ἐλευθέραν, ἐπανερχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν τῆς θέσιν οὕτως, ὥστε ὁ ἴδιος πάντοτε πόλος νὰ στρέφεται πρὸς τὸν Βορρᾶν.

Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι οἱ δύο πόλοι τῆς μαγνητικῆς βελόνης δὲν εἶναι ὅμοιοι.

Δι' αὐτὸν τὸν λόγον ὀρίζομεν ὡς βόρειον μαγνητικὸν πόλον (καὶ σημειῶνομεν μὲ τὸ γράμμα N, ἀπὸ τὴν λέξιν Nord=Βορρᾶς), τὸν πόλον ὃ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν, νότιον δὲ μαγνητικὸν πόλον τὸν πόλον τῆς βελόνης ὃ ὁποῖος στρέφεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον (καὶ σημειῶνομεν μὲ τὸ γράμμα S, ἀπὸ τὴν λέξιν Sud Νότος). Ὡστε :

Ἐνας μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους : τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον (N) καὶ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον (S).

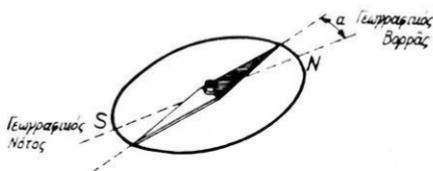
Ἐάν ὁ μαγνήτης δύναται νὰ περιστραφῆ ἐλευθέρως εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, ὁ βόρειος μαγνητικὸς πόλος προσανατολίζεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν καὶ ὁ νότιος μαγνητικὸς πόλος πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Νότον τῆς Γῆς.

κορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος (σχ. 178). Ἐάν ἀφήσωμεν τὴν βελόνην νὰ ἠρεμήσῃ παρατηροῦμεν ὅτι ἀρχικῶς ταλαντεύεται, κατόπιν δὲ προσανατολίζεται εἰς μίαν ὀρισμένην διεύθυνσιν.

Ἡ διεύθυνσις αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὸν μεγάλον (διαμήκη) ἄξονα τῆς μαγνητικῆς βελόνης. Ἡ διεύθυνσις αὐτοῦ τοῦ ἄξονος ἔχει περίπου τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

Ἐάν ἀπομακρύνωμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἀπὸ αὐτὴν τὴν θέσιν ἰσορροπίας της, παρατηροῦμεν ὅτι, ἀφοῦ ταλαντευθῆ, ἐπανερχεται εἰς τὴν ἀρχικὴν-θέσιν. Ἐπιχειροῦμεν τώρα νὰ ἀντιστρέψωμεν τοὺς δύο πόλους τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἐπιτυγχάνοντες ἰσορροπίαν.

§ 185. Διάκρισις μαγνητικῶν πόλων. Διὰ νὰ διακρίνωμεν μεταξύ των τούς δύο πόλους ἑνὸς μαγνήτου, χρωματίζομεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον συνήθως μὲ ἐρυθρὸν χρῶμα ἢ ἀναγράφομεν ἐπ' αὐτοῦ τὸ γράμμα Ν.



Σχ. 179. Διὰ τὴν ἔννοιαν τῆς μαγνητικῆς ἀποκλίσεως.

§ 186. Μαγνητικὴ ἀπόκλι-

σις. Ἡ διεύθυνσις τὴν ὅποιαν ἔχει ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἰς ἓνα ὠρισμένον τόπον καθορίζει τὸν **μαγνητικὸν μεσημβρινὸν** τοῦ τόπου. Εἰς τὴν πραγματικότητα αὐτὴ ἡ διεύθυνσις διαφέρει ὀλίγον ἀπὸ τὴν γεωγραφικὴν διεύθυνσιν Βορρᾶ - Νότου (γεωγραφικὸς μεσημβρινός).

Αὗται αἱ δύο διευθύνσεις σχηματίζουν μεταξύ των μίαν γωνίαν, ἡ ὁποία ἀνομάζεται **ἀπόκλισις** (σχ. 179).

Ἐάν ὁ βόρειον πόλος μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εὑρίσκεται ἀριστερὰ ἀπὸ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται *δυτικὴ*. Εἰς τὴν ἀντίθετον περίπτωσιν ἡ ἀπόκλισις ὀνομάζεται *ανατολικὴ*.

Ἡ ἀπόκλισις δὲν παραμένει σταθερὰ εἰς ἓνα ὠρισμένον τόπον ἀλλὰ μεταβάλλεται ἀπὸ τοῦ ἑνὸς ἔτους εἰς τὸ ἄλλο.

Μαγνητικὴ ἀπόκλισις εἰς ἓνα τόπον ὀνομάζεται ἡ ὀξεία γωνία, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

§ 187. Μαγνητικὴ πυξίς. Ἡ πυξίς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ἡ ὁποία στηρίζεται ἐπὶ ἑνὸς κατακορύφου αἰχμηροῦ ἄξονος. Τὸ ὅλον σύστημα εὑρίσκεται μέσα εἰς ἓνα προστατευτικὸν περίβλημα (σχ. 180). Μία κατάλληλος διάταξις ἐπιτρέπει νὰ ἀκίνητοποιοῦμεν τὴν μαγνητικὴν βελόνην.



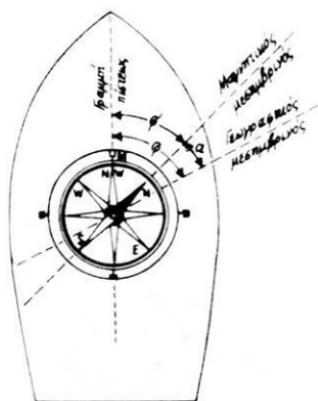
Σχ. 180. Συνήθης μαγνητικὴ πυξίς.



Σχ. 181. Ναυτική πυξίς με εξάρτησιν Καρντάνο.

εἰς τὴν ἀεροπορίαν, διαφέρουν ἀπὸ τὰς κοινὰς πυξίδας. Ἡ διαφορὰ εἶναι ὅτι τὸ κιβώτιον τὸ ὁποῖον τὰς περιέχει, στηρίζεται κατὰ ἕναν εἰδικὸν τρόπον (σύστημα Καρντάνο, Cardano), μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ὁποῖου ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει πάντοτε ὀριζοντία, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἶναι προσηρμοσμένη οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελῇ διάμετρον ἑνὸς γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπάνω εἰς τὸν ὁποῖον ἔχουν σημειωθῆ τὰ κύρια καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ ὀριζοντος.



Σχ. 182. Καθορισμὸς τῆς πορείας τοῦ πλοίου. Ἡ γωνία, τὴν ὁποίαν σχηματίζει ἡ γραμμὴ πίστewος μὲ τὸν γεωγραφικὸν μεσημβρινόν, διορθῶνεται συμφῶνως πρὸς τὴν ἀπόκλισιν.

Ἡ πυξίς εἶναι ὄργανον πολὺ χρήσιμον διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς πορείας εἰς μέρη ὅπου δὲν ὑπάρχουν σημεῖα, ἀπὸ τὰ ὁποῖα νὰ δυνάμεθα νὰ ὀδηγηθῶμεν, ὅπως π.χ. εἰς ἕνα ἄγνωστον τόπον, ἀπομακρυσμένον ἀπὸ πολιτισμένας περιοχὰς ἢ εἰς ἕνα δάσος.

Αἱ πυξίδες, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν ναυσιπλοΐαν καὶ

εἰς τὴν ἀεροπορίαν, διαφέρουν ἀπὸ τὰς κοινὰς πυξίδας. Ἡ διαφορὰ εἶναι ὅτι τὸ κιβώτιον τὸ ὁποῖον τὰς περιέχει, στηρίζεται κατὰ ἕναν εἰδικὸν τρόπον (σύστημα Καρντάνο, Cardano), μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ὁποῖου ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει πάντοτε ὀριζοντία, παρ' ὅλους τοὺς κλυδωνισμοὺς τοῦ σκάφους (σχ. 181).

Ἡ μαγνητικὴ βελόνη εἶναι προσηρμοσμένη οὕτως, ὥστε νὰ ἀποτελῇ διάμετρον ἑνὸς γωνιομετρικοῦ κύκλου, ἐπάνω εἰς τὸν ὁποῖον ἔχουν σημειωθῆ τὰ κύρια καὶ τὰ δευτερεύοντα σημεῖα τοῦ ὀριζοντος. Ὁ γωνιομετρικὸς αὐτὸς κύκλος ὀνομάζεται **ἀνεμολόγιον**.
Τὰ τέσσαρα κύρια σημεῖα καθορίζονται ἀπὸ τὰ γράμματα N (Βορρᾶς), E (Ἀνατολή), S (Νότος), W (Δύσις). Αἱ ἐνδιάμεσοι ἐνδείξεις σημειῶνονται μὲ τὰ ἀκόλουθα ζεύγη γραμμάτων: NE (Βορειοανατολικῶς), SE (Νοτιοανατολικῶς), SW (Νοτιοδυτικῶς) καὶ NW (Βορειοδυτικῶς).

Ἐπὶ τῆς θήκης τῆς πυξίδος χαράσσεται μία γραμμὴ, ἡ ὁποία συμπίπτει μὲ τὸν διαμήκη ἄξονα τοῦ πλοίου καὶ ἡ ὁποία ὀνομάζεται *γραμμὴ πίστewος*.

Ὅταν τὸ πλοῖον στρέφεται, στρέφεται ἐπίσης καὶ ἡ γραμμὴ πίστewος μετ' αὐτοῦ, ἀλλὰ ἡ βελόνη καὶ τὸ ἀνεμολόγιον παραμένουν πάντοτε εἰς τὴν ἴδιαν θέσιν.

Διὰ νὰ χαράξωμεν τὴν πορείαν ἑνὸς πλοίου,

καθορίζομεν πρώτον εἰς τὸν ναυτικὸν χάρτην τὴν γωνίαν φ μεταξύ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τῆς διευθύνσεως τὴν ὁποίαν πρόκειται νὰ ἀκολουθήσῃ τὸ πλοῖον. Ἡ γωνία αὕτη διορθώνεται ὅταν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ ἀπόκλισις α καὶ οὕτω καθορίζεται μία νέα γωνία φ', ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὸν μαγνητικὸν μεσημβρινὸν καὶ τὴν γραμμὴν πίστεως τοῦ πλοίου.

Ἀκολουθῶς μὲ τὸ πηδάλιον στρέφεται τὸ πλοῖον μέχρις ὅτου ἡ γραμμὴ πίστεως σχηματισθῇ, μὲ τὸν Βορρᾶν τοῦ ἀνεμολογίου τῆς πυξίδος, τὴν ὑπολογισθεῖσαν γωνίαν φ', ἡ ὁποία μένει πλέον σταθερά καὶ ρυθμίζει τὴν πορείαν τοῦ σκάφους (σχ. 182).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὁ μαγνήτης παρουσιάζει τὴν ιδιότητα νὰ ἔλκῃ τὰ σιδηρᾶ καὶ τὰ χαλύβδινα ἀντικείμενα.

2. Οἱ μόνιμοι τεχνητοὶ μαγνήται εἶναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ χάλυβα ἢ διάφορα κράματα, ὅπως εἶναι τὸ κράμα Ἀλνίκο.

3. Τὰ ρινίσματα σιδήρου προσκολλῶνται εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς μόνιμου μαγνήτου. Αὐτὰ τὰ δύο ἄκρα ὀνομάζονται μαγνητικοὶ πόλοι.

4. Ὁ μαγνήτης ἔχει δύο διαφορετικοὺς πόλους: α) Τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον, καὶ β) τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον. Ἐὰν ὁ μαγνήτης εἶναι ἐλεύθερος νὰ περιστραφῇ εἰς τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον, βόρειος μαγνητικὸς πόλος εἶναι ἐκεῖνος ὁ ὁποῖος διευθύνεται πρὸς τὸν γεωγραφικὸν Βορρᾶν.

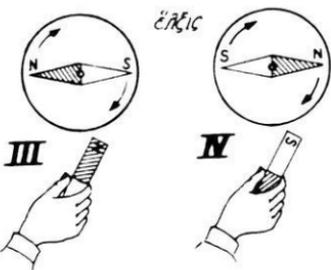
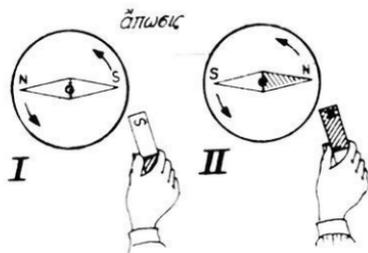
5. Ἡ πυξὶς εἶναι βασικῶς μία μαγνητικὴ βελόνη, στρεπτὴ περὶ κατακόρυφον ἄξονα, ἡ ὁποία προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

6. Ἀπόκλισις εἰς ἓνα τόπον ὀνομάζεται ἡ γωνία, ἣτις σχηματίζεται ἀπὸ τὰς διευθύνσεις τοῦ μαγνητικοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τοῦ γεωγραφικοῦ μεσημβρινοῦ τοῦ τόπου.

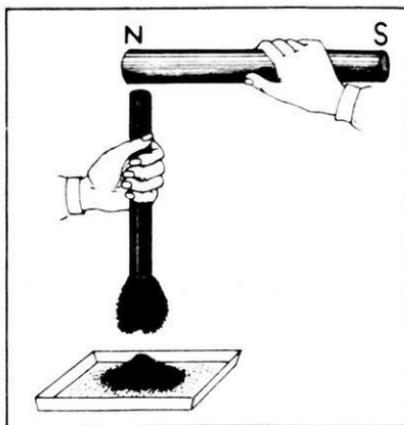
ΑΖ — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΩΝ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΟΛΩΝ

ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΦΑΣΜΑΤΑ

§ 188. Ἀμοιβαία ἐπενέργεια μαγνητικῶν πόλων. Πείραμα. Πλησιάζομεν τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ



Σχ. 183. Οἱ ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται καὶ οἱ ἑτερόνυμοι ἔλκονται.



Σχ. 184. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως.

νότιος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀπωθεῖται καὶ ἡ βελόνη στρέφεται ἀποτόμως (σχ. 183, I). Ἀκριβῶς τὸ ἴδιον ἀποτέλεσμα παρατηρεῖται καὶ ἐάν πλησιάσωμεν τὸ βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, II).

Ἐάν ἀντιθέτως πλησιάσωμεν τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν νότιον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης, ἐμφανίζεται ἔλξις μεταξύ των. Ἐλξις ἐμφανίζεται ἐπίσης καὶ ἐάν πλησιάσωμεν τὸν νότιον πόλον τοῦ μαγνήτου εἰς τὸν βόρειον πόλον τῆς μαγνητικῆς βελόνης (σχ. 183, III).

Ἀπὸ τὸ πείραμα αὐτὸ συμπεραίνομεν συνεπῶς ὅτι :

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

§ 189. Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Πείραμα. Ὅταν ἓνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῆ πολὺ πλησίον εἰς ἓνα μαγνήτην, τότε μολονότι τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου δὲν ἐφάπτεται εἰς τὸν μαγνήτην, ἀποκτᾶ ἐν τούτοις τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου (σχ. 184). Δηλαδή ὁ μαλακὸς σίδηρος μετεβλήθη καὶ αὐτὸς εἰς μαγνήτην.

Δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν μὲ μίαν μαγνητικὴν βελόνην, ὅτι τὸ

ἄκρον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται ἔναντι τοῦ βορείου μαγνητικοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου, ἔγινε νότιος μαγνητικὸς πόλος, ἐνῶ τὸ ἄλλον του ἄκρον βέβαιος μαγνητικὸς πόλος. Αὐτὴ ἡ μαγνήτισις, τὴν ὁποίαν ἀπέκτησεν ὁ μαλακὸς σίδηρος, εὐθὺς ὡς εὐρέθη πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, ὀνομάζεται **μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως ἢ μαγνήτισις ἐξ ἐπαγωγῆς**.

Αὐτὸ τὸ φαινόμενον μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ἐξηγήσωμεν τοὺς θυσάνους ἀπὸ ρινίσματα σιδήρου, οἱ ὁποῖοι σχηματίζονται εἰς τοὺς πόλους τοῦ μαγνήτου. Τὰ τεμαχίδια δηλαδὴ τῶν ρινισμάτων γίνονται μικροὶ μαγνήται ἐξ ἐπιδράσεως καὶ ἔλκονται ἀμοιβαίως.

Ἀπομακρύνομεν κατόπιν τὸν μόνιμον μαγνήτην ἀπὸ τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου. Παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καταπίπτουν. Δηλαδὴ ὁ μαλακὸς σίδηρος ἔχασε τὴν μαγνήτισίν του. Συμπεραίνομεν ἐπομένως ὅτι :

Ἡ μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρος.

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα χρησιμοποιοῦντες ἕνα τεμάχιον χάλυβος. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι καὶ αὐτὸς μαγνητίζεται, ὅταν πλησιάσωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην· ἐὰν ὅμως ἀπομακρύνωμεν τὸν μόνιμον μαγνήτην, ὁ χάλυψ δὲν ἀποβάλλει τὴν μαγνήτισίν του καὶ ἐξακολουθεῖ νὰ συγκρατῇ τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου. Δηλαδὴ ἡ μαγνήτισις τοῦ χάλυβος εἶναι **μόνιμος**.

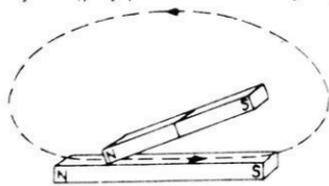
Οὕτως ἐξηγεῖται ὁ λόγος διὰ τὸν ὁποῖον οἱ τεχνητοὶ μαγνήται κατασκευάζονται ἀπὸ χάλυβα. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

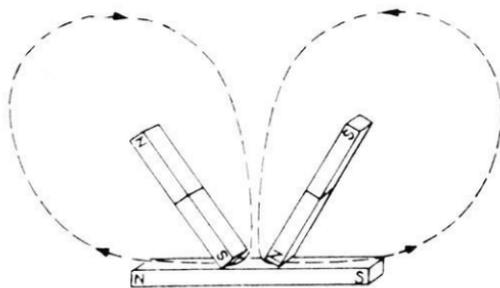
§ 190. Στοιχειώδεις τρόποι μαγνητίσεως. α) Μαγνήτισις δι' ἀπλῆς ἐπαφῆς. Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτὴν εἰς τὴν ράβδον ἧτις πρόκειται νὰ μαγνητισθῇ, ἐφάπτομεν μὲ κλίσιν τὸν βόρειον πόλον ἐνὸς μαγνήτου (σχ. 185, I). Κατόπιν μετακινοῦμεν προστρίβοντες τὸν μαγνήτην, ὅπως δεικνύει ἡ ἐστιγμένη γραμμὴ, δηλαδὴ ὅπως ὅταν κτενιζώμεθα, καὶ οὕτως ἡ χαλυβδίνη ράβδος γίνεται καὶ αὐτὴ μαγνήτης.

β) Μαγνήτισις διὰ διπλῆς ἐπαφῆς. Χρησιμοποιοῦμεν μὲ τὴν μέθοδον αὐτὴν δύο μόνιμους μαγνήτας, τοὺς ὁποίους τοποθετοῦμεν ἐπάνω εἰς τὴν ράβδον, τὴν ὁποίαν θὰ μαγνητίσωμεν, καὶ μετατοπίζομεν τοὺς μαγνήτας πολλὰς φορές, ὅπως δεικνύει τὸ σχ. 185, II, ἀκολουθοῦντες τὰς ἐστιγμένας γραμμάς.

γ) Μαγνήτισις ἐξ ἐπιδράσεως. Ὅπως ἀναφέρομεν ἀνωτέρω, ἐάν μία ράβδος ἀπὸ μαλακῶν σιδήρων τοποθετηθῇ πλησίον ἐνὸς ἰσχυροῦ μονίμου μαγνήτου, ὁ μαλακὸς σίδηρος γίνεται καὶ αὐτὸς παροδικὸς μαγνήτης.

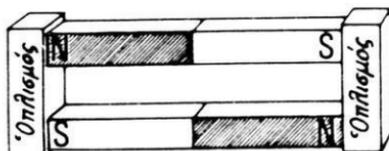


I

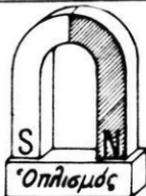


II

Σχ. 185. Μαγνήτισις με προστριβὴν ἐνὸς μαγνήτου (I) καὶ δύο μαγνητῶν (II).



I



II

Σχ. 186. Τρόπος διατήρησης μαγνητῶν.

κετὰ μεγάλο τμήμα τοῦ χώρου ὃ ὁποῖος τὸν περιβάλλει.

Ἐάν φέρωμεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ βελὼν ἄποκλίνει. Ἄλλωστε ἐάν εἰς

δ) Μαγνήτισις δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἰσχυροῦς μαγνήτης κατασκευάζομεν με τοποθέτησιν χαλυβδίνων ράβδων ἐντὸς πηνίων, τὰ ὁποῖα διαρρέονται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅπως θὰ μελετήσωμεν εἰς ἐπόμενα κεφάλαια.

§ 191. Διατήρησις τῶν μαγνητῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου, ἡ ἐξαφάνισις τῶν μαγνητικῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα κλάσματος τοῦ δευτερολέπτου, ἐνῶ δι' ὀρίσμενους χάλυβας, ἡ ἐξαφάνισις τῶν πόλων γίνεται εἰς χρονικὸν διάστημα πολλῶν ἐτῶν.

Διὰ νὰ παρεμποδίσωμεν τὴν ἀπομαγνήτισιν μονίμων μαγνητῶν, τοὺς διατάσσομεν ὅπως δεῖκνύεται εἰς τὸ σχ. 186, κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε οἱ ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι νὰ εὐρίσκονται ὁ ἓνας ἐναντι τοῦ ἄλλου, τοποθετοῦντες ἐν ἐπαφῇ πρὸς τοὺς πόλους τεμάχια μαλακοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα ὀνομάζονται ὀπλισμοὶ (σχ. 186).

§ 192. Μαγνητικὸν πεδῖον ἐνὸς μαγνήτου. Ἐκαστος μαγνήτης ἄ-

τὸν μαγνήτην πλησιάσωμεν ρινίσματα σιδήρου παρατηροῦμεν ὅτι αὐτὰ ἔλκονται.

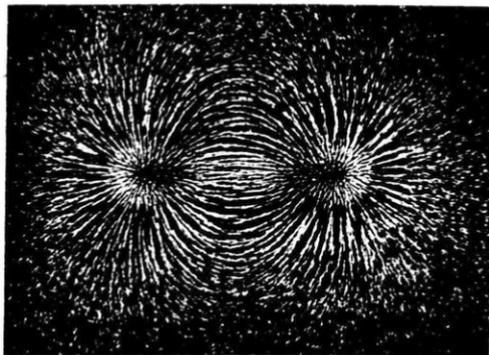
Συμπεραίνομεν λοιπὸν ὅτι εἰς τὸν γειτονικὸν τοῦ μαγνήτου χῶρον, παρουσιάζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

Ὅνομάζομεν μαγνητικὸν πεδίων τὴν περιοχὴν τοῦ χῶρου, ἐντὸς τῆς ὁποίας ἐκδηλώνονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

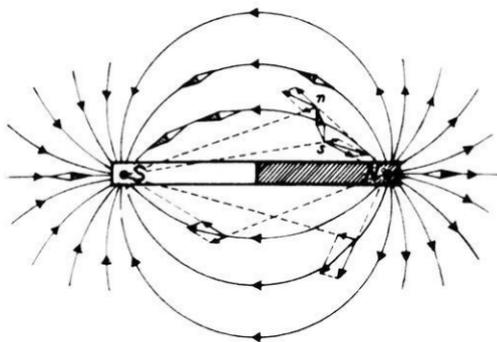
§ 193. Μαγνητικὸν φάσμα ἑνὸς εὐθυγράμμου μαγνήτου.

Εἰς ἓνα τεμάχιον χαρτονίου διασπείρομεν ρινίσματα σιδήρου. Διατηροῦμεν τὸ χαρτόνιον ὀριζόντιον καὶ τοποθετοῦμεν κάτωθεν αὐτοῦ ἓνα ραβδόμορφον μαγνήτην. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου τότε διατάσσονται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε νὰ σχηματίζουν καμπύλας γραμμάς με ἀρχὴν καὶ τέλος τοὺς δύο πόλους τοῦ μαγνήτου (σχ. 187). Αὐταὶ αἱ καμπύλαι γραμμαὶ ὀνομάζονται **μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ**. Τὸ σύνολον δὲ αὐτῶν τῶν γραμμῶν ὀνομάζεται **μαγνητικὸν φάσμα** τοῦ μαγνήτου.

Ἐὰν λάβωμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος



Σχ. 187. Μαγνητικὸν φάσμα ραβδόμορφου μαγνήτου.



Σχ. 188. Ἡ μαγνητικὴ βελόνη παραμένει συνεχῶς ἐφαπτομένη κατὰ μῆκος μίᾳς δυναμικῆς μαγνητικῆς γραμμῆς.

μιάς μαγνητικής δυναμικής γραμμής, παρατηρούμεν ότι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς βελόνης παραμένει συνεχῶς ἐφαπτόμενος εἰς τὴν δυναμικὴν γραμμὴν (σχ. 188). Δυνάμεθα ἐπομένως νὰ εἰπώμεν ὅτι :

Μαγνητικὴ δυναμικὴ γραμμὴ εἶναι ἡ γραμμὴ ἐκείνη εἰς ἕκαστον σημεῖον τῆς ὁποίας ἐφάπτεται ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

Ἐὰς θεωρήσωμεν τώρα ὅτι ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης δύναται νὰ μετακινηθῆ ἔλευθέρως. Θὰ παρατηρήσωμεν τότε ὅτι ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν βόρειον μαγνητικὸν πόλον τοῦ μονίμου μαγνήτου, ἐνῶ συγχρόνως ἔλκεται ἀπὸ τὸν νότιον μαγνητικὸν πόλον του, ἀκολουθῶν τὴν δυναμικὴν γραμμὴν μὲ φοράν ἀπὸ τὸν Βορρᾶν (N) πρὸς τὸν Νότον (S). Οὕτω λέγομεν ὅτι ἡ φορά αὐτὴ εἶναι ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφεται ἡ δυναμικὴ μαγνητικὴ γραμμὴ. Ὡστε :

Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὸν Βόρειον μαγνητικὸν πόλον καὶ εἰσέρχονται εἰς τὸν Νότιον πόλον τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτους.

Ἡ διεύθυνσις καὶ ἡ φορά τῶν δυναμικῶν γραμμῶν καθορίζουν τὴν διεύθυνσιν καὶ τὴν φοράν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἰς ἕκαστον σημεῖον τοῦ χώρου.

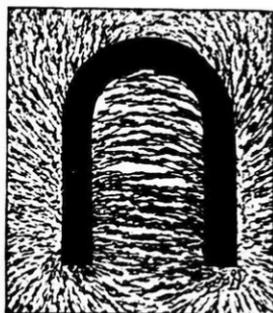
§ 194. Ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Αἱ δυνάμεις, αἵτινες ἀσκοῦνται ἀπὸ ἓνα μόνιμον μαγνήτην εἰς τοὺς πόλους μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης, ἐλαττώνονται σημαντικῶς ὅσον ἡ ἀπόστασις μαγνήτου - βελόνης αὐξάνεται.

Λέγομεν τότε ὅτι ἡ ἔντασις τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, τὸ ὁποῖον δημιουργεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην, εἶναι μεγαλυτέρα εἰς πλησιέστερα σημεῖα παρὰ εἰς ἀπομεμακρυσμένα.

Ἄλλωστε μία προσεκτικὴ μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ φάσματος μᾶς δεικνύει ὅτι αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι πυκνότεραι εἰς τὰς πλησιέστερας πρὸς τὸν μαγνήτην περιοχὰς παρὰ εἰς τὰ ἀπομεμακρυσμένας. Αὕτῃ ἡ παρατήρησις εἶναι γενικὴ καὶ μᾶς ὀδηγεῖ εἰς τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα :

Τὸ μαγνητικὸν πεδῖον εἰς ἓνα ὀρισμένον σημεῖον ἔχει τόσον με-

γαλυτέραν έντασιν, όσον πυκνότεραι είναι αί δυναμικαί γραμμαι εις την περιοχην αυτου του σημειου.



Σχ. 189. Φάσμα πεταλοειδους μαγνήτου.

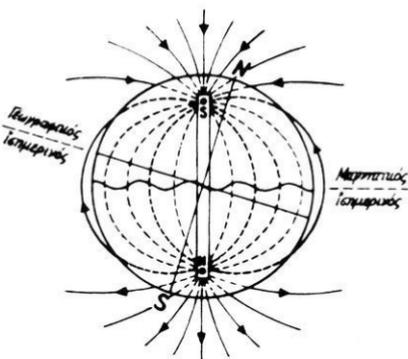
Ής θεωρήσωμεν το μαγνητικόν φάσμα ενός πεταλοειδους μαγνήτου (σχ. 189). Αί μαγνητικαί δυναμικαί γραμμαι εις τον χωρον ό όποιος παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο πόλων του μαγνήτου, είναι ευθείαι παράλληλοι και ίσαπέχουσαι. Λέγομεν τότε ότι εις αυτην την περιοχην το μαγνητικόν πεδιον είναι όμογενές ή άλλεως ότι ή έντασίς του είναι σταθερά. Ωστε :

Ένα μαγνητικόν πεδιον είναι όμογενές, όταν εις έκαστον σημειον του ή έντασίς του διατηρηται σταθερά.

§ 195. Μαγνητικόν πεδιον της γης. Καθως γνωρίζομεν, εάν αφήσωμεν μίαν μαγνητικήν βελόνην να ίσορροπήση, ό διαμήκης άξων της θα προσανατολισθη, πάντοτε, ακολουθών την διεύθυνσιν Βορράς - Νότος. Έφ' όσον πλησίον της μαγνητικής βελόνης δέν υπάρχει κανεις άλλος μαγνήτης, συμπεραίνομεν ότι δια να προσανατολιζεται αυτή, θα ύπαρξη εις την περιοχην της Γης ένα μαγνητικόν πεδιον.

Αυτό το μαγνητικόν πεδιον, το όποιον ύπαρχει μονίμως εις την περιοχην της Γης, ονομάζεται γήϊνον μαγνητικόν πεδιον.

Δηλαδή, ή Γη συμπεριφέρεται ως ένας τεράστιος μαγνήτης, οί μαγνητικοί πόλοι του όποιου εύρίσκονται πλησίον των πολικων περιοχων της (σχ. 190). Ό ένας από τους μαγνητικούς πόλους της Γης εύρίσκεται πλησίον του βορείου γεωγραφικου πόλου, εις το βορειον



Σχ. 190. Το γήϊνον μαγνητικόν πεδιον. Η Γη συμπεριφέρεται ως τεράστιος μαγνήτης.

τμήμα τοῦ Καναδά, ἐνῶ ὁ ἄλλος μαγνητικός πόλος τῆς Γῆς εὐρίσκεται πλησίον τοῦ νοτίου γεωγραφικοῦ πόλου, εἰς τὴν Γῆν τῆς Βικτώριας.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Μεταξὺ δύο πόλων δύο διαφορετικῶν μαγνητῶν, ἀσκεῖται ἑλκτική δύναμις ἢ ἀπωστική δύναμις, ἐὰν οἱ πόλοι εἶναι ἑτερόνυμοι ἢ ὁμώνυμοι. Δηλαδή, δύο ὁμώνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι ἀπωθοῦνται ἐνῶ δύο ἑτερόνυμοι ἔλκονται.

2. Ὄταν μία ράβδος μαλακοῦ σιδήρου τοποθετῆται πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται ἐξ ἐπιδράσεως. Ἡ μαγνητισίς τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι πρόσκαιρος. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μία ράβδος ἀπὸ χάλυβα, ὅταν τοποθετηθῆ πλησίον ἐνὸς μονίμου μαγνήτου, μαγνητίζεται. Ἡ μαγνητισίς ὁμως τοῦ χάλυβος εἶναι μόνιμος.

3. Μαγνητικὸν πεδίων ὀνομάζομεν τὴν περιοχὴν τοῦ χώρου εἰς τὴν ὁποίαν ἐμφανίζονται μαγνητικαὶ δυνάμεις.

4. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἐνὸς μαγνήτου σχηματίζεται ἂν διασπείρωμεν ρινίσματα σιδήρου ἐπὶ ἐνὸς τεμαχίου χαρτονίου ἢ ὑάλου, κάτω ἀπὸ τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ὁ μαγνήτης. Τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὀρισμένων καμπυλῶν ἢ εὐθειῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὀνομάζονται μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαί.

5. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι αἱ γραμμαὶ ἐκεῖναι, εἰς ἕκαστον σημεῖον τῶν ὁποίων ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης εἶναι ἑφαπτόμενος.

6. Ὁ προσανατολισμὸς μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Γῆς ὀφείλεται εἰς τὸ γῆινον μαγνητικὸν πεδίων.

ΔΗ'—ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΥ ΑΓΩΓΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΝ ΠΕΔΙΟΝ ΣΩΛΗΝΟΕΙΔΟΥΣ

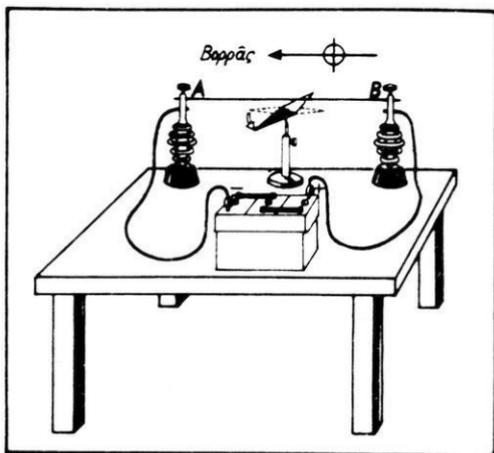
§ 196. Γενικότητες. Μία μαγνητικὴ βελὼν ἢ ὁποία τοποθετεῖται πλησίον ἐνὸς εὐθυγράμμου ἀγωγῶ, ὁ ὁποῖος διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀποκλίνει. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἐπομένως δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίων γύρω ἀπὸ τοὺς ἀγωγούς τοὺς ὁποῖους διαρρέει.

§ 197. α) Εὐθύγραμμος ἄγωγός. Πείραμα τοῦ Ἑρστετ (Oersted). Λαμβάνομεν μίαν μαγνητικὴν βελόνην καὶ τὴν ἀφήνομεν νὰ ἰσορροπήσῃ. Καθὼς παρατηροῦμεν, ἡρεμεῖ εἰς τὴν θέσιν διὰ τὴν ὁποίαν ὁ διαμήκης ἄξων τῆς ἔχει τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος. Κατόπιν τοποθετοῦμεν ἐπάνω ἀπὸ τὴν μαγνητικὴν βελόνην ἓνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν AB, παράλληλον πρὸς τὸν διαμήκη ἄξονά τῆς, καὶ διαβιβάζομεν εἰς τὸν ἄγωγόν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει κατὰ μίαν ὀρισμένην γωνίαν (σχ. 191).

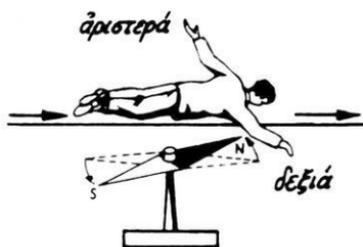
Ἐὰν αὐξήσωμεν κατόπιν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸν ἄγωγόν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἀπόκλισις τῆς βελόνης αὐξάνεται καὶ ὅταν ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερο, ἡ ἀπόκλισις πλησιάζει τὰς 90° , δηλαδὴ ἡ βελόνη τείνει νὰ διαταχθῇ καθέτως πρὸς τὸν ἄγωγόν.



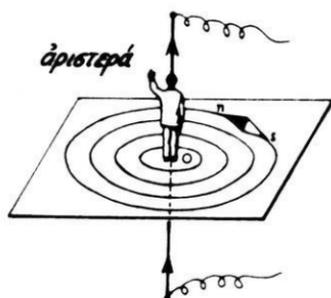
Ὁ Ἑρστετ ἐκτελεῖ τὸ ἱστορικὸν πείραμά του.



Σχ. 191. Πείραμα τοῦ Ἑρστετ. Ὅταν διέλθῃ ρεῦμα, ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἀποκλίνει.



Σχ. 192. Κανών του παρατηρητού του 'Αμπέρ.



Σχ. 193. Μαγνητικόν πεδίου ενός εὐθύγραμμου ἀγωγού.

σπείρει ρινίσματα σιδήρου. Ένας χάλκινος ἀγωγός διαπερᾶ καθέτως τὸ χαρτόνιον (σχ. 193) Διοχετεύομεν εἰς τὸν ἀγωγὸν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα μεγάλης ἐντάσεως (6 - 10 A περίπου) καὶ κτυπόμεν ἐλαφρῶς τὸ χαρτόνιον οὕτως, ὥστε νὰ διευκολύνωμεν τὸν προσανατολισμὸν τῶν ρινισμάτων. Διαπιστώνομεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος συγκεντρικῶν κύκλων μὲ κέντρον τὸ σημεῖον O, εἰς τὸ ὁποῖον ὁ ἀγωγός διαπερᾶ τὸ χαρτόνιον. Τὰ ρινίσματα δηλαδὴ τοῦ σιδήρου ὑλοποιοῦν τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμὰς.

Κατόπιν τοποθετοῦμεν μίαν μικρὰν μαγνητικὴν βελόνην κατὰ μῆκος μιᾶς γραμμῆς ρινισμάτων. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔχει τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης εἰς τὴν γραμμὴν τῶν ρινισμάτων. Ὁ βόρειος πόλος τῆς μαγνητικῆς βελόνης μᾶς δίδει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

Ἄν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, μεταβάλλεται καὶ ἡ διεύθυνσις ἀποκλίσεως τῆς μαγνητικῆς βελόνης.

§ 198. Κανὼν τοῦ Ἄμπέρ. Ἡ φορὰ τῆς ἀποκλίσεως εὐρίσκεται μὲ τὸν ἀκόλουθον κανὼνα τοῦ Ἄμπέρ:

Ὁ βόρειος πόλος (N) μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι τοποθετημένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγού, εἰς τρόπον ὥστε τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ τὸν διαρρέῃ ἀπὸ τοὺς πόδας πρὸς τὴν κεφαλὴν (σχ. 192).

§ 199. Μελέτη τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ παραγομένου περὶ ἓνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν. Πείραμα. Λαμβάνομεν ἓνα χαρτόνιον, τοποθετημένον ὀριζοντίως εἰς τὴν ἐπάνω ὀθιν τοῦ ὁποῖου ἔχομεν δια-

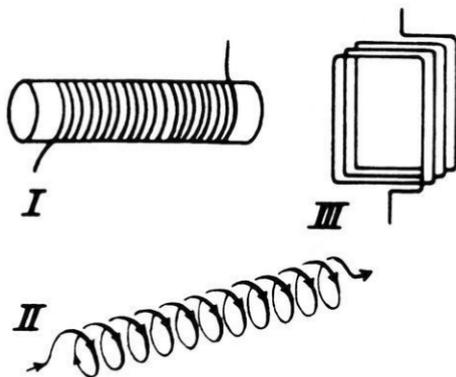
Ἐάν χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ Ἄμπέρ, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἄριστερά χεὶρ τοῦ παρατηρητοῦ μᾶς δίδει τὴν φοράν, κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ. Ἐάν ἀλλάξωμεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ διεύθυνσις τῆς μαγνητικῆς βελόνης παραμένει ἡ ἴδια, ἡ φορά τῆς ὁμως ἀντιστρέφεται. Ὡστε :

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἕνα εὐθύγραμμον ἄγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδῖον, τὸ ὁποῖον εἶναι κάθετον ἐπὶ τὸν ἄγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται ἀντιστρέφεται ὅταν τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα ἀλλάξῃ φοράν.

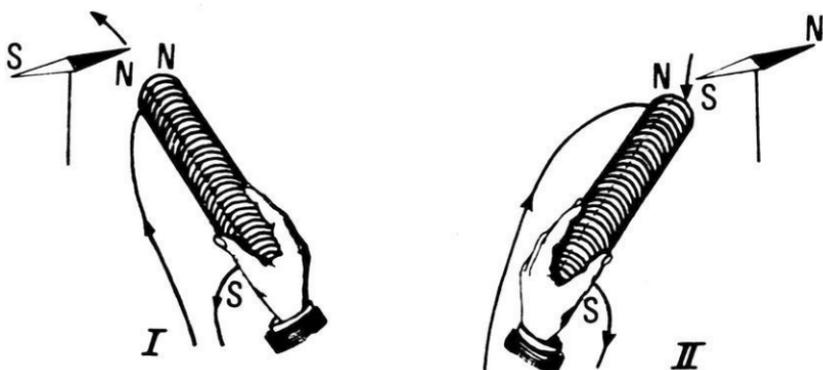
§ 200. Σωληνοειδές. Τὸ σωληνοειδές εἶναι μία εἰδικὴ μορφή ἄγωγου, ὁ ὁποῖος κατασκευάζεται ἐάν περιελίξωμεν ἑλικοειδῶς μὲ ἄγωγόν σύρμα τὴν ἐπιφάνειαν ἑνὸς κυλίνδρου (σχ. 194, I) Ἐάν τὸ σύρμα παρουσιάξῃ ἄρκετὴν ἄκαμψίαν, μετὰ ἀπὸ τὴν περιέλιξιν δυνάμεθα νὰ ἀπομακρύνωμεν τὸν κύλινδρον. Ἐάν τὸ ἄγωγόν σύρμα εἶναι γυμνόν, αἱ σπείραι δὲν πρέπει νὰ ἐφάπτονται, διότι θὰ δημιουργηθῇ βραχυκύκλωμα (σχ. 194, II) καὶ τὸ σωληνοειδές θὰ καταστραφῇ ὅταν διέλθῃ ρεῦμα.

Διὰ νὰ ἐξοικονομήσωμεν χῶρον καὶ διὰ μεγαλυτέραν ἀσφάλειαν, κατὰ τὴν κατασκευὴν ἑνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν μονωμένον σύρμα. Τότε πλέον δυνάμεθα νὰ περιελίξωμεν διαδοχικῶς τὸ σύρμα εἰς ἀλλεπαλλήλους στρώσεις.

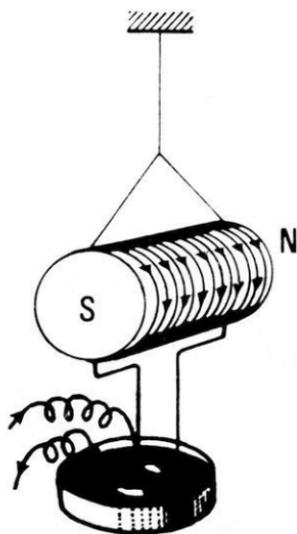
Τὸ μῆκος ἑνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι μέγανον ἐν σχέσει πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ κυλίνδρου, εἰς τὸν ὁποῖον περιελίσσεται τὸ ἄγωγόν σύρμα. Ἀντι-



Σχ. 194. Σωληνοειδές : (I) μὲ πυρήνα καὶ (II) χωρὶς πυρήνα. (III) Πλαίσιον.



Σχ. 195. Το σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, παρουσιάζει νότιον καὶ βόρειον πόλον εἰς τὰ ἅκρα του.



Σχ. 196. Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα, προσανατολίζεται εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδῖον τῆς Γῆς.

θέτως ἓνα ἐπίπεδον πλαίσιον ἔχει πολὺ μικρὸν μῆκος. Ἡ διατομὴ τοῦ ἐπιπέδου πλαισίου εἶναι συνήθως τετραγωνικὴ (σχ. 194, III).

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς ἓνα σωληνοειδές καὶ πλησιάζομεν εἰς τὴν μίαν ἀπὸ τὰς ἅκρας του τὸν βόρειον πόλον N μιᾶς μαγνητικῆς βελόνης. Παρατηροῦμεν τότε ἢ ὅτι βελόνη ἀπωθεῖται βιαίως (σχ. 195, I).

Ἐναντιθέτως ἐὰν πλησιάσωμεν εἰς τὴν ἰδίαν ἅκρην τοῦ σωληνοειδοῦς τὸν νότιον πόλον S τῆς μαγνητικῆς βελόνης, παρατηροῦμεν ὅτι ἔλκεται ἐντόνως (σχ. 195, II).

Ἐπαναλαμβάνομεν τὸ ἴδιον πείραμα εἰς τὴν ἄλλην ἅκρην τοῦ σωληνοειδοῦς. Αὐτὴν τὴν φορὰν ὁ βόρειος πόλος N τῆς μαγνητικῆς βελόνης ἔλκεται ἐνῶ ὁ νότιος πόλος S ἀπωθεῖται. Ἀπὸ τὸ ἀνωτέρω πείραμα συμπεραίνομεν ὅτι :

Ένα σωληνοειδές, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, συμπεριφέρεται ως ένας ραβδόμορφος μαγνήτης.

Πείραμα. Έξαρτῶμεν ένα σωληνοειδές δι'ένος μεταξωτοῦ νήματος. Τά δύο ἄκρα τοῦ ἀγωγοῦ σύρματος ἐφάπτονται ἐλαφρῶς εἰς τήν ἐπιφάνειαν τοῦ ὑδραργύρου, ὁ ὁποῖος εὑρίσκεται ἐντὸς δύο συγκεντρικῶν αὐλακίων (σχ. 196). Κλείομεν τὸν διακόπτην καὶ παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές περιστρέφεται περὶ τὸ νήμα καὶ σταθεροποιεῖται εἰς τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος.

Ἐάν τώρα ἀναστρέψωμεν τὴν φοράν τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, παρατηροῦμεν ὅτι τὸ σωληνοειδές στρέφεται κατὰ γωνίαν 180° .

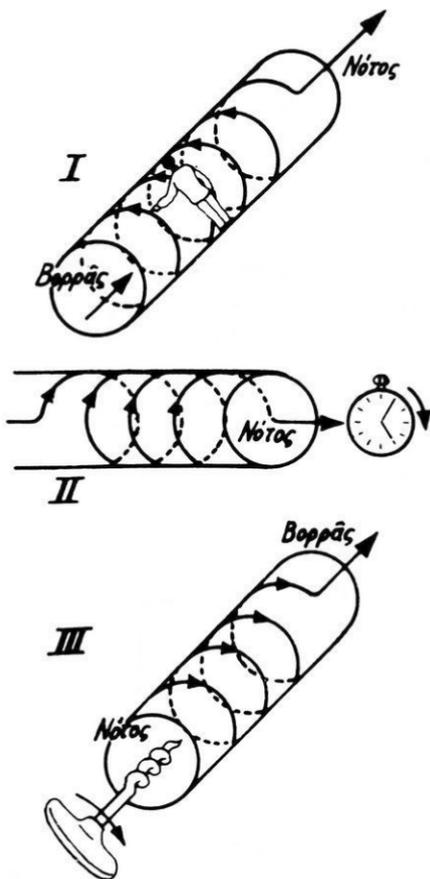
Ὡστε

Τὸ σωληνοειδές προσανατολίζεται ὅπως καὶ οἱ μαγνήται ἐντὸς τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

§ 201. Ἀναγνώρισις τοῦ βορείου καὶ τοῦ νοτίου πόλου ἐνός σωληνοειδοῦς.

Ὁ καθορισμὸς τῶν πόλων ἐνός σωληνοειδοῦς δύναται νὰ γίνῃ μετὰ τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ. Ὁ παρατηρητὴς πρέπει νὰ εἶναι ἐξαπλωμένος εἰς μίαν σπείραν καὶ νὰ βλέπῃ πρὸς τὸ ἐσωτερικόν τοῦ σωληνοειδοῦς, τὸ δὲ ρεύμα νὰ εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας του καὶ νὰ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (σχ. 197, I). Τότε ὁ βόρειος πόλος εὑρίσκεται ἀριστερά του.

Ἐπίσης διὰ τὸν καθορισμὸν τοῦ βορείου καὶ νοτίου πόλου τοῦ σωληνοειδοῦς



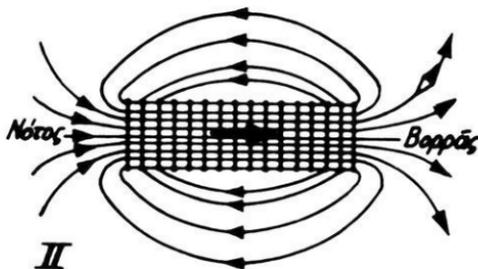
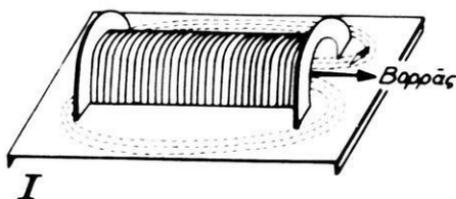
Σχ. 197. Διὰ τὴν ἀναγνώρισιν τῆς βορείου καὶ νοτίου ὀψεως ἐνός σωληνοειδοῦς, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ρεύμα: (I) μετὰ τὸν κανόνα τοῦ παρατηρητοῦ τοῦ Ἀμπέρ (II) μετὰ τὸ ὄρολόγιον, (III) μετὰ τὸν κανόνα τοῦ ἐκπωματιστοῦ.

χρησιμοποιείται πολλές φορές ένα ωρολόγιον. Ὁ νότιος πόλος εἶναι ὁ πόλος πρὸς τὸν ὁποῖον κινεῖται τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ὅταν τὸ βλέπωμεν νὰ ἔχη φορὰν τὴν αὐτὴν μὲ τὴν φορὰν τῶν δεικτῶν τοῦ ωρολογίου (σχ. 197, II).

Δυνάμεθα ἀκόμη νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν κανόνα τοῦ ἔκπωματιστοῦ (σχ. 193, III), ὁ ὁποῖος εἶναι ὁ ἀκόλουθος. Ἡ νοτιὰ ὄψιν ἑνὸς σωληνοειδοῦς εἶναι ἡ ὄψιν ἐκείνη ἐμπροσθεν τῆς ὁποίας πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἕνα ἔκπωματιστὴν, ὁ ὁποῖος, ὅταν περιστρέφεται κατὰ τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος, νὰ κοχλιοῦται κατὰ τὴν φορὰν τῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 202. Μαγνητικὸν φάσμα ἑνὸς σωληνοειδοῦς. Τὸ μαγνητικὸν φάσμα ἑνὸς σωληνοειδοῦς λαμβάνεται κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον μὲ τὸν ὁποῖον ἐλάβομεν τὸ μαγνητικὸν φάσμα τοῦ ραβδοφόρου μαγνήτου.

Πείραμα. Λαμβάνομεν ἕνα τεμάχιον χαρτονίου καὶ κατασκευάζομεν ἕνα σωληνοειδῆς οὕτως, ὥστε αἱ σπεῖραι τοῦ νὰ διαπερνοῦν τὸ χαρτόνιον (σχ. 198, I). Εἰς τὴν ἐπάνω ὄψιν τοῦ χαρτονίου διασκορπίζομεν ρινίσματα σιδήρου καὶ διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς



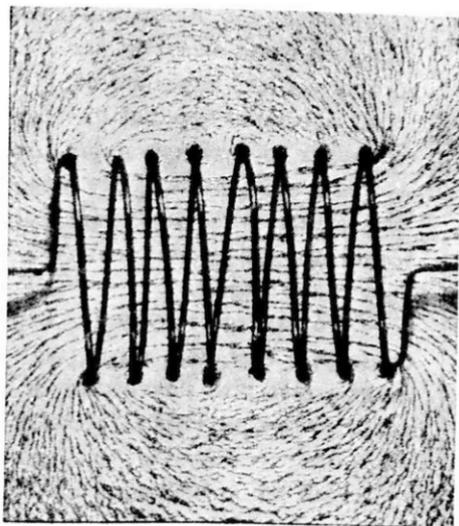
σχ. 198. Ἡ μικρὰ μαγνητικὴ βελόνη δεικνύει τὴν φορὰν τῶν μαγνητικῶν γραμμῶν (I). Δυναμικαὶ μαγνητικαὶ γραμμαὶ εἰς τὸν ἔξω καὶ εἰς τὸν μέσα χώρον ἑνὸς σωληνοειδοῦς (II).

τὸ σωληνοειδῆς. Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου διατάσσονται κατὰ μῆκος ὀρισμῶν γραμμῶν, αἱ ὁποῖαι ὁμοιάζουν μὲ τὰς μαγνητικὰς δυναμικὰς γραμμάς τοῦ ραβδοφόρου μαγνήτου.

Αἱ μαγνητικαὶ δηλαδὴ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἐξέρχονται ἀπὸ τὴν βορείαν ὄψιν, κατόπιν καμπυλῶνται καὶ εἰσέρχονται εἰς τὴν νοτιάν ὄψιν τοῦ σωληνοειδοῦς. Εἶναι κλεισταὶ γραμμαὶ καὶ εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ σωληνοειδοῦς γίνονται εὐθεταὶ παράλληλοι μεταξύ των, μὲ φορὰν ἀπὸ τὸν νότιον πρὸς τὸν βορειον πόλον (σχ. 198, II καὶ 199).

Ἐάν τώρα μετακινήσωμεν μίαν μικράν μαγνητικήν βελόνην εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδῖον ἑνὸς σωληνοειδοῦς, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ διαμήκης ἄξων αὐτῆς λαμβάνει πάντοτε τὴν διεύθυνσιν τῆς ἐφαπτομένης τῶν δυναμικῶν γραμμῶν. Εἰς τὸ ἐσωτερικὸν δὲ τοῦ σωληνοειδοῦς ἡ μαγνητικὴ βελόνη ἔχει διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν ἄξονά του.

Ὡστε :



Σχ. 199. Μαγνητικὸν φάσμα σωληνοειδοῦς.

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης με πόλους τὰ δύο ἄκρα του.

Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φοράν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα δημιουργεῖ περὶ τὸν ἀγωγὸν τὸν ὅποιον διαρρέει, ἕνα μαγνητικὸν πεδῖον, τὸ ὅποιον προκαλεῖ ἀπόκλισιν εἰς μίαν μαγνητικὴν βελόνην. Ὁ βόρειος πόλος αὐτῆς μαγνητικῆς βελόνης ἀποκλίνει πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἑνὸς παρατηρητοῦ, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξαπλωμένος ἐπὶ τοῦ ἀγωγοῦ καὶ βλέπει τὴν μαγνητικὴν βελόνην κάτω ἀπὸ τὸν ἀγωγόν, ἐνῶ τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τοὺς πόδας καὶ ἐξέρχεται ἀπὸ τὴν κεφαλὴν του (κανὼν τοῦ Ἄμπέρ).

2. Τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὅποιον διαρρέει ἕνα εὐθύγραμμον ἀγωγόν, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸν μαγνητικὸν πεδῖον, κάθετον ἐπὶ τὸν ἀγωγόν. Αἱ μαγνητικαὶ δυναμικαὶ γραμμαὶ εἶναι συγκεντρικοὶ κύκλοι. Ἡ φορά κατὰ τὴν ὁποίαν διαγράφονται, ὀρίζεται ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν τοῦ Ἄμπέρ. Συγκεκριμένως δὲ ὅταν ὁ

παρατηρητής του Ἀμπέρ παρακολουθῆ ἓνα σημεῖον, ἢ δυναμικὴ γραμμὴ ἢ ὁποία διέρχεται ἀπὸ αὐτὸ τὸ σημεῖον ἔχει φορὰν πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ παρατηρητοῦ.

Αἱ δυναμικαὶ γραμμαὶ ἀλλάζουν φορὰν ὅταν ἀναστρέψωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

3. Τὸ σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης. Ἐμφανίζει μίαν βορείαν καὶ μίαν νοτίαν ὄψιν καὶ προσανατολίζεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν τοῦ γήινου μαγνητικοῦ πεδίου.

4. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, τὸ ὁποῖον διαρρέει ἓνα σωληνοειδές, δημιουργεῖ περὶ αὐτὸ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὁποῖον ὅταν ὑλοποιῆται δίδει ἓνα μαγνητικὸν φάσμα ὅμοιον μὲ τὸ φάσμα τῶν ραβδομόρφων μαγνητῶν. Ἡ πολικότης τοῦ σωληνοειδοῦς ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

5. Διὰ τὴν καθορίσωμεν τὴν βορείαν καὶ νότιον ὄψιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς, χρησιμοποιοῦμεν συνήθως τὸν κανόνα τοῦ Ἀμπέρ.

ΔΗ' — ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΑΙ

§ 203. Γενικότητες. Ἀρχὴ τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου. Εἰς προηγούμενα μαθήματα εἶχομεν ἀναφέρει ὅτι, ὅταν ἓνα τεμάχιον μαλακοῦ σιδήρου τοποθετηθῆ εἰς τὸ μαγνητικὸν πεδίον ἐνὸς μαγνήτου, μαγνητίζεται προσκαίρως. Ὅταν δηλαδὴ ἀπομακρύνωμεν τὸ τεμάχιον τοῦ μαλακοῦ σιδήρου ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ὁ μαλακὸς σίδηρος παύει νὰ εἶναι μαγνήτης. Γνωρίζομεν ἐπίσης ὅτι ἓνα σωληνοειδές, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἰσοδυναμεῖ μὲ μαγνήτην καὶ δημιουργεῖ ἓνα μαγνητικὸν πεδίον, ὅμοιον μὲ ἐκεῖνο τοῦ ραβδομόρφου μαγνήτου. Τὰς δύο αὐτὰς κεχωρισμένας διαπιστώσεις τὰς ἐκμεταλλεῦμεθα διὰ τὴν κατασκευάσωμεν τοὺς ἠλεκτρομαγνήτας.

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον περιέχει ἓνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον, κυλινδρικοῦ συνήθως σχήματος.

Πείραμα. Διαβιβάζομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές, ὅποτε ὁ πυρῆν τοῦ μαλακοῦ σιδήρου μαγνητίζεται καὶ ἀποκτᾶ τὴν ἰκανότητα νὰ ἔλκη τὰ ρινίσματα τοῦ μαλακοῦ σιδήρου (σχ. 200).

Ἐάν πλησιάσωμεν διαδοχικῶς μίαν μαγνητικὴν βελόνην εἰς τὰ δύο ἄκρα τοῦ πυρῆνος, διαπιστώνομεν ὅτι ὁ πυρῆν παρουσιάζει ἕνα βόρειον καὶ ἕνα νότιον μαγνητικὸν πόλον.

Ἐάν ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, ἡ πολικότης τοῦ πυρῆνος ἀντιστρέφεται.

Διακόπτομεν τὸ κύκλωμα, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι τὰ ρινίσματα τοῦ σιδήρου καταπίπτουν ἀμέσως. Ὁ πυρῆν ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον ἀποβάλλει ἀμέσως τὴν μαγνήτισίν του.

Εἶναι δυνατόν πολλὰς φορές νὰ παραμείνουν προσκεκολλημένα εἰς τὸν πυρῆνα μερικὰ ρινίσματα σιδήρου.

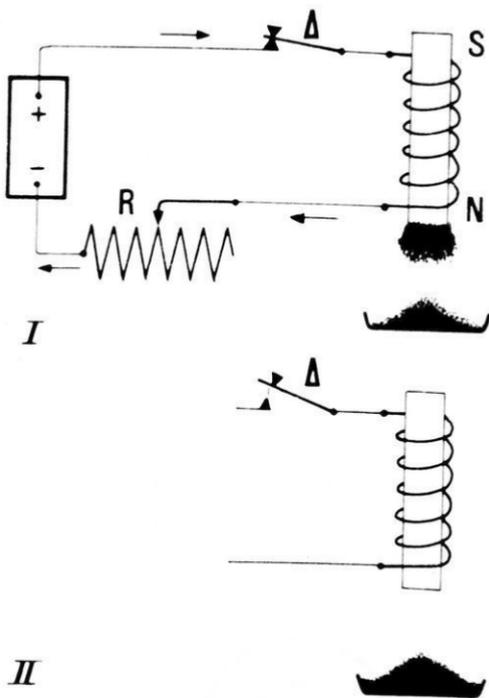
Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι ὁ πυρῆν δὲν ἀποτελεῖται ἀπὸ τελείως καθαρὸν σίδηρον, ἀλλὰ περιέχει καὶ προσμίξεις χάλυβος. Ὡστε :

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης εἶναι ἕνας πρόσκαιρος μαγνήτης, ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα σωληνοειδές, περιέχον ἕνα πυρῆνα ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον.

Ἡ διέγερσις τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου προκαλεῖται ἀπὸ τὴν διέλευσιν ἠλεκτρικοῦ ρεύματος διὰ μέσου τοῦ σωληνοειδοῦς.

Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο πόλους καὶ ἡ πολικότης του ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν φορὰν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Πείραμα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδές (σχ. 200) καὶ μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ροοστάτου R αὐξάνομεν προοδευτικῶς τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος. Παρατηροῦμεν τότε



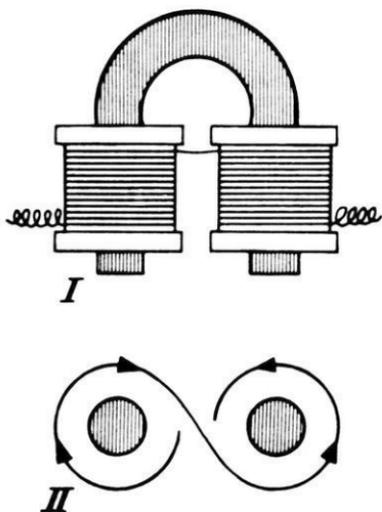
Σχ. 200. Ἠλεκτρομαγνήτης (ἀρχή).

ὅτι καὶ ἡ ποσότης τῶν ριτισμάτων τοῦ σιδήρου, τὰ ὁποῖα ἔλκονται ἀπὸ τὸν πυρῆνα, αὐξάνεται. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

Συνεχίζομεν τὴν αὐξῆσιν τῆς ἐντάσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σωληνοειδές, ὁπότε παρατηροῦμεν ὅτι ἀπὸ μίαν ὀρισμένην τιμὴν τῆς ἐντάσεως καὶ πέραν, ἡ ποσότης τῶν ριτισμάτων τὰ ὁποῖα ἔλκει ὁ πυρῆν παύει νὰ αὐξάνεται. Συμπεραίνομεν τότε ὅτι αὕτη ἡ μαγνήτισις τοῦ μαλακοῦ σιδήρου εἶναι ἡ μεγίστη δυνατὴ, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν ἐπιτύχει **μαγνητικὸν κόρον**. Ὡστε :

Ἡ μαγνήτισις πυρῆνος ἀπὸ μαλακὸν σίδηρον αὐξάνεται, καθὼς αὐξάνεται ἡ ἔντασις τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὁποῖον διαρρέει τὸ σωληνοειδές. Ἡ μαγνήτισις αὕτη δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ ἓνα ὀρισμένον ὄριον (μαγνητικὸς κόρος), ὅσον καὶ ἂν αὐξήσωμεν τὴν ἔντασιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.



Σχ. 201. Πεταλοειδῆς ἠλεκτρομαγνήτης.

§ 204. Διάφορα εἶδη ἠλεκτρομαγνητῶν. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης τὸν ὁποῖον ἐχρησιμοποιήσαμεν εἰς τὴν ἀνάπτυξιν τῆς προηγουμένης παραγράφου, ἦτο ἐπιμήκης καὶ ραβδόμορφος. Συνήθως ὁμως χρησιμοποιοῦμεν καὶ πεταλοειδεῖς ἠλεκτρομαγνήτας (σχ. 201). Εἰς αὐτὸ τὸ εἶδος τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου οἱ δύο πόλοι εὐρίσκονται πολὺ πλησίον ἀλλήλων, μὲ ἀποτελεσματὴ ἢ ἔλξις νὰ εἶναι πολὺ ἰσχυρά.

Ἐκαστὸν σκέλος τοῦ πεταλοειδοῦς πυρῆνος φέρει μίαν περιέλιξιν. Αἱ περιελίξεις τῶν δύο σκελῶν πρέπει νὰ γίνωνται κατὰ ἀντιθέτους φοράς (σχ. 201, II) οὕτως, ὥστε τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ πυρῆνος νὰ εἶναι ἑτερόνυμοι μαγνητικοὶ πόλοι.

Μία ράβδος ή πλάξ από μαλακόν σίδηρον, ή όποία όνομάζεται *όπλισμός*, έλκεται από τό σύστημα τών δύο πόλων, όταν τό σωληνοειδές διαρρέεται από ρεύμα και άποχωρίζεται όταν διακοπή ή παροχή του ρεύματος.

§ 205. Έφαρμογαί τών ήλεκτρομαγνητών. Αί έφαρμογαί τών ήλεκτρομαγνητών είναι πολλάί και ποικίλαι. Αί συσκευαί αί όποιαί κατασκευάζονται με βάσιν τήν άρχήν τών ήλεκτρομαγνητών δύνανται νά παράγουν ισχυρά μαγνητικά πεδία και νά χρησιμοποιηθοϋν ως άνωφωτικά διατάξεις. Έξ άλλου τήν έλξιν του όπλισμου τήν εκμεταλλευόμεθα εις μίαν μεγάλην ποικιλίαν συσκευών και κυρίως εις τās συσκευās αϋτοματοποιήσεως.

α) Παραγωγή μαγνητικών πεδίων. Οί ήλεκτρομαγνηται χρησιμοποιούνται πολϋ περισσότερον από τούς μονίμους μαγνήτας, διότι έπιτρέπουν τήν πραγματοποιήσιν ισχυρών μαγνητικών πεδίων. Δι' αϋτό εύρίσκουν έφαρμογās εις τὰ διάφορα έργαστήρια έρευνών, εις τούς δυναμοκινητήρας, εις τās γεννητριάς έναλλασσομένου ρεύματος, κλπ.

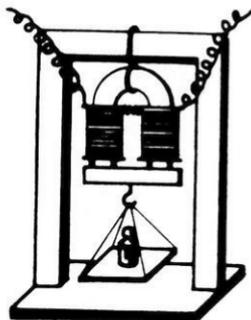
β) Άνωφωτικά διατάξεις. Πείραμα. Διοχετεύομεν ήλεκτρικόν ρεύμα εις τό σπείραμα ενός πεταλοειδοϋς ήλεκτρομαγνήτου, ό όποιος είναι στερεωμένος εις ένα πλαισίον, ένω ό όπλισμός του βαστάζει ένα δίσκον με φορτία (σχ. 202). Φορτιζομεν διαδοχικώς τόν δίσκον με φορτία μεγαλυτέρου συνεχώς βάρους, μέχρις ότου ό όπλισμός άποχωρισθῃ από τόν ήλεκτρομαγνήτην.

Αϋξάνομεν προοδευτικώς τήν έντασιν του ήλεκτρικού ρεύματος, τό όποιον διαρρέει τόν ήλεκτρομαγνήτην. Παρατηροϋμεν τότε ότι ή φέρουσα δύναμις, δηλαδή ή έλκτική ικανότης, αϋξάνεται μέχρι μιās ώρισμένης τιμής. Η μεγίστη *φέρουσα δύναμις* άντιστοιχεί εις τόν μαγνητικόν κόρον.

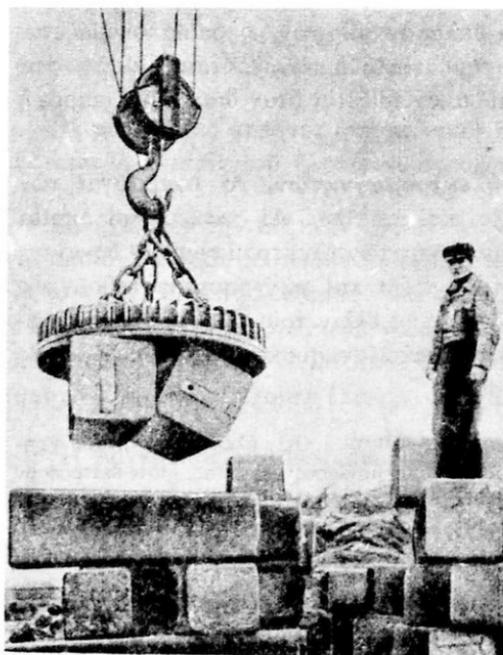
Τήν φέρουσαν δύναμιν ήλεκτρομαγνήτου δυνάμεθα έπίσης νά αϋξήσωμεν, εάν πολλαπλασιάσωμεν τόν άριθμόν τών περιελίξεων του σωληνοειδοϋς.

Έφαρμογήν τών άνωτέρω άποτελοϋν αί συσκευαί άνωφώσεως, όπως ό ήλεκτρομαγνητικός γερανός (σχ. 203), αίτινες χρησιμοποιούνται διά τήν άνωφώσιν και μεταφοράν βαρέων σιδηρών και χαλυβδίνων άντικειμένων.

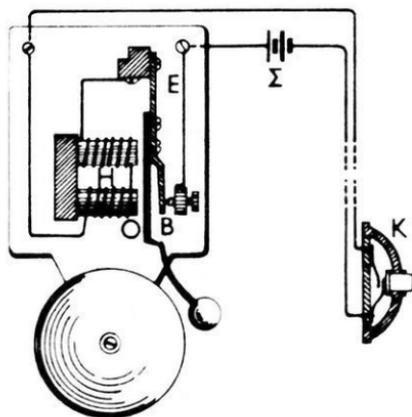
γ) Συσκευαί χρησιμοποιούσαι τήν μετατόπισιν του όπλισμου. Η στιγμιαία μετατόπισις του όπλισμου ενός ήλεκτρομαγνήτου, υπό τήν έπίδρασιν



Σχ. 202. Φέρουσα δύναμις ήλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 203. Ήλεκτρομαγνητικός γερανός με φέρουσαν δύναμιν 2 500 κρ.



Σχ. 204. Ήλεκτρικός κώδων.

του ηλεκτρικού ρεύματος, μās επιτρέπει νά ενεργοποιήσωμεν διαφόρους μηχανισμούς. Αὐτή ἡ διάταξις παρουσιάζει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δύναται νά ἐλεγχθῆ ἀπό μακράν με ἀπλᾶς συνδέσεις ἀγωγῶν συρμάτων. Οὕτως ὁ ἠλεκτρομαγνήτης ἀποτελεῖ τὴν βάσιν τῆς λειτουργίας ἐνὸς μεγάλου ἀριθμοῦ συσκευῶν ὅπως αἱ ἀκόλουθοι.

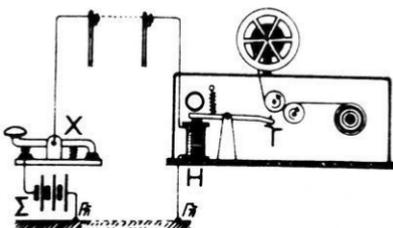
1) Ήλεκτρικὸς κώδων.

Ένας ἠλεκτρικὸς κώδων (σχ. 204) ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕναν ἠλεκτρομαγνήτην H , τοῦ ὁποῖου ὁ ὄπλισμός O , ἀπὸ μαλακῶν σιδηρῶν, εἶναι στερεωμένος ἐπὶ ἐνὸς ἐλαστικοῦ χαλυβδίνου ἐλασματος EB . Τὸ ἔλασμα αὐτὸ στηρίζεται με τὴν μίαν ἄκρην του εἰς τὴν βάσιν τῆς συσκευῆς. Ὅταν πιέζωμεν τὸ κομβίον K , τὸ κύκλωμα κλείει καὶ τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα διαρρέει τὸν ἠλεκτρομαγνήτην, με ἀποτελέ-

σμα νά ἔλκεται ὁ ὄπλισμός καὶ τὸ σφυρίον του νά κτυπᾷ τὸν κώδωνα. Συγχρόνως τὸ ἄκρον B τοῦ ἐλάσματος ἀποχωρίζεται ἀπὸ τὸν κοχλιαν, εἰς τὸν ὁποῖον ἐφάπτεται καὶ τὸ κύκλωμα διακόπτεται. Ἡ ἔλξις σταματᾷ καὶ τὸ ἐλαστικὸν χαλυβδίνον ἔλασμα ἐπαναφέρει τὸν ὄπλισμὸν εἰς τὴν ἀρχικὴν υτο θέσιν, ὁπότε ἐπανακλείει τὸ κύκλωμα καὶ τὸ φαινόμενον ἐπαναλαμβάνεται.

2) Τηλέγραφος. Ὁ τηλεγράφος ἐπιτρέπει με τὴν χρῆσιν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος τὴν ἀποστολὴν σημάτων εἰς μεγάλας ἀποστάσεις. Ὁ σταθμὸς ἐκπομπῆς περιλαμβάνει μίαν γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος Σ (ἠλεκτρικαὶ στήλαι, συσσω-

ρευται) και ένα χειριστήριο X (σχ. 205). Ο σταθμός λήψεως αποτελείται από τόν έναν ηλεκτρομαγνήτην, του οποίου ό όπλισμός είναι μία μικρά πλάξ, Ο, στερεωμένη εις ένα κινητόν μοχλόν. Ένα κατάλληλον ελατήριο διατηρεί τόν όπλισμόν μακράν από τόν πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτου.



Σχ. 205. Μονόπλευρος τηλεγραφική ανταπόκρισις.

Όταν πιέζωμεν τό χειριστήριο, ή πλάξ (όπλισμός) έλκεται, ή άκρη Γ του μοχλού άνυψώνεται και ή γραφίς, ή οποία είναι στερεωμένη, χαράσσει γραμμάς εις μίαν ταινίαν από χάρτην. Η ταινία αυτή παρασύρεται εις μίαν σταθεράν συνεχή κίνησιν με την βοήθειαν ενός ώρολογιακού μηχανισμού.

Εύθως ώς παύσωμεν νά πιέζωμεν τό χειριστήριο ή πλάξ παύει νά έλκεταί, τό έλατήριο τήν άπομακρύνει από τόν πυρήνα του ηλεκτρομαγνήτου και ή γραφίς παύει νά έφάπτεται εις τήν χαρτινήν ταινίαν. Τό μήκος τής γραμμής τό όποιον χαράσσει ή γραφίς εξαρτάται από τόν χρόνον κατά τόν όποιον επιέζομεν τό χειριστήριο. Μία πολύ σύντομος έπαφή άποδίδει μίαν βραχείαν στιγμήν (τελεία) ενώ μία διά μεγαλύτερον χρονικόν διάστημα έπαφή, μίαν μακράν στιγμήν (γραμμή). Τα διάφορα γράμματα του άλφαβήτου μεταδίδονται με συνδυασμούς βραχειών και μακρών στιγμών (Μορσικόν άλφάβητον).

Αυτό τό υπόδειγμα του τηλεγράφου έχει αντικατασταθής σήμεραν από πολυπλόκους συσκευάς, αί όποιαί άποδίδουν τά γράμματα εις τήν ταινίαν άπ' ευθείας με τυπογραφικούς χαρακτήρας, άντι τών γραμμών και τελειών. Πάντως ή άρχή παραμένει ή ίδια.

Άλλαι χρήσεις του ηλεκτρομαγνήτου. Οί ηλεκτρομαγνήται χρησιμοποιούνται εις τήν μετάδοσιν τών σημάτων εις τά σιδηροδρομικά δίκτυα, εις τά ηλεκτρικά ώρολόγια, εις τούς ηλεκτρονόμους (ρελαιο), εις τά τηλεφωνικά άκουστικά, κλπ.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας πρόσκαιρος μαγνήτης ό όποιος αποτελείται από ένα σωληνοειδές, τό όποιον περικλείει ένα πυρήνα από μαλακόν σίδηρον. Η μαγνήτισις του μαλακού σιδήρου όφείλεται εις τό μαγνητικόν πεδίο, τό όποιον δημιουργείται από τήν διέλευσιν ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τό σωληνοειδές.

2. Η μαγνήτισις ενός ηλεκτρομαγνήτου αυξάνεται με τήν αύξησιν τής έντάσεως του ηλεκτρικού ρεύματος, μέχρις ενός

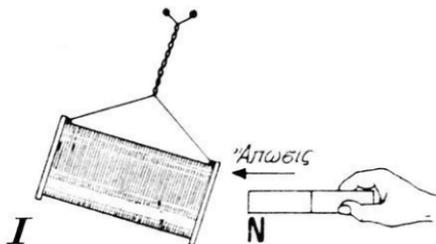
ώρισμένου σημείου. Πέραν μιᾶς ώρισμένης τιμῆς τῆς ἐντάσεως, ἡ μαγνήτισις παραμένει σταθερά, ὅποτε ἔχομεν ἐπιτύχει μαγνητικὸν κόρον.

3. Ὁ ἠλεκτρομαγνήτης παρουσιάζει δύο μαγνητικούς πόλους, Βόρειον καὶ Νότιον. Ἡ πολικότης τοῦ ἠλεκτρομαγνήτου ἀντιστρέφεται, ὅταν ἀντιστρέψωμεν τὴν φοράν τῆς διελεύσεως τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος.

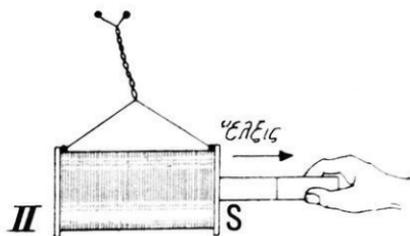
4. Ἐφαρμογαὶ τῆς χρήσεως τῶν ἠλεκτρομαγνητῶν ἀποτελοῦν ὁ ἠλεκτρικὸς κώδων, ὁ τηλεγράφος, αἱ ἀνυψωτικαὶ διατάξεις, κλπ.

Μ' — ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΙΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

§ 206. Δράσις ἐνὸς μαγνήτου ἐπὶ ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Λαμβάνομεν ἓνα σωληνοειδῆ, τὸ ὁποῖον ἐξαρτῶμεν ἀπὸ δύο σταθερὰ σημεῖα μὲ δύο εὐκαμπτα ἀγωγὰ σύρματα. Διοχετεύομεν ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τὸ σωληνοειδῆ καὶ πλησιάζομεν τὸν ἓνα πόλον ἐνὸς μαγνήτου εἰς τὴν μίαν ὀψιν τοῦ σωληνοειδοῦς.



Παρατηροῦμεν τότε ὅτι τὸ σωληνοειδῆς ἢ ἔλκεται ἢ ἀπωθεῖται ἀπὸ τὸν μαγνήτην (σχ. 206). Ἡ ἔλξις ἢ ἡ ἄπωσις αὐτὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τοῦ πόλου τοῦ μαγνήτου τὸ ὁποῖον πλησιάζομεν.



Ἀντιστρέφομεν τὴν φοράν τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος εἰς τὸ σωληνοειδῆς, ὅποτε παρατηροῦμεν ὅτι ἡ μετατόπισις τοῦ σωληνοειδοῦς εἶναι ἀντιθέτου φορᾶς ἀπὸ τὴν προηγουμένην. Ὡστε :

Σχ. 206. Τὸ ἐξερτημένον σωληνοειδῆς ἀπωθεῖται ἢ ἔλκεται ἀπὸ τὸν μαγνήτην.

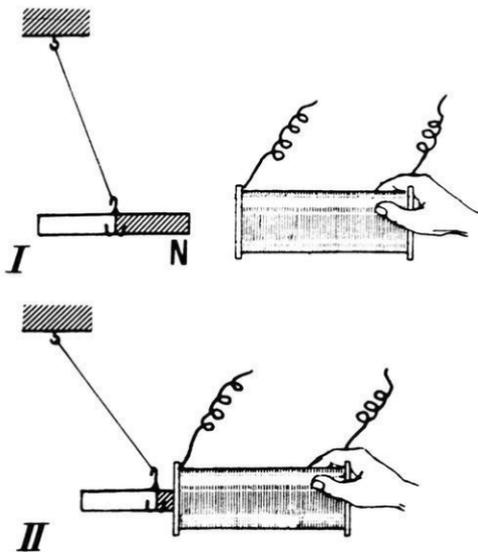
Όταν ένα σωληνοειδές, διαρρέομενον από ηλεκτρικόν ρεύμα, εϋρίσκεται πλησίον μιᾶς μαγνητισμένης ράβδου, μετατοπίζεται ὅπως ἕνας κινητὸς μαγνήτης.

§ 207. Δραῖσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ἐπὶ ἐνὸς μαγνήτου. Πείραμα. Λαμβάνομεν ἕνα ραβδόμορφον μαγνήτην, ὁ ὁποῖος εἶναι ἐξηρητημένος ἀπὸ ἕνα σταθερὸν σημεῖον μὲ λεπτὸν καὶ εϋκαμπτον νῆμα (σχ. 207, I), ὁπότε, ὅπως γνωρίζομεν, διατάσσεται κατὰ τὴν διεύθυνσιν Βορρᾶς - Νότος, καὶ πλησιάζομεν εἰς τὸν βόρειον πόλον τοῦ τὴν νοτίαν ὄσιν ἐνὸς σωληνοειδοῦς. Ὁ μαγνήτης προσανατολίζεται τότε παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ σωληνοειδοῦς καὶ ἔλκεται ἀσθενῶς.

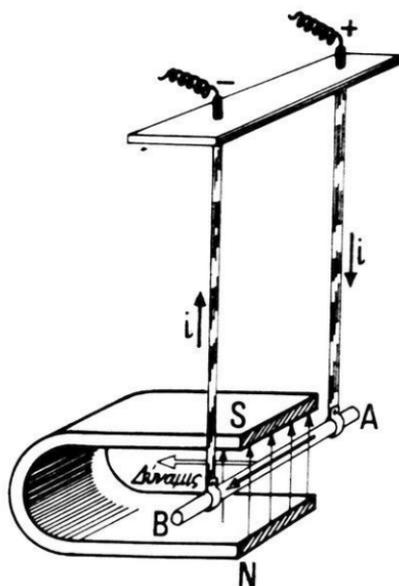
Ἐὰν πλησιάσωμεν ἀκόμη περισσότερο τὸ σωληνοειδές, ὁ μαγνήτης ἔλκεται ἰσχυρῶς καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τοῦ σωληνοειδοῦς (σχ. 207, II). Ἐὰν κατόπιν περιστρέψωμεν τὸ σωληνοειδές κατὰ 180° ἢ ἂν ἀντιστρέψωμεν τὸ ἡλεκτρικόν ρεύμα, τότε ὁ νότιος πόλος τοῦ μαγνήτου ἔλκεται καὶ εἰσέρχεται εἰς τὴν κοιλότητα τῆς βορείας ὄψεως τοῦ σωληνοειδοῦς. Ὡστε :

Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἡλεκτρικόν ρεύμα, ἐπιδρᾷ εἰς μίαν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον, ὅπως θὰ ἐπέδρα ἕνας μόνιμος μαγνήτης.

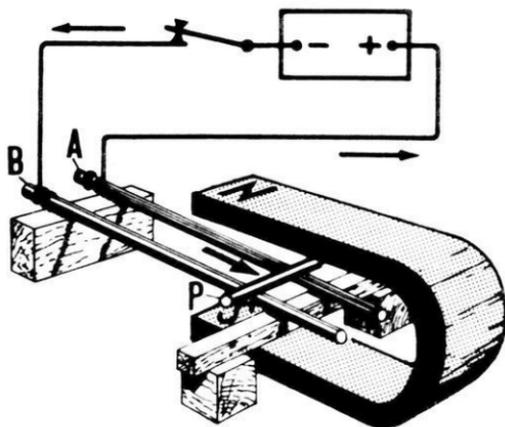
§ 208. Ἠλεκτρομαγνητικὴ δύναμις. Πείραμα 1. Λαμβάνομεν ἕνα πεταλοειδῆ μαγνήτην καὶ τὸν διατάσσομεν ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 208. Ἐνα πλαίσιον ἀπὸ χάλκινον εϋκαμπτον ἄγωγόν σύρμα τοποθετεῖται οὕτως, ὥστε ὁ κλάδος AB νὰ εἶναι κάθετος εἰς τὰς μαγνητικὰς γραμμάς.



Σχ. 207. Τὸ σωληνοειδές ἔλκει τὸν μαγνήτην.



Σχ. 208. Ένας ρευματοφόρος άγωγός έντός ενός μαγνητικού πεδίου ύφίσταται δυνάμεις.



Σχ. 209. Μετατόπιση ενός στοιχείου ηλεκτρικού ρεύματος υπό της δράσεως μιάς ηλεκτρομαγνητικής δυνάμεως.

Διοχετεύομεν ηλεκτρικόν ρεύμα, όποτε παρατηρούμεν ότι τó πλαίσιον άποκλίνει και έλκεται πρός τó έσωτερικόν τού μαγνήτου.

Έπαναλαμβάνομεν τó πείραμά μας άντιστρέφοντες τήν πολικότητα τού μαγνήτου. Τó πλαίσιον άπωθείται τώρα πρός τó έξωτερικόν τού μαγνήτου. Αν άντιστρέψωμεν τήν φοράν τού ηλεκτρικού ρεύματος, αφήνοντες τόν μαγνήτην μέ τόν βόρειον μαγνητικόν πόλον πρός τά έπάνω, θα διαπιστώσωμεν ότι τó πλαίσιον άποκλίνει και έλκεται πάλιν πρός τó έσωτερικόν τού μαγνήτου.

Πείραμα 2. Τοποθετούμεν ένα πεταλοειδή μαγνήτην μεταξύ δύο άγωγίμων όριζοντίων σιδηροτροχιών A και B, έπάνω εις τάς όποίας δύναται νά όλισθήσθη μία άγώγιμος έλαφρά ράβδος P. Αύτη ή ράβδος άποτελεί ένα στοιχείον ηλεκτρικού ρεύματος (σχ. 209). Κλείομεν τόν διακόπτην και ρυθμίζομεν τήν ένταση τού ηλεκτρικού ρεύματος εις μίαν μεγάλην τιμήν (π.χ. εις τά 6 A). Παρατηρούμεν τότε ότι ή ράβδος P μετατοπίζεται εις τάς σιδηροτροχιάς παραλλήλως πρός έαυτήν.

Άντιστρέφομεν κατόπιν τήν φοράν τού ήλε-

κτρικού ρεύματος, όποτε ή ράβδος μετακινείται αντίθετως.

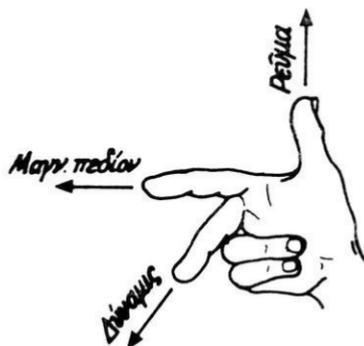
Έάν έν συνεχεία άντιστρέψωμεν τήν πολικότητα του μαγνήτου ούτως, ώστε ό νότιος μαγνητικός πόλος νά είναι πρός τά επάνω, θα παρατηρήσωμεν ότι αί μετατοπίσεις τής ράβδου είναι αντίθετοι από ότι τήν προηγουμένην φοράν. Ώστε :

Έάν ένας άγωγός, ό όποιος διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, τοποθετηθή εις τό μαγνητικόν πεδίου ένός μαγνήτου, ύπόκειται εις τήν δράσιν μιᾶς ηλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως. Η φορά τής δυνάμεως αὐτῆς εξαρτᾶται από τήν φοράν του ηλεκτρικοῦ ρεύματος και από τήν φοράν τών μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν.

§ 209. Καθορισμός τής φορᾶς τής μετατοπίσεως. Δι' αὐτόν τόν σκοπόν, διά τόν καθορισμόν δηλαδή τής φορᾶς τής ηλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως, χρησιμοποιοῦμεν τοὺς ἀκολουθοῦς δύο κανόνας.

α) Κανὼν τοῦ Ἄμπέρ. Έάν ένας παρατηρητῆς εὐρίσκεται ἐξαπλωμένος επάνω εις τὸν άγωγόν και βλέπει κατὰ τήν φοράν τών μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν, τό δὲ ηλεκτρικόν ρεύμα εισέρχεται από τοὺς πόδας του και ἐξέρχεται από τήν κεφαλὴν του, τότε ή δύναμις ἔχει φοράν πρὸς τά ἀριστερά του.

β) Κανὼν τής δεξιᾶς χειρὸς. Όταν ό αντίχειρ τής δεξιᾶς χειρὸς ἔχει τήν διεύθυνσιν του ηλεκτρικοῦ ρεύματος και ό δείκτης τήν διεύθυνσιν τών μαγνητικῶν δυναμικῶν γραμμῶν (μαγνητικόν πεδίου), τότε ό μέσος, ἄν διαταχθῆ καθέτως πρὸς τοὺς ἄλλους δύο, ἀποδίδει τήν φοράν τής μετατοπίσεως, δηλαδή τής ηλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως (σχ. 210).



Σχ. 210. Ὁ κανὼν τής δεξιᾶς χειρὸς.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Όταν πλησίον ένός εξηρητημένου διά νήματος σωληνοειδοῦς, τό όποϊόν διαρρέεται από ηλεκτρικόν ρεύμα, τοποθετηθῆ

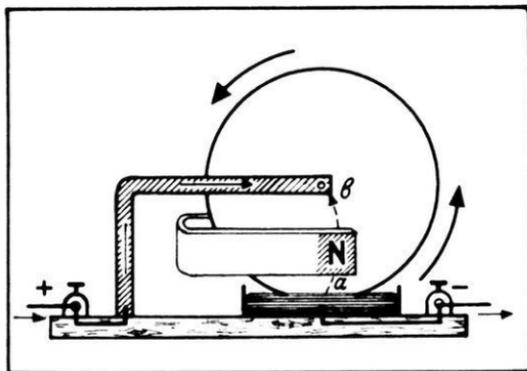
Ένας μαγνήτης, τὸ σωληνοειδές μετατοπίζεται καὶ συμπεριφέρεται ὡς μαγνήτης.

2. Ἐνα σωληνοειδές, τὸ ὁποῖον διαρρέεται ἀπὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα, ἐπιδρᾷ εἰς τὴν κινητὴν μαγνητισμένην ράβδον κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, μὲ τὸν ὁποῖον θὰ ἐπέδρα καὶ ἓνας ραβδόμορφος μαγνήτης.

ΜΑ' — ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

§ 210. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου. (Barlow). Λαμβάνομεν ἓνα συμπαγῆ χάλκινον δίσκον, τοποθετημένον εἰς τὸ διάκενον ἑνὸς μονίμου πεταλοειδοῦς μαγνήτου. Ὁ δίσκος αὐτὸς δύναται νὰ στρέφεται περὶ ὀριζόντιον ἄξονα, διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον του β, καὶ εἶναι ὀλίγον βυθισμένος εἰς τὸν ὑδράργυρον μιᾶς λεκάνης. Ὁ ὑδράργυρος χρησιμοποιεῖται ὡς ἄγωγός, διὰ νὰ ἐπιτρέψῃ εἰς τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα νὰ κυκλοφορήσῃ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχ. 211.

Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα αβ ὅταν διέρχεται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν πεδῖον, ὑπόκειται εἰς τὴν δρᾶσιν μιᾶς ἠλεκτρομαγνητικῆς δυνάμεως F. Ἡ δύναμις αὕτη, ἐπειδὴ δὲν διέρχεται ἀπὸ τὸν ἄξονα περιστροφῆς β, ἔχει μίαν ροπὴν ὡς πρὸς αὐτὸν καὶ οὕτως ὁ τροχὸς παρασύρεται εἰς περιστροφικὴν κίνησιν. Ἡ φορά τῆς δυνάμεως F καθορίζεται μὲ τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς.



Σχ. 211. Τροχὸς τοῦ Μπάρλοου.

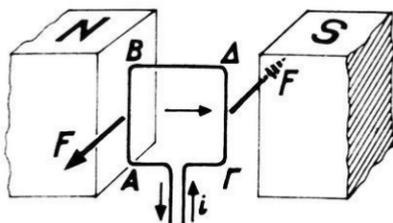
Ἐὰν στερεώσωμεν μίαν τροχαλίαν εἰς τὸν ἄξονα β, τότε, ἐξ αἰτίας τῆς περιστροφῆς τοῦ τροχοῦ, δυνάμεθα νὰ ἀνυψώσωμεν ἓνα φορτίον, δηλαδὴ δυνάμεθα νὰ παράγωμεν μηχανικὸν ἔργον. Ὡστε :

Χρησιμοποιοῦντες καταλλήλως τὸ μαγνητικὸν πεδῖον, δυνάμεθα

από την ηλεκτρική ενέργειαν νά παράγωμεν μηχανικόν ἔργον. Μία παρομοία διάταξις ἀποτελεῖ τὴν ἀρχὴν τῶν ηλεκτρικῶν κινητήρων.

§ 211. Ἄπλοϊ ηλεκτρικοὶ κινητήρες συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ ηλεκτρικοὶ κινητήρες βασίζονται εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς προηγουμένης παραγράφου, μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι ὁ ἄγωγός ἔχει σχῆμα πλαισίου (σχ. 212.)

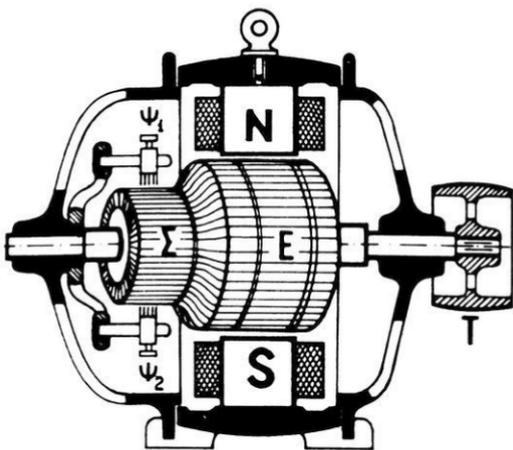
Τὸ πλαίσιον διαρρέεται ἀπὸ ηλεκτρικόν ρεῦμα καὶ εὐρίσκεται μέσα εἰς τὸ μαγνητικόν πεδίων ἑνὸς μονίμου μαγνήτου. Καθὼς γνωρίζομεν, εἰς τὰς πλευράς AB καὶ ΓΔ τοῦ πλαισίου ἀσκούνται δύο δυνάμεις τοῦ ἰδίου μέτρου F ἀλλὰ ἀντιθέτου φοράς. Εἰς τὸ πλαίσιον συνεπῶς ἀσκεῖται ἓνα ζεύγος δυνάμεων, ἡ ροπή τοῦ ὁποίου, ὡς πρὸς τὸν ἄξονα τοῦ πλαισίου, παρασύρει τὸ πλαίσιον εἰς περιστροφικὴν κίνησιν.



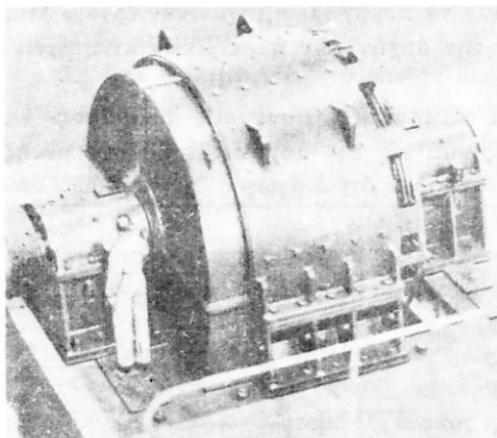
Σχ. 212. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας ἑνὸς ηλεκτρικοῦ κινητήρος.

Εἰς τὴν Τεχνικὴν ἀντὶ ἑνὸς πλαισίου χρησιμοποιοῦμεν πολλὰ πλαίσια, καταλλήλως περιελιγμένα καὶ μεμωμένα μεταξὺ τῶν.

Ἐνας ηλεκτρικὸς κινητὴρ βιομηχανικῆς χρήσεως περιλαμβάνει ἓνα ηλεκτρομαγνήτην (σχ. 213), ὁ ὁποῖος ἀποτελεῖ τὸ ἀκίνητον μέρος τοῦ κινητήρος, ὀνομαζόμενον *στάτωρ*, καὶ τὸ σύστημα τῶν πλαισίων E ὁμοῦ μετὰ τοῦ ἄξονος περιστροφῆς, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κινητὸν μέρος τοῦ κινητήρος, ὀνομαζόμενον *ρότωρ*.



Σχ. 213. Σχεδιάγραμμα ἑνὸς κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος.



Σχ. 213 α. Ἐξωτερικὸν ἠλεκτρικὸν κινητῆρος ἰσχύος 4 200 Ch.



Σχ. 213 β. Ἐπιγραφή μετὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἑνὸς ἠλεκτροκίνητου. (1/25 Ch, 3 500 στρ/μιν, 0-7 Ampère, 110 Volt).

Εἰς ἕκαστον κινητῆρα ὑπάρχει μία μικρὰ πλάξ, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποῖαν εἶναι ἀναγεγραμμένα διάφορα στοιχεῖα, σχετιζόμενα μετὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος (σχ. 213, β).

§ 212. Ἴσχυς τῶν ἠλεκτρικῶν κινητῆρων. Οἱ ἠλεκτροκίνητες, ἀναλόγως πρὸς τὸν προορισμὸν τῶν, κατασκευάζονται μετὰ διαφόρους τιμὰς ἰσχύων. Οὕτω, π.χ., μία ἠλεκτρικὴ

ξυριστικὴ μηχανὴ ἔχει ἰσχὴν 50 Watt, ἕνας συνηθισμένος ἀνεμιστήρ 100 Watt, μία ἠλεκτροκίνητος ραπτομηχανὴ 100 Watt ἐπίσης, κλπ.

Εἰς τὰ διάφορα ἐργαστήρια καὶ μηχανουργεῖα χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ἰσχύος 3 ἕως 20 Ch, ἐνῶ εἰς τὰ ἠλεκτροκίνητα σιδηροδρομικὰ δίκτυα λειτουργοῦν κινητῆρες μετὰ ἰσχὴν πολλῶν χιλιάδων ἵππων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ ἠλεκτρομαγνητικαὶ δυνάμεις ἔχουν τὴν ἰκανότητα νὰ παράγουν μηχανικὸν ἔργον. Αὐτὴν τὴν ἰδιότητα ἐκμεταλλεύομεθα εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἠλεκτρικῶν κινητῆρων.

2. Οἱ ἠλεκτρικοὶ κινητῆρες οἵτινες χρησιμοποιοῦνται εἰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως ἔχουν μικρὰν ἰσχὴν, τῆς τάξεως τῶν 100 Watt. Εἰς τὰ ἐργοστάσια, εἰς τὰ μηχανουργεῖα καὶ εἰς τὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦνται κινητῆρες ἰσχύος μερικῶν ἀτμοῖππων.

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ' — ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 213. **Φῶς.** Εἰς ἓνα σκοτεινὸν δωμάτιον φέρομεν ἓνα ἀνημμένον κηρίον ὅποτε βλέπομεν τὰ ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, τὸ χρῶμα καὶ τὸ σχῆμα των. Τὸ αἷτιον, τὸ ὁποῖον ἐπέδρασεν εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας καὶ μᾶς ἔκαμε νὰ ἴδωμεν, ὀνομάζεται **φῶς**.

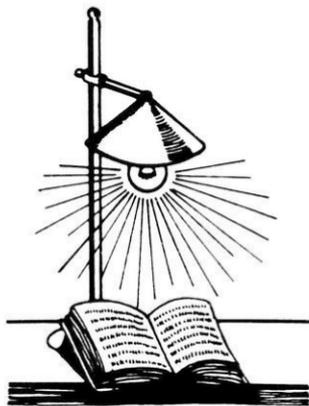
§ 214. **Φωτεινὰ πηγὰί.** Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα, ὅπως ὁ ἥλιος, ἡ φλόξ ἑνὸς κηρίου, τὸ διάπυρον σύρμα ἑνὸς ἠλεκτρικοῦ λαμπτήρος, κλπ., φωτοβολοῦν, ὀνομάζονται **αὐτόφωτα σώματα** ἢ **φωτεινὰ πηγὰί**.

Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα, ὡς ἡ Σελήνη, ὁ πίναξ τῆς τάξεως, τὰ βιβλία ἢ τὰ διάφορα ἀντικείμενα τοῦ δωματίου, κλπ., δὲν φωτοβολοῦν αὐτὰ τὰ ἴδια ἀλλὰ γίνονται ὀρατὰ ὅταν ἐπαναστέλλουν τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον λαμβάνουν ἀπὸ φωτεινὰς πηγὰς, λέγονται **ετερόφωτα σώματα** (σχ. 214).

§ 215. **Διαφανῆ, ἡμιδιαφανῆ καὶ σκιερὰ σώματα.** Σώματα ὅπως ἡ ὕαλος, ὁ ἄηρ, τὸ ὕδωρ εἰς μικρὸν πάχος, μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ βλέπωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῶν. Αὐτὸ συμβαίνει διότι ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέρχεται μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν των. Τὰ σώματα αὐτὰ λέγονται **διαφανῆ σώματα**.

Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος ἐπιτρέπει εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν της, χωρὶς ὅμως νὰ δύναται νὰ διακρίνη κανεὶς εὐδιακρίτως τὰ ἀντικείμενα τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ὀπισθεν αὐτῆς. Ἡ γαλακτόχρους ὕαλος εἶναι **ἡμιδιαφανὲς σῶμα**.

Ὁ τοῖχος τοῦ δωματίου μας, ὁ χάρτης, τὸ ξύλον καὶ ἄλλα σώματα, δὲν



Σχ. 214. Ὁ ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ, ὅταν φωτίζει, εἶναι φωτεινὴ πηγὴ. Τὸ βιβλίον εἶναι ετερόφωτον σῶμα.



Σχ. 215. Ἡ σκία δημιουργεῖται εἰς τὰ μὴ φωτιζόμενα τμήματα τοῦ χώρου.

§ 216. Σκιά. Ὁ χώρος ὁ ὁποῖος εὐρίσκεται ὀπισθεν-τῶν-σκιερῶν σωμάτων καὶ δὲν φωτίζεται, μᾶς παρουσιάζεται σκοτεινὸς ἐν σχέσει πρὸς τὸν φωτιζόμενον χώρον. Ὁ χώρος αὐτὸς ὀνομάζεται **σκιά** (σχ. 215).

᾽Ωστε :

Ἡ σκιά δημιουργεῖται ὀπισθεν ἑνὸς ἀδιαφανοῦς σώματος, τὸ ὁποῖον φωτίζεται.

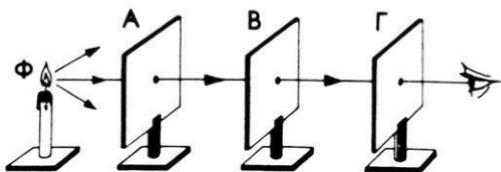
§ 217. Διάδοσις τοῦ φωτός. Εἰς τὸν ἤχον ἐμάθομεν ὅτι διὰ τὴν διάδοσίν του ἀπαιτεῖται πάντοτε ἓνα ὑλικόν, στερεόν, ὑγρὸν ἢ ἀέριον. Ἀπὸ τὴν θερμότητα γνωρίζομεν ὅτι αὕτη δὲν χρειάζεται ὑλικόν σῶμα διὰ τὴν διάδοσίν της. Τί θὰ συμβαίῃ ἄραγε μὲ τὸ φῶς ;

α) Πείραμα. Μὲ μίαν ἀεραντλίαν ἀφαιροῦμεν τὸ ἀέρα ἑνὸς ὑαλίνου σωλήνος. Παρατηροῦμεν ὅτι ὁ σωλὴν παραμένει διαφανὴς ὅπως καὶ πρότερον. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου καὶ τῶν ἀστρῶν ἔρχεται ἀπὸ τὸ Διάστημα εἰς τὴν Γῆν, καὶ διαπερᾶ τὸν κενὸν χώρον. ᾽Ωστε :

Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὑλικόν μέσον διὰ τὴν διάδοσίν του.

β) Ἐνας λαμπτήρ, ὁ ὁποῖος φωτοβολεῖ εἰς τὸ μέσον ἑνὸς δωματίου, φαίνεται ἀπὸ ὅλας τὰς πλευράς του καὶ φωτίζει ὅλους τοὺς τοίχους. Τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου κάμνεινὰ φαίνωνται οἱ πλανῆται, ἡ Σελήνη καὶ οἱ τεχνητοὶ δορυφόροι κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, ἀνεξαρτήτως ἀπὸ τὴν θέσιν εἰς τὴν ὁποίαν εὐρίσκονται ὡς πρὸς τὸν Ἡλιον. ᾽Ωστε :

Τὸ φῶς διαδίδεται πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον.



Σχ. 216. Ὄταν αἱ τρεῖς ὀπαὶ εὐρίσκονται εἰς τὴν ἴδιαν εὐθείαν μετὰ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ τὸν ὀφθαλμόν μας, βλέπομεν τὸ φῶς τοῦ κηρίου.

γ) Ἐάν τοποθετήσωμεν ἐπάνω εἰς μίαν τράπεζαν ἓνα ἀνημμένον κηρίον καὶ λάβωμεν τρία διαφράγματα, τὰ ὅποια νὰ ἔχουν ἕκαστον μίαν ὀπὴν εἰς τὸ ὕψος τῆς φλογὸς τοῦ κηρίου (σχ. 216) καὶ τοποθετήσωμεν τὸν ὀφθαλμόν μας εἰς κατάλληλον θέσιν, παρατηροῦμεν ὅτι ἡ φλόξ τοῦ κηρίου φαίνεται, μόνον εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν αἱ τρεῖς ὀπαί, ἢ φλόξ καὶ ὁ ὀφθαλμὸς εὐρίσκονται εἰς εὐθείαν γραμμὴν.

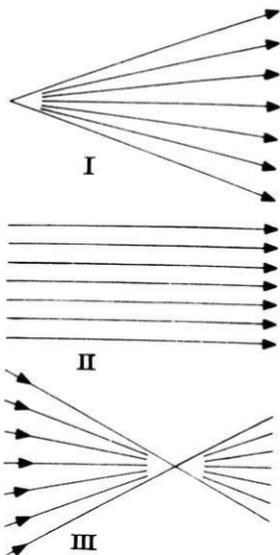
Ἔστω :

Τὸ φῶς διαδίδεται εὐθυγράμμως.

δ) Ἐάν εἰς ἓνα σκοτεινὸν δωμάτιον εἰσέλθῃ φῶς τοῦ Ἡλίου ἀπὸ ἓνα ἄνοιγμα, παρατηροῦμεν μίαν **παράλληλον φωτεινὴν δέσμη**. Ἄν τὸ ἄνοιγμα εἶναι μικρὸν, π.χ. μία ὀπή μετὰ διάμετρον 1 mm, ἡ δέσμη παρουσιάζεται λεπτή. Τοιαῦται λεπταὶ φωτειναὶ δέσμαι ὀνομάζονται εἰς τὴν Φυσικὴν **φωτειναὶ ἀκτίνες**.

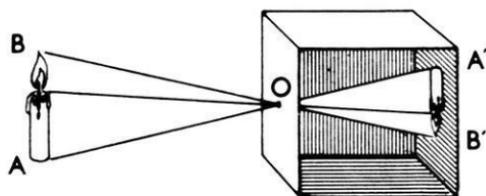
Ὄταν αἱ ἀκτίνες μιᾶς φωτεινῆς δέσμης κατευθύνονται εἰς ἓνα σημεῖον, ἡ δέσμη ὀνομάζεται **συγκλίνουσα** (σχ. 217, III). Ἀντιθέτως ὅταν αἱ ἀκτίνες μιᾶς δέσμης, ἀφοῦ συγκεντρωθοῦν εἰς ἓνα σημεῖον, ἀπομακρύνονται ἢ μία ἀπὸ τὴν ἄλλην, ἡ δέσμη ὀνομάζεται **ἀποκλίνουσα** (σχ. 217, I).

Ὄταν ἡ φωτεινὴ πηγὴ ἔχῃ μικρὰς διαστάσεις καὶ δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς φωτεινὸν σημεῖον, ἡ σκιά τῶν σωμάτων εἶναι ὁμοιόμορφος. Ὄταν ὅμως ἡ φωτεινὴ πηγὴ

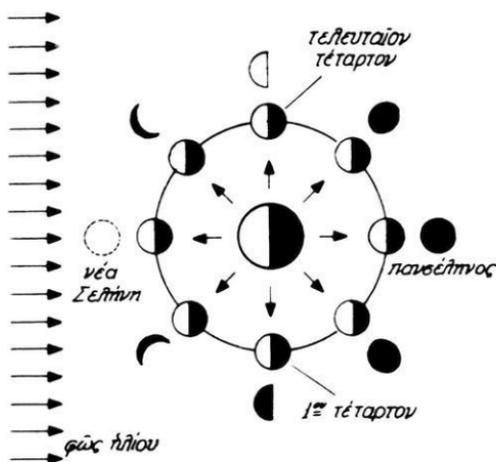


Σχ. 217. Φωτειναὶ δέσμαι. (I) Ἀποκλίνουσα, (II) παράλληλος καὶ (III) συγκλίνουσα.

ἔχη μεγάλης σχετικῶς διαστάσεις, ἡ σκιά δὲν εἶναι ὁμοίομορφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ μέρος τῆς σκιάς τὸ ὁποῖον περιβάλλει τὴν κεντρικὴν σκιάν καὶ εἶναι ὀλιγώτερον ἔντονον ἀπὸ αὐτὴν, ὀνομάζεται παρασκιά. Ἡ παρασκιά δὲν φωτίζεται ἀπὸ ὅλας τὰς περιοχὰς τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀλλὰ μόνον ἀπὸ ὠρισμένης.



Σχ. 218. Σκοτεινὸς θάλαμος.



Σχ. 219. Αἱ φάσεις τῆς Σελήνης.

τῆς Σελήνης. α) Ἡ Σελήνη εἰς τὸ διάστημα περίπου ἑνὸς μηνὸς παρουσιάζεται με διαφορετικὰς μορφὰς, τὰς ὁποίας ὀνομάζομεν συνήθως *φάσεις τῆς Σελήνης*. Ἡ ἡμίσεια σεληνιακὴ σφαῖρα, ἥτις εἶναι πάντοτε ἐστραμμένη πρὸς τὸν ἥλιον.

§ 218. Ἀποτελέσματα τῆς εὐθύγραμμου διαδόσεως τοῦ φωτός. 1) Σκοτεινὸς θάλαμος. Ὁ σκοτεινὸς θάλαμος στηρίζεται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός. Ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα κλειστὸν ἀδιαφανὲς κιβώτιον, τὸ ὁποῖον ἔχει εἰς τὸ κέντρον μίαν ἕδραν τοῦ μίαν μικρὰν ὀπῆν. Τὰ ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἔμπροσθεν τῆς ὀπῆς, ἀπεικονίζονται εἰς τὴν ἀπέναντι ἀπὸ αὐτὴν ἕδραν ἀνεστραμμένα (σχ. 218).

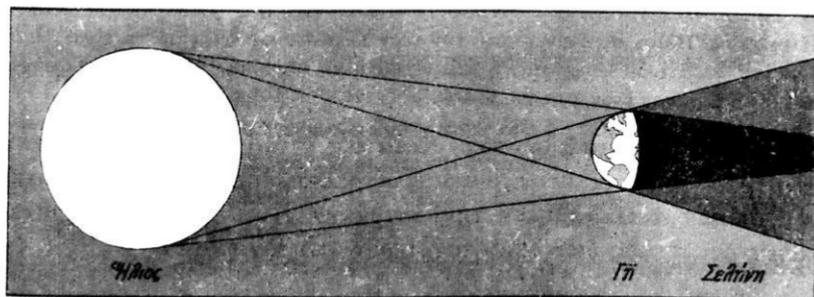
Ἐφαρμογὴν τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου ἔχομεν εἰς τὴν φωτογραφικὴν μηχανήν. Εἰς τὴν θέσιν τῆς ὀπῆς ὑπάρχει φακὸς καὶ εἰς τὴν ἀπέναντι ἕδραν τοποθετεῖται ἡ φωτογραφικὴ πλάξ.

2) Σκιά καὶ παρασκιά.

Ἡ σκιά καὶ ἡ παρασκιά, διὰ τὰς ὁποίας ὁμιλήσαμεν ἀνωτέρω, ὀφείλονται εἰς τὴν εὐθύγραμμον διάδοσιν τοῦ φωτός.

3) Φάσεις τῆς Σελήνης.

Ἐκλείψεις τοῦ Ἁλίου καὶ



Σχ. 220. Όταν η Σελήνη εισέλθῃ εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς, συμβαίνει ὀλικὴ ἔκλειψις Σελήνης.

φωτίζεται συνεχῶς, ἐνῶ ἡ ἄλλη ἡμίσεια παραμένει πάντοτε σκοτεινὴ.

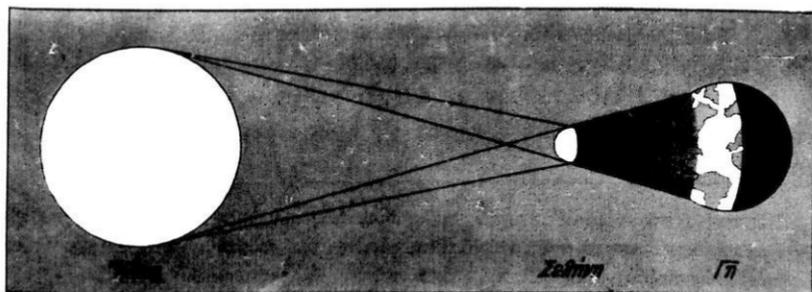
Ἐξ αἰτίας τῆς κυκλικῆς κινήσεως τῆς Σελήνης περὶ τὴν Γῆν βλέπομεν, ἀναλόγως μετὰ τὴν τοποθέτησιν τοῦ Ἥλιου, τῆς Γῆς καὶ τῆς Σελήνης, ἄλλοτε ὀλόκληρον τὸ φωτισμένον τμῆμα τοῦ δορυφόρου μας (πανσέληνος) καὶ ἀκολουθῶς ὄλο καὶ μικρότερον τμῆμα τοῦ σεληνιακοῦ δίσκου (σχ. 219), μέχρις οὗτο ἡ Σελήνη ἐξαφανισθῆ τελείως ἀπὸ τὸν οὐρανὸν (νέα Σελήνη).

β) Ἡ Γῆ καὶ ἡ Σελήνη εἶναι σκιερὰ σώματα καὶ σχηματίζουν μίαν σκοτεινὴν κωνικὴν σκιά. Ἡ σκιά αὕτη εἶναι ἡ αἰτία τῶν ἐκλείψεων τοῦ Ἥλιου καὶ τῆς Σελήνης. Πράγματι, ὅταν ἡ Σελήνη, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 220, εἰσέλθῃ εἰς τὸν κῶνον τῆς σκιάς τῆς Γῆς, παύει νὰ φωτίζεται ἀπὸ τὸν Ἥλιον καὶ τοιοῦτοτρόπως δὲν εἶναι πλέον ὄρατὴ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται *ἔκλειψις Σελήνης*.

Ἡ ἔκλειψις δύναται νὰ εἶναι ὀλική, ὅταν ὀλόκληρος ἡ Σελήνη εἰσέρχεται εἰς τὸν σκιερὸν κῶνον τῆς Γῆς ἢ μερικὴ, ὅταν εἰσέρχεται ἓνα μέρος τῆς καὶ φωτίζεται τὸ ἄλλο. Αἱ ἔκλειψεις τῆς Σελήνης συμβαίνουν κατὰ τὴν πανσέληνον, ἡ δὲ Γῆ εὐρίσκεται τότε μεταξὺ Ἥλιου καὶ Σελήνης.

Ἐν τῇ Σελήνῃ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 221, παρεμβληθῆ μεταξὺ Ἥλιου



Σχ. 221. Ἐντὸς τῆς κυρίας σκιάς τῆς Σελήνης συμβαίνει ὀλικὴ ἔκλειψις τοῦ Ἥλιου, ἐνῶ ἐντὸς τῆς παρασκιάς μερικὴ ἔκλειψις.

και Γης, δύναται να καλύψη τὸν ἥλιον, ὁπότε λέγομεν ὅτι ἔχομεν *ἐκλείψιν Ἡλίου*. Ἡ ἐκλείψις Ἡλίου συμβαίνει κατὰ τὴν νέαν Σελήνην καὶ δύναται νὰ εἶναι *ὀλική* ἢ *μερικὴ* ἢ *δακτυλιοειδής*, ὅταν ἡ Σελήνη καλύπτῃ τὸν ἡλιακὸν δίσκον καὶ ἀφήνῃ νὰ φαίνεται μόνον ἕνας φωτεινὸς δακτύλιος.

§ 219. Ταχύτης τοῦ φωτός. Κατὰ τὰς καταγιγίδας ἀκούομεν τὴν βροντήν, ἀφοῦ παρέλθουν μερικὰ δευτερόλεπτα ἀπὸ τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀντελήφθημεν τὴν ἀστραπήν. Ἀπὸ αὐτὸ συμπεραίνει κανεὶς ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται ταχύτερον ἀπὸ τὸν ἤχον.

Τὸ ὅτι ἡ διάδοσις τοῦ φωτός γίνεται μὲ ἐξαιρετικῶς μεγάλην ταχύτητα, δύναται νὰ τὸ παρατηρήσῃ κανεὶς ἂν βρεθῇ εἰς ἕνα μακρὸν δρόμον, τὴν στιγμὴν κατὰ τὴν ὁποίαν ἀνάπτουν οἱ ἠλεκτρικοὶ λαμπτήρες. Πράγματι ἐπειδὴ ἀπέχουν ἀρκετὴν ἀπόστασιν μεταξύ των οἱ φανοστάται, θὰ ἔπρεπε νὰ ἴδῃ κανεὶς μὲ κάποιαν καθυστέρησιν τὸ ἄναμμα τοῦ τελευταίου λαμπτήρος. Ἄν παρατηροῦμεν ἐν τούτοις τὸ ἄναμμα τῶν λαμπτήρων, μᾶς δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι ὅλοι ἀνάπτουν ταυτοχρόνως. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς διαδίδεται μὲ τόσον μεγάλην ταχύτητα, ὥστε δὲν δυνάμεθα νὰ παρατηρήσωμεν τὴν διάδοσίν του παρὰ μόνον μὲ ὀρισμένα βοηθητικὰ μέσα.

Μὲ ἀκριβεῖς μετρήσεις οἱ Φυσικοὶ κατόρθωσαν νὰ ἐξακριβώσουν ὅτι :

Ἡ ταχύτης διαδόσεως τοῦ φωτός εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα εἶναι ἴση μὲ 300 000 χιλίόμετρα ἀνά δευτερόλεπτον. Δηλαδή :

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

Μὲ τὴν ταχύτητα αὐτὴν τὸ φῶς διανύει εἰς 1 δευτερόλεπτον διάστημα ἴσον μὲ 7,5 φορές τὴν περίμετρον τῆς Γῆς, τὴν δὲ ἀπόστασιν Γῆς - Σελήνης, ἢ ὁποία εἶναι ἴση μὲ 384 000 km περίπου, εἰς 1,2 sec.

Ἀπὸ τὸν ἥλιον, ὁ ὁποῖος ἀπέχει περίπου 150 000 000 km ἀπὸ τὴν Γῆν, χρειάζεται τὸ φῶς 8 καὶ 1/3 πρῶτα λεπτὰ διὰ νὰ φθάσῃ εἰς τὸν πλανήτην μας.

Εἰς τὴν Ἀστρονομίαν μετροῦν τὰς ἀποστάσεις τῶν ἀπλανῶν ἀστέρων ἀπὸ τὴν Γῆν μὲ τὸ διάστημα, τὸ ὁποῖον διανύει μία φωτεινὴ ἀκτίς ἐντὸς ἑνὸς ἔτους. Ἡ μὴν ἀυτὴ ὀνομάζεται ἔτος φωτός. Δηλαδή εἶναι :

1 ἔτος φωτός = $300\,000 \text{ km} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$ ἢ 10 δισεκατομμύρια χιλίόμετρα περίπου.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Τὸ αἷτιον τὸ ὁποῖον διεγείρει τὸν ὀφθαλμὸν μας καὶ μᾶς κάνει νὰ βλέπωμεν ὀνομάζεται φῶς.

2. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἐκπέμπουν ἰδικὸν τῶν φῶς, ὀνομάζονται αὐτόφωτα σώματα ἢ φωτεινὰ πηγὰί. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα γίνονται ὀρατά, ὅταν φωτίζονται ἀπὸ ἄλλα σώματα, ὀνομάζονται ἑτερόφωτα σώματα.

3. Τὰ σώματα, τὰ ὁποῖα ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν, ὀνομάζονται διαφανῆ. Τὰ ἡμιδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν νὰ ἴδωμεν τὰ ἀντικείμενα, τὰ εὐρισκόμενα, ὀπισθεν αὐτῶν, ἀφήνουν ὅμως τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζα τῶν.

4. Τὰ ἀδιαφανῆ σώματα δὲν ἐπιτρέπουν εἰς τὸ φῶς νὰ διέλθῃ μέσα ἀπὸ τὴν μᾶζαν τῶν. Ὅπισθεν τῶν ἀδιαφανῶν σωμάτων σχηματίζεται σκιά.

5. Ὅταν αἱ φωτεινὰ πηγὰί δὲν εἶναι φωτεινὰ σημεῖα, ἔχομεν σκιὰν καὶ παρασκιὰν.

6. Τὸ φῶς δὲν χρειάζεται ὕλικὸν μέσον διὰ νὰ διαδοθῆ, διαδίδεται δὲ ἰσοτρόπως, δηλαδὴ κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις, καὶ εὐθυγράμμως.

7. Ἡ φωτεινὴ ἀκτίς εἶναι μία πολὺ λεπτὴ παράλληλος δέσμη φωτός.

8. Αἱ φωτεινὰ δέσμαι δύνανται νὰ εἶναι συγκλίνουσαι, ἀποκλίνουσαι ἢ παράλληλοι.

9. Ὁ σχηματισμὸς τῆς εἰκόνας εἰς τὸν σκοτεινὸν θάλαμον, ἢ σκιά, αἱ φάσεις τῆς Σελήνης, αἱ ἐκλείψεις Ἡλίου καὶ Σελήνης, εἶναι ἀποτελέσματα τῆς εὐθυγράμμου διαδόσεως τοῦ φωτός.

10. Τὸ φῶς διαδίδεται εἰς τὸ κενὸν καὶ περίπου εἰς τὸν ἀέρα μὲ ταχύτητα ἴση πρὸς :

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

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

158. Μὲ μίαν φωτογραφικὴν μηχανὴν φωτογραφίζομεν ἕνα πύργον ὕψους 40 m, ὃ ὁποῖος εὐρίσκεται 300 m μακρὰν. Ἐὰν τὸ βάθος τοῦ σκοτεινοῦ θαλάμου τῆς μηχανῆς εἶναι 30 cm, νὰ εὐρεθῆ τὸ ὕψος τῆς εἰκόνας, ἢ ὁποῖα θὰ ἐμφανισθῆ. (Ἀπ. 4 cm).

159. Μία κυκλική φωτεινή πηγή έχει διάμετρον 4 cm και εὐρίσκεται εις απόστασιν 50 cm ἀπὸ ἑνα ἀδιαφανῆ δίσκον, διαμέτρον 20 cm. Νά εὐρεθοῦν αἱ διάμετροι τῆς σκιάς καὶ τῆς παρασκιάς, αἱ ὁποῖαι θὰ ἐμφανισθοῦν εις μίαν ὀθόνην, ἡ ὁποία ἀπέχει 1 m ἀπὸ τὸ ἀδιαφανές σῶμα. (᾿Απ. 52 cm, 8 cm.)

160. Ἡ ἀπόστασις τῆς ὀπῆς ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου ἀπὸ τὴν ἀπέναντι ἑδραν του εἶναι 30 cm. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου ἐνὸς ἀντικειμένου ὕψους 20 cm, τὸ ὁποῖον ἀπέχει 75 cm ἀπὸ τὴν ὀπὴν. (Νά γίνῃ γραφικὴ λύσις τοῦ προβλήματος) (᾿Απ. 8 cm.)

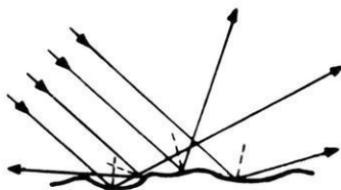
161. Τὸ μήκος ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου εἶναι 24 cm. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἕνα ἀντικείμενον, διὰ νὰ σχηματισθῆ διπλασίον ὕψους εἰκὼν τοῦ ἀντικειμένου. (Νά γίνῃ γραφικὴ λύσις). (᾿Απ. 12 cm.)

162. Αἱ ἡλιακαὶ ἀκτίνες προσπίπτουν ὑπὸ γωνίαν 60° εἰς τὸ ἔδαφος καὶ σχηματίζουν τὴν σκιάν ἐνὸς δένδρου. Ἄν τὸ μήκος τῆς σκιάς εἶναι 7 m, πόσον εἶναι τὸ ὕψος τοῦ δένδρου. (Νά γίνῃ γραφικὴ λύσις). (᾿Απ. 12 m.)

ΜΓ' — ΑΝΑΚΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ. ΕΠΙΠΕΔΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 220. Διάχυτος καὶ κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ἀπὸ τὴν πείραν γνωρίζομεν ὅτι διὰ νὰ βλέπωμεν τὰ διάφορα ἀντικείμενα, πρέπει νὰ εἰσχωροῦν εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας φωτειναὶ ἀκτίνες προερχόμεναι ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα αὐτά. Αἱ ἐπιφάνειαι ὅμως τῶν περισσοτέρων ἀντικειμένων εἶναι συνήθως τραχεῖαι καὶ τὸ φῶς, τὸ ὁποῖον πίπτει ἐπ' αὐτῶν, διευθύνεται κατόπιν ἀκανονίστως πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις (σχ. 222). Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται **διάχυτος ἀνάκλασις** ἢ ἀπλῶς **διάχυσις τοῦ φωτός**. Ὡστε :

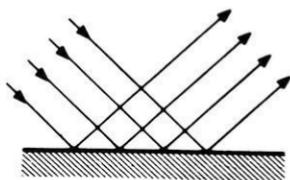
Διάχυτος ἀνάκλασις ἢ διάχυσις τοῦ φωτός ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον ὅταν προσπέσῃ φῶς ἐπάνω εἰς μίαν τραχεῖαν καὶ ἀκανόνιστον ἐπιφάνειαν, διευθύνεται μετὰ τὴν πρόσπτωσίν του πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις.



Σχ. 222 Διάχυσις τοῦ φωτός.

Ἐξ αἰτίας τοῦ διαχύτου ἡλιακοῦ φωτός φωτιζόμεθα πρὶν ἀνατεῖλῃ ὁ ἥλιος (λυκαυγές) ἢ ὅταν ἔχει δύσει (λυκόφως),

ὅπως ἐπίσης καὶ ὅταν ἐπικρατῇ νέφωσις. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὸ φῶς φθάνει εἰς τοὺς ὀφθαλμούς μας, ἀφοῦ προσπέση διαδοχικῶς εἰς αἰωρούμενα μόρια σκόνης καὶ ἄλλα σωματίδια, τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται εἰς τὴν ἀτμόσφαιρα καὶ ἀφοῦ ὑποστῇ ἀλλεπαλλήλους διαχύσεις.



Σχ. 223. Ἀνάκλασις τοῦ φωτός.

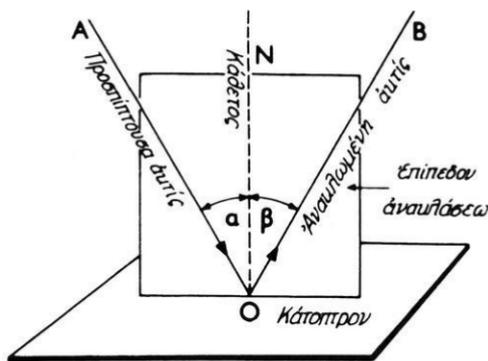
Ἐφαρμογὴν τῆς διαχύσεως ἔχομεν εἰς τοὺς λεγομένους κρυφοὺς φωτισμοὺς τῶν αἰθουσῶν, κλπ.

Ἐάν ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἐνὸς σκοτεινοῦ θαλάμου δεχθῶμεν μίαν δέσμην ἡλιακῶν ἀκτίνων καὶ τὴν ἀφήσωμεν νὰ προσπέση ἐπὶ μιᾶς στυλπνῆς μεταλλικῆς πλακῶς, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι τὸ φῶς θὰ μεταβάλλῃ διεύθυνσιν διαδόσεως, χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάχυσιν (σχ. 223). Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται κανονικὴ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἢ ἀπλῶς ἀνάκλασις τοῦ φωτός. Ὡστε :

Κανονικὴ ἀνάκλασις ἢ ἀνάκλασις τοῦ φωτός, ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὁποῖον τὸ φῶς μεταβάλλει πορείαν διαδόσεως, ὅταν συναντήσῃ εἰς τὸν δρόμον του μίαν λείαν καὶ στυλπνὴν ἐπιφάνειαν.

§ 221. Νόμοι τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός. Εἰς τὸ σχῆμα-224 ἡ ΑΟ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος ἢ ὁποῖα

συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν τῆς μίαν λείαν καὶ στυλπνὴν ἐπίπεδον πλάκα, ἣτις ἀποτελεῖ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, ἐνῶ ἡ ΟΒ δεικνύει τὴν διεύθυνσιν τῆς φωτεινῆς ἀκτίνος μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασιν. Ἡ ἀκτίς ΑΟ ἢ ὁποῖα συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν τῆς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν ὀνομάζεται *προσπίπτουσα ἀκτίς*, τὸ δὲ σημεῖον ΠΟ εἰς τὸ ὁποῖον συναντᾷ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν,



Σχ. 224. Διὰ τὴν ἐξήγησιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός.

ονομάζεται *σημείον προσπτώσεως*. Ἡ *OB*, ἡ ὁποία ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν ονομάζεται *ἀνακλωμένη ἀκτίς*.

Ἄν φέρωμεν τὴν εὐθείαν *ON* κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν, θὰ σχηματισθοῦν δύο γωνίαί. Ἡ γωνία *AON*, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, ὀνομάζεται *γωνία προσπτώσεως*· ἡ γωνία *NOB*, ἡ ὁποία σχηματίζεται ἀπὸ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, ὀνομάζεται *γωνία ἀνακλάσεως*. Τὸ ἐπίπεδον τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, ὀνομάζεται *ἐπίπεδον προσπτώσεως*.

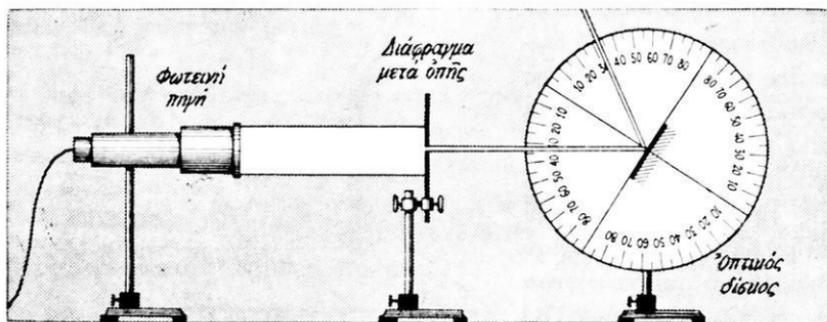
Ἡ ἀνάκλασις τοῦ φωτός ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους :

1ος νόμος. Τὸ ἐπίπεδον προσπτώσεως, τὸ ὁποῖον ὀρίζεται ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, εἶναι κάθετον εἰς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.

2ος νόμος. Ἡ γωνία προσπτώσεως εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

§ 222. Πειραματικὴ ἀπόδειξις τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως.

Τὸ σχῆμα 225 δεικνύει μίαν ἀπλήν συσκευήν, μὲ τὴν ὁποίαν δυνάμεθα νὰ ἀποδείξωμεν ἱκανοποιητικῶς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως. Ἀπὸ μίαν ὀπὴν ἀφήνομεν νὰ εἰσέλθῃ μία λεπτὴ παράλληλος φωτεινὴ δέσμη, ἡ τροχιά τῆς ὁποίας διακρίνεται ἀπὸ τὸ φωτεινὸν ἴχνος τὸ ὁποῖον σχη-



Σχ. 225. Πειραματικὴ διάταξις διὰ τὴν ἐπαλήθευσιν τῶν νόμων τῆς ἀνακλάσεως τοῦ φωτός

ματίζει ἐπάνω εἰς ἓνα λευκὸν καὶ λεπτὸν κατακόρυφον δίσκον, ὁ ὁποῖος εἶναι ὑποδηρημένος εἰς μοίρας καὶ τοποθετημένος οὕτως, ὥστε ἡ ἐπιφάνειά του νὰ συμπίπτῃ μὲ τὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τῆς φωτεινῆς δέσμης.

Εἰς τὸ κέντρον τοῦ δίσκου ὑπάρχει ἓνα μικρὸν κάτοπτρον. Οὕτως ἡ προσπίπτουσα ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ δίδει τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα, τὸ φωτεινὸν ἴχνος τῆς ὁποίας σχηματίζεται ἐπίσης ἐπάνω εἰς τὸν δίσκον.

Ἀπὸ τὴν μέτρησιν τῶν γωνιῶν προσπτώσεως καὶ ἀνακλάσεως βλέπομεν ὅτι αἱ γωνίαί αὗται εἶναι ἴσαι. Ἐφ' ὅσον δὲ τὰ ἴχνη τῶν δύο ἀκτίνων σχηματίζονται ἐπάνω εἰς τὸν κατακόρυφον δίσκον, συμπεραίνομεν ὅτι αἱ ἀκτίνες εὐρίσκονται εἰς ἐπίπεδον κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν (διότι ὁ κατακόρυφος δίσκος εἶναι κάθετος πρὸς τὸ ὀριζόντιον κάτοπτρον).

§ 223. Ἄρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός. Πειραματικῶς ἀποδεικνύεται ὅτι ἐὰν τὸ φῶς ἀκολουθῇ εἰς τὴν διάδοσίν του μίαν ὄρισμένην πορείαν, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν. Οὕτως, ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτὶς ἀνακλᾶται καὶ ἀκολουθῇ τὴν διεύθυνσιν AOB (σχ. 224), εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ καὶ κατὰ τὴν διεύθυνσιν BOA.

Ἡ ιδιότης αὕτῃ τοῦ φωτός εἶναι γνωστὴ μὲ τὴν ὀνομασίαν **ἀρχὴ τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός.**

§ 224. Κάτοπτρα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν **κάτοπτρον** πᾶσαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν, ἡ ὁποία ἀνακλᾷ τὸ φῶς τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς γνωστοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως.

Ἀναλόγως μὲ τὴν μορφήν τῆς ἀνακλαστικῆς ἐπιφανείας διακρίνονται τὰ κάτοπτρα εἰς διαφόρους τύπους. Οὕτως, ἐὰν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι ἐπίπεδος, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται *ἐπίπεδον* (σχ. 226).

Ἄν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια εἶναι σφαιρικὴ, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται *σφαιρικόν*. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων διακρίνομεν *κοῖλα* καὶ *κυρτὰ* σφαιρικά κάτοπτρα.

Κοῖλον λέγεται τὸ σφαιρικόν κάτοπτρον ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικόν τῆς σφαίρας. **Κυρτὸν** λέγεται τὸ σφαι-



Σχ. 226. Ἡ ἡρεμος ἐπιφάνεια μιᾶς λίμνης ἀποτελεῖ ἐπίπεδον κάτοπτρον.

ρικὸν κάτοπτρον ὅταν ἔχῃ ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικὸν μέρος τῆς σφαίρας.

§ 225. Ἐπίπεδα κάτοπτρα. Ἄν σταθῶμεν ἐμπρὸς εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον, παρατηροῦμεν ὀπίσω ἀπὸ τὴν ὑψὸν τοῦ ἓνα ὁμοίωμα τοῦ ἑαυτοῦ μας, ὅπως ἐπίσης καὶ τῶν ἀντικειμένων τὰ ὁποῖα εὐρίσκονται ἔμπροσθεν ἀπὸ τὸ κάτοπτρον.

Ὅ,τι βλέπομεν μέσα εἰς τὸ κάτοπτρον δὲν ὑπάρχει βεβαίως εἰς τὴν πραγματικότητα, σχηματίζεται δὲ ἀπὸ τὰς ἀκτῖνας, αἱ ὁποῖαι ἀφοῦ προσπέσουν εἰς τὸ κάτοπτρον ἀνακλῶνται,

συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως, καὶ συναντοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν τοῦς ὀφθαλμούς μας. Οὕτω μᾶς δημιουργοῦν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ σημεῖα εὐρίσκόμενα ὀπίσω ἀπὸ τὸ κάτοπτρον καὶ τὰ ὁποῖα σχηματίζουν κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται *φανταστικὰ εἰδῶλα*.

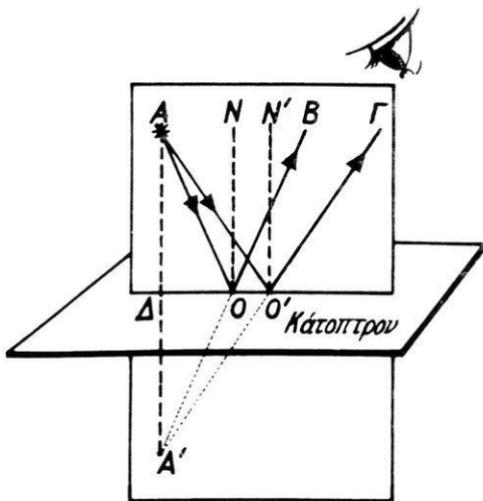
Τὸ σχῆμα 227 δεικνύει τὸν σχηματισμὸν φανταστικοῦ εἰδῶλου A' ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου A , τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπίπεδου κατόπτρου. Ὁ ὀφθαλμὸς συλλαμβάνει τὰς ἀνακλωμένας ἀκτῖνας OB καὶ $O'Γ$, αἱ ὁποῖαι προεκτινόμεναι τέμνονται εἰς τὸ A' καὶ σχηματίζουν τοιουτοτρόπως τὸ φανταστικὸν εἰδῶλον τοῦ σημείου A .

Ἀπὸ τὴν μελέτην τῶν ἐπιπέδων κατόπτρων συμπεραίνομεν τὰ ἀκόλουθα.

α) Τὰ εἰδῶλα τὰ ὁποῖα δίδουν τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα εἶναι φαντα-

στικά, δὲν σχηματίζονται δηλαδή ἀπὸ τὰς φωτεινὰς ἀκτῖνας, ἀλλὰ ἀπὸ τὰς προεκτάσεις των, καὶ εὐρίσκονται ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου.

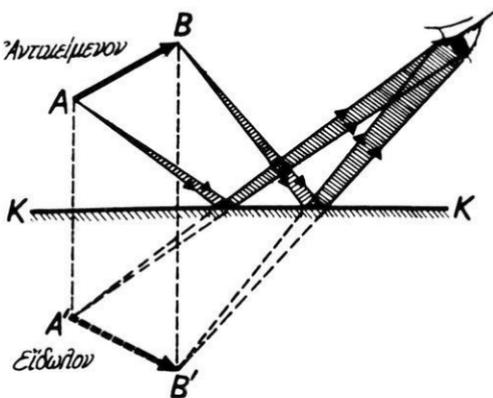
β) Τὰ εἰδῶλα εἶναι συμμετρικὰ μὲ τὰ ἀντικείμενα ὡς πρὸς τὸ ἐπίπεδον τοῦ κατόπτρου καὶ δὲν εἶναι ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα. Εἰδῶλα καὶ ἀντικείμενα ἔχουν μεταξύ των τὴν σχέσιν δεξιᾶς καὶ ἄρι στερᾶς παλάμης.



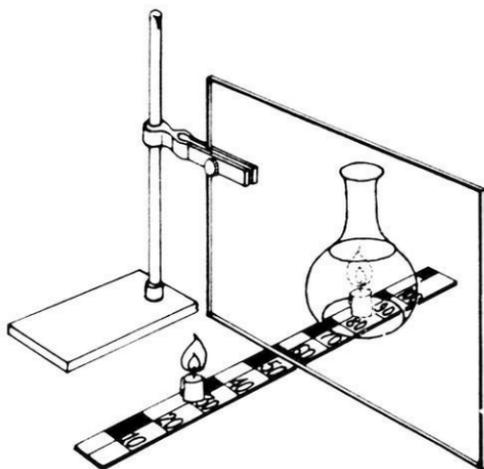
Σχ. 227. Τὸ φανταστικὸν εἰδῶλον A' τοῦ φωτεινοῦ σημείου A εἶναι συμμετρικόν ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον.

Εἰς τὴν σχέσιν συμμετρίας εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου ὀφείλεται τὸ γεγονός ὅτι δὲν δυνάμεθα νὰ διαβάσωμεν τὴν σελίδα ἑνὸς βιβλίου, ἢ ὅποια καθρεπτίζεται μέσα εἰς ἓνα ἐπίπεδον κάτοπτρον.

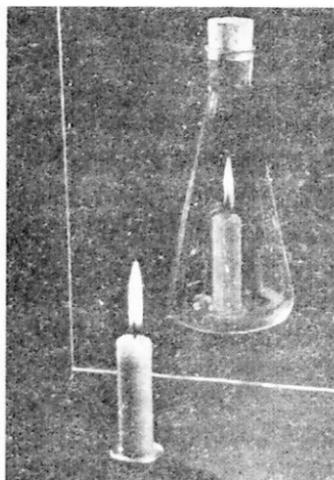
§ 226. Ἀπεικόνισις ἀντικειμένου ὑπὸ ἐπιπέδου κατόπτρου. Τὸ εἶδῶλον $A'B'$ ἑνὸς ἀντικειμένου AB (σχ. 228) σχηματίζεται μὲ εὐκολίαν ἂν κατασκευάσωμεν τὰ συμμετρικὰ A' καὶ B' τῶν ἄκρων τοῦ ἀντικειμένου A καὶ B , ὡς πρὸς τὸ κάτοπτρον. Ἀπὸ τὸ σχῆμα φαίνεται ὅτι τὸ εἶδῶλον ἔχει ἀναστραφῆ πλευρικῶς. Δὲν εἶναι δηλαδή ἐφαρμόσιμον μὲ τὸ ἀντικείμενον, ἐπεὶ τὸ ἄριστερον τοῦ ἀντικειμένου ἀπεικονίζεται ὡς δεξιὸν τοῦ εἰδώλου καὶ ἀντιστρόφως.



Σχ. 228. Γεωμετρικὸν διάγραμμα σχηματισμοῦ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου.



Σχ. 229. Το είδωλον και το αντικείμενον είναι συμμετρικά ως προς τὸ κάτοπτρον.



Σχ.229,α. Φωτογραφία τοῦ ἀντικείμενου καὶ τοῦ εἰδώλου του, μιᾶς διατάξεως ὅπως τοῦ σχ. 229.

Τὸ ὅτι ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εἶναι ἴση μὲ τὴν ἀπόστασιν τοῦ ἀντικείμενου ἀπὸ τὸ κάτοπτρον, δυνάμεθα νὰ τὸ δείξωμεν μὲ τὴν διάταξιν τοῦ σχήματος 229, καὶ 229α, ὅπου ἀντὶ κατόπτρου τοποθετοῦμεν ἓνα διαφανὲς καὶ στιλπνὸν τεμάχιον ὑάλου καὶ ὀπίσω ἀπὸ αὐτὸ μίαν ὑαλίνην φιάλην. Ἡ φλόξ τοῦ εἰδώλου τοῦ κηριου φαίνεται νὰ καίη μέσα εἰς τὸ ὕδωρ τῆς φιάλης, ἐνῶ ἡ ἰσότης τῶν ἀποστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικείμενου μετρεῖται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ἠριθμημένου κανόνος.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ὄταν τὸ φῶς προσπίπτῃ ἐπάνω εἰς μίαν λείαν καὶ στιλπνὴν ἐπιφάνειαν ὑφίσταται ἀνάκλασιν. Ἄν ἡ ἐπιφάνεια εἶναι τραχεῖα καὶ ἀκανόνιστος τὸ φῶς ὑφίσταται διάχυσιν. Ἐξ αἰτίας τῆς διαχύσεως ἔχομεν φῶς καὶ ὅταν δὲν φωτιζόμεθα ἀπ' εὐθείας ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν.

2. Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ τοὺς ἐξῆς δύο νόμους: α) Ἡ προσπίπτουσα καὶ ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς ὀρίζουν ἓνα ἐπίπεδον,

τὸ ὅποιον εἶναι κάθετον πρὸς τὴν ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν.
β) Ἡ γωνία προσπίπτουσας εἶναι ἴση μὲ τὴν γωνίαν ἀνακλάσεως.

3. Ὄταν τὸ φῶς ἀκολουθῇ ἓνα ὄρισμένον δρόμον κατὰ τὴν διάδοσίν του, εἶναι δυνατόν νὰ διαδοθῇ ἀκολουθῶν καὶ τὴν ἀντίστροφον ἀκριβῶς πορείαν.

4. Ἐκάστη λεία καὶ στιλπνὴ ἐπιφάνεια, ἢ ὅποια ἀνακλᾷ τὸ φῶς, τὸ προσπίπτον ἐπ' αὐτῆς, συμφώνως πρὸς τοὺς νόμους τῆς ἀνακλάσεως ὀνομάζεται κάτοπτρον. Ἀναλόγως μὲ τὸ εἶδος τῆς ἀνακλαστικῆς τῶν ἐπιφανείας τὰ κάτοπτρα εἶναι ἐπίπεδα, σφαιρικά (κυρτὰ ἢ κοίλα), κυλινδρική, κλπ.

5. Τὰ διάφορα κάτοπτρα σχηματίζουν ὁμοιώματα τῶν ἀντικειμένων, τὰ ὅποια εἶναι τοποθετημένα ἔμπροσθέν των. Τὰ ὁμοιώματα αὐτὰ ὀνομάζονται εἰδῶλα καὶ διακρίνονται εἰς πραγματικά καὶ εἰς φανταστικά.

6. Πραγματικά λέγονται τὰ εἰδῶλα ἐκεῖνα, τὰ ὅποια σχηματίζονται ἀπὸ σύμπτωσιν τῶν ἀκτίνων καὶ τὰ ὅποια δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἐπὶ ἑνὸς πετάσματος. Σχηματίζονται ἔμπροσθεν τῶν κατόπτρων καὶ ἢ παρεμβάλλονται μεταξὺ ἀντικειμένου καὶ κατόπτρου ἢ τὸ ἀντικείμενον παρεμβάλλεται μεταξὺ τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ εἰδώλου του. Τὰ πραγματικά εἰδῶλα εἶναι ἀνεστραμμένα ἐν σχέσει πρὸς τὰ ἀντικείμενα καὶ μικρότερα, ἴσα, ἢ μεγαλύτερα ἀπὸ αὐτὰ.

7. Τὰ φανταστικά εἰδῶλα σχηματίζονται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων καὶ εὐρίσκονται πάντοτε ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου. Εἶναι ὄρθια καὶ δύνανται νὰ εἶναι ἰσομεγέθη, μεγαλύτερα ἢ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

8. Τὰ ἐπίπεδα κάτοπτρα δίδουν εἰδῶλα φανταστικά, συμμετρικά μὲ τὰ ἀντικείμενα ὡς πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ κατόπτρου καὶ μὴ ἐφαρμόσιμα μὲ τὰ ἀντικείμενα.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

163. Ἡ γωνία μεταξὺ μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος καὶ τῆς ἐπιφανείας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει ἢ ἀκτίς, εἶναι 42° . Πόση εἶναι ἡ γωνία ἀνακλάσεως. (Ἄπ. 48° .)

164. Ἡ γωνία προσπίπτουσας μιᾶς ὀπτικῆς ἀκτίνος ἀξάνεται κατὰ 15° . Κατὰ πόσας μοῖρας ἀξάνεται ἡ γωνία, ἢ σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἀνακλωμένην ἀκτίνα. (Ἄπ. 30 μοῖραι.)

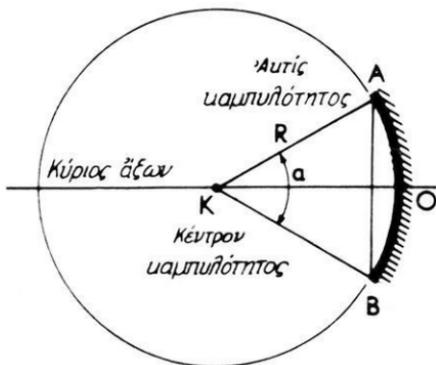
165. Ἡ ἀπόστασις ἐνὸς ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἐντὸς ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, εἶναι 70 cm. Πόσον ἀπέχει τὸ ἀντικείμενον ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. (Ἀπ. 35 cm.)

166. Ἐνας ἄνθρωπος, ὁ ὁποῖος ἐφίσταται ἔμπροσθεν ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου, ἀπομακρύνεται κατὰ 1,5 m ἀπὸ τὸ κάτοπτρον. Κατὰ πόσον ἀξάνεται ἡ ἀπόστασις τοῦ ἀνθρώπου ἀπὸ τὸ εἶδωλόν του. (Ἀπ. 3 m.)

167 Ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς ἐπιπέδου κατόπτρου συμπίπτει μὲ τὸ ὀριζόντιον ἐπίπεδον. Ἐνας παρατηρητὴς, τοῦ ὁποῖου οἱ ὀφθαλμοὶ ἀπέχουν 1,50 m ἀπὸ τὸ ἔδαφος, τοποθετεῖται ὄρθιος εἰς ἀπόστασιν 2 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου καὶ βλέπει, ἐξ ἀνακλάσεως, τὴν κορυφὴν ἐνὸς πλησίον εὐρισκομένου δένδρου εἰς τὴν διεύθυνσιν τοῦ κέντρον τοῦ κατόπτρου. Πόσον εἶναι τὸ ὕψος αὐτοῦ τοῦ δένδρου, ἂν ἡ βάσις τοῦ κορμοῦ του ἀπέχη 20 m ἀπὸ τὸ κέντρον τοῦ κατόπτρου. (Ἀπ. 15m.)

ΜΔ' — ΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΟΠΤΡΑ

§ 227. Γενικότητες. Κοῖλα καὶ σφαιρικὰ κάτοπτρα. Ὅταν ἡ ἀνακλαστικὴ ἐπιφάνεια ἐνὸς κατόπτρου εἶναι σφαιρικὴ, τὸ κάτοπτρον ὀνομάζεται *σφαιρικόν*. Τὸ σφαιρικόν κάτοπτρον ὀνομάζεται *κοῖλον* ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐσωτερικόν τῆς σφαίρας καὶ *κυρτόν* ὅταν ἔχη ὡς ἀνακλαστικὴν ἐπιφάνειαν τὸ ἐξωτερικόν τῆς σφαίρας. Θεωροῦμεν μίαν τομὴν ΑΟΒ ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀπὸ ἓνα ἐπίπεδον διερχόμενον ἀπὸ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, καὶ ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ κατόπτρου (σχ. 230).

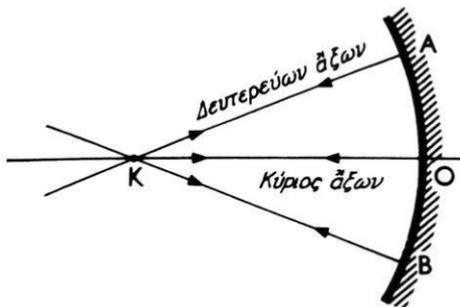


Σχ. 230. Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

Τὸ σημεῖον Ο, τὸ ὁποῖον εἶναι καὶ τὸ γεωμετρικόν μέσον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται *κορυφὴ* τοῦ κατόπτρου, ἡ δὲ γωνία ΑΚΒ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου. Ἡ ΚΟ ἤτις ἰσοῦται μὲ τὴν ἀκτίνα τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *ἀκτὶς καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου καὶ παριστᾶται μὲ τὸ γράμμα R. Τὸ σημεῖον Κ τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖ τὸ κέντρον τῆς σφαίρας, εἰς τὴν ὁποίαν ἀνήκει

τὸ κάτοπτρον, ὀνομάζεται *κέντρον καμπυλότητος* τοῦ κατόπτρου.

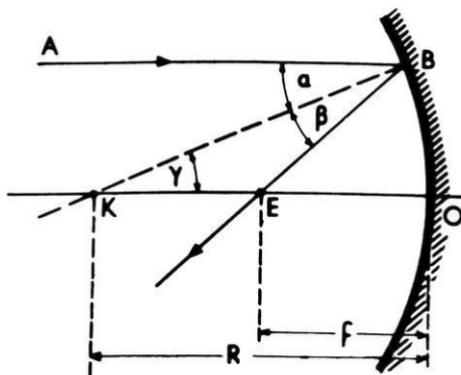
Ἡ εὐθεῖα OK ἥτις διέρχεται ἀπὸ τὴν κορυφὴν O τοῦ κατόπτρου καὶ τὸ κέντρον καμπυλότητός του ὀνομάζεται *κύριος ἄξων* τοῦ κατόπτρου. Πᾶσα ἄλλη εὐθεῖα διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ ἀπὸ ἓνα τυχαῖον σημεῖον τοῦ κατόπτρου, ὀνομάζεται *δευτερεύων ἄξων* (σχ. 231).



Σχ. 231. Κύριος καὶ δευτερεύων ἄξων ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 228. Ἑστιακὴ ἀπόστασις.

Κυρία ἐστία. Ἄν μία λεπτὴ φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων AB προσπέσῃ παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξωνα ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, θὰ διέλθῃ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της, ἀπὸ ἓνα σημεῖον E τοῦ κυρίου ἄξωνος, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς OK καὶ τὸ ὁποῖον ὀνομάζεται *κυρία ἐστία* τοῦ κατόπτρου (σχ. 232).



Σχ. 232. Ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις εἶναι ἰση πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου.

Ἡ ἀνάκλασις ἀκολουθεῖ καὶ ἐδῶ τοὺς γνωστούς νόμους της. Γωνία προσπτώσεως εἶναι ἡ ABK , σχηματιζομένη ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν AB καὶ τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως B , δηλαδὴ τὴν ἀκτίνα KB . Γωνία ἀνακλάσεως εἶναι ἡ KBE .

Ἐὰν ὀνομάσωμεν τὴν ἀπόστασιν OE τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν *ἐστιακὴν ἀπόστασιν* καὶ τὴν συμβολίσωμεν μὲ τὸ γράμμα f καὶ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος R τοῦ κατόπτρου θὰ

ἔχωμεν ὡς πρώτην ἐξίσωσιν τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων τὴν σχέσιν :

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

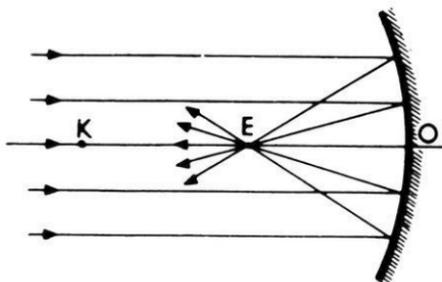
$$\text{ἔστιακή ἀπόστασις} = \frac{\text{ἄκτις καμπυλότητος}}{2}$$

Ὡστε :

Ἄν εἰς ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον προσπέσῃ μία φωτεινὴ δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, αἱ ἀκτίνες τῆς δέσμης θὰ διέλθουν, ἀφοῦ ἀνακλασθοῦν, ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, ἢ ὁποία εὐρίσκεται εἰς τὸ μέσον τῆς ἀποστάσεως τῆς ὀριζομένης μεταξὺ τῆς κορυφῆς τοῦ κατόπτρου καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος.

Τὸ σχῆμα 233 δεικνύει τὴν ἀνάκλασιν δέσμης παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων, ἢ ὁποία προσπίπτει παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου.

Πείραμα. Ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ ἐπάνω εἰς ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, παραλλήλως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μία δέσμη ἠλιακῶν ἀκτίνων, αἱ ὁποῖαι, λόγῳ τῆς μεγάλης ἀποστάσεως τοῦ Ἥλιου, δύνανται νὰ θεωρηθοῦν ὡς παράλληλοι. Αἱ ἀκτίνες αὗται θὰ συγκεντρωθοῦν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τὴν ὁποίαν ἀναγνωρίζομεν ἀπὸ τὴν μεγάλην θερμότητα, ἣτις ἀναπτύσσεται ἐκεῖ, πρᾶγμα τὸ ὁποῖον



Σχ. 233. Αἱ παράλληλοι πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτίνες συγκεντρώνονται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν.

ὀφείλεται εἰς τὴν συγκέντρωσιν τῶν ἀκτίνων. Ἡ θερμότης αὕτη δύναται νὰ καύσῃ διάφορα ἀντικείμενα.

Συμφώνως, ἄλλωστε, πρὸς τὴν ἀρχὴν τῆς ἀντιστροφῆς πορείας τοῦ φωτός, μία ἀποκλίνουσα φωτεινὴ δέσμη, διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν καὶ προσπίπτουσα εἰς τὸ κάτοπτρον, μεταβάλλεται

μετά την ανάκλασιν της εἰς δέσμην παραλλήλων ἀκτίνων (σχ. 234).

§ 229. Εἶδωλα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἀναλόγως πρὸς τὴν θέσιν τοῦ ἀντικειμένου, ὡς πρὸς τὸ κατόπτρον καὶ τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, δύναμεθα νὰ ἔχωμεν εἶδωλα φανταστικά ἢ πραγματικά.

Τὸ φανταστικὸν εἶδωλον εἶναι ὄρθιον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον. Τὸ πραγματικὸν εἶναι ἀνέστραμμένον ἐν σχέσει πρὸς τὸ ἀντικείμενον καὶ μικρότερον, μεγαλύτερον ἢ ἴσον πρὸς αὐτό.

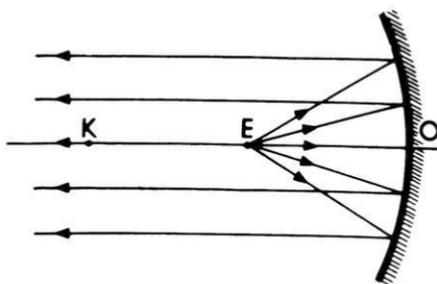
§ 230. Πορεία τῶν ἀκτίνων αἰτίνες προσπίπτουν ἐπὶ ἐνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Ἐφ' ὅσον τὰ εἶδωλα τῶν διαφόρων ἀντικειμένων σχηματίζονται ἀπὸ τὰς ἀνακλωμένας ἀκτίνας, διὰ νὰ κατασκευάσωμεν τὸ εἶδωλον ἐνὸς ἀντικειμένου πρέπει νὰ γνωρίζωμεν νὰ χαράζωμεν τὴν πορείαν ὀρισμένων φωτεινῶν ἀκτίνων (σχ. 235).

α) Ἀκτὶς παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅπως ἡ AB διέρχεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν E τοῦ κατόπτρου.

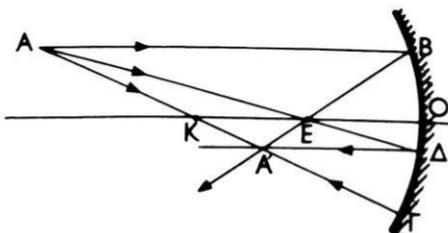
β) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ὅπως ἡ AKΓ, προσπίπτει καθέτως ἐπὶ τοῦ κατόπτρου καὶ ἀνακλᾶται ἀκολουθοῦσα τὴν ἀντίστροφον πορείαν ΓΚΑ.

γ) Ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ὅπως ἡ ΑΕΔ, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

δ) Πᾶσα ἄλλη ἀκτὶς προσπίπτουσα ἐπὶ τοῦ κατόπτρου (ὅπως



Σχ. 234. Ὄταν τὸ φωτεινὸν σημεῖον τοποθετηθῇ εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν, τότε αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες του, μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των, διαδίδονται παραλλήλῃς πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.



Σχ. 235. Πορεία τῶν ἀκτίνων διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ εἰδώλου ἐνὸς φωτεινοῦ σημείου.

βεβαίως και αί προηγούμεναι) σχηματίζει γωνίαν ανακλάσεως ίση με την γωνίαν προσπτώσεως.

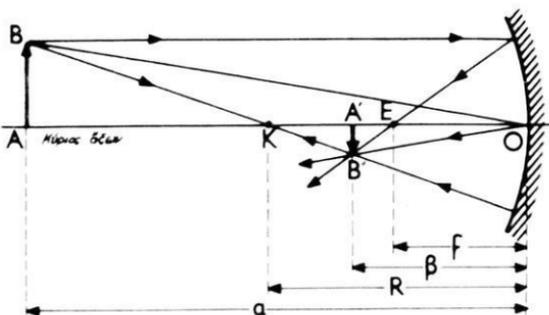
Διὰ τὴν σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου, χρειαζόμεθα δύο τουλάχιστον φωτεινάς ἀκτῖνας τοῦ σημείου, ἢ τομὴ τῶν ὁποίων θὰ σχηματίσῃ τὸ εἶδωλον.

Τὸ εἶδωλον ἑνὸς ἀντικειμένου σχηματίζεται ἀπὸ τὰ εἶδωλα τῶν σημείων τὰ ὁποῖα ἀπαρτίζουν τὸ ἀντικείμενον.

§ 231. Τύπος τῶν κοίλων σφαιρικῶν κατόπτρων. Ἐστω AB (σχ. 236) ἓνα ἀντικείμενον, εὐρισκόμενον καθέτως πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου, καὶ A'B' τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου αὐτοῦ. Ἄν ὀνομάσωμεν α τὴν ἀπόστασιν OA τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, β τὴν ἀπόστασιν OA' τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου, f τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν τοῦ κατόπτρου καὶ R τὴν ἀκτίνα καμπυλότητός του, τότε, ὅπως ἀποδεικνύεται, ἰσχύει ὁ ἀκόλουθος τύπος τῶν κατόπτρων :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f} \quad \text{ἢ} \quad \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{2}{R}$$

§ 232. Διάφοροι περιπτώσεις σχηματισμοῦ εἰδώλων. α) Πραγματικῶν εἰδώλων.



Σχ. 236. Αἱ ἀποστάσεις α, β, R, καὶ f συνδέονται μεταξύ των με ὀρισμένην σχέσιν.

1) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, τὸ εἶδωλόν του εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον, μικρότερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ σχηματίζεται μεταξύ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ κέντρου καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου (σχ. 237, I).

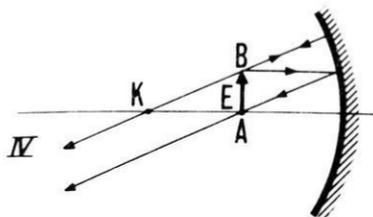
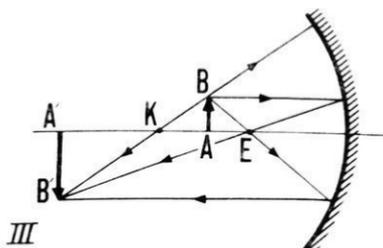
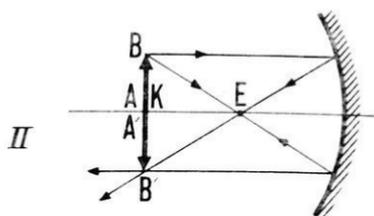
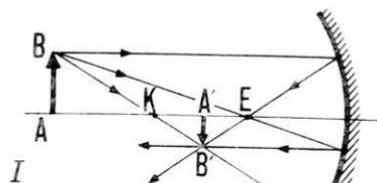
2) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζῃ πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότη-

τος, πλησιάζει και τὸ εἶδωλόν του πρὸς τὸ κέντρον καμπυλότητος, καὶ ὅλονέν μεγαλώνει. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον συμπέση μετὰ τοῦ κέντρον καμπυλότητος καὶ τὸ εἶδωλόν του συμπίπτει μετὰ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι ἴσον πρὸς τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, I).

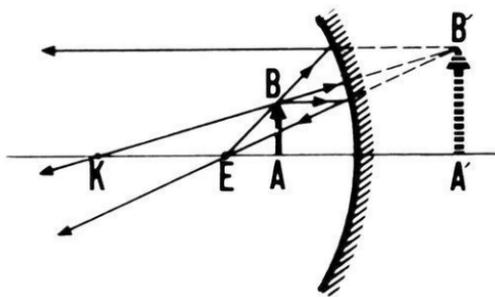
3) Ἄν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται μεταξύ κέντρον καμπυλότητος καὶ κυρίας ἐστίας τοῦ κατόπτρου, τὸ εἶδωλόν του ἀντικειμένου σχηματίζεται πέραν ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος, ἀνεστραμμένον καὶ μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 237, II).

4) Ὅσον προχωρεῖ τὸ ἀντικείμενον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου, τόσον μεγαλώνει τὸ εἶδωλόν του καὶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πέση ἐπὶ τῆς κυρίας ἐστίας, τὸ εἶδωλόν του σχηματίζεται, ὅπως λέγομεν, εἰς τὸ ἄπειρον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δηλαδή, δὲν ἔχομεν εἶδωλόν του ἀντικειμένου. Αὐτὸ ὀφείλεται εἰς τὸ γεγονός ὅτι αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἀνάκλασίν των σχηματίζουν παράλληλον δέσμην, δὲν τέμνονται καὶ τοιοῦτοτρόπως δὲν σχηματίζεται εἶδωλόν (σχ. 237, IV).

Ἐναντιστροφῶς, ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκειται εἰς τὸ ἄπειρον, εἰς πολὺ μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον, τὸ εἶδωλόν του σχη-



Σχ. 237. Διάφοροι θέσεις σχηματισμοῦ εἰδώλου ἑνὸς ἀντικειμένου τὸ ὁποῖον εὐρίσκειται ἔμπροσθεν ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου.



Σχ. 238. Γεωμετρική κατασκευή φανταστικού είδωλου κοίλου σφαιρικού κατόπτρου

ματίζεται επί της κυρίας έστιας και είναι σημειακόν.

β) Φανταστικόν είδωλον.

Όταν τó αντικείμενον εύρίσκεται μεταξύ κυρίας έστιας και κορυφής του κατόπτρου, δέν έχομεν σχηματισμόν πραγματικού είδωλου. Είς την περίπτωσην αυτήν (σχ. 238) αί άκτίνες μετά την ανάκλασιν των άποκλίνουσι και δέν τέμνονται. Άν όμως προσ-

πέσουν είς τόν όφθαλμόν, συναντώνται είς την προέκτασιν των όπισω από τó κάτοπτρον, σχηματίζουσι ούτως ένα φανταστικόν είδωλον, όρθιον και μεγαλύτερον από τó αντικείμενον. Διά νά ίδωμεν λοιπόν τó είδωλον του προσώπου μας έντός κοίλου σφαιρικού κατόπτρου, πρέπει νά τοποθετηθώμεν μεταξύ της κορυφής και της κυρίας έστιας του.

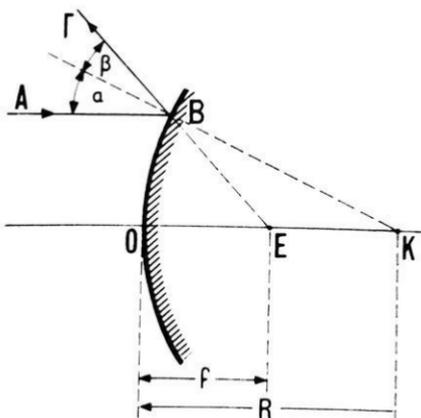
Ό τύπος των κοίλων σφαιρικών κατόπτρων ίσχύει και είς τás δύο περιπτώσεις των είδωλων, φανταστικού και πραγματικού, με την διαφοράν ότι, όταν πρόκειται διά φανταστικόν είδωλον, θεωρούμεν την απόστασιν του β άρνητικήν, ενώ άν κατά την λύσιν ενός προβλήματος εύρωμεν άρνητικόν β, αυτό σημαίνει ότι τó είδωλον είναι φανταστικόν.

§ 233. Κυρτά σφαιρικά κάτοπτρα. Είς τά κυρτά σφαιρικά κάτοπτρα ή άνακλαστική έπιφάνεια είναι τó έξωτερικόν μέρος της σφαίρας.

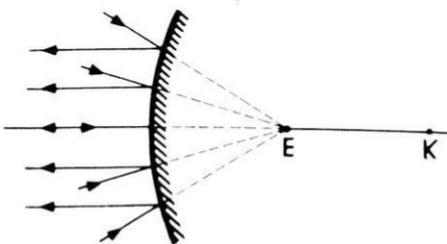
Άν έχομεν μίαν φωτεινήν άκτίνα AB (σχ. 239), παράλληλον προς τόν κύριον άξονα του κατόπτρου, διά νά σχηματίσωμεν την άνακλωμένην της ΒΓ, φέρομεν είς τó Β την άκτίνα καμπυλόδητος ΚΒ και προεκτείνοντες αυτήν σχηματίζομεν γωνίαν $\beta = \alpha$.

Η άνακλωμένη άκτις ΒΓ δέν συναντά τόν κύριον άξονα είς τó σημείον Ε, τó όποιον εύρίσκεται είς τó μέσον της άκτίνοσ OK, αλλά ή προέκτασίς της. Τó ίδιον θα συμβή και με πάσαν άλλην άκτίνα παράλληλον προς τόν κύριον άξονα. Άν λοιπόν έπάνω είς ένα κυρτόν σφαιρικόν κάτοπτρον προσπέση μία δέσμη παράλληλων άκτινων, παράλληλως προς τόν κύριον άξονα του κατόπτρου, θα μεταβληθή μετά την άνακλασιν της είς άποκλινούσαν δέσμη, αί προεκτάσεις των άκτινων της όποιás όμως θα διέρχωνται από τó μέσον Ε της άκτίνοσ OK, τó όποιον ονομάζεται και πάλιν κυρία έστία του κατόπτρου. Έπειδή όμως ή κυρία έστία του κυρτού

σφαιρικού κατόπτρου σχηματίζεται από τας προεκτάσεις τών ακτίνων και εύρεται όπισω από τó κάτοπτρον, όνομάζεται φανταστική κυρία έστια (σχ. 240).



Σχ. 239. 'Ανάκλασις εις κυρτόν σφαιρικόν κάτοπτρον.



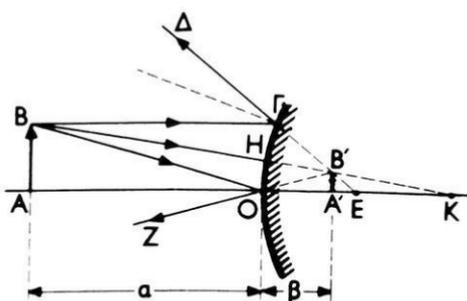
Σχ. 240. Αί παράλληλοι πρὸς τόν κύριον ἄξονα ἑνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου ἀκτίνες, σχηματίζουν μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῶν δέσμη ἀποκλινουσῶν ἀκτίνων, ἢ κορυφὴ τῆς ὁποίας εὐρίσκεται εἰς τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἔστιαν.

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

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{R}$$

μέ τὴν διαφορὰν ὁμῶς ὅτι τὰ β, f ἢ τὸ R εἶναι πάντοτε ἀρνητικά.

Ἐάν κατὰ τὴν λύσιν ἑνὸς προβλήματος εὐρωμεν ἀρνητικὰς τιμὰς διὰ τὸ f ἢ τὸ R, αὐτὸ σημαίνει ὅτι τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν πρέπει ὡπωσδήποτε νὰ εἶναι ἀρνητικὸν καὶ τὸ β. Τὸ α δὲν εἶναι ποτὲ ἀρνητικόν.



Σχ. 241. Γεωμετρικὴ κατασκευὴ τοῦ φανταστικοῦ εἰδώλου ἑνὸς κυρτοῦ σφαιρικοῦ κατόπτρου.

§ 235. Μεγέθυνσις αντικειμένου υπό σφαιρικοῦ κατόπτρου. Τὸ πηλίκον μιᾶς διαστάσεως τοῦ εἰδώλου, π.χ. τοῦ ὕψους του, πρὸς τὴν ἀντίστοιχον διάστασιν τοῦ ἀντικειμένου ὀνομάζεται γραμμικὴ μεγέθυνσις M .

Ἐπομένως ἂν AB εἶναι τὸ ὕψος τοῦ ἀντικειμένου καὶ $A'B'$ τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου, θὰ ἔχωμεν τὴν σχέσιν:

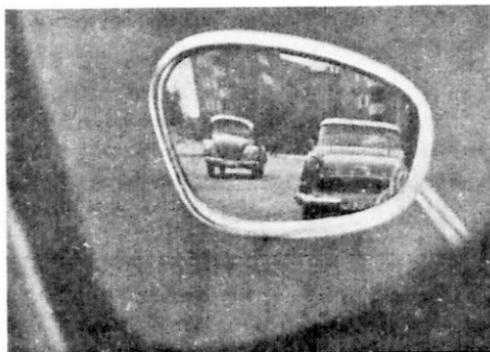
$$M = \frac{A'B'}{AB}$$

Ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν φαίνεται ὅτι ἡ μεγέθυνσις δύναται νὰ εἶναι μεγαλυτέρα, ἴση ἢ μικροτέρα τῆς μονάδος, ἀναλόγως πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ εἰδώλου ἐν σχέσει πρὸς τὸ μέγεθος τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως ἀποδεικνύεται, ἡ μεγέθυνσις καὶ αἱ ἀποστάσεις α καὶ β τοῦ ἀντικειμένου καὶ τοῦ εἰδώλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν:

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

Ἡ ἀνωτέρω σχέσις (1) ἰσχύει διὰ τὰ κοίλα καὶ τὰ κυρτὰ κάτοπτρα. Ὅταν ἡ μεγέθυνσις εἶναι ἀρνητικὴ, τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Ὅταν ἡ ἀρνητικὴ μεγέθυνσις ἔχη ἀπόλυτον τιμὴν μικροτέραν τῆς μονάδος, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν.



Σχ. 242. Οἱ ὁδηγοὶ τῶν συγκοινωνιακῶν οχημάτων χρησιμοποιοῦν κυρτὰ σφαιρικά κάτοπτρα.

§ 236. Ἐφαρμογαὶ τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων.

Τὰ κοίλα σφαιρικά κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ μικροσκοπία καὶ εἰς τοὺς προβολεῖς δια τὴν συγκέντρωσιν φωτισμοῦ εἰς ὄρισμένον σημείον. Τὰ κοίλα κάτοπτρα χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης εἰς τὸν καλλωπισμὸν, διότι σχηματίζουν φανταστικά εἶδωλα μεγαλυτέρα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα.

Τὰ κυρτά κάτοπτρα χρησιμοποιούνται εις τὰ διάφορα μεταφορικά μέσα, ἐπειδή ἐπιτρέπουν εις τὸν ὁδηγὸν ἑνὸς ὀχήματος νὰ ἔχη μίαν μικρὰν εἰκόνα μιᾶς εὐρείας περιοχῆς, ἢ ὅποια ἐκτείνεται ὀπίσω ἀπὸ τὸ ὄχημα (σχ. 242).

§ 237. Σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων. Ὅσα ἀναφερόμεν, διὰ σφαιρικά κάτοπτρα εις τὰς προηγουμένας παραγράφους, ἰσχύουν ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μικρὸν, σχετικῶς πρὸς τὴν ἀκτίνα καμπυλότητός του καὶ τὰ ἀντικείμενα εὐρίσκονται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος ἢ πολὺ πλησίον πρὸς αὐτόν. Ὅταν αὐτοὶ οἱ δύο ὅροι δὲν πληροῦνται, τὰ σχηματιζόμενα εἰδῶλα εἶναι ἀσαφῆ.

Ὅταν τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου εἶναι μεγάλον, τότε μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, δὲν συγκεντρώνεται μετὰ τὴν ἀνάκλασιν τῆς εἰς τὴν κυρίαν ἐστίαν τοῦ κατόπτρου. Αἱ ἀκτίνες αἱ ὅποια ἀνακλῶνται μακρὰν ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον, τέμνουν τὸν κύριον ἄξονα πλησιέστερον πρὸς τὸ κάτοπτρον. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται **σφαιρικὴ ἔκτροπή**.

Ὅταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται εις ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν κύριον ἄξονα, τότε αἱ προσπίπτουσαι ἀκτίνες σχηματίζουν μίαν αἰσθητὴν γωνίαν μετὰ τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Αὐτὸς ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα νὰ σχηματίζωνται ἀντὶ ἑνὸς δύο εἰδῶλα, κάθετα τὸ ἓνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο. Τὸ σφάλμα αὐτὸ ὀνομάζεται **ἀστιγματικὴ ἔκτροπή**.

Α Ν Α Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ω Σ Ι Σ

1. Τὰ στοιχεῖα ἑνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι τὸ κέντρον καμπυλότητος K , ἡ ἀκτίς καμπυλότητος R , ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ κατόπτρου.

2. Μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως a τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἑνὸς σφαιρικοῦ κατόπτρου, τῆς ἀποστάσεως β τοῦ εἰδῶλου ἀπὸ τὴν κορυφὴν τοῦ κατόπτρου καὶ τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως f ἰσχύει ἡ σχέσις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ a εἶναι πάντοτε θετικόν, τὸ β καὶ τὸ f δυνατόν νὰ εἶναι θετικά ἢ ἀρνητικά. Ὅταν τὸ β εἶναι ἀρνητικόν, τὸ εἰδῶλον εἶναι φανταστικόν. Ὅταν τὸ f εἶναι ἀρνητικόν, τὸ κάτοπτρον εἶναι κυρτόν. Μεταξὺ τῶν f καὶ R ὑφίσταται ἡ σχέσις :

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

3. Τα κοίλα κάτοπτρα έχουν πραγματικήν κυρίαν έστιαν. Μία δέσμη, δηλαδή, παραλλήλων ακτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα (τὴν εὐθείαν ἣτις διέρχεται ἀπὸ τὸ κέντρον καμπυλότητος καὶ τὴν κορυφήν τοῦ κατόπτρου), μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς συγκλίνουσαν δέσμη, αἱ ἀκτίνες τῆς ὁποίας συναντῶνται ἐπὶ τοῦ κυρίου ἄξονος καὶ καθορίζουν τὴν κυρίαν έστιαν τοῦ κατόπτρου.

4. Τα κυρτά κάτοπτρα ἔχουν ἀρνητικήν κυρίαν έστιαν. Μία δέσμη παραλλήλων ακτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, μεταβάλλεται μετὰ τὴν ἀνάκλασίν της εἰς ἀποκλίνουσαν δέσμη, αἱ προεκτάσεις τῶν ακτίνων τῆς ὁποίας τέμνονται εἰς τὴν προέκτασιν τοῦ κυρίου ἄξονος, εἰς ἓνα σημεῖον ὀπισθεν τοῦ κατόπτρου.

5. Ἡ γραμμικὴ μεγέθυνσις M , ὁ λόγος δηλαδή δύο ἀντιστοίχων διαστάσεων εἰδώλου καὶ ἀντικειμένου, δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν :

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

6. Τα σφάλματα τῶν σφαιρικῶν κατόπτρων εἶναι ἡ σφαιρικὴ ἔκτροπή καὶ ἡ ἀστιγματικὴ ἔκτροπή.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

168. Ἐμπρὸς ἀπὸ ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον καὶ εἰς ἀπόστασιν 140 cm ἀπὸ τὴν κορυφήν του θέτομεν ἓνα ἀντικείμενον. Ἡ ἀπόστασις τοῦ εἰδώλου εἶναι ἴση μὲ 23,3 cm. Νὰ εὐρεθῇ ἡ έστιακὴ ἀπόστασις τοῦ κατόπτρου. (*Απ. $f=20$ cm.)

169. Ὄταν ἓνα φωτεινὸν ἀντικείμενον τοποθετῆται εἰς ἀπόστασιν 40 cm ἀπὸ ἓνα κοῖλον σφαιρικὸν κάτοπτρον, σχηματίζεται πραγματικὸν εἶδωλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὴν κορυφήν τοῦ κατόπτρου. Νὰ εὐρεθοῦν : α) ἡ έστιακὴ ἀπόστασις καὶ β) ἡ ἀκτίς καμπυλότητος τοῦ κατόπτρου. (*Απ. α' 13,33 cm. β' 26,6 cm.)

170. Κυρτὸν κάτοπτρον, έστιακῆς ἀποστάσεως 50 cm, δίδει εἶδωλον τοῦ ὁποίου τὸ ὕψος εἶναι ἴσον πρὸς τὸ 1/4 τοῦ ὕψους τοῦ ἀντικειμένου. Εἰς ποίας ἀποστάσεις ἀπὸ τὸ κάτοπτρον εὐρίσκειται τὸ ἀντικείμενον καὶ τὸ εἶδωλον. (*Απ. 150 cm-37,5 cm.)

171. Ἡ ἀκτίς καμπυλότητος ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι 30 cm. Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν κορυφήν τοῦ κατόπτρου συγκεντρώνεται μία δέσμη παραλλήλων ακτίνων, παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου, μετὰ ἀπὸ τὴν ἀνάκλασίν της. (*Απ. 15 cm.)

172. Ἡ ἀπόστασις ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὴν κορυφὴν ἑνὸς κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου εἶναι ἴση πρὸς τὰ $2/3$ τῆς ἀκτίνος καμπυλότητος. Τὸ σημεῖον εὐρίσκειται ἐπάνω εἰς τὸν κύριον ἄξονα τοῦ κατόπτρου. Πόσον ἀπέχει τὸ εἶδωλον του φωτεινοῦ σημείου ἀπὸ τὸ κατόπτρον καὶ τί εἶδους εἶδωλον εἶναι. ('Απ. $2 R$, πραγματικόν.)

173. Ἀντικείμενον εὐρίσκειται εἰς ἀπόστασιν $3f$ ἀπὸ ἑνα κοίλου σφαιρικοῦ κατόπτρου. Εἰς πόσην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον σχηματίζεται τὸ εἶδωλον τοῦ αντικειμένου καὶ τί εἶδους εἶδωλον εἶναι. ('Απ. $3/2 f$, πραγματικόν.)

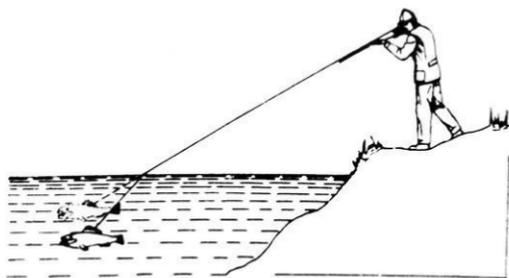
174. Ἀντικείμενον, ὕψους 4 cm , εὐρίσκειται εἰς ἀπόστασιν 15 cm ἀπὸ ἑνα κυρτὸν σφαιρικὸν κατόπτρον, ἐστιακῆς ἀποστάσεως 5 cm . Εἰς ποίαν ἀπόστασιν ἀπὸ τὸ κατόπτρον θὰ σχηματισθῇ τὸ εἶδωλον καὶ ποῖον θὰ εἶναι τὸ μέγεθός του. ('Απ. $-3,75\text{ cm}$, 1 cm .)

ΜΕ'—ΔΙΑΘΛΑΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

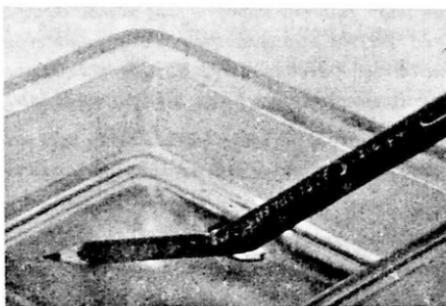
§ 238. Γενικότητες. Ὅταν μία δέσμη μονοχρῶν φωτεινῶν ἀκτίνων προσπέση πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν διαχωρισμοῦ δύο διαφορετικῶν διαφανῶν σωμάτων, ὅπως, π.χ., εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἀέρος καὶ ὕδατος, ἕνα μέρος ἀπὸ τὸ φῶς ἀνακλάται, ἐνῶ ἕνα ἄλλο μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανές σῶμα. Αἱ φωτειναὶ ὅμως ἀκτίνες αἰτίνες δὲν ἀνεκλάσθησαν, ἀλλὰ εἰσεχώρησαν εἰς τὸ δεύτερον διαφανές σῶμα - τὸ ὕδωρ εἰς τὴν περίπτωσίν μας - δὲν ἀκολουθοῦν τὴν εὐθύγραμμον διάδοσίν των, ἀλλὰ κάμπτονται καὶ πλησιάζουν τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται διάθλασις τοῦ φωτός. Ὡστε :

Διάθλασις ὀνομάζεται τὸ φαινόμενον κατὰ τὸ ὅποιον τὸ φῶς μεταβάλλει διεύθυνσιν διαδόσεως, ὅταν διακόπη τὴν διάδοσίν του εἰς ἕνας διαφανές μέσον διὰ τὴν συνεχίση εἰς ἕνα ἄλλον διαφανές μέσον.

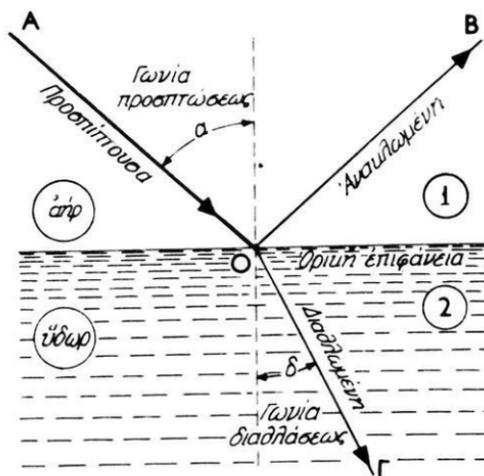
Ἐξ αἰτίας τῆς δια-



Σχ. 243. Ἐξ αἰτίας τῆς διαθλάσεως ὁ ἰχθύς φαίνεται ὑψηλότερον ἐντὸς τοῦ ὕδατος.



Σχ. 244. Έξ αιτίας τής διαθλάσεως ή μολυβδίζ φαίνεται κεκαμμένη.



Σχ. 245. Διά τήν σπουδήν τής διαθλάσεως.

Ἡ ἀκτίς ΑΟ ὀνομάζεται **προσπίπτουσα** καί ἡ ΟΓ **διαθλωμένη**. Ἡ γωνία ἢ σχηματιζομένη ἀπό τήν προσπίπτουσαν ἀκτίνα καί τήν κάθετον εἰς τήν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν, εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως, ὀνομάζεται **γωνία προσπτώσεως**. Ἡ γωνία, ἢ σχηματιζομένη ἀπὸ τήν κάθετον καί τήν διαθλωμένην ἀκτίνα, ὀνομάζεται **γωνία διαθλάσεως**.

θλάσεως τοῦ φωτός, οἱ ἰχθύες φαίνονται ὑψηλότερον εἰς τὸ ὕδωρ ἀπὸ τήν πραγματικὴν των θέσιν (σχ. 243) καί ἡ βυθισμένη εἰς τὸ ὕδωρ μολυβδίζ κεκαμμένη (σχ. 244).

§ 239. Νόμοι τῆς διαθλάσεως. Ἐστω μία λεπτή μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΑΟ, ἥτις προσπίπτει πλαγίως εἰς τὴν ἐπίπεδον διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν ἀέρος καί ὕδατος (σχ. 245.)

Συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέρομεν, ἓνα μέρος τοῦ φωτός ἀνακλιᾶται, ἀκολουθοῦν τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΒ καί ἓνα μέρος εἰσχωρεῖ εἰς τὸ δεύτερον διαφανὲς μέσον, τὸ ὕδωρ, κατὰ τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος ΟΓ καί διαθλάται. Ἡ ἀκτίς ΟΓ ἐκτρέπεται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν διεύθυνσιν διαδόσεως τοῦ φωτός καί, εἰς τὴν περίπτωσίν μας, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον εἰς τὸ σημεῖον προσπτώσεως Ο τῆς διαχωριστικῆς ἐπιφανείας ὕδατος-ἀέρος.

Όταν ή διαθλωμένη άκτις πλησιάζη προς την κάθετον, όπως εις την περίπτωση τής διαδόσεως του φωτός από τον άέρα εις το ύδωρ, το δεύτερον διαφανές μέσον, το ύδωρ εις την περίπτωση μας, λέγεται *διαθλαστικώτερον* ή *οπτικώς πυκνότερον* από το πρώτον. Αν όμως ή διαθλωμένη άκτις απομακρύνεται από την κάθετον, τότε το δεύτερον διαφανές μέσον λέγεται *οπτικώς αραιότερον* από το πρώτον.

Το επίπεδον, το όριζόμενον από την προσπίπτουσαν και την διαθλωμένην άκτινα, ονομάζεται *επίπεδον διαθλάσεως*.

Η διάθλασις του φωτός άκολουθεί τους έξής δύο νόμους :

1ος νόμος. Το επίπεδον διαθλάσεως, το όποιον όρίζεται από την προσπίπτουσαν και την διαθλωμένην άκτινα, είναι κάθετον εις την διαχωριστικήν επιφάνειαν των δύο διαφανών μέσων.

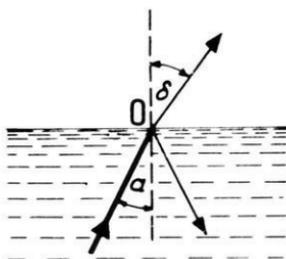
2ος νόμος. Όταν φωτειναι άκτινες μονοχρώου φωτός διαδίδονται πλαγίως από ένα διαφανές μέσον Α εις ένα άλλο Β, διαθλώνται και πλησιάζουν προς την κάθετον, όταν το δεύτερον διαφανές μέσον Β είναι οπτικώς πυκνότερον από το πρώτον Α. Το αντίθετον συμβαίνει όταν το φώς διαδίδεται από οπτικώς πυκνότερον εις οπτικώς αραιότερον μέσον.

Όταν το φώς προσπίπτη καθέτως εις την επιφάνειαν διαχωρισμού δύο οπτικων μέσων, δεν υφίσταται διάθλασις και συνεχίζει την ευθύγραμμον διάδοσίν του εις το δεύτερον μέσον.

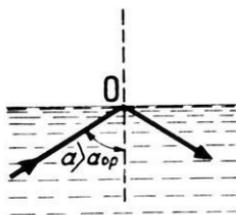
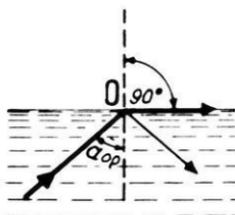
§ 240. Όρικη γωνία. Όλικη άνάκλασις. Όταν το φώς προσπίπτη πλαγίως εις την επιφάνειαν διαχωρισμού δύο διαφορετικων οπτικων μέσων και διαδίδεται από οπτικώς πυκνότερον, εις οπτικώς αραιότερον διαφανές σωμα, όπως π.χ. από το ύδωρ εις τον άέρα, ή διαθλωμένη άκτις απομακρύνεται, όπως γνωρίζωμεν, από την κάθετον (σχ. 246).

Όταν μεγαλώνη ή γωνία προσπτώσεως α, μεγαλώνει και ή γωνία διαθλάσεως δ, ή όποία εις την περίπτωση την όποιαν ξετεάζομεν είναι πάντοτε μεγαλύτερα από την γωνίαν προσπτώσεως. Όταν ή γωνία προσπτώσεως λάβη μίαν όρισμένην τιμήν, την όποιαν ονομάζομεν **ορικην γωνίαν** ($\alpha_{ορ}$), ή γωνία διαθλάσεως γίνεται ίση με 90° και ή διαθλωμένη άκτις διαδίδεται επάνω εις την επιφάνειαν διαχωρισμού των δύο οπτικων μέσων (σχ. 247, I).

Όταν ή γωνία προσπτώσεως υπερβή την ορικην γωνίαν ($\alpha > \alpha_{ορ}$),



Σχ. 246. Όταν το φως διαδίδεται από οπτικώς πυκνότερον εις οπτικώς αραιότερον διαφανές μέσον, ή διαθλωμένη άκτις άπομακρύνεται άπό τήν κάθετον.



Σχ. 247. Όταν ή γωνία προσπτώσεως ή υπερβή τήν όρικήν, συμβαίνει όλική άνάκλασις.

δεν υπάρχει πλέον διαθλωμένη άκτις, αλλά συμβαίνει μόνον άνάκλασις (σχ. 247, II).

Τό φαινόμενον αυτό όνομάζεται *όλική άνάκλασις* του φωτός και παρατηρείται μόνον όταν τό φως διαδίδεται πλαγίως από ένα πυκνότερον πρὸς ένα αραιότερον μέσον.

Ώστε :

Όλική άνάκλασις όνομάζεται τό φαινόμενον κατά τό όποϊον τό φως, όταν διαδίδεται πλαγίως από οπτικώς πυκνότερον πρὸς οπτικώς αραιότερον διαφανές μέσον, ύφίσταται μόνον άνάκλασιν, όταν ή γωνία προσπτώσεως ή υπερβή μίαν ώρισμένην τιμήν, χαρακτηριστικήν δια τά δύο οπτικά μέσα, ή όποία όνομάζεται *όρική γωνία*.

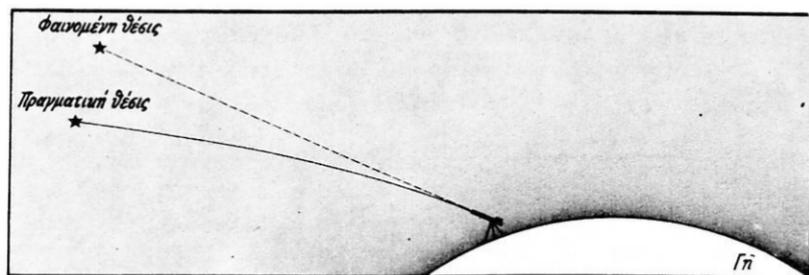
Έκτεταμένη χρήσις του φαινομένου τούτου γίνεται εις τούς φωτιζομένους πίδακας τών άναβρυτηρίων, εις τούς όποιους παρατηρούμεν χρωματιστάς καμπύλας φλέβας ύδατος.

§ 241. Άποτελέσματα τής διαθλάσεως.

Όταν μία φωτεινή άκτις, ήτις προέρχεται από κάποιον άστέρα, εισχωρήσει εις τήν γήινην άτμόσφαιραν, διέρχεται από στρώματα άέρος, τών όποιών αύξάνεται συνεχώς ή οπτική πυκνότης. Διά τόν λόγον αυτόν ή άκτις όλονέν καμπυλούται. Όταν φθάσει εις τόν όφθαλμόν μας, νομίζομεν ότι προέρχεται από τήν προέκτασιν του τελευταίου τμήματός της, με άποτέλεσμα νά βλέπωμεν τόν άστέρα ύψηλότερον από τήν θέσιν εις τήν όποιαν πραγματικώς εύρίσκεται (σχ. 248). Ούτω βλέπομεν τό ν

Ήλιον πριν άκόμη άνατείλῃ και εξακολουθοῦμε νά τόν βλέπωμεν ενώ έχει δύσει.

Ένα άλλο φαινόμενον όφειλόμενον εις τήν άτμοσφαιρικήν διάθλασιν, είναι ό λεγόμενος *άντικατοπτρισμός*. Διά νά συμβή τό φαινόμενον αυτό πρέπει ό άήρ εύρισκόμενος πλησίον του εδάφους, νά είναι οπτικώς αραιότερος από τά υπερκείμενα άέρια στρώματα. Αυτό συμβαίνει όταν είναι πολύ θερμόν τό έδαφος, όπότε

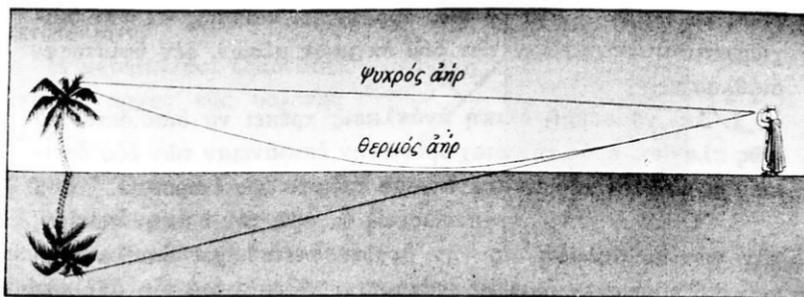


Σχ. 248. Ἐξ αἰτίας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς διαθλάσεως συμβαίνει φαινομενικὴ ἀνώψωσις τῶν ἄστρον.

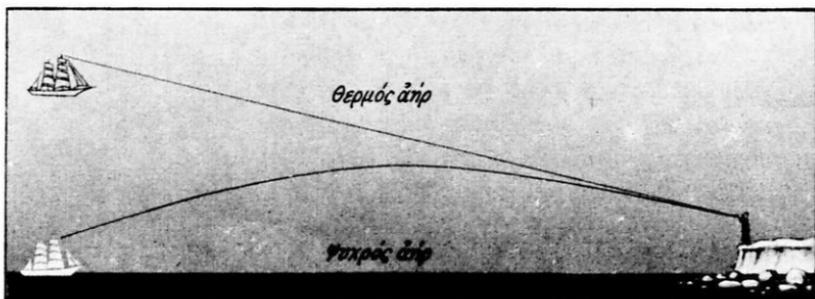
ὁ ἀήρ διατάσσεται κατὰ στρώματα, τῶν ὁποίων ἡ πυκνότης αὐξάνεται ὅσον ἀπομακρυνόμεθα ἀπὸ τὸ ἔδαφος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ φῶς τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὸ ὑψηλότερον σημεῖον ἐνὸς ἀντικειμένου, π.χ. ἐνὸς δένδρου, φθάνει εἰς τὸν ὀφθαλμὸν τοῦ παρατηρητοῦ, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα 249. Τοιοῦτοτρόπως αὐτὸς βλέπει τὸ ἀντικείμενον, ὅπως εἶναι εἰς τὴν πραγματικὴν του θέσιν καὶ ἀνεστραμμένον, ὡσάν νὰ ὑπῆρχε ἐπίπεδον κάτοπτρον μεταξύ ἀντικειμένου καὶ παρατηρητοῦ.

Τὸ φαινόμενον αὐτὸ παρατηρεῖται συνήθως εἰς τὰς ἐρήμους, ὅπου τὰ καραβάνια βλέπουν ὀάσεις λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ καὶ ἐξαπατῶνται. Τὸ ἴδιον συμβαίνει καὶ εἰς τοὺς μαύρους ἀσφαλτοστρωμένους αὐτοκινητοδρόμους, ὅπου δημιουργεῖται ἡ ἐντύπωσις ὅτι εἰς μεγάλην ἀπόστασιν ἀπὸ τὸν παρατηρητὴν ἔχει καταβρεχθῆ τὸ ὁδόστρωμα.

Ὅταν ὁ ἀήρ ὁ εὐρισκόμενος πλησίον τοῦ ἐδάφους εἶναι ψυχρότερος, καὶ ἐπομένως πυκνότερος ἀπὸ τὰ στρώματα, τὰ εὐρισκόμενα ἐπάνω ἀπὸ αὐτόν, δημιουργεῖται πολλὰς φορὰς ἡ ἐντύπωσις ὅτι διάφορα ἀντικείμενα, ὅπως π.χ. ἓνα μακρινὸν πλοῖον, μετεωρίζονται εἰς τὸν ὀρίζοντα (σχ. 250).



Σχ. 249. Ὅταν ὁ ἀήρ εἶναι πολὺ θερμὸς πλησίον τοῦ ἐδάφους, ἀπομακρυσμένα ἀντικείμενα φαίνονται, λόγῳ ἀντικατοπτρισμοῦ, ἀνεστραμμένα.



Σχ. 250. Όταν ο αήρ, ο εύρισκόμενος πλησίον του εδάφους είναι ψυχρός, απομακρυσμένα αντικείμενα φαίνονται ύψηλότερον από την πραγματικήν των θέσιν.

Ένα άλλο φαινόμενον, όφειλόμενον εις την διάθλασιν, είναι ή φαινομενική ανύψωσις των αντικειμένων, των εύρισκομένων μέσα εις ένα ύγρον, όταν τά βλέπομεν πλαγίως, όπως π.χ. οί Ιχθύες (βλ. σχ. 243).

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Όταν τὸ φῶς διαδίδεται πλαγίως ἀπὸ ἕνα διαφανὲς μέσον εἰς ἄλλον, ὑφίσταται διάθλασιν. Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ἀκολουθεῖ τοὺς ἑξῆς δύο νόμους : α) Τὸ ἐπίπεδον διαθλάσεως, τὸ ὀριζόμενον ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν διαθλωμένην ἀκτίνα, εἶναι κάθετον πρὸς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων. β) Όταν μία φωτεινὴ ἀκτίς μονοχρῶου φωτὸς ὑφίσταται διάθλασιν, πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐὰν τὸ δεύτερον ὀπτικὸν μέσον εἶναι πυκνότερον ἀπὸ τὸ πρῶτον. Ἀντιθέτως ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον ὅταν εἶναι ἀραιότερον. Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως κατὰ τὴν ὁποίαν τὸ φῶς προσπίπτει καθέτως εἰς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν.

2. Διὰ τὴν συμβῆ ὀλικὴ ἀνάκλασις πρέπει νὰ διαδίδεται τὸ φῶς πλαγίως πρὸς τὴν διαχωριστικὴν ἐπιφάνειαν τῶν δύο ὀπτικῶν μέσων καὶ ἀπὸ τὸ πυκνότερον πρὸς τὸ ἀραιότερον.

3. Όταν ἡ γωνία προσπτώσεως ὑπερβῆ τὴν ὀρικὴν γωνίαν, τὴν γωνίαν δηλαδή εἰς τὴν ὁποίαν ἀντιστοιχεῖ διαθλαστικὴ γωνία 90° , ἔχομεν ὀλικὴν ἀνάκλασιν, οὐδεμίαν δηλαδή ἀπὸ τὰς προσπιπτούσας ἀκτίνας ὑφίσταται διάθλασιν, ἀλλὰ ἀνακλῶνται ὅλαι.

4. Εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν ὀφείλεται τὸ γεγονός ὅτι ὁ ἥλιος φαίνεται ἐπάνω ἀπὸ τὸν ὀρίζοντα πρὶν ἀκόμη ἀνατεῖλαι καὶ παραμένει ἐπάνω ἀπὸ αὐτὸν ἐνῶ ἔχει δύσει.

5. Ὁ ἀντικατοπτρισμὸς ἐπίσης ὀφείλεται εἰς τὴν ἀτμοσφαιρικὴν διάθλασιν.

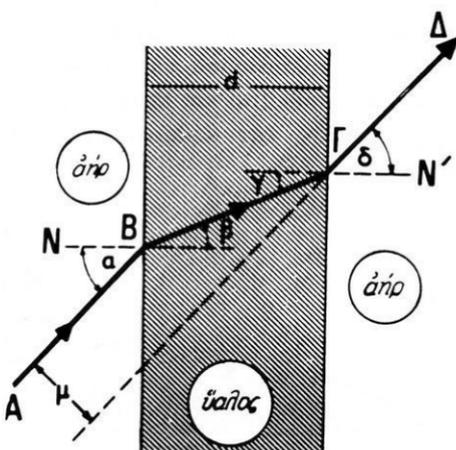
ΜΕΤ'— ΠΡΙΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΦΑΚΟΙ

§ 242. Διάθλασις διὰ μέσου πλακὸς μὲ παραλλήλους ἕδρας. Ἐστω μία ὑαλινὴ πλάξ μὲ παραλλήλους ἕδρας, ἐπάνω εἰς τὴν ὁποίαν προσπίπτει μὲ γωνίαν α μία φωτεινὴ ἀκτίς AB (σχ. 251). Ἡ ἀκτίς διαθλάται εἰς τὸ σημεῖον B , πλησιάζει πρὸς τὴν κάθετον, ἐφ' ὅσον διαδίδεται ἀπὸ τὸν ἀέρα πρὸς τὴν ὑαλον, δηλαδὴ ἀπὸ ὀπτικῶς ἀραιότερου πρὸς ὀπτικῶς πυκνότερον σῶμα, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος $ΒΓ$. Εἰς τὸ σημεῖον Γ διαθλάται καὶ πάλιν, ἀλλὰ τώρα ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἐπειδὴ διαδίδεται ἀπὸ ὀπτικῶς πυκνότερου πρὸς ὀπτικῶς ἀραιότερον μέσον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος $\Gamma\Delta$. Αἱ δύο ὀπτικαὶ ἀκτίνες, ἡ προσπίπτουσα AB καὶ ἡ ἐξερχομένη $\Gamma\Delta$ εἶναι παράλληλοι, ἡ $\Gamma\Delta$ ὅμως ἔχει μετατοπισθῆ ὡς πρὸς τὴν AB . Ὡστε :

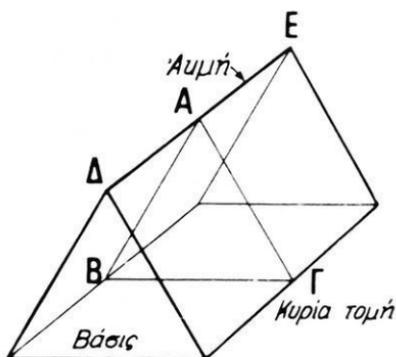
Ὄταν μία φωτεινὴ ἀκτίς διαθλάται διὰ μέσου μιᾶς ὑαλίνης πλακὸς μὲ παραλλήλους ἕδρας, δὲν ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν ἀλλὰ παράλληλον μετατόπισιν.

Ἡ μετατόπισις ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ πάχος τῆς ὑαλίνης πλακὸς.

§ 243. Ὀπτικὸν πρίσμα. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν ὀπτικὸν πρίσμα ἢ ἀπλῶς πρίσμα, ἓνα διαφανὲς μέσον περιοριζόμενον ἀπὸ δύο ἐπι-



Σχ. 251. Διάθλασις διὰ μέσου πλακιδίου μὲ παραλλήλους ἕδρας.



Σχ. 252. Πρίσμα και κυρία τομή του πρίσματος.

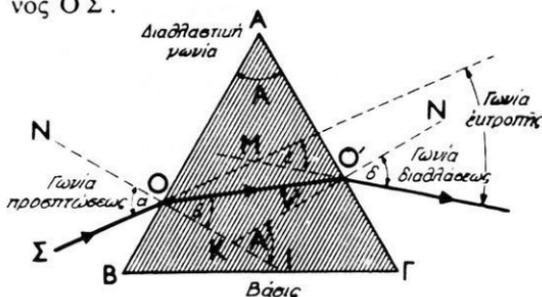
εις τὸ πρίσμα, ὥστε ἡ κυρία τομή του νὰ εἶναι τρίγωνον. Ἡ ἔδρα τοῦ τριγωνικοῦ πρίσματος, ἡ ἔναντι τῆς ἀκμῆς του, ὀνομάζεται βάσις τοῦ πρίσματος.

πέδους ἔδρας, αἱ ὁποῖαι σχηματίζουν διέδρον γωνίαν (σχ. 252).

Ἡ τομή τῶν δύο ἐπιπέδων ἔδρων τῶν περιοριζουσῶν τὸ πρίσμα, ὀνομάζεται ἀκμή τοῦ πρίσματος, ἡ δὲ ἀντίστοιχος ἐπίπεδος γωνία τῆς διέδρου, τὴν ὁποίαν σχηματίζουν αἱ δύο ἔδραι τοῦ πρίσματος, ὀνομάζεται *διαθλαστικὴ γωνία* τοῦ πρίσματος. Πᾶσα τομή τοῦ πρίσματος κάθετος πρὸς τὴν ἀκμὴν του, ὀνομάζεται *κυρία τομή* τοῦ πρίσματος. Συνήθως δίδεται τοιαύτη μορφή

§ 244. Διάθλασις διὰ μέσου πρίσματος.

Ἄς θεωρήσωμεν ὅτι εἰς τὴν τὴν κυρίαν τομήν ΒΑΓ ἑνὸς πρίσματος (σχ. 253) προσπίπτει μία λεπτή μονόχρους φωτεινὴ δέσμη ΣΟ ἐπάνω εἰς τὴν ἔδραν ΒΑ, μὲ γωνίαν προσπτώσεως α . Ἡ λεπτή αὐτὴ δέσμη θεωρουμένη περίπου ὡς ἀκτίς, διαθλάται εἰς τὸ Ο καὶ εἰσχωρεῖ εἰς τὸ πρίσμα πλησιάζουσα πρὸς τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν ΟΟ'. Εἰς τὸ σημεῖον Ο' τῆς ἔδρας ΑΓ διαθλάται καὶ πάλιν καὶ ἐξέρχεται εἰς τὸν ἀέρα, ἐνῶ ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὴν κάθετον, ἀκολουθοῦσα τὴν διεύθυνσιν τῆς ἀκτίνος Ο'Σ'.



Σχ. 253. Πορεία μιᾶς φωτεινῆς ἀκτίνος διὰ μέσου πρίσματος.

Ὅπως παρατηροῦμεν, ἡ ἐξερχομένη ἀκτίς πλησιάζει πρὸς τὴν βάσιν τοῦ πρίσματος καὶ ὑφίσταται ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν τῆς διεύθυνσιν. Ἡ ἐκτροπὴ αὐτὴ καθορίζεται ἀπὸ τὴν γωνίαν ϵ , ἡ ὁποία σχηματίζεται

ἀπὸ τὴν προέκτασιν τῆς προσι-
πτούσης καὶ τῆς ἐξερχομένης ἀκτί-
νος καὶ ὀνομάζεται *γωνία ἐκτροπῆς*.

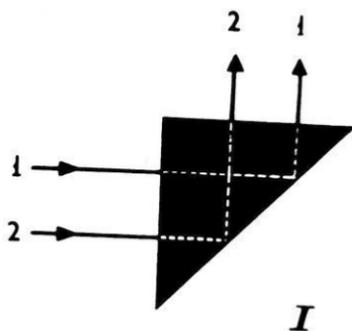
§ 243. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνα- κλάσεως.

Εἰς τὸ φαινόμενον τῆς ὀλικῆς ἀνακλάσεως στηρίζεται ἡ λειτουργία διαφόρων διατάξεων, αἱ ὁποῖαι χρησιμοποιοῦν κατάλληλα πρίσματα. Ἡ κυρία τομὴ τῶν πρι-
σμάτων αὐτῶν εἶναι ὀρθογώνιον ἰ-
σοσκελὲς τρίγωνον. Αἱ διατάξεις
αὐταὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν
κατασκευὴν ὠρισμένων ὀπτικῶν
ὀργάνων, ὅπως εἶναι τὰ περισκό-
πια τῶν ὑποβρυχίων, κλπ.

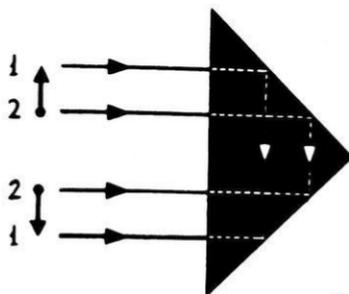
Εἰς τὸ σχῆμα 254 δεικνύονται
δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.
Εἰς τὴν περίπτωσιν I αἱ ὀπτικαὶ ἀ-
κτίνες προσπίπτουν καθέτως εἰς
μῖαν κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος

καὶ δὲν ὑφίστανται διάθλασιν, συν-
εχίζουσαι τοιοῦτοτρόπως; εὐθυ-
γράμμως τὴν διάδοσιν τῶν διὰ
μέσου τοῦ πρίσματος. Ὅταν
συναντήσουν τὴν ὑποτείνουσαν
ἕδραν τοῦ πρίσματος, δὲν δια-
θλῶνται, ἐπειδὴ προσπίπτουν μὲ
γωνίαν μεγαλυτέραν τῆς ὀρικῆς.
Ἀνακλῶνται λοιπὸν καὶ προσ-
πίπτουν καθέτως εἰς τὴν ἄλλην
κάθετον ἕδραν τοῦ πρίσματος,
ὁπότε ἐξέρχονται χωρὶς νὰ ὑπο-
στοῦν διάθλασιν.

Ἄν ὁ ὀφθαλμὸς συλλάβῃ
τὰς ἐξερχομένας ἀκτίνες, θὰ νο-

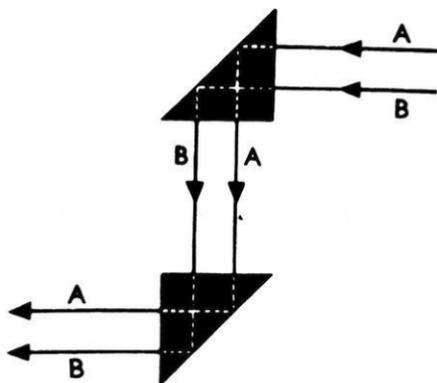


I



II

Σχ. 254. Πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως.



Σχ. 255. Ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τοῦ πε-
ρισκοπίου.

μίση ὅτι τὸ ἀντικείμενον, ἀπὸ τὸ ὁποῖον προέρχονται, εὐρίσκεται εἰς τὴν προέκτασίν των. Οὕτω συμβαίνει ἐκτροπὴ τῶν ἀκτίνων κατὰ 90° . Εἰς τὴν περίπτωσιν II ἔχομεν δύο ὀλικὰς ἀνακλάσεις, αἱ ὁποῖαι προκαλοῦν ἀναστροφὴν τοῦ εἰδώλου.

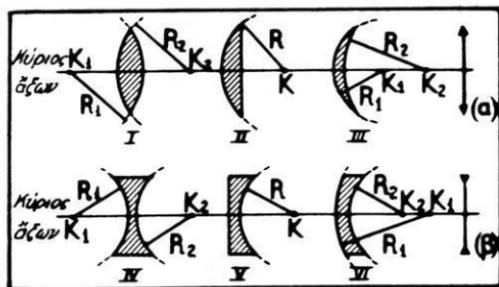
Τὸ σχῆμα 255 δεικνύει τὴν ἀρχὴν ἐπὶ τῆς ὁποίας στηρίζεται ἡ κατασκευὴ τοῦ *περισκοπίου*. Χρησιμοποιοῦνται δύο πρίσματα ὀλικῆς ἀνακλάσεως, τὰ ὁποῖα τοποθετοῦνται κατὰ τοιοῦτον τρόπον, ὥστε τὸ εἶδωλον, τὸ προερχόμενον ἀπὸ τὴν διπλὴν ἀνάκλασιν νὰ μὴ ὑφίσταται ἀναστροφὴν.

§ 246. Φακοί. Εἰς τὴν Φυσικὴν ὀνομάζομεν φακόν, πᾶν διαφανὲς σῶμα περιοριζόμενον ὑπὸ δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν ἢ ὑπὸ μιᾶς σφαιρικῆς καὶ μιᾶς ἐπιπέδου.

Οἱ φακοὶ κατασκευάζονται συνήθως ἀπὸ ὕαλον ἢ ἄλλον διαφανὲς ὑλικὸν καὶ κατατάσσονται εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς *συγκλίνοντας* καὶ εἰς τοὺς *ἀποκλίνοντας* φακοὺς.

Ὁ φακὸς ὀνομάζεται *συγκλίνων*, ὅταν μεταβάλλῃ εἰς συγκλίνουσαν μίαν παράλληλον φωτεινὴ δέσμη, προσπίπτουσαν ἐπ' αὐτοῦ, καὶ *ἀποκλίνων* ὅταν τὴν μεταβάλλῃ εἰς ἀποκλίνουσαν, ἀφοῦ ἡ παραλλήλωσ φωτεινὴ δέσμη διέλθῃ ἀπὸ τὴν μᾶζαν του.

Οἱ συγκλίνοντες φακοὶ εἶναι παχεῖς εἰς τὸ μέσον καὶ λεπτοὶ εἰς τὰ ἄκρα, ἐνῶ οἱ ἀποκλίνοντες εἶναι παχεῖς εἰς τὰ ἄκρα καὶ λεπτοὶ εἰς τὸ μέσον.



Σχ. 256. Τὰ εἶδη τῶν φακῶν : (I) ἀμφίκυρτος, (II) ἐπιπεδόκυρτος, (III) συγκλίνων μηνίσκος, (IV) ἀμφίκοιλος, (V) ἐπιπεδόκοιλος, (VI) ἀποκλίνων μηνίσκος. (α) Συμβολικὴ παράστασις συγκλίνοντος καὶ (β) ἀποκλίνοντος φακοῦ.

Αἱ ἀκτῖνες R_1 καὶ R_2 τῶν δύο σφαιρῶν, εἰς τὰς ὁποίας ἀνήκουν αἱ ἐπιφάνειαι τοῦ φακοῦ, ὀνομάζονται *ἀκτῖνες καμπυλότητος* τοῦ φακοῦ. Ὄταν ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν, ἔχει μίαν ἀκτῖνα καμπυλότητος.

Εἰς τὸ σχῆμα 256 δεικνύονται τὰ διάφορα εἶδη τῶν συγκλινόντων καὶ ἀποκλινόντων φακῶν.

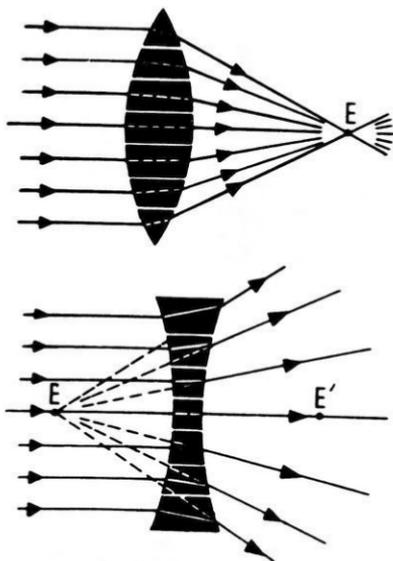
Ἡ εὐθεία, ἡ διερχομένη ἀπὸ τὰ κέντρα καμπυλότητος τῶν δύο σφαιρικῶν ἐπιφανειῶν τοῦ φακοῦ, ὀνομάζεται κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ. Ὅταν ἡ μία ἀπὸ τὰς δύο ἐπιφανείας εἶναι ἐπίπεδος, ὁ κύριος ἄξων τοῦ φακοῦ διέρχεται ἀπὸ τὸ ἓνα κέντρον καμπυλότητος καὶ εἶναι κάθετος εἰς τὴν ἐπίπεδον ἐπιφάνειαν. Πᾶσα τομὴ τοῦ φακοῦ, περιέχουσα τὸν κύριον ἄξονά του ὀνομάζεται *κνρία τομή*.

Διὰ τὴν σπουδᾶσθωμεν τὴν διάδοσιν τῶν φωτεινῶν ἀκτίνων διὰ μέσου ἑνὸς φακοῦ, θεωροῦμεν ὅτι ὁ φακὸς ἀποτελεῖται ἀπὸ συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμάτων, τὰ ὅποια δὲν ἔχουν ὅμως σταθερὰν διαθλαστικὴν γωνίαν. Ἡ διαθλαστικὴ γωνία τῶν πρισμάτων αὐτῶν μεταβάλλεται ἀπὸ τὸ μέσον τοῦ φακοῦ πρὸς τὰ ἄκρα του. Τὸ σχῆμα 257 δεικνύει κατὰ ποῖον τρόπον δυνάμεθα νὰ φαντασθῶμεν τὸν φακὸν ὡς συνδυασμὸν πολλῶν μικρῶν πρισμάτων.

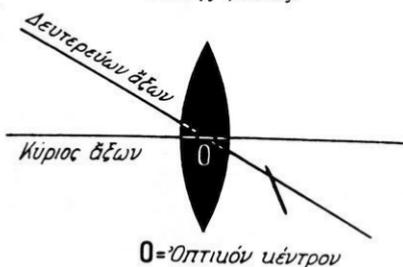
Οἱ φακοὶ τοὺς ὁποίους θὰ μελετήσωμεν, ὑποθέτομεν ὅτι εἶναι πολὺ λεπτοί. Ὅτι τὸ πάχος των, δηλαδή, εἶναι πολὺ μικρόν, ὅταν συγκριθῇ μὲ τὰς ἀκτίνας καμπυλότητος τῶν ἐπιφανειῶν των.

Ὅταν οἱ φακοὶ ἔχουν μικρὸν πάχος, θεωροῦμεν ὅτι ὁ κύριος ἄξων τέμνει τὸν φακὸν εἰς ἓνα σημεῖον, τὸ ὁποῖον ὀνομάζομεν *ὀπτικὸν κέντρον* τοῦ φακοῦ. Οἷαδήποτε εὐθεῖα ἡτις διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ δὲν συμπίπτει μὲ τὸν κύριον ἄξονα, ὀνομάζεται *δευτερέων ἄξων* τοῦ φακοῦ (σχ. 258).

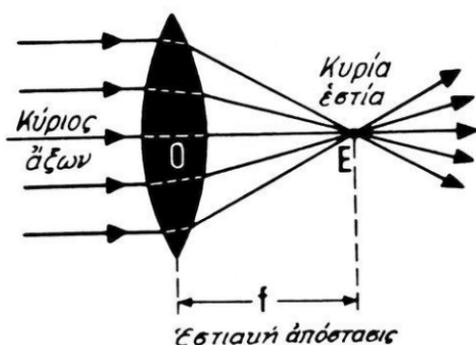
Ὅταν μία ἀκτίς διέρχεται ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ,



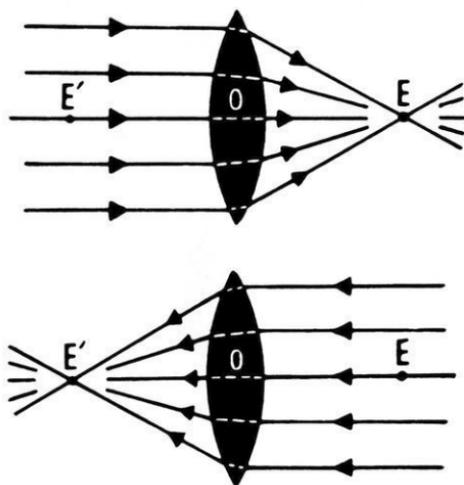
Σχ. 257. Σύνθεσις φακῶν ἀπὸ πολλὰ μικρὰ πρίσματα διαφορετικῆς διαθλαστικῆς γωνίας.



Σχ. 258. Ὅπτικὸν κέντρον συγκλίνοντος φακοῦ.



Σχ. 259. Έστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντος φακού.



Σχ. 260. Αί παράλληλοι άκτίνες συγκεντρώνονται εις τας δύο κυρίας έστιας του φακού.

Έννοείται ότι συμφώνως προς την άρχην της άντιστρόφου πορείας του φωτός, όταν εις μίαν έστιαν ενός συγκλίνοντος φακού, τοποθετηθή ένα φωτεινόν σημεϊον, αί άκτίνες αί όποϊαι έκκινουñ από αυτήν, μετά την διέλευσίν των μέσα από τον φακόν, μεταβάλλονται εις παράλληλον δέσμην.

συνεχίζει την διάδοσίν της χωρίς να διαθλασθή.

§ 247. Συγκλίνοντες φακοί. Κυρία έστια. Άν μία δέσμη παράλληλων άκτιών, προσπέση παράλλήλως προς τον κύριον άξωνα ενός συγκλίνοντος φακού, μετά την έξοδόν της από τον φακόν, θα μεταβληθή εις συγκλίνουσαν δέσμη, αί άκτίνες της όποϊας θα διέλθουν από ένα σημεϊον E, το όποϊον εύρίσκεται επί του κυρίου άξονος του φακού και όνομάζεται *κυρία έστια*. Η απόσταση OE της κυρίας έστιας από το όπτικόν κέντρον O του φακού, όνομάζεται *έστιαυή απόσταση* του φακού (σχ. 259).

Ένω τα κάτοπτρα είναι μονόπλευρα, οί φακοί είναι δίπλευροι. Δι' αυτό εις έκαστον φακόν έχομεν δυο έστιας, μίαν προς τα δεξιά και μίαν προς τα άριστερά (σχ. 260). Αί δυο έστιαί εύρίσκονται εις ίσας άποστάσεις από τον φακόν, όταν ο φακός περιβάλεται από το ίδιο όπτικόν μέσον.

§ 248. Εἰδῶλα συγκλινόντων φακῶν.

Διὰ τὴν σχηματισμὸν τοῦ εἰδῶλου ἑνὸς ἀντικειμένου, τὸ ὁποῖον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ, ἀρκεῖ νὰ σχηματισθῶν τὰ εἰδῶλα τῶν διαφόρων σημείων τοῦ ἀντικειμένου.

Ὅπως εἰς τὴν περιπτώσιν τῶν κατόπτρων, εἰς τὰ ὁποῖα ὁ σχηματισμὸς τοῦ εἰδῶλου ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου γίνεται ἀπὸ τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, οὕτω καὶ εἰς τοὺς φακοὺς, τὸ εἰδῶλον ἑνὸς φωτεινοῦ σημείου σχηματίζεται εἰς τὴν τομὴν δύο ἀκτίνων, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακόν.

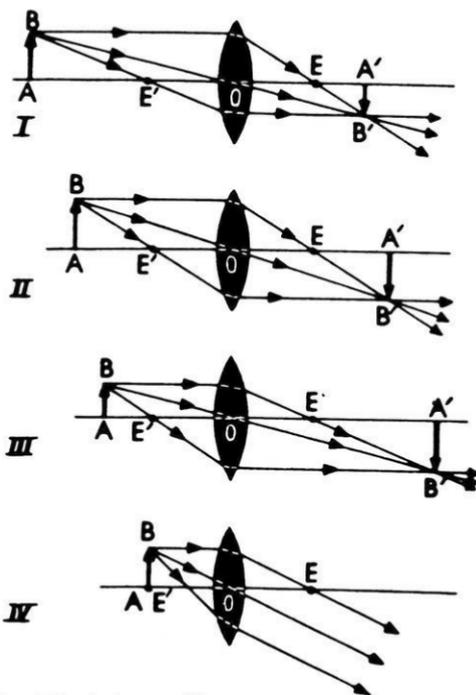
Διὰ τὴν κατασκευὴν τῶν εἰδῶλων ἀρκεῖ νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψιν μας τὰ ἑξῆς :

α) Μία παράλληλος πρὸς τὸν κύριον ἄξονα ἀκτὶς διέρχεται μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν.

β) Μία φωτεινὴ ἀκτὶς μὲ διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, δὲν ὑφίσταται διάθλασιν.

γ) Μία φωτεινὴ ἀκτὶς διερχομένη ἀπὸ τὴν κυρίαν ἐστίαν, ἀκολουθεῖ μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς διεύθυνσιν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα.

Α' Πραγματικὸν εἶδῶλον. α) Ὄταν τὸ ἀντικείμενον AB εὐρίσκεται εἰς τὸ ἓνα μέρος τοῦ φακοῦ καὶ εἰς ἀπόστασιν $(AO) = a$, μεγαλυτέραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως, τὸ εἶδῶλον τοῦ σχηματίζεται εἰς τὸ ἄλλο μέρος τοῦ φακοῦ, εἶναι πραγματικόν, ἀνεστραμμένον καὶ εἰς ἀπόστασιν $(OA') = \beta$, μεγαλυτέραν τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ μικροτέραν τοῦ διπλασίου αὐτῆς. Δηλαδή, ὅταν $a > 2f$ θὰ εἶναι $f < \beta < 2f$ (σχ. 261, I).



Σχ. 261. Διάφοροι θέσεις τοῦ εἰδῶλου ἑνὸς ἀντικειμένου, τοποθετημένου ἔμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ.

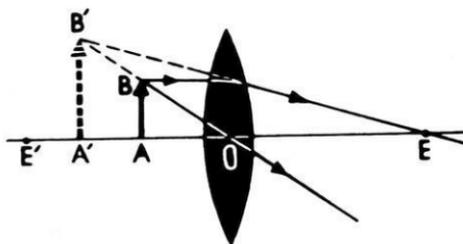
β) Όταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζη πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ τὸ εἶδωλὸν τοῦ πλησιάζει πρὸς τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ γίνεται ὁλοπρὸν μεγαλύτερον. Όταν ἡ ἀπόστασις a τοῦ ἀντικειμένου γίνῃ ἴση πρὸς $2f$, τότε καὶ ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου, γίνεται ἴση πρὸς $2f$ καὶ τὸ εἶδωλον εἶναι ἴσον μὲ τὸ ἀντικείμενον (σχ. 261, II).

γ) Όταν ἡ ἀπόστασις a τοῦ ἀντικειμένου εἶναι μεγαλύτερα ἀπὸ τὴν ἐστιακὴν ἀπόστασιν καὶ μικροτέρα ἀπὸ τὸ διπλάσιόν της, τὸ εἶδωλον σχηματίζεται εἰς ἀπόστασιν β μεγαλύτεραν ἀπὸ τὸ διπλάσιον τῆς ἐστιακῆς ἀποστάσεως καὶ εἶναι μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον, (σχ. 261, III).

δ) Όταν τέλος τὸ ἀντικείμενον, πλησιάζον πρὸς τὴν κυρίαν ἐστίαν πέσῃ ἐπ' αὐτῆς, δὲν ἔχομεν σχηματισμὸν εἰδώλου, ἐπειδὴ αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν ἀπὸ τὸν φακὸν σχηματίζουσαν παράλληλον δέσμην (σχ. 261, IV).

Β' Φανταστικὸν εἶδωλον. Όταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ τῆς κυρίας ἐστίας καὶ τοῦ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, τότε αἱ ἀκτίνες μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῶν σχηματίζουσαν ἀποκλίνουσαν δέσμην. Ἄν ὁμῶς εὐρίσκεται ὁ ὀφθαλμὸς εἰς τὴν ἄλλην πλευρὰν τοῦ φακοῦ καὶ τὰς δεχθῆ, θά νομίση ὅτι προέρχονται ἀπὸ τὸ σημεῖον εἰς τὸ ὅποιον τέμνονται αἱ προεκτάσεις τῶν. Ἐκεῖ σχηματίζεται τὸ φανταστικὸν εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου (σχ. 262). Ὡστε :

Ὡταν τὸ ἀντικείμενον εὐρίσκεται μεταξὺ κυρίας ἐστίας καὶ ὀπτικοῦ κέντρου τοῦ φακοῦ, ἔχομεν φανταστικὸν εἶδωλον, τὸ ὅποιον σχηματίζεται πρὸς τὴν πλευρὰν τοῦ ἀντικειμένου. Τὸ εἶδωλον αὐτὸ εἶναι πάντοτε μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ἀντικείμενον καὶ ὄρθιον.

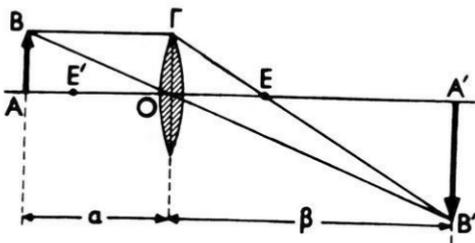


Σχ. 262. Σχηματισμὸς φανταστικοῦ εἰδώλου ὑπὸ συγκλίνοντος φακοῦ.

§ 249. Τύπος τῶν συγκλινόντων φακῶν. Ὡπως ἀποδεικνύεται, μεταξὺ τῆς ἀποστάσεως a τοῦ ἀντικειμένου, (τὸ ὅποιον εὐρίσκεται ἔμπροσθεν ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ), ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον

Ο του φακού, της απόστασης β του ειδώλου του αντικειμένου από το οπτικόν κέντρον O του φακού και της έστιακής απόστασεως f του φακού (σχ. 263), ισχύει ή σχέσις :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$



Σχ. 263. Διά τόν τύπον τών συγκλινόντων φακών.

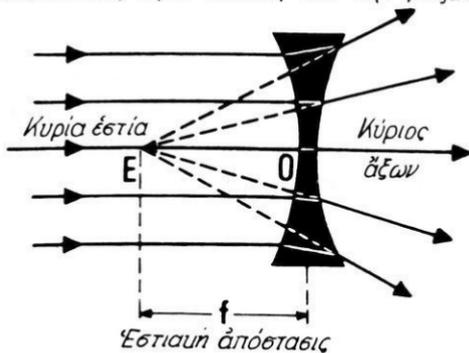
Είς τόν τύπον αυτόν τά a και f είναι πάντοτε θετικοί αριθμοί. Τό β δύναται νά είναι θετικός ή άρνητικός αριθμός. Θετικόν β σημαίνει πραγματικόν ειδωλον, άρνητικόν β υποδηλώνει ότι τό ειδωλον είναι φανταστικόν.

§ 250. Μεγέθυνσις του φακού. Η μεγέθυνσις M ενός φακού όρίζεται κατά τόν ίδιον τρόπον, κατά τόν όποιον όρίζεται και ή μεγέθυνσις ενός σφαιρικού κατοπτρου. Όπως δέ εις τήν περίπτωσιν τών σφαιρικών κατοπτρων, ούτω και προκειμένου περι φακών ισχύει ή σχέσις :

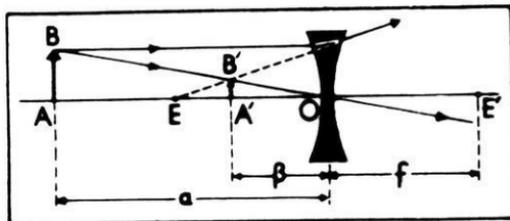
$$M = \frac{\beta}{a}$$

§ 251. Άποκλίνοντες φακοί. Οί φακοί αυτοί μεταβάλλουν μίαν παράλληλον δέσμην εις άποκλίνουσαν, άφου διέλθη από τήν μάζαν των και ύποστη δύο φορές διάθλασιν.

Είς τό σχήμα 264 παριστάται ένας άποκλίνων φακός. Μία δέσμη παραλλήλων άκτίνων προσπίπτει παράλληλως πρός τόν κύριον άξονα του φακού. Αί γεωμετρικαι προεκτάσεις τών άκτίνων της δέσμησ, μετά τήν έξοδόν των συναντώνται εις τό σημειον E , τό όποιον απο-



Σχ. 264. Έστιακή απόστασις ενός άποκλίνοντος φακού.



Σχ. 265. Γεωμετρική κατασκευή του φανταστικού ειδώλου εις απόκλινοντα φακόν.

τελεί την *κυρίαν* ἐστίαν του φακοῦ, ἢ ὁποία εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἶναι φανταστική.

§ 252. Εἶδωλα ἀποκλινόντων φακῶν. Ἐὰς φαντασθῶμεν ἕνα ἀντικείμενον AB ἔμπροσθεν τοῦ ἀποκλινόντος φακοῦ τοῦ σχήματος 265. Διὰ νὰ σχηματίσωμεν τὸ εἶδωλόν του, κατασκευάζομεν τὸ εἶδωλον τῆς κορυφῆς του B. Πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν χρειαζόμεθα δύο ἀκτίνες. Μίαν παράλληλον πρὸς τὸν κύριον ἄξονα, ὅποτε ἡ γεωμετρικὴ προέκτασις τῆς ἐξερχομένης τῆς θὰ διέρχεται ἀπὸ τὴν φανταστικὴν κυρίαν ἐστίαν, καὶ μίαν ἔχουσαν διεύθυνσιν δευτερεύοντος ἄξονος, ἢ ὁποία δὲν θὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

Αἱ δύο αὐταὶ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, εἶναι πάντοτε ἀποκλίνουσαι, δι' αὐτὸ δὲν συναντῶνται, καὶ οὕτω δὲν δύνανται νὰ δώσουν πραγματικὸν εἶδωλον. Ἐὰν ὅμως προσπέσουν καὶ αἱ δύο εἰς τὸν ὀφθαλμὸν μας, θὰ μᾶς προκαλέσουν τὴν ἐντύπωσιν ὅτι προέρχονται ἀπὸ ἕνα σημεῖον, εὐρισκόμενον εἰς τὴν ἰδίαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὸ ἀντικείμενον. Ἐκεῖ θὰ σχηματισθῇ τὸ φανταστικὸν εἶδωλον B' τοῦ B. Φέροντες μίαν κάθετον εὐθεῖαν B'A' εἰς τὸν ὀπτικὸν ἄξονα τοῦ φακοῦ, σχηματίζομεν τὸ εἶδωλον τοῦ ἀντικειμένου.

Οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικά εἶδωλα, ὄρθια καὶ μικρότερα ἀπὸ τὰ ἀντικείμενα. Τὰ εἶδωλα εὐρίσκονται εἰς τὴν ἰδίαν πλευράν, ὡς πρὸς τὸν φακόν, μὲ τὰ ἀντικείμενα. Ὅταν τὸ ἀντικείμενον πλησιάζει πρὸς τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, αὐξάνεται τὸ μέγεθος τοῦ ειδώλου.

Διὰ τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἰσχύει ὁ τύπος :

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

εἰς τὸν ὅποιον ὅμως μόνον τὸ a εἶναι θετικόν. Τὰ β καὶ f εἶναι ἀρνητικά.

§ 253. Ἐφαρμογαὶ καὶ χρήσεις τῶν φακῶν. Οἱ φακοὶ, ἐν συνδυασμῷ συνηθῶς μὲ κάτοπτρα ὡς ἐπίσης καὶ πρίσματα, ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν

οπτικών οργάνων, όπως είναι το άπλουν και σύνθετον μικροσκόπιο, ο φωτογραφικός θάλαμος, το τηλεσκόπιο, ο προβολεύς, ή κινηματογραφική μηχανή, κλπ. Με ειδικούς φακούς επίσης θεραπεύονται όρισμένοι βλάβαι του ανθρώπινου οφθαλμού, ο όποιος αποτελεί ένα είδος οπτικού οργάνου.

§ 254. Ίσχυς φακού. Ένας φακός είναι τόσο περισσότερο συγκλίνων, όσο αι κύριαί έστιαί του εύρίσκονται πλησιέστερον πρὸς τὸ οπτικόν του κέντρον· ὅσον δηλαδή ἡ έστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ εἶναι μικρότερα. Αὐτὸς ἀκριβῶς τὸ χαρακτηριστικὸν γνώρισμα ἑνὸς φακοῦ ἐκφράζει ἡ *ίσχυς τοῦ φακοῦ*.

Ἡ *ίσχυς P* ἑνὸς φακοῦ ὀρίζεται ἴση πρὸς τὸ ἀντίστροφον τῆς *έστιακῆς ἀποστάσεως f* τοῦ φακοῦ.

Ἐπομένως θὰ ἔχωμεν ὅτι :

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

Όταν ἡ *f* ἐκφράζεται εἰς μέτρα, ἡ *P* εύρίσκεται εἰς *διοπτρίας*.

Ἀριθμητικὸν παράδειγμα. Νά εύρεθῆ ἡ *ίσχυς* ἑνὸς φακοῦ ἄκτινος καμπυλότητος 20 cm.

Λύσις. Ἐπειδὴ 20 cm = 0,20 m, θὰ ἔχωμεν ὅτι :

$$P = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ διοπτρίαί.}$$

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Αἱ φωτεινὰ ἄκτινες, αἱ διαθλώμεναι ἀπὸ ὑαλίνους πλάκας μὲ παραλλήλους ἔδρας, δὲν ἐκτρέπονται ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν των διεύθυνσιν, ἀλλὰ μετατοπιζονται μόνον παραλλήλως.

2. Τὰ οπτικὰ πρίσματα εἶναι διαφανῆ μέσα περιοριζόμενα ἀπὸ τὰς δύο ἔδρας μιᾶς διέδρου γωνίας.

3. Ἄν μία φωτεινὴ ἄκτις προσπέσῃ πλαγίως εἰς μίαν ἔδραν τοῦ πρίσματος, εἰσέρχεται εἰς τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται. Ὄταν συναντήσῃ τὴν ἄλλην ἔδραν ἐξέρχεται ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ διαθλάται πάλιν. Ἡ ἐξερχομένη ἄκτις ἔχει ὑποστῆ ἐκτροπὴν ἀπὸ τὴν γωνίαν τὴν σχηματιζομένην ἀπὸ τὴν προσπίπτουσαν καὶ τὴν ἐξερχομένην ἄκτινα.

4. Τὰ πρίσματα όλικῆς ἀνακλάσεως ἔχουν ὡς κυρίαν τομῆν ὀρθογώνιον ἰσοσκελές τρίγωνον. Ὅταν μία φωτεινὴ ἀκτίς προσπέσῃ καθέτως εἰς μίαν ἕδραν τῆς ὀρθῆς διέδρου διαθλαστικῆς γωνίας τοῦ πρίσματος, συνεχίζει τὴν διάδοσίν της χωρὶς διάθλασιν καὶ συναντῶσα τὴν ὑποτεινούσαν ὑφίσταται ὀλικὴν ἀνάκλασιν. Ἡ ἀνακλωμένη ἀκτίς προσπίπτει καθέτως εἰς τὴν ἄλλην ἕδραν καὶ ἐξέρχεται χωρὶς νὰ ὑποστῇ διάθλασιν.

5. Οἱ φακοὶ εἶναι διαφανῆ σώματα, τὰ ὁποῖα περιορίζονται ἀπὸ δύο σφαιρικὰς ἐπιφανείας ἢ μίαν σφαιρικὴν καὶ μίαν ἐπίπεδον, ὑποδιαιροῦνται δὲ εἰς δύο μεγάλας κατηγορίας, εἰς τοὺς συγκλίνοντας καὶ εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς. Οἱ πρῶτοι μεταβάλλουν μίαν δέσμην παραλλήλων φωτεινῶν ἀκτίνων εἰς συγκλίνουσαν καὶ οἱ δεῦτεροι εἰς ἀποκλίνουσαν.

6. Οἱ φακοὶ ἔχουν δύο συμμετρικὰς κυρίας ἐστίας καὶ δύο ἢ μίαν ἀκτίνας καμπυλότητος. Εἰς τοὺς συγκλίνοντας φακοὺς ἡ κυρία ἐστία εἶναι πραγματικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὴν δέσμην τῶν παραλλήλων ἀκτίνων, τὴν μεταβαλλομένην εἰς συγκλίνουσαν μετὰ τὴν ἐξοδὸν της ἀπὸ τὸν φακόν. Εἰς τοὺς ἀποκλίνοντας φακοὺς ἡ κυρία ἐστία εἶναι φανταστικὴ καὶ σχηματίζεται ἀπὸ τὰς προεκτάσεις τῶν ἀκτίνων τῆς ἐξερχομένης δέσμης.

7. Ἡ ἀπόστασις α τοῦ ἀντικειμένου ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ, ἡ ἀπόστασις β τοῦ εἰδώλου πάλιν ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον καὶ ἡ ἐστιακὴ ἀπόστασις f τοῦ φακοῦ συνδέονται μὲ τὴν σχέσιν :

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{f}$$

Τὸ α εἶναι πάντοτε θετικὸς ἀριθμὸς, τὰ β καὶ f δύνανται νὰ εἶναι θετικοὶ ἢ ἀρνητικοὶ ἀριθμοί. Ὅταν τὸ β εἶναι θετικόν, τὸ εἶδωλον εἶναι πραγματικόν. Τότε καὶ τὸ f εἶναι θετικόν καὶ ὁ φακὸς συγκλίνων. Ὅταν τὸ β εἶναι ἀρνητικόν τὸ εἶδωλον εἶναι φανταστικόν. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ φακὸς δύναται νὰ εἶναι συγκλίνων ἢ ἀποκλίνων. Ὅταν τὸ f εἶναι ἀρνητικόν, ὁ φακὸς εἶναι ἀποκλίνων, ὅποτε καὶ τὸ β εἶναι ἀρνητικόν, ἐπειδὴ οἱ ἀποκλίνοντες φακοὶ δίδουν πάντοτε φανταστικὰ εἶδωλα.

8. Ὅπως καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν κατόπτρων, ἡ μεγέ-

Θυσις M ἑνὸς φακοῦ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον :

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

9. Οἱ φακοί, τὰ κάτοπτρα καὶ τὰ πρίσματα ἀποτελοῦν τὰ σπουδαιότερα μέρη τῶν ὀπτικῶν ὀργάνων.

Α Σ Κ Η Σ Ε Ι Σ

- 175.** Ἀντικείμενον ἀπέχει 60 cm ἀπὸ συγκλίνοντα φακὸν καὶ παρέχει εἰδῶλον εἰς ἀπόστασιν 20 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις τοῦ φακοῦ.
(Ἀπ. $f = 15 \text{ cm}$.)
- 176.** Ἀντικείμενον εὐρίσκεται εἰς ἀπόστασιν 30 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον ἑνὸς συγκλίνοντος φακοῦ καὶ παρέχει πραγματικὸν εἰδῶλον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ αὐτόν. Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἔστιακὴ ἀπόστασις καὶ ἡ μεγέθυνσις τοῦ φακοῦ.
(Ἀπ. $f = 24 \text{ cm}$, $M = 4$.)
- 177.** Ἐμπροσθεν συγκλίνοντος φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm , τοποθετοῦμε ἀντικείμενον εἰς ἀπόστασιν 120 cm ἀπὸ τὸ ὀπτικὸν κέντρον τοῦ φακοῦ. Ἐὰν τὸ ὕψος τοῦ ἀντικείμενου εἶναι $3,5 \text{ cm}$ νὰ ὑπολογισθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του.
(Ἀπ. $\beta = 17,1 \text{ cm}$, $E = 0,5 \text{ cm}$.)
- 178.** Ἀντικείμενον ὕψους 4 mm τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 10 cm ἀπὸ συγκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως $12,5 \text{ cm}$. Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις τοῦ εἰδώλου καθὼς καὶ τὸ μέγεθός του.
(Ἀπ. $\beta = 50 \text{ cm}$, $E = 20 \text{ mm}$.)
- 179.** Ἀντικείμενον τοποθετεῖται εἰς ἀπόστασιν 8 cm ἀπὸ ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 24 cm . Νὰ ὑπολογίσετε τὴν θέσιν τοῦ εἰδώλου καὶ τὴν μεγέθυνσιν.
(Ἀπ. — 6 cm ἔμπροσθεν τοῦ φακοῦ, $M = 0,75$.)
- 180.** Εἰς πόσῃ ἀπόστασιν ἀπὸ συγκεντρωτικοῦ φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως 8 cm , πρέπει νὰ τοποθετήσωμεν ἀντικείμενον, τὸ πραγματικὸν εἰδῶλον τοῦ ὁποίου νὰ ἔχη τὸ ἴδιον ὕψος μὲ τὸ ἀντικείμενον. Νὰ κατασκευάσετε γραφικῶς τὸ εἶδῶλον.
(Ἀπ. 16 cm .)
- 181.** Ἡ φλόξ ἑνὸς κηρίου ἔχει ὕψος $1,5 \text{ cm}$. Τὸ κηρίον τοποθετεῖται εἰς τὴν κηρίαν ἐστίαν ἀποκλίνοντος φακοῦ, ἔστιακῆς ἀποστάσεως 15 cm . Νὰ εὐρεθῇ ἡ θέσις καθὼς καὶ τὸ ὕψος τοῦ εἰδώλου τῆς φλογός, τὸ ὁποῖον σχηματίζεται.
(Ἀπ. $\beta = -7,5 \text{ cm}$, $E = 0,75 \text{ cm}$.)
- 182.** Συγκλίνων φακὸς ἔχει ἔστιακὴν ἀπόστασιν 60 cm . Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς αὐτοῦ τοῦ φακοῦ.
(Ἀπ. $P = 1,66$ διοπτρίαι.)
- 183.** Νὰ εὐρεθῇ ἡ ἰσχὺς ἑνὸς ἀποκλίνοντος φακοῦ ἔστιακῆς ἀποστάσεως — 2 .
(Ἀπ. — 4 διοπτρίαι.)

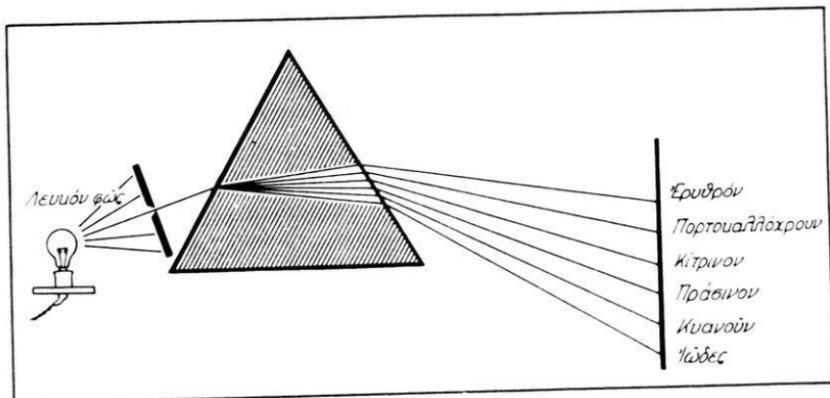
ΜΖ' — ΑΝΑΛΥΣΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ

§ 255. Φάσμα. Πείραμα. Ἐπάνω εἰς ἓνα πρίσμα ἀφήνομεν νὰ προσπέσῃ μία δέσμη παραλλήλων ἀκτίνων λευκοῦ φωτός, ἡ ὁποία νὰ προέρχεται, π.χ., ἀπὸ ἓναν ἠλεκτρικὸν λαμπτήρα φωτισμοῦ, ἔμπροσθεν τοῦ ὁποίου ἔχομεν τοποθετήσει διάφραγμα μὲ στενὴν σχισμὴν (σχ. 266). Παρατηροῦμεν τότε ὅτι αἱ ἐξερχόμεναι ἀκτίνες, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἐκτροπὴν, ἔχουν ὑποστῆ καὶ ἀνάλυσιν. Ἐὰν δηλαδὴ τὰς δεχθῶμεν ἔπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, λαμβάνομεν μίαν ἔγχρωμον συνεχῆ ταινίαν, ἡ ὁποία ἀποτελεῖται κατὰ σειρὰν ἀπὸ τὰ ἀκόλουθα χρώματα : ἐρυθρὸν, πορτοκαλλόχρουν, κίτρινον, πράσινον, κυανοῦν καὶ ἰώδες.

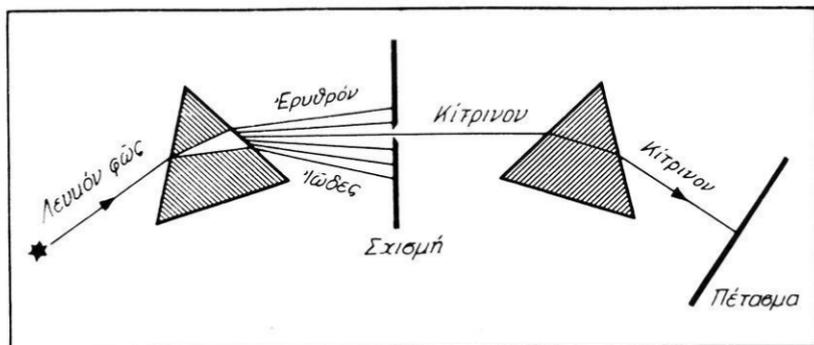
Τὸ φαινόμενον αὐτὸ ὀνομάζεται ἀνάλυσιν τοῦ φωτός, ἡ δὲ ἔγχρωμος ταινία **φάσμα**.

Ὅταν ἓνα φῶς περιέχῃ ἀκτίνας ἑνὸς μόνου χρώματος, ὀνομάζεται **μονόχρουν** ἢ **ἀπλοῦν**. Τὸ φῶς αὐτὸ δὲν ἀναλύεται ἀλλὰ παραμένει τὸ ἴδιον ὅταν διέλθῃ μέσα ἀπὸ ἓνα πρίσμα (σχ. 267).

§ 256. Φασματικαὶ περιοχαί. Ἄν ἔμπροσθεν τοῦ φάσματος, τοῦ προερχομένου ἀπὸ λευκὸν φῶς καὶ τὸ ὁποῖον σχηματίζεται ἔπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, μετακινήσωμεν μίαν ἔντυπον σελίδα, παρατηροῦμεν ὅτι δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν ἀνέτως τὸ ἔντυπον, ὅταν αὐτὸ εὑρίσκειται εἰς τὴν περιοχὴν τοῦ κίτρινοπρασίνου φωτός, ἐπειδὴ εἰς τὴν



Σχ. 266. Ἐνάλυσιν τοῦ λευκοῦ φωτός διὰ μέσου πρίσματος.



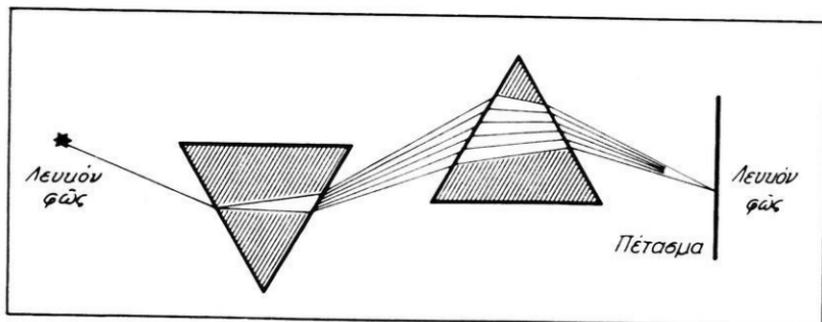
Σχ. 267. Τὰ ἀπλά χρώματα τοῦ φάσματος δὲν ἀναλύονται.

περιοχὴν αὐτὴν παρατηρεῖται ἡ μεγαλύτερα φωτεινότης τοῦ φάσματος. Ἀντιθέτως αἱ δύο ἀκραῖαι περιοχαὶ τοῦ ἐρυθροῦ καὶ τοῦ ἰώδους εἶναι σκοτεινὰ καὶ μὲ μεγάλην δυσκολίαν δυνάμεθα νὰ ἀναγνώσωμεν τὸ ἔντυπον.

Ἄν μετακινήσωμεν κατὰ μῆκος τοῦ φάσματος, ἓνα εὐαῖσθητον θερμόμετρον, τὸ ὄργανον δεικνύει τὴν ὑψηλότεραν θερμοκρασίαν εἰς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν. Ἄν ἀφήσωμεν τὸ φάσμα νὰ προσβάλλῃ μίαν συνηθισμένην φωτογραφικὴν πλάκα καὶ ὕστερον τὴν ἐμφανίσωμεν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἡ πλάξ προσβάλλεται ἐντονώτερον εἰς τὴν ἰώδη περιοχὴν. Ἡ προσβολὴ δὲ τῆς φωτογραφικῆς πλακὸς ἐλαττοῦται ὅσον προχωροῦμεν πρὸς τὴν ἐρυθρὰν περιοχὴν, εἰς τὴν ὁποίαν ἡ πλάξ δὲν προσβάλλεται καθόλου. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ φωτογραφικὰ ἐργαστήρια χρησιμοποιοῦν ὅταν ἐργάζωνται, ἐρυθρὸν φωτισμόν.

Ἡ ἔγχρωμος ταινία τὴν ὁποίαν ἐσχημάτισε τὸ λευκὸν φῶς, μετὰ τὴν ἐξοδὸν τοῦ ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ ἀφοῦ συνήντησε τὸ πέτασμα, ὀνομάζεται ἰδιαιτέρως *ὄρατὸν φάσμα*, ἐπειδὴ διεγείρει τὸν ὀφθαλμόν, ὁ ὁποῖος εἶναι τὸ αἰσθητήριον τῆς ὀράσεως. Τὸ φάσμα ἐν τούτοις ἐκτείνεται καὶ πέραν τῆς ὀρατῆς περιοχῆς καὶ ἡ μὲν περιοχὴ, ἡ εὐρισκομένη πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸν, ὀνομάζεται *ὑπέρυθρος περιοχὴ*, ἐκεῖνη δὲ ἣτις εὐρίσκεται πέραν ἀπὸ τὸ ἰώδες *ὑπεριώδης περιοχὴ*.

§ 257. Ἐξήγησις τῆς ἀναλύσεως τοῦ φωτός. Ἡ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός μετὰ τὴν διέλευσίν του μέσα ἀπὸ ἓνα πρίσμα, ἀποδει-



Σχ. 268. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός.

κνύει ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπλοῦν ἀλλὰ σύνθετον. Πράγματι τὸ λευκὸν φῶς ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτῖνας ἀπειραρίθμων χρωμάτων, αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται ἐκτροπὴν καὶ ἀποχωρίζονται, ὅταν ἐξέλθουν ἀπὸ τὸ πρίσμα. Τὴν μικροτέραν ἐκτροπὴν ὑφίστανται αἱ ἐρυθραὶ ἀκτῖνες, τὴν δὲ μεγαλυτέραν αἱ ἰώδεις. Ἐν τούτοις ἡ διάκρισις τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος, μὲ διαφοροῦς ὀνομασίας, εἶναι αὐθαίρετος, ἐπειδὴ μεταξὺ τῶν χρωμάτων αὐτῶν ὑπάρχουν πολλαὶ ἀποχρώσεις, ἡ δὲ μετάβασις ἀπὸ τὸ ἓνα χρῶμα εἰς τὸ ἄλλο, γίνεται βαθμιαίως.

§ 258. Ἀνασύνθεσις τοῦ λευκοῦ φωτός. Ἄν ἀναμειξῶμεν καταλλήλως τὰ χρώματα τοῦ φάσματος, δυνάμεθα νὰ ἀνασχηματίσωμεν τὸ λευκὸν φῶς. Ὁ Νεύτων ἐχρησιμοποίησε διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν δύο ὅμοια πρίσματα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 268.

Ἀπομακρυνθὲν φασματικὸν χρῶμα	ἐρυθρὸν	πορτοκαλλόχρουν	κίτρινον	πράσινον	κυανοῦν	ἰώδες
Ἐπόλοιπον χρῶμα ἀναμείξεως	πράσινον	ἰώδες	κυανοῦν	ἐρυθρὸν	κίτρινον	πορτοκαλλόχρουν

Τὸ ἴδιον δυνάμεθα νὰ ἐπιτύχωμεν ἂν στηριχθῶμεν εἰς τὸ φαινόμενον τῆς διαρκείας τῆς ὀπτικῆς ἐντυπώσεως. Εἰς τὸ φαινόμενον δηλαδὴ συμφώνως πρὸς τὸ ὁποῖον ὁ ἐρεθισμὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ δὲν εἶναι ἀκα-

ριαίος, αλλά διαρκεί περίπου 0,1 sec., αφού παύση ή αιτία, ή όποια τόν προεκάλεσε (μεταίσθημα).

Ούτω δυνάμεθα νά προκαλέσωμεν ανάμειξιν τῶν χρωμάτων ἐντὸς τοῦ ὀφθαλμοῦ μας μὲ τὴν ἀκόλουθον μέθοδον. Λαμβάνομεν ἓνα δίσκον ἀπὸ χαρτόνιον, ἐπάνω εἰς τὸν ὅποιον ἔχουν ἐπικολληθῆ κυκλικοὶ τομεῖς ὄλων τῶν χρωμάτων τοῦ φάσματος (σχ. 269). Τὸ μέγεθος τῶν τομέων αὐτῶν καὶ τὰ χρώματά των ἐκλέγονται οὕτως, ὥστε νά ἀνταποκρίνονται ὅσον τὸ δυνατόν περισσότερον πρὸς τὴν ἑκτασίαν των εἰς τὸ ὄρατὸν φάσμα. Ἐάν περιστρέψωμεν καταλλήλως τὸν δίσκον αὐτὸν, ἢ ἐπιφάνειά του μᾶς φαίνεται λευκή.



Σχ. 269. Ἀνασύνθεσις τοῦ φωτός μὲ τὸν δίσκον τοῦ Νεύτωνος.

§ 259. Μειξίς τῶν χρωμάτων. Ἐάν εἰς τὸ πείραμα τῆς ἀνασύνθεσως τοῦ λευκοῦ φωτός μὲ τὰ δύο πρίσματα ἐμποδίσωμεν ἓνα ἀπὸ τὰ ἀπλᾶ χρώματα, νά εἰσέλθῃ μαζί μὲ τὰ ἄλλα εἰς τὸ δεύτερον πρίσμα, τὰ ὑπόλοιπα χρώματα ὅταν συντεθοῦν δὲν θά δώσουν λευκὸν φῶς. Τὸ χρῶμα τοῦ φωτός τὸ ὅποιον θά προκύψῃ τότε, θά ἐξαρτηθῆ ἀπὸ τὸ ἀπομακρυνθὲν φῶς. Πάντοτε ὅμως, ὅταν αὐτὸ συνδυασθῆ μὲ τὸ ἀφαιρεθὲν χρῶμα, θά δώσῃ λευκὸν φῶς.

Ὄταν δύο χρώματα δίδουν, ἀφοῦ συντεθοῦν, λευκὸν φῶς, ὀνομάζονται **συμπληρωματικὰ χρώματα**. Οὕτω τὸ ἀπλοῦν κίτρινον εἶναι συμπληρωματικὸν τοῦ κυανοῦ (γαλάζιου). Εἰς τὸν ἀνωτέρω πίνακα δίδονται ζεύγη συμπληρωματικῶν χρωμάτων.

Λευκὸν ἢ καὶ φαιὸν (γκρίζο) χρῶμα εἶναι δυνατόν νά παραχθῆ μὲ συνδυασμὸν ἐρυθροῦ, πρασίνου καὶ κυανοῦ φωτός. Ἐπίσης τὰ διάφορα ἄλλα χρώματα τοῦ φάσματος δύνανται νά παραχθοῦν μὲ σύνθεσιν φωτός ἀπὸ τὰ τρία χρώματα, ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας. Ἐπειδὴ τὰ ἀνωτέρω συμβαίνουν μόνον μὲ τὰ τρία αὐτὰ χρώματα, δι' αὐτὸν τὸν λόγον τὰ χρώματα αὐτὰ ὀνομάζονται *πρωτεύοντα χρώματα*.

§ 260. Χρώματα τῶν σωμάτων. Τὰ χρώματα τῶν διαφόρων σωμάτων ὀφείλονται εἰς τὴν ἰκανότητα ἀνακλάσεως ἢ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὅποιον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἂν εἶναι ἑτερόφωτα

σώματα, ἢ εἰς τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αὐτά, ἂν εἶναι αὐτόφωτα.

α) Ἐτερόφωτα σώματα. Τὸ χρῶμα τῶν ἑτεροφώτων σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἐκλεκτικὴν ἀπορρόφησιν τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἓνα σῶμα φαίνεται λευκόν, ὅταν φωτισθῇ μὲ λευκὸν φῶς, τότε τὸ σῶμα αὐτὸ λαμβάνει τὸ χρῶμα τοῦ φωτός μὲ τὸ ὁποῖον φωτίζεται.

Διαφανῆ σώματα. Ὄταν τὸ λευκὸν φῶς διέρχεται ἀπὸ διάφορα σώματα, ὅπως εἶναι π.χ. αἱ διάφοροι ἐγχρωμοὶ ὑάλινοι πλάκες, ὑφίσταται ἀπορρόφησιν ὀρισμένων ἀκτίνων του, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ἐξερχόμεναι δίδουν εἰς τὸ σῶμα τὸ χαρακτηριστικὸν τοῦ χρῶμα. Οὕτω μία ὑαλὸς φαίνεται πρασίνῃ ἐπειδὴ ἀπὸ τὸ λευκὸν φῶς τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῆς, ἐπιτρέπει νὰ διέρχωνται μόνον αἱ πράσιναι ἀκτίνες. Εἰς αὐτὸ τὸ φαινόμενον ὀφείλεται καὶ τὸ χρῶμα τῶν διαφόρων ἐγχρώμων διαλυμάτων.

Ἄδιαφανῆ σώματα. Διὰ νὰ ἴδωμεν ἓνα ἀδιαφανὲς σῶμα, πρέπει νὰ προσπέσῃ ἐπ' αὐτοῦ φῶς, τὸ ὁποῖον κατόπιν, ἀφοῦ ἀνακλασθῇ ἢ διαχυθῇ, νὰ συναντήσῃ τὸν ὀφθαλμὸν μας. Ἄναλόγως μὲ τὸ ὑλικὸν τῆς ἐπιφανείας τοῦ σώματος εἶναι δυνατόν κατὰ τὴν διάχυσιν, νὰ ἀπορροφηθοῦν ὀρισμένα ἀκτίνες, ὅποτε διαχέονται μόνον αἱ ὑπόλοιποι, αἱ ὁποῖαι καὶ καθορίζουν τὸ χρῶμα τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν ὁποίαν διαχέονται.

Οὕτως ἓνα ἐχρωμον ὕφασμα φαίνεται κυανοῦν, ὅταν φωτίζεται μὲ λευκὸν φῶς, ἐπειδὴ μόνον αἱ κυαναὶ ἀκτίνες διαχέονται, ἐνῶ αἱ ὑπόλοιποι ἀπορροφῶνται. Τὸ ὕφασμα αὐτὸ ἂν φωτισθῇ μὲ μονόχρουν φῶς, διάφορον ἀπὸ κυανοῦν, θὰ φαίνεται βεβαίως μέλαν (μαῦρο).

Ἄν ἓνα σῶμα ἀπορροφῇ ὅλα τὰ χρώματα χωρὶς νὰ ἀνακλᾷ ἢ νὰ διαχῆ οὐδέν, ὀνομάζεται **μέλαν σῶμα** (μαῦρο). Τοιοῦτον σῶμα, π.χ., εἶναι ἡ αἰθάλη. Ἀντιθέτως, ἂν τὸ σῶμα δὲν ἀπορροφῇ οὐδέν χρῶμα, ἀλλὰ ἀνακλᾷ ὅλα τὰ χρώματα, ὀνομάζεται **λευκὸν σῶμα**. Τὰ σώματα τὰ ὁποῖα ἀπορροφῶν ὅλα τὰ χρώματα, ὄχι ὅμως κατὰ τὸ ἴδιον ποσοστὸν, ὀνομάζονται **φαιὰ σώματα** (γκρίζα).

β) Αὐτόφωτα σώματα. Τὸ φῶς τῶν αὐτοφώτων σωμάτων ἐξαρτᾶται ἀπὸ διαφόρους παράγοντας, π.χ. ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν των, ὅπως συμβαίνει μὲ τὰ πυρακτωμένα σώματα, ἀπὸ τὰς χημικὰς ἀντιδράσεις αἱ ὁποῖα συμβαίνουν εἰς αὐτά, ὅπως εἰς τὰς φλόγας κλπ.

1. Όταν μία δέσμη ακτίνων λευκού φωτός προσπέση ἐπὶ ἐνὸς ὑαλίνου πρίσματος, ἀναλύεται μετὰ τὴν ἐξοδὸν τῆς ἀπὸ τὸ πρίσμα καὶ σχηματίζει ἐπάνω εἰς ἓνα πέτασμα, μίαν ἔγχρωμον ταινίαν, ἢ ὁποία ὀνομάζεται φάσμα.

2. Τὰ ἀκράϊα χρώματα τοῦ φάσματος ἐρυθρὸν καὶ ἰώδες, ὀρίζουν τὴν ὁρατὴν περιοχὴν του. Τὸ φάσμα ὁμως ἐκτείνεται καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἰώδες χρῶμα (ὑπεριώδης περιοχὴ) καὶ πέραν ἀπὸ τὸ ἐρυθρὸν (ὑπέρυθρος περιοχὴ).

3. Ἡ ἀνάλυσις τοῦ λευκοῦ φωτός ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ φῶς αὐτὸ εἶναι σύνθετον καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἀκτίνων αἱ ὁποῖαι ὑφίστανται διαφορετικὴν ἐκτροπὴν, ὅταν διέλθουν μέσα ἀπὸ ἓνα πρίσμα.

4. Τὸ ἀναλελυμένον φῶς δύναται νὰ ἀνασυντεθῇ καὶ νὰ ἐπανασχηματίσῃ λευκὸν φῶς.

5. Δύο χρώματα δίδοντα λευκὸν φῶς, ὅταν συντεθοῦν, λέγονται συμπληρωματικὰ χρώματα. Τὸ ἐρυθρὸν, τὸ πράσινον καὶ τὸ κυανοῦν χρῶμα εἶναι δυνατόν νὰ δώσουν, ὅταν συντεθοῦν ὑπὸ καταλλήλους ἀναλογίας, λευκὸν ἢ φαιὸν χρῶμα ὅπως ἐπίσης καὶ αἰονδήποτε χρῶμα τοῦ φάσματος καὶ ὀνομάζονται πρωτεύοντα χρώματα.

6. Τὰ χρώματα τῶν σωμάτων ὀφείλονται εἰς τὴν ἰκανότητα ἀνακλάσεως ἢ ἀπορροφήσεως τοῦ φωτός, τὸ ὁποῖον προσπίπτει ἐπ' αὐτῶν, ἂν εἶναι ἑτερόφωτα, ἢ εἰς τὸ φῶς τὸ ὁποῖον ἐκπέμπουν αὐτὰ τὰ ἴδια, ἂν εἶναι αὐτόφωτα.

ΜΗ' — ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ

§ 261. Γενικότητες. Γνωρίζομεν ἐκ πείρας, ὅτι ὅταν παρατηροῦμεν μὲ γυμνὸν ὀφθαλμὸν καὶ μὲ τὰς ἰδίας συνθήκας, δύο γειτονικὰς ἐπιφανείας παρομοίας φύσεως, δυνάμεθα νὰ ἐκτιμήσωμεν ἂν δέχωνται τὸν ἴδιον φωτισμόν, ἐπειδὴ τότε θὰ παρουσιάζουν τὴν ἴδιαν φωτεινότητα.

Αἱ διάφοροι φωτειναὶ πηγαὶ ἐκπέμπουν εἰς τὸν χῶρον φῶς, τὸ

ὁποῖον συναντᾷ εἰς τὴν πορείαν του τὰ διάφορα ἀντικείμενα, τὰ ὁποῖα οὕτω φωτίζονται καὶ γίνονται ὁρατά.

Προκειμένου περὶ τῶν φωτεινῶν πηγῶν μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὴν *φωτεινὴν ἰσχὺν* (ἢ φωτεινὴν ἔντασίν των), ὅσον ἀφορᾷ ὁμῶς τὰς ἐπιφανείας τῶν φωτιζομένων σωμάτων μᾶς ἐνδιαφέρει νὰ γνωρίζωμεν τὸν *φωτισμὸν* των.

Ὅλοι θὰ ἔχωμεν παρατηρήσει ὅτι αἱ φωτειναὶ πηγαὶ εἶναι σώματα ἔχοντα ὑψηλὴν θερμοκρασίαν, γεγονός τὸ ὁποῖον ἀποδεικνύει ὅτι ὑπάρχει σχέσις μεταξὺ φωτὸς καὶ θερμότητος. Ἐχομεν ἐπίσης παρατηρήσει ὅτι ἓνα σῶμα τὸ ὁποῖον φωτίζεται, θερμαίνεται. Αὐτὸ ἀποδεικνύει ὅτι τὸ φῶς εἶναι μία μορφή ἐνεργείας, ἢ ὁποῖα ὀνομάζεται *φωτεινὴ ἐνέργεια*.

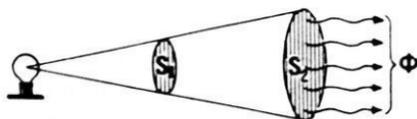
§ 262. Φωτεινὴ ροή. Μία φωτεινὴ πηγὴ ἐκπέμπει φωτεινὴν ἐνέργειαν πρὸς ὅλας τὰς διευθύνσεις. Ἄν θεωρήσωμεν ἓνα κῶνον, ὁ ὁποῖος νὰ ἔχη κέντρον τὴν πηγὴν, τότε αὐτὴ ἐκπέμπει ἀδιακόπως φωτεινὴν ἐνέργειαν ἐντὸς τοῦ κῶνου (σχ. 270). Ἄν λοιπὸν ὀνομάσωμεν E τὴν φωτεινὴν ἐνέργειαν, τὴν ὁποῖαν ἐκπέμπει ἡ πηγὴ ἐντὸς τοῦ κῶνου καὶ εἰς χρονικὸν διάστημα t , τότε τὸ πηλίκον :

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

καλοῦμεν *φωτεινὴν ροήν*. Ἐπομένως :

Φωτεινὴ ροὴ Φ ὀνομάζεται ἡ *φωτεινὴ ἐνέργεια*, ἢ ὁποῖα διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου, ἀπὸ ἓνα ὀρισμένον κῶνον ἔχοντα κορυφὴν τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

$$\text{φωτεινὴ ροή} = \frac{\text{φωτεινὴ ἐνέργεια}}{\text{χρόνος}}$$



Σχ. 270. Ἄπὸ τὰς διατομὰς S_1 καὶ S_2 διέρχεται ἡ ἰδία φωτεινὴ ροὴ Φ .

§ 263. Φωτεινὴ ἰσχὺς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς. Ἡ φωτεινὴ ἰσχὺς εἶναι ἓνα φυσικὸν μέγεθος χαρακτηρίζον τὰς φωτεινάς πηγάς, ἂν ἀκτινοβολοῦν δηλαδὴ ἐντονώτερον ἢ ἀμυδρότερον.

Ἐὰς θεωρήσωμεν μίαν φωτεινὴν πηγὴν καὶ μίαν στερεάν γωνίαν, ἔχουσαν τὴν κορυφὴν τῆς ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς. Ἐντὸς τῆς στερεᾶς γωνίας Ω ἐκπέμπεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν φωτεινὴ ροὴ Φ . Τὸ πηλίκον I τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ πρὸς τὴν στερεάν γωνίαν Ω , ἐντὸς τῆς ὁποίας διαδίδεται, ὀνομάζεται φωτεινὴ ἰσχύς ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.
Ἵσωςτε :

Φωτεινὴ ἰσχύς ἢ ἔντασις μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ὀνομάζεται τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἐντὸς μιᾶς στερεᾶς γωνίας Ω , ἐχούσης τὴν κορυφὴν τῆς ἐπὶ τῆς πηγῆς, πρὸς τὴν στερεάν γωνίαν Ω .

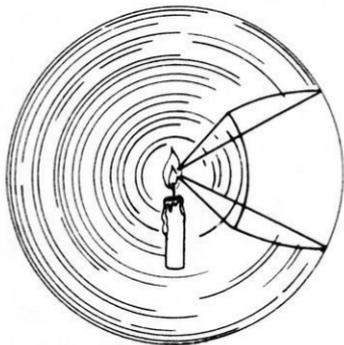
Δηλαδή :

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Μονάδες φωτεινῆς ροῆς καὶ φωτεινῆς ἰσχύος. Ὡς μονάδα φωτεινῆς ροῆς χρησιμοποιοῦμεν τὸ Λοῦμεν (**1 Lumen**) (σχ. 271).

Μονὰς φωτεινῆς ἰσχύος εἶναι τὸ νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (**1 NK**).

Τὸ νέον κηρίον ἔχει φωτεινὴν ἰσχύν ἴσην μὲ τὸ 1/60 τῆς φωτεινῆς ἰσχύος, ἢ ὁποία ἐκπέμπεται ἀπὸ ἐπιφάνειαν ἑνὸς τετραγωνικοῦ ἑκατοστομέτρου (τελειῶς μέλανος σώματος), τὸ ὁποῖον εὑρίσκεται εἰς τὴν θερμοκρασίαν τήξεως τοῦ λευκοχρύσου (1770° C).



§ 264. Φωτισμὸς ἐπιφανείας. Ὅταν ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας προσπίπτει φῶς, λέγομεν ὅτι ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται. Ἐὰν θεωρήσωμεν μίαν ἐπιφάνειαν μὲ ἔμβαδὸν S , ἢ ὁποία φωτίζεται ὁμοιομόρφως ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ροὴν Φ μιᾶς πηγῆς, τότε :

Ὀνομάζομεν φωτισμὸν B μιᾶς ἐπιφανείας, ἔμβαδου S , τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἢ ὁποία προσπίπτει

σχ. 271. Διὰ τὴν κατανόησιν τῆς μονάδος τῆς φωτεινῆς ροῆς 1 Lumen.

ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας ὁμοιομόρφως, πρὸς τὸ ἔμβαδόν Σ τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς.

Δηλαδή :

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

Μονὰς φωτισμοῦ. Ἐν εἰς τὸν ἀνωτέρω τύπον ἢ Φ εἶναι ἴση μετὰ **1 Lumen** καὶ ἢ S μετὰ 1 m^2 , τότε τὸ B ἰσοῦται μετὰ τὴν μονάδα τοῦ φωτισμοῦ, ἢ ὁποῖα ὀνομάζεται **Λουξ** (1 Lux). Ὡστε :

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

Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἔμβαδου 1 m^2 εἶναι ἴσος πρὸς 1 Lux , ὅταν ἡ ἐπιφάνεια φωτίζεται ὁμοιομόρφως μετὰ φωτεινὴν ροὴν 1 Lumen .



Σχ. 272. Φωτόμετρον μετὰ φωτοστοιχείου.

Ὁ φωτισμὸς ἑνὸς χώρου εἰς τὸν ὅποιον πρόκειται νὰ γίνῃ μία ἐργασία, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς ἐργασίας. Δι' ἀνάγνωσιν ἀπαιτεῖται σχετικῶς μεγαλύτερος φωτισμὸς παρά δι' ἄλλας ἐργασίας. Ὁ φωτισμὸς τὴν ἡμέρα εἰς τὸ ὑπαίθριον εἶναι περίπου 20.000 Lux , ἐνῶ μέσα εἰς ἓνα δωμάτιον 1.000 Lux .

§ 265. Φωτόμετρα. Τὰ φωτόμετρα εἶναι ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ. Ἀποτελοῦνται συνήθως ἀπὸ ἓνα φωτοστοιχείου, τὸ ὅποιον ὅταν φωτίζεται, παράγει ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Ἡ ἔντασις τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὸν φωτισμὸν τὸν ὅποιον δέχεται τὸ φωτοστοιχείου, τὸ ὅποιον συνδέεται μετὰ ἓνα εὐπαθὲς γαλ-

βανόμετρον (σχ. 272), και αυτό μετρεί την έντασιν του ρεύματος του προκαλουμένου από τὸ φωτοστοιχείον. Είναι δὲ βαθμολογημένον κατὰ τοιοῦτον τρόπον ὥστε οἱ ἔνδειξις του νὰ δίδουν τὸν φωτισμὸν ἀπ' εὐθείας εἰς Lux.

§ 266. Νόμοι τοῦ φωτισμοῦ. Ὁ φωτισμὸς B τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, ἐξαρτᾶται ἀπὸ τοὺς ἀκολουθοῦντας παράγοντας : α) ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν τῆς πηγῆς, β) ἀπὸ τὴν ἀπόστασιν τῆς ἐπιφανείας ἐκ τῆς φωτεινῆς πηγῆς και γ) ἀπὸ τὴν γωνίαν προσπίπτειας τῶν ἀκτίνων.

1ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς B, τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S, τοποθετημένη εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν ἀπὸ μίαν φωτεινὴν πηγὴν και εἰς τοιαύτην θέσιν ὥστε νὰ δέχεται καθέτως τὰς ἀκτίνας, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν I τῆς πηγῆς.

Συμφώνως πρὸς τὸν νόμον αὐτὸν, ἂν τοποθετήσωμεν ἔμπροσθεν ἐνὸς φωτομέτρου δύο ὁμοίους λαμπτήρας, τὸ ὄργανον θὰ δείξῃ διπλασίαν ἔνδειξιν ἀπὸ ἐκείνην ἢ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς ἓνα λαμπτήρα.

2ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς B, ὁ προκαλούμενος ἀπὸ μίαν σημειακὴν φωτεινὴν πηγὴν, με ὠρισμένην φωτεινὴν έντασιν I, ἐπὶ μιᾶς ἐπιφανείας S, ἐπὶ τῆς ὁποίας προσπίπτουν καθέτως αἱ ἀκτίνες της, εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν.

Διὰ νὰ ἀποδείξωμεν αὐτὸν τὸν νόμον, τοποθετοῦμεν ἓνα φωτόμετρον ἔμπροσθεν μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς και εἰς ὠρισμένην ἀπόστασιν, ὁπότε τὸ ὄργανον θὰ δώσῃ μίαν ἔνδειξιν, ἢ ὁποία θὰ παρέχῃ τὸν φωτισμὸν τὸν ὁποῖον δέχεται τὸ φωτόμετρον. Ἐν κατόπιν διπλασιάσωμεν, τριπλασιάσωμεν, τετραπλασιάσωμεν, κλπ., τὴν ἀπόστασιν τοῦ φωτομέτρου ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται 4, 9, 16, κλπ., φοράς μικρότερος.

Ὁ πρῶτος και ὁ δεῦτερος νόμος τοῦ φωτισμοῦ περιέχονται εἰς τὸν τύπον :

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

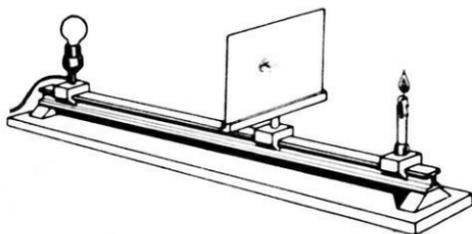
3ος νόμος. Ὁ φωτισμὸς μιᾶς ἐπιφανείας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν της, σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων.

Πράγματι ἂν κρατοῦμεν τὸ φωτόμετρον εἰς ἀπόστασιν ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν καὶ στρέφομεν τὸ ὄργανον, ὥστε νὰ μεταβάλλωμεν τὴν κλίσιν τῆς φωτιζομένης ἐπιφανείας του, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ φωτισμὸς γίνεται μέγιστος, ὅταν προσπίπτουν καθέτως αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες. Ὄταν ὁμως αἱ φωτειναὶ ἀκτίνες προσπίπτουν πλαγίως, ὁ φωτισμὸς γίνεται μικρότερος, ἐλαττώνονται δηλαδὴ αἱ ἐνδείξεις τοῦ ὄργανου.

§ 267. Τύπος τῶν ἴσων φωτισμῶν. Διὰ νὰ συγκρίνωμεν τὰς φωτεινάς ἰσχύς I_1 καὶ I_2 δύο φωτεινῶν πηγῶν, φωτιζομεν καθέτως μίαν ἐπιφάνειαν, διαδοχικῶς μὲ ἐκάστην ἀπὸ τὰς πηγάς, φέροντες αὐτὴν εἰς ἀποστάσεις r_1 καὶ r_2 τοιαύτας, ὥστε ὁ φωτισμὸς νὰ εἶναι καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ὁ ἴδιος.

Αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται ἀπλούστερον ἂν αἱ δύο φωτειναὶ πηγαὶ εὑρισκονται εἰς μίαν ὀρισμένην ἀπόστασιν μεταξύ των, ἐνῶ εἰς τὸ ἐνδιάμεσον μετακινεῖται, στηριγμένον εἰς κατάλληλον πλαίσιον, ἓνα φύλλον χάρτου, τὸ ὁποῖον ἔχει μίαν κηλίδα ἀπὸ ἔλαιον (σχ. 273). Ὄταν, ἀφοῦ μετακινήσωμεν καταλλήλως τὸν ἐλαιωμένον χάρτην, ἐξαφανίσωμεν τὴν κηλίδα, ἔχομεν ἐπιτύχει ἰσοφωτισμὸν τῶν δύο ὄψεων τοῦ χάρτου.

Συμφώνως πρὸς τὸν ὀρισμὸν τοῦ φωτισμοῦ θὰ ἔχωμεν τότε ὅτι :



Σχ. 273. Φωτόμετρον τοῦ Bunsen. Ὄταν τὸ πέτασμα ἰσοφωτίζεται, ἐξαφανίζεται ἡ κηλὶς.

$$B = \frac{I_1}{r_1^2} \quad \text{καὶ} \quad B = \frac{I_2}{r_2^2}$$

ὁπότε θὰ εἶναι :

$$\frac{I_1}{r_1^2} = \frac{I_2}{r_2^2} \quad \eta \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

Ἐπομένως :

Ὄταν δύο φωτειναὶ πηγαὶ φωτίζουν ἐξ ἴσου μίαν ἐπιφάνειαν, μὲ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, τότε αἱ φωτειναὶ ἰσχύες τῶν πηγῶν

είναι ανάλογοι προς τὰ τετράγωνα τῶν ἀποστάσεων των ἀπὸ τὴν φωτιζομένην ἐπιφάνειαν.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΙΣ

1. Ἡ λαμπρότης μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς ἐκφράζεται ἀπὸ τὴν φωτεινὴν ἰσχὺν ἢ φωτεινὴν ἔντασιν τῆς πηγῆς. Προκειμένου περὶ μιᾶς φωτιζομένης ἐπιφανείας, ἐνδιαφέρει ἡ γνῶσις τοῦ φωτισμοῦ τῆς.

2. Τὸ φῶς εἶναι μία μορφή ἐνεργείας, ἡ ὁποία ὀνομάζεται φωτεινὴ ἐνέργεια.

3. Ἡ φωτεινὴ ἐνέργεια E , ἡ ὁποία διέρχεται εἰς τὴν μονάδα τοῦ χρόνου μέσα ἀπὸ ἓνα κῶνον, ἔχοντα τὴν κορυφὴν του ἐπὶ τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ὀνομάζεται φωτεινὴ ροὴ Φ .

4. Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , ἡ ὁποία ἐκπέμπεται μέσα εἰς μίαν στερεὰν γωνίαν Ω , ἀπὸ μίαν φωτεινὴν σημειακὴν πηγὴν, εὐρισκομένην εἰς τὴν κορυφὴν τῆς στερεᾶς γωνίας, πρὸς τὴν στερεὰν γωνίαν Ω , ὀνομάζεται φωτεινὴ ἰσχὺς I ἢ ἔντασις τῆς πηγῆς.

5. Μονὰς φωτεινῆς ροῆς εἶναι τὸ 1 Lumen καὶ φωτεινῆς ἰσχύος τὸ 1 νέον ἢ διεθνὲς κηρίον (1 NK). Τὸ πηλίκον τῆς φωτεινῆς ροῆς Φ , τὸ ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S , ὑπὸ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων, πρὸς τὴν ἐπιφάνειαν S , ὀνομάζεται φωτισμὸς B τῆς ἐπιφανείας.

6. Μονὰς φωτισμοῦ εἶναι τὸ 1 Lux.

7. Τὰ φωτόμετρα εἶναι ὄργανα χρησιμοποιούμενα διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ φωτισμοῦ.

8. Ὁ φωτισμὸς B τὸν ὁποῖον δέχεται μία ἐπιφάνεια S εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔντασιν τῆς φωτεινῆς πηγῆς, ἀντιστρόφως ἀνάλογος πρὸς τὸ τετράγωνον τῆς ἀποστάσεως r τῆς ἐπιφανείας ἀπὸ τὴν πηγὴν καὶ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸν προσανατολισμὸν τῆς ἐπιφανείας σχετικῶς πρὸς τὴν διεύθυνσιν τῶν ἀκτίνων. Διὰ κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ἀκτίνων ἰσχύει ἡ σχέσις :

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

9. Όταν δύο φωτεινά πηγαι με έντάσεις I_1 και I_2 εϋρίσκονται εις αποστάσεις r_1 και r_2 από μίαν επιφάνειαν και τήν ισοφωτίζουν με κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ακτίνων, ισχύει ὁ ακόλουθος τύπος τοῦ ισοφωτισμοῦ :

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

184. Πόσα *Lumen* προσπίπτουν καθέτως ἐπάνω εις μίαν επιφάνειαν ἐμβαδοῦ 5 m^2 , ὅταν ὁ φωτισμὸς τῆς ἐπιφανείας αὐτῆς εἶναι 12 Lux . ('Απ. 60 Lumen .)

185. Εἰς τὸ κέντρον μιᾶς σφαίρας, ακτίνος 2 m , εϋρίσκεται ἕνας μικρὸς ἠλεκτρικὸς λαμπτήρ. Νὰ εϋρεθῆ ἡ φωτεινὴ ἰσχύς του, ἐὰν ἡ σφαῖρα δέχεται φωτισμὸν 2 Lux . ('Απ. 8 NK .)

186. Πόση εἶναι ἡ ἰσχύς μιᾶς φωτεινῆς πηγῆς, ἡ ὁποία προκαλεῖ, με κάθετον πρόσπτωσιν τῶν ακτίνων τῆς ἐπάνω εις μίαν επιφάνειαν, φωτισμὸν 20 Lux , ὅταν ἡ επιφάνεια ἀπέχη 6 m ἀπὸ τὴν φωτεινὴν πηγὴν. ('Απ. 720 NK .)

187. Δύο φωτεινά πηγαι συγκρίνονται με ἕνα φωτόμετρον. Όταν ἐπιτυγχάνεται ισοφωτισμὸς τοῦ φωτομέτρον, αἱ ἀποστάσεις τῶν φωτεινῶν πηγῶν ἀπὸ τὴν ισοφωτιζομένην επιφάνειαν τοῦ φωτομέτρον εἶναι 30 cm και 60 cm ἀντιστοίχως. Ἐὰν ἡ φωτεινὴ ἰσχύς τῆς μικροτέρας φωτεινῆς πηγῆς εἶναι 10 NK , νὰ εϋρεθῆ ἡ φωτεινὴ ἰσχύς τῆς ἄλλης πηγῆς. ('Απ. 40 NK .)

188. Εἰς πόσον ὕψος ἐπάνω ἀπὸ μίαν τράπεζαν, πρὲπει νὰ εϋρίσκεται ἕνας λαμπτήρ 100 NK , διὰ νὰ προκαλῆ φωτισμὸν 50 Lux . ('Απ. 141 cm .)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

	Σελ.
Α'. Κίνησις τῶν σωμάτων	5
Β'. Εὐθύγραμμος ὁμαλῶς μεταβαλλομένη κίνησις	14
Γ'. Ἐξαναγκασμένη. Θεμελιώδης ἀρχὴ τῆς Δυναμικῆς	25
Δ'. Μηχανικαὶ ταλαντώσεις	32
Ε'. Κυκλικὴ κίνησις	43
ΣΤ'. Παγκόσμιος ἔλξις	55
Ζ'. Ἔργον δυνάμεως	63
Η'. Ἴσχυς	73
Θ'. Ἐνέργεια	80

II. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

Γ'. Μετατροπὴ τῆς μηχανικῆς ἐνεργείας εἰς θερμικὴν ...	88
ΙΑ'. Τριβή. Μηχανικὸν ἰσοδύναμον τῆς θερμίδος	90
ΙΒ'. Διατήρησις τῆς ἐνεργείας εἰς τὰς ἀπλᾶς μηχανὰς ...	99
ΙΓ'. Μετατροπὴ τῆς θερμικῆς ἐνεργείας εἰς μηχανικὴν ἐνέργειαν. Ἀτμομηχανή	103
ΙΔ'. Μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως	108
ΙΕ'. Πύραυλοι	114

III. ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ

ΙΣΤ'. Ὁ ἦχος	121
ΙΖ'. Ἐχητικαὶ πηγαὶ	131

IV. ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ - ΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

ΙΗ'. Σύστασις τῆς ὕλης. Μόρια καὶ ἄτομα	138
ΙΘ'. Κατασκευὴ τοῦ ἀτόμου. Πυρῆνες καὶ ἠλεκτρόνια ...	143
Κ'. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα. Φορὰ καὶ ἀποτελέσματα τοῦ ἠλεκτρικοῦ ρεύματος	150
ΚΑ'. Ἀγωγά καὶ μονωτικὰ σώματα. Τὸ ἠλεκτρικὸν ρεῦμα εἰς τοὺς μεταλλικοὺς ἀγωγούς	157
ΚΒ'. Ἐλεκτρόλυσις. Ποιοτικὴ σπουδὴ. Ἴοντα	161

ΚΓ΄.	Ήλεκτρόλυσις. Δευτερεύουσαι χημικαί ἀντιδράσεις ..	168
ΚΔ΄.	Ήλεκτρόλυσις. Νόμοι τοῦ Φάρανταιν. Ἐφαρμογαί ...	175
ΚΕ΄.	Ποσότης ἤλεκτρισμοῦ. Μονάς Κουλόμπ. Ἐντασις ἤλεκτρικοῦ ρεύματος. Μονάς Ἄμπέρ	182
ΚΣΤ΄.	Θερμικά ἀποτελέσματα τοῦ ἤλεκτρικοῦ ρεύματος	190
ΚΖ΄.	Ήλεκτρικὴ ἐνέργεια. Ήλεκτρικὴ ἰσχύς	198
ΚΗ΄.	Διαφορὰ δυναμικοῦ. Μονάς Βόλτ	204
ΚΘ΄.	Πρακτικὴ μέτρησις διαφορᾶς δυναμικοῦ	212
Λ΄.	Ἐφαρμογαί τοῦ νόμου τοῦ Τζάουλ. Φωτισμὸς - Θέρμανσις	217
ΛΑ΄.	Πειραματικὴ σπουδὴ τῆς ἀντιστάσεως ἑνὸς ἀγωγοῦ ..	223
ΛΒ΄.	Σύνδεσις ἀντιστάσεων	232
ΛΓ΄.	Ήλεκτρικαὶ πηγαί	241
ΛΔ΄.	Ήλεκτρικὴ ἰσχύς μιᾶς γεννητριάς	249
ΛΕ΄.	Συσσωρευταί	256
ΛΣΤ΄.	Μαγνήται. Μαγνητικὴ πυξίς	261
ΛΖ΄.	Ἀλληλεπίδρασις τῶν μαγνητικῶν πόλων	267
ΛΗ΄.	Μαγνητικὸν πεδίων εὐθυγράμμου ἀγωγοῦ καὶ μαγνητικὸν πεδίων σωληνοειδοῦς	274
ΛΘ΄.	Ήλεκτρομαγνήται	282
Μ΄.	Ἀλληλεπίδρασις τοῦ ἤλεκτρικοῦ ρεύματος καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου	288
ΜΑ΄.	Ήλεκτρικοὶ κινητήρες	292

V. ΟΠΤΙΚΗ

ΜΒ΄.	Εὐθύγραμμος διάδοσις τοῦ φωτὸς	295
ΜΓ΄.	Ἀνάκλασις τοῦ φωτὸς. Ἐπίπεδα κάτοπτρα	302
ΜΔ΄.	Σφαιρικὰ κάτοπτρα	310
ΜΕ΄.	Διάθλασις τοῦ φωτὸς	321
ΜΣΤ΄.	Πρίσματα καὶ φακοὶ	327
ΜΖ΄.	Ἀνάλυσις τοῦ φωτὸς	340
ΜΗ΄.	Φωτομετρία	345

ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΦΗΣΙΣ : ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ ΑΓΓΕΛΙΔΟΥ



024000030067

Έκδοση **Z'** , 1975 (VI) - Άντίτυπα 59.000 - Σύμβασις: 2562/14-4-75

Έκτύπωση - Βιβλιοδεσία: Κ.ΚΟΝΤΟΓΟΝΗΣ - Α.ΜΑΛΙΚΟΥΤΗΣ Ο.Ε.

